Asztalos – faanyagismeret, szakrajz, kötések, gépek és felületkezelés

Elmélet, magyarországi szabványok, technológiai útmutatók és kalkuláció önálló tanuláshoz a fafaj-felismeréstől a vizsgaremekig

Gellai István

2026

Tartalomjegyzék

Impresszum **8**

I. RÉSZ – Útmutató, munkavédelem és környezetvédelem **9**

1 Olvasói útmutató **10**
1.1 A könyv használata és az asztalos szakma térképe 10
1.2 Tanulási útvonalak, vizsga és a szakmai jegyzetfüzet 16
1.3 Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai 24

2 Munkavédelem és munkahelyi egészség **33**
2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása 33
2.2 Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend 42
2.3 A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia 51
2.4 Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció 62
2.5 Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés, fapor, vegyi anyagok . 73
2.6 Balesetek, foglalkozási megbetegedések és az elsősegélynyújtás 85
2.7 Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás 96

3 Tűzvédelem, villamos biztonság és környezetvédelem **110**
3.1 Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás 110
3.2 Tűzoltó anyagok és eszközök, tennivalók tűz esetén 118
3.3 A villamosság biztonságtechnikája a faipari műhelyben 127
3.4 Környezetvédelem a faiparban: víz, levegő, talaj, zaj és engedélyezés 135
3.5 Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap 143

II. RÉSZ – A faanyag és a faipari anyagismeret **153**

4 A fa szerkezete és tulajdonságai **154**
4.1 A fa felépítése: törzs, évgyűrű, geszt, szijács, sejtek és vegyi összetétel 154
4.2 A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás 165
4.3 Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” 179
4.4 A fa fizikai tulajdonságai: sűrűség, megjelenés, hő és hang 192
4.5 A fa mechanikai tulajdonságai és tartóssága 200

5 Fahibák, károsítók és faanyagvédelem **212**
5.1 A fa alaki és szövetszerkezeti hibái 212
5.2 Farontó gombák és rovarok 221
5.3 Faanyagvédelem: szerkezeti és vegyi védelem 230

6 Fafajok **239**
6.1 Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók 239
6.2 Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok 249
6.3 Hazai kemény lombos fafajok 260
6.4 Lágy lombos és gyümölcsfák 269
6.5 Trópusi fafajok, helyettesítés és legális, tanúsított faanyag 277

7 Fűrészáru, szárítás és tárolás **286**
7.1 Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása 286
7.2 A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése 299
7.3 Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása 310

8 Faalapú lapok és segédanyagok **319**
8.1 Furnérok: gyártás, fajták és felhasználás 319
8.2 Rétegelt lemez, bútorlap és táblásított lap 328
8.3 Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok 337
8.4 Segédanyagok: műanyagok, fémek, üveg, tükör, kő és kárpitozás anyagai 348

III. RÉSZ – Faipari szakrajz és műszaki dokumentáció **358**

9 A faipari szakrajz alapjai **359**
9.1 Rajzeszközök, rajzfajták, szabványos vonalak és betűk 359
9.2 Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon 370
9.3 Síkmértani szerkesztések az asztalos gyakorlatában 379
9.4 Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon 389

10 Ábrázolási módok és rajzfajták **399**
10.1 Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend 399
10.2 Axonometrikus és perspektivikus ábrázolás 408
10.3 Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés 419
10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz 431

11 Fakötések ábrázolása **442**
11.1 Szélesítő toldások és erősítéseik ábrázolása 442
11.2 Hosszabbító és vastagító toldások ábrázolása 450
11.3 Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések 458
11.4 Kávakötések ábrázolása: beeresztések, fogazások, idegencsapos kötések 469
11.5 Egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajza 479

12 Műszaki dokumentáció és minőségbiztosítás **492**
12.1 A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet 492
12.2 Szabásjegyzék és anyagnorma 500
12.3 Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal 511
12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra 521
12.5 Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása 531
12.6 Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció 538

13 Számítástechnika a faiparban **547**
13.1 Irodai szoftverek az asztalos munkájában 547
13.2 CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel 556

IV. RÉSZ – Kézi megmunkálás és alapszerkezetek **567**

14 A forgácsolás elmélete és a szakmai számítások **568**
14.1 A forgácsolás alapjai: szerszámél, szögek, mozgások és forgácsképződés 568
14.2 Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás 577
14.3 Géptani alapfogalmak: hajtások, áttétel, fűrészszalag hossza 586

15 Mérés, előrajzolás és kéziszerszámok **599**
15.1 Mérő- és rajzolóeszközök, anyagkiosztás és előrajzolás 599

15.2 Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája 611
15.3 Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás 621
15.4 Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés634

16 Kézi kisgépek **643**
16.1 Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész643
16.2 Kézi gyalugép, kézi fúrógép, csavarozó és oszlopos fúrógép 654
16.3 Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok 665
16.4 Kézi csiszológépek, kisgépes elszívás és pneumatikus kisgépek 677

17 Felület-előkészítés csiszolással **686**
17.1 Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás 686
17.2 Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés 697

18 Alapszerkezetek és toldások készítése **705**
18.1 Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet 705
18.2 Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel 712
18.3 Hosszabbító toldások készítése 722

19 Keretkötések készítése **731**
19.1 Sarokkötések lapolással és vállazással 731
19.2 Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás 741
19.3 Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek 750

20 Kávakötések készítése és az első munkadarabok **761**
20.1 Egyenes és fecskefarkú fogazás kézzel és géppel 761
20.2 Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok 771
20.3 Egyszerű munkadarabok: tervezés, kivitelezés, önértékelés 780

V. RÉSZ – Faipari gépek és gépbiztonság **789**

21 Gépek alapjai, gépbiztonság és elszívás **790**
21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések 790
21.2 Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása 802
21.3 Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció 813
21.4 Gépápolás, karbantartás és élezés 825

22 Fűrészgépek **838**
22.1 Asztalos szalagfűrészgép 838
22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok 849
22.3 Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák 862
22.4 Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek 872

23 Gyalugépek **886**
23.1 Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság 886
23.2 Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás 899

24 Marógépek, fúrógépek és faesztergálás **909**
24.1 Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás 909
24.2 Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen 919
24.3 Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek 928
24.4 Faesztergálás: gépek, szerszámok, alapműveletek 938

25 Gépi csiszolás és CNC-technika **948**
25.1 Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók 948
25.2 CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés 960

VI. RÉSZ – Lapszerkezetek, ragasztás és felületkezelés **971**

26 Ragasztás **972**
26.1 A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok 972
26.2 A ragasztandó felület és a ragasztóanyag előkészítése, a ragasztás eszközei 981
26.3 A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák 989
26.4 Ragasztással kapcsolatos számítások 1003

27 Lapszerkezetű termékek gyártása **1013**
27.1 Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt 1013
27.2 Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték 1024
27.3 Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása . . . 1035
27.4 Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás 1045
27.5 Lapszerkezetű termékek teljes gyártási folyamata 1055

28 Felület-előkészítés és pácolás **1065**
28.1 A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás . . . 1065
28.2 Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák 1075

29 Felületkezelő anyagok és technológiák **1087**
29.1 A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok 1087
29.2 Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás 1097
29.3 Felületbevonások: fóliázás és laminálás 1107
29.4 Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások 1114

30 A felületkezelés gépei és biztonsága **1126**
30.1 Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés . 1126
30.2 Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálló gépek 1136
30.3 A felületkezelés egészségvédelmi, tűz- és környezetvédelmi előírásai 1146

VII. RÉSZ – Bútorasztalos termékek **1157**

31 Bútorasztalos alapismeretek **1158**
31.1 A bútor fogalma, rendeltetése, csoportosítása és funkcionális méretei 1158
31.2 A történelmi bútorstílusok ismertetőjegyei 1170
31.3 Formatervezés és a formaterv készítése 1177

32 Szekrények és tároló bútorok **1187**
32.1 Szekrények jellemző típusai és szerkezetei 1187
32.2 Fiókok és szekrényajtók szerkezete; fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza 1199
32.3 Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája 1209
32.4 Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása 1220

33 Asztalok **1229**
33.1 Asztalok jellemző típusai és szerkezetei 1229
33.2 Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája 1241

34 Ülő- és fekvőbútorok **1254**
34.1 Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza . 1254
34.2 Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás 1266

34.3 Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai 1278

35 Beépített, irodai és kiegészítő bútorok **1290**
35.1 Beépített bútorok elhelyezése és gyártása: konyhabútor, gardrób 1290
35.2 Irodai bútorok, belső terek burkolatai és berendezései, kiegészítő bútorok 1300

36 Vasalatok, szerelvények és rögzítéstechnika **1312**
36.1 Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek 1312
36.2 Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre 1323

VIII. RÉSZ – Épületasztalos-ipari termékek **1335**

37 Épületasztalos alapismeretek és ajtótokok **1336**
37.1 Az építőipar és a faipar kapcsolata: falazatok, falnyílások, névleges méret 1336
37.2 Ajtótokok fajtái és szerkezete 1343

38 Ajtók, válaszfalak és térelválasztók **1353**
38.1 Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók 1353
38.2 Ajtók gyártástechnológiája gépekkel 1362
38.3 Válaszfalak, térelválasztók, tolóajtók és különleges épületasztalos termékek 1373

39 Ablakok **1381**
39.1 Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek 1381
39.2 Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók 1392
39.3 Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás 1401

40 Árnyékolók, lépcsők, padlók és burkolatok **1412**
40.1 Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések 1412
40.2 Falépcsők szerkesztése és készítése 1420
40.3 Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás 1432
40.4 Falburkolatok és álmennyezetek 1441

IX. RÉSZ – Szerelés és termékgyártás **1452**

41 Szerelési dokumentáció és előszerelés **1453**
41.1 Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése . . 1453
41.2 Alkatrészek méret- és minőségellenőrzése, dokumentálás 1462
41.3 Szereléshez szükséges megmunkálások pozicionálása, jelölése, beállítása 1472

42 Asztalosipari szerkezetek szerelése **1482**
42.1 Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések 1482
42.2 Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok 1490
42.3 Termék összeállítása, vasalatok szerelése és beállítása, kiegészítők 1499
42.4 Asztalosipari termékek hibajavítása és felújítása 1507

43 Helyszíni szerelés **1519**
43.1 Csomagolás, szállítás és a helyszíni szerelés előkészítése 1519
43.2 Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése 1528
43.3 Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése 1537

44 A gyártási folyamat megtervezése **1551**
44.1 A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés 1551

X. RÉSZ – Kalkuláció, vállalkozás, foglalkoztatás és vizsga **1563**

45 Anyagszükséglet és árkalkuláció **1564**
45.1 Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő 1564
45.2 Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció . . . 1576
45.3 Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár 1589

46 Vállalkozásműködtetés **1599**
46.1 Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése 1599
46.2 Üzleti terv, piackutatás, piacképesség 1608
46.3 Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla 1619
46.4 Marketing, promóció, vásárok és kiállítások 1626

47 Foglalkoztatás és szakmai idegen nyelv **1636**
47.1 Munkajogi alapismeretek és foglalkoztatási formák 1636
47.2 Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék 1644
47.3 Álláskeresés, önéletrajz, motivációs levél, állásinterjú 1651
47.4 Munkanélküliség, ellátások és a munkaügyi szervezet 1660
47.5 Szakmai idegen nyelv: bemutatkozás, formanyomtatvány, asztalos szókincs 1667

48 Vizsgafelkészülés **1679**
48.1 A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok 1679
48.2 Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés 1689

Függelékek **1703**
Fogalomtár (magyar–angol) 1703
Képlet-, számítás- és kalkulációgyűjtemény 1707
Kompetenciatérkép és tanulási útvonal 1708
Bibliográfia és forráskulcsok 1735

Impresszum

- **Szerző:** Gellai István
- **Szerkesztő:** Gellai István
- **Kiadó:** Tananyag Simple
- **Kiadás:** 0.1.0 – 2026
- **Licenc:** MIT
- **Forráskód:** nincs futtatandó kód; a számítások, szakrajzleírások és technológiai lapok a fejezetekben, az interaktív ábrák a figures/ mappában

I. RÉSZ – Útmutató, munkavédelem és környezetvédelem

1 Olvasói útmutató

1.1. A könyv használata és az asztalos szakma térképe

1.1.1. Miért éppen így tanulunk?

Képzeljük el, hogy egy asztalosműhelyben állunk. A gyalupadon félig kész szék, a fal mellett bükk és tölgy deszkák, a gépteremben körfűrész, egyengető gyalugép, alsómaró. A műhelyben egyszerre kell érteni a fa viselkedését, a rajzot, a szerszámokat, a gépek biztonságát és a pontos számolást. Ez a könyv azért készült, hogy ezt a sok szálat egyetlen, lépésről lépésre haladó tananyaggá rendezze.

A tanuló gyakran felteszi a kérdést: „Miért kell nekem fafajtát felismernem, ha csak gép mellett dolgozom?” vagy „Miért rajzoljak, ha a mester úgyis megmondja?” A könyv minden alfejezetben megmutatja, hogy az elméleti tudás közvetlenül használható a műhelyben, a gépen, a megrendelővel folytatott beszélgetésben. Aki csak betanult mozdulatokat ismer, az hibánál vagy új feladatnál megakad; aki érti az anyagot, a rajzot és a technológiát, az önállóan talál jó megoldást.

1.1.2. Mit lát egy asztalos a műhelyben?

A műhelyben a munka mindig a három dolog összhangján múlik: **rajz – anyag – művelet**. A rajz megadja, mit kell készíteni; az anyag meghatározza, miből; a művelet pedig azt, hogy milyen sorrendben, milyen géppel vagy kéziszerszámmal. Ha bármelyik hiányzik vagy hibás, a termék rossz lesz, vagy a munka balesettel végződik.

Szemléletes kép. Egy konyhaszekrény ajtaja előttünk fekszik. A rajz szerint 720 mm magas, 450 mm széles, 19 mm vastag MDF lap, élein 2 mm-es élzáró. A szabásjegyzékből tudjuk, hogy egy 2800 mm × 2070 mm-es táblából hány ajtót tudunk kiszabni. A műveletsor: szabás, élzárás, furatok a vasalathoz, felületkezelés, vasalat beszerelése. Ha az anyag nedves vagy a rajzon rossz a méret, a kész ajtó nem illik a szekrényre. A könyv ezt a hármast minden fejezetben gyakoroltatja.

1.1.3. Az asztalos szakma térképe

Definíció. Az **asztalos** olyan faipari szakember, aki faanyagból, faalapú lapokból és kapcsolódó segédanyagokból használati tárgyakat, bútorokat, belsőépítészeti elemeket, valamint épületbe beépülő nyílászárókat és szerkezeteket készít, szerel, javít és felújít.

A szakma két nagy munkaterületre oszlik:

- **Bútorasztalos** – bútorok, beépített szekrények, asztalok, ülő- és fekvőbútorok, irodai és kiegészítő bútorok készítése, szerelése.
- **Épületasztalos** – ajtók, ablakok, tokok, lépcsők, padlók, falburkolatok, árnyékolók és más épületbe beépített faszerkezetek készítése, beépítése.

A gyakorlatban gyakori a **belsőépítészeti asztalos** elnevezés is: lakások, üzletek, irodák belső terében készít egyedi bútorokat, burkolatokat, térelválasztókat, pultokat. A munkahely lehet **egyedi műhely**, ahol kis sorozatban, megrendelésre dolgoznak, vagy **gyártósori üzem**, ahol nagyobb darabszámban, gépesített technológiával készülnek alkatrészek. A **helyszíni szerelő** a késztermeket a vevőnél szakszerűen beépíti és beállítja.

Az asztalos **nem végzi el** az ács, a kőműves, a villanyszerelő, a kárpitos vagy az üvegező teljes szakmáját. Az asztalos munkája határos ezekkel: például az ajtótok beépítésénél együttműködik a kőművessel, a konyhabútor világításánál a villanyszerelővel. A faanyagvédő szerrel, ragasztóval, lakkal végzett munka viszont már az asztalos feladata, de szigorú egészségvédelmi szabályokkal.

1.1.4. Mit vár el a képzés, és hogyan illeszkedik a könyv?

A magyarországi asztalos szakképzés korábban az OKJ-s szakképesítések, ma a Szakképzés 4.0 szerinti szakmák rendszerében működik. A pontos szakmaazonosítót, a képzési és kimeneti követelményeket (KKK) és a programtantervet (PTT) mindig a hatályos jogszabályok szerint kell ellenőrizni **(ellenőrizendő: aktuális szakmaazonosító és KKK/PTT)**. A régi dokumentumokban az OKJ 34 543 02 Asztalos megnevezéssel találkozhatsz; ez már átalakult, de a szakmai alaptudás nagyrészt ugyanaz.

A könyv tíz része a képzés témaköreit követi:

Rész	Fejezetek	Fő tartalom
I.	1–3. fejezet	Útmutató, munkavédelem, tűz- és környezetvédelem
II.	4–8. fejezet	A fa szerkezete, tulajdonságai, fahibák, fafajok, fűrészáru, lapanyagok
III.	9–13. fejezet	Faipari szakrajz, ábrázolás, kötések rajza, műszaki dokumentáció, CAD
IV.	14–20. fejezet	Forgácsolás, kéziszerszámok, kézi kisgépek, csiszolás, toldások, keret- és kávakötések
V.	21–25. fejezet	Gépbiztonság, fűrész-, gyalu-, maró-, fúró-, eszterga- és csiszológépek, CNC
VI.	26–30. fejezet	Ragasztás, lapszerkezetű termékek, pácolás, lakkozás, felületkezelés gépei
VII.	31–36. fejezet	Bútorasztalos termékek, vasalatok, rögzítéstechnika
VIII.	37–40. fejezet	Épületasztalos termékek: tokok, ajtók, ablakok, lépcsők, padlók
IX.	41–44. fejezet	Szerelés, hibajavítás, helyszíni beépítés, gyártástervezés
X.	45–48. fejezet	Kalkuláció, vállalkozás, foglalkoztatás, szakmai idegen nyelv, vizsga

Továbbvitt eredmény. Ezt a tízrészes térképet használjuk a Tanulási útvonalak, vizsga és a szakmai jegyzetfüzet alfejezetben, amikor konkrét tanulási utat állítunk össze. A részek sorrendje nem véletlen: először a biztonságot tanuljuk, utána az anyagot, a rajzot, a kézi megmunkálást, csak ezután a gépeket, a ragasztást és a felületkezelést, végül a termékeket, a szerelést és a vállalkozást.

1.1.5. Az alfejezetek állandó tanulási szerződése

Definíció. A **tanulási szerződés** a könyv minden alfejezetének rögzített felépítése: motiváció, szemléletes kép, pontos definíciók és szabályok, technológia, kidolgozott számítások, minőségellenőrzés, tipikus hibák, valós eset, önellenőrzés, feladatok, megoldások, rövid összefoglaló, források.

A szerződés azért fontos, mert így minden alfejezetben ugyanazt a logikát követed:

1. **Motiváció** – megtudod, miért kell az adott tudás a műhelyben.
2. **Szemléletes kép** – rajzzal, diagrammal vagy leírással látod a helyzetet.
3. **Definíciók és szabályok** – a pontos fogalmakat, képleteket, szabályokat kiemelve tanulod meg.
4. **Technológia / eljárás** – lépésről lépésre követheted a műveletet, anyagokkal, szerszámokkal, beállításokkal.
5. **Számítás vagy kalkuláció** – kidolgozott példákon gyakorolod a számolást.
6. **Technológiai lap** – ha gépi munka, akkor a gépbiztonsággal és ellenőrzési pontokkal együtt.
7. **Minőségellenőrzés** – megtudod, mit, mivel és milyen tűréssel kell ellenőrizni.
8. **Tipikus hibák és okaik** – a leggyakoribb hibákat és a helyes gyakorlatot ismered meg.
9. **Valós életbeli alkalmazás** – egy eset mutatja, hogyan dolgozik az asztalos.
10. **Önellenőrzés** – rövid kérdésekkel ellenőrzöd magad.
11. **Feladatok** – fokozatos nehézségű feladatok A-tól D szintig.
12. **Megoldások** – minden feladathoz lépésenkénti megoldást kapsz.
13. **Rövid összefoglaló** – a legfontosabb eredményeket sűríti.
14. **Források és ellenőrzési hiányok** – megmutatja, mit kell még ellenőrizni a hatályos szabványok, jogszabályok, gyártói adatlapok szerint.

Továbbvitt eredmény. Ezt a tanulási szerződést minden későbbi alfejezet felhasználja. Például a A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása alfejezetben a biztonsági dobozok, a A fa felépítése: törzs, évgyűrű, geszt, szijács, sejtek és vegyi összetétel alfejezetben a definíciók és az ábraigények, a Rajzeszközök, rajzfajták, szabványos vonalak és betűk alfejezetben a rajzi leírások, a Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése alfejezetben pedig a kalkulációs táblázatok követik ezt a szerkezetet.

1.1.6. Kiemelések és jelölési konvenciók

A könyvben a következő kiemeléseket használjuk, hogy gyorsan tudd, milyen típusú ismeret következik:

- `**Definíció.**` – pontos fogalom, mennyiség vagy szabály.
- `**Szabály.**` – általános technológiai vagy biztonsági szabály.
- `**Szabvány.**` – magyar vagy európai szabványból, jogszabályból származó követelmény, a forrás megnevezésével és ellenőrzési jelzéssel.
- `**Összefüggés.**` – képlet vagy műszaki összefüggés.

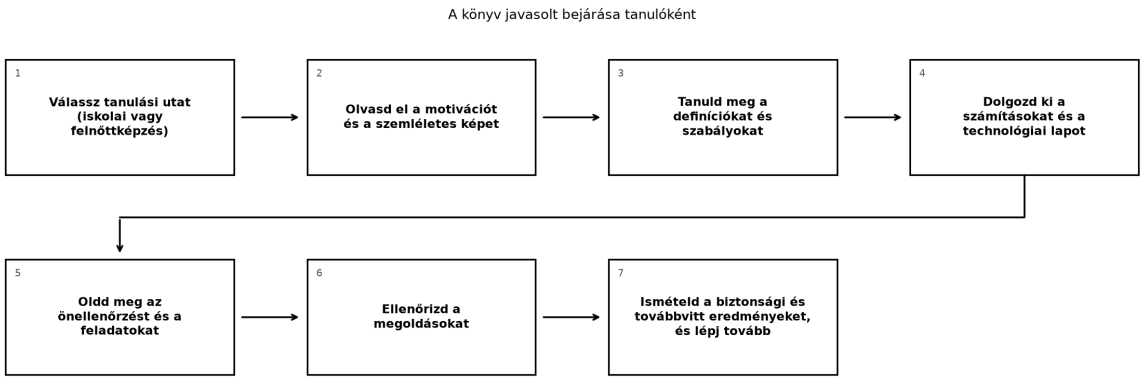
- `**Példa.**` és `**Számítás.**` – kidolgozott számpélda.
- `**Megjegyzés.**` – kiegészítő tudnivaló.
- `**Figyelem.**` – baleset- vagy hibaveszélyre figyelmeztet.
- `**Tilos.**` – tiltott, veszélyes gyakorlat.
- `**Gépbiztonság.**` – gépi művelet biztonsági előírásai.
- `**Technológiai lap.**` – lépésről lépésre vezetett műveletsor.
- `**Minőségellenőrzés.**` – mit, mivel, milyen tűréssel ellenőrizz.
- `**Valós eset.**` – megtörtént vagy valósághű eset.
- `**Hiba.**` – hibás gyakorlat, annak oka és javítása.
- `**Ábraigény.**` – pontos szöveges rajzleírás a rajzoló számára.
- `**Továbbvitt eredmény.**` – olyan tudás, amelyet későbbi alfejezetek használnak.

Jelölési konvenciók. A méretet milliméterben adjuk meg, rajzon a mm-t nem írjuk ki. A szabásjegyzékben a sorrend **hossz × szélesség × vastagság**. A pénzösszeget forintban (Ft) írjuk, a tizedesjelet vesszővel, az ezres tagolást szóközzel. A képletekben a mértékegységeket mindig kiírjuk. A szabványhivatkozásoknál a szám a név mellett szerepel, de ha nem biztos, az adatot `(ellenőrizendő: …)` jelöléssel látjuk el. A kereszthivatkozások a megfelelő alfejezetre mutatnak, például: a(z) Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezet.

Biztonsági keret. Helyhez kötött faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan soha ne dolgozz. Ezt a gépi fejezetek elején mindig megismételjük, és a gyakorlati munkánál a gépkönyv és az oktató utasítása a mérvadó.

1.1.7. A könyv javasolt bejárása

A könyvet nem kell feltétlenül elejétől a végéig olvasni, de az alábbi folyamat jó tanulási ívet ad. A gépi fejezeteknél a **Gépbiztonság** dobozt mindig olvasd el, mielőtt bármilyen gépet bekapcsolnál.



1.1. ábra. A könyv javasolt bejárása tanulóként - Szemléltető tanulási útvonal; a gépi fejezeteknél a Gépbiztonság dobozt mindig olvasd el, mielőtt bármilyen gépet bekapcsolnál.

1.1.8. Minőségellenőrzés a tanulásban

A tanulásnak is van minőségellenőrzése. Minden alfejezet végén az önellenőrző kérdések és a feladatok megoldása mutatja meg, hogy a tudásod elég-e a következő lépéshez. - Ha egy számítási feladatban az eredmény mértékegysége nem stimmel, ne lépj tovább. - Ha a rajz és az

anyagjegyzék nem egyezik, keresd meg a hibát. - Ha egy gépi technológiai lépésnél nem tudod megmondani, hol van a védőberendezés, ne próbáld ki a gépen.

A tanulási szerződés tehát nem csak a könyv szerkezete: ez a **munka ellenőrzési rendje** is.

1.1.9. Tipikus hibák a könyv használatában

1. **Kihagyja a biztonsági dobozokat.** A tanuló csak a technológiát olvassa, a Gépbiztonság részt átugorja. Helyes gyakorlat: a gépi fejezetnél először a biztonsági részt olvasd, utána a műveletet.
2. **Csak olvassa a feladatokat, nem számolja végig.** A képleteket nézegetni kevés; a számokat be kell helyettesíteni. Helyes gyakorlat: minden kidolgozott példát írj le, és a feladatokat papíron oldd meg.
3. **Nem veszi észre a továbbvitt eredményeket.** Az egyes alfejezetek egymásra épülnek; ha az egyik kimarad, a későbbi számítások hibásak lesznek. Helyes gyakorlat: a `**Továbbvitt eredmény.**` bekezdéseknél lassíts, és ellenőrizd, érted-e a kapcsolatot.
4. **Elfelejti a mértékegységet.** A számítási eredmény mértékegység nélkül nem érvényes. Helyes gyakorlat: minden lépésben írd ki az egységet, és az eredmény nagyságrendjét ellenőrizd.
5. **Felügyelet nélkül próbál gépi műveletet.** A könyv tananyag, nem helyettesíti az oktatót és a gépkönyvet. Helyes gyakorlat: gépi munkát csak betanítás után, oktató felügyeletével végezz.

1.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy felnőttképzésben tanuló asztalosjelölt, Gábor, először csak a gépekkel akart foglalkozni. A faanyagismeret fejezetet unalmasnak tartotta. Az első önálló feladatánál azonban egy bükk asztallapot szabott ki, és a lap néhány hét múlva vetemedett. A hiba oka a fa nedvességtartalma és a zsugorodás figyelmen kívül hagyása volt. Amikor újraolvasta a faanyagismereti fejezetet, megértette, miért kell a szárított anyagot rostirány szerint kiválasztani. A könyv tanulási szerződése segített neki, hogy a hibánál visszakeresse a pontos fogalmat és a helyes technológiát.

1.1.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az asztalos ugyanazt a munkát végzi, mint az ács. Indokold!
2. Sorolj fel legalább három bútorasztalos terméket!
3. Mi a különbség az egyedi műhely és a gyártósori üzem között?
4. Mi a könyv alfejezeteinek állandó szerkezete? Nevezd meg az első hat elemét!
5. Miért nem hagyható ki a Gépbiztonság doboz a gépi fejezetekből?
6. Hogyan jelöljük a bizonytalan szabvány- vagy jogszabályadatot?

1.1.12. Feladatok

1. feladat (A)
Írj egy rövid mondatot, amelyben elmagyarázod egy ismerősödnek, hogy mit csinál az asztalos, és mit nem!

2. feladat (A)
Sorold be a következő termékeket bútorasztalos vagy épületasztalos munkaterülethez: éjjeliszekrény, bejárati ajtólap, konyhaszekrény, ablak, szállodai recepciós pult, lépcsőfok.

3. feladat (B)
A könyv tíz része közül válaszd ki azt a részt, amelyik a legjobban érdekel. Indokold meg, miért fontos előtte a megelőző részeket is megtanulni!

4. feladat (B)
Magyarázd el, mi a különbség a `**Technológiai lap.**` és a `**Minőségellenőrzés.**` kiemelés között! Mondj egy-egy példát arra, mikor melyiket használjuk.

5. feladat (C)
Egy tanuló a gépi fűrészelés fejezetből csak a vágási technikát olvassa el, a Gépbiztonság és az indítás előtti ellenőrzés részt kihagyja. Milyen kockázatokkal dolgozik? Legalább három veszélyt nevezz meg, és fogalmazd meg, mit kellene tennie.

6. feladat (D)
Készíts magadnak egy egyszerű tanulási tervet a következő két hétre! Válassz ki egy alfejezetet, és írd be a tanulási szerződés lépéseit: melyik nap mit olvasol, mit számolsz ki, és hogyan ellenőrzöd magad. A terv legyen reális, napi 30–45 perc tanulással.

1.1.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Az ács elsősorban szerkezeti faanyaggal, fedélszékkel, zsaluzattal, állványzattal dolgozik; az asztalos bútorokat, nyílászárókat, beépített belső szerkezeteket készít.
2. Például: szekrény, asztal, szék, ágy, éjjeliszekrény, beépített gardrób.
3. Az egyedi műhely kis sorozatban, vevői méret és kívánság szerint dolgozik; a gyártósori üzem nagyobb darabszámban, gépesített, szabványosított alkatrészeket gyárt.
4. A tanulási szerződés: motiváció, szemléletes kép, definíciók és szabályok, technológia, számítás/kalkuláció, technológiai lap (ha gépi munka), minőségellenőrzés, tipikus hibák, valós eset, önellenőrzés, feladatok, megoldások, rövid összefoglaló, források.
5. Mert gépi munka közben a védőberendezés, a helyes munkadarab-vezetés és az egyéni védőeszköz nélkül súlyos baleset (visszavágódás, vágás, por- és zajártalom) következhet be.
6. `(ellenőrizendő: …)` jelöléssel, például: „a pontos szakmaazonosító ellenőrizendő”.

1. feladat – megoldás
Példamondat: „Az asztalos fából és falapokból bútorokat, ajtót, ablakot, lépcsőt készít és szerel, de nem kőműves, nem villanyszerelő és nem ács.”

2. feladat – megoldás
Bútorasztalos: éjjeliszekrény, konyhaszekrény, szállodai recepciós pult. Épületasztalos: bejárati ajtólap, ablak, lépcsőfok. (A recepciós pult belsőépítészeti asztalos munka is lehet, ezért bútorasztaloshoz soroltam.)

3. feladat – megoldás
Például: a VII. rész (bútorasztalos termékek) érdekel. Előtte kell a II. rész (anyagismeret), a III. rész (szakrajz), a IV–V. rész (kézi és gépi megmunkálás), hogy a bútorszerkezetet helyesen tudjam megtervezni és legyártani. A biztonsági alapismeretek (I. rész) minden gépi munkához elengedhetetlenek.

4. feladat – megoldás
A **Technológiai lap** lépéssor: cél, anyagok, gépek, biztonsági előírások, műveletek ellenőrzési pontokkal. A **Minőségellenőrzés** azt írja le, mit, mivel, milyen tűréssel ellenőrzünk a munka végén vagy közben. Például a körfűrészgépi darabolásnál a technológiai lap megmondja a vágás lépéseit, a minőségellenőrzés pedig a vágott méret ellenőrzését derékszöggel és mérőszalaggal.

5. feladat – megoldás
Kockázatok: (1) védőburkolat nélkül a fűrészlap elérhető, kézsérülés veszélye; (2) hasítóék nélkül visszavágódás érheti; (3) elszívás nélkül fapor belélegzése, ami keményfánál rákkeltő hatású lehet; (4) nem ellenőrzi a munkadarabot, szeg vagy laza göcs miatt visszacsapódhat. A tanulónak el kellene olvasnia a Gépbiztonság részt, az indítás előtti ellenőrzőlistát, és csak oktatói felügyelettel dolgoznia.

6. feladat – megoldás
Példaterv: Hétfő: motiváció és definíciók elolvasása; szerda: kidolgozott példa levezetése; péntek: önellenőrző kérdések; vasárnap: feladatok megoldása; következő hét: technológiai lap és minőségellenőrzés átismétlése. Minden nap után rövid jegyzet.

1.1.14. Rövid összefoglaló

Az asztalos faanyagból és faalapú lapokból bútorokat, belsőépítészeti elemeket és épületbe beépülő szerkezeteket készít, szerel és javít. A két fő munkaterület a bútorasztalos és az épületasztalos; a munkavégzés lehet egyedi vagy gyártósori, műhelyi vagy helyszíni. Az asztalos munkája határos az ács, a kárpitos, az üvegező szakmájával, de nem helyettesíti azokat. A könyv tíz része a képzési témaköröket követi: biztonság, anyagismeret, szakrajz, kézi megmunkálás, gépek, ragasztás és felületkezelés, bútorok, épületasztalos termékek, szerelés, kalkuláció és vállalkozás. Minden alfejezet ugyanazt a **tanulási szerződést** követi: motiváció, szemléletes kép, definíció, technológia, számítás, minőségellenőrzés, hibák, valós eset, önellenőrzés, feladatok, megoldások, összefoglaló, források. A kiemelések (Definíció, Szabvány, Figyelem, Gépbiztonság, Technológiai lap stb.) segítik a gyors tájékozódást. A gépi munkát csak betanított, felügyelt tanuló végezhet. **Továbbvitt eredmény:** a tanulási szerződés és a kiemelések jelentését minden további alfejezet használja, ezért azokat már most pontosan kell érteni.

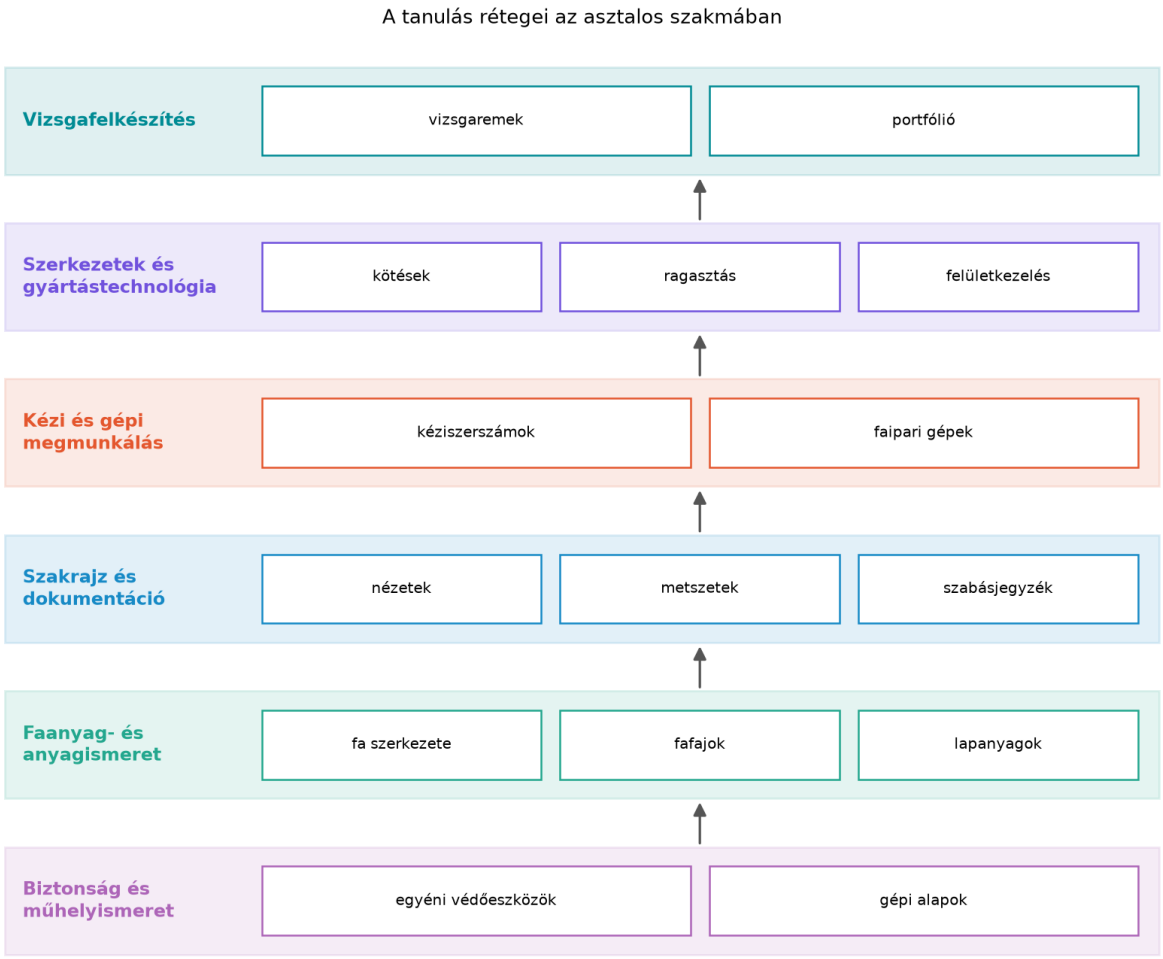
1.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

- A magyar szakképzési rendszer aktuális szakmaazonosítója, képzési és kimeneti követelményei (KKK), programtanterve (PTT) – **ellenőrizendő a hatályos jogszabályokban**.
- A régi OKJ 34 543 02 Asztalos megnevezés – ma már régi dokumentum, a pontos jogutód **ellenőrizendő**.
- A kerettantervi témakörök és modulszámok – **ellenőrizendő a kiadáshoz**.
- A könyvben használt szabványok, jogszabályok és határértékek – **ellenőrizendők a hatályos magyar és európai előírások szerint**.
- A tanulási szerződés és a kiemelések csak a könyv belső rendjét írják le, nem szabványelőírások.

1.2. Tanulási útvonalak, vizsga és a szakmai jegyzetfüzet

A tanulás elején a legfontosabb művelet nem a gyalulás, hanem a helyes útvonal kiválasztása. A műhelyben a mester először azt kérdezi: hol tartasz? Tudsz-e már szakszerűen mérni? Láttál-e már szakrajzot? Ha rossz tanulási útvonalon indulsz, elvesztegeted az idődet, vagy – ami rosszabb – veszélyes helyzetbe kerülsz a gépeknél, mert kimarad egy alapozó lépés. Ebben az alfejezetben megtanulod felmérni a jelenlegi tudásodat, kiválasztani a hozzád illő tanulási utat, összeállítani egy heti tanulási tervet, és elkezdeni a szakmai jegyzetfüzetedet, amely végigkísér a vizsgáig.

A tanulás rétegesen épül, mint egy szekrény: előbb a biztonság és a műhelyrend, utána a faanyag, a rajz, a kézi és gépi megmunkálás, majd a szerkezetek és a vizsgafelkészítés. Ha egy réteg kimarad, a felsőbb rétegek megroggyanak.



1.2. ábra. A tanulás rétegei az asztalos szakmában - Szemléltető rétegződés: alul az alap, felfelé a ráépülő rétegek (a nyíl az építkezés iránya); a részletes tananyagot a megfelelő fejezetek tartalmazzák.

1.2.1. Belépő teszt: mielőtt elindulsz

A **belépő teszt** nem osztályzat, hanem térkép. Megmutatja, melyik réteghez van már meg az alapod, és hol kell több időt töltened. A teszt négy területet mér:

1. **Alapműveletek** – összeadás, kivonás, szorzás, osztás, törtek, százalék, arány.
2. **Mértékegységek** – mm, cm, m; mm^2, m^2; cm^3, m^3; fm; g, kg. Például: 2500 mm hány m? Mennyi 3,5 m^2 + 12 000 cm^2?
3. **Térlátás** – egyszerű testek vetületei: felülről, elölről, oldalról mit látsz?
4. **Alapfogalmak** – ismered-e a fa, a fűrészáru, a forgácslap, a csap, a furat, a lakk szavak jelentését?

A belépő tesztet kiértékeled, majd az alábbi három útvonal közül választasz. A belépő teszt mintafeladatait és kiértékelését itt, ennek a részletnek a végén találod.

Mintafeladatok (négy terület, területenként három kérdés; zsebszámológép használható):

1. Alapműveletek: (a) $3/4 + 1/8 = ?$ (b) Mennyi a 2400 Ft 15 %-a? (c) Egy 2,4 m-es lécből 0,3 m-es darabokat vágsz: hány darab lesz?
2. Mértékegységek: (a) 2500 mm = ? m (b) 3,5 m^2 + 12 000 cm^2 = ? m^2 (c) 0,045 m^3 = ? dm^3
3. Térlátás: (a) Egy 600 × 300 × 18 mm-es lap fekszik az asztalon. Felülről milyen alakot látsz, és mekkorát? (b) Elölről, a hosszú oldal felől nézve mekkora téglalapot látsz? (c) Oldalról, a rövid oldal felől nézve mekkorát?
4. Alapfogalmak: magyarázd meg egy-egy mondatban: (a) fűrészáru, (b) csap, (c) lakk.

Megoldások. 1. (a) 7/8; (b) 360 Ft; (c) 8 darab (a vágásveszteséget most nem számoljuk). 2. (a) 2,5 m; (b) 3,5 m^2 + 1,2 m^2 = 4,7 m^2 (mert 12 000 cm^2 = 1,2 m^2); (c) 45 dm^3. 3. (a) téglalap, 600 × 300 mm; (b) 600 × 18 mm; (c) 300 × 18 mm. 4. A szakszavak jelentését a kapcsolódó alfejezetek adják; a válasz akkor jó, ha a lényeg (a fűrészáru fűrészelt faanyag; a csap a kötés kiálló, a csaplyukba illeszkedő része; a lakk védő, átlátszó felületi bevonat) szerepel.

Pontozás. Összesen 12 kérdés, helyes válaszonként 1 pont. 10–12 pont: vizsgafelkészítő útvonal; 6–9 pont: kiegészítő útvonal; 0–5 pont: teljes útvonal.

1.2.2. Három tanulási útvonal

1. Teljes útvonal – 0-ról, önállóan

Ez az útvonal azoknak szól, akiknek nincs faipari előképzettségük, vagy nagyon régen tanultak. A könyvet az elejétől a végéig haladva, az alábbi sorrendben dolgozod fel:

- I. rész (Munkavédelem, tűzvédelem, villamos biztonság) – ezt soha ne hagyd ki, mert a gépi munka alapja.
- II. rész (Faanyagismeret) – innen érted meg, miért mozog a fa, miért reped a rosszul szárított deszka.
- III. rész (Szakrajz) – rajz nélkül nincs pontos munka, nincs szabásjegyzék, nincs vizsgaremek.
- IV. rész (Kézi megmunkálás, kötések) – itt szerzed meg a kézügyességet és a szakmai alapismereteket.
- V. rész (Faipari gépek) – csak akkor lépj ide, ha az előző részeket már érted.
- VI. rész (Ragasztás, lapszerkezetek, felületkezelés) – a bútorok és nyílászárók befejező műveletei.
- VII–VIII. rész (Bútor- és épületasztalos termékek) – a teljes termékek.
- IX–X. rész (Szerelés, kalkuláció, vállalkozás, vizsga) – a vizsgára és a munkára felkészítő záró szakasz.

2. Kiegészítő útvonal – iskolai vagy tanfolyami órákhoz igazodóan

Ha nappali képzésben, esti iskolában vagy tanfolyamon tanulsz, a tanár ad ütemet. A kiegészítő útvonal arra szolgál, hogy a könyvvel párhuzamosan haladj, és az elméletet a műhelygyakorlattal összekösd. Minden héten:

- Elolvasod a tanórához tartozó alfejezetet a könyvből, **mielőtt** bemész a műhelybe.
- A műhelygyakorlat után kiegészíted a szakmai jegyzetfüzetedet a tapasztalatokkal.
- A hét végén megoldod az adott alfejezet önellenőrzését és feladatait.
- Ha valamelyik gépnél bizonytalan vagy, újraolvasod a gépbiztonsági részt.

3. Vizsgafelkészítő útvonal – gyakorlattal rendelkezőknek

Ha már dolgoztál asztalosként, vagy régebben elvégeztél egy képzést, de a vizsgára készülsz, ne olvasd el a teljes könyvet oldalról oldalra. Helyette:

- Töltsd ki a belépő tesztet, és jelöld meg a hibás feladatokat.
- A hibás témáknál olvasd el a kapcsolódó alfejezeteket.
- Lapozd fel a szakrajz, a szabásjegyzék, a kalkuláció és a technológiai lapok fejezeteit, mert ezek a vizsgaremek dokumentációjának alapjai.
- Gyakorold a vizsgafeladatokat a A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok alfejezetből.
- Készítsd el a vizsgaremeked dokumentációját a szakmai jegyzetfüzeted alapján.

1.2.3. A vizsga szerkezete – tájékoztató vázlat

A szakmai vizsga pontos felépítését a hatályos képzési és kimeneti követelmények (KKK), a programtanterv (PTT) és a vizsgaszabályzat tartalmazza. A régi OKJ 34 543 02 Asztalos szakképesítés és a Szakképzés 4.0 szerinti Asztalos szakma követelményei eltérhetnek; ezt mindig ellenőrizd az aktuális jogszabályban. Általában a következő részekből áll:

- **Interaktív (írásbeli) vizsgarész (ellenőrizendő: KKK, vizsgaszabályzat)** – tesztkérdések, rövid számítások, szakrajzzal kapcsolatos feladatok; a számoláshoz zsebszámológép használható.
- **Gyakorlati vizsgarész** – ide tartozik a **vizsgaremek** (egy összetett munkadarab elkészítése) és a hozzá tartozó **dokumentáció** (szabásjegyzék, műveletterv, anyagnorma, árkalkuláció), valamint egy **gyakorlati vizsgamunka** a műhelyben, amelyet a vizsgahelyszínen készítesz el.
- **Szóbeli vizsgarész** – a KKK szerint, ha előírja: rajzolvasás, anyagismeret, technológiai kérdések.

A vizsgaremek dokumentációjához erősen ajánlott (sok vizsgaszervezőnél előírt) a szakmai jegyzetfüzet és a fényképes munkanapló **(ellenőrizendő: hatályos KKK és vizsgaszabályzat)**, mert ebből látja a vizsgabizottság, hogy a munkafolyamatot érted, nemcsak a kész darabot adtad le.

1.2.4. A szakmai jegyzetfüzet és a szakszótár

Definíció (szakmai jegyzetfüzet). A szakmai jegyzetfüzet a tanuló saját, folyamatosan bővülő munkadokumentuma, amelybe rögzíti a tanult fogalmakat, szabályokat, képleteket, rajzvázlatokat, technológiai lépéseket, mérési eredményeket, hibákat és javítási módokat.

A jegyzetfüzet nem másolás, hanem aktív tanulás: amit leírsz, azt könnyebben megjegyzed. Vezesd a következő módon:

- **Szakszótár** – minden új szakszó első előfordulásakor írd le: a magyar nevet, a műhelyi szinonimát, és ha hasznos, az angol vagy német megfelelőt. Például: *ollós csap – nyitott csap – open mortise and tenon joint.*
- **Képletgyűjtemény** – minden számítási alfejezetnél írd ki a képletet, a mértékegységeket és egy kidolgozott példát.
- **Rajzvázlatok** – a szakrajz alfejezeteknél készíts egyszerű kézi rajzokat a nézetekről, metszetekről, kötésekről. A rajz legyen elég pontos ahhoz, hogy később felismerd.
- **Technológiai lapok** – a gépi és kézi műveletek leírását rögzítsd lépésről lépésre, a beállítási adatokkal és a gépbiztonsági ellenőrzésekkel.

- **Fényképes munkanapló** – a vizsgaremek készítése közben fényképezd le a munkafázisokat: anyagkiosztás, szabás, gyalulás, csapozás, ragasztás, csiszolás, felületkezelés. Minden fénykép mellé írd: mi történik a képen, milyen gépet vagy szerszámot használtál, milyen ellenőrzést végeztél. A fényképes munkanapló a vizsgaremek dokumentációjának része.

Továbbvitt eredmény. A szakmai jegyzetfüzetet és a fényképes munkanaplót a Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai alfejezetben is használjuk, mert a biztonságos gyakorlás határainak rögzítése és a felügyelet dokumentálása a jegyzetfüzetben történik. Később, a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben a vizsgaremek dokumentációjának alapját ez a füzet adja.

1.2.5. Heti tanulási terv összeállítása

A heti tanulási terv összehangolja az elméletet, az önellenőrzést és a műhelygyakorlatot. Ha nincs heti terved, könnyen elmaradsz, vagy túl sokat vállalsz egyszerre.

Eljárás (recept): heti tanulási terv készítése.

1. **Nézd meg a heti témát** – válaszd ki a soron következő alfejezetet (pl. A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás).
2. **Olvasd el a motivációt és a szemléletes képet** – értsd meg, miért van szükség a témára a műhelyben.
3. **Olvasd el a definíciókat és szabályokat** – húzd alá a képleteket, a szakkifejezéseket.
4. **Másold be a jegyzetfüzetbe** a képletet, a szabályt és egy példát.
5. **Oldd meg az önellenőrzést** a fejezet végén – írd le a válaszokat, ne csak fejben gondold végig.
6. **Oldj meg legalább két feladatot** – az A és B szintűeket mindenképp, a C és D szintűeket akkor, ha a téma fontos a vizsgádhoz.
7. **A műhelyben gyakorold** azt a műveletet, ha lehetséges – pl. nedvességmérést, rajzkészítést, gyalulást; a gépi gyakorlatot csak felügyelővel végezd.
8. **A hét végén írd be a munkanaplóba**, mit csináltál, milyen hibát vétettél, mit javítanál legközelebb.

Példa egy hétre, a fa nedvességtartalma témakörben:

Nap	Tanulási tevékenység	Idő (becsült)
Hétfő	Elmélet: A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás elolvasása, jegyzetelés	60 perc
Kedd	Számítási feladatok: nedvességtartalom képlete, behelyettesítés	45 perc
Szerda	Műhelygyakorlat: fűrészáru tapintása, nedvességmérő bemutatása felügyelővel	90 perc
Csütörtök	Önellenőrzés és feladatok megoldása	45 perc
Péntek	Munkanapló beírása, fényképek rendezése	30 perc
Szombat	Ismétlés, szakszótár bővítése	20 perc

1.2.6. Minőségellenőrzés a tanulásban

A tanulás minőségét ugyanúgy ellenőrizni kell, mint egy munkadarabét. Minden hét végén tedd fel magadnak ezeket a kérdéseket:

- El tudom mondani a heti témát három mondatban?
- Meg tudom oldani a fejezet önellenőrzését hibátlanul?
- Le tudom írni a képletet és a mértékegységeket?
- A műhelyben el tudom végezni a műveletet biztonságosan, felügyelő jelenlétében?
- Beírtam a jegyzetfüzetbe a szükséges vázlatokat, képleteket, szakszavakat?

Ha bármelyikre nem a válasz, lépj vissza, és ismételd meg az adott részt, mielőtt továbbhaladnál.

1.2.7. Tipikus hibák és okaik

1. **Csak olvasás gyakorlás nélkül.** Sok tanuló úgy érzi, ha elolvasta a szöveget, már tudja is. De a kéz és a szem nem tanul meg gyalulni a könyvből. *Helyes gyakorlat:* minden elméleti részhez keress műhelygyakorlatot, vagy legalább kézzel rajzold le a szerkezetet.
2. **A jegyzetfüzet elhanyagolása.** A vizsgaremek dokumentációjához hónapokkal később kell visszakeresni egy-egy beállítást vagy hibát. Ha nem írtad le, elfelejted. *Helyes gyakorlat:* a jegyzetfüzetet hetente, rövid idő alatt vezetni.
3. **A belépő teszt kihagyása.** Ha túl magas szintről indulsz, a hiányzó alapismeretek később bosszulják meg magukat, például a mértékegység-átváltásnál a kalkulációban. *Helyes gyakorlat:* a tesztet őszintén kitölteni, és a hibás témákat előbb pótolni.
4. **A vizsgakövetelmények nem ellenőrzése.** Az aktuális KKK és vizsgaszabályzat változhat; a régi OKJ-s dokumentumok nem biztos, hogy érvényesek. *Helyes gyakorlat:* mindig a hatályos jogszabályt és az iskola tájékoztatóját nézni.

1.2.8. Valós életbeli alkalmazás

Egy felnőtt tanuló, aki korábban otthon barkácsolt, úgy gondolta, hogy a teljes tananyagot átugorhatja, és rögtön a gépi gyakorlattal kezdi. A műhelyben az oktató megkérte, hogy állítsa be az egyengető gyalugép késtengely-védőjét (hídvédő). A tanuló nem tudta, hogyan kell a védőt a munkadarab szélességéhez és vastagságához állítani, és mi a helyes kéztartás (toló- és nyomóeszköz használata), mert a gépbiztonsági fejezetet kihagyta. Az oktató leállította, és visszaküldte az alapokhoz. A tanuló kitöltötte a belépő tesztet, és kiderült, hogy a mértékegység-átváltásban is vannak hibái. Miután a teljes útvonalat választotta, és a jegyzetfüzetébe leírta a biztonsági szabályokat, a gépi gyakorlat már értelmet nyert. A vizsgáján a vizsgaremek dokumentációját a saját jegyzeteiből állította össze, és a bizottság dicsérte a fényképes munkanaplóját.

1.2.9. Önellenőrzés

Válaszold meg a következő kérdéseket, indoklással.

1. Igaz vagy hamis? A belépő teszt csak vizsgán kötelező, önálló tanulásnál nem fontos.
2. Mi a különbség a teljes és a vizsgafelkészítő útvonal között?
3. Sorolj fel legalább négy dolgot, amit a szakmai jegyzetfüzetnek tartalmaznia kell.
4. Mennyi időt javasol a heti terv a heti munkanapló beírására? (Lásd a példatáblázatot.)
5. Miért nem elég csak olvasni a gépi munka leírását? Mi a helyes gyakorlat?
6. Váltsd át: 3,5 m hány mm? 25 000 mm² hány m²?

1.2.10. Feladatok

1. feladat (A) – Írd le a három tanulási útvonal nevét, és mindegyikhez írj egy mondatot arról, kinek ajánlott.

2. feladat (A) – Végezd el az átváltásokat: (a) 2500 mm = ? m; (b) 0,045 m³ = ? dm³; (c) 3,2 m² = ? cm².

3. feladat (B) – Tegyük fel, hogy heti 3 napot tanulsz, naponta legfeljebb 90 percet. Készíts egy heti tervet a A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás alfejezethez a megadott táblázat mintájára. Írd be a napi tevékenységeket és az időtartamokat.

4. feladat (B) – Melyik útvonalat választanád, ha már dolgoztál asztalosként, de a szakrajz és a kalkuláció gyenge? Indokold meg választásodat.

5. feladat (C) – Hibaelemzés: egy tanuló a vizsgaremek elkészítése után akarja megírni a dokumentációt, de nem vezetett jegyzetfüzetet, és fényképei sincsenek. Milyen következményei lehetnek? Hogyan előzhette volna meg ezt?

6. feladat (D) – Válassz ki egy számodra fontos alfejezetet a könyvből, és készíts hozzá egy rövid szakszótárat (legalább 5 szakszó), valamint írj egy tervet, hogyan gyakorlod a műhelyben az adott témát.

1.2.11. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A belépő teszt a tanulási út kiválasztásához kell, nemcsak vizsgán; megmutatja, hol vannak hiányosságok.
2. A teljes útvonal a könyv elejétől a végéig halad, minden alfejezetet feldolgoz; a vizsgafelkészítő útvonal csak a hiányos vagy vizsga szempontjából fontos részeket tanulmányozza, mert a tanuló már rendelkezik gyakorlattal.
3. Szakszótár, képletgyűjtemény, rajzvázlatok, technológiai lapok, fényképes munkanapló (legalább négy).
4. A példa szerint 30 percet.
5. Azért nem elég, mert a gépi munka mozgássorokat, érzékelést és biztonsági szokásokat igényel, amelyek csak felügyelt gyakorlattal alakulnak ki. A helyes gyakorlat: elmélet, majd felügyelt műhelygyakorlat, a gépkönyv és a védőberendezések ellenőrzésével.
6. 3,5 m = 3500 mm; 25 000 mm² = 0,025 m² (mert 1 m² = 1 000 000 mm²; 25 000 / 1 000 000 = 0,025).

1. feladat (A) – A három útvonal: teljes (kezdőknek, 0-ról), kiegészítő (iskolai vagy tanfolyami órákhoz), vizsgafelkészítő (gyakorlattal rendelkezőknek). A mondatok tartalmazzák a fenti meghatározásokat.

2. feladat (A) – (a) 2500 mm = 2,5 m; (b) 0,045 m³ = 45 dm³ (mert 1 m³ = 1000 dm³); (c) 3,2 m² = 32 000 cm² (mert 1 m² = 10 000 cm²).

3. feladat (B) – Például:

Nap	Tevékenység	Idő
Hétfő	Elmélet elolvasása, jegyzetelés (60 perc); képlet másolása a jegyzetfüzetbe (30 perc)	90 perc

Nap	Tevékenység	Idő
Szerda	Műhelygyakorlat felügyelővel: nedvességmérés	90 perc
Péntek	Számítási feladatok és önellenőrzés (60 perc); munkanapló beírása (30 perc)	90 perc

Összesen 270 perc; egyik nap sem haladja meg a 90 percet.

4. feladat (B) – A vizsgafelkészítő útvonalat választanád, mert a gyakorlati tudásod megvan, de a szakrajz és a kalkuláció gyenge; ezeket célzottan pótolhatod a III. és X. rész fejezeteivel.

5. feladat (C) – A következmény: a dokumentáció hiányos, a vizsgabizottság nem tudja ellenőrizni a munkafolyamatot, a vizsgaremeket elutasíthatják vagy alacsonyabb pontot kap. Megelőzés: már a tervezéstől vezetni kellett volna a jegyzetfüzetet, minden munkafázist fényképezni, és a technológiai lépéseket rögzíteni.

6. feladat (D) – Példa: a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezethez szakszavak: zsugorodás, dagadás, húrirányú zsugorodás, sugárirányú zsugorodás, rosttelítettségi határ, egyensúlyi fanedvesség. Műhelygyakorlati terv: mérj meg egy kiszárított és egy nedves deszkát tolómérővel, számold ki a méretváltozást, és jegyezd fel a jegyzetfüzetbe.

1.2.12. Rövid összefoglaló

A tanulás sikere azon múlik, hogy a saját előképzettségedhez illő útvonalat választod. A **belépő teszt** felméri az alapműveleteket, mértékegységeket, térlátást és alapfogalmakat. Három útvonalat kínálunk: a **teljes útvonalat** kezdőknek, a **kiegészítőt** iskolai/tanfolyami órákhoz, és a **vizsgafelkészítőt** gyakorlattal rendelkezőknek. A vizsga szerkezete (interaktív írásbeli, gyakorlati vizsgaremekkel, szóbeli) a hatályos KKK és vizsgaszabályzat szerint ellenőrizendő. A **szakmai jegyzetfüzet** a tanuló folyamatosan bővülő munkadokumentuma: szakszótárt, képleteket, rajzvázlatokat, technológiai lapokat és fényképes munkanaplót tartalmaz. A heti tanulási terv összehangolja az elméletet, az önellenőrzést és a műhelygyakorlatot; az eljárás lépéseit a fejezet **receptje** adja meg. **Továbbvitt eredmény:** a szakmai jegyzetfüzet és a fényképes munkanapló a Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai alfejezetben a biztonságos gyakorlás dokumentálását szolgálja, később pedig a vizsgaremek dokumentációjának alapja lesz.

1.2.13. Források és ellenőrzési hiányok

- Felhasznált forrástípusok: a magyar szakképzési jogszabályok (Szakképzés 4.0, KKK/PTT), vizsgaszabályzat, a könyv korábbi alfejezete (A könyv használata és az asztalos szakma térképe). A hivatkozott jogszabályok pontos számait és hatályos szövegét ellenőrizni kell.
- Ellenőrizendő: az Asztalos szakma pontos azonosítója és a hatályos KKK/PTT; a vizsga részeinek pontos megnevezése és értékelési súlya; a belépő teszt mintafeladatainak szintje.
- A heti terv időtartamai tájékoztató jellegűek, a tanuló egyéni tempójához igazítandók.

1.3. Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai

Első nap a tanműhelyben a folyosón még csak hallod a gépek hangját. Belépsz, és azt látod, hogy a gyakorlott tanulók is mindig ugyanazt a rendet követik: előbb ellenőrzik a szerszámot, felveszik a védőfelszerelést, és csak utána kapcsolnak gépet. Ez a fejezet arról szól, hogyan állítsd össze a saját induló készletedet, és hol húzódik a biztonságos gyakorlás határa. Ha ezt már az első naptól betartod, elkerülöd a legtöbb tipikus kezdő balesetet és anyagtönkremenetelt.

1.3.1. Mit nevezünk tanulóműhelynek, és mi a biztonságos gyakorlás alapelve?

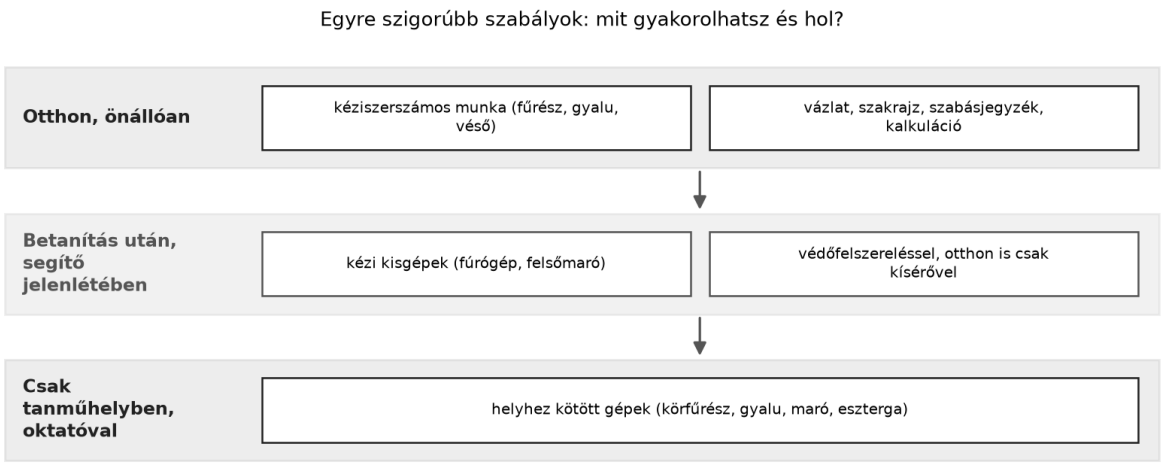
Definíció. A **tanulóműhely** olyan oktatási vagy gyakorló munkahely, ahol a tanuló szakképzett oktató vagy gyakorlati oktató irányításával, a műhely házirendje és a munkavédelmi előírások szerint dolgozik. A tanulóműhely nem „szabadgazdálkodás”: minden gépi munka felügyelethez, betanításhoz és a gépkönyv szerinti használathoz kötött.

A biztonságos gyakorlás alapelve egyszerű: **kéziszerszámos munkát és dokumentációs feladatot otthon is végezhetsz, gépet viszont csak akkor, ha arra külön betanítást kaptál, és az oktató a közelben van.** Ezt a határt soha ne told el „csak egy vágás” kedvéért.

Továbbvitt eredmény. A felügyelt gépi munka szabálya: **helyhez kötött faipari gépet (körfűrész, egyengető és vastagsági gyalu, alsómaró, szalagfűrész, láncmaró, eszterga, CNC) a tanuló csak betanítás után, oktató felügyelete mellett, a gépkönyv szerint kezelhet.** Ezt a szabályt minden későbbi gépi technológiai lap (IV–VI. rész) és a vizsgafelkészítő fejezet visszaidézi.

1.3.2. Szemléletes kép: a gyakorlási határok térképe

A következő ábra nem lépéssor, hanem három, egyre szigorúbb szabályú kategória: felülről lefelé nő a kockázat, és vele a feltételek száma.



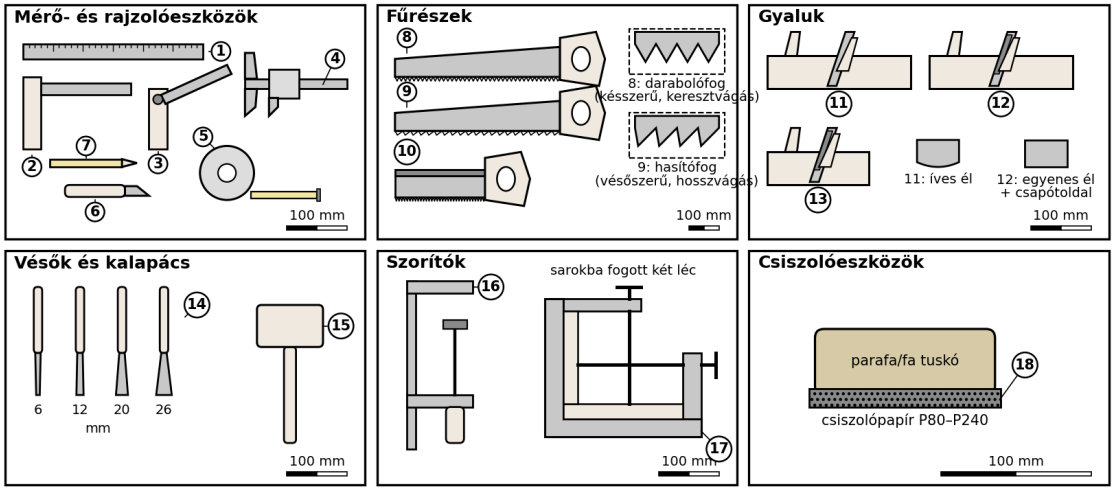
1.3. ábra. Egyre szigorúbb szabályok: mit gyakorolhatsz és hol? - A lefelé mutató nyíl a növekvő kockázatot és a szigorodó feltételeket jelzi, nem munkasorrendet. Szemléltető útmutató; a pontos szabályokat a tanműhely házirendje, a gépkönyv és a munkavédelmi oktatás adja (ellenőrizendő).

Az ábra azt mutatja: minél nagyobb a szerszám teljesítménye és minél nehezebb megállítani a forgó részt, annál szigorúbb a szabály. A kéziszerszámot meg tudod állítani a kezeddel, a gépet nem.

1.3.3. Az alap kéziszerszám- és mérőeszközkészlet

Kezdő asztalosként nem kell azonnal teljes gépparkot vásárolnod. A kéziszerszámokkal tanulható meg legjobban a rostirány, a méretpontosság és a szerszámvezetés. Az alábbi táblázat egy minimális, de jól működő induló készletet mutat. Az árak **tájékoztató mintaárak**, a számítás menetét mutatják, nem valós piaci ajánlatok.

Eszközcsoport	Javasolt alapkészlet	Fő feladat	Tájékoztató mintaár (Ft)	Megjegyzés
Mérő- és rajzolóeszközök	acélvonalzó 300 és 600 mm, derékszögelő, állítható szögmérő, tolómérő 0–150 mm, mérőszalag 3–5 m, rajzceruza, jelölőkés	kimérés, derékszög ellenőrzése, előrajzolás	15 000–35 000	A tolómérő 0,1 mm pontosságot mutat; kíméld az élet.
Fűrészek	darabolófűrész (keresztvágó), hasítófűrész, hátfűrész	kereszt- és hosszirányú vágás, pontos csapolás	8 000–25 000	A fűrészlap fogazása a feladathoz illeszkedjen.
Gyaluk	simítógyalu, nagyológyalu, rövidgyalu	felület simítása, derékszög készítése	12 000–30 000	Éles vas, vékony forgács.
Vésők	6, 12, 20, 26 mm-es véső, fakalapács vagy ütőkalapács	csaplyuk, fészek, illeszték	10 000–20 000	A vésőt soha ne használd feszítővasként.
Szorítók	2–4 db csavaros asztalos szorító, 1–2 sarokszorító	ragasztásnál, összeállításnál	6 000–15 000	A pofákat mindig puhítsd falappal, nehogy benyomódjon.
Munkaasztal, gyalupad	stabil, sík munkalap, satu	munkadarab rögzítése, gyalulás, vésés	50 000–120 000 (saját építés olcsóbb)	Otthon is kiváltható merev munkapaddal.
Csiszolóeszközök	csiszolótuskó, csiszolópapír P80–P240	felület előkészítése	3 000–8 000	Csiszolás alatt mindig porvédő.
Kiegészítők	csavarhúzó, fogó, reszelő, fúrószárkészlet, csavarbehajtó bitek	szerelés, rögzítés	10 000–20 000	Az akkus fúrógépet csak betanítás után használd.



1.4. ábra. Az induló kéziszerszám- és mérőeszközkészlet „szerszámfala”: 18 eszköz hat csoportban (sematikus rajz, mezőnként 100 mm-es léptékkel)

A szerszámfal a táblázat csoportjait mutatja: 1 acélvonalzó, 2 derékszögelő, 3 állítható szögmérő, 4 tolómérő, 5 mérőszalag, 6 jelölőkés, 7 rajzceruza; 8 darabolófűrész, 9 hasítófűrész, 10 hátfűrész; 11 nagyológyalu, 12 simítógyalu, 13 rövidgyalu; 14 vésők (6, 12, 20, 26 mm), 15 fakalapács; 16 csavaros asztalos szorító, 17 sarokszorító; 18 csiszolótuskó csiszolópapírral. A nagyított fogazat mutatja a különbséget: a darabolófűrész fogai késszerűek (keresztben vágják a rostot), a hasítófűrészéi vésőszerűek (a rost mentén hasítanak); a nagyológyalu vasának éle íves, a simítógyalué egyenes, csapótoldallal. Az interaktív változatban az eszközre mutatva megjelenik a neve és a fő feladata, a gombokkal csoportonként szűrhetsz.

A pontos típusokat, márkákat szándékosan nem írjuk elő, mert az a későbbi gyakorlatban munkáltatótól, iskolától és költségkerettől függ. A lényeg: minden szerszámod legyen éles, ép nyelű, tiszta felületű, és legyen hol biztonságosan tárolni.

1.3.4. Egyéni védőeszközök az első naptól

Még a kézi fűrészelés is szoros közelségbe hozza a forgácsot, a port és az éles szerszámokat. A védőfelszerelést nem „akkor veszem fel, ha gépet használok”, hanem már a kézi munka első percétől.

- **Védőszemüveg:** a pattogó forgács, a letörő él és a fűrészpor ellen. Kézifűrészelésnél is pattanhat szilánk a szembe.
- **Porvédő álarc (légzésvédő):** fapor ellen FFP2 vagy finomabb porra, keményfa-porra FFP3 osztályú szűrőt használj. A pontos osztályt a kockázatértékelés és a biztonsági adatlap határozza meg (ellenőrizendő: FFP-szűrőkre vonatkozó szabvány, pl. MSZ EN 149 – jelölve).
- **Hallásvédő:** elsősorban gépi munkánál, illetve ha hosszabb ideig dolgozol zajos környezetben. Kéziszerszámos munkánál ritkán indokolt, de gépi területen kötelező.
- **Munkaruha:** testhezálló, hosszú ujjú, nem lógó ruházat. Szabadon lógó ujjat, kapucnit, sálat, nyakláncot, órát, gyűrűt ne viselj szerszám közelében, mert becsípheti vagy elkaphassa.
- **Zárt, csúszásmentes cipő:** véd a leeső szerszámtól, a forgácstól és a csúszós padlótól. Papucsban, szandálban tilos dolgozni.

Definíció. Az **egyéni védőeszköz (EVE)** olyan eszköz, amely a munkavállalót vagy tanulót a munkahelyi kockázat ellen védi. Az EVE kiválasztását és viselését mindig a műhely kockázatértékelése, a szerszám vagy gép dokumentációja és a munkavédelmi oktatás határozza meg.

1.3.5. Otthoni gyakorlás: mit lehet, és mit nem?

A tankönyv kifejezetten önálló tanulásra készült, ezért fontos, hogy tudd: mit gyakorolhatsz otthon biztonságosan, és mit csak tanműhelyben, felügyelettel.

Otthon, önállóan gyakorolható:

- vázlat, szakrajz és szerkezeti rajz készítése,
- méret- és anyagszámítás, szabásjegyzék, kalkuláció,
- mérés, előrajzolás egyszerű darabon,
- kézi fűrészelés, gyalulás, vésés, csiszolás kéziszerszámmal,
- egyszerű fakötések (lapolás, ollós csap, vésett csap) kisméretű, jól rögzíthető anyagon,
- felület kezelése kis felületen, ha a szellőzés megoldott és a biztonsági adatlapnak megfelelően jársz el,
- munkanapló vezetése, rajzok és dokumentáció rendezése.

Otthon, önállóan NEM gyakorolható:

- asztali körfűrész, alsómaró, egyengető gyalugép, vastagsági gyalu, szalagfűrész, faeszterga, CNC-megmunkáló használata betanítás és felügyelet nélkül,
- kézi kisgépek (például fúrógép, felsőmarógép, kézi körfűrész) használata, ha nem kaptál rájuk betanítást, vagy nincs melletted olyan személy, aki segíteni tud,
- oldószeres lakk, pác, hígító, ragasztó használata megfelelő szellőzés, védőkesztyű és légzésvédő nélkül,
- nehéz anyagmozgatás egyedül, ha a darab súlya meghaladja a biztonságos határt.

Szabály. Amikor bizonytalan vagy, kérdezd meg az oktatódat, és nézd meg a szerszám vagy gép dokumentációját. A „majd megoldom” gondolata a leggyakoribb forrása a kezdő baleseteknek.

1.3.6. Gépbiztonság és a tiltott gyakorlatok

A gépi munka szabályait a későbbi fejezetek részletesen, gépenként tárgyalják. Itt az általános keretet rögzítjük, amely minden technológiai lap elején visszatér.

Gépbiztonság. - Helyhez kötött faipari gépet tanuló csak betanítás után, oktató felügyelete mellett, a gépkönyv szerint kezelhet. Védőberendezés nélkül soha. - Tilos védőburkolatot, hasítóéket, ütközőt, elszívócsonkot eltávolítani vagy rögzítését megbontani. - Tilos kesztyűt viselni forgó szerszám közelében; a kesztyűt a szerszám becsavarhatja. - Tilos a munkadarabot kézzel tolni a szerszám felé tolófa, tolókocsi vagy megfelelő előtoló nélkül, ha a kéz a veszélyes zónába érne. - Tilos túl rövid vagy túl keskeny darabot gépi megmunkálással alakítani. - Tilos repedt, laza göcsű, szeges vagy csavaros anyagot gépi megmunkálásra befogni. - Tilos a gépet bekapcsolni, ha az elszívó nem működik, a munkaterület rendetlen, vagy a vészleállító nem elérhető. - Szerszámcsere, beállítás, tisztítás előtt mindig le kell állítani a gépet, megvárni, amíg a szerszám megáll, és áramtalanítani.

Tilos. A fenti pontok közül egyet sem szabad „csak most” alapon felülbírálni. Aki védőburkolat nélkül dolgozik, nemcsak magát, hanem a műhelyben dolgozó társait is veszélyezteti.

1.3.7. Szabályozási háttér: munkavédelem, gépek, fapor, védőeszközök

A műhely gyakorlatát Magyarországon és az Európai Unióban több szabály határozza meg. A pontos számok, határértékek és hatályok az évek során változhatnak, ezért az alábbiak tájékoztató jellegűek.

Szabvány. - A munkavédelem alapjait a munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII. törvény – ellenőrizendő: hatályos szöveg) adja. - A munkaeszközök, így a faipari gépek biztonságát az uniós gépirányelv / géprendelet (jelölve: hatályos jogszabály) és a faipari gépek biztonsági szabványsorozata, az MSZ EN ISO 19085 (ellenőrizendő: pontos szám és hatály) rögzíti. - A fapor, különösen a keményfa-por rákkeltő hatású; expozíciós határértékét és besorolását jogszabály írja elő (ellenőrizendő: hatályos rendelet és érték). - Az egyéni védőeszközök követelményei között a légzésvédőkre például az MSZ EN 149, a szem- és arcvédőkre, valamint a hallásvédőkre külön európai szabványok vonatkoznak (ellenőrizendő: pontos szabványok).

A szabályok célja nem a korlátozás, hanem az, hogy a tanuló a gépet akkor kezelje, amikor már érti a veszélyét, és van mellette valaki, aki be tud avatkozni. A későbbi fejezetek ezeket a szabályokat minden gépnél a műveletre lebontva ismertetik.

1.3.8. A műhely rendje, porelszívás, tűzvédelem a kisműhelyben

Az otthoni vagy iskolai kisműhelyben is érvényes a rend: a padló száraz, a munkaterület szabad, a szerszámok a helyükön. A fűrészpor és a csiszolási por nemcsak egészségügyi, hanem tűzvédelmi kockázat is.

- **Porelszívás:** a kézi gépekhez és a gépekhez csatlakoztatott elszívás csökkenti a légtérbe jutó port. Kézi csiszolásnál is használj porvédőt, és lehetőleg szellőztess.
- **Tűzvédelem:** a fapor, az oldószeres rongy és a hígító együtt igen tűzveszélyes. Az olajos vagy hígítós rongyot soha ne gyűrd össze, hanem légmentesen zárható, erre kijelölt edénybe tedd. A kisműhelyben legyen megfelelő tűzoltó készülék, és a menekülési út mindig szabad legyen.
- **Villamos biztonság:** csak ép kábelt, ép csatlakozót használj. A villamos szerelést, javítást villamos szakember végezze; te csak a napi szemrevételezést végezd el (kábel, dugasz, hosszabbító nem sérült-e). (Ellenőrizendő: a kisműhelyre vonatkozó tűzvédelmi előírások, például az OTSZ idevágó része.)

Szabály. A munkaterületet úgy hagyd el, ahogyan beléptél: a szerszámok a helyükön, a padló seperve, a hulladék a kijelölt gyűjtőben, és a gépek áramtalanítva.

1.3.9. Interaktív ábrák és kalkulátorok a könyvben

A tankönyvben több helyen **interaktív ábrát** és **kalkulátort** találsz. Ezek arra valók, hogy a képleteket ne magold, hanem kipróbáld. Például:

- a nedvesség- és zsugorodáskalkulátor megmutatja, mennyit változik a deszka szélessége a fanedvesség függvényében;
- a forgácsolási sebesség kalkulátor a szerszámátmérőből és fordulatszámból számol;
- a szabásjegyzék- és anyagnorma-kalkulátor az anyagszükségletet segít ellenőrizni;
- a későbbi lépcsőkalkulátor a lépcsőfokok arányát mutatja.

A HTML-kiadásban az ábrák mozgathatók, a PDF-ben és az EPUB-ban statikus képet látsz. Az ábrák mellett mindig ott a képlet, a mértékegység és a magyarázat, hogy az eredményt te magad is ki tudd számolni zsebszámológéppel vagy táblázatkezelővel.

1.3.10. Ellenőrzőlista az első önálló kéziszerszámos gyakorlathoz

Technológiai eljárás: számozott lépések, ellenőrzési pontokkal.

1. **Munkaterület:** nézd meg, hogy a padló száraz, a munkapad stabil, a világítás elegendő, és a menekülési út szabad. – Ellenőrzés: nincs elől hagyott kábel, doboz.
2. **Szerszámok:** ellenőrizd a fűrészlapot, a gyaluvasat, a vésőnyelet. Ha repedt, rozsdás vagy életlen, ne kezdj munkába. – Ellenőrzés: a gyaluvas éle fényes, a fűrészfogak épek.
3. **Védőfelszerelés:** vedd fel a védőszemüveget, a porvédőt, a zárt cipőt. – Ellenőrzés: a szemüveg kényelmesen illeszkedik.
4. **Munkadarab rögzítése:** fogd be a darabot satuba vagy rögzítsd szorítóval. Soha ne tartsd kézzel a levegőben fűrészelés közben. – Ellenőrzés: a darab nem mozdul el erős nyomásra.
5. **Mérés és előrajzolás:** rajzold fel a vágási vonalat, jelöld a hulladék oldalt. Ellenőrizd a derékszöget. – Ellenőrzés: a vonal vékony, jól látható, a derékszögelő pontosan zár.
6. **Megmunkálás:** csak annyit vágj le, amennyit a rajz mutat; hagyj ráhagyást a méretre gyaluláshoz. – Ellenőrzés: a vágás a hulladék oldalon halad, a vonal látható marad.
7. **Méretellenőrzés:** mérd meg a kész felületet, derékszöget, hosszúságot. – Ellenőrzés: tájékoztató tűrés kézi munkánál ±0,5 mm (a feladattól függ).
8. **Takarítás:** söpörd össze a forgácsot, a szerszámokat tedd a helyükre, a hulladékot válogasd szét. – Ellenőrzés: a munkapad tiszta, a szerszámok nem hevernek szerteszét.

Ezt a listát később a gépi technológiai lapok kiegészítik: gépi munkánál jön hozzá a gép indítás előtti ellenőrzés, az elszívás, a vészleállító és a szerszám megengedett fordulatszámának ellenőrzése.

1.3.11. Minőségellenőrzés

Kéziszerszámos gyakorlatnál a minőségellenőrzés elsősorban a méretek, a derékszög és a felületi érdesség ellenőrzése.

- **Hossz, szélesség, vastagság:** mérőszalaggal vagy tolómérővel. Tájékoztató tűrés: ±0,5 mm egyszerű darabnál, ±0,2 mm csapkötésnél (ellenőrizendő: a konkrét rajz tűrése).
- **Derékszög:** derékszögelővel. A fényrés ne legyen 0,5 mm-nél nagyobb. Ha eltérés van, a darabot síkba kell gyalulni vagy a fűrészvágást javítani.
- **Felületi simaság:** szemrevételezéssel és kézzel, erős oldalfényben. A durva szálkák, gyaluhullámok további simítógyalulást vagy csiszolást igényelnek.

Ha méreteltérés van, mindig a rajz és a szabásjegyzék az irányadó. A javítást úgy végezd, hogy a hibás darabot ne told be másik alkatrész helyére.

1.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Előrajzolás nélküli vágás.** A tanuló siet, és „szemre” fűrészel. Eredmény: ferde, méreten kívüli darab. Helyes: mindig jelölni, és a fűrészlapot a vonal hulladék oldalán vezetni.
2. **Nincs rögzítve a munkadarab.** A fűrész elhúz vagy a darab elcsúszik. Eredmény: pontatlan vágás, vagy a szerszám a kézbe ugrik. Helyes: satu vagy szorító.
3. **Védőfelszerelés hiánya.** Kézi fűrészelésnél is pattanhat szilánk a szembe, a por pedig a tüdőbe. Helyes: védőszemüveg és porvédő már az első vágástól.
4. **Túl nagy darab megmunkálása egyedül.** A hosszú deszka lelóg, elfordul, vagy a kezed a szerszám elé kerül. Helyes: alátámasztás, rögzítés, és ha kell, kérj segítséget.

5. **Gépi munka felügyelet nélkül.** A tanuló otthon kipróbálja az asztali körfűrészt, mert „csak egy vágás”. Eredmény: a leggyakrabban visszavágódásból vagy kéz eléréséből származó súlyos baleset. Helyes: géppel csak tanműhelyben, oktatóval.

1.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kezdő tanuló otthon szeretett volna gyakorolni. Vett egy csomag fenyőlécet, és készített egy kis fiókot. A munkadarabokat kézi fűrésszel, simítógyaluval és vésővel alakította ki, a fecskefarkú fogazást először papíron, majd hulladékdarabon próbálta ki. Az asztali körfűrészt nem is vette elő, mert nem kapott rá betanítást. A fiók elkészült, a tanuló pedig megtanulta a kézi vésés és a fűrészelés pontosságát. A tanulság: az alapkészségeket otthon is lehet gyakorolni, a gépi műveleteknek viszont megvan a maguk helye a tanműhelyben.

Egy másik nap a tanműhelyben az oktató észrevette, hogy egy másik tanuló védőburkolat nélkül akarta elindítani az egyengető gyalut. Azonnal leállította, és elmagyarázta: a késtengelybe nyúló kéz törését vagy rosszabb sérülését csak a védőburkolat akadályozza meg. A tanuló azóta minden gépet az indítás előtti ellenőrzéssel kezd.

1.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A kézifűrészt otthon, önállóan is használhatod. Választ indokold.
2. Melyik védőeszközt kell viselned már kézi fűrészeléskor is a szem és a tüdő védelmére?
3. Miért tilos kesztyűt viselni forgó szerszám közelében?
4. Sorold fel, mit gyakorolhatsz otthon (legalább hármat), és mit nem (legalább kettőt).
5. Mi a teendő szerszámcsere és takarítás előtt gépi munka után?

1.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel az alap mérő- és rajzolóeszközöket, és mindegyikhez írd oda, mire használod.

2. feladat (A) Mondd meg, igaz-e: „Az asztali körfűrészt otthon is használhatom, ha már láttam, hogyan működik.” Indokold.

3. feladat (B) Készíts táblázatot: bal oldalon az otthon gyakorolható tevékenységek, jobb oldalon a csak tanműhelyben, felügyelettel végezhető tevékenységek. Írj legalább 4-4 példát.

4. feladat (B) Egy kezdő tanuló kézi fűrésszel 300 mm hosszú darabokat vág. Hogyan ellenőrzi a derékszöget? Mi a teendő, ha a vágás nem derékszögű?

5. feladat (C) Egy tanuló otthon akar egy kis fa dobozt készíteni. Milyen munkafolyamatot tervezzen, és hol kell különösen óvatosnak lennie a biztonság szempontjából? Válaszodban tüntesd fel az EVE-t és a rögzítést is.

6. feladat (D) Egy gyakorló darabot derékszögben mérsz: a két átló 603 mm és 598 mm. A keret szélessége 400 mm. Derékszögű-e? Becsüld meg az oldalhosszt és a szögeltérést, és tegyél javaslatot a javításra.

1.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz, mert a kézifűrész lassú, jól irányítható, és kisebb a visszavágódás veszélye, de védőszemüveget és porvédőt így is viselni kell, és a munkadarabot rögzíteni kell.
2. Védőszemüveg és porvédő álarc (FFP2 vagy FFP3).
3. Mert a kesztyűt a forgó szerszám becsavarhatja, és magával ránthatja a kezet, ami súlyos sérülést okoz.
4. Otthon: mérés, előrajzolás, kézi fűrészelés, gyalulás, vésés, szakrajz, kalkuláció. Nem: gépek használata, kézi kisgépek betanítás nélkül, oldószeres anyagok szellőzés nélkül.
5. Le kell állítani a gépet, megvárni, amíg a szerszám teljesen megáll, majd áramtalanítani. Csak ezután lehet szerszámot cserélni vagy takarítani.

1. feladat - Acélvonalzó: hosszmérés, egyenes vonal jelölése. - Derékszögelő: derékszög ellenőrzése, merőleges vonal húzása. - Állítható szögmérő: tetszőleges szög bemérése és átmásolása. - Tolómérő: külső és belső méretek pontos mérése (0,1 mm). - Mérőszalag: nagyobb hosszak, anyagok mérése. - Jelölőkés/rajzceruza: vágási és csapozási vonalak rajzolása.

2. feladat Hamis. Az asztali körfűrész helyhez kötött gép, amelyet tanuló csak betanítás után, oktató felügyeletével, a gépkönyv szerint kezelhet. Otthon, egyedül tilos használni.

3. feladat Példatáblázat:

Otthon gyakorolható	Csak tanműhelyben, felügyelettel
Mérés, előrajzolás	Asztali körfűrész használata
Kézi fűrészelés, gyalulás, vésés	Egyengető gyalugép kezelése
Szakrajz, szabásjegyzék, kalkuláció	Alsómaró, CNC-gép kezelése
Kézi csiszolás, kis felületen pácolás	Faesztergálás

4. feladat A vágott darab derékszögét derékszögelővel ellenőrizzük: a derékszög belső élével a vágott élhez illesztjük, és megnézzük, van-e fényrés. Ha a vágás nem derékszögű, a darabot satuba fogva gyaluljuk vagy csiszoljuk a derékszögre, vagy jobb esetben a fűrészt vezető vonalat módosítjuk a következő vágásnál. Fontos: a fűrészlap a jelölővonal hulladék oldalán fusson.

5. feladat A tanuló először rajzolja meg a doboz méreteit, készítsen szabásjegyzéket. Mérje ki és jelölje elő az anyagot. A darabokat satuba/szorítóba fogva fűrészelje, majd gyalulja derékszögre. A kötéseket (pl. ollós csap) előbb hulladékdarabon próbálja ki. Végig viseljen védőszemüveget és porvédőt, zárt cipőt. Ne használjon gépet. A ragasztásnál szorítóval rögzítsen, és kövesse a ragasztó adatlapját. Különösen óvatos legyen a vésővel, mindig a véső élével elfelé dolgozzon, a kezét tartsa a vágás mögött.

6. feladat Téglalapnak az átlói egyenlők; itt 603 mm ≠ 598 mm, tehát az átlók különbsége 5 mm, és a keret nem derékszögű, hanem paralelogramma-szerűen ferde. Az oldalhossz egyetlen érték: a paralelogrammára $d_1^2 + d_2^2 = 2(a^2 + b^2)$, ezért $a = \sqrt{\dfrac{603^2 + 598^2}{2} - 400^2}\,\text{mm} = \sqrt{360\,606{,}5 - 160\,000}\,\text{mm} \approx 447{,}9\,\text{mm}$. A szögeltérés: $d_1^2 - d_2^2 = 4ab\cos\varphi$, ezért $\cos\varphi = \dfrac{603^2 - 598^2}{4 \cdot 447{,}9 \cdot 400} = \dfrac{6\,005}{716\,640} \approx 0{,}0084$, vagyis a sarok kb. 0,5°-kal tér el a derékszögtől; 400 mm-en ez kb. 3,4 mm kitérés. Javítás: ragasztás előtt a keretet a hosszabb átló mentén szorítóval össze kell nyomni, amíg az átlók egyenlők lesznek; kész darabnál a ferde éleket derékszögre kell gyalulni. Ellenőrzés: a két átló különbsége legfeljebb 1 mm **(ellenőrizendő: tájékoztató tűrés)**. Gyakorlatban a derékszöget derékszögelővel és az átlók összemérésével ellenőrzik.

1.3.17. Rövid összefoglaló

A tanulóműhelyben a tanuló szakképzett oktató felügyeletével dolgozik; a gépi munkához betanítás, a gépkönyv ismerete és a védőberendezések megléte szükséges. A kezdő asztalos alapkészlete mérő- és rajzolóeszközökből, kézi fűrészekből, gyalukból, vésőkből, szorítókból, munkaasztalból, csiszolóeszközökből és kiegészítőkből áll. Az egyéni védőeszközök – védőszemüveg, porvédő, hallásvédő, munkaruha, zárt cipő – már az első kézi munkától kötelezők. Otthon önállóan kéziszerszámos munka, rajz, számítás és kalkuláció gyakorolható; helyhez kötött gépet és betanítás nélkül kézi kisgépet használni tilos. A gépi munka előtt mindig ellenőrizni kell a szerszámot, a védőberendezést, az elszívást és a munkaterületet. Szerszámcsere, beállítás és takarítás előtt a gépet le kell állítani, megvárni a szerszám leállását, és áramtalanítani. A szabályokat a munkavédelmi törvény, az MSZ EN ISO 19085 sorozat és a faporra vonatkozó jogszabályok rögzítik (ellenőrizendő: hatályos pontos adatok).

1.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: munkavédelmi törvény, faipari gépek biztonsági szabványai (MSZ EN ISO 19085 sorozat), fapor-expozícióra vonatkozó jogszabály, egyéni védőeszközökre vonatkozó európai szabványok, a tanműhely házirendje és a gépek gépkönyve.

Ellenőrizendő pontok: a munkavédelmi törvény hatályos szakasza; a faipari gépek biztonsági szabványainak pontos száma és hatálya; a fapor-határértékek jelenlegi értéke; az FFP-szűrőkre vonatkozó MSZ EN 149 pontos követelményei; a kisműhelyre vonatkozó tűzvédelmi előírások (OTSZ); a táblázatban megadott mintaárak tájékoztató jellege.

2 Munkavédelem és munkahelyi egészség

2.1. A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása

2.1.1. Motiváció

Első napod van a tanműhelyben. Az oktató körbevezet. Megmutatja: itt asztalos körfűrészgép, ott egyengető gyalugép, a polcokon lakkok, hígítók, pácok. Azt mondja: mielőtt bármihez nyúlnál, beszéljünk a munkavédelemről. Leveszi az órádat, a gyűrűdet, félrehúzza a bő kabátujjadat. Csak ezután enged a gép közelébe. Mire jó ez a szigorúság? Miért nem lehet azonnal „dolgozni”? A faipari műhely tele van olyan veszélyekkel, amelyek megváltoztathatják az életedet: forgó szerszámok, por, vegyi anyagok, nehéz táblák, elektromos áram. A munkavédelem az a tudás és szabályrendszer, amely segít, hogy estére ugyanúgy hazaérj, ahogy reggel bejöttél. Ez a fejezet megmutatja, honnan jönnek ezek a szabályok, ki mit tehet és ki mit köteles megtenni, hogy a munkahely érték maradjon: egészséged és biztonságod.

2.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy műhelyasztalt. Rajta egy fenyő keret alkatrészei, egy marógép, szorítók, ragasztóstubus, csiszolópapír. A falon piktogramok: védőszemüveg, fülvédő, porálarc. A levegő fűrészpor-szagú, a gépek motorja halkan zúg. A te szemedben ez még izgalmas. De ugyanezt a képet nézve a munkavédelmi szakember mást lát: a levegőben lévő fapor hosszú távon tüdőkárosító lehet; a marógép forgó szerszáma ujjat csonkolhat; a ragasztó oldószere szédülést okozhat; a rendetlen padlón el lehet csúszni. A munkavédelem arra tanít meg, hogy ugyanazt a műhelyt „biztonsági szemmel” is lásd. A szabályok nem az élet bonyolítására, hanem az élet megtartására valók.

2.1.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **munkavédelem** a szervezett munkavégzésre vonatkozó biztonsági és egészségügyi követelmények, valamint az ezek érvényesítésére szolgáló intézmények és eljárások összessége. Röviden: mindaz, ami a munkavégzés során az ember épségét, egészségét és biztonságát védi, illetve a munkakörülmények javítását szolgálja.

A munkavédelem két ágból áll:

- **Munkabiztonság**: a hirtelen bekövetkező, balesetet okozó veszélyek megelőzése (pl. gép védőburkolata, csúszásmentes padló, elektromos érintésvédelem).
- **Munkaegészségügy**: a lassan, hosszú idő alatt kialakuló egészségkárosodások megelőzése (pl. fapor, zaj, rezgés, vegyi anyagok, rossz testtartás).

Definíció. Veszély: olyan forrás, helyzet, anyag, eszköz vagy tevékenység, amely ártalmat – sérülést, egészségkárosodást, anyagi kárt – okozhat. A faipari műhelyben ilyen például a forgó körfűrészlap, a zaj, a fapor, a tűzveszélyes lakk, a nehéz tábla leesése.

Definíció. Kockázat: annak a mértéke, hogy a veszélyből ténylegesen kár következik be. Két összetevője van: a károkozás **valószínűsége** és a lehetséges kár **súlyossága**. A kockázatot csökkenteni lehet a valószínűség csökkentésével (pl. védőburkolat, záró retesz) vagy a súlyosság mérséklésével (pl. védőszemüveg, elsősegélynyújtás).

Példa: ugyanaz a körfűrészlap veszély. Ha a védőburkolat fenn van, a kockázat alacsony; ha eltávolítják, a kockázat nagyon magas, mert a sérülés valószínűsége és súlyossága is megnő.

Definíció. Munkabaleset: az a baleset, amely a szervezett munkavégzés során vagy azzal összefüggésben éri a munkavállalót, és abból testi sérülés, egészségkárosodás vagy halál következik. A munkába menet vagy onnan hazafelé történt (úti) baleset a munkavédelmi törvény szerint főszabályként nem munkabaleset, kivéve, ha például a munkáltató saját vagy bérelt járművével történt; a társadalombiztosítás szerint viszont üzemi balesetnek minősülhet **(ellenőrizendő: Mvt. fogalommeghatározás és az egészségbiztosítási törvény)**.

Definíció. Foglalkozási megbetegedés: olyan egészségkárosodás (betegség), amely a munkavégzésből, a munkakörülményekből, a foglalkozás gyakorlása közbeni ártalmakból keletkezik, és jogszabályban meghatározott jegyzékben szerepel. Faiparban tipikus lehet például a keményfa-por okozta orr- és orrmelléküreg-daganat (adenokarcinóma), a faporhoz köthető allergiás bőr- és légúti megbetegedés, a zaj okozta halláskárosodás, a rezgés okozta ér- és idegkárosodás (ellenőrizendő: hatályos jegyzék).

Definíció. Munkavállaló (a munkavédelmi törvény szempontjából): az, aki a munkáltatóval munkaviszonyban, tanulói jogviszonyban, szakképzési munkaszerződéses jogviszonyban áll, vagy más foglalkoztatásra irányuló jogviszonyban dolgozik. A tanuló tehát ugyanúgy jogosult a védelemre, mint a dolgozó, de rá szigorúbb felügyeleti és képzési szabályok vonatkoznak.

2.1.4. Veszélyes és ártalmas termelési tényezők

A munkahelyen ható tényezőket két nagy csoportra osztjuk:

- **Veszélyes tényező**: amely rövid időn belül balesetet okozhat (pl. forgó szerszám érintése, leeső munkadarab, elektromos áram, elcsúszás).
- **Ártalmas tényező**: amely hosszabb idő alatt, jellemzően tartós expozícióval okoz egészségkárosodást (pl. fapor, zaj, rezgés, vegyi gőzök, rossz megvilágítás, nehéz kézi anyagmozgatás).

Ezeket együttesen **munkakörnyezeti hatásoknak** vagy **kockázati tényezőknek** nevezzük. A faipari asztalos munkában a leggyakoribbak:

- mechanikai veszélyek (forgó, haladó szerszám, vágás, beszorulás),
- fapor (keményfa-por rákkeltő hatású lehet),
- zaj (pl. gyalugép, körfűrész zaja),
- kéz-kar rezgés (kézi kisgépek),
- vegyi anyagok (ragasztók, lakkok, oldószerek, pácok),
- tűz- és robbanásveszély (fapor, gyúlékony oldószerek),
- fizikai terhelés (nehéz táblák, kényelmetlen testhelyzet),
- villamos áram.

Ezekkel részletesen a Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend, a Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés, fapor, vegyi anyagok és a Tűzvédelem, villamos biztonság és környezetvédelem foglalkozik.

2.1.5. A munkavédelem szabályozási rendszere

A munkavédelem nem egyetlen szabály, hanem rétegekből épül fel. Sorrendben a legmagasabbtól a legalacsonyabbig:

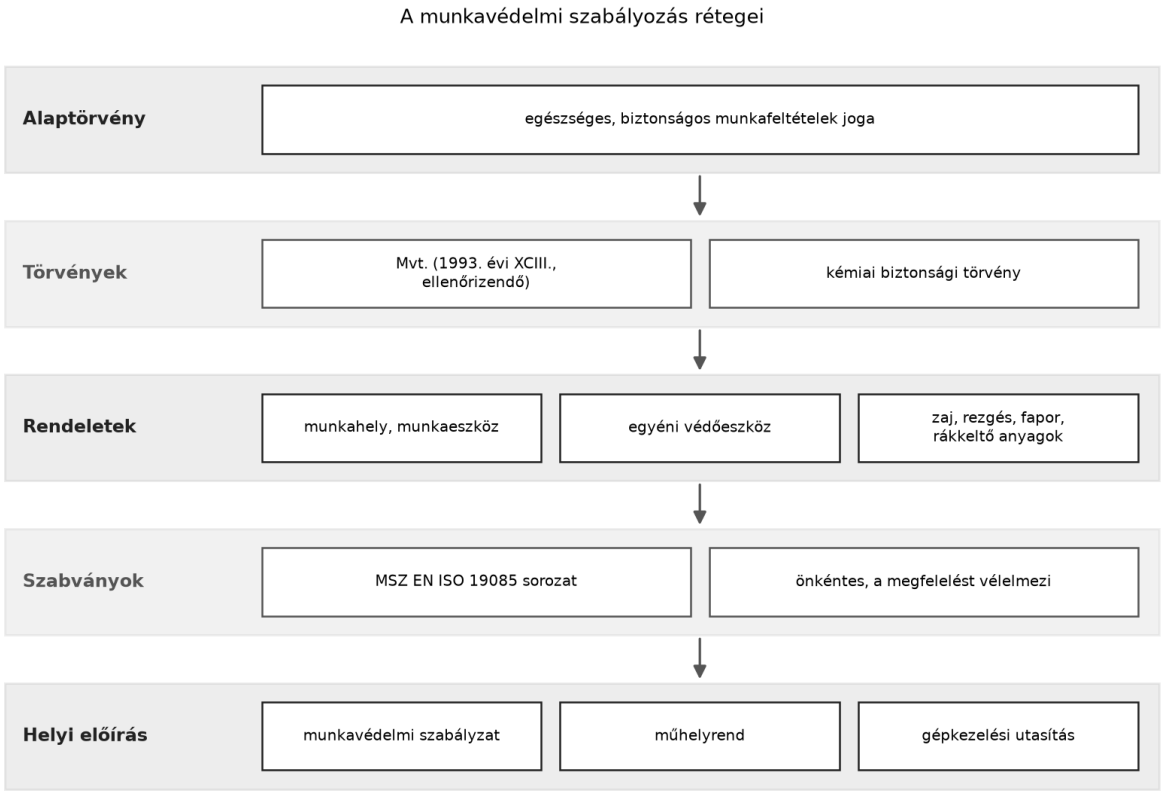
1. **Alaptörvény**: Magyarország Alaptörvénye kimondja, hogy mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez; a munka- és pihenőidő védelméhez, az egészséges és biztonságos munkafeltételekhez. Ez a jog alapozza meg a munkavédelmi szabályozást.
2. **Törvények**:
   - **A munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény** (Mvt.) – a hazai munkavédelem alapja. Meghatározza a munkavédelem fogalmait, a munkáltató és a munkavállaló jogait és kötelességeit, a munkavédelmi intézményrendszert, a hatósági ellenőrzést, a balesetek kivizsgálását. *(Ellenőrizendő: a hatályos szöveg, a módosításokkal egységes szerkezetben.)*
   - **A kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény** – a vegyi anyagok (pl. oldószerek, lakkok, ragasztók) kezelésének, osztályozásának, biztonsági adatlapjának alapjait rögzíti. *(Ellenőrizendő: a hatályos szöveg, CLP és REACH uniós rendeletek.)*
3. **Kormány- és miniszteri rendeletek**: a törvények részletes végrehajtását adják. Ilyenek például a munkahelyek kialakításáról, a munkaeszközök biztonsági követelményeiről, az egyéni védőeszközökről, a zaj- és rezgésexpozícióról, a fapor elleni védelemről, a veszélyes anyagokkal végzett tevékenységről szóló rendeletek. A faiparra különösen fontos a pormegengedett határérték és a rákkeltő anyagokra vonatkozó szabályozás. *(Ellenőrizendő: pontos rendeletszámok, hatályos szövegek.)*
4. **Szabványok**: a szabványok jellemzően nem kötelezőek, de alkalmazásukkal a gyártó vagy a munkáltató vélelmezheti a megfelelést. A faipari gépek biztonsági követelményeit a **MSZ EN ISO 19085 sorozat** (faipari gépek biztonsága) írja elő, például az asztalos körfűrészgépekre, gyalugépekre, marógépekre. A sorozat a faipari gépek gyártóinak szól; a gép biztonságos használatáért a műhelyben a munkáltató felel (kockázatértékelés, gépkönyv, időszakos ellenőrzés, oktatás). *(Ellenőrizendő: a munkaeszközök biztonsági követelményeiről szóló rendelet; a sorozat hatályos részei, géptípusok szerint.)*

Szabvány. A faipari gépek biztonsági követelményeit az MSZ EN ISO 19085 sorozat határozza meg, amely géptípusonként (körfűrész, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, marógép stb.) adja meg a védőberendezések, biztonsági távolságok, vezérlések követelményeit. A szabvány alkalmazása önkéntes; ha a gyártó alkalmazza, vélelmezhető, hogy a gép megfelel a gépekre vonatkozó uniós követelményeknek. A gép biztonságos használatáért a műhelyben a munkáltató felel: kockázatértékelés, gépkönyv, időszakos ellenőrzés, oktatás. *(Ellenőrizendő: a sorozat konkrét részei és azok hatályossága.)*

5. **Munkáltatói (helyi) előírások**: a munkáltató a törvények, rendeletek és szabványok alapján saját munkavédelmi szabályzatot, technológiai utasításokat, műhelyrendet készít. Ez a mindennapi gyakorlat szintje: itt dől el, hogy a tanuló milyen gépet, mikor, hogyan kezelhet, milyen oktatás után. A tanműhelyben ilyen helyi szabály az is, hogy gépet csak felügyelettel használhatsz.

Szabály (hierarchia). Ha kisebb szintű szabály ellentmond a magasabbnak, a magasabb az erősebb. A helyi előírás lehet szigorúbb, de nem lehet megengedőbb, mint a törvény vagy a rendelet. Például a törvény előírja a védőburkolatot, a műhely nem engedheti annak eltávolítását.

Az alábbi rétegábra felülről lefelé mutatja a szinteket; a lefelé mutató nyíl azt jelzi, hogy az alsó szint a fölötte állóból következik.



2.1. ábra. A munkavédelmi szabályozás rétegei - A lejjebb álló szabály lehet szigorúbb, de nem lehet megengedőbb a fölötte állónál. A jogszabályok és szabványok pontos, hatályos köre ellenőrizendő.

2.1.6. A munkáltató feladatai

Definíció. Munkáltató az, aki munkavállalót foglalkoztat, ideértve a foglalkoztatónak minősülő oktatási intézményt is a tanulók gyakorlati foglalkoztatásánál.

A munkáltató főbb munkavédelmi feladatai a munkavédelmi törvény alapján (az eredeti szöveghez képest tömörítve, jelölve):

- **Egészséges és biztonságos munkavégzés feltételeinek biztosítása**: munkahely, munkaeszköz, anyag, technológia, egyéni védőeszköz, oktatás, felügyelet, kockázatértékelés.
- **Kockázatértékelés**: felmérni a veszélyeket, megbecsülni a kockázat mértékét, intézkedni a csökkentésre, és ezt dokumentálni. A faipari műhelyben ez gépenként, munkafolyamatonként, anyagonként készül.
- **Tervezés, létesítés, üzemeltetés**:

  - *Tervezéskor*: a munkahely, munkafolyamat, munkaeszköz és munkahelyi környezet megválasztásakor figyelembe kell venni a munkavédelmi követelményeket (pl. elszívás, zajvédelem).
  - *Létesítéskor*: a munkahelyet, gépeket, berendezéseket az előírások szerint kell megépíteni, felszerelni, ellenőrizni.
  - *Üzemeltetéskor*: biztosítani a szabályszerű használatot, karbantartást, időszakos felülvizsgálatot, a munkahelyi rendet.

- **Munkavállalók tájékoztatása, oktatása, képzése**: a munkába lépés előtt, munkakör vagy munkafeltétel változásakor, új gépnél munkavédelmi oktatást kell tartani. A tanulókra szakmai felügyeleti és korlátozási szabályok vonatkoznak.
- **Egyéni védőeszköz biztosítása**: a munkáltatónak ingyen kell adni a szükséges védőeszközöket, ha a veszély műszaki vagy szervezési módszerrel nem küszöbölhető ki.
- **Balesetek kivizsgálása, nyilvántartása, bejelentése**: a munkabaleseteket jegyzőkönyvezni kell, a súlyos baleseteket a hatóságnak bejelenteni, és intézkedni a hasonló esetek megelőzésére.
- **Foglalkozás-egészségügyi vizsgálat**: a munkakörre alkalmasságot orvosi vizsgálattal kell igazolni (pl. a faporos, zajos munkakörben).
- **Munkavédelmi érdekképviselet működésének biztosítása**: pl. munkavédelmi képviselő választása, vele konzultáció.

Fontos. A munkáltató felelőssége nem ruházható át a munkavállalóra. A munkáltató felelőssége akkor is fennáll, ha a munkavállaló hibázik, de a munkáltató nem tett meg mindent a baleset megelőzésére (pl. hiányzott a védőburkolat, az oktatás vagy a felügyelet). A munkavállaló felelőssége ettől még megmarad.

2.1.7. A munkavállaló jogai és kötelességei

Jogai:

- Jogosult a **biztonságos és egészséges munkafeltételekre**, a munkahelyi veszélyekről való tájékoztatásra.
- Jogosult **megtagadni a munkát**, ha az közvetlenül és súlyosan veszélyezteti az életét, testi épségét vagy egészségét. Ilyen veszély esetén a munkáltató utasítását megtagadhatja, és erről haladéktalanul értesítenie kell a felettesét **(ellenőrizendő: Mvt. vonatkozó szabálya)**.
- Jogosult **munkavédelmi oktatásra, ellenőrzésre, egyéni védőeszközre** (ingyenesen).
- Jogosult **egészségügyi vizsgálatra, alkalmassági véleményre**.
- Jogosult **panaszt tenni**, ha munkavédelmi hiányosságot lát.

Kötelességei:

- **Saját maga és mások biztonságát, egészségét ne veszélyeztesse.**
- A munkavédelmi utasításokat, a technológiai előírásokat be kell tartania.
- A **védőeszközöket rendeltetésüknek megfelelően kell használni**, a védőberendezéseket nem szabad eltávolítani, kiiktatni.
- A gépet, szerszámot csak **betanítás után, a munkáltató engedélyével** kezelheti.
- A hibát, balesetet, rendellenességet **azonnal jelentenie kell** a közvetlen felettesének.
- A munkavégzésre alkalmas, kipihent, józan állapotban kell megjelennie.
- A tanuló kötelessége az oktató és a műhelyszabályok maradéktalan betartása. Ez azt is jelenti, hogy kétség esetén kérdezni kell, nem kísérletezni.

Figyelem. A munkavállaló nem hivatkozhat arra, hogy nem tudta, ha az oktatáson részt vett, és a géphez ki volt írva a szabály. A munkavédelmi oktatás aláírásával igazolva van az ismeret átadása. Az asztalos tanulónak ezért az oktatást éppoly komolyan kell vennie, mint a gyakorlati fogásokat.

2.1.8. Munkavédelmi szakemberek, foglalkozás-egészségügy és érdekképviselet

- **Munkavédelmi szakember / szolgáltatás**: a munkáltató köteles megfelelő munkavédelmi szakképesítéssel rendelkező szakembert alkalmazni vagy külső szolgáltatást igénybe venni, ha a munkavállalók létszáma vagy a munka jellege ezt indokolja. A szakember segít a kockázatértékelésben, oktatásban, ellenőrzésben.
- **Foglalkozás-egészségügyi szolgálat**: orvos és szakápoló, akik a munkavállalók alkalmassági vizsgálatát végzik, és tanácsot adnak a munkahelyi egészségvédelemben. A tanulóknál a gyakorlati képzés megkezdéséhez szükséges orvosi alkalmassági igazolás.
- **Munkavédelmi érdekképviselet**: a munkavállalók jogosultak **munkavédelmi képviselőt** választani. A képviselő jogosult tájékozódni a munkavédelmi intézkedésekről, ellenőrizni a munkahelyet, részt venni a balesetek kivizsgálásában, munkavédelmi kérdésben a munkáltatóval konzultálni.
- **Szakszervezet / üzemi tanács** is gyakorolhat munkavédelmi jogokat, de a munkavédelmi képviselő intézménye a legfontosabb.

2.1.9. Szakhatóságok jogai, ellenőrzés

A munkavédelem betartását **munkavédelmi hatóság** ellenőrzi (a munkaügyi és foglalkoztatásfelügyeleti szerv, illetve bányászati, energiahatósági munkavédelmi jogkörök – ellenőrizendő). A hatóság:

- bármikor beléphet a munkahelyre, ellenőrizheti a munkakörülményeket, dokumentumokat,
- vizsgálhatja a gépek biztonságosságát, a kockázatértékelést, a munkavédelmi oktatás megtörténtét,
- elrendelheti a jogsértés megszüntetését, súlyos veszély esetén felfüggesztheti a munkavégzést, bírságot szabhat ki,
- a balesetet köteles kivizsgálni a súlyos vagy halálos munkabaleseteknél.

A munkavédelmi ellenőrzés tehát nem ellenséges, hanem a szabályok érvényesítésének eszköze. Ha a műhelyben minden rendben van, az ellenőrzés erősíti a biztonságos munkavégzést.

2.1.10. Minőségellenőrzés

A munkavédelemben a minőségellenőrzés azt jelenti, hogy időszakosan felülvizsgálják a munkavédelmi rendszer működését. Ezt gyakran a **munkahelyi munkavédelmi ellenőrzés** keretében teszik meg, a munkavédelmi szakember bevonásával. Mit kell ellenőrizni?

- a gépek védőberendezései megvannak-e és működnek-e,
- az egyéni védőeszközök rendelkezésre állnak-e,
- az oktatások megtörténtek-e, dokumentáltak-e,
- a kockázatértékelés naprakész-e,
- a munkahelyi rend, közlekedési utak szabadok-e,
- a veszélyes anyagok megfelelően vannak-e tárolva, jelölve.

Eltérés esetén intézkedést kell hozni, és a hibát meg kell szüntetni. Például ha a fűrészport nem szívja el az elszívó, le kell állni, és ki kell javítani.

2.1.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba: „Én óvatos vagyok, elég nekem a baleset elkerülése." Ok: a munkavállaló túlbecsüli a figyelmét, vagy nem ismeri a veszélyeket. A figyelem elfárad, a refleksz sosem elég a gépekhez. Helyes: a műszaki védelemre (védőburkolat, elszívás) és a szervezett munkavégzésre kell támaszkodni.

Hiba: A munkáltató nem végez kockázatértékelést, „úgyis évtizedek óta balesetmentes a műhely". Ok: a rutin és a költségkerülés. A veszély nem szűnik meg attól, hogy eddig nem történt baj. Helyes: a kockázatértékelést el kell végezni, mert jogszabályi kötelezettség és a megelőzés alapja.

Hiba: A tanuló a védőszemüveget felteszi, de a védőburkolatot leveszi, „mert úgy jobban lát". Ok: a kényelem és a nem értett technológia. A védőburkolat életvédelmi eszköz, nem akadály. Helyes: védőburkolat nélkül tilos gépet üzemeltetni, és aki ezt teszi, súlyos fegyelmi vétséget követ el.

Hiba: A munkavállaló zajos gép mellett nem használ fülvédőt. Ok: kényelmetlen, vagy nem érzi azonnal a hatását. A halláskárosodás fokozatos, visszafordíthatatlan. Helyes: a zajszint mérésétől függően, de a faiparban a fülvédő rendszerint kötelező.

2.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben a tanuló a körfűrésznél dolgozott. A gép védőburkolatát korábban egy másik dolgozó leszerelte, mert túl keskeny darabok fűrészelésekor zavarta. A tanuló nem jelentette, hanem úgy használta a gépet. A visszalökődő darab a kézfejéhez csapódott, zúzódást és vágott sebet okozott, szerencsére ujjsérülése nem lett. A baleseti kivizsgálás megállapította: a munkáltató elmulasztotta a védőburkolat megfelelő állapotban tartását, a munkavállaló pedig nem jelentette a hibát, és nem tagadta meg a munkát. Mindkét fél felelős volt. A tanulság: a munkavédelmi lánc minden láncszeme számít; ha bármelyik hiányzik, a többi sem tart vissza minden bajt.

2.1.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A munkabiztonság a hirtelen bekövetkező balesetek megelőzésével foglalkozik, míg a munkaegészségügy a hosszú távú egészségkárosodással. Indokold!
2. Melyik a kockázat helyes megfogalmazása? A) egy veszélyforrás; B) a veszélyből származó kár valószínűsége és súlyossága együtt; C) minden, ami ártalmat okozhat. Válassz és indokolj!
3. Sorolj fel legalább három veszélyes tényezőt egy asztalosműhelyben!
4. Melyik magasabb szintű: a helyi műhelyrend vagy a munkavédelmi törvény? Miért?
5. A munkáltató elmulasztja a veszélyes gép védőburkolatának karbantartását. A munkavállaló látja, de nem szól. Ki felelős?
6. Mi a munkavállaló joga, ha közvetlen és súlyos életveszélyt észlel?

2.1.14. Feladatok

1. feladat (A) Definiáld saját szavaiddal a veszély, a kockázat, a munkabaleset és a foglalkozási megbetegedés fogalmát! Adj mindegyikre egy-egy faipari példát!

2. feladat (A) Sorold fel a munkavállaló öt legfontosabb munkavédelmi kötelességét! Melyiket tartod a legfontosabbnak, és miért?

3. feladat (B) Egy műhelyben a tanuló meg akarja kezdeni a munkát, de az oktató megkérdezi: „Mi a feladatod, ha a körfűrész védőburkolata hiányzik?” Fogalmazd meg a helyes választ, és indokold a munkavédelmi jogok és kötelességek alapján!

4. feladat (B) Olvasd el a következő esetet: A kolléga leveszi a gép védőburkolatát, mert így gyorsabban halad. Te ott állsz mellette. Milyen munkavédelmi kötelességeid vannak? Mit teszel? Hívd segítségül a munkáltató és a munkavállaló kötelezettségeit!

5. feladat (C) Miért nem elég a „műszaki védelem” (védőburkolat, elszívás) a balesetek megelőzéséhez? Milyen szerepe van a szervezésnek (oktatás, felügyelet, ellenőrzés) és az egyéni viselkedésnek? Vázolj egy egyszerű kockázatcsökkentési lépcsőt egy zajos körfűrész példáján!

6. feladat (D) Készíts egy egyszerű munkavédelmi ellenőrzőlistát a tanműhely bejáratához! A listán szerepeljen legalább nyolc, a belépéskor vagy a munka megkezdésekor ellenőrizendő dolog! Jelöld, hogy melyik munkáltatói, melyik munkavállalói feladat.

2.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:

1. Igaz. A munkabiztonság a balesetek (hirtelen bekövetkező károk) megelőzése, a munkaegészségügy a foglalkozási megbetegedések (lassan kialakuló egészségkárosodások) megelőzése.
2. B. A kockázat a veszélyből származó kár valószínűségének és súlyosságának kombinációja. Az A a veszély, a C túl tág.
3. Forgó szerszámok, elektromos áram, leeső munkadarab, zaj, fapor, vegyi anyagok gőzei.
4. A munkavédelmi törvény magasabb szintű. A helyi műhelyrend nem lehet annál megengedőbb, csak szigorúbb.
5. Mindkettő felelős. A munkáltató azért, mert elmulasztotta a karbantartást; a munkavállaló azért, mert nem jelentette a veszélyt, és használta a hibás gépet.
6. Megtagadhatja a munkát, és ezt jelentenie kell a munkavédelmi képviselőnek vagy a felettesének.

1. feladat (A) Példák: - Veszély: a körfűrészlap (forrás). - Kockázat: annak mértéke, hogy a lap elvágja az ujjat – magas, ha nincs védőburkolat, alacsony, ha megfelelő védelem van. - Munkabaleset: a dolgozó ujja megsérül a fűrészelés közben. - Foglalkozási megbetegedés: a zajos munkahelyen évek alatt kialakuló halláskárosodás.

2. feladat (A) A munkavállaló kötelességei: (1) maga és mások biztonságának védelme; (2) utasítások betartása; (3) védőeszközök rendeltetésszerű használata; (4) hibák jelentése; (5) a munkát csak betanítás után végezni. A legfontosabb talán az, hogy saját magát és másokat ne veszélyeztesse, mert ezen minden más múlik.

3. feladat (B) A tanulónak nem szabad a gépet bekapcsolnia. Meg kell tagadnia a munkát, jelentenie a hibát az oktatónak vagy a műhelyvezetőnek. Joga van megtagadni a munkát közvetlen és súlyos veszély esetén, kötelessége pedig a hibát jelenteni.

4. feladat (B) Kötelességem: figyelmeztetni a kollégát, hogy a védőburkolatot vissza kell tenni, és ha nem teszi, jelentenem a munkavédelmi képviselőnek vagy a felettesnek. Nem szabad úgy tennem, mintha nem venném észre; a munkavállaló köteles a veszélyt jelenteni és a balesetet megelőzni. A munkáltató felelőssége a védőeszköz biztosítása és a felügyelet, ezért a munkáltatónak intézkednie kell.

5. feladat (C) A műszaki védelem (kollektív védelem) csökkenti a kockázatot, de nem szünteti meg mindet. A zajos körfűrésznél: 1. lépés: gondoskodjunk arról, hogy a gép jól karbantartott, alacsony zajszintű legyen (műszaki). 2. lépés: szervezés – csökkentsük az expozíciós időt, jelöljük ki, ki mikor dolgozhat mellette, tartsunk szünetet. 3. lépés: egyéni védelem – fülvédő viselése. Az emberi tényező (képzés, figyelem, fegyelem) is kell, mert a védőeszközt viselni kell, a gépet szabályosan kell használni.

6. feladat (D) Ellenőrzőlista (minta): 1. Védőszemüveg, fülvédő, porálarc a helyemen van? (munkavállalói) 2. A gépek védőburkolatai megvannak és zárva vannak? (munkáltatói ellenőrzés) 3. Az elszívó berendezés be van kapcsolva? (munkáltatói, munkavállalói) 4. A közlekedési utak szabadok? (munkáltatói) 5. A padló tiszta, nincs olajfolt, fűrészpor? (munkavállalói) 6. A szerszámok épek, megfelelően vannak tárolva? (munkavállalói) 7. A lakkok, oldószerek lezárva, jelöléssel ellátva vannak? (munkáltatói) 8. Az oktatáson elhangzott gépkezelési szabályokat ismerem? (munkavállalói)

2.1.16. Rövid összefoglaló

A munkavédelem a szervezett munkavégzés biztonsági és egészségügyi követelményeinek rendszere. Munkabiztonság a balesetek, munkaegészségügy a foglalkozási megbetegedések megelőzésére irányul. Alapfogalmak: a veszély (ártalmat okozó forrás vagy helyzet), a kockázat (a kár valószínűsége és súlyossága), a munkabaleset és a foglalkozási megbetegedés. A magyar szabályozás rétegei: Alaptörvény, munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII.), kémiai biztonsági törvény, rendeletek, szabványok (pl. MSZ EN ISO 19085 sorozat), helyi előírások. A munkáltató köteles biztonságos munkahelyet, munkaeszközt, kockázatértékelést, oktatást, védőeszközt biztosítani. A munkavállaló köteles a szabályokat betartani, a védőeszközöket használni, a hibákat jelenteni, és joga van a munkát megtagadni súlyos veszély esetén. A munkavédelmi szakember, foglalkozás-egészségügyi szolgálat, munkavédelmi képviselő segíti a rendszer működését, a hatóság pedig ellenőriz. **Továbbvitt eredmény.** Ezeket a fogalmakat, jogokat és kötelességeket használjuk a Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend, a Tűzvédelem, villamos biztonság és környezetvédelem és a Munkajogi alapismeretek és foglalkoztatási formák alfejezetekben.

2.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a magyar munkavédelmi jogrendszer általános ismeretén alapul. Nem olvastuk fel a netes hivatkozásokat; a konkrét jogszabályszámok, hatályos szövegek, rendeletek, szabványok és fogalommeghatározások a kiadás előtt ellenőrizendők. Kiemelt ellenőrzési pontok: az 1993. évi XCIII. törvény hatályos, egységes szerkezetű szövege; a kémiai biztonsági törvény pontos száma; a munkavédelmi hatóság elnevezése és eljárása; az MSZ EN ISO 19085 szabványsorozat hatályos részei; a foglalkozási megbetegedések jegyzéke; a tanulókra vonatkozó speciális szabályok. A munkavédelmi törvény pontos idézése nélkül, a fejezetben leírt feladatok és jogok tömörített, didaktikus összefoglalók, nem helyettesítik a jogszabály szövegét.

2.2. Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend

2.2.1. Motiváció

Képzeld el, hogy egy műhelyben dolgozol. A munkatársad egy hosszú deszkát visz, és megfordul. A deszka vége elsodor egy dobozt, ami éppen a menekülési ajtó előtt áll. Ugyanebben a pillanatban a fűrészgépnél füst száll fel. Két kérdés azonnal eldől: volt-e szabad út az ajtóig, és tudta-e mindenki, hová kell mennie?

A munkahely kialakítása nem kényelmi kérdés. A rosszul elhelyezett anyag, a jelöletlen veszély vagy a keskeny közlekedőút balesethez vezet. Ebben az alfejezetben azt tanulod meg, hogyan kell egy asztalosműhelyt úgy kialakítani és fenntartani, hogy a munka gyors legyen, de a menekülés és a közlekedés mindig biztonságos maradjon.

2.2.2. Szemléletes kép

Egy tipikus asztalosműhelyben egyszerre három dolog történik. A formatizáló (lapszabász) körfűrészgépnél lapanyagot szabnak, a gyalugépnél tömörfa darabot munkálnak meg, a szerelőasztalnál pedig egy szekrényvázat ragasztanak. A gépek körül por és forgács keletkezik, a targonca anyagot hoz, a dolgozó a gép és az asztal között közlekedik.

Ha a gépek között nincs elegendően széles szabad út (tájékoztató érték: legalább 800–1000 mm **(ellenőrizendő: a munkahelyek kialakításáról szóló rendelet, kockázatértékelés)**), a dolgozó a forgó szerszám közelében kényszerül kitérni. Ha az anyagot a menekülési út elé teszik, a tűz esetén nem lehet kijutni. Ha a gépek vészleállítója nincs megjelölve, baj esetén senki sem találja meg azonnal.

A következőkben először a létesítés alapelvét tisztázzuk. Utána a szociális helyiségeket, a közlekedési utakat, a jelzéseket és a műhelyrendet vesszük sorra.

2.2.3. A létesítés általános követelményei

A munkahely kialakításánál a tervezőnek és az üzemeltetőnek együtt kell gondolkodnia. Az alapelv a kockázatok megelőzése, nem pedig a baleset utáni magyarázkodás.

Definíció. A **hatásos védelem** a műszaki, szervezési és személyi védelem együttes alkalmazása. A védelem sorrendje mindig: a veszély megszüntetése vagy helyettesítése, a műszaki elszigetelés, a szervezési intézkedés és a távol tartás, és csak végül az egyéni védőeszköz (négy szint, lásd alább).

Szabály. A védelem prioritási sorrendje: 1. A veszélyt meg kell szüntetni, vagy a veszélyes anyagot, folyamatot kevésbé veszélyessel kell helyettesíteni. 2. A veszélyt a keletkezési helyén kell elszigetelni, például elszívással, burkolattal, védőkerítéssel. 3. A dolgozót a veszélytől távol kell tartani, például védőtávolsággal, szervezési intézkedéssel. 4. Ha a veszély így sem szüntethető meg teljesen, egyéni védőeszközt kell alkalmazni.

Ez a sorrend azért fontos, mert például a fapor ellen nem elég a légzésvédő maszk, ha az elszívás nem működik. Először a porelszívást kell megoldani, utána a védőfelszerelést.

A munkahelyen a padlót, a közlekedési utakat és a munkahelyeket úgy kell kialakítani, hogy az anyagmozgatás, a gépek körüli mozgás és a menekülés biztonságos legyen.

2.2.4. Szociális létesítmények

A műhelyhez szociális helyiségek is tartoznak. A dolgozó a munka megkezdése előtt átöltözik, napközben tisztálkodik, pihenőidőben leül, étkezik. Ha ezek a helyiségek hiányoznak, a dolgozó fáradtabb, figyelmetlenebb lesz, és a balesetveszély nő.

Definíció. A **szociális létesítmények** a munkahelyhez tartozó öltözők, tisztálkodó helyiségek, illemhelyek, pihenő- és étkezőhelyek.

A faipari műhelyben a szociális létesítményeket a porszennyezett munkatértől leválasztva kell kialakítani. Az öltözőben külön hely kell a munkaruhának és az utcai ruhának. A fapor belélegzése ellen védő ruházatot nem szabad az utcai ruhával együtt tárolni.

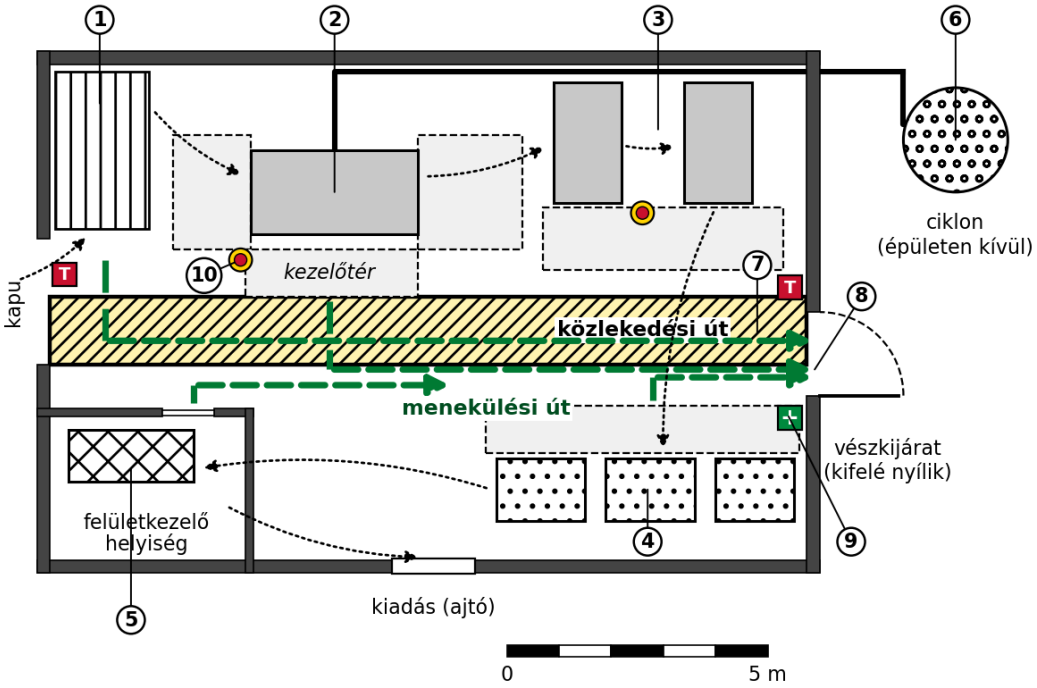
A tisztálkodónak meleg vízzel kell működnie, mert a faiparban használt ragasztók, lakkok, pácolószerek bőrre kerülve csak alapos lemosással távolíthatók el. Az étkezőhelyet úgy kell kialakítani, hogy a munkatérből ne áramolhasson be por, vegyi gőz vagy zaj.

A szociális létesítmények személyenkénti alapterületét és típusát a munkavédelmi előírások határozzák meg. A pontos értékeket a munkahely kialakításáról szóló jogszabály tartalmazza **(ellenőrizendő: a hatályos munkavédelmi miniszteri rendelet konkrét előírásai)**.

2.2.5. Közlekedési utak, menekülési utak

A balesetek gyakori oka a nem megfelelő közlekedési út. A gyalogos és az anyagmozgatási útvonalak találkozása, az elszűkült padlófelület, a rossz megvilágítás vagy a megcsúszás mind veszélyforrás.

Szabály. A munkahelyen a közlekedési utakat úgy kell kijelölni, hogy azok a rendeltetési helyet a legbiztonságosabban és a legrövidebb úton kössék össze.



1 anyagbejárat (kapu) és lapanyag-tároló
2 szabászat: formatizáló körfűrész és zónái
3 gyalugépek (egyengető, vastagsági)
4 gyalupadok
5 felületkezelő helyiség (külön, ajtóval)
6 forgácselszívó / ciklon (épületen kívül)
7 közlekedési út (sárga-fekete szegély)
8 menekülési út a vészkijárathoz
9 tűzoltó készülék (T) és elsősegélydoboz (+)
10 vészleállító / főkapcsoló (piros gomb sárga alapon)

Jelek: szürke = gép, szaggatott keret = kezelőtér, ferde sraff = közlekedési út, vastag szaggatott nyíl = menekülési út, pontozott nyíl = anyagáramlás. Szemléltető alaprajz, nem tervrajz.

2.2. ábra. Asztalos kisműhely szemléltető alaprajza (kb. 10 × 15 m): gépek kezelőterekkel, kijelölt közlekedési út, menekülési út a kifelé nyíló vészkijárathoz, anyagáramlás

Az alaprajzon a ferdén sraffozott, sárga-fekete szegélyű sáv a közlekedési út; a vastag szaggatott nyilak a menekülési utat mutatják a kifelé nyíló vészkijárathoz; a szaggatott keretek a gépek kezelőterei (a betolási és kiadási zónával), a pontozott nyílsor az anyag útja a kaputól a szabászaton, a gyalugépeken, a gyalupadokon és a felületkezelőn át a kiadásig. Az elrendezés szemléltető, nem tervrajz; szélességet és távolságot a hatályos előírás ad.

A közlekedési utak szélességét a használat módja határozza meg. Gyalogos közlekedésnél a szélességet a várható legnagyobb forgalomhoz méretezik. Kézi anyagmozgatásnál a munkadarab mérete is számít. Például ha egy dolgozó egy 2,5 m hosszú deszkát visz, és megfordul, a deszka két végpontja közötti távolság legalább 2,5 m. Ha az út ennél keskenyebb, a dolgozó a deszkát felemelve, oldalra döntve próbál továbbmenni, és elveszítheti az egyensúlyát.

A padlózatnak síknak, csúszásmentesnek és könnyen tisztíthatónak kell lennie. A faiparban a padlóra hulló por, forgács és fűrészpor csúszásveszélyt okozhat. A padlón nem lehetnek kiemelkedő élek, kábelek vagy elmozdítható lépcsők, mert ezek botlást okoznak.

A menekülési út a legfontosabb közlekedési út. Tűz esetén a dolgozónak másodpercek alatt, felszerelés nélkül kell kijutnia a szabadba vagy egy biztonságos zónába.

Definíció. A **menekülési út** az a folyamatosan szabadon tartott útvonal, amely a munkahely bármely pontjáról a szabadba vagy egy biztonságos területre vezet.

A menekülési utat mindig szabadon kell hagyni. Nem zárhatja el anyag, raklap, félkész termék, kábel vagy ideiglenesen lerakott szerszám. A menekülési út irányát jól látható, magasan elhelyezett jelekkel kell mutatni. A jeleknek áramszünet esetén is láthatónak kell lenniük, vagy megvilágítással rendelkezniük.

A menekülési útvonalon lévő ajtóknak – a tűzvédelmi előírások szerint, a helyiség létszámától és rendeltetésétől függően – a menekülés irányába kell nyílniuk **(ellenőrizendő: OTSZ és a kiürítésre vonatkozó tűzvédelmi műszaki irányelv)**. A menekülési ajtót nem szabad kulcsra zárva tartani, és nem szabad előtte tárolni.

Példa. Egy asztalosműhelyben a ragasztóprés a menekülési ajtótól 4 m-re van. A dolgozó a préseléshez szükséges léceket az ajtó elé tette, mert ott volt hely. A tűzoltó készülék ellenőrzésekor a munkahelyi felelős észrevette, hogy az ajtó nem nyitható ki teljesen, mert a lécek útjában vannak. A helyes gyakorlat az, hogy a menekülési út előtt legalább az ajtó szélességével megegyező, de inkább nagyobb szabad sávot kell fenntartani.

A lépcsőknek egyenletes lépésmagassággal, csúszásmentes felülettel és kapaszkodóval kell rendelkezniük. A veszélyes szintkülönbséget, például egy emelvény szélét, korláttal vagy lábazattal kell védeni. A faiparban a lépcsőre hulló fűrészpor a lépcsőfokot csúszóssá teszi, ezért a lépcsőket rendszeresen takarítani kell.

A veszélyes területeket, például a gépek mögötti, korláttal el nem választható részeket jelölni kell. A padlóra festett sárga-fekete sáv mutatja a védőtávolságot. A gépek körüli területre csak az arra kijelölt dolgozó léphet.

Az akadálymentesség azt jelenti, hogy a munkahely és a vészkijárat úgy van kialakítva, hogy mozgáskorlátozott személy is használni tudja, amennyiben a tevékenység ezt lehetővé teszi. A faipari műhelyben ez legalább a megközelítést és az irodai részeket érinti. A gépterembe akadálymentes útvonalat kell biztosítani, ha ott mozgáskorlátozott dolgozó is dolgozhat.

2.2.6. Biztonsági szín- és alakjelek

A biztonsági jelek rendszere a leggyorsabb, szavak nélküli figyelmeztetés. A gép előtt álló piros-fehér tilalomtábla, a sárga háromszögben lévő figyelmeztető jel, a zöld menekülési jel mind egy pillantás alatt eligazít.

Szabvány. A munkahelyi biztonsági jelzések alkalmazását jogszabály írja elő **(ellenőrizendő: a munkahelyi biztonsági és egészségvédelmi jelzésekről szóló hatályos rendelet, uniós alap: 92/58/EGK irányelv)**. A szabványos piktogramokat az MSZ EN ISO 7010, a biztonsági színek és alakok tervezési elveit az ISO 3864 sorozat tartalmazza **(ellenőrizendő: hatályos változat és magyar jelölés)**.

Definíció. A **biztonsági jel** olyan tábla, színjelölés vagy felirat, amely egy meghatározott veszélyre, tilalomra, rendelkezésre vagy mentési lehetőségre hívja fel a figyelmet.

A biztonsági jelek csoportjai:

- **Tiltó jelek**: piros karika és piros átlós vonal, fehér háttérrel, fekete piktogrammal. Például „Tilos dohányozni”, „Tilos nyílt lángot használni”, „Tilos a gép fedele nélkül dolgozni”.
- **Figyelmeztető jelek**: sárga háromszög, fekete szegéllyel, fekete piktogrammal. Például „Figyelem, forgó szerszám”, „Figyelem, csúszásveszély”, „Figyelem, targoncaforgalom”.
- **Rendelkező jelek**: kék kör, fehér piktogrammal. Például „Használj védőszemüveget”, „Használj hallásvédőt”, „Használj légzésvédőt”.
- **Mentési jelek**: zöld téglalap vagy négyzet, fehér piktogrammal. Például „Elsősegély”, „Menekülési út iránya”, „Vészkijárat”.

- **Tűzvédelmi jelek**: piros négyzet, fehér piktogrammal. Például „Tűzoltó készülék”, „Tűzjelző nyomógomb”.

A jeleket a szem magasságában, jól megvilágítva, a veszélytől vagy a védőeszköztől látható távolságra kell elhelyezni. A menekülési jeleket a padló felett legalább 2 m magasan célszerű felszerelni, hogy messziről láthatóak legyenek.



2.3. ábra. A biztonsági jelek öt csoportja: alak, szín, jelentés (saját rajzolású, egyszerűsített piktogramok; az ISO 7010 jelkódok ellenőrizendők)

Az ábra balról jobbra a tiltó (dohányzás tilalma), a figyelmeztető (forgó szerszám), a rendelkező (védőszemüveg), a mentési (vészkijárat) és a tűzvédelmi (tűzoltó készülék) jelet mutatja. Fekete-fehér nyomtatásban a szín elvész, ezért minden jel alatt ott a csoport neve és az alakja is: kör, háromszög, téglalap, négyzet. Az interaktív változatban a jelre kattintva megjelenik a csoport, a jelentés és a tipikus faipari elhelyezés.

A színjelölés nem csak táblán fordul elő. A gépek veszélyes részei mellett, a padlón lévő védőtávolság jelzése, a menekülési út széle és a tűzoltó készülék helye színes jelöléssel is kiegészíthető. A piros a tűzvédelmi eszközöket, a sárga a veszélyt, a kék a kötelező védőeszközt, a zöld a menekülést és az elsősegélyt jelöli.

2.2.7. A műhely rendje

A leggondosabban kialakított műhely is balesetveszélyes lesz, ha a rend nincs fenntartva. A műhely rendje nem takarítási kényszer, hanem biztonsági intézkedés.

Definíció. A **műhely rendje** az a szemlélet és szabályozás, amely szerint a munkahelyen minden eszköznek, anyagnak és munkadarabnak megvan a helye, és a dolgozók a munka közben is fenntartják ezt a rendet.

A munkahely rendjére a következő szabályok vonatkoznak:

- A szerszámokat használat után a kijelölt helyre kell visszatenni.
- A gépek körüli padlót rendszeresen meg kell tisztítani a forgácstól és a portól.
- Az anyagokat, raklapokat úgy kell rakatolni, hogy ne dőlhessenek fel, és ne zárják el a közlekedési útvonalat.
- A veszélyes anyagokat zárható szekrényben kell tárolni.
- A menekülési utat és a vészkijáratot mindig szabadon kell hagyni.

- A munkadarabokat a megmunkálás közben úgy kell elhelyezni, hogy a géphez vezető út szabad maradjon.

Az anyagok rakatolása megmunkálás közben külön figyelmet érdemel. A hosszú tömörfa darabokat vízszintesen, több alátámasztással kell tárolni, hogy ne görbüljenek. A lapanyagot vízszintesen, sík, sűrűn alátámasztott kötegben, vagy erre készült megdöntött (A-) állványon, borulás ellen biztosítva kell tárolni; falnak támasztva tilos (részletesen: Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás). A rakat magassága ne haladja meg a biztonságos magasságot, hogy a legfelső tábla könnyen felvehető legyen. A rakatok közötti sáv legyen elég széles a gyalogos közlekedéshez és a legnagyobb szállított darab kezeléséhez (tájékoztató érték: legalább 800–1000 mm **(ellenőrizendő: munkahelyek kialakításáról szóló rendelet, kockázatértékelés)**). A hosszú anyagot a sáv hosszában szállítsd; megfordulni csak a kijelölt, nyitott helyen fordulj, ahol a darab hosszának megfelelő hely van.

A magatartási szabályok a műhelyben mindenkire érvényesek:

- A gépek véletlen elindítását meg kell akadályozni.
- A gépet csak az kezelheti, aki betanítást kapott.
- Védőburkolat nélkül, egyedül, fáradtan nem szabad dolgozni.
- A munkaterületen enni, inni, alkoholt fogyasztani tilos.
- A munkaterületre illetéktelen személy nem léphet.
- A gépek vészleállítóját mindig szabadon kell hagyni.

Technológiai lap. Műhelyellenőrzés: közlekedési utak, menekülési út és jelzések.

- **Cél:** az asztalosműhely közlekedési és menekülési rendszerének felmérése.
- **Eszközök:** mérőszalag, ellenőrzőlista, fényképezőgép, ceruza.
- **Egyéni védőeszköz:** nem szükséges, ha a gépeket nem indítják.

Lépések:

1. Menj végig a fő közlekedési útvonalon, és mérd meg a legszűkebb pontot. – Ellenőrzés: a szélesség legalább a gyalogos mozgáshoz és a legnagyobb munkadarab szállításához elegendő, tapasztalati érték legalább 800–1000 mm **(tájékoztató érték, ellenőrizendő: a munkahely jogszabályi előírása alapján)**.
2. Ellenőrizd a menekülési út szélességét és az ajtó nyithatóságát. – Ellenőrzés: az ajtó kifelé nyílik, előtte nincs anyag, a kulcs nincs benne a belső oldalon.
3. Nézd meg a menekülési jeleket és a biztonsági világítást. – Ellenőrzés: a jelek láthatóak, nem takarják el őket.
4. Vizsgáld meg a padló állapotát. – Ellenőrzés: nincs fűrészpor felhalmozódás, olajfolt, kiemelkedő szeg vagy letört léc.
5. Ellenőrizd a gépek körüli jelöléseket és a védőtávolságot. – Ellenőrzés: a sárga-fekete sáv megvan, a gépek mögötti terület szabad.
6. Ellenőrizd a tűzoltó készülék és a tűzjelző elérhetőségét. – Ellenőrzés: a készülék a kijelölt helyen, jól látható, hozzáférhető.

A leírást a műhelynaplóban rögzíteni kell. A hibákat írásban jelezni kell, és a javításig a veszélyes területet el kell keríteni vagy a munka ott felfüggeszthető.

Hiba. Egy műhelyben a dolgozók a menekülési ajtó elé tették a hidegebb napokon az anyagot, mert ott huzat volt. A menekülési út szélessége harmadára csökkent. A műhelyvezető eltávolíttatta az anyagot, és a huzatot egy másik bejárat tömítésével szüntette meg. A tanulság: a menekülési út nem használható raktárként, még akkor sem, ha ott kényelmesen elfér az anyag.

2.2.8. Termékfelelősség és forgalomba hozatal rövid áttekintése

Az asztalos nemcsak a saját és a munkatársai biztonságáért felel, hanem a termékért is. Ha egy szekrény felborul, egy polc leszakad, egy szék összecsuklik, a kárért a gyártó vagy a forgalmazó felelhet.

Definíció. A **termékfelelősség** azt jelenti, hogy a gyártó felel a termék hibája miatt keletkezett kárért. A termék akkor hibás, ha nem nyújtja azt a biztonságot, amelyet a fogyasztó joggal elvárhat.

A forgalomba hozatal feltétele, hogy a termék megfeleljen a biztonságossági követelményeknek. A bútorokra és építőipari faipari termékekre vonatkozóan szabványok és előírások határozzák meg a minimális követelményeket. A termékkel kapcsolatos szerelési és használati útmutatót el kell készíteni. A termékbe beépített vasalatoknak, ragasztóknak, felületkezelő anyagoknak a gyártói adatlap szerint használhatónak kell lenniük.

A faipari termékeknél különösen fontos a rögzítés, a stabilitás és a gyerekbiztonság. Például egy magas szekrényt falhoz kell rögzíteni, hogy ne dőlhessen fel. Egy nyílászárónak ki kell bírnia a szélnyomást és a napi használatot. A termékfelelősség betartásához dokumentálni kell a gyártási adatokat, a szabásjegyzéket, a vasalatok típusát és a felületkezelő anyagot.

2.2.9. Minőségellenőrzés

A munkahely kialakításának ellenőrzése nem egyszeri feladat. A műhelyben naponta, a műszak kezdetén rövid szemrevételezést célszerű tartani. Az ellenőrzés szempontjai:

- A közlekedési utak szabadok.
- A menekülési út és a vészkijárat szabad.
- A tűzoltó készülék a helyén van.
- A gépek körüli padló tiszta, csúszásmentes.
- A biztonsági jelek láthatóak.
- Az anyagok rakatjai stabilak.

Ha a rend nem megfelelő, a munkát a veszélyes részen le kell állítani, és a hibát azonnal javítani kell. A napi szemrevételezés a műhelynaplóban rögzíthető.

2.2.10. Tipikus hibák és okaik

1. **A menekülési út raktárként használata.** A dolgozó oda rakja le az anyagot, ahol éppen hely van, mert huzatos vagy közel van a géphez. *Helyes gyakorlat:* a menekülési út és az ajtó előtti sáv mindig szabad; az anyagnak kijelölt tárolóhelye van.
2. **Fűrészpor a padlón és a lépcsőn.** A por és a forgács a talpat csúszóssá teszi. *Helyes gyakorlat:* műszakonként porszívózás, nem sűrített levegős lefúvás (az a port felkavarja és tűz- és egészségveszélyes).
3. **A vészleállító elé tolt anyag vagy kocsi.** Baj esetén nem érni el a gombot. *Helyes gyakorlat:* a vészleállító előtti sáv jelölt és szabad.
4. **Hiányzó vagy eltakart biztonsági jel.** A jel nélküli vagy eltakart jelet senki nem veszi figyelembe. *Helyes gyakorlat:* a jelek láthatók, a napi szemrevételezés része az ellenőrzésük.

2.2.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy műhely új formatizáló körfűrészt kapott. Az oktató a gép beállítása előtt újrarendezte a műhelyt: az anyag a gép adagolási oldalára érkezik, az elvételi oldalon szabad hely van a kész darabokhoz, a gép körül jelölt védőtávolság van, a közlekedési sávok szélessége a legnagyobb lapmérethez igazodik **(tájékoztató; ellenőrizendő: gépkönyv, kockázatértékelés)**. A menekülési utat újra felfestették és a jeleket a gép új helyéhez igazították. A tanulság: gépcsere vagy -áthelyezés után a műhelyrendet és a menekülési utat is újra kell értékelni.

2.2.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A menekülési ajtó elé a műszak végén szabad anyagot rakni, ha reggel elvisszük.
2. Milyen színű és alakú a figyelmeztető jel?
3. Mi a helyes sorrend a kockázatvédelemben?
4. Milyen jelet használunk a védőszemüveg kötelező használatának jelölésére?
5. Egy műhelyben a gyalogos út legszűkebb pontja 600 mm. Milyen következménye lehet?

2.2.13. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel a munkavédelem prioritási sorrendjét, és mindegyik szintre mondj egy faipari példát.

2. feladat (A)
Rajzold le szavakkal a menekülési út három ellenőrzési pontját.

3. feladat (B)
Az 1200 mm széles, kifelé nyíló menekülési ajtó előtt 400 mm-re, az ajtó teljes szélességében raklap áll. Kinyitható-e teljesen az ajtó, és mekkora szabad mélység marad az ajtó előtt?

4. feladat (B)
Egy gép körüli munkaterületet sárga-fekete sávval jelölnek. Egy dolgozó a sávra egy dobozt tesz, mert éppen ott volt hely. Mi a hiba, és mit kell tennie?

5. feladat (C)
Tervezd meg egy 60 m²-es asztalosműhely közlekedési útvonalát. Helyezz el egy asztalos körfűrészt, egy gyalugépet, egy szerelőasztalt és egy anyagtárolót. Írd le, hol fut a menekülési út, és miért.

6. feladat (D)
Vegyél fel egy ellenőrzőlistát a műhely napi indításához. A lista pontosan tartalmazza a közlekedési utak, menekülési út, jelek és anyagrakat ellenőrzését.

2.2.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A menekülési utat mindig szabadon kell hagyni, nem csak a munkaidőben.
2. Sárga háromszög, fekete szegéllyel és fekete piktogrammal.
3. A veszély megszüntetése vagy helyettesítése, műszaki elszigetelés (pl. elszívás), szervezési intézkedés és távol tartás, végül egyéni védőeszköz.
4. Kék kör, fehér piktogrammal.

5. A 600 mm-es út túl keskeny. A dolgozó nem tud biztonságosan közlekedni, anyagot szállítani, és menekülés kor torlódás alakulhat ki.

1. feladat (A) megoldása
1. Megszüntetés/helyettesítés: kevesebb port adó eljárás (pl. csiszolás helyett kaparóval simítás, ha a termék engedi); oldószeres lakk helyett vizes bázisú.
2. Elszigetelés a keletkezés helyén: elszívás, burkolat.
3. A dolgozó távol tartása: a gép körüli védőtávolságot jelöljük.
4. Egyéni védőeszköz: ha a por mégis jelen van, légzésvédőt használunk.

2. feladat (A) megoldása
1. Az ajtó előtt nincs anyag.
2. Az ajtó kifelé nyílik.
3. A menekülési jelek láthatóak és a kijárat irányába mutatnak.

3. feladat (B) megoldása
A szabad mélység az ajtó és a raklap között 400 mm. Egy 1200 mm széles ajtószárny nyílásához kb. 1200 mm sugarú szabad terület kell (még egy 600 mm-es szárny is több, mint 400 mm), ezért az ajtó nem nyitható ki, a menekülési út el van zárva. A raklapot azonnal el kell vinni a kijelölt tárolóhelyre. (Ha szélességi szűkítést kell számolni: ha a raklap az 1200 mm-es szabad szélességből oldalról 400 mm-t takar el, $1200 - 400 = 800$ mm marad.)

4. feladat (B) megoldása
A sárga-fekete sáv a gép körüli védőtávolságot jelöli. A sávba nem szabad idegen tárgyat tenni, mert az a géphez való hozzáférést vagy a vészhelyzeti eltávolodást akadályozza. A dobozt a kijelölt tárolóhelyre kell vinni.

5. feladat (C) megoldása
Egy lehetséges elrendezés: a körfűrész és a gyalugép a műhely egyik oldalán, egymástól 1500 mm távolságra helyezkedik el. A szerelőasztal a másik oldalon, szabadon körbejárható. Az anyagtároló a hátsó falnál, vízszintes köteggel vagy megdöntött lapanyagállvánnyal. A menekülési út a főbejárat felé vezet, szélessége 1200 mm, a gépek és az asztal között fut. A menekülési út szabadon marad, mert a gépek és az asztal közötti sávban nem tárolnak semmit.

6. feladat (D) megoldása
Napi műhelyindítási ellenőrzőlista:
1. Menekülési ajtó és út szabad?
2. Közlekedési utak szabadok?
3. Padló csúszásmentes, fűrészpormentes?
4. Gépek körüli sávok szabadok?
5. Tűzoltó készülék a helyén?
6. Anyagrakatok stabilak?
7. Biztonsági jelek láthatóak?
8. Vészleállító elérhető?

2.2.15. Rövid összefoglaló

A munkahely kialakításának célja a biztonságos munkavégzés és a gyors menekülés. A védelem prioritási sorrendje: a veszély megszüntetése vagy helyettesítése, elszigetelése, a dolgozó távol tartása szervezéssel, és csak ezután egyéni védőeszköz. A szociális létesítményeket a porszennyezett munkatértől elkülönítve kell kialakítani, öltözővel, tisztálkodóval és étkezővel. A közlekedési utakat a legnagyobb munkadarabhoz kell méretezni, a menekülési utat pedig mindig szabadon kell tartani. A biztonsági jelek öt csoportja: tiltó, figyelmeztető, rendelkező, mentési és tűzvédelmi. A jelzések alkalmazását jogszabály írja elő, a piktogramokat az MSZ EN ISO 7010, a színek

és alakok elveit az ISO 3864 sorozat adja **(ellenőrizendő)**. A műhely rendje azt jelenti, hogy mindennek megvan a helye, és a napi ellenőrzés a balesetmegelőzés része. A továbbvitt eredmény: a műhelyrend, a jelzések és az ellenőrzőlista a A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia alfejezetben segít eldönteni, hogy milyen védőeszközt mikor kell használni.

2.2.16. Források és ellenőrzési hiányok

- Munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII. törvény) – a konkrét paragrafusok, a munkahelyek kialakítására vonatkozó rendelet és a szociális létesítmények részletes előírásai ellenőrizendők.
- MSZ EN ISO 7010 – Biztonsági szín- és alakjelek. A pontos szabványváltozat és a magyar megfelelő jelölése ellenőrizendő.
- A faipari gépek körüli védőtávolság, a menekülési út szélessége és a jelzések magassága jogszabályi és szabványi előírásoktól függ; a megadott értékek tájékoztatók.
- A következő források ellenőrizendők: a hatályos tűzvédelmi műszaki irányelvek a menekülési útra, a munkahelyek kialakításáról szóló miniszteri rendelet, a termékfelelősség forrása (Ptk. 2013. évi V. törvény vonatkozó része; régi dokumentumokban 1993. évi X. törvény), a menekülési ajtók nyitásiránya (OTSZ) és a forgalomba hozatali követelmények.

2.3. A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia

Egy tanuló a tanműhelyben szalagcsiszolóval csiszol egy tölgyfa asztallapot. A gép mellett fapor száll, a gép hangos, és a munkadarab széle éles. A tanuló az első napján dolgozik, ezért az oktató megállítja, és közösen ellenőrzik: visel-e védőszemüveget, milyen a fülvédő, a csiszológéphez tartozik-e elszívás, és miért tilos a kesztyű a forgó szerszám közelében. Ez a helyzet mutatja: nem elég ismerni a gépet, a munkavégzésnek **személyi feltételei** is vannak, és a dolgozónak **egyéni védőeszközöket** kell viselnie, ha a veszélyt más módon nem lehet elkerülni.

Képzelj el egy faipari műhely falán egy védőeszköz-állványt. Az állványon sorban lógnak: átlátszó védőszemüveg, fülvédő tok, félálarcos légzésvédő, bőr kesztyű, védőcipő. Alatta kis táblázat: „Melyik géphez melyik védőeszköz kell?”. A tanuló a munka megkezdése előtt ezt az állványt nézi meg, és kiválasztja a művelethez tartozó felszerelést. Ez a fejezet ezt a választást tanítja meg: mikor, mit, miért kell viselni.

2.3.1. A munkavégzés személyi feltételei

A faipari műhelyben csak olyan személy dolgozhat, aki megfelel a **jogszabályi, egészségi és szakmai feltételeknek**. E feltételek célja, hogy a dolgozó ne okozzon balesetet magának vagy másnak, és a munka ne károsítsa az egészségét.

Definíció. A **munkavégzés személyi feltételei** azok a követelmények, amelyek a dolgozó életkorára, egészségi alkalmasságára, szakképzettségére és munkavédelmi oktatására vonatkoznak. Ide tartozik az orvosi alkalmassági vizsgálat, a foglalkoztatási tilalmak betartása, valamint a szükséges szakmai és biztonsági ismeretek megléte.

Szabály. A munkáltató csak olyan munkavállalót foglalkoztathat, aki az adott munkakörre **orvosilag alkalmas**, rendelkezik a szükséges **szakképzettséggel vagy betanítással**, és részt vett a **munkavédelmi oktatáson**. A tanuló a tanműhelyben az oktató felügyelete alatt dolgozhat, és csak azokat a gépeket kezelheti, amelyekre betanították.

Jogszabályi háttér. A foglalkoztatás személyi feltételeit a munkavédelmi törvény és a kapcsolódó jogszabályok rendezik **(ellenőrizendő: hatályos törvény- és rendeletszám)**. A jogszabályok tartalmazzák:

- a **munkaköri orvosi alkalmassági vizsgálat** rendjét, gyakoriságát és szakképesítési feltételeit,
- a **foglalkoztatási tilalmakat** (pl. fiatalkorúakra, várandós nőkre vonatkozó korlátozások),
- a **munkavédelmi oktatás** megtartásának és megismétlésének kötelezettségét,
- a **szakmai alkalmasság** igazolásának követelményeit.

A faipari műhelyben a leggyakoribb foglalkoztatási tilalmak közé tartozik: fiatalkorú nem foglalkoztatható egyedül, éjszakai műszakban vagy olyan munkakörben, ahol rákkeltő porral, mérgező oldószerrel dolgozna **(ellenőrizendő: a hatályos munkaügyi és munkavédelmi szabályok szerint)**. Várandós nő nem végezhet nehéz fizikai munkát vagy olyan munkát, ahol oldószergőznek van kitéve **(ellenőrizendő: aktuális korlátozások és határértékek)**.

2.3.2. Orvosi alkalmassági vizsgálat

A faipari munkakörök jelentős része **fizikai terheléssel** jár, valamint porral, zajjal és vegyi anyagokkal való expozícióval. Ezért a munkavállalót **munkaköri orvosi vizsgálat** alá kell vonni.

Definíció. A **munkaköri orvosi alkalmassági vizsgálat** annak megállapítására szolgál, hogy a dolgozó az adott munkakört egészségi szempontból el tudja látni, és nem áll fenn olyan betegség vagy állapot, amely a munkavégzés során a saját vagy mások egészségét veszélyeztetné.

A vizsgálat kiterjed például:

- a **látásra** (a finom megmunkáláshoz és a gépi munkához jó látás kell),
- a **hallásra** (a zajos gépi munka előtti és időszakos ellenőrzés),
- a **mozgásszervi állapotra** (emelés, hajolás, álló munka),
- a **légzőrendszerre** (por, oldószergőz, allergén faanyagok),
- a **bőrre és allergiára** (fa, ragasztó, pác, lakk, oldószer).

Megjegyzés. Az orvosi vizsgálat eredménye alapján az orvos **alkalmas, korlátozottan alkalmas vagy alkalmatlan** minősítést ad. Korlátozás esetén a munkáltatónak a munkakört úgy kell kialakítani, hogy a dolgozó a korlátozásnak megfelelően dolgozhasson (pl. ne emeljen nehéz terhet, ne dolgozzon poros környezetben).

2.3.3. Oktatás és szakmai ismeretek

A munkavédelmi oktatás nem egyszeri esemény, hanem ismétlődő kötelezettség. A dolgozó csak akkor kezdhet munkát, ha az adott munkahely és munkakör veszélyeiről, a védőeszközökről, a gépek biztonságos használatáról, a menekülési útvonalakról és a baleseti teendőkről eligazítást kapott.

Szabály. A munkavédelmi oktatást **a munkába lépés előtt**, majd **időszakosan** meg kell ismételni, továbbá akkor, ha új gépet, új anyagot vagy új technológiát vezetnek be. A faipari gépek kezeléséhez **betanítás és felügyelet** szükséges; a tanuló csak az oktató által jóváhagyott gépet kezelheti.

2.3.4. Szervezési feltételek: egyedül végzett munka tilalma

Szabály. A faipari műhelyben **tilos egyedül dolgozni** olyan gépi műveletnél, anyagmozgatásnál vagy vegyi anyag kezelésénél, amelyben fennáll a baleset vagy az egészségkárosodás kockázata. Legalább egy másik személynek **látótávolságon belül vagy hallótávolságra** kell tartózkodnia, aki baleset esetén segítséget tud hívni.

Valós életbeli indoklás. Ha a dolgozó a körfűrészgépnél visszavágódó munkadarabtól megsérül, és egyedül van, nem tud segítséget hívni. Ha a műhelyben ketten vannak, a másik azonnal megállíthatja a gépet, értesítheti az oktatót vagy a mentőt. Ezért az **egyedül végzett munka tilalma** nem kényelmetlenség, hanem életmentő szabály.

Tilos. Veszélyes gépi műveletet, nehéz anyagmozgatást vagy oldószeres munkát **felügyelet nélkül, egyedül** végezni. A tanuló a tanműhelyben soha ne dolgozzon oktató vagy megbízott szakember jelenléte nélkül.

2.3.5. Egyéni védőeszközök

A faipari munka során számos veszély fenyeget: szálló por, zaj, repülő forgács, éles szerszám, leeső munkadarab, vegyi anyag. A veszélyek megelőzésének sorrendje: **kollektív védelem** (elszívás, gépvédő burkolat) előbb, utána **egyéni védelem** (védőeszköz viselése). A védőeszköz nem helyettesíti a gépvédelmet, hanem kiegészíti.

Definíció. Az **egyéni védőeszköz (EVE)** olyan eszköz, amelyet a dolgozó visel vagy tart, hogy védje magát egy vagy több egészségi és biztonsági kockázat ellen. Ilyen például a védőszemüveg, fülvédő, légzésvédő, védőkesztyű, védőcipő, védőruha, sisak.

A faipari műhelyben az alábbi védőeszközök a leggyakoribbak:

2.3.5.1. Szemvédelem

A gyalulás, marás, csiszolás során forgács, por vagy apró részecske repülhet a szembe. A **védőszemüveg** oldalvédős kialakítású legyen, mert a forgács oldalról is bejuthat. Ha fennáll a repülő szilánk veszélye, az **arcvédő plexi** is indokolt.

Szabály. Szemvédőt kell viselni minden olyan műveletnél, ahol forgács, por, vegyi anyag cseppje vagy repülő részecske keletkezhet. A védőszemüvegen nem szabad repedésnek lennie, és a látómezőt nem akadályozhatja karcolás.

2.3.5.2. Hallásvédelem

A gyalugép, körfűrész, vastagsági gyalu, marógép tartós zajterhelése halláskárosodást okoz. A hallásvédő lehet **fülvédő tok** (fülvédő) vagy **hallásvédő dugó** (süketítő dugó). A kiválasztásnál a zajszint és az expozíciós idő a mérvadó.

Szabvány. A zajexpozíciós határértékeket és a hallásvédő kiválasztását a zaj elleni védekezésre vonatkozó magyar jogszabály és az európai zajvédelmi irányelv szerint kell meghatározni **(ellenőrizendő: hatályos magyar zajvédelmi rendelet és határértékek)**. A hallásvédő csillapítását a gyártó adja meg **SNR** értékkel (dB) **(ellenőrizendő: a gyártói adatlapról)**.

Példa. Ha egy gép zaja 95 dB, és a munkavállaló napi zajexpozíciója meghaladja a jogszabályi beavatkozási szintet, hallásvédőt kell viselni **(ellenőrizendő: aktuális határérték)**. A használt

fülvédő tok csillapítása legyen legalább annyi, hogy a fülbe jutó zaj a megengedett szint alá csökkenjen **(ellenőrizendő: számítási szabály és határérték)**.

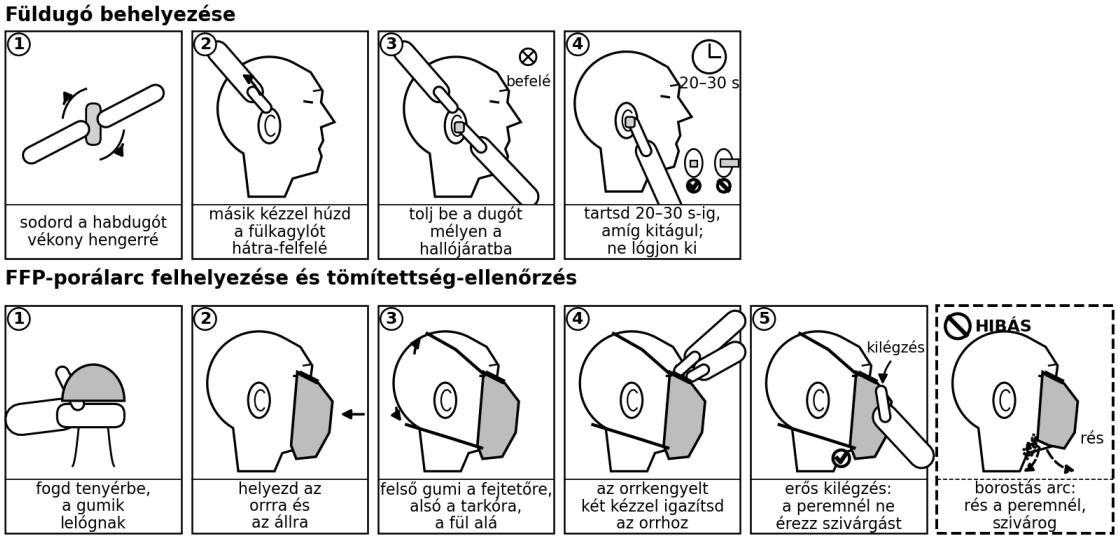
2.3.5.3. Légzésvédelem

A **fapor**, különösen a keményfapor (pl. tölgy, bükk) rákkeltő hatású. A csiszolás, fűrészelés, marás során por keletkezik, ezért **elszívást** és **légzésvédőt** kell használni. A légzésvédő lehet:

- **félálarc cserélhető szűrőbetéttel** (P2 vagy P3 szűrő, a porkoncentrációtól függően; P3 a finomabb por ellen),
- **FFP2 vagy FFP3 porálarc** (egyszer használatos vagy újrahasználható),
- **teljes álarc** nagy porkoncentrációnál.

A szűrőosztály jelölését a gyártói adatlapon ellenőrizni kell; a műhelyben a munkáltatónak kockázatértékelés alapján kell meghatározni, milyen fokozat szükséges **(ellenőrizendő: a faporra vonatkozó expozíciós határérték és a légzésvédő szabványok)**.

Figyelem. A **szakáll** és a borosta miatt a félálarc nem zár rendesen. A légzésvédő használata előtt ellenőrizni kell az illeszkedést és a szűrő állapotát. A nedves, eldugult szűrőt ki kell cserélni.



2.4. ábra. Füldugó behelyezése négy lépésben, FFP-porálarc felhelyezése öt lépésben tömítettség-ellenőrzéssel, és hibás illeszkedés borostás arcon (sematikus rajz; a termék használati útmutatója a mérvadó)

A védőeszköz csak helyesen felvéve véd. A habszivacs füldugót vékonyra sodorva, a fülkagylót hátra-felfelé húzva kell mélyen behelyezni, és 20–30 másodpercig tartani, amíg kitágul; a félig kilógó dugó alig csillapít. A porálarcnál a gumipántok a fejtetőre és a tarkóra kerülnek, az orrkengyelt két kézzel kell az orrhoz igazítani, végül erős kilégzéssel ellenőrizd, hogy a peremnél nem szivárog-e a levegő. Borostás arcon a perem nem zár.

2.3.5.4. Kézvédelem

A kéz védelme a faiparban kétféle lehet: **mechanikai védelem** (éles szél, szálka, forgács ellen) és **vegyi védelem** (oldószer, pác, lakk, ragasztó ellen).

Tilos. Kesztyűt viselni forgó szerszám közelében! A fűrészlap, a maró, a fúró, a gyalutengely elkaphatja a kesztyűt, és a kezet a szerszámba ránthatja. Ezért az asztali körfűrész, szalagfűrész, marógép, fúrógép, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, csapozó maró és más forgó szerszámos gép mellett **a kesztyű használata tilos**. A kezet ilyenkor **tolófával, tolókocsival** és **védőburkolattal** védjük, nem kesztyűvel.

Szabály. Kesztyűt akkor lehet viselni, ha a kéz nincs a forgó szerszám közelében, például anyagmozgatásnál, táblás lapok szállításánál, éles bútorlap él megfogásánál, ragasztó- vagy oldószeres tisztításnál (vegyi védőkesztyű). A kesztyű anyagát és méretét a végzett munkához kell választani.

2.3.5.5. Lábvédelem

A faipari műhelyben a lábakra leeső munkadarab, szerszám vagy paletta veszélyt jelent. A **védőcipő** acél orrbetéttel és csúszásmentes talppal véd. A védőcipő a gépi munkánál is fontos, mert a leeső alkatrész a lábfejet is eltörheti.

Szabály. A műhelyben puha talpú sportcipőben, szandálban vagy mezítláb dolgozni tilos. A védőcipő orrát ne érje éles ütés; a megsérült védőcipőt le kell cserélni.

2.3.5.6. Védőruha

A faipari **védőruha** legyen testhez simuló, szakadásálló, és ne legyenek lelógó részei. A laza ujj, lelógó zsinór, sál, kibontott hosszú haj a forgó szerszámhoz érhet, és berántha t.

Tilos. Forgó szerszámmal rendelkező gép mellett laza ruházatot, ékszert, nyakláncot, karkötőt, gyűrűt, karórát viselni. A hosszú hajat össze kell fogni, és hajhálóval vagy sapkával kell rögzíteni.

2.3.6. Védőeszköz-juttatás szabályai

Szabály. A munkáltató köteles a munkavállalónak **térítésmentesen** biztosítani a munkakörhöz szükséges egyéni védőeszközöket. A juttatás módját, a védőeszközök körét és használati idejét a munkáltatónak belső szabályzatban kell meghatározni **(ellenőrizendő: a hatályos munkavédelmi jogszabály és a munkáltatói szabályzat)**. A védőeszköz beszerzési költségét a munkáltató viseli; a dolgozóval nem fizettetheti meg.

A védőeszközöket a munkáltató által meghatározott helyen kell tárolni, és a dolgozó köteles azokat rendeltetésszerűen használni, valamint a sérült, elhasználódott eszközt jelezni. A védőeszköz nem magántulajdon, hanem munkaeszköz: csak a munkahelyen, az adott munkához szabad használni.

Megjegyzés. A védőeszköz használata nem alku tárgya. A dolgozó nem dönthet úgy, hogy „ma nem veszem fel a fülvédőt, mert zavar”. A munkáltató köteles a használatot megkövetelni, a dolgozó köteles viselni.

2.3.7. Foglalkozás-egészségügy

A **foglalkozás-egészségügy** a munkavégzés és az egészség kapcsolatát vizsgálja. Négy fő tárgyköre van:

1. **Munkaélettan:** a szervezet működése a munkavégzés alatt (izommunka, fáradás, keringés, légzés). A faipari munka részben álló, részben hajoló, emelő munkát igényel, ezért a szünetek és a váltott testhelyzet fontosak.
2. **Munkalélektan:** a munka pszichés hatásai (stressz, monotónia, figyelem, felelősség). A gépi munkánál a fáradtság csökkenti a figyelmet, ami balesethez vezethet.
3. **Munkakörülmények:** zaj, por, hőmérséklet, világítás, levegő. A rossz megvilágítás, a hideg műhely vagy a poros levegő rontja a teljesítményt és az egészséget.
4. **Munkakultúra:** a rendezett munkahely, a szerszámok és védőeszközök rendben tartása, a személyi higiénia. A munkakultúra része, hogy a dolgozó a szünetekben kezet mos, nem a poros ruhában étkezik, és a védőeszközt tisztán tartja.

Szabály. A faipari műhelyben **személyi higiéniára** kiemelt figyelmet kell fordítani. Étkezni, inni, dohányozni csak a kijelölt helyen szabad, soha nem a gépek mellett, ahol por, forgács vagy vegyi anyag szennyezheti az ételt. A munka végeztével a dolgozó mossa meg a kezét, arcát; oldószeres munka után használjon bőrvédő krémet is, ha az orvos javasolja. A poros munkaruha ne kerüljön az otthoni ruhával közös szekrénybe; a műhelyben öltözőszekrényben kell tartani.

2.3.8. Ergonómia

Az **ergonómia** a munkavégzés és a munkahely kialakításának a dolgozó testméreteihez és természetes mozgásaihoz való igazítását jelenti. A cél: kevesebb fáradás, kevesebb baleset, jobb minőség.

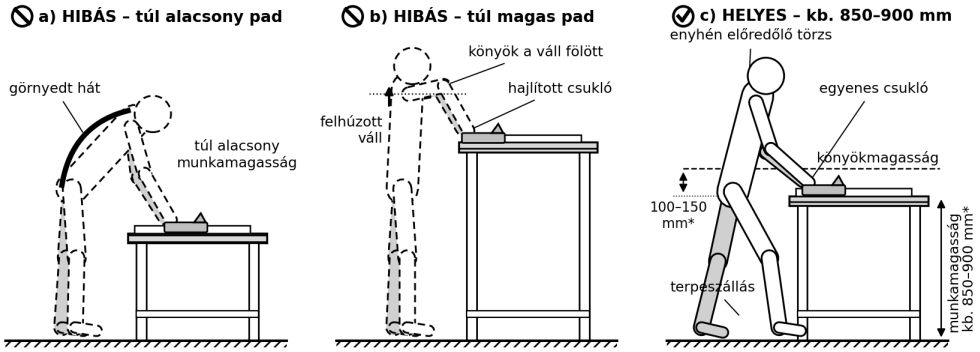
Definíció. Az **ergonómia** olyan tudományterület, amely a munkakörnyezetet, a szerszámokat és a munkafolyamatokat a dolgozó testi, érzékszervi és szellemi adottságaihoz igazítja.

A faipari műhelyben az ergonómia legfontosabb területei:

2.3.8.1. Testtartás és munkamagasság

A munkapad vagy gépasztal magassága akkor ideális, ha a munkafelület a könyökmagasság alatt van, így a dolgozó egyenes háttal, laza vállal és egyenes csuklóval dolgozhat. Gyalu, maró, csiszolás esetén a munkamagasságot úgy kell beállítani, hogy a dolgozó ne görnyedjen folyamatosan. Tájékoztató érték: a munkapad magassága könyök alatt 100–150 mm-rel van, álló munkánál kb. 850–950 mm testmagasságtól függően **(ellenőrizendő: ergonómiai szakkönyvi ajánlás, testmagasságtól függő)**.

Példa. Egy 175 cm magas dolgozó könyökmagassága állva kb. 1050–1100 mm; a gyalupad magassága ennél 100–150 mm-rel alacsonyabb, kb. 900–950 mm, gyaluláshoz inkább az alsó érték **(ellenőrizendő: ergonómiai ajánlás, egyéni beállítás)**. Ellenőrzés: álló helyzetben, lazán leengedett karral mérd meg a könyökmagasságot, és vonj le belőle 100–150 mm-t.



* Tájékoztató érték 175 cm-es testmagasságnál, egyéni beállítás (ellenőrizendő). A hibás alak szaggatott, a helyes folytonos körvonalú.

2.5. ábra. Gyalupad-magasság és testtartás: a) túl alacsony pad – görnyedt hát, b) túl magas pad – felhúzott váll, könyök a váll fölött, hajlított csukló, c) helyes munkamagasság

Az ábra két hibás és egy helyes testtartást mutat. A hibás alakok szaggatott, a helyes folytonos körvonalúak. A helyes képen a pad kb. 100–150 mm-rel a könyökmagasság alatt van (175 cm-es testmagasságnál kb. 900–950 mm), a törzs enyhén előredől, a csukló egyenes, a dolgozó terpeszállásban áll.

2.3.8.2. Emelés és anyagmozgatás

A faanyag, lap vagy kész bútor emelésekor a hátat függőlegesen kell tartani, a terhet **a testhez közel** kell vinni, és **térdből** kell emelni, nem derékból. A nehéz vagy nagy méretű anyagot két ember mozgassa, vagy használjon emelőeszközt (targonca, emelőasztal, görgősor).

Szabály. Tájékoztató emelési határértékek a munkavédelmi gyakorlatban: kedvező testhelyzetben, alkalmi emelésnél felnőtt férfinak kb. 25 kg, felnőtt nőnek kb. 15 kg; kedvezőtlen testhelyzet, gyakori emelés vagy fiatalkorú esetén ennél kevesebb **(ellenőrizendő: kézi tehermozgatásra vonatkozó rendelet, MSZ EN 1005-2)**. A faipari táblás lapok tömege gyakran meghaladja az egyéni emelésre javasolt értéket, ezért két ember vagy segédeszköz szükséges.

2.3.8.3. Gépek kezelhetősége

A gépek kezelőszerveit úgy kell elhelyezni, hogy a dolgozó **természetes testtartásból, nyújtózkodás nélkül** elérje az indítást, leállítást és vészleállítót. A vészleállító legyen **jól látható, piros** színű, és a dolgozó a legvalószínűbb baleseti helyzetben is el tudja érni.

Szabály. A gépi munkánál a dolgozó álljon stabilan, két lábbal a talajon. A beállítást, szerszámcserét a gép **áramtalanított, nyugalmi állapotában** kell végezni, nem a gép fölött áthajolva. A hosszú anyag alátámasztása guruló bakkal vagy görgővel csökkenti a hát terhelését.

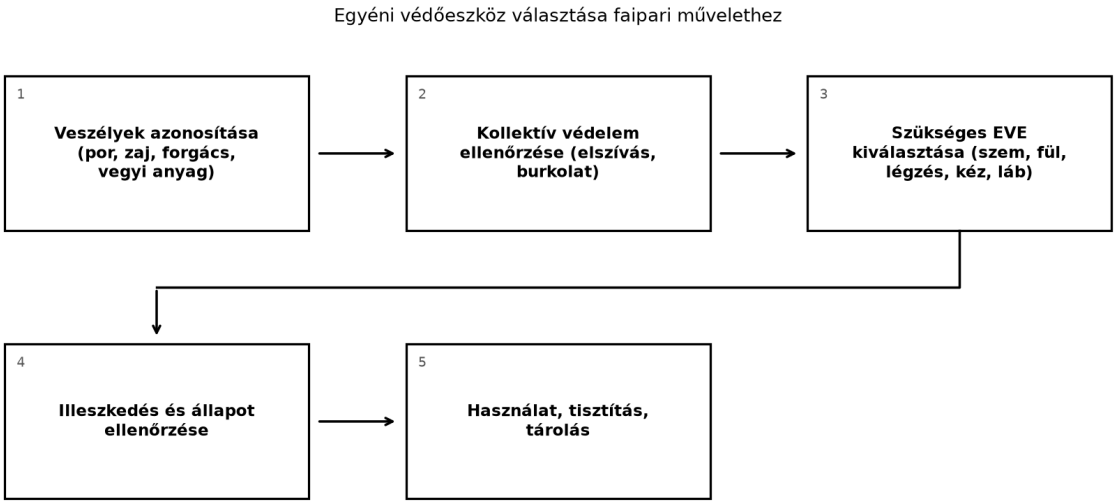
2.3.9. Védőeszköz-választás lépései

A védőeszköz kiválasztását mindig a **kockázatértékelés** alapján kell elvégezni. A tanuló számára ezt az oktató határozza meg. A választás lépései:

1. **Határozd meg a veszélyeket:** mi érheti a szemet, fület, bőrt, tüdőt, lábat?

2. **Ellenőrizd a kollektív védelmet:** van-e elszívás, gépvédő burkolat, megfelelő világítás?
3. **Válaszd ki az egyéni védőeszközöket:** szem-, hallás-, légzés-, kéz-, lábvédelem, védőruha.
4. **Ellenőrizd az eszköz illeszkedését és állapotát:** nem repedt, nem szakadt, a szűrő tiszta, a fülvédő zár.
5. **Használat után tisztítsd meg, és tedd a kijelölt helyre.**

Ez a lépéssor mintát ad a többi fejezet **Gépbiztonság** dobozaiban szereplő védőeszközválasztáshoz: a gép technológiai lapjában mindig meg kell nevezni az adott művelethez szükséges egyéni védőeszközöket.



2.6. ábra. Egyéni védőeszköz választása faipari művelethez - Szemléltető döntési sorrend; a konkrét védőeszközöket a munkáltató kockázatértékelése és az oktató utasítása határozza meg.

	Szemvédő	Hallásvédő	Légzésvédő	Kesztyű	Védőcipő
Formatizáló körfűrész	●	●	○ FFP2 + elszívás	⊘ TILOS	●
Egyengető / vastagsági gyalu	●	●	○ FFP2 + elszívás	⊘ TILOS	●
Alsómaró	●	●	○ FFP2 + elszívás	⊘ TILOS	●
Szalagcsiszoló	●	●	● FFP3 (keményfa)	⊘ TILOS	●
Kézi csiszolás	○	–	● keményfa: FFP3	○ mechanikai	●
Lakkozás, pácolás	● fröccsenés	–	● gőzszűrő (adatlap)	● vegyi	●
Táblás anyag mozgatása	–	–	–	● mechanikai	●

● kell ○ szükség szerint ⊘ TILOS (forgó szerszám) – nem jellemző

Tájékoztató hozzárendelés; a konkrét védőeszközt a kockázatértékelés határozza meg (ellenőrizendő).

2.7. ábra. Művelet és egyéni védőeszköz: tájékoztató mátrix (teli kör = kell, üres kör = szükség szerint, áthúzott kör = TILOS, – = nem jellemző)

A mátrix soraiban a műveletek, oszlopaiban a védőeszköz-csoportok állnak. A forgó szerszámos

gépeknél (körfűrész, gyalugép, alsómaró, szalagcsiszoló) a kesztyű **TILOS**; keményfa csiszolásánál FFP3 légzésvédő kell; lakkozásnál, pácolásnál vegyi védőkesztyű és a biztonsági adatlap szerinti szűrő. A hozzárendelés tájékoztató: a konkrét védőeszközt a kockázatértékelés határozza meg. Az interaktív változatban a sorra kattintva megjelenik a veszély és a tiltás indoka.

2.3.10. Technológiai lap – Védőeszközök kiválasztása és használata

Cél: A tanuló a kijelölt faipari művelethez a szükséges egyéni védőeszközöket kiválasztani, felvenni és használni tudja.

Anyagok: munkadarab, por, zaj, esetleges oldószer vagy ragasztó (a művelettől függően).

Szerszámok, gépek: az adott faipari gép vagy kéziszerszám; védőeszköz-állvány.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A forgó szerszámos gépeknél kesztyűt viselni tilos.

Lépések:

1. **Azonosítsd a veszélyeket.** Nézd meg, milyen por, zaj, forgács vagy vegyi anyag keletkezik. – ellenőrzés: az oktatóval közösen, a gép adattáblája és a biztonsági adatlap szerint.
2. **Ellenőrizd a kollektív védelmet.** Győződj meg arról, hogy az elszívó be van kapcsolva, a gép védőburkolata a helyén van. – ellenőrzés: a burkolat rögzített, az elszívó tömlő nem tömődött el.
3. **Válaszd ki az EVE-t.** A művelethez tartozó védőszemüveget, fülvédőt, légzésvédőt, védőcipőt vedd fel; kesztyűt csak anyagmozgatáshoz vagy vegyi anyag kezeléséhez használj. – ellenőrzés: minden EVE a munkakörhöz rendelt, tisztított és ép.
4. **Ellenőrizd az illeszkedést.** A szemüveg ne csússzon le, a fülvédő zárjon, a légzésvédő szorosan illeszkedjen, a cipő rögzítve legyen. – ellenőrzés: fej mozgatásakor az eszköz nem mozdul el, a légzésvédőnél nincs levegőszivárgás.
5. **Dolgozz a szabályok szerint.** A forgó szerszám közelében ne nyúlj a munkadarabhoz kézzel; használj tolófát. – ellenőrzés: a kéz mindig a védőburkolaton kívül marad.
6. **Munka után tisztítsd meg az EVE-t.** A szemüveget töröld át, a fülvédőt és a légzésvédőt tedd a kijelölt helyre. – ellenőrzés: az EVE sérülésmentes, száraz, elkülönítve tárolt.

Dokumentálás: a tanuló a munkanaplóban rögzíti, melyik művelethez milyen védőeszközt használt.

2.3.11. Minőségellenőrzés

A védőeszközök használatát és állapotát naponta, a munka megkezdése előtt ellenőrizni kell.

- **Szemüveg:** a lencse átlátszó, karcolásmentes; a szár nem laza.
- **Fülvédő tok:** a párna rugalmas, nem repedt; a fejpánt nem törött.
- **Légzésvédő:** a szűrő nem szennyezett, nem nedves; az arcra illeszkedő perem ép.
- **Védőcipő:** a talp nem lyukas, az orrbetét nem látszik ki, a fűző vagy tépőzár zár.
- **Védőruha:** nincs szakadás, lelógó rész, zseb nem ürül ki.

Szabály. Eltérésnél a sérült védőeszközt nem szabad használni. A tanuló jelentse az oktatónak, aki intézkedik a cseréről.

2.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A tanuló csiszolás közben nem visel légzésvédőt. **Ok:** „nem látszik a por”, kényelmetlen. **Helyes gyakorlat:** az elszívás mellett is használjon FFP2/FFP3 álarcot; a finom por a tüdőbe jut.
2. **Hiba:** A tanuló a körfűrésznél kesztyűt húz. **Ok:** Azt hiszi, a kesztyű védi a kezét. **Helyes gyakorlat:** a forgó szerszám közelében kesztyűt viselni tilos; a kezet tolófával és védőburkolattal kell védeni.
3. **Hiba:** A fülvédőt a fejre tolva, nem a fülekre helyezve használja. **Ok:** Kényelmesebbnek érzi. **Helyes gyakorlat:** a fülvédő tokot mindig a fülekre kell illeszteni, mert csak így csillapítja a zajt.
4. **Hiba:** A dolgozó a poros munkaruhában étkezik a gép mellett. **Ok:** Időhiány, kényelem. **Helyes gyakorlat:** étkezni csak a kijelölt, tiszta helyen szabad; a poros ruha ne érintkezzen étellel.

2.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló a vastagsági gyalugépnél dolgozott védőszemüveg nélkül, mert „csak gyorsan lefuttat egy deszkát”. A gépből egy kis csomó kirepült, és a szemhéján megállt; komoly sérülés nem történt, de az oktató leállította a munkát. A tanulság: a repülő részecske nem látszik előre, ezért a szemvédőt a gép indítása előtt fel kell venni. A tanuló ezt a szabályt utána minden gépi munkánál betartotta.

Egy másik esetben a tanuló az asztali körfűrésznél tolófa helyett a kezével tolta a keskeny léceket, mert nem volt elérhető tolófa. A léc megszorult, és a kéz a fűrészlap felé csúszott volna, ha az oktató nem állítja le időben. A tanulság: a **tolófa nem kiegészítő, hanem kötelező védőeszköz** a keskeny munkadarabok gépi megmunkálásánál; a hiánya miatt a munkát meg sem szabad kezdeni.

2.3.14. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, majd hasonlítsd össze a megoldásokkal.

1. Igaz vagy hamis? A kesztyű a körfűrészgépnél védi a kezet, ezért ajánlott viselni.
2. Melyik védőeszközt választanád csiszolásnál a fapor ellen, ha elszívás is van?
3. Miért tilos egyedül dolgozni a gyalugépnél?
4. Melyik testrész védelmére szolgál a tolófa a körfűrészgépnél?
5. Mi a teendő, ha a tanuló védőszemüvege megrepedt?
6. Milyen munkamagasság ajánlott álló gyaluláshoz?

2.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a munkavégzés legalább négy személyi feltételét a faipari műhelyben.

2. feladat (A) Írd le, mit jelent a „munkaköri orvosi alkalmassági vizsgálat” szükségessége.

3. feladat (B) Egy tanuló az alábbi műveletet végzi: tölgyfa deszkát csiszol szalagcsiszolóval, elszívó nélkül, fél órán át. Mi a teendő elsőként? Milyen védőeszközöket választanál neki, és milyen sorrendben? Indokold.

4. feladat (B) Nézd meg a védőeszköz-állvány leírását. Mi a hiba, ha a dolgozó a körfűrészgéphez kesztyűt húz, de tolófát nem használ? Fogalmazd meg a helyes gyakorlatot.

5. feladat (C) Egy műhelyben az asztalos egy 1500 mm hosszú, 600 mm széles tömörfa asztallapot csiszol. A dolgozó háta fáj, mert derékból hajol. Javasolj ergonómiai változtatásokat a munkamagasságra, a testtartásra és az anyagmozgatásra.

6. feladat (D) Készíts ellenőrző listát a védőeszközök használatához a gépi gyaluláshoz. A lista tartalmazza: milyen veszélyek, milyen EVE, milyen tiltás vonatkozik a kesztyűre, és mit ellenőrzöl a gép indítása előtt.

2.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A forgó szerszám közelében a kesztyűt a gép elkaphatja, és a kezet berántathatja; ott tilos kesztyűt viselni. A kéz védelmére tolófa és védőburkolat szolgál.
2. FFP2 vagy FFP3 porálarcot (vagy félálarcot P2/P3 szűrővel). Az elszívás csökkenti, de nem szünteti meg a port.
3. Mert baleset esetén nincs, aki segítséget hívjon, leállítsa a gépet vagy elsősegélyt nyújtson.
4. A kéz védelmét szolgálja; a tolófa tartja távol a kezet a fűrészlaptól.
5. A megrepedt védőszemüveget ki kell cserélni; sérült szemüveggel nem szabad dolgozni, mert a lencse eltörhet, és a repedésen át részecske juthat a szembe.
6. Álló gyaluláshoz a munkapad magassága kb. 850–950 mm, de a testmagasságtól függ; a pontos érték a könyökmagasságból számolandó: könyökmagasság mínusz 100–150 mm **(ellenőrizendő: ergonómiai ajánlás)**.

1. feladat megoldása (A) A munkavégzés személyi feltételei: (1) jogszerű foglalkoztatás, (2) munkaköri orvosi alkalmasság, (3) szükséges szakképzettség vagy betanítás, (4) munkavédelmi oktatás, (5) foglalkoztatási tilalmak betartása.

2. feladat megoldása (A) A munkaköri orvosi alkalmassági vizsgálat azt ellenőrzi, hogy a dolgozó egészségileg alkalmas-e az adott munkakörre (látás, hallás, légzőrendszer, mozgásszerv, bőr), és nincs-e olyan betegsége, amely a munkavégzésnél a saját vagy mások egészségét veszélyeztetné.

3. feladat megoldása (B) A tölgy csiszolása rákkeltő keményfa-port termel. Elszívás nélkül ezt a munkát nem szabad elkezdeni: először a gépet elszívóra kell kötni (műszaki védelem, kollektív védelem), és csak utána jön az egyéni védőeszköz. Bekapcsolt elszívás mellett: (1) légzésvédő – FFP3 porálarc vagy P3 szűrős félálarc **(ellenőrizendő: kockázatértékelés)**; (2) oldalvédős védőszemüveg; (3) hallásvédő, ha a gép zajszintje indokolja; (4) védőcipő; (5) testhez simuló védőruha. Kesztyű a forgó csiszolószalag mellett tilos.

4. feladat megoldása (B) A kesztyű a körfűrészgépnél a forgó lappal elakadhat, és a kezet a fűrészlapba ránthatja; ezért ott kesztyűt viselni tilos. A helyes gyakorlat: a keskeny vagy rövid munkadarabot tolófával vagy tolókocsival toljuk, a kezet a védőburkolaton kívül tartjuk, és a fűrészlap mögött, a vágásrés vonalában hasítóék, felette védőburkolat van felszerelve.

5. feladat megoldása (C) Ergonómiai javaslatok: (1) a csiszoló pult vagy gépasztal magasságát a dolgozó könyökmagasságához igazítani; (2) a munkadarabot bakra vagy görgősorra helyezni, hogy ne kelljen mélyen hajolni; (3) a csiszológépet két kézzel, testközelben tartani, a lábakkal stabilan állni; (4) szüneteket beiktatni, a csiszolást időnként megszakítani; (5) a nehéz asztallapot két ember mozgassa, a hát függőlegesen maradjon, térdből emeljen.

6. feladat megoldása (D) A gépi gyaluláshoz készített ellenőrző lista:

- Veszélyek: forgó késtengely, kirepülő forgács, zaj, por.
- Kollektív védelem: a gyalu védőburkolata a helyén, elszívás bekapcsolva, munkaterület szabad.
- Egyéni védőeszközök: védőszemüveg, hallásvédő (fülvédő vagy dugó), FFP2/FFP3 porálarc, védőcipő, testhez simuló védőruha.
- Tiltás: kesztyűt a forgó késtengely közelében viselni tilos; laza ruházat, ékszer, kibontott hosszú haj tilos.
- Gép indítása előtt: a késtengely rögzítését, a védőburkolat és az elszívó állapotát, a vészleállító elérhetőségét, a munkadarab idegen anyagtól (szeg, csavar) mentességét ellenőrizni; a gépet betanított, felügyelt tanuló kezelheti.

2.3.17. Rövid összefoglaló

A munkavégzés személyi feltételei közé tartozik a jogszerű foglalkoztatás, a munkaköri orvosi alkalmasság, a szükséges szakképzettség vagy betanítás, a munkavédelmi oktatás és a foglalkoztatási tilalmak betartása. A faipari műhelyben tilos egyedül dolgozni veszélyes gépi műveletnél, anyagmozgatásnál vagy vegyi anyag kezelésénél, mert baleset esetén kell a másik személy segítsége. Az egyéni védőeszközök közül a munkakörtől függően védőszemüveg, fülvédő, légzésvédő (fapor, különösen keményfapor ellen FFP2/FFP3 vagy P2/P3), védőcipő és védőruha szükséges. Kesztyű forgó szerszámos gépnél tilos, mert a szerszám berántha tja a kezet; ott tolófát és védőburkolatot használunk. A védőeszközök juttatása a munkáltató kötelessége, a használat a dolgozó kötelessége. A foglalkozás-egészségügy a munkaélettan, munkalélektan, munkakörülmények és munkakultúra területeivel foglalkozik; a személyi higiénia kiemelt, étkezni csak a kijelölt helyen szabad. Az ergonómia a munkamagasság, a testtartás, az emelés és a gépek kezelhetőségének a dolgozóhoz igazítását jelenti. **Továbbvitt eredmény.** Az egyéni védőeszköz-választás fenti lépéseit a könyv minden technológiai lap **Gépbiztonság** doboza használni fogja; elsőként a Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció alfejezet: az adott művelethez megnevezi a szükséges védőeszközöket és a kesztyű tiltását forgó szerszámos gépeknél.

2.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: a munkavédelmi törvény és a munkavédelmi oktatásra, egyéni védőeszközökre, zajexpozícióra, faporra, orvosi alkalmasságra vonatkozó magyar jogszabályok, munkáltatói kockázatértékelés, gyártói védőeszköz-adatlapok, ergonómiai szakkönyvek.

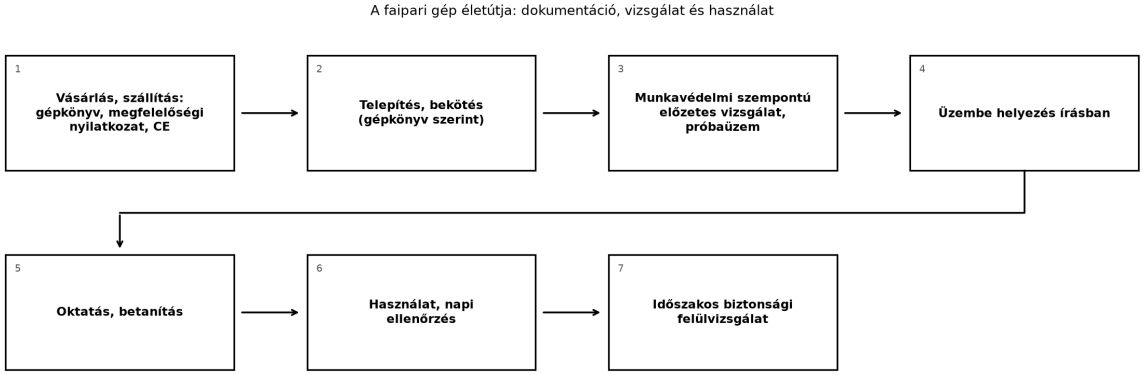
Ellenőrizendő hiányok: a hatályos munkavédelmi törvény és rendeletek pontos száma, a foglalkoztatási tilalmak aktuális szabályozása, az orvosi vizsgálat gyakorisága, a zaj- és porexpozíciós határértékek, az FFP2/FFP3 szűrőosztályra vonatkozó szabványok, a védőeszközjuttatási rendelet, az emelési határértékek, a munkapad és gépasztal ergonómiai magasságai, az egyéni védőeszközök csillapítási és védelmi jellemzői.

2.4. Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció

Képzeld el, hogy új asztalos körfűrészgép érkezik a tanműhelybe. A gép mellett ott a gépkönyv, a megfelelőségi nyilatkozat és a szerszámtartozék. Az oktató először nem az indítógombot nyomja meg, hanem a dokumentumokat ellenőrzi. Ez a sorrend nem bürokrácia, hanem biztonsági alapelv: a gép használata a papírokkal és a védőberendezések rendszerével kezdődik.

2.4.1. Szemléletes kép: a gép életútja

A faipari gép nem egyetlen kapcsolásból áll. A gép élete a dokumentációval kezdődik, üzembe helyezéssel, oktatással és vizsgálatokkal folytatódik.



2.8. ábra. A faipari gép életútja: dokumentáció, vizsgálat és használat - Szemléltető folyamat; a konkrét jogszabályi lépések ellenőrizendők.

Ábraolvasás. A folyamat elején a géphez kapcsolódó dokumentumokat ellenőrzik. Ezután a gépet a gépkönyv szerint felállítják és bekötik; az előzetes vizsgálat és a próbaüzem már a telepített gépen történik (rögzítés, villamos és elszívó-csatlakozás, vészleállító). Csak ezután helyezik írásban üzembe, és következik a kezelő oktatása. A használat közben napi ellenőrzés, évente vagy a szabályzat szerint időszakos felülvizsgálat következik.

2.4.2. Fogalmak és halmazok

A munkavédelemben **munkaeszköznek** nevezünk minden eszközt, amelyet munkavégzés közben használunk.

Definíció. Munkaeszköz. A munkavédelemről szóló törvény szerint minden gép, készülék, szerszám, berendezés, illetve ezek összekapcsolt rendszere, amelyet a munkavégzés során használnak (ellenőrizendő: a hatályos törvényszöveg pontos megfogalmazása).

A faipari műhelyben tehát a véső, a körfűrészgép, a szorítóléc, a porelszívó és a festőkamra egyaránt munkaeszköz. A **gép** ennek egy szűkebb halmaza.

Definíció. Gép. A gépekre vonatkozó uniós szabályozás szerint a gép olyan, legalább egy mozgó résszel rendelkező, hajtóenergiával ellátott vagy hajtóenergiával működtetett egység, amelyet meghatározott műveletre szereltek össze (ellenőrizendő: a gépirányelv/géprendelet pontos szövege).

A faipari gép például az asztalos körfűrészgép, az egyengető gyalugép, a vastagsági gyalugép, az alsómaró, a szalagfűrészgép, a fúrógép, a széles szalagú csiszológép, a prés és a CNC-megmunkálóközpont.

Definíció. Szerszám. A szerszám a munkaeszköz azon kisebb része, amely közvetlenül megmunkálja a faanyagot, és kézben tartva vagy gépre szerelve dolgozik.

A véső, a kézi fűrész, a gyaluvas, a körfűrészlap, a marószerszám, a fúrószár és a csiszolószalag szerszám. A szerszám a gép forgó vagy egyenes mozgást végző része, ezért a szerszám hibája gyakran balesethez vezet.

Definíció. Készülék. A készülék olyan munkaeszköz, amely a munkadarabot vagy a szerszámot megtámasztja, szorítja, vezeti vagy rögzíti, de önálló hajtása nincs.

A készülékek közé tartozik a szorítóléc, a csúsztató, a marósablon, a szorító, a fúrósablon, az ütköző és a gépasztalra szerelt vezetővonalzó. A készülék növeli a pontosságot és csökkenti a kéz közvetlen szerszámközeli elhelyezkedését.

Definíció. Berendezés. A berendezés olyan telepített vagy összetett munkaeszköz, amely általában kiszolgálja a gépet, vagy önálló munkafolyamatot végez.

Ilyen faipari berendezés a porelszívó rendszer, a légkompresszor, a festőkamra, a fűrészpor-tároló ciklon, a ragasztóprés és a fűtőcsatorna.

Fogalom	Jellemző	Faipari példa
Munkaeszköz	Minden munkavégzéshez használt eszköz vagy rendszer	a műhely felszerelése
Szerszám	Kézben tartott vagy gépre szerelt, közvetlenül megmunkál	véső, körfűrészlap, marószerszám
Készülék	A munkadarabot vagy a szerszámot vezeti, rögzíti, önálló hajtás nélkül	szorítóléc, marósablon, vezetővonalzó
Gép	Hajtóenergiával mozgatott, mozgó részekkel dolgozó munkaeszköz	asztalos körfűrészgép, vastagsági gyalu
Berendezés	Telepített, gyakran kiszolgáló rendszer	porelszívó, kompresszor, festőkamra

Szabály. A gépkönyv és a védőberendezések egymáshoz tartoznak. Védőberendezés nélkül, vagy a védőberendezés kiiktatásával a gép nem biztonságos munkaeszköz.

2.4.3. Gépkönyv és a dokumentáció lánca

Definíció. Gépkönyv. A gépkönyv a gép gyártója által készített kötelező dokumentum, amely tartalmazza a gép rendeltetésszerű használatát, műszaki adatait, biztonsági előírásait, a szerszámadatokra vonatkozó korlátozásokat, a védőberendezések leírását, valamint a kezelési, szerelési, karbantartási és javítási útmutatót.

A gépkönyv a gép „használati utasítása”. A faipari gépkönyvben megtalálod például:

- a gép megnevezését, típusát, sorozatszámát,
- a megengedett fordulatszám-tartományt,
- a megengedett szerszámátmérőket és késszámokat,
- a zaj- és rezgésadatokat,
- a védőberendezések használatát,
- a villamos bekötés és a biztonsági kapcsolók leírását,
- a karbantartási időközöket és a kenési pontokat,
- a maradék kockázatokra vonatkozó figyelmeztetést.

A gépkönyvet a felhasználó nyelvén, Magyarországon magyarul kell biztosítani (ellenőrizendő: a pontos nyelvi követelmény). A gép használata a gépkönyv utasításaitól eltérő módon **tilos**.

Szabvány. A gépek forgalomba hozatalát az Európai Unióban a jelenleg használt **2006/42/EK gépirányelv** szabályozza; ezt fokozatosan váltja fel az új, **(EU) 2023/1230 géprendelet**, amely 2027. január 20-tól alkalmazandó (ellenőrizendő: a pontos átmeneti időpont). A gyártó a gépet ellátja **CE-jelöléssel**, és kiállítja az **EK-megfelelőségi nyilatkozatot**, az új rendelet szerint **EU-megfelelőségi nyilatkozatot**. A CE-jelölés nem minőségi tanúsítvány, hanem a gyártó nyilatkozata, hogy a gép megfelel a rá vonatkozó uniós biztonsági és egészségvédelmi előírásoknak. A munkáltató a gépet a munkavédelmi törvény és a munkaeszközök minimális biztonsági követelményeiről szóló miniszteri rendelet (10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet – ellenőrizendő: hatályos szám) szerint csak munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat után helyezheti üzembe, és időszakos ellenőrző felülvizsgálatot kell végeznie. A gépbiztonság általános tervezési elveit az **MSZ EN ISO 12100** szabvány foglalja össze (ellenőrizendő: jelölés).

Példa dokumentumfajtákra. Az asztalos körfűrészgép mellett a gyártó elkészíti az EK/EU-megfelelőségi nyilatkozatot, ráerősíti a CE-jelölést, és a gépbe építi az adattáblát. A gépkönyv külön fejezetei mutatják a védőburkolat, a hasítóék, a tolófa és az elszívó csatlakozás helyes használatát. A munkáltató ezek nélkül a dokumentumok nélkül nem adhatja át a gépet a tanulónak.

2.4.4. Üzembe helyezés, használatba vétel, időszakos vizsgálat

A gép **üzembe helyezése** nem azonos a bedugaszolással. A veszélyes munkaeszközt csak munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat után szabad üzembe helyezni (ellenőrizendő: Mvt. és a veszélyes munkaeszközök jegyzéke); a faipari gépek többsége ilyen. Minden más munkaeszközt is csak biztonságos állapotban, dokumentációval és működő védőberendezéssel szabad használatba venni.

Szabály. A munkaeszközt csak akkor szabad üzembe helyezni, ha a munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat igazolta, hogy a gép biztonságos, a dokumentumok rendelkezésre állnak, és a védőberendezések működnek.

Az előzetes vizsgálat során ellenőrizni kell például:

- a gépkönyv és a megfelelőségi nyilatkozat meglétét,
- a CE-jelölést és az adattáblát,
- a védőburkolatok rögzítését és a reteszkapcsolókat,
- a vészleállító működését,
- a szerszám rögzítését és a megengedett fordulatszámot,
- a villamos csatlakozó, a kábelek és a kapcsoló állapotát,
- a gép stabilitását, rögzítését,
- az elszívó csatlakozás működését (ha szükséges).
- A vizsgálat eredményét írásban kell rögzíteni, és a dokumentumot megőrizni.

Definíció. Használatba vétel. A használatba vétel az a pillanat, amikor a munkavállaló a gépet a munkahelyén, a gépkönyv szerinti oktatás után ténylegesen munkavégzésre használhatja.

A használatba vétel feltétele a munkáltató által biztosított biztonságos állapot és a munkavállaló megfelelő betanítása, felügyelete.

Időszakos biztonsági felülvizsgálat. A munkaeszközöket rendszeresen ellenőrizni kell. A veszélyesnek minősülő gépeknél ez szigorúbb, dokumentált felülvizsgálatot jelent. A vizsgálat kiterjed a védőberendezések működésére, a biztonsági kapcsolókra, a villamos biztonságra, a mechanikai állapotra, a szerszámbefogásra és a kopó alkatrészekre. A gyakoriságot a kockázatértékelés, a gépkönyv és a vonatkozó jogszabály határozza meg (ellenőrizendő: a pontos időszak).

2.4.5. Veszélyes munkaeszközök

A munkáltató a kockázatértékelésben azonosítja a **veszélyes munkaeszközöket**. A faipari gépek többsége ebbe a csoportba tartozik, mert forgó szerszámmal, behúzásveszéllyel, visszacsapódással vagy nagy erővel dolgoznak.

Faipari veszélyes munkaeszközök például:

- asztalos körfűrészgép,
- egyengető és vastagsági gyalugép,
- asztalos marógép,
- láncmarógép,
- szalagfűrészgép,
- széles szalagú csiszológép,
- hidraulikus prés,
- faesztergagép.

Szabály. A veszélyes munkaeszközökre a munkáltató köteles időszakos, dokumentált biztonsági felülvizsgálatot végeztetni, és a kezelőt külön ki kell oktatni. A faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti.

2.4.6. A biztonságtechnika alapelvei

Definíció. Veszélyforrás. A veszélyforrás olyan anyag, energia, mozgás vagy helyzet, amely kárt okozhat a munkavállaló egészségében, testi épségében vagy a környezetben.

A faipari gépen a legfontosabb veszélyforrások:

- forgó fűrészlap, marószerszám, késtengely, csiszolószalag,
- behúzódás a szerszám és a munkadarab közé,
- kirepülő munkadarab vagy szerszámtöredék,
- visszacsapódás,
- fa- és csiszolópor,
- zaj és rezgés,
- elektromos feszültség,
- forró felület vagy ragasztóprés,
- leeső, eldőlő gép vagy munkadarab.

Definíció. Kockázat. A kockázat azt fejezi ki, milyen valószínű a veszély bekövetkezése, és milyen súlyos lehet a következménye.

A biztonságtechnika célja a kockázat csökkentése. A gép tervezője a veszélyes részt elburkolja, a munkáltató biztosítja a karbantartást és az oktatást, a kezelő pedig betartja a gépkönyv előírásait.

Megbízhatóság és meghibásodás. A védőberendezésnek akkor is biztonságosnak kell maradnia, ha meghibásodik. A biztonsági elemek hibájánál a gép ne hozzon létre újabb veszélyes állapotot. A tervezésben ezt **hibabiztos** kialakításnak nevezzük. Például ha a reteszkapcsoló meghibásodik, a gép ne induljon el, vagy azonnal álljon le.

2.4.7. Feltétlenül és feltételesen ható biztonságtechnika

A biztonsági megoldásokat két nagy csoportra osztjuk aszerint, hogy emberi beavatkozás nélkül hatnak-e.

Definíció. Feltétlenül ható biztonságtechnika. Olyan műszaki védelem, amely a veszélyes állapotot a gép működésétől függetlenül, automatikusan megszünteti vagy lehetetlenné teszi.

Példák:

- a védőburkolat reteszkapcsolója, amely a burkolat nyitásakor azonnal megszakítja a motor áramkörét,
- a hasítóék, amely a fűrészlap mögött állandóan jelen van,
- a visszacsapódásgátló,
- a gép indításgátlása, ha a védőburkolat nincs a helyén,
- a túláram- és hővédelem.

Definíció. Feltételesen ható biztonságtechnika. Olyan védelem, amely csak akkor hat, ha az ember betart valamit, vagy beavatkozik.

Példák:

- a vészleállító, mert csak akkor állítja le a gépet, ha valaki megnyomja,
- a munkautasítás és az oktatás,
- a figyelmeztető és tiltó táblák,
- az egyéni védőeszköz, például a védőszemüveg vagy légzésvédelem,
- a tolófa, amely csak akkor véd, ha a kezelő használja,
- a felügyelet.

Megjegyzés. A feltételesen ható védelem gyengébb, mert emberi figyelmet igényel. Ezért a gép tervezésénél először feltétlenül ható műszaki megoldást kell keresni, és a szervezési, személyi feltételeket csak kiegészítésként szabad alkalmazni.

2.4.8. Konstrukciós, üzemviteli és emberi tényezők

A baleset ritkán vezethető vissza egyetlen okra. A biztonságos gépnél három tényezőt kell együtt vizsgálni.

Konstrukciós tényező. A gép tervezéséből adódik. Ha a gép védőburkolat nélkül készül, vagy a kezelőelemek nehezen elérhetők, a kockázat már a gyártásnál beépül. A CE-jelölés és a gépkönyv ezt hivatott szabályozni.

Üzemviteli tényező. A gép telepítéséből, karbantartásából, ellenőrzéséből és a műhely rendjéből adódik. Ide tartozik a csúszós padló, a rossz világítás, a hiányzó elszívás, a túlterhelt hosszabbító, a kés alatt maradt szerszám.

Emberi tényező. A kezelő tudása, figyelme, fáradtsága, sietsége, a szabályok betartása. A legjobb gép is veszélyes, ha a kezelő a védőburkolatot eltávolítja, vagy a tolófa helyett kézzel tolja az anyagot.

Példa. Egy kirepülő munkadarabnál a konstrukciós hiba lehet a hiányzó hasítóék, az üzemviteli hiba a rosszul beállított párhuzamvezető, az emberi hiba pedig a túl rövid darab kézi tologatása. A baleset megelőzése ezért a gép, a környezet és az ember együttes ellenőrzését kívánja.

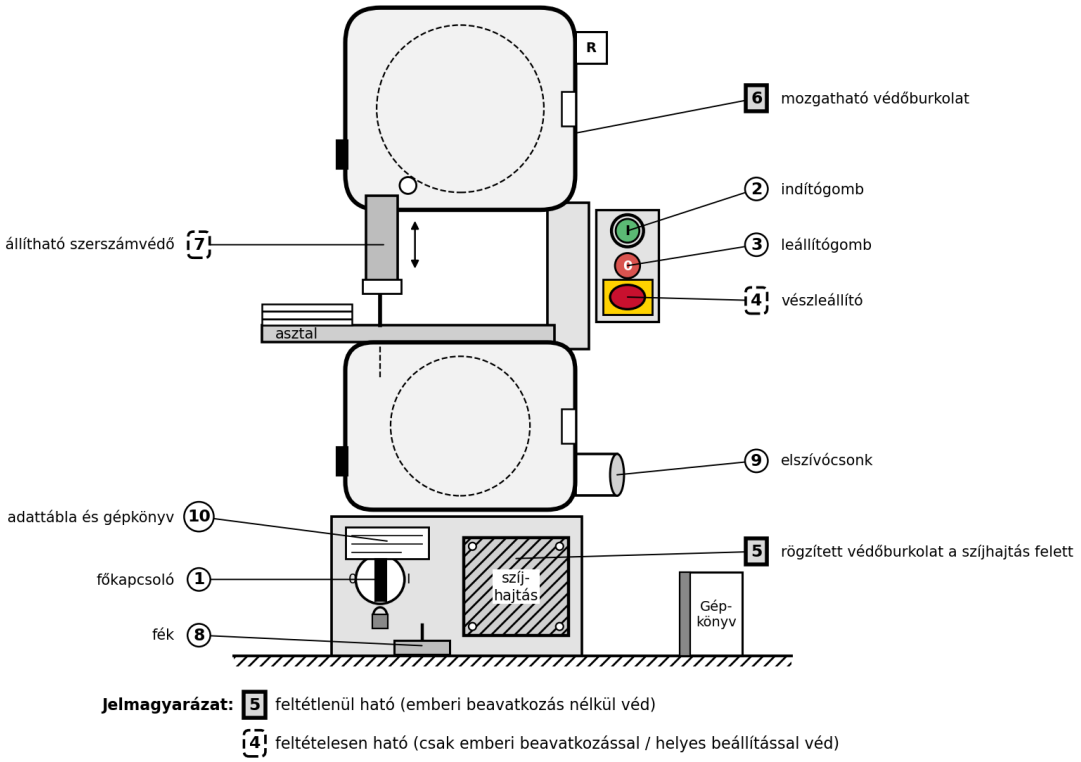
2.4.9. Kezelőelemek, védőberendezések, ergonómia

Gépbiztonság. A faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; a gépkönyv, a megfelelőségi nyilatkozat és a védőberendezések egy rendszert alkotnak. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. Indítás előtt ellenőrizd: a burkolatok rögzítve, a reteszek működnek, a vészleállító elérhető és üzemképes, a munkaterület szabad, az elszívó csatlakoztatva. Szerszámcsere, beállítás és karbantartás előtt a gépet kapcsold ki, áramtalanítsd, és várd meg, amíg a szerszám teljesen megáll. Tilos a retesz kiiktatása, a védőburkolat eltávolítása, a gépkönyv nélküli használat, és tilos a gépet oktatás nélkül átadni másnak.

A **kezelőelemek** közé tartozik a főkapcsoló, az indító- és leállítógomb, a vészleállító, a reteszelt burkolat kapcsolója, a fordulatszám-választó és a fék. A kezelőelemek környékét védett, jól látható helyen kell kialakítani, hogy véletlenül ne lehessen elindítani a gépet. A zöld az indítás, a piros a leállítás; a vészleállító piros, gomba alakú nyomógomb sárga háttéren, benyomás után reteszelődik, és csak szándékos visszaállítással oldható (ellenőrizendő: MSZ EN ISO 13850, MSZ EN 60204-1). A vészleállítónak a kezelőhelyről mindig elérhetőnek kell lennie.

A **védőberendezések kialakítása** faipari gépen:

- rögzített védőburkolat a szíjhajtás, a motor és a nem munkahelyi veszélyes részek felett,
- mozgatható védőburkolat reteszeléssel a forgó szerszám felett,
- hasítóék és takarósapka a körfűrészen,
- visszacsapódásgátló,
- tolófa, tolókocsi, csúsztatókészülék,
- elszívó csatlakozás és védőrács,
- biztonsági kapcsoló, amely a burkolat nyitásakor leáll.



2.9. ábra. Asztalos szalagfűrész kezelőelemei és védőberendezései (sematikus elölnézet); szürke szögletes keret: feltétlenül ható, szaggatott keret: feltételesen ható elem

Az ábra egy asztalos szalagfűrészen mutatja a felsorolt elemeket: 1 zárható főkapcsoló, 2 süllyesztett zöld indítógomb, 3 piros leállítógomb, 4 vészleállító, 5 rögzített burkolat a szíjhajtás felett (csak szerszámmal nyitható), 6 reteszelt kerékajtó (nyitáskor a reteszkapcsoló leállítja a motort), 7 állítható szerszámvédő, 8 fék, 9 elszívócsonk, 10 adattábla és gépkönyv. A rögzített és a reteszelt burkolat feltétlenül hat; a vészleállító és az állítható szerszámvédő csak akkor véd, ha a kezelő megnyomja, illetve helyesen beállítja.

A védőberendezésnek nem szabad szabadon hagynia a veszélyes zónát, de nem is akadályozhatja a biztonságos munkát.

Ergonómiai követelmények. A gép munkamagassága illeszkedjen a kezelő testméreteihez, a kezelőhely világítása legyen elegendő, a vágási pont jól látható legyen. A kezelőelemek kényelmesen elérhetők legyenek, a gép körül elegendő mozgástér maradjon. A zajterhelést, a porterhelést és a rezgést az egészségvédelmi határértékek között kell tartani.

2.4.10. Ellenőrző számítás a gépkönyv és a szerszám összevetésére

A gépkönyvben megadott fordulatszámot mindig össze kell vetni a szerszámra ütött megengedett fordulatszámmal. Két egyszerű ellenőrző példát mutatok; a forgácsolási sebesség teljes levezetését a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás alfejezetben tanulod meg.

Számítás. A gép főorsó-fordulatszáma $n_g = 4500\,\mathrm{min}^{-1}$. A fűrészlapon a gyártó maximális fordulatszáma $n_{\max} = 6000\,\mathrm{min}^{-1}$. A feltétel:

$$n_g \le n_{\max}.$$

Mivel $4500\,\mathrm{min}^{-1} < 6000\,\mathrm{min}^{-1}$, a szerszám a gépre szerelhető. Ha a gép fordulata nagyobb lenne, mint a szerszámé, a szerszám szétrepülhetne.

Számítás. Egy körfűrészlap átmérője $D = 250\,\mathrm{mm}$, a gép fordulatszáma $n = 4000\,\mathrm{min}^{-1}$. A kerületi sebesség:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000} = \frac{250\,\mathrm{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 4000\,\mathrm{min}^{-1}}{60\,000} \approx 52{,}4\,\mathrm{m/s}.$$

A szerszám gyártója által megengedett kerületi sebesség például $80\,\mathrm{m/s}$; ez nagyobb, tehát biztonságos (ellenőrizendő: a konkrét szerszám adatlapja). Az ilyen számítások a gépek alfejezeteiben, a szerszámcsere előtt ismétlődnek.

Továbbvitt eredmény. A gépkönyv és a védőberendezések rendszere: a faipari gépek alfejezeteiben (V. rész) minden gépi technológiai lapnál ezt a rendszert alkalmazzuk. A gépkönyv adatai adják a megengedett fordulatszámot, szerszámátmérőt, karbantartási időközt, és meghatározzák a védőberendezés-kialakítást. A kockázatértékelés és az egészségvédelem Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés, fapor, vegyi anyagok, a villamos biztonság A villamosság biztonságtechnikája a faipari műhelyben, a gépbiztonsági részletes tárgyalás Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetekben épül erre.

2.4.11. Minőségellenőrzés

A gép biztonsági állapotát dokumentumokkal és szemrevételezéssel ellenőrizzük.

Mit ellenőrzünk?	Mivel?	Elfogadható állapot
Gépkönyv, nyilatkozat, CE-jelölés	szemrevételezés, dokumentum	meglévő, olvasható, magyar nyelvű
Adattábla	szemrevételezés	típus, sorozatszám, fordulatszám látható
Reteszkapcsoló	burkolat nyitás	gép nem indul vagy azonnal leáll
Vészleállító	nyomógomb benyomás	gép leáll, a gép nem indul vissza automatikusan
Védőburkolat, hasítóék	szemrevételezés	nincs repedés, hiány, rögzítve van
Szerszámbefogás	kézi ellenőrzés, kulcs	a szerszám rögzítve, nincs repedés
Elszívócsatlakozás	próbaüzem	szívás működik, a cső nem dugult
Zaj, rezgés	fül, kéz	nem változott rendellenesen a korábbihoz képest

Eltérésnél a gépet nem szabad használni, amíg a hibát szakember meg nem javítja. A vizsgálat eredményét a munkanaplóban vagy a karbantartási lapon rögzíteni kell.

2.4.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: hiányzó gépkönyv. Tünet: a használt géphez nincs használati útmutató. Ok: a gép korábbi tulajdonosa elvesztette, vagy külföldről hozták. Helyes gyakorlat: a gépkönyvet pótolni kell a gyártótól vagy a forgalmazótól, és üzembe helyezés előtt be kell szerezni.

Hiba 2: a reteszkapcsolót ragasztószalaggal leragasztják. Tünet: a védőburkolat nyitva is futtatható. Ok: a kezelő kényelmesebb, gyorsabb munkát akart. Helyes gyakorlat: a reteszt soha nem szabad kiiktatni; a munkát a gépkönyv szerint, védőberendezéssel kell végezni.

Hiba 3: a vészleállító portól beragad. Tünet: a gomb nehezen mozdul, nem állítja le a gépet. Ok: karbantartás hiánya. Helyes gyakorlat: a vészleállítót rendszeresen tisztítani és próbával ellenőrizni kell.

Hiba 4: a gépkönyv szerinti karbantartás elmarad. Tünet: kopott szíj, száraz csapágy, életlen szerszám. Ok: időhiány, nem ismert karbantartási terv. Helyes gyakorlat: a gépkönyv szerinti kenési és karbantartási időközöket dokumentáltan be kell tartani.

2.4.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhelyben használt asztalos körfűrészgépet vásároltak. A gépkönyv hiányzott, a védőburkolat reteszkapcsolója ki volt iktatva, a hasítóék pedig nem volt a helyén. A munkáltató a gépet mégis használatba akarta venni. Az első biztonsági szemlén kiderült, hogy nem tudja igazolni a munkavédelmi előzetes vizsgálatot, és a gép védőberendezései hiányosak. A gépet leállították. A gyártótól pótolták a gépkönyvet, szakember visszaállította a reteszt és a hasítóéket, majd elvégezték az előzetes vizsgálatot. A kezelő csak ezután kapott oktatást. A tanulság: a hiányzó dokumentáció és a kiiktatott védelem egyszerre növeli a baleset és a hatósági elmarasztalás kockázatát. A gép nem az árával, hanem a dokumentációjával és a védőberendezéseivel válik biztonságos munkaeszközzé.

2.4.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A CE-jelölés azt jelenti, hogy a gép minőségi díjat nyert.

2. Mi a különbség a gépkönyv és az EK/EU-megfelelőségi nyilatkozat között?

3. Sorolj fel két feltétlenül és két feltételesen ható védelmet faipari gépen.

4. A védőburkolat nyitásakor a körfűrész motorja azonnal leáll. Milyen biztonságtechnika ez?

5. Mi a teendő, ha a gépkönyv hiányzik?

A válaszokat a Megoldások szakasz elején találod.

2.4.15. Feladatok

1. feladat (A). Sorold be a következőket: kézi körfűrész, szorítóléc, asztalos körfűrészgép, porelszívó berendezés. Melyik szerszám, készülék, gép, berendezés?

2. feladat (A). Írd le, mi a munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat célja, és sorolj fel négy ellenőrzendő tételt.

3. feladat (B). Egy gépkönyvben a főorsó fordulatszáma $5200\,\mathrm{min}^{-1}$. A szerszámon a gyártó megengedett fordulatszáma $4800\,\mathrm{min}^{-1}$. Megengedhető-e a szerszám használata? Indokold.

4. feladat (B). Készíts 6 pontos ellenőrzőlistát egy új asztalos marógép üzembe helyezés előtti vizsgálatához.

5. feladat (C). Hibaelemzés: a gép burkolatának nyitásakor a motor nem áll le, de a vészleállító működik. Mi a valószínű hiba? Mi a kockázat? Mi a teendő?

6. feladat (D). Készíts tételes ellenőrzőlistát egy használt asztalos körfűrészgép vásárlás előtti vizsgálatához. Legalább 8 tételt adj meg; mindegyiknél írd le, mit ellenőrzel és mi a megfelelő állapot.

2.4.16. Megoldások

2.4.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A CE-jelölés a gyártó megfelelőségi nyilatkozata, nem minőségi díj.

2. A gépkönyv a használati, kezelési, karbantartási utasításokat tartalmazza; a megfelelőségi nyilatkozat jogi dokumentum, amelyben a gyártó kijelenti, hogy a gép megfelel az uniós előírásoknak.

3. Feltétlenül ható: reteszelt védőburkolat, hasítóék. Feltételesen ható: vészleállító, tolófa használata.

4. Feltétlenül ható biztonságtechnika, mert emberi beavatkozás nélkül, a burkolat nyitására automatikusan leáll a gép.

5. A gépet nem szabad üzembe helyezni; a gépkönyvet a gyártótól vagy forgalmazótól pótolni kell, és el kell végezni az előzetes vizsgálatot.

2.4.16.2. Feladatok megoldásai

1. feladat. Kézi körfűrész: motoros kézi gép, tehát gép. Szorítóléc: készülék. Asztalos körfűrészgép: gép. Porelszívó berendezés: berendezés.

2. feladat. Az előzetes vizsgálat célja, hogy a gépet csak biztonságos állapotban, a dokumentumok és védőberendezések ellenőrzése után helyezzék üzembe. Ellenőrzendő: gépkönyv megléte, CE-jelölés, védőburkolat és reteszkapcsoló, vészleállító működése, szerszámbefogás, elektromos csatlakozó és elszívó.

3. feladat. A gép fordulata $5200\,\mathrm{min}^{-1}$, a szerszámé $4800\,\mathrm{min}^{-1}$. A gép fordulata nagyobb, mint a szerszám megengedett értéke, ezért a szerszámnak a gépen tilos járnia; a szerszám szétrepülhet, a gépkönyvet és a szerszámot egyeztetni kell.

4. feladat. Példa ellenőrzőlistára:
1. gépkönyv és megfelelőségi nyilatkozat megléte,
2. CE-jelölés és adattábla olvashatósága,
3. védőburkolat rögzítése; retesz próbája nyitásnál,
4. vészleállító működése,
5. szerszámbefogás és a megengedett fordulatszám összevetése,
6. villamos csatlakozó, kábelek, főkapcsoló és a gép stabilitása.

5. feladat. A valószínű hiba a reteszkapcsoló meghibásodása vagy kiiktatása. A kockázat: a gép a burkolat nyitva hagyásakor is fut, a forgó szerszám elérhető, vágás vagy behúzás következhet be. Teendő: a gépet azonnal le kell állítani, használatát tilos folytatni, a reteszt szakemberrel meg kell javíttatni, és csak dokumentált javítás után szabad üzembe helyezni.

6. feladat. Például:
1. Gépkönyv, nyilatkozat, CE-jelölés – meglévő, olvasható.
2. Adattábla – típus, sorozatszám, fordulatszám látható.
3. Védőburkolat, hasítóék, takarósapka – nincs hiány, repedés.
4. Reteszkapcsoló – burkolat nyitásakor a gép nem indul.
5. Vészleállító – benyomásra a gép leáll.
6. Fűrészlap – repedésmentes, a tengelyen rögzített, a megengedett fordulata nagyobb a gépénél.
7. Elektromos kábel, csatlakozó, főkapcsoló – ép, nem szakadt, nem túlmelegedett.
8. Asztallap, párhuzamvezető, tolófa – mozgatható, nem repedt, a vezető rögzíthető.
9. Elszívócsatlakozás – kiépített, csatlakoztatható.
10. Stabilitás – a gép nem billeg, talapzata rögzíthető.

2.4.17. Rövid összefoglaló

A munkaeszköz minden munkavégzéshez használt gép, szerszám, készülék, berendezés vagy rendszer. A gép hajtóenergiával mozgatott, mozgó részekkel dolgozó munkaeszköz; a szerszám a közvetlen megmunkáló rész; a készülék vezető, rögzítő eszköz; a berendezés telepített kiszolgáló rendszer. A géphez kötelezően tartozik gépkönyv, EK/EU-megfelelőségi nyilatkozat és CE-jelölés. A munkáltató csak munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat után helyezheti üzembe a gépet, majd használatba vétel előtt ki kell oktatni a kezelőt. A veszélyes gépeken időszakos, dokumentált biztonsági felülvizsgálat kell. A biztonságtechnika feltétlenül ható, ha automatikusan véd, és feltételesen ható, ha emberi beavatkozást igényel. A balesetek hátterében konstrukciós, üzemviteli és emberi tényezők együtt hatnak. Ezt a rendszert használjuk a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetben és a V. rész gépeinél.

2.4.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII.); 2006/42/EK gépirányelv; (EU) 2023/1230 géprendelet; 10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet (munkaeszközök minimális biztonsági követelményei; ellenőrizendő: hatályos szöveg); MSZ EN ISO 12100 gépbiztonsági alapszabvány; gyártói gépkönyvek és megfelelőségi nyilatkozatok. Ellenőrizendő: a hatályos jogszabályi hivatkozások pontos számai, a géprendelet átmeneti időpontja, az időszakos felülvizsgálat pontos gyakorisága, a vészleállító és a kezelőelemek színjelölésére vonatkozó szabvány, valamint a konkrét gyártói fordulatszám- és sebességadatok.

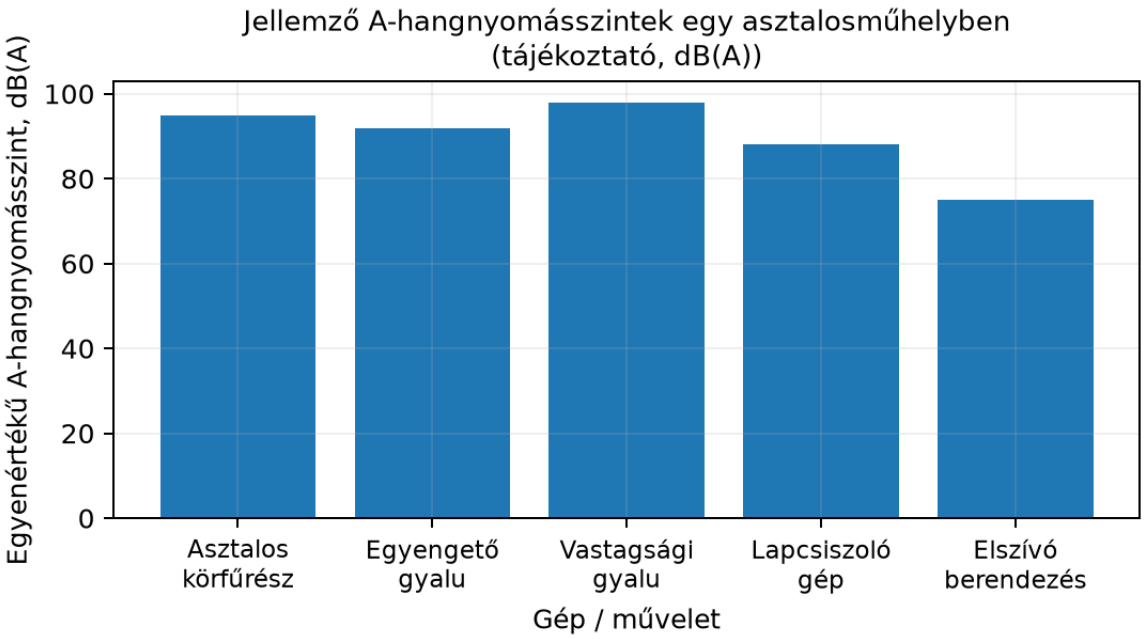
2.5. Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés, fapor, vegyi anyagok

A műhelyben nem elég megtanulni, hogyan kell egy lapot kettévágni. Azt is meg kell tanulni, mit tegyünk a zajjal, a porral és a vegyszer szagával, mielőtt az károsítana bennünket. Ez az alfejezet a munkakörnyezeti hatások és a kockázatértékelés alapjait mutatja be, hogy később a Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció és a A felületkezelés egészségvédelmi, tűz- és környezetvédelmi előírásai alfejezethez is megbízható előzményt képezzen.

2.5.1. Motiváció

Marci tanuló a tanműhelyben az asztalos körfűrészgép mellett áll. A gép hangos, a fűrészlap fűrészporfelhőt ver fel, a levegőben fenyőpor és régi lakkszag érződik. Az oktató nem elégszik meg azzal, hogy „menj arrébb”: elmagyarázza, miért kötelező ellenőrizni az elszívást, miért kell hallásvédő, és miért nem szabad a fűrészport seprűvel keverni a levegőbe, ha már van elszívás. Ez az alfejezet azt tanítja meg, hogyan ismerjük fel a veszélyforrásokat, hogyan becsüljük meg a kockázatot, és hogyan csökkentsük azt sorrendben.

2.5.2. Szemléletes kép



2.10. ábra. Jellemző A-hangnyomásszintek egy asztalosműhelyben (tájékoztató, dB(A)) - Szemléltető értékek; a tényleges zajszint függ a gép típusától, terhelésétől, karbantartottságától és a szerszámtól. Ellenőrizendő: gépkönyvi adat, üzemi mérés.

A diagram azt mutatja, hogy ugyanabban a műhelyben egészen különböző hangnyomásszintek lehetnek jelen. A decibel-skála logaritmikus: 3 dB növekedés nagyjából az akusztikus energia kétszereződését jelenti. Ezért ha két 95 és 98 dB-es gép együtt üzemel, az eredő nem 193 dB, hanem a későbbi számítás szerint kb. 100 dB.

2.5.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Veszélyforrás minden olyan dolog, berendezés, anyag, munkamódszer vagy körülmény, amely sérülést, foglalkozási megbetegedést vagy károsodást okozhat. **Kockázat** annak a valószínűsége, hogy a veszélyforrásból ténylegesen sérülés vagy egészségkárosodás következik be, és annak várható súlyossága.

Szabály. A kockázatot egyszerű becslésben így érdemes felírni:

$$R = P \cdot S,$$

ahol P a bekövetkezés valószínűsége (például 1–5 skálán), S a lehetséges egészségkárosodás súlyossága (1–5 skálán). Minél nagyobb az R szorzat, annál sürgősebb a beavatkozás.

Definíció. Munkakörnyezeti hatás minden olyan fizikai, kémiai, biológiai vagy pszichoszociális tényező, amely a munkavégzés során a dolgozót érheti. Faipari műhelyben a leggyakoribb fizikai hatások a **zaj** és a **rezgés**, kémiai hatások a **fapor**, az **oldószerek**, a **ragasztó- és lakkgőzök**, biológiai hatások például a **penészgombák** és a **farontó gombák spórái**, pszichoszociális hatás lehet a **stressz** a hajtásból, a monoton darabolásból vagy a nem egyértelmű utasításból.

Szabály. A védekezési intézkedéseket mindig ebben a sorrendben kell megvizsgálni:

1. **Megszüntetés** – ha lehetséges, ne legyen ott a veszélyforrás (pl. a műveletet pormentes módon végezzük, vagy ne szárítsunk oldószeres lakkot zárt helyen).
2. **Helyettesítés** – a veszélyes anyagot vagy eljárást cseréljük kevésbé veszélyesre (pl. oldószeres lakk helyett gyengébb szagú, vízbázisú lakk).
3. **Műszaki védelem** – burkolat, elszívás, hangcsillapítás, rezgéscsillapító kesztyű helyett gépbe épített védő (pl. porgyűjtő, hangszigetelő burkolat, biztonsági védőburkolat).
4. **Szervezési intézkedés** – munkaszervezés, szünetek, rotáció, oktatás (pl. rövid műveletnél beszüntetés, takarítás, csak képzett dolgozó tartózkodjon a gépnél).
5. **Egyéni védőeszköz** – a legutolsó védvonal: hallásvédő, légzésvédő, védőszemüveg, kesztyű (ahol a forgó szerszám megengedi), munkavédelmi cipő.

Ez a rangsor azért fontos, mert a **műszaki védelem a legmegbízhatóbb**, míg az egyéni védőeszköz csak akkor véd, ha viselik, és ha jól választják ki, karbantartják.

2.5.4. A faipari munkakörnyezet fő veszélyforrásai

2.5.4.1. Zaj

A faipari gépek – körfűrész, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, elszívó ventilátor – rendszeresen 80–100 dB(A) közötti zajt adnak. A halláskárosodás eleinte csak észrevehetetlen, előbb a magas hangok elvesztése, majd a beszédértés romlása következik be. A zaj nemcsak a fület terheli: növelheti a stresszt, a vérnyomást, fáradékonyságot és csökkentheti a koncentrációt, ami balesethez vezet.

Figyelem. A zaj megítéléséhez ne a szubjektív hangosságot használd. A decibelskálán 90 dB + 90 dB nem 180 dB, hanem 93 dB. Ha a gépek hangja zavar, és el kell kiabálnod magad 1 méterről, akkor a zajszint valószínűleg eléri vagy meghaladja a 85 dB(A)-t, ezért hallásvédő kell (ellenőrizendő: mérési adat).

Határértékek (jelölve). A magyar és európai gyakorlatban a zajra vonatkozó beavatkozási határok jellemzően: alsó beavatkozási határ 80 dB(A), felső beavatkozási határ 85 dB(A), expozíciós határérték 87 dB(A) (ellenőrizendő: az aktuális zajrendelet). E könyvben ezeket tanulási értékekként használjuk, nem tervezési előírásként.

2.5.4.2. Rezgés

A kézi kisgépek – felsőmaró, kézi körfűrész, szalagcsiszoló, láncfűrész – a kéz és a kar izületeit, ereit károsíthatják. A tartós kéz-kar rezgés **fehérujj betegség**hez (elzsibbadó, elfehéredő ujjak) és ízületi panaszokhoz vezethet. A gyártó adatlapján a rezgésgyorsulást $\mathrm{m/s^2}$-ben adják meg; minél nagyobb az érték, annál rövidebb ideig szabad vezetni a gépet. A határérték jellemzően a kéz-kar rezgésre 2,5 $\mathrm{m/s^2}$ feletti beavatkozási küszöb és 5 $\mathrm{m/s^2}$ feletti expozíciós határérték körül alakul (ellenőrizendő: aktuális rezgésrendelet).

2.5.4.3. Fapor

A fapor az asztalos műhely egyik legfontosabb kémiai kockázata. A **tűlevelű fapor** is irritálja a légutakat, de a **keményfa-por** – például tölgy, bükk – a rákkeltő anyagokról szóló uniós irányelv (2004/37/EK) és hazai átültetése szerint a rákkeltő anyagokkal való munka körébe tartozik (ellenőrizendő: hatályos rendelet); a CLP-rendelet a forgalomba hozott vegyi anyagok osztályozásáról szól, nem erről. A farostok belélegezve orr- és melléküreg-nyálkahártya-gyulladást,

asztmás panaszokat, bőrgyulladást okozhatnak, és hosszú távon daganatos betegség kockázatát növelhetik.

Szabály. A fapor ellen a legerősebb védelem a **forrásnál történő elszívás**: a gép kapcsolódjon elszívóhoz, az elszívó legyen bekapcsolva, és a zsákokat, szűrőket rendszeresen ürítsék. A port ne seprűvel kavarjuk fel, hanem porszívóval, ipari elszívóval távolítsuk el. Keményfa-pornál a forrásnál történő elszívás mellett legalább FFP2, nagyobb vagy bizonytalan porterhelésnél (csiszolás, elégtelen elszívás) FFP3 légzésvédő kell **(ellenőrizendő: kockázatértékelés, MSZ EN 149, gyártói adatlap)**.

Tájékoztató határérték. A foglalkoztatási expozíciós határértékekben a keményfa-por belélegezhető frakciójára az uniós rákkeltő-irányelv a 2023-tól alkalmazandó 3 mg/m³ értéket írja elő (korábban átmenetileg 5 mg/m³ volt); a hazai érték és az uniós szigorítás aktuális állapota ellenőrizendő: hatályos magyar rendelet (az érték tanulási példa, tervezési előírás nem). Az értéket a műhelylevegőben méréssel lehet ellenőrizni, nem érzékszervvel.

2.5.4.4. Vegyi anyagok: oldószerek, ragasztó- és lakkgőzök

A felületkezelés, ragasztás és higítás során **illékony szerves vegyületek (VOC)** kerülhetnek a levegőbe. Az oldószeres lakkok, nitróhígítók, egyes poliuretán ragasztók gőzei szédülést, fejfájást, szem- és nyálkahártya-irritációt, hosszabb távon idegrendszeri vagy légzőszervi károsodást okozhatnak. Egyes anyagok tűz- és robbanásveszélyesek is.

Szabály. Vegyi anyaggal csak a **biztonsági adatlap** és a **gyártói műszaki adatlap** ismeretében szabad dolgozni. Az adatlapon szerepel a veszélyességi jelölés (CLP-piktogramok, H-mondatok), a tárolás, az egyéni védelem és az elsősegély. A könyvben szereplő keverési arányok és felhasználási mennyiségek tanulási példák, a konkrét termék adatlapja a mérvadó.

2.5.4.5. Biológiai hatások: penész, gombák, allergének

A nedves, rosszul szellőző műhelyben a faanyagon és az elszívórendszerben penészgombák telepedhetnek meg. A penészspórák belégzése allergiás tüneteket, asztmát, köhögést okozhat. A farontó gombák spórája is irritálhatja a légutakat. A fapor és a penészspóra együttesen tovább növeli a légzőszervi terhelést.

Figyelem. A penészes, erősen gombás fát ne gyaluld, ne csiszold elszívás nélkül. Ha a faanyag nedves és dohos, előbb szárítsd, és ellenőrizd a penészfoltokat. A műhelyben a relatív páratartalom és a szellőztetés alapvető védelem a penész ellen.

2.5.4.6. Stressz és pszichoszociális kockázatok

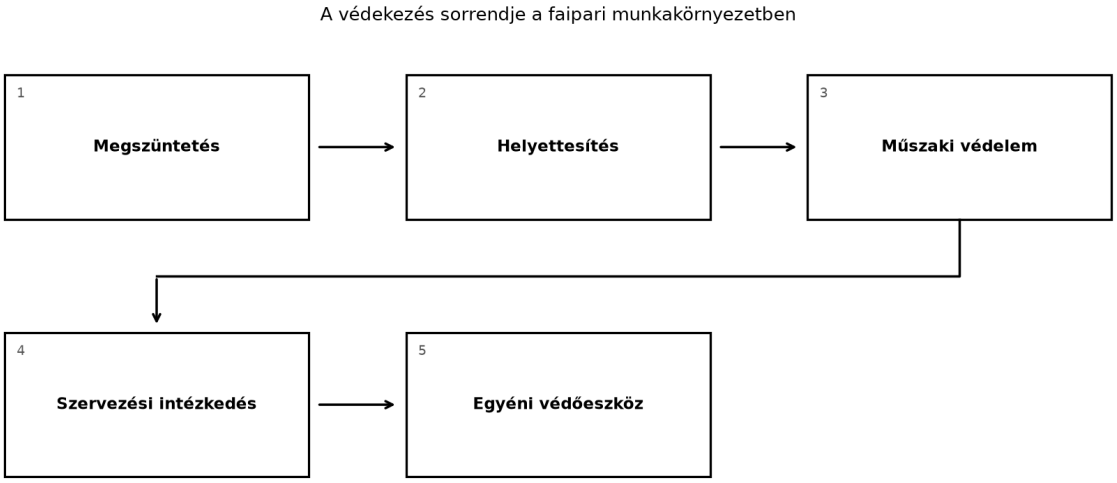
A faiparban a stresszt leggyakrabban a hajtott határidő, a nem egyértelmű rajzi utasítás, a monoton sorozatmunka, a gépek figyelmet igénylő kezelése és a rossz megvilágítású munkahely okozza. A stressz csökkenti a figyelmet, és növeli a baleseti kockázatot.

Szabály. A munkaszervezés része a reális határidő, a tiszta műhelyrend, a jól érthető rajz és a rendszeres szünet. A munkavállalónak joga van a kockázatok megismerésére, a képzésre és arra, hogy észrevételét elmondja.

2.5.5. A kockázatértékelés lépései

A kockázatértékelés nem papírmunka, hanem a baleset és a foglalkozási megbetegedés megelőzésének eszköze. Lépéseit a tanuló is el tudja végezni egy-egy gépre vagy műveletre.

1. **Határozd meg a munkahelyet és a műveletet.** Például: asztalos körfűrészgép, hosszanti vágás, 25 mm vastag fenyődeszkák darabolása.
2. **Azonosítsd a veszélyforrásokat.** Nézd meg, mi okozhat sérülést: forgó fűrészlap, visszarúgás, zaj, fapor, kézi adogatás.
3. **Becsüld meg a kockázatot.** Minden veszélyforráshoz rendelj valószínűséget (P) és súlyosságot (S), majd számold ki a szorzatot (R).
4. **Tervezz intézkedést a védekezés sorrendje szerint.** Először a műszaki védelmet, utána a szervezést, végül az egyéni védőeszközt.
5. **Oktasd be a dolgozót, és ellenőrizd az intézkedést.** A gépnél a védőberendezés ne legyen kiiktatva, az elszívás működjön, a hallás- és légzésvédő meglegyen.
6. **Ismételd meg a kockázatértékelést változás esetén.** Új gép, új anyag, új eljárás vagy baleset után újra kell értékelni.



2.11. ábra. A védekezés sorrendje a faipari munkakörnyezetben - A kockázatértékelés utáni intézkedési lépések, a legjobb védelemtől a legkevésbé megbízhatóig.

2.5.6. Számítási példák

2.5.6.1. 1. példa – két zajforrás eredője

Egy műhelyben az asztalos körfűrész 95 dB(A), a vastagsági gyalu 98 dB(A) zajszintet ad. Két zajforrás együttes hatása logaritmikus összegzéssel számítható:

$$L = 10 \cdot \log_{10}\left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}\right),$$

ahol $L_1 = 95$ dB, $L_2 = 98$ dB.

Behelyettesítve:

$$L = 10 \cdot \log_{10}\left(10^{9{,}5} + 10^{9{,}8}\right).$$

A hatványértékek:

$$10^{9{,}5} \approx 3\,162\,277\,660,$$
$$10^{9{,}8} \approx 6\,309\,573\,445.$$

Összegük:

$$3\,162\,277\,660 + 6\,309\,573\,445 = 9\,471\,851\,105.$$

Az eredő:

$$L = 10 \cdot \log_{10}(9\,471\,851\,105) \approx 10 \cdot 9{,}976 = 99{,}8\,\text{dB}.$$

Ellenőrzés: a nagyobb gép 98 dB, a hozzáadott 95 dB alig növeli az eredőt, mert a 3 dB különbségű forrás már nem sokat tesz hozzá. A 99,8 dB hihető.

2.5.6.2. 2. példa – napi zajexpozíció becslése

Egy dolgozó 8 órás műszakjában 2 órán át 96 dB(A), 3 órán át 90 dB(A), 3 órán át 80 dB(A) zajnak van kitéve. Az idővel súlyozott napi zajexpozíció:

$$L_{\text{EX,8h}} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{2\,\text{h} \cdot 10^{9{,}6} + 3\,\text{h} \cdot 10^{9{,}0} + 3\,\text{h} \cdot 10^{8{,}0}}{8\,\text{h}}\right).$$

Az egyes tagok:

- $10^{9{,}6} \approx 3\,981\,071\,706$
- $10^{9{,}0} = 1\,000\,000\,000$
- $10^{8{,}0} = 100\,000\,000$

A számláló:

$$2{\cdot}3\,981\,071\,706 + 3{\cdot}1\,000\,000\,000 + 3{\cdot}100\,000\,000 = 7\,962\,143\,412 + 3\,000\,000\,000 + 300\,000\,000 = 11\,262\,143\,412.$$

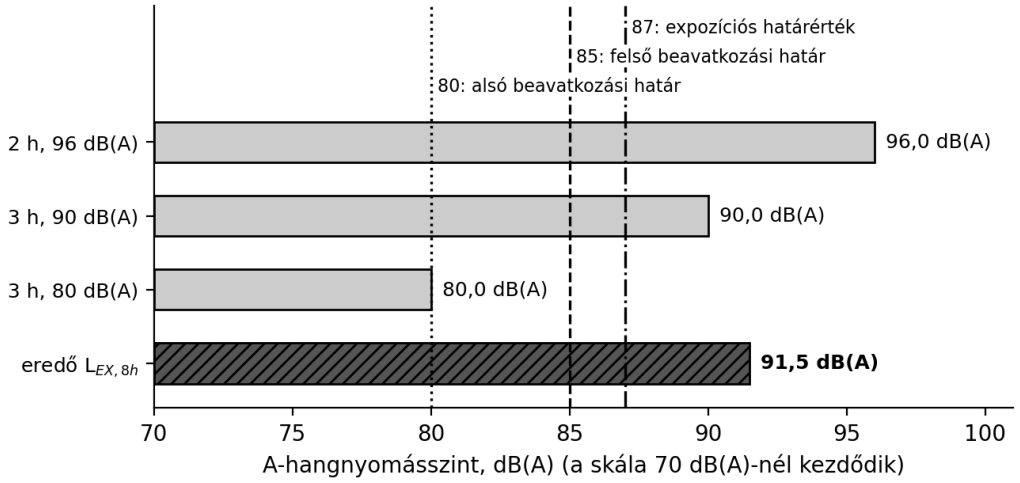
Ezt osztjuk 8-cal:

$$\frac{11\,262\,143\,412}{8} \approx 1\,407\,767\,927.$$

Az eredő:

$$L_{\text{EX,8h}} = 10 \cdot \log_{10}(1\,407\,767\,927) \approx 10 \cdot 9{,}1485 = 91{,}5\,\text{dB}.$$

Ellenőrzés: A 8 órás átlag 91,5 dB, ami magasabb, mint a felső beavatkozási határ. Ha a dolgozó nem visel hallásvédőt, a kockázat jelentős. Ezért a munkáltatónak hallásvédőt kell biztosítania, és a zajt műszaki eszközökkel is csökkentenie kell (ellenőrizendő: aktuális határérték).



2.12. ábra. A 2. példa napi zajexpozíciója: a három időszak zajszintje és az eredő 91,5 dB(A) a 80, 85 és 87 dB(A) tanulási határértékekhez képest (ellenőrizendő: hatályos zajrendelet)

Az ábra skálája 70 dB(A)-nél kezdődik, hogy a különbségek látsszanak. Az eredő 91,5 dB(A) nem a három szám átlaga: a 2 órás 96 dB(A)-es szakasz adja az akusztikus energia nagyobbik részét. Az interaktív kalkulátorban legfeljebb négy szakasz zajszintje és időtartama állítható; a lépéseket 90 dB(A)-hez viszonyított számokkal mutatja ($2 \cdot 10^{0,6} + 3 \cdot 10^{0} + 3 \cdot 10^{-1} \approx 11{,}26$; $90 + 10 \cdot \lg(11{,}26/8) \approx 91{,}5$ dB). Második módja két gép együttes zajszintjét számolja.

2.5.7. Kockázatértékelési munkalap egy gépre

Az alábbi tájékoztató munkalap a **asztalos körfűrészgép hosszanti vágására** készül. A pontszámok 1–5 skálán értendők: P = bekövetkezés valószínűsége (1 = szinte soha, 5 = nagyon gyakran), S = súlyosság (1 = enyhe, 5 = maradandó vagy életveszélyes). A szorzat R alapján 1–4 alacsony, 5–9 közepes, 10–14 magas, 15–25 nagyon magas kockázat.

Veszélyforrás	Lehetséges kár	Meglévő védelem	P	S	R	Szükséges intézkedés
Forgó fűrészlap érintése	ujjsérülés, amputáció	védőburkolat, hasítóék, tolófa	2	5	10	védőburkolat ellenőrzése, tolófa használata, oktatás

Veszélyforrás	Lehetséges kár	Meglévő védelem	P	S	R	Szükséges intézkedés
Visszarúgás	hasi, arci sérülés	hasítóék, védőburkolat	3	4	12	párhuzamvezető és ütköző együttes használatának tilalma darabolásnál, hibamentes anyag, éles fűrészlap
Zaj 95 dB(A)	halláskárosodás	nincs hallásvédő	4	4	16	hallásvédő, gép karbantartása, zajcsökkentő megoldás
Keményfapor	légúti károsodás, rákkeltő hatás	gyenge elszívás	4	5	20	forrásnál elszívás, FFP3 légzésvédő az elszívás javításáig, napi takarítás
Oldószergőz	szédülés, fejfájás, tűz	szellőztetés	2	3	6	biztonsági adatlap, szellőzés, légzésvédelem, tűzforrás tilalma

A legmagasabb a fapor-kockázat, ezért ott a legerősebb intézkedés kell: az elszívást meg kell javítani, és légzésvédőt kell viselni. Ez mutatja, miért van a fapor-téma a Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció alfejezetben kiemelt helyen.

2.5.8. A munkavállalók részvétele

A kockázatértékelés soha nem csak a munkáltató dolga. A dolgozók ismerik a mindennapi műhelyhelyzeteket, a gépek valós viselkedését és a kényelmetlen munkafogásokat. Ezért őket be kell vonni az értékelésbe: kérdezzük meg tapasztalataikat, és ismertessük az eredményt. A munkavédelmi képviselő vagy a munkahelyi munkavédelmi bizottság jogosult részt venni a kockázatértékelésben és a védőeszközök kiválasztásában (ellenőrizendő: a munkavédelmi törvény hatályos rendelkezései). A tanulónak is joga van kérdezni, miért van szükség adott védőeszközre, és meg kell tagadnia az olyan munkát, amely közvetlen életveszélybe sodorja.

2.5.9. Szabványok és jogszabályi háttér

Szabvány. A munkahelyi kockázatértékelés kötelezettségét a munkavédelmi törvény írja elő: a munkáltató köteles a kockázatokat azonosítani és értékelni, és megfelelő intézkedéseket tenni (1993. évi XCIII. törvény – ellenőrizendő: hatályos szöveg). A zaj- és rezgésexpozíció értékelésére a vonatkozó munkahelyi rendeletek adnak határértéket és mérési módszert. A fapor és kémiai anyagok foglalkoztatási expozíciós határértékeit a vegyi anyagokra vonatkozó rendelet tartalmazza (ellenőrizendő: a hatályos rendeletek száma). A faipari gépek biztonságára az MSZ EN ISO 19085 sorozat vonatkozik (ellenőrizendő). A kémiai veszélyek osztályozását a CLP-rendelet (1272/2008/EK) és a REACH-rendelet (1907/2006/EK) adja meg (ellenőrizendő: az időközbeni módosítások). A keményfa-por rákkeltő besorolása a CLP szerinti osztályozásban szerepel (ellenőrizendő: aktuális besorolás). A könyv ezekből az adatokból nem ad jogi tanácsot; a gyakorlatban mindig a hatályos jogszabály és a gyártói adatlap a mérvadó.

2.5.10. Minőségellenőrzés

A kockázatértékelési munka minőségét is ellenőrizni kell. Vizsgáld meg:

- **Naprakész-e az értékelés?** Baleset, új gép, új eljárás vagy jogszabályváltozás után frissítették-e?
- **A védőberendezések működnek-e?** A körfűrész védőburkolata visszatér-e, a hasítóék be van-e állítva, az elszívó csonkja nem tömődött-e el?
- **Mértek-e zajt és port?** A zajmérést kalibrált műszerrel, a pormérést akkreditált eljárással kell végezni; a szubjektív benyomás nem elegendő.
- **Használják-e az egyéni védőeszközöket?** A hallás- és légzésvédő nem lehet a szekrényben, hanem a dolgozón kell lennie, és megfelelően kell illeszkednie.
- **A munkavállalók ismerik-e a kockázatot?** Az oktatás, a kockázatértékelés és a biztonsági adatlap elérhetősége ellenőrizhető a műhelyben.

Ha eltérést találsz, a hiba kijavításáig ne végezd a veszélyes műveletet, vagy kérj oktatói döntést.

2.5.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A kockázatot alábecsülik.** A műhelyvezető azt mondja, „mi már húsz éve így dolgozunk, nem lesz baj”. Ennek oka a megszokás. Helyes: a kockázatot nem a megszokás, hanem a veszélyforrás, a valószínűség és a súlyosság alapján kell értékelni.
2. **Egyéni védőeszközt adnak műszaki védelem helyett.** Például nincs elszívó, csak légzésvédőt adnak. A légzésvédő fontos, de a por a levegőben marad, a gép és a ruha poros lesz, a veszély nem szűnik meg. Helyes: előbb a forrásnál elszívás, aztán a szervezés és a légzésvédő.
3. **A zajszinteket egyszerűen összeadják.** Ha valaki 95 dB + 98 dB eredményét 193 dB-nek mondja, az fizikailag téves. A decibeleket logaritmikusan kell összegezni, különben téves kockázati kép alakul ki.
4. **A faport nem tekintik kémiai kockázatnak.** Sokan csak a szervetlen portól félnek, de a keményfa-por rákkeltő is lehet. Helyes: a keményfa-pornál elszívás és legalább FFP2, csiszolásnál vagy gyenge elszívásnál FFP3 légzésvédelem kell **(ellenőrizendő: kockázatértékelés)**, a csiszolásnál pedig kerülni kell a por felkavarását.
5. **A munkavállalót nem vonják be.** A dolgozó azért nem szól a védőburkolat hibájáról, mert „nem kérdezte senki”. Helyes: a kockázatértékelésnél aktívan kérdezni kell a tapasztalatait, mert ő ismeri a napi műveletet.

2.5.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben a dolgozóknak hosszú évekig elszívó nélküli szalagcsiszolóval csiszolták a kerti szerszámnyeleket. A tulajdonos azt gondolta, a nyitott ajtó és a seprű elegendő. Egyre több dolgozó panaszkodott köhögésre, a szemük vörös lett. A munkavédelmi felülvizsgálat során kiderült: a csiszológépről hiányzott a csatlakozó az elszívóhoz, és az elszívó zsákja is tele volt. A kockázatértékelésben a fapor kockázatát 15 pont fölé becsülték. A tulajdonos szereltetett egy új, ciklonos elszívót, megtiltotta a seprűvel takarítást, és FFP3 légzésvédőt adott a csiszoláshoz az elszívás kiépítéséig **(ellenőrizendő: kockázatértékelés)**. Egy hónappal később a dolgozók kevesebb köhögésről számoltak be, és a felületkezelésnél is kevesebb por került a lakkfilmbe. A valós tanulság: nem az volt a kérdés, hogy „zavar-e a por”, hanem az, hogy milyen légzőszervi kockázat származik belőle.

2.5.13. Önellenőrzés

1. Mi a különbség veszélyforrás és kockázat között?
2. Miért nem lehet két 95 dB-es zajforrásból 190 dB-es eredőt képezni?
3. Miért sorolják a keményfa-port rákkeltő anyagok közé?
4. Mi a helyes védekezési sorrend: egyéni védőeszköz, szervezési intézkedés, műszaki védelem, helyettesítés, megszüntetés?
5. Miért kell a munkavállalókat bevonni a kockázatértékelésbe?

2.5.14. Feladatok

1. feladat (A) Fogalmazd meg egy mondatban, mi a munkakörnyezeti hatás, és sorolj fel négy fajtáját.

2. feladat (A) Két gép zajszintje 90 dB(A) és 90 dB(A). Számold ki az eredő zajszintet a logaritmikus összegzés képletével.

3. feladat (B) Egy dolgozó 4 órán át 94 dB(A), 2 órán át 87 dB(A), 2 órán át 77 dB(A) zajnak van kitéve. Számold ki a napi 8 órás zajexpozíciót, és értékeld a határértékekhez képest (a határértékeket jelölve).

4. feladat (B) Készíts kockázatértékelési munkalapsort egy kézi felsőmaró géphez (marás, fapor, rezgés, zaj). Adj meg P, S, R értékeket és legalább két intézkedést.

5. feladat (C) Egy műhelyben a munkavállaló azt mondja: „A hallásvédőt nem tudom hordani, mert nem hallom a gépet leállni.” Hogyan kezelnéd ezt a kockázatot a védelmi hierarchia szerint?

6. feladat (D) Írj egy rövid kockázatértékelési emlékeztetőt 4 lépésben az asztalos körfűrész napi üzembe vétele előtti ellenőrzésére, amely tartalmazza a védőburkolat, a hasítóék, az elszívás, a hallás- és légzésvédő ellenőrzését.

2.5.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A veszélyforrás a kárt okozni képes dolog vagy körülmény, a kockázat annak a valószínűsége és súlyossága, hogy ebből tényleges sérülés vagy betegség keletkezik.

2. Mert a decibel logaritmikus egység, az összegzés nem lineáris. Két 95 dB forrás eredője 98 dB, nem 190 dB.
3. A keményfa-por (tölgy, bükk) belélegezve bizonyítottan légúti károsodást, hosszú távon orr- és melléküreg-daganatot okozhat, ezért rákkeltő anyagként sorolják be.
4. Helyes sorrend: megszüntetés, helyettesítés, műszaki védelem, szervezési intézkedés, egyéni védőeszköz.
5. Mert a dolgozó ismeri a mindennapi műveleti részleteket, a veszélyes fogásokat és az eltéréseket; részvétele nélkül a kockázatértékelés papírforma marad, és valós kockázat maradhat rejtett.

1. feladat megoldása

A munkakörnyezeti hatás minden olyan fizikai, kémiai, biológiai vagy pszichoszociális tényező, amely a munkavégzés során a dolgozó egészségét vagy biztonságát befolyásolja. Fajtái például: zaj (fizikai), fapor (kémiai), penészgombák (biológiai), stressz (pszichoszociális).

2. feladat megoldása

Két azonos 90 dB(A) forrás:

$$L = 10 \cdot \log_{10}(10^{9{,}0} + 10^{9{,}0}) = 10 \cdot \log_{10}(2 \cdot 10^{9{,}0}).$$

Mivel $\log_{10} 2 \approx 0{,}301$, az eredő:

$$L = 10 \cdot (9{,}0 + 0{,}301) = 93{,}0\,\text{dB}.$$

Ellenőrzés: a szabály szerint két azonos forrás +3 dB-t ad hozzá, tehát 90 dB + 3 dB = 93 dB, ami helyes.

3. feladat megoldása

A képlet ugyanaz, mint a kidolgozott példa:

$$L_{\text{EX,8h}} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{4 \cdot 10^{9{,}4} + 2 \cdot 10^{8{,}7} + 2 \cdot 10^{7{,}7}}{8}\right).$$

Számítsuk ki a hatványokat:

- $10^{9{,}4} \approx 2\,511\,886\,432$
- $10^{8{,}7} \approx 501\,187\,234$
- $10^{7{,}7} \approx 50\,118\,723$

A számláló:

$$4{\cdot}2\,511\,886\,432 + 2{\cdot}501\,187\,234 + 2{\cdot}50\,118\,723 = 10\,047\,545\,728 + 1\,002\,374\,468 + 100\,237\,446 = 11\,150\,157\,642.$$

Osztva 8-cal:

$$\frac{11\,150\,157\,642}{8} \approx 1\,393\,769\,705.$$

Az eredő:

$$L_{\mathrm{EX,8h}} = 10 \cdot \log_{10}(1\,393\,769\,705) \approx 10 \cdot 9{,}144 = 91{,}4\,\mathrm{dB}.$$

Ellenőrzés: az érték 91,4 dB, meghaladja a felső beavatkozási határt, ezért hallásvédelem kötelező. (A határértékek a későbbiekben ellenőrizendők.)

4. feladat megoldása

Tájékoztató munkalap kézi felsőmaróhoz:

Veszélyforrás	Kár	Meglévő védelem	P	S	R	Intézkedés
Forgó marószerszám érintése	vágás, súlyos kézsérülés	nincs burkolat	2	5	10	párhuzamvezető vagy vezetőgyűrű, a gép két kézzel, mindkét fogantyúnál vezetve, a szerszámcsere csak hálózatról leválasztva, oktatás
Rezgés	fehérujj betegség	nincs	3	4	12	rezgéscsillapított maró, munkaszünet, rotáció
Zaj	halláskárosodás	nincs	4	4	16	hallásvédő, karbantartás
Fapor	légúti irritáció, keményfaporrákkeltő hatás	nincs elszívás	4	5	20	elszívó, FFP3 maszk az elszívás javításáig, takarítás

5. feladat megoldása

A válasz a védekezési hierarchiát követi: (1) Először csökkentsük a gép zaját műszaki megoldással (hangszigetelés, karbantartás, kisebb fordulatszám, ha a technológia engedi). (2) Szervezési intézkedésként vezessünk be rotációt, csökkentsük a zajos művelet tartamát. (3) Válasszunk olyan hallásvédőt, amely a beszédet és a figyelmeztető jeleket engedi át, például frekvenciaszelektív, elektronikus hallásvédőt (ellenőrizendő: gyártói adatlap). (4) Oktassuk be a dolgozót, és próbáljuk ki a hallásvédőt, mielőtt a gép üzemel. A hallásvédő nem a gép helyett, hanem a zaj kiegészítő védelmére szolgál.

6. feladat megoldása

Négy lépéses emlékeztető az asztalos körfűrész üzembevétele előtt:

1. **Védőburkolat:** felső burkolat visszatér, nem lazult, hasítóék a fűrészlap mögött, a vágásrés vonalában, a gépkönyv szerinti távolságra van **(ellenőrizendő: gépkönyv)**. Ellenőrzés: kézzel megemeljük, visszaengedjük; ne maradjon fenn.
2. **Elszívás:** kapcsoljuk be, ellenőrizzük a csatlakozást, a zsák vagy szűrő nincs tele, a csonk nem tömődött el. Ellenőrzés: hallható légáramlás, a porkivezetés nyitva.
3. **Zajvédelem:** hallásvédő a dolgozón, a gép fordulatszámát a gyártói adat szerint állítsuk be. Ellenőrzés: a hallásvédő tokja nem sérült, a zajszint mérhető (tájékoztató érték).
4. **Légzésvédelem:** ha keményfát vágunk, viseljünk legalább FFP2 (csiszolásnál FFP3) légzésvédőt **(ellenőrizendő: kockázatértékelés)**, ellenőrizzük az illeszkedést. Ellenőrzés: kilégzéskor ne szökjön ki a maszk széleinél.

2.5.16. Rövid összefoglaló

A munkakörnyezeti hatások az asztalosműhelyben leginkább a **zaj**, a **rezgés**, a **fapor**, a **vegyi anyagok** és a **stressz** formájában jelennek meg. A **kockázat** nem maga a veszélyforrás, hanem annak a valószínűsége és súlyossága, hogy a veszélyforrásból sérülés vagy egészségkárosodás következik be. A kockázatértékelés lépései: a munkahely és művelet kiválasztása, a veszélyforrások azonosítása, a kockázat becslése ($R = P \cdot S$), a védekezés sorrendjének alkalmazása, a dolgozó oktatása és az ellenőrzés. A védekezési sorrend: **megszüntetés → helyettesítés → műszaki védelem → szervezési intézkedés → egyéni védőeszköz**. A zaj decibelösszegzése logaritmikus: két 95 dB-es forrás eredője 98 dB. A keményfa-por rákkeltő, ezért a forrásnál történő elszívás és szükség esetén FFP2/FFP3 légzésvédő elengedhetetlen. Ezt a tudást használjuk a Balesetek, foglalkozási megbetegedések és az elsősegélynyújtás, a Környezetvédelem a faiparban: víz, levegő, talaj, zaj és engedélyezés és a Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció alfejezetekben. ∎

2.5.17. Források és ellenőrzési hiányok

- **Felhasznált forrástípusok:** munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII. – ellenőrizendő hatályos szöveg), zaj- és rezgésrendeletek (ellenőrizendő aktuális számok), a foglalkoztatási expozíciós határértékek rendelete (ellenőrizendő), CLP- és REACH-rendelet, MSZ EN ISO 19085 sorozat, faipari gépek gyártói adatlapjai.
- **Ellenőrizendő pontok:** a zaj határértékek pontossága, a keményfa-por rákkeltő besorolásának jogforrása (2004/37/EK irányelv és hazai átültetése) és a 3 mg/m³ tájékoztató érték (az uniós szigorítás állapota is), a rezgés-határértékek, a munkavédelmi törvény és a munkavállalói részvételi jogok hatályos szakaszai.

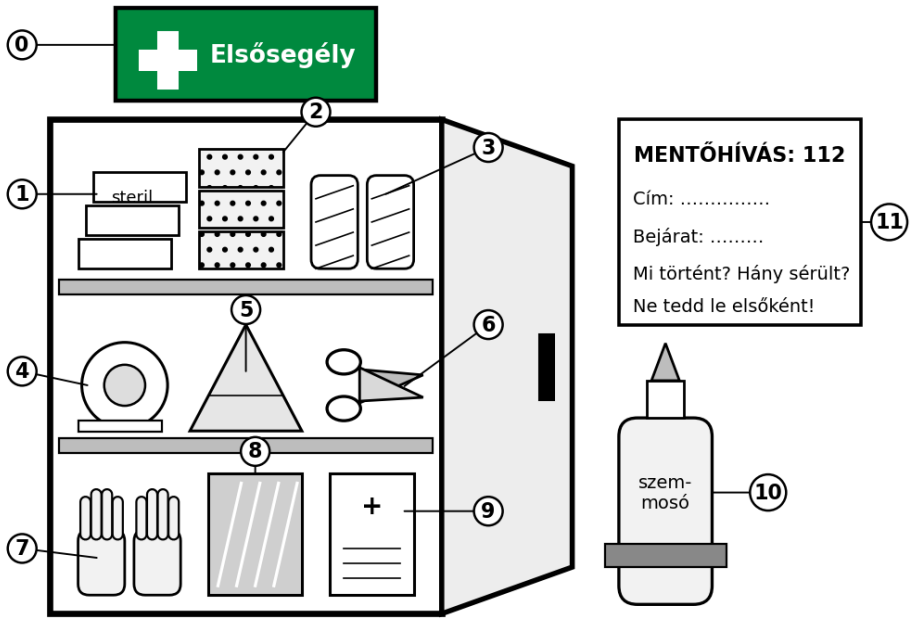
2.6. Balesetek, foglalkozási megbetegedések és az elsősegélynyújtás

2.6.1. Motiváció

Egy tanulóműhelyben az asztalos körfűrészgépnél a munkadarab hirtelen visszavágódik. A tanuló szerencsére a tolófát használta, így a keze nem ért a forgó fűrészlaphoz, de a darab az állványzatról a padlóra csapódik, és egy társa lábát éri. A műhelyben egy pillanatra mindenki lefagy. Ebben a helyzetben nem az a kérdés, hogy „ki hibázott”, hanem az, hogy ki tudja azonnal és helyesen tenni a dolgát: leállítani a gépet, ellátni a sérültet, mentőt hívni, ha kell, és bejelenteni az eseményt. Ez az alfejezet arra tanít meg, hogyan ismerd fel a balesetet, hogyan csökkentsd a kárt, hogyan nyújts alapvető elsősegélyt, és hogy a baleset kivizsgálása miért nem büntetés, hanem a következő sérülés megelőzésének legerősebb eszköze.

2.6.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy faipari tanműhelyt. A falon jól látható helyen **elsősegélynyújtó doboz** van, mellette kifüggesztett **mentőhívó lap**: rajta a 112-es telefonszám, a műhely pontos címe, a bejárat leírása. A gépek közelében **szemmosó palack** és **vérzéscsillapító kötszer** van. A tanuló éppen egy bükkfa alkatrészt egyenget a gyalugépen, amikor egy szálka a tenyerébe fúródik. Másnap egy másik tanuló védőszemüveg nélkül csiszol, és por kerül a szemébe. A hét végén az egyik kézi körfűrész kábele megkopik, és áramütésveszély alakul ki. Mindegyik helyzet más elsősegélyt igényel, de közös bennük: gyors, nyugodt, szakszerű beavatkozás kell, és utána a tanulságok levonása.



0 Elsősegély-tábla	4 ragtapasz	8 fóliatakaró
1 steril gézlap	5 háromszögletű kendő	9 elsősegély-útmutató
2 mull-lap	6 olló	10 szemmosó palack
3 rugalmas pólya	7 egyszer használatos kesztyű	11 mentőhívó lap

Ajánlott tartalom, szemléltető rajz; a kötelező tartalmat a hatályos előírás adja (ellenőrizendő).

2.13. ábra. A műhely elsősegélynyújtó pontja és ajánlott tartalma (egyszerűsített rajz; a kötelező tartalmat a hatályos előírás adja – ellenőrizendő)

A falon zöld alapon fehér kereszt és „Elsősegély” felirat jelöli a dobozt. A nyitott dobozban steril gézlap, mull-lap, rugalmas pólya, ragtapasz, háromszögletű kendő, olló, egyszer használatos kesztyű, fóliatakaró és elsősegély-útmutató van; mellette szemmosó palack és a kifüggesztett mentőhívó lap (112, a műhely címe és bejáratának leírása). Ez ajánlott tartalom: a kötelező tartalmat a hatályos előírás adja (ellenőrizendő). Az interaktív változatban az elemre kattintva megjelenik, mire használod.

2.6.3. Baleset, munkabaleset, foglalkozási megbetegedés fogalma

Definíció. Baleset az emberi szervezetet ért olyan hirtelen, egyszeri, külső fizikai vagy kémiai behatás, amely sérülést, mérgezést vagy halált okoz. A baleset jellemzője a **hirtelenség** és az **egyszeriség**: nem hosszú idő alatt, lassan alakul ki, hanem egy adott pillanatban következik be.

Definíció. Munkabaleset az a baleset, amely a munkavégzés során vagy azzal összefüggésben következik be. A lakásról a munkahelyre (és vissza) menet bekövetkező úti baleset főszabályként nem munkabaleset, kivéve, ha a munkáltató saját vagy bérelt járművével történt. A társadalombiztosítás az úti balesetet is üzemi balesetnek tekintheti – ez a táppénz és a baleseti ellátás szempontjából fontos **(ellenőrizendő: Mvt. és az egészségbiztosítási törvény hatályos meghatározásai)**.

Definíció. Foglalkozási megbetegedés az a betegség, amely a munkavégzés során a dolgozót érő károsító hatások (például faipari por, zaj, rezgés, vegyi anyagok) miatt alakul ki, és a munkavégzéssel bizonyíthatóan összefügg. Például a keményfa-por okozta rosszindulatú daganatos megbetegedés, a zaj okozta halláskárosodás vagy a rezgés okozta ideg- és érsérülés foglalkozási megbetegedés lehet **(ellenőrizendő: orvosi besorolás és jogszabályi lista)**.

A balesetet és a foglalkozási megbetegedést meg kell különböztetni egymástól: a baleset hirtelen következik be, a foglalkozási megbetegedés hosszabb idő alatt alakul ki. A közös bennük, hogy mindkettőt be kell jelenteni és ki kell vizsgálni, mert a megelőzés alapja a pontos ismeret arról, mi történt.

2.6.4. A balesetek csoportosítása és okai

A baleseteket többféleképpen csoportosítjuk. A gyakorlatban a legfontosabb a **súlyosság szerinti** felosztás:

- **Súlyos munkabaleset**: a sérült halálát (90 napon belül), életveszélyes sérülését vagy maradandó károsodását okozza, például végtag vagy végtagrész (ujj, ujjperc) elvesztése, látás vagy hallás jelentős csökkenése, feltűnő eltorzulás, bénulás **(ellenőrizendő: Mvt. hatályos fogalommeghatározása)**. A csonkulásos baleset (ujj, kéz vagy végtag elvesztése faipari gépen) ide tartozik.
- **Nyilvántartásba vett munkabaleset**: minden olyan munkabaleset, amely 3 munkanapot meghaladó munkaképtelenséget okoz **(ellenőrizendő: hatályos küszöb)**.
- **Könnyebb munkabaleset**: ennél rövidebb kiesést okozó, nem súlyos sérülés; a műhelynaplóban ettől még rögzítendő.

Okok szerint a munkabalesetek leggyakoribb csoportjai a faiparban:

- **Emberi tényező**: figyelmetlenség, fáradtság, képzetlenség, védőeszköz elhagyása, a gép szándékos szabálytalan használata.
- **Gép, szerszám hibája**: hiányzó vagy rosszul beállított védőberendezés, tompa vagy repedt szerszám, rossz fordulatszám, visszavágódás.
- **Munkahelyi környezet**: rendetlen műhely, csúszós padló, rossz megvilágítás, por, zaj miatt nem észlelt figyelmeztetés.
- **Anyaghiba**: szeg a fában, vetemedett alkatrész, feszültség a fában, kiszakadó göcs.

Példa. Egy asztalos körfűrészen hosszú, keskeny lécdarabot vág úgy, hogy a párhuzamvezető és a keresztütköző egyszerre fogja meg a darabot. A vágás végén a darab megbillen, a fűrészlap visszadobja, és a dolgozó hasát találja el. Az ok nem csupán a rossz fogás, hanem a **visszavágódás** – ez a faipari körfűrészek egyik legveszélyesebb baleseti mechanizmusa.

2.6.5. Foglalkozási ártalmak és megelőzésük

A **foglalkozási ártalom** olyan munkahelyi hatás, amely hosszabb idő alatt megbetegedést okozhat. A faipari műhely legfontosabb ártalmai:

Ártalom	Forrás a faiparban	Lehetséges következmény	Megelőzés
Fapor	fűrészelés, gyalulás, csiszolás	légúti irritáció, allergia, keményfa-por esetén daganat **(ellenőrizendő)**	elszívás, légzésvédő, zárt gépek
Zaj	fűrész-, gyalu-, marógépek	halláskárosodás, fülzúgás	hallásvédő, gépkarbantartás, zajcsökkentés
Rezgés	kézi csiszológép, láncfűrész	érzsibbadás, ízületi és érsérülés	rezgéscsillapított gép, munkaszünet, kesztyű
Vegyi anyagok	ragasztó, pác, lakk, oldószer, faanyagvédő szer	bőrirritáció, légúti irritáció, idegrendszeri tünet	szellőzés, légzésvédő, kesztyű, biztonsági adatlap
Nehéz emelés	lapanyagok, fűrészáru mozgatása	gerinc- és ízületi panaszok	gépi anyagmozgatás, helyes emelési technika, segítőtárs

Szabály. A megelőzés legerősebb eszköze a **munkakörnyezeti kockázatértékelés**, amelyet a munkáltató köteles elvégezni és frissíteni. A kockázatértékelés feltárja, melyik gépnél, anyagnál, műveletnél milyen ártalom léphet fel, és milyen védőintézkedést kell alkalmazni. A faipari tanulóműhelyben a kockázatértékelés alapján jelölik ki a kötelező **egyéni védőeszközöket**: védőszemüveg, hallásvédő, légzésvédő (FFP-osztály szerint, jelölve), védőkesztyű, védőlábbeli.

2.6.6. Teendők baleset esetén

A következő lépéssor a **baleset helyszínén** alkalmazandó. Tanuld meg úgy, hogy akkor is tudd, ha zavar vagy pánik van körülötted.

Technológiai lap – teendők munkabalesetnél

Cél: a sérült állapotromlásának megakadályozása, a további veszély megszüntetése, a segítség gyors riasztása.

Eszközök: elsősegélynyújtó doboz, mentőhívó lap, telefon, vészleállító ismerete.

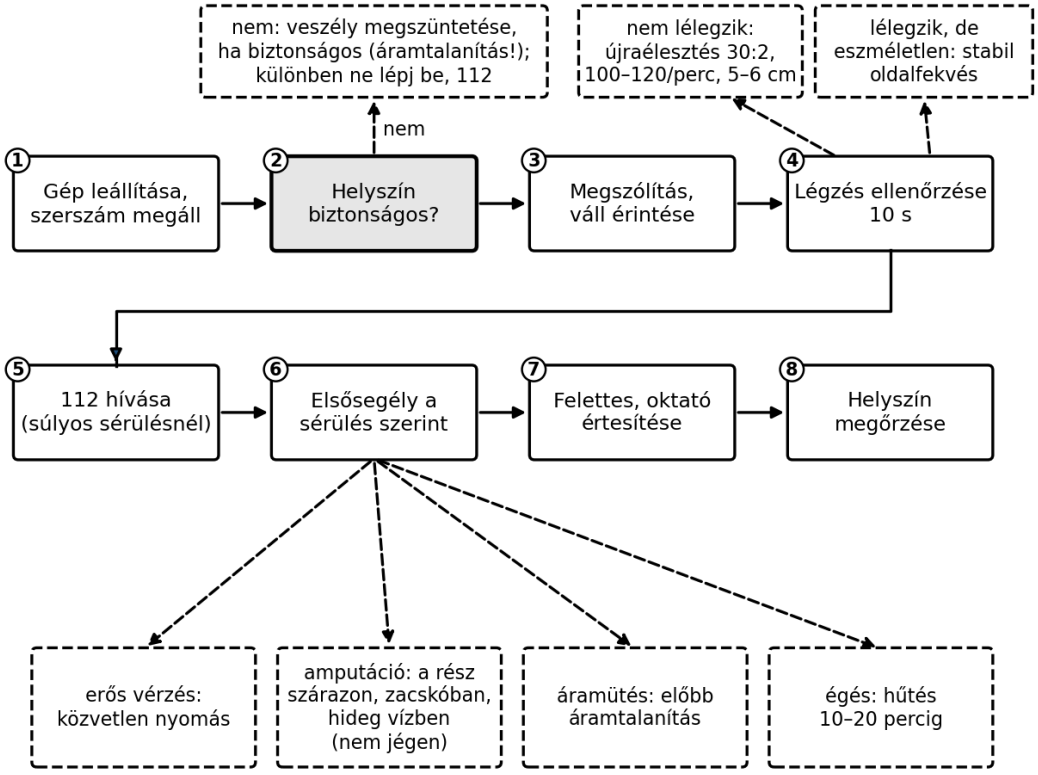
Gépbiztonság. Balesetnél először a gépet kell biztonságos állapotba hozni: vészleállító megnyomása, a gép leállítása, a forgó szerszám megállásának megvárása, áramtalanítás vagy a gép szétkapcsolása. Csak ezután szabad a sérültet megközelíteni, nehogy a segítő is sérüljön.

Számozott lépések:

1. **Állítsd le a gépet.** Nyomd meg a vészleállítót, vagy kapcsold ki a főkapcsolót. Várd meg, amíg a szerszám teljesen megáll. – *Ellenőrzés: a forgó szerszám nem mozog, a gép nem indulhat újra.*
2. **Mérd fel a helyzetet.** Nézd meg, van-e még veszély (leeső darab, por, füst, villamos vezeték). Szüntesd meg, ha biztonságosan tudod. – *Ellenőrzés: a helyszín biztonságos a segítő számára.*

3. **Vizsgáld meg a sérültet.** Szólítsd meg, érintsd meg a vállát. Ha nem válaszol, légzését ellenőrizd: hajolj fölé, nézd a mellkasát, hallgasd a légzést 10 másodpercig. – *Ellenőrzés: tudod, hogy a sérült eszméleténél van-e és lélegzik-e.*
4. **Hívd a mentőt a 112-es számon, ha súlyos a sérülés.** Mondd el: mi történt, hány sérült van, milyen állapotban, a helyszín pontos címe, a műhely bejáratának leírása. Ne szakítsd meg a hívást, amíg a diszpécser nem mondja. – *Ellenőrzés: a mentőhívó lapon szereplő adatok pontosak.*
5. **Nyújts elsősegélyt** a sérülés típusának megfelelően (lásd az alábbi részt). – *Ellenőrzés: a sérült állapota nem romlik, vigyázhatsz rá a kiérkezésig.*
6. **Jelentsd a felettesnek, oktatónak.** A balesetet a munkáltató vagy az oktató felé azonnal jelenteni kell. – *Ellenőrzés: a baleset ténye dokumentáltan bejelentésre kerül.*

A baleset helyszínét a kivizsgálásig **lehetőleg ne változtasd meg**. Ha a gépbeállítást meg kell bontani a mentéshez, jegyzeteld fel, mit és hogyan mozdítottál el, és ki volt jelen.



2.14. ábra. Teendők munkabalesetnél: nyolclépéses lánc a gép leállításától a helyszín megőrzéséig, a fő elágazásokkal (az aktuális elsősegély-ajánlás a mérvadó, ellenőrizendő)

Az ábra fő sora a fenti lépéssort mutatja: 1 gép leállítása, 2 a helyszín biztonsága, 3 megszólítás és a váll érintése, 4 légzés ellenőrzése 10 másodpercig, 5 a 112 hívása, 6 elsősegély a sérülés szerint, 7 a felettes értesítése, 8 a helyszín megőrzése. A szaggatott dobozok az elágazások: nem lélegzik – újraélesztés; lélegzik, de eszméletlen – stabil oldalfekvés; vérzés, amputáció, áramütés, égés – az alábbi elsősegély-szabályok. Az interaktív változat igen/nem kérdésekkel vezet végig a láncon.

2.6.7. Bejelentés, kivizsgálás, nyilvántartás

Szabvány. A munkabalesetek bejelentésére, kivizsgálására és nyilvántartására vonatkozó magyar szabályokat a munkavédelmi törvény és a munkabaleseti nyilvántartásra kiadott rendelet tartalmazza. A pontos határidők és formai követelmények jogszabályi szinten változhatnak, ezért a mindenkori hatályos előírásokat a munkáltató munkavédelmi felelőse vagy a munkavédelmi hatóság honlapja alapján kell ellenőrizni **(ellenőrizendő: hatályos jogszabályszám, bejelentési határidők, nyomtatványok)**.

A gyakorlatban a folyamat a következő:

- **Azonnali teendők**: a sérült orvosi ellátása, a baleset helyszínének biztosítása, a munkáltató értesítése.
- **Munkabaleseti jegyzőkönyv**: a munkáltató köteles a munkabalesetet kivizsgálni, és a sérültet, illetve a hatóságot a jogszabály szerinti határidőn belül értesíteni. A súlyos munkabalesetet a munkáltató azonnal bejelenti a munkavédelmi hatóságnak **(ellenőrizendő: határidő)**.
- **Nyilvántartás**: a munkáltató munkabaleseti nyilvántartást vezet, amely tartalmazza a sérült adatait, a baleset körülményeit, okait, következményeit és a megtett intézkedéseket. A tanügyi gyakorlatban a tanulóbaleseteket is hasonló elv szerint dokumentálják.

Fontos. A kivizsgálás célja **nem a bűnbakkeresés**, hanem a hasonló baleset megelőzése. A kivizsgálás során nem azt kérdezzük, hogy „ki hibázott”, hanem azt, hogy „miért történhetett meg, és mit kell megváltoztatni a gépben, a szabályban, az oktatásban, a védőeszközben vagy a műhelyrendben”.

2.6.8. Elsősegélynyújtás

Az elsősegély célja: **életet menteni, az állapotrosszabbodást megakadályozni, a gyógyulást elősegíteni**. Faipari műhelyben a leggyakoribb sérülések: vágott, szúrt, zúzott sebek; vérzés; szálka; szemsérülés; égés; áramütés; eszméletlenség.

2.6.8.1. Vérzéscsillapítás

Szabály. A vérzést **közvetlen nyomással** csillapítsd. Helyezz steril gézlapot vagy tiszta textilt a sebre, és egyenletesen nyomd rá a sebfelületre. Ha a kötés átvérzik, ne vedd le, hanem tegyél rá egy újabb réteget, és folytasd a nyomást. A sérült végtagot emeld a szív szintje fölé. Csak akkor használj **leszorító kötést** (szorítókötést), ha a nyomás nem állítja el az erős, spriccelő vérzést – azt azonban csak betanított személy alkalmazza, mert a rosszul felrakott leszorítás maradandó károsodást okozhat.

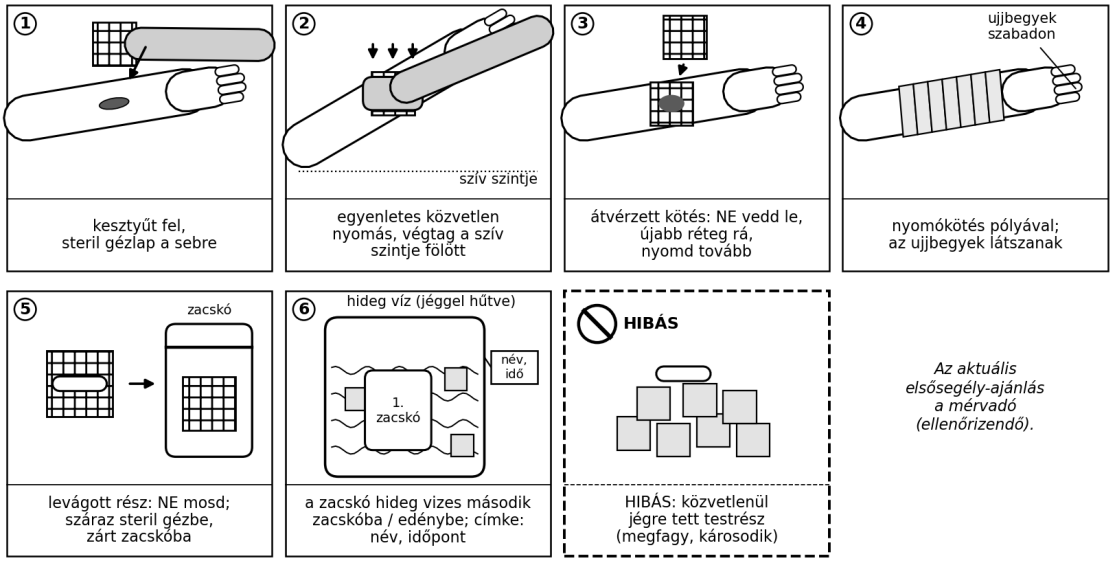
Tilos. A sebet ne öblítsd erős vegyszerrel, ne szórj bele port, és ne távolítsd el a mélyen beágyazódott idegentestet, mert az további vérzést okozhat.

2.6.8.2. Amputációs sérülés

Faipari gépen előfordulhat ujj vagy ujjperc levágása. Az **amputációs sérülés** ellátása kettős: a sérültet és a levágott részt is megfelelően kell kezelni.

Szabály. A sérült csonkot steril kötéssel fedd, és nyomással csillapítsd a vérzést. A levágott részt **ne mosd vízzel**, hanem csavard tiszta, száraz, steril vagy száraz gézlapba, tedd zárt műanyag

zacskóba, majd ezt a zacskót tedd egy második, hideg (jéggel hűtött) vizet tartalmazó zacskóba vagy edénybe, de ne közvetlenül jégre. A levágott rész **nem érintkezhet közvetlenül jéggel**, mert a fagyás károsítja. A zacskót címkézd fel a sérült nevével és a baleset idejével. A mentőt azonnal értesítsd: az amputált rész visszavarrásának esélye időfüggő.



2.15. ábra. Vérzéscsillapítás és a levágott testrész csomagolása hat lépésben, valamint a hibás megoldás: közvetlenül jégre tett testrész (sematikus rajz; az aktuális elsősegély-ajánlás a mérvadó, ellenőrizendő)

A képsor a vérzéscsillapítás és az amputációs sérülés ellátásának mozdulatait mutatja: kesztyű és steril gézlap, egyenletes közvetlen nyomás felemelt végtagon, újabb réteg az átvérzett kötésre (a régit nem vesszük le), nyomókötés látható ujjbegyekkel; a levágott részt mosás nélkül száraz, steril gézbe és zárt zacskóba tesszük, a zacskót hideg vízbe, címkével. A szaggatott keretű kép a tilos megoldás: a testrész közvetlenül a jégen.

2.6.8.3. Szálka és szemsérülés

Szálka. A felületes szálkát csipesszel, a bőrrel párhuzamosan, óvatosan húzd ki. Ha a szálka mélyen van, a bőr alatt letört, vagy ízület közelében, ne piszkáld: fedd a területet ragtapasszal, és fordulj orvoshoz. A faipari szálkák gyakran szennyezettek, ezért a sebet fertőtlenítővel kell megtisztítani, és a tetanuszvédettséget ellenőrizni **(ellenőrizendő: orvosi előírás)**.

Szemsérülés. Ha por, forgács vagy vegyszer kerül a szembe, a sérült **ne dörzsölje a szemét**. A szemet tiszta kézzel, folyó vízzel vagy szemmosó palackkal öblítsd ki: a fejet enyhén oldalra döntve, a sérült szemét alulra, a vizet a belső szemzugtól a külső felé folyasd. Ha a szembe szúródott idegentest van, **ne próbáld eltávolítani**; takard le a szemet steril fedőkötéssel, és hívj mentőt.

2.6.8.4. Égés

Famegmunkálásnál égés keletkezhet forró géprésztől, ragasztótól, felületkezelő anyagtól, tűztől.

Szabály. Az égési sérülést **azonnal, legalább 10, lehetőleg 20 percig folyó, hűvös (nem jéghideg) csapvízzel hűtsd (ellenőrizendő: aktuális elsősegély-ajánlás)**. A ruhadarabot, amely a bőrhöz tapadt, **ne húzd le**. A sérült felületet steril lappal vagy tiszta ruhával fedd, kenőcsöt, olajat, lisztet ne tegyél rá. Villamos okozta égésnél előbb szüntesd meg az áramot, majd hűts. Nagy kiterjedésű, mély, vagy arcra, kézre, ízületre kiterjedő égésnél mentőt kell hívni.

2.6.8.5. Áramütés

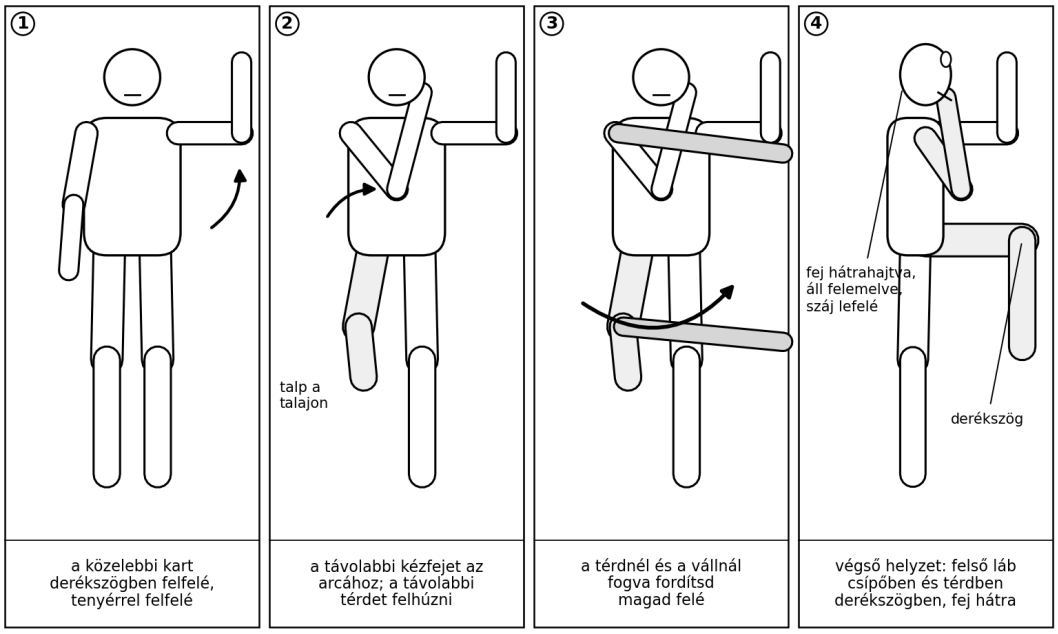
Az áramütés a faipari műhelyben legtöbbször sérült kábelből, vizes kézzel érintett kapcsolóból vagy hibás kézigépből származik.

Szabály. Először az áramot szüntesd meg: a gép vészleállítójával, a főkapcsolóval vagy a kismegszakítóval, vagy húzd ki a csatlakozót. **Ne érintsd meg a sérültet, amíg az áramkör aktív.** Ha ez nem lehetséges, száraz fa- vagy műanyag tárggyal, száraz aljzaton állva told el a sérültet a vezetéktől; háztartási gumikesztyű nem véd. Ezután ellenőrizd az életjeleket: ha nem lélegzik, azonnal kezdd az újraélesztést, és hívj mentőt. Az áramütöttet mindig orvosi vizsgálatra kell küldeni, akkor is, ha jól érzi magát, mert a belső sérülések később is jelentkezhetnek.

2.6.8.6. Eszméletlenség és újraélesztés alapjai

Definíció. Eszméletlen az a sérült, aki nem reagál a megszólításra és a váll érintésére. Az eszméletlenség veszélyes, mert a sérült nyelve hátracsúszhat, és a légutak elzáródhatnak.

Szabály. Ha a sérült eszméletlen, de **normálisan lélegzik**, helyezd **stabil oldalfekvésbe**: hajlítsd be a felső lábát és karját, fordítsd az oldalára, a fejét hajtsd hátra, az állát emeld fel, hogy a légút szabad maradjon. Figyeld folyamatosan a légzést, és hívj mentőt.



2.16. ábra. Stabil oldalfekvés kialakítása négy lépésben, felülnézetből (sematikus rajz; az aktuális elsősegély-ajánlás a mérvadó, ellenőrizendő)

A segítő a sérült mellett térdel. 1: a hozzá közelebbi kart derékszögben felfelé teszi; 2: a távolabbi kézfejet a sérült hozzá közelebbi arcához tartja, és a távolabbi térdet felhúzza; 3: a térdnél és a

vállnál fogva maga felé fordítja a sérültet; 4: a felső láb csípőben és térdben derékszögben áll, a fej hátrahajtva, az áll felemelve, a száj lefelé néz.

Ha a sérült **nem lélegzik**, azonnal kezdd az **újraélesztést**:

1. Helyezd a sérültet kemény, sík felületre, a hátára.
2. A mellkasközép alsó felére tedd az egyik kezed tenyerét, a másik kezed tenyerét rá.
3. Nyomd a mellkast **100–120 percenként**, körülbelül **5–6 cm mélyen**, a karod könyökét kinyújtva, a testsúlyoddal.
4. Végezz **30 mellkasi nyomást**, majd **2 befúvást**: a sérült fejét hajtsd hátra, az orrát fogd be, a száját zárd a te száddal, és fújj be levegőt, amíg a mellkas emelkedik.
5. Folytasd a **30:2** arányt a mentő kiérkezéséig, vagy amíg a sérült nem kezd lélegezni. Ha nem tudsz vagy nem mersz befúvást végezni, csak a folyamatos mellkasi nyomás is hatékonyabb, mint a semmi.

Figyelem. Az újraélesztés technikája az aktuális elsősegély-ajánlások szerint változhat; a képzésen tanult, aktuális protokollt alkalmazd **(ellenőrizendő: aktuális elsősegély-ajánlás)**.

2.6.9. Valós faipari balesettípusok

Visszavágódás körfűrészen. A vágásrés a fűrészlap mögött összezáródik, vagy a darab a lap és a párhuzamvezető közé szorul; a lap hátsó, felfelé forgó fogai megemelik, és nagy sebességgel a kezelő felé dobják a munkadarabot. A tanulság: mindig használj **hasítóéket, védőburkolatot, tolófát**, és soha ne állj a vágási vonal mögé. A visszavágódás a körfűrészek egyik legveszélyesebb baleseti mechanizmusa (statisztika: ellenőrizendő), ezért a gépi technológiai lapok mindegyikénél visszatérünk rá.

Ujjsérülés egyengető gyalun. A dolgozó a rövid alkatrészt kézzel tolja a késtengely fölött, ujja a késbe ér. A tanulság: az egyengető gyalun **kis darabot tilos megmunkálni**, mindig **tolófát és védőhidat** kell használni, és a késtengely eltakaró védőburkolatát soha nem szabad eltávolítani. (Konkrét eset adatai nélkül, szemléltető tanulságként **ellenőrizendő: gépkönyvi biztonsági előírások**.)

Por okozta tűz. Finom csiszolópor gyűlt össze a gépben, és egy szikra begyújtotta. A tanulság: a **porelszívás és a porrobbanásveszély** a faiparban valós kockázat, a lerakódott port rendszeresen el kell távolítani, és tilos a poros gép mellett nyílt lángot használni. (Konkrét eset adatai nélkül, a porrobbanás részleteit a Tűzvédelem, villamos biztonság és környezetvédelem főfejezet tárgyalja.)

Továbbvitt eredmény. A balesetmegelőzés és az elsősegély itt tanult elveit **minden gépbiztonsági eljárásnál** alkalmazzuk: a Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás alfejezetben a biztonságos anyagmozgatásnál, és a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetben a gépi védőberendezéseknél. A baleseti teendők ismerete miatt minden gépi technológiai lap a „Gépbiztonság” dobozzal kezdődik, és a vészleállító, illetve az elsősegélynyújtó pont ellenőrzését írja elő.

2.6.10. Minőségellenőrzés

Az elsősegély- és baleseti felkészültséget havonta ellenőrizd:

- Az elsősegélydoboz tartalma teljes a tartalomjegyzék szerint; a lejárt steril anyagok cserélve vannak.
- A szemmosó palack lejárata rendben van.

- A mentőhívó lap adatai (cím, bejárat leírása, telefonszámok) pontosak.
- Ki van jelölve az elsősegélynyújtó személy, és mindenki tudja, kicsoda **(ellenőrizendő: munkahelyi elsősegély-előírás)**.
- A vészleállítók elérhetők, a hozzájuk vezető út szabad.

2.6.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A sérült mozgatása indokolatlanul.** Ok: a segíteni akarás. *Helyes gyakorlat:* csak közvetlen veszély (tűz, áram) esetén mozgasd; egyébként hívj segítséget és várj.
2. **Jég közvetlenül a levágott ujjra.** Ok: a „hűteni kell” szabály félreértése. *Helyes gyakorlat:* az ujjat száraz gézbe csavarni, zacskóba tenni, a zacskót hideg vízbe helyezni.
3. **Az áramtalanítás kihagyása áramütésnél.** Ok: a sérült megmentésére való sietség. *Helyes gyakorlat:* először az áramot szüntesd meg, különben a segélynyújtó is megsérül.
4. **Késői vagy hiányos mentőhívás.** Ok: pánik, ismeretlen pontos cím. *Helyes gyakorlat:* a mentőhívó lap a falon, a 112-es hívás adatai előre összeírva.
5. **A baleset elhallgatása vagy késői bejelentése.** Ok: félelem a következményektől. *Helyes gyakorlat:* azonnal jelenteni a felettesnek; a kivizsgálás célja a megelőzés, nem a bűnbakkeresés.

2.6.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: a munkabaleset kivizsgálásának célja a felelős megbüntetése. (Válaszodat indokold.)
2. Mi az első teendő, ha a társad a körfűrészen megsérül?
3. Hogyan csillapítsd a vérzést egy vágott sebnél?
4. Miért nem szabad a levágott ujjat közvetlenül jégre tenni?
5. Hogyan ellenőrizd az eszméletlenséget és a légzést?
6. Mi a helyes arány az újraélesztésnél: hány mellkasi nyomás után hány befúvás következik?

2.6.13. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a munkabaleset és a foglalkozási megbetegedés közötti legfontosabb különbséget, és adj mindkettőre egy faipari példát.

2. feladat (A). Írd le lépésenként, mit teszel, ha a társad a műhelyben áramütést szenved.

3. feladat (B). Egy tanuló az egyengető gyalugépen rövid darabot munkál meg tolófa nélkül; a keze a késtengely fölé csúszik, és az egyik ujjperce levágódik. Írd le a teljes teendősort a gép biztonságba helyezésétől a mentőhívásig, beleértve a levágott ujj kezelését.

4. feladat (B). Milyen foglalkozási ártalom léphet fel az alábbi munkáknál? Írd le mindegyikhez a megelőzést: (a) tölgyfa csiszolása elszívás nélkül; (b) szalagfűrész melletti 8 órás munka hallásvédelem nélkül; (c) oldószeres pác használata szellőzés nélkül.

5. feladat (C). Egy munkabaleseti jegyzőkönyvben az áll: „A dolgozó a védőburkolatot eltávolította, mert zavarta a vágásban; a kézi előtolású gyalugépen rövid darabot munkált meg, és ujja a késtengelyhez ért.” Elemezd az okokat, és javasolj három megelőző intézkedést, amely ezt a balesetet elkerülhetővé tette volna.

6. feladat (D). Készíts mentőhívó lapot a saját tanműhelyedhez. Szerepeljen rajta: a 112-es szám, a műhely pontos címe, a bejárat leírása, a legközelebbi vészleállító helye, az elsősegélynyújtó

doboz helye, és a munkáltató/oktató telefonszáma. Írd le, hogyan ellenőriznéd a lap adatait havonta.

2.6.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A kivizsgálás célja az okok feltárása és a hasonló balesetek megelőzése, nem büntetés. A felelősség megállapítása ettől független, külön eljárásban történhet.
2. **Első teendő:** a gép vészleállítóval vagy főkapcsolóval való leállítása, a forgó szerszám megállásának megvárása, majd a sérült megközelítése.
3. **Vérzéscsillapítás:** steril gézlap vagy tiszta textil a sebre, egyenletes közvetlen nyomás; ha átvérzik, újabb réteg, a régit ne távolítsd el; a sérült végtag emelése szív fölé.
4. **Azért, mert a közvetlen jég megfagyasztja a szövetet**, amitől a visszaültethetőség romlik. Hideg vízbe helyezett, lezárt műanyag zacskó a megfelelő.
5. **Eszméletlenség ellenőrzése:** megszólítás és váll érintése. **Légzés ellenőrzése:** a sérült hátán fekszik, a fej hátrahajtva, a segélynyújtó a sérült fölé hajol, 10 másodpercig figyeli a mellkas emelkedését és a légzés hangját.
6. **30 mellkasi nyomás után 2 befúvás** (30:2 arány), 100–120 nyomás/perc sebességgel.

1. feladat (A). A munkabaleset **hirtelen, egyszeri** behatásból származik (például a körfűrész visszadob egy darabot), a foglalkozási megbetegedés **hosszú idő alatt, ismétlődő vagy tartós ártalom** miatt alakul ki (például évekig tartó zajartalom miatti halláskárosodás). A munkabalesetnél az ok és a sérülés közvetlenül összekapcsolható, a foglalkozási megbetegedésnél a kapcsolatot orvosi vizsgálattal kell bizonyítani.

2. feladat (A). Áramütésnél: (1) az áram megszüntetése – a csatlakozó kihúzása vagy az áramkör lekapcsolása; (2) a sérültet nem szabad megérinteni, amíg az áramkör aktív; ha nincs kapcsoló, száraz, szigetelt tárggyal kell eltávolítani a vezetéktől; (3) életjelek ellenőrzése; (4) szükség esetén újraélesztés megkezdése; (5) mentőhívás 112; (6) az áramütöttet mindig orvosi vizsgálatra kell küldeni.

3. feladat (B). (1) A gép vészleállítása vagy főkapcsolóval leállítása, a késtengely megállásának megvárása. (2) A helyszín biztosítása, a sérült megközelítése. (3) A sérült állapotának felmérése: eszmélet, légzés. (4) A csonk vérzésének csillapítása steril kötéssel, közvetlen nyomással. (5) A levágott ujj bekötése: tiszta, száraz gézbe vagy textilbe csavarás, műanyag zacskóba helyezés, a zacskó hideg vízbe tétele (nem közvetlen jégre). (6) A zacskó felcímkézése a sérült nevével és az idővel. (7) Mentőhívás 112, a helyszín pontos leírásával. (8) A sérült megfigyelése, a vérzés folyamatos ellenőrzése a mentő kiérkezéséig. (9) A baleset bejelentése a munkáltatónak, a helyszín megőrzése a kivizsgáláshoz.

4. feladat (B). (a) Fapor; megelőzés: elszívás bekapcsolása, legalább FFP2 légzésvédő, zárt géphasználat, a keményfa-por rákkeltő besorolásának figyelembevétele **(ellenőrizendő: jogszabályi határérték)**. (b) Zaj; megelőzés: hallásvédő, a gép rendszeres karbantartása, zajcsökkentett munkaidő-beosztás. (c) Vegyi anyag (oldószer); megelőzés: megfelelő szellőzés vagy elszívás, légzésvédő, vegyszerálló kesztyű, a biztonsági adatlap betartása.

5. feladat (C). A baleset okai: (1) a védőberendezés eltávolítása – tudatos szabályszegés, a védőburkolatnak mindig a helyén kell lennie; (2) rövid darab megmunkálása kézi előtolású gyalugépen – a rövid alkatrészt tolófával vagy eltérő gépen kell munkálni; (3) a késtengely közvetlen elérése – a késtengely eltakarójának hiánya. Javasolt intézkedések: (a) a védőberendezés leszerelésének szigorú tilalma, ellenőrző lista; (b) minimális darabhossz megadása a gyalugépre

(például 400 mm alatt tilos, **ellenőrizendő: gépkönyv**); (c) a tanulók oktatása a visszavágódás és a rövid darab veszélyeiről, tolófa és tolóhorog használatának kötelezése.

6. feladat (D). A mentőhívó lapon szerepelni kell: „Mentőhívás – 112”; a műhely pontos címe (utca, házszám, emelet, ajtó); a bejárat leírása (például „a harmadik kapun, a fűrészpor-színű épület mögött”); a legközelebbi vészleállító helye; az elsősegélynyújtó doboz helye; az oktató telefonszáma. Havi ellenőrzés: a lap jól látható és olvasható; az adatok egyeznek a valós címmel, telefonszámmal; a vészleállító és a doboz a helyén van; a 112-es hívás próbája nem szükséges, de a diszpécsernek adható adatok pontosak.

2.6.15. Rövid összefoglaló

A baleset olyan hirtelen, egyszeri külső behatás, amely sérülést, mérgezést vagy halált okoz; a **munkabaleset** a munkavégzéssel összefüggésben bekövetkező baleset, a **foglalkozási megbetegedés** pedig hosszabb idő alatt kialakuló, munkakörnyezeti ártalomra visszavezethető betegség. A faipari műhely főbb ártalmai a **fapor, a zaj, a rezgés, a vegyi anyagok és a nehéz emelés**. A baleset helyszínén a legfontosabb teendők: a gép leállítása, a helyszín biztosítása, a sérült állapotának felmérése, mentőhívás (112), elsősegély, majd bejelentés. Az **elsősegély** alapjai: vérzéscsillapítás közvetlen nyomással, amputációs rész kezelése hideg vízben, szemsérülésnél öblítés dörzsölés nélkül, égésnél hűtés, áramütésnél először az áram megszüntetése, eszméletlenségnél stabil oldalfekvés, légzés hiányában újraélesztés 30:2 arányban. A munkabalesetet a jogszabály szerint be kell jelenteni és ki kell vizsgálni; a kivizsgálás célja a megelőzés, nem a büntetés. **Továbbvitt eredmény:** ezt az eljárásrendet minden gépi technológiai lap használja, és a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezet erre építi a védőberendezések ellenőrzését.

2.6.16. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII. törvény, a mindenkori hatályos szöveg szerint); munkabaleseti nyilvántartásra és bejelentésre vonatkozó rendelet; foglalkozási megbetegedések jegyzéke; aktuális elsősegély-ajánlás (például Európai Újraélesztési Tanács irányelvei); gépkönyvek és gyártói biztonsági előírások; foglalkozás-egészségügyi előírások.

Ellenőrizendő pontok: a munkabaleset jogszabályi definíciója és a súlyossági kategóriák hatályos küszöbei; a bejelentési határidők és a munkabaleseti nyilvántartás formai követelményei; a fapor, zaj, rezgés és vegyi anyagok hatályos egészségügyi határértékei; az elsősegélynyújtás aktuális technikai protokollja (újraélesztés aránya, mélysége, üteme); a tanulmányi balesetek dokumentálásának helyi eljárásrendje.

2.7. Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás

A teherautó megáll a műhely udvarán. A rakodólapon 40 darab 18 mm vastag forgácslap fekszik, a szállítólevelet aláírtad, de senki nem mondta meg, hogyan emeljétek le biztonságosan. Az első tábla megbillen, a szélével az egyik tanuló lábszárához csapódik, a háta megfeszül, amikor megpróbálja egyedül tartani. Ez a fejezet éppen ezt a helyzetet előzi meg: megtanítja, hogyan mozgass, rakatolj és tárolj faanyagot, lapanyagot, fűrészárut és veszélyes anyagokat úgy, hogy a rakat stabil legyen, a hátad védett maradjon, és a műhelyben minden áttekinthető, biztonságos rendben álljon.

2.7.1. Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás fogalma

Definíció. Az **anyagmozgatás** minden olyan tevékenység, amellyel nyersanyagot, félkész- vagy készterméket emelünk, viszünk, húzunk, tolunk, átadunk, rakodunk vagy elhelyezünk. A faiparban ide tartozik a fűrészáru lerakodása, a lapkötegek mozgatása, a kész bútorok szállítása és a hulladék eltávolítása is.

Definíció. A **rakatolás** az anyagok vagy egységrakományok olyan szabályos, állékony elhelyezése, amelynél a rakat sem megmunkálás, sem tárolás közben nem dőlhet meg, nem csúszhat szét, és a szükséges darab kivehető anélkül, hogy a többi anyagot veszélyeztetnénk.

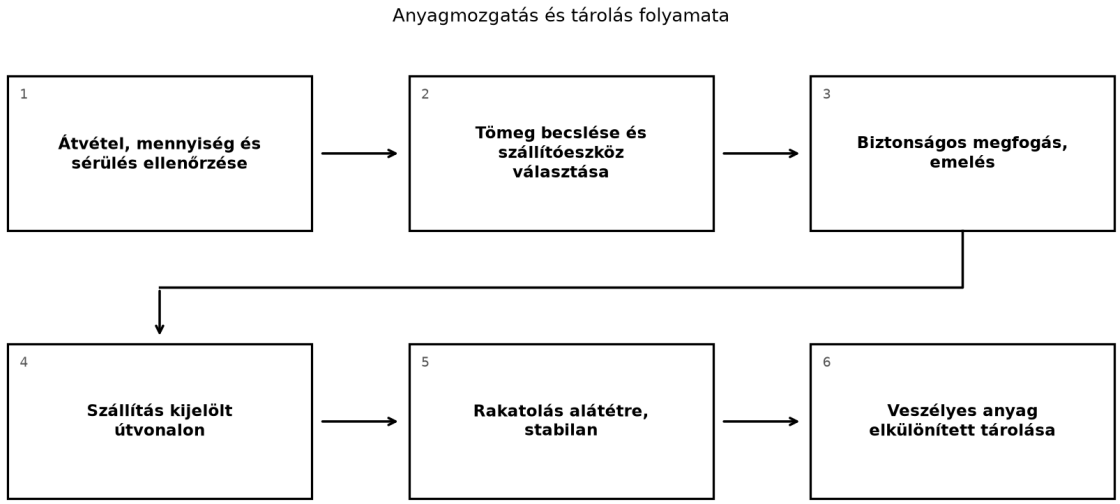
Definíció. A **raktározás** az anyagok, alkatrészek és késztermékek szakszerű, nyilvántartott, az elérhetőséget és a minőségmegőrzést szolgáló tárolása. A raktározás nemcsak elhelyezés: magában foglalja az azonosítást, a mennyiség- és minőségellenőrzést, az anyagvédelmet, a tűzvédelmet és a hulladékkezelést is.

Definíció. Kézi anyagmozgatásnak nevezzük, amikor a terhet emberi erővel emeljük, visszük, toljuk vagy húzzuk. **Gépi anyagmozgatás**, ha a műveletet targonca, emelőasztal, daru, futódaru, szállítókocsi vagy más gép végzi.

A nagy táblás lapanyag (forgácslap, MDF, rétegelt lemez), a fűrészáru és a nehéz gépalkatrészek mozgatásánál mindig két kérdéssel kezdj:

1. Mekkora a teher tömege?
2. Rendelkezésre áll-e a megfelelő eszköz, segítő vagy gép?

A folyamatot ez a térkép foglalja össze:



2.17. ábra. Anyagmozgatás és tárolás folyamata - Mindig ellenőrizd a rakat stabilitását, a teher tömegét és a szállítóeszköz teherbírását.

2.7.2. A kézi anyagmozgatás szabályai és a hátsérülések megelőzése

A kézi anyagmozgatás nem „csak erő”, hanem egy egész testet terhelő munkaforma. A leggyakoribb baleset nem a leeső teher, hanem a rossz testtartásból eredő hát- és deréksérülés. A hátgerinc porckorongjai a hajlított derékkal végzett emelésnél egyenlőtlen nyomást kapnak, és rántással egybekötve könnyen sérülhetnek.

Szabály. Tilos hátból, nyújtott térddel, előrehajolva emelni. Emelés előtt mindig a tárgy mellé kell lépni, a lábat stabilan, vállszélességben kell elhelyezni, és a terhet a testhez közel kell tartani.

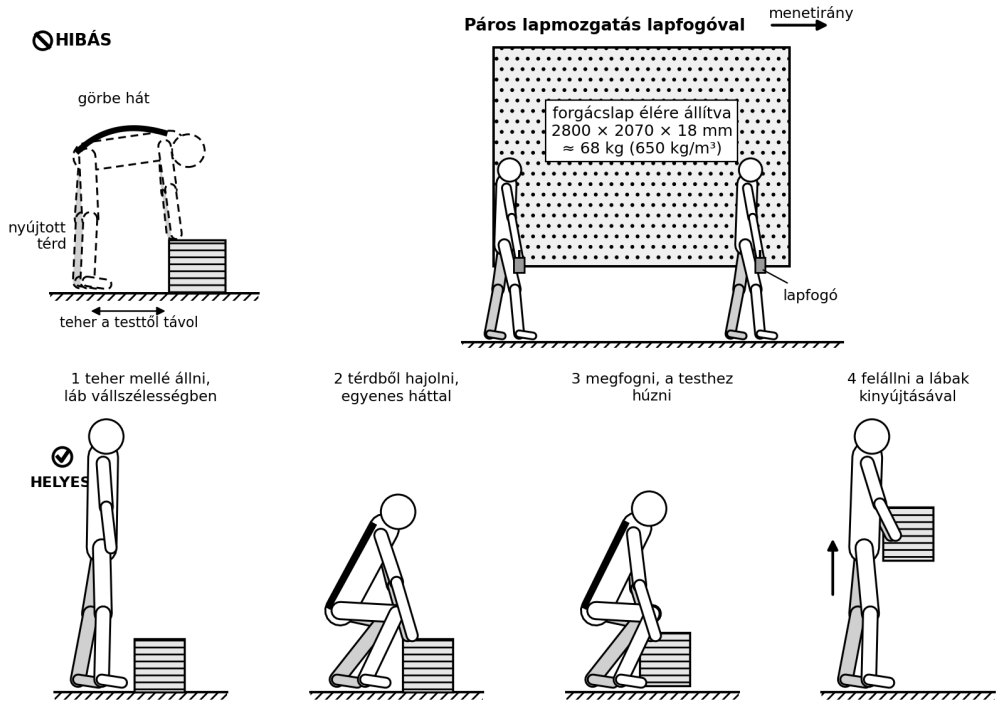
Szabály. A terhet soha ne rántsd fel, mert a hirtelen induló erő a gerincet és a vállat is károsítja. Először feszítsd meg a has- és hátizmot, majd egyenletesen, a láb erejével emelj. Fordulni ne derékból, hanem a lábfejekkel, kis lépésekkel fordulj.

Szabvány. A kézi tehermozgatás ergonómiai követelményeire európai szabvány vonatkozik (MSZ EN 1005 sorozat – ellenőrizendő: a pontos rész és a hatályos szám). A munkáltató feladata a kézi tehermozgatás kockázatértékelése, a munkavállaló feladata az oktatásban kapott emelési technika betartása és a túl nehéz teher jelzése.

Megjegyzés. A megengedett teher tömege függ a nemtől, életkortól, a mozgatás gyakoriságától, a testhelyzettől és az útvonaltól. Tájékoztató irányérték kedvező testhelyzetben, alkalmi emelésnél: felnőtt férfi kb. 25 kg, felnőtt nő kb. 15 kg; kedvezőtlen testhelyzet, gyakori emelés vagy fiatalkorú esetén ennél kevesebb (lásd A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia). A faipari gyakorlatban sok anyag ennél nehezebb, ezért a gépi segítség, a páros emelés vagy a kisebb kötegbe osztás a jó megoldás. A pontos határértéket a hatályos munkahelyi előírás adja (ellenőrizendő: a kézi tehermozgatás rendelete). A tanuló soha ne emeljen fel bizonytalan tömeget egyedül.

Eljárás. A biztonságos kézi emelés lépései faipari anyagokhoz:

1. Mérlegeld a terhet: nézd meg a jelölést, becsüld a méretből, kérdezd meg az oktatót.
2. Ha a teher túl nagy, bontsd kisebb kötegre, hívj segítőt, használj emelőeszközt.
3. Tisztítsd meg az utat: ne legyen vizes, olajos, forgácsos, csúszós szakasz; a célnál legyen hely a letételre.
4. Állj a teher mellé, a lábad stabilan, az egyik enyhén előrébb.
5. Hajolj térdből, a hátat tartsd egyenesen, a fej is maradjon a hát vonalában.
6. Fogd meg a terhet a sarkánál vagy a kijelölt fogónál, húzd a testhez közel.
7. Egyenletesen emelj a lábak kinyújtásával, ne ránts.
8. Letételkor ugyanígy: térdből ereszkedj, ne görnyedj, és ne csípd be az ujjad a teher és a rakat közé.



Fent balra: HIBÁS (szaggatott alak). Lent: HELYES, négy fázis (a vastag vonal az egyenes hát). A lap tömege tájékoztató, a gyártói sűrűségtől függ.

2.18. ábra. Helytelen emelés (nyújtott térd, görbe hát, távoli teher), a helyes emelés négy fázisa és páros lapmozgatás lapfogóval (sematikus rajz; a lap tömege tájékoztató)

A szaggatott alak a tilos emelést mutatja: nyújtott térd, görbe hát, a teher a testtől távol. Az alsó sor a helyes emelés négy fázisa: teher mellé állás vállszélességű terpeszben, térdhajlítás egyenes háttal (vastag vonal), a teher testhez húzása, felállás a lábak kinyújtásával. Jobbra fent két ember lapfogóval, élére állítva visz egy 2800 × 2070 × 18 mm-es forgácslapot (650 kg/m³ sűrűséggel kb. 68 kg). Az interaktív változat a nyolc lépést egyenként mutatja, a fontos testrészt kiemelve.

2.7.3. Lapanyag mozgatása: lapfogó, kocsi, támaszték

A forgácslap-, MDF- és rétegelt lemezek nagy méretűek, nehezek és éles sarkúak. Egy 2800 × 2070 mm-es, 18 mm vastag forgácslap tömege általában 60–70 kg között van (tájékoztató adat, a gyártói sűrűségtől függ). Az ilyen lapot nem szabad egyedül, a sarkánál megfogva vinni, mert kicsúszik a kézből, a sarok sérülést okoz, és a lap elhajlik.

Definíció. A **lapfogó** olyan kétoldali megfogó eszköz, amely a lap élére szorítva biztos kézi fogást ad anélkül, hogy az ujjainkat a lap alá kellene helyezni. A lapfogót párban használjuk: egyik munkás a lap egyik oldalán, a másik a másikon fogja.

Szabály. Nagy táblás lapanyagot kézzel párban mozgass, lapfogóval, kesztyűben. A lapot függőleges vagy enyhén döntött helyzetben tartsd, és ne állj a dőlés irányába. A felső élét mindig a lap síkjából kifelé, a testtől távolabb döntve irányítsd.

A lapanyag mozgatására gyakran **lapkocsit** vagy **A-alakú tárolókocsit** használnak. A lapkocsi alacsony, kerekes emelvény, amelyre a köteget csúsztatva gurítható. Az A-alakú kocsi megdöntött

háttámlával tartja a lapokat, így azok nem csúsznak le. A kocsit soha ne terheld a megengedett teherbírás fölé, és ne tolj rosszul látott útvonalon.

Tilos. Tilos a lapot puszta falnak támasztani, mert a sima anyag megcsúszik, és a leeső lap súlyos sérülést okoz. Ha mégis ideiglenesen kell támasztani, gumiszőnyeget, éket és oldalsó támaszt kell használni, a lap dőlésszöge pedig kevés legyen.

Megjegyzés. A lapanyag megfogásakor a kesztyű véd a szálkától és a vágott éltől. A forgatáshoz soha ne tartsd az ujjaidat a lap élén úgy, hogy a másik munkás nem látja: megállapodás nélkül ne mozdulj, és „ereszd le", „emeled", „tartom" szóbeli jelzéseket adj.

2.7.4. Fűrészáru szállítása és rakatolása

A fűrészáru hosszú, nehéz és sokszor szálkás. Kézi szállításnál a hosszú deszkát vállra lehet venni, de az üres végével másoknak sérülést okozhatunk. Kis műhelyben a rövid darabot egyedül, a hosszú (kb. 2 m fölötti) deszkát párban, mindkét végén fogva szállítsd; egyedül csak a súlypontjánál, az elülső vég figyelésével, szabad útvonalon.

Szabály. Fűrészárut úgy rakatolj, hogy a rakat alja alátétfán, a sorok között lehetőleg azonos vastagságú léceken feküdjön, és a rakat ne legyen magasabb, mint amekkorát a csomagolás, a raklap és a támaszték megtart. A sorok közé azonos vastagságú hézagléceket tégy, egyenletes osztással, pontosan egymás fölött és az alátétfák fölött **(ellenőrizendő: osztás és lécvastagság a szárítási előírás szerint)**. A deszkák a soron belül azonos irányban, egymás mellett feküdjenek.

Szabály. A rakat tetején ne tárolj kiálló darabokat, mert a lelógó végekbe beleakadhat a targonca, a kocsi vagy a munkás ruhája. A rakat tetejét fedd le fóliával vagy ponyvával, ha nedvesség érheti.

Szabály. A rakatot mindig úgy kell kialakítani, hogy a szükséges darabot a rakat megbontása nélkül lehessen kivenni. Ha középről kell kihúzni, akkor az egész rakatot előbb le kell bontani a szükséges mértékig, vagy megfelelő emelőeszközt kell használni.

2.7.5. Gépi anyagmozgatás: targonca, daru, emelőasztal

Gépbiztonság. Targoncát, darut, futódarut és emelőállványt csak érvényes jogosultsággal rendelkező, betanított személy kezelhet. A tanuló ezeket önállóan nem vezeti. A kezelő a gép indítása előtt köteles ellenőrizni a fékeket, a kürtöt, a villákat, a teherbírást, a rakomány rögzítését és a munkaterületet. Tilos embert emelni a villára, a raklapra vagy a darura.

Tilos. Tilos a targoncát megrakott villával, megemelt teherrel úgy mozgatni, hogy a rakomány eltakarja a kilátást; ilyenkor hátramenetben, kísérővel vagy jobb láthatóságot adó helyzetben kell haladni. Tilos a megengedett teherbírás túllépése. Tilos a daru alá állni, és tilos a felfüggesztett terhet kézzel irányítani.

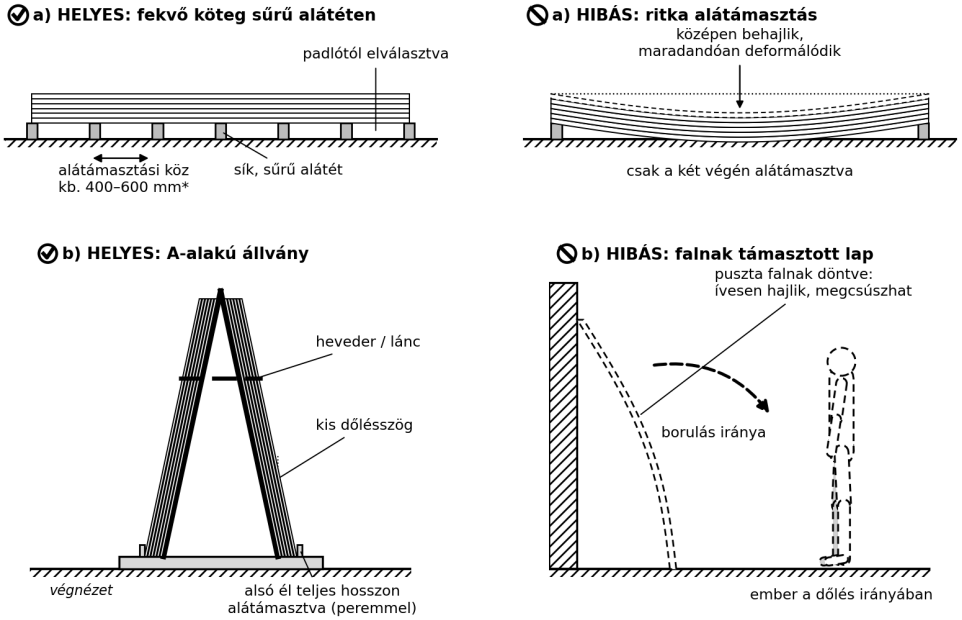
Megjegyzés. A **teherbírás** a gép által biztonságosan megemelhető legnagyobb tömeg, és nem a raktárban most éppen felemelhető „érzés". Minden emelő- és anyagmozgató gép mellett ellenőrizni kell a gyártói adattáblát és a gépkönyvben megadott terhelési értéket (ellenőrizendő: gépkönyvi adat).

2.7.6. Raktározás: áruk fajtái, raktártípusok, tárolási elvek

A faipari műhelyben többféle anyagot kell elkülönítetten tárolni:

- **Tömör fűrészáru**: száraz, szellős helyen, alátétfán, fajtánként és méretenként elkülönítve.
- **Lapanyag** (forgácslap, MDF, rétegelt lemez): vízszintes kötegben vagy megdöntött állványon, sík alátéten, nedvességtől védve.
- **Furnér és élzáró**: lapjában vagy tekercsben, nedvességtől, közvetlen hőtől védve; a furnért lehetőleg fektetve, egyenletes nyomással.
- **Vasalatok, csavarok, kötőelemek**: polcos vagy fiókos tárolóban, azonosítóval, kis mennyiségben munkaközelben.
- **Ragasztók, pácok, lakkok, oldószerek**: veszélyes anyagként, elkülönített, szellőztetett, tűzvédelmi szempontból megfelelő raktárban.
- **Késztermékek**: tiszta, száraz, ütéstől és nedvességtől védett helyen, csomagolásban.
- **Hulladék**: folyamatosan elkülönítve, zárható gyűjtőben vagy konténerben, a fapor és forgács gyűjtése elszívással.

Raktártípusok a faiparban: nyitott szín (fedett, de szellős fűrészáru-tároló), zárt anyagraktár (lapanyag, furnér, vasalat), vegyianyag-raktár (tűzveszélyes folyadékok), készáru-raktár (összeszerelt bútorok, beépített elemek csomagolva) és hulladéktároló. Az egyes raktártípusok eltérő hőmérséklet-, szellőzés- és tűzvédelmi követelményt igényelnek.



* Tájékoztató érték, a lap vastagságától és a gyártói előírástól függ (ellenőrizendő). Hibás változat: szaggatott körvonal és áthúzott kör.

2.19. ábra. Lapanyag tárolása: a) fekvő köteg sűrű alátéten (helyes) és csak a végein alátámasztva, behajolva (hibás); b) A-alakú állvány (helyes) és puszta falnak támasztott, hajló lap (hibás)

A lapanyag kétféleképpen tárolható jól: vízszintes kötegben, sík raklapon vagy sűrűn (kb. 400–600 mm-enként, ellenőrizendő) alátámasztva, a padlótól elválasztva; vagy A-alakú állványon kis dőlésszöggel, az alsó él teljes hosszon alátámasztva, hevederrel biztosítva. A ritkán alátámasztott köteg középen behajlik és maradandóan deformálódik; a puszta falnak döntött lap ívesen hajlik, megcsúszhat és felborulhat, ezért soha ne állj a dőlés irányába.

Szabály. A raktárban a közlekedési utakat szabadon kell hagyni, a rakatok ne lógjanak az útra, a polcokat rögzíteni kell a borulás ellen, a raklapokat pedig a teherbírásnak megfelelően kell alátámasztani. A raktár rendjét naponta ellenőrizni kell.

2.7.7. Veszélyes anyagok tárolása

A faipari műhelyben a **veszélyes anyagok** közé tartoznak a lakkok, oldószerek, ragasztók, pácolószerek, hígítók és az olajos, gyantás törlőrongyok. Ezek tűzveszélyesek, egészségkárosítóak vagy környezetre veszélyesek lehetnek, ezért tárolásuk szigorúbb.

Szabvány. A veszélyes anyagok tárolására a CLP-rendelet szerinti osztályozás, a biztonsági adatlap és a tűzvédelmi előírások az irányadók (ellenőrizendő: CLP-rendelet hatályos száma, OTSZ). A raktárban a tűzveszélyes folyadékokat lehetőleg zárható, szellőző tűzvédő szekrényben vagy elkülönített, robbanásbiztos helyiségben kell tartani.

Szabály. A vegyi anyagokat soha ne tárold élelmiszerrel együtt, ne öntsd át jelöletlen edénybe, és ne keverj össze különböző maradékokat. A tárolóedényeken mindig legyen magyar nyelvű, olvasható címke, és a biztonsági adatlapnak elérhetőnek kell lennie. A felfolyás vagy kifolyás felfogására tálcát, nem éghető alátétet kell alkalmazni.

Tilos. Tilos a lakkot, oldószert fűtőtest, kazán, elektromos kapcsoló vagy szikraforrás közelében tárolni. Tilos az olajos rongyot összegyűrve, nyitott dobozban hagyni, mert a száradó olaj melegedhet és öngyulladást okozhat. Az olajos rongyot fedeles, fémből készült, öngyulladás ellen jelölt tartályban kell gyűjteni.

Megjegyzés. A veszélyes anyagok tárolásánál mindig a termék biztonsági adatlapja és a műszaki adatlap a mérvadó; a könyvben leírt megoldások általános minták, nem helyettesítik a konkrét termékre vonatkozó előírásokat (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

2.7.8. Tömegszámítás sűrűségből

Az anyagmozgatás előtt a teher tömegét a sűrűségből és a térfogatból számíthatjuk. Ez a faipari kalkuláció egyik alapegyenlete.

Összefüggés. A tömeg egyenlő a sűrűség és a térfogat szorzatával:

$$m = \rho \cdot V$$

ahol: - m a tömeg (kg), - ρ a sűrűség (kg/m³), - V a térfogat (m³).

Téglatest alakú anyagnál a térfogat:

$$V = l \cdot b \cdot v$$

ahol l a hossz, b a szélesség, v a vastagság (m-ben).

Továbbvitt eredmény. Ezt a tömegszámítást használjuk a későbbi anyagszükséglet- és kalkulációs fejezetekben, amikor a megrendelt m³ fűrészárut, a lapanyag-mennyiséget vagy a szállítási költséget kell becsülni (lásd az anyagszükséglet-számítás és árkalkuláció részeit).

Számítás. Hány kilogramm egy 1,2 m × 0,8 m × 1,0 m méretű, légszáraz fenyő fűrészáru rakat, ha a sűrűség 500 kg/m³?

Adott: - $l = 1{,}2\,\text{m}$ - $b = 0{,}8\,\text{m}$ - $v = 1{,}0\,\text{m}$ - $\rho = 500\,\text{kg/m}^3$

Keresett: m.

A térfogat:

$$V = 1{,}2 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 = 0{,}96\,\mathrm{m}^3$$

A tömeg:

$$m = 500 \cdot 0{,}96 = 480\,\mathrm{kg}$$

Ellenőrzés: 1 m³ fenyő körülbelül fél tonna, itt valamivel kevesebb mint 1 m³, ezért 480 kg reális. **Megjegyzés:** a fűrészáru rakatban mindig vannak légrések, ezért a rakat méreteiből számított térfogat nem egyenlő a tömör fa térfogatával. A példa egy rendezett, tömörnek tekintett kötegre vonatkozik; tényleges szállítmánynál a rakat tömörfa-tartalmát a rakatjegyzék vagy a mérlegelés alapján kell megállapítani.

Számítás. Mennyi egy 40 lapból álló forgácslapköteg tömege, ha a lapok mérete 2800 × 2070 mm, vastagsága 18 mm, sűrűsége 650 kg/m³?

Először egy lap térfogatát számítjuk:

$$l = 2{,}8\,\mathrm{m}, \quad b = 2{,}07\,\mathrm{m}, \quad v = 0{,}018\,\mathrm{m}$$

$$V_{\mathrm{lap}} = 2{,}8 \cdot 2{,}07 \cdot 0{,}018 = 0{,}1043\,\mathrm{m}^3$$

Egy lap tömege:

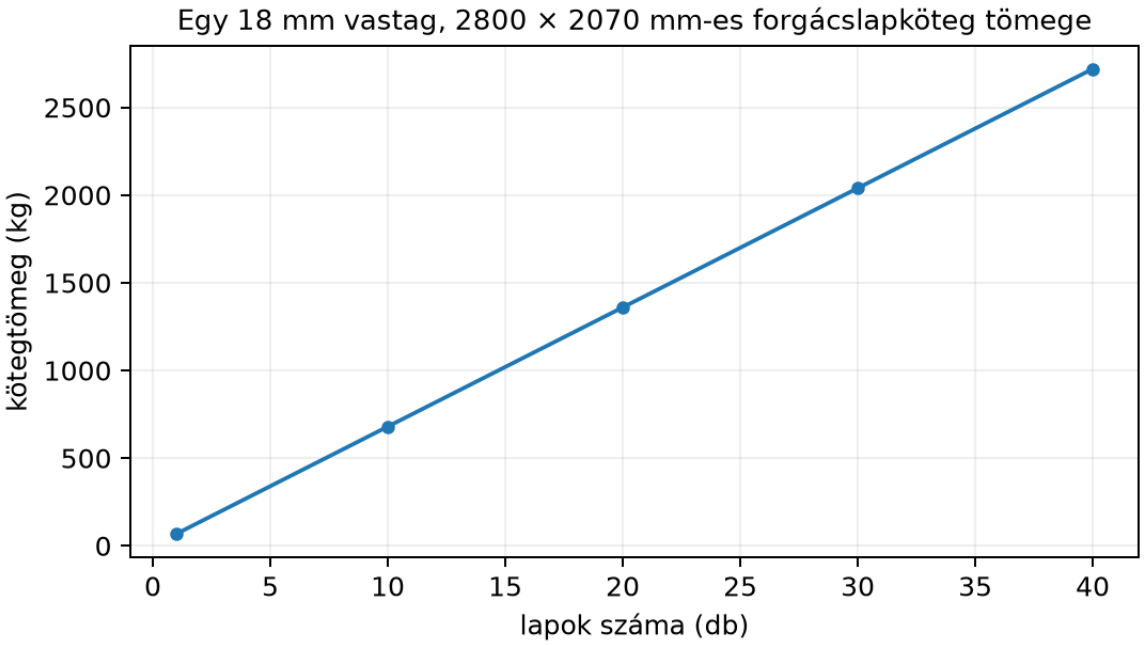
$$m_{\mathrm{lap}} = 650 \cdot 0{,}1043 \approx 67{,}8\,\mathrm{kg}$$

A köteg tömege:

$$m_{\mathrm{köteg}} = 40 \cdot 67{,}8 = 2712\,\mathrm{kg} \approx 2{,}7\,\mathrm{t}$$

Ellenőrzés: 1 m³ forgácslap tömege 650 kg, 40 lap térfogata $40 \cdot 0{,}1043 = 4{,}172\,\mathrm{m}^3$, ezért a tömeg $650 \cdot 4{,}172 \approx 2712\,\mathrm{kg}$, tehát a számítás összhangban van. A 2,7 tonnás köteget csak gépi eszközzel (villás targonca, emelőkocsi – jogosult kezelővel) szabad egyben mozgatni. Ha nincs gépi eszköz, a köteget lapról lapra kell bontani: egy lap ≈ 68 kg, ezt két ember lapfogóval viszi.

A köteg tömegének növekedését szemlélteti a következő grafikon:



2.20. ábra. Egy 18 mm vastag, 2800 × 2070 mm-es forgácslapköteg tömege - Szemléltető, 650 kg/m³ sűrűséggel számolva, kerekített tájékoztató értékek.

A grafikonról is leolvasható: a tömeg a lapok számával egyenes arányban nő. Ezért a lapköteget soha ne becsüld „ránézésre”: a számításból és a szállítójegyzékből derül ki a valós teher.

2.7.9. Technológiai lap: Lapanyag-köteg fogadása és beraktározása

Cél. Beérkező lapanyag sérülésmentes, biztonságos leemelése és raktári elhelyezése.

Anyagok. Forgácslap, MDF, rétegelt lemez vagy bevont lapköteg; jelölt rakodólap, alátétfák, heveder vagy fólia, csúszásgátló.

Szerszámok, eszközök. Kézi lapfogó, lapkocsi vagy A-alakú tároló, gurtni/heveder, kesztyű, orrmerevítős lábbeli, védősisak, ha daruzás is történik.

Biztonsági előírások. Gépi emelést csak jogosultsággal rendelkező személy végezhet. Kézi mozgatásnál párban dolgozz, lapfogóval, kesztyűben. A dőlő köteg alá ne állj. Ellenőrizd a teherbírást és a rakat stabilitását.

Lépések:

1. Ellenőrizd a szállítójegyzéket, a mennyiséget és a rakat sértetlenségét – ellenőrzés: darabszám, anyagjelölés, sérülés.
2. Becsüld a rakat tömegét a sűrűségből, és válassz gépi vagy kézi mozgatást – ellenőrzés: megengedett teherbírás.
3. Tisztítsd meg a kijelölt útvonalat és a tárolóhelyet – ellenőrzés: nincs csúszásveszély, a tároló alátét sík.
4. Ha gépi emelés van, a kezelő rögzítse a villát, emelje a rakatot, és irányítsa a tárolóhelyre – ellenőrzés: a rakat nem csúszik, a villa középen van.
5. Kézi mozgatásnál fogjátok meg a lapot lapfogóval párban, és döntsétek enyhén a testtől távol – ellenőrzés: mindkét oldalon egyenletes fogás, a lap nem csavarodik.

6. Helyezd a köteget sík alátétfára vagy állványra, és rögzítsd borulás ellen – ellenőrzés: a rakat nem mozdul, a szélei nem lógnak a közlekedőútra.
7. Jelöld a rakatot anyag- és méretjelöléssel, és rögzítsd a nyilvántartásban – ellenőrzés: azonosító, dátum, mennyiség.

2.7.10. Minőségellenőrzés

Az anyagmozgatás és raktározás minőségét is ellenőrizni kell, mert a hiba itt anyagromlást és balesetet okoz.

- **Rakat stabilitása:** szemrevételezés és kézzel gyakorolt óvatos ellennyomás; a rakat ne inogjon, a lécek ne csússzanak el.
- **Alátét és dőlésszög:** ellenőrizd, hogy a lapanyag ne feküdjön nedves padlón, és a megdöntött köteg dőlésszögét támasz és heveder biztosítsa.
- **Sérülések:** lapéleken, fűrészáru végén és csomagoláson szállítási sérülés; ha sérülés van, jelezd az átvételnél.
- **Címkézés, azonosítás:** minden anyaghoz egyértelmű jelölés tartozzon, a veszélyes anyagnál biztonsági adatlap is.
- **Szabványos sorrend:** a raktárban a régebbi anyagot előbb használd fel, hogy a kötőanyag vagy a fa ne álljon szükségtelenül sokáig.

Ha eltérést tapasztalsz, a rakatot megbontás nélkül ne javítsd egyedül. Hívd az oktatót, a raktárost vagy a targoncakezelőt.

2.7.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A munkás a lapot a falnak támasztja, és a lap megcsúszik.
Ok. A lapanyag hátoldala sima, a padló nem gumiszőnyeges, nincs ék vagy támasz.
Helyes gyakorlat. Soha ne falnak támaszd; A-alakú tárolót vagy vízszintes alátétet használj, oldalsó támaszokkal.

Hiba. A munkás derékból, hajlított gerinccel emeli fel a fűrészárut, és hátsérülést szenved.
Ok. Nem hajlította a térdét, a terhet nem vitte testközelbe, egyedül emelt.
Helyes gyakorlat. Térdből emelj, egyenletesen, párban vagy eszközzel, és ne rántsd a terhet.

Hiba. A rakat túl magas, a felső deszkák lelógnak, és elakad a kocsi.
Ok. Nem vették figyelembe a rakatmagasságot és a kihúzást.
Helyes gyakorlat. A rakatot megengedett magasságra, azonos szélességű, kiálló rész nélküli sorokkal képezd, és a közlekedőutat szabadon hagyd.

Hiba. Az olajos rongyot nyitott műanyag vödörben hagyják a gyalupadon.
Ok. Nem ismerik az öngyulladás veszélyét.
Helyes gyakorlat. Az olajos rongyot azonnal fedeles, fém, öngyulladás ellen jelzett tartályba kell tenni, és naponta elszállítani.

2.7.12. Valós életbeli alkalmazás

Gondoljunk végig egy gyakori esetet, amelyet sok műhelyben tapasztalnak. Egy kis asztalosműhelybe 30 darab 18 mm-es MDF lap érkezik. A tanuló segít a lerakodásnál. A raktáros azt mondja: „csak támaszd oda a falhoz, majd betesszük”. A tanuló a lapot a falnak támasztja, de a sima, poros padlón a lap alja kicsúszik, a lap eldől. A tanuló hátraugrik, a lap a padlóra csapódik,

a sarka lepattan, az él sérül. Szerencsére senki nem sérül meg, de a lap használhatatlan. A tanulság: a falnak támasztás tilos; a beérkező lapot azonnal a tárolóállványra kell tenni, és addig is hevederrel, ékkel, segítővel kell rögzíteni. Ugyanebben a műhelyben később a tanuló a nehéz lapot derékból emelte fel, és a nap végén deréktáji fájdalomra panaszkodott. A műhelyvezető az emeléstechnikai oktatást megismételtette, és a nehéz lapok mozgatásához lapfogót, lapkocsit és páros emelést írt elő. A baleset nem a gépen, hanem az anyagmozgatásnál történt – ezért ezt a területet ugyanolyan komolyan kell venni, mint a körfűrész kezelését.

2.7.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A nagy forgácslapot egyedül is biztonságosan lehet mozgatni, ha kesztyűben, az egyik sarkánál fogva visszük.
2. Igaz vagy hamis? A targonca vezetése csak érvényes jogosultsággal, a gépkönyv szerint végezhető.
3. Mi a helyes emelési technika lényege?
4. Hány kg egy 2800 × 2070 × 18 mm-es forgácslap, ha sűrűsége 650 kg/m³?
5. Miért tilos az olajos rongyot nyitott edényben tárolni?
6. Hogyan tároljuk a tűzveszélyes lakkot és oldószert?

A válaszokat a `### Megoldások` elején, „Önellenőrzés – válaszok” alcím alatt találod.

2.7.14. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg röviden, mi a különbség az anyagmozgatás, a rakatolás és a raktározás között.

2. feladat (A). Számítsd ki egy 2,5 m × 0,8 m × 0,6 m méretű, légszáraz fenyő fűrészáru rakat tömegét, ha a sűrűség 500 kg/m³. Ellenőrizd a nagyságrendet.

3. feladat (B). Egy lapraktárba 25 db 2800 × 2070 × 16 mm-es forgácslap érkezik. A gyártói adatlap szerint a sűrűség 640 kg/m³. Számítsd ki egy lap tömegét és a teljes köteg tömegét. Hány m³ a teljes köteg?

4. feladat (B). Hasonlítsd össze egy 3 m hosszú, 100 mm × 100 mm keresztmetszetű gerenda tömegét fenyőből (500 kg/m³) és tölgyből (700 kg/m³). Mennyivel nehezebb a tölgy gerenda?

5. feladat (C). Egy munkatárs egyedül, derékból szeretne felemelni egy 70 kg-os forgácslapot. Végezd el a hibaelemzést: mi a veszély, mi a helyes technológia, milyen eszközökkel lehet a lapot biztonságosan mozgatni?

6. feladat (D). Tervezz egy egyszerű tárolási rendet a lapanyag-, fűrészáru- és vegyianyag-raktár számára. Add meg a tárolási módot, a rögzítést, a jelölést, a tűz- és balesetvédelmi szempontokat. Készíts belőle ellenőrzőlista-részletet.

2.7.15. Megoldások

2.7.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A nagy forgácslapot párban, lapfogóval, kesztyűben, stabilan kell mozgatni.
2. Igaz. Targoncát csak érvényes jogosultsággal, a gépkönyv szerint, indítás előtti ellenőrzéssel szabad vezetni.

3. A teherhez közel állunk, térdből hajlunk, a hát egyenes, a fej a hát meghosszabbításában, a teher a testnél, egyenletesen emelünk, nem rántunk, és nem derékból fordulunk.
4. $V = 2{,}8 \cdot 2{,}07 \cdot 0{,}018 = 0{,}1043\,\mathrm{m}^3$; $m = 650 \cdot 0{,}1043 \approx 67{,}8\,\mathrm{kg}$.
5. Az olajos rongy oxidálva melegedhet, és zárt térben öngyulladást okozhat; ezért fedeles, fém, öngyulladás ellen jelzett tartályba kell gyűjteni.
6. Tűzveszélyes lakkot és oldószert elkülönített, szellőztetett, tűzvédő szekrényben vagy robbanásbiztos helyiségben, jelölt edényben, kifolyásfelfogó tálcával, hő- és szikraforrástól távol.

2.7.15.2. 1. feladat megoldása

Anyagmozgatás: az anyag emelése, szállítása, tolása, húzása, rakodása. **Rakatolás:** az anyag állékony, szabályos egymásra helyezése. **Raktározás:** az anyagok, termékek szakszerű, nyilvántartott, minőségmegőrző tárolása. A három fogalom tehát a műveletet, az elhelyezést és a tárolási rendszert jelenti.

2.7.15.3. 2. feladat megoldása

Adott: $l = 2{,}5\,\mathrm{m}$, $b = 0{,}8\,\mathrm{m}$, $v = 0{,}6\,\mathrm{m}$, $\rho = 500\,\mathrm{kg/m}^3$.

Keresett: m.

$$V = 2{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}6 = 1{,}2\,\mathrm{m}^3$$

$$m = 500 \cdot 1{,}2 = 600\,\mathrm{kg}$$

Ellenőrzés: 1,2 m³ fenyő nagyjából fele tonna + 20 %, tehát 600 kg reális. Mivel a fűrészáru rakatban légrések lehetnek, a tényleges tömörfa-tömeg ennél kisebb is lehet – a példában a teljes rakatméretet vettük tömörnek.

2.7.15.4. 3. feladat megoldása

Adott: $l = 2{,}8\,\mathrm{m}$, $b = 2{,}07\,\mathrm{m}$, $v = 0{,}016\,\mathrm{m}$, $\rho = 640\,\mathrm{kg/m}^3$, darabszám: 25 db.

Egy lap térfogata:

$$V_{\mathrm{lap}} = 2{,}8 \cdot 2{,}07 \cdot 0{,}016 = 0{,}0927\,\mathrm{m}^3$$

Egy lap tömege:

$$m_{\mathrm{lap}} = 640 \cdot 0{,}0927 \approx 59{,}3\,\mathrm{kg}$$

A teljes köteg térfogata:

$$V_{\mathrm{köteg}} = 25 \cdot 0{,}0927 = 2{,}3175\,\mathrm{m}^3$$

A teljes köteg tömege:

$$m_{\text{köteg}} = 25 \cdot 59{,}3 = 1482{,}5\,\text{kg} \approx 1{,}5\,\text{t}$$

Ellenőrzés: 1 m³ forgácslap tömege 640 kg, ezért 2,32 m³ tömege $640 \cdot 2{,}32 \approx 1485\,\text{kg}$, ami jó.

2.7.15.5. 4. feladat megoldása

A gerenda keresztmetszete 100 mm × 100 mm, azaz 0,1 m × 0,1 m. Hossza 3 m, ezért térfogata:

$$V = 3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 = 0{,}03\,\text{m}^3$$

Fenyőnél:

$$m_{\text{fenyő}} = 500 \cdot 0{,}03 = 15\,\text{kg}$$

Tölgynél:

$$m_{\text{tölgy}} = 700 \cdot 0{,}03 = 21\,\text{kg}$$

A különbség:

$$21 - 15 = 6\,\text{kg}$$

Ellenőrzés: a tölgy sűrűsége 40 %-kal nagyobb, ezért 15 kg + 40 % = 21 kg; a különbség 6 kg. A tölgy gerenda kézi mozgatása ugyanakkora méretnél nehezebb, ezért a szállítási és rakodási tömeg számításánál mindig a pontos anyag sűrűségével számolj.

2.7.15.6. 5. feladat megoldása

Tünet: egyedül, derékból akar felemelni egy 70 kg-os forgácslapot.

Lehetséges veszélyek: hátsérülés, deréksérülés, a lap kicsúszik, ráesik a lábra, a sarok sérülést okoz, a rakat elbillen.

Vizsgálat: a teher tömege 70 kg, ami meghaladja az egyfős, különösen a rossz testtartású emelés ésszerű határát. A lap síkja merev, de nagy mérete miatt nehezen tartható, és a súlypont nem a testhez közel helyezhető.

Helyes megoldás: két ember, lapfogóval, kesztyűben, térdből, a lapot függőlegesen vagy enyhén megdöntve tartva. Ha a lapot rakatból veszik ki, előbb lapkocsival vagy A-alakú állvánnyal meg kell támasztani, esetleg gurtnival rögzíteni. Nagy köteg esetén gépi anyagmozgatás szükséges.

Megelőzés: az ilyen lapok mozgatását eleve párban tervezzék, a műhelyben legyen lapfogó és lapkocsi, és az oktatás minden évben ismételje meg az emelési technikát.

2.7.15.7. 6. feladat megoldása

Lapanyag-raktár: vízszintes alátétfán vagy megdöntött, hevederrel biztosított A-állványon; anyagjelölés; ne érje nedvesség; a köteg ne lógjon az útra.

Fűrészáru-raktár: száraz, szellős; alátétfák; fajtánként, méretenként rendezve; hézaglécek egymás fölött; rakatmagasság korlátozott; ponyvával vagy fóliával takarható.

Vegyianyag-raktár: elkülönített, szellőztetett; tűzveszélyes anyagok tűzvédő szekrényben; kifolyásfelfogó tálca; jelölés és biztonsági adatlap; hő- és szikraforrástól távol.

Ellenőrzőlista-részlet: - Minden rakat stabil? - A közlekedőutak szabadok? - A lapköteg rögzítve van? - A vegyi anyagok címkéje olvasható? - Az olajos rongy fedeles fémtartályban van? - A biztonsági adatlapok elérhetők?

2.7.16. Rövid összefoglaló

Az anyagmozgatás, rakatolás és raktározás biztonsága a faiparban ugyanolyan fontos, mint a gépek védőberendezései. A kézi emelésnél a hátat védeni kell: a teher legyen a testhez közel, az emelést térdből, egyenes gerinccel, egyenletes erővel végezzük, és ne a derekunkkal forduljunk. A nagy forgácslapot, MDF-et párban, lapfogóval, kesztyűben mozgassuk, ne támaszuk puszta falnak, mert megcsúszik. A fűrészárut alátétfára, stabil sorokban rakatoljuk, a rakat ne lógjon a közlekedőútra. Targoncát, darut csak jogosultsággal rendelkező, betanított személy kezelhet, a teherbírást és a rakomány rögzítését mindig ellenőrizni kell. A veszélyes anyagokat elkülönítve, tűzvédő szekrényben, szellőztetve, címkézve kell tárolni, az olajos rongyot pedig fedeles, fém gyűjtőben. A teher tömegét a sűrűségből számíthatjuk: $m = \rho \cdot V$, ahol a térfogat méterben vett méretekből $l \cdot b \cdot v$. Ez az összefüggés a későbbi anyagszükséglet- és szállítási kalkulációk alapja.

2.7.17. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet általános forrásai a munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII. törvény, hatályos szöveg – ellenőrizendő), a kézi tehermozgatásra vonatkozó munkahelyi előírások (ellenőrizendő: rendelet száma), az MSZ EN 1005 sorozat ergonómiai szabványai (ellenőrizendő: a hatályos rész), a CLP-rendelet és az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ – ellenőrizendő: hatályos szám). A sűrűség- és tömegértékek tájékoztató minták, a konkrét anyaghoz gyártói adatlap szükséges. A targoncakezelői jogosultság, a teherbírás, a rakatmagasság és a vegyianyag-tárolási mennyiségek a helyi kockázatértékelés, a gépkönyv és a hatályos előírások szerint ellenőrizendők.

3 Tűzvédelem, villamos biztonság és környezetvédelem

3.1. Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás

3.1.1. Miért kell ezt tudnod? – Láthatatlan veszélyek a műhelyben

Bekapcsolod a csiszológépet, mert gyorsan le kell csiszolnod egy tölgyfa asztallapot. A gép elszívója megtelt, ezért egyelőre anélkül dolgozol. A sarokban ott áll egy nyitott hígítós flakon, a munkaasztalon pedig a tegnapi olajos rongy összegyűrve. A fűrészpor finom felhője ellepi a gépet, és a levegőben táncol a lámpa fényében.

Ez a jelenet első pillantásra csak „rendetlen műhelynek” tűnik. Valójában egy készülő katasztrófa: a finom porból robbanóképes felhő lehet, az olajos rongy magától is kigyulladhat, a hígító gőzei pedig egyetlen szikrától lángra kaphatnak. Ezt a helyzetet akkor fogod felismerni és megelőzni, ha érted az égés és a robbanás alapfolyamatait.

3.1.2. Szemléletes kép – A tűzháromszög és a felkavart por

Képzeld el, hogy a fűrészpor egy kupacban fekszik a padlón. Ha meggyújtod, lassan, füstölögve ég, könnyű eloltani. Ugyanez a finom por azonban, ha a levegőben szálló felhőként találkozik egy szikrával, másodperc alatt berobbanhat. Miért? Mert a levegőben minden apró porszemcse körül ott az égéshez szükséges oxigén, és a láng pillanatok alatt átugrik az egyik szemcséről a másikra.

3.1.3. Pontos definíciók

Definíció. A **tűz** az a nem kívánt égés, amely veszélyezteti az emberek életét, testi épségét, az anyagi javakat vagy a környezetet. A **tűzvédelem** a tűzesetek megelőzésének, a tűz eloltásának, a tűzoltóság riasztásának, valamint az élet- és vagyonmentésnek a teljes eszköztára és szabályozása.

Definíció. Az **égés** olyan exoterm (hőtermelő) kémiai reakció, amelyben az éghető anyag a levegő oxigénjével reagál. A faiparban legtöbbször szerves anyagok oxidációjáról beszélünk. Az égés feltételeit hagyományosan a **tűzháromszög** és a **tűztetraéder** ábrájával tanítjuk.

3.1.4. A tűzvédelem célja és feladatai

A műhelyben a tűzvédelemnek három fő területe van:

1. **Megelőzés:** A tűz keletkezési okainak és kockázatainak feltárása, megszüntetése. Ide tartozik a helyes tárolás, a gépek karbantartása és a műhely rendje.

2. **Felkészülés a tűzre:** A tűz észlelésének és oltásának eszközei (tűzoltó készülékek, füstérzékelők, menekülési útvonalak).
3. **Tűz esetén a beavatkozás:** A tűz terjedésének megakadályozása, a tűzoltóság értesítése, az emberek mentése.

3.1.5. Az égés feltételei és fajtái

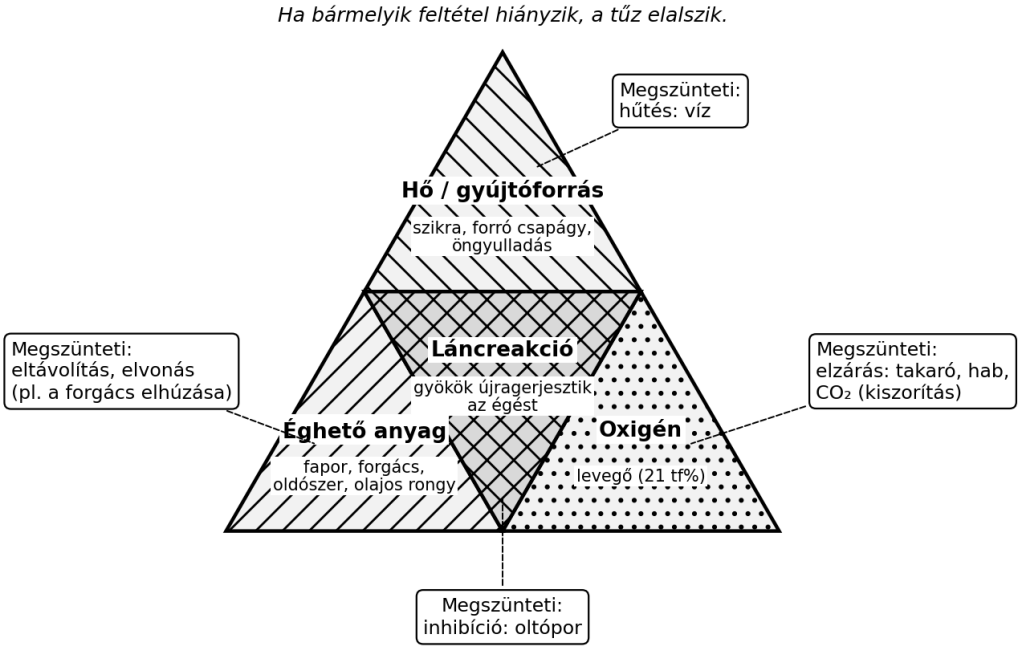
Szabály. Az égéshez (a modern égéselmélet szerint, tűztetraéder) négy feltétel együttes jelenléte szükséges:

1. **Éghető anyag** (pl. fa, forgács, por, oldószer, lakk, ragasztó, olajos rongy)
2. **Oxigén** (a levegőben általában 21 tf% oxigén van)
3. **Gyújtóforrás** (nyílt láng, szikra, forró felület, elektromos hiba, mechanikus szikra)
4. **Kémiai láncreakció** (a hő és a szabad gyökök folyamatosan újragerjesztik a folyamatot)

Ha bármelyik feltételt megszüntetjük, a tűz elalszik! Ezt használjuk a tűzoltásnál: a víz hűt (hőt von el, így az anyag a gyulladási hőmérséklet alá kerül), a takarófólia vagy a szén-dioxid az oxigént zárja el, az oltópor pedig a láncreakciót szakítja meg (és részben elzár).

Égésfajták:

- **Lángolás (lobbanás):** A levegővel jól keveredő éghető gőz vagy gáz ég látható lánggal. A fa melegítésekor először gázok fejlődnek, és ezek gyulladnak meg.
- **Parázslás / izzás:** A szilárd anyag (pl. a faszén vagy a por) felületén, láng nélkül játszódik le. A parázslás nagyon alattomos, mert sokáig rejtve maradhat, és később belobbanhat.
- **Robbanás:** Rendkívül gyors égés, ahol a gázok hirtelen kitágulnak, és lökéshullámot keltenek. A finom por égése porfelhőben így megy végbe.



3.1. ábra. Kiterített tűztetraéder: a négy égési feltétel faipari példákkal és az oltási mód, amely az adott feltételt megszünteti

A kiterített tetraéder négy mezője a négy feltétel: éghető anyag (fapor, forgács, oldószer, olajos rongy), oxigén (levegő), hő vagy gyújtóforrás (szikra, forró csapágy, öngyulladás) és középen a láncreakció. Mindegyik mellett ott az oltási mód, amely azt a feltételt szünteti meg: az éghető anyag eltávolítása, az oxigén elzárása (takaró, hab, CO_2), a hűtés (víz) és a láncreakció megszakítása (oltópor). Az interaktív változatban egy mezőre kattintva „kiveheted” a feltételt, és megjelenik, hogyan alszik el a tűz.

3.1.6. Tűzveszélyes anyagok a faipari műhelyben

Fa, forgács, fűrészpor: A fa éghető anyag. A gyúlékonyság függ a fa fajtájától, nedvességtartalmától és főleg a felületétől! Minél apróbb a fa (forgács, por), annál nagyobb a fajlagos felülete, ezért annál könnyebben gyullad meg.

Finom por (csiszolatpor): A csiszológépek, marógépek, fűrészgépek által termelt **finom por** a legveszélyesebb tűz- és robbanásveszélyes anyag a faipari műhelyben. A 0,5 mm alatti szemcsékből álló port a légmozgás felkavarhatja, és a levegőben szálló porfelhőt alkothat.

Oldószeres lakkok, hígítók, ragasztók: A felületkezelő anyagok (nitrohígító, aceton, alkohol, lakkbenzin, oldószeres lakkok) gőzt bocsátanak ki. Ezek a gőzök nehezebbek a levegőnél, ezért a padló közelében összegyűlhetnek. Elég egy szikra vagy egy forró felület, és az egész gőzfelhő belobban. Ezek az anyagok gyakran **tűzveszélyes folyadékok** vagy **fokozottan tűzveszélyes folyadékok** osztályba tartoznak (ellenőrizendő: OTSZ szerinti aktuális besorolás).

Olajos rongy öngyulladása: Az olajos, olajfestékes, lenolajos rongy nem azért veszélyes, mert valaki meggyújtja. Azért veszélyes, mert **magától meggyulladhat**. Ha a rongyot összegyűröd és kidobod, a lenolaj (és néhány más szárító olaj) lassan oxidálódik a levegő oxigénjével. Ez a folyamat hőt termel. Az összegyűrt rongy közepén a hő nem tud eltávozni, ezért a rongy egyre melegszik, végül eléri a fa és a pamut gyulladási hőmérsékletét, és meggyullad, akár órákkal a munka után is. **(ellenőrizendő: a konkrét olajtípus pontos öngyulladási hajlama a biztonsági adatlapon)**

3.1.7. Tűzveszélyességi osztályba sorolás (OTSZ)

Szabvány. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) kategóriákba sorolja az anyagokat és a létesítményeket a tűzveszélyességük alapján. A gyakorlatban a faipari műhely anyagait a jelenlegi szabályozás logikája szerint a következő kategóriákra oszthatjuk (a pontos kategórianeveket és betűjeleket mindig a hatályos OTSZ szövegéhez ellenőrizd):

Anyagcsoport a műhelyben	Példa	Miért veszélyes?	Tűzveszélyességi jellemző (ellenőrizendő)
Tömör fa, faalapú lapok	Bükkdeszka, forgácslap, bútorlap	Éghető, de viszonylag nehezen gyullad meg; parázslik	Mérsékelten tűzveszélyes
Forgács, fűrészpor, finom por	Csiszolatpor, excenteres csiszoló pora	Felkavarodva robbanóképes; kupacban parázslik	Fokozottan tűz- vagy robbanásveszélyesnek minősülhet
Oldószeres lakkok, hígítók	Nitrohígító, lakkbenzin, aceton	Gőzei rendkívül gyúlékonyak, levegőnél nehezebbek	Fokozottan tűzveszélyes

Anyagcsoport a műhelyben	Példa	Miért veszélyes?	Tűzveszélyességi jellemző (ellenőrizendő)
Ragasztók, diszperziós lakkok	PVAc ragasztó, vízbázisú lakk	Vízben oldott vagy diszpergált, kevésbé tűzveszélyes, de száradás után éghető filmet ad	Mérsékelten tűzveszélyes

3.1.8. Porrobbanás: a láthatatlan bomba

Definíció. A **porrobbanás** olyan robbanás, amelyben a levegőben finoman eloszlatott éghető por hirtelen meggyullad. A faipari porrobbanáshoz öt feltétel együttes jelenléte szükséges (ez a pentaéder):

1. **Éghető por** (pl. csiszolatpor, fapor)
2. **Oxigén** (levegő)
3. **Gyújtóforrás** (szikra, forró csapágy, elektromos szikra, csúszásból eredő hő)
4. **Zárt tér** (pl. elszívó ciklon, siló, fűtőcsatorna, zárt porszűrő)
5. **Megfelelő porkoncentráció** (a por a levegőben felhőt alkot)

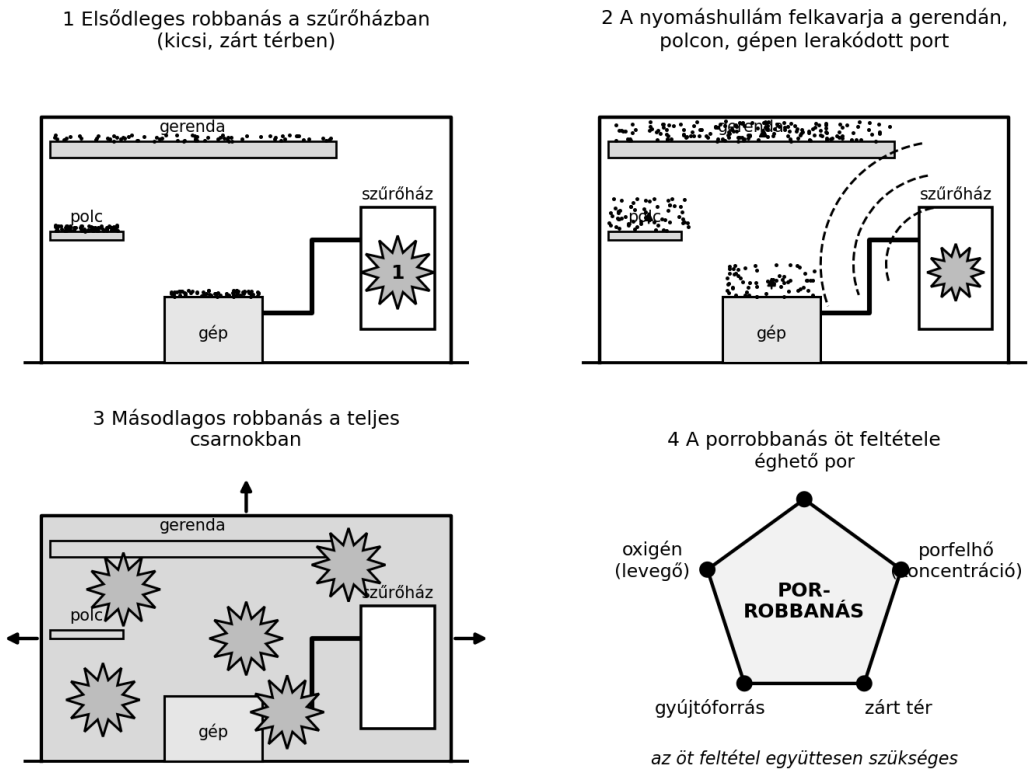
Miért robban a finom por? A nagyobb darab fát nehéz meggyújtani, mert a hő elvezetődik a belső tömege felé. A finom por szemcséi azonban olyan aprók, hogy már egy hirtelen hőhatásra is szinte azonnal felmelegszenek, gázokat fejlesztenek és meggyulladnak. Ha milliónyi ilyen szemcse van a levegőben, az égés villámgyorsan terjed, és a hirtelen hőtágulás robbanást okoz.

Elsődleges és másodlagos robbanás: A műhelyben a legtöbb súlyos porszennyeződéses baleset nem az első robbanástól, hanem a másodiktól történik. Az **elsődleges robbanás** általában egy kis mértékű, zárt térben (pl. porszűrő házában). Ez a nyomáshullám azonban felkavarja a gépeken, a gerendákon, a szekrények tetején lerakódott vastag porréteget. A felkavart porfelhőben bekövetkezik a **másodlagos robbanás**, amely már az egész műhelycsarnokot elpusztíthatja.

Számítás. Mennyi por kell egy robbanáshoz? A fapor alsó robbanási határértéke (az a koncentráció, ami alatt nem robban) nagyságrendileg 30–60 g/m³ (tájékoztató érték, a finomságtól és nedvességtől függ; ellenőrizendő: szakirodalmi/biztonságtechnikai adat). A számításhoz az óvatosabb, felső értéket (60 g/m³) használjuk. Ha egy kis műhely légtere 120 m³, akkor ahhoz, hogy elérjük ezt a robbanásképes koncentrációt, elméletileg:

$$m = V \cdot c = 120\,\mathrm{m}^3 \cdot 60\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^3} = 7\,200\,\mathrm{g} = 7{,}2\,\mathrm{kg}$$

Tehát nagyjából 7 kg finom, felkavart por elméletileg robbanóképes légteret hozhat létre egy kisebb műhelyben. Ellenőrzés más úton: a 40 m² alapterületű műhely padlóján már 1 mm vastag porréteg ($\approx$ 0,04 m³, 200 kg/m³ halmazsűrűséggel kb. 8 kg) elég ahhoz, hogy felkavarva a teljes légteret robbanóképessé tegye. Ez a mennyiség a gépek mögött, a polcokon láthatatlanul is összegyűlhet, ezért a lerakódott port naponta el kell távolítani.



3.2. ábra. Elsődleges és másodlagos porrobbanás: 1 robbanás a szűrőházban, 2 a nyomáshullám felkavarja a lerakódott port, 3 másodlagos robbanás a teljes csarnokban; 4 a porrobbanás öt feltétele

A metszeti vázlat a másodlagos robbanás láncát mutatja: a pontozott porréteg a gerendán, a polcon és a gépen ül; a szűrőházban bekövetkező kis robbanás nyomáshulláma felkavarja, és a porfelhő az egész csarnokban robban. Az interaktív változatban a lépések lejátszhatók, és csúszkával beállítható a porréteg vastagsága: a 40 m²-es (120 m³ légterű) műhelyben 1 mm laza fapor (tájékoztató 200 kg/m³ halmazsűrűséggel) kb. 8 kg – felkavarva már eléri a 60 g/m³-es alsó robbanási határt (tájékoztató értékek, ellenőrizendő).

3.1.9. Robbanásveszélyes környezet (ATEX) szemléletesen

Szabvány. Az Európai Unióban az **ATEX** irányelvek szabályozzák a robbanásveszélyes környezetben használt berendezéseket és a munkavállalók védelmét (ellenőrizendő: hatályos ATEX irányelvek és magyarországi jogharmonizáció).

A gyakorlatban ez a faipari műhelyben azt jelenti, hogy ha egy területen (pl. a csiszológép elszívó ciklonja, vagy a festőkamra) robbanásveszélyes por- vagy gőzkoncentráció alakulhat ki, akkor ott:

- Csak speciális, szikramentes (EX) villamos berendezéseket, kapcsolókat, motorokat szabad használni.
- A berendezéseket földelni kell, hogy az elektrosztatikus feltöltődés ne szikrázzon.
- Az olyan folyamatokat, ahol a por a levegőbe kerül, elszívással és zónás besorolással kell kezelni.

A tanulóműhelyben ezért van minden bekötött gépnek por- és forgácselszívása, amit később mélyebben is tárgyalunk a Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció alfejezetben. Az ATEX jelölésű

készülékek felirata (pl. EX, 22 zóna) azt mutatja, hogy az adott eszköz alkalmas robbanásveszélyes térbe (ellenőrizendő: konkrét zóna- és kategóriabesorolás).

3.1.10. Tűzmegelőzés a gyakorlatban

A tűzmegelőzés nem egy elvont elmélet, hanem a mindennapi műhelymunka része. A fő területek:

1. **Tervezés és létesítés:**
    - A villamos hálózatot, a világítást és a szellőzést szabványosan kell kiépíteni.
    - A fűtőberendezéseket a gépektől és az éghető anyagoktól távol kell elhelyezni.
    - Az ajtókat kifelé nyílóra szerelik, és a menekülési útvonalakat jelölik.
2. **Üzemeltetés és rend:**
    - A port és forgácsot rendszeresen el kell takarítani. TILOS levegőbefúvóval (kompresszoros pisztollyal) felkavarni a port, mert ezzel robbanóképes porfelhőt hozol létre!
    - A gépeket és a szívórendszert karban kell tartani, hogy ne melegedjenek túl, ne szikrázzanak.
    - A csapágyak, szíj- és lánchajtások túlmelegedése gyújtóforrás lehet.
3. **Karbantartás és felülvizsgálat:**
    - Az elektromos berendezések, a tűzoltó készülékek, a fűtőrendszer, a porszívórendszer és a kémények időszakos felülvizsgálata jogszabályi követelmény (ellenőrizendő: az OTSZ és a munkahelyi tűzvédelmi előírások).
    - A felülvizsgálatról jegyzőkönyvet (tűzvédelmi szabályzat, tűzvédelmi oktatás naplója) kell vezetni.

3.1.11. A műhely rendje, tárolás és dohányzási tilalom

Rend: A tűz a rendetlenségben terjed a leggyorsabban. A gépek között felhalmozott hulladék, a sarokba állított nyitott hígítós flakon, a padra tett olajos rongy mind éghető anyag. A munka végeztével a gépet, a padlót és az asztalt le kell tisztítani.

Tárolás: - A tűzveszélyes folyadékokat (lakkok, hígítók, ragasztók gyúlékony oldószerei) csak **jóváhagyott, zárt tűzvédő szekrényben** szabad tárolni. - A szekrény ajtaján jelezni kell a tartalmát (pl. „Tűz és robbanásveszélyes anyagok”). - Az olajos rongyokat soha ne gyűrd össze és ne dobd a kukába! Tedd **zárható, fémből készült, tűzálló edénybe** (pl. olajos rongy tároló doboz), amit kifejezetten erre a célra rendszeresítenek.

Dohányzási tilalom: - A faipari műhelyben, raktárban, festőkamrában és a fűrészporos területeken **szigorúan tilos a dohányzás és az öngyújtó használata!** - A dohányzásra kijelölt helyet a műhelyen kívül, az éghető anyagoktól távol, „Dohányzóhely” táblával kell kijelölni. - A nyílt láng (gyufa, öngyújtó, gyertya, hegesztőpisztoly) a faipari műhelyben mindig gyújtóforrást jelent.

Továbbvitt eredmény. A por- és oldószergőzök tűz- és robbanásveszélye nem csak elmélet. Ezt az ismeretet fogod használni a Tűzoltó anyagok és eszközök, tennivalók tűz esetén alfejezetben, ahol megtanulod, hogy a különböző anyagtípusok égését (por, folyadék, fa) milyen oltóanyaggal szabad elfojtani. Ugyancsak ez az alapja a Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció alfejezetnek, ahol az elszívó rendszerek robbanásvédelmi kialakítását tárgyaljuk.

3.1.12. Minőségellenőrzés

A műszak végén ellenőrizd a tűz- és robbanásmegelőzést:

- A gépeken, polcokon, gerendákon nincs vastag lerakódott por; ha van, a munka folytatása előtt porszívóval (nem seprűvel, nem levegőbefúvóval) el kell távolítani.
- Az elszívó működik, a zsák vagy szűrő nincs tele.
- Az olajos rongyok zárt fémedényben vannak, az edény fedele zárva.
- A tűzveszélyes folyadékok zárt tűzvédő szekrényben vannak, nyitott edény nincs kint.
- Dohányzásra utaló nyom nincs a műhelyben; a tűzoltó készülék a helyén van.

Eltérés esetén a munkát az érintett helyen le kell állítani, és a hibát a munkavezetőnek jelenteni kell.

3.1.13. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A tanuló az olajos rongyot a forgácsos zsákba dobja. **Ok és veszély:** Az olajos rongy oxidációja közben hő termelődik. A forgács éghető, a rongy meggyullad, és a kupac lángra kap. **Helyes gyakorlat:** Mindig zárt fémdobozba tedd az olajos rongyot, és a műszak végén a kijelölt hulladékgyűjtőbe vidd.

Hiba. A tanuló a porszívó helyett sűrített levegővel fújja le a port a gépről. **Ok és veszély:** Ezzel sűrű porfelhőt kelt. Ha a por koncentrációja eléri az alsó robbanási határt, egy elektrosztatikus szikra miatt berobbanhat. **Helyes gyakorlat:** Ipariporszívóval vagy központi elszívással szívassuk le a port; törlőkendővel töröljük át a gépet.

Hiba. Nyitott hígítós flakon van a csiszológép közelében. **Ok és veszély:** A csiszolás közben kiugró szikra vagy a gép forró motorja begyújthatja a hígító gőzeit. **Helyes gyakorlat:** A tűzveszélyes anyagokat mindig vissza kell zárni a tűzvédő szekrénybe, és csak a munkához szükséges mennyiséget szabad a munkatérbe kihozni.

3.1.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben késő este észrevették, hogy füstszag van. Kiderült, hogy a nappali műszakban egy tanuló lenolajos rongyot hagyott a munkapadon, összegyűrve. A rongy a meleg, fűtés melletti helyiségben már órák óta gyűjtötte a hőt. Szerencsére a rongy csak szenesedni kezdett, de a pad tölgyfa lapja már megbarnult. A tűzoltóság később elmondta: ha nem veszik észre, éjszaka az egész műhely kiéghetett volna. Ettől kezdve a műhelyben minden munkapadon külön fémdobozt szereltek fel az olajos rongyoknak, és a műszak végén a tanulókkal ellenőriztették a tárolást. **Tanulság:** a tűzvédelem nem csak a tűzoltó készülék megléte, hanem a mindennapi szokások rendszere.

3.1.15. Önellenőrzés

1. Melyik az a negyedik feltétel, ami a tűzháromszögből tűztetraédert csinál?
2. Miért veszélyesebb a levegőben szálló finom csiszolatpor, mint a padlón fekvő forgácshalom?
3. Mi az olajos rongy öngyulladásának a mechanizmusa, és miért nem kell hozzá gyújtóforrás?
4. Mi a másodlagos porrobbanás, és miért veszélyesebb, mint az elsődleges?
5. Hová kell tenni a használt olajos rongyot a műhelyben?
6. Melyik művelet tilos a por eltakarítására, és miért?

3.1.16. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a tűz tetraéderének négy elemét, és mindegyikhez adj egy-egy konkrét példát a faipari műhelyből!

2. feladat (A) Igaz vagy hamis? Válaszod indokold! a) A nagyobb fadarabok gyúlékonyabbak, mint a finom por. b) A vízbázisú lakkok gőzei ugyanolyan tűzveszélyesek, mint az oldószeres lakkoké. c) Az olajos rongyot nem szabad összegyűrve a forgácsos zsákba dobni.

3. feladat (B) Egy bútorgyár kis csiszolószigetelő kamrájának térfogata 8 m^3. Becslés szerint a kamrában a fapor koncentrációja 45 $\mathrm{g/m}^3$. Az adott fapor alsó robbanási határértéke 60 $\mathrm{g/m}^3$. Robbanásveszélyes-e a légtér? Számold ki, mennyi por van jelenleg a kamrában, és mennyi por kellene még a robbanáshoz!

4. feladat (B) Raktárban a tanuló a következőket találja a dohányzóasztalon: egy nyitott acetonos palack, egy vizesvödör, egy zsák cement, egy halom faforgács, és egy fémdoboz olajos rongy. Csoportosítsd az elemeket tűzveszélyességi szempontból (éghető, égést tápláló, hűtő/oltoanyag, gyújtóforrás lehet)!

5. feladat (C) A műhelyben az egyik dolgozó egy kerekeken guruló fémkonténerbe szeretné gyűjteni az olajos rongyokat, de a konténernek nincs fedele. Miért nem jó megoldás? Milyen tulajdonságokkal kell rendelkeznie egy megfelelő olajosrongy-gyűjtőnek? Indokold!

6. feladat (D) Tarts egy rövid „tűzvédelmi szemlét” a tanulóműhelyben! Írd le, mit kell ellenőrizni a következő helyeken: (1) csiszológépek és porszűrők környéke, (2) a ragasztó- és lakktároló polc, (3) a hulladékgyűjtő konténer. Mindegyik helyszínhez adj meg legalább 2 konkrét tűzmegelőzési szempontot!

3.1.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok: 1. A negyedik feltétel a kémiai láncreakció. 2. A finom por a levegőben minden szemcse körül oxigént talál, így a láng gyorsan terjed; a porfelhő koncentrációja elérheti a robbanási határt. A padlón lévő forgácsban az oxigén nem fér hozzá minden részhez, így csak lassan ég. 3. Az olajos rongy oxidációja hőt termel, a hő az összegyűrt rongyban felgyűlik, a hőmérséklet emelkedik, és a rongy saját magát gyújtja meg. Ez öngyulladás, nem kell hozzá szikra. 4. A másodlagos robbanás a padlón, polcokon, gépeken lerakódott régi por felkavarodásából jön létre a kisebb első robbanás hatására. Sokkal nagyobb és gyorsabb tüzet okoz. 5. Zárt, fém, tűzálló dobozba. 6. Sűrített levegővel lefújni a port tilos, mert robbanóképes porfelhőt kelt.

1. feladat megoldása: Éghető anyag: fűrészpor. Oxigén: a levegő 21%-a. Gyújtóforrás: egy forró csapágy. Láncreakció: az égés során felszabaduló hő és szabad gyökök folyamatosan fenntartják a folyamatot.

2. feladat megoldása: a) Hamis. A finom por sokkal gyúlékonyabb, mert nagyobb a fajlagos felülete. b) Hamis. A vízbázisú lakkok vízben oldottak vagy diszpergáltak, kevésbé tűzveszélyesek, bár a száradt réteg éghető. c) Igaz. Az olajos rongy öngyulladhat, a forgács pedig tüzet fog.

3. feladat megoldása: Jelenlegi por mennyisége: $m_1 = V \cdot c_1 = 8\,\mathrm{m}^3 \cdot 45\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^3} = 360\,\mathrm{g}$. Robbanáshoz szükséges por: $m_2 = V \cdot c_2 = 8\,\mathrm{m}^3 \cdot 60\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^3} = 480\,\mathrm{g}$. Hiányzó por: $m_2 - m_1 = 480 - 360 = 120\,\mathrm{g}$. A számított átlag (45 $\mathrm{g/m}^3$) az alsó robbanási határ 75 %-a. Ez robbanásveszélyes állapot: a por eloszlása nem egyenletes, és helyenként már elérheti a 60 $\mathrm{g/m}^3$-t; a 120 g hiányzó por kis változásnál (felkavarás, szűrőtisztítás) könnyen összejön. Teendő: a gyújtóforrások kizárása, a munka leállítása, az elszívás ellenőrzése; a kamra a robbanásvédelmi dokumentáció szerint zónába sorolandó **(ellenőrizendő)**.

4. feladat megoldása: - Éghető: aceton (gőze fokozottan tűzveszélyes), faforgács, olajos rongy. - Égést tápláló: a levegő oxigénje (a listában nincs ilyen tárgy). - Oltásra használható: a vizesvödör (aceton- és elektromos tűznél nem!). - Nem éghető, semleges: a cement. - Gyújtóforrás: a dohányzás (cigaretta, öngyújtó) – a raktárban dohányozni tilos, a dohányzóasztalt el kell távolítani; az olajos rongy öngyulladással maga is gyújtóforrássá válhat. - Teendő: az acetont lezárni és tűzvédő szekrénybe tenni, a forgácsot elvinni, a fémdobozt lezárni.

5. feladat megoldása: Nem megfelelő, mert a rakásba gyűjtött olajos rongyok belsejében a hő felhalmozódik, a nyitott konténer folyamatos oxigénutánpótlást ad, és ha a rongy meggyullad, a láng kicsaphat és átterjedhet. Megfelelő gyűjtő: nem éghető (fém) anyagú, önzáródó vagy szorosan záródó fedelű, jelölt edény; a tartalmat naponta ki kell üríteni a kijelölt veszélyeshulladék-gyűjtőbe **(ellenőrizendő: biztonsági adatlap)**. Alternatíva a gyártói adatlap szerint: a rongyot kiterítve, éghetetlen felületen szárítani, vagy vízzel teli, zárt fémedénybe tenni.

6. feladat megoldása: (1) Csiszológépek: elszívó működik-e, a porszűrő nincs-e tele, a gép nincs-e túlmelegedve. (2) Ragasztó- és lakktároló: a flakonok le vannak-e zárva, a polc alatt nincs-e gyújtóforrás, a gőzök el tudnak-e szellőzni. (3) Hulladékgyűjtő: nincs-e benne olajos rongy, a fém konténer fedelét le lehet-e zárni.

3.1.18. Rövid összefoglaló

A tűz az éghető anyag, az oxigén, a gyújtóforrás és a kémiai láncreakció együttese. A faipari műhelyben a legnagyobb tűz- és robbanásveszélyt a finom fapor, a tűzveszélyes folyadékok gőzei és az olajos rongy öngyulladása jelenti. A fapor a levegőbe kavarodva robbanóképes felhőt alkothat; az ehhez szükséges koncentráció mindössze néhány tíz gramm köbméterenként. Az oldószeres lakkok és hígítók gőzei a padló közelében gyűlnek össze, és egy szikrától belobbanhatnak. Az olajos rongyot mindig zárt fémdobozba kell tenni. A tűzveszélyességi osztályba sorolást a hatályos OTSZ szerint kell elvégezni. A robbanásveszélyes terekben (pl. festőkamra, ciklon) csak megfelelő (EX) berendezéseket szabad használni. A megelőzés alapja a rendszeres takarítás, a por elszívása, a gyújtóforrások kizárása (dohányzási tilalom, elektromos karbantartás) és a tűzveszélyes anyagok szabályos tárolása.

3.1.19. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrás típusa:** Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) – a pontos kategórianevek és zónabesorolások ellenőrizendők a hatályos rendeletben.
- **Forrás típusa:** ATEX irányelvek és a magyarországi robbanásvédelmi jogszabályok – a zónák és a készülékkategóriák jelölésének ellenőrzése szükséges.
- **Forrás típusa:** Vegyi anyagok biztonsági adatlapjai (pl. lenolaj, nitrohígító) – az öngyulladási hőmérséklet és a 3. szakasz tűzveszélyességi besorolása mindig az aktuális termékre ellenőrzendő.
- **Megjegyzés:** A por alsó robbanási határértéke (LEL) tájékoztató. A pontos érték függ a por anyagától, nedvességtartalmától és szemcseeloszlásától.

3.2. Tűzoltó anyagok és eszközök, tennivalók tűz esetén

3.2.1. Miért kell ezt tudnod?

Egy faipari műhelyben a tűz soha nem elméleti lehetőség. Gyantás fenyőpor ég az elszívócsatornában, az oldószeres pácról meggyullad a felületkezelő kendő, a megkopott kábelű gépen füstöl

a csatlakozó. Ilyenkor nincs idő könyvet lapozni. A tűzoltó anyagok ismerete és a tűz esetén követendő lépések azért tartoznak ide, mert az asztalos tanuló is lehet az első, aki észleli a füstöt. A helyes döntés – mivel szabad-e oltani, milyen készülékkel, mikor hívjuk a tűzoltókat – perceken, életet és teljes műhelyek sorsán múlhat.

3.2.2. Szemléletes kép

Képzeld el a műhely két pontját egyszerre. A gépműhelyben a forgácselszívó flexibilis tömlője mellett izzani kezd az összegyűlt csiszolópor. A festőkamrában a mosóoldószerrel telt tálca mellett valaki bedug egy sérült szigetelésű hosszabbítót, amely szikrázni kezd. Az első esetben a víz vagy a porral oltó segíthet, a másodikban a hibás elektromosság miatt feszültség alatt lévő kábel környezetében a vízsugár életveszélyes. Ez a két kép mutatja, miért kell előbb a tűzosztályt és a feszültségmentesítést felismerni, és csak utána a készülékhez nyúlni. A tűzoltó anyag nem „univerzális”, hanem mindig az égő anyaghoz igazodik.

3.2.3. A tűzoltó anyagok

Definíció. Tűzoltó anyag az anyag, amely az égés feltételeit – éghető anyagot, oxigént, hőt vagy az égési láncreakciót – megszünteti vagy csökkenti. A leggyakoribb tűzoltó anyagok: víz, hab, tűzoltó por, szén-dioxid és a faiparban ritkábban használt tisztítóoltó (halonhelyettesítő) anyagok.

A tűzoltás alapelveit az Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás alfejezet égéselméletéből ismered: el kell venni az égő anyagot, az oxigént, a hőt vagy meg kell szakítani a kémiai láncreakciót. A különböző tűzoltó anyagok más-más módon avatkoznak be.

3.2.3.1. Víz

A víz elsősorban hőelvonással olt: nagy hőkapacitása és párolgáshője hűti az égő faanyagot. Fa- és papíranyagú tüzeknél jó, ha elegendő mennyiségben jut el a parázsba. Víz nem használható:

- feszültség alatt lévő elektromos berendezéseknél, mert a sugár áramot vezethet;
- olaj- és oldószertűznél, mert a víz szétfröcsköli a könnyebb égő folyadékot, a tűz pedig szétterjed;
- fémtüzeknél (például magnézium), ahol a víz éghető hidrogént fejleszt.

A faiparban a víz leggyakrabban tűzcsappal, fali tűzcsaphoz csatlakoztatott tömlővel vagy vízzel töltött edénnyel kerül felhasználásra.

3.2.3.2. Tűzoltó hab

A hab a vizet levegővel és habképző anyaggal keveri. A habtakaró elzárja az oxigént, hűt, és megakadályozza az éghető gőzök kilépését. Folyadéktüzeknél, például oldószer, hígító, lakk kisebb kiömlése esetén hatékony. Feszültség alatt lévő elektromos berendezésre habbal sem szabad oltani, hacsak a készülék gyártói adata ezt kifejezetten nem engedi. A faipari műhelyekben a habbal oltó készülékek jellemzően az **AB habbal oltó** családba tartoznak: szilárd anyagok (A osztály) és éghető folyadékok (B osztály) tüzére is alkalmasak.

3.2.3.3. Tűzoltó por

A tűzoltó por finom szemcsékből áll, amelyek megszakítják az égési láncreakciót, a hőt is csökkentik, és a lángzónát leárnyékolják. Az **ABC porral oltó** a leggyakoribb faipari készülék: szilárd anyagok, folyadékok és – korlátozott feszültség alatt – elektromos berendezések tűzéhez is használható. Hátránya, hogy a por erősen szennyez, bejut a gépcsapágyakba, kapcsolókba, lakkozott felületekbe, ezért a nagy értékű gépeknél vagy a festőműhelyben mérlegelni kell a használatát. A porral oltással a felületkezelő műhelyben később sok takarítás és esetleg géphiba járhat, de a kisebb tüzet gyorsan elfojthatja.

3.2.3.4. Szén-dioxid (CO_2)

A szén-dioxid a levegőnél nehezebb gáz, amely kiszorítja az oxigént, és erősen hűt a kiáramláskor. Kiválóan alkalmas elektromos tüzekhez és kisebb folyadéktüzekhez, mert oltás után nem hagy maradékot. Hátránya, hogy zárt térben oxigénhiányt okozhat, ezért a szórófülkében vagy kis helyiségben csak az elhagyás irányát szem előtt tartva szabad használni. A CO_2 oltóval nem szabad szétszóródó parázsló szilárd anyagot, például mély faport vagy szálas fűrészport oltani, mert a gáz gyorsan elillan, és a parázs újra lángra kaphat. Ilyenkor előbb szét kell húzni vagy vízzel kell átitatni az anyagot.

3.2.3.5. Tűzosztályok

Szabály. A tűzosztály az égő anyag fajtáját jelöli, és a tűzoltó készüléken feltüntetett betűjel mutatja, mire használható az eszköz. A gyakori tűzosztályok a faiparban:

- **A**: szilárd, általában izzó tűz – fa, fűrészpor, papír, kárpit, textil;
- **B**: éghető folyadék vagy olvadó szilárd anyag – lakk, hígító, pác, olaj, viasz;
- **C**: éghető gáz – a műhelyben ritka, például PB-gáz a hőlégfúvónál;
- **D**: fémtűz – asztalosműhelyben gyakorlatilag nem fordul elő (pl. könnyűfém forgács gépi megmunkálásnál);
- **F**: étolaj- és zsírtűz – a faipari műhelyben nem jellemző, de konyhabútor-bemutatóhelyen előfordulhat.

A tűzoltó készülékek címkéjén a betűk mellett vagy helyett gyakran különböző piktogramok szerepelnek; a régi készülékeken még előforduló áthúzott betűjel azt jelöli, hogy arra a tűzosztályra **nem** használható. Az átsorolások és a pontos jelölés idővel változhat, ezért a tanuló mindig a készüléken található aktuális piktogramot és a gyártói adatot tekintse mérvadónak **(ellenőrizendő: a tűzvédelmi műszaki követelmény jelenlegi jelölésrendszere)**.

	A fa, fűrészpor	B lakk, hígító	C gáz	elektromos feszültség alatt	F étolaj
víz	igen	TILOS	nem	TILOS	TILOS
hab (AB)	igen	igen	nem	TILOS*	feltétellel csak F-jelölésű
por (ABC)	igen	igen	igen	feltétellel címke szerinti feszültségig	nem
CO_2	feltétellel parázsló porra nem	igen	nem	igen	nem
oltótakaró	feltétellel kis tűz, égő ruha	feltétellel kis edény	nem	nem	igen

* hab feszültség alatt csak akkor, ha a készülék gyártói adata kifejezetten engedi. Gáztűznél először a gázellátást kell elzárni.

Tájékoztató; a készülék címkéje és a tűzvédelmi szabályzat a mérvadó (ellenőrizendő).

3.3. ábra. Oltóanyag és tűzfajta: tájékoztató alkalmassági mátrix (igen / feltétellel / nem / TILOS; a készülék címkéje és a tűzvédelmi szabályzat a mérvadó, ellenőrizendő)

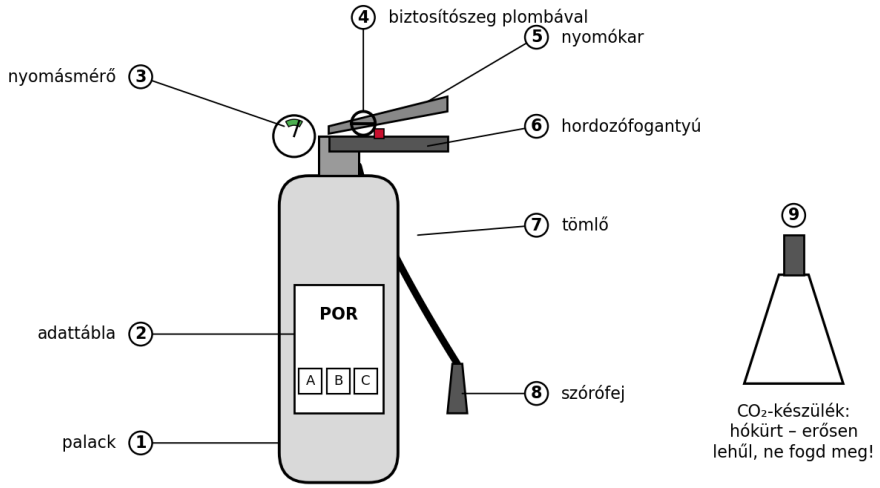
A mátrix a fenti szöveg összefoglalása: víz csak szilárd anyag (A) tüzére, folyadékra, feszültség alatti berendezésre és étolajra TILOS; a hab A és B tűzre jó, feszültség alatt csak a gyártó kifejezett engedélyével; az ABC por a legtöbb tűzre, feszültség alatt a címkén jelölt határig; a CO_2 folyadék- és elektromos tűzre, parázsló fűrészporra nem. A cellák szövege fekete-fehérben is olvasható. Az interaktív változatban kiválaszthatod az égő anyagot (például izzó csiszolópor az elszívóban, égő pácos kendő, füstölgő hosszabbító), és megkapod az ajánlott oltóanyagot és a tiltásokat.

3.2.4. Tűzoltó készülékek fajtái és kezelése

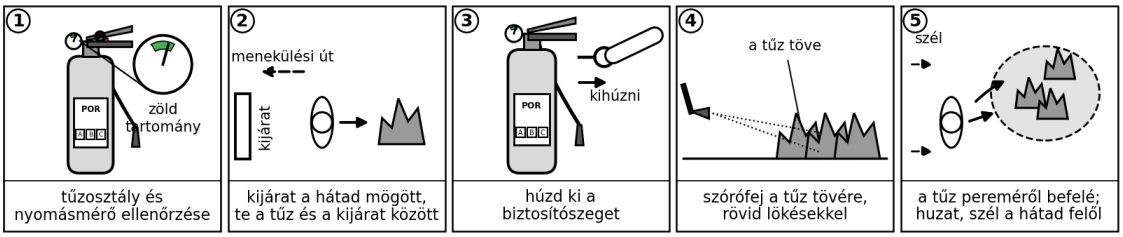
A faipari műhelyekben leggyakrabban hordozható tűzoltó készülékeket találunk: vízzel, habbal, porral vagy CO_2-dal töltött palackokat. A készülék kiválasztása a műhely tűzterhelésétől, a gépek típusától és a felületkezelő anyagok mennyiségétől függ. A felületkezelő műhelyben és a szórófülkében például az oldószergőzök miatt előnyben részesítik a B osztályra is alkalmas habbal vagy CO_2-dal oltó készülékeket, de a végső döntés a kockázatértékelés és a tűzvédelmi szabályzat feladata **(ellenőrizendő: a konkrét műhelyre vonatkozó tűzvédelmi előírás)**.

Szabály. A tűzoltó készülék csak akkor hatékony, ha az oltóanyag kijut a palackból és eléri a tüzet. A kezelés általános lépései:

1. Ellenőrizd, hogy a készülék megfelelő tűzosztályú-e az adott tűzhöz.
2. Győződj meg a menekülési út szabad voltáról – a készüléket a tűz és a kijárat között használd.
3. Húzd ki a biztosítószeget vagy oldd a kioldó szerkezetet.
4. Célozd a sugárcsövet a tűz fészkére, nem a lángnyelvekre.
5. Nyomd meg a kioldó kart, és a sugárral a tűz tövét oldalirányban seperve, a közelebbi széltől előre haladva olts; csepegő, lefolyó égő folyadéknál felülről lefelé.
6. A tűz lefojtása után figyeld a helyszínt: a parázs visszagyulladhat.
7. A kiürült vagy sérült készüléket jelentsd, és gondoskodj az újratöltésről, felülvizsgálatról.



3.4. ábra. A hordozható porral oltó készülék részei (sematikus rajz) és a CO_2-készülék hókürtje



3.5. ábra. A tűzoltó készülék kezelése öt lépésben (sematikus képsor)

Az első ábra a készülék részeit mutatja: 1 palack, 2 adattábla a tűzosztályok piktogramjaival, 3 nyomásmérő (a mutató a zöld tartományban legyen), 4 biztosítószeg plombával, 5 nyomókar, 6 hordozófogantyú, 7 tömlő, 8 szórófej; a CO_2-készülék szórófeje a hókürt (9), amely kiáramláskor erősen lehűl. A képsor a kezelés lépéseit mutatja: tűzosztály és nyomásmérő ellenőrzése, a kijárat a hátad mögött, a biztosítószeg kihúzása, a szórófej a tűz tövére rövid lökésekkel, végül haladás a tűz pereméről befelé, a huzattal a hátad felől.

A porral oltó készülék használata közben a műhelyben erős porfelhő keletkezik, ami rontja a látást. Ezért ne a porfelhő közepébe, hanem a tűz közelebbi szélétől kezdve olts; szabadtéren széllel a hátad mögött haladj. A CO_2 oltónál a kiáramló gáz miatt a sugárcső lehűl, ezért ne fogd meg a fúvókát kesztyű nélkül; a légzésvédő és a kesztyű a faipari tűzeseteknél is hasznos. Az égő szilárd anyagot, például a fűrészport, előbb nem éghető szerszámmal (lapáttal) szét kell húzni, mert a felszín leoltása nem oltja el a mélyben izzó zsarátot.

Figyelem. Tűzoltó készüléket csak a kialakult tűz kezdeti szakaszában, a saját menekülési út birtokában, az erre utasított dolgozó használjon. Ha a tűz terjed, füst keletkezik, vagy az oltáshoz bizonytalanság társul, hagyd el a helyiséget, és hívd a katasztrófavédelmet a 112-es telefonszámon.

3.2.5. Beépített tűzjelző és tűzoltó berendezések

A nagyobb faipari üzemekben a hordozható készülékek mellett beépített rendszerek is működnek. A **beépített tűzjelző berendezés** automatikus érzékelőkből, központból és jelzésadókból áll. Az érzékelő lehet füst-, hő- vagy lángérzékelő; a faiparban a füst- és hőérzékelők a leggyakoribbak. A jelzés megjelenhet a helyszínen, a portán, és távfelügyeleti szolgáltatón keresztül eljut a katasztrófavédelemhez. A **beépített tűzoltó berendezés** automatikusan vagy kézi indításra juttat oltóanyagot a védett helyre, például szórófejeken keresztül vizet vagy habot. A faipari raktárban és a festőkamrában gyakran **szórófejes oltóberendezés** védi a legveszélyesebb zónát. A szórófülke csatornájában és szűrőjében lerakódott lakk- és oldószergőz miatt a beépített oltó kiemelten fontos védelmi elem.

A tanuló feladata beépített rendszer esetén nem a szerelés, hanem a rendszer működésének ismerete: mit jelent a hangjelzés, hol vannak a kézi jelzésadók, hogyan kell a fülkét lekapcsolni, és mikor kell a rendszert felügyelet alatt tartani. A faipari gépek elszívóvezetékében a szikra- és hőérzékelő elzárószeleppel vagy oltómodullal is kombinálható. Az ilyen berendezés indítását és a karbantartását mindig a tűzvédelmi szakember és a gépkönyv utasítása szerint kell végezni **(ellenőrizendő: a gyártói karbantartási előírás)**.

3.2.6. Tennivalók tűz esetén

Technológiai lap. Ha tüzet észlelsz a műhelyben, az alábbi sorrendet kövesd. A sorrendet a rövidítéssel így jegyezd meg: **Ments – Jelezz – Állítsd meg – Olts, ha biztonságos – Menekülj.**

1. **Emberek mentése.** Ha valaki közvetlen veszélyben van, riaszd, és segítsd a menekülésben, de csak akkor menj érte, ha a saját épséged nem forog kockán. – Ellenőrzés: a veszélyeztetett személy hangos megszólítással tájékozódik, és a kijárat felé mozdul.
2. **Tűzjelzés.** Hívd a 112-es egységes segélyhívót, és mondd el: mi ég, hol ég, van-e ember a helyszínen, és a te neved. A pontos címet mondd el elsőként, és ne tedd le, amíg a diszpécser nem kéri. – Ellenőrzés: a segélyhívóban megerősítik a címet.
3. **Áramtalanítás, gép leállítása.** Kapcsold le a tűz közelében lévő gépeket, és lehetőség szerint a tűz által veszélyeztetett áramkört. Feszültség alatt lévő berendezéshez vízzel vagy habbal ne nyúlj. – Ellenőrzés: a gépkapcsoló „0” állásban, a főkapcsoló ismert helyen.
4. **Tűzoltás csak a kezdeti szakaszban.** Ha a tűz kicsi, a menekülési út mögötted szabad, és a megfelelő készülék kéznél van, kíséreld meg az oltást. – Ellenőrzés: a készülék tűzosztálya illik az égő anyaghoz, a palacknyomás felülvizsgálati ideje lejárat előtt van.
5. **Menekülés.** Ha a tűz terjed, füst gyűlik össze, vagy az oltás sikertelen, hagyd el a helyiséget az áramtalanított, füstmentes útvonalon. Csukd be magad mögött az ajtót, hogy lassítsd a tűz és a füst terjedését. – Ellenőrzés: a gyülekezési ponton mindenki elérhető.
6. **A bejáratnál fogadd a tűzoltókat.** Add át a készülékek, a gázpalack, a felületkezelő anyagok és a gépkapcsolók helyét ábrázoló vázlatot, ha van. – Ellenőrzés: a kiérkező egység parancsnoka tudomást szerez a kockázatokról.

A faipari műhelyben különösen fontos, hogy a tűz helyét szakmailag is ismerd. A szórófülkében az elszívócsatornában lerakódott pormaradvány a tűz kiindulópontja lehet; ilyenkor a fülkét áramtalanítani kell, a szórást leállítani, a menekülési utat a gép mögött tartani. A gépműhelyben a csiszolópor és az olajos rongy együtt gyulladhat meg; az olajos rongyot fedeles, nem éghető (fém) gyűjtőedényben kell gyűjteni, nem csomóban, ahogy az Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás alfejezet is tárgyalja; a veszélyes hulladékról a Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap alfejezet szól.

Tilos. Tűz esetén tilos áram alatt lévő gépet vízzel oltani, tilos a tüzet a menekülési út felé tartva oltani, tilos az égő oldószeres kendőt vízzel leönteni úgy, hogy az égő folyadék szétfolyjon, és tilos a riasztás nélküli „magányos oltás”, amelyben a többiek nem tudnak a veszélyről.

3.2.7. Tűzkárbejelentés

Szabály. Minden tüzet – akkor is, ha már eloltották – jelezni kell a tűzoltóságnak (112), illetve utólag be kell jelenteni a katasztrófavédelemnek **(ellenőrizendő: hatályos jogszabály)**. Emellett a munkahelyi belső utasítás szerint értesíteni kell a vezetőt, és a biztosítási szerződés szerint a biztosítót; a tanuló a műhelyben tanult belső eljárást kövesse. A katasztrófavédelmi hatóság a tűz okát és a keletkezett kárt vizsgálhatja; a biztosító a kárbejelentés, a rendőrség pedig bűncselekmény gyanúja esetén intézkedhet. A határidőket a biztosítási szerződés tartalmazza, ezért a kárbejelentést haladéktalanul meg kell tenni **(ellenőrizendő: a hatósági bejelentés módja és a biztosítói határidő a gyakorlatban)**.

A tűzkárbejelentés minimális tartalma:

- a tűz pontos helye, időpontja, a jelzés módja;
- mi égett, milyen oltóanyagot használtak;
- a tűz valószínű oka, ha ismert;
- a kár mértéke (sérült gépek, anyagok, épületrészek);
- a bejelentő neve és elérhetősége;
- tanúk, fényképek, dokumentumok felsorolása.

A helyszínt a vizsgálat lezárásáig lehetőleg úgy kell hagyni, ahogy a tűz után maradt, kivéve, ha az élet- és vagyonmentés vagy a további kár megelőzése indokolja a változtatást. A gépek, a szórófülke, az elszívórendszer és a villamos hálózat újbóli használat előtt szükség szerint felülvizsgálatra szorul.

3.2.8. Minőségellenőrzés

A tűzvédelmi eszközöket havonta, rövid szemlével ellenőrizd (a pontos felülvizsgálati időköz jogszabály és gyártói előírás szerint **(ellenőrizendő: felülvizsgálati időköz)**):

- A tűzoltó készülék a kijelölt helyen van, a hozzáférést semmi nem torlaszolja el.
- A biztosítószeg plombája ép.
- A nyomásmérő mutatója a zöld mezőben áll.
- A felülvizsgálati címke érvényes, a készülék nem sérült, a tömlő és a szórófej nem repedt.
- A tűzosztály-jelölés (piktogram) olvasható, és illik a műhely tüzeihez.
- A menekülési utak és a kézi jelzésadók szabadok.

Eltérésnél a készüléket nem szabad a helyén hagyni „majd rendbe jön” alapon: jelezd a felelősnek, a hibás készüléket ki kell cserélni vagy felülvizsgáltatni, és a hiányt a műhelynaplóba be kell írni.

3.2.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Vízzel oltás feszültség alatt lévő gépnél.** Ok: a „víz oltja a tüzet” szokásos tudás. *Helyes gyakorlat:* először áramtalanítás, utána CO_2 vagy a készüléken erre jelölt por.

2. **CO_2-vel oltás parázsló fűrészporra.** Ok: a készülék kéznél volt. *Helyes gyakorlat:* a parázsló port előbb nem éghető szerszámmal szét kell húzni, vagy vízzel átitatni; a CO_2 nem tartós.
3. **A tűz és a kijárat közé állni.** Ok: a tűz közelébe akarunk jutni. *Helyes gyakorlat:* a kijárat mindig a hátad mögött legyen.
4. **Riasztás nélküli oltás.** Ok: „megoldom magam”. *Helyes gyakorlat:* előbb riaszd a többieket és hívd a 112-t.
5. **A láng tetejére célzás.** Ok: a láng látványa. *Helyes gyakorlat:* a sugarat a tűz tövére irányítsd.

3.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben délután füst szállt fel az elszívócsatornából. A csiszológép elszívója mellett összegyűlt lerakódott por izzani kezdett. A tanuló észrevette a füstöt, kiabált, a gépet lekapcsolta, és riasztotta az oktatót, aki hívta a 112-t. Az oktató az elszívót áramtalanította, és a csatorna mellett, a kijárat felől ABC-poros készülékkel rövid lökésekkel oltott; a parázslást ezután a tűzoltók szüntették meg. A kárt a műhely bejelentette a biztosítónak, és a tűzoltók jegyzőkönyvet vettek fel. A tanulság: a lerakódott por tűzterhelés, a gyors riasztás és az áramtalanítás fontosabb, mint a bátorság; az elszívócsatornát a tűz után szakemberrel felül kellett vizsgáltatni. (Szemléltető eset, nem konkrét esemény leírása.)

3.2.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az áram alatt lévő gép tüzét vízzel kell oltani, mert a víz hűt. Indokold.
2. Melyik tűzosztály az oldószeres lakk tüze, és melyik oltóanyag megfelelő rá?
3. Miért nem jó a CO_2-készülék mély, parázsló fűrészporra?
4. Mi a helyes sorrend tűz észlelésekor? Sorold fel az öt szó első betűjét (M–J–Á–O–M).
5. Hová irányítod a sugárcsövet oltáskor, és hol áll a kijárat hozzád képest?
6. Mit mondasz a 112-es hívásban elsőként?

3.2.12. Feladatok

1. feladat (A) Párosítsd a tűzosztályt (A, B, C, D) az égő anyaggal: fa, lakk, PB-gáz, magnéziumforgács.

2. feladat (A) Sorold fel a tűzoltó készülék kezelésének négy első lépését.

3. feladat (B) A műhelyben izzik az elszívócsatornába gyűlt csiszolópor. Melyik készüléket választod a víz, a hab, az ABC por és a CO_2 közül, és mit teszel előtte? Indokold.

4. feladat (B) Egy 60 m²-es műhelyben egy 6 kg-os porral oltó készülék van a bejáratnál. A műhely túlsó sarkában oldószeres szekrény áll. Elég-e ez a készülék, és mit javasolsz az oldószeres szekrényhez? Indokold. (A pontos elérési távolságot a tűzvédelmi szabályzat adja **(ellenőrizendő)**.)

5. feladat (C) Rajzold le szavakkal egy 80 m²-es asztalosműhely alaprajzát: gépműhely, festőkamra, raktár. Hová teszel tűzoltó készüléket, milyen típusút, és hol van a gyülekezési pont? Indokold.

6. feladat (D) Készíts havi szemle-ellenőrzőlapot a tűzoltó készülékekhez a Minőségellenőrzés pontjai alapján (készülék, hely, plomba, nyomás, címke, megjegyzés, aláírás).

3.2.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Feszültség alatt a víz vezeti az áramot, a sugár életveszélyes; először áramtalanítani kell, utána CO_2 vagy a készüléken jelölt por használható.
2. B osztály (éghető folyadék). Megfelelő: hab, por vagy CO_2 (a készülék címkéjén jelölt alkalmassággal); kis tűznél a lefedés is segít.
3. A CO_2 gyorsan elillan, így a mélyben izzó zsarát újra lángra kaphat; a port előbb szét kell húzni vagy vízzel átitatni.
4. M–J–Á–O–M: Ments – Jelezz – Állítsd meg (áramtalanítás) – Olts, ha biztonságos – Menekülj.
5. A tűz tövére; a kijárat a hátad mögött van, a tűz és a kijárat között használod a készüléket.
6. A pontos címet (vagy helyet), majd mi ég, van-e ember veszélyben; nem teszed le, amíg a diszpécser nem kéri.

1. feladat (A). Fa: A; lakk: B; PB-gáz: C; magnéziumforgács: D.

2. feladat (A). (1) Tűzosztály ellenőrzése; (2) a menekülési út szabad voltának ellenőrzése, a kijárat a hátad mögött; (3) biztosítószeg kihúzása; (4) sugárcső a tűz tövére irányítva.

3. feladat (B). Előtte: a gép áramtalanítása, 112 hívása, a csatorna környékének ellenőrzése. A víz parázsló, izzó porra csak szilárd (A) tűznél jó, de a csatornában elektromos berendezés lehet, ezért ne vizet használj; az ABC por vagy a hab alkalmas az A osztályra, a CO_2 nem alkalmas parázsló porra. Javasolt: ABC por, rövid lökésekkel, a kijárat felől, miután az áramot lekapcsoltad. A készülék választását a címke és a tűzvédelmi szabályzat dönti el **(ellenőrizendő)**.

4. feladat (B). Nem elég: a készülék a bejáratnál van, a veszélyes pont (oldószeres szekrény) a túlsó sarokban, ezért oda kell egy második, B osztályra is alkalmas készülék (hab vagy ABC por) az oldószeres szekrény közelében, szabadon hozzáférhető helyen, nem a szekrény mögött. A pontos elérési távolságot a tűzvédelmi szabályzat adja **(ellenőrizendő)**.

5. feladat (C). Egy lehetséges alaprajz: a gépműhely 40 m², a festőkamra 20 m², a raktár 20 m². Gépműhely: ABC por a bejáratnál és a csiszológépeknél (A+B+C tüzekre). Festőkamra: B osztályra is alkalmas hab vagy CO_2, a kamra ajtaján kívül, hogy tűz esetén elérjük. Raktár: ABC por az ajtónál. A gyülekezési pont az épület előtt, az utcai oldalon, a bejárattól legalább 20 m-re **(tájékoztató; ellenőrizendő)**. Indoklás: a készülék a menekülési út mentén, a veszélyforrás közelében, de nem a veszélyzónában legyen.

6. feladat (D). Az ellenőrzőlap oszlopai: sorszám; készülék típusa és helye; plomba ép (igen/nem); nyomásmérő zöld (igen/nem); felülvizsgálati címke érvényes (igen/nem); sérülés; megjegyzés; ellenőrizte (név, aláírás, dátum). Minden „nem” esetén a hibát jelezni kell a felelősnek, és a készüléket ki kell cserélni vagy felülvizsgáltatni.

3.2.14. Rövid összefoglaló

A tűzoltó anyagokat a tűzosztályhoz kell igazítani: izzó fánál a víz és az A-osztályra alkalmas hab, oldószernél a hab, por vagy CO_2, feszültség alatt lévő elektromos berendezésnél a CO_2 vagy a megfelelő por, hab – a készülék címkéjén jelölt feltételekkel. A tűzoltó készülék kezelésének lépései: biztosítószeget kihúz, sugárcsövet a tűz fészkére irányít, a sugárcsövet a tűz fészkére (tövére) irányítja, a közelebbi széltől előre haladva, oldalirányban seperve olt. Tűz esetén a sorrend: emberek mentése, riasztás a 112-es hívószámon, áramtalanítás, kezdeti oltás csak szabad menekülési úttal, majd menekülés és a tűzoltók fogadása. A tűzkárbejelentést haladéktalanul meg kell tenni, a belső utasítás és a biztosítói szerződés szerint. A felületkezelő műhelyben és

a szórófülkében a menekülési út, az oldószergőzök és az elszívórendszer is része a tűzvédelmi gondolkodásnak; ezt a(z) A felületkezelés egészségvédelmi, tűz- és környezetvédelmi előírásai alfejezet fogja részletesebben felhasználni.

Továbbvitt eredmény. A tűzosztály–oltóanyag párosítást és a Ments–Jelezz–Állítsd meg–Olts–Menekülj sorrendet a felületkezelés tűzvédelmi előírásainál (A felületkezelés egészségvédelmi, tűz- és környezetvédelmi előírásai) és minden gépi technológiai lapnál használjuk.

3.2.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Tűzvédelmi műszaki követelmények és tűzoltó készülékek jelölése: OTSZ, vonatkozó műszaki irányelvek (ellenőrizendő: a hatályos tűzvédelmi rendelet és a készülékfelülvizsgálati szabály).
- Tűzosztályok és oltóanyag-alkalmasság: a tűzoltó készülék gyártói adatlapja és a vonatkozó szabvány (ellenőrizendő: érvényes szabvány és jelölésrendszer).
- Tűzjelző és beépített oltó berendezések: a tervezés és kivitelezés előírásai (ellenőrizendő: hatályos tűzvédelmi műszaki követelmény, gyártói karbantartási előírás).
- Tűzkárbejelentés, biztosítói határidő: a biztosítási szerződés és a belső utasítás (ellenőrizendő: a konkrét műhelyben meghatározott eljárás).

3.3. A villamosság biztonságtechnikája a faipari műhelyben

3.3.1. Miért kell ezt tudnod?

Egy tanuló a műhelyben bedugja a kézi körfűrészt a hosszabbítóba. A gép kábelén kis repedés látszik, a csatlakozó meleg, a padló pedig nedves a reggeli felmosástól. Az áramütés itt nem egy távoli baleseti statisztika: ha a hiba és a nedves környezet találkozik, a tanuló élete múlhat azon, hogy a hálózat védelme és a gép szigetelése rendben van-e. Ebben az alfejezetben megtanulod, mit ellenőrizhetsz te magad, és mit kell villamos szakemberre bízni.

3.3.2. Áramütés: mit tesz a testeddel?

Az **áramütés** akkor jön létre, ha a testen keresztül áram folyik. A hatás nem elsősorban a feszültségtől, hanem az áramerősségtől, az áram útjától és az időtartamtól függ. Már **10 mA** körüli váltakozó áram is fájdalmas izomgörcsöt okozhat, **30–50 mA** már légzésbénulást és életveszélyes szívritmuszavart idézhet elő (tájékoztató élettani értékek, ellenőrizendő). A bőr ellenállása nedvesen, izzadt kézzel nagyon lecsökken, ezért ugyanaz a 230 V nedves környezetben sokkal veszélyesebb.

Definíció. A **névleges hálózati feszültség** a műhelyben Magyarországon jellemzően **230 V** (egyfázisú) vagy **400 V** (háromfázisú), **50 Hz** frekvenciájú váltakozó feszültség. A gépek adattábláján mindig ellenőrizd, milyen feszültségre készültek.

3.3.3. Alapvédelem és hibavédelem

A villamos biztonság két védelmi szintre épül.

Definíció. Az **alapvédelem** a közvetlen érintés elleni védelmet jelenti. Ide tartozik a vezető részek **szigetelése**, **burkolata**, **védőtávolsága**, valamint a kábelek épsége. Az alapvédelem célja, hogy áram alatt álló résszel ne érintkezhess.

Definíció. A **hibavédelem** (régi nevén érintésvédelem) a közvetett érintés elleni védelmet jelenti. Ha egy hiba miatt a gép fémteste feszültség alá kerül, a hibavédelemnek kell megakadályoznia a veszélyes áramütést. A két leggyakoribb eszköz a **védővezetővel ellátott földelés** és az **áram-védőkapcsoló**.

A **védővezető** zöld-sárga színű ér a kábelben és a vezetékben. Feladata, hogy testzárlat esetén a hibaáramot elvezesse, így a kismegszakító vagy a biztosíték leoldjon. **Szabály.** A védővezetőt tilos megszakítani, eltávolítani, vagy zöld-sárga eret más célra használni.

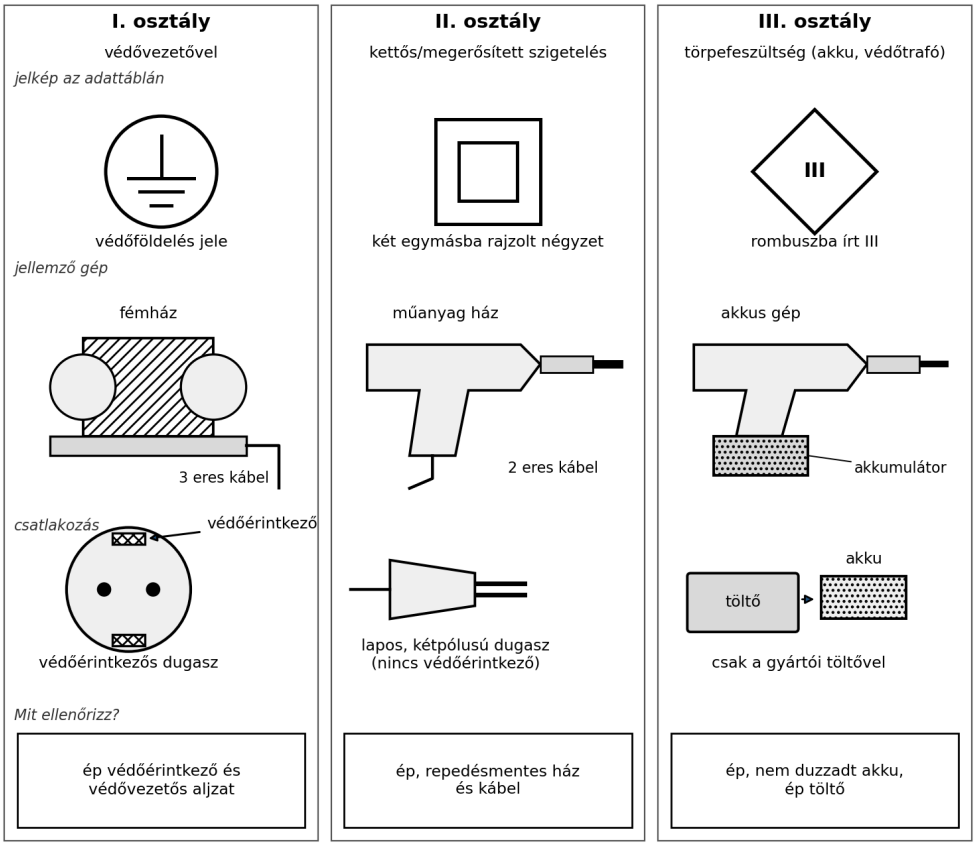
Definíció. Az **áram-védőkapcsoló** (FI-relé) olyan készülék, amely a hálózatból elfolyó hibaáramot érzékeli, és nagyon gyorsan, jellemzően **30 mA** hibaáramnál, rövid időn belül lekapcsolja az áramkört (a pontos kioldási idő és érték a készülék adattábláján szerepel, ellenőrizendő). A műhelyben gyakran kötelező, különösen nedves vagy kültéri környezetben.

3.3.4. Érintésvédelmi osztályok

Szabály. A villamos kéziszerszámokat érintésvédelmi osztályba sorolják:

- **I. osztály:** a gépnek alap szigetelése van, és **védővezetőre** van kötve. Csak ép védővezetős dugasszal és aljzattal használható.
- **II. osztály:** a gép **kettős vagy megerősített szigeteléssel** készül, ezért nincs szüksége védővezetőre. Jelölése: **két egymásba rajzolt négyzet**. A kézi kisgépek nagy része ilyen.
- **III. osztály:** a gép **biztonsági törpefeszültségről** (pl. akkuról vagy biztonsági törpefeszültségű transzformátorról) üzemel **(ellenőrizendő: MSZ HD 60364-4-41)**, így érintésvédelmi szempontból kevésbé veszélyes.

A gép adattábláján mindig nézd meg az osztályjelet, mielőtt használod.



3.6. ábra. Az érintésvédelmi osztályok jelképe, jellemző gépe és csatlakozása, alul az ellenőrzendő pontokkal (sematikus rajz; a jelképek pontos alakja az MSZ EN 61140 / IEC 60417 szerint ellenőrizendő)

Az ábra oszloponként mutatja: az I. osztály jele a védőföldelés jele, a gép fémházas, és védőérintkezős dugasszal csatlakozik; a II. osztály jele két egymásba rajzolt négyzet, a gép lapos, kétpólusú dugaszt kap; a III. osztály jele a rombuszba írt III, a gép akkumulátorról üzemel.

3.3.5. A gép villamos részei

A faipari gépen több villamos biztonsági elem van, amelyet a felhasználónak ismernie kell, és használat előtt ellenőriznie kell.

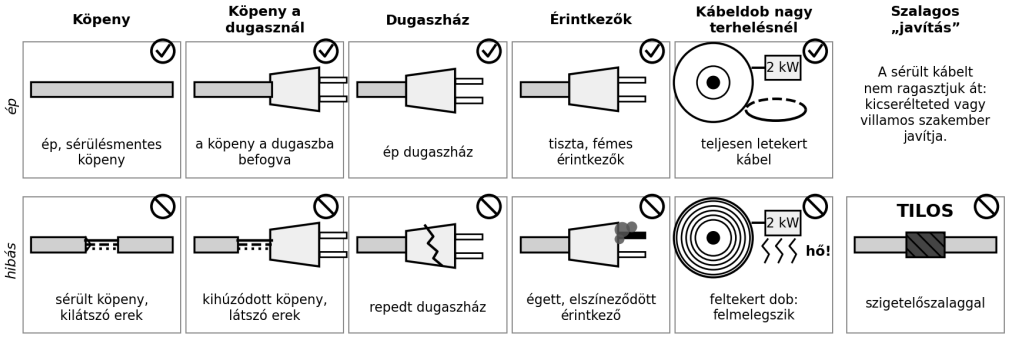
- **Főkapcsoló:** a gépet a hálózatról leválasztja. Karbantartás, szerszámcsere előtt mindig kapcsold ki, és ahol lehet, reteszeld (zárd le).
- **Vészleállító:** piros, gomba alakú nyomógomb (vagy húzókötél) sárga háttéren. Benyomás után a gép azonnal leáll, és a gomb nem térhet vissza magától: csak szándékos visszaállítással indítható újra.
- **Újraindulás elleni védelem:** ha a hálózati feszültség kimarad, majd visszatér, a gép **nem indulhat magától**. Ez megakadályozza, hogy a munkadarab váratlanul elkapjon.
- **Motorvédő kapcsoló:** túlterhelés, beragadt szerszám vagy fáziskimaradás esetén lekapcsolja a motort, mielőtt az leégne.

3.3.6. Hosszabbítók, dobok, csatlakozók ellenőrzése

Szabály. A hosszabbítót, az elosztódobozt, a dugaszt és a csatlakozót **minden használat előtt** szemrevételezéssel ellenőrizd. Erre a gépi alfejezetekben is visszatérünk: az Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész alfejezetben az indítás előtti ellenőrzés része lesz.

Az ellenőrzés lépései:

1. **Válaszd le a feszültséget:** húzd ki a dugaszt, mielőtt a kábelt nézed.
2. **Kábel:** a külső köpeny és a belső szigetelés ép legyen, ne legyen vágás, repedés, olvadás, csomó, megtörés, hőre vetemedett rész.
3. **Dugasz és csatlakozó:** ne legyen megolvadt, elszíneződött, laza érintkező; a védőér (I. osztálynál) biztosan rögzítve legyen; az érintkezőpálcák ne legyenek hajlottak, repedtek.
4. **Hosszabbító dob:** a kábelt teljesen **le kell tekerni**, ha nagyobb teljesítményű gépet hajtasz meg. A feltekert kábel rosszul hűl, felmelegszik, és a szigetelés károsodhat.
5. **Nedves környezet:** csak arra alkalmas, **IP-védettségű** elosztót használj. A fröccsenő víz elleni védelem jelölése például **IP44** (első számjegy: szilárd tárgy, második: víz elleni védelem – a pontos besorolást a gyártó adja meg).
6. **Rövid próba:** csatlakoztatás után kapcsold be a gépet, és próbáld ki a vészleállítót. Ha bármi rendellenes, vedd ki a használatból.



3.7. ábra. Hosszabbító, dugasz és kábeldob: felül ép, alul hibás állapot; jobbra a tilos szigetelőszalagos „javítás” (sematikus rajz)

Az ábra öt hibaképet mutat: sérült köpeny kilátszó erekkel, a dugaszból kihúzódott köpeny, repedt dugaszház, égett érintkező és nagy terhelésnél feltekerve hagyott kábeldob. A szigetelőszalaggal „megjavított” kábelt sem szabad használni. A HTML-változatban gyakorolhatod: válaszd ki a párból a hibás képet.

3.3.7. Nedves környezet és akkus gépek

Figyelem. Nedves kézzel, nedves padlón, esőben vagy kültéren a 230 V-os hálózati gép sokkal veszélyesebb. Ilyenkor előnyös az **akkus kéziszerszám**: nincs hálózati kábel, nincs közvetlen érintésveszély a fém testen. Az akkus gépnél azonban az **akkumulátorra** is ügyelj: sérült, duzzadt, lyukas akkut ne használj, és csak a gyártó által előírt töltővel töltsd.

3.3.8. Kidolgozott számítási példák

Számítás. Egy műhelyi körfűrész motorjának felvett teljesítménye $P = 2000\,\mathrm{W}$. Mennyi áramot vesz fel a 230 V-os hálózatból?

Adott: $P = 2000\,\mathrm{W}$, $U = 230\,\mathrm{V}$.
Keresett: I (A).
Képlet: $I = \frac{P}{U}$
Behelyettesítés: $I = \frac{2000}{230} \approx 8{,}7\,\mathrm{A}$
Ellenőrzés: egy 16 A-es kismegszakító körre ez a gép önmagában elfér, de egy elszívóval együtt már számolni kell.

Megjegyzés. Villanymotornál a valós áram nagyobb, mert $I = \dfrac{P}{U \cdot \cos\varphi}$, és ha az adattábla a leadott teljesítményt adja, a hatásfokkal is osztani kell. Például $\cos\varphi = 0{,}85$ tájékoztató értékkel a felvett 2000 W-nál $I \approx 2000/(230 \cdot 0{,}85) \approx 10{,}2\,\mathrm{A}$; leadott 2000 W és $\eta = 0{,}8$ esetén $I \approx 2000/(230 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}8) \approx 12{,}8\,\mathrm{A}$ **(ellenőrizendő: adattábla)**. Indításkor ennek többszöröse is lehet. Használd a gép adattábláján szereplő névleges áramot (A); az $I = P/U$ csak közelítés, és motoroknál alulbecsül.

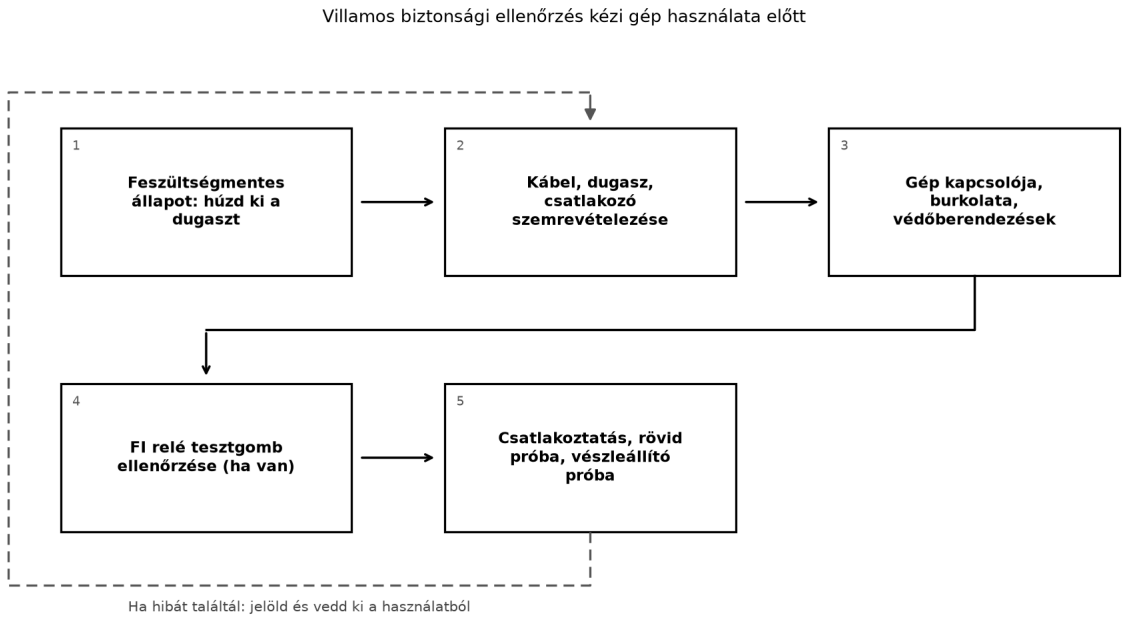
Számítás. Ugyanez a gép 25 m hosszú, $1{,}5\,\mathrm{mm}^2$ réz keresztmetszetű hosszabbítón üzemel. Becsüld meg a feszültségesést, ha a réz fajlagos ellenállása $\rho \approx 0{,}0175\,\Omega \cdot \mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$ (tájékoztató anyagjellemző).

Adott: $l_{\text{oda-vissza}} = 2 \cdot 25 = 50\,\mathrm{m}$, $A = 1{,}5\,\mathrm{mm}^2$, $I = 8{,}7\,\mathrm{A}$.
Keresett: ΔU (V).
Képlet: $R = \frac{\rho \cdot l}{A}$, majd $\Delta U = I \cdot R$.
Behelyettesítés:
$R = \frac{0{,}0175 \cdot 50}{1{,}5} \approx 0{,}583\,\Omega$
$\Delta U = 8{,}7 \cdot 0{,}583 \approx 5{,}1\,\mathrm{V}$
Ellenőrzés: ez a 230 V-nak kb. 2,2%-a. A kisfeszültségű hálózatokon az 5 % körüli feszültségesés már sok gépnek gondot okozhat, ezért a hosszabbítót minél rövidebbre és vastagabbra válaszd (a megengedett értéket a tervezési szabvány adja meg, ellenőrizendő).

3.3.9. Szabvány és jogszabályi háttér

Szabvány. A kisfeszültségű villamos berendezések létesítésére és biztonságára vonatkozó követelményeket az **MSZ HD 60364** szabványsorozat tartalmazza (a pontos szabványszám és az idézett műszaki követelmény ellenőrizendő). A gépek villamos szerkezeteire az **MSZ EN 60204-1** szabványsorozat vonatkozik (ellenőrizendő). A munkahelyi munkaeszközök biztonságát a munkavédelmi törvény és a kapcsolódó rendeletek írják elő (1993. évi XCIII. törvény – ellenőrizendő).

Szabály. A villamos berendezések **időszakos felülvizsgálatát** csak villamos szakember végezheti. A gyakoriság a kockázatértékeléstől és a munkahelyi előírástól függ; hordozható kézi gépeknél, hosszabbítóknál sok műhelyben **évente** végeznek mérést (tájékoztató gyakorlat, ellenőrizendő). A felhasználó feladata a **szemrevételezés** és az **áram-védőkapcsoló tesztgombjának** időszakos ellenőrzése, ha azt a műhely munkavédelmi szabályzata megengedi.



3.8. ábra. Villamos biztonsági ellenőrzés kézi gép használata előtt - Felhasználói szemrevételezés; a javítás és a mérés villamos szakember feladata.

3.3.10. Minőségellenőrzés

A villamos biztonsági ellenőrzést nem lehet elvégezni „fél szemmel”. Használd ezt a táblázatot:

Vizsgált elem	Mit nézz?	Elfogadhatatlan, ha
Hálózati kábel	külső köpeny, szigetelés	vágás, repedés, olvadás, látszó rézér
Dugasz, csatlakozó	érintkezők, kábelrögzítés	laza, megolvadt, hiányzó védőér
Gép burkolata	szerelt állapot, kapcsoló	törött, hiányzó csavar, könnyen elérhető feszültség alatti rész
FI-relé	tesztgomb	nem old le a próbánál
Vészleállító	benyomás, visszaállítás	nem állítja le a gépet, magától visszaáll

Ha bármelyik oszlopban hibát találsz, **jelöld meg** a gépet, és ne használd, amíg szakember meg nem vizsgálta.

3.3.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Sérült kábel használata.** Ok: megszokás, sietség. Helyes gyakorlat: a sérült kábelt azonnal vedd ki a használatból, és javíttasd szakemberrel.
2. **Védővezető eltávolítása vagy megkerülése.** Ok: a dugasz nem illeszkedett, vagy „nem volt kedv” cserélni. Ez **tilos**, mert hibavédelem nélkül a gép fémteste életveszélyessé válhat.

3. **Feltekert hosszabbító dobon üzemelő nagy gép.** Ok: a dobot nem akarták letekerni. A kábel melegszik, a szigetelés károsodik, és tűz is keletkezhet.
4. **Nedves kézzel, nedves padlón dolgozás hálózati géppel.** Ok: kényelem. Helyes gyakorlat: töröld meg a kezed, viselj száraz lábbelit, és lehetőleg akkus gépet használj.

3.3.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben a tanuló a kézi gyalugépet egy régi hosszabbítóra csatlakoztatta. A gép többször leállt, majd a FI-relé leoldott. A szemrevételezéskor kiderült, hogy a hosszabbító csatlakozójában a zöld-sárga ér kilazult, és a motor egyik tekercsének szigetelése is sérült (testzárlat). Mivel a védővezető nem kötött be, a hibaáram nem tudott elfolyni, és a gép fémteste feszültség alatt maradt. Amikor a tanuló megérintette, a testén át induló hibaáramot a 30 mA-es áram-védőkapcsoló érzékelte, és a másodperc töredéke alatt lekapcsolt. A tanulság: a FI-relé életet mentett, de csak a második, utolsó védelmi vonal; a hibát a védővezető ellenőrzése előzte volna meg. A hosszabbítót nem elég „rábízni a múltra”, hanem minden használat előtt ellenőrizni kell, és a gyanús csatlakozót ki kell javíttatni.

3.3.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A II. érintésvédelmi osztályú gép védővezető nélkül is biztonságos, ha kettős szigetelése ép.
2. Mit jelent a védővezető zöld-sárga színe?
3. Mi a teendő, ha a hosszabbító csatlakozója megolvadt?
4. Miért kell a hosszabbító dobot teljesen letekerni nagy terhelésnél?
5. Ki végezhet villamos mérést és javítást a műhelyben?

3.3.14. Feladatok

1. feladat (A) Írd le legalább négy lépésben a kézi gép hálózati kábelének használat előtti szemrevételezését.

2. feladat (A) Magyarázd meg egy mondatban, mi a különbség az alapvédelem és a hibavédelem között.

3. feladat (B) Egy 1600 W-os fűrészgép 230 V-on üzemel. Számítsd ki az áramfelvételét. Megengedhető-e, hogy ugyanarra a 16 A-es körre egy 1100 W-os elszívót is csatlakoztass? Indokold.

4. feladat (B) Készíts rövid ellenőrzőlistát: mit vizsgálsz meg egy hosszabbítón, mielőtt egy kézi körfűrészt rákapcsolsz? Ezt a listát később felhasználhatod a Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész alfejezetben.

5. feladat (C) Egy tanuló egy I. osztályú gépet olyan dugasszal akar használni, amelynek a védőér csatlakozása hiányzik. Mit mondanál neki, és mi a helyes megoldás? Fogalmazz meg legalább két biztonsági indokot.

6. feladat (D) Állíts össze egy rövid, kétszemélyes műhelygyakorlatot: az egyik személy használat előtt ellenőrzi a gépet és a hosszabbítót, a másik megfigyel és feljegyez. Írd le a gyakorlat lépéseit és az értékelési szempontokat.

3.3.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A kettős szigetelés a II. osztály lényege; a védővezető nem szükséges.
2. A védővezető zöld-sárga színe azt jelzi, hogy az ér kizárólag védelmi célra használható, és tilos megcsapolni vagy más célra kötni.
3. Ki kell venni a használatból, megjelölni, és villamos szakemberrel kijavíttatni vagy kicseréltetni.
4. Mert a feltekert kábel nem tud hűlni, felmelegszik, a szigetelés károsodik, és tűz keletkezhet.
5. Villamos mérést és javítást csak villamos szakember végezhet; a felhasználó csak szemrevételezést és az FI-relé tesztgombját ellenőrizheti.

1. feladat (A) megoldás
1. Húzd ki a dugaszt a hálózatból.
2. Nézd végig a kábel teljes hosszát: külső köpeny, szigetelés.
3. Ellenőrizd a kábel csatlakozóit: nincs-e lazulás, olvadás, repedés.
4. Hajlítsd meg kissé a kábelt, és nézd meg, nem nyílik-e szét a szigetelés, nem látszik-e ki eret ér.
5. Ha sérülést találsz, jelöld meg a gépet, és ne használd.

2. feladat (A) megoldás
Az alapvédelem a közvetlen érintéstől véd (szigetelés, burkolat), a hibavédelem pedig attól, hogy egy hiba következtében feszültség alá kerülő fémrész megérintése veszélyes legyen.

3. feladat (B) megoldás
Fűrészgép: $I_1 = \frac{1600}{230} \approx 6{,}96\,\text{A}$.
Elszívó: $I_2 = \frac{1100}{230} \approx 4{,}78\,\text{A}$.
Összesen: $6{,}96 + 4{,}78 = 11{,}74\,\text{A}$, ami kisebb, mint 16 A.
Közelítő számítás (I = P/U; az adattábla szerinti áramokkal ellenőrizd): a motoros gépek valós árama és indítási árama nagyobb. A számítás szerint férhet, de az indítási áramlökés miatt nem ajánlott a kört tartósan 100 %-ig terhelni, és egyéb fogyasztókat is figyelembe kell venni.

4. feladat (B) megoldás
Ellenőrzőlista:
- Dugasz és csatlakozó épek, nem olvadtak, a védőér rögzített.
- Kábel teljes hosszán ép, nincs vágás, repedés, csomó.
- A dob teljesen letekert, ha nagy teljesítményű gép lesz rákötve.
- A hosszabbító IP-besorolása megfelel a környezetnek (pl. nedves, kültéri).
- A gép dugaszának védőér csatlakozása (I. osztálynál) rendben van.
- FI-relé tesztgomb leold (ahol van).

5. feladat (C) megoldás
Egy I. osztályú gép védővezető nélkül használata tilos, mert:
- Védővezető nélkül a testzárlat nem okoz kismegszakító-leoldást, a fémtest feszültség alatt marad, és a test életveszélyes.
- Ha van 30 mA-es FI-relé, az csak akkor old le, amikor az áram már valakinek a testén át folyik – ez a második, utolsó védelmi vonal, nem helyettesíti a védővezetőt.
Helyes megoldás: a gépet ép, védővezetős dugasszal kell használni, vagy a sérült dugaszt villamos szakemberrel ki kell cserélni.

6. feladat (D) megoldás
A gyakorlat menete:
1. A tanuló kiválaszt egy kézi kisgépet és egy hosszabbítót.

2. A megfigyelő egy ellenőrzőlistát kap (kábel, dugasz, csatlakozó, gép burkolata, kapcsoló).
3. A tanuló feszültségmentes állapotban elvégzi a szemrevételezést, és minden lépést hangosan indokol.
4. A megfigyelő feljegyzi, ha egy lépés kimaradt vagy hibás.
5. Szerepcsere.
Értékelés: minden ellenőrzési pont elvégzése, helyes indoklás, hibafelismerés. A gyakorlat végén a megfigyelő visszajelzést ad, és a tanuló kijavítja az esetleges hibákat.

3.3.16. Rövid összefoglaló

A villamos biztonság a faipari műhelyben azt jelenti, hogy a 230/400 V-os hálózati gépekkel csak akkor dolgozol, ha az **alapvédelem** (szigetelés, burkolat) és a **hibavédelem** (védővezető, FI-relé) rendben van. Ismerned kell a gépek **érintésvédelmi osztályát**: az I. osztály védővezetőt igényel, a II. osztály kettős szigetelésű. Használat előtt mindig végezd el a **szemrevételezést**: kábel, dugasz, csatlakozó, gépkapcsoló, védőburkolat, FI-relé teszt, vészleállító próba. A hosszabbítót teljesen tekertsd le, nedves környezetben válassz akkus gépet vagy IP-védett elosztót. **Tilos** sérült kábellel, védővezető nélkül, nedves kézzel dolgozni. Villamos mérést és javítást csak **villamos szakember** végezhet. Ezt az ellenőrzőlistát a gépi technológiai lapoknál, például a Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész alfejezetben is használjuk: ott az indítás előtti ellenőrzés része lesz a kábel, a dugasz, a vészleállító és a védőburkolat vizsgálata.

3.3.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: munkavédelmi törvény és munkaeszközökre vonatkozó rendeletek, kisfeszültségű villamos berendezések szabványai (MSZ HD 60364 sorozat), gépek villamos szerkezeteire vonatkozó szabvány (MSZ EN 60204-1), gépkönyvek, gyártói adatlapok, munkavédelmi oktatási anyagok.

Ellenőrizendő pontok: a konkrét szabványszámok és kiadási évük, az FI-relé kioldási értéke és ideje, az időszakos felülvizsgálat előírt gyakorisága, a 10–50 mA-es élettani határértékek, a fajlagos ellenállás értéke, valamint a példaként megadott feszültségesés megengedett mértéke.

3.4. Környezetvédelem a faiparban: víz, levegő, talaj, zaj és engedélyezés

Képzeld el, hogy egy kis asztalosműhelyben reggel hatkor már szalad a gyalugép, az udvaron vékony, sárgás por ül a szomszéd kerítésén, és a felületkezelő oldószer szaga az utcán is érződik. A tulajdonos nem akar rosszat, csak soha nem gondolta végig, mit bocsát ki a műhelye. Ebben az alfejezetben azt tanulod meg, milyen környezeti hatásokat kell csökkenteni ahhoz, hogy egy műhely a szomszédokkal, a településsel és a szabályokkal együtt tudjon működni.

3.4.1. Szemléletes kép: a műhely mint kis anyagátalakító üzem

Nézz a műhelyre úgy, mint egy kis gyárra, amelyben anyag érkezik be, termék jön ki, és közben melléktermék keletkezik. A beérkező **nyersanyag** a fűrészáru, a lapanyag, a ragasztó, a lakk, az oldószer, a csiszolóanyag. A kimenő **termék** az asztal, az ajtó, a beépített bútor. A **melléktermék** viszont a fűrészpor, a csiszolópor, az oldószergőz, a zaj, a hulladék, a maradék ragasztó és a szennyvíz. Ha ezt a mérleget tudatosan kezeled, akkor a műhely környezete tiszta, csendes és biztonságos marad. Ha nem, akkor a szomszéd panasza előbb-utóbb hatósági ellenőrzést hoz, és az a munkát is leállíthatja.

3.4.2. Ökológiai alapok és alapfogalmak

A természetben az anyag és az energia körforgásban van. A faipar is a természetből veszi a faanyagot, ezért a fenntartható működés azt jelenti, hogy a fát legális, ellenőrzött forrásból szerezzük be, és a hulladékot, a port, a gőzt, a zajt nem engedjük vissza korlátlanul a környezetbe.

Definíció. A **környezetvédelem** a természeti és épített környezet értékeinek megőrzésére, a szennyezés megelőzésére és csökkentésére irányuló tevékenység. A **környezeti hatás** egy tevékenység által a környezetben okozott változás. A **kibocsátás (emisszió)** a forrásnál mérhető szennyezőanyag-mennyiség, például a szórófülke kifúvásából távozó oldószergőz. A **terhelés (immisszió)** a környezetben megjelenő koncentráció, például a szomszéd udvarán mérhető pornak vagy zajnak a szintje.

A faipari műhely legfontosabb környezeti terhelései:

- **levegőbe:** fapor, csiszolópor, illékony szerves vegyületek (**VOC**, angolul volatile organic compounds), oldószergőzök, lakkpára, fűrészpor- és porrobbanásveszélyes anyagok, valamint a tüzelő vagy szárító berendezés füstgáza;
- **vízbe:** felületkezelő anyag, oldószer, olaj, ragasztó, pác, színezék, tisztítóvíz;
- **talajba:** kifolyt olaj, oldószer, festék, lakk, benzin, olajos rongy, nehézfémtartalmú faanyagvédő szer;
- **zajba:** gépek, elszívóventilátor, kompresszor, kéziszerszámok és rakodás.

3.4.3. Vízvédelem a műhelyben

A faipari műhely legtöbb vize nem önthető egyszerűen a lefolyóba. A lakk, a pác, az oldószer és a lúgos tisztítószer a csatornába jutva mérgezheti a szennyvíztisztító biológiáját, az élővízbe jutva pedig közvetlenül károsítja az élőlényeket.

Szabály. Tilos felületkezelő anyagot, oldószert, olajat, festéket, ragasztót, lúgot, savat, valamint a velük szennyezett mosóvizet a közcsatornába, élővízbe, csapadékcsatornába vagy a talajra engedni. A veszélyes folyadékokat zárható edényben, kármentő tálcán kell tárolni, és veszélyes hulladékként kell leadni (ellenőrizendő: hulladékgazdálkodási jogszabály).

A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a felületkezelő-helyiségben legyen egy zárható veszélyeshulladék-gyűjtő, legyen kármentő tálca a hordók alatt, és a takarításhoz használt oldószeres rongyot ne dobjuk a kommunális szemétbe, hanem külön, tűzálló, fémből készült edényben gyűjtsük.

A poros elszívó levegőjét sem szabad úgy a szabadba engedni, hogy a port a szomszéd udvarára hordja a szél. A szűrőből kikerülő tisztított levegőt is rendszeresen ellenőrizni kell, és a szűrőzsákot vagy patronos szűrőt ki kell tisztítani.

3.4.4. Levegővédelem: por és oldószergőz

A faport a munkavédelmi fejezet munkahelyi por-expozícióként tárgyalja. A környezetvédelmi oldal az, hogy a műhelyből kikerülő por a szomszédos ingatlant is terhelheti. A keményfa-por, például a tölgy- vagy bükkpor, már emberi egészségi kockázatot hordoz, ezért a levegőbe kerülést műszaki eszközökkel kell csökkenteni: elszívó berendezés, szűrő, zárt ajtó, a gépek elhelyezése beltéren.

Az oldószergőz, pontosabban VOC, a pácoló, lakkozó, ragasztó és hígító anyagokból származik. Minél magasabb az anyag oldószertartalma, annál több illékony szerves vegyület kerül a levegőbe.

A modern vízbázisú lakkok és diszperziós ragasztók kevesebb oldószert bocsátanak ki, ezért környezetbarátabbak. Az oldószerhasználatra és a VOC-kibocsátásra küszöbértékhez kötött előírások vonatkozhatnak **(ellenőrizendő: VOC-rendelet)**.

Szabály. A levegőbe kibocsátott por és oldószergőz mennyiségét a levegővédelmi előírások szerint korlátozni kell. A pontosan meghatározott határértékek tevékenységtől, berendezés típusától és elhelyezkedéstől függnek (ellenőrizendő: levegővédelmi jogszabály, kibocsátási határértékek). A szórófülke elszívását szűrővel vagy aktív szenes rendszerrel kell ellátni, ha a kibocsátás ezt indokolja.

A festékes, lakkos dobozok és a hígítós edények tárolásakor is ügyeljünk, hogy a gőz ne szivárogjon folyamatosan a műhely levegőjébe. Az edényeket használat után azonnal zárjuk le, és a hulladékot zárható gyűjtőben tartsuk.

3.4.5. Talajvédelem: a kármentő tálca szerepe

A talaj láthatatlanul szennyeződik. Egy kifolyt csepp olaj vagy oldószer lassan leszivárog, és szennyezheti a talajvizet. A faipari üzemben ezért a veszélyes folyadékok tárolására és áttöltésére mindig **kármentő tálcát** kell használni, amely felfogja a kifolyó anyagot. A gépek alatt is lehet tálca, ha hidraulikaolaj vagy kenőanyag csöpöghet.

A talajvédelemhez tartozik az is, hogy az üzemi padló legyen tömör, például beton, hogy a kiömlött anyagot azonnal fel lehessen itatni. A felitatott olajos, oldószeres anyagot tilos a kommunális hulladékba dobni; azt is veszélyes hulladékként kell leadni.

3.4.6. Zajvédelem a környezet felé

A faipari gépek hangosak. A zaj egy része a gépteremben marad, más része a falon, az ablakon, a nyitott kapun át kijut a szomszédos ingatlanokra. A munkavállaló zajterhelését egyéni hallásvédővel csökkentjük, de a szomszédot nem lehet hallásvédővel megvédeni. Ezért a környezeti zajt műszaki és szervezési intézkedésekkel kell csökkenteni.

Szabály. A környezeti zaj- és rezgésterhelésre a hatályos környezetvédelmi és zajvédelmi előírások vonatkoznak. A határértékek területi besorolástól, napszaktól és a védendő épület funkciójától függnek (ellenőrizendő: zajvédelmi jogszabály, helyi rendelet). A legfontosabb gyakorlati szabály: a gépeket lehetőleg beltérben, zárt ajtók és ablakok mellett üzemeltessük, a szabadban végzett fűrészelést, rakodást a pihenőidőre és az éjszakára kerüljük.

A zaj csökkentésének eszközei:

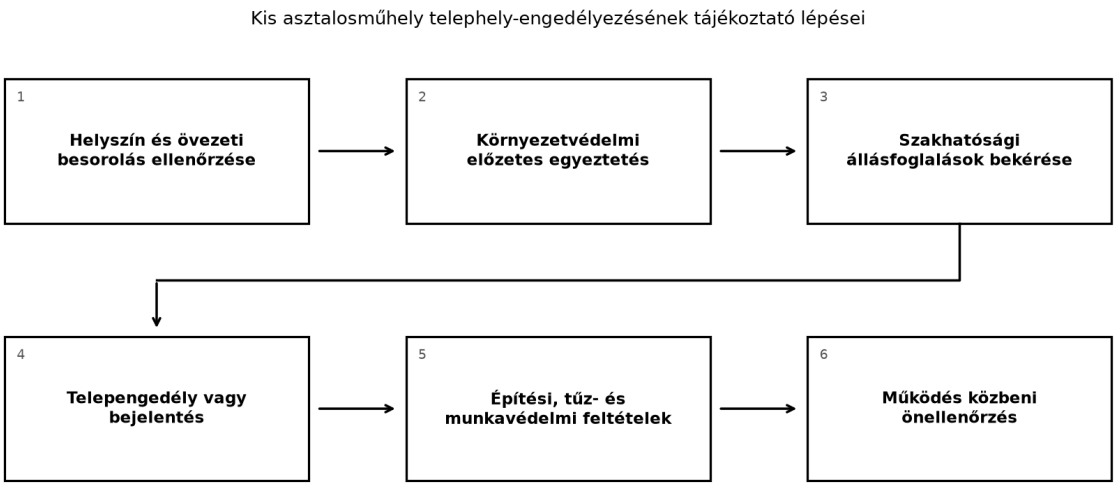
- a gépeket rendszeresen karbantartani, kiegyensúlyozni, az éles szerszám kevesebb zajt ad;
- rezgéscsillapító alátétek, lábak használata;
- a kompresszort és az elszívóventilátort külön helyiségbe vagy hangszigetelt dobozba tenni;
- a nyílászárókat zárva tartani, szükség esetén hangszigetelő függönyt vagy falat beépíteni;
- a zajos munkát nappali időszakra ütemezni, és a szomszédot előre tájékoztatni.

3.4.7. Beruházások környezetvédelmi előírásai és a telephely-engedélyezés

Ha valaki új asztalosműhelyt indít, vagy meglévő műhelyt bővít, ellenőriznie kell a telephelyre vonatkozó környezetvédelmi és települési szabályokat. Ez nem csak adminisztráció: a környezeti szempontok már a tervezéskor eldönthetik, hogy az adott helyszín alkalmas-e.

Szabály. Kis asztalosműhelynél jellemzően az ipari tevékenység bejelentése vagy telepengedélye szükséges a települési jegyzőnél **(ellenőrizendő: hatályos kormányrendelet, a tevékenység besorolása)**. Környezeti hatásvizsgálat vagy egységes környezethasználati engedély csak nagy kapacitású üzemnél fordul elő **(ellenőrizendő: küszöbértékek)**. Ha a műhely évente jelentős mennyiségű oldószert használ fel (pl. lakkozás), a VOC-kibocsátásra vonatkozó előírások is vonatkozhatnak rá **(ellenőrizendő: oldószer-felhasználási küszöbérték, VOC-rendelet)**. A pontos besorolást az önkormányzat és a környezetvédelmi hatóság adja meg.

A telephely-engedélyezés jellemző, tájékoztató lépései egy kis asztalosműhelynél:



3.9. ábra. Kis asztalosműhely telephely-engedélyezésének tájékoztató lépései - Szemléltető; a pontos eljárás településtől, tevékenységtől és a hatályos jogszabályoktól függ, ellenőrizendő.

A lépések magyarázata:

1. **Helyszín és övezeti besorolás ellenőrzése.** A helyi építési szabályzat kimondja, milyen tevékenység folytatható az adott övezetben, milyen távolságra kell lennie lakóépületektől, és mekkora a megengedett zajszint. Ha a helyszín nem alkalmas, hiába vásároltuk meg a gépet.
2. **Környezetvédelmi előzetes egyeztetés.** A hatóság tájékoztat arról, szükséges-e környezeti hatásvizsgálat, vagy elég egyszerű bejelentés. Ehhez kell a műhely tervezett technológiája: gépek, elszívás, felületkezelés, anyagok.
3. **Szakhatósági állásfoglalások bekérése.** Tipikus szakhatóság a vízügyi, a levegőtisztasági, a hulladékgazdálkodási, a talajvédelmi, a népegészségügyi, a tűzvédelmi és az építésügyi hatóság. Mindegyik a saját területén vizsgálja a hatásokat.
4. **Telepengedély vagy bejelentés.** Kis telephely esetén gyakran elég a bejelentés, amelyben a tulajdonos nyilatkozik a tevékenység megfelelőségéről. A pontos eljárás települési és tevékenységi besorolástól függ (ellenőrizendő).

5. **Építési, tűz- és munkavédelmi feltételek.** A használatbavételhez a műhelynek meg kell felelnie az építési, tűzvédelmi, villamos biztonsági és munkahelyi követelményeknek.

6. **Működés közbeni önellenőrzés.** A környezetvédelem nem áll meg az engedély kiadásánál. Rendszeresen ellenőrizni kell az elszívót, a szűrőket, a veszélyes anyagok tárolását, a hulladékkezelést és a zajt, és a tapasztalatokat naplózni kell.

A hatósági eljárás idő- és költségigényét nem lehet általánosan megadni, mert sok egyedi tényezőtől függ. Fontos, hogy az asztalos ne saját maga próbálja meg kitalálni a besorolást, hanem kérjen előzetes tájékoztatást az önkormányzattól és a környezetvédelmi hatóságtól.

3.4.8. Fenntartható faanyag: FSC, PEFC és a legális faanyag

A faipar alaptétele, hogy a faanyag megújuló nyersanyag, de csak akkor, ha az erdőt fenntarthatóan kezelik. A fenntartható erdőgazdálkodás azt jelenti, hogy a kitermelt fát újratelepítik vagy a természetes felújulást biztosítják, és az erdő biológiai sokféleségét megőrzik.

Szabály. Az Európai Unióban a faanyag forgalomba hozatala legalitási igazoláshoz kötött. Az **EUTR** (EU timber regulation, későbbi **EUDR**, azaz EU deforestation regulation, ellenőrizendő a hatály) arra kötelezi a piaci szereplőt, hogy **kellő gondossággal** igazolja a faanyag származását, és ne hozzon forgalomba illegálisan kitermelt fát. Az **FSC** és **PEFC** önkéntes tanúsítási rendszerek, amelyek a fenntartható erdőgazdálkodásból származó faanyagot és annak feldolgozási láncát igazolják.

A gyakorlatban a tanúsított faanyag vásárlásakor a számlán vagy a szállítólevélen szerepel a tanúsítvány száma. A faanyagkereskedésben a legális forrás papírral igazolható, ezért a beszerzésnél érdemes megőrizni a származási dokumentumokat. A faipari hulladékok, fűrészpor és forgács szintén származhat legális, tanúsított forrásból, hiszen a teljes láncot nyomon kell követni.

Továbbvitt eredmény. A környezeti szempontok itt tanult rendszere – különösen a hulladékok, a veszélyes anyagok és a környezeti hatások csoportosítása – alapozza meg a Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap alfejezetet. Ott a hulladékokat és a veszélyes anyagokat azonosítjuk, osztályozzuk, és a biztonsági adatlapot értelmezzük.

3.4.9. Minőségellenőrzés

A környezetvédelmi állapotot rendszeresen ellenőrizd:

- Az elszívó és a szűrők működnek, a zsák nincs tele vagy kiszakadva (naponta szemrevételezés, szűrőcsere a gyártó szerint **(ellenőrizendő)**).
- Az oldószeres és veszélyes anyagok kármentő tálcán, zárt edényben vannak (hetente).
- A veszélyes hulladék gyűjtője zárt, jelölt; a leadásról nyilvántartás van.
- A zajos gépek ajtói, a kifúvás iránya nem terheli a szomszédot.

Eltérésnél a munkát az érintett helyen le kell állítani, és a hibát a műhelyvezetőnek jelenteni kell.

3.4.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Lakk- és pácmaradék a lefolyóba.** Ok: a csatorna kéznél van. *Helyes gyakorlat:* veszélyes hulladékként gyűjteni és leadni.
2. **Az elszívó kifúvása a szomszéd felé.** Ok: ez volt a legrövidebb csővezetés. *Helyes gyakorlat:* szűrőzsák és a kifúvás a szomszédtól elfelé, magasba.
3. **Az oldószeres hordó kint a földön.** Ok: nincs hely bent. *Helyes gyakorlat:* kármentő tálca, zárt, jelölt tárolóhely.
4. **A kiszakadt szűrőzsák észrevétlenül marad.** Ok: nincs szemrevételezési rend. *Helyes gyakorlat:* napi szemle.

3.4.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhely a település szélén, lakóházak közelében működött. A szomszéd panasza nyomán a hatóság helyszíni szemlét tartott. Kiderült, hogy a szalagfűrész elszívója közvetlenül a kerti kerítés felé fújta a port, a kompresszor a nyitott fészerben üzemelt, az oldószeres hordó pedig kint állt a földön, tálca nélkül.

A tulajdonos intézkedései:

- az elszívó kimenetét szűrőzsákkal látta el, és a kifúvást a műhely másik oldalára, magasba vezette;
- a kompresszort zárt, hangszigetelt dobozba tette;
- az oldószeres hordót kármentő tálcára helyezte, és zárható veszélyeshulladék-gyűjtőt állított be;
- a zajos gyalulási munkát délután kettő előtt befejezte, a rakodást a kora reggeli órákról áttette délelőttre.

A hatósági ellenőrzés után a szomszéd panasz megszűnt, a műhely pedig elkerülte a bírságot. A tanulság: a környezetvédelmi megfelelés nem csak előírás, hanem a jó szomszédi viszony alapja is.

3.4.12. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy a tiszta fapor közvetlenül a csatornába önthető? Válaszodat indokold.
2. Melyik a helyes gyakorlat: az oldószeres rongyot a kommunális szemétbe dobni, vagy zárható, tűzálló, fém edényben gyűjteni?
3. Mi a különbség az emisszió és az immisszió között? Mondj egy-egy példát!
4. Melyik tanúsítási rendszer igazolja a fenntartható erdőgazdálkodást? Nevezz meg legalább kettőt!
5. Igaz-e, hogy a környezeti zaj csak a munkavállalót érinti, a szomszédot nem?

3.4.13. Feladatok

1. feladat (A) Sorolj fel három faipari légszennyezőt, és írd le, milyen gépről vagy műveletről származhatnak.

2. feladat (A) Magyarázd meg röviden, miért tilos a lakkot vagy a pácot a lefolyóba önteni.

3. feladat (B) Egy műhely naponta 5 kg csiszolóport termel. (a) A szűrő hatásfoka 99 %. Mennyi por jut a levegőbe hetente (5 munkanap)? (b) A szűrőzsák kiszakadt, a leválasztás 70 %-ra csökkent. Hányszorosára nő a kibocsátás? A számítást mértékegységekkel végezd el!

4. feladat (B) Egy lakóövezettel szomszédos teleknél a műhely zajának határértéke nappal 50 dB, éjjel 40 dB (tájékoztató érték, ellenőrizendő). A műhely egyik gépe a telekhatáron kívül nappal 55 dB-t, éjjel 45 dB-t ad. Milyen intézkedést javasolj? Indokold!

5. feladat (C) Tervezz a műhelybe egy környezetvédelmi sarkot! Sorold fel, milyen edények, tárolók, feliratok és jelölések kellenek a veszélyes anyagokhoz, és magyarázd el, miért.

6. feladat (D) Készítsd el a műhely környezetvédelmi önellenőrző listáját legalább 8 ponttal! Minden pontnál írd be, ki és milyen gyakran ellenőrizze.

3.4.14. Megoldások

3.4.14.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A poros víz eltömítheti a csatornát, és a csatornába kerülő szerves anyag terheli a szennyvíztisztítót. A faport hulladékként kell gyűjteni, vagy szűrővel leválasztani.
2. Zárható, tűzálló, fém edényben kell gyűjteni, és veszélyes hulladékként leadni.
3. Az emisszió a forrásnál mérhető kibocsátás, például a szórófülke kifúvásából távozó oldószergőz. Az immisszió a környezetben megjelenő terhelés, például a szomszéd udvarán mérhető koncentráció.
4. FSC és PEFC.
5. Hamis. A környezeti zaj a szomszédos ingatlanokat is terheli, ezért határértéket kell betartani.

3.4.14.2. Feladatok megoldásai

1. feladat
Lehetséges válasz: fűrészpor (körfűrész, szalagfűrész), csiszolópor (széles szalagú csiszológép, kézi csiszoló), oldószergőz / VOC (szórófülke, lakkozás, pácolás, ragasztás). Mindegyik a levegőt terheli, ezért elszívással, szűréssel vagy anyagváltással csökkentendő.

2. feladat
A lakk és a pác oldószert, gyantát, színezéket és egyéb vegyi anyagokat tartalmaz. A csatornába jutva mérgezheti a szennyvíztisztító biológiáját, az élővízben pedig közvetlenül károsítja az élőlényeket. A hulladékot veszélyes hulladékként kell leadni.

3. feladat
(a) A szűrő 99 %-ot köt meg, a levegőbe jutó hányad 1 %. Hetente a képződő por: $5\,\text{kg/nap} \cdot 5\,\text{nap} = 25\,\text{kg}$; ennek 1 %-a: $25\,\text{kg} \cdot 0{,}01 = 0{,}25\,\text{kg}$ hetente (tájékoztató hatásfok **(ellenőrizendő)**).
(b) 70 %-os leválasztásnál a levegőbe jutó hányad 30 %: $25\,\text{kg} \cdot 0{,}30 = 7{,}5\,\text{kg}$ hetente. A kibocsátás $7{,}5/0{,}25 = 30$-szorosára nő, ezért a szűrőt azonnal javítani kell.

4. feladat
A megengedett zajhatár nappal 50 dB, éjjel 40 dB. A gép nappal 55 dB-t, éjjel 45 dB-t ad a telekhatáron kívül. Ez azt jelenti, hogy nappal 5 dB-lel túllépi a határt, éjjel pedig 5 dB-lel. Javaslat: a zajos gépet nappal, csukott ajtó és ablak mellett üzemeltetni, hangszigetelő falat vagy burkolatot alkalmazni, a gépet karbantartani, kiegyensúlyozni, a munkát a nappali időre ütemezni, és az éjszakai üzemet teljesen beszüntetni.

5. feladat
A környezetvédelmi sarok tartalma:

- zárt, feliratozott veszélyeshulladék-gyűjtő edény (pl. lakkhulladék, oldószeres rongy);

- kármentő tálca a folyadékok tárolására és áttöltésére;
- felitató anyag (pl. perlit, fűrészporral kevert abszorbens) és zárható tartály a felitatott anyagnak;
- a veszélyes anyagok biztonsági adatlapjai rendezett dossziéban, hogy bármikor elérhetők legyenek;
- címkék és színjelölés a hulladékfajták szerint;
- nyilvántartó lap a hulladékok mennyiségéről és elszállításuk időpontjáról;
- a sarok legyen távol a vízforrástól, a padló pedig folyadékzáró.

6. feladat
Lehetséges önellenőrző lista (a gyakoriság műhelytől függ):

1. Az elszívó szűrőjének állapota és tisztasága – gépkezelő, naponta.
2. A veszélyes anyagok edényzeteinek zártsága – műhelyvezető, naponta.
3. Kármentő tálca megléte és állapota a folyadékok alatt – műhelyvezető, hetente.
4. Az oldószeres, olajos rongy gyűjtőedényének zártsága – munkavállaló, naponta.
5. Zajforrások, gépkarbantartás, kiegyensúlyozás – karbantartó, havonta.
6. A szórófülke szűrőjének és elszívásának működése – felületkezelő, hetente.
7. A hulladékgyűjtő terület rendje, szabványos jelölések – műhelyvezető, hetente.
8. A lefolyóba kerülő víz ellenőrzése: nincs-e szennyezésre utaló szín, szag, hab – műhelyvezető, alkalmanként.
9. A veszélyes anyagok biztonsági adatlapjainak megléte – műhelyvezető, negyedévente.
10. A környezetvédelmi nyilvántartások naprakészsége – tulajdonos, évente.

Minden pontnál az eltérést azonnal javítani kell, és a javítást a naplóban rögzíteni.

3.4.15. Rövid összefoglaló

A faipari műhely környezeti hatásait négy fő területen kell kezelni: levegő, víz, talaj és zaj. A levegőt a fapor, a csiszolópor és az oldószergőzök terhelik, ezért elszívással, szűréssel és zárt edényzettel csökkentjük a kibocsátást. A vizet a lakk, pác, oldószer, olaj és mosóvíz szennyezheti, ezért ezeket tilos a csatornába, élővízbe vagy talajra engedni; veszélyes hulladékként kell leadni. A talajt kármentő tálcával, tömör padlóval és zárható tárolókkal védjük. A zajt a gépek zárt elhelyezésével, karbantartással, hangszigeteléssel és munkarenddel csökkentjük, különösen lakóövezetben. A telephely létesítése előtt ellenőrizni kell az övezeti besorolást, a környezetvédelmi besorolást és a szakhatósági állásfoglalásokat; a kis műhelyeknél gyakran elegendő a bejelentés, de a pontos eljárást mindig az önkormányzat és a hatóság adja meg. A fenntartható faanyagot az FSC és PEFC tanúsítás, a legális forrást az EUTR/EUDR kellő gondossági eljárása igazolja. **Továbbvitt eredmény.** Ezek a környezeti szempontok és a hulladék- és veszélyesanyag-azonosítás alapozzák meg a Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap alfejezetet.

3.4.16. Források és ellenőrzési hiányok

- Hatályos környezetvédelmi, hulladékgazdálkodási, vízügyi, levegővédelmi és zajvédelmi jogszabályok – ellenőrizendő: pontos szám, rendelet, határértékek.
- A telephely-engedélyezés és a környezeti hatásvizsgálat pontos eljárási szabályai – ellenőrizendő: hatályos eljárási rendelet, a tevékenység besorolása.
- EUTR/EUDR hatálya és a kellő gondossági kötelezettség részletei – ellenőrizendő: aktuális EU rendelet és hazai végrehajtás.
- FSC és PEFC tanúsítási követelmények – ellenőrizendő: aktuális tanúsítási szabványok.

- A levegőbe, vízbe, zajra vonatkozó konkrét határértékek a műhely méretétől, elhelyezkedésétől és a védendő területtől függnek, ezért a tervezéshez mindig a helyi hatóság adatai a mérvadók – ellenőrizendő.

3.5. Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap

3.5.1. Motiváció

Műszak végén a tanuló a gyalupad mellett összegyűjti a nap során keletkezett hulladékot. Egymás mellett áll egy zsák csiszolási por, egy köteg tiszta tölgyfahulladék, néhány leeső MDF-darab, egy kiürült lakkos doboz, és egy vödörben olajos, oldószeres rongyok. A kukába mindent nem dobhatunk együtt, és az udvaron sem égethetünk el mindent. Ha rosszul döntünk, tűz keletkezhet, mérgező füstöt lélegezhetünk be, vagy szennyezhetjük a talajt. Ebben az alfejezetben megtanuljuk, hogyan válogassuk szét, tároljuk és adassuk át a faipari műhely hulladékait, és hogyan olvassuk ki egy lakk vagy pác **biztonsági adatlapjából** a veszélyeket és a szükséges védőeszközöket.

3.5.2. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy rendezett műhely sarkát, amelyet négy zónára osztottak fel, és mindegyik zónát más színű jelölés mutatja:

1. **Fém konténer fedéllel:** Ide kerülnek az olajos, lakkos, oldószeres rongyok.
2. **Tűzvédő (biztonsági) szekrény** – szükség szerint elszívásra kötve: itt tárolják a lezárt, felbontott lakkokat, hígítókat, oldószeres ragasztókat **(ellenőrizendő: OTSZ, tárolható mennyiség)**.
3. **Sárga, jelölt gyűjtőedény:** Ide gyűjtik az üres flakonokat, dobozokat, kifolyt vegyszert.
4. **Feliratozott zsákok:** Külön a tiszta fűrészpor, külön a kezelt- vagy lapanyag-darabok.

Ez a rend azért kell, mert a faipari műhelyben keveredik az ártalmatlan, természetes anyag a veszélyes vegyszerekkel. A rendezett gyűjtés megelőzi a balesetet és a környezetszennyezést.

3.5.3. Fogalmak és szabályok

Definíció. Hulladék: minden olyan anyag vagy tárgy, amelytől a birtokosa megválik, megválni szándékozik, vagy megválni köteles. A faiparban ez lehet fahulladék, csomagolóanyag, üres vegyszeres edény, elhasznált csiszolóanyag vagy szennyezett rongy.

Definíció. Veszélyes hulladék: olyan hulladék, amely az egészségre vagy a környezetre kockázatot jelent. Például a lakkmaradék, az oldószer, a ragasztómaradék, a szennyezett rongy, a spray-palack vagy a faanyagvédő szer maradéka. A veszélyes hulladékot tilos a kommunális hulladékba dobni, lefolyóba önteni vagy elégetni.

Szabály. A hulladékot a keletkezés helyén már szét kell válogatni. A faipari műhelyben ezért külön gyűjtőedényeket helyezünk el, feliratozva. Az edényeket a gyakoriságnak megfelelően ürítjük, és a veszélyes hulladékot csak arra jogosult, engedéllyel rendelkező szállítónak adjuk át. A szállításhoz és az átadáshoz dokumentáció (pl. szállítójegy, veszélyes hulladék kísérője) szükséges. **(ellenőrizendő: a hazai hulladékgazdálkodási jogszabályok és a konkrét nyomtatványok mindenkor hatályos előírásai)**

Szabály. Fahulladék kezelése: A tiszta, kezeletlen fát felhasználhatjuk fűtésre, brikettálhatjuk vagy átadhatjuk lapgyártásnak. A kezelt (lakkozott, festett, ragasztott, pácfoltos, faanyagvédő

szerrel impregnált) fa vagy a lapanyag (forgácslap, MDF, rétegelt lemez) **nem égethető el** hagyományos kályhában vagy kazánban. A bevonatok és a kötőanyagok égése során mérgező gázok (pl. formaldehid, szén-monoxid, szerves vegyületek) keletkeznek. Az ilyen hulladékot engedéllyel rendelkező hulladékkezelőnek kell átadni.

Szabály. Szennyvíz- és hulladékkezelés: Oldószert, lakkot, pácot, ragasztót, hígítót tilos a lefolyóba, a talajba vagy a közcsatornába önteni. A vízbázisú ragasztóval, festékkel szennyezett kevés szennyes víz maradékát hagyjuk beszáradni, majd a megszilárdult anyagot a hulladékjellegnek megfelelően gyűjtsük. A por- és forgácselszívást úgy kell méretezni és karbantartani, hogy a finom por ne jusson a környezetbe.

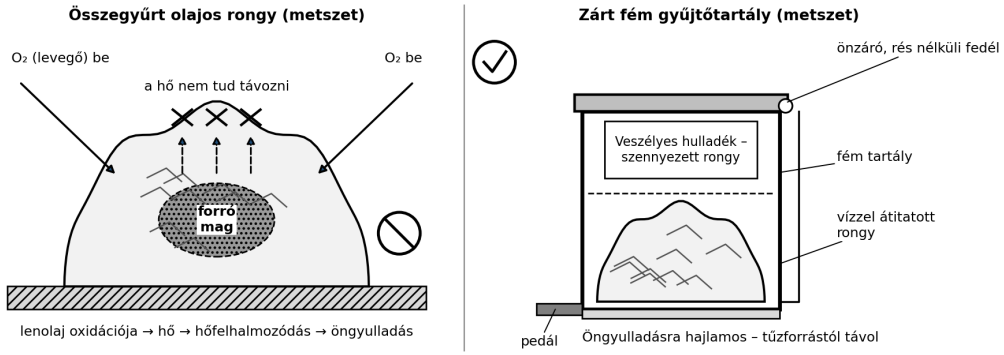
3.5.4. A leggyakoribb hulladékfajták felismerése

- **Tiszta fahulladék:** Kezeletlen tömörfa darabkák, forgács, fűrészpor. Gyűjthető zsákba, hasznosítható fűtésre, brikettálásra, állat- vagy kertészeti alomnak, vagy átadható forgácslapgyártásnak.
- **Kezelt fa:** Régi bútorlakk-maradvány, festett ablakkeret, ragasztott lap, rétegelt lemez, MDF, forgácslap. Kémiai kötőanyagot (pl. karbamid-formaldehid gyantát), bevonatot vagy védőszert tartalmaz. Nem égethető el hagyományos tüzelőberendezésben.
- **Csomagolóanyag:** Tiszta karton, papír, fólia, műanyag pánt. Ha nem szennyezett, szelektíven gyűjthető.
- **Veszélyes hulladék:** Lakk, hígító, pác, kétkomponensű ragasztó, edző, öblítő, spraypalack, elhasznált szűrőbetét, szennyezett rongy, olajos csiszolópor. Erre külön, szabályosan jelölt edényzetet használunk.

Megjegyzés. A gyártói biztonsági adatlap és a hulladéknyilvántartó pontosan megmondja, hogy az adott termék maradéka milyen hulladékazonosító alá tartozhat. **(ellenőrizendő: az aktuális hulladékjegyzék és a termék biztonsági adatlapja)**

3.5.5. A szennyezett rongy és a tűzveszély

Az olajos, lenolajos, oldószeres, poliuretános rongy különösen veszélyes. A beszáradó növényi olaj (pl. lenolaj) oxidációja hőt termel. Ha a rongyot összegyűrjük, a hő nem tud távozni, és a rongy öngyulladást okozhat. Az ilyen rongyot mindig fém, jól záródó fedelű, vízzel meglocsolt vagy légmentesen zárt edényben gyűjtsük. Az edényt tűzforrástól távol, hűvös, szellőző helyen tároljuk, és rendszeresen ürítsük vagy adassuk át veszélyes hulladékként.



3.10. ábra. Bal oldalon az összegyűrt olajos rongy metszete: a belsejében felgyűlik a hő; jobb oldalon a zárt, önzáró fedelű fém gyűjtőtartály vízzel átitatott ronggyal (sematikus rajz)

Az ábra bal oldala mutatja, miért veszélyes a kupac: az oxidáció hőt termel, a gyűrt rongy belsejéből a hő nem tud távozni, ezért ott egyre melegebb lesz. A jobb oldali fém tartály fedele szorosan, rés nélkül zár, a rongyot víz itatja át; a címke: „Veszélyes hulladék – szennyezett rongy”, „Öngyulladásra hajlamos”, „Tűzforrástól távol tartandó”. A HTML-változatban a két állapot között váltva egy szemléltető (nem mért) hőmérséklet–idő görbe is látszik.

3.5.6. A biztonsági adatlap és a CLP-mondatok

Szabvány. Az Európai Unióban a **CLP-rendelet** (osztályozás, címkézés, csomagolás) és a **REACH-rendelet** (vegyszerek regisztrálása, engedélyezése, korlátozása) szabályozza a veszélyes anyagok besorolását, címkézését és a biztonsági adatlapot. A forgalmazó köteles a vásárlónak magyar nyelvű biztonsági adatlapot adni. **(ellenőrizendő: a CLP-rendelet és a REACH-rendelet mindenkor hatályos száma és a biztonsági adatlap tartalmi követelményei)**

Definíció. Biztonsági adatlap (SDS – Safety Data Sheet): a gyártó vagy forgalmazó által rendelkezésre bocsátott, meghatározott szerkezetű dokumentum, amely a termék veszélyeit, a biztonságos kezelés, tárolás és ártalmatlanítás módját, valamint a védőeszközöket írja le. A faiparban minden ragasztóhoz, páchoz, lakkhoz, hígítóhoz, olajhoz és faanyagvédő szerhez adatlap tartozik.

A biztonsági adatlap 16 szakaszból áll. A felhasználó az alábbi részeket olvassa át figyelmesen:

1. **1. Anyag/keverék és a vállalat azonosítása:** Mi a termék neve, mi a felhasználása, ki a forgalmazó, és mi a vészhelyzeti telefonszám?
2. **2. A veszélyek azonosítása:** Milyen veszélyességi osztályba tartozik, milyen piktogramok és H-mondatok (figyelmeztető mondatok) vonatkoznak rá?
3. **3. Összetétel:** Milyen összetevők vannak benne, mekkora koncentrációban, és mi azok veszélyességi besorolása?
4. **4. Elsősegélynyújtás:** Mi a teendő bőrre kerülés, szembe jutás, belégzés vagy lenyelés esetén?
5. **5. Tűzvédelem:** Milyen oltóanyagot kell használni, mi nem használható, mi éghető?
6. **6. Intézkedések véletlenszerű környezetbe jutás esetén:** Hogyan takarítsuk fel a kiömlött anyagot?

7. **7. Kezelés és tárolás:** Hogyan tároljuk, mit ne tegyünk (pl. hőtől, szikrától, nyílt lángtól távol tartandó).
8. **8. Az expozíció ellenőrzése/egyéni védelem:** Milyen szellőzés, légzésvédelem, kesztyű, védőruha kell. Itt találjuk a munkahelyi határértékeket is.
9. **9–16. szakasz:** Fizikai-kémiai tulajdonságok, stabilitás, toxikológia, ökológia, hulladékkezelés, szállítás, jogszabályi adatok.

Szabály. A terméken és az adatlapon található **H-mondatok** (figyelmeztető mondatok) írják le a veszélyt, a **P-mondatok** (óvintézkedésre vonatkozó mondatok) pedig a megelőzést. A régi R- és S-mondatokat ma már a H- és P-mondatok váltják fel, de régi dokumentumokon még találkozunk velük. A csomagoláson **piktogramok** is jelzik a veszélyt.

Piktogram	Jelentése	Példa a faiparban
Láng	Tűzveszélyes	Nitrohígító, lakk, pácalé
Felkiáltójel	Irritáló, egészségre ártalmas	Egyes vizes lakkok, pácfelesleg
Korrózió	Maró	Erős maró hatású tisztítószer, egyes savas pácolószerek
Koponya	Mérgező	Metanoltartalmú hígító (nem jellemző, de előfordulhat)
Egészségkárosító	Rákkeltő, légzőszervi szenzibilizáló	Izocianátos lakk edzője, egyes formaldehidtartalmú ragasztók **(ellenőrizendő: adatlap)**
Környezeti veszély	Veszélyes a vízi környezetre	Egyes oldószeres lakkok, olajok



3.11. ábra. Egy oldószeres lakk fiktív mintacímkéje számozott CLP-elemekkel, alatta a kilenc GHS-piktogram (a mondatok mintamondatok; a piktogramok sematikus utánrajzok, a hivatalos rajzolat ellenőrizendő)

A címkén ezt a nyolc elemet keresd: (1) termékazonosító, (2) piktogramok, (3) figyelmeztetés („Veszély” vagy „Figyelem”), (4) H-mondatok, (5) P-mondatok, (6) a szállító neve és elérhetősége, (7) névleges mennyiség, (8) UFI-kód. A HTML-változatban rámutatással megnézheted az elemek szerepét, és a „Gyakorló” gombbal keresési feladatokat kapsz.

Megjegyzés. A pontos H- és P-mondatokat, piktogramot és keverési arányt mindig az adott termék biztonsági adatlapja adja meg. Az alábbi példamondások tanulási minták, nem a termékre vonatkozó kizárólagos adatok.

Mondat	Jelentése
H226	Tűzveszélyes folyadék és gőz.
H304	Lenyelve és a légutakba kerülve halálos lehet.
H315	Bőrirritáló hatású.
H317	Allergiás bőrreakciót válthat ki.
H318	Súlyos szemkárosodást okoz.
H331	Belélegezve mérgező.
H334	Belélegezve allergiás és asztmás tüneteket okozhat.

Mondat	Jelentése
H336	Álmosságot vagy szédülést okozhat.
H350	Rákot okozhat.
H372	Ismétlődő expozíció károsítja a szerveket.
P210	Hőtől, forró felülettől, szikrától, nyílt lángtól távol tartandó.
P260	Ne lélegezze be a port/gőzt.
P271	Csak szabadban vagy jól szellőző helyen használható.
P280	Védőkesztyű/védőruha/szemvédő használata kötelező.
P304+P340	BELÉLEGZÉS ESETÉN: Vigye a sérültet friss levegőre.
P305+P351+P338	SZEMBE KERÜLÉS ESETÉN: Öblítse vízzel percekig; távolítsa el a kontaktlencsét.

3.5.7. Gyakorlat: pác és kétkomponensű lakk adatlapjának feldolgozása

1. eset – Oldószeres pác. A tanuló megfog egy „tölgy színű oldószeres pác” feliratú kannát. Az adatlap 2. szakasza szerint a termék tűzveszélyes (H226), irritáló (H315, H319), és álmosságot okozhat (H336). A 8. szakasz kesztyűt, védőszemüveget és jó szellőzést vagy gőzszűrő félmaszkot ír elő. A tanuló feladata: használat előtt ellenőrizze, hogy a műhelyben nincs nyílt láng, a szellőzés működik, a kesztyű nitrilből van, és a pácot zárt edényben, hűvös, tűzforrástól távol kell tárolni. A maradékot veszélyes hulladékként kell gyűjteni.

2. eset – Kétkomponensű poliuretán lakk. A tanuló feladata a bútorlap lelakkozása. Az adatlap 2. szakasza szerint az edző H315, H319, H334 (légzőszervi szenzibilizáló), H317, H351 (rákkeltő gyanúja) mondatokat tartalmaz. A 8. szakasz szerves gőz- és részecskeszűrő félmaszk (pl. A2P2 vagy A2P3 – az adatlap szerint), nitrilkesztyű, védőszemüveg és védőruha használatát írja elő. A tanuló ebből megtanulja, hogy ezt a lakkot csak szórófülkében vagy fokozott szellőzés mellett, légzésvédővel szabad felhordani. A megszilárdult lakkmaradékot a gyártó utasítása szerint kell kezelni.

Figyelem. A diizocianát-tartalmú termékeket (2K PU lakkok, ragasztók edzői) az EU-ban csak igazolt képzés után szabad szakmai célra használni (REACH XVII. melléklet, 74. bejegyzés **(ellenőrizendő)**). Szórásnál a légzésvédőt mindig a konkrét adatlap 8. szakasza határozza meg; sok termék kombinált A2P3 szűrőt vagy friss levegős légzésvédőt ír elő.

Figyelem. Ezt az olvasási gyakorlatot a A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok és a Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák alfejezetben is használjuk. A biztonsági adatlap olvasása nélkül nem kezdünk munkához, mert a védőeszköz és a tárolás megválasztása mindig ennek alapján történik.

3.5.8. Technológiai lap – Hulladékok szétválogatása és átadása

Cél: A műhelyben keletkező hulladékok biztonságos, szabályos kezelése.

Anyagok, eszközök: Feliratozott gyűjtőedények (zsák, fém konténer, kannák), kesztyű, védőszemüveg, veszélyes hulladék szállítójegy.

Gépbiztonság. A hulladékkezelés nem gépi művelet, de veszélyes anyagot, poros zsákot és éles lemezdarabot mozgatunk. Viselj kesztyűt, poros munkánál légzésvédőt. Éles, szálkás fa és törött üveg miatt zárt cipő kötelező. Tilos a gyűjtőedényt a tűzforrás közelébe állítani.

Lépések:

1. **Állítsuk össze a gyűjtőzónát.** Külön edény: tiszta fahulladék, kezelt fa/lapanyag, kommunális hulladék, veszélyes fémkonténer. – ellenőrzés: minden edény feliratozva, a fémkonténer fedele jól zár.
2. **Nap vagy műszak végén válogassunk.** A tiszta fűrészport és forgácsot tegyük a tiszta fás zsákba. A festett, lakkozott, ragasztott darabokat a kezelt fa edénybe. – ellenőrzés: nincs keveredés.
3. **A szennyezett rongyot** azonnal helyezzük a fém, fedeles, tűzálló konténerbe. – ellenőrzés: a konténer nem tele, a fedél le van zárva.
4. **Az üres lakk-, hígító- és ragasztóedényt** tegyük a veszélyes hulladék gyűjtőbe. A kiürült spray-palack is ide tartozik. – ellenőrzés: a veszélyes hulladék edény sérülésmentes, nem folyik belőle.
5. **Szennyezett folyadékot** soha ne öntsünk lefolyóba. Hagyjuk inkább a maradékát beszáradni, vagy gyűjtsük a feliratozott, zárható kannában. – ellenőrzés: a lefolyó száraz és tiszta.
6. **A gyűjtőedényt** a megadott időben ürítsük. A tiszta fa zsákját hasznosításra (pl. tüzelés, brikettálás), a kezelt fa és a veszélyes hulladék tartályát engedélyezett szállítónak adjuk át. – ellenőrzés: átadási dokumentáció kitöltve; tiszta fát nem keverünk veszélyesbe.
7. **Dokumentáljunk.** A veszélyes hulladék átadásáról őrizzük meg a szállítójegyet vagy a kísérőt. – ellenőrzés: a bizonylatok egy helyen, elérhetően vannak.

3.5.9. Minőségellenőrzés

- Szemrevételezéssel ellenőrizzük, hogy a gyűjtőedények feliratai olvashatók-e, és a fedelek zárnak-e.
- A veszélyes hulladék edénye nem korrodált, nem folyik, és nincs túltöltve.
- A tiszta fa zsákban nincs kezelt, festett vagy ragasztott darab.
- Az átadási bizonylatok adatai megegyeznek a tényleges hulladék típusával és mennyiségével.
- A szennyezett rongy konténer fedele mindig le van zárva, és a tartály nincs tűzforrás közelében.

3.5.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Ok	Helyes gyakorlat
A festett, lakkozott fát a tiszta fa kazánjába dobják	„Úgyis elég, csak egy kicsi” gondolkodás	Kezelt fát sosem égetünk el; átadjuk engedélyezett hulladékkezelőnek
A szennyezett rongyot összegyűrve a sarokba dobják	Nem ismerik az öngyulladás veszélyét	Fém, zárható, tűzálló edényben gyűjtik; a veszélyt a műhelyben kioktatják
A lakkmaradékot a lefolyóba öntik	Gyors, kényelmes megoldásnak tűnik	Lakkot, oldószert, pácot veszélyes hulladékként gyűjtenek

Hiba	Ok	Helyes gyakorlat
Nincs biztonsági adatlap a műhelyben	A vásárláskor nem kérik el	Minden vegyszerhez bekérjük és a kijelölt mappában őrizzük az adatlapot
Az izocianátos lakkot sima porálarcban szórják	Nem olvasták el a 8. szakaszt	A szerves gőzök ellen is védő, szűrőbetétes félmaszkot és szellőzést használnak

3.5.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben a tanuló elvégzi a napi takarítást. A padlón szétszórt csiszolási por, MDF-darabok és a fűrészgép melletti tiszta forgács keveredik. A műhelyvezető felfigyel rá, és megkéri a tanulót, hogy mutassa meg, hova tenné a hulladékot. A tanuló a tiszta forgácsot a tüzelőzsákba, az MDF-darabot a „kezelt fa/lapanyag” jelű edénybe, a csiszolási port pedig a csiszolópor zsákjába tenné, mert az finom por, és a lapanyag pora esetleg ragasztóanyagot is tartalmaz. A műhelyvezető dicséri, és hozzáteszi: az elszívó zsákjában lévő finom por nem feltétlenül tiszta, mert a csiszológép lakkot és gyantát is lecsiszol; ezt a porgyűjtőt a gyártó utasítása szerint kell kezelni. A tanuló megjegyzi, hogy a műhelyben minden anyaghoz legyen adatlap és hulladékkezelési utasítás.

3.5.12. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a tiszta fahulladék és a kezelt fa hulladék között?
2. Miért tilos a lakkozott bútorlapot kályhában elégetni?
3. Hogyan kell tárolni az olajos, oldószeres rongyot, és miért?
4. Sorolj fel három elemet, amelyet egy lakk biztonsági adatlapjának 8. szakaszában találunk.
5. Milyen piktogram jelzi a tűzveszélyességet, és melyik az egészségkárosító hatást?
6. Mit jelent a H317 mondat?

3.5.13. Feladatok

1. feladat (A) Nevezd meg, hogy az alábbi hulladékok melyik gyűjtőedénybe tartoznak: tiszta bükkforgács, üres nitrohígító, olajos rongy, MDF-léc darab, fehér vizes lakk lecsepegett nyoma.

2. feladat (A) Írd le egy biztonsági adatlap 1. szakaszának tartalmát.

3. feladat (B) Egy lakk adatlapján a következő H-mondatok szerepelnek: H226, H315, H319, H336. Magyarázd meg egy-egy mondatban, milyen veszélyt jelentenek.

4. feladat (B) A tanuló a maradék oldószeres pácot egy nyitott vödörben a műhelyben hagyja, mellette csiszológép üzemel. Mi a baj ezzel a megoldással? Milyen két veszély lép fel?

5. feladat (C) Egy kétkomponensű ragasztó biztonsági adatlapja szerint az edző izocianátot tartalmaz. Hogyan döntöd el, hogy milyen légzésvédőt kell használni? Milyen alapszabályt fogalmazol meg a keverésre és a tárolásra?

6. feladat (D) Tervezd meg a műhely hulladékgyűjtő zónáját négy edénnyel. Írd le mindegyik edény feliratát, anyagát, és azt, hogy mikor és kinek adják át a tartalmát.

3.5.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A tiszta fahulladék kezeletlen, nem ragasztott, festett vagy impregnált; égethető, brikettálható. A kezelt fa bevonatot, ragasztót vagy védőszert tartalmaz; nem égethető el, át kell adni hulladékkezelőnek.
2. Mert a lakk, festék, ragasztó égése során mérgező gázok keletkeznek, és a kazán is károsodhat.
3. Fém, jól záródó fedelű, tűzálló edényben, mert a lenolajos, oldószeres rongy oxidációja hőt termel, és a rongy öngyulladhat.
4. Kellhetnek: légzésvédő típusa, kesztyű anyaga, védőszemüveg, védőruha, szellőzés módja, munkahelyi határérték. (Bármely három jó.)
5. Tűzveszélyességet a láng piktogram, egészségkárosító hatást az emberi felsőtest-sziluett, mellkasán csillagszerű jellel (GHS08) jelöli a piktogram.
6. Allergiás bőrreakciót válthat ki.

Feladatok megoldásai

1. feladat (A) A tiszta bükkforgács a tiszta fahulladék zsákba kerül. Az üres nitrohígító a veszélyes hulladék közé, mert oldószermaradékot tartalmaz. Az olajos rongy a fém, fedeles, tűzálló konténerbe. Az MDF-léc a kezelt fa/lapanyag edénybe. A fehér vizes lakk lecsepegett nyoma a veszélyes hulladék edénybe, vagy ha megszilárdult, a gyártó utasítása szerinti szilárd hulladékként kezelendő.

2. feladat (A) Az 1. szakasz a termék/keverék nevét és azonosító adatait, a felhasználás módját, a gyártó/forgalmazó nevét, címét, telefonszámát és a vészhelyzeti telefonszámot tartalmazza.

3. feladat (B) H226: Tűzveszélyes folyadék és gőz. H315: Bőrirritáló hatású. H319: Súlyos szemirritációt okoz. H336: Álmosságot vagy szédülést okozhat.

4. feladat (B) Két veszély van: a pác tűzveszélyes, gőze robbanásveszélyes lehet, és a csiszológép szikrát vagy hőt termelhet; a pác pedig irritáló, álmosságot okozó gőzöket ad le, amit a tanuló belélegezhet. A helyes megoldás: zárt edényben, hűvös, tűzforrástól távol tárolni, és a munkát szellőzés mellett, kesztyűben végezni.

5. feladat (C) A biztonsági adatlap 8. szakasza adja meg a légzésvédő típusát (pl. szerves gőzszűrő félmaszk, A2P2 vagy A2P3 – az adatlap szerint). Az izocianátos edző esetén a keverést mindig elszívás alatt vagy jól szellőző helyen, kesztyűben végezzük. A tárolás: zárt edényben, hűvös, száraz, tűzforrástól távol, és a maradékot veszélyes hulladékként kezeljük.

6. feladat (D) A tanuló által tervezett zóna négy edénye: 1. **Tiszta fahulladék:** műanyag zsák vagy rácsos láda, felirat: „Tiszta fahulladék – tüzelésre”. Átadás: a műhely fűtésére vagy brikettálónak. 2. **Kezelt fa / lapanyag:** műanyag zsák, felirat: „Kezelt fa, lapanyag – nem égethető”. Átadás: engedélyezett hulladékkezelőnek. 3. **Kommunális és csomagolási hulladék:** szelektív edények, felirat: „Papír, fólia, műanyag”. Átadás: kommunális szelektív gyűjtőbe. 4. **Veszélyes hulladék:** sárga, jelölt, zárható fém vagy műanyag edény, felirat: „Veszélyes hulladék – lakk, oldószer, szennyezett rongy”. Átadás: kizárólag veszélyes hulladék szállítására jogosult szolgáltatónak, szállítójeggyel.

3.5.15. Rövid összefoglaló

A faipari műhelyben a hulladékot a keletkezés helyén kell szétválogatni. A tiszta fahulladék égethető, brikettálható vagy átadható lapgyártásnak. A kezelt fa, a lapanyag, a bevonatos darabok nem égethetők el, mert mérgező gázok keletkeznek. A veszélyes hulladékokat (lakk, hígító, ragasztó, pác, szennyezett rongy, szűrőbetét) zárható, jelölt edényben gyűjtjük, és csak engedélyezett szállítónak adjuk át; a lefolyóba öntés szigorúan tilos. Az olajos, oldószeres rongy fém, szorosan záródó fedelű, tűzálló gyűjtőedénybe kerüljön. A veszélyes anyagok megismerésének alapja a biztonsági adatlap (SDS), melynek 16 szakasza közül a 2. (veszélyek, H-mondatok, piktogramok), a 8. (védőeszközök, expozíció) és a 4. (elsősegély) a legfontosabb a napi munkában. A régi R/S-mondatokat ma H/P-mondatok váltják fel. **Továbbvitt eredmény.** A biztonsági adatlap olvasását használjuk a A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok és a Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák alfejezetben (lakkoknál: A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok): minden ragasztó, pác és lakk előkészítésekor az adatlapból kell meghatároznunk a tárolást, a szellőzést és a légzésvédőt.

3.5.16. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: CLP-rendelet és REACH-rendelet (ELLENŐRIZENDŐ: pontos szám), hulladékgazdálkodási törvény és rendeletek, hulladékjegyzék, termék biztonsági adatlapjai, gépkönyvek, szakmai gyakorlati útmutatók. **(A jogszabályok száma és a szakaszok pontossága ellenőrizendő.)**

II. RÉSZ – A faanyag és a faipari anyagismeret

4 A fa szerkezete és tulajdonságai

4.1. A fa felépítése: törzs, évgyűrű, geszt, szijács, sejtek és vegyi összetétel

4.1.1. Motiváció

Egy megrendelő tölgyfa étkezőasztalt szeretne. A katalógusban két asztallapot is mutat: az egyiken a rajzolat vékony, hullámos vonalakból áll, a másikon széles, „tükrös” foltok látszanak. Ugyanaz a faanyag, mégis teljesen más a kép. Az asztalosnak értenie kell, miért. Ha rosszul választja meg a vágási irányt, vagy nem ismeri a fa szerkezetét, a megmunkálásnál szakad a szál, a felületkezelésnél foltos lesz a pác, a kész bútor pedig vetemedhet. Ez az alfejezet a fa **makroszerkezetéből** indul: mi van a kéreg alatt, mit árul el az évgyűrű, és mi a különbség a bütü-, a sugár- és a húrmetszet között.

4.1.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy frissen vágott rönk bütüjét nézed. A bütü a törzs tengelyére merőlegesen vágott felület – a „keresztmetszet”. Kívülről befelé haladva sötét, repedezett kéreg, alatta vékony kéreg alatti réteg, majd világos, nedves szijács és sötétebb, keményebb geszt látható. A közepén kis pötty: a bél. A körök pedig az évgyűrűk. Ezt a szerkezetet mutatja az alábbi rétegfelépítés:



4.1. ábra. A fatörzs részei kívülről befelé - Szemléltető rétegfelépítés; a szijács és a geszt közötti határ fafajonként eltérő lehet.

A kép arra emlékeztet: a fa nem egyszerű „anyag”, hanem egy élő szervezet része volt, és minden látható vonalnak, színnek és foltnak működési magyarázata van.

4.1.3. A fa mint élő szervezet: gyökér, törzs, korona

Az asztalos a törzset dolgozza fel, de a törzs szerkezete csak akkor érthető, ha a fát élő rendszerként látjuk. A fa három fő része:

- **Gyökér:** rögzíti a fát a talajban, vizet és ásványi sókat vesz fel.
- **Törzs:** szállítja a vizet és a tápanyagokat, raktároz, és mechanikai tartást ad a lombozatnak. Az asztalosipari faanyag elsősorban innen származik.
- **Korona:** levelek vagy tűlevelek; itt zajlik a fotoszintézis, amely szerves anyagot állít elő.

A törzs belsejében kétirányú szállítás történik: a gyökértől felfelé víz és ásványi anyagok, a koronától lefelé pedig a fotoszintézissel előállított cukoroldat. Ez a szállítórendszer a fatörzs anatómiai felépítésében is látható.

Definíció. A **xilém** a fatest, amely a folyadékok felfelé szállítását és a szilárdságot adja. A **floém** (háncs) a kéreg alatt elhelyezkedő szállítószövet, amely a cukoroldatot szállítja. A kambium a kettő között van.

4.1.4. A törzs részei

A frissen vágott bütün a következő részeket mutatja:

- **Bél:** a törzs közepén lévő kis, gyakran sötét folt. Ez a fiatal hajtás elsődleges szövetének maradványa. Asztalosipari szempontból gyenge, laza pont, ezért széles deszkánál gyakran kiejtik.
- **Geszt:** a bél körüli, általában sötétebb, elhalt szövet, amely a fa szilárdsági vázát adja. Sok fafajnál a geszt sötétebb (tölgy, dió, vörösfenyő), más fafajoknál alig különül el (lucfenyő, bükk, nyír).
- **Szijács:** a geszt és a kambium közötti világos, élő, szállító zóna. A frissen vágott fa nedves, mert itt történik a vízszállítás. A szijács általában kevésbé tartós, és sok fafajnál jobban tele van vízzel, ami száradásnál feszültséget okoz.
- **Kambium:** néhány sejtsor vastagságú osztódószövet a háncs és a szijács között. Ez termeli a fatest sejtjeit és a háncsot is.
- **Háncs (floém):** a kambiumtól kifelé eső, élő szállítószövet a kéreg alatt.
- **Kéreg:** elhalt, repedezett külső védőréteg; a fát védi a kiszáradástól, sérülésektől és a kórokozóktól.

Szabály. A faanyagot a kéreg és a háncs eltávolítása után kapjuk; az asztalos a szijács és geszt tartományából dolgozik. A szijács–geszt arány fafajtól és életkortól függ, és befolyásolja a színt, a tartósságot és a ragaszthatóságot.

Megjegyzés. A geszt és szijács közötti átmenet nem mindig éles. A tölgynél, diónál látványos, a lucfenyőnél és bükknél a friss vágáson alig lehet elkülöníteni. Ilyenkor vízpróba vagy színkémiai jelzés segíthet; a szín és a tartósság azonban nem mindig függ össze.

4.1.5. Évgyűrű, korai és késői pászta

A mérsékelt égövi fák törzsében a kambium tavasszal gyorsan, nagyobb üreggel rendelkező, világos sejteket termel – ez a **korai pászta**. Nyár végén és ősszel lassabban növekszik, a sejtek kisebbek, vastagabb falúak, sötétebbek – ez a **késői pászta**. A világos és sötét sáv együtt egy **évgyűrűt** alkot.

Definíció. Az **évgyűrű** a fa keresztmetszetén látható, egy vegetációs időszak alatt képződött szövetgyűrű, amely korai és késői pásztából áll.

Példa. Egy mérsékelt övi lombfánál a bütün a tavaszi gyors növekedés miatt a korai pászta széles és lyukacsos (nagy edényekkel), a késői pászta sűrű, sötét. Ez az évgyűrűhatár.

- **Gyűrűs likacsú lombos fák:** a nagy edények (likacsok) a korai pásztában koncentrálódnak, így az évgyűrűhatár szabad szemmel jól látható. Példa: tölgy, szil, kőris, akác.
- **Szórt likacsú lombos fák:** az edények nagyjából egyenletesen oszlanak el az évgyűrűn belül, ezért az évgyűrűhatár kevésbé feltűnő. Példa: bükk, nyír, juhar, éger, nyár. Az átmeneti (félig gyűrűs likacsú) fák – például a dió és a cseresznye – a kettő között állnak.

Megjegyzés. A trópusi fák egy részénél nincs évgyűrű, mert az éghajlat nem váltakozik élesen; ott az évgyűrű helyett gyakran csak növekedési zónákat látunk. A fafajfelismerésnél ezt is figyelembe kell venni.

4.1.6. Gyantajáratok

A tűlevelű fák fájában gyakran **gyantajáratok** vannak. Ezek hosszanti és keresztirányú csatornák, amelyek folyékony gyantát választanak ki. A fenyőfa gyantája ragacsos, a pengét, csiszolószalagot hamar tömíti, és a felületkezelő anyagok tapadását is rontja. A lucfenyőnél, erdeifenyőnél a gyantajáratok láthatók a bütün, a vörösfenyőnél is megtalálhatók, de kisebb számban. A gyanta a fa védelmét szolgálja a sérülésekkel és kórokozókkal szemben.

Figyelem. A gyantás fenyő felületkezelése előtt gyantamentesítés szükséges; ezt a A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás alfejezetben tárgyaljuk.

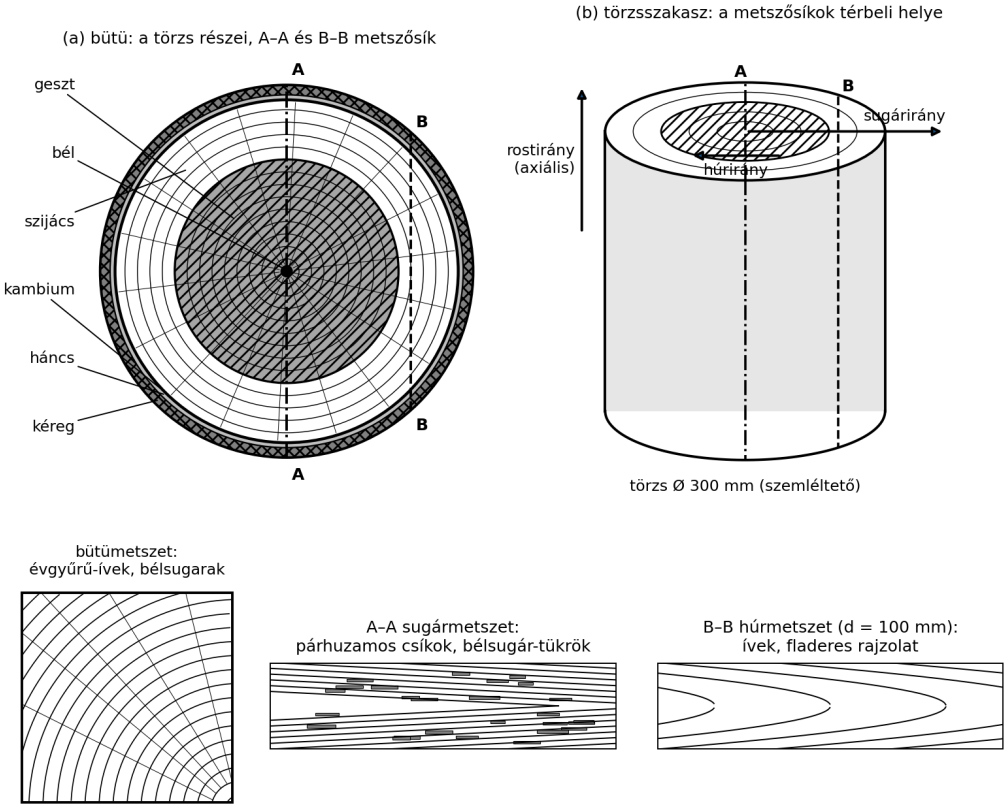
4.1.7. Anatómiai főirányok és főmetszetek

A faanyag nem egyenletes, izotrop anyag: tulajdonságai irányfüggők. Három anatómiai főirányt különböztetünk meg:

- **Rostirány (axiális irány):** a törzs tengelyével párhuzamos, a szálak hossza mentén. A fa szilárdsága és zsugorodása ebben az irányban a legkedvezőbb; a legtöbb szerszám ezzel az iránnyal dolgozik.
- **Sugárirány:** a bélből kifelé, a sugár mentén.
- **Húrirány:** az évgyűrűk érintője irányába.

A három főirányhoz három **főmetszet** tartozik:

- **Bütümetszet (keresztmetszet):** a törzs tengelyére merőlegesen vágott felület. Ezen látjuk az évgyűrűket, a bélből kiinduló bélsugarakat, a pásztákat. A bütü a legjobb a fafajfelismeréshez, de erősen nedvszívó, és a fa „lélegzik”: a bütüfelület gyorsan felveszi és leadja a nedvességet, ezért könnyen reped.
- **Sugármetszet (tükrös metszet):** a törzs tengelyén átmenő, a bélen áthaladó metszet. Ezen a bélsugarak széles, fénylő tükrökként jelennek meg – innen a „tükrös” elnevezés. A sugármetszet jól mutatja a bélsugarakat és a függőleges hosszanti elemeket. A tölgynél ez adja a jellegzetes tükrös rajzolatot.
- **Húrmetszet (fladeres metszet):** a tengelytől eltolva, az évgyűrűket érintőlegesen vágott felület. Ezen az évgyűrűk hullámos, fladeres rajzolatot adnak. Ez a legáltalánosabb vágási kép a kereskedelmi deszkáknál.



4.2. ábra. A fatörzs részei és a három anatómiai főmetszet: (a) bütü a részekkel és az A–A (sugár-), B–B (húr-) metszősíkkal, (b) a metszősíkok helye a törzsszakaszon a főirányokkal, alul a három felület rajzolata (szemléltető rajz, Ø 300 mm-es törzs)

Az ábra bal felső részén a bütü látható kívülről befelé: kéreg, háncs, kambium, a világos szijács, a sraffozott geszt és középen a bél; az évgyűrűk vékony körök, a bélsugarak sugárirányú vonalak. Az A–A sík a bélen megy át (sugármetszet), a B–B sík a béltől eltolva, az évgyűrűket érintőlegesen vágja (húrmetszet). Alul a három felület: a bütün évgyűrű-ívek, a sugármetszeten párhuzamos csíkok bélsugár-tükrökkel, a húrmetszeten ívek (fladeres rajzolat). A HTML-változatban csúszkával tolhatod a metszősíkot a béltől kifelé, és megfigyelheted, hogyan vált a rajzolat tükrösből fladeresbe.

Szabály. A főmetszetek felismerése a fafajfelismerés és a vágási mód megválasztásának alapja. A bütün az évgyűrűk száma az életkor és a növekedési viszonyok becslésére használható; a sugár- és húrmetszet rajzolata a bútor megjelenését határozza meg.

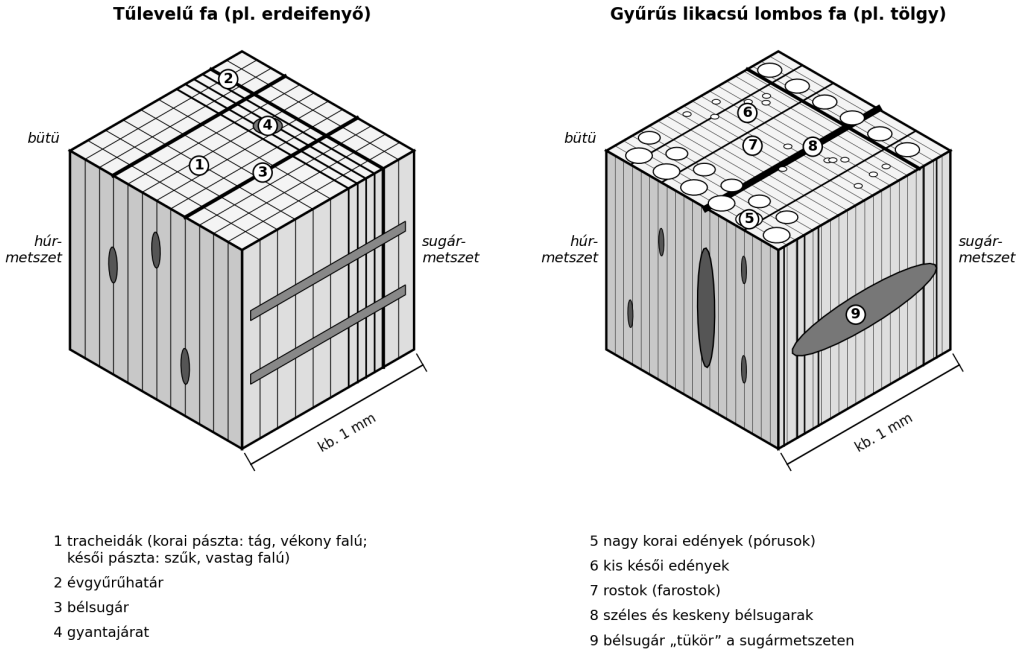
4.1.8. Szöveti elemek: tracheidák, edények, rostok, bélsugarak

A fa szöveti elemei mikroszkopikus csövek és sejtek, amelyek funkció szerint három csoportba sorolhatók: szállító, szilárdító és raktározó elemek.

- **Tracheida:** a tűlevelű fák fő szállító és szilárdsági sejtje. Hosszú, keskeny, zárt végű sejt, amelyen keresztül a víz főleg a sejtfalak gödörkéin át áramlik. A tűlevelű fák fájának 90–95 %-a tracheida, ezért a fenyőfa könnyű, de szilárd.
- **Edény (likacs):** a lombos fák fő vízszállító eleme. Az edények rövid, széles csövek, amelyek a rostirányban egymáshoz csatlakoznak. A bütün az edények kis lyukakként látszanak –

ezek a „likacsok”. A gyűrűs likacsú fafajoknál a korai pásztában nagy edények sorakoznak, a szórt likacsúaknál az edények egyenletesen oszlanak el.

- **Rost:** a lombos fák szilárdsági eleme. A rostok vastag falú, hosszú sejtek, amelyek a fa keménységét és szívósságát adják. A bükknél például a rostok sűrű elhelyezkedése magyarázza a keménységet.
- **Bélsugár:** a bélből kifelé sugárirányban haladó, gyakran több sejtsorból álló szalag. A bélsugár raktározza a tápanyagot, és keresztirányú szállítást végez. A bütün a bélsugár vékony, sugárirányú vonalként látszik; a sugármetszeten széles, fénylő sávként. A tölgynél, bükknél és a platánnál a bélsugarak nagyok és jellegzetesek.



4.3. ábra. A tűlevelű és a gyűrűs likacsú lombos fa szöveti felépítése blokkrajzon: felső lap bütü, jobb első lap sugármetszet, bal első lap húrmetszet (sematikus, nem méretarányos; élhossz kb. 1 mm)

A bal oldali tűlevelű blokkon a bütün a tág korai és a szűk, vastag falú késői pásztabeli tracheidák, az évgyűrűhatár, a bélsugár és egy gyantajárat látszik; a sugármetszeten a bélsugár vízszintes sáv, a húrmetszeten kis orsó. A jobb oldali lombos blokkon a korai pásztában nagy edények (pórusok), a késői pásztában kicsik sorakoznak a rostok között; a széles bélsugár a sugármetszeten fénylő „tükör” foltként jelenik meg.

Szabály. A szöveti elemek aránya és elrendezése határozza meg a famintázatot, sűrűséget, keménységet, zsugorodást és a megmunkálhatóságot. A tűlevelű fák egyszerűbb szerkezetűek, a lombos fák szöveti képe változatosabb.

4.1.9. A fa vegyi felépítése

A fa szerves anyag, amely elsősorban három nagy molekulacsoportból áll:

- **Cellulóz:** a faanyag 40–50 %-a (tűlevelűeknél jellemzően 40–45 %, lombosoknál hasonló tartomány, fafajtól függően – **ellenőrizendő: pontos tartományok**). A cellulóz adja a fa szakítószilárdságát és rostosságát. A papírgyártás alapanyaga.

- **Hemicellulóz:** a faanyag 20–35 %-a. Kisebb molekulatömegű poliszacharid, amely a sejtfalban a cellulóz és a lignin közötti kötőanyagként működik. A hemicellulóz a fa nedvességfelvételére és duzzadására erősen hat.
- **Lignin:** a faanyag 20–30 %-a. Kemény, merev, háromdimenziós polimer, amely a sejtfalak merevségét adja. A lignin a fa korhadásával szembeni ellenállását is növeli, UV-fény hatására bomlik (szürkülés). A fa színét főleg a járulékos anyagok adják; a szerszámkopást elsősorban a sűrűség és az ásványianyag- (kova-) tartalom növeli.
- **Járulékos anyagok:** a faanyagban kis mennyiségben (általában néhány százalékban) gyanta, csersav, színezőanyag, illóolaj, ásványi anyag található. Ezek erősen befolyásolják a fa színét, szagát, tartósságát és a felületkezelést.

Megjegyzés. A csersav tartalmú fák (tölgy, gesztenye, dió) nedves környezetben fémszerelvényekkel érintkezve sötét foltot okoznak – ezt a Hazai kemény lombos fafajok és a Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek alfejezet tárgyalja.

Technológiai következmények. A fa vegyi összetétele közvetlenül hat a megmunkálásra és a felületkezelésre:

- A **gyanta** tömíti a csiszolószalagot, tapad a szerszámra, és a felületkezelő anyagot később „áttörheti”. Ezért fenyőnél gyantamentesítés kell.
- A **csersav** sötét színreakciót ad lúgos anyagokkal, acélcsavarokkal vagy nedves fa esetén; a pác színét is megváltoztathatja.
- A **lignin** lebomlása UV-sugárzás hatására a fa szürkülését okozza kültéren; ezért kültéri felületeknél pigmentált bevonat kell.
- A **cellulóz** és **hemicellulóz** vízmegkötő tulajdonsága okozza a zsugorodást és dagadást; ezt a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben számítjuk.

4.1.10. A fa mint anyag: irányfüggő tulajdonságok

A fa anatómiai felépítésének egyik legfontosabb gyakorlati következménye az **anizotrópia**: a tulajdonságok irányonként változnak. A rostirányban a szilárdság nagy, a zsugorodás kicsi; húrirányban a zsugorodás nagyobb, mint sugárirányban. Ez a fa „mozgásának” alapja, amelyet a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben számítunk.

Továbbvitt eredmény. A bütü-, sugár- és húrmetszet, valamint a rostirány fogalma a fafizika (nedvesség, zsugorodás), a fahibák felismerése, a fafajmeghatározás és a forgácsolás alfejezeteinek alapja. A rostirányt a gyalulásnál, marásnál, csiszolásnál és a kötések méretezésénél is figyelembe kell venni: a szerszám lehetőleg rostirányban dolgozzon; a bütü- és húrmetszetű felületek eltérően viselkednek a nedvességváltozásra.

4.1.11. Számítási példák

A téma elsősorban leíró jellegű, de két egyszerű számítással a fa szerkezetéből adódó gyakorlati mennyiségeket becsülhetjük.

1. példa – Életkor becslése évgyűrűkből.
Adott: egy tölgy tuskó bütüjén a béltől a kéreg felé mérve a sugár 180 mm. Ezen a sugáron 36 évgyűrűt számolunk.
Keresett: a fa hozzávetőleges életkora, ha a növekedést egyenletesnek feltételezzük.
Megoldás:

$$\text{átlagos évgyűrűszélesség} = \frac{180\,\text{mm}}{36} = 5{,}0\,\text{mm/évgyűrű}$$

Mivel a bél és kéreg közötti sugáron minden év termel egy gyűrűt, a fa életkora ≈ 36 év.
Ellenőrzés: a kapott 5 mm/évgyűrű reális mérsékelt övi tölgynél; ha a gyűrűk nagyon szűkek, az életkor nő, ha szélesek, gyors növekedésre utal. Ez a becslés csak akkor pontos, ha a bél látható, és a kéreg nem hiányzik.

2. példa – A geszt területi aránya a bütün.
Adott: egy akác rönk bütüje kör alakú, átmérője $D = 320\,\text{mm}$. A geszt sötét zónája szintén kör, átmérője $D_{\text{geszt}} = 200\,\text{mm}$.
Keresett: a geszt által elfoglalt terület aránya a teljes bütüfelülethez képest.
Megoldás:
A teljes bütüfelület:

$$A_{\text{teljes}} = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{320\,\text{mm}}{2}\right)^2 = \pi \cdot (160\,\text{mm})^2 \approx 80\,425\,\text{mm}^2$$

A gesztfelület:

$$A_{\text{geszt}} = \pi \cdot \left(\frac{200\,\text{mm}}{2}\right)^2 = \pi \cdot (100\,\text{mm})^2 \approx 31\,416\,\text{mm}^2$$

Az arány:

$$\frac{A_{\text{geszt}}}{A_{\text{teljes}}} = \frac{31\,416}{80\,425} \approx 0{,}39 = 39\,\%$$

Ellenőrzés: az arány ésszerű: az akác gesztje jellemzően a sugár kb. 60–70 %-át teszi ki, de a területi arány négyzetes, így kisebb a sugárarányból számoltnál. Ezt a százalékot az anyagkihozatalnál és a színképnél használjuk. Megjegyzés: a szijács területi aránya így 61 %; a gyakorlatban a szijácsot sok esetben eltávolítják bútoripari felhasználás előtt, ezért a hasznos gesztházad becslése fontos.

4.1.12. Minőségellenőrzés

A fa szerkezetét a műhelyben elsősorban a bütün és a hosszirányú felületek megfigyelésével ellenőrizzük.

- **Bütün:** szemrevételezéssel vizsgáljuk az évgyűrűk szélességét, a korai–késői pászta arányát, a geszt-szijács határt, a bélsugarakat és a gyantajáratokat. A nagyon széles korai pászta puha, gyenge fát jelez.
- **Sugármetszet:** a bélsugarak tükrös rajzolatot adnak; a hosszanti irányban folytonos, egyenes vonalak jó minőségű anyagra utalnak.
- **Húrmetszet:** a hullámos flader-rajzolatot ellenőrizzük; a rajzolat folyamatossága és a szálak párhuzamossága a felületi minőség jele.
- **Rostirány:** a szálak lefutását a hosszfelületen szemmel követjük; a hullámos vagy csavarodott szálirányú anyag gyaluláskor és maráskor szakad, ezért gondosabb előtolást és élesebb szerszámot igényel.

4.1.13. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** a tanuló összetéveszti a sugár- és húrmetszetet.
   Ok: a két felület rajzolata hasonlíthat, ha a bélsugarak keskenyek.
   Helyes gyakorlat: a bütün évgyűrűihez viszonyítunk: a sugármetszet merőlegesen, a húrmetszet érintőlegesen metszi az évgyűrűket. A bélsugarak a sugármetszeten tükrökként látszanak.

2. **Hiba:** a friss fűrészáru bütüjét szárítás előtt nem zárják le.
   Ok: a bütün a nedvesség sokszor gyorsabban távozik, mint a hosszfelületen, ezért a végek gyorsabban zsugorodnak, és bütürepedés keletkezik.
   Helyes gyakorlat: a friss fűrészáru bütüjét bütüvédő anyaggal (viasz, emulzió, festék – **ellenőrizendő: gyártói adatlap**) zárjuk le; kész terméken a bütüt a többi felülettel legalább azonos rétegszámmal kezeljük, kültéren pedig szerkezetileg óvjuk a víztől.

3. **Hiba:** a gyantás fenyőt gyantamentesítés nélkül pácoljuk.
   Ok: a gyanta elutasítja a pácolószert és a lakkot, foltok jelennek meg.
   Helyes gyakorlat: először gyantamentesítő oldószerrel kezeljük a felületet, majd száradás után csiszolunk.

4. **Hiba:** a szerszámot a rostiránnyal szemben mozgatjuk gyalulásnál.
   Ok: a rostirány ellenében a penge beleakad a szálba, és kitépést okoz.
   Helyes gyakorlat: a munkadarabot úgy fogjuk be, hogy a szálirány a mozgás irányába haladjon; ha hullámos a szál, éles késsel, kis fogásmélységgel dolgozzunk.

4.1.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben a megrendelő két tölgyfa asztallapot rendel: az egyik legyen „tükrös”, a másik „fladeres”. Az asztalos a szárított deszkák közül kiválasztja a megfelelő vágási képet. A tükrös rajzolathoz a rönköt a bélen átmenő sugárirányú metszettel vágott deszkát használ; a fladereshez a béltől eltolt, húrirányú vágást. A munkalap szélességi egyesítésénél figyel arra, hogy a szomszédos lamellák száliránya azonos legyen, és az évgyűrűállás váltakozzon, hogy a zsugorodásból adódó vetemedést kiegyenlítse. A bütüfelületet nem hagyja látható helyen, vagy fejelőléccel (élléccel) takarja. A tanulság: a fa anatómiája nem laboratóriumi ismeret, hanem a vágási kép, a szín és a méretstabilitás megválasztásának kulcsa.

4.1.15. Önellenőrzés

1. Melyik metszeten láthatók az évgyűrűk koncentrikus körökként, és melyiken jelennek meg a bélsugarak széles tükrökként?

2. Mi a különbség a korai és a késői pászta között, és melyik ad sötétebb sávot a bütün?

3. Melyik sejttípus a tűlevelűek fő szilárdsági eleme, és melyik a lombosok fő vízszállító eleme?

4. Miért okoz a csersav sötét foltot a nedves tölgyfa és az acélcsavar érintkezésénél?

5. Mi az a kambium, és miért fontos a fa növekedése szempontjából?

6. Hogyan becsülhető meg egy fa hozzávetőleges életkora a bütü vizsgálatával?

4.1.16. Feladatok

1. feladat (A)
Sorolj fel legalább három különbséget a bütü-, sugár- és húrmetszet között. Adj meg mindegyikhez egy-egy gyakorlati felhasználási példát.

2. feladat (A)
Egy lucfenyő deszka bütüjén világos és sötét sávok váltakoznak. Nevezd meg, mi a világos sáv, mi a sötét sáv, és miért keletkeznek.

3. feladat (B)
Egy tölgy bütüjén a béltől a kéregig 96 évgyűrűt számolunk, a sugár 240 mm. Számítsd ki az átlagos évgyűrűszélességet, és becsüld meg a fa korát. Ellenőrizd az eredményt.

4. feladat (B)
Egy gesztenye rönk átmérője 400 mm, a geszt átmérője 300 mm. Számítsd ki a geszt területi arányát a teljes bütüfelülethez képest. (Használj $\pi \approx 3{,}14$ értéket.)

5. feladat (C)
Egy asztalos egy tölgy deszkából asztallapot készít. A deszka húrmetszetből való. Milyen rajzolatot fog mutatni? Miért? Milyen probléma léphet fel a száradás során, és hogyan lehet csökkenteni? Indokold.

6. feladat (D)
Vizsgálj meg egy valós fadarabot (ha van műhelyben): azonosítsd a bütün, a sugár- és a húrmetszetet, a geszt-szijács határt, az évgyűrűket és a bélsugarakat. Rajzold le egyszerű vázlaton a bütü évgyűrűit és a sugárirányú bélsugarakat. Nevezd meg a fafajt, ha felismerted, és becsüld meg a fa korát az évgyűrűk alapján.

4.1.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A bütümetszeten koncentrikus körökként látszanak az évgyűrűk; a sugármetszeten jelennek meg a bélsugarak széles, fénylő tükrökként.
2. A korai pászta világos, laza (nagy sejtek); a késői sötét, tömör. A bütün a késői pászta adja a sötétebb sávot.
3. A tűlevelűek fő szilárdsági eleme a tracheida; a lombosok fő vízszállító eleme az edény (likacs).
4. A csersav nedvesség jelenlétében a vassal sötét vas-tannát vegyületet képez, ezért sötét folt keletkezik.
5. A kambium a háncs és a szijács közötti osztódószövet: befelé fatestet, kifelé háncsot termel, így ez adja a vastagsági növekedést.
6. A bél és a kéreg között megszámolt évgyűrűk száma adja a becslést (a tuskómagasság eléréséig eltelt évek nélkül).

1. feladat
A bütümetszet a tengelyre merőleges: koncentrikus évgyűrűket, sugárirányú bélsugarakat, korai és késői pásztát mutat; fafajfelismerésre használjuk. A sugármetszet a bélből kifelé halad: a bélsugarak tükrös foltokban jelennek meg; tölgy bútoroknál tükrös rajzolatot ad. A húrmetszet az évgyűrűket érintőlegesen vágja: hullámos, fladeres rajzolat; padló- és falburkolatoknál gyakori.

2. feladat
A világos sáv a korai pászta (tavaszi gyors növekedés, nagy sejtek), a sötét sáv a késői pászta (nyári–őszi lassú növekedés, sűrű sejtek). A váltakozás az éghajlati évszakoknak megfelelő növekedési ütemből adódik; egy világos + sötét sáv egy évgyűrű.

3. feladat
Átlagos évgyűrűszélesség = 240 mm / 96 = 2,5 mm/évgyűrű. A fa becsült életkora 96 év. Ellenőrzés: 96 × 2,5 = 240 mm, visszaszámolva stimmel.

4. feladat
Teljes bütüfelület: A_t = π · (400/2)² = 3,14 · 200² = 125 600 mm². Gesztfelület: A_g = π · (300/2)² = 3,14 · 150² = 70 650 mm². Arány: 70 650 / 125 600 ≈ 0,5625 = 56,3 %. A geszt területi aránya kb. 56 %, a szijácsé kb. 44 %.

5. feladat
A húrmetszetből származó deszka fladeres, hullámos rajzolatot mutat, mert az évgyűrűket érintőlegesen vágjuk. A száradás során a húrirányú zsugorodás nagyobb, mint a sugárirányú, ezért a deszka harántirányban erősebben mozog, és „csónakosan” vetemedhet. Csökkenthető a vetemedés: a deszkát megfelelően szárítva, a lamellák válogatásával, az évgyűrűállás váltogatásával (a szálirány azonos marad) és keskeny lamellák szélesítő toldásával. Ha az asztallap több keskeny lamellából készül, a mozgás kisebb látványhibát okoz, mint egyetlen széles deszkánál.

6. feladat
A gyakorlati feladat megoldása műhelymunkát igényel. A vázlaton a bütün kör vagy sokszög alakú évgyűrűkkel, a bélsugarak sugárirányú vékony vonalakkal szerepeljenek. A fafaj felismeréséhez használjuk a Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók alfejezetben tanultakat. A becsléshez számoljuk meg az évgyűrűket a bél és a kéreg között.

4.1.18. Rövid összefoglaló

A fa élő szervezetből, a fatörzsből származó, irányfüggő tulajdonságú anyag. A törzs bütüjén kívülről befelé a kéreg, a háncs, a kambium, a szijács, a geszt és a bél található. Az évgyűrű korai (világos, laza) és késői (sötét, tömör) pásztából áll; a gyűrűs likacsú lombos fák nagy edényei a korai pásztában, a szórt likacsúaké egyenletesen helyezkednek el. A tűlevelűekre tracheidák, a lombosokra edények és rostok jellemzők; a bélsugarak sugárirányú szalagok. A három főmetszet: bütü (keresztmetszet), sugármetszet (tükrös) és húrmetszet (fladeres). A fa vegyi anyagai: cellulóz, hemicellulóz, lignin és járulékos anyagok (gyanta, csersav). **Továbbvitt eredmény:** a bütü-, sugár- és húrmetszet, valamint a rostirány ismerete a nedvességtartalom, a zsugorodás, a fahibák, a fafajfelismerés és a forgácsolás alfejezeteiben használandó. A rostirány mentén a tulajdonságok eltérőek, ezért minden megmunkálásnál figyelembe kell venni.

4.1.19. Források és ellenőrzési hiányok

- A faanatómiai leírások a hazai és európai faipari szakirodalom (Soproni Egyetem, egyetemi jegyzetek, faipari tankönyvek) alapján készültek.
- A vegyi összetétel százalékos arányai (cellulóz, hemicellulóz, lignin) tájékoztató tartományok, fafajonként és mérési módonként eltérhetnek – **ellenőrizendő a pontos tartományok forrása**.
- A faanyag anatómiai nevezéktanára vonatkozó európai szabványok (pl. MSZ EN ISO 9428 vagy hasonló) – **ellenőrizendő a pontos szabványszám és a hatály**.
- A gyantajáratok, bélsugarak leírása az általános faanatómiai tankönyvi ismeretekből származik; a fafajspecifikus részletekhez használjuk a fafajfelismerésről szóló alfejezetet.

4.2. A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás

4.2.1. Miért kell a nedvességtartalmat ismerned?

Képzeld el, hogy egy megrendelő tömör tölgyfa étkezőasztalt kér. A táblásított lapot megragasztod, lecsiszolod, lelakkozod, és kiszállítod. Az első fűtési szezonban a lap közepén hajszálrepedés jelenik meg, vagy a keret széthúz. A reklamáció oka sokszor nem a ragasztó, hanem a fa **nem megfelelő nedvességtartalma**.

A faanyag nedvességtartalma a legfontosabb olyan tulajdonság, amelyet a műhelyben naponta figyelembe kell venned. Befolyásolja a fa tömegét, a szilárdságát, a zsugorodását-dagadását, a ragasztás minőségét, a pácolás és lakkozás sikerességét, valamint a beépítés utáni alakváltozást. Aki a nedvességet nem méri, az gyakran „vakon” dolgozik: a drága faanyag később elvetemedik, megreped, vagy a felületkezelő anyag lepattogzik.

Ebben az alfejezetben megtanulod, mit jelent a fa nedvességtartalma, miben van a víz a fában, milyen nedvességértékek jellemzőek, és hogyan kell a nedvességtartalmat számítani és mérni.

4.2.2. Szemléletes kép: egy darab fa a mérlegen

Tégy fel egy frissen vágott fenyődarabot a mérlegre: meglepően nehéz – a tömegének jelentős része víz. Ha a fát apró darabokra vágnád, és **abszolút száraz állapotig** szárítanád, a tömegéből sok eltűnne.

A fa nedvességtartalmát mindig a **szárazanyag-tömeghez** viszonyítjuk. Ezért is fontos a pontos mérés: ha egy 500 g nedves próbadarabot kiszárítunk, és a teljesen száraz tömege 400 g lesz, akkor a fából 100 g víz távozott. A nedvességtartalom számítása ezt a vízmennyiséget fogja viszonyítani a 400 g-os száraz tömeghez, nem az eredeti 500 g-hoz.

4.2.3. A fa nedvességtartalmának fogalma

4.2.3.1. Szabad víz és kötött víz

A víz a fában kétféle módon helyezkedik el.

- **Szabad víz** (kapilláris víz): a faszövet üregeiben, a sejtek üregében és a sejtközötti járatokban helyezkedik el. Ez a víz folyékonyan kitölti a fa belső kapillárisait. A szabad víz eltávozása során a fa tömege csökken, de a mérete lényegében nem változik.
- **Kötött víz** (higroszkópos víz): a sejtfalakban, a sejtfal anyagában megkötötten található. A kötött víz távozása a fa zsugorodását okozza, és a sejtfal merevsége, szilárdsága is megváltozik. A kötött víz felvétele pedig dagadáshoz vezet.

A különbséget jól megmutatja a szárítási folyamat: amíg a fa a szabad vizet adja le, addig alig zsugorodik. Amikor már csak a kötött víz távozik, a fa zsugorodásnak indul. Ez a határ a **rosttelítettségi határ**.

4.2.3.2. A rosttelítettségi határ

Definíció. A **rosttelítettségi határ** u_{rt} az a fanedvesség-tartomány, amelynél a sejtüregek már nem tartalmaznak szabad vizet, de a sejtfalak még telítve vannak kötött vízzel.

A rosttelítettségi határ jellemző értéke a legtöbb hazai fafaj esetén körülbelül **28–30 %** (ellenőrizendő: fafajonként, szakirodalmi táblázat szerint). Ez az érték azért fontos, mert:

- a rosttelítettségi határ felett a fa nedvességtartalmának csökkenése nem jár zsugorodással;
- a rosttelítettségi határ alatt minden nedvességtartalom-csökkenés zsugorodással, minden növekedés dagadással jár;
- a faanyag szilárdsági tulajdonságai is elsősorban a rosttelítettségi határ alatti tartományban változnak jelentősen.

4.2.3.3. Az egyensúlyi fanedvesség

A fa nedvességtartalma a levegő hőmérsékletétől és relatív páratartalmától függően idővel beáll egy adott értékre. Ezt **egyensúlyi fanedvességnek** (u_e) nevezzük.

Definíció. Az **egyensúlyi fanedvesség** az a nedvességtartalom, amelyet a faanyag adott hőmérsékletű és relatív páratartalmú levegőben hosszabb idő alatt elér.

Ha a fa nedvességtartalma magasabb, mint az egyensúlyi fanedvesség, akkor vizet ad le (szárad). Ha alacsonyabb, akkor vizet vesz fel (dagad). A beépítés utáni vetemedés leggyakoribb oka, hogy a fa nedvességtartalma nem volt összhangban a használati hely várható klímájával.

A gyakorlatban használt tájékoztató tartományok (szemléltető értékek, ellenőrizendők a felhasználás és a fűtési/párásítási viszonyok szerint):

Felhasználási hely / állapot	Jellemző nedvességtartalom / egyensúlyi fanedvesség u_e (tájékoztató, %)	Megjegyzés
Erdőn, frissen vágott fa (nem egyensúlyi állapot)	30–120 %	Pillanatnyi nedvességtartalom, nem u_e: fajtától, évszaktól függő, rosttelítettségi határ feletti állapot
Szabadtéri fedett hely, szellős	16–20 %	Időjárástól függ
Fűtött belső tér, lakás bútor	8–12 %	Központi fűtés, téli időszak
Padlófűtés alá szánt fa	6–8 %	Ellenőrizendő a burkolatgyártó előírása szerint
Kültéri, közvetlen időjárásnak kitett fa	16–20 % vagy magasabb	A fa kültéren is „dolgozik”

Megjegyzés. Az egyensúlyi fanedvesség nem állandó, hanem a levegő hőmérsékletétől és relatív páratartalmától függ. Télen a fűtött lakás levegője száraz, ezért a fa nedvességtartalma lecsökken; nyáron párásabb levegőn újra megemelkedik. Ezért kell a bútorok szerkezetét és a fa kiválasztását a „fa mozog” elvhez igazítani.

Továbbvitt eredmény. A „fa mozog” elv alapja, hogy a felhasználás helyéhez tartozó célnedvességet be kell tartatni. Ez az összefüggés a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben kap szerepet, és a A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok során is kritikus, mert a nedves fa rosszul ragasztható, a ragasztott kötés később megnyílik.

4.2.4. A nedvességtartalom számítása

A faiparban a nedvességtartalmat hagyományosan **abszolút nedvességtartalomként** adjuk meg, a **száraz tömegre** vonatkoztatva.

Definíció. A fa **abszolút nedvességtartalma** u (%):

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$$

ahol:

- m_n – a **nedves fa tömege** (g vagy kg), a mérés pillanatában;
- m_0 – a **abszolút száraz fa tömege** (g vagy kg).

Az abszolút száraz állapot a gyakorlatban a szárítószekrényben, $103 \pm 2\,^{\circ}\mathrm{C}$ hőmérsékleten tömegállandóságig szárított fa (MSZ EN 13183-1; ellenőrizendő: a vonatkozó szabvány szerinti hőmérséklet). A tömegmérést addig ismételjük, amíg két egymást követő mérés közötti eltérés elhanyagolhatóan kicsi nem lesz.

4.2.4.1. Miért a száraz tömegre vonatkoztatunk?

Erre a faipari szabványgyakorlat miatt van szükség. A száraz tömeg állandó, míg a nedves tömeg a pillanatnyi nedvességtartalomtól függ. Így a számított u érték egyértelműen jellemzi a fa víztartalmát.

4.2.4.2. Levezetés lépésenként

1. Mérjük meg a **nedves fa tömegét**, m_n-t, grammban vagy kilogrammban.
2. Szárítsuk a mintát szárítószekrényben, amíg a tömege **tömegállandóságig** csökken.
3. Mérjük meg a **száraz fa tömegét**, m_0-t.
4. Számítsuk ki a víz tömegét: $m_{\text{víz}} = m_n - m_0$.
5. Viszonyítsuk a víz tömegét a száraz fa tömegéhez, és szorozzuk 100-zal.

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$$

Megjegyzés. A nedvességtartalom számítása mindig a száraz tömegre vonatkozik. Ez azt jelenti, hogy egy 100 % feletti nedvességtartalom is lehetséges: például egy nagyon nedves friss fenyő szijácsa a száraz tömegénél több vizet is tartalmazhat ($u > 100\,\%$).

4.2.4.3. Kidolgozott példa

Példa. Egy bükk próbadarab nedves tömege $m_n = 320\,\mathrm{g}$. Szárítószekrényes szárítás után az abszolút száraz tömeg $m_0 = 280\,\mathrm{g}$. Mennyi a fa nedvességtartalma?

Megoldás.

Adott:

- $m_n = 320\,\mathrm{g}$
- $m_0 = 280\,\mathrm{g}$

Keresett: u (%)

Képlet:

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$$

Behelyettesítés:

$$u = \frac{320\,\mathrm{g} - 280\,\mathrm{g}}{280\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\%$$

$$u = \frac{40\,\mathrm{g}}{280\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\%$$

Egyszerűsítés:

$$u = \frac{1}{7} \cdot 100\,\%$$

$$u \approx 14{,}3\,\%$$

Ellenőrzés. A víz tömege 40 g, a száraz tömeg 280 g. A víz a száraz tömegnek nagyjából egy hetede, ami 100 % / 7 ≈ 14,3 %. Az eredmény reális, bükk esetén légszáraz állapot közelében van.

4.2.4.4. Második példa: nedves tömeg visszaszámítása

Példa. Egy tölgyfa parketta-léc abszolút száraz tömege $m_0 = 450\,\mathrm{g}$. A mért nedvességtartalma $u = 10\,\%$. Mennyi a léc tényleges tömege ebben a nedves állapotban?

Megoldás.

A képletet átrendezzük, hogy m_n-t kapjunk.

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$$

Osszunk 100-zal és szorozzunk m_0-lal:

$$\frac{u}{100} \cdot m_0 = m_n - m_0$$

$$m_n = m_0 + \frac{u}{100} \cdot m_0$$

$$m_n = m_0 \left(1 + \frac{u}{100}\right)$$

Behelyettesítés:

$$m_n = 450\,\mathrm{g} \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right)$$

$$m_n = 450\,\mathrm{g} \cdot 1{,}10$$

$$m_n = 495\,\mathrm{g}$$

Ellenőrzés. 10 % nedvességtartalom 45 g vizet jelent. A 450 g száraz tömeg + 45 g víz = 495 g. A számítás konzisztens.

4.2.5. A fanedvesség mérése

A nedvességtartalmat a műhelyben két fő módszerrel mérjük: **tömegméréses (szárítószekrényes)** és **elektromos nedvességmérővel**. A tömegméréses módszer pontos, de lassú, ezért inkább laboratóriumban, kalibráláshoz vagy vitás esetben alkalmazzuk. Az elektromos mérők gyorsak, de korrekcióra lehet szükségük.

4.2.5.1. Szárítószekrényes (tömegméréses) nedvességmérés

Ez a mérés a nedvességtartalom meghatározás alapmódszere. A folyamat:

1. Vágjunk a vizsgálandó faanyagból reprezentatív próbadarabot.
2. Mérjük meg a **nedves tömegét** m_n-t, lehetőleg 0,1 g pontossággal.
3. Helyezzük a mintát szárítószekrénybe, és szárítsuk $103 \pm 2\,^\circ\mathrm{C}$ hőmérsékleten (ellenőrizendő: a vonatkozó faanyagvizsgálati szabvány szerint).
4. Rendszeres időközönként vegyük ki, hagyjuk lehűlni, és mérjük a tömegét.
5. Amikor két egymást követő mérés közötti tömegkülönbség már nagyon kicsi, a fa **tömegállandó**; ekkor mért tömeg az m_0.
6. Számítsuk ki a nedvességtartalmat a fenti képlettel.

A mérést jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

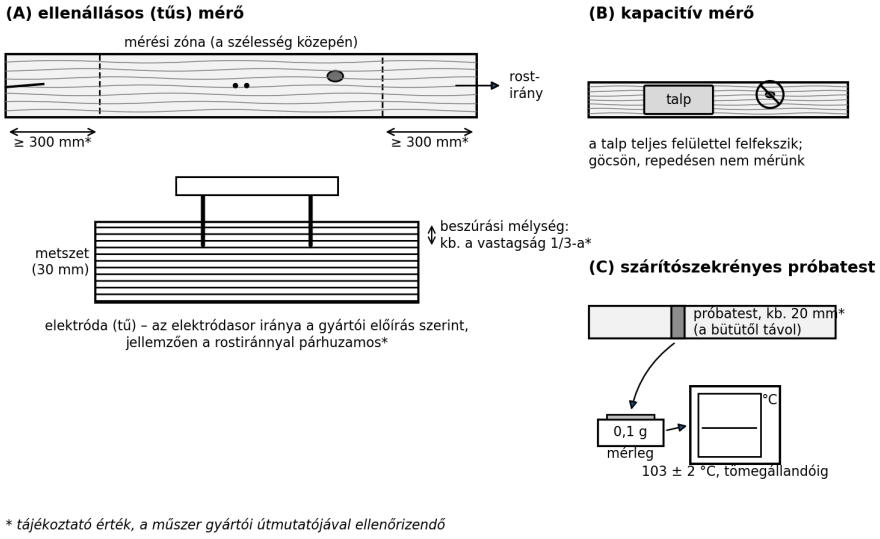
Figyelem. A próbadarabot a fából úgy vegyük, hogy az a vizsgált anyag egészét jellemezze. Ne a felületről, hanem a keresztmetszetből, a nedvesebb mag környékéről is vegyünk mintát.

4.2.5.2. Elektromos nedvességmérő

Az elektromos nedvességmérők gyors, roncsolásmentes mérési lehetőséget adnak. Két elterjedt típusuk van:

- **Ellenállásos nedvességmérő:** két elektródát nyomunk a fába, és a fa elektromos ellenállását mérjük. A nedvesebb fa jobban vezeti az áramot, ezért az ellenállás alacsonyabb.
- **Kapacitív nedvességmérő:** a fa dielektromos állandóját méri, a fa nedvességtartalma megváltoztatja a kapacitív érzékelő jelét. Előnye, hogy kevésbé roncsol, hátránya, hogy a felületi nedvesség és a sűrűség jobban befolyásolja.

Megjegyzés. Az elektromos nedvességmérő műszerek gyárilag bizonyos fafajra és mérési tartományra vannak kalibrálva. Más fafajnál a műszer által mutatott érték eltérhet a valós nedvességtartalomtól. Ezért a gyártói utasítás szerint **fafajra és hőmérsékletre korrekciót** kell alkalmazni, vagy a műszert referencia-méréssel kell kalibrálni.



4.4. ábra. A nedvességmérés helyes kivitele: (A) tűs mérő a bütütől távol, a szélesség közepén, nagyított metszettel a beszúrási mélységről; (B) kapacitív mérő teljes felülettel felfekvő talppal; (C) szárítószekrényes próbatest kivágása, mérés és szárítás (sematikus rajz; a csillaggal jelölt értékek tájékoztatók, a gépkönyv szerint ellenőrizendők)

Az ábra szerint a tűs mérővel a bütütől legalább kb. 300 mm-re, a szélesség közepén mérünk, az elektródákat a vastagság kb. harmadáig szúrjuk be; a kapacitív mérő talpa teljes felülettel feküdjön fel, göcsön és repedésen ne mérj. A szárítószekrényes próbatestet a bütütől távol vágjuk ki. A HTML-változatban a helyes mérést a tipikus hibás esetekkel (bütü közelében, göcsön, sekély beszúrással) vetheted össze.

4.2.5.3. Mérési gyakorlat: korrekció fafajra és hőmérsékletre

Példa. Egy ellenállásos nedvességmérőt bükkhöz kalibráltak. Tölgyfánál, 18 °C-on mutatott értéket meg kell szorozni 0,85-tel (tájékoztató, ellenőrizendő: a gépkönyv és a műszer gyártói adatai szerint). Ha a műszer 12 %-ot mutat, a korrigált érték:

$$u_{\text{korr}} \approx 0{,}85 \cdot 12\,\% = 10{,}2\,\%$$

A hőmérséklet is befolyásolja a mérést: hideg fa gyakran alacsonyabb nedvességet mutat, mint a valós érték. Ezért a mérés előtt a faanyagot érdemes a műhely hőmérsékletéhez közelíteni, és a mérést a faanyag gyártója vagy a műszer kézikönyve szerint elvégezni.

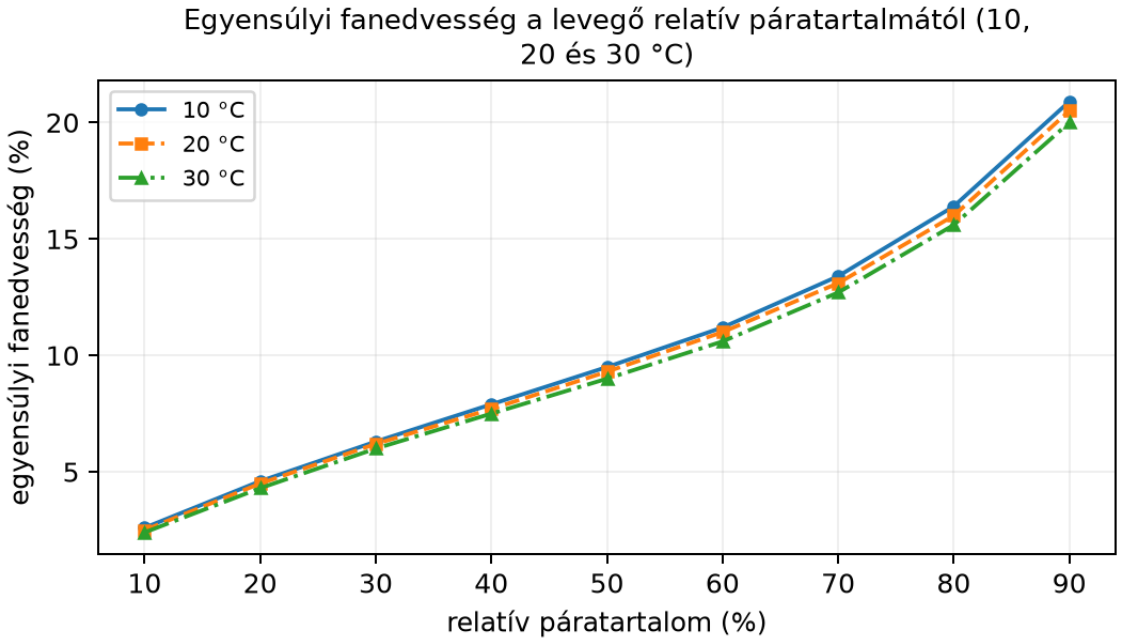
4.2.6. Az egyensúlyi fanedvesség diagram olvasása

A levegő hőmérséklete és relatív páratartalma meghatározza, hogy a fa hosszabb idő után milyen nedvességtartalmat vesz fel. Ezt **egyensúlyi fanedvesség-diagramnak** nevezzük. A diagram használata egyszerű:

1. Mérd meg a levegő **hőmérsékletét** (pl. 20 °C).
2. Mérd meg a levegő **relatív páratartalmát** (pl. 50 %).
3. Keresd meg a diagramon a hőmérséklet- és páratartalom-értékhez tartozó metszéspontot.
4. Olvasd le a hozzátartozó egyensúlyi fanedvességet.

Például, ha a levegő 20 °C-os és 50 % relatív páratartalmú, akkor a fa egyensúlyi nedvességtartalma körülbelül 9 % (tájékoztató érték, ellenőrizendő a használt diagram szerint).

Az alábbi diagram három hőmérsékletre (10, 20 és 30 °C) mutatja az egyensúlyi fanedvességet a relatív páratartalom függvényében (10–90 %). A görbék szemléltető, számított értékek (ellenőrizendő: a tényleges egyensúlyi nedvesség a fafajtól és a hiszterézistől is függ).



4.5. ábra. Egyensúlyi fanedvesség a levegő relatív páratartalmától (10, 20 és 30 °C) - Szemléltető, a Hailwood–Horrobin-féle szorpciós modell (USDA Wood Handbook) szerint számított értékek; 20 °C, 50 % → kb. 9,3 % (ellenőrizendő: fafaj, hiszterézis).

A diagram szemlélteti, hogy:

- azonos hőmérsékleten a nagyobb relatív páratartalom magasabb egyensúlyi fanedvességet eredményez;
- adott páratartalom mellett a magasabb hőmérséklet kismértékben (néhány tized %-ponttal) alacsonyabb egyensúlyi fanedvességet jelent.

A gyakorlatban a fenti táblázatot és az ilyen diagramot együtt használjuk, hogy meghatározzuk a beépítés helyére érvényes célnedvességet.

Megjegyzés. Az egyensúlyi fanedvesség nem lineárisan nő a páratartalommal, és függ a faanyag fafajától, valamint attól is, hogy a fa szárításból vagy nedvesedésből érkezik-e (hiszterézis). A diagram csak becslésre való; pontos értékhez a faanyagvizsgálati szabványok és a gyakorlati tapasztalat szükséges.

4.2.6.1. Célnedvesség meghatározása

A **célnedvesség** az a nedvességtartalom, amelyet a faanyagnak a beépítés előtt el kell érnie, hogy a használati helyen a legkisebb legyen a zsugorodás vagy dagadás okozta méretváltozás.

A célnedvességet a termék típusa és a beépítés helye alapján választjuk meg:

- **Beltéri bútor, fűtött helyiség:** jellemzően 8–12 % (tájékoztató).
- **Kültéri ablak, faablak:** jellemzően 12–15 % (tájékoztató, a hőszigetelő üvegezés és a szellőzés miatt).
- **Padlófűtés:** jellemzően 6–8 % (tájékoztató, a gyártó előírása szerint).

Fontos. A célnedvességet mindig a beépítés várható klímájához kell igazítani, és a faanyagot a műhelyben addig tárolni, amíg el nem éri ezt az értéket.

Továbbvitt eredmény. A célnedvesség értékét mind a faanyag kiválasztásakor, mind a ragasztás előtt, mind a felületkezeléskor ellenőrizni kell. A Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben számszerűen is megmutatjuk, mekkora méretváltozást okoz a rosttelítettségi határ alatti nedvességváltozás. A A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok során pedig a ragasztandó felületek nedvességtartalmának hasonlósága miatt lesz fontos a mérés.

4.2.7. Gyakorlati mérési jegyzőkönyv

A nedvességmérés eredményét érdemes írásban rögzíteni. Egy ilyen **mérési jegyzőkönyv** segít a későbbi vitás esetek, reklamációk vagy gyártásközi ellenőrzések során.

Példa jegyzőkönyv szerkezete:

Mező	Tartalom
Vizsgálat dátuma	2025. 01. 15.
Vizsgáló neve	Kovács Péter (tanuló)
Faanyag megnevezése	Tölgy, gőzölt, érintőirányú minta
Faanyag tömege, nedves m_n	245,6 g
Szárítószekrény hőmérséklete	103 °C
Száraz tömeg m_0	218,4 g
Mért nedvességtartalom u	12,5 %

Mező	Tartalom
Műszer (ha elektromos)	Ellenállásos nedvességmérő, típus: XY – kalibrálva tölgyre, 20 °C
Mérési hely / környezet	Műhely, 21 °C, 55 % relatív páratartalom
Megjegyzés	A mért érték a beépítési célnedvesség tartományán belül van.

A jegyzőkönyvben fontos, hogy a **számítást is** rögzítsük:

$$u = \frac{245{,}6\,\mathrm{g} - 218{,}4\,\mathrm{g}}{218{,}4\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\% = \frac{27{,}2\,\mathrm{g}}{218{,}4\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\% \approx 12{,}5\,\%$$

A mérési jegyzőkönyv tehát nem csak a mért adatokat, hanem a képletet, a behelyettesítést és az eredményt is tartalmazza.

4.2.8. Technológiai lap – fanedvesség mérése villamos nedvességmérővel

Cél: annak megállapítása, hogy a faanyag nedvességtartalma a felhasználás (pl. bútorgyártás, ragasztás) szempontjából megfelelő-e.

Anyagok, eszközök:

- ellenállásos vagy kapacitív nedvességmérő;
- puha kefe, tiszta rongy;
- a vizsgált faanyag (pl. tölgy parkettaléc, bükk bútoralkatrész);
- mérési jegyzőkönyv, toll.

Gépbiztonság. Ez a művelet nem forgó gépet használ, de a mérés során tartsd be a műhely rendjét. Az elektromos nedvességmérőt csak a gyártói kézikönyv szerint, ép kábellel és elektródákkal használd. Ne mérd nedves kézzel, és ne használd olyan helyen, ahol víz áll a padlón.

Lépések:

1. **Tisztítsd meg a fa felületét** – a portól, forgácstól és gyantától a mérési pontot le kell tisztítani. – ellenőrzés: a mérési felület tiszta, száraz.
2. **Ellenőrizd a műszert** – kapcsold be, nézd meg az elektródák állapotát, ha szükséges, kalibráld a gyártó szerint. – ellenőrzés: a műszer öntesztje rendben, az elektródák nem görbültek, nem szennyezettek.
3. **Válaszd ki a fafajt és a hőmérséklet-korrekciót** – olvasd le a műszer kézikönyvéből a fafajra érvényes korrekciós tényezőt. – ellenőrzés: a beállított fafaj vagy korrekciós szorzó egyezik a mért faanyaggal.
4. **Végezd el a mérést** – ellenállásos műszernél az elektródákat a gyártói utasítás szerinti irányban (rendszerint rostirányban egymás mellett) üsd be, a bütütől legalább kb. 300 mm-re, a vastagság kb. 1/3 mélységéig (vastag anyagnál szigetelt, beütős elektródával), repedésmentes helyen – a felület szárazabb, mint a belseje, a bütü közelében pedig a fa kiszáradt **(tájékoztató, ellenőrizendő: műszer kézikönyve, MSZ EN 13183-2)**. Kapacitív műszernél helyezd az érzékelőt sima felületre. – ellenőrzés: a műszer mutatott értéke stabil.

5. **Végezz több mérést** – legalább 3–5 mérési pontot vegyél fel az anyagdarab különböző helyein. – ellenőrzés: a mért értékek szórása kicsi; ha nagy az eltérés, keress nedvesebb vagy szárazabb zónákat.
6. **Számítsd ki az átlagot** és a korrigált értéket, ha a műszer nem fafajra kalibrált. – ellenőrzés: az átlag a célnedvesség tartományán belül van.
7. **Rögzítsd az eredményt** a mérési jegyzőkönyvben, tüntesd fel a faanyagot, az időpontot, a mért és korrigált értéket. – ellenőrzés: a jegyzőkönyv kitöltött, aláírt.

Tipikus hiba. A kapacitív mérőnél a felületi nedvesség (pl. páralecsapódás, frissen gyalult, fűtött anyag) tévesen magas értéket mutathat. A mérés előtt a fát kondicionálni kell a műhely hőmérsékletére, és a mérési pontokat szárazra kell törölni.

4.2.9. Minőségellenőrzés

A nedvességmérés során az alábbi szempontokat ellenőrizzük:

- A mért nedvességtartalom a **felhasználási célnak megfelelő** tartományba esik (pl. bútoralkatrésznél 8–12 %, kültéri ablakhoz 12–15 %, tájékoztató értékek).
- Az elektromos mérő **korrekciója** megtörtént, és a mérési jegyzőkönyv dokumentált.
- A szárítószekrényes mérésnél a minta **tömegállandóvá vált**, a mérési hőmérséklet $103 \pm 2\,^{\circ}\mathrm{C}$ (ellenőrizendő a szabvány szerint).
- A mérési pontok eloszlása megfelelő, a minta reprezentatív.

Ha a mért nedvességtartalom túl magas, a fát tovább kell szárítani, vagy át kell kondicionálni a műhelyben. Túl alacsony nedvességtartalomnál a fa nedvesedni fog, ami dagadáshoz és feszültséghez vezethet.

4.2.10. Tipikus hibák és okaik

4.2.10.1. Hiba 1: A kész bútor két héttel a ragasztás után megreped

- **Ok:** a fa nedvességtartalma magasabb volt, mint a beépítés helyére jellemző egyensúlyi fanedvesség. A ragasztás után a fa száradt, zsugorodott, és a feszültség repedést okozott.
- **Helyes gyakorlat:** ragasztás előtt mérd meg a nedvességtartalmat, és várd meg, amíg a fa eléri a célnedvességet. A célnedvességet a felhasználási hely klímájához kell igazítani.

4.2.10.2. Hiba 2: A nedvességmérő 14 %-ot mutat, de a fa mégis dagad

- **Ok:** a műszer fafajra való korrekciója elmaradt. Más fafajnál a mutatott érték nem a valós nedvességtartalom.
- **Helyes gyakorlat:** mindig végezd el a fafaj és hőmérséklet szerinti korrekciót, vagy ellenőrizd a műszert szárítószekrényes referencia-méréssel.

4.2.10.3. Hiba 3: A szárítószekrényes mérés nem ad megismételhető eredményt

- **Ok:** a mintát a szárítás közben túl korán vettük ki, vagy a minta kihűlés közben a levegő nedvességét felvette.
- **Helyes gyakorlat:** a mintát tömegállandóságig szárítsuk, és lehűlés után exszikkátorban vagy jól záródó edényben mérjük, hogy ne vegyen fel nedvességet a levegőből.

4.2.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos konyhabútorhoz vásárolt tölgyfa ajtókhoz fűrészárut. A szállító szerint a faanyag 10 %-os nedvességtartalmú. Az asztalos a műhelyben ellenőrizte a deszkákat egy kapacitív nedvességmérővel. A műszer 13 %-ot mutatott. Az asztalos fafajra vonatkozó korrekciót használt, és a korrigált érték 11,5 % lett. Mivel a konyhabútor fűtött belső térbe készül, ez az érték még a tűréshatáron belül van, de a faanyagot betárolta a műhelybe, és három hétig a beépítési klímához kondicionálta.

A türelem kifizetődött: a bútor ajtajai a fűtési szezonban sem húztak el, és a felületkezelő anyag sem repedezett. A hiba az lett volna, ha a szállítói értéket vakon elfogadja, vagy ha a fűtött lakásban készülő bútorhoz túl nedves fát használ.

4.2.12. Önellenőrzés

Válaszold meg röviden, indoklással.

1. Igaz-e, hogy a fa nedvességtartalmát a nedves tömegre vonatkoztatva kell számítani?
2. Mi a különbség a szabad víz és a kötött víz között, és miért fontos a zsugorodás szempontjából?
3. Egy fa próbadarab nedves tömege 620 g, abszolút száraz tömege 580 g. Mennyi a nedvességtartalma?
4. Miért kell az elektromos nedvességmérőnél fafaj-korrekciót végezni?
5. Melyik a helyes célnedvesség-tartomány egy fűtött szobába készülő bútorhoz: 6–8 %, 8–12 % vagy 18–22 %?

4.2.12.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A nedvességtartalmat a **száraz tömegre** vonatkoztatjuk ($u = (m_n - m_0)/m_0 \cdot 100\,\%$), mert ez az érték független a mindenkori nedves tömegtől.
2. A **szabad víz** a sejtek üregében van, eltávozása nem okoz zsugorodást. A **kötött víz** a sejtfalban van, eltávozása zsugorodást okoz. Ezért a rosttelítettségi határ alatt a nedvességtartalom csökkenése méretváltozással jár.
3. $u = (620 - 580)/580 \cdot 100\,\% = 40/580 \cdot 100\,\% \approx 6{,}9\,\%$.
4. Az elektromos mérő a fa elektromos tulajdonságait méri, amelyek fafajtól függőek. Ezért más fafajnál a műszer által mutatott értéket korrekciós tényezővel kell igazítani.
5. A fűtött szobába készülő bútorhoz a **8–12 %** közötti célnedvesség a jellemző (tájékoztató).

4.2.13. Feladatok

4.2.13.1. 1. feladat (A)

Mondd ki a szabad víz és a kötött víz fogalmát! Hol helyezkednek el, és mi a hatásuk a fa méretére?

4.2.13.2. 2. feladat (A)

Számítsd ki a nedvességtartalmat! $m_n = 840\,\text{g}$, $m_0 = 800\,\text{g}$.

4.2.13.3. 3. feladat (B)

Egy fenyőfa deszka tömege 12,5 kg, nedvességtartalma 28 %. Mennyi a deszka abszolút száraz tömege?

4.2.13.4. 4. feladat (B)

Egy bútorlap-alkatrész nedvességtartalmát elektromos mérővel mérjük. A műszer 9,0 %-ot mutat, de a kézikönyv szerint a fafaj korrekciós szorzója 1,15. Mennyi a korrigált nedvességtartalom?

4.2.13.5. 5. feladat (C)

Egy asztalos tömör fa asztallapot készít. A műhely levegője 22 °C és 40 % relatív páratartalmú. A faanyag raktárban mért nedvességtartalma 14 %. Kell-e kondicionálnia a fát, és miért? Használj becslést a diagram vagy a táblázat alapján (tájékoztató értékekkel)!

4.2.13.6. 6. feladat (D)

Készíts mérési jegyzőkönyvet! Egy tölgyfa mintát szárítószekrényben megszárítottunk. A nedves tömeg 236,8 g, a tömegállandó száraz tömeg 211,4 g. Számítsd ki a nedvességtartalmat, töltsd ki a jegyzőkönyv táblázatát, és írd le, milyen célnedvességre lenne szükség, ha a faanyagot fűtött szobába szánjuk.

4.2.14. Megoldások

4.2.14.1. 1. feladat (A) megoldása

- **Szabad víz:** a sejtek üregében és a sejtközötti járatokban található víz. Eltávozása során a fa tömege csökken, de mérete nem változik.
- **Kötött víz:** a sejtfalban kötött víz. Eltávozása zsugorodást okoz, felvétele dagadást okoz. A rosttelítettségi határ alatt a kötött víz távozik, ezért ott jelentős a méretváltozás.

4.2.14.2. 2. feladat (A) megoldása

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\% = \frac{840\,\mathrm{g} - 800\,\mathrm{g}}{800\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\%$$

$$u = \frac{40\,\mathrm{g}}{800\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\% = 0{,}05 \cdot 100\,\% = 5\,\%$$

4.2.14.3. 3. feladat (B) megoldása

Adott: $m_n = 12{,}5\,\mathrm{kg}$, $u = 28\,\%$.

Képlet: $m_n = m_0\left(1 + \frac{u}{100}\right)$

Behelyettesítés:

$$12{,}5\,\mathrm{kg} = m_0 \cdot \left(1 + \frac{28}{100}\right)$$

$$12{,}5\,\mathrm{kg} = m_0 \cdot 1{,}28$$

$$m_0 = \frac{12{,}5\,\mathrm{kg}}{1{,}28} \approx 9{,}77\,\mathrm{kg}$$

Ellenőrzés. 9,77 kg száraz tömegű fa 28 % nedvességgel: $9{,}77 \cdot 1{,}28 \approx 12{,}5\,\mathrm{kg}$, rendben.

4.2.14.4. 4. feladat (B) megoldása

$$u_{\mathrm{korr}} = 9{,}0\,\% \cdot 1{,}15 = 10{,}35\,\% \approx 10{,}4\,\%$$

4.2.14.5. 5. feladat (C) megoldása

A műhely levegője 22 °C és 40 % relatív páratartalmú. A diagram vagy táblázat szerint ilyen környezetben a fa egyensúlyi fanedvessége nagyjából **7–8 %** (tájékoztató). A faanyag jelenlegi nedvességtartalma 14 %, ami ennél jóval magasabb. A fa a műhelyben lassan száradna, és közben zsugorodna. Ragasztás és méretre munkálás előtt a fát mindenképpen **kondicionálni kell**, hogy a fűtött szobában ne zsugorodjon tovább. A válasz: igen, a fát a műhely vagy a beépítési hely klímájához kell kondicionálni.

4.2.14.6. 6. feladat (D) megoldása

Számítás:

$$u = \frac{236{,}8\,\mathrm{g} - 211{,}4\,\mathrm{g}}{211{,}4\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\% $$

$$u = \frac{25{,}4\,\mathrm{g}}{211{,}4\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\% \approx 12{,}0\,\% $$

A mért nedvességtartalom 12,0 %.

A jegyzőkönyv kitöltve:

- Faanyag: tölgy
- Nedves tömeg: 236,8 g
- Száraz tömeg: 211,4 g
- Mért nedvességtartalom: 12,0 %
- Célnedvesség fűtött szobához: 8–12 % (tájékoztató)

A 12,0 % a céltartomány felső határán van. A faanyag beépítés előtt további óvatos kondicionálást igényelhet, ha a lakás nagyon fűtött és télen száraz a levegő.

4.2.15. Rövid összefoglaló

A fa nedvességtartalma a legfontosabb olyan anyagjellemző, amely a műhelyben minden munkafázisban befolyásolja a minőséget. A víz a fában **szabad vízként** a sejtek üregében, **kötött vízként** a sejtfalban helyezkedik el. A **rosttelítettségi határ** (kb. 28–30 %, fafajonként változó, ellenőrizendő) az a nedvességtartalom, amely alatt a kötött víz eltávozása zsugorodást, felvétele dagadást okoz. Az **egyensúlyi fanedvesség** a levegő hőmérsékletétől és relatív páratartalmától függ; fűtött belső térben jellemzően 8–12 %, kültéren magasabb. A **célnedvesség** a beépítés helyéhez igazodik. A nedvességtartalmat az abszolút száraz tömegre vonatkoztatva számítjuk: $u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$, ahol m_n a nedves, m_0 a szárítószekrényben tömegállandóságig szárított minta tömege. A mérés történhet **szárítószekrényes (tömegméréses)** módszerrel vagy **elektromos nedvességmérővel** (ellenállásos, kapacitív); az utóbbinál fafaj- és hőmérséklet-korrekció szükséges. A mérési jegyzőkönyv rögzíti a mintát, a hőmérsékletet, a tömegeket és a számított értéket. A nedvességtartalom hatása a zsugorodásnál és a ragasztásnál a fa „mozgásának” alapja, ezért a mérést minden gyártás előtt el kell végezni.

Továbbvitt eredmény. A nedvességtartalmi alapfogalmak (szabad/kötött víz, rosttelítettségi határ, egyensúlyi és célnedvesség) a zsugorodási számítások, a szárítási műveletek, a ragasztási technológiák és a felületkezelési hibák megértésének alapjai. A képlet és a mérési gyakorlat a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása”, a A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése, valamint a A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok alfejezetekben tér vissza.

4.2.16. Források és ellenőrzési hiányok

- Faanyagvizsgálati szabványok: nedvességtartalom mérése szárítószekrényben fűrészáru nedvességtartalma: MSZ EN 13183-1 (szárítószekrényes), -2 (ellenállásos), -3 (kapacitív módszer); hibamentes próbatest: ISO 13061-1 (ellenőrizendő: hatályos kiadás).
- Elektromos nedvességmérők gyártói kézikönyvei (fafaj- és hőmérséklet-korrekció).
- Fafizikai szakkönyvi táblázatok a rosttelítettségi határra és az egyensúlyi fanedvességre (tájékoztató értékek, ellenőrizendők).
- A célnedvesség gyakorlati tartományait a termékgyártói előírások, a beépítési környezet és a vonatkozó szabványok pontosítják (ellenőrizendő).

4.3. Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása”

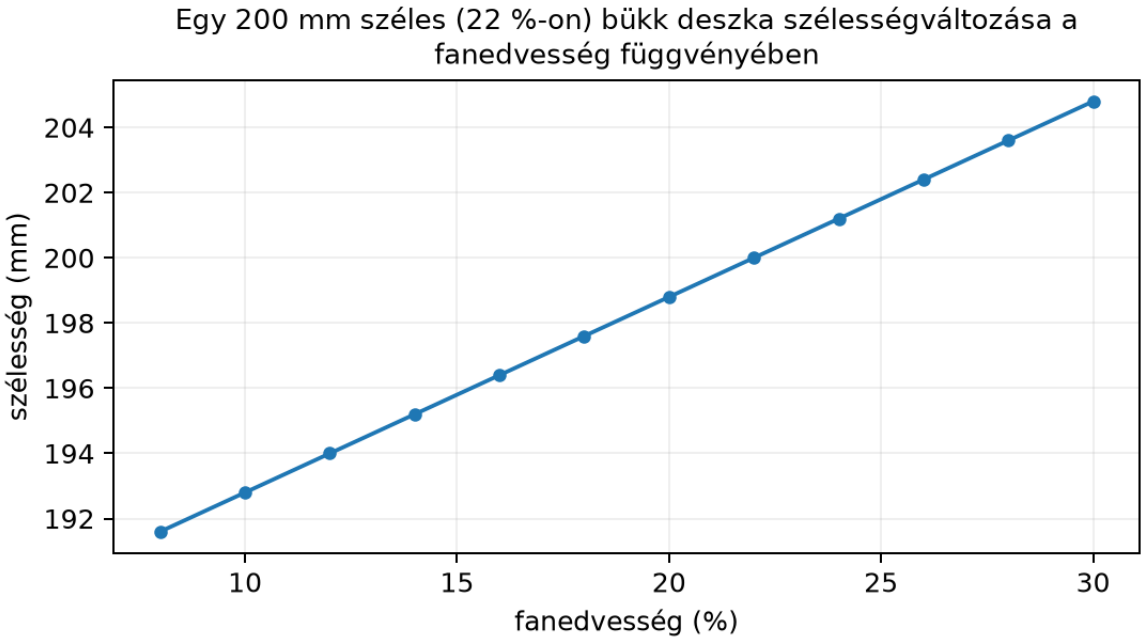
A nedves fa kiszárad, a száraz fa felveszi a nedvességet – a méret változik. Ezt a változást kell kiszámítani, és beépíteni a szerkezetbe, hogy a bútor ne repedjen szét, az ajtó ne szoruljon be.

4.3.1. Motiváció

Képzeld el, hogy egy vevő tömör tölgyfa asztallapot rendel. A műhelyben elkészíted, szépen lecsiszolod, lelakkozod. A vevő otthonában télen a fűtött szobában a levegő sokkal szárazabb, mint a műhelyben volt. Az asztallap néhány hét alatt keskenyebb lesz, a végein apró repedések jelenhetnek meg. Ha az asztallapot mereven, minden irányban rögzítetted a vázhoz, a zsugorodás feszültséget kelt, és a lap megrepedhet, vagy a keret széthúzódik. Ugyanígy egy konyhaajtó télen szorulhat a tokban, nyáron pedig lötyöghet. A fa „mozog”. Ha ezt nem érted, a gyönyörű bútor reklamáció lesz. Ebben az alfejezetben megtanulod kiszámítani, mennyit mozog a fa, és megtanulod, hogyan építsd a szerkezetbe ezt a mozgást.

4.3.2. Szemléletes kép

Vegyünk egy frissen vágott, nedves bükk deszkát. Vastagsága 30 mm, szélessége 200 mm, hossza 1000 mm. A deszka rosttelítettségi határ (kb. 30 % nedvességtartalom, tájékoztató) feletti, most 60 %-os. Egy fűtött szobában lassan kiszárad 8 %-ra. A hossza alig változik, talán 1–2 mm-t. A vastagsága és a szélessége viszont érezhetően csökken: a 200 mm-es szélesség 10–15 mm-rel is keskenyebb lehet, a 30 mm-es vastagság 1–2 mm-rel vékonyabb. A deszka nem csak kisebb lesz; meg is görbül, elcsavarodik, a vége megreped. Ha évgyűrűi félkör alakban futnak, a deszka teknő alakúvá hajlik, a kéreg felőli oldala lesz a homorú. Ez a kép minden faipari munkánál fontos: amikor fűrészárut választasz, amikor lapot toldasz, amikor ajtót vagy asztallapot szerelsz, mindig a fa mozgására gondolj.



4.6. ábra. Egy 200 mm széles (22 %-on) bükk deszka szélességváltozása a fanedvesség függvényében - Szemléltető, képletből számolt értékek: b(u) = 200 · (1 + 0,0030 · (u − 22)) mm, húrirányú differenciális zsugorodás 0,30 %/% (tájékoztató, ellenőrizendő), 22 %-on mért 200 mm szélességből.

Az ábra egy egyenest mutat: minél szárazabb a fa, annál keskenyebb a deszka. Ez a zsugorodás a rosttelítettségi határ alatt jó közelítéssel arányos a nedvességtartalom változásával.

4.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Zsugorodás. A faanyag méretének csökkenése a nedvességtartalom csökkenésekor, a rosttelítettségi határ alatt. A zsugorodás mértéke a három anatómiai irányban eltérő: **húrirányú** (az évgyűrűk érintője mentén), **sugárirányú** (a béltől a kéreg felé) és **rostirányú** (a törzs hossztengelye mentén).

Definíció. Dagadás. A faanyag méretének növekedése, amikor a légszáraz vagy száraz fa nedvességet vesz fel. A dagadás ugyanazokban az irányokban jelentkezik, mint a zsugorodás, nagysága hasonló.

Definíció. Rosttelítettségi határ. Az a nedvességtartalom, amely alatt a sejtfalban kötött víz mennyisége csökken, és a fa mérete változik. Magyar fanemeknél ez jellemzően kb. 28–30 %, fafajtól függően (tájékoztató, ellenőrizendő). A rosttelítettségi határ felett a szabad víz távozik, de a sejtfalak telítettek, ezért a méret alig változik.

Szabály. A fa zsugorodása és dagadása a rosttelítettségi határ alatt közelítőleg arányos a nedvességtartalom változásával. Ha a nedvességtartalom u_1-ről u_2-re változik, akkor az adott irányú méretváltozás:

$$\Delta l = l_1 \cdot \beta_{\text{irány}} \cdot (u_2 - u_1) = l_1 \cdot \beta_{\text{irány}} \cdot \Delta u,$$

ahol:

- l_1 a kiindulási méret (mm, cm vagy m, a teljes képletben egységesen),

- Δl a méretváltozás (ugyanabban az egységben),
- $\beta_{\text{irány}}$ a **differenciális zsugorodás** az adott irányban, mértékegysége %/% vagy 1/1 (azaz egységnyi nedvességtartalom-változásra jutó relatív méretváltozás),
- Δu a nedvességtartalom változása százalékpontban.

A képletet úgy is felírhatjuk, hogy a relatív méretváltozást kapjuk:

$$\frac{\Delta l}{l_1} = \beta_{\text{irány}} \cdot \Delta u.$$

Szabály. Ha a fa nedvességet vesz fel (dagadás), Δu pozitív, így Δl is pozitív (növekedés). Ha szárad, Δu negatív, így Δl negatív (zsugorodás).

Szabály. A differenciális zsugorodás értéke fafajtól függ, és irányonként eltér. Tájékoztató gyakorlati értékek (a gyakorlatban szokásos tartományok, ellenőrizendő szakkönyvi táblázatban):

- húrirányú differenciális zsugorodás: jellemzően 0,20–0,35 %/%,
- sugárirányú differenciális zsugorodás: jellemzően 0,10–0,20 %/%,
- rostirányú differenciális zsugorodás: jellemzően 0,005–0,01 %/% (teljes rostirányú zsugorodás kb. 0,1–0,3 %; tájékoztató, ellenőrizendő).

A húrirányú zsugorodás rendszerint kétszerese a sugárirányúnak. A rostirányú zsugorodás olyan kicsi, hogy a legtöbb gyakorlati számításban elhanyagolható.

Definíció. Teljes zsugorodás. A faanyag méretváltozása a rosttelítettségi határról abszolút száraz állapotra (0 % nedvességtartalom) történő szárításkor, százalékban kifejezve. A teljes zsugorodás a differenciális zsugorodás és a rosttelítettségi határ szorzatával becsülhető:

$$\beta_{\text{teljes, irány}} \approx \beta_{\text{irány}} \cdot u_{rt}.$$

Például ha $\beta_{\text{húr}} = 0{,}30\,\%/\%$, és $u_{rt} = 30\,\%$, akkor a teljes húrirányú zsugorodás $0{,}30 \cdot 30 = 9\,\%$. Ez azt jelenti, hogy egy 200 mm széles deszka a rosttelítettségi határról abszolút szárazra szárítva kb. 18 mm-t keskenyebb lesz.

4.3.4. Differenciális zsugorodás levezetése

A differenciális zsugorodás fogalmát a mért adatokból vezetjük le. Tegyük fel, hogy egy deszka szélessége b_1 egy u_1 nedvességtartalomnál, és b_2 egy u_2 nedvességtartalomnál, ahol u_1, u_2 a rosttelítettségi határ alatt vannak. A méretváltozás:

$$\Delta b = b_2 - b_1.$$

A relatív méretváltozás:

$$\frac{\Delta b}{b_1} = \frac{b_2 - b_1}{b_1}.$$

Ezt elosztjuk a nedvességtartalom változásával:

$$\beta = \frac{\frac{\Delta b}{b_1}}{\Delta u} = \frac{\Delta b}{b_1 \cdot \Delta u}.$$

Ez a hányados azt fejezi ki, hogy 1 % nedvességtartalom-változás hány % relatív méretváltozást okoz. Ha ezt az értéket ismerjük, akkor a méretváltozást a fenti szabály szerint számíthatjuk:

$$\Delta b = b_1 \cdot \beta \cdot \Delta u.$$

A differenciális zsugorodás értékét fafajonként méréssel határozzák meg, és táblázatokban adják meg. A gyakorlatban gyakran nem a teljes görbét, hanem egy átlagos értéket használunk. Ez a közelítés a legtöbb asztalos számításhoz elegendő.

Megjegyzés. A differenciális zsugorodás értéke a nedvességtartalomtól kissé függhet, és a fa anatómiai szerkezete (pl. évgyűrűszélesség, geszt-szijács arány) is befolyásolja. A táblázati értékek átlagos tájékoztató adatok.

Megjegyzés. A fenti képletben a β és u százalékban, illetve %/% mértékegységben szerepel. A számítás során a százalékpontot és a %/% értéket tizedestört alakban is használhatjuk: $0{,}30\,\% \,/\, \% = 0{,}0030 \,/\, \%$ (1 %-ra jutó relatív változás). A képlet akkor is helyes, ha a β-t %/%-ban és a Δu-t százalékpontban adjuk meg, mert a százalékpontok kiejtik egymást, és az eredmény százalékban vagy tizedestörtben adódik. Például:

$$\Delta b = 200\,\text{mm} \cdot 0{,}30\,\% \,/\, \% \cdot 10\,\% = 200\,\text{mm} \cdot 0{,}0030 \cdot 10 = 6\,\text{mm}.$$

Ez a 3 % relatív zsugorodásnak felel meg ($6/200 = 0{,}03 = 3\,\%$).

4.3.5. Száradás közbeni alakváltozások: teknősödés, kardosodás, csavarodás, bütürepedés

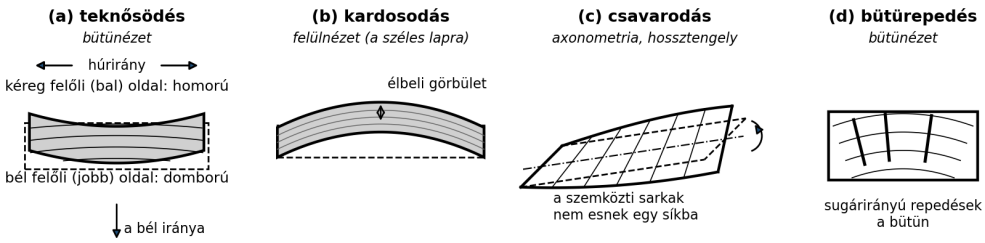
A deszka nem egyenletesen zsugorodik. A húrirányú zsugorodás nagyobb, mint a sugárirányú, és a deszka évgyűrűállása meghatározza, hogy a két irány milyen szögben hat a deszka síkjában. Ezért a száradó deszka nem csak kisebb lesz, hanem görbül is.

Teknősödés. Ha a deszkában az évgyűrűk félkör vagy ív alakban futnak úgy, hogy a deszka szélessége az évgyűrűk érintője felé áll, a húrirányú zsugorodás a deszka szélességét rövidíti. A kéreg felőli oldalon az évgyűrűk hosszabb húrirányú szakaszon futnak, ezért ez az oldal jobban zsugorodik: a deszka a kéreg felőli oldalán homorú, a bél felőli oldalán domború lesz (teknő alak). Szabály: az évgyűrűk száradáskor „kiegyenesedni” igyekeznek. Ez a leggyakoribb vetemedési forma.

Kardosodás. Ha a deszka hosszában a rostok nem tökéletesen párhuzamosak, vagy ha a deszkában a bélszövet közel van az egyik élhez, a hossz mentén eltérő zsugorodás lép fel. A deszka oldalra görbül, mint egy kard. Ezt nevezik kardosodásnak.

Csavarodás. Ha a deszkában a rostlefutás spirálisan csavarodott, a zsugorodás a deszka hossza mentén eltérő irányban hat, és a deszka megcsavarodik.

Bütürepedés. A deszka végén (bütü) a rostok rövidek, és a felszín gyorsan szárad. A bütüfelület zsugorodása nagyobb, mint a belső részeké, ezért a végeken sugárirányú repedések keletkeznek. Ezért kell a fűrészáru végeit lassan szárítani, vagy a végeket lekezelni (pl. viaszos, festékes bütülezárás, ellenőrizendő).



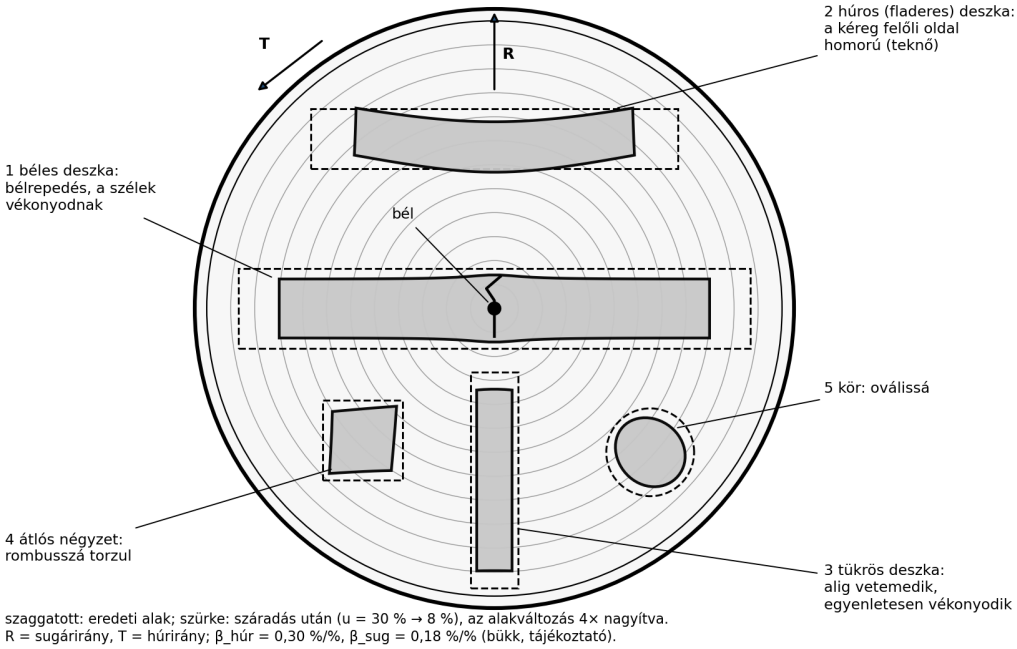
Szaggatott: eredeti alak; szürke/folytonos: száradás után (nagyítva). A húrirányú zsugorodás kb. kétszerese a sugárirányúnak.

4.7. ábra. A fa vetemedési formái: (a) teknősödés – a húrvágott deszka kéreg felőli oldala homorú, (b) kardosodás, (c) csavarodás, (d) bütürepedés (sematikus rajz, az alakváltozás nagyítva)

Az ábra (a) része bütünézetben mutatja a teknősödést: a húrvágott deszka a kéreg felőli (bal) oldalán homorú, a bél felőli (jobb) oldalán domború lesz, mert a kéreg felőli oldalon az évgyűrűk hosszabbak, így ott nagyobb a húrirányú zsugorodás. A (b) rész a széles lapjára nézve oldalra görbülő (kardosodó), a (c) a hossztengelye körül elcsavarodó deszkát, a (d) a bütün keletkező sugárirányú repedéseket mutatja.

4.3.6. A bélhez közeli és a tükrös deszka különbsége

A fűrészáru minőségét a bél helyzete is befolyásolja. Ha a deszka a rönk közepéről származik, és a bél benne van, akkor a zsugorodás a két oldalon eltérő lehet, és a deszka erősen teknősödik vagy reped. A bélhez közeli deszka gyakran hasad, csavarodik, mert a sugár- és húrirányú zsugorodás ellentétes feszültséget kelt. A **tükrös deszka** (sugárirányban vágott, azaz a metszési sík sugárirányú) sokkal stabilabb: a szélessége sugárirányú zsugorodást szenved, ami kisebb, mint a húrirányú, ezért kisebb a vetemedése. Ezért az igényes asztalosmunkához lehetőleg tükrös (sugárvágott) fűrészárut választunk, vagy a deszkát úgy válogatjuk, hogy a bél ne essen a széles felületre.



4.8. ábra. A rönk keresztmetszete öt jellegzetes darabbal; szaggatott az eredeti, szürke a száradás utáni alak (u = 30 % → 8 %, az alakváltozás 4× nagyítva)

Az ábrán látszik, hogy a darab alakváltozása a rönkbeli helyétől függ: a béles deszka a bélnél megreped, és a szélei felé vékonyodik; a húros deszka kéreg felőli oldala homorú lesz; a tükrös deszka alig vetemedik, csak egyenletesen vékonyodik; az évgyűrűkhöz átlósan álló négyzetes léc rombussá, a kör keresztmetszetű rúd oválissá torzul. A HTML-változatban a fanedvesség csúszkájával követheted az alakváltozást.

4.3.7. Szerkezeti következmények: a fa mozgása a kész bútorban és nyílászáróban

A fa mozgása nem szüntethető meg; be kell építeni a szerkezetbe. A legfontosabb elvek:

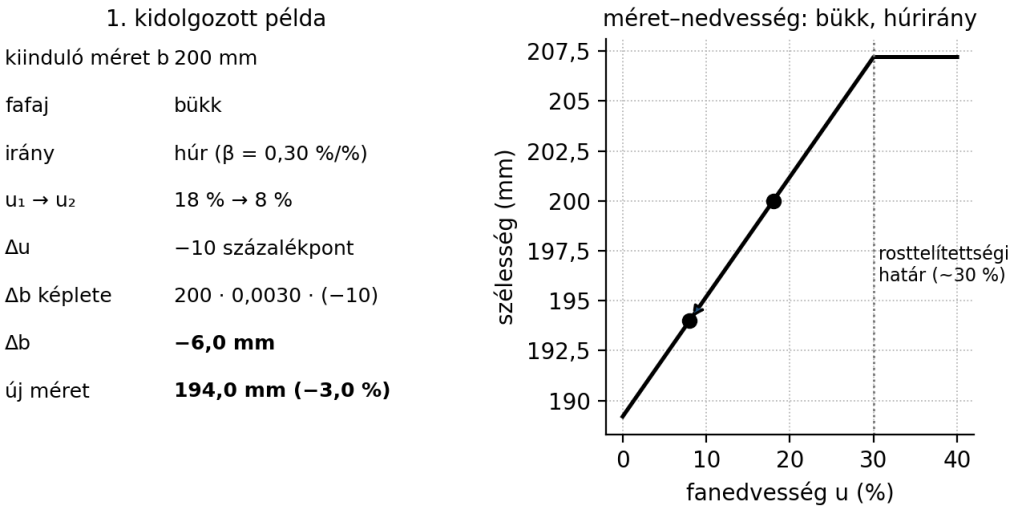
Szabály. A fa szélesség- és vastagságváltozása a nedvességtartalommal arányos. Ezért:

- **Keret–betét szerkezet:** A tömörfa betét (pl. ajtóbetét) nem lehet mereven rögzítve a kerethez. A betétet a keret hornyába kell helyezni, és a horonyban hagyni kell mozgási hézagot, hogy a betét szabadon zsugorodhasson és dagadhasson. A betét nem lehet túl széles, mert a nagy méretváltozás kifeszítheti a keretet. A gyakorlatban a betétet nem ragasztják, csak behelyezik, és a horonyban hézagot hagynak (tájékoztató érték: oldalanként 2–5 mm, a betét szélességétől és a várható nedvességváltozástól függően, ellenőrizendő).
- **Asztallap rögzítése:** A tömörfa asztallap nem csavarozható mereven, minden irányban rögzítve a vázhoz, mert a lap szélessége változik. Helyette a lapot **fa- vagy fémcsavarral** rögzítjük, de a csavar furata a vázban hosszlyuk legyen, amely lehetővé teszi a lap szélességi mozgását. Vagy külön **laprögzítő csavarokat** használunk, amelyek a lap mozgását engedik. A merev, minden sarokban fix csavarozás repedéshez vezet.
- **Ragasztott toldás évgyűrű-fordítással:** Ha több deszkát szélesítünk ragasztással, az évgyűrűk irányát váltakozva kell elhelyezni (egyszer bél felőli, egyszer kéreg felőli oldal felül). Ezzel a teknősödés ellentétes irányú, a lap jobban síkban marad. Ezt az elvet használjuk a Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel alfejezetben is.

- **Ajtónyílászárók:** A tömörfa ajtólap és a tok között hézagot kell hagyni, amely a nedvességfüggő méretváltozást felveszi. A hagyományos tömörfa ajtóknál ez a hézag télen nagyobb, nyáron kisebb. A beépített konyhabútor ajtajai is fából vagy faalapú lapból készülnek; a faalapú lapok kisebbet mozognak, de a tömörfa keretek és betétek mozgását figyelembe kell venni.
- **Csavarozás hosszlyukon:** Ha egy tömörfa elemet keresztirányú mozgásnak kitett helyen kell rögzíteni, a csavar furatát hosszlyukra kell fúrni, hogy a csavar feje a furatban elcsúszhasson. Ez a megoldás a lépcsőfokok, lambériák és burkolatok rögzítésénél is fontos.

Figyelem. A fa mozgását nem lehet „legyőzni” erős csavarozással vagy ragasztással. Ha a mozgást gátoljuk, a fa megreped, a kötés elenged, a szerkezet elvetemedik. A helyes megoldás mindig a mozgást lehetővé tevő szerkezet.

4.3.8. Számítások



4.9. ábra. Zsugorodás-kalkulátor: az 1. kidolgozott példa (200 mm széles bükk deszka, húrirány, 18 % → 8 %) és a méret–nedvesség egyenes, amely a rosttelítettségi határ felett vízszintes

A HTML-változat kalkulátorában megadhatod a kiinduló méretet, a fafajt, az irányt és a két nedvességtartalmat; a kalkulátor behelyettesítve mutatja a $\Delta b = b \cdot \beta \cdot \Delta u$ képletet (a %/% értéket tizedes alakra váltva), és az alábbi kidolgozott példák eredményét adja.

4.3.8.1. 1. kidolgozott példa: Bükk deszka szélességváltozása

Adott. Egy bükk deszka szélessége $b_1 = 200\,\text{mm}$, nedvességtartalma $u_1 = 18\,\%$. A deszkát kiszáradt helyen tároljuk, és a nedvességtartalma $u_2 = 8\,\%$ lesz. A bükk húrirányú differenciális zsugorodása $\beta_{\text{húr}} = 0{,}30\,\%\,/\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő).

Keresett. Mennyivel lesz keskenyebb a deszka? Mekkora lesz az új szélessége?

Megoldás. A nedvességtartalom változása:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = 8\,\% - 18\,\% = -10\,\% \quad \text{(azaz } -10 \text{ százalékpont)}.$$

A méretváltozás:

$$\Delta b = b_1 \cdot \beta_{\text{húr}} \cdot \Delta u = 200\,\text{mm} \cdot 0{,}30\,\%\,/\,\% \cdot (-10\,\%).$$

Átváltva a %/% értéket:

$$\Delta b = 200\,\text{mm} \cdot 0{,}0030 \cdot (-10) = -6{,}0\,\text{mm}.$$

A negatív előjel azt jelenti, hogy zsugorodás. Az új szélesség:

$$b_2 = b_1 + \Delta b = 200\,\text{mm} - 6{,}0\,\text{mm} = 194{,}0\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés. A relatív változás $\Delta b/b_1 = -6/200 = -0{,}03 = -3\,\%$. Ez összhangban van a $\beta \cdot \Delta u = 0{,}30 \cdot (-10) = -3\,\%$ értékkel. A nagyságrend hihető: egy 200 mm széles deszka 10 % nedvességváltozásra néhány mm-t zsugorodik.

4.3.8.2. 2. kidolgozott példa: Sugárirányú zsugorodás számítása

Adott. Ugyanaz a bükk deszka, de most feltételezzük, hogy tükrös (sugárvágott). A bükk sugárirányú differenciális zsugorodása $\beta_{\text{sug}} = 0{,}18\,\%\,/\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő). A deszka szélessége $b_1 = 200\,\text{mm}$, nedvességtartalma $u_1 = 18\,\%$, cél $u_2 = 8\,\%$.

Keresett. Mennyivel változik a szélesség? Mennyi az új szélesség?

Megoldás. $\Delta u = -10\,\%$, tehát:

$$\Delta b = b_1 \cdot \beta_{\text{sug}} \cdot \Delta u = 200\,\text{mm} \cdot 0{,}18\,\%\,/\,\% \cdot (-10\,\%) = 200 \cdot 0{,}0018 \cdot (-10) = -3{,}6\,\text{mm}.$$

Az új szélesség:

$$b_2 = 200\,\text{mm} - 3{,}6\,\text{mm} = 196{,}4\,\text{mm}.$$

Összehasonlítás. A húrirányú deszka 6,0 mm-t, a sugárirányú csak 3,6 mm-t zsugorodott ugyanakkora nedvességváltozásra. Ezért a tükrös deszka stabilabb.

4.3.8.3. 3. példa: Dagadás számítása

Adott. Egy tölgy deszka szélessége $b_1 = 120\,\text{mm}$, nedvességtartalma $u_1 = 8\,\%$. A deszka nedves pincébe kerül, és a nedvességtartalma $u_2 = 14\,\%$ lesz. A tölgy húrirányú differenciális zsugorodása $\beta_{\text{húr}} = 0{,}28\,\%\,/\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő). Feltételezzük, hogy a dagadási együttható megegyezik a zsugorodási együtthatóval.

Keresett. Mennyivel lesz szélesebb a deszka? Mekkora lesz az új szélessége?

Megoldás. $\Delta u = 14\,\% - 8\,\% = +6\,\%$.

$$\Delta b = 120\,\text{mm} \cdot 0{,}28\,\%\,/\,\% \cdot 6\,\% = 120 \cdot 0{,}0028 \cdot 6 = 2{,}016\,\text{mm}.$$

Kerekítve: $\Delta b \approx 2{,}0\,\text{mm}$. Az új szélesség:

$$b_2 = 120\,\text{mm} + 2{,}0\,\text{mm} = 122{,}0\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés. A relatív változás $2/120 \approx 0{,}0167 = 1{,}67\,\%$. A képletből: $0{,}28 \cdot 6 = 1{,}68\,\%$, a kerekítés miatt eltérés kicsi. A dagadás mértéke reális.

4.3.8.4. 4. példa: Teljes zsugorodás becslése

Adott. Egy bükk deszka rosttelítettségi határa $u_{rt} = 30\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő). A húrirányú differenciális zsugorodás $\beta_{\text{húr}} = 0{,}30\,\%\,/\,\%$. Mekkora a teljes húrirányú zsugorodás százalékban? Ha a deszka szélessége a rosttelítettségi határon $b_{rt} = 250\,\text{mm}$, mekkora lesz abszolút szárazon?

Megoldás. A teljes húrirányú zsugorodás:

$$\beta_{\text{teljes, húr}} \approx \beta_{\text{húr}} \cdot u_{rt} = 0{,}30\,\%\,/\,\% \cdot 30\,\% = 9\,\%.$$

A méretváltozás a rosttelítettségi határról 0 %-ra:

$$\Delta b = b_{rt} \cdot \beta_{\text{teljes, húr}} = 250\,\text{mm} \cdot 0{,}09 = 22{,}5\,\text{mm}.$$

Az abszolút száraz szélesség:

$$b_0 = 250\,\text{mm} - 22{,}5\,\text{mm} = 227{,}5\,\text{mm}.$$

Megjegyzés. Ez a teljes zsugorodás a rosttelítettségi határtól abszolút szárazig. A gyakorlatban a szárított fa nedvessége nem 0 %, hanem a felhasználási helynek megfelelő egyensúlyi nedvesség (pl. bútor 8–10 %, fűtött helyiségben, tájékoztató). Ezért a tényleges méretváltozás kisebb.

4.3.8.5. Hibás megoldás ellenpélda

Egy tanuló azt mondja: „A deszka hossza is ugyanúgy zsugorodik, mint a szélessége, mert a fa minden irányban zsugorodik.” Ez hiba. A rostirányú zsugorodás nagyságrendekkel kisebb. Például a bükk rostirányú differenciális zsugorodása $\beta_{\text{rost}} = 0{,}01\,\%\,/\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő). Egy 2000 mm hosszú deszka 10 százalékpontos nedvességcsökkenésre:

$$\Delta l = 2000\,\text{mm} \cdot 0{,}01\,\%\,/\,\% \cdot (-10\,\%) = 2000 \cdot 0{,}0001 \cdot (-10) = -2{,}0\,\text{mm}.$$

Míg a 200 mm-es szélesség 6 mm-t zsugorodott, a 2000 mm-es hossz csak 2 mm-t – relatíve a hosszváltozás 0,1 %, a szélességé 3 %. A gyakorlatban a hosszváltozást legtöbbször elhanyagoljuk, de a pontos munkánál figyelembe vesszük.

4.3.9. Szabvány

Szabvány. A faanyag zsugorodási és dagadási jellemzőinek mérésére és a fafajok tulajdonságaira vonatkozó magyar és európai szabványok léteznek, például a faanyag fizikai tulajdonságainak vizsgálatára vonatkozó MSZ EN ISO szabványok. A konkrét mérési eljárások (pl. zsugorodás mérése, nedvességtartalom-meghatározás) a faipari szabványokban találhatók. A pontos szabványszámokat és a vonatkozó határértékeket a mindenkor hatályos MSZ EN szabványgyűjteményből kell ellenőrizni (ellenőrizendő: aktuális szabványok). A gyártói adatlapokon a faalapú lapok mozgási jellemzőit (pl. méretváltozás magas páratartalomnál) a termékszabvány szerint adják meg.

Szabvány. A fűrészáru osztályozásánál a vetemedés megengedett mértékét az osztályozási szabványok rögzítik. Például a fűrészáru osztályba sorolásánál a teknősödés, kardosodás, csavarodás megengedett mértéke (mm/m-ben vagy %) meghatározott. Az ajánlott érték a fűrészáru osztályától függ; tervezésnél ellenőrizni kell az aktuális osztályozási szabványt.

4.3.10. Minőségellenőrzés

A zsugorodás és vetemedés ellenőrzése a gyakorlatban két szinten történik:

- **Anyagátvételnél:** a fűrészárut szemrevételezéssel ellenőrizzük, hogy nincs-e erős teknősödés, kardosodás, csavarodás, bütürepedés. Ezt mérőléccel, derékszöggel és síkfelülettel lehet vizsgálni. A megengedett eltérés a fűrészáru minőségi osztályától függ (tájékoztató érték: AA osztályú fűrészáru vetemedése kisebb, mint 5 mm/m, ellenőrizendő). A mért nedvességtartalmat tűszúrásos nedvességmérővel ellenőrizzük.
- **Késztermeknél:** a szerkezeti hézagok, mozgási lehetőségek meglétét ellenőrizzük. Például a keret–betét szerkezetnél a betétnek a horonyban minimális mozgási hézaggal kell ülnie. Ha a betét szorul, a szerkezet hibás. Az asztallap rögzítésénél a hosszlyukakat ellenőrizni kell, hogy a csavarok ne feszítsék a lapot.

Minőségellenőrzési mérés. Egy tömör fenyő ajtólap szélessége 20 °C-on, 40 % relatív páratartalom mellett 600 mm. A gyártó adatai szerint a fa egyensúlyi nedvessége ezen a klímán 8 %. Ugyanez a lap 20 °C-on, 70 % relatív páratartalom mellett 12 % nedvességtartalmú lesz. A fenyő húrirányú differenciális zsugorodása $\beta_{\text{húr}} = 0{,}26\,\%\,/\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő). Mekkora a várható szélességváltozás? A számítást elvégezve $\Delta b = 600 \cdot 0{,}26 \cdot 4 = 6{,}24\,\text{mm}$. Ez azt jelenti, hogy a 600 mm széles ajtólap 6 mm-rel szélesebb lehet nedvesebb klímán. Ezért a tokban a hézagnak legalább ezt a mozgást fel kell vennie.

4.3.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A tömörfa betétet a keret hornyába beragasztják. **Ok:** A tanuló nem ismeri a fa mozgását, és a ragasztást erősebbnek gondolja. **Következmény:** A betét nedvességváltozásra megreped, vagy a keret széthasad. **Helyes gyakorlat:** A betétet nem ragasztjuk, a horonyban mozgási hézagot hagyunk; a betétet csak a közepén rögzíthetjük, vagy sehol.
2. **Hiba:** Az asztallapot minden sarkon merev csavarral rögzítik a vázhoz. **Ok:** Az egyszerűbb rögzítést választják. **Következmény:** A lap zsugorodásakor repedések keletkeznek a csavarok körül, vagy a lap felpúposodik. **Helyes gyakorlat:** Hosszlyuk vagy laprögzítő csavar használata, amely engedi a lap szélességi mozgását.

3. **Hiba:** A deszkákat a ragasztott táblában azonos irányú évgyűrűkkel helyezik el. **Ok:** Nem veszik figyelembe a teknősödést. **Következmény:** A tábla összeragasztás után erősen homorú vagy domború lesz, nehezen gyalulható síkra. **Helyes gyakorlat:** Az évgyűrűket váltakozó irányba forgatjuk, és a deszkákat felváltva rakjuk (egyszer a bél felőli, egyszer a kéreg felőli oldal felül), lásd Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel.

4. **Hiba:** A bükk deszkát hirtelen, nagy hőmérsékleten szárítják, és a végeit nem kezelik. **Ok:** Gyors szárítási program. **Következmény:** Bütürepedés és csavarodás. **Helyes gyakorlat:** A szárítási programot a fafajhoz és vastagsághoz igazítani, a végeket bütülezáróval kezelni (ellenőrizendő: szárítási szabvány).

4.3.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos megrendelést kap egy tömör cseresznyefa étkezőasztalra. Az asztallap 900 mm széles, 30 mm vastag, 1800 mm hosszú. Az asztalos a lapot három, egyenként 300 mm széles deszkából ragasztja. A deszkákat válogatja: a béles részt kivágja, és három húrvágott (bélmentes) deszkát használ. A ragasztás előtt a deszkák nedvességtartalma 12 %. Az asztalos a deszkákat évgyűrű-fordítással helyezi el, hogy a teknősödés ellentétes legyen. A lapot a vázhoz hosszlyukas csavarokkal rögzíti. A szállítás után a vevőnél a fűtött lakásban a fa nedvességtartalma 8 %-ra csökken. A lap szélessége a cseresznye húrirányú zsugorodásával ($\beta_{\text{húr}} = 0{,}29\,\%\,/\,\%$ tájékoztató, ellenőrizendő) számolva (mindhárom deszka húrvágott, ezért a teljes szélességre a húrirányú érték a felső becslés):

$$\Delta b = 900 \cdot 0{,}0029 \cdot (8 - 12) = 900 \cdot 0{,}0029 \cdot (-4) \approx -10{,}4\,\text{mm}.$$

Tehát a 900 mm széles lap 10 mm-rel keskenyebb lehet. Ha az asztalos mereven rögzítette volna, a lap megrepedt volna. A hosszlyukak és a megfelelő deszkaválogatás megóvták a bútort a reklamációtól. Ez az eset mutatja, hogy a zsugorodás-számítás nem papírmunka, hanem a tervezés része.

4.3.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A fa rostirányban zsugorodik a legnagyobb mértékben. Indokold!
2. Egy deszka szélessége 150 mm, nedvességtartalma 14 %. A húrirányú differenciális zsugorodás 0,25 %/%. Mennyivel változik a szélesség, ha a nedvességtartalom 8 %-ra csökken? Számítsd ki a méretváltozást és az új szélességet.
3. Mi a különbség a teknősödés és a kardosodás között?
4. Hogyan kell rögzíteni egy tömörfa asztallapot a vázhoz, hogy a zsugorodás ne okozzon repedést?
5. Miért fontos az évgyűrű-fordítás a ragasztott táblánál?

4.3.14. Feladatok

1. feladat (A) Definiáld a zsugorodást, a dagadást és a rosttelítettségi határt!

2. feladat (A) Számítsd ki a méretváltozást: egy tölgy deszka szélessége 180 mm, nedvességtartalma 16 %, cél 10 %. A tölgy húrirányú differenciális zsugorodása 0,28 %/%. Mennyi lesz az új szélesség?

3. feladat (B) Egy bükk deszka szélessége 220 mm, nedvességtartalma 12 %. A deszka húrirányú differenciális zsugorodása 0,30 %/%, sugárirányú 0,18 %/%. A deszkát 6 % nedvességtartalomra

szárítjuk. Számítsd ki a méretváltozást, ha a deszka (a) húrirányban, (b) sugárirányban van metszve. Hasonlítsd össze az eredményt!

4. feladat (B) Egy keret–betét ajtó betétje 400 mm széles tömör fenyő, nedvességtartalma a gyártáskor 10 %. A beépítés helyén a fa egyensúlyi nedvessége 16 % lehet. A fenyő húrirányú differenciális zsugorodása 0,26 %/%. Mekkora mozgási hézagot kell hagyni a horonyban, hogy a betét ne feszítse szét a keretet? Tételezzük fel, hogy a betét szabadon dagadhat a horonyban, és a hézagot a szélességi növekedésnek megfelelően kell megválasztani.

5. feladat (C) Egy asztalos tömör tölgy asztallapot készít. A lap szélessége 800 mm, a gyártás nedvességtartalma 12 %. A vevő otthonában várható egyensúlyi nedvesség 7 %. A tölgy húrirányú differenciális zsugorodása 0,28 %/%, sugárirányú 0,15 %/%. Az asztallapot három deszkából ragasztották: két szélső deszka húrvágott, a középső tükrös. Becsüld meg a lap szélességváltozását, ha az egyszerűség kedvéért a teljes lapot húrirányúnak tekintjük. Miért fontos a pontosabb számításnál a deszkák irányának figyelembevétele?

6. feladat (D) Végezz mérést egy fűrészáru-darabon (pl. egy 20–30 mm vastag deszka). Mérd meg a szélességét tolómérővel 0,1 mm pontossággal, és mérd meg a nedvességtartalmát tűszúrásos nedvességmérővel, ha van. Ha nincs, becsüld meg a nedvességtartalmat a műhely relatív páratartalma alapján (táblázatból). Ezután számítsd ki a várható szélességváltozást, ha a deszkát 8 % egyensúlyi nedvességre szárítjuk. A fafaj húrirányú differenciális zsugorodását keresd táblázatban (tájékoztató érték). Írd le a számítás menetét.

4.3.15. Megoldások

4.3.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A fa rostirányban zsugorodik a legkisebb mértékben. A húrirányú zsugorodás a legnagyobb, majd a sugárirányú, a rostirányú elhanyagolhatóan kicsi.
2. $\Delta u = 8 - 14 = -6$ százalékpont. $\Delta b = 150 \cdot 0{,}0025 \cdot (-6) = -2{,}25\,\text{mm}$. Az új szélesség: $150 - 2{,}25 = 147{,}75\,\text{mm}$. Kerekítve 147,8 mm.
3. A teknősödés a deszka szélességi irányú görbülete, amely az évgyűrűk félkör alakja miatt a kéreg felőli oldalon homorú, a bél felőli oldalon domború. A kardosodás a deszka hosszirányú, oldalra görbülése, amely a rostlefutás egyenetlensége vagy a bél helyzete miatt alakul ki.
4. Hosszlyukas csavarokkal vagy laprögzítő csavarokkal, amelyek lehetővé teszik a lap szélességi mozgását. Nem szabad minden sarkon merev csavarral rögzíteni.
5. Az évgyűrű-fordítással a deszkák teknősödése ellentétes irányú, így a ragasztott tábla hajlító feszültségei kiegyenlítik egymást, és a tábla jobban síkban marad.

4.3.15.2. Feladatok megoldásai

1. feladat megoldása

- **Zsugorodás:** a faanyag méretének csökkenése a nedvességtartalom csökkenésekor a rosttelítettségi határ alatt.
- **Dagadás:** a faanyag méretének növekedése nedvességfelvételkor.
- **Rosttelítettségi határ:** az a nedvességtartalom, amely alatt a sejtfalban kötött víz mennyisége változik, és a fa mérete változik. Jellemzően kb. 28–30 %, fafajtól függően (tájékoztató).

2. feladat megoldása

$\Delta u = 10 - 16 = -6$ százalékpont.

$$\Delta b = 180\,\text{mm} \cdot 0{,}28\,\%/\,\% \cdot (-6\,\%) = 180 \cdot 0{,}0028 \cdot (-6) = -3{,}024\,\text{mm}.$$

Az új szélesség: $180 - 3{,}024 = 176{,}976 \approx 177{,}0\,\text{mm}$.

3. feladat megoldása

(a) Húrirányú: $\Delta u = 6 - 12 = -6$ százalékpont.

$$\Delta b_h = 220 \cdot 0{,}0030 \cdot (-6) = -3{,}96 \approx -4{,}0\,\text{mm}.$$

Új szélesség: $220 - 4{,}0 = 216{,}0\,\text{mm}$.

(b) Sugárirányú: $\Delta b_s = 220 \cdot 0{,}0018 \cdot (-6) = -2{,}376 \approx -2{,}4\,\text{mm}$.

Új szélesség: $220 - 2{,}4 = 217{,}6\,\text{mm}$.

A húrvágott deszka 4,0 mm-t, a sugárvágott 2,4 mm-t zsugorodott. A tükrös deszka stabilabb.

4. feladat megoldása

A nedvességtartalom változás: $\Delta u = 16 - 10 = +6$ százalékpont. A betét szélességnövekedése:

$$\Delta b = 400\,\text{mm} \cdot 0{,}26\,\%/\,\% \cdot 6\,\% = 400 \cdot 0{,}0026 \cdot 6 = 6{,}24\,\text{mm}.$$

A 6,24 mm a betét teljes szélességnövekedése, ez a két horony között oszlik meg: oldalanként kb. 3,1 mm + biztonsági ráhagyás, így oldalanként kb. 4 mm, összesen kb. 8 mm hézag (tájékoztató, ellenőrizendő). A horony mélysége legyen akkora, hogy a betét a legszárazabb állapotban is legalább kb. 5 mm-rel a horonyban maradjon (ellenőrizendő).

5. feladat megoldása

Teljes lap húrirányúnak tekintve: $\Delta u = 7 - 12 = -5$ százalékpont.

$$\Delta b = 800\,\text{mm} \cdot 0{,}28\,\%/\,\% \cdot (-5\,\%) = 800 \cdot 0{,}0028 \cdot (-5) = -11{,}2\,\text{mm}.$$

A lap várhatóan kb. 11 mm-rel lesz keskenyebb. A pontosabb számításnál figyelembe kell venni, hogy a középső tükrös deszka sugárirányban zsugorodik, ami kisebb (0,15 %/%), ezért a teljes lap zsugorodása valamivel kisebb lehet. A valóságban a deszkák közötti kötés és az évgyűrű-fordítás is befolyásolja a makroszkopikus méretváltozást, de a becslés jó közelítés.

6. feladat megoldása

Példa: A deszka mért szélessége $b_1 = 150{,}2\,\text{mm}$, mért nedvességtartalma $u_1 = 14\,\%$ (vagy becsült). A fafaj bükk, húrirányú differenciális zsugorodás $\beta_{\text{húr}} = 0{,}30\,\%/\,\%$ (táblázatból, ellenőrizendő). Cél $u_2 = 8\,\%$. A számítás:

$$\Delta u = 8 - 14 = -6\,\%, \quad \Delta b = 150{,}2 \cdot 0{,}0030 \cdot (-6) = -2{,}70\,\text{mm}.$$

Az új szélesség: $150{,}2 - 2{,}7 = 147{,}5\,\text{mm}$. Ezt a méretet ellenőrizhetjük, ha a deszkát valóban 8 %-ra szárítjuk, és ismét megmérjük.

4.3.16. Rövid összefoglaló

A fa a rosttelítettségi határ alatt nedvességváltozáskor zsugorodik (száradáskor) vagy dagad (nedvesedéskor). A méretváltozás a három anatómiai irányban eltérő: a húrirányú a legnagyobb, jellemzően 0,20–0,35 %/%, a sugárirányú ennek kb. fele, a rostirányú elhanyagolhatóan kicsi (tájékoztató, ellenőrizendő). A méretváltozás a $\Delta l = l_1 \cdot \beta_{\text{irány}} \cdot \Delta u$ képlettel számítható, ahol $\beta_{\text{irány}}$ a differenciális zsugorodás. A teljes zsugorodás a $\beta \cdot u_{rt}$ szorzattal becsülhető. A száradó deszka teknősödik, kardosodik, csavarodik, a végein bütürepedés keletkezik. A vetemedés mértéke az évgyűrűállástól függ: a bélhez közeli deszka instabil, a tükrös (sugárvágott) deszka stabilabb. A szerkezetbe a fa mozgását be kell építeni: a keret–betét szerkezetnél a betétet nem ragasztjuk, mozgási hézagot hagyunk; az asztallapot hosszlyukas csavarral rögzítjük; a ragasztott táblánál az évgyűrűket váltakozva fordítjuk. A fa mozgását nem lehet legyőzni, csak irányítani. **Továbbvitt eredmény.** A zsugorodás-számítást és a mozgásbiztos szerkezet elvét a későbbi alfejezetekben használjuk: a fa mechanikai tulajdonságainál A fa mechanikai tulajdonságai és tartóssága, a fahibáknál A fa alaki és szövetszerkezeti hibái, a szárításnál A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése, az alapszerkezeteknél Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet és az asztaloknál Asztalok jellemző típusai és szerkezetei.

4.3.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Forrástípusok: faipari szakkönyvek (faanatómia, fafizika), MSZ EN szabványok a faanyag fizikai tulajdonságainak mérésére, fűrészáru osztályozási szabványok, gyártói adatlapok.
- Ellenőrizendő: a differenciális zsugorodás konkrét értékei fafajonként (tájékoztató táblázati adatok), a rosttelítettségi határ pontos értéke, a fűrészáru osztályok szerinti megengedett vetemedés mértéke, a keret–betét szerkezet mozgási hézagának ajánlott értéke, a szabványszámok aktualitása.
- Az ábrák és a számítások tanulási példák; éles gyártásnál a hatályos szabványok és a gyártói adatok a mérvadók.

4.4. A fa fizikai tulajdonságai: sűrűség, megjelenés, hő és hang

4.4.1. Miért fontos ez a gyakorlatban?

Egy asztalos műhelyben gyakran hallani: „ez a deszka olyan, mint a toll” vagy „ez úgy húz, mint a vas”. Az első a rendkívül alacsony **sűrűségre**, a második a nagy tömegre utal. De a fa fizikai tulajdonságai nem állnak meg a tömegnél: a vevő színe alapján választ fafajt, a rajzolat alapján dönt a bútorlap ajtajáról, a hőszigetelő tulajdonság befolyásolja az ablakok anyagválasztását, a hangtani tulajdonság pedig azt, hogy egy falburkolat visszhangzós vagy jó akusztikájú helyiséget ad-e. Ebben az alfejezetben ezeket a mindennapos jellemzőket tanulod meg mérni, számolni és a gyakorlatban értelmezni.

4.4.2. Szemléletes kép

Képzelj el két egyforma méretű (1000 × 100 × 20 mm-es) deszkát: az egyik lucfenyő, a másik gyertyán. Az elsőt könnyedén megemeled, a második már megizzaszt; a lucfenyőbe a körmöd benyomódik, a gyertyánba nem. A lucfenyő világos, sárgásfehér, a gyertyán pedig szürkésfehér, jellegzetes rajzolattal. Ugyanakkora térfogat, mégis egészen más érzés és felhasználási érték. Ezt a különbséget elsősorban a fa **sűrűsége** és **anatómiai felépítése** magyarázza (lásd a A fa felépítése: törzs, évgyűrű, geszt, szijács, sejtek és vegyi összetétel alfejezetet).

4.4.3. Külső megjelenés: szín, fény, rajzolat, illat, tapintás

A fa külső megjelenése azért kulcsfontosságú, mert az asztalos ebből válogat, a vevő ezt látja, és a fafaj-meghatározás első lépése is gyakran a szemrevételezés (részletesen a Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók alfejezet tárgyalja). A megjelenés egymáshoz kapcsolódó elemei:

- **Szín:** A vegyi anyagok (csersav, gyanta, festékanyagok) határozzák meg. A **szijács** (a fatörzs külső, aktív része) általában világosabb, a **geszt** (a belső, elhalt rész) sötétebb. A tölgy gesztje például sárgásbarna, a dióé szürkésbarna. **Fontos:** a fény és az időjárás hatására a fa színe változik – a cseresznye például sötétedik, a mahagóni tónusa mélyül.
- **Fény:** Azt mondja meg, hogy a felület mennyire veri vissza vagy nyeli el a fényt. A frissen gyalult, sima felület fényesebb, mint a bolyhos vagy érdes felület. A faanyag belső fénye a sejtszerkezettől függ: a hárs tompa, a juhar gyöngyházfényű.
- **Rajzolat:** A fa díszítő értékét adó mintázat, amelyet az évgyűrűk, bélsugarak, erek és a metszési sík együtt rajzolnak ki.
  - **Fladeres rajzolat:** A húrmetszésű felületen látható, ahol az évgyűrűk érintőlegesen futnak. A korai és késői pászta váltakozása ovális, lángoló, gyakran „hegyes” vonalakat ad.
  - **Csíkos rajzolat:** A sugármetszésű (a bélen átmenő, közelítőleg sugárirányú) felületen az évgyűrűk párhuzamos, szabályos vonalai látszanak.
  - **Tükrös rajzolat:** A sugármetszeten a hosszában elvágott bélsugarak (például tölgynél, bükknél, platánnál) fényes foltokat, úgynevezett **tükröket** alkotnak.
- **Erezet:** A nagyobb edények (pórusok) által megrajzolt minta. A gyűrűs likacsú fafajoknál (tölgy, kőris) a tavaszi pászta likacsai szabad szemmel jól látható **barázdákat**, ereket adnak; a szórt likacsúaknál (bükk, nyár) alig észrevehetők.
- **Illat:** A sejtekben tárolt illóolajok és gyanták szaga. A fenyő gyantás, a cédrus fűszeres, a tölgy savanykásan csersavas illatot adhat frissen fűrészelve. Az illat a fafaj-meghatározásnál is segíthet, de csak friss vágáson, mert az idővel elhalványul.
- **Tapintás:** A fa felületi minőségét és hőmérsékletét érzed. A nagy sűrűségű fa simára csiszolható, hűvös tapintatú; a porózus, szálkás fa érdes marad.

Megjegyzés. A fa külső megjelenését mindig a megmunkálás minőségével együtt értékeld: ugyanaz a tölgy lehet érdes, koszos felületű vagy gyönyörű, éles késsel gyalult, tiszta felület. A cél a valódi anyagjellemző és a felület-előkészítési hiba megkülönböztetése.

4.4.4. A fa sűrűsége

Definíció. A **sűrűség** (ρ) a tömeg (m) és a térfogat (V) hányadosa. Faanyagra mindig meg kell adni, hogy milyen nedvességtartalomra vonatkozik.

A sűrűség a fa **egyik legfontosabb fizikai jellemzője**, mert közvetlenül befolyásolja a szilárdságot, a keménységet, a megmunkálhatóságot, a szerszámkopást, a szállítási tömeget és a csavartartást is. A sűrűséget úgy számítjuk ki, hogy a vizsgálati darab tömegét elosztjuk a térfogatával:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

A gyakorlatban a sűrűséget $\mathrm{g/cm^3}$-ben vagy $\mathrm{kg/m^3}$-ben adjuk meg. Mivel $1\,\mathrm{g/cm^3} = 1000\,\mathrm{kg/m^3}$, az átszámítás egyszerű: ha a sűrűség $0{,}65\,\mathrm{g/cm^3}$, akkor $650\,\mathrm{kg/m^3}$.

A sűrűség fajtái a nedvességtartalom szerint:

- **Abszolút száraz sűrűség (ρ_0):** A teljesen vízmentes fa sűrűsége. Ez a legkisebb érték, mert a fa sejtüregei üresek, és a sejtfalban nincs víz.
- **Légszáraz sűrűség (ρ_{12}):** A 12% nedvességtartalomra normált sűrűség. A legtöbb szakkönyvi táblázat ezt adja meg, mert ez közelíti a száraz beltéri felhasználási állapotot.
- **Nyers (élőnedves) sűrűség ($\rho_{\mathbf{nedves}}$):** A kivágott, még telített állapotú fa sűrűsége. Ez jóval nagyobb, mint a ρ_0, mert a sejtüregek egy része vízzel telített.

Sejtfal-sűrűség. A valódi faanyag (a sejtfalak) sűrűsége fafajtól függetlenül közel állandó, körülbelül $1{,}5\,\mathrm{g/cm^3}$. Ebből következik, hogy a teljes fa sűrűségét elsősorban a **sejtüregek aránya** és a sejtfalak vastagsága határozza meg. A könnyű, puhafákban (pl. fűz, nyár) sok a pórus és vékony a sejtfal, a nehéz, kemény fákban (pl. gyertyán) kevés a pórus és vastag a sejtfal.

Tájékoztató sűrűségértékek (légszáraz, ρ_{12}):

Fafaj	Sűrűség ($\mathrm{g/cm^3}$)	Besorolás
Fűz, nyár	0,40–0,50	igen könnyű
Lucfenyő, fenyőfélék	0,40–0,55	könnyű
Hárs, éger	0,50–0,60	könnyű
Nyír	0,60–0,65	közepesen nehéz
Bükk	0,68–0,72	közepesen nehéz
Tölgy, kőris	0,65–0,80	nehéz
Gyertyán	0,75–0,85	nagyon nehéz

Figyelem. A táblázatban szereplő értékek tájékoztatóak, fafajon belül a termőhelytől és a mintavétel helyétől függően is változhatnak. A műszaki számításokhoz mindig a beszállító műszaki adatlapját vagy a vonatkozó szabványt vedd alapul **(ellenőrizendő: ISO 13061-2 vagy azzal egyenértékű adatforrás).**

4.4.5. Számítások a sűrűséggel

Számítás. A sűrűség kiszámítása egy deszka tömegéből és méretéből.

Adott: Egy bükkfa deszka méretei: hossz $l = 2000\,\mathrm{mm}$, szélesség $b = 200\,\mathrm{mm}$, vastagság $v = 40\,\mathrm{mm}$. A deszka légszáraz tömege $m = 10{,}24\,\mathrm{kg}$.

Keresett: A deszka sűrűsége ρ_{12} $\mathrm{kg/m^3}$-ben.

Megoldás: Első lépésben a deszka térfogatát kell kiszámítani. Mivel a méretek mm-ben adottak, de a sűrűséget $\mathrm{kg/m^3}$-ben kérdezik, célszerű a méreteket méterre átváltani.

$$l = 2000\,\mathrm{mm} = 2{,}0\,\mathrm{m}$$

$$b = 200\,\mathrm{mm} = 0{,}2\,\mathrm{m}$$

$$v = 40\,\mathrm{mm} = 0{,}04\,\mathrm{m}$$

A térfogat:

$$V = l \cdot b \cdot v = 2{,}0\,\mathrm{m} \cdot 0{,}2\,\mathrm{m} \cdot 0{,}04\,\mathrm{m} = 0{,}016\,\mathrm{m^3}$$

Most alkalmazzuk a sűrűség képletét:

$$\rho_{12} = \frac{m}{V} = \frac{10{,}24\,\mathrm{kg}}{0{,}016\,\mathrm{m}^3} = 640\,\mathrm{kg/m}^3$$

Ellenőrzés: A bükkre jellemző légszáraz sűrűség kb. 0,68–0,72 g/cm^3, azaz 680–720 kg/m^3 (tájékoztató). A kapott 640 kg/m^3 a tartomány alatt van: könnyebb, gyorsan nőtt anyag vagy mérési hiba (nedvesség, méret) is lehet. Az egységek konzisztensek: kg osztva m^3-rel kg/m^3-t ad. ∎

Számítás. A sűrűség átszámítása más nedvességtartalomra.

A fa nedvességtartalma és sűrűsége szorosan összefügg. Amikor a fa vizet vesz fel, a tömege nő, de a térfogata is nő (dagad). A rosttelítettségi határ alatt (kb. 28–30 %, fafajtól függően) a dagadás nagyjából arányos a nedvességtartalommal. Egy gyakran használt közelítő képlet a sűrűség átszámítására:

$$\rho_u \approx \rho_{12} \cdot (1 + 0{,}005 \cdot (u - 12))$$

ahol u a keresett nedvességtartalom %-ban (kb. 7–25 % között érvényes), ρ_u a keresett sűrűség a ρ_{12} egységében. A képlet azt fejezi ki, hogy 1 százalékpont nedvességnövekedésre a sűrűség kb. 0,5 %-kal nő. **Figyelem:** a képlet közelítő érték (tájékoztató, ellenőrizendő: MSZ EN 384 / szakkönyv), a fa dagadási anizotrópiája miatt a pontos érték szabványos mérést igényel.

Példa. Egy tölgyfa darab $\rho_{12} = 0{,}70$ g/cm^3. Becsüljük meg a sűrűségét 20%-os nedvességtartalomnál.

Megoldás: Behelyettesítünk a képletbe:

$$\rho_{20} \approx 0{,}70 \cdot (1 + 0{,}005 \cdot (20 - 12)) = 0{,}70 \cdot 1{,}04 = 0{,}728\ \mathrm{g/cm}^3 \approx 0{,}73\ \mathrm{g/cm}^3$$

Megjegyzés. Látható, hogy a sűrűség a rosttelítettségi határ alatt nedvességszázalékonként kb. 0,5 %-kal nő, mert a tömeg gyorsabban nő, mint a térfogat (a tömeg kb. 0,9 %-kal, a térfogat csak kb. 0,45 %-kal). A nyers, frissen vágott fa sűrűsége azonban lényegesen nagyobb lehet, mert a sejtekben lévő szabad víz tovább növeli a tömeget.

4.4.6. A sűrűség és a tulajdonságok kapcsolata

A sűrűség szinte minden műszaki tulajdonságra hat. Minél nagyobb a sűrűség, annál: - **nagyobb a szilárdság:** a tölgy sokkal nehezebben törik el, mint a fűz; - **nagyobb a keménység:** a gyertyán ellenáll a benyomódásnak, a hárs nem; - **nehezebb a megmunkálás:** a gyertyán lassabban fűrészelhető, jobban koptatja a szerszámot, mint a lucfenyő; - **jobb a csavartartás:** a nagy sűrűségű anyagba a csavar erősebben fog, kevésbé lazul ki; - **nehezebb a szállítás:** ugyanaz a térfogat nagyobb tömeget jelent.

4.4.7. Hőtani tulajdonságok

A fa hőtanilag kellemes anyag: télen is meleg tapintatú. Ennek oka az alacsony **hővezető képesség** (λ). A fa sejtszerkezete sok levegőt tartalmaz, a levegő pedig kiváló hőszigetelő. Minél kisebb a fa sűrűsége, annál jobb a hőszigetelése. A tömör, nagy sűrűségű fa (pl. tölgy) jobban vezeti a hőt, mint a porózus, könnyű fa (pl. fenyő).

- **Hővezetés:** A fa rossz hővezető. Ezért alkalmazzák ablak- és ajtótokokban, ahol a hőhidat csökkenteni kell.
- **Hőtágulás:** A fa hőtágulása sokkal kisebb, mint a fémeké, ezért a méretváltozást a hőmérséklet-ingadozás kevésbé befolyásolja, mint a nedvességtartalom változása.
- **Hőkapacitás:** A fa viszonylag nagy fajlagos hőkapacitással rendelkezik, ami azt jelenti, hogy sok hőt tud felvenni anélkül, hogy a hőmérséklete gyorsan emelkedne. Ez a tulajdonság teszi kellemessé a fa padlókat és bútorokat.

Példa. A parafa (a paratölgy kérge) rendkívül alacsony sűrűségű és nagyon rossz hővezető, ezért hagyományosan hűtőszekrények, palackdugók és hőszigetelő rétegek anyaga. A faanyagok közül a balsafa az egyik legjobb hőszigetelő.

4.4.8. Hangtani tulajdonságok

A fa hangtanilag kétféle szerepben fontos az asztalosiparban: **hangkeltő** (rezonancia) és **hangszigetelő/elnyelő** anyagként.

- **Hangvezetés és rezonancia:** A fa rossz hővezetőből jó hangvezető lehet. A fa rostjai mentén a hang terjedési sebessége sokkal nagyobb, mint a levegőben. A könnyű, nagy rugalmasságú és sűrű, homogén szerkezetű fák (pl. lucfenyő, juhar) kiválóan alkalmasak **rezonancialapnak** hangszerek (hegedű, gitár) készítéséhez.
- **Hangelnyelés:** A fa porózus szerkezete elnyeli a hangenergia egy részét, ezért a fa falburkolatok, álmennyezetek csökkentik a visszhangot (akusztikai javulás).
- **Hangszigetelés:** A hangszigetelés elsősorban a **tömegen** múlik. Ezért a nagyobb sűrűségű fa (pl. tölgy, bükk) jobban gátolja a levegőben terjedő hangokat (például ajtóként) mint a könnyű fenyő. A hézagos, könnyű szerkezetek hangáteresztők.

4.4.9. A fa villamos tulajdonságai és a nedvességmérés

A teljesen száraz fa jó villamos szigetelő. A sejtfalakban megkötött víz azonban jelentősen csökkenti a fa **villamos ellenállását**. Minél nedvesebb a fa, annál jobban vezeti az áramot.

Ez a gyakorlati nedvességmérés alapja. Az ellenállásos (rezisztív) **fa-nedvességmérők** két tűt nyomnak a fába, és a tűk közötti villamos ellenállást mérik. A mért ellenállásból a készülék a fa fajtájának megfelelő korrekciós csoport alapján számítja ki a nedvességtartalmat százalékban. A rosttelítettségi határ (kb. 28–30 %) felett azonban ez a módszer pontatlanná válik, mert a szabad víz jelenléte már nem változtatja tovább arányosan az ellenállást.

Figyelem. A fa villamos tulajdonságainak vizsgálata elsősorban a nedvességméréshez kapcsolódik. A fa mint építőanyag villamos szigetelőként való alkalmazása nem jellemző az asztalosipari gyakorlatban.

4.4.10. Gyakorlati összefüggés: miért reped a sűrű fa?

A nagy sűrűségű fafajok (tölgy, gyertyán, bükk) nagyobb zsugorodással rendelkeznek, mint a könnyű fenyők. A sűrű sejtfalak több vizet kötnek meg, és ennek távozásakor nagyobb a méretváltozás. Ezért egy tölgyfa asztallaphoz erre a mozgásra tervezett szerkezet kell (pl. csapolt keret, rugalmas rögzítés); a fenyőnél is mozgásbiztos rögzítés kell, de a méretváltozás kisebb. A sűrűség tehát nemcsak a tömeg miatt fontos, hanem a **zsugorodás-dagadás viselkedés (lásd: Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása”) előrejelzése miatt is.**

Definíció. Fajlagos hőkapacitás (c): Az a hőmennyiség, amely 1 kg anyag hőmérsékletét 1 °C-kal emeli. A fa fajlagos hőkapacitása viszonylag magas, 1,2–2,0 $\mathrm{kJ/(kg \cdot K)}$ tartományba esik (a nedvességtartalomtól függően, **tájékoztató érték, ellenőrizendő**).

4.4.11. Technológiai lap: a fa fizikai tulajdonságainak gyakorlati vizsgálata

Cél: A fa sűrűségének és megjelenésének leírása egy adott alkatrész alapján. **Anyagok és eszközök:** légszáraz fa próbadarab, mérőszalag/tolómérő, digitális konyhai mérleg, nagyító, csiszolópapír, nedvességmérő (opcionális).

Gépbiztonság. Ez a vizsgálat kézi jellegű; forgó szerszámot, gépi megmunkálást nem igényel. Ennek ellenére a mérőeszközöket (tolómérő, mérleg) óvatosan, a mérési pontosságot megőrizve kezeld.

Lépések: 1. **Előkészítés:** Válassz ki egy szabályos, derékszögű deszkadarabot. Ha szálkás, finoman csiszold meg a méréshez. **Ellenőrzés:** a felület tiszta, száraz legyen. 2. **Nedvességtartalom ellenőrzése:** Ha van nedvességmérőd, mérd meg a fa nedvességtartalmát, és jegyezd fel. **Ellenőrzés:** jegyzőkönyvben szerepeljen az érték. 3. **Méretfelvétel:** Mérd meg a deszka hosszát, szélességét és vastagságát tolómérővel vagy acélvonalzóval, legalább három különböző ponton. **Ellenőrzés:** számold ki a térfogatot a mért átlagokból. 4. **Tömegmérés:** Mérd meg a deszka tömegét digitális mérleggel. **Ellenőrzés:** a mérleg pontossága legalább 1–5 g legyen. 5. **Sűrűség kiszámítása:** Számítsd ki a sűrűséget a $\rho = m/V$ képlet alapján. **Ellenőrzés:** az eredmény $\mathrm{kg/m^3}$-ben legyen, és hasonlítsd össze a szakirodalmi tartománnyal. 6. **Megjelenés dokumentálása:** Írd le a színt, a rajzolatot, és határozd meg, milyen metszési síkról van szó (bütü, húr, sugár). **Ellenőrzés:** azonosítsd a fladeres vagy csíkos rajzolatot.

4.4.12. Minőségellenőrzés

A fa fizikai tulajdonságainak ellenőrzése az asztalosiparban általában a beérkező áru vizsgálatakor történik. A minőségellenőrzés során: - **Sűrűség és tömeg:** A beszállító által deklarált sűrűségtől való eltérés általában fajtán belül is 10–15% lehet. Ha a szállítmány anyaga gyanúsan könnyű vagy nehéz, az utalhat más fafajra vagy hibás szárításra. - **Megjelenés:** A szín- és rajzolatbeli hibák (pl. elszíneződés, kékülés, penész) azonnal szembetűnnek. A vevői elvárás (pl. egyenletes színű csíkos tölgy) dokumentálása és a beérkező anyaggal való összehasonlítása az egyik legfontosabb gyártás-előkészítési feladat. - **Eltérés esetén:** Ha a sűrűség vagy a megjelenés nem felel meg, a munka megkezdése előtt értesíteni kell a beszállítót, és a darabokat nem szabad felhasználni, mert a végső termék (pl. egy ajtó vagy bútorlap) minősége romlik.

4.4.13. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A vevő „könnyű” fát rendel, de a kész bútor meglepően nehéz. **Ok:** A kalkulációban nem a sűrűségből, hanem csak a térfogatból indultál ki, vagy rossz fafajt választottál. **Helyes gyakorlat:** Az anyagszükséglet számításakor mindig a sűrűséggel becsüld meg a végső tömeget (különösen fali polcoknál, emeletes ágyaknál).
2. **Hiba:** A pácolt tölgy és a natúr tölgy bútorlap színe foltos, egyenetlen. **Ok:** A szín és a rajzolat megítélésekor nem ellenőrizték a gyalulási minőséget; a bolyhos, érdes felület több pácot szív fel, mint a sima. A rajzolat (pl. fladeres, tükrös) pedig mindig élénkebbé válik a pácolásnál. **Helyes gyakorlat:** Mindig a végső csiszolás után, a felületkezelés előtt értékeld a színt és a rajzolatot.
3. **Hiba:** A hangszigetelő válaszfal nem szigetel, a szoba visszhangos. **Ok:** Összekeverték a hangelnyelést a hangszigeteléssel. Egy vékony, porózus falap elnyelheti a magas hangokat (csökkenti a visszhangot), de a tömeg hiánya miatt a beszédhangot (léghanggátlást) nem fogja meg. **Helyes gyakorlat:** A hanggátláshoz tömegre (nagy sűrűségű lapok, pl. gipszkarton, MDF, tömör fa) van szükség; a hangelnyeléshez porózus rétegre.

4.4.14. Valós életbeli alkalmazás

Helyzet: Egy bútorgyártó cég íróasztalokat készített fenyőből, de egy rendeléshez tölgyfa kivitelű darabokat kért a vevő. A konstruktőr az eredeti fenyő lapvastagságot (18 mm) megtartotta a tölgyfa asztallapnál is. **Probléma:** A tölgy sűrűsége ($\rho \approx 0{,}70\,\mathrm{g/cm^3}$) lényegesen nagyobb, mint a fenyőé ($\rho \approx 0{,}45\,\mathrm{g/cm^3}$). Egy $1600 \times 800 \times 18$ mm-es lap térfogata $V = 1{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}018 = 0{,}02304\,\mathrm{m^3}$, így fenyőből kb. 10,4 kg, tölgyből kb. 16,1 kg: a többlet kb. 5–6 kg. Ez önmagában nem terheli túl a fióksíneket (azok nem az asztallap tömegét viselik), a nagyobb zsugorodású és dagadású tölgy lapot viszont a fenyőhöz tervezett, mozgást nem engedő rögzítéssel szerelték. **Kivizsgálás:** a fix csavarokkal rögzített tölgy lap a téli száradáskor nem tudott zsugorodni, ezért a rosszul méretezett rögzítő furatok körül repedni kezdett; a lap tömege miatt a lábazat csatlakozásait is újra kellett ellenőrizni. **Tanulság:** A fafajcsere nem csak több kilogrammot jelent. Újratervezéskor ellenőrizni kell a vasalatok teherbírását, a kötések szilárdságát, és a rögzítést a nagyobb zsugorodás-dagadás értékekhez kell igazítani (hosszlyukak, laprögzítők).

4.4.15. Önellenőrzés

1. Igaz-e: A fladeres rajzolat a sugármetszeten látható, a tükrös rajzolat a húrmetszeten?
2. Egy deszka térfogata $0{,}02\,\mathrm{m^3}$, tömege 12 kg. Mekkora a sűrűsége $\mathrm{kg/m^3}$-ben?
3. Mit jelent az, hogy egy faanyag rossz hővezető? Milyen asztalosipari terméknél előny ez?
4. Mi a magyarázata annak, hogy a nedvességmérő a fa villamos ellenállását méri?
5. Minél nagyobb egy fa sűrűsége, annál _____ a szilárdsága és annál _____ a hőszigetelése.

(A válaszok a `### Megoldások` szakaszban találhatók.)

4.4.16. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg a sűrűség fogalmát, és írd fel a számításához szükséges képletet. Add meg a sűrűség SI-mértékegységét is.

2. feladat (A). Rajzold le egyszerű vonalakkal, miben különbözik a fladeres rajzolat a csíkos rajzolattól. Melyik metszési síkon láthatók?

3. feladat (B). Egy tömör fenyőfa ajtólap méretei 2000 × 800 × 40 mm. Mekkora a tömege, ha a fa sűrűsége 0,50 g/cm^3? Add meg a térfogatot m^3-ben, és a tömeget kg-ban!

4. feladat (B). Egy próbadarab sűrűsége 12%-os nedvességtartalomnál 0,65 g/cm^3. Becsüld meg a sűrűségét 25%-os nedvességtartalomnál a megadott közelítő képlet segítségével. Mit jelent ez a gyakorlatban a fa tömege szempontjából?

5. feladat (C). Egy fali polc készül 600 × 250 × 22 mm-es lapból. Két anyag közül választhatsz: lucfenyő ($\rho_{12} = 0{,}45$ g/cm^3) vagy tölgy ($\rho_{12} = 0{,}70$ g/cm^3). Számítsd ki mindkettő tömegét. Melyiknél milyen dübelt vagy csavart érdemes használni a nagyobb csavartartó képesség és a kisebb tömeg érdekében? Indokold a választásodat.

6. feladat (D). Készíts mérési jegyzőkönyvet: válassz ki két különböző fafajú darabot a tanműhelyben (pl. fenyőt és bükköt). Mérd meg a méreteiket és tömegüket, számítsd ki a sűrűségüket, és írd le a megjelenésüket (szín, rajzolat, illat). Rajzold le vagy fényképezd le mindkettőt, és hasonlítsd össze a táblázat adataival.

4.4.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok: 1. **Hamis.** A fladeres rajzolat a húrmetszeten, a tükrös rajzolat a sugármetszeten jellemző. 2. $\rho = 12\,\text{kg}/0{,}02\,\text{m}^3 = 600\,\text{kg/m}^3$. 3. A fa rossz hővezető, vagyis lassan vezeti a hőt, mert sejtjei levegőt tartalmaznak. Előnyös nyílászáróknál (ablak, ajtó), mert csökkenti a hőhidat. 4. A száraz fa jó szigetelő; a sejtfalakban megkötött víz viszont csökkenti az ellenállást (jobb vezetővé teszi a fát). A nedvességmérő ezt az összefüggést használja. 5. Növekszik a szilárdsága, csökken (romlik) a hőszigetelése.

1. feladat (A) megoldása: A sűrűség az anyag tömege és térfogata közötti arány. A képlet: $\rho = \frac{m}{V}$. SI-mértékegysége: kg/m^3.

2. feladat (A) megoldása: A fladeres rajzolaton az évgyűrűk ovális, hegyes ívekkel futnak, ez a húrmetszeten látszik. A csíkos rajzolaton az évgyűrűk párhuzamos, hosszú vonalak, ez a sugármetszeten látszik.

3. feladat (B) megoldása: Adott: $l = 2000\,\text{mm} = 2{,}0\,\text{m}$; $b = 800\,\text{mm} = 0{,}8\,\text{m}$; $v = 40\,\text{mm} = 0{,}04\,\text{m}$; $\rho = 0{,}50\,\text{g/cm}^3 = 500\,\text{kg/m}^3$. Keresett: m. Képlet: $V = l \cdot b \cdot v$; $m = \rho \cdot V$. Számítás: $V = 2{,}0 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}04 = 0{,}064\,\text{m}^3$. $m = 500\,\text{kg/m}^3 \cdot 0{,}064\,\text{m}^3 = 32\,\text{kg}$. Ellenőrzés: Egy 4 cm vastag, 2 méter magas tömör faajtó 32 kg reális. ∎

4. feladat (B) megoldása: Adott: $\rho_{12} = 0{,}65\,\text{g/cm}^3$; $u = 25\,\%$. Képlet: $\rho_u \approx \rho_{12} \cdot (1 + 0{,}005 \cdot (u - 12))$. Számítás: $\rho_{25} \approx 0{,}65 \cdot (1 + 0{,}005 \cdot (25 - 12)) = 0{,}65 \cdot 1{,}065 = 0{,}692\ \text{g/cm}^3 \approx 0{,}69\,\text{g/cm}^3$. Ellenőrzés: A sűrűség kb. 6,5 %-kal nőtt, mert a tömeg gyorsabban nő, mint a dagadás miatti térfogat; a fa tömege 25 %-os nedvességnél ennél is nagyobb arányban (kb. 12 %-kal) nő.

5. feladat (C) megoldása: Adott: $V = 600 \times 250 \times 22\,\text{mm} = 0{,}6 \times 0{,}25 \times 0{,}022 = 0{,}0033\,\text{m}^3$. Lucfenyő tömege: $m = 450\,\text{kg/m}^3 \cdot 0{,}0033\,\text{m}^3 = 1{,}49\,\text{kg}$. Tölgy tömege: $m = 700\,\text{kg/m}^3 \cdot 0{,}0033\,\text{m}^3 = 2{,}31\,\text{kg}$. Indoklás: A lucfenyő sokkal könnyebb, tehát a fali polc rögzítésének kisebb terhet kell viselnie. A tölgy viszont keményebb, jobban tartja a csavart, de nehezebb. Ha a polc hosszú és terhelt, a tölgyhöz hosszabb, erősebb csavart és dübelt kell választani, és a fal teherbírását is ellenőrizni kell. A választás a terheléstől és a fal típusától függ.

6. feladat (D) megoldása: A mérési jegyzőkönyv elkészítésekor ügyelj arra, hogy: - A méreteket tolómérővel, legalább 0,1 mm pontossággal mérd. - A tömegméréshez 1 g vagy annál pontosabb mérleget használj. - A sűrűséget kg/m^3-ben add meg. - Várható eredmény (tájékoztató): lucfenyő: $\rho \approx 450\,\text{kg/m}^3$; bükk: $\rho \approx 680\,\text{kg/m}^3$. - A relatív hiba a hiba és a mért méret hányadosa: 0,1

mm-es eltérés 20 mm-es vastagságnál 0,1/20 = 0,5 %, 100 mm szélességnél 0,1 %, 1000 mm hossznál 0,01 %; ezért a legkisebb méretet (vastagság) kell a legpontosabban mérni. A térfogat relatív hibája a három relatív hiba összege. A mérleg hibája általában elhanyagolható. - Rajzold le a két anyag rajzolatát: a lucfenyő évgyűrűi szélesek, vöröses-sárgásak; a bükk sűrű, finom, szürkés-világos, jellegzetes szórt likacsú.

4.4.18. Rövid összefoglaló

A fa fizikai tulajdonságai közül a **megjelenés** (szín, rajzolat, fény, illat) a fafajfelismerés és a vevői elvárás alapja; a **sűrűség** ($\rho = m/V$) pedig a legfontosabb műszaki jellemző, mert meghatározza a szilárdságot, a keménységet, a megmunkálhatóságot, a csavartartást és a szállítási tömeget. A sűrűséget abszolút száraz (ρ_0), légszáraz (ρ_{12}) és nyers (nedves) állapotra adjuk meg; a légszáraz érték 0,4–0,9 g/cm^3 között mozog fafajtól függően. A fa rossz hővezető, mert sejtjei levegőt tartalmaznak, ezért alkalmas nyílászárókba; hangelnyelő képessége a porozitásából, hanggátló képessége elsősorban a tömegéből adódik. A fa villamos ellenállása a nedvességtartalommal csökken, ez teszi lehetővé az ellenállásos nedvességmérést. **Továbbvitt eredmény.** A sűrűség és a megjelenés ismerete nélkülözhetetlen a fafajok azonosításához Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók, a szilárdsági értékek becsléséhez A fa mechanikai tulajdonságai és tartóssága, valamint az anyagszükséglet-számításhoz Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő.

4.4.19. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok. - Faipari anyagismereti szakkönyvek és egyetemi jegyzetek (Soproni Egyetem, NYME faanyagtani tanszék jegyezetei – a tartalmak irányadóak, az adatok ellenőrizendők). - ISO 13061-2 – kisméretű hibamentes próbatestek sűrűségének meghatározása (ellenőrizendő: hatályos kiadás, honosítás); a nedvességtartalomé az ISO 13061-1. - Gyártói fa-nedvességmérő kézikönyvek – a villamos ellenállás és a nedvességtartalom kapcsolata. - MSZ EN 350 – fa és fa alapú termékek tartóssága (az EN 350-1/-2 helyett; ellenőrizendő: hatályos kiadás).

Ellenőrzési hiányok. - A táblázatban szereplő sűrűségértékek tájékoztatóak, pontos érték a beszállító adatlapjától függ. - A sűrűség átszámítására használt közelítő képlet a gyakorlati szakirodalomban elterjedt, de pontos érték a fa dagadási anizotrópiája miatt eltérhet; pontos méréshez szabványos vizsgálat szükséges. - A hő- és hangtani jellemzők számszerű határértékei termékenként és szabványonként változnak.

4.5. A fa mechanikai tulajdonságai és tartóssága

4.5.1. Miért kell ismerned a fa mechanikai tulajdonságait?

A műhelyben gyakran hangzik el olyan megrendelés: „kellene egy könyvespolc, telepakolva könyvvel”. Ha a polcot túl vékonyra vagy túl hosszúra készíted, előbb-utóbb meghajlik, és a vevő jogosan reklamál. Ha viszont mindent feleslegesen vastagra gyártasz, a bútor nehéz, drága és aránytalan lesz. A fa **mechanikai tulajdonságai** azt mutatják meg, hogyan viselkedik a fa terhelés hatására: mennyire hajlik, mikor törik, mibe lehet belecsavarozni, és miért nem szabad minden irányban egyformán terhelni. Ez az alapja annak, hogy egy polc, szék, szekrény vagy lépcső biztonságos és mégis gazdaságos legyen.

4.5.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy fenyőfából készült sörpadot. A deszka hosszirányban, két bakon fekve sokkal többet bír, mint ha a deszkát az élére állítva, a rostokra merőlegesen próbálnád összenyomni. Ugyanaz a deszka hosszirányban húzva igencsak erős, de a rostjai mentén viszonylag könnyen kettéhasítható. Ha a deszkát vékony léccé gyalulod, gőzölés után ívre hajlíthatod, míg hidegen eltörne. A fa tehát **irányfüggő anyag**: nem mindegy, hogy a terhelés milyen irányban éri, és a tulajdonságokat mindig rostirányhoz képest kell értelmezni.

4.5.3. A fa három fő iránya

Definíció. A fa mechanikai tulajdonságait három anatómiai irányban adjuk meg:

- **Rostirány (axiális irány):** a törzs hosszával párhuzamos irány.
- **Húrirány (tangenciális irány):** az évgyűrűk érintőjével párhuzamos irány.
- **Sugárirány (radiális irány):** a béltől a kéreg felé mutató, az évgyűrűkre merőleges irány.

A húr- és sugárirányt együtt gyakran **rostra merőleges iránynak** nevezik. A fa húzószilárdsága rostirányban jóval nagyobb, mint arra merőlegesen, mert a hosszú farostok láncszerűen kapcsolódnak, míg az azokat összetartó sejtközi anyag oldalirányban gyengébb.

4.5.4. A fa szilárdsági tulajdonságai

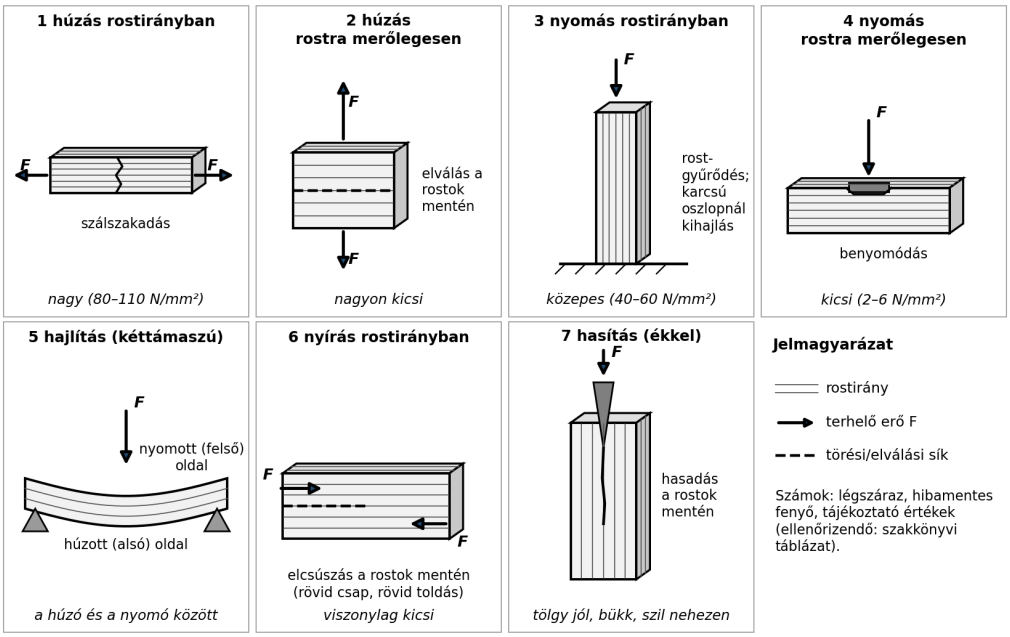
Definíció. A **szilárdság** az a legnagyobb feszültség, amelyet az anyag törés vagy maradó alakváltozás nélkül elvisel. A feszültséget erő és terület hányadosaként számoljuk:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

ahol:

- σ – feszültség, N/mm²-ben (1 N/mm² = 1 MPa),
- F – terhelő erő, N-ban,
- A – terhelt keresztmetszet, mm²-ben.

A fa szilárdsága **a nedvességtartalomtól, a sűrűségtől, a fafajtól és a hibák helyzetétől** is függ. Általános irányadó érték: légszáraz, hibamentes fenyőnél a rostirányú húzószilárdság nagyságrendje 80–110 N/mm², a rostirányú nyomószilárdság 40–60 N/mm², míg a rostra merőleges nyomószilárdság csak 2–6 N/mm². A kemény lombos fák (tölgy, bükk) értékei gyakran magasabbak. **(Tájékoztató értékek, ellenőrizendő: szakkönyvi táblázat)**.



4.10. ábra. Igénybevételi módok a rostirányhoz viszonyítva: húzás és nyomás rostirányban és rostra merőlegesen, hajlítás, nyírás és hasítás, a jellemző tönkremeneteli képpel (sematikus rajz; a számok tájékoztató fenyőértékek)

Az ábrán a vékony párhuzamos vonalak jelzik a rostirányt. Rostirányban a fa húzásra a legerősebb, nyomásra közepesen erős; rostra merőlegesen húzásra nagyon gyenge, nyomásra kicsi a szilárdsága (benyomódik). Hajlításkor felül nyomott, alul húzott zóna alakul ki; rostirányú nyírásnál a rétegek elcsúsznak, hasításkor az ék a rostok mentén választja szét a fát.

4.5.4.1. Húzószilárdság

Szabály. A fa rostirányú húzószilárdsága a legnagyobb a szokásos igénybevételek közül. Ezért a hosszú, húzott alkatrészeket – például feszítőlécek, függesztőelemek – rostirányban kell megmunkálni és terhelni. Húzóigénybevételre merőlegesen a fa gyenge, mert ott a rostok egymástól könnyen elválhatnak, ezért kerüljük, hogy a kapcsolat a fát rostra merőlegesen széthúzza (például teher a gerenda alsó élébe hajtott csavaron), és a csavarokat ne bütübe hajtsuk.

4.5.4.2. Nyomószilárdság

Szabály. A rostirányú nyomószilárdság nagyságrendileg a rostirányú húzószilárdság fele. A fa jól viseli a rövid, egyenes oszlopokban fellépő nyomást, de hosszú, karcsú oszlopoknál **kihajlás** léphet fel, ami a nyomószilárdság kihasználását korlátozza. A rostra merőleges nyomószilárdság kicsi, ezért a csapok, élek, aljak és ütközések kialakításánál gondoskodni kell arról, hogy ne csak éles, keskeny sarkok nyomódjanak be a fába.

4.5.4.3. Hajlítószilárdság

Definíció. A **hajlítószilárdság** az egyik legjellemzőbb faipari szilárdsági érték. Hajlításkor a munkadarab felső oldala nyomott, az alsó oldala húzott, a kettő között pedig semleges réteg

helyezkedik el. A hiba ott keletkezik, ahol a húzó- vagy nyomófeszültség a legnagyobb.

A fa hajlítószilárdsága általában a húzó- és nyomószilárdság között van. Ha egy polc meghajlik, az nem feltétlenül jelent azonnali törést, de a maradó lehajlás már minőségi hiba. A méretezésnél ezért a **lehajlás** gyakran fontosabb korlát, mint a törés.

4.5.4.4. Nyíró- és hasító szilárdság

Szabály. A **nyírószilárdság** azt mutatja meg, mekkora terhelést bír el a fa akkor, amikor a terhelő erő egymással párhuzamos rétegeket próbál elcsúsztatni. A fa nyírószilárdsága rostirányban viszonylag kicsi, ezért a rövid csapok, élek és a rövid ragasztott toldások nyírásra hajlamosak.

A **hasító szilárdság** a fa rostirányú ékkel történő széthasításának ellenállása. A fa hasítása tudatos feldolgozási művelet is lehet: hasított alkatrésznél a rostok folytonosak maradnak. A hasíthatóság fafajonként eltérő; a tölgy jól hasítható, a szilfa és a bükk viszont nehezen, mert rostjaik egymásba fonódnak.

4.5.5. Rugalmassági modulus

Definíció. A **rugalmassági modulus** (E, N/mm²) azt fejezi ki, hogy mekkora feszültségnövekedés mekkora rugalmas alakváltozást okoz. Minél nagyobb az E, annál merevebb, annál kevésbé hajlik az anyag. Acél esetén $E \approx 210\,000$ N/mm², a faanyagoknál rostirányban $E \approx 8\,000$–$16\,000$ N/mm². A fa tehát jóval hajlékonyabb, mint az acél, ezért a fa tartószerkezeteknél az alakváltozás gyakran mértékadó.

Továbbvitt eredmény. A rugalmassági modulust használjuk a polc-lehajlás számításánál, és ez az alapja a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás gépi beállításainak is, mert a forgácsolási erők és rezgések szempontjából a fa merevsége fontos.

4.5.6. Keménység, kopásállóság, hajlíthatóság

Definíció. A fa **keménysége** a benyomódással szembeni ellenállás. Megadása több módszerrel történhet, például **Brinell** és **Janka** eljárással. A Janka-érték azt az erőt adja meg, amely egy meghatározott átmérőjű acélgolyót a fába meghatározott mélységig nyom (gyakran N-ban vagy kN-ban, az adat forrásától függően – **ellenőrizendő**). A Brinell-eljárás a golyó benyomódásának felületéből számol feszültséget.

Szabály. A kemény fafajok – tölgy, gyertyán, akác – általában jobban ellenállnak a benyomódásnak és a kopásnak, mint a fenyők. A kopásállóságot azonban a szövet iránya és az évgyűrűk elhelyezkedése is befolyásolja. Bútorlapoknál, padlóknál a keménység fontos kiválasztási szempont.

A **hajlíthatóság** faipari értelemben a fa azon képessége, hogy megfelelő előkészítés után maradó görbületet vegyen fel. A leggyakoribb eljárás a **gőzölt hajlítás**. A hő és a nedvesség a fa sejtfalát képlékenyebbé teszi, így a szálak károsodás nélkül elcsúszhatnak. A lehűlés és a szárítás után az alak rögzül. A bükk és a kőris kiválóan hajlítható, a tölgy közepesen, a fenyők általában rosszabbul. A hidegen hajlított fa nagyobb sugarat kíván, vagy rétegelt-ragasztott hajlított elemként készül.

4.5.7. A nedvesség, a sűrűség és a fahibák hatása

Szabály. A nedvességtartalom növekedése általában csökkenti a fa szilárdságát és a rugalmassági modulusát a rosttelítettségi határig. Ezért a szilárdsági értékeket mindig adott nedvességre, gyakran $u = 12\%$ értékre adják meg. A nagyobb sűrűség általában nagyobb szilárdságot és keménységet eredményez, de a fajlagos szilárdságot a szövet felépítése is alakítja.

A fahibák – göcs, repedés, ferde rost, korhadás – a szilárdságot jelentősen csökkenthetik. A göcs körül a rostok elhajlanak, ezért húzó- és hajlítóterhelésnél feszültségkoncentráció alakul ki. A repedés csökkenti a hasznos keresztmetszetet. Az ilyen hibák elhelyezkedése döntő: más a göcs a semleges réteg közelében, és más a polc feszített alsó éle mentén.

4.5.8. Polc-lehajlás számítása

A leggyakoribb egyszerű eset a **kéttámaszú tartó**, ahol a polc két végén van alátámasztva, és a terhelés egyenletesen oszlik el. A maximális lehajlás közelítő képlete:

$$f = \frac{5ql^4}{384EI}$$

ahol:

- f – a lehajlás, mm-ben,
- q – a polc hosszegységére jutó terhelés, N/mm-ben,
- l – a támaszköz, mm-ben,
- E – a faanyag rostirányú rugalmassági modulusa, N/mm²-ben,
- I – a polc keresztmetszetének másodrendű nyomatéka, mm⁴-ben.

Téglalap keresztmetszetű, szélességgel b és vastagsággal v méretezett polcnál:

$$I = \frac{bv^3}{12}$$

A képlet mutatja, hogy a vastagság növelése **köbösen** csökkenti a lehajlást: ha a polc vastagságát kétszeresére növeled, az I nyolcszorosa lesz. Ha a hosszát kétszeresére növeled, a lehajlás a negyedik hatvány szerint nő, ezért a hosszúság növelése drámaian nagyobb lehajlást okoz.

Figyelem. A számítás szemléltető méretezés, nem helyettesíti a hatályos faanyag- és szerkezeti szabvány szerinti ellenőrzést. A faanyag tényleges E modulusa, a megengedett lehajlás, a terhelés és a behúzódó támaszok kialakítása mind befolyásolja az eredményt. Az itteni példa csak a méretezés logikáját tanítja. **(Ellenőrizendő: aktuális faanyag-szilárdsági tervezési szabvány)**

4.5.9. Számítás

Készítsünk egy polcot fenyőfából, a polc hossza $l = 800$ mm, szélessége $b = 200$ mm, vastagsága $v = 18$ mm. A polc terhelése egyenletesen $m = 20$ kg. A fa rugalmassági modulusa $E = 9\,000$ N/mm² **(tájékoztató érték, ellenőrizendő)**.

Adott:

- $l = 800$ mm
- $b = 200$ mm

- $v = 18$ mm
- $m = 20$ kg
- $E = 9\,000$ N/mm²

Keresett: a polc maximális lehajlása f.

1. lépés: A terhelő erő:

$$F = mg = 20\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \approx 196\,\text{N}$$

2. lépés: A hosszegységre jutó terhelés:

$$q = \frac{F}{l} = \frac{196\,\text{N}}{800\,\text{mm}} = 0{,}245\,\text{N/mm}$$

3. lépés: A keresztmetszet másodrendű nyomatéka:

$$I = \frac{bv^3}{12} = \frac{200\,\text{mm} \cdot (18\,\text{mm})^3}{12}$$

$$I = \frac{200 \cdot 5832}{12} = \frac{1\,166\,400}{12} = 97\,200\,\text{mm}^4$$

4. lépés: A lehajlás:

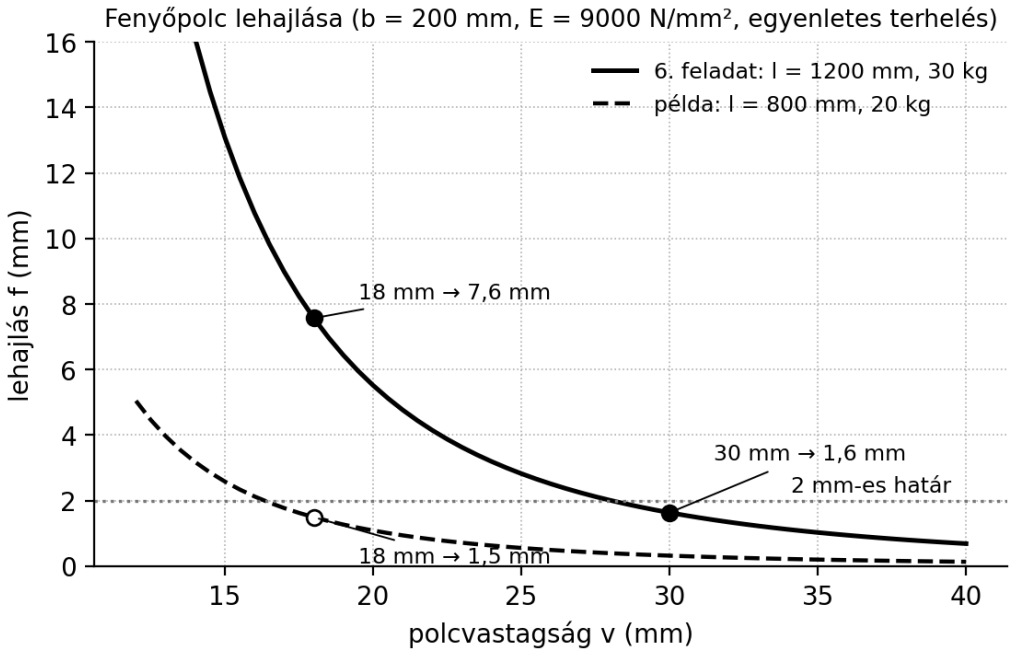
$$f = \frac{5ql^4}{384EI}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}245 \cdot 800^4}{384 \cdot 9\,000 \cdot 97\,200}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}245 \cdot 4{,}096 \cdot 10^{11}}{3{,}36 \cdot 10^{11}} \approx 1{,}49\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: a lehajlás a támaszköz 800 mm-jéhez képest kb. 1,5 mm, ami szemléletesen elfogadhatónak tűnik, de ha a polc nagyobb terhelésű vagy hosszabb, a lehajlás gyorsan nő. A megengedett lehajlást a gyártó vagy a vonatkozó szabvány adhatja meg; bútornál gyakran a támaszköz 1/300–1/500 részét tekintik elfogadhatónak, ez itt 1,6–2,7 mm, tehát a példa éppen csak megfelelő. **(Tájékoztató érték, ellenőrizendő)**

Megjegyzés. Tartós terhelésnél (például könyvespolc) a fa kúszik: a lehajlás hónapok alatt a számított érték kb. 1,5–2-szeresére nőhet **(tájékoztató érték, ellenőrizendő: MSZ EN 1995-1-1)**. Ezért könyvespolcnál a pillanatnyi lehajlást a megengedett korlát kb. felére érdemes méretezni.



4.11. ábra. Fenyőpolc lehajlása a vastagság függvényében: a fejezet példája (800 mm, 20 kg) és a 6. feladat (1200 mm, 30 kg) görbéje 2 mm-es határral (szemléltető, $E = 9000$ N/mm²)

A görbén látszik a köbös hatás: a 800 mm-es, 20 kg-os példapolc 18 mm-en kb. 1,5 mm-t hajlik, az 1200 mm-es, 30 kg-os polc ugyanekkora vastagságnál kb. 7,6 mm-t, 30 mm-es vastagságnál már csak kb. 1,6 mm-t. A HTML-változat kalkulátorában a támaszközt, a méreteket, a terhelést, az anyagot, a lehajlási korlátot és a kúszási szorzót állíthatod; a kalkulátor a szükséges vastagságot is kiszámolja.

4.5.10. Polcosztás és gyakorlati következmény

Szabály. A polcok tervezésekor a **polcosztás** a támaszköz hossza: az a távolság, amely felett a polc hajlításnak van kitéve. Minél rövidebb a polcosztás, annál kisebb a lehajlás. Az osztók, hátfal, élmerevítők és polctartók is csökkentik a tényleges támaszközt, vagy növelik a keresztmetszeti merevséget.

Hosszú, keskeny polcnál a lehajlás csökkenthető:

- vastagabb lap kiválasztása,
- elülső élmerevítő vagy alátét,
- szilárd hátsó bekötés,
- osztótámasz beépítése.

4.5.11. Természetes tartósság és tartóssági osztályok

Definíció. A **természetes tartósság** a szijács és a geszt faanyagának ellenálló képessége gombákkal, rovarokkal és időjárással szemben. A tartósságot a szakirodalomban gyakran **tartóssági osztályokkal** jellemzik, például 1-től 5-ig, ahol az 1. osztály a nagyon tartós, az 5. osztály a nem tartós. **(Ellenőrizendő: aktuális osztályozási rendszer és szabvány)**

A hazai és európai gyakorlat szerint például a tölgy gesztje tartós, a fenyők szijácsa nem tartós. A bükk és a nyár kültéri szerkezeti elemként nem ajánlott. A kültéri felhasználásnál viszont a **tartóssági tényezők** közé tartozik a beépítés módja is: a vízelvezetés, a szellőzés, a talajjal való érintkezés elkerülése. A faanyagvédelemről a Farontó gombák és rovarok és a Faanyagvédelem: szerkezeti és vegyi védelem alfejezetben lesz szó.

Szabvány. A faanyagok természetes tartósságát és a faanyagvédő szerek hatékonyságát európai és hazai szabványok szerint vizsgálják és osztályozzák. A pontos osztályba sorolást a fafajra, a szijács/geszt arányra és a felhasználási kockázati osztályra vonatkozó adatok adják. **(Ellenőrizendő: MSZ EN 350, MSZ EN 335 és kapcsolódó szabványok)**

Szabály. Kültéri faanyagnál a természetes tartósság, a beépítési konstrukció és a vegyi védelem együttesen határozza meg az élettartamot. Belső térben, száraz fűtött helyiségben a legtöbb fafaj tartós, ha nincs tartós nedvesség és kártevőfertőzés.

4.5.12. Technológiai lap: polc merevségének ellenőrzése méretezési szempontból

Cél: adott polc becsült lehajlásának ellenőrzése és a szükséges vastagság kiválasztása.

Anyagok: fenyő vagy tölgy polclap, gyalult méret: $l = 800$ mm, $b = 200$ mm, $v = 18$–30 mm.

Szerszámok, eszközök: mérőszalag, tolómérő, ceruza, polctartó vagy két bak, ismert tömegű próbaterhek.

Biztonság: A terhelést és az alátámasztást stabil munkapadon végezd. A próbaterhek ne essenek le, a polc ne csússzon le a támaszról.

Lépések:

1. Mérd meg a tényleges polcszélességet, vastagságot és támaszközt. – ellenőrzés: a méretek mm-ben egyeznek a rajzzal.
2. Határozd meg a terhelő erőt: rakd fel a próbaterhet a polcra, lehetőleg egyenletesen. – ellenőrzés: mérleg vagy ismert tömegű súlyok, a tömeg m kg-ban.
3. Számítsd ki a lehajlást a fenti képlettel. – ellenőrzés: a mértékegységek N, mm, N/mm² és mm⁴ legyenek.
4. Mérd a tényleges lehajlást: a polc közepén, a terhelés előtt és után mérd a magasságot a munkapad síkjától. – ellenőrzés: az eltérés a számított érték közelében legyen.
5. Ha a lehajlás túl nagy, válassz vastagabb lapot vagy csökkentsd a polcosztást. – ellenőrzés: újraszámítva a lehajlás a kívánt korlát alatt legyen.

4.5.13. Minőségellenőrzés

A szilárdsági tulajdonságok közvetlenül a műhelyben ritkán mérhetők, de a szemrevételezés és a méret-ellenőrzés sokat segít:

- **Polc lehajlása:** mérőszalaggal vagy acélvonalzóval mérd a terhelt polc legnagyobb lehajlását. A tájékoztató érték: lakossági polcnál a támaszköz 1/300–1/500 része alatt maradjon. Ha ennél nagyobb, növeld a merevséget.
- **Göcsök, repedések:** hajlított alkatrész alsó, húzott oldalán nagy göcs, repedés vagy ferde rost ne legyen.
- **Csavarkötés:** a csavar lehetőleg hosszfelületbe (a rostokra merőlegesen) kerüljön; a bütübe hajtott csavar kihúzási ellenállása kicsi (bütüben idegencsapot, keresztcsapot vagy menetes betétet használj).

- **Benyomódás:** keményfa felületnél a szeg vagy csavarfej ne húzódjon mélyen a fába, ami a fa túl lágy voltára utalhat.

4.5.14. Tipikus hibák és okaik

1. **A polc túlzottan meghajlik.** *Ok:* túl nagy polcosztás, túl vékony anyag vagy nagy terhelés. A vastagság növelésével a merevség köbösen javul.
2. **A fa rostra merőlegesen betörik a csap alatt.** *Ok:* a csap túl rövid vagy a váll túl éles, és a terhelés nyírásra, hasításra adódik. A csaphossz növelésével, ragasztott kötéssel és megfelelő illesztéssel javítható.
3. **A csavar vagy szeg kihúzódik a rostok végén.** *Ok:* a csavar a bütübe (rostirányba) került, ahol a menet a rostok közé vág, nem fogja át őket, ezért kicsi a kihúzási ellenállás. A csavart hosszfelületbe (a rostokra merőlegesen), bütüben pedig idegencsapba, keresztcsapba vagy menetes fémbetétbe kell rögzíteni.
4. **A kültéri bútor bükkfából készül, és korhadni kezd.** *Ok:* a bükk természetes tartóssága rossz, kültéren vegyi védelem nélkül nem tartós. Kültéri célra tartós fafajt vagy kezelt anyagot kell választani.

4.5.15. Valós életbeli alkalmazás

Egy megrendelő könyvespolcot kért tömör fenyőből, 900 mm szabad hosszal, 25 kg kihasználtsággal. Az asztalos 18 mm vastag, 200 mm széles deszkát tervezett, de a becslés szerint a lehajlás kb. 2,7 mm lett volna, ami a 900 mm 1/500-át, 1,8 mm-t meghaladta. Ezért 24 mm vastag lapot választott. Az új lehajlás becslése:

$$I = \frac{200 \cdot 24^3}{12} = 230\,400\,\text{mm}^4$$

$$q = \frac{25 \cdot 9{,}81}{900} \approx 0{,}2725\,\text{N/mm}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}2725 \cdot 900^4}{384 \cdot 9\,000 \cdot 230\,400} \approx 1{,}1\,\text{mm}$$

Ez már a megadott korlát alatt van. A vevő így nem reklamált, a polc merev maradt. Az eset tanulsága: a vastagság kiválasztása nemcsak esztétikai, hanem merevségi döntés is. Könyvespolcnál a teher tartós, a fa pedig kúszik (lásd a 4.5.8 megjegyzését), ezért a hosszú idő alatt kialakuló lehajlás nagyobb lehet a számítottnál.

4.5.16. Önellenőrzés

1. Miért gyenge a fa rostra merőlegesen, és miért erős rostirányban?
2. Melyik tulajdonságot fejezi ki a rugalmassági modulus?
3. Egy polc vastagságát 18 mm-ről 36 mm-re növeled. Hányszorosára nő a másodrendű nyomaték?
4. Miért használunk gőzölt hajlítást?
5. Melyik fafaj nem ajánlott kültéri szerkezeti elemként természetes tartósság szempontjából?
6. Igaz-e, hogy a fa húzószilárdsága rostirányban kisebb, mint a rostra merőleges nyomószilárdság?

4.5.17. Feladatok

1. feladat (A) Írd le a fa három szilárdsági irányát és jelöld, melyik a legerősebb húzásra.

2. feladat (A) Hogyan befolyásolja a nedvességtartalom a fa szilárdságát?

3. feladat (B) Egy polc keresztmetszete $b = 250$ mm, $v = 22$ mm. Mennyi a másodrendű nyomaték?

4. feladat (B) Számítsd ki a lehajlást, ha a polc $l = 1\,000$ mm hosszú, $q = 0{,}3$ N/mm, $E = 10\,000$ N/mm², $b = 250$ mm, $v = 22$ mm.

5. feladat (C) Miért növeli a polc merevségét a vastagítás jobban, mint a szélesítés? Indokold a képlettel.

6. feladat (D) Egy vevő 1,2 m hosszú polcot szeretne, 30 kg könyvvel. Válassz tájékoztató alapon vastagságot 200 mm széles fenyő lapból, hogy a lehajlás 2 mm alatt maradjon. A rugalmassági modulus $E = 9\,000$ N/mm², a terhelés egyenletesen oszlik meg. Ellenőrizd a számítást.

4.5.18. Megoldások

4.5.18.1. Önellenőrzés – válaszok

1. A rostok hosszirányban láncszerűen erősek, de oldalirányban a sejtközi anyag gyengébb, így a rostok könnyebben elválnak.
2. A rugalmassági modulus az anyag rugalmas merevségét adja meg: minél nagyobb, annál kevésbé hajlik a darab.
3. $I = bv^3/12$, ha a vastagság kétszeresére nő, v^3 nyolcszoros, tehát I nyolcszoros.
4. A hő és nedvesség miatt a fa sejtfala képlékenyebbé válik, így a szálak károsodás nélkül elcsúszhatnak.
5. A bükk természetes tartóssága gyenge, kültérre bükk szerkezeti fa nem ajánlott.
6. Hamis: a fa rostirányú húzószilárdsága a nagyobb, a rostra merőleges nyomószilárdság jóval kisebb.

4.5.18.2. Feladatok megoldásai

1. feladat

Rostirány, húrirány, sugárirány. Húzásra a rostirány a legerősebb.

2. feladat

A nedvességtartalom növekedése a rosttelítettségi határig általában csökkenti a szilárdságot és a rugalmassági modulust. Ezért a szilárdsági adatokat adott nedvességre, gyakran $u = 12\%$ értékre adják meg.

3. feladat

$$I = \frac{250 \cdot 22^3}{12} = \frac{250 \cdot 10\,648}{12} = 221\,833{,}3\,\text{mm}^4$$

4. feladat

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}3 \cdot 1\,000^4}{384 \cdot 10\,000 \cdot 221\,833{,}3}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}3 \cdot 10^{12}}{384 \cdot 2{,}218333 \cdot 10^{9}} \approx 1{,}76\,\text{mm}$$

5. feladat

A lehajlás az I növelésével csökkenthető. Téglalapnál $I = bv^3/12$, tehát a vastagság köbösen, a szélesség csak lineárisan növeli a merevséget. Ezért vastagítással sokkal hatékonyabban csökkenthető a lehajlás.

6. feladat

A támaszköz $l = 1\,200$ mm. A terhelő erő:

$$F = 30 \cdot 9{,}81 = 294{,}3\,\text{N}$$

$$q = \frac{294{,}3}{1\,200} = 0{,}24525\,\text{N/mm}$$

Keresünk v-t úgy, hogy $f \leq 2$ mm. Használjuk a képletet és iteráljunk:
$I = \frac{200v^3}{12} = 16{,}6667v^3$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}24525 \cdot 1\,200^4}{384 \cdot 9\,000 \cdot 16{,}6667v^3}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}24525 \cdot 2{,}0736 \cdot 10^{12}}{384 \cdot 9000 \cdot 16{,}6667v^3}$$

Kiszámolva a számlálót:

$5 \cdot 0{,}24525 \cdot 2{,}0736 \cdot 10^{12} \approx 2{,}543 \cdot 10^{12}$

A nevezőben a v^3 együtthatója:

$384 \cdot 9\,000 \cdot 16{,}6667 \approx 3\,456\,000 \cdot 16{,}6667 \approx 5{,}76 \cdot 10^{7}$

Így:

$$f \approx \frac{2{,}543 \cdot 10^{12}}{5{,}76 \cdot 10^{7} \cdot v^3}$$

A feltétel: $f \leq 2$ mm, tehát:

$$\frac{2{,}543 \cdot 10^{12}}{5{,}76 \cdot 10^{7} \cdot v^3} \leq 2$$

$$v^3 \geq \frac{2{,}543 \cdot 10^{12}}{2 \cdot 5{,}76 \cdot 10^{7}} \approx 22\,075\,\text{mm}^3$$

$$v \geq \sqrt[3]{22\,075} \approx 28{,}1\,\text{mm}$$

Ellenőrizzük a gyakori 18 mm-es lappal is:

$I = \frac{200 \cdot 18^3}{12} = 97\,200\ \text{mm}^4$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}24525 \cdot 1\,200^4}{384 \cdot 9\,000 \cdot 97\,200} \approx 7{,}6\,\text{mm}$$

Tehát a 18 mm vastag fenyő lap **nem felel meg**: a lehajlás kb. 7,6 mm, vagyis a megengedett 2 mm közel négyszerese. Vastagság szerint: 22 mm → 4,1 mm; 25 mm → 2,8 mm; 28 mm → 2,0 mm; 30 mm → 1,6 mm. A 30 mm-es lap ($f \approx 1{,}6$ mm < 2 mm) megfelel; alternatíva a középső támasz ($l = 600$ mm, 18 mm-es lappal $f \approx 0{,}47$ mm) vagy elülső élmerevítő. Nagyságrend-ellenőrzés: egy 1,2 m-es, 30 kg-os polcnál 18 mm-en a 7–8 mm-es belógás szemmel is jól látható, ezért ha 1 mm alatti eredményt kapnál, a nagyságrend-ellenőrzésnek már jeleznie kell a hibát. (Tájékoztató számítás; a megengedett lehajlás és az E értéke ellenőrizendő.)

4.5.19. Rövid összefoglaló

A fa mechanikai tulajdonságai irányfüggőek. A fa rostirányban húzva és nyomva erős, rostra merőlegesen gyenge. A hajlítószilárdság a polcok és szerkezeti elemek méretezésénél fontos. A rugalmassági modulus a merevséget jellemzi. A fa keménysége, kopásállósága, hajlíthatósága, hasíthatósága és csavar- és szegállósága szintén irány- és fafajfüggő. A nedvesség, a sűrűség és a fahibák jelentősen befolyásolják a szilárdságot. A polc lehajlása kéttámaszú tartóként becsülhető: $f = \frac{5ql^4}{384EI}$, ahol $I = \frac{bv^3}{12}$. A természetes tartósság és a tartóssági osztályok a kültéri felhasználást befolyásolják. **Továbbvitt eredmény:** a szilárdság irányfüggése és a lehajlási képlet a kötések, a szekrények és a lépcsők méretezésénél, valamint a forgácsolási erők becslésénél is felhasználható a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás, a Szekrények jellemző típusai és szerkezetei és a Falépcsők szerkesztése és készítése alfejezetekben.

4.5.20. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet faanatómiai és fafizikai alapjai a hazai faanyagismereti szakirodalom és a faipari szakmai gyakorlat szerint kerültek leírásra. A szabvány- és tartóssági osztályok pontos számát, a faanyag-szilárdsági tervezési szabvány számát, a Janka- és Brinell-vizsgálat részletes módszerét, a polc-lehajlás megengedett határértékét és a faanyagok tájékoztató szilárdsági értékeit a kiadás előtt ellenőrizni kell. A példákban használt szilárdsági és rugalmassági modulus értékek tájékoztató jellegűek, nem tervezési előírások. (Ellenőrizendő: aktuális MSZ EN faanyag-szilárdsági és tartóssági szabványok, fanyagjellemző táblázatok, gyártói adatlapok.)

5 Fahibák, károsítók és faanyagvédelem

5.1. A fa alaki és szövetszerkezeti hibái

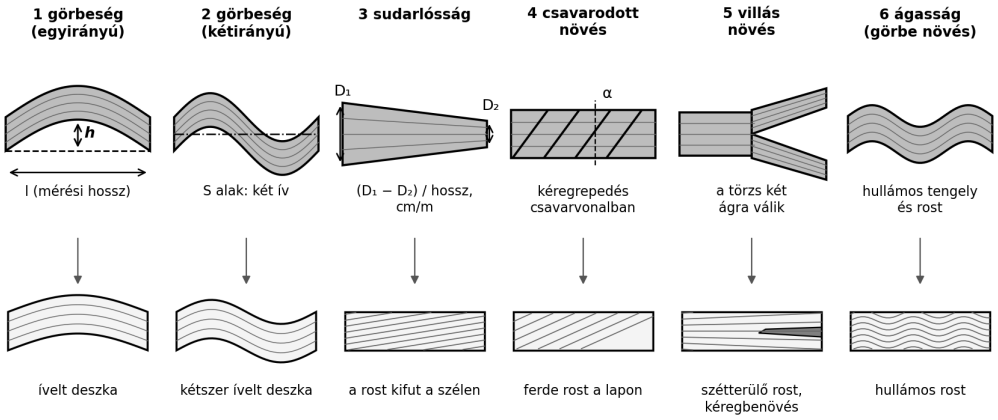
A műhelyben egy tölgyfa asztallap készül. A deszka szép, de a szélénél egy nagy, sötét göcs ül, a vége felé pedig repedés fut. Ha az asztalos kivágja a hibás részt, lehet, hogy nem jön ki a 1200 mm-es lap hossza. Ha benne hagyja, a vevő később reklamál, mert a göcs kiesik, a repedés tovább fut, vagy a pácolás után csúnya folt marad. A fahibák ismerete azért fontos, mert a jó döntés már az anyagkiosztáskor eldől: mit szabad benne hagyni, mit kell kiejteni, és melyik alkatrészbe mehet egy hibás darab.

5.1.1. Szemléletes kép: egy deszka hibákkal

Képzelj el egy 2 100 mm hosszú, 180 mm széles, 28 mm vastag bükk deszkát. A bal végén, 0–120 mm között sötét, benőtt kéregdarab látszik a lapon: ez **kéregbenövés**. A 650–700 mm közötti szakaszon egy 45 mm átmérőjű, sötét, repedezett göcs van: ez **korhadt göcs**. A jobb oldalon 1 500 mm-től a végéig a deszka hossztengelyétől elhajlik: **görbeség**. A deszka lapján a bélsugár közelében keskeny, sugárirányú nyílás fut: **bélrepedés**. Ha ezt a deszkát a gyalu alá tesszük, a göcs körül a kés könnyen kicsorbulhat; a repedésnél a forgács szálkásan szakad.

5.1.2. Alaki hibák: a törzs és a deszka alakja

Definíció. Alaki hiba a fa törzsének vagy a fűrészárunak a szabályos, egyenes, hengerhez közeli alaktól való eltérése. Az alaki hibák részben a növés közben, részben a fűrészelés vagy szárítás után látszanak.



Felső sor: rönk oldalnézetben; alsó sor: a belőle fűrészelt deszka. Sematikus vonalrajz.
h: nyílmagasság (a legnagyobb rés a mérési hosszon); D_1, D_2: a vastag és a vékony vég átmérője.

5.1. ábra. Alaki hibák: felül a rönk oldalnézetben (egy- és kétirányú görbeség, sudarlósság, csavarodott növés, villás növés, ágasság), alul a belőle fűrészelt deszka hibája (sematikus rajz)

Az ábra felső sora a rönk alakját, az alsó a belőle fűrészelt deszka következményét mutatja: a görbe rönkből ívelt deszka lesz, a sudarlós rönkből fűrészelt deszkán a rost a szélen kifut, a csavarodott növésű fa deszkáján ferde a rost. A görbeségnél a legnagyobb rést (nyílmagasság, h) a mérési hosszon (l) mérjük; a sudarlósságnál a vastag és a vékony vég átmérőjének (D_1, D_2) különbségét a hosszra vetítjük (cm/m).

5.1.2.1. Görbeség

A **görbeség** a deszka hossztengelyének síkbeli elhajlása. Lehet **éles görbeség**, amikor a deszka élével nézve hajlik el, és **lapos görbeség**, amikor a lapja felől nézve látszik az elhajlás. A görbeség akadályozza a szabályos alkatrész kiszabását, mert a hosszabb egyenes darab nem fér ki belőle. Kisebb görbeségű deszkából rövid alkatrészek, sablonnal vezetett íves alkatrészek vagy nem látszó belső merevítők is készülhetnek.

5.1.2.2. Összetett (többszörös) görbeség

Definíció. Összetett (többszörös) görbeség (egyes szakkönyvekben „ágasság”, görbe növés – ellenőrizendő: MSZ fahiba-terminológia / szakkönyv) a törzs hossztengelyének ismétlődő, hullámos vagy íves irányváltása. A fűrészáruban hasonlóan jelentkezik, mint a görbeség, de gyakran a rostok lefutása is hullámos, ezért a szilárdság csökken. Ilyen fából teherviselő, hosszú egyenes alkatrészt nem készítünk.

5.1.2.3. Sudarlósság

Definíció. Sudarlósság a törzs átmérőjének a magassággal való csökkenése. A hengeres törzshöz képest a fa kúpos; a gyakorlatban a fatörzs hossza mentén mért átmérőcsökkenést cm/m-ben adják meg. A sudarlósság miatt a fűrészeléskor ferde a rostlefutás, és több hulladék keletkezik. A fűrészáru osztályozásakor a rosteltérést (ferdeséget) vizsgálják, mert az a szilárdságra és a megmunkálásra is hat.

5.1.2.4. Csavarodott növés

A **csavarodott növés** azt jelenti, hogy a fatörzs rostjai nem függőlegesen, hanem csavarvonalban futnak. A fűrészelt deszkában a rostok ferde lefutása látszik a gyalu után is. A csavarodott növésű fa hajlamos a vetemedésre, és a szilárdsága is kisebb. A kézi gyalu ilyen anyagon könnyen „szálka ellen” dolgozik, ezért a gyaluállítás és a haladási irány megválasztása nehezebb.

5.1.2.5. Villás növés

A **villás növés** akkor alakul ki, amikor a törzs csúcsa két vagy több ágra válik szét. A villásodás helyén a rostok szétterülnek, a szövetben kéregbenövés, álgeszt vagy repedés lehet. A villás törzsből nehezebb hosszú, egyenes fűrészárut nyerni; a villás rész inkább tűzifa vagy apríték, esetleg rövid, nem teherviselő darab.

5.1.3. Göcsök: a leggyakoribb fahiba

Definíció. A **göcs** az ág eredési helye a fatestben. Az ág szövete a törzs szövetével összenő, de rostjai más irányban futnak, ezért a göcs körül a fa szerkezete megváltozik.

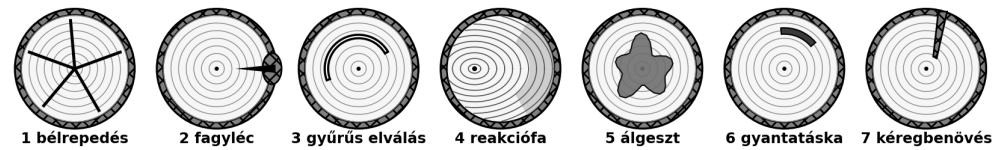
A göcsök fajtái:

- **Ép göcs:** az ág szövete szilárdan összenőtt a törzs szövetével, a felülete simán gyalulható, nem esik ki. A kisebb, ép göcs a nem teherviselő, látszó felületen is elfogadható.
- **Benőtt göcs:** az ág elhalt, a törzs körbenőtte, de a kapcsolat szilárd. A felületen a göcs ovális vagy kerek foltként jelenik meg, gyakran sötétebb.
- **Kieső göcs:** az ág szövete nem nőtt össze a törzzsel, ezért kiszáradás vagy megmunkálás után a göcs kiesik. A kieső göcs a lyukon át nedvességet enged be, és a szilárdságot jelentősen csökkenti.
- **Szarus göcs:** a göcs szövete átitatta gyantával vagy cserzőanyaggal, ezért sötét, kemény, de rideg. A szarus göcs nehezen gyalulható, a szerszámot tompítja.
- **Korhadt göcs:** a göcs szövete gombás korhadás miatt megpuhult, szétesik. Korhadt göcs a faanyagban elfogadhatatlan; mindig ki kell ejteni.

Méret és helyzet megítélése. A göcs méretét a legnagyobb átmérőjével jellemezzük, a deszka lapján vagy élén mérve, mm-ben. A göcs hatása függ a helyétől és az alkatrész igénybevételétől. A húzott övben (pl. hajlított tartó alsó széle) a göcs jobban csökkenti a szilárdságot, mint a nyomott zónában. A látszó felületen a göcs esztétikai hiba; a nem látszó, kevésbé igénybe vett részen egy kisebb, ép göcs megengedhető. A csomóponti rajzon a göcsöt is ábrázolni kell, ha a minőségi osztály előírja.

5.1.4. Szövetszerkezeti hibák

Definíció. A **szövetszerkezeti hiba** a fa szövetének belső, szerkezeti elváltozása, amely gyakran a növés közben vagy a fa fiziológiai folyamatai miatt alakul ki.



Sematikus bütürajzok (fekete-fehér, nem méretarányos); a kéreg sraffozott.

5.2. ábra. A hét szövetszerkezeti hiba sematikus bütürajza: bélrepedés, fagyléc, gyűrűs elválás, reakciófa, álgeszt, gyantatáska, kéregbenövés

A bütürajzokon a bélrepedés a bélből, a fagyléc a kéreg felől indul sugárirányban; a gyűrűs elválás az évgyűrű mentén ívelt rés; a reakciófánál a bél excentrikus, az egyik oldalon széles évgyűrűkkel; az álgeszt szabálytalan sötét folt; a gyantatáska lencse alakú üreg az évgyűrű mentén; a kéregbenövés a fába zárt kéregdarab. A HTML-változatban felismerési gyakorlót is találsz.

5.1.4.1. Bélrepedés

A **bélrepedés** a törzs közepén, a bélből kiinduló, sugárirányú repedés. A deszkában a bél környékén vékony, sötét vonal vagy nyitott rés látszik. A bélrepedés gyengíti a keresztmetszetet, és a repedés tovább terjedhet. A bél körüli részt általában ki kell ejteni, vagy a deszkát a repedés mentén szétvágni.

5.1.4.2. Fagyléc

A **fagyléc** a fatestben a fagy hatására keletkező, sugárirányú, keskeny nyílás vagy sötét csík. A fagyléc a törzs külső oldalától a bél felé halad, és a fűrészáru lapján hosszanti repedésként vagy sötét sávként látszik. A fagyléc rontja a szilárdságot, és a repedésbe nedvesség hatolhat.

5.1.4.3. Gyűrűs elválás

A **gyűrűs elválás** az évgyűrűk mentén bekövetkező szövetelválás. Oka lehet erős szél, fagy vagy a növekedés közben fellépő feszültség. A deszkán az évgyűrűhatár mentén vékony, íves repedés vagy elszíneződés látszik. A gyűrűs elválás a ragasztott szélesítésnél és a hajlításnál veszélyes, mert a réteg szétválhat.

5.1.4.4. Reakciófa

A **reakciófa** a fa törzsének olyan szövete, amely a terhelés (pl. ferde növés, szél) hatására a fa kiegyensúlyozására szolgál. Tűlevelűeknél **nyomott fa** (a nyomott oldalon), lombosoknál **húzott fa** (a húzott oldalon) alakul ki. A reakciófa színe sötétebb, rostjai rendezetlenek, zsugorodása a normálistól eltér, ezért a deszka vetemedik. A húzott fa a gyalulásnál gyapjas, szálkás felületet ad.

5.1.4.5. Álgeszt

Definíció. Az **álgeszt** a fa belső részének kóros elszíneződése, amely nem a természetes gesztesedés, hanem külső hatás (pl. gomba, sebzés, fagy) következménye. Elsősorban bükkön, juharon, nyíren fordul elő. Az álgeszt sötét, gyakran szabálytalan alakú folt. A szilárdságot nem mindig csökkenti, de a felületkezelésnél a pác egyenetlenül foghat, és a sötét folt a lakkozás után is átüt.

5.1.4.6. Gyantatáska

A **gyantatáska** a tűlevelűek fatestében, többnyire az évgyűrűhatár mentén kialakuló, gyantával telt lencse alakú üreg. A fűrészáruban sötétbarna, ragacsos folt vagy vékony rés látszik. A gyantatáska a gyantát kinyomhatja a felületbe, a pác és a lakk nem tapad rá, ezért a gyantás részt ki kell marni vagy ki kell gyantamentesíteni. (A gyantamentesítés a A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás témakörébe tartozik.)

5.1.4.7. Kéregbenövés

A **kéregbenövés** a törzsbe benőtt kéregdarab. A fűrészáruban sötét, barna, rostoktól eltérő sáv vagy folt látszik. A kéregbenövés rontja a szilárdságot, mert a kéreg nem fa, és a kötés a környező szövettel gyenge. A kéregbenövést a hasznos keresztmetszetből ki kell vágni.

5.1.5. A fahiba hatása a szilárdságra, megmunkálásra és felületkezelésre

A fahibák ritkán függetlenek egymástól: a göcs körül gyakran rosteltérés, repedés, álgeszt is van. A hibák hatása három területre összpontosul:

1. **Szilárdság:** a göcs, a repedés, a reakciófa és a rovarkárosítás (külön fejezet: Farontó gombák és rovarok) csökkenti a keresztmetszet teherbírását. A rostfolytonosság megszakad, a feszültségcsúcs koncentrálódik. Teherviselő alkatrészbe nagy göcs, repedés, korhadt rész nem kerülhet.
2. **Megmunkálás:** a szarus göcs, a kéregbenövés, a kemény reakciófa tompítja a szerszámot, a kézi gyalu „ugrik”, a marószerszám könnyen kicsorbul. A gyantatáska a csiszolószalagot eltömítheti.
3. **Felületkezelés:** az álgeszt, a gyantatáska, a kéregbenövés elszínezi a pácot, a lakk nem tapad, a gyanta később átüt. A göcs körüli rosteltérés a pácot egyenetlenül szívja fel.

5.1.6. Hibakiejtés a szabászatban

A hibakiejtés célja, hogy a fűrészáruból a hibás részeket úgy távolítsuk el, hogy a hasznos alkatrészek minél nagyobb kihozatalt adjanak. A döntés mindig az alkatrész rendeltetésétől függ.

Szabály. A látszó, teherviselő vagy igényesen felületkezelt alkatrészbe eső hibát ki kell ejteni. A nem látszó, kis igénybevételű alkatrészben (pl. korpusz belső polctartó léce, kárpit alatti keretrész) kisebb, ép göcs vagy kisebb álgeszt megengedhető.

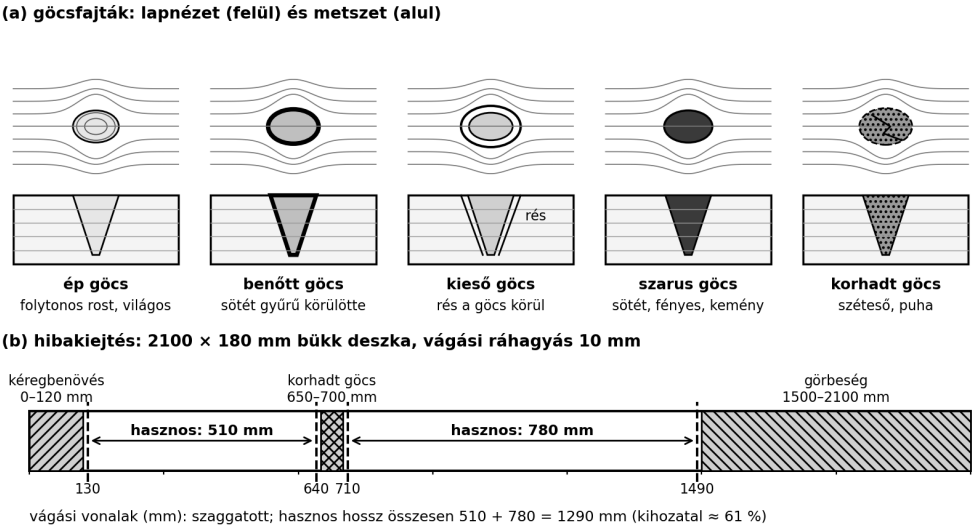
A hibakiejtés lépései:

1. **Nézd át a deszkát** jó megvilágításban, mindkét oldalán, éléből is.
2. **Jelöld meg a hibákat** egy puha ceruzával vagy krétával: göcs, repedés, kéregbenövés, álgeszt, gyantatáska, vetemedés.
3. **Mérd meg a hibás szakaszok hosszát** és szélességét; a göcs átmérőjét.
4. **Jelöld be a vágási vonalakat** a hiba előtt és után, a vágási ráhagyás figyelembevételével (általában 5–10 mm, tájékoztató érték).
5. **Döntsd el, mi lehet a rövidebb, hibás szakaszból:** pl. rövid léc, sablonba fogható darab? Ha nem, az a rész hulladék.
6. **Szabd ki a hibát** a megjelölt vonalak mentén, a gépi vagy kézi fűrészre vonatkozó biztonsági előírások szerint.
7. **Jelöld fel a hasznos alkatrészeket** a darabjegyzék szerint.

Recipe: hibakiejtési ellenőrzőlista

- A deszka minden hibája meg van-e jelölve?
- A vágási vonal a hiba szélétől legalább 5–10 mm-rel kívül van-e?
- A vágás után a megmaradt darabokon nincs-e tovább futó repedés?
- A visszamaradó darabok hossza, szélessége eléri-e a kész alkatrész méretét és a ráhagyást?
- A látszó felületekre kerülő részeken nincs-e göcs, álgeszt, gyantatáska?

- A teherviselő alkatrészeknél a hiba aránya a keresztmetszethez képest elfogadható-e? (ha nem, válassz jobb anyagot)



5.3. ábra. (a) Az öt göcsfajta lapnézetben és metszetben; (b) egy 2100 mm-es bükk deszka hibakiejtési terve 10 mm vágási ráhagyással: hasznos darabok 510 és 780 mm (a görbeség 1500 mm-től számítva)

Az ábra (a) része a göcsfajtákat mutatja: az ép göcs körül a rost folytonos, a benőtt göcsöt sötét gyűrű veszi körül, a kieső göcs körül rés van, a szarus göcs sötét és kemény, a korhadt göcs széteső. A (b) részen a hibák sraffozottak, a vágási vonalak szaggatottak, a hasznos darabok fehérek. A HTML-változatban saját hibákat és ráhagyást adhatsz meg; a tervező kirajzolja a vágási vonalakat, a hasznos darabokat és a kihozatalt.

5.1.7. Mérési gyakorlat egy deszkán

Számítás. Egy 2 100 mm hosszú, 180 mm széles, 28 mm vastag bükk deszkából asztallap-léceket kell vágni. A deszkán a következő hibák vannak:

- A bal oldalon kéregbenövés 0–120 mm között, a teljes szélességben.
- A közepén 650–700 mm között egy 45 mm átmérőjű korhadt göcs.
- A jobb oldalon 1 500 mm-től a végéig görbeség, ezért csak 1 500 mm-ig használható egyenesen.

Mekkora a hibátlan, egyenes hasznos hossz, ha a vágási ráhagyás minden vágásnál 10 mm?

Megoldás. A bal oldali hibás szakaszt a 120 mm + 10 mm = 130 mm-nél vágjuk el. A középső korhadt göcsöt 650 mm − 10 mm = 640 mm-től 700 mm + 10 mm = 710 mm-ig ejtjük ki. A jobb oldali görbeség előtt 1 500 mm − 10 mm = 1 490 mm-nél vágunk (a ráhagyás a hiba felől kifelé esik). Hasznos darabok: 130–640 mm = 510 mm és 710–1 490 mm = 780 mm; összesen 510 + 780 = 1 290 mm, de a **leghosszabb egybefüggő darab csak 780 mm**. Az összes hasznos hossz nem darabhossz: 1 200 mm-es asztallap-léc ebből a deszkából nem vágható. A darabokból rövidebb alkatrészek készülhetnek (pl. 2 × 380 mm-es keretléc), az asztallaphoz másik deszka kell.

5.1.8. Szabvány: a fűrészáru osztályozása és a hibák határértékei

Szabvány. A fűrészáru minőségi osztályozásánál a hibák fajtáját, méretét és gyakoriságát szabványok rögzítik. A magyar és európai gyakorlatban a fűrészárut vizuális és gépi szilárdsági osztályozással is minősítik. A vizuális osztályozásnál a göcs mérete, a rosteltérés, a repedések, a görbeség és az álgeszt a fő szempont. A pontos osztályhatárok fafajtól, terméktől és szabványtól függnek (ellenőrizendő: hatályos fűrészáru-osztályozási szabvány, pl. MSZ EN 975-1, MSZ EN 1611-1). A könyv nem ad meg szabványszakasz-számot; a gyakorlatban mindig a vonatkozó termékszabvány és a vásárlási megállapodás a mérvadó.

5.1.9. Minőségellenőrzés

A fahibák vizsgálata szemrevételezéssel és méréssel történik.

- **Göcs:** mérőszalaggal vagy tolómérővel megmérjük a legnagyobb átmérőt mm-ben; megnézzük, ép, benőtt, kieső, szarus vagy korhadt. A látszó felületen a göcsöt kiejtjük vagy eltakarjuk.
- **Repedés:** szemrevételezéssel és résmérővel ellenőrizzük a hosszát, mélységét; a repedés végét megjelöljük, hogy ne terjedjen tovább.
- **Görbeség:** a deszkát sík lapra fektetjük, és résmérővel mérjük a legnagyobb eltérést a deszka éle és a sík között; a megengedett eltérés az alkatrész hosszától és rendeltetésétől függ (ellenőrizendő).
- **Álgeszt, kéregbenövés, gyantatáska:** szemrevételezéssel, szükség esetén a folt méretének mérésével. Látszó felületre nem kerülhet.

Ha a hiba a megengedettnél nagyobb, az alkatrészt át kell minősíteni (pl. nem látszó részre), vagy ki kell ejteni a hibás szakaszt.

5.1.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba: a göcsöt benne hagyják a látszó felületen.** Oka: a deszkát csak az egyik oldaláról nézték meg. A másik oldalon lévő göcs később a kész bútoron átüt, vagy kiesik. Megoldás: mindkét oldalt ellenőrizni.
2. **Hiba: a repedés végét nem jelölik meg, és a repedés tovább fut a vágás után.** Oka: a repedés hosszát alábecsülték. Megoldás: a repedés végét felfúrni vagy fűrészelni, a vágási vonalat a látható repedésen túl, legalább 10 mm-rel kívül kijelölni.
3. **Hiba: a gyantatáska a csiszolás után is megmarad, és a lakk lepereg.** Oka: a gyantás részt nem ejtették ki, vagy nem gyantamentesítették. Megoldás: a gyantatáskát a felületkezelés előtt ki kell marni, vagy gyantamentesítő szerrel kezelni (ellenőrizendő: a szer gyártói adatlapja).
4. **Hiba: a görbe deszkából hosszú egyenes alkatrészt próbálnak kivágni.** Oka: a görbeséget nem mérték meg, vagy a kihozatalt túlértékelték. Megoldás: a deszkát először kiegyengetni, vagy rövidebb, illetve íves alkatrészeket tervezni belőle.

5.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben konyhai munkalap alá való tölgyfa merevítő léceket készítenek. A tanuló egy 2 500 mm hosszú deszkát kap, amelyen egy 60 mm-es korhadt göcs van a közepén. Azt gondolja, hogy a göcsöt kifúrja, és a lyukat kitölti gittel. A mester leállítja: a merevítő léc hajlításra dolgozik, és a gitt nem adja vissza a fa szilárdságát. A léc terheléskor a gittnél

eltörhet. A helyes megoldás: a göcsöt kivágni, és a deszkából két rövidebb lécet készíteni, vagy egy másik, jobb minőségű deszkát választani. A tanulság: a hiba kitöltése csak esztétikai célra, nem teherviselő, látható felületen fogadható el.

5.1.12. Önellenőrzés

1. Igaz-e: az ép göcs mindig kiejtendő a látszó felületről? Indokold!
2. Mi a különbség a benőtt és a kieső göcs között?
3. Melyik fahiba okoz sötét, szabálytalan foltot a bükk deszkán, és miért zavaró a pácolásnál?
4. Egy deszkán 50 mm átmérőjű szarus göcs van. Milyen megmunkálási problémát okozhat?
5. Miért nem lehet görbe deszkából hosszú, egyenes asztallábat kivágni? Mit lehet belőle készíteni?
6. Hogyan mérnéd meg a görbeséget egy deszkán?

5.1.13. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a göcsök fajtáit, és mindegyiknél egy-egy jellemző tulajdonságot!

2. feladat (A) Magyarázd meg röviden, mi a különbség az alaki és a szövetszerkezeti hibák között! Adj mindkettőre két példát!

3. feladat (B) Egy 3 000 mm hosszú, 200 mm széles lucfenyő deszkán a következő hibák vannak: 0–150 mm között kéregbenövés, 1 200–1 260 mm között 55 mm-es korhadt göcs, 2 500 mm-től görbeség miatt használhatatlan. A vágási ráhagyás minden vágásnál 8 mm. Számítsd ki a hibátlan, hasznos hosszúságot! Rajzold le szövegesen a deszkát és a vágási vonalakat!

4. feladat (B) Egy tölgy deszka látszó felületére 35 mm átmérőjű, benőtt göcs került. A vevő natúr olajos felületet kért. Mit javasolsz: benne hagyható-e? Indokold a döntést a felületkezelés és az esztétika szempontjából!

5. feladat (C) Egy asztalos műhelyben bükkfa szék elülső lába készül. A deszkán 40 mm-es szarus göcs és egy 120 mm hosszú bélrepedés van. A láb mérete $45 \times 45 \times 450$ mm. Hogyan döntesz az anyagkiosztásról? Mely hibák zárják ki a lábat, és miért? Mit lehet a hibás részből készíteni?

6. feladat (D) Válassz ki egy valós, kb. 1 500 mm hosszú, 100–150 mm széles deszkát (lehetőleg fenyő vagy bükk). Mérd meg és rajzold le a hibáit, jelöld a vágási vonalakat, és határozd meg, milyen hasznos alkatrészeket lehet belőle kivágni. Készíts rövid hibakiejtési jegyzőkönyvet: minden hibánál tüntesd fel a típusát, méretét, helyét, és a döntést (kiejted vagy benne hagyod, indoklással).

5.1.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A kisebb, ép, benőtt göcs a látszó felületen is elfogadható lehet, ha a termék jellege ezt megengedi (pl. rusztikus bútor). A korhadt, kieső göcsöt mindig ki kell ejteni.
2. A benőtt göcs szilárdan összenőtt a környező szövettel, nem esik ki; a kieső göcs nem nőtt össze, kiszáradás vagy megmunkálás után kiesik.
3. Az álgeszt. A sötét folt a pácot egyenetlenül szívja fel, ezért a felület foltos lesz; a lakk nem takarja el, hanem kiemeli az eltérést.

4. A szarus göcs kemény és rideg. Tompítja a gyalu- és marószerszámot, a gyalukés kicsorbulhat, a felület a göcs körül kipattoghat.
5. A görbe deszkából a hosszú, egyenes láb nem fér ki, mert az alkatrész nem lesz egyenes; a rostok is ferde lefutásúak, ezért a szilárdság csökken. Rövidebb láb, íves alkatrész, nem teherviselő belső léc vagy sablonnal vezetett munka készülhet belőle.
6. A deszkát sík lapra (pl. egyengető asztalra vagy vastag üveglapra) fektetjük, a deszka élét a síkhoz nyomjuk, és résmérővel megmérjük a legnagyobb rést a deszka éle és a sík között. Több ponton mérve a legnagyobb eltérést mm-ben adjuk meg.

1. feladat (A) megoldás

Az ép göcs: szilárdan összenőtt, simán gyalulható. A benőtt göcs: az ág elhalt, a törzs körbenőtte, a kapcsolat szilárd. A kieső göcs: nem nőtt össze, kiesik. A szarus göcs: gyantával/cserzőanyaggal átitatott, kemény, rideg. A korhadt göcs: gombás korhadás miatt puha, szétesik.

2. feladat (A) megoldás

Az alaki hibák a törzs vagy a fűrészáru alakjának eltérései (pl. görbeség, sudarlósság, csavarodott növés). A szövetszerkezeti hibák a fa szövetének belső elváltozásai (pl. bélrepedés, álgeszt, gyantatáska, kéregbenövés).

3. feladat (B) megoldás

A bal oldali kéregbenövés: 150 mm + 8 mm = 158 mm-nél vágunk. A korhadt göcs: 1 200 mm − 8 mm = 1 192 mm-től 1 260 mm + 8 mm = 1 268 mm-ig. A jobb oldali görbeség miatt 2 500 mm − 8 mm = 2 492 mm-nél vágunk. A hasznos szegmensek: 158–1 192 mm (1 192 − 158 = 1 034 mm), és 1 268–2 492 mm (2 492 − 1 268 = 1 224 mm). Összesen 1 034 mm + 1 224 mm = 2 258 mm. A vágási vonalak: 158 mm, 1 192 mm, 1 268 mm, 2 492 mm.

4. feladat (B) megoldás

A 35 mm-es benőtt göcs a natúr olajos látszó felületen esztétikailag zavaró, mert az olaj kiemeli a göcs sötét színét és a környező rosteltérést. Ha a vevő a természetes, hibamentes felületet kéri, a göcsöt ki kell ejteni, vagy a deszkát úgy kell kiosztani, hogy az alkatrészen ne legyen göcs. Ha a vevő a rusztikus megjelenést elfogadja, a benőtt, egészséges göcs benne hagyható. A döntés tehát a vevői elvárástól és a termék minőségi osztályától függ.

5. feladat (C) megoldás

A szék elülső lába teherviselő, hajlított alkatrész. A 40 mm-es szarus göcs a 45×45 mm-es keresztmetszetben jelentős gyengítés, és a szerszámot is tompítja. A bélrepedés a hosszirányú szilárdságot csökkenti, és a repedés tovább terjedhet. Ezért a lábat ebből a részből nem lehet kivágni. A hibás szakaszt ki kell ejteni. A megmaradt, hibátlan részből lehet rövidebb, kisebb igénybevételű alkatrészt (pl. kárpit alatti keretlécet) készíteni. A göcsöt és a bélrepedést nem szabad gittel eltakarni teherviselő helyen.

6. feladat (D) megoldás – minta

A tanuló által végzett mérés és jegyzőkönyv. Egy lehetséges példa: 1 500 mm hosszú, 120 mm széles fenyő deszka. Hibák: 0–80 mm között kéregbenövés; 700–750 mm között 25 mm-es benőtt göcs; 1 200–1 260 mm között bélrepedés. A vágási ráhagyás 10 mm. A bélrepedés 1 200–1 260 mm között van. Vágási vonalak: 90, 690, 760, 1 190, 1 270 mm. Hasznos darabok: 90–690 mm = 600 mm, 760–1 190 mm = 430 mm, 1 270–1 500 mm = 230 mm (összesen 1 260 mm). Ha a darab nem látszó helyre kerül, a 25 mm-es benőtt göcs benne hagyható: ekkor 90–1 190 mm = 1 100 mm egy darabban. A jegyzőkönyvben minden hiba típusa, mérete és a döntés szerepel.

5.1.15. Rövid összefoglaló

A fa alaki hibái (görbeség, összetett görbeség, sudarlósság, csavarodott növés, villás növés) a törzs vagy a fűrészáru alakjának eltérései. A szövetszerkezeti hibák (bélrepedés, fagyléc, gyűrűs elválás, reakciófa, álgeszt, gyantatáska, kéregbenövés) a fa belső szerkezetének elváltozásai. A göcsök lehetnek épek, benőttek, kiesők, szarusak vagy korhadtak; méretüket és helyzetüket az alkatrész igénybevétele és a láthatóság szerint kell megítélni. A fahibák csökkentik a szilárdságot, rontják a megmunkálást és a felületkezelést. A hibakiejtés a szabászat során a hibás részek eltávolítását jelenti a hasznos alkatrészek maximális kihozatalával; a vágási ráhagyás 5–10 mm (tájékoztató). **Továbbvitt eredmény.** A fahibák felismerése és a hibakiejtés alapozza meg a fűrészáru-osztályozást, a szabászati anyagkiosztást és az anyagszükséglet-számítást; ezt használjuk a Farontó gombák és rovarok, a Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása és a Mérő- és rajzolóeszközök, anyagkiosztás és előrajzolás alfejezetekben.

5.1.16. Források és ellenőrzési hiányok

A fa alaki és szövetszerkezeti hibáinak leírása a faanatómiai és faipari szakirodalom stabil ismeretanyagán alapul. A fűrészáru-osztályozási határértékek, a vizuális osztályozás szempontjai és a megengedett tűrések a hatályos termékszabványoktól függenek (ellenőrizendő: MSZ EN 975-1, MSZ EN 1611-1, fafajtól és terméktől függően). A vágási ráhagyás 5–10 mm gyakorlati tapasztalat, de a gép típusától és a későbbi megmunkálástól függ (ellenőrizendő: gépkönyv, technológiai utasítás). A gyantamentesítő szerek és a gittanyagok alkalmazásánál a gyártói adatlap az irányadó.

5.2. Farontó gombák és rovarok

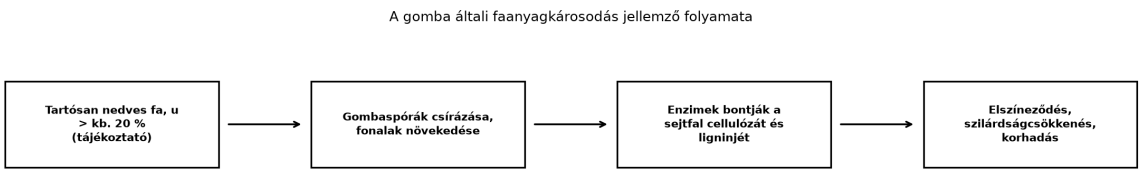
5.2.1. Motiváció

A műhelybe friss, szépnek tűnő fűrészáru érkezik. A deszkák felületén szürkéskék foltok vannak, de a szaga dohos. Két hét múlva a gyalult felület alatt szivacsos, puha részeket találsz. Egy megrendelő régi szekrényének hátfala a fal felől porlik, apró kerek lyukak és finom lisztes por látszik rajta. Ha nem tudod felismerni, mi támadta meg a fát, akkor hibás anyagot építesz be, vagy a felújított bútor hamar tönkremegy. Ebben az alfejezetben megismered a fa leggyakoribb biológiai károsítóit: a **farontó gombákat** és a **farontó rovarokat**, hogy időben felismerd a kártételt, és tudjad, mikor kell faanyagvédő szert vagy szerkezeti megoldást választani.

5.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy nedves pincefal mellett álló faládát. A deszka felülete először csak sötétedik, kékesszürke foltok jelennek meg. Később a rostok mentén apró repedések futnak, a fa barnássá, kockásan töredezetté válik, ujjal benyomható. A másik oldalon, egy meleg padláson a gerendák felületén apró, kerek lyukak látszanak, alattuk finom, világos por. A lyukakból friss rágcsálék pereg ki. Ez a két kép jól mutatja a két károsítócsoport jellegzetes nyomait: a gombák elszínezik és puhítják a fát, a rovarok járatokat rágnak.

Az alábbi folyamatábra a gombák által okozott károsodás jellemző lépéseit mutatja.



5.4. ábra. A gomba általi faanyagkárosodás jellemző folyamata - Tájékoztató folyamatábra: a folyamat gyorsasága, az egyes fázisok anyag- és nedvességfüggőek (ellenőrizendő: szakirodalmi adatok).

5.2.3. A gombák életfeltételei: nedvesség, hőmérséklet, oxigén, tápanyag

Definíció. A **farontó gombák** olyan élő szervezetek, amelyek a fa sejtfalanyagait (cellulózt, lignint) vagy a sejtekben lévő tartalékanyagokat használják táplálékul, és ezzel elszínezik, illetve roncsolják a faanyagot.

A gombák nem zöld növények, nem fotoszintetizálnak, hanem szerves anyagot bontanak. A faiparban kárt okozó gombák növekedéséhez az alábbi négy alapfeltételnek kell teljesülnie:

1. **Tápanyag** – a fa sejtfalanyaga vagy a sejtekben lévő keményítő, cukor, fehérje.
2. **Nedvesség** – a fanedvességnek a gomba számára elérhetőnek kell lennie. A fa víztartalma akkor elérhető a gomba számára, ha az a rosttelítettségi határ közelében vagy fölötte van. Ez a gyakorlatban azt jelenti: a gombakártétel általában akkor indul, ha a fanedvesség tartósan **20% fölött** van (tájékoztató érték, fajtól függ, ellenőrizendő). Száraz, 12–16% nedvességtartalmú bútor- és épületfa belsejében a gombák nem tudnak elszaporodni.
3. **Megfelelő hőmérséklet** – a legtöbb farontó gomba 5–35 °C között növekszik, az optimumuk sokszor 20–28 °C körül van (tájékoztató irodalmi tartomány, ellenőrizendő). Fagyban a növekedés leáll, magas hőmérsékleten (40–50 °C fölött) a hifák elpusztulhatnak. Ezért a fűtetlen, nyirkos pince és a meleg, párás tetőtér egyaránt kedvező lehet.
4. **Oxigén** – a legtöbb korhasztó gomba aerob, tehát oxigént igényel. A vízzel teljesen telített, levegőtől elzárt fa ritkábban korhad, de például a **lágykorhadás** bizonyos fajai oxigénszegény környezetben is károsíthatnak (ellenőrizendő).

Szabály. A faanyag károsodásának megelőzésében a legfontosabb a nedvességtartalom és a hőmérséklet szabályozása, valamint a fa gyors kiszárítása a kivágás után. A beépítésre, felhasználásra kerülő faanyag nedvességtartalmát ezért mérjük és tartjuk a felhasználási helynek megfelelő egyensúlyi értéken (lásd A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás alfejezet).

5.2.4. Elszínező gombák: kékülés és penész

Definíció. Az **elszínező gombák** olyan gombák, amelyek a fa felületén vagy a szijácsban növekednek, de a sejtfalat érdemben nem bontják; fő káruk a szín, néha a szag és a felületi minőség romlása.

- **Kékülés (kékfoltosság).** A szijácsot sötétkék, szürkéskék, esetenként fekete foltok vagy csíkok festik el. A kékülést okozó gombák (például a *Ceratocystis*, *Ophiostoma*, *Cladosporium* nemzetség fajai – ellenőrizendő) a sejtekben lévő keményítővel és cukorral táplálkoznak. A fa szilárdsága általában közel változatlan, de a kékült anyag bútoripari felületnek nem alkalmas, árkedvezményes vagy csak takart helyre való.

- **Penészfoltok.** A fa felületén bársonyos, porszerű, színes (zöld, fekete, fehér, sárgás) bevonat. A penészek nem bontják a faanyagot, de a magas páratartalom jelzői, egészségügyi és esztétikai kockázatot jelentenek, és a felületkezelést rontják (a bevonat nem tapad, a penész átüthet a festéken). A penész a felület csiszolása előtt mindig megszüntetendő.

Figyelem. Penészes vagy gombás fa bontásánál, csiszolásánál a spórák a levegőbe kerülnek. Dolgozz elszívással, jól szellőztetett helyen, FFP2/FFP3 részecskeszűrős légzésvédőben, védőkesztyűben és védőszemüvegben (ellenőrizendő: munkavédelmi előírás). A penészes felületet előbb nedvesen tisztítsd/fertőtlenítsd, csak utána csiszold. Fertőtlenítő és faanyagvédő szert csak a biztonsági adatlap (CLP-jelölés, egyéni védőeszköz) szerint használj; a hulladékot veszélyes hulladékként kezeld.

Megjegyzés. A kékült deszkát gyakran összetévesztik a korhadttal. A vizsgálathoz vágd ferdén a fát, vagy gyaluld le a felszínt. Ha a rostok alatta világosak, kemények, szilánkosak, akkor elsősorban elszíneződés; ha szivacsos, kenhető, sötétbarna, akkor korhadás.

5.2.5. Korhasztó gombák: barna, fehér és puha korhadás

Definíció. A **korhasztó gombák** olyan gombák, amelyek a fa sejtfalanyagát bontják, és ezzel a fa tömegét, sűrűségét és szilárdságát csökkentik.

A korhadás típusai:

1. **Barna korhadás (barna rothadás).** Elsősorban a cellulózt bontja, a lignin megmarad, ezért a fa sötétbarna színű lesz, megrepedezik a rostokra merőlegesen, és jellemzően **kockásan töredezik**. A száradó fa összezsugorodik, porlékony. Nagyon veszélyes, mert már kis tömegveszteség esetén is jelentős szilárdságcsökkenés léphet fel. Gyakori épületfában.
2. **Fehér korhadás (fehér rothadás).** A lignin válogatott módon lebomlik, a visszamaradó cellulóz világos, fehéres, rostos szerkezetet ad. A fa puhává, szivacsossá, olykor rostosan szétválóvá válik. Lombos fákban gyakoribb.
3. **Puha (lágy) korhadás.** A sejtfal felszíne puhul fel, főleg tartósan nedves, rosszul szellőző környezetben (vízzel érintkező, földdel fedett részek). A felület sötétszürke, puha, nyálkás, de a mélyebb rétegek sokáig kemények maradhatnak. Lassú folyamat, de alattomos.

Szabály. A korhadást mindig meg kell különböztetni az egyszerű nedvesedéstől. A korhadt fa szilárdsága csökkent, ezért teherviselő szerkezetben vagy bútor vázában nem maradhat; a fertőzött részt el kell távolítani, és a nedvességforrást meg kell szüntetni.

5.2.6. Házigomba az épületfában

Definíció. A **házigomba** (gyakran a *Serpula lacrymans*, régebbi nevén *Merulius lacrymans* – ellenőrizendő) olyan, elsősorban épületfában előforduló barna korhasztó gomba, amely a falazaton, vakolaton is képes fonalakat (micéliumot) és vastag, pókhálószerű **gombafonal kötegeket** növeszteni.

A házigomba különösen veszélyes, mert:

- már viszonylag alacsonyabb fanedvességnél is aktív (kb. 20–25% környékén, ellenőrizendő);
- a fonalai nagy távolságra, a nedves fából a szárazabb fába is eljutnak;
- károsítja a beépített gerendákat, ajtótokokat, padlókat, faléceket, és akár a vakolat alatt is terjed.

Figyelem. A házigombára utaló jelek: rozsdabarna, pókhálószerű micélium a gerenda és a fal találkozásánál, kockásan repedezett, barna fa, dohos szag. Ilyenkor nem elég csak kicserélni a fát; a nedvesedés okát is meg kell szüntetni, a fertőzött falszakaszt szakemberrel fertőtleníttetni, és a környező faanyagot átvizsgálni.

5.2.7. Állati károsítók: rovarok

A faanyagot rovarlárvák károsítják: a kifejlett bogarak petét raknak a fa repedéseibe, pórusaiba vagy a már meglévő járatokba, a kikelő lárvák pedig éveken át rágnak a fában.

Definíció. A **farontó rovarok** olyan rovarok (elsősorban bogarak), amelyek lárvái a faanyagot táplálkozás közben járatokkal rongálják.

A gyakorlatban legfontosabb csoportjaik:

- **Kopogóbogarak (Anobium fajok, pl. a közönséges bútor- vagy kopogóbogár – *Anobium punctatum* – ellenőrizendő).** A lárva világos, hajlott testű, a fa belsejében rág. A kirepülési nyílása kerek, alig 1–2 mm átmérőjű. A **rágcsaléka** szemcsés, orsó alakú ürülékszemcsékből áll. Bútorban, régi ajtókban, tetőfában gyakori.
- **Cincérek (főleg a házicincér – *Hylotrupes bajulus* – ellenőrizendő).** A házicincér lárva főleg a tűlevelű faanyagot, gyakran a szarufákat, tetőszerkezetet károsítja. A kirepülési nyílása ovális, tipikusan 5–8 mm átmérőjű (ellenőrizendő). A rágcsálék durvább, hengeres, gyakran sárgás. A lárva a fa felülete alatt hosszú, széles járatokat rág, és a járatok fölött a vékony, épen maradó felületi réteg felhólyagosodhat, hullámossá válhat.
- **Szúbogarak (pl. a közönséges szú – *Xyleborus* fajok – ellenőrizendő).** A szúk általában friss, nedves fában vagy a tárolt rönkben készítenek járatokat; a kártételük a szijácsban keskeny, elágazó járatokból áll. A kirepülési nyílásuk apró, gyakran a kéreg felőli oldalon. A fűrészáru minősítésénél a szúrágás hiba.
- **Parkettabogarak (*Lyctus* fajok, falisztbogár – ellenőrizendő).** A **parkettabogarak** elsősorban nagy keményítőtartalmú lombos fák szijácsát (tölgy, kőris, dió) és a trópusi fákat károsítja. A rágcsálékuk lisztfinom, porszerű, a kirepülési nyílás kerek, kb. 1–1,5 mm (ellenőrizendő), gyakran csoportos. Parkettákban, furnéros bútorokban szokott előfordulni.

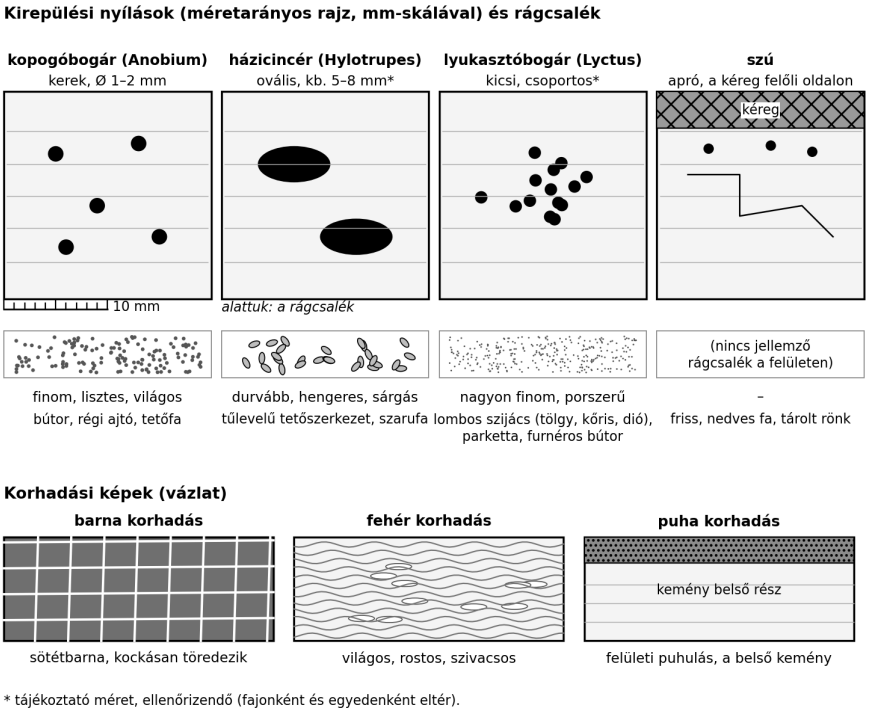
5.2.8. Kirepülési nyílás és rágcsálék

Definíció. A **kirepülési nyílás** az a lyuk, amelyen a kifejlett bogár elhagyja a fa felszínét. A **rágcsálék** (vagy **por**) a lárva által kirágott, a járatból kipergő, finom faőrlemény.

A kártétel frissességét erről ismered fel:

- **Friss kártétel:** a nyílás élénk, világos színű, gyakran látható a kifejlett rovar vagy a báb; a rágcsálék a nyílás alatt friss, világos, nem porosodott.
- **Elöregedett kártétel:** a nyílás széle sötét, kopott, pókhálós, a rágcsálék összeállt, szennyezett. Ilyenkor a rovarok már kikeltek, de a további petézés miatt a fa lehet továbbra is fertőzött, ezért érdemes szakemberrel felméretni.

Figyelem. A kirepülési nyílás önmagában nem jelenti a fertőzés végét, mert a járatok belsejében újabb nemzedékek fejlődhetnek.



5.5. ábra. Farontó rovarok kirepülési nyílásai méretarányos rajzon mm-skálával, rágcsalékuk, tipikus fafaj és hely, alatta a barna, fehér és puha korhadás vázlata (a méretek tájékoztatók, ellenőrizendők)

Az ábrán a kopogóbogár kerek, 1–2 mm-es nyílása és finom, lisztes rágcsaléka, a házicincér ovális, nagyobb nyílása és durvább, hengeres rágcsaléka, a parkettabogár apró, csoportos nyílásai és porszerű rágcsaléka, valamint a szú kéreg felőli apró nyílásai láthatók; alul a barna (kockásan töredező), a fehér (világos, rostos) és a puha (felületen puhuló) korhadás képe. A HTML-változat lépésenkénti határozója a nyílás alakjától a valószínű károsítóig vezet (a 4. feladat esetére a házicincérig).

5.2.9. Számítási példák a gombaveszélyes nedvességtartalom megítéléséhez

A gombák életfeltételeihez szorosan kapcsolódik a fanedvesség mérése. A nedvességtartalom képletét a A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás alfejezetben tanultad, itt a kártétel megítéléséhez gyakoroljuk.

Példa. Egy tárolt deszka nedves tömege $m_n = 1{,}20\,\mathrm{kg}$, abszolút száraz tömege $m_0 = 0{,}90\,\mathrm{kg}$. Mekkora a nedvességtartalom, és eléri-e a gombaveszélyes tartományt?

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\% = \frac{1{,}20 - 0{,}90}{0{,}90} \cdot 100\,\% = \frac{0{,}30}{0{,}90} \cdot 100\,\% = 33{,}3\,\%$$

A 33%-os fanedvesség jóval a 20% fölött van, tehát ha tartósan így marad, a gombák számára kedvező.

Példa. Egy fűrészárut 100 g tömegű mintából szárítanak; a szárítás után a minta tömege 84 g. Mekkora a nedvességtartalom, és kockázatos-e a tárolás?

$$u = \frac{100 - 84}{84} \cdot 100\,\% = \frac{16}{84} \cdot 100\,\% \approx 19{,}0\,\%$$

Ez a 20% közelében van, tehát éppen a határzónában; tartósan ilyen nedvesség mellett a penész és a kékülés megindulhat, a korhadás még lassú, de a tárolást szellőztetéssel és méréssel kell ellenőrizni. ∎

Továbbvitt eredmény. A gomba- és rovarkártétel kialakulásának feltételei (főleg a tartósan 20% fölötti fanedvesség, a 20–28 °C körüli optimális hőmérséklet, az oxigén és a tápanyag), valamint a kártétel felismerésének jegyei közvetlenül felhasználják a Faanyagvédelem: szerkezeti és vegyi védelem alfejezetben: ott az a cél, hogy ezeket a feltételeket megszüntessük vagy a fát vegyi védelemmel ellenállóvá tegyük.

5.2.10. Kártétel felismerése a beszerzett anyagon és a felújítandó bútorban

Beszerzett fűrészárun:

- Nézd meg a deszkák végét és széleit: kékülés, penész, szúrágás nyomai.
- Ütögesd a fát: a korhadt rész tompa, dobos hangú.
- Próbáld meg benyomni a szijácsot éles szerszámmal: ha könnyen süpped, gyanús.
- Keresd a friss rágcsálékot a kirepülési nyílások alatt, és a rovarok jelenlétét.
- Mindig kérd a szállítói bizonylatot, fafaj-megjelölést, és ha lehet, a minőségi osztályt (lásd Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása).

Felújítandó bútorban:

- A bútor sötét, zárt részein (hátfal, alsó léc, fiókfenék, illesztések) keress kirepülési nyílásokat és rágcsálékot.
- A kárpitozott bútorok alatt, a keret alsó élei mentén szintén vizsgálódj.
- A penészfoltos, dohos szagú bútornál ne csak a felületet, hanem a mögöttes anyagot is ellenőrizd: a hátfal gyakran a fal nedvességétől károsodik.
- A friss, élénk színű nyílás és a folyamatosan pergő por aktív fertőzésre utal; ilyenkor a bútor kezelését szakember bevonásával tervezd.

5.2.11. Minőségellenőrzés

Mit ellenőrzünk?

- **Szemrevételezés:** elszíneződés, penész, repedésmintázat, kirepülési nyílások, rágcsálék.
- **Tapintásos vizsgálat:** a fa keménysége, szivacsossága, porlékonysága.
- **Szagnak vizsgálata:** dohos, savanyú szag jelezhet gombásodást.
- **Nedvességmérés:** villamos ellenállás-mérővel vagy szárítószekrényes mintavétellel (tájékoztató tűrés: ±1–2% a kézi műszer pontossága, ellenőrizendő).

Mi a teendő eltérésnél?

- Kékült, penészes, de szilárd fa: kékülés esetén takart helyen felhasználható, penész esetén a felületet fertőtleníteni és szárítani kell.
- Bármilyen korhadás vagy élő rovarrágás esetén a károsodott részt el kell távolítani; teherhordó szerkezetben szakemberrel vizsgálják felül.
- A kártétel okát (nedvességforrás, szellőzés hiánya) mindig meg kell szüntetni, különben a károsodás visszatér.

5.2.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A kékülést korhadásnak nézik.** A kékült, de kemény fa szilárd lehet; a korhadt fa puha. Hiba lenne a kékült anyagot tűzifának minősíteni vagy a korhadtat szilárdnak hinni. *Helyes:* gyalulj egy felületet, és vizsgáld a rostot.
2. **A penészt csak lecsiszolják.** A penészgombák a fa felületén maradnak, és a magas pára miatt visszatérnek. *Helyes:* előbb szüntesd meg a nedvességforrást, szellőztess, szükség esetén fertőtleníts, és csak utána csiszolj – légzésvédőben, kesztyűben, szemvédőben, elszívással (lásd a Figyelem dobozt az elszínező gombáknál).
3. **A kirepülési nyílást régi, elöregedett kárnak hiszik, és nem vizsgálják a friss rágcsálékot.** A poros, sötét szélű lyuk lehet inaktív, de a friss, világos por élő fertőzésre utal. *Helyes:* rendszeresen töröld le a gyanús felületet, és figyeld, pereg-e új por.
4. **A korhadt fát egyszerűen kicserélik, de a nedvesedés okát nem szüntetik meg.** Az új fa hamar ugyanúgy károsodik. *Helyes:* a szerkezeti hibát (beázás, páralecsapódás, talajnedvesség) orvosolni kell.

5.2.13. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy régi bérházban a beépített szekrény hátfala a nedves falsík mellett évekig állt. A tulajdonos észrevette, hogy a hátlap sötét, penészes, a széle felpuhult, és a felső sarkoknál apró lyukak jelentek meg porral. Először csak átfestette olajfestékkel, de a foltok fél év múlva újra átütöttek.

Az asztalos a bútort kibontotta, és azt találta, hogy a hátfal mögött, a szellőzetlen résben a hideg külső fal mellett a pára lecsapódott, és a falsík tartósan nedves volt. A bútorlap hátoldalán **házigomba** micélium és kockás repedés látszott, a felső sarkokban a **kopogóbogár** kirepülési nyílásai és friss rágcsálék volt. A szerkezet teherhordó része nem károsodott, de a hátfal és a szélső polctartó léc korhadt.

A javítás lépései a következők voltak:

1. A szekrényt kiürítették, a károsodott hátfalat és a korhadt léceket eltávolították.
2. A nedvesség okát építőipari szakember feltárta és megszüntette (pl. falszigetelés, hőhíd megszüntetése); a házigombás falszakaszt szakcég kezelte (micéliumeltávolítás, falfertőtlenítés a fertőzés környezetében is – ellenőrizendő: szakcégi technológia).
3. A megmaradt, egészséges faanyagot faanyagvédő szerrel kezelték (a biztonsági adatlap szerint, légzésvédőben, kesztyűben és szemvédőben; ellenőrizendő).
4. Új hátfalat és léceket építettek be, és a szekrény és a fal között legalább 30–50 mm szellőzőrést hagytak (tájékoztató).

A tanulság: a felület kezelése önmagában nem elég; mindig a nedvességforrást és a károsítók életfeltételeit kell megszüntetni. ∎

5.2.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A kékülés a fa sejtfalát bontja, ezért a kékült fa mindig korhadt.
2. Melyik hőmérséklet- és nedvességtartomány kedvez a legtöbb farontó gomba növekedésének?
3. Sorold fel a barna korhadás jellegzetes jeleit.
4. Mi a különbség a kopogóbogár és a házicincér kirepülési nyílása között?
5. Hogyan állapítod meg, hogy a rovarrágás friss-e?
6. Egy deszka nedves tömege 0,58 kg, száraz tömege 0,47 kg. Veszélyes-e a nedvességtartalma a gombák számára?

5.2.15. Feladatok

1. feladat (A). Definiáld a farontó gombák és a farontó rovarok fogalmát, és írd le a gombák életfeltételeit.

2. feladat (A). Egy gerenda nedves tömege 15,4 kg, abszolút száraz tömege 12,8 kg. Számold ki a nedvességtartalmat, és döntsd el, gombaveszélyes-e.

3. feladat (B). Egy beszerzett tölgyfa pallón szürkéskék foltok vannak, de a felület kemény, gyalulás után alatta világos a fa. Élő rovarrágásra utaló jeleket nem látsz. Mi lehet a károsodás, és milyen felhasználást javasolsz?

4. feladat (B). Egy régi fenyőfa ajtótok alsó részén ovális, 6–8 mm-es kirepülési nyílásokat és durva, hengeres rágcsálékot találsz. Melyik károsítóra utalnak a jelek? Fogalmazd meg a vizsgálati lépéseket annak eldöntésére, hogy a fertőzés aktív-e.

5. feladat (C). Egy ügyfél penészes, dohos szekrényhátfalat szeretne csak lecsiszolni és átfesteni. Magyarázd el, miért nem elég, és milyen vizsgálati sorrendet javasolsz.

6. feladat (D). Készíts ellenőrzőlistát egy használt tömörfa asztal vásárlásakor a farontó gombák és rovarok jeleinek felkutatására. Add meg, melyik jelet hol keresed, és mi a teendő, ha találsz.

5.2.16. Megoldások

5.2.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A kékülés elszínezi a fát, de a sejtfalat érdemben nem bontja; a korhadás viszont roncsolja a sejtfalat.
2. A legtöbb farontó gomba 5–35 °C között nő, optimuma 20–28 °C; a fanedvesség tartósan 20% fölött kedvező.
3. Sötétbarna szín, a rostokra merőleges repedések, kockás töredezés, porlékonyság, szilárdságcsökkenés.
4. A kopogóbogár nyílása kerek, 1–2 mm; a házicincéré ovális, 5–8 mm (ellenőrizendő méret).
5. Friss, ha a nyílás széle világos, a rágcsálék friss, nem poros, és a felület letörlése után új por pereg ki.
6. $u = \frac{0{,}58-0{,}47}{0{,}47} \cdot 100\,\% \approx 23{,}4\,\%$, tehát a 20% fölött van, gombaveszélyes tartomány.

5.2.16.2. 1. feladat (A)

Farontó gombák: a fa sejtfalanyagát vagy tartalékanyagait fogyasztó, faanyagot elszínező vagy roncsoló gombák. **Farontó rovarok:** lárváikkal a fában járatokat rágó rovarok. Gombák életfeltételei: tápanyag (faanyag), nedvesség (tartósan 20% fölött), hőmérséklet (5–35 °C, optimum 20–28 °C), oxigén (legtöbb faj aerob).

5.2.16.3. 2. feladat (A)

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\% = \frac{15{,}4 - 12{,}8}{12{,}8} \cdot 100\,\% = \frac{2{,}6}{12{,}8} \cdot 100\,\% \approx 20{,}3\,\%$$

A nedvességtartalom 20,3%, ami éppen a gombák számára már elérhető tartomány határán van. Tartós ilyen nedvesség mellett a penész és a kékülés megindulhat; a gerendát szárítani vagy szellőztetni kell.

5.2.16.4. 3. feladat (B)

A szürkéskék foltok és a kemény, világos belső felület **kékülésre** utal, nem korhadásra. A fa szilárdsága közel változatlan. Javasolt felhasználás: takart szerkezeti, belsőépítészeti vagy festett felület, árkedvezményes minőségben; bútorlappá, látható felületre ne válaszd.

5.2.16.5. 4. feladat (B)

Az ovális, 6–8 mm-es nyílás és a durva, hengeres rágcsálék a **házicincérre** utal. Vizsgálati lépések:

1. A tok alsó részét, illesztéseit és repedéseit tüzetesen átnézni.
2. A felületet letörölni, majd pár nap múlva ellenőrizni, pereg-e friss rágcsálék.
3. Két-három helyen hegyes szerszámmal finoman benyomni a fát, keresve a felület alatti járatokat.
4. Nedvességtartalmat mérni.
5. Ha friss rágcsálékot találsz, a fertőzött részt el kell távolítani, és faanyagvédő szerrel vagy szakember által javasolt módon kezelni.

5.2.16.6. 5. feladat (C)

A penész a magas páratartalom jelzője. Ha csak lecsiszoljuk és átfestjük, a penészgombák spórái a nedves faanyagban és a felületi réteg alatt túlélnek, és a bevonat hamar felválik. Először meg kell állapítani, miért nedves a hátfal (falszivárgás, páralecsapódás). A nedvességforrást meg kell szüntetni, a penészes felületet megfelelő szerrel fertőtleníteni (a biztonsági adatlap és az egyéni védőeszközök szerint), száradás után a károsodott anyagot cserélni vagy újra felületkezelni.

5.2.16.7. 6. feladat (D)

Ellenőrzőlista:

- **Asztallap alja:** repedésekben apró, kerek nyílások, rágcsálék.
- **Lábak alsó 10 cm-e:** korhadás jelei, puhaság.
- **Illesztések, csapozások, fészkes kötések:** rágcsálék, por.
- **Fiókfenék, hátlap belső oldala:** penész, elszíneződés.
- **Nedvességmérővel:** minden gyanús ponton mérés.
- Ha bármilyen jelet találok, jelzem a felmérésben, a károsodott alkatrészt kicserélem, a többit megelőző védőkezeléssel látom el, és a vásárlást a kezelési költséggel kalkulálom.

5.2.17. Rövid összefoglaló

A farontó gombák a faanyagot akkor támadják meg, ha a fanedvesség tartósan 20% fölött van, a hőmérséklet 5–35 °C, optimum jellemzően 20–28 °C, és oxigén is jelen van. Az **elszínező gombák** (kékülés, penész) a fa színét rontják, de a sejtfalat általában nem bontják. A **korhasztó gombák** a sejtfalanyagot roncsolják: a **barna korhadás** sötétbarna, kockásan repedezett, a **fehér korhadás** világos, rostosan széteső, a **puha korhadás** felületileg nyálkásan puhul. Az épületfában a **házigomba** különösen veszélyes, mert fonalai a falon át is terjedhetnek. A farontó rovarok közül leggyakoribb a **kopogóbogár** (kerek, kis nyílás), a **házicincér** (ovális, nagyobb nyílás, durvább rágcsálék), a **szúbogarak** és a **parkettabogarak** (Lyctus fajok). A friss kártételt

élénk szélű kirepülési nyílás és frissen pergő rágcsálék jelzi. A kártétel megelőzésének alapja a nedvességtartalom csökkentése és a jó szellőzés. **Továbbvitt eredmény:** ezen életfeltételek megszüntetésére épül a faanyagvédelem (szerkezeti és vegyi), amelyet a Faanyagvédelem: szerkezeti és vegyi védelem alfejezet tárgyal, és ezeket az ismereteket használjuk a fűrészáru tárolásánál és a kültéri szerkezetek kialakításánál.

5.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Felhasznált forrástípusok: faanyagvédelmi szakkönyvek, faanatómiai és mikrobiológiai tankönyvi leírások, farontó rovarok határozói (általános, nem ellenőrzött internetes források).
- Ellenőrizendő: a gombafajok latin nevei, a hőmérsékleti optimumok pontos tartománya, a kirepülési nyílások méretadatai, a faanyagvédelmi szabványok aktuális jelzete (pl. MSZ EN 335, 350, 351 – ellenőrizendő), valamint a kémiai védőszerek engedélyezett hatóanyagai és felhasználási korlátai.

5.3. Faanyagvédelem: szerkezeti és vegyi védelem

5.3.1. Motiváció

Képzeld el, hogy kerti padot, pergolát vagy spalettát készítesz. A faanyag kint van az időjárásban: eső, hó, napfény és talajnedvesség éri. A Farontó gombák és rovarok alfejezetben láttad, hogy a gombák és a rovarok pontosan akkor támadnak, ha a fa nedves, meleg és levegőtlen. A faanyagvédelem célja nem csupán az, hogy a felületre kenjünk valamilyen vegyszert, hanem az, hogy a lehető legjobban megnehezítsük a károsítók életét, és meghosszabbítsuk a termék élettartamát. A vevő nem azt kérdezi, hogy „mi van a fán”, hanem azt, hogy „meddig fog ez kint kibírni?”.

Két teljesen egyforma lucfenyő deszkát kint felejtünk: az egyiket a főre fektetve, a másikat két téglalábra emelve. A főre fektetett deszka alatt megáll a víz és a pára, a gomba egyetlen nyáron elszínezi és tönkreteszi. A téglára emelt deszka alatt átjár a levegő, a fa kiszárad, és évekig ép marad. A faanyagvédelem első és leghatékonyabb lépése tehát nem a vegyszer, hanem a **szerkezeti megoldás**.

5.3.2. Szemléletes kép

Nézz meg egy régi, kívülről szép kerti asztalt. Amikor megbontod, ahol az asztallap közvetlenül a keretlécen feküdt fel, ott a festék alatt feketés, rothadt sávot találsz, mert a két elem közötti kapilláris résben megállt a víz. Ugyanennek az asztalnak a lábai a talajszint felett 2 cm-rel egészségesek, de a talajjal érintkező bütü (a fa keresztmetszete, ahol a rostok vége látszik) korhadt és szivacsos. Ez a jelenség bemutatja a két alapvető védekezési elvet: a vizet *el kell vezetni* a kapcsolatoktól, és a bütüket *el kell zárni* a közvetlen felszívódástól.

5.3.3. Definíció és szabály

Definíció. Faanyagvédelemnek nevezzük mindazoknak az eljárásoknak az összességét, amelyekkel a faanyagot megóvjuk a károsító tényezőktől (gomba, rovar, UV-sugárzás, nedvesség) annak érdekében, hogy a termék megőrizze esztétikai és szilárdsági tulajdonságait.

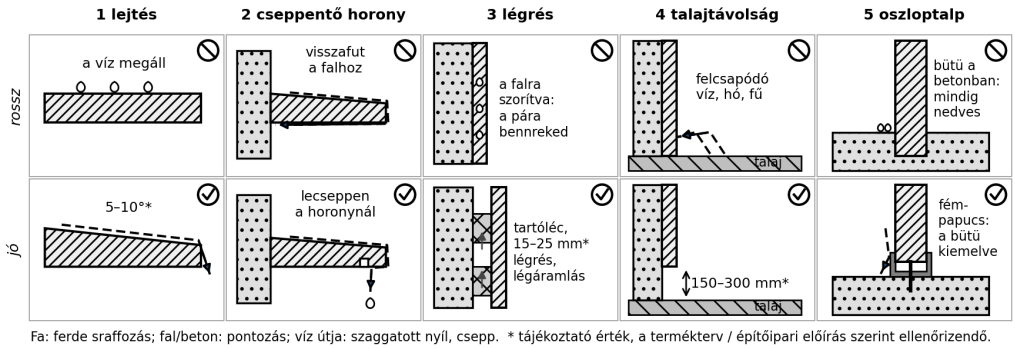
A faanyagvédelem két nagy csoportba osztható: 1. **Szerkezeti (konstrukciós) faanyagvédelem:** a faanyagot úgy tervezzük meg és építjük be, hogy a víz és a nedvesség ne állhasson meg rajta, és hogy a beépített fa mindig ki tudjon száradni. Ez a leghatékonyabb, leggazdaságosabb és környezetbarátabb megoldás. Vegyszer nélkül is működik. 2. **Vegyi faanyagvédelem: biocid** (élőlényeket – gombát, rovart – elpusztító vagy szaporodásukat gátló) hatóanyagú szerek, illetve víztaszító vagy UV-védő bevonatok használata.

Szabály. Soha ne csak a vegyi védelemre támaszkodj! A vegyszer csak kiegészíti, de nem helyettesíti a jó szerkezeti kialakítást. A „konstrukció előbb, kémia másodszor" elv minden kültéri asztalosmunkára igaz.

5.3.4. Szerkezeti faanyagvédelem (konstrukciós védelem)

A szerkezeti védelem alapja a „víz útjának" megtervezése. Nézzük a legfontosabb elveket, amelyeket a kültéri termékek, az ablakok, a spaletták és a helyszíni szerelés során is alkalmazunk (ezt használjuk fel a Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések alfejezetben).

1. **Vízelvezetés és cseppentés:** Minden vízszintes vagy ahhoz közel álló felület kapjon enyhe lejtést a külső oldal felé (tájékoztató érték: kb. 5–10°, ellenőrizendő a termékterv szerint). Az ablakpárkányok és a spaletták vízvető lécei alul kapjanak **cseppentő hornyot**, hogy a vízcsepp ne tudjon visszamászni az alsó síkra. Ha egy elem másik elemre fekszik fel, ne teljes felületen, hanem pontszerű alátéteken (pl. műanyag távtartó) feküdjön fel, hogy a rés átszellőzzön.
2. **Bütük védelme:** A fa rostjainak vége (bütü) a legszivacsosabb, leggyorsabban szívja fel a vizet. Szerkezetileg soha ne tervezzünk bütüt felfelé néző vagy talajjal érintkező pozícióba. Ha oszlopot állítasz, a bütüt ne közvetlenül a betonba vagy földbe állítsd, hanem emeld ki, vagy használj olyan **fémpapucsot**, amely kiemeli a fát és lefolyik róla a víz.
3. **Kiszellőzés:** A fa mögött mindig legyen légrés. Ha falra szerelünk kültéri faburkolatot vagy spalettát, ne közvetlenül a falra szorítsuk, hanem tartóléc közbeiktatásával hagyjunk legalább 15–25 mm szellőző rést (ellenőrizendő: építőipari előírás). A levegőmozgás elszállítja a felgyülemlett párat.
4. **Talajtól való távolság:** Kültéri faszerkezet (kerítésléc, homlokzatburkolat, lábazati elem) alsó éle ne érintkezzen a talajjal vagy a fűvel. Tartsunk legalább **150–300 mm** távolságot (ellenőrizendő: adott szerkezetre vonatkozó építőipari előírás), hogy a felcsapódó esővíz és a hó ne érje el folyamatosan a fát.
5. **Fafajválasztás:** A leghatékonyabb passzív védelem a megfelelő fafaj kiválasztása. Kültérre természetesen tartós fafajok **gesztjét** használjuk: **akác, tölgy** (tartós), **vörösfenyő** (mérsékelten tartós, talajjal érintkezve nem elég – ellenőrizendő: MSZ EN 350); a szijács minden fafajnál nem tartós. Ezek (Magyarországon) vagy a Trópusi fafajok, helyettesítés és legális, tanúsított faanyag alfejezetben tanult, tanúsított, tartós trópusi fajokat. A lucfenyő és az erdeifenyő szijácsa kültéren csak akkor használható, ha hatékony vegyi védelemmel látjuk el, vagy elfogadjuk a rövidebb élettartamot.



Fa: ferde sraffozás; fal/beton: pontozás; víz útja: szaggatott nyíl, csepp. * tájékoztató érték, a termékterv / építőipari előírás szerint ellenőrizendő.

5.6. ábra. A szerkezeti faanyagvédelem öt elve rossz (felül) és jó (alul) kialakítással: lejtés, cseppentő horony, légrés, talajtávolság, oszloptalp (sematikus metszetek; a méretek tájékoztatók, ellenőrizendők)

Az ábrán szaggatott nyíl mutatja a víz útját: a vízszintes felületen a víz megáll, a lejtésen lefolyik; cseppentő horony nélkül a víz a párkány alján visszafut a falhoz, horonnyal lecseppen; légrés nélkül a pára a burkolat mögött reked; a talajig érő burkolatot a felcsapódó víz nedvesíti; a betonba állított oszlop bütüje állandóan nedves, a fémpapucs kiemeli. A HTML-változatban az öt elvet lépésenként, rossz–jó párokban nézheted végig.

Továbbvitt eredmény. A szerkezeti faanyagvédelem elveit – különösen a cseppentő él és a kiszellőzés – tudatosan alkalmaznod kell a Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések alfejezetben, mert ezek a termékek folyamatosan ki vannak téve a csapóesőnek.

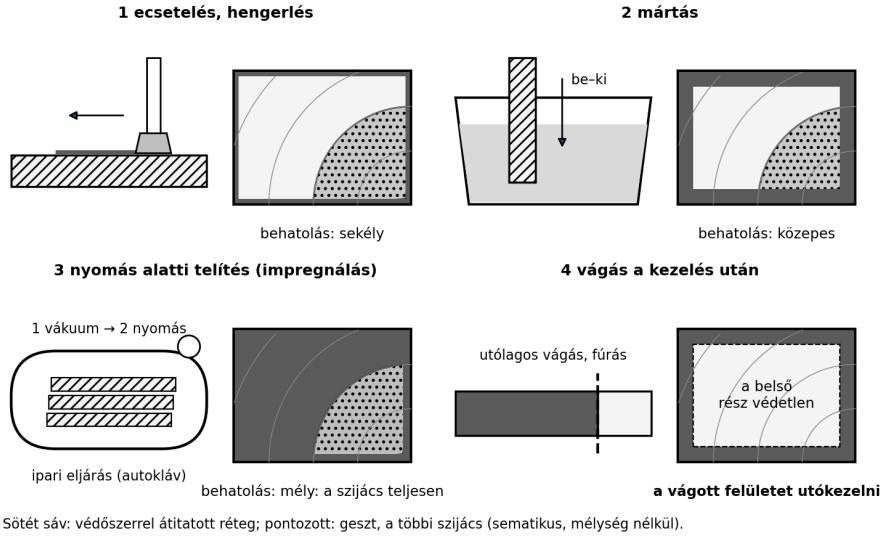
5.3.5. Vegyi faanyagvédelem

Ha a szerkezeti védelem önmagában nem elég (pl. a vevő mégis földközelbe akarja a lécet, vagy lucfenyőből kér kinti tárgyat), vegyi faanyagvédő szert kell alkalmazni.

Megelőző kezelés: Egészséges, új faanyagot itatunk át szerrel, hogy a gomba vagy rovar ne tudjon megtelepedni benne. Ez a leggyakoribb asztalosipari feladat. **Megszüntető kezelés:** Már megtámadott, de még menthető faanyagot kezelünk olyan szerrel, amely elpusztítja az aktív rovarlárvát vagy gombát (pl. bútorfelújításnál szuvasodás ellen).

5.3.5.1. Felhordási módok

1. **Ecsetelés, hengerlés:** A legegyszerűbb, műhelyben is végezhető módszer. Csak felületi védelmet és sekély behatolást ad. Mindig többször, gyártói utasítás szerint ismételjük, különösen a bütükre kenjünk rá többször.
2. **Mártás, bemártogatás:** Az alkatrészt néhány másodpercig vagy percre a szerbe merítjük. Jobb behatolást ad, mint az ecsetelés, mert a kapillárisok is megszívják magukat. A bütük itt sokkal jobban telítődnek.
3. **Nyomás alatti telítés (impregnálás):** Ipari eljárás, ahol a fát zárt tartályban (autoklávban) vákuum és nyomás segítségével mélyen átitatják a védőszerrel. Ezt asztalos műhelyben nem végezzük; készen vásárolt, ún. **telített fűrészáruként** kerül hozzánk (pl. kerítéslécek, játszótéri elemek). Kültéren sokkal tartósabb, mint az otthon ecsetelt fa.



5.7. ábra. A három felhordási mód és a védett réteg a léc keresztmetszetében: ecsetelés (sekély), mártás (közepes), nyomás alatti telítés (a szijács teljesen); a kezelés után vágott felület belseje védetlen (sematikus rajz)

A keresztmetszeten a sötét sáv a védőszerrel átitatott réteg: ecsetelésnél vékony, mártásnál vastagabb, nyomás alatti telítésnél a szijács teljesen átitatódik, a geszt kevésbé. Ha a kezelt lécet utólag elvágjuk vagy megfúrjuk, a belső, védetlen rész a felszínre kerül, ezért a vágott felületet utólag kezelni kell.

Figyelem. A telített fát vágás, fúrás, gyalulás után a megnyitott felületeken (különösen a bütün) a gyártó által ajánlott utókezelő szerrel újra kell kezelni. A telített fa megmunkálása elszívással, FFP2/FFP3 légzésvédőben, kézi munkánál kesztyűben történjen; a forgácsot és a hulladékot ne égesd el, kezelt fa hulladékaként gyűjtsd (ellenőrizendő: biztonsági adatlap, hulladékjogszabály).

5.3.5.2. A szerek típusai

- **Vizes bázisú, sóalapú szerek:** Szagtalanok, emberre kevésbé veszélyesek, jól fedhetők, de a fát kissé érdesebbé tehetik (szálfelhúzás). A faanyagot szárazon kell tartani, amíg behatol.
- **Oldószeres szerek:** Mélyebben behatolnak, de erős szagúak, gyúlékonyak, és ártalmasak lehetnek a légutakra. Csak jól szellőző helyen, légzésvédőben használhatók.
- **Olajos szerek (pl. lenolajalapú):** Hagyományos, jól bedolgozható felületi védelmet adnak.
- **Kátrányolaj és kreozot:** Régi vasúti talpfák kezelésére használták. Ma már erős rákkeltő hatása miatt sok helyen tiltott vagy engedélyköteles (ellenőrizendő: aktuális ECHA/Biocid rendelet). Asztalosműhelyben **tilos** ilyet használni.

5.3.6. Szabvány és engedélyezés

Szabvány. A faanyag felhasználási körülményeit (kültéri, beltéri, talajjal érintkező stb.) szabványok osztályozzák (pl. az MSZ EN 335 sorozat használati osztályai; a pontos szabványjelölés és a jelenlegi osztályozás ellenőrizendő). Ez alapján választjuk ki a megfelelő telítési módot és hatóanyagot.

Szabvány. A faanyagvédő szerek **biocid termékek**. Az Európai Unióban a Biocid Rendelet (BPR, 528/2012/EU – ellenőrizendő: hatályos módosítások; a faanyagvédő szer a 8. terméktípus, PT8) szabályozza az engedélyezésüket. Csak olyan terméket használj, amelyik rendelkezik engedélyszámmal, és a címkéjén jól láthatóan szerepel a hatóanyag, az engedélyszám, a terméktípus (PT8), a felhasználási (használati) osztály és a veszélyességi jelölés (CLP piktogramok).

Biztonság. A faanyagvédő szerek vegyi anyagok, ezért a Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap alfejezetben tanultak szerint kell velük dolgozni: - **Egyéni védőeszköz:** Kémiailag ellenálló kesztyű, védőszemüveg, és ha a biztonsági adatlap írja elő, légzésvédő maszk (pl. szerves gőz elleni szűrő). - **Soha ne kenj fel védőszert zárt, szellőzés nélküli helyiségben!** A párolgó oldószerek szédülést, fejfájást okozhatnak. - **Tűzvédelem:** Az oldószeres szerek tűzveszélyesek. Nyílt láng, szikraképződés és dohányzás tilos a munkaterületen. - **Hulladékkezelés:** A megmaradt szert és a szennyezett rongyot vegyi hulladékként kell kezelni. **Tilos** a lefolyóba önteni! Az olajos rongyot ne gyűrd össze, mert az öngyulladás veszélye miatt fémdobozban, lezárva kell gyűjteni.

5.3.7. Hőkezelt és módosított fa (alternatívák)

Az utóbbi években egyre elterjedtebbek a vegyszermentes, hőkezelt vagy módosított faanyagok.

- **Hőkezelt fa (termofa):** A fát 180–230 °C-on, gőzközegben kezelik. Ennek hatására a fa vízmegkötő képessége csökken, ezért kisebb a dagadása/zsugorodása és jobban ellenáll a gombáknak. Hátránya, hogy a fa ridegebbé, törékenyebbé válik, ezért hajlításra kevésbé alkalmas. (A pontos hőmérséklet és tulajdonságváltozás gyártófüggő, ellenőrizendő.)
- **Acetilált fa:** Kémiai módosítással (ecetsavanhidriddel) kezelik, így a fa sejtfala vizet taszítóvá válik (gyakori kereskedelmi név pl. Accoya, ellenőrizendő a gyártói adatlap). Nagyon tartós, de drágább; a megmunkálásnál a gyártói ajánlás (szerszám, kötőelem: rozsdamentes) a mérvadó (ellenőrizendő).
- **Furfurilált és gyantával telített fa:** furfuril-alkohollal vagy műgyantával telítik, majd hőkezelik (ellenőrizendő: gyártói adatlap); kevésbé elterjedt.

Megjegyzés. Ezek a kezelt faanyagok sok esetben kiváltják a vegyi védőszereket. Kültéri asztalosmunkánál érdemes ezeket is ajánlani a vevőnek, mert hosszú távon kiszámíthatóbbak, és nem tartalmaznak kioldódó biocidokat.

5.3.8. Technológiai lap

Technológiai lap. Kültéri faanyag védőkezelése ecseteléssel.

- **Cél:** Kültéri lucfenyő alkatrész megelőző gomba- és rovarvédelme alapozó lazúrral vagy faanyagvédő szerrel.
- **Anyagok:** Kültéri vizes vagy oldószeres alapozó (biocid vagy kombinált lazúr), csiszolópapír (pl. 120-as), tiszta rongy.
- **Szerszámok:** Ecset, műanyag keverőpohár, kesztyű.
- **Egyéni védőeszköz:** Védőkesztyű, védőszemüveg, munkaruha; oldószeres szernél légzésvédő.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A felület előkészítéséhez használt csiszológéppel elszívás mellett, FFP2 (keményfánál FFP3) porvédő félálarcban és védőszemüvegben dolgozz (ellenőrizendő: gépkönyv). Forgó csiszológépnél kesztyűt ne viselj (behúzásveszély); a vegyszerálló kesztyűt csak a védőszer felhordásához vedd fel, a gép használata után.

Lépések: 1. **Anyagellenőrzés.** A fa legyen kellően száraz. Kültéri vizes bázisú szerhez a fanedvesség legyen 18% alatt (ellenőrizendő: a termék adatlapja szerinti érték). – *Ellenőrzés: nedvességmérővel mérünk.* 2. **Előkészítés.** Csiszold simára az alkatrészt, és portalanítsd. A bütüt tedd érdesre, hogy a szer jobban beszívódjon. – *Ellenőrzés: tiszta, zsírmentes, pormentes felület.* 3. **Szer előkészítése.** Alaposan keverd fel a védőszert a dobozban! – *Ellenőrzés: a fenéküledék felkeveredett.* 4. **Felhordás.** Első lépésként a **bütükre** kenj bőségesen, amíg a fa már nem szívja be. Ezután a felületeket folyásirányban, egyenletesen kend le. – *Ellenőrzés: nincs fényes tócsa, de a felület nedvesen csillog.* 5. **Szárítás.** Tartsd be a gyártó által megadott száradási időt, mielőtt a következő réteget felhordanád. – *Ellenőrzés: tapintásra nem ragad.* 6. **Második réteg.** Kültérre mindig dolgozz legalább két-három réteggel! A vizes bázisú szereknél a második réteg előtti enyhe köztes csiszolás javítja a tapadást. – *Ellenőrzés: fedőréteg egyenletes, nincs folt.* 7. **Tisztítás.** A szerszámokat azonnal mosd el (vizes bázisúnál vízzel, oldószernél hígítóval). A hulladékot gyűjtsd zárt edénybe. – *Ellenőrzés: munkaterület tiszta, anyag biztonságosan tárolva.*

5.3.9. Minőségellenőrzés

A kezelés után ellenőrizni kell a megmunkált alkatrészt: - **Bevonat vastagsága:** Szemrevételezéssel és rétegvastagság-mérővel ellenőrzünk (tájékoztató érték ecsetelt lazúrnál: 20–40 µm rétegenként, ellenőrizendő a gyártói adatlapon). - **Befedettség:** Nincs-e kihagyott, matt, száraz folt (különösen a bütüön és az éleken)? - **Tapadás:** A szer ne porozzon, ne legyen ragacsos. - Ha a felület repedezett, vagy a szer nem fed, az anyaghiba vagy rossz hőmérséklet miatt történhetett. Ilyenkor a hibás réteget le kell csiszolni és újra kell kezelni.

5.3.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba: A kezelt fa néhány hónap múlva penészedik vagy korhad. - *Ok:* A szert nem a bütüre és az élekre koncentrálva vitték fel, vagy a fa nedves volt. A gomba a védőfólia alól támad. - *Helyes gyakorlat:* A kezelés előtt szárítsd a fát, a bütüt addig itasd, amíg bírja, és szerkezetileg biztosítsd a vízelvezetést.

Hiba: A felület ragacsos vagy foltos marad. - *Ok:* Túl vastagon vitték fel a szert, vagy nem tartották be a rétegközi száradási időt. - *Helyes gyakorlat:* Vékony, egyenletes rétegekben dolgozz. „Inkább kétszer vékonyan, mint egyszer vastagon.”

Hiba: A munkás szédül, fejfáj. - *Ok:* Oldószeres szerrel zárt helyiségben dolgozott, légzésvédő és elszívás nélkül. - *Helyes gyakorlat:* Mindig olvasd el a biztonsági adatlapot! Biztosítsunk kereszthuzatot vagy helyi elszívást, és viseljünk gázszűrő maszkot.

5.3.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos kültéri spalettát készített. A megrendelő ragaszkodott a festett, világos színhez. Az asztalos a spaletta léceit nem kezelte külön védőszerrel, csak alapozta és festette. Két év múlva a vevő reklamált: a festék a lécek bütüin és a vízszintes kötéseknél felhólyagzott, alatta a fa szürke és puha lett. A vizsgálat során az asztalos látta, hogy a spaletta felső vízszintes záróléceín a víz megállt, és a bütüket nem védte le szerkezetileg. A megoldás az volt, hogy az új léceket gombaölő alapozóval itatták át, a bütüket kétszer kezelték, a vízszintes záróléc tetejére pedig lejtőt és cseppentő élt gyalultak. A tanulság: a festék önmagában nem faanyagvédelem; a védelmet a szerkezet + a biocid alapozó adja.

5.3.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A vegyi faanyagvédelem hatékonyabb, mint a szerkezeti védelem.
2. Miért kell a bütüt külön is védeni és többször itatni szerrel?
3. Felsorol-e legalább három olyan szerkezeti megoldást, amely a vizet elvezeti a kültéri fáról?
4. Mi a különbség a megelőző és a megszüntető faanyagvédő kezelés között?
5. Milyen egyéni védőeszközt használsz oldószeres védőszer ecsetelésénél?
6. Miért kell az olajos rongyot fémdobozban gyűjteni?

5.3.13. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a szerkezeti faanyagvédelem öt alapelvét egy kültéri virágláda tervezéséhez.

2. feladat (B) Egy vevő kerti padot kér lucfenyőből. A pad lábai közvetlenül a gyepen állnának. Írj egy rövid műszaki javaslatot: hogyan védenéd a lábak végét szerkezetileg és vegyileg, hogy ne rohadjanak el?

3. feladat (C) Vizsgáld meg a hibát: Egy frissen kezelt, kültéri asztallap alján a lakkréteg alatt szürke, ecsetfolt-szerű elszíneződés jelenik meg. Mi lehet az ok, és hogyan előznéd meg?

4. feladat (D) Készíts technológiai lépéssort kerti spaletta léceinek kezelésére. A lépések tartalmazzák a fanedvesség-ellenőrzést, a gyalulás/bütü-előkészítés, a felhordás és a száradás paramétereit is. Jelöld, hol használnál egyéni védőeszközt.

5. feladat (A) Mi a különbség a megelőző és a megszüntető kezelés között? Adj példát mindkettőre!

6. feladat (B) 12 db 1800 × 95 × 20 mm-es spalettaléc minden oldalát kétszer kezeljük; a szer kiadósága 10 m²/l (mintaadat, ellenőrizendő: termékadatlap). Hány liter szer kell 10 % ráhagyással?

5.3.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok: 1. Hamis. A szerkezeti védelem az elsődleges, a vegyi védelem csak kiegészíti. 2. A bütü a legnagyobb vízfelszívó felület, mert itt a rostok üregei nyitottak. Ezért a védőszer itt hatol be a legkönnyebben, de itt is fogy a legtöbb, tehát többször kell itatni. 3. Cseppentő él, lejtés kialakítása, légrés a hátsó oldalon, pontszerű alátámasztás. 4. Megelőző: egészséges fát kezelünk, hogy ne fertőződjön meg. Megszüntető: már megtámadott fát kezelünk a kártevő elpusztítására. 5. Kémiailag ellenálló kesztyű, védőszemüveg, gőz-/gázszűrős légzésvédő maszk. 6. Mert az olajos rongy levegőn lassan oxidálódik, hőt termel, és önmagától meggyulladhat.

Feladatok megoldásai:

1. feladat (A) Virágláda esetén: (1) A láda alja ne álljon közvetlenül a talajon, kapjon lábakat. (2) A belső oldalra fóliaborítást vagy légrést teszünk, de a felesleges vizet ki kell vezetni. (3) A tető- vagy peremlécek kapjanak lejtést. (4) A bütüket takarjuk le vagy fordítsuk el az esőtől. (5) Használjunk tartós fafajt (pl. vörösfenyő) vagy nyomás alatt telített lucfenyőt.

2. feladat (B) Szerkezetileg: A láb végét nem állítjuk közvetlenül a fűbe. Betonba rakott, rozsdamentes **fémpapucsot** vagy állítható műanyag lábvéget szerelünk fel, amely 3–5 cm-re kiemeli a fát. A láb bütüjét a papucs oldala is takarja. Vegyileg: A láb alsó 20–30 cm-ét munka közben telítjük: bemártogatjuk vagy többször ecseteljük gomba- és rovarölő alapozóval, majd a

felületi lazúrral bevonjuk. Az így megvédett láb a lecsapódó víztől is védve lesz, mert a papucsról lefolyik a víz.

3. feladat (C) A hiba oka: A faanyag a kezelés előtt túl nedves volt, vagy az asztallap alatt a cseppentő él hiánya miatt a víz megállt, és a lakk alá szivárgott. A szürke elszíneződés gomba vagy penész. A megelőzés: A felületkezelés előtt nedvességmérővel ellenőrizzük a fát (17–18% alatt, ellenőrizendő), és a lap alsó síkját kezeljük le, valamint alakítsunk ki cseppentő élt, hogy a víz ne az anyagba szivárogjon.

4. feladat (D) Technológiai lépéssor: 1. **Száraz anyag ellenőrzése:** Nedvességmérővel ellenőrzés (max. 18%). 2. **Gyalulás:** A lécek éleit letörjük (kis élletörés), a bütüit simára vágjuk. *Facsiszológép használatakor porvédő félálarc (FFP2).* 3. **Tisztítás:** Portalanítás tiszta, száraz ronggyal. 4. **Alapozó védőszer:** Vizes bázisú, bütüre és élekre duplán felhordva. *Egyéni védőeszköz: kémiailag ellenálló kesztyű, védőszemüveg.* 5. **Szárítás:** Gyártó által megadott idő, pl. 24 óra. *Ellenőrzés: ujjpróba, nem ragad.* 6. **Köztes csiszolás:** Finom papírral (pl. 240-es) a szálfelhúzás eltávolítása. *Maszk.* 7. **Rétegező lazúr:** Két réteg felhordása. *Egyéni védőeszköz: kesztyű, szemüveg, szellőztetés.* 8. **Szerszámtisztítás:** Forró vizes ecsetmosás.

5. feladat (A) megoldás Megelőző kezelés: egészséges, új faanyagot kezelünk, hogy gomba vagy rovar ne telepedjen meg benne (pl. új kerítésléc alapozása). Megszüntető kezelés: már megtámadott, még menthető faanyagot kezelünk, hogy a kártevő elpusztuljon (pl. szuvas bútorláb felújítása).

6. feladat (B) megoldás Egy léc felülete: $2 \cdot (1{,}8 \cdot 0{,}095 + 1{,}8 \cdot 0{,}020 + 0{,}095 \cdot 0{,}020) = 2 \cdot 0{,}2089 = 0{,}4178\,\mathrm{m}^2$. 12 db: $12 \cdot 0{,}4178 = 5{,}014\,\mathrm{m}^2$; két réteg: $10{,}03\,\mathrm{m}^2$; szükséges szer: $10{,}03/10 = 1{,}003$ l; 10 % ráhagyással $1{,}003 \cdot 1{,}1 \approx 1{,}1$ l.

5.3.15. Rövid összefoglaló

A faanyagvédelem két pillérből áll: a **szerkezeti (konstrukciós)** és a **vegyi** védelemből. A szerkezeti védelem a hatékonyabb: vízelvezetés (cseppentő él, lejtés), bütük elzárása, kiszellőzés (légrés) és a talajtól való távolság. A vegyi védelem **biocid** szerekkel (megelőző vagy megszüntető jelleggel) egészíti ki, elsősorban **ecseteléssel, mártással vagy ipari nyomásos telítéssel**. A faanyagvédő szerek veszélyes anyagok; csak engedélyezett, címkézett terméket, a biztonsági adatlap szerinti védőfelszerelésben és szellőzés mellett használjunk. Az oldószeres szerek tűzveszélyesek, a hulladékot zártan kell gyűjteni. Környezetkímélő alternatívát jelentenek a **hőkezelt (termofa)** és **módosított (acetilált)** faanyagok. A legsikeresebb védelem mindig a „konstrukció + vegyszer” kombinációja. **Továbbvitt eredmény.** A szerkezeti védelmi elveket (cseppentő él, kiszellőzés, bütü elfordítása) a Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések alfejezetben alkalmazzuk a csapóesőnek kitett termékeknél.

5.3.16. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** Faanyagvédelmi szakkönyvek (fejezet a faanyagvédelemről), biocid termékek biztonsági adatlapjai, faipari anyagismereti jegyzetek. A fa szerkezeti védelmének alapelvei stabil szakmai tudás.
- **Ellenőrizendő:**
  - A Biocid Rendelet (BPR) pontos, jelenleg hatályos uniós rendeletszáma.
  - A kültéri beépítésekre vonatkozó hazai építőipari előírások (OTSZ, OTÉK) aktuális távolság- és légrés-értékei.
  - Az MSZ EN 335 szabvány aktuális verziója és felhasználási osztályainak megnevezése.

– A tájékoztató jelleggel megadott fizikai paraméterek (légrés vastagság, fanedvesség-határ, száradási idők, termofa hőmérséklet) mindig a gyártói adatlapon ellenőrizendők.

6 Fafajok

6.1. Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók

6.1.1. Motiváció: miért kell ezt tanulnom?

Az asztalosműhelyben gyakori helyzet, hogy egy deszka, egy bútoralkatrész vagy egy beépített elem anyaga ismeretlen. Lehet leselejtezett, jelöletlen vagy vegyes tételből származó fűrészáru. A fafaj meghatározása nem elméleti játék: befolyásolja a megmunkálás módját, a ragasztást, a felületkezelést, a vasalatok rögzítését, a kinti beépítés tartósságát és az árat is. Ha például egy fehér, puha deszkát hárs helyett nyárnak nézünk, a pácolás vagy a marás másképp sikerül, mint vártuk.

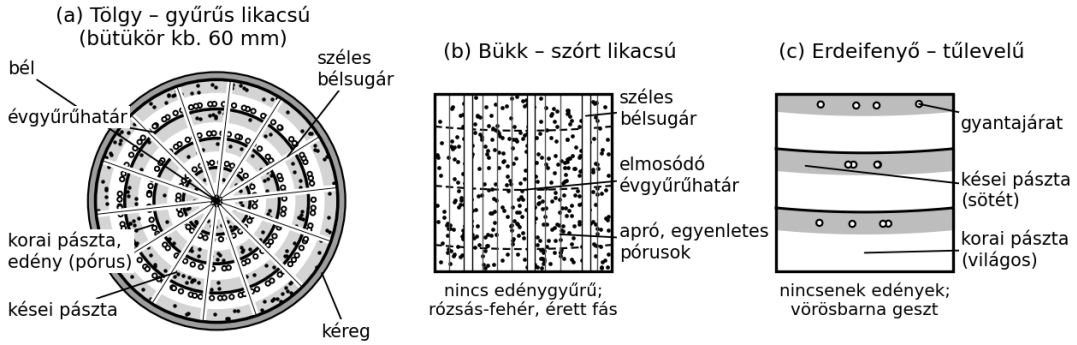
A **fafajfelismerés** tehát gyakorlati szűrő: gyors, nagyítós vizsgálattal eldönthetjük, milyen anyaggal dolgozunk. A pontos fafajmeghatározás a Hazai kemény lombos fafajok és a Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok alfejezetekben részletezett tulajdonságok alapja.

6.1.2. Szemléletes kép: mit látunk a bütüfelületen?

Képzeljünk el egy kb. 20 mm vastag, 50 mm széles tölgydarabot, amelynek a végét **bütüfelületnek** nevezzük – ez a rostokra merőleges metszet. Éles késsel simára vágva, 10-szeres nagyítóval nézve az alábbiakat látjuk:

- világos vagy sötét, koncentrikus **évgyűrűhatárokat**;
- a gyűrűhatár közelében nagy, lyukszerű **edényeket** (pórusokat), amelyek a gyűrűs likacsú fákra jellemzők;
- a sugár irányban futó, fényes, keskeny **bélsugarakat**, amelyek a tölgynél szabad szemmel is jól láthatók;
- a korai és kései pászta közötti szín- és sűrűségkülönbséget.

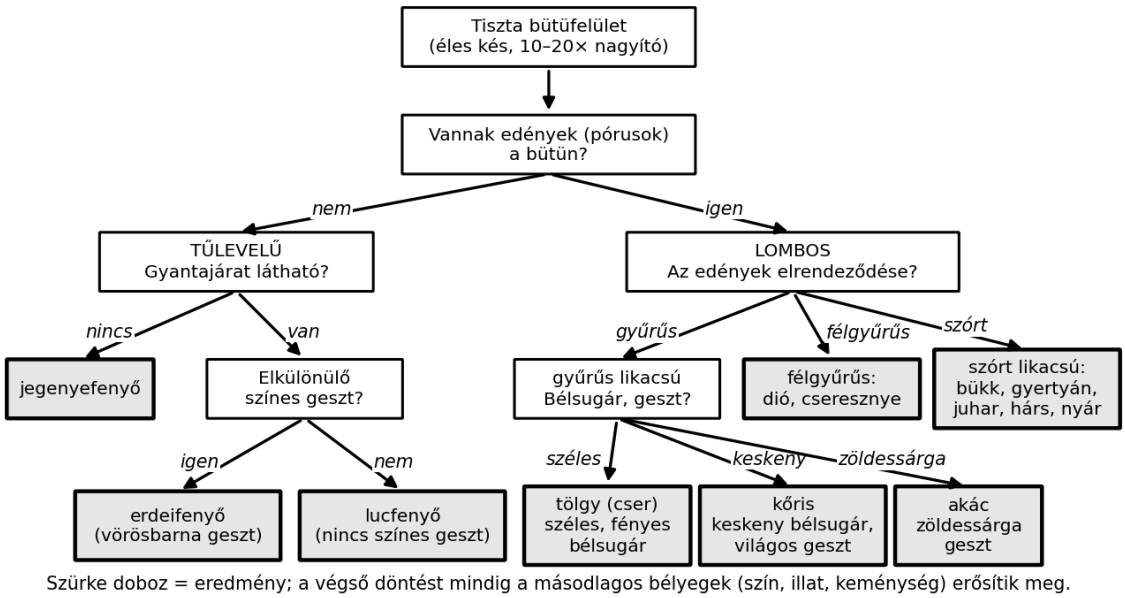
Ez a kép rögtön elválasztja a tölgyet egy szórt likacsú bükkfától, ahol az edények kicsik és nem alkotnak gyűrűt.



6.1. ábra. Tölgy, bükk és erdeifenyő bütüfelülete nagyítva (sematikus vonalrajz): a tölgy korai pásztájában nagy edények gyűrűje és széles bélsugarak, a bükkön apró, egyenletesen szórt pórusok, az erdeifenyőn edények nélkül sötét kései pászta és gyantajáratok

A rajzon balra a tölgy kb. 60 mm-es bütüköre látható: négy évgyűrű, mindegyik korai pásztájában a nagy edények gyűrűje, a sötétebb kései pászta és a bélből kifutó széles bélsugarak. Mellette összehasonlításként a bükk (szórt, apró pórusok, elmosódó évgyűrűhatár) és az erdeifenyő (edények nincsenek, a kései pásztában gyantajáratok) bütükivágata áll. A HTML-változatban nagyítólencsével vizsgálhatod a részleteket.

A határozás nem egyenes lépéssor, hanem elágazik: először azt döntjük el, vannak-e edények (lombos vagy tűlevelű), és innen más-más kérdés következik.



6.2. ábra. A fafaj-határozás elágazó menete a bütüfelületen: tűlevelű ágon a gyantajárat és a színes geszt, lombos ágon az edények elrendeződése (gyűrűs, félgyűrűs, szórt likacsú), majd a bélsugár és a geszt színe dönt

6.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **makroszkopikus fafajfelismerés** a faanyag szabad szemmel vagy legfeljebb 10–20-szoros nagyítóval látható szerkezeti jegyei alapján történő azonosítás. Nem igényel mikroszkópos

vizsgálatot, ezért a műhelyben vagy a telepítés helyszínén is alkalmazható.

Definíció. A három fő metszeti irány: - **bütűfelület** – a rostokra merőleges metszet, a fafajfelismerés legfontosabb felülete; - **sugármetszet** – a bélsugáron átmenő, a törzs tengelyével párhuzamos metszet; - **húrmetszet** – az évgyűrűket érintő, a bütüre merőleges, de a sugártól eltérő metszet.

Mindhárom metszet más-más rajzolatot ad, de a fafaj azonosításához általában a bütűfelületet vizsgáljuk először, mert ott látszanak a **primer (elsődleges) meghatározók**.

Definíció. Elsődleges meghatározók: azok a szövettani jegyek, amelyeket a bütűfelületen, nagyítóval, szinte mindig megbízhatóan látunk. Ilyenek:

- **geszt–szijács** – a törzs közepe felőli, elhalt, általában sötétebb **geszt** és a külső, élő, világosabb **szijács**;
- **évgyűrűhatár** – az egymás utáni évek növekedési zónáinak elválása; lehet éles (pl. tölgy, kőris) vagy alig látható (pl. hárs, nyár, bükk gyakran bizonytalan);
- **pászta** – az éven belüli korai (tavaszi) és kései (nyári) növekedési zóna; a kései pászta sötétebb, sűrűbb;
- **edények** – lombos fák vízszállító csövecskéi; a bütün lyukaknak, pórusoknak látszanak;
- **bélsugarak** – a bélből sugárirányban futó sejtsorok; szélességük és fényük fontos bélyeg;
- **gyantajáratok** – a tűlevelűek egy részénél látható, gyantát tartalmazó csatornák; szabályos vagy szórt elrendeződésűek.

Definíció. Másodlagos meghatározók: olyan kiegészítő tulajdonságok, amelyek erősítik vagy pontosítják az azonosítást, de önmagukban félrevezetők lehetnek, mert fafajon belül is változnak. Ilyenek: **szín, illat, sűrűség, keménység, fény, rajzolat**.

Szabály. Fafajt csak **több bélyeg együttes megléte** alapján határozunk. Egyetlen tulajdonság (pl. a szín) nem elegendő. Mindig a bütűfelület szerkezetéből indulunk ki, és csak utána vesszük figyelembe a színt, illatot, keménységet.

Szabály. A fafaj nevét a hazai szaknyelv szerint használjuk, és a vizsgálat körülményeit (nedvesség, metszet iránya, friss vagy öreg felület) dokumentáljuk, mert a szín és az illat változhat.

6.1.4. Elsődleges meghatározók részletesen

6.1.4.1. Tűlevelű, gyűrűs likacsú vagy szórt likacsú?

A legelső lépés annak eldöntése, hogy a fa **tűlevelű** vagy **lombos**. A tűlevelűek bütűfelületén nincsenek valódi edények; helyettük keskeny, sűrűn álló tracheidák vannak, amelyek szabad szemmel nem láthatók. A lombos fák bütüjén az edények lyukakként jelennek meg. Ez a különbség a legbiztosabb kiindulópont.

A lombos fák további csoportjai:

- **gyűrűs likacsú** – a korai pásztában egy vagy több sorban nagy edények ülnek, majd a kései pásztában kisebb edények vannak; a pásztahatár éles, a nagy edények gyűrűje jól látható (pl. tölgy, kőris, szil);
- **szórt likacsú** – az edények közel egyenletesen oszlanak el az évgyűrűn belül, általában kicsik, így a bütűfelület egyenletesen pontozott (pl. bükk, gyertyán, hárs, nyár, juhar);
- **félgyűrűs likacsú** – a korai pászta edényei nagyobbak, de nem alkotnak olyan feltűnő gyűrűt, mint a gyűrűs likacsúaknál (pl. dió, cseresznye). Ezt a csoportot a hazai fafajoknál kiegészítő bélyegként említjük.

Megjegyzés. A gyűrűs és szórt likacsú megkülönböztetés a fafajfelismerés legerősebb lépése. A tölgy és a bükk könnyen elválasztható: a tölgy bütüjén a nagy edények gyűrűje azonnal feltűnik, a bükkén apró, egyenletes pórusok vannak.

6.1.4.2. Geszt–szijács, évgyűrűhatár, pászta

A **geszt** a törzs belső, már elhalt része, amely gyakran sötétebb és tartósabb. A **szijács** a külső, világosabb, élő rész, amely vizet szállít. Nem minden fafaj gesztes: a bükk és a hárs **éretlen, színes geszt nélküli** fafaj, ezért náluk a színbeli különbség nem használható. A geszt–szijács határ a bütün sokszor szabálytalan vonal.

Az **évgyűrűhatár** a növekedési időszakok határa. A gyorsan nőtt, tág pásztájú fáknál jól látható; a lassan nőtt, egyenletes szövetű fáknál elmosódhat. A **korai pászta** világosabb, lazább, a **kései pászta** sötétebb, tömörebb. A pászta aránya és élessége fafajonként eltérő, de a termőhely is befolyásolja.

6.1.4.3. Bélsugarak és gyantajáratok

A **bélsugarak** a bélből induló, sugárirányú sejtsorok. A bütüfelületen vonalként, a sugármetszeten tükörfoltként, a húrmetszeten rövid, ferde vonalként látszanak. A tölgy bélsugarai szélesek és fényesek, szabad szemmel is könnyen észrevehetők; a bükk bélsugarai keskenyebbek, de nagyítóval szintén láthatók. A fenyőknél a bélsugarak általában finomak, kevésbé feltűnők.

A **gyantajáratok** csak egyes tűlevelűekben vannak. Az erdeifenyőben és a lucfenyőben a bütün apró, világos pontokként jelennek meg, gyakran a kései pászta közelében. A jegenyefenyőben és a tiszafában nincsenek valódi gyantajáratok, ezért ezeknél a fajoknál a gyantapont hiánya fontos negatív bélyeg. A gyantajáratok nem tévesztendők össze a lombos fák edényeivel: a gyantajáratok sokkal kisebbek, és nincs körülöttük pásztafüggő mintázat.

6.1.5. Másodlagos meghatározók

A másodlagos bélyegek a gyors, megerősítő azonosítást szolgálják.

- **Szín:** a frissen vágott felület színe jellemző, de a fény és az oxidáció változtatja. A tölgy gesztje sárgásbarna, a dióé sötétbarna, a lucé sárgásfehér – **(tájékoztató értékek, ellenőrizendő: friss minta alapján)**.
- **Illat:** egyes fák frissen gyalulva vagy vágva jellegzetes illatúak: a boróka, a cédrus, a tölgy, a luc. Az illat idővel gyengül, ezért friss metszeten vizsgáljuk.
- **Sűrűség:** a kézbe vett darab tömege és mérete alapján becsülhető; a pontos érték számítással mérhető. A nagy sűrűség kemény fát, a kis sűrűség puha fát jelez, de önmagában nem azonosít.
- **Keménység:** körömmel vagy próbavágással becsülhető. A gyertyán, az akác, a tölgy kemény; a hárs, a nyár, a fenyők puhábbak.
- **Fény:** a bélsugarak és a sejtfalak fényvisszaverése a sugár- és húrmetszeten rajzolatot ad. A tölgy sugármetszete fényes, tükrös; a bükké finomabb.
- **Rajzolat:** az évgyűrűk, edények, bélsugarak és színárnyalatok együttes képe. Ugyanaz a fafaj különböző termőhelyen más rajzolatot adhat.

Megjegyzés. A másodlagos bélyegek akkor hasznosak, ha a bütüfelületi szerkezet nem egyértelmű. Például a luc és a jegenyefenyő elkülönítésénél a gyantajárat megléte/hiánya az elsődleges bélyeg, a friss vágás illata és a színárnyalat csak kiegészítés.

6.1.6. Számítás: sűrűség és évgyűrűszélesség mint felismerési segédlet

A sűrűség másodlagos meghatározó, de gyors becsléssel segíthet a fafajcsoport kiválasztásában.

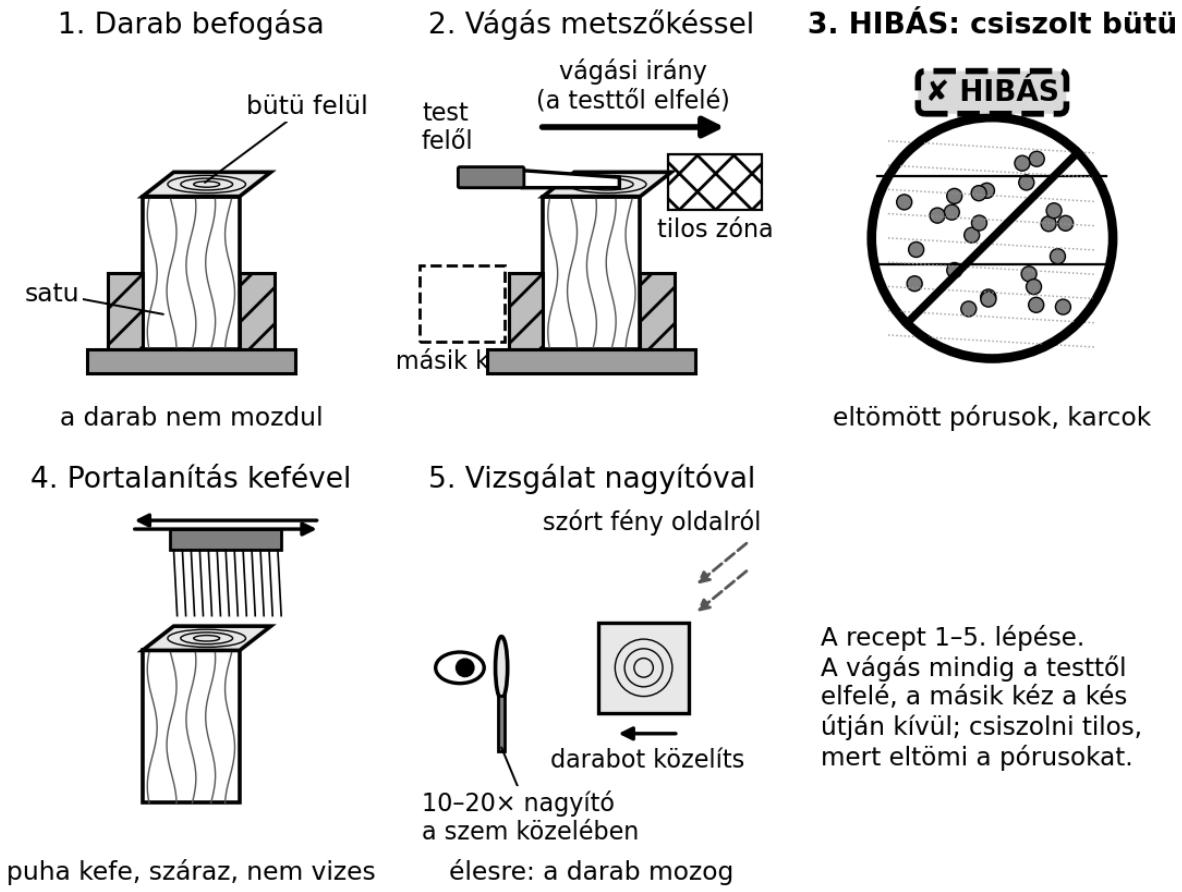
Számítás. Adott: próbatest mérete $20\,\text{mm} \times 20\,\text{mm} \times 20\,\text{mm}$, tömege $m = 7{,}2\,\text{g}$, nedvességtartalom $u \approx 12\,\%$ (légszáraz, tájékoztató). Keresett: sűrűség ρ_{12}. Képlet: $\rho = \frac{m}{V}$, ahol $V = 20\,\text{mm} \cdot 20\,\text{mm} \cdot 20\,\text{mm} = 8000\,\text{mm}^3 = 8\,\text{cm}^3$. Behelyettesítve: $\rho = \frac{7{,}2\,\text{g}}{8\,\text{cm}^3} = 0{,}9\,\text{g/cm}^3 = 900\,\text{kg/m}^3$. Ellenőrzés: a 900 kg/m³ körüli sűrűség kemény lombosra utal, pl. gyertyánra vagy akácra; a tölgy légszáraz sűrűsége jellemzően 650–760 kg/m³, a lucé 430–470 kg/m³ **(tájékoztató tartományok, ellenőrizendő: szakkönyvi táblázat)**. A próbatest tehát nagy valószínűséggel nem luc, nem is tölgy, hanem annál nehezebb fa.

Számítás. Adott: bütűfelületen 30 mm hosszon 25 évgyűrűhatár számolható. Keresett: átlagos évgyűrűszélesség. Képlet: $\overline{b}_{\text{gyűrű}} = \frac{l}{n} = \frac{30\,\text{mm}}{25} = 1{,}2\,\text{mm}$. Ellenőrzés: a szűk, kb. 1,2 mm-es évgyűrű lassú növekedésre utal, ami általában sűrűbb, keményebb fát jelent. Ez a bélyeg önmagában nem fafajazonosító, de a luc és az erdeifenyő elkülönítésénél az erdeifenyő gyakran szélesebb, sötétebb kései pásztájú; a pontos azonosításhoz a gyantajáratok elrendeződését is meg kell nézni.

6.1.7. A bütűfelület előkészítése és a nagyító használata

A helyes felismeréshez tiszta, roncsolásmentes bütűfelület kell. A tompa fűrész vagy a gyalu szálakat tép, a pórusokat eltömi, így a kép hamis lesz.

Eljárás – a bütűfelület előkészítése: 1. Válassz a darab végéből egy kb. 10–20 mm hosszú, tiszta szakaszt, repedés és korhadás nélkül. 2. Tiszta, éles **metszőkéssel** (lehetőleg egyenes élű, nem ívelt) vágj le vékony szeletet a bütüből. A kést a rostokra merőlegesen, a testtől elfelé irányítva vezesd. 3. Ha a vágás nem sima, ne csiszold azonnal: először ismételj egy vékonyabb késes vágást, mert a csiszolószemcse eldörzsöli a pórusokat. 4. A felületről puha kefével vagy száraz ruhával távolítsd el a port; nedves áttörlést ne használj, mert a víz megduzzasztja a sejteket és elmoshatja a finom bélyegeket. 5. Tartsd a bütüt erős, szórt fényben, lehetőleg természetes fénynél, és nézd **10–20-szoros nagyítóval**. A nagyítót lassan közelítsd a felületre, hogy a pórusok és bélsugarak élesek legyenek. 6. A megfigyelést azonnal rögzítsd: tűlevelű/lombos, edények elrendeződése, bélsugarak, szín, friss illat, keménység.



6.3. ábra. A bütűfelület előkészítése öt lépésben: a darab befogása, vágás metszőkéssel a testtől elfelé (a másik kéz a kés útján kívül), hibásan csiszolt, eltömött pórusú bütü, portalanítás puha kefével, vizsgálat 10–20× nagyítóval szórt, oldalsó fényben

Figyelem. A mintát mindig fogd be (satuba vagy befogópadra), a fogó kezed soha ne legyen a vágás irányában. Az éles kés vágásirányát mindig a testtől elfelé válaszd. A fogó kézen vágásbiztos kesztyű (pl. EN 388 szerinti vágásvédelmi szint – ellenőrizendő), a vágáshoz védőszemüveg kell. Pengecserés kést csak rögzített pengével használj; a letört pengét fedett tartóba gyűjtsd. A vágóeszköz használata előtt ellenőrizd, hogy a penge ép, a nyél pedig rögzített.

6.1.8. Határozókulcs lépésenként

Az alábbi egyszerű kulcs a leggyakoribb hazai fafajokhoz vezet. A lépéseket mindig a bütüfelületen kezdjük, majd kiegészítjük a másodlagos bélyegekkel. A felsorolt fafajnevek a Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok, Hazai kemény lombos fafajok és Lágy lombos és gyümölcsfák alfejezetekben kapnak részletes leírást.

Határozókulcs (szöveges, tájékoztató): 1. **A bütüfelületen nincsenek valódi edények, a fa tűlevelű.** → 2
A bütüfelületen edények (pórusok) láthatók, a fa lombos. → 4 2. **Gyantajáratok apró, világos pontokként láthatók.** → 3
Gyantajáratok nem láthatók, a fa gyakran egyenletesen finom szövetű. → jegenyefenyő (a lucnál gyengébb illat, nincs gyantapont) 3. **Gesztje vöröses-barnás, a gyantajáratok szabad szemmel is látható, számos pontok, a kései pászta sötét, éles.** → erdeifenyő

Geszt nem különül el, a gyantajáratok kicsik, ritkák (nagyítóval látszanak), a szín sárgásfehér, a fa puha. → lucfenyő 4. **A korai pásztában nagy edények gyűrűje látható, a pászta élesen elválik.** → 5
Az edények kicsik, egyenletesen szórtak, nincs feltűnő gyűrű. → 6
A korai pászta edényei nagyobbak, de a gyűrű nem olyan éles, mint a tölgynél. → félgyűrűs likacsú, pl. dió, cseresznye 5. **A bélsugarak szélesek, fényesek, szabad szemmel is jól láthatók; a geszt sárgásbarna–világosbarna, a fa kemény.** → tölgy
A bélsugarak keskenyebbek, a bütüfelület inkább pontozott; a geszt világosbarna, a frissen vágott felület szaga jellegzetes. → kőris
A geszt zöldessárga, nagyon kemény, a korai pászta edényei tilliszekkel eltömődtek. → akác
A kései pásztában hullámos edénysávok láthatók. → szil 6. **A bélsugarak szélesek, szabad szemmel láthatók, a szín rózsaszínes-fehér; a fa kemény, gyakran álgesztes lehet.** → bükk
A bélsugarak finomak, a szín szürkésfehér, a fa nagyon kemény, az évgyűrűhatár hullámos. → gyertyán
A bélsugarak alig láthatók, a fa puha, fehér vagy sárgásfehér; az évgyűrűhatár gyakran elmosódott. → 7
A bélsugarak nagyítóval közepesen láthatók; a fa közepesen kemény, a rajzolat finom. → juhar 7. **A frissen vágott felületnek nincs jellegzetes illata, a kéreg alatti rész enyhén szürkés; a fa nagyon könnyű.** → nyár
A friss vágás enyhén édeskés, a fa könnyű, de a színe sárgás; a bütüfelület zsíros tapintású lehet. → hárs

Megjegyzés. A határozókulcs a leggyakoribb fajokat különíti el; a jellemzők tájékoztatóak (ellenőrizendő: szakkönyvi határozó); a teljes azonosításhoz a fafajok alfejezeteit és a helyi mintagyűjteményt használjuk.

6.1.9. Technológiai lap: gyakorló mintakészlet összeállítása és bütüfelület előkészítése

Technológiai lap.
Cél: olyan névvel ellátott, tiszta bütüfelületű mintasorozat készítése, amely a későbbi fafajfelismerés gyakorlásához referenciaként szolgál.
Anyagok: 6–8 ismert fafaj (pl. luc, erdeifenyő, tölgy, bükk, kőris, gyertyán, nyár, hárs) egyenként kb. 30 mm × 30 mm × 30 mm-es darabjai; címke vagy vízálló toll.
Szerszámok: éles metszőkés, nagyító (10–20×), derékszög, acél vonalzó, puha kefe, tárolódoboz, munkanapló.
Egyéni védőeszközök: a fogó kézen vágásbiztos kesztyű (ellenőrizendő: EN 388 szint), a vágáshoz védőszemüveg; a pormentes munkához szükség esetén FFP porálarc. A mintát mindig befogva vágd.
Műveleti lépések: 1. Minden mintadarabon jelöld meg a rostirányt és a fafaj feltételezett nevét – ellenőrzés: a jelölés olvasható, nem téveszthető. 2. Vágj le a bütüről vékony, friss felületet a fent leírt késsel – ellenőrzés: a felület sima, nem szálkás, a pórusok nyitottak. 3. Tisztítsd meg a felületet puha kefével – ellenőrzés: nincs por vagy forgács a pórusokban. 4. Vizsgáld meg nagyítóval, és írd be a munkanaplóba az elsődleges bélyegeket: tűlevelű/lombos, edények/gyantajáratok, bélsugarak – ellenőrzés: minden sor ki van töltve, a megfigyelés a metszet irányát is tartalmazza. 5. Rögzítsd a másodlagos bélyegeket: szín friss vágáson, illat, becsült sűrűség/keménység – ellenőrzés: a becsült és a mért érték külön van jelölve. 6. Helyezd a mintákat külön rekeszes dobozba, a bütüfelületet ne dörzsölje más darab – ellenőrzés: a minták nem mozdulnak el, a címkék láthatók. 7. Dokumentáld a mintakészlet tartalmát a munkanaplóban: fafajnév, minta darabszáma, nedvesség állapota, a vizsgálat dátuma – ellenőrzés: a lista és a doboz tartalma

egyezik. 8. Ha bizonytalan a faj, tedd külön csoportba, és hasonlítsd össze a Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok, Hazai kemény lombos fafajok és Lágy lombos és gyümölcsfák alfejezetek leírásával – ellenőrzés: a bizonytalan minta nem kerül tévesen a névvel ellátott referenciák közé.

6.1.10. Minőségellenőrzés

A fafajfelismerés minősége azon múlik, hogy a metszet tiszta-e, a vizsgálat lépései következetesek-e, és a megfigyeléseket dokumentáltuk-e.

Ellenőrzési szempontok: - A bütüfelület sima, a pórusok és bélsugarak jól látszanak, nincs csiszolási por vagy tépett rost. - A nagyító nagyítása 10–20×, a felület megvilágítása egyenletes. - A határozókulcs minden lépésénél egyértelmű válasz van; a bizonytalan döntést jelöljük. - A másodlagos bélyegeket friss vágáson ellenőrizzük, és a sűrűséget mért adatból, nem csak „kézbe vettem” alapján becsüljük. - A gyakorló mintakészlet minden darabja névvel ellátott, és a bütüfelület nem sérült.

Ha eltérés van – például a minta poros, a metszet tompa, a határozókulcs ellentmondásos – a vizsgálatot megismételjük új vágással, nem erőltetjük a korábbi döntést.

6.1.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Tompa késsel vagy fűrésszel készített bütü.** A szálak eltömik az edényeket, a felület „gyűrött” lesz, és a gyűrűs likacsú fa is szórtnak tűnhet. Helyes gyakorlat: mindig friss, éles késes vágás, szükség esetén vékony szelet levétele.
2. **Csak a színre hagyatkozás.** A tölgy sötét gesztje hasonlíthat a dióhoz, a luc megsárgulhat, a bükk álgesztje vörösesbarna foltokat mutathat. Helyes gyakorlat: a bütüfelületi szerkezetből indulunk ki, a színt csak kiegészítésként használjuk.
3. **A nagyító kihagyása.** A hárs és a nyár, illetve a luc és a jegenyefenyő között csak apró bélyegek döntenek, amelyek szabad szemmel nem mindig látszanak. Helyes gyakorlat: mindig 10–20×-os nagyítót használjunk.
4. **Gyantajárat és edény összetévesztése.** A tűlevelűek gyantapontjai hasonlíthatnak apró pórusokhoz. Helyes gyakorlat: a gyantajáratok nem alkotnak pásztafüggő gyűrűt, és a fa tűlevelű jellegét a tracheidák finom szerkezete is jelzi.
5. **A minták keveredése dokumentálás nélkül.** A tanuló megnézi a bütüt, de nem írja fel, melyik darabot vizsgálta; később a referenciakészlet megbízhatatlanná válik. Helyes gyakorlat: minden minta azonosítója a darabon és a naplóban is szerepel.

6.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelybe vegyes, jelöletlen bontott fűrészáru érkezett. A tulajdonos egy sötét, kemény darabról azt feltételezte, hogy tölgy, és abból akart készíteni egy kültéri küszöböt. A munkatársa, miután éles késsel levágta a bütüt, nagyítóval megnézte: a nagy edények gyűrűje hiányzott, helyette apró, egyenletes pórusok és keskeny bélsugarak látszottak, a frissen vágott felület sűrű, fehér. A fa bükknek bizonyult. A bükk kültéren, talajközelben nem tartós, ezért a küszöbhöz nem lett volna megfelelő. A felismerés megelőzte a hibás beépítést: a darabot beltéri munkalapnak félretették, a küszöböt pedig tartósabb, tölgy anyagból készítették.

6.1.13. Önellenőrzés

1. Mi a bütüfelület, és miért ez a fafajfelismerés elsődleges felülete?
2. Sorold fel a három fő metszeti irányt, és mondd meg, melyiken látszanak a bélsugarak tükörfoltként.
3. Igaz vagy hamis? A gyantajáratok megléte a tűlevelűek minden fajánál megfigyelhető. Indokold!
4. Melyik két fafajt téveszthetjük össze leggyakrabban a fehér szín miatt? Milyen bütüjellel választhatók szét?
5. Egy bütüfelületen a korai pásztában nagy, gyűrűs edényeket látsz, a bélsugarak szélesek és fényesek. Melyik fafajcsoportba tartozik, és melyik hazai fafajra utal?
6. Miért nem elég a fafajfelismeréshez a szín?

6.1.14. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg a következő fogalmakat: bütüfelület, elsődleges meghatározó, geszt, szijács.

2. feladat (A). Sorold fel a tűlevelű, a gyűrűs likacsú és a szórt likacsú fák egy-egy jellemző bütüfelületi bélyegét, és mindegyik csoporthoz írj egy hazai példafajt.

3. feladat (B). Egy próbatest mérete $25\,\mathrm{mm} \times 25\,\mathrm{mm} \times 25\,\mathrm{mm}$, tömege $9{,}8\,\mathrm{g}$. Számítsd ki a sűrűséget $\mathrm{kg/m^3}$-ben, és döntsd el, melyik fafajcsoportra utalhat: puha fenyő, közepes lombos vagy nehéz lombos? A számítás lépéseit írd le.

4. feladat (B). Adott egy bütüfelület leírása: „A korai pásztában nagy pórusok alkotnak gyűrűt, a bélsugarak keskenyek, színük világosbarna, a friss vágás szaga jellegzetes.” Melyik hazai fafaj jöhet szóba, és miért nem tölgy? A határozókulcs lépéseit alkalmazva indokold.

5. feladat (C). Egy tanuló a következő megfigyelést írta: „A fa tűlevelű, nincsenek edények, gyantajáratok nincsenek, a szín sárgásfehér, a fa nagyon könnyű.” Melyik fafaj lehet, és milyen további bélyeget ellenőriznél a lucfenyőtől való biztos elkülönítéshez? Fogalmazd meg a határozókulcsban használt döntési pontokat.

6. feladat (D). Készíts egy egyszerű gyakorló mintakészletet öt ismert fafajból (pl. luc, erdeifenyő, tölgy, bükk, nyár). A technológiai lap alapján írd le a bütüfelület előkészítésének lépéseit, és töltsd ki a munkanapló táblázatát a következő oszlopokkal: minta jele, fafajnév, tűlevelű/lombos, edények/gyantajáratok, bélsugarak, szín, megjegyzés. A mintadarabok mérete $30\,\mathrm{mm} \times 30\,\mathrm{mm} \times 30\,\mathrm{mm}$.

6.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok 1. A bütüfelület a rostokra merőleges metszet; ott látszanak a legtöbb szerkezeti bélyeg (edények, bélsugarak, pásztá k), ezért ez a felismerés kiindulópontja. 2. Bütü-, sugár- és húrmetszet. A bélsugarak tükörfoltja a sugármetszeten jelenik meg. 3. Hamis. A gyantajáratok csak egyes tűlevelűekben vannak (pl. luc, erdeifenyő); a jegenyefenyőben tipikusan hiányoznak. 4. A nyár és a hárs. A hárs bütüje egyenletes, finom, nagyítóval jól látható keskeny bélsugarakkal, a fa egyenletesen sárgásfehér, a friss vágás enyhén édeskés illatú; a nyáré lazább, gyakran gyapjas vágású, szürkésfehér, a frissen vágott nedves nyár illata kellemetlen lehet, a geszt (ha van) barnás (ellenőrizendő: határozó). 5. Gyűrűs likacsú, a széles bélsugarak miatt tölgy. 6. A szín fafajon belül is változik a termőhely, a kor, az oxidáció miatt; csak kiegészítő bélyeg lehet, a szerkezeti jegyekkel együtt.

1. feladat (A).
Bütüfelület: a rostokra merőleges metszet. Elsődleges meghatározó: a bütüfelületen látható szövettani bélyeg (pl. edények, bélsugarak, gyantajáratok). Geszt: a törzs belső, elhalt, gyakran sötétebb része. Szijács: a törzs külső, élő, világosabb része. ∎

2. feladat (A).
Tűlevelű: nincsenek valódi edények; gyantajáratok lehetnek; példa: lucfenyő. Gyűrűs likacsú: a korai pásztában nagy edények gyűrűje; példa: tölgy. Szórt likacsú: apró, egyenletesen eloszló edények; példa: bükk. ∎

3. feladat (B).
Adott: $a = 25\,\text{mm}$, $m = 9{,}8\,\text{g}$.
Keresett: ρ.
$V = 25\,\text{mm} \cdot 25\,\text{mm} \cdot 25\,\text{mm} = 15\,625\,\text{mm}^3 = 15{,}625\,\text{cm}^3$.
$\rho = \frac{m}{V} = \frac{9{,}8\,\text{g}}{15{,}625\,\text{cm}^3} = 0{,}6272\,\text{g/cm}^3 = 627\,\text{kg/m}^3$.
Ellenőrzés: A 627 kg/m³ közepes lombos sűrűség (pl. kőris, juhar, cseresznye, illetve a tölgy alsó határa közelében); a puha fenyő 500 kg/m³ alatt, a nehéz lombos 750 kg/m³ fölött van **(tájékoztató tartományok, ellenőrizendő: szakkönyvi táblázat)**. A sűrűség önmagában nem azonosít, de kizárja a nagyon puha fát. ∎

4. feladat (B).
A leírás szerint a korai pásztában nagy edények gyűrűje van, tehát gyűrűs likacsú. A bélsugarak keskenyek, nem szélesek, ezért nem tölgy, hanem kőris valószínű. A jellegzetes, friss vágás illata is a kőrisre utal. A tölgy bütüjén a bélsugarak szélesek, fényesek lennének. ∎

5. feladat (C).
A leírás szerint tűlevelű, nincs gyantajárat, a fa könnyű, sárgásfehér – ez leginkább jegenyefenyő lehet. A lucfenyőtől való elkülönítésre ellenőrizni kell a friss vágás illatát (a luc kellemes, gyantás illata erősebb), a színt (a luc sárgás, a jegenye fehérebb), a keménységet és a vágásfelület kinézetét. A határozókulcs döntési pontjai: 1. tűlevelű → 2. gyantajárat nincs → jegenyefenyő; a lucnak lennének gyantajáratok. ∎

6. feladat (D).
Bütüfelület előkészítés: friss, éles késes vágás; por eltávolítása kefével; nagyító használata; megfigyelés rögzítése. Munkanap táblázat (példa):

Minta jele	Fafajnév	Tűlevelű/lombos	Edények/gyantajáratok	Bélsugarak	Szín	Megjegyzés
L1	lucfenyő	tűlevelű	gyantajáratok kicsik, ritkák	keskeny, alig látszik	sárgásfehér, geszt nem különül el	friss illat
EF2	erdeifenyő	tűlevelű	gyantajáratok nagyok, számosak	keskeny	vörösesbarna geszt	kései pászta sötét
T3	tölgy	lombos, gyűrűs likacsú	nagy edények a korai pásztában	széles, fényes	sárgásbarna geszt	kemény
B4	bükk	lombos, szórt likacsú	apró, egyenletes edények	szélesek, szabad szemmel láthatók	rózsaszínes-fehér, álgesztes lehet	nehéz, kemény

Minta jele	Fafajnév	Tűlevelű/lombos	Edények/gyantajáratok	Bélsugarak	Szín	Megjegyzés
NY5	nyár	lombos, szórt likacsú	apró edények	alig láthatók	fehér-szürkés	könnyű, puha

Megjegyzés. A táblázat a fajok tanulásához használt jegyzet; a pontos fajleírásokat a Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok, Hazai kemény lombos fafajok és Lágy lombos és gyümölcsfák alfejezetek tartalmazzák.

6.1.16. Rövid összefoglaló

A fafajfelismerés a bütüfelületről indul: éles késsel friss, sima metszetet készítünk, és 10–20-szoros nagyítóval vizsgáljuk a szerkezetet. A legerősebb elsődleges meghatározó a tűlevelű/lombos különbség, a lombosoknál az edények elrendeződése (gyűrűs, szórt vagy félgyűrűs likacsú), valamint a bélsugarak és a gyantajáratok. A geszt–szijács, az évgyűrűhatár és a pászták finomítják a döntést. A másodlagos bélyegek – szín, illat, sűrűség, keménység, fény, rajzolat – csak kiegészítők, mert fafajon belül is változnak. A határozókulcs lépésről lépésre vezet a leggyakoribb hazai fajokhoz: a luc a gyantajáratokról, a tölgy a nagy edények gyűrűjéről és széles bélsugarairól, a bükk az apró, szórt edényekről ismerhető fel. A gyakorló mintakészlet névvel ellátott, tiszta bütüfelületű referenciákat ad.

Továbbvitt eredmény. A határozás menetét – bütüfelület készítés, nagyítós vizsgálat, elsődleges bélyegek rögzítése, határozókulcs használata – alkalmazzuk a Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok, a Hazai kemény lombos fafajok, a Lágy lombos és gyümölcsfák, valamint a Furnérok: gyártás, fajták és felhasználás alfejezetekben, ahol az egyes fafajok részletes tulajdonságait tanuljuk meg.

6.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a faanatómiai és fafizikai alapismeretekre, valamint a hazai faipari szakkönyvekben és NÉBIH-anyagokban közölt határozóbélyegekre támaszkodik. A konkrét sűrűségtartományok, a pászta- és bélsugárleírások tájékoztató értékek; a pontos adatokat a fafajok alfejezeteiben, friss mintákon és hiteles szakkönyvi táblázatokban ellenőrizni kell. Az évgyűrű- és pásztaarányok, a fény- és illatleírások termőhelytől függően változnak; a leírás a tanulást segíti, nem laboratóriumi határozó jegyzőkönyv.

6.2. Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok

6.2.1. Bevezetés: miért épp fenyőt választunk?

A műhelyben sokszor ugyanaz a kérdés: „fenyőből csináljuk, de melyikből?” A válasz azon múlik, hogy a fa **kint** dolgozik-e (ablak, lépcső, kültéri burkolat), vagy **bent** (lambéria, bútorváz, díszléc), mekkora terhelést kap, és mennyire fontos a gyanta, a göcsösség vagy a felületkezelhetőség.

Ebben a fejezetben a hazai és Európában gyakran használt tűlevelű fafajokkal dolgozunk: **lucfenyő**, **jegenyefenyő**, **erdei fenyő**, **vörösfenyő** és **duglászfenyő**. A fajfelismerésnél a

Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók alfejezetben tanult jegyeket használjuk: szín, évgyűrűhatár, gyantajárat, szijács–geszt, illat, keménység, textúra.

Továbbvitt eredmény. A fenyőfajok itt megtanult tulajdonságait a fűrészáru-osztályozásnál (Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása) és a nyílászáróknál (Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek) újra elővesszük: ott azt kell eldönteni, hogy egy adott szabásjegyzék-tételhez melyik fenyő illik anyagminőségben, tartósságban és megmunkálhatóságban.

6.2.2. Szemléletes kép: négy fenyődeszka a gyalupadon

Tegyünk a gyalupadra négy, frissen gyalult deszkát (tájékoztató, jellemző kép):

1. **Lucfenyő**: halvány sárgásfehér, az évgyűrűhatárokon vékony sötétebb sáv, apró, sok göcs, nagyon könnyű, a felülete selymes.
2. **Jegenyefenyő**: szintén fehér, de a színe még inkább krémfehér, a göcsei kevésbé sötétek és gyakran egészséges, világos göcsök, gyantajáratok alig látszanak.
3. **Erdei fenyő**: vörösesbarna **geszt** és széles, világos sárgás szijács, erős gyantaillat, jól látható gyantajáratok.
4. **Vörösfenyő**: vörösesbarna, az évgyűrűhatárok élesek, a korai pászta világos, a késői pászta sötét; nehezebb, mint a luc, és nedvesen gyantásan illatos.

Ezután következik a pontos, műhelyben is használható leírás.

6.2.3. A tűlevelű faanyag közös jegyei és eltérései

Definíció. Tűlevelű fafajnak nevezzük a nyitvatermőkhöz tartozó fa- és cserjefajokat, amelyeknek többnyire tűleveleik vannak, fájukban pedig a lombos fák nagy részétől eltérően **nincsenek vagy alig vannak nagy átmérőjű vízszállító edények**. A vízszállítást vékony falú, hosszú sejtek, a **tracheidák** végzik.

Ez a felépítés adja azt a műhelyben jól érzékelhető tulajdonságot, hogy a fenyőfa általában **könnyebb, puhább és rugalmasabb**, mint a tölgy vagy bükk, és a felülete egyenletesen, „hosszú szálakban” gyalulható. A fenyőfajok egymástól viszont nagyon eltérnek abban, hogy mennyire gyantásak, milyen a szijács–geszt szerkezetük, mekkora a sűrűségük és milyen a tartósságuk.

Szabály. A fenyőfaj megnevezésekor mindig a **pontos fajnevet** használjuk a műhelyben, ne csak „fenyőt” mondjunk. A „fenyő” megnevezés nem azonosítja sem a sűrűséget, sem a tartósságot, sem az árat. A szabásjegyzékben és az ajánlatban tehát így szerepeljen: lucfenyő, erdei fenyő, vörösfenyő stb.

6.2.4. Lucfenyő

6.2.4.1. Felismerés

A **lucfenyő** (gyakori német neve a kereskedelemben: fichte) fája **halvány sárgásfehér**, a szijács és a geszt színe alig különbözik. Az évgyűrűk jól látszanak, mert a **késői pászta** keskeny, sötétebb sávot ad. A puhább korai pászta és a keményebb késői pászta váltakozása miatt a gyalult felületen enyhe hullámosság figyelhető meg.

A lucfenyőre jellemző a **sok, kemény, sötét göcs**, amely a száraz anyagban gyakran „kipottyan”, ha a göcs zsugorodása miatt meglazul. A gyantajáratok szabad szemmel alig láthatók, de a fa gyantás lehet, és a gyanta a felületen sárga cseppként vagy ragacsos foltként jelenik meg.

6.2.4.2. Tulajdonságok és felhasználás

A lucfenyő a legfontosabb **szerkezeti fa** a hazai és közép-európai asztalos- és építőiparban. Könnyű, jól szegezhető, csavarozható, jól ragasztható, jól gyalulható és jól pácolható, de a gyantát a felületkezelés előtt el kell távolítani.

Tájékoztató légszáraz sűrűsége körülbelül **400–500 kg/m³** a száradás utáni állapotban (ellenőrizendő szakkönyvi táblázat szerint). Ezért jó, ha könnyű szerkezet kell: bútorváz, ládakeret, falváz, lambéria, gerenda. A kemény göcsök miatt vágásnál a szerszámot jobban terheli, és a göcs környékén a fa hajlamos repedezni.

Gyakori felhasználás: beltéri lambéria, bútorváz, asztal- és szekrényalkatrészek, csomagolóanyag, építőipari fűrészáru, rétegelt lemez alapanyaga. Tömör, egy darabból készült lucfenyő kültéri ablakra kevésbé alkalmas (vetemedés, göcsök); a mai ablakgyártásban azonban elterjedt a rétegelt-ragasztott, hibamentesített lucfenyő vagy erdeifenyő profil (ellenőrizendő: gyártói adatlap), amely megfelelő kültéri felületkezelő rendszerrel tartós.

6.2.5. Jegenyefenyő

6.2.5.1. Felismerés

A **jegenyefenyő** fája a lucnál még egyenletesebb, **krémfehér** vagy halvány sárgásfehér. A szijács és a geszt nem különül el. Az évgyűrűk látszanak, de a késői pászta kevésbé éles. A legfontosabb felismerő jegy: a lucnál **kevesebb, világosabb, „húsosabb” göcs**; emellett a gyalult felületen a gyantajáratok hiánya miatt nincs annyi apró, sötét pont.

6.2.5.2. Tulajdonságok és felhasználás

A jegenyefenyő hasonlóan könnyű és puha, mint a luc, sűrűsége tájékoztatóan **400–500 kg/m³** (ellenőrizendő). A fa **kevésbé gyantás**, ezért sokkal hálásabb felületkezelni: a pácolás és a lakk egyenletesebb, a gyantafolt okozta elszíneződés ritkább.

Hátránya, hogy a fája hajlamos a **göcs körüli szöveti elváltozásokra** és a nedves állapotban való kékülésre, ezért gyorsan kell szárítani és jól szellőztetni. A lucnál gyakran kicsit puhább, ezért inkább belső szerkezetekhez, nem nagy kopásnak kitett felületekhez használjuk.

Gyakori felhasználás: beltéri lambéria, belső burkolatok, bútorváz, díszléc, redőny, zsalu, csomagolóanyag. Szerkezeti faanyagnak is használható, de általában a lucot jobban ismeri a piac.

6.2.6. Erdei fenyő

6.2.6.1. Felismerés: gesztes, gyantás

Az **erdei fenyő** a lucnál és a jegenyefenyőnél lényegesen jobban megmutatja a **szijács–geszt** elkülönülést. A **geszt** vörösesbarna, narancsos barna, idővel sötétedik; a **szijács** széles, halvány sárgásfehér. Ez az erős színkülönbség azonnal szembetűnő.

Az erdei fenyő erősen **gyantás**. A gyantajáratok a keresztmetszeten kis fehér pontokként, a hosszmetszeten vékony, sötét vonalakként látszanak. A fa frissen vágva erős, kellemes gyantaillatú. Az évgyűrűhatárok élesek: a korai pászta világos, a késői pászta vörösbarna sávot ad.

6.2.6.2. Tulajdonságok és felhasználás

Az erdei fenyő a lucnál **nehezebb, keményebb és tartósabb**, főleg a gesztje. A geszt természetes tartóssága jobb, mint a szijácsé, ezért kültéri használatra a **gesztben gazdag**, szinte szijácsmentes anyagot keressük. A széles szijács azonban kékülékre és rovarkárra hajlamos, ezért kültéren vegyi védelem vagy hőkezelés nélkül nem szabad szijácsos anyagot beépíteni.

A magas gyantatartalom miatt a szerszámokra gyanta rakódik, a csiszolópapír gyorsan eldugul, a felületkezelő anyag pedig foltosan köthet. Ezért erdei fenyőnél különösen fontos a **gyantamentesítés**.

Gyakori felhasználás: ablak- és ajtótok, beltéri és kültéri burkolat, bútor, lépcső, korlát, falburkolat, asztalosipari gyalult áru. Az ablakgyártásban hagyományosan a sűrű, gesztes, lassan nőtt erdei fenyőt használják, mert kellően merev és jól megmunkálható (a mai gyakorlatban a vörösfenyő és a tölgy mellett).

Fontos. Az erdei fenyőnél a szijács és a geszt zsugorodása eltérő, ezért a deszkák jobban hajlanak és csavarodnak, ha egy alkatrészben nagy szijács és nagy gesztfelület is van. Vágáskor a lehető legtöbb alkatrészt **gesztből** vagy **szijácsból** külön készítsük, és ne keverjük egy alkatrészen belül.

6.2.7. Vörösfenyő

6.2.7.1. Felismerés

A **vörösfenyő** az egyik legfontosabb tűlevelű fánk, amelynek **színes, vörösesbarna gesztje** és keskeny, világos szijácsa van. Az évgyűrűk nagyon élesek: a korai pászta világossárga, a késői pászta sötét vörösesbarna. A felülete durvább, mint a lucé, de a textúra erőteljes, dekoratív.

A fa **gyantás**, frissen fűrészelve markáns gyantaillatot áraszt. A gyantajáratok finomak, de a göcsök környékén gyakori a gyantafészek.

6.2.7.2. Tulajdonságok és felhasználás

A vörösfenyő a nálunk telepített fenyők közül a legkeményebb; gesztje mérsékelten tartós (ellenőrizendő: MSZ EN 350). Sűrűsége tájékoztatóan **550–600 kg/m³** (ellenőrizendő), tehát lényegesen nehezebb a lucnál. Kültéren, talajjal nem érintkező, jól kiszellőző szerkezetben (lépcső, burkolat, kerti bútor, erkélyburkolat) szerkezeti védelemmel jól bevált; talajjal érintkező elemhez (támfal, földbe állított oszlop) vegyi védelem vagy tartósabb fafaj (pl. akác) kell.

A vörösfenyő jól gyalulható, esztergályozható és marható, de a gyantája miatt a szerszámok könnyen ragacsosodnak, és a felületkezelés előtt szintén gyantamentesíteni kell. A nagyobb sűrűség miatt a szerszámok jobban terheltek, és a csiszolás is több időt vesz igénybe.

Gyakori felhasználás: kültéri és beltéri lépcső, kerti bútor, kerítés (talajtól elválasztva), erkélyburkolat, ablak és ajtó, hajópadló-szerű burkolat, díszlécek.

6.2.8. Duglászfenyő

6.2.8.1. Felismerés

A **duglászfenyő** (gyakran „amerikai duglászfenyő” vagy „oregon fenyő”) Közép-Európában telepített fafaj is. Fája **vörösesbarna**, de a vörösfenyőnél általában világosabb, rózsaszínes barna. Az évgyűrűhatárok szintén élesek, a korai pászta világos, a késői pászta sötét vörösesbarna sáv. A **szijács** keskeny, halvány sárgásfehér, a geszt színe jobban elválik. A fa gyantás, a gyantatartalom magas lehet.

6.2.8.2. Tulajdonságok és felhasználás

A duglászfenyő a vörösfenyőhöz hasonlóan **kemény**, gesztje mérsékelten tartós (ellenőrizendő: MSZ EN 350), sűrűsége tájékoztatóan **500–550 kg/m³** (ellenőrizendő). A fa jól szilárd, rugalmas, jól ragasztható és jól megmunkálható, de a kemény göcsök és a gyanta ugyanolyan gondot okozhat, mint az erdei fenyőnél.

A duglászfenyőt főleg **kültéri szerkezetekhez**, nyílászárókhoz, lépcsőkhöz és olyan helyekre használjuk, ahol nagyobb méretű, hosszú, egyenes, teherbíró faanyag kell. A kereskedelemben gyakran nagy méretű, válogatott, gesztes áruként kapható.

Figyelem. A duglászfenyő a magyar piacon gyakran importált anyag, ezért a pontos származás, minőség és tartósság a termékleírástól függ. Vásárláskor kérjük a gyártói/szállítói adatlapot vagy a fűrészáru minőségi osztályát.

6.2.9. Megmunkálhatóság: gyanta, göcsök, szerszámok

A fenyőfélék gépi és kézi megmunkálása általában könnyű, de három tényezőre figyelni kell:

1. **Gyanta.** A luc, erdei fenyő, vörösfenyő és duglászfenyő gyantája ráragad a fűrészlapra, marószerszámra, gyalukésre és csiszolópapírra. A gyantás felületet oldószerrel vagy speciális tisztítószerrel lehet letisztítani; a szerszámok tisztítását a gépkönyv szerint, a gép áramtalanítva és a szerszám leállva végezzük.
2. **Göcsök.** A göcs sűrűbb, keményebb, mint a környező fa, ezért a gyalulásnál és a marásnál a szerszám ugrálhat, a vágásél idő előtt tompul. A göcsös résznél az előtolást csökkentsük, és mindig éles szerszámot használjunk. Repedt, laza göcs esetén az alkatrészt vessük el, vagy a göcsöt távolítsuk el és javítsuk.

3. **Gyanta és nedvesség a felületkezelésnél.** A gyantás fenyőfát festés, pácolás vagy lakkozás előtt **gyantamentesíteni** kell, mert a gyanta később átverhet a bevonaton, sárga foltot, ragadós felületet vagy tapadási hibát okozhat.

Recipe: gyantamentesítés tömör fenyőn

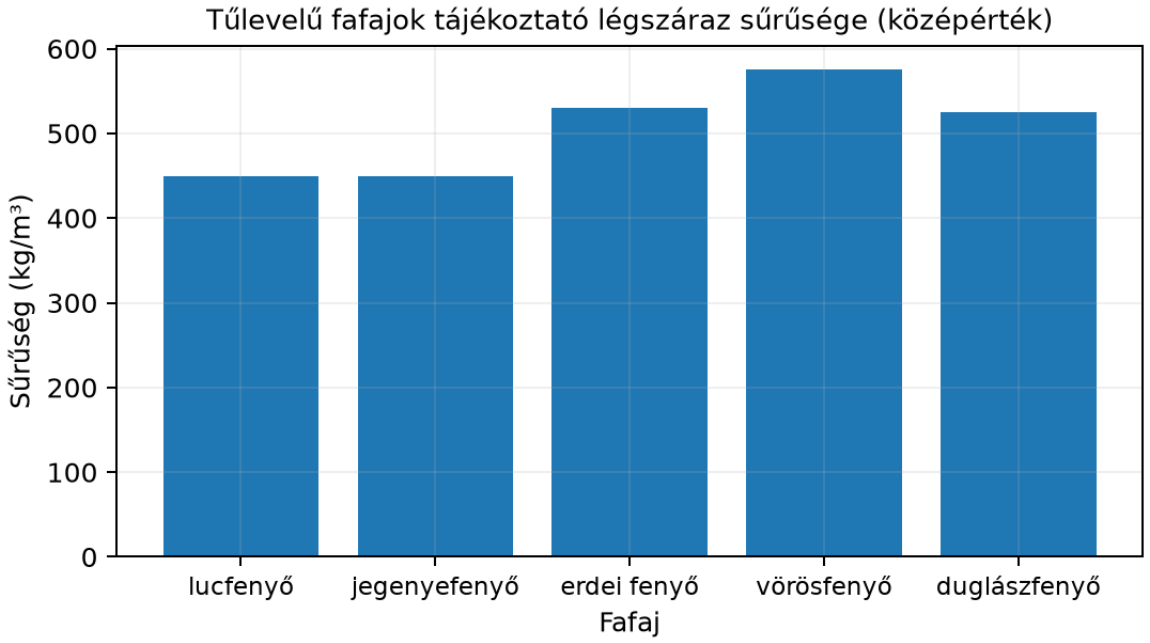
1. Csiszold a felületet 120–150-es szemcsemérettel, a port távolítsd el.
2. Válassz gyantamentesítő oldószert vagy tisztítószert, amelyet a gyártó fenyőre engedélyezett (ellenőrizd a termék műszaki adatlapját).
3. Tiszta, oldószerálló ronggyal vidd fel a szert a gyantás foltokra és a göcsök környékére; dolgozz jól szellőztetett helyen, viselj oldószerálló kesztyűt és adott esetben légzésvédőt.
4. Hagyd a szert megszáradni, majd ellenőrizd a felületet: ne maradjon ragadós minta.
5. Ha a gyanta újra átüt, ismételd meg; a még folyós gyantát hegyes vésővel óvatosan, sekélyen vágd ki, és töltsd ki megfelelő fapasztával, a gyantamentesítést pedig külön végezd.
6. A gyantamentesítés után végezd el a próbapácolást és a próbalakkozást egy rejtett felületen.

Tilos. A gyantás fát sűrűn, forró levegős pisztollyal hevíteni, mert a gyanta felolvad, mélyebbre hatol, és a felület gyakorlatilag tönkremegy. Ugyanígy tilos a gyantás csiszolatport forró fűrészlap vagy szikraforrás közelében hagyni: a finom fapor és a gyantás por éghető keveréket alkothat.

6.2.10. Nyílászárók, lépcsők, burkolatok: választási segédtáblázat

A táblázatban **tájékoztató** értékek szerepelnek. A tényleges kiválasztást a termék műszaki adatlapja, a fűrészáru-osztály és a beépítési hely igénye határozza meg.

Az alábbi oszlopdiagram a táblázat sűrűségtartományainak középértékét mutatja (tájékoztató, ellenőrizendő).



6.4. ábra. Tűlevelű fafajok tájékoztató légszáraz sűrűsége (középérték) - A választási táblázat tartományainak középértéke, u ≈ 12 %; a valós sűrűség a termőhelytől, a nedvességtartalomtól és az évgyűrűszélességtől is függ. Tájékoztató, szakkönyvi táblázatból ellenőrizendő.

Fafaj	Sűrűség tájékoztató (kg/m³)	Tartósság kültéren	Fő felhasználás	Megmunkálhatóság	Megjegyzés
Lucfenyő	400–500	gyenge; csak védve	beltéri szerkezet, lambéria, bútorváz	könnyű, de göcsös	gyakori, olcsó, jól pácolható
Jegenyefenyő	400–500	gyenge; csak védve	beltéri burkolat, bútorváz, díszléc	könnyű, kevés gyanta	kevésbé gyantás, de puhább
Erdei fenyő	510–550	gesztje mérsékelten tartós; szijácsa nem tartós; talajérintkezésre nem	ablak, ajtó, lépcső, burkolat	jól dolgozható, gyantás	gesztet válasszuk kültérre
Vörösfenyő	550–600	gesztje mérsékelten tartós; szijácsa nem tartós; talajérintkezésre nem	kültéri lépcső, kerti bútor, kerítés, ablak	keményebb, gyantás	a geszt mérsékelten tartós (ellenőrizendő)
Duglászfenyő	500–550	gesztje mérsékelten tartós; szijácsa nem tartós; talajérintkezésre nem	kültéri szerkezet, nyílászáró, lépcső	kemény, gyantás	gyakran import, ellenőrizendő adatok

Figyelem. A táblázat sűrűség- és tartóssági értékei **szakkönyvi tartományok**, nem pontos mérési adatok. A faanyag sűrűsége a termőhelytől, a szárítástól, az évgyűrűszélességtől és a nedvességtartalomtól is függ. Kültéri beépítésnél mindig kérdezd meg, hogy a szállítottanyag gesztaránya, nedvességtartalma és vegyi kezelése megfelel-e a beépítési osztálynak.

6.2.11. Választási döntés: ablak, lépcső, burkolat

Ha a feladat egy **ablak**, akkor az anyagnak egyenesnek, merevnek és jól profilmarhatónak kell lennie. A legjobb választás a lassan nőtt, gesztes **erdei fenyő**, a **vörösfenyő** vagy a **duglászfenyő**, mert ezek sűrűbbek és tartósabbak, mint a luc. Tömör luc tokot kültérre ne használj; rétegelt-ragasztott, hibamentesített luc profil megfelelő felületkezelő rendszerrel kültéren is bevált (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

Ha a feladat egy **lépcső**, akkor a kopásnak, hajlításnak és a nedvességváltozásnak is ellen kell állnia. Itt a **vörösfenyő** és a **duglászfenyő** a legjobb fenyőválasztás, mert kemények; kültéri lépcsőnél a szerkezeti védelem és a talajtól való elválasztás elengedhetetlen (a geszt csak

mérsékelten tartós, ellenőrizendő). Beltéri lépcsőnél az **erdei fenyő** is megfelel, ha sűrű gesztes anyagot választunk.

Ha a feladat **beltéri burkolat** (lambéria), akkor a könnyű, jól pácolható **luc** és a kevésbé gyantás **jegenyefenyő** a legkedveltebb. Ha **kültéri burkolat** kell (erkély, terasz), akkor a **vörösfenyő** vagy a **duglászfenyő** ajánlott, mert a luc és a szijácsos erdei fenyő hamar tönkremegy.

6.2.12. Valós életbeli alkalmazás: kültéri lépcsőfok reklamációja

Egy kivitelező egy kültéri lépcsőt rendelt. A rajzon a lépcsőfok „fenyő, gyalult, lakkozott” megnevezéssel szerepelt. Az asztalos a legolcsóbb lucfenyőből készítette el, és normál fára való lakkal vonta be. Két év után a fokok megvetemedtek, a lakkozás felpattogzott, a csapadék hatására a fa elszürkült és korhadni kezdett.

A hiba oka: a „fenyő” megnevezés nem volt egyértelmű, és a kültéri beépítéshez nem megfelelő fafajt választottak. A helyes gyakorlat: a rajzon és az ajánlatban pontosan meg kell nevezni a fafajt, és kültéri lépcsőhöz **vörösfenyőt** vagy **duglászfenyőt** kell használni; a fát gyantamentesíteni kell, és kültéri felületkezelő rendszert kell alkalmazni. Javítás: a fokok cseréje vörösfenyőre, a felület előkészítése és kültéri lazúr/lakk felhordása.

6.2.13. Önellenőrzés

1. Melyik fenyőfajnak van éles, vörösesbarna gesztje és erős gyantaillata?
2. Miért kell a gyantás fenyőt felületkezelés előtt gyantamentesíteni?
3. Igaz-e, hogy a lucfenyő a legjobb választás kültéri lépcsőfokhoz?
4. Milyen rajzi hibát jelent, ha a szabásjegyzékben csak „fenyő” szerepel?
5. A jegenyefenyő miért kevésbé problémás a pácolásnál, mint a luc?
6. Mire kell figyelni, ha erdei fenyőből készítesz kültéri tokot?

6.2.14. Feladatok

6.2.14.1. 1. feladat (A)

Sorold fel a hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajokat, és írd le, melyiknek különül el élesen a szijácsa és a gesztje.

6.2.14.2. 2. feladat (A)

Számítsd ki egy lucfenyőből készült deszka tömegét, ha a mérete: hossz 2,0 m, szélesség 100 mm, vastagság 20 mm, és a légszáraz sűrűséget 450 kg/m³-nek vesszük. Ellenőrizd a nagyságrendet.

6.2.14.3. 3. feladat (B)

Egy kültéri teraszburkolathoz két fafaj közül választasz: lucfenyő és vörösfenyő. A burkolat 12 m², a deszka vastagsága 20 mm. A luc ára mintaárként 450 000 Ft/m³, a vörösfenyő ára 650 000 Ft/m³. Számold ki a burkolathoz szükséges anyag térfogatát és anyagköltségét mindkét fafajjal, 10% hulladék-ráhagyással. Melyiket választod kültérre és miért?

6.2.14.4. 4. feladat (B)

Rajzolj le szövegesen egy faablak-tok keresztmetszetet erdei fenyőből. Írd le, milyen rajzi nézetet használsz, milyen méreteket adsz meg, és milyen anyagjelölést alkalmaznál a szakrajzon. Cél: a gyakorlatban is használható tokprofil vázlat.

6.2.14.5. 5. feladat (C)

Egy műhelyben az ablakgyártáshoz lucfenyőt használnak, de a kész tok két év után repedt és vetemedett. A vevő reklamál. Írd le, mi lehet a hiba oka, és milyen anyag- és technológiai módosításokat javasolsz a javításhoz és a megelőzéshez.

6.2.14.6. 6. feladat (D)

Készíts gyantamentesítési eljárást egy vörösfenyő lépcsőfokhoz. Add meg: a szükséges anyagokat, védőeszközöket, a művelet lépéseit, az ellenőrzési pontokat és a dokumentálást. Térj ki arra, mi történik, ha a gyantát nem távolítod el a lakkozás előtt.

6.2.15. Megoldások

6.2.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Az erdei fenyő és a vörösfenyő gesztje vörösesbarna; a vörösfenyő illata markánsan gyantás, az erdei fenyő is gyantás. Mindkettőre jellemző, de a legélesebb geszt-szijács elkülönülést az erdei fenyőnél látjuk.
2. A gyanta átüt a festék- és lakkfelületen, sárga vagy barnás foltot, ragadós, rosszul tapadó felületet okoz, és a bevonat idő előtt tönkre mehet.
3. Hamis. A lucfenyő kültéren kevésbé tartós, puha és nagy zsugorodás-dagadású; kültéri lépcsőhöz vörösfenyő vagy duglászfenyő való.
4. A „fenyő” megnevezés nem azonosítja a fafajt, ezért a sűrűséget, tartósságot, megmunkálhatóságot és az árat sem lehet pontosan megadni. A szabásjegyzékben konkrét fafajnevet kell írni.
5. A jegenyefenyő kevésbé gyantás, ezért a pác és a lakk egyenletesebben szívódik be, és kevesebb gyantafolt okoz hibát.
6. Kültéri tokhoz gesztben gazdag, szinte szijácsmentes erdei fenyőt használj; ellenőrizd a nedvességtartalmat, a gyantamentesítést és a kültéri felületkezelő rendszert; a szijácsos anyagot kerüld vagy kezeld megfelelően.

6.2.15.2. 1. feladat megoldása

A fajok: **lucfenyő, jegenyefenyő, erdei fenyő, vörösfenyő, duglászfenyő**. Éles szijács–geszt elkülönülés az **erdei fenyőnél** a legszembetűnőbb: a szijács halvány sárgásfehér, a geszt vöröses-barna. Ezen kívül a **vörösfenyőnél** és a **duglászfenyőnél** is látható szijács–geszt különbség, de általában kisebb, mint az erdei fenyőnél (a vörösfenyőnél keskeny a szijács).

6.2.15.3. 2. feladat megoldása

Adott: $l = 2{,}0\,\mathrm{m}$, $b = 100\,\mathrm{mm}$, $v = 20\,\mathrm{mm}$, $\rho = 450\,\mathrm{kg/m^3}$.
Keresett: m.
Képlet: $V = l \cdot b \cdot v$, majd $m = \rho \cdot V$.
Behelyettesítés:

$$V = 2{,}0\,\mathrm{m} \cdot 0{,}100\,\mathrm{m} \cdot 0{,}020\,\mathrm{m} = 0{,}004\,\mathrm{m^3}.$$

$$m = 450\,\mathrm{kg/m^3} \cdot 0{,}004\,\mathrm{m^3} = 1{,}8\,\mathrm{kg}.$$

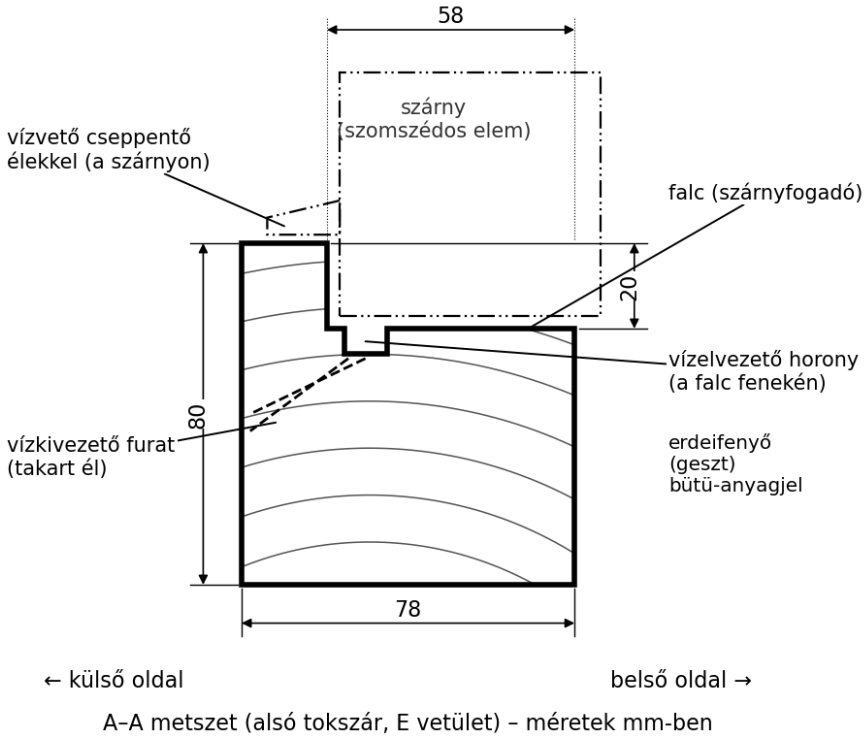
Ellenőrzés: egy 2 m hosszú, 10 cm széles, 2 cm vastag lucdeszka nagyjából 1,8 kg, ez reális.

6.2.15.4. 3. feladat megoldása

A burkolat térfogata $V = A \cdot v = 12\,\mathrm{m^2} \cdot 0{,}020\,\mathrm{m} = 0{,}24\,\mathrm{m^3}$.
10% hulladék: $V_{\text{össz}} = 0{,}24 \cdot 1{,}10 = 0{,}264\,\mathrm{m^3}$.
Luc költség: $0{,}264 \cdot 450\,000 = 118\,800\,\mathrm{Ft}$.
Vörösfenyő költség: $0{,}264 \cdot 650\,000 = 171\,600\,\mathrm{Ft}$.
Kültérre a **vörösfenyőt** választom, mert a lucnál tartósabb, keményebb, és a kültéri nedvességnek jobban ellenáll. A magasabb árat a hosszabb élettartam indokolja. Ellenőrzés: a vörösfenyő körülbelül 45%-kal drágább, de tartóssága sokkal jobb.

6.2.15.5. 4. feladat megoldása

Rajzleírás: **E vetületi rendben** készítenék egy **keresztmetszetet** a tokprofilról. A rajzon a metszet a tokszerkezet szélességére merőleges, és a tok alsó kapcsolatát mutatja. A tokszár 78 mm mély (külső–belső irányban) és 80 mm magas, az ablakfejezet 78 mm-es profiljához igazodva (tájékoztató méretek). A belső oldalán a szárnyfogadó falc (kb. 58 × 20 mm, tájékoztató) látszik, amelyre az ablakszárny csukódik; a falc fenekén vízelvezető horony fut, ebből vízkivezető furatok vezetnek a külső oldalra. A cseppentő élt nem a tokra, hanem a szárny vízvetőjére tervezzük. Az anyagjelölés: **erdei fenyő** – a metszetben a faanyag sraffozását a szabványos faanyagjelölés szerint húzom. A gyantagöcsöt a rajzon nem jelölöm, de a megjegyzésben feltüntetem, hogy a tokhoz gesztes erdei fenyőt kell használni. A rajz méreteit mm-ben adom meg, a méretszám mögé mértékegységet nem írok. A rostirányt a tok hossztengelyében jelölöm.



6.5. ábra. Erdeifenyő alsó tokszár metszete (E vetület, sematikus): 78 × 80 mm-es tok, 58 × 20 mm-es szárnyfogadó falc, a falc fenekén vízelvezető horony és kivezető furat; a szárny és a vízvető vékony kétpont-vonallal. Méretek mm-ben, tájékoztató, a profilrendszer tervlapja szerint ellenőrizendő

6.2.15.6. 5. feladat megoldása

A hiba lehetséges okai: a lucfenyő kültéri ablakra nem elég tartós, nagy a zsugorodás-dagadása, és a luc gyakran vetemedik, repedezik a nedvességváltozás hatására; továbbá a gyantás felületet nem gyantamentesítették, és esetleg nem megfelelő, kültéri beépítésre nem alkalmas lakkot használtak. Javítás: a tok anyagát cseréljük **gesztes erdei fenyőre, vörösfenyőre vagy duglászfenyőre**, vagy használjunk **rétegelt-ragasztott, hibamentesített profilt**; a szárny és a tok kapjon vízvetőt, cseppentőt. A fát szárítsuk a beépítési helynek megfelelő nedvességtartalomra (tájékoztató, ablaknál jellemzően 12–15%, ellenőrizendő). A felületkezelés előtt gyantamentesítsük, és használjunk kültéri, rugalmas, UV-álló lakkrendszert.

6.2.15.7. 6. feladat megoldása

Cél: fenyő lépcsőfok gyantamentesítése lakkozás előtt.
Anyagok: gyantamentesítő oldószer (gyártóilag engedélyezett fenyőre), tiszta oldószerálló rongy, megfelelő védőeszköz.
Gépbiztonság / egészségvédelem: jól szellőztetett helyiség, oldószerálló kesztyű, védőszemüveg, szükség szerint légzésvédő. Nyílt láng és hőforrás tilos.

Lépések: 1. Csiszold a fokot 120–150-es csiszolóanyaggal; port távolítsd el. – Ellenőrzés: a felület tiszta, szálmentes. 2. Vigyél fel gyantamentesítőt a gyantás foltokra; használj tiszta rongyot. – Ellenőrzés: az anyag ne folyjon le, a folt teljesen benedvesedett. 3. Hagyd a szert megszáradni a gyártói adat szerint. – Ellenőrzés: a felület nem ragad. 4. Ha a gyanta újra átüt,

ismételd meg; ha szükséges, sekélyen vágd ki a folyós gyantát, és töltsd ki fapassttal. – Ellenőrzés: nincs látható folyós gyanta. 5. Próbapácolj és próbalakkozz rejtett felületen. – Ellenőrzés: nincs gyantafolt, egyenletes a felület. 6. Dokumentáld a műveletet a munkalapon: anyag, rétegszám, száradási idő, észrevétel. – Ellenőrzés: aláírt, dátummal ellátott munkalap.

Ha a gyantát nem távolítod el, a lakk nem tapad, a gyanta átüt a bevonaton, sárga foltokat és ragacsos felületet okoz. A lépcső így idő előtt felületi hibás lesz, és újra kell csiszolni.

6.2.16. Rövid összefoglaló

A hazai és európai tűlevelű fafajok közül a **lucfenyő** és a **jegenyefenyő** világos, könnyű, puha; beltéri szerkezetre, lambériára és bútorvázra való. Jellemzőjük a sok, kemény göcs, a lucnál erősebb, a jegenyefenyőnél kisebb gyantatartalom. Az **erdei fenyő** szijácsa világos, gesztje vörösesbarna, erősen gyantás; a gesztje kültéren is jó tartósságú, ezért ablakhoz, ajtóhoz, kültéri burkolathoz és lépcsőhöz a gesztben gazdag anyagot használjuk. A **vörösfenyő** és a **duglászfenyő** a legkeményebb telepített tűlevelű anyagok közé tartozik, gesztjük mérsékelten tartós (ellenőrizendő); talajjal nem érintkező kültéri szerkezethez, lépcsőhöz, kerti bútorhoz szerkezeti védelemmel használhatók. Minden gyantás fenyőfajnál **gyantamentesítést** kell végezni a felületkezelés előtt, mert a gyanta átüthet a pácon és a lakkon. A szabásjegyzékben és az ajánlatban mindig a pontos fafajnevet tüntesd fel, ne csak „fenyőt”.

Továbbvitt eredmény. A fenyőfajok itt megtanult tulajdonságait a fűrészáru-osztályozásnál (Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása) arra használjuk, hogy az anyagnorma és a szabásjegyzék szerint a megfelelő fenyőt rendeljük; nyílászáróknál (Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek) pedig az ablak- és ajtótok anyagválasztásában térünk vissza rá.

6.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Szakkönyvi faanyagismereti táblázatok (sűrűség, tartósság, zsugorodás) – ellenőrizendő a pontos, fafajra és termőhelyre jellemző adat.
- MSZ EN fűrészáru-osztályozási szabványok – ellenőrizendő a fenyő fűrészáru minőségi osztályaira vonatkozó pontos jelölés.
- Kültéri felhasználási osztályok és faanyagvédő szer engedélyezés – ellenőrizendő a hatályos előírások szerint.
- Felületkezelő és gyantamentesítő termékek gyártói adatlapjai – a használat, hígítás, száradási idő és védőeszköz-igény gyártónként eltér.

6.3. Hazai kemény lombos fafajok

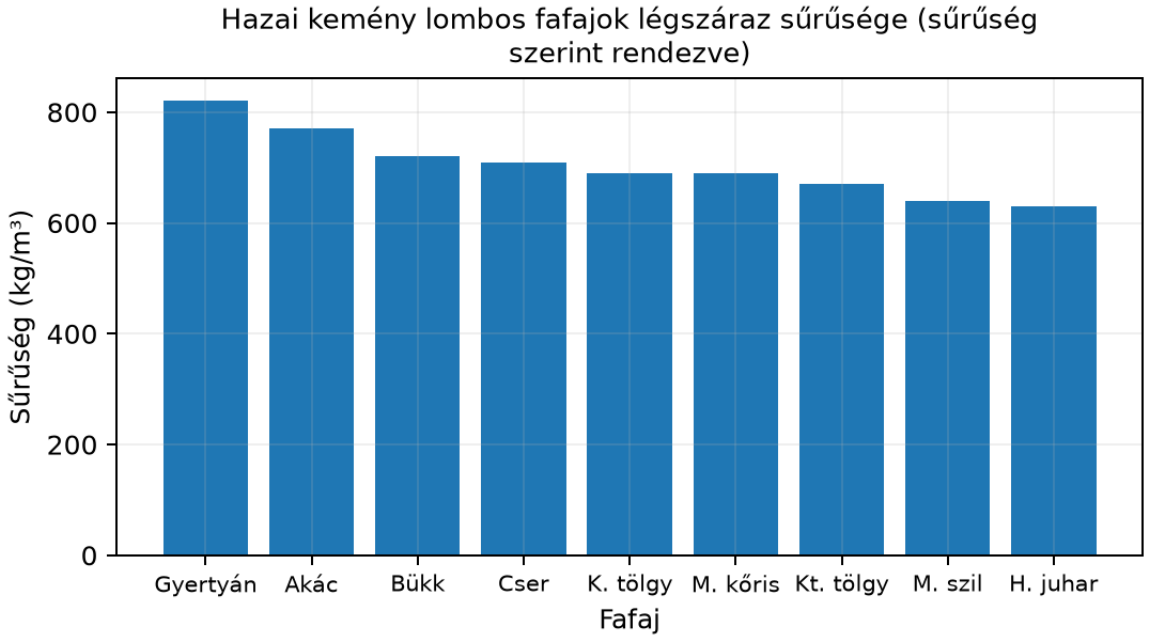
6.3.1. Motiváció

Egy asztalos műhelyben a vevő tömörfa étkezőasztalt szeretne. Azt mondja: „tölgyfa legyen, az erős”. Az asztalos azonban tudja, hogy a *tölgy* nem egyetlen fafaj: a kocsányos és a kocsánytalan tölgy kiváló bútorfa, míg a közeli rokon cser gyengébb, szálkásabb, és kültérben is kevésbé tartós. Ha rossz fajt választ, a kész asztal vetemedhet, a felületkezelés foltos lehet, a vevő reklamál. Ugyanígy: egy hajlított támlájú székhez a bükk a legjobb választás, mert gőzölés után jól hajlítható; egy kerti padhoz viszont az akác, mert vegyi védelem nélkül is évtizedekig bírja a nedvességet. A hazai kemény lombos fafajok ismerete nem lexikális tudás, hanem mindennapi döntési eszköz: ebből lesz a tartós bútor, a stabil lépcső, a szép parketta. Ebben az alfejezetben

megismered a leggyakoribb hazai kemény lombos fafajokat, és megtanulod, hogyan válaszd ki őket a feladatnak megfelelően.

6.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el két deszkát a műhelypolcon. Az egyik világosbarna, jól látható, gyűrű alakban elrendezett nagy pórusokkal – ez tölgy. A másik halvány rózsaszínes-fehér, finom, elszórt pórusokkal, néha sötétbarna foltokkal – ez bükk. Ha mindkettőt megnedvesíted, a tölgyön sötét, kékes folt jelenik meg, ha vizes fémszerszám éri: ez a csersav reakciója. A bükkön ilyen nincs. Ha a deszkákat megemeled, a bükk valamivel nehezebb, a tölgy pedig határozottan „fanyar” illatú. Az alábbi ábra a leggyakoribb hazai kemény lombos fafajok légszáraz sűrűségét hasonlítja össze. A sűrűség jó kiindulópont a keménység és a tartósság becsléséhez, de önmagában nem elég: a felhasználhatóságot a szöveti szerkezet, a tartósság és a megmunkálhatóság együtt határozza meg.



6.6. ábra. Hazai kemény lombos fafajok légszáraz sűrűsége (sűrűség szerint rendezve) - Tájékoztató középértékek, u ≈ 12 % (szakkönyvi adatok, ellenőrizendő; a sűrűség termőhelyenként változik). Rövidítések: K. tölgy = kocsányos tölgy, Kt. tölgy = kocsánytalan tölgy, M. kőris = magas kőris, M. szil = mezei szil, H. juhar = hegyi juhar.

Az ábra azt mutatja, hogy a gyertyán a legsűrűbb, az akác is nagyon nehéz, a juhar és a szil a könnyebb kemény lombosok közé tartozik. A sűrűség mellett azonban a pórusok elrendezése, a bélsugarak és a szín is fontos a felismeréshez.

6.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Kemény lombos fafajoknak nevezzük azokat a lombos fákat, amelyek faanyaga nagy sűrűségű, kemény, és jellemzően lassan nő. A hazai gyakorlatban ide soroljuk a tölgyeket, a bükköt, a kőrist, az akácot, a gyertyánt, a juhart és a szilt. A határ a „lágy lombos” fajokhoz

képest (például nyár, fűz, hárs) nem éles, de a kemény lombosok általában 600 kg/m³ feletti légszáraz sűrűségűek.

Definíció. A **gyűrűs likacsú** fafajoknál (tölgy, cser, kőris, akác, szil) a korai pásztában egy vagy több sor nagy, szabad szemmel is jól látható pórus (edény) gyűrűt alkot az évgyűrű határán. A **szórt likacsú** fafajoknál (bükk, gyertyán, juhar) a pórusok kicsik és egyenletesen szóródnak az évgyűrűben, ezért felületük finomabb, egyenletesebb.

Szabály. A fafaj kiválasztásánál mindig a felhasználási célt, a terhelést, a nedvességnek való kitettséget és a megmunkálhatóságot együtt értékeljük. Egyetlen fafaj sem „jobb” mindenre; a jó asztalos a célnak megfelelő fajt választja.

Megjegyzés. A fafajok pontos botanikai azonosításához mikroszkópos vagy makroszkópos határozókulcsok szükségesek. A műhelyben a szín, a rajzolat, a póruselrendezés, a szag és a keménység alapján dolgozunk, de kétség esetén mintát kell beküldeni vagy szakkönyvet használni.

6.3.4. A hazai kemény lombos fafajok

6.3.4.1. Tölgyek: kocsányos és kocsánytalan tölgy

Felismerés. A két hazai tölgyfaj faanyaga nagyon hasonló, ezért a kereskedelemben gyakran egyszerűen „tölgyként” hozzák forgalomba. A **geszt** világos- vagy sötétbarna, a **szijács** keskeny, sárgásfehér. A fa gyűrűs likacsú: az évgyűrűhatáron egy-két sor nagy pórus látható, a késői pászta sűrűbb, finomabb. A **bélsugarak** szélesek, szabad szemmel is jól láthatók, különösen sugármetszeten, ahol fényes, tükörszerű foltokat alkotnak – ezt nevezik **tükörfoltnak** vagy **tölgytükörnek**. A fa illata fanyar, cserszagú.

Tulajdonságok. A tölgy sűrűsége 670–690 kg/m³ körül van (légszárazon, tájékoztató érték), kemény, erős, kopásálló. Természetes tartóssága jó, de nem kiemelkedő: kültérben, talajjal érintkezve kevésbé tartós, mint az akác. Zsugorodása közepes, vetemedésre mérsékelten hajlamos, ezért jól ki kell szárítani.

Csersav és vasreakció. A tölgy magas **csersavtartalma** a fa egyik legfontosabb kémiai jellemzője. Ha a nyers tölgyfa nedves felületét vas- vagy acélszerszám éri, a csersav a vassal sötétkék-fekete reakciót ad (**vasfolt**). Ezért tölgy megmunkálásakor kerülni kell a vizes fémszerszámot, vagy azonnal le kell tisztítani a felületet. A csersav ugyanakkor hasznos is: a tölgyfa pácolásakor a vizes bázisú pácok sötétebb, mélyebb színt adnak, és a csersav a fa természetes védelmét is növeli. A csersav a ragasztást is befolyásolhatja: erősen savas felület gyengítheti a lúgos ragasztókat, ezért tölgy ragasztásakor frissen gyalult, tiszta felületet használjunk.

Felhasználás. Tömörfa bútorok (asztalok, székek, szekrények), lépcsőfokok, parketta, ajtók, ablakok, furnér. A tölgy a magyar asztalosipar egyik legfontosabb fafaja. Kültéri szerkezetekhez is használható, de ott az akác vagy a vörösfenyő gyakran jobb választás.

6.3.4.2. Cser

Felismerés. A cser (Quercus cerris) szintén tölgyféle, de bélsugarai a tölgyéhez hasonlóan szélesek, feltűnőek. Megkülönböztető jegy a széles, világos szijács és a vörösesbarna-szürkés, gyakran fagyléces, repedésre hajlamos geszt; a pórusok gyűrűs elrendezésűek, a felület durvább, „szálkásabb” (ellenőrizendő: faanyagismereti határozó).

Tulajdonságok. A cser sűrűsége hasonló a tölgyéhez (710 kg/m³ körül), de faanyaga ridegebb, szálkásabban törik, és természetes tartóssága gyengébb. A vasfoltosodás a csersav miatt itt is

előfordulhat (ellenőrizendő), a fa minősége összességében elmarad a kocsányos és kocsánytalan tölgytől.

Felhasználás. A cser elsősorban ott használható, ahol a nagy szilárdság nem elsődleges: csomagolóanyag, raklap, kerítésoszlop, tűzifa, ritkábban olcsóbb bútoralkatrész. Bútoripari felhasználása korlátozott, mert nehezen gyalulható simára, és a felület minősége elmarad a tölgyétől. Az asztalosnak tudnia kell megkülönböztetni a tölgytől, hogy ne adjon el cser fát tölgyként.

6.3.4.3. Bükk

Felismerés. A bükk faanyaga halvány sárgásfehér, rózsaszínes beütéssel, szórt likacsú: a pórusok kicsik, szabad szemmel alig láthatók, ezért a felület nagyon finom, egyenletes. Jellemző a **vörösbarna álgeszt**: az idősebb fák gesztjében szabálytalan, sötét folt vagy mag alakul ki, amely nem a valódi geszt, hanem a fa öregedésével, esetleg gombásodással összefüggő elszíneződés. Az egészséges vörös álgeszt a szilárdságot jellemzően nem csökkenti lényegesen, de színhibát okoz, és a gőzöléskor/pácoláskor eltérően viselkedik; a puha, foltos, korhadásba hajló álgeszt viszont teherhordó elembe nem kerülhet (ellenőrizendő: szakkönyv).

Tulajdonságok. A bükk sűrűsége 720 kg/m³ körül van, nagyon kemény, szívós, kopásálló. Zsugorodása és dagadása jelentős, ezért a bükköt nagyon jól ki kell szárítani, és a késztermékét védő felületkezeléssel kell ellátni. Különleges tulajdonsága a **gőzölhetőség**: telített gőzben, megfelelő hőmérsékleten (kb. 100 °C, ellenőrizendő: technológiai paraméter) a fa megpuhul, és kis sugarú ívekre hajlítható. Lehűlés után a hajlított forma megtartja alakját. Ezért a bükk a hajlított bútorok (Thonet-szék, hajlított támlák, karosszékek) klasszikus anyaga.

Felhasználás. Székek, asztalok, lépcsőfokok, parketta, konyhai eszközök, hajlított bútoralkatrészek, játékok, furnér. A bükköt gőzöléssel is színezik: a gőzölt bükk színe meleg vörösesbarna lesz, és a fa méretstabilitása is javul. A korhadásba hajló álgesztes bükköt kerülni kell teherhordó szerkezetekben.

6.3.4.4. Kőris

Felismerés. A magas kőris (Fraxinus excelsior) faanyaga világos sárgásfehér, a geszt és a szijács nem különül el élesen, színe egységes. Gyűrűs likacsú, de a tölgyhöz képest a korai pászta pórusai nagyobbak, a bélsugarak keskenyek, alig láthatók. A felület a tölgynél finomabb, a szín világosabb.

Tulajdonságok. A kőris sűrűsége 690 kg/m³ körül van, kemény, szívós, rugalmas és szilánkosan törik. Gőzölve kiválóan hajlítható, szívós, rugalmas, ezért sporteszközökhöz (síléc, jégkorongütő, tornaszer) és szerszámnyelekhez kiváló. Természetes tartóssága gyenge, ezért kültérben csak vegyi védelemmel használható.

Felhasználás. Bútorok (különösen hajlított elemek), lépcsőkorlátok, sporteszközök, szerszámnyelek, furnér, parketta. Világos színe miatt jól pácolható, de a gyűrűs pórusok miatt a pórustömítést igényelhet a felületkezelés.

6.3.4.5. Akác

Felismerés. Az akác (Robinia pseudoacacia) gesztje sárgászöld, majd világosbarnává, sötétbarnává érik; a szijács keskeny, fehéres. Gyűrűs likacsú, a pórusok nagyok, a bélsugarak finomak. Az akácfa nagyon kemény, sűrű (770 kg/m³), és jellegzetesen nehéz. A frissen vágott akác erős, kissé kellemetlen szagú.

Tulajdonságok. Az akác rendkívül tartós: természetes tartóssága a hazai fafajok közül az egyik legjobb, talajjal érintkezve is évtizedekig bírja (tájékoztató: tartóssági osztály 1-2, ellenőrizendő). Ezért kiváló kültéri felhasználásra. Ugyanakkor nagyon nehéz megmunkálni: tompítja a szerszámokat, gyaluláskor, maráskor kitöredezhet, szálkásodik. Jól ragasztható, de a nagy sűrűség miatt préselésnél nagyobb nyomás kell. Pácolhatósága korlátozott, mert a sötét geszt nehezen veszi fel a világos pácokat.

Felhasználás. Kültéri bútorok, kerítésoszlopok, teraszburkolatok, szerszámnyelek, lépcsőfokok, parketta (ritkábban), játszótéri eszközök. Az akác tehát a kültéri asztalos munkák első számú hazai fafaja.

6.3.4.6. Gyertyán

Felismerés. A gyertyán (Carpinus betulus) faanyaga világos, szürkésfehér, szórt likacsú, nagyon finom szövetű. A pórusok alig láthatók, a bélsugarak szélesek, de halványak. A fa sűrűsége a legnagyobb a hazai fafajok között: 820 kg/m³ körül. A gyertyán gyakran hullámos, csavarodott szövetű, ami megnehezíti a hasítást és a gyalulást.

Tulajdonságok. Extrém kemény, kopásálló, de rideg, és nagyon nehéz megmunkálni. Erősen tompítja a szerszámokat, gyaluláskor, maráskor hajlamos a kitöredezésre. Ragasztása jó, de a nagy sűrűség miatt alapos felület-előkészítést igényel.

Felhasználás. Gyalupadok, szorítók, szerszámnyelek, fogaskerekek, ütőfelületek, csapágybetétek (régen), intarzia, hangszeralkatrészek. Bútoripari felhasználása korlátozott, mert a megmunkálás költséges, de ahol nagy kopásállóság kell, ott pótolhatatlan.

6.3.4.7. Juhar

Felismerés. A hegyi juhar (Acer pseudoplatanus) faanyaga világos, csaknem fehér, szórt likacsú, finom szövetű. A bélsugarak vékonyak, alig láthatók. A korai juhar (Acer platanoides) némileg sárgásabb. A juhar jellegzetessége a **madárszem** rajzolat: a szabálytalan növekedés apró, sötét pontokat hoz létre, amelyeket furnérként nagyra értékelnek.

Tulajdonságok. A juhar sűrűsége 630 kg/m³ körül van, kemény, de jól megmunkálható. Simára gyalulható, marható, esztergálható. Jól ragasztható, finom felületet ad. Zsugorodása közepes, vetemedésre mérsékelten hajlamos.

Felhasználás. Bútorok, furnérok, hangszerek (hegedű, zongora), konyhai eszközök, játékok, intarzia. A világos szín miatt kiváló alap pácoláshoz, de a pácolás során foltosodhat, ezért pórustömítést vagy előpácolást igényelhet.

6.3.4.8. Szil

Felismerés. A mezei szil (Ulmus minor) és más szil fajok gesztje vörösesbarna, a szijács sárgásfehér. Gyűrűs likacsú, de a pórusok a tölgyénél kisebbek, a bélsugarak finomak. Jellegzetes a **szil szivárványos rajzolata**: a bélsugarak és a hullámos évgyűrűk fényes, sávos mintázatot adnak.

Tulajdonságok. A szil sűrűsége 640 kg/m³ körül van, szívós, szilánkosan törik, nehezen hasad. Jól hajlítható, és gőzöléssel is formázható. Természetes tartóssága közepes; régen víz alatti szerkezetekhez is használták, mert nedvességben viszonylag tartós. Megmunkálhatósága jó, de a csavarodott növésű anyag nehezen gyalulható.

Felhasználás. Bútorok, furnérok, hajóépítés (régen), kocsikerék-agy, parketta, dísztárgyak. A szil szép rajzolata miatt furnérként is keresett.

6.3.5. Megmunkálhatóság és technológiai sajátosságok

A hazai kemény lombos fafajok közös jellemzője, hogy a lágy fafajokhoz képest **jobban tompítják a szerszámokat**. Ezért gyakrabban kell élezni, és éles, jó minőségű szerszámokat kell használni. A gyűrűs likacsú fafajok (tölgy, kőris, akác) hajlamosak a **kitöredezésre** a pórusok mentén, különösen maráskor vagy gyaluláskor, ha a szerszám éle tompa vagy a forgácsolási irány rossz. A szórt likacsú fafajok (bükk, gyertyán, juhar) simább felületet adnak, de a bükk és a gyertyán nagy sűrűsége miatt a gyalulás és marás nagyobb erőt igényel.

Ragasztás. A kemény lombos fafajok általában jól ragaszthatók, de a tölgy csersavtartalma és az akác nagy sűrűsége miatt a ragasztó kiválasztását és a préselési nyomást az anyaghoz kell igazítani. A bükköt és a kőrist frissen gyalult felülettel kell ragasztani, mert a felületi oxidáció ronthatja a kötést.

Pácolás. A pácolhatóság fafajonként eltérő. A tölgy a csersavtartalom miatt mély, sötét színeket ad, de a pórusokban egyenetlenül szívódhat fel a pác, ezért gyakran pórustömítést alkalmaznak. A bükk és a juhar világos, egyenletes felületet ad, de foltosodhat, ezért előpácolást vagy alapozást igényel. Az akác sötét gesztje nehezen pácolható világosabbra.

Figyelem – fapor. A kemény lombos fafajok – különösen a tölgy és a bükk – pora bizonyítottan rákkeltő (IARC 1. csoport; az EU rákkeltőanyag-irányelve, 2004/37/EK szerint munkahelyi határérték: 2 mg/m³ – ellenőrizendő: hatályos hazai rendelet és érték). Puha- és keményfa keverékénél is ezt kell alkalmazni. Ezért **minden porképző megmunkálásnál** (fűrészelés, gyalulás, marás, csiszolás) kötelező a gépi elszívás és a megfelelő légzésvédelem (legalább FFP2, csiszolásnál FFP3 – ellenőrizendő: kockázatértékelés). A munkaterületet porszívózással tisztítsd (nem söpréssel, nem sűrített levegővel).

6.3.6. Gyakorlati útmutató: fafaj kiválasztása

Amikor egy termékhez fafajt választasz, a következő kérdéseket tedd fel:

1. **Hol lesz a termék?** Beltérben vagy kültérben? Nedves, párás környezetben az akác a legjobb választás a hazai kemény lombosok közül; a tölgy jó, de a cser és a kőris nem ajánlott.
2. **Milyen terhelést kap?** Nagy kopásnak kitett felületekre (parketta, lépcsőfok) a tölgy, a bükk vagy a gyertyán való. A gyertyán különösen kopásálló, de drága a megmunkálása.
3. **Kell-e hajlítani?** Hajlított elemekhez a bükk és a kőris a legjobb; a tölgy is hajlítható, de nehezebben.

4. **Milyen felületet szeretnél?** Világos, finom felülethez a juhar, a bükk vagy a kőris való; karakteres, markáns rajzolathoz a tölgy vagy a szil.
5. **Mennyire fontos a méretstabilitás?** Nagy lapokhoz (asztallap, ajtólap) jobb a tölgy vagy a kőris, mint a bükk, mert a bükk jobban dolgozik.
6. **Milyen a megmunkálás költsége?** Az akác és a gyertyán nagyon tompítja a szerszámokat, ezért magasabb a gépi óradíj; a tölgy és a bükk jobban megmunkálható, de a tölgy csersavfoltokat okozhat.

6.3.7. Minőségellenőrzés

A kemény lombos fűrészáru átvételekor az alábbiakat ellenőrizd:

- **Fafajazonosság:** a szín, a póruselrendezés, a bélsugarak és a szag alapján győződj meg róla, hogy a megrendelt fajt kaptad. Különösen a tölgy és a cser összetévesztése gyakori; a cser bélsugarai a tölgyéhez hasonlóan szélesek, megkülönböztető jegy a széles, világos szijács, a vörösesbarna-szürkés, gyakran fagyléces geszt és a nagyobb repedési, vetemedési hajlam (ellenőrizendő: faanyagismereti határozó).
- **Nedvességtartalom:** a fa nedvességtartalma legyen közel a felhasználási hely egyensúlyi értékéhez. Fűtött beltéri helyiségbe kerülő bútorhoz kb. 8–12 %, padlófűtéses helyiségbe kerülő elemhez 6–8 %, kültérre 12–16 % (tájékoztató értékek, ellenőrizendő: A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás táblázata és a felhasználási körülmények). A túl nedves fa vetemedni fog.
- **Hibák:** göcsök, repedések, álgeszt (bükknél), csavarodottság, fülledés. A teherhordó alkatrészekbe nagy göcs vagy repedés nem kerülhet.
- **Szálirány:** a szálirány eltérése a hossztengelytől befolyásolja a szilárdságot; vetemedett vagy csavarodott szálú anyagot ne használj.

Ha eltérést találsz, a tételt különítsd el, és jelezd a szállítónak vagy a műhelyvezetőnek.

6.3.8. Tipikus hibák és okaik

1. hiba: A cser fát tölgyként árulják vagy használják.
Ok: A két fafaj hasonlít, a cser olcsóbb. *Következmény:* a késztermék gyengébb, szálkás felületű, kültérben gyorsan tönkremegy. *Helyes gyakorlat:* tanuld meg a szijács, a gesztszín és a felületi durvaság különbségét; ha bizonytalan vagy, kérj mintát vagy laboratóriumi azonosítást.

2. hiba: Álgesztes bükköt használnak teherhordó szerkezetbe.
Ok: A korhadásba hajló, puha, foltos álgeszt nem mindig látszik a deszka felületén, vagy a beszerzéskor nem figyelnek rá. *Következmény:* az alkatrész idő előtt eltörik, a szék széttörik. *Helyes gyakorlat:* bükk vásárlásakor ellenőrizd a vágásfelületeket, és a puha, foltos álgesztes darabokat csak dekoratív, nem teherhordó helyre használd.

3. hiba: Tölgyfa megmunkálásakor vizes fémszerszámot használnak, és vasfoltok keletkeznek.
Ok: A csersav és a vas reakciója. *Következmény:* sötét, eltávolíthatatlan foltok a felületen. *Helyes gyakorlat:* tölgy megmunkálásakor száraz, rozsdamentes vagy bevonatos szerszámot használj, vagy azonnal tisztítsd meg a felületet. A folt halványítható oxálsavval (ellenőrizendő: vegyszer és biztonsági adatlap), de jobb megelőzni.

4. hiba: A bükköt nem szárítják ki eléggé, és a kész bútor vetemedik.
Ok: A bükk zsugorodása nagy. *Következmény:* a ragasztott lapok elhúznak, az ajtók szorulnak.

Helyes gyakorlat: a bükköt a felhasználási nedvességtartalomra kell szárítani, és a késztermeket mielőbb le kell zárni lakkal vagy olajjal.

6.3.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben kerti padot rendeltek. A vevő „tölgyfa padot” kért, mert azt hallotta, hogy a tölgy tartós. Az asztalos elmagyarázta, hogy a tölgy természetes tartóssága jó, de a hazai akác sokkal jobb választás kültérre: vegyi védelem nélkül is évtizedekig bírja, ráadásul olcsóbban beszerezhető. A vevő beleegyezett, és a pad akácból készült. Az asztalos a megmunkálásnál keményfém lapkás szerszámokat használt, mert az akác gyorsan tompítja az acélt. A padot olajjal kezelte, nem lakkal, mert a kültéri fa felületén az olaj jobban követi a fa mozgását. Három év használat után a pad stabil, csak a felületi olajozást kellett megismételni. Tanulság: a fafaj kiválasztása a felhasználási környezetből indul, nem a megszokásból.

6.3.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A bükk gyűrűs likacsú fafaj. Indokold!
2. Mi a csersav szerepe a tölgy esetében? Milyen gyakorlati problémát okozhat?
3. Melyik hazai fafajt választanád hajlított szék támlájához? Miért?
4. Mi a különbség az álgeszt és a valódi geszt között? Melyik fafajra jellemző?

6.3.11. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel a hazai kemény lombos fafajok közül azokat, amelyek gyűrűs likacsúak, és azokat, amelyek szórt likacsúak.

2. feladat (A)
Melyik fafajt választanád kültéri teraszburkolathoz: tölgy, bükk vagy akác? Indokold röviden!

3. feladat (B)
Egy asztalosműhelyben 3 m³ légszáraz tölgy fűrészárut tárolnak. A tölgy átlagos sűrűsége 690 kg/m³. Mennyi a fa össztömege? Ha a fa nedvességtartalma 12% (abszolút, száraz tömegre vonatkoztatva), mennyi a száraz fa tömege? (Használd a $\rho = m/V$ és az $u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\%$ képleteket.)

4. feladat (B)
Tervezz meg egy egyszerű tömörfa étkezőasztal lapját! Milyen fafajt választanál a laphoz, ha a vevő világos, finom felületet szeretne, és miért? Milyen szempontokat vennél még figyelembe a fafaj kiválasztásánál?

5. feladat (C)
Egy vevő tölgyfa lépcsőfokokat rendel. A beszállító cser fűrészárut szállít. Milyen vizsgálatokkal győződnél meg arról, hogy valóban cserről van szó, és nem tölgyről? Mi a teendő, ha bebizonyosodik, hogy csert kaptál?

6. feladat (D)
Keress a műhelyben vagy otthon egy kemény lombos fából készült tárgyat (bútor, szerszámnyél, parketta). Vizsgáld meg a színét, rajzolatát, pórusait! Próbáld meghatározni, melyik fafajból készült, és írd le, milyen jegyek alapján döntöttél. Ha van nagyító, használd!

6.3.12. Megoldások

6.3.12.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A bükk szórt likacsú: pórusai kicsik, egyenletesen szóródnak.
2. A csersav a tölgyfa vegyi anyaga, amely vassal sötétkék-fekete foltot képez. Ez foltokat okozhat a megmunkáláskor, ha vizes fémszerszám éri a fát.
3. Bükköt, mert gőzölés után jól hajlítható, és a hajlított forma száradás után is megmarad.
4. Az álgeszt a bükk idősebb fájában jelentkező, szabálytalan, sötét elszíneződés, ami nem a valódi geszt, hanem a fa öregedésével vagy gombásodásával függ össze. Az egészséges álgeszt főleg színhiba, a puha, korhadásba hajló viszont a szilárdságot csökkenti. A valódi geszt a fa természetes belső része. Az álgeszt a bükkre jellemző.

6.3.12.2. Feladatok megoldásai

1. feladat
Gyűrűs likacsú: tölgyek (kocsányos, kocsánytalan), cser, kőris, akác, szil. Szórt likacsú: bükk, gyertyán, juhar.

2. feladat
Akác, mert természetes tartóssága kiemelkedő, jól bírja a nedvességet és a talajjal való érintkezést; a tölgy is használható, de kevésbé tartós, a bükk pedig kültérre nem alkalmas (gyorsan tönkremegy).

3. feladat
Adott: $V = 3\,\mathrm{m}^3$, $\rho = 690\,\mathrm{kg/m}^3$, $u = 12\%$.
Keresett: m_n (nedves tömeg), m_0 (száraz tömeg).
A sűrűség légszáraz (kb. 12% nedvességtartalmú) tömegre vonatkozik.
$m_n = \rho \cdot V = 690\,\mathrm{kg/m}^3 \cdot 3\,\mathrm{m}^3 = 2070\,\mathrm{kg}$.
A nedvességtartalom: $u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\%$, átrendezve: $m_0 = \frac{m_n}{1 + u/100}$.
$u/100 = 0{,}12$, tehát $m_0 = \frac{2070\,\mathrm{kg}}{1{,}12} = 1848{,}2\,\mathrm{kg} \approx 1848\,\mathrm{kg}$.
Ellenőrzés: a száraz tömeg kisebb, mint a nedves, ami logikus. A különbség $2070 - 1848 = 222\,\mathrm{kg}$, ami $222/1848 \cdot 100\% \approx 12\%$, stimmel.

4. feladat
Világos, finom felületű asztallaphoz jó választás a juhar vagy a kőris. A juhar szinte fehér, nagyon finom szövetű, de pácoláskor foltosodhat; a kőris világos sárgás, szívós, jól megmunkálható. Szempontok: méretstabilitás (a kőris jobb, mint a bükk), megmunkálhatóság, ragaszthatóság, felületkezelés, a vevő ízlése, a várható költségek. A bükköt kerülném, mert jobban dolgozik; a tölgy sötétebb, markáns rajzolatú.

5. feladat
Vizsgálatok: a szijács szélessége (a cseré széles, világos), a geszt színe (a cser vörösesbarna-szürkés, gyakran fagyléces), a repedezettség és a felület durvasága (a cser szálkásabb), szükség esetén laborvizsgálat (a bélsugarak a cseren is szélesek, ezért ez önmagában nem döntő; ellenőrizendő: faanyagismereti határozó). Ha kétség marad, mikroszkópos vizsgálatot kérhetsz. Ha bebizonyosodik a cser, a tételt nem szabad tölgyként felhasználni; jelezni kell a szállítónak, és a tételt visszaküldeni vagy csak olyan célra használni, ahol a cser megfelel (például csomagolóanyag).

6. feladat
Egyéni megoldás. Például egy világos, finom szövetű gyertyán nyelű kalapács: nagyon kemény, szórt likacsú, világos szín. Vagy egy sötétbarna, gyűrűs likacsú tölgyfa lépcsőfok: látszanak a nagy pórusok és a bélsugarak.

6.3.13. Rövid összefoglaló

A hazai kemény lombos fafajok – tölgyek, cser, bükk, kőris, akác, gyertyán, juhar, szil – nagy sűrűségű, kemény, tartós anyagok, de mindegyik más célt szolgál. A **gyűrűs likacsú** fajok (tölgy, cser, kőris, akác, szil) jól felismerhetők a korai pászta nagy pórusairól; a **szórt likacsúak** (bükk, gyertyán, juhar) finomabb felületet adnak. A tölgy csersavtartalma vassal sötét foltot képez, ugyanakkor jó pácolhatóságot és természetes védelmet ad. A cser a tölgynél gyengébb, ezért bútoripari felhasználása korlátozott. A bükk gőzöléssel hajlítható, de álgesztje csökkenti a szilárdságot. A kőris rugalmas, sporteszközökhöz és szerszámnyelekhez kiváló; az akác kiemelkedően tartós kültérben, de nehezen megmunkálható. A gyertyán extrém kemény, a juhar világos és finom, a szil szép rajzolatú, hajlítható. A kemény lombos fajok fapora egészségkárosító lehet, ezért elszívás és légzésvédelem kötelező. **Továbbvitt eredmény:** ezen fafajok tulajdonságait és felhasználási területeit használjuk a Trópusi fafajok, helyettesítés és legális, tanúsított faanyag és a Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása alfejezetekben, ahol a fafajválasztás és az anyagbeszerzés összekapcsolódik.

6.3.14. Források és ellenőrzési hiányok

- Felhasznált forrástípusok: hazai faanyagismereti szakkönyvek, faanatómiai és fafizikai összefoglalók, erdészeti és faipari oktatási anyagok.
- Az egyes fafajok sűrűségi, tartóssági és zsugorodási értékei tájékoztató jellegűek, szakkönyvi táblázatokból származnak, de termőhelytől és évjárattól függően változnak. A pontos értékeket az aktuális szabványok és vizsgálati jegyzőkönyvek szerint kell ellenőrizni.
- Ellenőrizendő: a keményfa por rákkeltő besorolása (CLP-rendelet, munkahelyi expozíciós határérték), a bükk gőzölési paraméterei (hőmérséklet, idő), a faanyag-tartóssági osztályok (MSZ EN 350), a felhasználási nedvességtartalom ajánlott értékei, valamint a pontos fafaj-azonosítási szabványok.

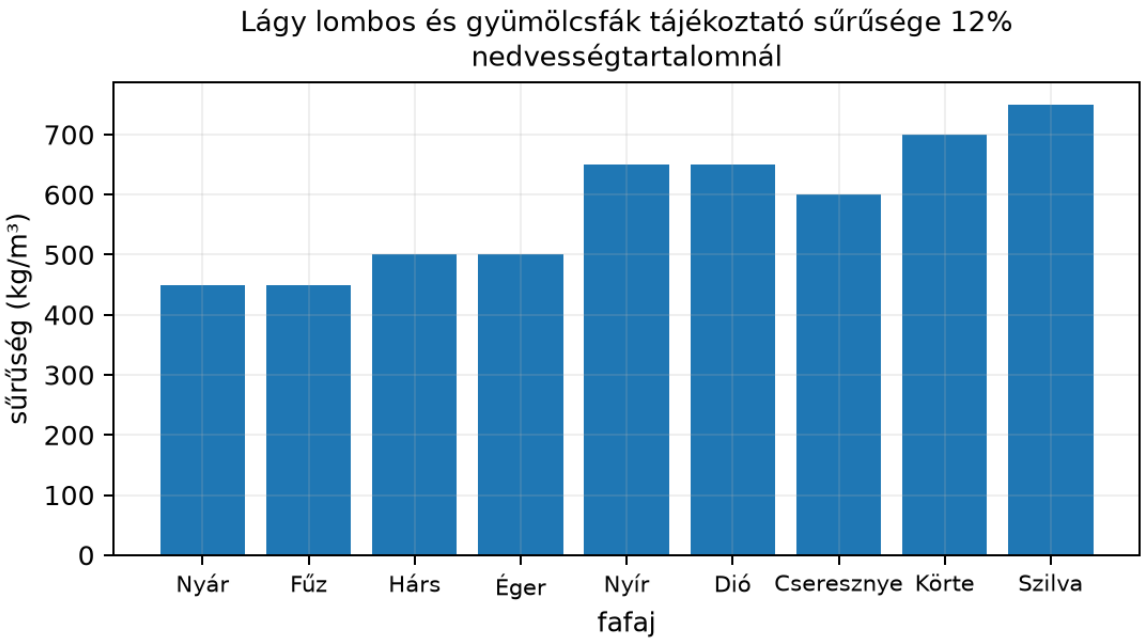
6.4. Lágy lombos és gyümölcsfák

6.4.1. Motiváció

A műhelyben gyakran nem az a kérdés, hogy „milyen fát kapok”, hanem hogy „melyik fafaj a legjobb erre a feladatra”. Egy festett konyhaszekrény belső fiókoldalához felesleges drága diót venni, de egy faragott ajtódíszhez a kemény bükk is rossz választás lehet. A lágy lombos fák és a gyümölcsfák éppen azért fontosak, mert olcsóbb, könnyebb, jól megmunkálható vagy éppen nagyon dekoratív anyagot adnak – feltéve, hogy a helyükre kerülnek.

6.4.2. Szemléletes kép

A lenti oszlopdiagram a most tárgyalt fafajok tájékoztató sűrűségét hasonlítja össze. A sűrűség segít megbecsülni, mennyire kemény, nehéz vagy tartós az anyag, de önmagában nem azonosítja a fafajt.



6.7. ábra. Lágy lombos és gyümölcsfák tájékoztató sűrűsége 12% nedvességtartalomnál - Tájékoztató átlagértékek; a sűrűség termőhelytől és fafajtípustól függően szór. Forrás: faanyagismereti táblázatok, ellenőrizendő.

Az ábrán látható, hogy a nyár, a fűz és a hárs könnyű, a nyír és a dió közepes, a körte és a szilva pedig már sűrűbb, keményebb anyag. A számértékeket mindig tájékoztató adatként kezeld, mert ugyanazon fafaj sűrűsége is változhat a termőhelytől és a fatörzsön belüli helytől függően.

6.4.3. Mit jelent a „lágy lombos” és a „gyümölcsfa” a műhelyben?

Definíció. Lágy lombos fafajoknak a gyakorlati faiparban azokat a lombos fákat nevezzük, amelyek sűrűsége általában kisebb, szövetük egyenletesebb, pórusaik többnyire **szórt likacsúak**, és megmunkálásuk kisebb erőt igényel. A csoportba tartozik például a nyár, a fűz, a hárs, az éger és – a hazai gyakorlatban gyakran – a nyír is, bár a nyír sűrűsége már a keményebb lombosok alsó tartományát közelíti (a kemény lombosoknál használt kb. 600 kg/m³-es határ körül van, ezért a besorolás megállapodás kérdése – lásd Hazai kemény lombos fafajok).

Megjegyzés. A „lágy” szó nem azt jelenti, hogy az anyag mindig puhán nyomható. Az éger vagy a nyír keményebb lehet annál, mint amit a hétköznapi „puha fa” kifejezés alapján várnánk. A csoportosítás a pórusok elrendezését és a megmunkálhatóságot is figyelembe veszi.

Definíció. Gyümölcsfáknak azokat a fafajokat nevezzük, amelyek termesztett vagy vad gyümölcsfák törzséből származnak. Jellemzőjük a finom, zárt szövet, a kellemes rajzolat és gyakran a meleg vörösesbarna szín. Ide tartozik a dió, a cseresznye, a körte és a szilva, A dió elsősorban gyümölcséért termesztett fa, de faanyaga a legértékesebb hazai bútorfák közé tartozik, ezért soroljuk ide.

A fafaj felismeréséhez itt is a Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók alfejezetben tanultakat használd: nézd a színt, a pórusok méretét és elrendezését, a bélsugarakat, az évgyűrűhatárt, a szagot és a sűrűséget. A lágy lombosokon a növekedési gyűrűk sokszor kevésbé feltűnőek, a pórusok aprók, a felület egyenletes.

6.4.4. Nyár és fűz: könnyű, puha szerkezeti és csomagolófa

A **nyár** (Populus fajok) fája világos, fehéres-sárgás, esetenként enyhén szürkés vagy zöldes árnyalatú. A szövete egyenletes, de gyakran széles évgyűrűjű. A nyár könnyű, puha, jól fűrészelhető, gyalulható és ragasztható. Hátránya, hogy felülete könnyen nyomódik, karcolódik, és nem időjárásálló. **Felhasználása:** belső bútorváz, fiókoldal, hátlap, festett bútoralkatrész, csomagolóláda, raklap, furnér és rétegelt lemez alapanyag. A **nemesnyár** ültetvényes termesztése gyors növekedést és egyenletes, csomómentes furnérrönköt adhat.

A **fűz** (Salix fajok) szintén könnyű, puha, fehéres vagy halványbarnás fa. A szövete durvább, szívósabb, de a nyárhoz hasonlóan rossz a tartóssága. **Felhasználása:** csomagolóanyag, vakkeret, furnér, rétegelt lemez, esetenként faragott dísztárgy. Nem való kültéri szerkezetbe, és teherviselő bútorelemnek sem alkalmas.

Szabály. Nyár és fűz esetében a látható, igénybe vett felület helyett elsősorban belső, rejtett vagy rövid élettartamú alkatrészt készíts. A látható bútorfelületet furnérral, festéssel vagy más fafajjal oldd meg.

6.4.5. Hárs: a faragók és esztergályosok fája

A **hárs** (Tilia fajok) világos, fehéres-krémszínű, enyhén sárgás anyag. Pórusai nagyon aprók, szövete egyenletes, bélsugarai a sugármetszeten finoman csilloghatnak. A hárs puha, könnyű, mégis jól vág, nem reped könnyen, és éles késsel tiszta felületet ad. Ezért a **faragás** és az **esztergálás** kedvelt anyaga.

Felhasználása: faragott díszek, esztergált alkatrészek, modellek, játékok, redőnylécek, festett bútorok. A hárs nem teherviselő szerkezeti fa; széklábnak, asztallapnak vagy lépcsőfoknak ne válaszd.

Megjegyzés. A hárs jól pácolható, de mivel pórusai finomak, a pácból kevesebbet szív fel. A hárs finom szövetű, de a pácot foltosan veheti fel; pácolás előtt készíts próbadarabot, szükség esetén előpácot vagy alapozót használj.

6.4.6. Éger és nyír: bútorváz, rétegelt lemez és esztergályos munka

Az **éger** (Alnus glutinosa) frissen vágva narancsos-vöröses, levegőn barnás tónusúvá válik. Szövete finom és egyenletes, sűrűsége a nyárénál nagyobb, de még könnyű-közepes. Jól fűrészelhető, gyalulható, esztergálható és pácolható. **Felhasználása:** bútorváz, fiókoldal, rétegelt lemez, furnér, esztergált alkatrész, konyhai fatárgy. A pácolt égerrel gyakran utánozzák a sötétebb diófát.

A **nyír** (Betula pendula) fehéres-sárgás, enyhén vörösesbarna, finom rajzolatú fa. Bár sűrűsége már a keményebb tartományba esik, szórt likacsú, egyenletes szövete miatt a gyakorlatban a lágy lombosokkal együtt tárgyalják. A nyír szilárd, rugalmas, jól esztergálható és gőzölve jól hajlítható. **Felhasználása:** rétegelt lemez, bútoralkatrész, székkáva, fogantyú, játék, konyhai eszköz. Hátránya, hogy frissen érzékeny a gombásodásra, ezért szárítását és tárolását ellenőrizni kell.

6.4.7. Dió, cseresznye, körte, szilva: dekoratív bútorfa és furnér

A **dió** (Juglans regia) az egyik legkedveltebb hazai dekoratív bútorfa. Gesztje szürkésbarnából sötét csokoládébarnába megy, gyakran sötét erezettel. A szíjács világosabb, ezért furnérnál és tömörfa lapoknál a szíjácsot általában kiválogatják. A dió közepesen kemény, jól gyalulható, marható, esztergálható, és szépen lakkozható. **Felhasználása:** bútor, furnér, intarzia, esztergált dísz, fegyveragy, kis dísztárgy.

A **cseresznye** (Prunus avium) fája vörösesbarna, finom pórusú, meleg fényű. Idővel és fény hatására sötétedik. Jól megmunkálható, csiszolható, lakkozható. **Felhasználása:** bútor, furnér, esztergált alkatrész, kisebb dísztárgy. A cseresznye természetes színe önmagában is dekoratív, ezért ritkán pácolják erősen.

A **körte** (Pyrus fajok) halvány rózsaszínes-barnás, nagyon finom, egyenletes szövetű fa. Gőzölés után vörösesbarnára sötétedik. Jól faragható, esztergálható, és sűrű szövete miatt finom részletek kialakítására alkalmas. **Felhasználása:** finom bútorrész, rajzeszköz, fogantyú, intarzia, kisebb esztergált tárgy.

A **szilva** (Prunus domestica) vöröses-lilás-barnás, kemény, sűrű, finom pórusú fa. Törzse gyakran kicsi, csavarodott, repedésre hajlamos. Emiatt inkább kisebb alkatrészekre használjuk. **Felhasználása:** esztergálás, intarzia, dísztárgy, székorsó. Nagyobb tömörfa lap ritkán készül belőle.

6.4.8. Megmunkálhatóság: bolyhosodás, csiszolás, pácolhatóság

A lágy lombos fáknál a leggyakoribb megmunkálási hiba a **bolyhosodás**. Ilyenkor a rostok nem tisztán vágódnak el, hanem felpuhulnak, felállnak a felületen. A nyár, a fűz és a hárs különösen hajlamos erre, főleg akkor, ha a kés tompa, a fordulatszám túl alacsony, vagy az előtolás túl gyors. A bolyhos felületet csak többszöri finom csiszolással lehet javítani.

Szabály. Lágy lombos fát éles szerszámmal, megfelelő forgácsolási sebességgel munkálj meg. A csiszolást fokozatosan finomítsd, és a felületkezelés előtt végezz próbacsiszolást. Ha a felület nedvesítés után újra bolyhosodik, a nedvesítéses szálfelhúzás után finoman csiszold újra.

A **pácolhatóság** a gyümölcsfáknál és a finom pórusú lágy lombosoknál általában jó, de a szórt likacsú, puha anyagok – például a nyár – hajlamosak a foltos pácszívásra. A pácot csak próbadarabon ellenőrizd. A dió és a cseresznye természetes színe gyakran szebb, mint a mesterséges pácolt szín, ezért ilyenkor inkább színtelen vagy enyhén színező lakkal, olajjal dolgozz.

6.4.9. Választási összefoglaló táblázat a hazai fafajokról

Az alábbi táblázat a korábbi Hazai kemény lombos fafajok alfejezetben tanult fafajokat is beemeli, hogy együtt lásd a hazai választékot. A sűrűségértékek tájékoztató tartományok (ellenőrizendő: szakkönyvi táblázat), 12 %-os nedvességtartalomra vonatkoztatva; a többi alfejezet (pl. A fa fizikai tulajdonságai: sűrűség, megjelenés, hő és hang) ezzel egyező tartományokat használ.

Fafaj	Sűrűség, ρ_{12} (kg/m³, tájékoztató)	Szín, rajzolat	Megmunkálhatóság, pácolhatóság	Jellemző felhasználás
Tölgy	650–760	világosbarna, csersavas	jól megmunkálható, pácolva sötétíthető	bútor, lépcső, ablak, parketta
Bükk	680–720	halvány vörösesbarna	kemény, jól hajlítható	bútor, hajlított alkatrész, szerszámnyél
Kőris	650–750	sárgásfehér, erős rajzolat	rugalmas, jól gyalulható	sporteszköz, szerszámnyél, bútor
Akác	700–900	zöldes-sárgásbarna	kemény, szívós, nehezen pácolódik	kültéri szerkezet, oszlop, korlát
Gyertyán	750–850	fehéres, sűrű	nagyon kemény, nehezen dolgozható	gyalupad-alkatrész, ütőfa, fogantyú
Nyár	400–500	fehéres-sárgás	puha, bolyhosodhat, foltosan pácolódhat	csomagolás, bútorváz, rétegelt lemez
Fűz	400–500	fehéres, halványbarna	puha, szívós, tartóssága gyenge	csomagolás, vakkeret, furnér
Hárs	400–550	fehéres-krém	nagyon jól faragható, esztergálható	faragás, esztergálás, modell, játék
Éger	450–550	vörösesbarna	jól megmunkálható, jól pácolható	bútorváz, rétegelt lemez, esztergálás
Nyír	600–700	sárgásfehér	kemény, jól esztergálható, gőzölve hajlítható	rétegelt lemez, bútor, fogantyú
Dió	600–700	sötétbarna	jól marható, gyalulható, gyönyörűen lakkozható	bútor, furnér, intarzia
Cseresznye	550–650	vörösesbarna	finom, jól csiszolható	bútor, furnér, esztergált alkatrész
Körte	650–750	vörösesbarna	finom, kemény, jól faragható	finom bútorrész, rajzeszköz, intarzia
Szilva	700–800	lilás-vörösesbarna	kemény, kis méretben használható	esztergálás, intarzia, dísztárgy

Továbbvitt eredmény. Ez az összefoglaló táblázat a hazai fafajok választási alapja. Használni fogjuk a Trópusi fafajok, helyettesítés és legális, tanúsított faanyag alfejezetben, amikor arról döntünk, milyen hazai fafajjal helyettesíthető egy trópusi anyag, és a Furnérok: gyártás, fajták és felhasználás alfejezetben, amikor furnérfajtákat választunk egy adott bútorfelületre.

6.4.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tálalószekrényt készített. A látható ajtóbetétekhez dió furnért rendelt, mert a megrendelő sötét, elegáns felületet kért. A belső fiókoldalakat nyárfából készítette, mert azok rejtettek, és a könnyű anyag csökkenti a bútor tömegét. A faragott rozettákat hársfából faragta, mert a hárs éles vésővel tiszta felületet ad, és nem reped a finom részleteknél. A hátlapot nyír rétegelt lemezből választotta, mert a rétegelt lemez stabil, és a nyír furnér jól terhelhető. A festett lábazati elemhez nyár fűrészárut használt, mert a festék eltakarja a fa rajzolatát, és nem lett volna gazdaságos tömör diót beépíteni. Ez a példa mutatja, hogy a fafajválasztás nem „egyetlen jó fafaj” keresése, hanem a láthatóság, a terhelés, a megmunkálás és az ár együttes mérlegelése.

6.4.11. Minőségellenőrzés

Faanyag átvételekor a lágy lombos és gyümölcsfa választékot is ugyanúgy ellenőrizd, mint a kemény lombosokat: fajazonosság, nedvességtartalom, alaki hibák, repedések, kékülés, rovarkárosítás. A fafajt a szín, a póruskép, a bélsugarak és a sűrűség együttesen azonosítják.

Példa. Egy nyárfának gondolt darab mérete 1 000 mm × 100 mm × 20 mm, tömege 0,9 kg. A térfogata:

$$V = l \cdot b \cdot v = 1{,}000\,\mathrm{m} \cdot 0{,}100\,\mathrm{m} \cdot 0{,}020\,\mathrm{m} = 0{,}002\,\mathrm{m}^3$$

A sűrűsége:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0{,}9\,\mathrm{kg}}{0{,}002\,\mathrm{m}^3} = 450\,\mathrm{kg/m}^3$$

Ez a nyárra jellemző tartományba esik, tehát a sűrűség megerősíti a fajmeghatározást. A mérést mindig csak tájékoztató ellenőrzésnek tekintsd, mert a nedvességtartalom jelentősen befolyásolja a tömeget.

6.4.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba. Látható, pácolt bútorfelületre nyár fűrészárut választanak, és a pác foltos lesz. **Ok:** a nyár széles, puha évgyűrűi eltérően szívják a pácot. **Helyes gyakorlat:** furnérozott lap, festett felület vagy egyenletesebb, finomabb fafaj használata.

Hiba. Drága dió tömör fából készítenek rejtett belső vázat. **Ok:** a fafajt nem a feladat terhelése, hanem megszokás alapján választják. **Helyes gyakorlat:** rejtett vázhoz nyár, éger vagy nyír; diót csak látható, dekoratív felületre.

Hiba. Hársfából készítenek nagy terhelésű széklábat. **Ok:** a hárs puha, nyomódik, és a csapozás is gyorsan meglazul. **Helyes gyakorlat:** teherviselő alkatrészhez bükk, kőris vagy akác; hársot faragott díszre és könnyű munkadarabra.

Hiba. Nyír fűrészárut rosszul tárolnak, ezért a felülete elszíneződik, gombásodik. **Ok:** a nyír frissen érzékeny a nedvességre és a gombásodásra. **Helyes gyakorlat:** ellenőrzött nedvességtartalom, szellős tárolás és gyors felhasználás.

6.4.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A hárs nagy sűrűségű, ezért lépcsőfokhoz alkalmas.
2. Melyik fafajt választanád faragott díszítőelemhez, és miért?
3. Állítsd növekvő sűrűség szerinti sorrendbe: dió, nyár, szilva.
4. Miért bolyhosodik a nyár gyalulás közben?
5. Egy könnyű, olcsó, rejtett fiókoldalhoz melyiket választod: nyár vagy dió?
6. Milyen hazai fafajjal pácolhatsz sötétbarnára, ha olcsóbban szeretnél dióra emlékeztető felületet?

6.4.14. Feladatok

1. feladat (A). Sorolj fel legalább három lágy lombos fafajt, és írd melléjük egy-egy jellemző felhasználásukat.

2. feladat (A). Melyik fafajokat használjuk gyakran rétegelt lemez készítésére? Indokold röviden.

3. feladat (B). Készíts döntési táblázatot a következő alkatrészekhez: látható ajtóbetét, rejtett fiókoldal, faragott rozetta, egyszer használatos csomagolóláda. Mindegyikhez válassz fafajt, és egy mondattal indokold.

4. feladat (B). Egy 1 000 mm hosszú, 120 mm széles, 22 mm vastag nyárfa darab tömege 1,19 kg. Számítsd ki a sűrűségét kg/m³-ben. A kapott érték a nyár jellemző tartományába esik-e?

5. feladat (C). Egy festett nyár ajtóbetét felületén foltok jelennek meg a festés után. Mi lehet az ok, és hogyan lehetett volna elkerülni?

6. feladat (D). Egy megrendelő esztergált gyertyatartót és egy konyhai vágódeszkát kér. Melyik hazai fafajt választanád a gyertyatartóhoz, és melyiket a vágódeszkához? Indokold a választást a megmunkálhatóság és a használat szempontjából.

6.4.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A hárs puha, könnyű, ezért faragásra és esztergálásra való; lépcsőfokhoz nem alkalmas.
2. Hársat, mert egyenletes, puha, jól faragható és nem reped könnyen a finom részleteknél.
3. Nyár, dió, szilva (tájékoztató sűrűségük szerint).
4. A nyár puha, széles évgyűrűjű rostjai tompa szerszámmal vagy helytelen előtolással nem vágódnak el tisztán, ezért felpuhulnak, felállnak.
5. Nyárat, mert olcsó, könnyű és rejtett alkatrészhez elegendő; a dió feleslegesen drága lenne.
6. Például pácolt égerrel, mert finom szövete és jó pácfelvevése miatt diószerű sötét felületet adhat.

1. feladat megoldása. Nyár – bútorváz, csomagolás; fűz – vakkeret, csomagolóanyag; hárs – faragás, esztergálás.

2. feladat megoldása. Gyakori rétegelt lemez alapanyag a nyár, a nyír és az éger. A nyár könnyű és olcsó, a nyír szilárdabb, az éger finom szövetű, ezért a rétegfelépítéshez jól használhatók.

3. feladat megoldása. Látható ajtóbetéthez dió- vagy cseresznyefurnér, mert dekoratív; rejtett fiókoldalhoz nyár, mert könnyű és olcsó; faragott rozettához hárs, mert jól faragható; csomagolóládához nyár vagy fűz, mert olcsó és könnyű.

4. feladat megoldása.
Adott: $l = 1{,}000\,\mathrm{m}$, $b = 0{,}120\,\mathrm{m}$, $v = 0{,}022\,\mathrm{m}$, $m = 1{,}19\,\mathrm{kg}$.

$$V = 1{,}000 \cdot 0{,}120 \cdot 0{,}022 = 0{,}002\,64\,\mathrm{m}^3$$

$$\rho = \frac{1{,}19}{0{,}002\,64} \approx 451\,\mathrm{kg/m}^3$$

A kapott érték a nyár jellemző, 400–500 kg/m³ tájékoztató tartományába esik.

5. feladat megoldása. A foltos festés oka általában az egyenetlen szívóképesség: a nyár puha, széles évgyűrűs részei több anyagot szívnak fel, mint a keményebb részek. Elkerülhető alapos csiszolással, pórustömítő alapozóval, vagy eleve festésre alkalmas, egyenletesebb anyag, illetve furnérozott lap választásával.

6. feladat megoldása. A gyertyatartóhoz hársat vagy cseresznyét érdemes választani: a hárs jól esztergálható, a cseresznye dekoratívabb és keményebb. A vágódeszkához szilva, körte vagy a Hazai kemény lombos fafajok közül például bükk, juhar vagy gyertyán való: kemény, szórt likacsú, finom pórusú, jól tisztítható. A gyűrűs likacsú kőris és tölgy nagy pórusai miatt kevésbé ajánlott. A felületet csak élelmiszer-érintkezésre alkalmas olajjal kezeld (ellenőrizendő: termék megfelelőségi nyilatkozata, 1935/2004/EK), lakkot, pácot ne használj; ragasztott deszkánál vízálló (D3–D4) ragasztó kell.

6.4.16. Rövid összefoglaló

A lágy lombos fafajok közé a gyakorlatban a nyár, a fűz, a hárs, az éger és gyakran a nyír tartozik. Közös vonásuk a viszonylag egyenletes, apró pórusú szövet és a jó megmunkálhatóság. A nyár és a fűz könnyű, puha, elsősorban rejtett vázra, csomagolásra és rétegelt lemez alapanyagnak való. A hárs a faragók és esztergályosok kedvelt anyaga. Az éger és a nyír bútorvázhoz, rétegelt lemezhez és esztergált alkatrészekhez használható. A dió, a cseresznye, a körte és a szilva dekoratív, finom szövetű gyümölcsfa, amelyből bútorfelület, furnér, esztergált dísz és intarzia készül. Megmunkálásuknál a puha fák bolyhosodására és foltos pácszívására figyelj; a gyümölcsfákat legtöbbször természetes színükben, színtelen lakkal vagy olajjal kezeljük. A hazai fafajok összefoglaló táblázata választási alapként szolgál a trópusi fafajok helyettesítéséhez és a furnérválasztáshoz.

6.4.17. Források és ellenőrzési hiányok

A fafajok leírása a hazai faanyagismereti gyakorlatra és általános faipari szakkönyvekre épül. A sűrűségtartományok és a felhasználási jellemzők tájékoztató értékek; a konkrét termőhely, a fafajtípus és a kereskedelemben kapott tétel nagyobb eltérést is mutathat. Ellenőrizendők a pontos sűrűség-, zsugorodás- és tartóssági adatok, a fafajok kereskedelmi megnevezésére vonatkozó európai szabvány (MSZ EN 13556, jelölve: ellenőrizendő), valamint a gyártói anyagleírások a furnér- és rétegelt lemez alapanyagoknál.

6.5. Trópusi fafajok, helyettesítés és legális, tanúsított faanyag

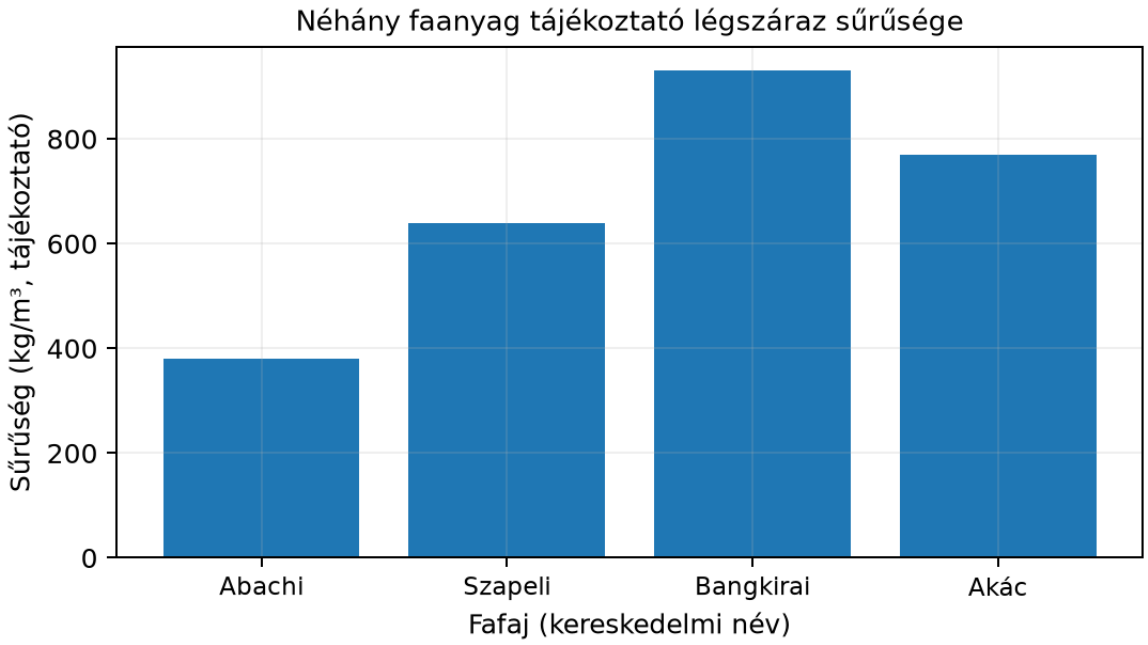
6.5.1. Motiváció

Egy asztalos műhelyben gyakori helyzet: a megrendelő kültéri teraszt szeretne, és azt mondja, „legyen bangkirai, mert azt hallotta, hogy az örök élet”. Máskor egy belső asztalos munka kapcsán mahagóni jellegű vörösesbarna fát kér, de a pontos fafajt nem ismeri. A szakembernek ilyenkor egyszerre kell döntenie szín, tartósság, megmunkálhatóság, ár és jogszerű beszerezhetőség kérdésében. Ha rosszul választ, a termék kint korhad, belül elszíneződik, vagy a beszerzési papírok hiánya miatt a vállalkozás hatósági ellenőrzéskor bajba kerül. Ezért ebben az alfejezetben a fontosabb trópusi fafajokat, a helyettesítés lehetőségeit és a legális, tanúsított faanyag beszerzésének alapjait tanuljuk meg.

6.5.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy műhelyasztalt, amelyen egymás mellett fekszik néhány gyalult deszka. Az egyik sötétbarna, olajos tapintású, enyhén fűszeres illatú – ez tíkfa. A másik középbarna, aranysárgán csillogó, jellegzetes váltakozó irányú csíkjaival – ez szapeli. A harmadik világos, szinte fehér-sárgás, igen könnyű – ez abachi. A negyedik hazai akác, zöldes-sárgás, nehéz, kemény. Már ebből a kis képből is látszik: a trópusi fafajok nem egyetlen „egzotikus” csoport, hanem nagyon eltérő anyagok. Amikor a fafaj nevét hallod, mindig kérdezd meg a botanikai nevet is, mert a kereskedelmi nevek megtévesztőek lehetnek.

Az alábbi ábra három jellemző trópusi fafaj és az akác tájékoztató légszáraz sűrűségét veti össze.



6.8. ábra. Néhány faanyag tájékoztató légszáraz sűrűsége - Szemléltető, szakkönyvi tartományokból becsült átlagok; a sűrűség függ a termőhelytől és a fanedvességtől. A pontos tervezésnél szabvány vagy szállítói adatlap szükséges (ellenőrizendő).

Megjegyzés. A sűrűség csak tájékoztató. Az akácot azért tettem az ábrára, mert a hazai helyettesítés egyik fő fafaja. A pontos értéket mindig az adott szállítmányhoz tartozó szállítói adatlapon vagy szabványos anyagjellemző táblázatban keresd.

6.5.3. Alapfogalmak

Definíció. A **trópusi fafaj** olyan fafaj, amely jellemzően a trópusi és szubtrópusi éghajlati övezetben nő, és onnan kerül a feldolgozóiparba. A kereskedelmi név nem azonos a botanikai névvel.

Definíció. A **kereskedelmi név** az a megnevezés, amelyet a faanyag-kereskedelemben használnak. Egy kereskedelmi név több botanikai fajra is utalhat, és a fajok tulajdonsága kissé eltérhet. Például a „meranti” név különböző *Shorea* fajokat takarhat.

Definíció. A **legális faanyag** olyan fakitermelésből származó fa, amelyet a termelő ország jogszabályai szerint termeltek ki, szállítottak és értékesítettek. Ennek igazolására a beszállítónak dokumentumokat kell tudnia bemutatni.

Definíció. A **tanúsított faanyag** olyan faanyag, amelynek útja a fenntartható erdőgazdálkodástól a feldolgozó üzemig független tanúsító rendszer (FSC, PEFC) ellenőrzése alatt áll.

A gyakorlatban a „trópusi” szó önmagában nem garantál sem tartósságot, sem keménységet, sem színt. Ezért kell fafajonként tanulni.

6.5.4. Fontosabb trópusi fafajok

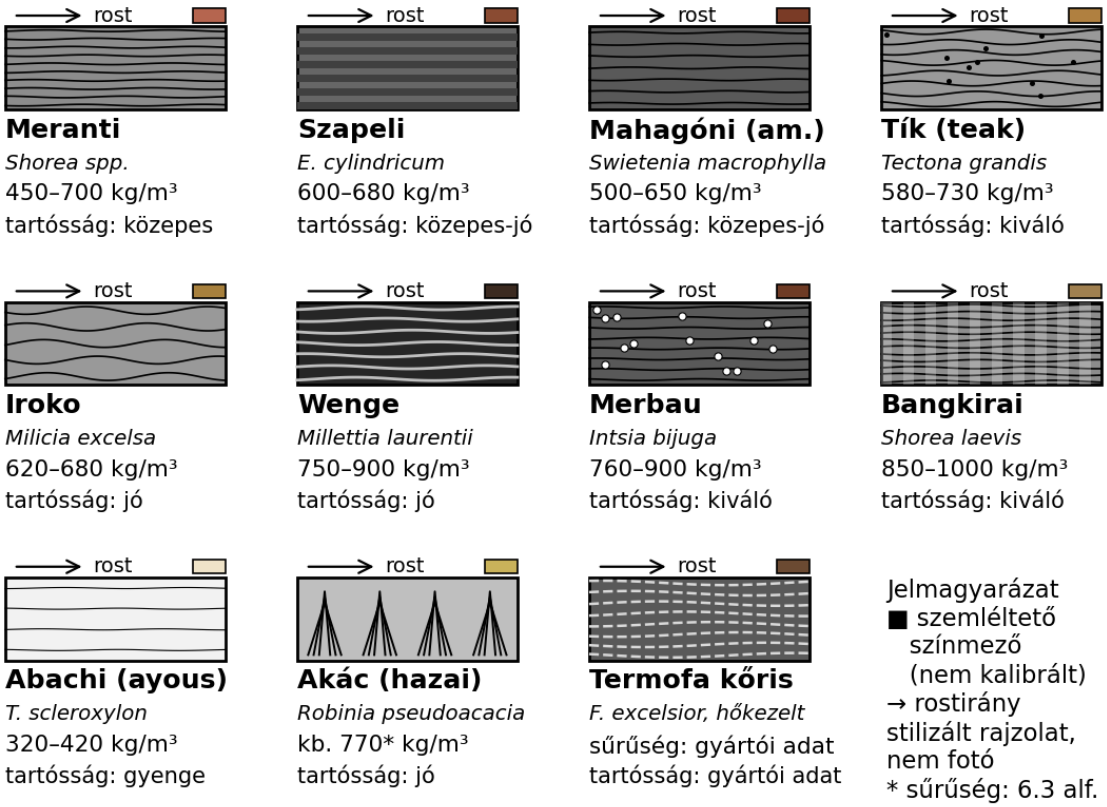
Az alábbi táblázat a gyakorlatban gyakran előforduló kereskedelmi neveket mutatja. Az értékek tájékoztató tartományok, mert a termőhely, a kor és a fanedvesség erősen befolyásolja őket.

Kereskedelmi név	Jellemző sűrűség (kg/m³, kb.)	Szín, megjelenés	Tartósság kültérben (tájékoztató)	Tipikus felhasználás
Meranti	450–700	rózsás, vöröses, barnás	közepes	nyílászáró, bútor, lambéria
Szapeli	600–680	középbarna, vöröses csík	közepes-jó	belső bútor, furnér, lépcső
Mahagóni (amerikai) – CITES-köteles	500–650	vörösesbarna	közepes-jó	belső bútor, hajóbelső, furnér
Tík (teak)	580–730	aranybarna, olajos	kiváló	kültéri bútor, fedélzet, ablak
Iroko	620–680	aranyszínű, barnul	jó	kültéri asztalosipar, nyílászáró
Wenge	750–900	nagyon sötét, fekete-barna csík	jó	belső bútor, parketta, intarzia
Merbau	760–900	barna-vöröses, sárga ásványi pontok	kiváló	kültéri burkolat, terasz
Bangkirai	850–1000	sárgásbarna, zöldesbarna	kiváló	kültéri burkolat, vízépítés
Abachi (ayous)	320–420	világos, krémfehér	gyenge	redőny, szauna, vakkeret, furnér

A táblázat értékei **tájékoztatók, ellenőrizendők** a kiválasztott szállítmány adatlapján vagy MSZ EN szerinti anyagjellemző táblázatban.

Rövid jellemzés.

- **Meranti:** könnyen megmunkálható, de fajtától függően szálkássá válhat. A hazai nyílászárógyártásban gyakori, mert jól pácolható, de kültéri tartóssága nem vetekszik a tik vagy bangkirai tartósságával.
- **Szapeli:** stabil, dekoratív. Az ellentétes rostlefutás miatt gyaluláskor hajlamos a „felpattogzásra”, ezért fontos az éles szerszám, a kisebb fogásmélység és az elszívás.
- **Mahagóni:** a klasszikus bútorfa. A valódi mahagóni fajok csökkenő elérhetősége miatt gyakran helyettesítik más vöröses fafajjal.
- **Tík:** olajos, ezért ragasztás előtt zsírtalanítani kell, és az olajos pora tapad a szerszámra. Kültéren igen tartós, de drága.
- **Iroko:** gyakran hívják „afrikai tík”-nek, de nem azonos a tíkfával. Kültérben jól használható, de pora szenzibilizáló lehet.
- **Wenge:** dekoratív, ám szálkái könnyen beletörnek a kézbe. Fúráskor, csiszoláskor feltétlenül használj elszívást és légzésvédőt.
- **Merbau:** kültérben kiváló, de sárga ásványi anyagokat tartalmazhat, amelyek esőben elszínezhetik a környező burkolatot.
- **Bangkirai:** kemény, nehéz, szulfátos vízben is jól bírja. A megmunkálása nagyobb erőt és jó szerszámot igényel.
- **Abachi:** könnyű, porózus. Szaunában és redőnyben jó, de teherviselő szerkezetbe nem való.



6.9. ábra. Kilenc trópusi faanyag (meranti, szapeli, mahagóni, tík, iroko, wenge, merbau, bangkirai, abachi) és két hazai helyettesítő (akác, termofa kőris) mintakártyája: stilizált rajzolat rostirány-nyíllal, szemléltető (nem kalibrált) színmező, botanikai név, a táblázat tájékoztató sűrűsége és kültéri tartóssága

A kártyákon a rajzolat stilizált (pl. a szapeli váltakozó csíkjai, a tík olajos, pettyezett felülete, a wenge sötét alapon világos sávjai, a merbau ásványi pontjai), a színmező csak szemléltető; fekete-fehér nyomtatásban a minta és a felirat hordozza az információt. A HTML-változatban szűrhetsz (kültéri, beltéri, nagy sűrűségű, por-kockázat, hazai helyettesítő), és a kártyára kattintva megjelenik a helyettesítési és egészségvédelmi tudnivaló. A valódi faanyagot mindig mintadarabon és a szállítmány adatlapján azonosítsd.

6.5.5. Helyettesítés: hazai fafajok és trópusiak

A fafaj-helyettesítés nem egyszerűen árcsere. Egy anyag akkor helyettesít egy másikat, ha a **funkciót**, a **tartósságot**, a **mérettartást**, a **megmunkálhatóságot** és a **megjelenést** együttesen teljesíti.

Példa. Kültéri teraszburkolathoz a megrendelő bangkirait kér. Hazai alternatíva lehet az **akác (gesztje)** vagy a **termofa** (hőkezelt fa), például hőkezelt kőris. Mindkettő lehet megfelelő, de másképp viselkedik.

- **Akác:** kemény, tartós, nagy sűrűségű. Előnye a hazai beszerezhetőség, a jó szilárdság, a vegyszeres kezelés nélküli kültéri tartósság. Hátránya, hogy színe sárgászöld, rajzolata egyszerűbb, és hajlamos a repedésre, ha rosszul szárították.

- **Termofa:** a hőkezelés sötétebb, barna tónust ad, csökkenti az egyensúlyi nedvességtartalmat, ezért a méretváltozás kisebb. Hátránya, hogy ridegebb, talajjal érintkező szerkezetbe és teherviselő, rideg igénybevételre nem ajánlott; csavarozáskor jobban repedhet, ezért előfúrás kell (ellenőrizendő: gyártói adatlap); és kültérben a felület hamarabb ezüstszürkévé fakul, ha nem olajozzák rendszeresen.

Tilos a helyettesítést úgy elvégezni, hogy a rajzon „tíkfa”, de az anyag valójában festett tölgy vagy ismeretlen trópusi fa. Ez a megrendelő megtévesztése, és a termék garanciális hibájához vezethet.

Továbbvitt eredmény. A fafaj-helyettesítést és a legális eredetet a beszerzés, az anyagnorma és az árajánlat készítése során is figyelembe kell venni, mert az árajánlatban megnevezett fafajnak egyeznie kell a szabásjegyzék, a szállítólevél és a számla megnevezésével. Ezt használjuk majd a könyv záró és vizsgafelkészítő részeiben.

6.5.6. Fenntarthatóság és legális faanyag

A trópusi faanyag beszerzésekor a legfontosabb kérdés nem a szín, hanem az, hogy **jogszerűen kitermelt anyagot** vásárolunk-e.

Szabvány/jogszabály. Az EUTR (995/2010/EU) helyébe az erdőirtásmentes termékekről szóló (EU) 2023/1115 rendelet (EUDR) lép; ez a fa mellett más termékekre is vonatkozik (pl. szója, kakaó, kávé), földrajzi koordinátás nyomonkövetéssel; alkalmazásának kezdete és a kisvállalkozásokra vonatkozó szabályok ellenőrizendők **(ellenőrizendő: hatályos uniós rendelet és magyar végrehajtási jogszabály)**.

Szabvány/jogszabály. Egyes trópusi fafajok (pl. amerikai mahagóni – *Swietenia macrophylla*) a veszélyeztetett fajok kereskedelméről szóló **CITES** egyezmény hatálya alá tartoznak; az EU-ban a 338/97/EK rendelet szabályozza; ilyen fához CITES-engedély/-igazolás szükséges (ellenőrizendő: hatályos függelékek; több *Dalbergia*, *Pterocarpus* faj is listán van).

A kellő gondosság (due diligence) kötelezettség elsősorban a piacra először forgalomba hozót terheli; a kereskedők és feldolgozók nyomonkövetési (beszállító–vevő) nyilvántartást vezetnek. A lényeg: igazolni kell, hogy az anyag nem illegálisan kitermelt. A feldolgozó asztalosnak ezért a beszállítójától kérnie kell:

- a fafaj megnevezését (kereskedelmi és botanikai név),
- a kitermelési országot,
- a mennyiséget,
- a beszállító nevét és címét,
- azokat a dokumentumokat, amelyek a fakitermelés jogszerűségét igazolják,
- ha van, a fenntartható erdőgazdálkodási tanúsítványra utaló kódot.

Szabvány. A fenntartható erdőgazdálkodás két legismertebb nemzetközi tanúsítási rendszere az **FSC** és a **PEFC**. A tanúsított faanyag bizonylatain szerepelnie kell a tanúsítványkódnak, és a szállítólevélen vagy számlán a `FSC 100%`, `FSC Mix` vagy `PEFC` jelölésnek. Ezek a jelölések a gyakorlatban a láncolati ellenőrzés (Chain of Custody) alatt álló beszállítóknál használhatók **(ellenőrizendő: a tanúsító rendszerek jelölési szabályai)**.

A tanúsítás nem azonos a legális eredettel. Egy fa lehet legálisan kitermelt, de nem tanúsított; és a tanúsítás sem mentesít a jogszerű kitermelés ellenőrzése alól.

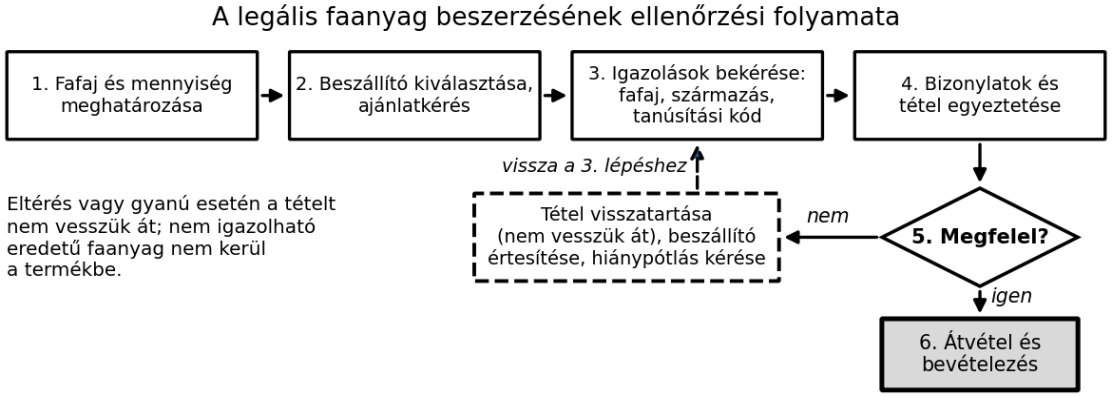
6.5.7. Beszerzési dokumentáció

A vásárlás előtt mindig ellenőrizd az alábbiakat. Ez lista, amelyet a műhelyben ki kell tölteni.

Beszerzési ellenőrzőlista.

1. A szállítólevélen szerepel-e a fafaj pontos kereskedelmi neve és lehetőség szerint a botanikai neve?
2. A mennyiség (m^3, m^2, fm vagy db) egyezik-e a megrendeléssel?
3. A csomag vagy raklap jelölése egyezik-e a bizonylattal?
4. A fafaj és az eredet megfelel-e az uniós faanyagrendelet szerinti tájékoztatásnak?
5. Ha tanúsított anyagot rendeltél, a szállítólevélen vagy számlán rajta van-e a tanúsítványkód?
6. A minőségi osztály és a nedvességtartalom megfelel-e a felhasználásnak?
7. A fafaj megmunkálásához szükséges egészségvédelmi adatlap vagy legalább por-kockázati tájékoztatás elérhető-e?

Az alábbi folyamatábra a legális beszerzés lépéseit foglalja össze.



6.10. ábra. A legális faanyag beszerzésének ellenőrzési folyamata: szükséglet, ajánlatkérés, igazolások bekérése, bizonylatok és tétel egyeztetése, majd döntés; megfelelés esetén átvétel és bevételezés, eltérés vagy gyanú esetén a tételt nem vesszük át, hiánypótlást kérünk, és visszatérünk az igazolások bekéréséhez

Figyelem. Ha a beszerzett faanyag eredete nem igazolható, ne használd fel a termékbe. Az illegális faanyag beépítése jogi felelősséget, lefoglalást, bírságot és a vevői bizalom elvesztését okozhatja **(ellenőrizendő: hatályos szankciók)**.

6.5.8. Egészségügyi szempontok

Egyes trópusi fafajok pora erősebb bőr- és légúti irritációt, allergiás reakciót vagy szenzibilizációt okozhat, mint a hazai fafajok többsége.

- **Iroko, tík, wenge, merbau** pora bőrviszketést, szemirritációt vagy légúti panaszokat okozhat.
- Az olajos fafajok (tík, iroko) pora a gépekre is rátapad, ezért gyakoribb tisztítást és erősebb elszívást igényel.

- A **keményfa-por**, ideértve több trópusi fafaj porát is, munkahelyi expozíciós határérték alá tartozik; a rákkeltő kockázatú keményfa-por esetén a határérték és a védőintézkedések jogszabályban meghatározottak **(ellenőrizendő: hatályos fapor-expozíciós határérték és a rákkeltő anyagokra vonatkozó előírások)**.

Szabály. Minden trópusi fafaj megmunkálásakor gondoskodj pontmegfelelő elszívásról, és viselj a por jellegének megfelelő **légzésvédőt** (FFP2 vagy FFP3, az expozíciótól függően). A gyalulás, fűrészelés, marás és csiszolás során viselj védőszemüveget; szálkás fafajoknál (wenge) védőkesztyűt csak a gépi forgó szerszámtól távoli műveleteknél használj, mert forgó szerszámnál a kesztyű behúzásveszélyt jelent.

6.5.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhely kültéri padokat készít egy panzió kertjébe. A vevő először „tikfa” padokat kér. Az asztalos tudja, hogy a valódi tík rendkívül drága, és az eredetet nehéz igazolni. Ezért ajánlatot ad három változatra:

1. **Valódi tíkfa** kültéri használatra, FSC-tanúsított beszállítótól, magas áron.
2. **Hőkezelt kőris (termofa)** kültéri használatra, hazai beszerzésből, közepes áron.
3. **Akác** kültéri pad, vegyszeres kezelés nélkül, alacsonyabb áron.

A vevő a termofa kőrist választja, mert a barnás szín és a mérettartás fontos neki, az ára pedig kedvezőbb. Az asztalos a munkalapon rögzíti: a rajzon szereplő fafaj nem tíkfa, hanem hőkezelt kőris, tehát a szabásjegyzékben, a számlán és a garancialevélen is ez szerepel. A faanyag beszállítójától kér a hőkezelésről szóló műszaki adatlapot, hogy a kültéri tartósságot igazolni tudja. Ezzel elkerüli a megtévesztést és a reklamációt.

6.5.10. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, indoklással.

1. Igaz-e, hogy a „meranti” egyetlen botanikai fafaj pontos neve?
2. Miért kell a tikfa ragasztása előtt zsírtalanítani a felületet?
3. Melyik hazai fafaj helyettesítheti leggyakrabban a kültéri bangkirait, ha nem ragaszkodunk a trópusi anyaghoz?
4. Mi a különbség a legális faanyag és a tanúsított faanyag között?
5. Melyik trópusi fafaj pora igényel különösen erős elszívást és légzésvédőt?
6. Mi a teendő, ha a szállító nem tud fafaj- és eredetigazolást adni?

6.5.11. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a felsorolt fafajok közül a kültérben jellemzően igen tartós fafajokat: abachi, tík, szapeli, bangkirai, meranti, iroko.

2. feladat (A). Magyarázd meg, miért nem elég a „mahagóni” kereskedelmi név a megrendeléshez.

3. feladat (B). Egy asztalos teraszt készít. A tervezett anyag bangkirai. Hasonlítsd össze a bangkirait és a akácot (gesztjét) a kültéri felhasználás szempontjából: sorold fel legalább két előnyt és két korlátot mindkét anyagnál.

4. feladat (B). Egy beszállító árajánlata szerint `Abachi` deszkát kap, a szállítólevélen viszont csak „trópusi világos fa” szerepel, botanikai név nélkül. Milyen beszerzési ellenőrzési pontok hiányoznak? Mi a teendő?

5. feladat (C). Egy belső lépcsőfokhoz szapelit vagy wengét választhat a vevő. Melyiket javasolnád, ha a lépcsőt olyan helyre építik, ahol sok a természetes fény, és a porra érzékeny gyerekek is közlekednek? Indokold a választást a megjelenés, a megmunkálás és az egészségvédelmi kockázat szempontjából.

6. feladat (D). Készíts egy rövid beszerzési ellenőrzőlistát egy FSC-tanúsított tikfa kültéri bútorlap rendeléséhez. A lista tartalmazza a bizonylat ellenőrzésének legalább öt elemét, és azt, hogy eltérés esetén mi a teendő.

6.5.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok.

1. Hamis. A meranti kereskedelmi név, több *Shorea* faj takarhat, ezért botanikai név nélkül nem egyértelmű.
2. Mert a tík olajos anyagokat tartalmaz, amelyek rontják a ragasztó tapadását.
3. Az akác (gesztje) vagy a termofa (pl. hőkezelt kőris) lehet a leggyakoribb hazai alternatíva.
4. A legális faanyag jogszerűen kitermelt; a tanúsított faanyag ezen túl fenntartható erdőgazdálkodási tanúsítási rendszer szerint ellenőrzött.
5. Több fafaj is kockázatos lehet, például a wenge, az iroko vagy a tík pora. Különösen a wenge szálkás, irritáló pora indokol erős elszívást és légzésvédőt.
6. A tételt el kell különíteni, nem szabad felhasználni, és pótlólagos igazolást kell kérni a szállítótól.

1. feladat (A). A kültérben jellemzően igen tartós fafajok: tík, bangkirai, iroko. A szapeli és a meranti közepes tartósságú, az abachi kültérben gyenge.

2. feladat (A). A „mahagóni” kereskedelmi név több fajra utalhat, eltérő sűrűséggel, színnel, tartóssággal. A megrendelésben a pontos botanikai nevet és a felhasználási követelményeket kell rögzíteni, hogy a beszállított anyag egyértelmű legyen.

3. feladat (B).

- **Bangkirai:** előnyei: kiváló kültéri tartósság, nagy mechanikai ellenállás, jellegzetes megjelenés. Korlátai: magas ár, beszerzési igazolás kell hozzá, kemény, nehezebb megmunkálni, és a szállítási távolság nagyobb.
- **Akác:** előnyei: hazai, gyorsan elérhető, vegyszer nélkül is tartós, általában olcsóbb. Korlátai: színe sárgászöld, repedésre hajlamosabb, rajzolata kevésbé dekoratív, keménysége miatt szintén erősebb szerszámot igényel.

4. feladat (B). Hiányzik a pontos botanikai név, a kereskedelmi név, a mennyiség ellenőrzése, a származási ország, valamint az esetleges tanúsítási kód. A szállítólevélen szereplő „trópusi világos fa” nem elég a legális faanyagrendelet szerinti kellő gondossághoz. A teendő: a tételt nem vesszük át, hiánypótlást kérünk, és ha nem igazolják, visszaküldjük.

5. feladat (C). A szapelit javasolnám. Indoklás: a szapeli középbarna, meleg színű, jól illik világos belső térbe; a wenge nagyon sötét, pora szálkás és irritáló lehet, ami porérzékeny gyerekeknél kockázatos. Ugyanakkor a szapeli váltakozó rostú, ezért gondos élezést és kisebb fogásmélységet igényel; a wenge keményebb és sötét, de a pora miatt kerülendő olyan helyen, ahol egészségügyi szempontok fontosak.

6. feladat (D). A beszerzési ellenőrzőlista elemei:

1. A szállítólevélen szerepeljen a fafaj kereskedelmi neve (tík) és botanikai neve.
2. A mennyiség egyezzen a megrendeléssel (m^2, db vagy m^3).
3. A szállítólevélen vagy számlán legyen FSC-tanúsítási kód.
4. A származási ország és a kitermelés jogszerűségére utaló dokumentum legyen bemutatható.
5. A raklap vagy csomag jelölése egyezzen a bizonylattal.

Eltérés esetén a tételt vissza kell tartani, pótlólagos igazolást kérni, és a bevételezést csak az eltérés rendezése után elvégezni.

6.5.13. Rövid összefoglaló

A trópusi fafajok nem alkotnak egységes csoportot: a meranti, szapeli, mahagóni, tík, iroko, wenge, merbau, bangkirai és abachi eltérő sűrűséggel, tartóssággal, megmunkálhatósággal és egészségvédelmi kockázattal bír. A kereskedelmi név nem elég, a botanikai nevet is rögzíteni kell. A fafaj kiválasztása mindig funkció, tartósság, mérettartás, megjelenés, ár és jogszerű beszerezhetőség együttes döntése. Hazai alternatívaként a akác (gesztje) és a termofa gyakran jó helyettesítő, de a rajzon, a szabásjegyzéken és a számlán mindig a ténylegesen beépített fafajt kell szerepeltetni. A legális faanyag beszerzését uniós rendelet szabályozza, és a feldolgozó a kellő gondosság elve alapján a szállítótól igazolást kér. Az FSC és a PEFC tanúsítás a fenntartható erdőgazdálkodásra utal. A trópusi fafajok pora gyakran irritáló, ezért erős elszívás és légzésvédelem szükséges. A beszerzési ellenőrzőlista használata megelőzi a jogi és minőségi kockázatokat.

6.5.14. Források és ellenőrzési hiányok

- Faanyagismereti szakkönyvek fafajtáblázatai (sűrűség, tartósság, megmunkálhatóság) – tájékoztató értékek, szállítói adatlap és szabvány szerint ellenőrizendők.
- Az uniós faanyagrendelet (EUTR → EUDR) hatályos szövege és magyar végrehajtási jogszabálya – ellenőrizendő.
- FSC és PEFC tanúsítási rendszerek jelölési szabályai – ellenőrizendő.
- A fapor-expozíció hatályos munkaegészségügyi határértékei és a rákkeltő anyagokra vonatkozó előírások – ellenőrizendő.
- A trópusi fafajok egészségügyi hatásaira vonatkozó biztonsági adatlapok és munkaegészségügyi források – ellenőrizendő.

7 Fűrészáru, szárítás és tárolás

7.1. Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása

Képzeld el, hogy a műhelybe 200 folyóméter fenyő deszka érkezik, mellette 12 db szélezetlen tölgy deszka. A szállítólevélen az áll: „A/B osztály, 22×100 mm, fenyő, 50 db, 4,0 m”. Az asztalos mester azt mondja: vetted át, válogasd szét, mi mehet látható ajtókeretnek, mi mehet takart belső szerkezetnek, és töltsd ki a konszignációs lapot. Ha rosszul válogatsz, a legszebb deszkát elrejted, a göcsöset meg a vendég elé teszed; ha rosszul köbözöl, a műhely anyagot veszít vagy feleslegesen fizet. Ezért kell pontosan ismerned a fűrészáru fajtáit, méreteit, osztályozását és a köbözést.

7.1.1. Fűrészáru-fajták, méretmegadás, bütü és szél

Definíció. A **fűrészáru** a rönk fűrészelésével keletkező, főleg hasáb vagy hasábszerű, rendszerint további megmunkálásra szánt faanyag. A gyakorlatban fűrészelt, még nem kész méretre gyalult termék.

A fűrészárut a keresztmetszet és a megmunkáltság szerint csoportosítjuk.

- **Deszka:** vékonyabb, szélesebb fűrészáru. A magyar asztalos gyakorlatban vastagsága nagyjából 18–38 mm, szélessége legalább a vastagság kétszerese **(ellenőrizendő: a hatályos fűrészáru-termékszabvány pontos választékhatárai)**. Például 22×100 mm-es fenyő deszka.
- **Palló:** vastagabb, teherbíróbb fűrészáru. Jellemző vastagsága körülbelül 40–80 mm, szélessége nagyobb a vastagságnál, de nem mindig a kétszerese **(ellenőrizendő)**. Például 48×150 mm-es tölgy palló.
- **Léc:** keskeny, vékony darab. Jellemzően 18×18–38×38 mm körüli, vagy keskeny, hosszú szelvény, például 24×48 mm-es tetőléc **(ellenőrizendő)**.
- **Gerenda:** nagy keresztmetszetű, hosszú, teherviselő fűrészáru. Jellemzően legalább 100×100 mm, de ettől nagyobb is lehet. Ne keverjük a rétegragasztott (ragasztott) gerendával, amely a fűrészáru továbbfeldolgozásával készül.

A fűrészáru **méretmegadása** mindig a következő sorrendben történik:

$$l \times b \times v$$

ahol l a hossz, b a szélesség, v a vastagság. A rajzokon és a szabásjegyzékekben a méretet **mm**-ben írjuk, a hosszúságot gyakran méterben adjuk meg. A fűrészüzemi ajánlatban, szállítólevélen a hossz lehet fm (folyóméter) is. Például „4000×100×22 mm” jelentése: 4,0 m hosszú, 100 mm széles, 22 mm vastag deszka. A sorrendet mindig így használjuk: **hossz × szélesség × vastagság**.

Definíció. A **szélezett fűrészáru** két széle (keskeny oldala) hosszában végig párhuzamosan le van vágva, ezért a szélessége a hossz mentén állandó. A **szélezetlen fűrészáru** széleit nem

vágják párhuzamosra; a kéreg rajta marad vagy a szél a fa természetes alakját követi, ezért a szélesség változó. A **félszélezett** darab egyik széle vágott, a másik természetes.

A gyakorlatban a kemény lombos anyagot (tölgy, bükk) gyakran szélezetlenül vásárolják, mert a szélezéskor sok értékes anyag hulladékká válna; a szélezetlen deszkából a műhelyben magunk szélezünk, vagy a szélesítő toldáshoz használjuk fel a teljes felületet. A fenyő deszkát viszont gyakran szélezve hozzák.

Definíció. A **bütü rendbe vágása (bütüzés)** a darab két végének merőleges, tiszta méretre vágása. A bütű a deszka vagy palló véglapja. A bütüzés eltávolítja a szálkás, töredezett, repedt végeket, megadja a pontos hosszt, és csökkenti annak kockázatát, hogy a végek egyenetlenül száradnak és továbbrepedeznek. A **szélezés** a szélezetlen deszka széleinek párhuzamos levágása szélezett áruvá.

7.1.2. Névleges, tényleges és szárazméret, ráhagyás

A fűrészáru-kereskedelemben három méretfogalmat kell megkülönböztetnünk.

- **Névleges (kereskedelmi) méret:** az a méret, amelyre a rendelés, a rajz vagy a szállítólevél hivatkozik. Például „22×100 mm deszka”. **Jelölési megállapodás:** a kereskedelemben a keresztmetszetet gyakran vastagság × szélesség sorrendben adják meg (22×100 = 22 mm vastag, 100 mm széles); a szabásjegyzékben és a rajzon a sorrend hossz × szélesség × vastagság, tehát 4000 × 100 × 22.
- **Tényleges méret:** a darabon mérhető méret. A frissen fűrészelt, még nedves fa mérete a zsugorodás miatt nagyobb, mint a szárítás utáni; a gyártási tűrés miatt is eltérhet.
- **Szárazméret:** a faanyag egyensúlyi nedvességtartalmára vonatkoztatott méret. A bútoripari felhasználáshoz a fűrészárut szárítják, hogy a nedvességtartalom a műhely környezetének feleljen meg. A szárított fűrészáru mérete a kiszáradás után érhető el.

Megjegyzés. A fa a szárítás során zsugorodik, ezért a fűrészelési (zöld) méretnek nagyobbnak kell lennie, mint a kívánt szárazméretnek. Ezt a méretnövekményt **ráhagyásnak** nevezzük. A ráhagyás fedezi a zsugorodást és a későbbi gyalulási, szélezési veszteséget is. Például ha 45 mm vastag, gyalult pallót akarunk készíteni, a fűrészüzemben nedves állapotban kb. 52–54 mm vastagra fűrészelhetik, szárítás után kb. 50 mm marad, majd gyalulással kapjuk a 45 mm-es kész méretet **(tájékoztató, ellenőrizendő: a pontos ráhagyás fafaj, fűrészelés, szárítás és szabvány szerint)**.

A méretmegadásnál mindig tisztázzuk, hogy a megadott érték fűrészelt vagy gyalult, száraz vagy fűrészelési méret. Ez azért fontos, mert a rossz méretrendelésnél a gyalult alkatrész nem jön ki a fűrészelt anyagból.

7.1.3. A fűrészáru minőségi osztályozása

A fűrészárut nem elég fafaj és méret szerint válogatni; minőségi osztályba is kell sorolni, mert ugyanazon fafajú, méretű deszka egyik darabja lehet bútorfelület, a másik csak lécváz vagy zsaluzó anyag.

Szabvány. A fűrészáru minőségi osztályozását termékszabványok írják le. A hazai és európai gyakorlatban a fűrészáru megjelenés szerinti osztályozására használnak szabványokat (fenyők: MSZ EN 1611-1; lombosak, például tölgy és bükk: MSZ EN 975 sorozat; a méreteltérésekre és előnyös méretekre az MSZ EN 1313 sorozat vonatkozik **(ellenőrizendő: a pontos szám és a hatályos kiadás)**; a régi magyar gyakorlatban az MSZ 17300 sorozat szerepelt). A hatályos

termékszabvány pontos számát, osztályjelölését és hibatűréseit a megrendeléskor ellenőrizni kell; e könyvben az osztályozás elvét tanítjuk, nem az összes határértéket.

A minőségi osztályozás elve a **hibák megengedett mértéke**. Az osztályozásnál vizsgáljuk a fafajt, a nedvességtartalmat, az alaki hibákat (görbeség, csavarodás, keresztmetszeti torzulás), a szövetszerkezeti és sérülési hibákat (göcs, repedés, korhadás, színeződés, rovarkár, kéreg, fűrészelési hiba). A hibák értékelésénél nemcsak a hiba mérete, hanem annak helye is számít. Például az asztalosáru elülső oldalán a szép, egész felületű, legfeljebb kisméretű egészséges göcsöt engedik meg; a hátsó oldalon több hiba is lehet.

A gyakorlatban az osztályokat betűkkel vagy számokkal jelölik, például **A, B, C, D** vagy **I–IV. osztály**. A jelölés rendeltetésre is utalhat: asztalosáru, építőáru, szerkezeti áru. Az **A** vagy **I. osztály** általában a legszebb, legkevesebb hibájú anyag; a **D** vagy **IV. osztály** a szerényebb, takart vagy durvább célú anyag. A pontos osztályneveket és a hibatűréseket a vonatkozó termékszabvány adja meg **(ellenőrizendő)**.

A minőségi osztályozás célja, hogy a fűrészárut a felhasználásának megfelelően, a lehető legjobb kihozatallal használjuk fel. A szebb, drágább anyagot látható felületre, a gyengébbet szerkezeti, takart helyre, a leghitványabbat kisegítő, ideiglenes célra.

7.1.4. Átvétel és válogatás

A fűrészáru-átvételnél a szállítmányt ellenőrizni kell, mert a szállítólevél és a valóság eltérhet. A válogatáskor a darabokat a minőségi osztály és a felhasználás szerint csoportokba rakjuk.

Recept. Fűrészáru átvétele és válogatása lépésenként:

1. **Okmányok ellenőrzése:** nézd át a szállítólevelet, konszignációt, minőségi jelölést, esetleges származási igazolást. Ellenőrizd, hogy a fafaj és a mennyiség egyezik a rendeléssel.
2. **Darabszám ellenőrzése:** számold meg a tételeket. A kötegben a darabokat soronként, rétegenként számold.
3. **Méretmérés:** mintavételesen mérd meg a hossz, szélesség, vastagság értékét mérőszalaggal, tolómérővel. Ellenőrizd a névleges méretet és a tűrést.
4. **Nedvességmérés:** szúrós vagy felületi nedvességmérővel mérj több darabot, a bütütől és a felület közepétől is. A mérést a szállítmány különböző pontjain végezd.
5. **Fafaj-ellenőrzés:** szín, rajzolat, illat, pórusok alapján ellenőrizd, hogy a tétel valóban a rendelt fafaj (lásd Fafajfelismerés: elsődleges és másodlagos meghatározók).
6. **Szemrevételezés:** nézd meg az elülső és hátsó oldalt, az éleket, a bütüt. Keress görbeséget, csavarodást, göcsöt, repedést, rovarkárt, kéregmaradványt.
7. **Válogatás:** a darabokat rakd szét cél szerint. Jelöld külön a látható felületre alkalmas, a takart szerkezeti és az alacsonyabb minőségi osztályú darabokat.
8. **Dokumentálás:** a válogatás után töltsd ki a konszignációs lapot vagy a munkanaplót, és jelezd, ha eltérést találtál.

7.1.5. Köbözés: a fűrészáru térfogata

A fűrészárut térfogatban, **köbméterben (m³)** szokás vásárolni, ezért a mennyiség meghatározását **köbözésnek** nevezzük.

Összefüggés. Szélezett fűrészáru térfogata:

$$V = l \cdot b \cdot v$$

ahol l a hossz, b a szélesség, v a vastagság, mindegyik méterben kifejezve, V pedig m³-ben. Ha a méretek mm-ben adottak, először méterré kell váltani: mm $\div 1000$.

A folyóméter-alapú gyakorlatban a térfogat keresztmetszeti területből is számítható:

$$V = l_{\text{fm}} \cdot A$$

ahol l_{fm} a folyóméter-ben megadott hossz, $A = b \cdot v$ a keresztmetszeti terület m²-ben. Ez akkor hasznos, ha sok egyenlő keresztmetszetű darabot számolunk.

7.1.6. Szélezetlen áru köbözése középszélességgel

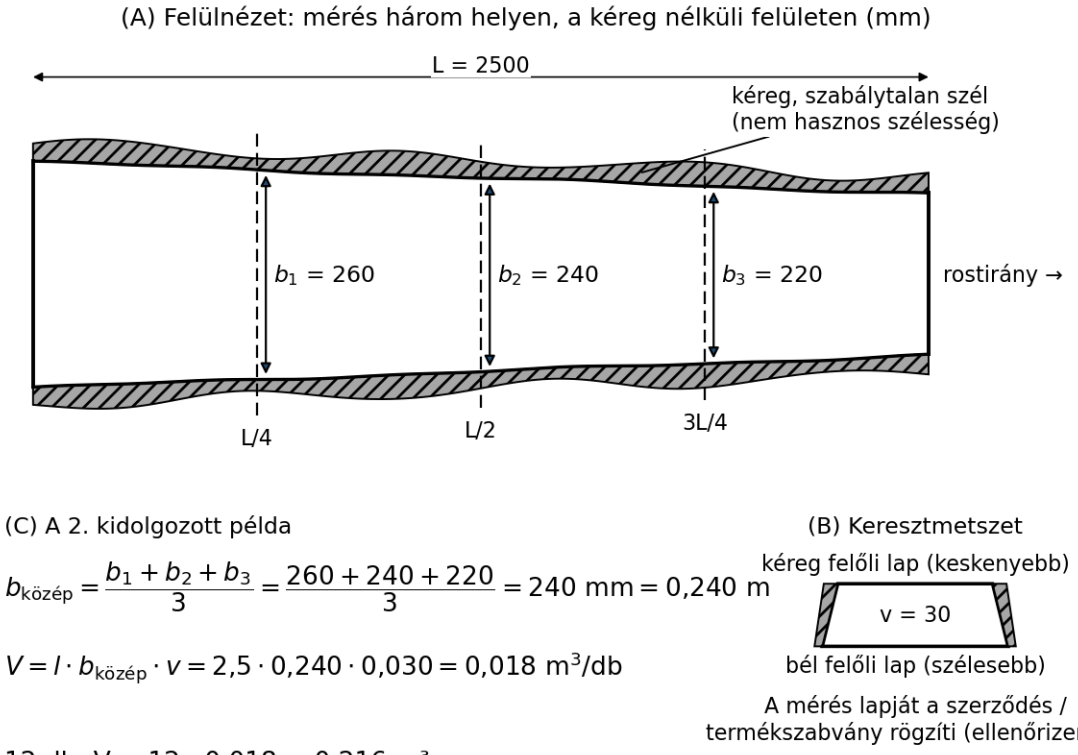
A szélezetlen deszka szélessége a hossz mentén változó, ezért nem mérhetünk egyetlen teljes szélességet. Ilyenkor a **középszélesség** módszerét használjuk.

Szabály. Szélezetlen fűrészáru köbözéséhez mérd meg a deszka szélességét több ponton – például a hossz negyedénél, felénél és háromnegyedénél –, számold ki az átlagot, és ezzel az átlagos (középső) szélességgel szorozd be a vastagságot és a hosszt:

$$V = l \cdot b_{\text{közép}} \cdot v$$

ahol $b_{\text{közép}}$ a mért szélességek átlaga méterben.

A kéreg vastagságát és a szélezetlenségből adódó szabálytalan részt nem számítjuk hasznos szélességnek, ezért a méréseket a hasznosítható, kéreg nélküli felületre kell venni. A pontos mérési helyeket és kerekítési szabályokat a szállítási szerződés vagy a vonatkozó termékszabvány rögzíti **(ellenőrizendő)**.



7.1. ábra. Szélezetlen deszka köbözése középszélességgel: felülnézetben a szélesség mérése a hossz negyedénél, felénél és háromnegyedénél a kéreg nélküli felületen ($b_1 = 260$, $b_2 = 240$, $b_3 = 220$ mm), keresztmetszet a keskenyebb kéreg felőli és a szélesebb bél felőli lappal, valamint a 2. kidolgozott példa számítása

A HTML-változat mini-kalkulátor: a három szélességből, a hosszból, a vastagságból és a darabszámból kiszámolja a középszélességet és a térfogatot.

7.1.7. Kidolgozott számítási példák

Számítás. 1. példa: szélezett fenyő deszka köbözése.

Adott: 50 db szélezett fenyő deszka, mindegyik $l = 4{,}0\,\text{m}$, $b = 100\,\text{mm} = 0{,}100\,\text{m}$, $v = 22\,\text{mm} = 0{,}022\,\text{m}$.

Keresett: a tétel térfogata $V\,(\text{m}^3)$.

Képlet: $V = l \cdot b \cdot v$.

Behelyettesítés:

$$V_{\text{db}} = 4{,}0 \cdot 0{,}100 \cdot 0{,}022 = 0{,}0088\,\text{m}^3/\text{db}$$

A teljes tétel:

$$V = 50 \cdot 0{,}0088 = 0{,}44\,\text{m}^3$$

Ellenőrzés folyóméterrel: 50 db × 4,0 m = 200 fm; keresztmetszet $A = 0{,}100 \cdot 0{,}022 = 0{,}0022\,\mathrm{m}^2$; $V = 200 \cdot 0{,}0022 = 0{,}44\,\mathrm{m}^3$. A két úton ugyanaz jött ki. ∎

Számítás. 2. példa: szélezetlen tölgy deszka köbözése középszélességgel.

Adott: 12 db szélezetlen tölgy deszka, $l = 2{,}5\,\mathrm{m}$, $v = 30\,\mathrm{mm} = 0{,}030\,\mathrm{m}$. A szélességet minden darabnál három helyen mértük. Az egyik darabon a mért szélességek:

$$b_1 = 260\,\mathrm{mm}, \quad b_2 = 240\,\mathrm{mm}, \quad b_3 = 220\,\mathrm{mm}$$

Keresett: a 12 db tétel térfogata.

Kiszámoljuk a középszélességet:

$$b_{\text{közép}} = \frac{260 + 240 + 220}{3} = \frac{720}{3} = 240\,\mathrm{mm} = 0{,}240\,\mathrm{m}$$

Egy darab térfogata:

$$V_{\text{db}} = 2{,}5 \cdot 0{,}240 \cdot 0{,}030 = 0{,}018\,\mathrm{m}^3/\mathrm{db}$$

A teljes tétel:

$$V = 12 \cdot 0{,}018 = 0{,}216\,\mathrm{m}^3$$

Ellenőrzés becsléssel: ha a legnagyobb szélességgel (260 mm) számolnánk, $V_{\text{db}} = 2{,}5 \cdot 0{,}260 \cdot 0{,}030 = 0{,}0195\,\mathrm{m}^3$, a 12 db pedig $0{,}234\,\mathrm{m}^3$ lenne. A középszélességgel számolt érték kisebb, mert a szél valóban keskenyebb; ezért a középszélesség módszere adja a hasznos térfogatot. ∎

Számítás. 3. példa: hibát keresünk egy tétel köbözésében.

Adott: egy 2500 mm hosszú, 28 mm vastag szélezetlen deszka szélességét csak a legszélesebb ponton mérték: 250 mm. A köbözésük: $V = 2{,}5 \cdot 0{,}250 \cdot 0{,}028 = 0{,}0175\,\mathrm{m}^3$.

Mi a hiba? A legnagyobb szélesség nem adja meg a deszka valós, hasznos térfogatát. Ha a szélesség másutt 210 mm, az átlag 230 mm, akkor a helyes köbözés $V = 2{,}5 \cdot 0{,}230 \cdot 0{,}028 = 0{,}0161\,\mathrm{m}^3$. A hiba miatt a vevő kb. 8,7%-kal (250/230 = 1,087) többet fizetne, és az anyagnorma is hibás lenne. Ezért szélezetlen anyagot mindig középszélességgel, több mérésből átlagolunk. ∎

A fenti példák megmutatják, hogy a köbözést mindig mértékegység-ellenőrzéssel kell végezni: a hossz, szélesség és vastagság méterben legyen, az eredmény m³-ben.

7.1.8. Konszignációs lap kitöltése

A **konszignáció** (konszignációs lap) a fűrészáru-szállítmány tételes jegyzéke. Tartalmazza a tételt, a fafajt, a minőségi osztályt, a keresztmetszetet, a darabszámot, a hosszt, a térfogatot és a megjegyzést. Ez a dokumentum az átvétel és az anyagelszámolás alapja.

Példa. Töltsünk ki egy egyszerű konszignációs lapot.

A műhely a következő faanyagot kapta:

- 50 db fenyő deszka, A/B osztály, 22×100 mm, 4,0 m
- 12 db tölgy deszka, B/C osztály, 30 mm szélezetlen, 2,5 m, középszélesség 240 mm

- 30 db bükk deszka, A osztály, 28×150 mm, 3,0 m
- 200 db fenyő tetőléc, C osztály, 24×48 mm, 3,0 m

Kiszámoljuk a térfogatokat, és konszignációs lap formájában összegezzük őket.

Tétel	Fafaj	Osztály	Méret (mm) vagy v (mm)	Db	Hossz (m)	Térfogat (m³)	Megjegyzés
1	fenyő	A/B	22×100 szélezett	50	4,0	0,4400	táblás, szellőzve
2	tölgy	B/C	30 szélezetlen	12	2,5	0,2160	középszélesség 240 mm
3	bükk	A	28×150 szélezett	30	3,0	0,3780	gőzölt bükk
4	fenyő	C	24×48 léc	200	3,0	0,6912	építőipari léc
Összesen						**1,7252**	kerekítve 1,725 m³

A tétel 3 számítása például:

$$V_3 = 3{,}0 \cdot 0{,}150 \cdot 0{,}028 = 0{,}0126\,\mathrm{m^3/db}$$

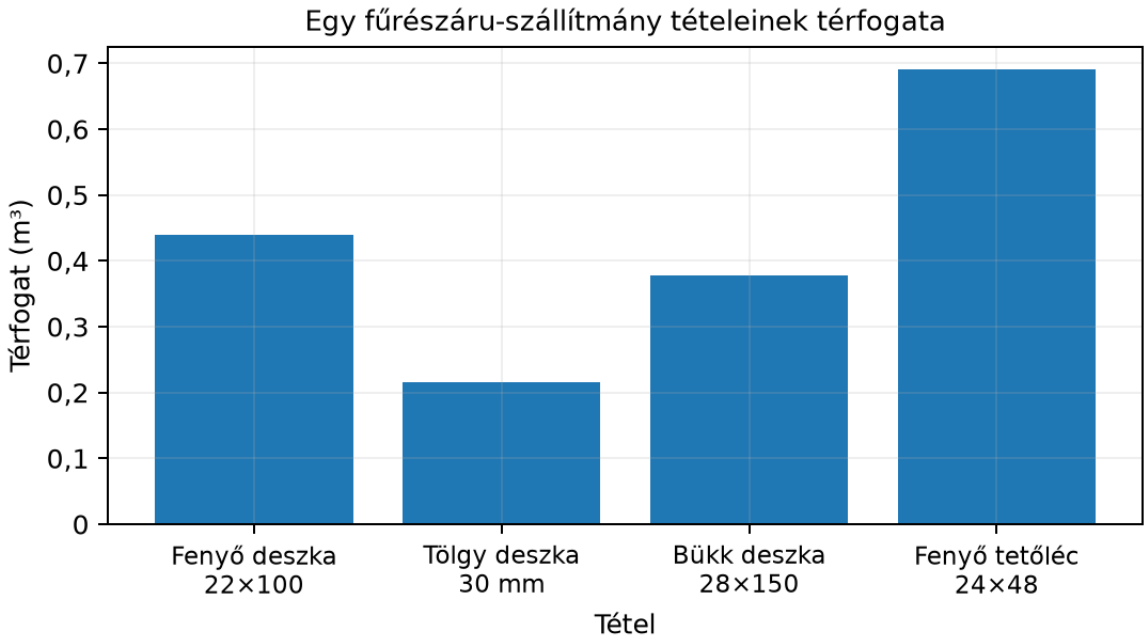
$$V_{3,\ddot{o}} = 30 \cdot 0{,}0126 = 0{,}378\,\mathrm{m^3}$$

A léc tétel:

$$V_4 = 3{,}0 \cdot 0{,}048 \cdot 0{,}024 = 0{,}003456\,\mathrm{m^3/db}$$

$$V_{4,\ddot{o}} = 200 \cdot 0{,}003456 = 0{,}6912\,\mathrm{m^3}$$

Az összesítés után ellenőrizzük, hogy az összeg nagyságrendje reális: négy tétel, mind nagyjából 0,2–0,7 m³, az összeg 1,725 m³, ami elfogadható. A mintaárat itt nem tüntettük fel, mert a konszignáció mennyiségi dokumentum; az árakat az árajánlatban számoljuk (lásd Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár).



7.2. ábra. Egy fűrészáru-szállítmány tételeinek térfogata - Szemléltető, a szövegbeli konszignációs lap mintaadataiból számolt értékek; a tényleges köbözést a szállítási szabvány szerint ellenőrizni kell.

Megjegyzés. A konszignációs lapot célszerű úgy kitölteni, hogy a térfogat számítását külön papíron vagy táblázatkezelővel is megismétled: az F oszlop (térfogat) = B (db) × C (hossz) × D (szélesség) × E (vastagság), a méreteket méterben (a mm-ben rögzített méretet előbb osszuk 1000-rel).

7.1.9. Szakszerű máglyázás: lécezés, alátámasztás

A fűrészárut tárolni kell, amíg fel nem használjuk. A rossz tárolás vetemedést, repedést, penészedést, rovarkárt okozhat. A fűrészáru **máglyázása** azt jelenti, hogy a darabokat szellőző sorokban, lécekkel elválasztva rakjuk egymásra.

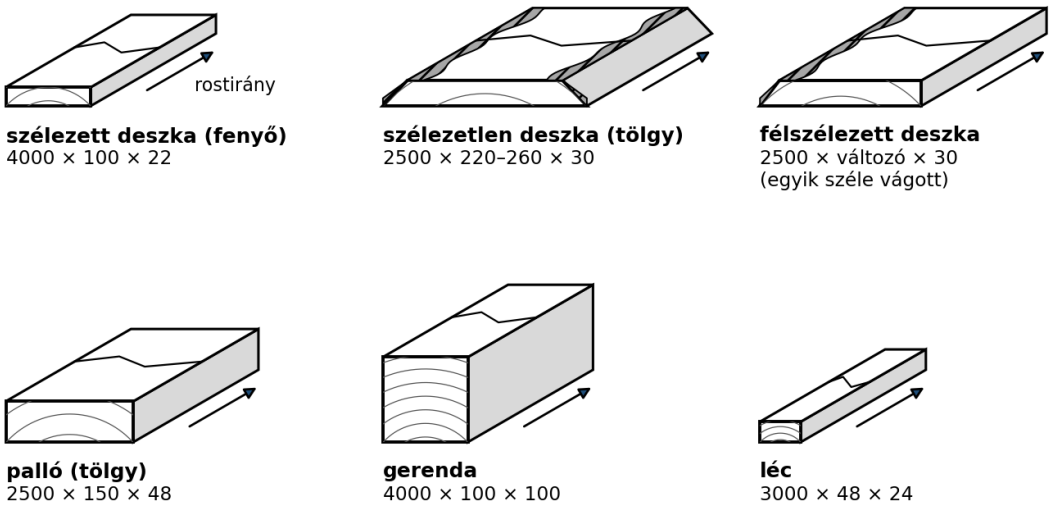
Recept. Szakszerű fűrészáru-máglya készítése:

1. **Válassz vízszintes, teherbíró alapot.** A talajtól legalább 200–300 mm magasságban legyen az első sor.
2. **Helyezz el alátéteket** (gerenda, vasbetontalp), keresztben a deszkák hossztengelyére, lehetőleg egyvonalban, egymástól távolságuk a darab vastagságától függően 600–1000 mm **(tájékoztató, ellenőrizendő)**.
3. **Rakd az első sor deszkát** az alátétekre, lágyan, egyenesen, ne lógjanak ki a bütük jobban, mint amennyit az alátét megtámaszt.
4. **Helyezz léceket** az első sorra, pontosan az alátétek fölé, azonos vastagságú (pl. 24×24 mm) lécek. A lécek legyenek párhuzamosak egymással és merőlegesek a deszkák hossztengelyére.
5. **Rakd a következő sort** a lécekre, ugyanolyan irányban, mint az elsőt. Így a sorok között levegő áramlik.
6. **Folytasd a rétegezést**, amíg a máglya magassága biztonságos marad. A magasság ne haladja meg a sík, stabil alátámasztást; kézi anyagmozgatáshoz a munkavédelmi szabályok szerint dolgozz.

7. **Védd a bütüket.** A deszkavégeket takard le a naptól, széltől, esőtől; a bütükre repedésgátló festék, pergament vagy viaszos papír, árnyékoló lemez kerüljön, ha a fa hajlamos a bütürepedésre.
8. **Takard le a máglyát** feszített ponyvával, de hagyj szellőző rést az oldalakon, hogy a nedvesség távozhasson.
9. **Ellenőrizd időnként** a máglyát: nincs-e penész, rovar, elmozdult léc, beázás.

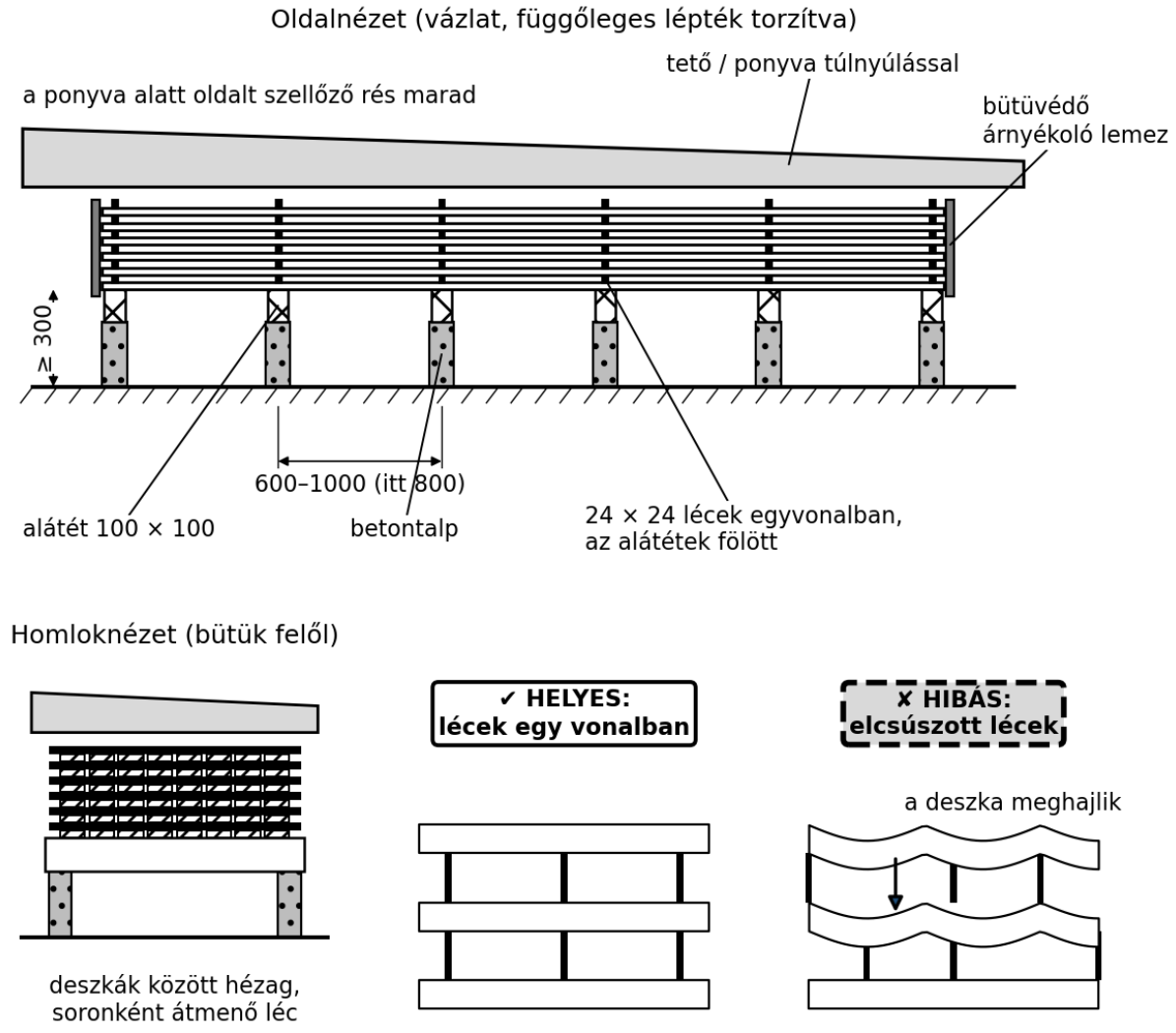
A lécezés célja, hogy a szárítás közben a sorokban egyenletes légmozgás legyen. Ha a deszkákat közvetlenül egymásra rakjuk, az érintkező felületeken megreked a nedvesség, és penész, elszíneződés jelenik meg.

7.1.10. Ábrák: fűrészáru-fajták és máglyázás



7.3. ábra. Fűrészáru-fajták ferde axonometriában, közös keresztmetszeti léptékben, a hossz megszakítva: szélezett fenyő deszka 4000 × 100 × 22, szélezetlen tölgy deszka 2500 × 220–260 × 30 (kéreggel), félszélezett deszka (egyik széle vágott), tölgy palló 2500 × 150 × 48, gerenda 4000 × 100 × 100 és léc 3000 × 48 × 24; méretek l × b × v sorrendben, mm-ben

A szélezetlen és a félszélezett darabot a szabálytalan, kérges szél (sraffozott sáv) különbözteti meg a szélezettől. A HTML-változatban a szélesség és a vastagság csúszkájával kipróbálhatod, mikor nevezünk egy keresztmetszetet deszkának, pallónak, lécnek vagy gerendának (a 7.1.1 tájékoztató határai szerint).



7.4. ábra. Lécezett fűrészáru-máglya oldal- és homloknézete: betontalpon 100 × 100-as alátétgerendák 600–1000 mm-enként (itt 800 mm), az első sor legalább 300 mm-rel a talaj fölött, 24 × 24 mm-es lécek pontosan az alátétek fölött, bütüvédő árnyékoló lemez, túlnyúló tető; mellette a helyes és a hibás (elcsúszott) lécezés

A távolságok a recept tájékoztató tartományai. A HTML-változat a recept kilenc lépése szerint, lépésenként építi fel a máglyát, az utolsó lépésben a rossz lécezés következményét mutatja.

7.1.11. Minőségellenőrzés

A fűrészáru átvételekor és feldolgozása előtt a következőket ellenőrizzük:

- **Fafaj és osztály:** szemrevételezéssel, szükség esetén összehasonlító mintával. Az osztályt a termékszabvány hibahatárai szerint ellenőrizzük **(ellenőrizendő)**.
- **Méretek:** mérőszalaggal, tolómérővel. A tűrés jellemző néhány mm lehet, a hossz- és vastagságtűrés a szabványban vagy szerződésben rögzített **(ellenőrizendő)**.
- **Nedvességtartalom:** nedvességmérővel, a szállítmány több pontján mérve. A célérték a felhasználástól függ: az egységes tájékoztató célnedvesség (7.2 alfejezet): fűtött lakótérbe kerülő bútor és beltéri ajtó: 8–10 %; fűtetlen beltér: 10–12 %; ablak, külső ajtó: 12–15

%; padlófűtés fölé kerülő padló: a gyártó szerint, jellemzően alacsonyabb (tájékoztató, ellenőrizendő: termékszabvány, gyártói előírás).

- **Hibák:** görbeség, csavarodás, göcs, repedés, rovarkár, korhadás, kéreg. A megengedett hiba a minőségi osztálytól függ.
- **Mennyiség:** darabszám és térfogat (köbözés), a szállítólevéllel összevetve.

Ha eltérést találunk, a szállítólevélre rá kell vezetni, és értesíteni a beszerzőt vagy a szállítót. A hibás tételt lehetőleg rakjuk külön, és fényképpel dokumentáljuk.

7.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Rossz osztályba válogatás.** Tünet: a látható bútorlapra szánt deszkán nagy, kihulló göcs vagy repedés; a takart szerkezetbe szép, drága anyag kerül. Oka: nem ismerik az osztályozási határokat, vagy csak az egyik oldalt nézik. Helyes: a minőségi osztály követelményeit és a felhasználási célt együtt kell vizsgálni, mindkét oldalra és az élekre.
2. **Nedvességet nem mérnek.** Tünet: a frissen beérkezett, nedves fűrészárut késztermékbe építik, ami később vetemedik, a kötések szétnyílnak. Oka: azt hiszik, a fűrészáru „már száraz”. Helyes: átvételkor nedvességmérővel mérni, és csak a felhasználási célnak megfelelő nedvességtartalmú anyagot használni.
3. **Szélezetlen áru helytelen köbözése.** Tünet: a tétel térfogata nagyobb, mint a hasznos anyag; a műhely túlfizet. Oka: legnagyobb szélességet mérik középszélesség helyett. Helyes: három ponton mérnek, átlagolnak, és kéregmentes szélességet számolunk.
4. **Rossz máglyázás lécek nélkül.** Tünet: a deszkák elszíneződnek, penészesek, egyenlőtlenül száradnak, megcsavarodnak. Oka: a sorokat közvetlenül egymásra rakták, nincs szellőzés, alátét sincs. Helyes: alátétek, lécezés, bütüvédelem, fedés, szellőző rés.
5. **Méretkeverés vagy sorrendtévesztés.** Tünet: a szállítólevél keresztmetszeti jelölését (vastagság × szélesség, pl. 22×100) sorrendcsere nélkül írják be a szabásjegyzékbe, ahol hossz × szélesség × vastagság (4000 × 100 × 22) a sorrend, és a megrendelésben rossz szélességű anyag érkezik. Oka: nem tartják a hossz × szélesség × vastagság sorrendet. Helyes: a méretmegadásnál mindig a megadott sorrendet használni, és a szöveges jelölésnél hozzátenni, mi a szélesség és mi a vastagság.

7.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy kis asztalosműhely bejárati ajtókat gyártott. A beszerző okosnak hitte magát, és szélezetlen tölgy pallót vásárolt, mert olcsóbbnak tűnt. Az átvételnél a gyors kolléga minden pallót a legszélesebb pontján mért, és úgy köbözött. A szállítólevelet gond nélkül elfogadták. Amikor a pallókat szélezni kezdték, kiderült, hogy a valódi, hasznos térfogat körülbelül 12%-kal kisebb, mint amit kifizettek. Ráadásul a nedvességmérést is elmulasztották, ezért a félig szárított anyagból a gyalulás után csavarodott alkatrészek lettek. A hiba miatt a megrendelés csúszott, és az anyagot utólag újra kellett szárítani. A tanulság: a fűrészárut mindig a szabályos módon, középszélességgel köbözzük, és a nedvességet átvételkor ellenőrizzük.

7.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A deszka vastagsága jellemzően 18–38 mm, a palló vastagabb.

2. Mi a különbség a névleges és a tényleges méret között?

3. Számold át: 25 db szélezett deszka, mérete 2500×120×27 mm, mekkora a térfogata?

4. Miért nem szabad szélezetlen deszkát a legnagyobb szélességgel köbözni?

5. Sorold fel a szakszerű máglya legalább három elemét!

6. Mi a konszignáció szerepe?

7.1.15. Feladatok

1. feladat (A). Írd be, melyik fűrészáru lehet deszka, palló, léc vagy gerenda: (a) 3000×48×24 mm, (b) 4000×100×100 mm, (c) 3500×180×28 mm, (d) 2500×160×48 mm. Indokold röviden a vastagság és a szélesség arányával.

2. feladat (A). Váltsd át méterré, és számold ki egy db 3200×125×25 mm-es szélezett deszka térfogatát három tizedesjegyre.

3. feladat (B). Egy szélezetlen bükk deszka hossza 2800 mm, vastagsága 35 mm. Mérd a szélességeket: 300 mm, 270 mm, 240 mm, 210 mm (négy mérés). Számold ki a darab térfogatát középszélességgel.

4. feladat (B). Töltsd ki a konszignációs lap hiányzó térfogat sorát: 40 db tölgy deszka, A osztály, 27×130 mm, 2,1 m. Ellenőrizd azt is, hogy az összesítés 0,45 m³-e reális-e a tételre? (Nem kell más tétel; csak az adott tétel térfogatát számold.)

5. feladat (C). Egy tétel 10 db 4,0 m hosszú, 4000 × 100 × 50 mm-es (névleges) pallót tartalmaz. A pallókat 2–2 mm túlmérettel fűrészelték: a tényleges vastagság 52 mm, szélesség 102 mm. Számold ki a fűrészelési (tényleges) és a névleges térfogatot, és állapítsd meg, hány százalékkal nagyobb a fűrészelési térfogat. Ez a ráhagyás. Hol hasznosul ez a későbbi szárításnál és gyalulásnál?

6. feladat (D). Műhelygyakorlat: készíts elő egy 20 db-os szélezett deszkaköteget méretellenőrzéshez. Mérj meg legalább 5 deszkát, mérd a hossz, szélesség és vastagság értékét, számold át az átlagos térfogatot, és tölts ki egy kézi konszignációs lapot a mért adatokkal. A mérési jegyzőkönyvben tüntesd fel: fafaj, osztály, nedvesség (ha van nedvességmérő), hibákat röviden.

7.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok.

1. Igaz, a magyar gyakorlatban a deszka körülbelül 18–38 mm, a palló nagyobb vastagságú **(ellenőrizendő)**. A deszka szélessége legalább a vastagság kétszerese.

2. A névleges méret a rendelt, kereskedelmi méret; a tényleges méret a darabon mérhető méret, ami a zsugorodás és a tűrések miatt eltérhet.

3. V = 2,5 × 0,120 × 0,027 = 0,0081 m³/db, 25 db → 0,2025 m³.

4. Mert a legnagyobb szélesség túlbecsüli a hasznos faanyag-mennyiséget; a valós térfogatot az átlagos, kéregmentes szélességgel kell számolni.

5. Alátámasztás, lécezés, bütüvédelem, fedés/szellőzés.

6. A konszignáció a szállítmány tételes jegyzéke, az átvétel és az anyagelszámolás alapja.

1. feladat megoldása. (a) léc, mert keskeny és vékony; (b) gerenda, mert 100×100 mm nagy keresztmetszet; (c) deszka, 28 mm vastag, szélessége több mint a kétszerese; (d) palló, 48 mm vastag és széles.

2. feladat megoldása. l = 3200 mm = 3,2 m; b = 125 mm = 0,125 m; v = 25 mm = 0,025 m. V = 3,2 × 0,125 × 0,025 = 0,0100 m³ = 0,010 m³.

3. feladat megoldása. Átlag: (300+270+240+210)/4 = 1020/4 = 255 mm = 0,255 m. V = 2,8 × 0,255 × 0,035 = 0,02499 m³ ≈ 0,0250 m³.

4. feladat megoldása. l = 2,1 m; b = 130 mm = 0,130 m; v = 27 mm = 0,027 m. V/db = 2,1 × 0,130 × 0,027 = 0,007371 m³. 40 db → V = 40 × 0,007371 = 0,29484 m³ ≈ 0,295 m³. Ez a tétel önmagában 0,295 m³; a 0,45 m³ csak akkor reális, ha más tételekkel együtt nézzük.

5. feladat megoldása. Névleges: V_n = 10 × 4,0 × 0,050 × 0,100 = 0,200 m³. Tényleges: V_t = 10 × 4,0 × 0,052 × 0,102 = 0,21216 m³. Különbség: 0,21216 − 0,200 = 0,01216 m³. Százalék: 0,01216 / 0,200 × 100 = 6,08% ≈ 6,1%. A túlméret a szárítási zsugorodást és a gyalulási ráhagyást fedezi. A zsugorodás során a tényleges méret csökken, a gyalulásnál pedig a kívánt sima, pontos méretet alakítjuk ki.

6. feladat megoldása (elve). A gyakorlat során a mért adatokat táblázatba kell gyűjteni. Például ha mért értékek: 4002×100×22, 4001×101×22, 4000×100×23, 3998×99×22, 4003×100×22, akkor az átlagos térfogat számolása: az átlag hossz 4000,8 mm → 4,0008 m; átlag szélesség 100 mm → 0,1000 m; átlag vastagság 22,2 mm → 0,0222 m. V/db = 4,0008 × 0,1 × 0,0222 = 0,00888 m³, 20 db-ra 0,1776 m³. A konszignációs lapra a mért tétel, fafaj, osztály, méret, db, térfogat, esetleges hibák kerülnek. A pontos mérési jegyzőkönyvet és tűréseket a termékszabvány szerint kell ellenőrizni.

7.1.17. Rövid összefoglaló

A fűrészáru a rönk fűrészelésével készülő, hasábszerű faanyag. Fajtái elsősorban a deszka, palló, léc és gerenda. A szélezett darab szélei párhuzamosak, a szélezetlené természetes, változó szélességűek; a félszélezett egyik széle vágott. A méretmegadás sorrendje mindig hossz × szélesség × vastagság, mm-ben. A névleges méret a rendelt, a tényleges a mérhető, a szárazméret a szárítás utáni méret; a fűrészelési ráhagyás fedezi a zsugorodást és a későbbi gyalulást. A fűrészárut fafaj, nedvesség, alaki és szöveti hibák szerint osztályozzák; az osztályjelölés (például A–D) a felhasználhatóságot mutatja (a hatályos termékszabvány ellenőrizendő). A köbözés alapképlete $V = l \cdot b \cdot v$; szélezetlen árunál a középszélességet használjuk. A konszignáció a szállítmány tételes jegyzéke, amelyet átvételkor kitöltünk. A fűrészárut lécezett máglyában, alátéteken, szellőző sorokkal, bütüvédelemmel kell tárolni. A köbözést, osztályozást és méretrendet a A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése, az Szabásjegyzék és anyagnorma és a Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás fejezetei használják tovább.

7.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Fűrészáru-fogalmak, méretek és minőségi osztályok: hatályos MSZ EN fűrészáru-termékszabványok (jelölt: MSZ EN 1611-1 fenyőkre, MSZ EN 975 lombosakra, MSZ EN 1313 mérettűrésre, régi MSZ 17300 sorozat) – ellenőrizendő a pontos szám, osztályjelölés, mérettűrés.
- A deszka/palló/léc/gerenda választékhatárai, szélességi és vastagsági léptékek: fűrészipari termékszabvány vagy műszaki előírás – ellenőrizendő.
- A középszélességi mérési eljárás és kerekítés: szállítási szerződés, termékszabvány – ellenőrizendő.
- A máglyázási alátámasztási és léctávolságok: gyakorlati irányelv, tájékoztató – ellenőrizendő a faanyag fajtája, vastagsága és a szárítási mód szerint.
- A nedvességtartalmi célértékek a fűrészáru tárolásához: a A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás és a A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése fejezet összefüggésében – ellenőrizendő.

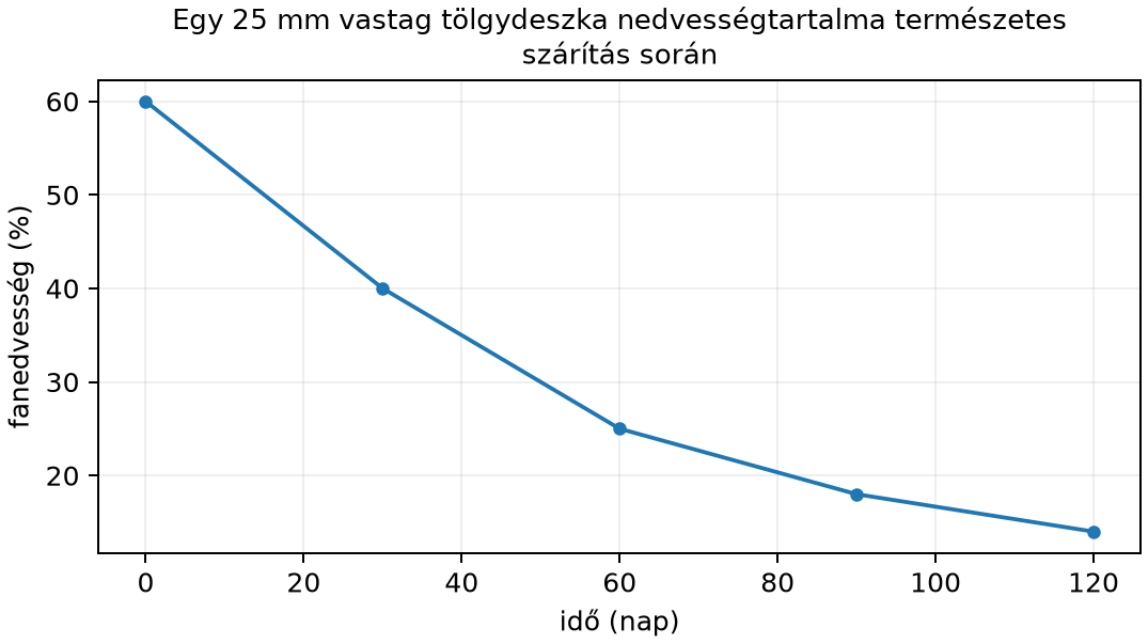
7.2. A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése

A frissen fűrészelt deszka a műhelybe kerülve szinte „él”: szárad, mozog, reped. Ha ezt a mozgást nem értjük, a kész bútor vetemedik, a ragasztás elválik, a felületkezelés megreped. A szárítás nem passzív várakozás, hanem a faanyag előkészítésének egyik legfontosabb művelete.

7.2.1. Szemléletes kép: a nedves fa, mint a kiszáradó szivacs

A frissen vágott fa kétféle vizet tartalmaz. A sejtüregekben **szabad víz**, a sejtfalakban **kötött víz** van. Amíg a szabad víz távozik, a fa mérete alig változik. Amikor a nedvességtartalom a **rosttelítettségi határ** alá csökken, megindul a kötött víz leadása, és ezzel a zsugorodás. Ez a változás a A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás és a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetekben tanult jelenség.

Az alábbi görbe egy 25 mm vastag tölgydeszka természetes szárításának szemléltető lefutását mutatja. A valós adatok fafajtól, vastagságtól, évszaktól és időjárástól erősen függnek; itt a tanulás a lényeg.



7.5. ábra. Egy 25 mm vastag tölgydeszka nedvességtartalma természetes szárítás során - Szemléltető, tájékoztató adatok; a valós görbe fafajtól, vastagságtól, időjárástól függ (ellenőrizendő: szakkönyvi adatok).

A görbe eleinte meredek, majd egyre lassabban csökken. A fa először a könnyen távozó szabad vizet adja le, utána a sejtfalakból egyre nehezebben válik meg a kötött víztől.

7.2.2. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. Szárítás alatt a fa nedvességtartalmának szabályozott csökkentését értjük, olyan értékre, amely a felhasználási hely várható egyensúlyi fanedvességéhez közelít. A szárítás célja a méretváltozás csökkentése, a repedés és gombásodás megelőzése, a ragasztás és felületkezelés előkészítése.

Definíció. Természetes (szabadtéri) szárítás a fűrészáru szellős, fedett vagy szabad ég alatti máglyában, külső hőenergia nélküli száradása. **Mesterséges szárítás** a fűrészárut zárt kamrában, szabályozott hőmérsékleten, páratartalommal és légárammal szárítja.

Definíció. Szárítási menetrend a kamrás szárítás során előírt hőmérséklet-, páratartalom- és időértékek sorozata. A menetrendet fafaj, vastagság, kiinduló és cél-nedvesség szerint állítják be.

Definíció. Kondicionálás a megszárított faanyag pihentetése a műhelyben vagy a szárítóban, hogy a keresztmetszet nedvességeloszlása kiegyenlítődjön, és a szárítási feszültségek csökkenjenek.

Szabály. A szárítás sebességét a fa nedvességleadó képessége, a hőmérséklet, a levegő relatív páratartalma és a légáram sebessége határozza meg. A túl gyors szárítás repedést okoz. **Figyelem.** A szárítási görbe és minden időadat tájékoztató; a valóságos értékek gyártói/szárítóüzemi adatokból veendők (ellenőrizendő).

7.2.3. Természetes szárítás: máglyázás, lécezés, bütüvédelem

A frissen fűrészelt deszkát **máglyába** rakjuk. A máglya lényege, hogy minden deszka körül levegő járjon, a víz távozhasson, és a fa ne görbüljön meg a saját súlya alatt.

Eljárás. Természetes szárító máglya rakása:

1. Készíts vízszintes, szilárd alapot, például beton- vagy pallóalapot. Az alap legyen magasítva a talajszint fölé, hogy a nedvesség alulról ne szálljon fel.
2. Az első sor deszkáit lapjukra fektetve, egymás mellé rakd, 20–30 mm oldalhézaggal (tájékoztató), hogy a levegő függőlegesen is átjárja a sort.
3. A sorok közé helyezz azonos vastagságú **szárítólécet** (tájékoztató: 20–30 mm vastag; ellenőrizendő), a léceket pontosan egymás fölé, ne elcsúszva. Ez biztosítja a függőleges levegőjáratot és a deszkák egyenletes alátámasztását.
4. A lécek távolságát a deszka vastagságához igazítsd: vékony, hajlékony deszkánál sűrűbb, vastag anyagnál ritkább lehet (tájékoztató: 600–900 mm, ellenőrizendő).
5. A máglya tetejét fedd le kiemelt tetővel, de az oldalakat hagyd nyitva a szellőzéshez.
6. A deszkák bütüjét kend be **bütüvédő** szerrel: viasz, paraffinos oldat, speciális bütüfólia vagy festék (tájékoztató, a gyártói adatlap szerint). Ez mérsékli a gyors bütüszáradást és a bütürepedést.
7. Nehezítsd le a máglya tetejét, hogy a felső deszkák ne üljenek fel, ne csavarodjanak.
8. Ellenőrizd időnként a lécek helyzetét, a tetőt és a nedvességtartalmat a rakás több pontján.

A természetes szárítás önmagában ritkán viszi a fát 12–14 % alá, mert a szabadtéri levegő egyensúlyi fanedvessége éghajlattól függően jellemzően 14–18 % (tájékoztató, ellenőrizendő). A műhelyben ezért a szabadtéren beszárított anyagot tovább kell klimatizálni, vagy mesterségesen szárítani.

Megjegyzés. A természetes szárítás időtartama durván becsülhető, de erősen függ a fafajtól, a deszka vastagságától, az évszaktól és a máglya szellőzésétől. Tájékoztató érték: 25 mm vastag puhafa deszka tavasztól őszig 20 % alá száradhat, 50 mm vastag tölgy deszka akár egy évig is száradhat (ellenőrizendő: helyi szárítási tapasztalat, szakkönyv).

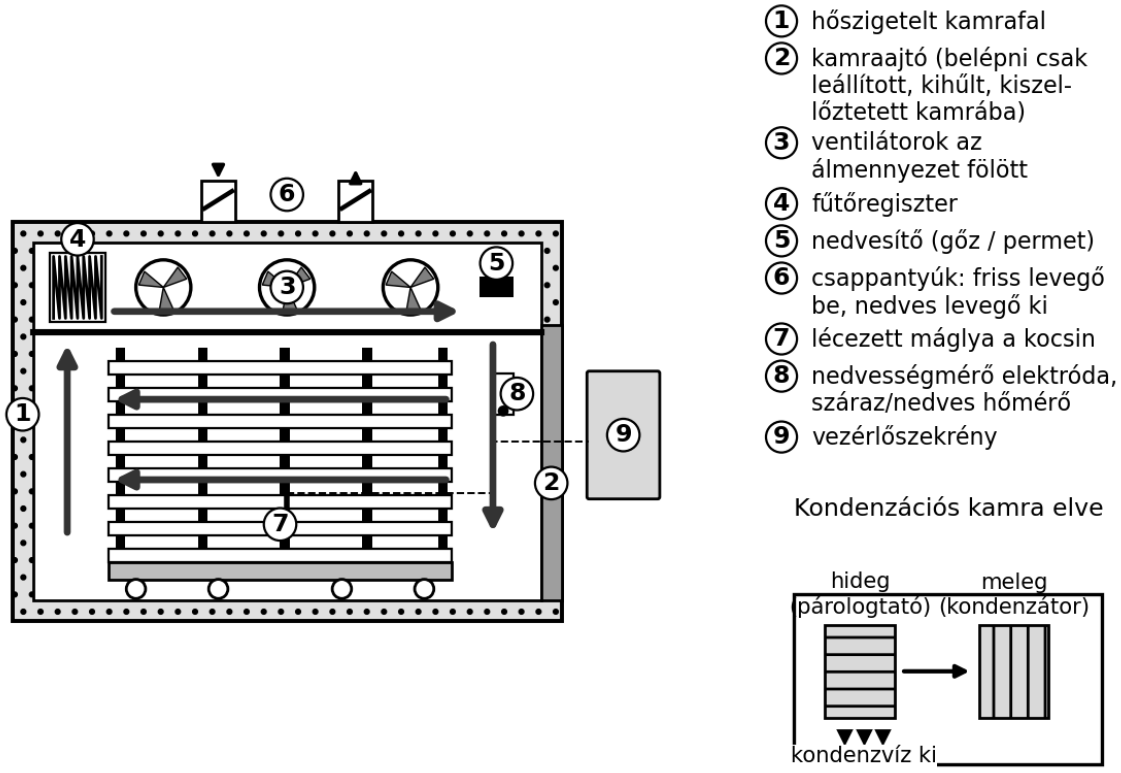
7.2.4. Mesterséges szárítás: konvekciós, kondenzációs és vákuumos

A mesterséges szárítás zárt kamrában, szabályozott körülmények között zajlik. A cél a nedvességtartalom gyors, de kíméletes csökkentése a felhasználási célnedvességre.

Konvekciós (hagyományos) kamrás szárítás. A kamrában fűtött levegő kering, elvezeti a nedvességet, és friss levegőt kever be. A levegő hőmérsékletét és relatív páratartalmát szakaszosan változtatják. A szárítási menetrend szemléltető része:

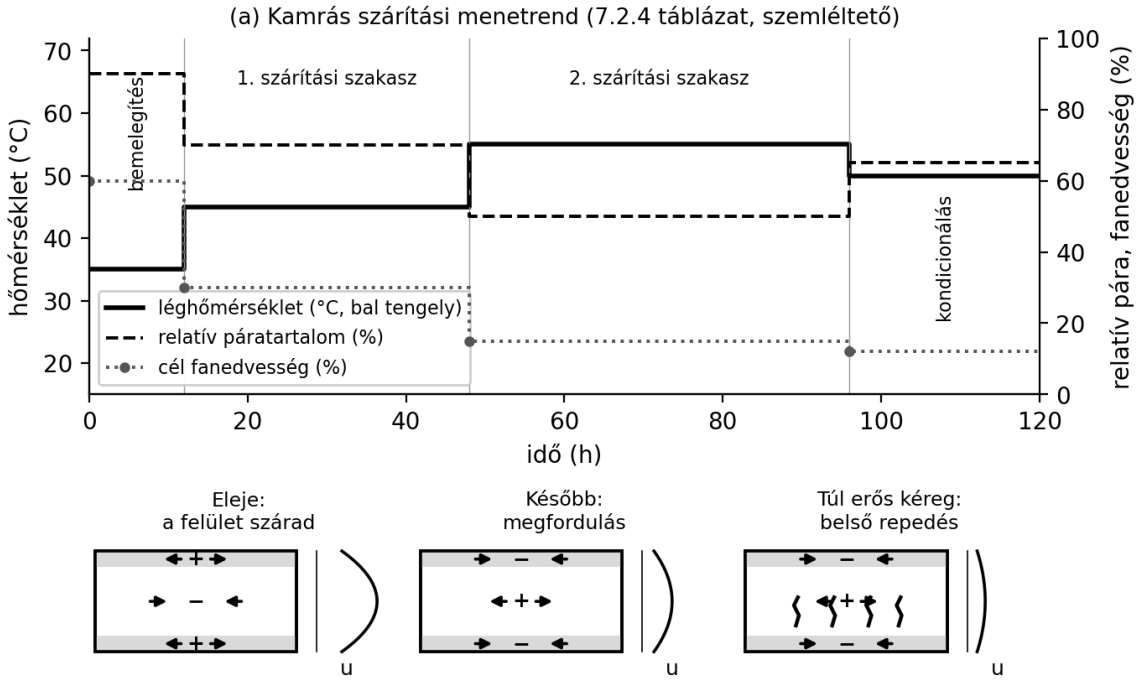
Szakasz	Idő (h)	Léghőmérséklet (°C)	Relatív pára (%)	Cél fanedvesség (%)
Bemelegítés	0–12	35	90	60
Első szárítási szakasz	12–48	45	70	30
Második szárítási szakasz	48–96	55	50	15
Kondicionálás	96–120	50	65	12

A táblázat tanulási példa; a valós menetrendet a szárítóüzem és a gépkönyv adja meg (ellenőrizendő).



7.6. ábra. Konvekciós szárítókamra hosszmetszete (sematikus): hőszigetelt fal, kamraajtó, ventilátorok az álmennyezet fölött, fűtőregiszter, nedvesítő, friss- és nedveslevegő-csappantyúk, lécezett máglya a kocsin, mérőelemek és vezérlőszekrény; a fűtött levegő a lécsorok között kering. Mellékkép: a kondenzációs kamra hőszivattyús, zárt körű elve

A rajzon látszik, miért kell a máglyát a kamrában is lécezve, egyenletes légréssel rakni: a ventilátorok által keringetett levegő a lécsorok között áramlik át. A HTML-változat a menetrend szakaszai szerint mutatja a csappantyúk és a nedvesítő állapotát (elvi szemléltetés).



(b) + húzás (kifelé mutató nyilak), − nyomás (befelé mutató nyilak);
szürke = felületi réteg; jobbra: u nedvességprofil a vastagság mentén

7.7. ábra. A kamrás szárítási menetrend lépcsős diagramja a fenti táblázat adataival (léghőmérséklet, relatív páratartalom, cél fanedvesség), alatta a deszka keresztmetszete: kezdetben a felület húzott, a belső rész nyomott; később a feszültség megfordul, túl erős kéregnél belső repedés keletkezik

Gépbiztonság. A kamrás szárító és a gőzölő csak betanított, felügyelt kezelővel üzemeltethető, a gépkönyv szerint. Forró felületek, gőz- és forrázásveszély; hőálló védőkesztyű és védőszemüveg szükséges. A kamra vészleállítóval, hőmérsékletfigyelővel és tűzjelzővel legyen ellátva. A kezelő a hőkezelés és gőzölés során soha ne nyissa fel a kamrát a lehűlés előtt. Kamrába csak a fűtés és a ventilátorok leállítása és reteszelése (főkapcsoló lezárva, ellenőrizendő: gépkönyv), kiszellőztetés és lehűlés után, második személy jelenlétében lépj be; a magas hőmérséklet és páratartalom hőstresszt okoz. Az ajtónak belülről is nyithatónak kell lennie. A rakatot targoncával csak jogosult kezelő mozgatja.

Kondenzációs szárítás. A kamra levegőjét egy hűtőfelületre vezetik, ahol a nedvesség kicsapódik, így a kamra zárt körben üzemel. A hőmérséklet általában alacsonyabb, mint a konvekciós kamráé, ezért kíméletesebb lehet a vastagabb, érzékeny fafajoknál (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv, szárítási adatlap).

Vákuumos szárítás. A kamrában csökkentett nyomást tartanak fenn, így a víz alacsonyabb hőmérsékleten forr; a fából gyorsabban távozik a nedvesség. A vákuumos szárítás gyorsabb és kíméletesebb lehet, de költségesebb. Főként kis tételű, vastagabb, értékes keményfa fűrészárunál használják, ahol a konvekciós szárítás nagyon hosszú vagy repedésveszélyes (ellenőrizendő: szakkönyv, gépgyártó).

Szabály. Mesterséges szárításnál a fát a kívánt átlagnedvességig szárítják, majd a kamrában vagy a műhelyben **kondicionálják**, hogy a felületi és belső rétegek nedvességkülönbsége kiegyenlítődjön. A hirtelen hőmérséklet-emelés vagy a túl alacsony páratartalom repedést okoz.

7.2.5. Gőzölés, permetezés, áztatás

Gőzölés. A faanyagot zárt kamrában, gyakran 80–100 °C körüli telített gőzben kezelik (tájékoztató, ellenőrizendő). A gőzölés célja lehet:

- **Színváltozás:** a bükk gőzöléssel vörösesbarna, meleg színt kap; sok faj színe egyenletesebbé válik.
- **Hajlítás előkészítése:** a hő és a nedvesség a fát plasztikussá teszi, így hajlított bútorelemek, például hajlított hátú székek készíthetők.
- **Feszültségcsökkentés:** a szárítás előtt vagy közben a gőzölés segíthet a feszültségek kiegyenlítésében.

Gépbiztonság. Gőzölésnél a legnagyobb veszély a forró gőz és a nyomás. A kamrát csak lehűlés után, a gépkönyv szerint szabad kinyitni. Hőálló kesztyű, védőszemüveg és zárt ruházat kötelező.

Permetezés. A frissen vágott rönköt vagy a fűrészáru bütüjét rendszeresen vízzel permetezik, hogy lassítsák a hirtelen kiszáradást és csökkentsék a bütürepedést. Ha a permetezőoldat faanyagvédő szert is tartalmaz, akkor az **vegyi anyag**: a biztonsági adatlap és a termék műszaki adatlapja szerint kell eljárni, védőfelszereléssel.

Áztatás. A fát meleg vízben vagy vízgőzben áztatják, főleg hajlítás vagy furnérkészítés előtt. Az áztatás megkönnyíti a rostok elcsúszását, csökkenti a repedés esélyét. A gyakorlatban a hajlítás előtti gőzölés és áztatás gyakran összekapcsolódik.

7.2.6. Számítás: az elpárolgó víz tömege

A szárítás során a fa tömegéből a víz távozik. A fa **abszolút száraz tömege** (m_0) nem változik, csak a nedvességtartalom csökken. Az elpárolgó víz tömege:

$$m_v = m_0 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100}\,,$$

ahol:

- m_v az elpárolgó víz tömege (kg),
- m_0 az abszolút száraz fa tömege (kg),
- u_1 a kezdeti nedvességtartalom (%),
- u_2 a végső nedvességtartalom (%).

Levezetés.

A nedves fa tömege u nedvességtartalomnál:

$$m_u = m_0 \left(1 + \frac{u}{100}\right).$$

A szárítás előtti tömeg: $m_1 = m_0(1 + u_1/100)$, a szárítás utáni tömeg: $m_2 = m_0(1 + u_2/100)$. A tömegkülönbség pontosan a víz:

$$m_v = m_1 - m_2 = m_0 \left(1 + \frac{u_1}{100}\right) - m_0 \left(1 + \frac{u_2}{100}\right) = m_0 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100}.$$

A képlet csak akkor érvényes, ha u_1 és u_2 ugyanarra a száraz tömegre vonatkoztatott százalék. A fa vastagsága, fafaja a képletben közvetlenül nem szerepel; a száraz tömegben és a nedvességtartalomban van benne.

Számítás. 500 kg abszolút száraz tömegű tölgy fűrészáru nedvességtartalmát 60 %-ról 12 %-ra csökkentjük. Mennyi víz távozik?

Adott: $m_0 = 500\,\mathrm{kg}$, $u_1 = 60\,\%$, $u_2 = 12\,\%$. Keresett: m_v.

$$m_v = 500 \cdot \frac{60 - 12}{100} = 500 \cdot 0{,}48 = 240\,\mathrm{kg}.$$

Tehát 240 kg vizet kell elpárologtatni. Ez egy 500 kg szárazanyag-tartalmú adagnál igen jelentős tömegcsökkenés: a fa nedves tömege 800 kg-ról 560 kg-ra csökken.

Példa. Egy deszka elpárolgó vízmennyisége

Egy bükk deszka mérete: hosszúság $l = 2000\,\mathrm{mm}$, szélesség $b = 100\,\mathrm{mm}$, vastagság $v = 25\,\mathrm{mm}$. Az abszolút száraz sűrűség tájékoztató értéke $\rho_0 = 680\,\mathrm{kg/m^3}$ (szakkönyvi adat, ellenőrizendő). A kezdeti nedvességtartalom $u_1 = 70\,\%$, a kívánt végső nedvességtartalom $u_2 = 10\,\%$. Határozzuk meg, mennyi víz távozik a deszkából.

1. A deszka térfogata köbméterben:

$$V = l \cdot b \cdot v = 2{,}0\,\mathrm{m} \cdot 0{,}10\,\mathrm{m} \cdot 0{,}025\,\mathrm{m} = 0{,}005\,\mathrm{m^3}.$$

2. Az abszolút száraz tömeg:

$$m_0 = \rho_0 \cdot V = 680\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} \cdot 0{,}005\,\mathrm{m^3} = 3{,}4\,\mathrm{kg}.$$

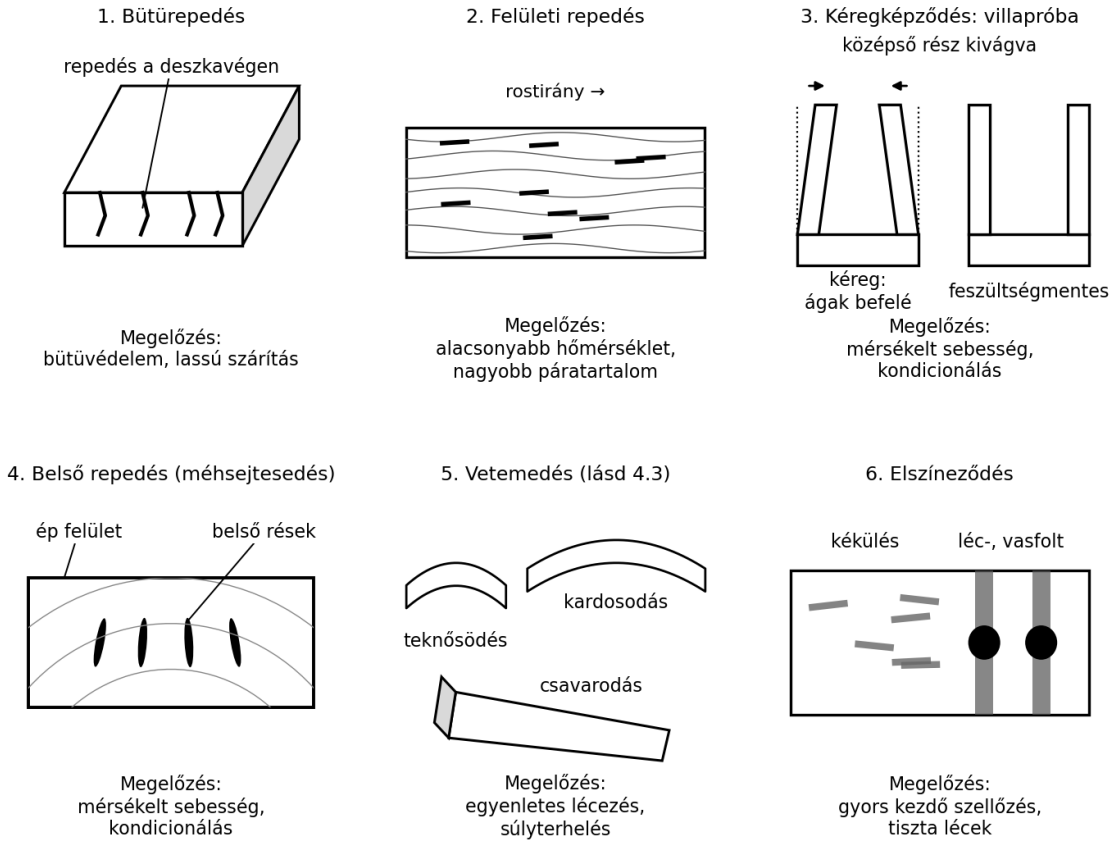
3. Az elpárolgó víz tömege:

$$m_v = m_0 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100} = 3{,}4 \cdot \frac{70 - 10}{100} = 3{,}4 \cdot 0{,}60 = 2{,}04\,\mathrm{kg}.$$

A deszka száradás közben 2,04 kg vizet veszít. A nedves deszka kezdeti tömege $3{,}4 \cdot 1{,}70 = 5{,}78\,\mathrm{kg}$, végső tömege $3{,}4 \cdot 1{,}10 = 3{,}74\,\mathrm{kg}$; a kettő különbsége szintén 2,04 kg. Az ellenőrzés megerősíti a képletet.

7.2.7. Szárítási hibák

A szárítás közben a fa eltérő mértékben szárad a felületen és a belső rétegben. Ez belső feszültséget okoz. A hibák akkor keletkeznek, ha a feszültség meghaladja a fa szilárdságát.



7.8. ábra. Szárítási hibák sematikusan: bütürepedés a deszkavégen, rövid rostirányú felületi repedések, villapróba kéregképződésnél (a szélső ágak befelé hajlanak), belső repedés ép felület mögött, vetemedési alakok és elszíneződés; minden kép alatt a megelőzés

Bütürepedés. A deszka vége sokkal gyorsabban adja le a nedvességet, mint a belső rész, mert a rostirányú vízvezetés nyitott. A bütü zsugorodik, és reped. Megelőzés: bütüvédelem, lassú szárítás.

Felületi repedés. Ha a felület túl gyorsan szárad, húzófeszültség ébred, és a felület megreped. Megelőzés: alacsonyabb hőmérséklet, magasabb páratartalom.

Kéregképződés. A szárítás elején a gyorsan száradó külső réteg zsugorodna, de a nedves belső rész nem engedi: a felület húzott, a belső rész nyomott. Ha a felület nem reped el, ebben a megnyúlt állapotban megszilárdul („kéreg”). Később, amikor a belső rész is szárad és zsugorodna, a merev kéreg tartja: ekkor a felület nyomott, a belső rész húzott lesz. Ez a feszültségfordulás okozza a belső repedést.

Belső repedés (méhsejtesedés). A kéreg miatt a belső réteg nem tud zsugorodni, majd amikor végül kiszárad, a belső húzófeszültség repedéseket okoz. A deszka kívül épnek tűnik, belül repedt. Megelőzés: mérsékelt szárítási sebesség, kondicionálás.

Vetemedés. Az egyenetlen nedvességeloszlás és az anatómiai irányok eltérő zsugorodása miatt a deszka teknősödik, kardosodik, csavarodik. Megelőzés: egyenletes lécezés, megfelelő súlyterhelés, lassú, egyenletes szárítás.

Elszíneződés. A lassú, meleg szárításnál gombák okozhatnak kékülést; a vas-tannin reakció sötét foltokat hozhat létre; a túl magas hőmérséklet barnulást okozhat. Megelőzés: gyors kezdő szellőzés, tiszta lécek, a hőmérséklet betartása.

7.2.8. Kondicionálás a műhelyben

A kamrából kivett fűrészáru felületi rétegei gyakran szárazabbak, mint a belső mag. A nedvességprofil kiegyenlítéséhez a fát a műhelyben pihentetni kell, mielőtt felhasználjuk.

Eljárás. Kondicionálás a felhasználás előtt:

1. A szárítóból érkezett fűrészárut ne dolgozd fel azonnal.
2. Rakd lécezett máglyába, a műhely hőmérsékletén és páratartalmán. A lécek alatt levegő járjon.
3. A bütüket tartsd védve a gyors kiszáradástól.
4. Hagyd pihenni legalább 1–2 hétig, vastagabb anyagnál tovább (tájékoztató, a gyártói adat és a várható egyensúlyi fanedvesség szerint; ellenőrizendő).
5. Mérd a nedvességtartalmat a rakás több pontján. Akkor dolgozd fel, ha az értékek a célnedvességen stabilizálódtak.
6. A felhasználás előtt 2–3 nappal tedd az anyagot abba a helyiségbe, ahol a kész termék lesz, hogy a fa a végleges klímához igazodjon.

A kondicionálás csökkenti a vetemedés, a későbbi repedés és a ragasztási hiba esélyét.

7.2.9. Minőségellenőrzés

A szárított és kondicionált anyagot felhasználás előtt ellenőrizni kell:

- **Nedvességtartalom:** elektromos ellenállásos vagy kapacitív nedvességmérővel, a rakás több pontján; a bütünél és a felületen is. Tájékoztató célnedvesség (a 7.1 és 7.3 alfejezet is erre hivatkozik): fűtött lakótérbe kerülő bútor és beltéri ajtó: 8–10 %; fűtetlen beltér: 10–12 %; ablak, külső ajtó: 12–15 %; padlófűtés fölé kerülő padló: a gyártó szerint, jellemzően alacsonyabb (tájékoztató, ellenőrizendő: termékszabvány, gyártói előírás).
- **Méret és alak:** derékszögű-e a keresztmetszet, lapos-e a deszka, nincs-e kardosság. Hajlítható vonalzóval és derékszögelővel ellenőrizhető.
- **Repedések:** bütürepedés, felületi repedés, belső repedés. A belső repedés csak fűrészeléssel vagy ultrahangos vizsgálattal látható; a gyanús darabot próbavágással vizsgáljuk.
- **Elszíneződés:** kékülés, penész, vasfolt. A penészes anyagot ne használjuk étkezőbútorhoz.

7.2.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Ok	Helyes gyakorlat
A deszka bütykös, teknős	A túl gyors, egyenetlen szárítás és a rossz évgyűrűállás	Lassú, egyenletes szárítás; a rakás nehezítése; mozgásbiztos szerkezet tervezése
A bütü repedezik	A bütü nagyon gyorsan szárad	Bütüvédelem már a máglyán
A felület reped	Túl magas hőmérséklet, túl alacsony páratartalom	Mérsékelt menetrend, magasabb pára
A deszka kívül ép, belül repedt	Kéregképződés, majd belső feszültség	Lassú szárítás, kondicionálás
Kékülés a rakásban	Meleg, nedves, rosszul szellőző máglya	A lécek rendes kiosztása, alulról jövő szellőzés, gyors kezdeti száradás

7.2.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos frissen vágott, 60 % nedvességtartalmú tölgy deszkát használt egy asztallaphoz. A lapot ragasztás után csiszolta, lakkozta, és hetekkel később a vevő reklamációt tett: a lap teknősödött, a bütünél repedések jelentek meg, a lakkréteg megrepedt. A hiba oka: a fa nem volt szárítva és kondicionálva. A deszkát csak a műhelyben tárolták pár napig, majd azonnal feldolgozták. A nedves fa a lakkozás után tovább száradt; a zsugorodás a szerkezetben feszültséget okozott. A tanulság: a faanyag nedvességtartalmát a felhasználás előtt mindig mérjük, és a felhasználási hely klímájához közelítsük. A javítás: az asztallapot ki kellett cserélni, mert a repedés és vetemedés a ragasztott táblán nem volt gazdaságosan javítható.

7.2.12. Önellenőrzés

1. Igaz-e: a fa a rosttelítettségi határ felett nem zsugorodik? Indokold.
2. 300 kg abszolút száraz tömegű fenyő fűrészáru nedvességtartalmát 50 %-ról 15 %-ra csökkentjük. Mennyi víz távozik?
3. Miért kell a bütüt védeni szárítás közben?
4. Mit jelent a kondicionálás?
5. Melyik szárítási hiba okozhatja, hogy a deszka kívül ép, de belül repedt?
6. Mire használják a gőzölést a bükk fűrészárunál?

7.2.13. Feladatok

1. feladat (A) Magyarázd meg a természetes és mesterséges szárítás közti alapvető különbséget. Nevezd meg a természetes szárítás két fő eszközét.

2. feladat (A) Számítsd ki, mennyi víz távozik 1200 kg abszolút száraz tömegű bükk fűrészáruból, ha nedvességtartalma 65 %-ról 10 %-ra csökken.

3. feladat (B) Egy 30 mm × 200 mm × 3000 mm méretű tölgy deszka abszolút száraz sűrűsége 700 kg/m³ (tájékoztató, ellenőrizendő). A kezdeti nedvességtartalom 70 %, a végső 12 %. Határozd meg az elpárolgó víz tömegét.

4. feladat (B) Sorolj fel három szárítási hibát, és mindegyiknél írd le az okot és a megelőzés módját.

5. feladat (C) Egy 50 mm vastag tölgy asztallap-alkatrészt akarunk felhasználni. Tervezz kondicionálási eljárást: milyen lépéseket, méréseket végzel, és miért van erre szükség?

6. feladat (D) Készíts egy szemléltető szárítási menetrendet (táblázatban) 25 mm vastag bükk deszkához, és számold ki a szükséges elpárologtatandó vízmennyiséget, ha 100 kg abszolút száraz tömegű anyagot 60 %-ról 12 %-ra szárítasz. Indokold, miért fokozatos a menetrend.

7.2.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok. 1. Igaz: a rosttelítettségi határ fölött csak szabad víz távozik, a sejtfal mérete nem változik, ezért a fa nem zsugorodik. 2. $m_v = 300 \cdot \frac{50-15}{100} = 105\,\text{kg}$. 3. A bütün a rostirányú vízvezetés miatt sokkal gyorsabb a száradás, ezért reped. 4. A szárított anyag pihentetése, hogy a keresztmetszet nedvessége kiegyenlítődjön és a feszültség csökkenjen. 5. A kéregképződés következtében kialakuló belső repedés (méhsejtesedés). 6. A bükk színének kiegyenlítésére (vörösesbarna szín) és a hajlítás előkészítésére.

1. feladat A természetes szárítás szabadtéri, szellős máglyában, külső hőenergia nélkül történik; a mesterséges szárítás zárt kamrában, szabályozott hőmérséklettel, páratartalommal, légárammal. A természetes szárítás két fő eszköze: a szárítóléc és a bütüvédelem.

2. feladat Adott: $m_0 = 1200\,\text{kg}$, $u_1 = 65\,\%$, $u_2 = 10\,\%$.

$$m_v = 1200 \cdot \frac{65 - 10}{100} = 1200 \cdot 0{,}55 = 660\,\text{kg}.$$

3. feladat
Térfogat: $V = 0{,}03 \cdot 0{,}20 \cdot 3{,}0 = 0{,}018\,\text{m}^3$.
Száraz tömeg: $m_0 = 700 \cdot 0{,}018 = 12{,}6\,\text{kg}$.
Elpárolgó víz: $m_v = 12{,}6 \cdot \frac{70-12}{100} = 12{,}6 \cdot 0{,}58 = 7{,}308\,\text{kg}$.
Ellenőrzés: a deszka kezdeti tömege $12{,}6 \cdot 1{,}70 = 21{,}42\,\text{kg}$, végső $12{,}6 \cdot 1{,}12 = 14{,}112\,\text{kg}$, különbség 7,308 kg.

4. feladat Például: (1) bütürepedés – ok: a bütü gyorsan szárad; megelőzés: bütüvédelem. (2) Kéregképződés – ok: a felület túl gyorsan szárad, a mag nedves marad; megelőzés: alacsony hőmérséklet, magasabb páratartalom. (3) Elszíneződés – ok: gomba, vas-tannin vagy túl magas hőmérséklet; megelőzés: szellős rakás, tiszta lécek, megfelelő hőfok.

5. feladat Az 50 mm vastag tölgy alkatrészt a szárításból érkezés után legalább 2–3 hétig (vastag anyag, tájékoztató, ellenőrizendő) lécezett máglyában pihentetem a műhely hőmérsékletén. A bütüket védem. Mérem a nedvességtartalmat a felületen és a bütü közelében: amíg a különbség nagy, nem dolgozom fel. A felhasználás előtt 2–3 nappal az anyagot a késztermék helyiségébe viszem, hogy a klímához igazodjon. A kondicionálás csökkenti a vetemedést és a későbbi repedést.

6. feladat Szemléltető menetrend (tájékoztató, ellenőrizendő):

Szakasz	Hőmérséklet (°C)	Relatív pára (%)	Idő (h)
Bemelegítés	35	90	0–12
Szárítás	45	70	12–48
Szárítás	55	50	48–96
Kondicionálás	50	65	96–120

Számítás: $m_0 = 100\,\text{kg}$, $u_1 = 60\,\%$, $u_2 = 12\,\%$.
$m_v = 100 \cdot \frac{60-12}{100} = 48\,\text{kg}$.
A menetrend azért fokozatos, mert a hirtelen hőmérséklet-emelés és az alacsony páratartalom gyors felületi száradást, repedést és kéregképződést okozna.

7.2.15. Rövid összefoglaló

A szárítás a fa nedvességtartalmának szabályozott csökkentése a felhasználás céljának megfelelő értékre. A természetes szárítás máglyában, lécezéssel és bütüvédelemmel történik, lassú, de egyszerű. A mesterséges szárítás kamrában, szabályozott menetrenddel zajlik; három fő típusa a konvekciós, a kondenzációs és a vákuumos. A szárítási hibák (repedés, kéregképződés, belső repedés, vetemedés, elszíneződés) a túl gyors vagy egyenetlen száradás következményei. Gőzöléssel színváltozást és hajlításra alkalmas állapotot érünk el; permetezéssel a bütürepedést csökkentjük; áztatással hajlítást, furnérkészítést készítünk elő. Az elpárolgó víz tömege:

$$m_v = m_0 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100}\,.$$

A szárított anyagot felhasználás előtt kondicionálni kell, hogy a nedvességprofil kiegyenlítődjön, a feszültségek csökkenjenek, és a fa a műhely vagy a felhasználási hely klímájához igazodjon. **Továbbvitt eredmény.** A szárítás és kondicionálás a faanyag tárolásának, a ragasztásnak és a gyártás előtti anyag-előkészítésnek az alapja; ezt használjuk a Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása, a ragasztás és a felületkezelés alfejezeteiben is.

7.2.16. Források és ellenőrzési hiányok

- A fafizikai összefüggések stabil tananyag: nedvességtartalom, zsugorodás, tömegszámítás.
- A szárítási görbe, a máglya lécméretei, a szárítási időtartamok és a menetrend táblázat puszta tájékoztató: az aktuális szárítási üzem, gépkönyv és faipari szakkönyvek adataival ellenőrizendők.
- A kamrák és gőzölők biztonsági követelményei a vonatkozó munkavédelmi és gépbiztonsági előírások szerint ellenőrizendők.
- A faanyagvédő szerek permetezésénél a biztonsági adatlap és a gyártói adatlap az irányadó.

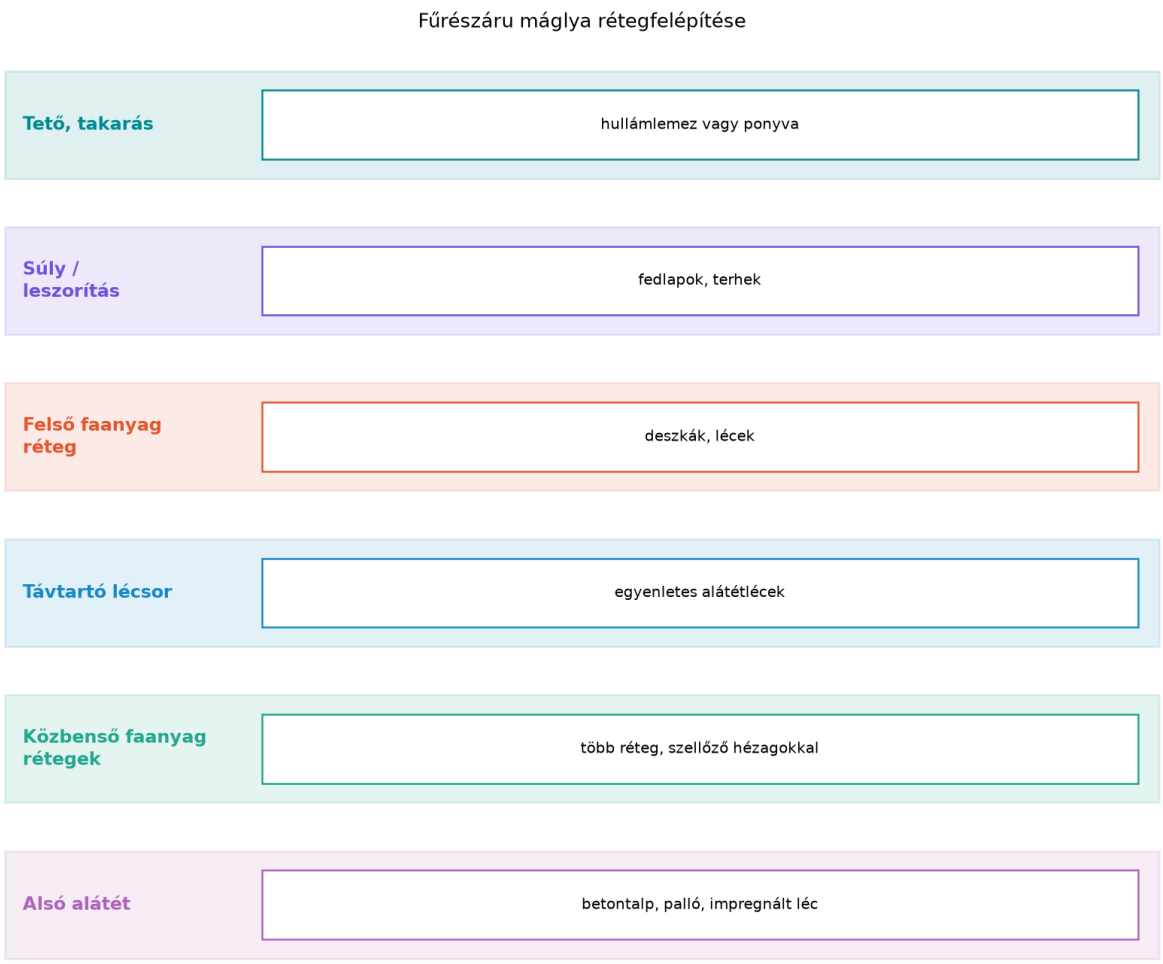
7.3. Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása

A műhelyben az anyag akkor ér pénzt, ha felhasználható állapotban marad addig is, amíg a munkadarabba kerül. Ha a fűrészáru megfekszik a földön, a lapanyag a falnak támasztva meghajlik, a furnérköteg összekeveredik, akkor a jó anyagból is selejt lesz. A raktár tehát nem egyszerű tárolóhely, hanem a minőségmegőrzés első állomása. Ebből az alfejezetből megtanulod, hogyan tárold a fűrészárut, a laptermékeket és a furnért úgy, hogy ne romoljon, ne vetemedjen, és mindig tudd, mennyi anyagod van.

7.3.1. Szemléletes kép

Képzelj el egy kis asztalosműhelyt. A bejáratnál rakodótér, onnan balra a fűrészáru-tároló: vízszintes máglyák, közöttük lécek, fölöttük fedett szín. Vele szemben a lapanyagtároló állvány: vízszintes polcokon MDF- és forgácslap-kötegek, éleik védve. A furnér külön polcon, kötegekben, feliratozva. A ragasztók, pácok, lakkok zárható tűzvédelmi szekrényben vannak. A falon egy karton vagy képernyő mutatja, miből mennyi van készleten. Ez a kép a cél: rend, átláthatóság, biztonság.

A tárolási máglya rétegfelépítése:



7.9. ábra. Fűrészáru máglya rétegfelépítése - Szemléltető rétegrend: a faanyagot alátétlécekkel szellőztetve, talajtól elválasztva, felülről takarva tároljuk.

A faanyag tehát nem érintkezik közvetlenül a talajjal, a rétegek között levegő áramlik, a tetejét takarás védi.

7.3.2. Definíciók és tárolási szabályok

Definíció. A raktári nyilvántartás a készletváltozások folyamatos, dokumentált követése: minden bevételezést és kiadást feljegyzünk, így egy adott pillanatban megmondható, mennyi anyag van készleten, és mi mozdult el. A nyilvántartás lehet papíralapú karton vagy táblázatkezelő.

Definíció. A bevételezés az áru átvételének hivatalos rögzítése: a szállítólevél vagy számla adatait összevetjük a tényleges mennyiséggel és minőséggel, majd a készletet növeljük. A **kiadás** az anyag munkához, értékesítéshez vagy selejtezéshez való kivételezése, amely csökkenti a készletet.

Definíció. A leltár a raktárban ténylegesen megtalálható anyagok tételes felmérése és összehasonlítása a nyilvántartott készlettel. Az eltérést leltárkülönbözetnek nevezzük, és ki kell vizsgálni.

Definíció. A FIFO-elv (first in, first out – először be, először ki) azt jelenti, hogy a korábban beérkezett anyagot használjuk fel előbb. Így a faanyag nem öregszik, nem szárad túl, a ragasztó vagy lakk nem jár le.

Szabály. Fűrészáru tárolása. A fűrészárut vízszintes **máglyában** tárold, alátétlécekre fektetve. A talajtól legalább 20–30 cm-re legyen (ellenőrizendő: munkavédelmi és tűzvédelmi előírás). Az egyes rétegek közé **távtartó léceket** helyezz, hogy a levegő átjárja a köteget. A máglya tetejét takard, de az oldalát hagyd szellőzni. A fedett, szellős szín a legjobb; szabadban csak átmeneti tárolás legyen, és akkor is talajtól elválasztva, takarással. Az eltérő fafajt, vastagságot, nedvességi állapotot lehetőleg külön máglyába rakd, és cimkézd.

Szabály. Laptermékek tárolása. A forgácslapot, MDF-et, rétegelt lemezt, bútorlapot **vízszintesen, teljes felületén alátámasztva** tárold, például erős polcon vagy lapállványon. Ha függőlegesen tárolod, akkor enyhén döntve, teljes élével támasztottan, és rögzítve, mert a lap saját súlya alatt meghajolhat.

Figyelem. A függőlegesen tárolt lap és lapköteg eldőlhet; egy 2800 × 2070 × 18 mm-es MDF tábla kb. 80 kg ($5{,}796\,\mathrm{m}^2 \cdot 0{,}018\,\mathrm{m} \cdot 750\,\mathrm{kg/m}^3 \approx 78\,\mathrm{kg}$, tájékoztató). Csak dőlésbiztos, rögzített (lánccal vagy kengyellel biztosított) lapállványon tárold, egyszerre csak egy lapot mozgass, és álló lapköteg elé ne állj. Nagy táblát egyedül ne emelj: két ember vagy lapemelő, vákuumos emelő kell (ellenőrizendő: anyagmozgatási szabályzat, lásd Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás). A lapok **éleit és sarkait** védd ütődéstől, mert a sérült él később hibát okoz a szabásnál és élzárásnál. A tárolóhely legyen száraz, huzatmentes, és közel azonos hőmérsékletű a műhellyel.

Szabály. Furnér tárolása. A furnért **eredeti kötegben, sorrendben** tárold. A kötegeket vízszintesen, sík felületen, pormentes helyen tartsd. A furnér érzékeny a páratartalom-változásra: ha kiszárad, rideggé, hullámossá válik; ha párás, penészedhet. Ne tedd közvetlen napfényre, radiátor mellé, huzatba. A felhasználás előtt a furnért a műhely klímájához kell szoktatni (ellenőrizendő: gyártói ajánlás).

Szabály. Veszélyes anyagok tárolása. A ragasztókat, pácokat, lakkokat, oldószereket, faanyagvédő szereket a biztonsági adatlap előírásai szerint, zárható, tűzvédelmi szekrényben, hűvös, szellőztetett helyen tárold. Élelmiszertől, fűrészportól elkülönítve. A kiürült göngyöleget is veszélyes hulladékként kezeld, ne öntsd lefolyóba.

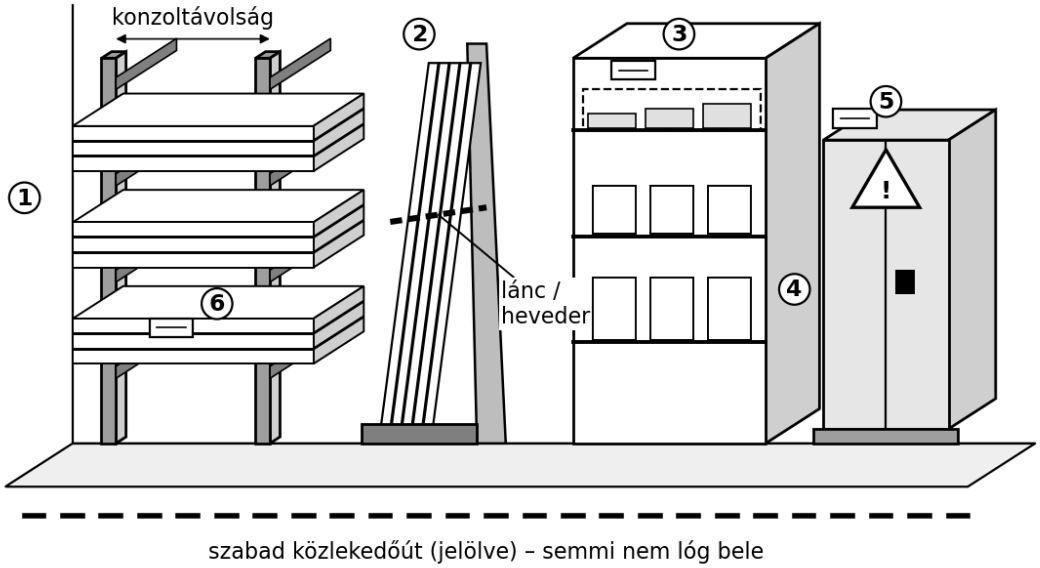
Szabvány. A tárolási körülményekre nincs egyetlen kizárólagos szabvány; a munkavédelmi törvény, a tűzvédelmi előírások (OTSZ), a vegyi anyagokra vonatkozó kémiai biztonsági és tűzveszélyességi osztályozás, valamint a faanyagvédő szerekre és ragasztókra vonatkozó gyártói előírások az irányadók. A pontos tárolási hőmérsékletet, páratartalmat, rakatolási magasságot mindig a gépkönyv, a biztonsági adatlap, a műszaki adatlap és a helyi tűzvédelmi szabályzat alapján kell meghatározni (ellenőrizendő: az aktuális előírások). A faanyag felhasználási nedvességtartalma fűtött belső térben jellemzően 8–10 % körül alakul, de ez fafajtól és fűtési módtól függ (ellenőrizendő: célérték a beépítési környezet alapján).

7.3.3. Recept: kis műhely anyagtárolásának megtervezése

Recept. A raktár kialakításának lépései.

1. **Zónákat jelölj ki**: fűrészáru-tároló, lapanyagtároló, furnérpolc, segédanyag-polc, veszélyesanyag-szekrény, késztermék-hely, rakodótér.
2. **Tervezd a közlekedést**: a bejárattól a gépekig az anyag útja rövid legyen, a közlekedőutak szabadok maradjanak.

3. **Építs vagy állíts megfelelő tárolókat**: a fűrészárunak vízszintes máglya alátétlécekkel; a lapoknak vízszintes polc vagy döntött állvány; a furnérnak sík polc; a vegyszereknek zárható tűzvédelmi szekrény.
4. **Jelöld a tárolóhelyeket**: minden polcra, rekeszre tegyél cimkét (anyag, méret, beérkezés ideje).
5. **Készíts nyilvántartó kartont vagy táblázatot**: minden tételhez vezess nyitó készletet, bevételezést, kiadást, záró készletet.
6. **Mérőeszközöket tarts a raktárban**: mérőszalag, tolómérő, nedvességmérő, mérleg.
7. **Rendszeresen ellenőrizd**: hetente nézd meg a tárolási állapotot (nedvesség, kártevő, sérülés, vetemedés), és havonta végezz készletellenőrzést.



7.10. ábra. Kis műhely anyagtárolója (sematikus vonalrajz): 1 falhoz rögzített konzolos fűrészáru-állvány, 2 enyhén döntött lapanyagtároló csúszásgátló léccel és rögzítő lánccal vagy hevederrel, 3 sík, takart furnérpolc, 4 segédanyag-polc, 5 zárható, jelölt tűzvédelmi szekrény kármentővel, 6 tárolóhely-címkék; elöl a szabad, jelölt közlekedőút

A rajz a recept 3. és 4. lépését mutatja: a fűrészáru fekve, a konzolokon nyugszik, a lapköteg nem dőlhet el, a vegyszerek zárt szekrényben vannak, és minden tárolóhelyen címke áll. A HTML-változatban az elemekre mutatva megjelenik a tárolási szabály.

Továbbvitt eredmény. A raktári nyilvántartás adatait táblázatkezelőben is vezetheted; ezt a szemléletet és a táblázatkezelői képleteket használjuk a Irodai szoftverek az asztalos munkájában alfejezetben. A raktári karton oszlopai (megnevezés, egység, nyitó, bevételezés, kiadás, záró) a későbbi Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alapját is adják.

7.3.4. Készletszámítás: m³, m², fm közötti átszámítás

A raktárban a fűrészárut általában **köbméterben** (m³), a laptermékeket **négyzetméterben** (m²) vagy **darabban**, az élzárót és léceket **folyóméterben** (fm) tartjuk nyilván. Az átszámításhoz mindig a kész méretet vagy a tárolási méretet kell használni.

Összefüggés. Fűrészáru darabszám és térfogat.
Ha ismerjük egy fűrészáru-darab hosszát (l), szélességét (b) és vastagságát (v) méterben, akkor egy darab térfogata:

$$V_{1\ \mathrm{db}} = l \cdot b \cdot v \quad (\mathrm{m}^3)$$

Az összes tárolt térfogatból a darabszám:

$$N = \frac{V_{\text{összes}}}{V_{1\ \mathrm{db}}} = \frac{V_{\text{összes}}}{l \cdot b \cdot v}$$

A méreteket mm-ből m-be kell átváltani: $1\,\mathrm{mm} = 0{,}001\,\mathrm{m}$.

Példa. A raktárban $2{,}4\,\mathrm{m}^3$ tölgy fűrészáru van. Az átlagos darab hossza $4{,}0\,\mathrm{m}$, szélessége $100\,\mathrm{mm} = 0{,}100\,\mathrm{m}$, vastagsága $25\,\mathrm{mm} = 0{,}025\,\mathrm{m}$. Hány darab van készleten?

Adott: $V_{\text{összes}} = 2{,}4\,\mathrm{m}^3$, $l = 4{,}0\,\mathrm{m}$, $b = 0{,}100\,\mathrm{m}$, $v = 0{,}025\,\mathrm{m}$.
Keresett: N.

$$V_{1\ \mathrm{db}} = 4{,}0 \cdot 0{,}100 \cdot 0{,}025 = 0{,}010\,\mathrm{m}^3$$

$$N = \frac{2{,}4}{0{,}010} = 240\ \mathrm{db}$$

Ellenőrzés: $240 \cdot 0{,}010 = 2{,}4\,\mathrm{m}^3$, tehát a számítás helyes. ∎

Példa. Lapanyag készlet mérete.
A raktárban 35 db MDF lap van, mindegyik mérete $2800 \times 2070\,\mathrm{mm}$. Hány m^2 a készlet?

Egy lap területe:

$$A_{1\ \mathrm{lap}} = 2{,}8\,\mathrm{m} \cdot 2{,}07\,\mathrm{m} = 5{,}796\,\mathrm{m}^2$$

Összesen:

$$A_{\text{összes}} = 35 \cdot 5{,}796 = 202{,}86\,\mathrm{m}^2$$

Kerekítve: $203\,\mathrm{m}^2$. A készlet tehát 35 db, azaz kb. $203\,\mathrm{m}^2$ lapanyag. ∎

Példa. Élzáró folyóméter igény.
Egy szekrényajtó mérete $500 \times 800 \times 18\,\mathrm{mm}$. A négy oldalát élzáróval borítjuk. Mennyi élzáró folyóméter kell egy ajtóra?

Kerület:

$$L = 2 \cdot (0{,}500 + 0{,}800) = 2 \cdot 1{,}300 = 2{,}6\,\mathrm{fm}$$

Az élzáró élenként túlnyúlik (vágási ráhagyás), gépi élzárásnál élenként kb. 30 mm (tájékoztató, ellenőrizendő: éllezáró gép):

$$L_{\text{ajtó}} = 2{,}6 + 4 \cdot 0{,}03 = 2{,}72\,\mathrm{fm}$$

Ha 10 ilyen ajtót gyártunk, akkor $10 \cdot 2{,}72 = 27{,}2\,\text{fm}$ élzáró kell. ∎

A készletnyilvántartásban az ilyen mennyiségeket folyamatosan frissítjük.

7.3.5. Készletnyilvántartó karton és leltár

A nyilvántartás legegyszerűbb formája a **raktári karton**, amelyen tételenként vezetjük a változásokat. A záró készlet kiszámítása:

$$\text{Záró készlet} = \text{Nyitó készlet} + \text{Bevételezés} - \text{Kiadás}$$

Példa kartonrészlet:

Megnevezés	Egység	Nyitó	Bevételezés	Kiadás	Záró
Tölgy fűrészáru	m^3	2,400	1,100	0,800	**2,700**
MDF lap 18 mm	db	42	15	22	**35**
Élzáró 0,8 mm	fm	150	100	80	**170**

A leltározáskor a tényleges készletet összemásoljuk a karton szerinti készlettel. Ha a valóság kevesebb, az anyaghiány; ha több, az anyagtöbblet. A különbözet okát írásban rögzíteni kell (selejt, mérési hiba, téves kiadás, lopás).

7.3.6. Anyagátvétel és bevételezés

Technológiai lépések.

1. Hasonlítsd össze a szállítólevelet a megrendeléssel (anyag, mennyiség, méret, osztály).
2. Ellenőrizd a mennyiséget: darabszám, köbméter, folyóméter vagy felület szerint.
3. Ellenőrizd a minőséget: fűrészárunál nedvességtartalom, vetemedés, repedés, gomba, rovar; lapanyagnál sérült élek, sarkok, felületi hibák, formaldehid-osztály jelölése; furnérnál vastagság, repedés, szín, minta, a köteg sorrendje.
4. Ha eltérés van, jelezd a beszállítónak, és ne vételez be hibás árut, vagy csak jegyzőkönyvvel.
5. Helyezd az anyagot a kijelölt tárolóhelyre, a FIFO-elv szerint a régebbi kerüljön előre.
6. Vezesd rá a nyilvántartásra a bevételezést: nyitó készlethez add hozzá a beérkezett mennyiséget.
7. Őrizd meg a szállítólevelet, számlát, műbizonylatot, esetleg a nedvességmérés eredményét.

7.3.7. Minőségellenőrzés

A tárolás során rendszeresen ellenőrizd:

- **Fűrészáru:** a máglya egyenes, stabil; a távtartó lécek egy vonalban; nincs talajjal érintkezés; nincs gomba, kékülés, rovarfúrás; a takarás ép.
- **Lapanyag:** a lapok vízszintesen fekszenek; a felület nem homorú, nem domború; az élek nem sérültek; nincs nedvesedés.
- **Furnér:** a kötegek sorrendje megvan; nincs hullámosság, penész, kiszáradás; a polc sík.
- **Nyilvántartás:** a karton záró készlete egyezik a valósággal; minden kiadás dokumentálva van.

- **Veszélyes anyagok:** a tárolószekrény zárva, a címkék olvashatók, nincs szivárgás, a biztonsági adatlapok elérhetők.

Ha eltérést találsz, például a lap meghajlott, a fűrészáru fülledt, a furnér összekeveredett, azonnal válaszd ki a hibás anyagot, jelöld, és különítsd el, hogy ne kerüljön felhasználásra.

7.3.8. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A fűrészáru a földön fekszik, alátét nélkül.
   Ok: nincs megépített máglya vagy lustaság lerakni.
   Következmény: talajnedvesség felszívódik, a fa vetemedik, gombásodik.
   Helyes gyakorlat: mindig legalább alátétgerendára, lécekre rakd, és fedd le.
2. **Hiba:** A laptermékeket függőlegesen, a falnak támasztva tárolják.
   Ok: helytakarékosság, de rossz alátámasztás.
   Következmény: a lap saját súlya alatt meghajlik, a vetemedett lapból nem lesz pontos bútorlap; a rosszul rögzített lapköteg eldőlhet és ráeshet a dolgozóra.
   Helyes gyakorlat: vízszintes, teljes felületű alátámasztás, vagy döntött, rögzített lapállvány.
3. **Hiba:** A furnérkötegek megkeveredése, a sorrend felborul.
   Ok: a furnért nem cimkézik, több csomagot nyitnak fel.
   Következmény: a minta, a szín nem illeszkedik, a teríték hibás.
   Helyes gyakorlat: minden köteget eredeti sorrendben, azonosítóval tárolj, és egyszerre csak annyit végy ki, amennyit azonnal felhasználsz.
4. **Hiba:** A raktári nyilvántartást nem vezetik, csak „fejben tartják”.
   Ok: időhiány, kényelmesség.
   Következmény: anyaghiány a gyártás közepén, fölös vásárlás, leltárhiány.
   Helyes gyakorlat: minden bevételezést és kiadást azonnal rögzíteni, a záró készletet képlettel ellenőrizni.

7.3.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhelyben a tanuló azt kapta feladatul, hogy készítse el a havi leltárt. A karton szerint MDF lapból 35 db volt, de a polcon csak 31 db-ot talált. A különbség 4 db. A műhelyvezető kivizsgálta: az utolsó héten készült két gardróbszekrényhez a kiadást elfelejtették rávezetni a kartonra. A hiány tehát papíron jelentkezett, de a valóságban nem veszett el anyag. A tanulság: minden kiadást rögtön dokumentálni kell, különben a leltár látszólagos hiányt mutat, és a beszerzési döntés hibás lesz. Emellett kiderült, hogy a furnért egy radiátor mellé tették, és a felső réteg hullámossá vált. Ezt a köteget elkülönítették, csak sablonmunkára lehetett használni, a többit áthelyezték a radiátortól távoli, egyenletes klímájú polcra.

7.3.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A fűrészáru máglya akkor jó, ha az alsó réteg közvetlenül a földön fekszik, mert így stabil. Indokold.
2. Mit jelent a FIFO-elv a raktárban?
3. Miért kell a furnért eredeti kötegben, sorrendben tárolni?
4. Számítsd ki: hány darab 3,0 m hosszú, 120 mm széles, 30 mm vastag deszka van 1,0 m^3 fűrészáruban?

5. Mi a teendő, ha a leltárban a karton szerinti készlet nagyobb, mint a tényleges?
6. Melyik tárolási hibára utal, ha a polcon lévő laptermék középen meghajlik?

A válaszok a Megoldások elején találhatók.

7.3.11. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel, milyen adatokat rögzíts a raktári kartonon egy tételnél, és add meg a záró készlet képletét.

2. feladat (A) A raktárban 3,600 m³ bükk fűrészáru van. Az átlagos darab hossza 2,5 m, szélessége 80 mm, vastagsága 20 mm. Hány darab van készleten?

3. feladat (B) A karton adatai: nyitó készlet 18 db forgácslap, bevételezés 12 db, kiadás 9 db, selejt 1 db. Mennyi a záró készlet?

4. feladat (B) Egy forgácslap mérete 2750 × 1830 mm. Hány m² egy lap? Ha 50 db lapot tárolunk, hány m² a készlet?

5. feladat (C) A műhelyben az élzáró tekercsekből 150 fm van. Egy ajtó kerülete 2,6 fm, élenként 30 mm ráhagyással számolj (tehát ajtónként 2,72 fm kell). Hány ajtóhoz elegendő a készlet? Számolj, és becsüld meg, miért fontos a FIFO, ha két különböző színű élzáró van raktáron.

6. feladat (D) Tervezd meg egy kis műhely raktárának polc- és tárolóelrendezését az adatok alapján: a tárolni kívánt anyagok: 10 m³ fűrészáru, 80 db lap, 20 furnérköteg, ragasztók és lakkok. Írd le a zónák elhelyezését, a tárolók típusát és a FIFO-jelölést. Készíts hozzá vázlatot szövegesen.

7.3.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A fűrészáru nem feküdhet közvetlenül a földön, mert talajnedvességet szív, és gombásodik; alátétlécekre kell rakni.
2. A FIFO-elv: először be, először ki; a korábban beérkezett anyagot használjuk előbb, hogy ne öregedjen, ne járjon le.
3. A furnér színe, mintája, vastagsága kötegenként és lappásonként eltérhet; a sorrend megőrzése biztosítja az illesztést, a színfolytonosságot.
4. Egy darab térfogata: $3{,}0 \cdot 0{,}120 \cdot 0{,}030 = 0{,}0108\,\text{m}^3$. Darabszám: $1{,}0/0{,}0108 \approx 92{,}6$, tehát kb. 93 db deszka van 1 m³-ben.
5. A készletkülönbözetet ki kell vizsgálni: lehet téves kiadás, selejt, mérési hiba vagy anyaghiány; a vizsgálat után a nyilvántartást módosítani kell, és intézkedni kell a hiány okáról.
6. A vízszintesen tárolt lap akkor hajlik be középen, ha nincs teljes felületén alátámasztva: az alátétlécek túl messze vannak egymástól, nem egyvonalban fekszenek, vagy a polc maga hajlik be. Teljes felületű, sík alátámasztás vagy sűrű, egyvonalú alátétlécek kellenek.

1. feladat (A) A raktári karton oszlopai: megnevezés, egység, nyitó készlet, bevételezés, kiadás, záró készlet. Képlet: záró = nyitó + bevételezés – kiadás.

2. feladat (A)
Adott: $V_{\text{összes}} = 3{,}600\,\text{m}^3$, $l = 2{,}5\,\text{m}$, $b = 0{,}080\,\text{m}$, $v = 0{,}020\,\text{m}$.
Egy darab: $V_{1\text{ db}} = 2{,}5 \cdot 0{,}080 \cdot 0{,}020 = 0{,}004\,\text{m}^3$.
Darabszám: $N = 3{,}600/0{,}004 = 900$ db.

3. feladat (B)
Záró $= 18 + 12 - 9 - 1 = 20$ db. A selejtet külön sorként vagy a kiadással együtt, de mindenképpen rögzíteni kell.

4. feladat (B)
Egy lap: $2{,}750 \cdot 1{,}830 = 5{,}0325\,\text{m}^2 \approx 5{,}03\,\text{m}^2$.
50 db: $50 \cdot 5{,}0325 = 251{,}625\,\text{m}^2 \approx 252\,\text{m}^2$.

5. feladat (C)
Ajtók száma: $150/2{,}72 \approx 55{,}1$, tehát legfeljebb 55 ajtóra elegendő (ráhagyás nélkül $150/2{,}6 \approx 57$ ajtót kapnánk, ami túlbecsli a készletet). A FIFO azért fontos, mert ha két színű élzáró van, a korábbi színt előbb használd fel, különben a régi anyag megmarad, a színárnyalat nem lesz egységes, és a készlet sem lesz reális.

6. feladat (D)
Elrendezési terv leírása: a bejárat közelében a rakodótér; tőle balra a fűrészáru-tároló máglyákkal, alátétlécekkel; szemben a lapanyag tároló vízszintes polcokkal; a furnér külön, sík polcon, eredeti kötegekben; a ragasztók és lakkok zárható tűzvédelmi szekrényben a műhelytől elkülönítve. Minden helyen cimke: anyag, méret, beérkezés, FIFO-jel (a régebbi elöl). A közlekedőút szabadon marad.

7.3.13. Rövid összefoglaló

A fűrészárut vízszintes máglyában, alátét- és távtartó lécekkel, fedett, szellős helyen tárold, a talajtól elválasztva. A laptermékeket vízszintes, teljes felületű alátámasztással védd a meghajlástól és az élsérüléstől. A furnért eredeti kötegben, sorrendben, stabil páratartalmú helyen kell tárolni. A raktári nyilvántartás a bevételezés, kiadás és leltár folyamatos dokumentálása; a záró készletet a `nyitó + bevételezés - kiadás` képlet adja. A készletmennyiségeket m^3, m^2, fm és darab egységben vezetjük, és az átszámításokhoz mindig a mértékegységeket írjuk ki. A FIFO-elv szerint a korábbi anyagot használjuk fel előbb. A veszélyes anyagokat zárható, tűzvédelmi szekrényben, a biztonsági adatlap szerint tároljuk. A raktári nyilvántartás adatai a számítástechnikai és kalkulációs feladatokhoz is alapot adnak.

7.3.14. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: munkavédelmi törvény, tűzvédelmi előírások (OTSZ), CLP/kémiai biztonsági előírások, faanyag-tárolási szakmai gyakorlat, gyártói műszaki adatlapok, biztonsági adatlapok, MSZ EN szabványok a faanyagok osztályozására és a formaldehid-kibocsátásra (az aktuális számokat ellenőrizni kell). A cikkben szereplő nedvességcélértékek, tárolási távolságok, rakatolási magasságok tájékoztató, ellenőrizendő értékek. A pontos jogszabályhelyek, szabványszakaszok és gyártói előírások az adott termékhez és helyszínhez igazítva keresendők.

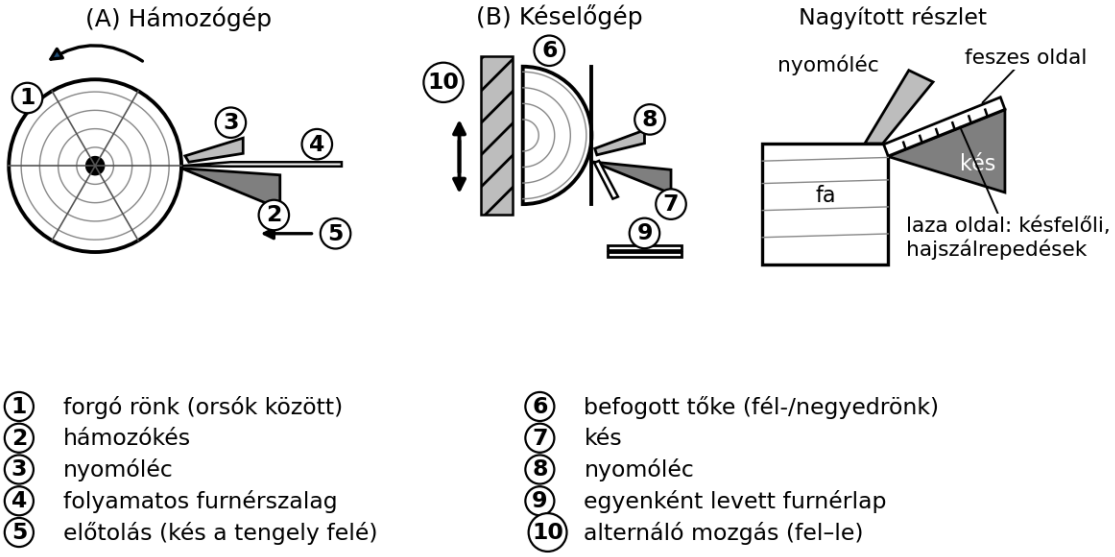
8 Faalapú lapok és segédanyagok

8.1. Furnérok: gyártás, fajták és felhasználás

A furnér nem csupán „vékony fa”. A modern bútorok nagy része furnérozással készül: kívül értékes fa rajzolata, alatta gazdaságos lapanyag, hátul ellensúlyozó réteg. Ha az asztalos nem ismeri a furnérgyártást és a rajzolatot, rossz furnért választ, rosszul illeszt, és a kész bútorlap vetemedhet vagy foltos lehet. Ebben az alfejezetben a furnér a rönktől a felhasználásig kísérjük végig.

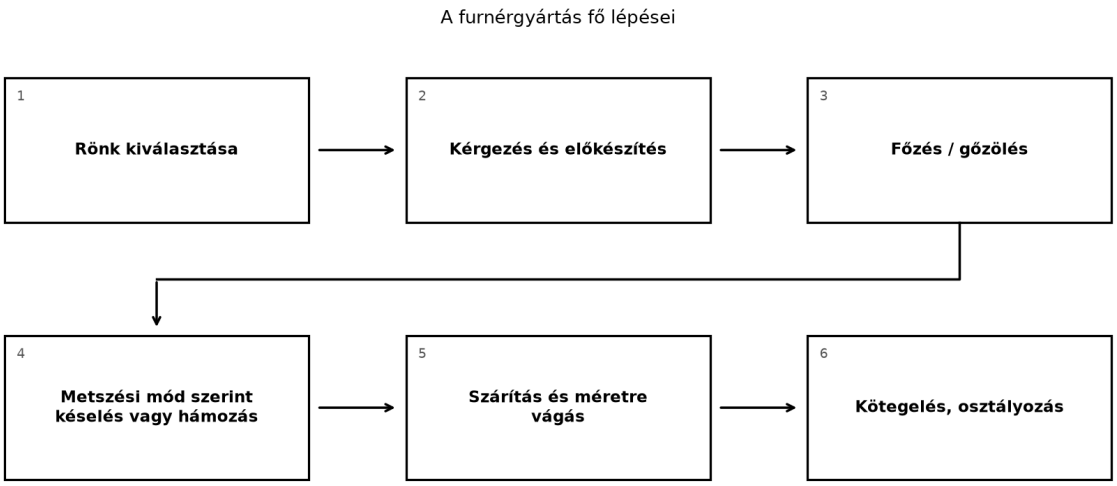
8.1.1. Szemléletes kép: a késelőgép

Képzelj el egy hatalmas, gőzölt fűrészrönköt, amelyből a gép vastag papírlaphoz hasonló, de faanyagú lemezeket emel le. A kiskés úgy dolgozik, mint egy gyalu: a rönk felülete megmarad, és a levett lemez minősége függ attól, hogy a rönköt milyen irányból metszi a kés. A levett lemezeket a gyártó azonnal kötegbe rakja, mert a rajzolat csak így marad folyamatos. Ezt a köteget az asztalos később szétválogatja, tükrözéssel vagy folyamatos illesztéssel.



8.1. ábra. A két fő furnérgyártó gép elve oldalnézeti vázlatban: (A) hámozógép – forgó rönk az orsók között, hámozókés, nyomóléc, folyamatos furnérszalag, előtolás; (B) késelőgép – befogott tőke alternáló mozgással, kés, nyomóléc, egyenként levett furnérlapok; nagyított részleten a furnér késfelőli, hajszálrepedéses laza oldala és feszes oldala

Az alábbi folyamatábra a furnérgyártás fő lépéseit mutatja:



8.2. ábra. A furnérgyártás fő lépései - Szemléltető folyamatábra; a gőzölés, késelés és szárítás paraméterei fafajtól függenek (ellenőrizendő: gyártói technológia).

8.1.2. Definíció és a furnér fogalma

Furnér alatt vékony fa- vagy faalapú lemezt értünk, amelyet elsősorban rönkből állítanak elő hámozással, késeléssel vagy fűrészeléssel, és hordozófelületre ragasztva, rétegelt lemezben vagy más faipari alkalmazásban használnak. A furnér vastagsága jellemzően a tizedmillimétertől néhány milliméterig terjed.

A **díszfurnér** (színoldali furnér, felületfurnér) a látható felületre kerül, ezért a rajzolat és a szín a legfontosabb. A **vakfurnér** (alátét furnér, ellenfurnér) a hordozó hátoldalára kerül, és elsősorban a feszültség kiegyenlítésére szolgál. A **furnérszalag** keskeny, tekercselt furnér, amelyet élzáráshoz használnak.

Szabály. A furnérterméket mindig a felhasználási oldal alapján nevezd meg: színoldali díszfurnér, hátoldali vakfurnér, élzáró furnérszalag. Így elkerülhető, hogy az alacsonyabb minőségű vakfurnért felületre szabd.

Továbbvitt eredmény. A furnérfajták, a rajzolat és a válogatás ismerete szükséges a Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték alfejezethez, valamint a Rétegelt lemez, bútorlap és táblásított lap fejezetben a rétegelt szerkezet megértéséhez.

8.1.3. A furnérgyártás módjai

A furnérgyártás előkészítése minden módnál hasonló: a rönköt kérgezik, hosszabb darabokra darabolják, és **főzik vagy gőzölik**. A hőkezelés a farostokat puhábbá, rugalmasabbá teszi, így a kés kisebb ellenállással vág, és a furnér kevésbé reped. A gőzölés időtartama és hőmérséklete a fafajtól, a rönk átmérőjétől és a kívánt színtől függ (tájékoztató érték: lágyabb fafajoknál rövidebb idő, keményebb fafajoknál hosszabb; ellenőrizendő: gyártói technológia).

8.1.3.1. Hámozás

A **hámozott furnér** úgy készül, hogy a rönköt a forgástengelye körül forgatják, és egy hosszú, álló kés spirálban folyamatos lemezt hámoz le a palástról. A hámozógép a rönk teljes palástját lebontja, mint a papírtekercs.

- A hámozott furnér széles, folyamatos lemez, amelyet szabványos méretre vágnak és csomagolnak.
- A rajzolat széles, szabálytalan, flóderes jellegű, mert a kés az évgyűrűkkel közel párhuzamosan fut; díszfurnérként ritkán szép, ezért főleg rétegelt lemezhez és vakfurnérnak használják.
- Elsősorban rétegelt lemezhez, vakfurnérhoz, hajlékony falemezhez és bútorlap alátéthez használják.
- A hámozott furnér vastagsága általában 0,5–3 mm (tájékoztató tartomány, ellenőrizendő: termékszabvány).

8.1.3.2. Késelés

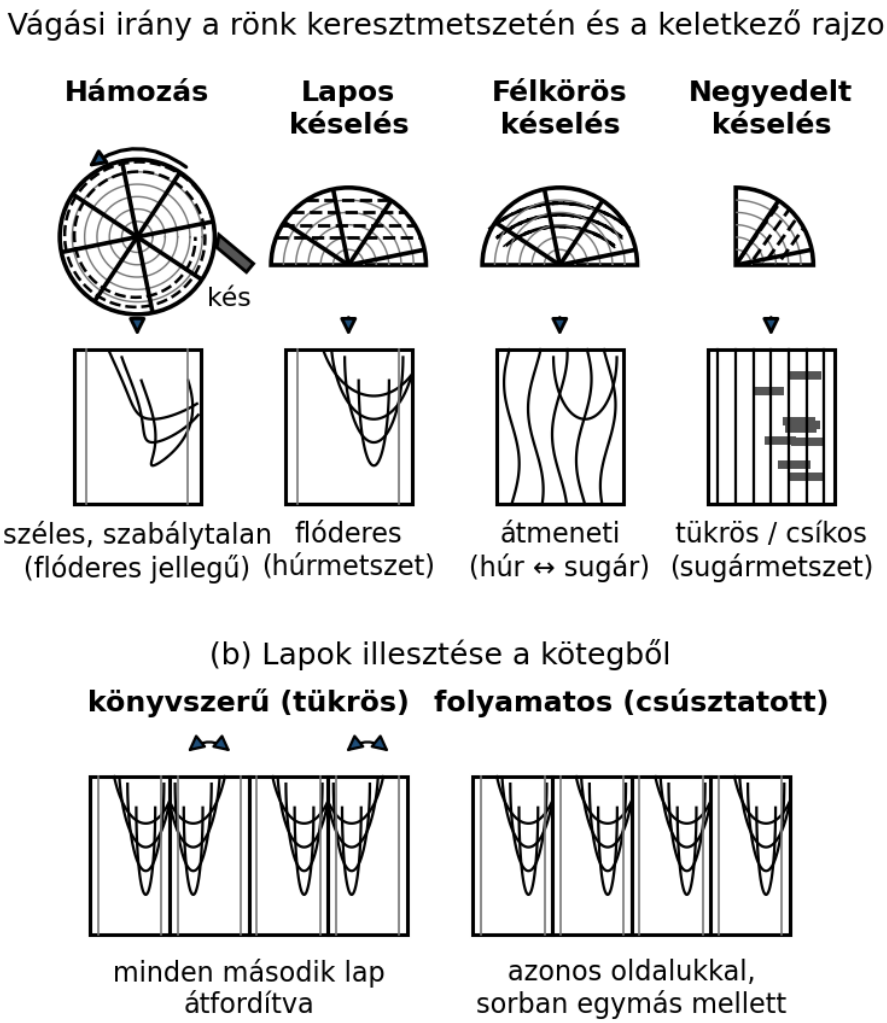
A **késelt furnér** gyártásakor a rönk vagy a rönk egy része rögzített, és a kés vékony réteget metsz le a sík felületről. A késelés három fő módja:

1. **Lapos késelés** – a rönköt két síkba fűrészelt oldallal lefektetik, és a kés a fűrészelt lapon párhuzamosan halad. A vágás húrmetszetű, ezért a rajzolat széles, „fladeres”. A késél a furnér szélességével azonos hosszúságú.
2. **Félkörös késelés** – a rönk félkör alakú tőkéjét forgatás közben vágja a kés. A furnér rajzolata átmeneti a húrmetszet és a sugármetszet között, ezért változatosabb, „virágos” rajzolatot ad.
3. **Negyedelt késelés** – a rönköt negyedbe hasítják vagy negyedelt tőkét készítenek, és a vágás a bélsugár irányához közel fut. A **negyedelt furnér** rajzolata jellemzően **tükrös** vagy **csíkos**: a bélsugarak tükrös fényt adnak, különösen tölgyfánál.

A késelt furnért elsősorban felületi **díszfurnérnak** használják, mert a rajzolat szebb, mint a hámozott furnéré.

8.1.3.3. Fűrészelés

A **fűrészelt furnér** a legdrágább és a legkevésbé elterjedt: a rönköt nem késsel, hanem fűrésszel vágják vékony lemezekre. A fűrészelés a fa szövetét kevésbé roncsolja, de sok anyagot tesz fűrészporrá. A fűrészelt furnér vastagabb, jellemzően 0,8–4 mm (tájékoztató tartomány, ellenőrizendő), és olyan helyen használják, ahol a felületnek tömörfa jellege vagy nagyobb mechanikai terhelhetősége kell. A mai gyakorlatban ritka, mert a késelt furnér is kiváló felületet ad, de a régiségek, intarziás munkák és restaurálások esetében találkozhatunk vele.



8.3. ábra. A négy furnérgyártási mód a rönk keresztmetszetén (hámozás, lapos, félkörös és negyedelt késelés; szaggatott vonal a kés útja, vastag vonal a bélsugár) és a keletkező rajzolat: hámozásnál széles, szabálytalan, lapos késelésnél flóderes, félkörösnél átmeneti, negyedeltnél csíkos, tölgynél tükrös; alul a könyvszerű (minden második lap átfordítva) és a folyamatos illesztés

8.1.4. Furnérfajták és vastagságok

8.1.4.1. Díszfurnér és vakfurnér

A **díszfurnér** a felületre kerül, és bútoron, ajtón, belsőépítészeti burkolaton látható. A **vakfurnér** a hordozó hátoldalára kerül, még akkor is, ha nem látható, mert kiegyenlíti a felületi furnér zsugorodásából és dagadásából származó feszültséget. Vakfurnérként gyakran használnak olcsóbb, egyenletes hámozott furnért.

Szabály. Hordozólemez furnérozásakor mindig tervezzünk **ellenfurnért** a másik oldalra. Ha az egyik oldal díszfurnér, a másik oldal legyen vakfurnér; ha mindkét oldal díszfurnér, akkor a

két oldal nedvesség- és húzási viselkedését is össze kell hangolni, és azonos rostirányú furnért használjunk.

8.1.4.2. Színezett és rekonstruált furnér

A **színezett furnér** olyan természetes furnér, amelyet átfestettek, pácoltak vagy impregnálással színeztek. Ezzel egységes szín érhető el, de a rajzolat természetes marad. A **rekonstruált furnér** (műszaki furnér) faanyagból vagy farostból újraépített, gyakran ragasztott lap, amelyet színre, méretre és rajzolatra is lehet szabályozni. A rekonstruált furnér nem azonos a laminált műfurnérral; a faelemekből áll össze.

8.1.4.3. Furnérszalag

A **furnérszalag** keskeny, általában 20–60 mm széles késelt vagy hámozott furnér, amelyet élzárásra használnak. Lehet tekercsben, ragasztóréteggel bevonva (előragasztott élfurnér) vagy öntapadós változatban. Az élfurnér vastagsága általában 0,4–0,6 mm (ellenőrizendő: gyártói adat).

8.1.4.4. Vastagság és méret

A furnér mérete a gyártási módtól és a rönk méretétől függ. A késelt furnér hossza a rönkdarab (tőke) hosszával egyezik, szélessége a késelt tőkefelület szélességétől függ. A hámozott furnér a rönk palástjából folyamatos lemez, ezért hosszú tekercs vagy lapméret vágható belőle.

Tájékoztató értékek (ellenőrizendő: termékszabvány/gyártói katalógus): - hámozott furnér: 0,5–3 mm vastag; - késelt díszfurnér: 0,4–2 mm vastag; - fűrészelt furnér: 0,8–4 mm; - furnérszalag: 0,4–0,6 mm; - késelt furnérlap mérete gyakran a rönk hosszának és a kés szélességének függvénye, de jellemzően 2–3 m hosszú és 0,1–0,4 m széles (tájékoztató tartomány).

8.1.5. Furnérkötegek, sorrend és rajzolat

A késelt furnér gyártásakor a rönkből egymás után levett lemezeket a gyártó kötegbe rakja, és a köteget számozza. A furnérkötegben a lemezek egymás után következnek: ha két szomszédos lapot egymáshoz illesztenek, a rajzolat szinte folyamatosan folytatódik. A köteget a gépből kikerülő sorrendben kell tárolni, mert a furnérosztályozás és a későbbi válogatás könnyebb.

Rajzolatfajták:

Rajzolat	Keletkezése	Jellemző megjelenés	Felhasználás
Tükrös	Negyedelt késelés, a vágási sík a bélsugarakkal párhuzamos (sugármetszet) – a bélsugarak fényes foltként látszanak	Szabályos, fényes tükörfoltok (tölgy)	Asztallap, ajtólap, parketta
Fladeres	Lapos késelés húrmetszetből	Széles, hullámos évgyűrűrajzolat	Bútorlap, szekrény oldala

Rajzolat	Keletkezése	Jellemző megjelenés	Felhasználás
Csíkos	Negyedelt vagy félnegyedelt (rift) késelés, a vágási sík kis szöget zár be a bélsugarakkal – az évgyűrűk egyenes, párhuzamos csíkokként látszanak, tükör alig	Párhuzamos, egyenes csíkok	Modern felületek, sötét pácolás
Gyökérfurnér	Gyökértőből, göcsös részből	Csillogó, kusza, göcsös rajzolat	Intarzia, kisebb betétek
Csomós furnér	Ágövből, csomós részből	Szabályos vagy szabálytalan csomófoltok	Rusztikus felületek

A rajzolat és a gyártási mód összefüggése miatt az asztalos a megrendelés előtt mindig egyeztet: tükrös tölgyfurnért keressen negyedelt késelésű anyagot, fladeres diófurnérhoz lapos késelést válasszon.

8.1.6. Furnérminőség és hibák

A furnér minőségét a hordozófurnéroknál a gyártó, a díszfurnéroknál vizuális osztályozás határozza meg. A leggyakoribb hibák:

- **repedés** – késelésnél vagy száradásnál a furnér végén vagy közepén; a furnérlap gyenge, hajlításkor törik;
- **göcs** – csomó a furnérban; díszfurnéroknál csak meghatározott méretig engedett;
- **elszíneződés** – penész, vas-folt, gőzölési folt;
- **élhiba** – szakadt él, hasadás;
- **vastagságingadozás** – a gép beállítási hibája; a furnér nem egyenletes, ezért a préselés után hullámos felületet ad;
- **színeltérés** – a kötegben vagy a gyártási tételben eltérő szín, ami az illesztésnél feltűnik.

Szabvány. A furnérok osztályozására, méret- és vastagság-tűrésére európai szabványok vonatkoznak, például az ISO 18775 (ellenőrizendő: pontos szabványszám és hatály); a díszfurnér minőségi osztályait jellemzően a gyártó vagy a kereskedő adja meg. Az MSZ EN 635 sorozat a rétegelt lemez felületi osztályozására vonatkozik (ellenőrizendő). A gyártói adatlap az osztályozást és a nedvességtartalmat is megadja.

Minőségellenőrzés. A beérkezett furnért mindig ellenőrizd: vastagságmérővel több ponton mérj, nézd meg a rajzolatot és a színt, vizsgáld a nedvességtartalmat, és hajlítsd meg a furnérlapot, hogy észrevedd a belső repedést. A nedvességtartalom jellemzően 8–12% (ellenőrizendő: gyártói adat).

8.1.7. Furnér és tömörfa összehasonlítása

A furnérozott lap és a tömörfa közötti választás a termék céljától, a felület nagyságától és az anyagköltségtől függ.

Szempont	Tömörfa	Furnérozott lap
Anyagfelhasználás	A teljes darab fából	Csak a felületen értékes fa
Rajzolat	Természetes, szerkezetfüggő	A gyártási mód szerint válogatható
Vetemedés	Nagyobb, ha a méretek változnak	Kiegyensúlyozott, ha ellenfurnér van
Javíthatóság	Csiszolható, újrafényezhető	A furnér vékony, átcsiszolni tilos
Megjelenés	Tömörfaérzet	Színoldali rajzolat, alatta lapanyag
Ár	Általában magasabb	Gazdaságosabb, különösen nagy felületen

Figyelem. A furnérozott felületet soha ne azonosítsd „tömör fának” a vevő felé. Írd le, hogy furnérozott lap, és tüntesd fel a hordozót és a furnér fafaját.

8.1.8. Technológiai ellenőrzőlista: furnérválogatás és illesztés-előkészítés

Recept. A furnérköteget a következő lépésekben készítsd elő az illesztéshez:

1. **Furnérköteg szétválogatása.** Nyisd ki a köteget, és a lemezeket a gyártási sorrendben tedd asztalra. – Ellenőrzés: a rajzolat és a szín a szomszédos lapokon folytonos marad.
2. **Minőségi válogatás.** Különítsd el a hibás lapokat (repedés, göcs, elszíneződés), és jelöld ki, melyik lesz felületi, melyik vakfurnér. – Ellenőrzés: a felületi rajzolat hibátlan, a vakfurnér hibája rejtve marad.
3. **Rajzolat- és iránybeállítás.** A tükrözéshez páros lapokat keress – az egymás utáni lapok közül minden másodikat könyvlapként átfordítva egymás mellé helyezve tükrös rajzolatot kapsz. A folyamatos illesztéshez a lapokat azonos irányban, sorrendben helyezd el. – Ellenőrzés: a rajzolat a teríték teljes szélességén folyamatos vagy tükrös.
4. **Méret- és színösszehangolás.** A kiválasztott lapok vastagsága egyezzen meg; az eltérő színű lapokat külön csoportba tedd. – Ellenőrzés: a préselés után nincs lépcső.
5. **Nedvességtartalom ellenőrzése.** A furnér és a hordozó nedvességtartalma ne térjen el 1–2%-nál jobban (tájékoztató). – Ellenőrzés: a későbbi vetemedés kockázata kisebb.
6. **Rárakat próbája.** Rakd ki a furnérterítéket szárazon a hordozóra, és nézd meg erős fényben. – Ellenőrzés: a rajzolat, a szín és az illesztési hézagok megfelelők.

8.1.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a kész lap felpúposodik.
Ok: hiányzó vagy nem megfelelő vakfurnér, illetve a furnér és a hordozó nedvességtartalma nagyon eltér.
Javítás: a másik oldalra megfelelő vakfurnért kell felragasztani; száradás után újrapróbálni.

Hiba: a rajzolat a felületen „ugrós”.
Ok: a furnérköteget összekeverték, és a szomszédos lapok sorrendje megbomlott.
Javítás: a válogatásnál mindig a kötegsorrendet kell követni.

Hiba: átcsiszolt furnér.
Ok: a csiszológép beállítása túl erős, vagy a furnér vékony és a felület hullámos.

Javítás: csak a felületi lakkréteget szabad nagyon finoman, a furnér vastagságának ismeretében csiszolni. Mindig hagyjunk furnérvastagság-tartalékot.

Hiba: eltérő szín a szomszédos lapok között.
Ok: a gyártási tételben vagy a kötegben keveredett a szín.
Javítás: azonos tételből válasszunk, és a színoldalt a beépítés szerint azonos irányba nézessük.

8.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tölgy furnérozott étkezőasztalt készített. A megrendelő reklamált: a lap két éle felpúposodott, és a felületi furnéron hajszálrepedés jelent meg. A vizsgálat során kiderült, hogy a hordozó lap hátoldalára nem került vakfurnér, csak a színoldalt borította díszfurnér. A felületi furnér zsugorodása a hordozó felső rétegét megfeszítette, a lap meghajlott, és a furnér megrepedt. A tanulság: a furnérozás mindig kétoldali feladat, és a vakfurnér nem „felesleges anyag”.

8.1.11. Önellenőrzés

Válaszold meg az alábbi kérdéseket, majd nézd meg a megoldásokat.

1. Igaz vagy hamis? A hámozott furnér jellemző rajzolata a tükrös rajzolat. Indokold röviden.
2. Mi a különbség a díszfurnér és a vakfurnér között?
3. Miért kell a rönköt gőzölni vagy főzni a késelés előtt?
4. Milyen rajzolat jellemző a negyedelt késelésre?
5. Mi a veszélye annak, ha a furnérköteget összekeverik?
6. Mekkora a tájékoztató vastagságtartománya a késelt díszfurnérnak? (ellenőrizendő)

8.1.12. Feladatok

1. feladat (A)
Add meg a furnér definícióját, és sorold fel a három fő gyártási módját.

2. feladat (A)
Melyik furnért választod felületi díszfurnérnak? Indokold meg.
a) hámozott furnér, egyenletes, kissé szürke;
b) késelt tölgy furnér tükrös rajzolattal;
c) fűrészelt tölgy furnér, amely enyhén hullámos felületű.

3. feladat (B)
Egy asztallap felületét 1,2 m² nagyságú területen furnérozod. A díszfurnér lapok hossza 2,4 m, szélessége 0,3 m. Hány darab furnérlapot kell felhasználni, ha a szükséges ráhagyás és illesztési veszteség 15%? Számold ki a szükséges furnérterületet, majd a lapok darabszámát, és egész számra felfelé kerekíts.

4. feladat (B)
Egy bejövő furnérkötegből mintát vettél: az egyik lap vastagsága 0,58 mm, a másik 0,62 mm, a harmadik 0,61 mm (tájékoztató érték). A névleges vastagság 0,60 mm, a gyártói tűrés ±0,03 mm. Feleljen meg a tűrésnek a minta? Indokold.

5. feladat (C)
Egy megrendelő nagy felületű, sötéten pácolt, modern szekrényajtót kér. Tölgy furnérból melyik rajzolatot választod: fladerest, tükröst vagy csíkost? Indokold meg a választást a pácolás és a modern megjelenés szempontjából.

6. feladat (D)
Készíts furnérválogatási ellenőrzőlistát egy 12 lapból álló késelt tölgy furnérköteghez, amelyet egy 600 mm széles, 1800 mm hosszú bútorlap elülső felületére és a hátoldalára szánnak. A lista tartalmazza a fontos vizsgálati pontokat és a szükséges méréseket.

8.1.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A hámozott furnér rajzolata széles, szabálytalan (flóderes jellegű), nem tükrös; a tükrös rajzolat a negyedelt késelésre jellemző.
2. A díszfurnér a látható felületre kerül, és a rajzolat fontos. A vakfurnér a hordozó hátoldalára kerül, szerepe a feszültség kiegyenlítése.
3. A gőzölés/főzés puhítja a farostokat, így a kés könnyebben vág, és a furnér kevésbé reped.
4. Tükrös vagy csíkos rajzolat, mert a vágás a bélsugárhoz közel halad.
5. A rajzolat és a szín nem lesz folyamatos, az illesztésnél ugrás vagy színeltérés látszik.
6. A késelt díszfurnér tájékoztató vastagságtartománya 0,4–2 mm, ellenőrizendő (gyártói adat/szabvány).

Feladatok megoldásai

1. feladat (A)
Furnér: vékony falemez, amelyet rönkből hámozással, késeléssel vagy fűrészeléssel állítanak elő, és felületre ragasztva, rétegelt lemezben vagy más faipari alkalmazásban használnak. Gyártási módok: hámozás, késelés (lapos, félkörös, negyedelt), fűrészelés.

2. feladat (A)
Felületi díszfurnérnak a késelt tölgy furnér tükrös rajzolattal a legjobb, mert a késelt furnér vékony, egyenletes, és a rajzolat szép, tükrös. A hámozott furnér nem felületi célra való, a fűrészelt enyhén hullámos és vastagabb, ezért kevésbé alkalmas közvetlen felületre.

3. feladat (B)
Adott: felület = 1,2 m²; ráhagyás 15%, tehát szükséges terület = 1,2 m² × 1,15 = 1,38 m².
Egy furnérlap területe: 2,4 m × 0,3 m = 0,72 m².
Szükséges lapok: 1,38 m² ÷ 0,72 m²/lap = 1,9167 → felfelé kerekítve 2 lap.
Ellenőrzés: 2 × 0,72 m² = 1,44 m² ≥ 1,38 m², tehát elegendő.

4. feladat (B)
A tűrés ±0,03 mm egy névleges érték körül. A névleges vastagság 0,60 mm, ezért a ±0,03 mm tűrésmező 0,57–0,63 mm; a három mért érték 0,58–0,62 mm között mozog. Mindhárom mért érték a tűrésmezőn belül van. A feladat célja a tűrés értelmezése: a névleges mérethez viszonyított tűrésmezőt kell megadni, és a mért értékeket abba kell vetni.

5. feladat (C)
Sötéten pácolt, modern szekrényajtóhoz a csíkos rajzolat a legjobb, mert az egyenes, párhuzamos csíkok modern, nyugodt felületet adnak, és a sötét pác a csíkok közötti kontrasztot kiemeli. A tükrös rajzolat erős, hagyományosabb hatású, a fladeres a húrmetszet miatt széles hullámai zavaró lehet egy direkt, letisztult fronton.

6. feladat (D)
Lehetséges ellenőrzőlista: 1. A furnérköteg lemezeit a gyártási sorrendben kiteríteni, és a rajzolatot folytonosan ellenőrizni. 2. Minden lapon vizsgálni a felületi hibákat (repedés, göcs, folt, élhiba), a színoldalt és a vastagságot. 3. Vastagságmérővel minden lapot 3 ponton mérni, és az eltérést a gyártói tűréssel összevetni. 4. A színoldali furnérlappá kijelölt lapokat párokba osztani;

a hátoldali vakfurnért külön csoportba tenni. 5. A furnér és a hordozó nedvességtartalmát mérni, és az eltérést 1–2 %-on belül tartani (tájékoztató). 6. A kiválasztott furnérokat szárazon a bútorlapra rakni, és erős fényben megnézni a rajzolatot, a színt és a hézagmentességet. 7. A terítéket felragasztás előtt megjelölni, hogy a préselés során a sorrend ne változzon.

8.1.14. Rövid összefoglaló

A furnér vékony fa lemez, amelyet rönkből **hámozással**, **késeléssel** vagy **fűrészeléssel** állítanak elő. A rönköt előzőleg gőzölik, hogy a farostok puhuljanak, és a furnér ne repedjen. A **hámozott furnér** széles, szabálytalan rajzolatú, elsősorban rétegelt lemezhez és vakfurnérhoz való. A **késelt furnér** a legfontosabb felületi díszfurnér; a lapos, félkörös és negyedelt késelés eltérő rajzolatot ad (fladeres, virágos, tükrös/csíkos). A **fűrészelt furnér** vastagabb, ritka és drága. A furnérkötegekben a lemezek sorrendje folyamatos rajzolatot biztosít; tükrözésnél (könyvszerű illesztés) a köteg két egymást követő lapja közül az egyiket könyvlapként átfordítjuk, így a rajzolat a fugára tükrös lesz; folyamatos illesztésnél a lapokat azonos irányban, sorrendben toljuk egymás mellé. A furnér minőségét a vastagság, a felületi hibák, a szín és a rajzolat egyöntetűsége határozza meg; az ellenőrzésnél mindig a gyártói adatot és a termékszabványt kell követni. A furnérozott lapot mindig két oldalról furnérozzuk, a hátoldalra vakfurnért kell ragasztani. **Továbbvitt eredmény:** a furnérfajták, a rajzolat és a furnérköteg-kezelés ismerete közvetlenül szükséges a Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték alfejezetben, és alapja a Rétegelt lemez, bútorlap és táblásított lap értelmezésének is.

8.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Furnér fogalmai, jellemzői, tűrései: ISO 18775 (ellenőrizendő); MSZ EN 635 – rétegelt lemez felületi osztályozása, nem díszfurnér-osztályozás; a pontos szám, kiadás és hatály ellenőrizendő.
- Fűrész- és furnérgyártási technológiai paraméterek (gőzölési idő, késelési sebesség, vastagságtartományok) – gyártói és szakkönyvi adatok, ellenőrizendő.
- Nedvességtartalom-célérték furnér tárolásánál és feldolgozásánál – gyártói adat alapján ellenőrizendő.
- Rajzolatleírások és furnérfajták – szakirodalmi és termékszabványi adatokkal összehangolandó.

8.2. Rétegelt lemez, bútorlap és táblásított lap

A vevő konyhabútort rendel. A szekrénytestet forgácslapból tervezed, de a fiókfenék, a hátfal és a polcok anyagát külön kell kiválasztanod. A **rétegelt lemez** vékony, mégis merev; a **lécbetétes bútorlap** könnyű, és jól tartja a csavart; a **táblásított lap** tömörfa hatású. Ha rosszul választasz, a polc belóg, a csavar kiszakad, vagy az ajtó vetemedik. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan épül fel ez a három laptípus, miben erős és miben gyenge, és hogyan válassz közülük ajtóhoz, polchoz vagy asztallaphoz.

8.2.1. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy három különböző lapot vágsz ketté a műhelyben. A rétegelt lemez metszete vékony, váltakozó irányú rétegeket mutat, mint egy réteges torta. A lécbetétes bútorlap metszete középen párhuzamos, vastagabb léceket, a két oldalán pedig vékony borító furnért mutat.

A táblásított lap metszete keskeny, hosszú léceket mutat, amelyeket ragasztással illesztettek egymáshoz. A rétegelt lemez felépítését a következő rétegábra szemlélteti.



8.4. ábra. Rétegelt lemez felépítése (5 rétegű példa) - Szemléltető rétegfelépítés: a szomszédos furnérrétegek rostiránya egymásra merőleges; a felépítés a középső rétegre szimmetrikus.

A diagramon jól látszik a **keresztirányú rétegezés**: minden szomszédos furnérréteg rostiránya 90°-kal elfordul. Ez a szerkezet adja a lap méretstabilitását.

8.2.2. Definíciók és alapszabályok

Definíció. A **rétegelt lemez** olyan faalapú lap, amelyet páratlan számú, egymásra merőleges rostirányú furnérrétegből ragasztanak össze. A felépítés a középső rétegre nézve szimmetrikus.

Definíció. A **lécbetétes bútorlap** olyan faalapú lap, amelynek középrétege párhuzamos, egymáshoz ragasztott falécekből áll, borítórétege pedig vékony furnér vagy rétegelt lemez.

Definíció. A **ragasztott tömörfa lap** – gyakori nevén **táblásított lap** – olyan tömörfa lap, amelyet keskeny, hosszú **lamellákból** ragasztanak össze. A lamellák hosszirányú toldása leggyakrabban **ékcsapos (fogazott) toldással** készül, a szélességi illesztés pedig a lamellák keskeny oldalának (élének) ragasztásával.

Szabály. A három laptípus közös jellemzője, hogy a faanyagot kisebb elemekre bontják, majd ragasztással újra nagyobb táblává építik. Ez csökkenti a vetemedést, és lehetővé teszi a kisebb méretű alapanyag jobb kihasználását.

8.2.3. A rétegelt lemez felépítése és tulajdonságai

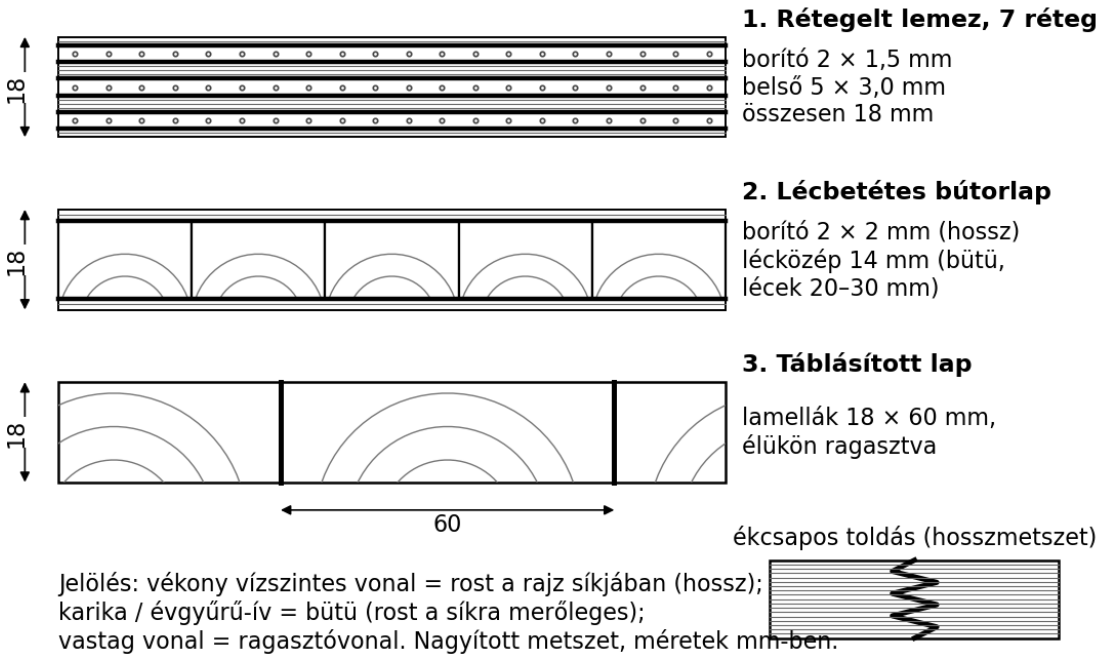
A **rétegelt lemez** (szokásos műhelyi nevén **rétegelt falemez**) rétegszáma mindig **páratlan**: például 3, 5, 7, 9 vagy annál több réteg. A páratlan rétegszám és a szimmetrikus felépítés együtt adja a síkban maradást. Ha a rétegszám páros lenne, vagy a felépítés nem lenne szimmetrikus, a lap könnyebben vetemedne.

A **borító furnérrétegek** minősége határozza meg a látható felületet. A belső rétegek gyengébb minőségű furnérok is lehetnek, ha azok a késztermékben nem látszanak. A furnérokról a Furnérok: gyártás, fajták és felhasználás alfejezetben tanultál részletesen.

A rétegelt lemez **ragasztóanyaga** szerint beltéri vagy kültéri változatot különböztetünk meg. A **beltéri** rétegelt lemez ragasztója korlátozott nedvességtűrésű; a **kültéri** változat **vízálló ragasztással** készül, például fenol-formaldehid alapú ragasztóval (ellenőrizendő: a gyártói adatlap és a hatályos szabvány szerinti pontos ragasztóosztály). A kültéri jelölés nem azt jelenti, hogy a lapot állandóan szabadban, lefedés nélkül lehet tárolni, hanem azt, hogy a ragasztás ellenáll az időszakos nedvességnek.

A **formarétegelt elemek** olyan hajlított rétegelt lemezek, amelyeket sablonon, présben hajlítanak meg. A keresztirányú rétegezés lehetővé teszi, hogy a lap íves, hajlított formát kapjon, és megtartsa azt. Ilyen elemeket például hajlított székülésekhez, íves bútorfrontokhoz használnak.

Továbbvitt eredmény. A rétegelt lemez méretstabilitását és rétegfelépítését a Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok alfejezetben hasonlítjuk össze az agglomerált lapokkal; a lapválasztás szempontjait a lapszerkezetű termékek gyártásánál, a szabásnál és a szekrények tervezésénél használjuk.



8.5. ábra. Három 18 mm vastag faalapú lap nagyított metszete: hétrétegű rétegelt lemez (2 × 1,5 mm borító és 5 × 3,0 mm belső réteg, váltakozó rostiránnyal), lécbetétes bútorlap (14 mm-es lécközép bütüben, két 2 mm-es, hosszirányú borítóréteg) és táblásított lap (18 × 60 mm-es, élükön ragasztott lamellák), betétábrán az ékcsapos toldás hosszmetszete; a ragasztóvonal vastag vonal

Mindhárom lap rétegvastagságainak összege 18 mm (rétegelt lemez: $2 \cdot 1{,}5 + 5 \cdot 3{,}0 = 18\,\text{mm}$; bútorlap: $2 + 14 + 2 = 18\,\text{mm}$; tájékoztató felépítések). A HTML-változatban a rétegszám-csúszkával (3–9) kipróbálhatod, hogy a rétegelt lemeznél csak a páratlan rétegszám ad szimmetrikus felépítést.

8.2.4. A lécbetétes bútorlap felépítése

A **lécbetétes bútorlap** (műhelyi nevén gyakran **bútorlap**) középrétege párhuzamos, keskeny **falécekből** áll. A lécek szélessége jellemzően 20–30 mm körüli (tájékoztató érték, gyártónként eltérő). A lécek rostiránya hosszirányban fut, és a léceket egymáshoz ragasztják. A középrétegre mindkét oldalról **borítóréteget** ragasztanak, amely lehet vékony furnér vagy rétegelt lemez. A borítórétegek rostiránya általában merőleges a középréteg léceinek rostirányára. Ez a keresztezett felépítés adja a bútorlap jó méretstabilitását.

A lécbetétes bútorlap **csavartartása** kiemelkedő: a középrétegben lévő lécek megtartják a becsavarozott csavart, ezért a bútorlap jól használható olyan helyeken, ahol vasalatokkal kötnek, vagy ahol a csavar terhelést kap. A lap könnyű a tömörfa laphoz képest, mert a középréteg fenyő vagy más könnyű faanyag is lehet (ellenőrizendő: a gyártói adatlap szerinti fafaj).

A bútorlap **élén** látszanak a lécek végei és a borítórétegek, ezért a látható éleket általában **élzárással** kell ellátni. Az élzárás lehet vékony furnér, élfólia vagy tömörfa élbetét.

8.2.5. A ragasztott tömörfa (táblásított) lap felépítése

A **táblásított lap** kizárólag tömörfából készül. A gyártás során a fűrészárut először **lamellákra** vágják, azaz keskeny, hosszú lécekre. A lamellák szélessége jellemzően 40–80 mm (tájékoztató érték, ellenőrizendő). A hosszirányú **ékcsapos toldás** (fogazott toldás) segítségével a rövid darabokat hosszú lamellává ragasztják. Az ékcsapos toldásnál a faanyagot ék alakú fogazással illesztik, így a ragasztási felület nagyobb, és a toldás szilárd.

Ezután a hosszú lamellákat **élükön (keskeny oldalukon)** egymáshoz ragasztják, amíg el nem érik a kívánt lapszélességet. A lamellák szálirányа azonos irányban fut, ezért a táblásított lap **megjelenése** nagyon hasonlít a tömör fa laphoz. A gyakorlatban a lamellák szín és szálrajzolat szerint válogatottak, hogy a felület egységes legyen.

A táblásított lap **előnye**, hogy a kisebb méretű, hibamentes fűrészáru is jól hasznosítható. A lap **méretstabilitása** jobb, mint a tömör deszkáé, mert a keskeny lamellák zsugorodása és dagadása egyenletesebben oszlik el. A táblásított lap **éle** tömörfa, de a lamellák illesztési vonalai látszanak. Ha a látható felületen nem kívánatosak a toldások, a lapot furnérozzák vagy élzárással látják el.

8.2.6. Tulajdonságok összehasonlítása

A három laptípus tulajdonságait a következőképpen foglalhatjuk össze:

Tulajdonság	Rétegelt lemez	Lécbetétes bútorlap	Táblásított lap
Felépítés	páratlan furnérréteg, rostirány váltakozik	lécközép + borítóréteg	tömörfa lamellák, ékcsapos toldás
Méretstabilitás	kiváló	jó	jó
Csavartartás	közepes-jó	kiváló	jó
Tömeg	közepes	kis-közepes	nagyobb

Tulajdonság	Rétegelt lemez	Lécbetétes bútorlap	Táblásított lap
Élzárás igénye	mindig	mindig	gyakran
Tömörfa érzet	csak felületi furnérral	csak borítóréteggel	teljes vastagságban
Tipikus felhasználás	fiókfenék, hátfal, hajlított elem	polc, bútortest, asztallap	asztallap, munkalap, tömörfa bútor
Nedvességtűrés (beltéri/kültéri)	változó, jelöléstől függ	elsősorban beltéri	elsősorban beltéri, kültéri kezeléssel

A táblázatban szereplő értékek **tájékoztató jellegűek**, és gyártónként, fafajtól és ragasztótól függően eltérhetnek (ellenőrizendő: a termék műszaki adatlapja).

Megjegyzés. A rétegelt lemez és a lécbetétes bútorlap **élén mindig látszik a szerkezet**, ezért élzárás nélkül csak rejtett, takart helyen használható. A táblásított lap éle tömörfa, de az illesztési vonalak miatt általában ezt is élzárják vagy profilozzák.

8.2.7. Hogyan válassz lapot ajtóhoz, polchoz vagy asztallaphoz?

A választásnál három szempontot mérlegelj: **mekkora terhelés** éri, **látható-e** a felület, és **milyen nedvességnek** van kitéve.

- **Ajtólaphoz** a lécbetétes bútorlap vagy a rétegelt lemez jó választás, mert könnyű és méretstabil. A bútorlap jobb csavartartású, ezért ha a vasalatot csavarozni kell, előnyösebb. A rétegelt lemez akkor jó, ha nagyobb síkfelületi merevség kell.
- **Polchoz** a lécbetétes bútorlap vagy a vastagabb rétegelt lemez megfelelő. A bútorlap könnyebb és merevebb, a rétegelt lemez vékonyabb lehet. A terhelés növekedésével a polcvastagságot növelni kell (ellenőrizendő: a gyártói adatlap és a tervezési táblázat).
- **Asztallaphoz** a táblásított lap tömörfa hatást ad, és jól bírja a használatot. Ha a tömörfa hatás nem fontos, a lécbetétes bútorlap is jó, de mindkét esetben gondoskodjunk a felület védelméről, például lakkozással vagy olajozással. A táblásított asztallapnál a lamellák iránya hosszirányban fusson, hogy a zsugorodás a szélességben jelentkezzen.

8.2.8. Kidolgozott példa: táblásított asztallap lamelláinak számítása

Számítás. Egy asztallap mérete 1200 mm hosszú, 600 mm széles és 20 mm vastag legyen, táblásított lapból. A lamellák szélességét 75 mm-re választjuk. Kérdés: hány lamella szükséges?

Adott: lapszélesség $b = 600\,\text{mm}$; lamellaszélesség $b_{\text{lam}} = 75\,\text{mm}$.

Képlet: $n = \dfrac{b}{b_{\text{lam}}}$.

Behelyettesítve: $n = \dfrac{600}{75} = 8$.

Ellenőrzés: $8 \times 75 = 600\,\text{mm}$, tehát pontosan 8 darab 75 mm széles, 1200 mm hosszú lamella kell. Ha a lamella hossza rövidebb, mint 1200 mm, ékcsapos toldással toldjuk, így a darabszám nő.

A szükséges folyóméter: $8 \times 1{,}2 = 9{,}6\,\text{fm}$ lamella. Ez a mennyiség a szabásjegyzékben a megmunkálási ráhagyás nélkül értendő. ∎

Számítás. Egy 2500 mm × 1250 mm-es rétegelt lemez táblából hány darab 600 mm × 400 mm-es polc szabható, ha a fűrészvágás szélessége (vágási rés) 4 mm?

Adott: tábla szélessége 1250 mm, hossza 2500 mm; polc mérete 600 × 400 mm; vágási rés 4 mm.

Először számoljuk a polcok számát a szélesség mentén: 1250 mm / (400 + 4) = 1250 / 404 ≈ 3,09, tehát 3 sor. Hossz mentén: 2500 / (600 + 4) = 2500 / 604 ≈ 4,14, tehát 4 oszlop. Összesen: 3 × 4 = 12 db polc. A maradék anyag a széleken selejt vagy más alkatrészre használható. Ez a számítás a szabásterv készítésének alapja, amelyet a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal alfejezetben tárgyalunk részletesen. ∎

8.2.9. Szabványok és jelölések

Szabvány. A rétegelt lemezek, lécbetétes bútorlapok és táblásított lapok **beltéri/kültéri alkalmazási osztályát**, **ragasztóanyag-típusát**, **nedvességtűrését** és **formaldehid-kibocsátási osztályát** a hatályos MSZ EN szabványsorozat szerint kell megadni és jelölni (ellenőrizendő: a pontos szabványszámok, az osztályok jelei és a határértékek a mindenkori szabványkiadás szerint). A termék műszaki adatlapján és a csomagoláson ellenőrizd a beltéri/kültéri jelölést, a rétegszámot, a ragasztóosztályt és a formaldehid-osztályt (ellenőrizendő: az aktuális EU-szabályozás szerinti formaldehid-kibocsátási határértékek).

Szabványcsaládok (mind ellenőrizendő: szám, kiadás, hatály): rétegelt lemez követelményei és felhasználási osztályai – MSZ EN 636 (1 száraz, 2 párás, 3 kültéri feltételek); ragasztási minőség – MSZ EN 314 sorozat; felületi osztályozás – MSZ EN 635; tömörfa lapok (táblásított lap, egy- és többrétegű) – MSZ EN 13353; építési célú faalapú lapok, CE, formaldehid-osztály – MSZ EN 13986.

A **formaldehid-kibocsátás** azért fontos, mert a formaldehid egészségkárosító anyag lehet, és a beltéri levegőbe kerülhet (ellenőrizendő: a hatályos egészségügyi és kémiai biztonsági előírások). A lapgyártók ezért adnak meg kibocsátási osztályt, például alacsony kibocsátású kategóriát (jelölve, ellenőrizendő).

8.2.10. Minőségellenőrzés

A beérkező faalapú lapokat a tárolás és a felhasználás előtt ellenőrizni kell:

- **Rétegszám és felépítés:** a rétegelt lemez élén a rétegszám és a szimmetria szemrevételezéssel ellenőrizhető.
- **Ragasztási hibák:** a lap szélén vagy a felületen rétegfelválás, buborék, nyitott ragasztóhézag nem lehet (tájékoztató: 1 mm-nél nagyobb nyitott hézag nem elfogadható, ellenőrizendő).
- **Méretpontosság:** a tábla hossza, szélessége és vastagsága a megrendelt méret tűrésén belül legyen; a vastagságeltérést több ponton tolómérővel mérjük.
- **Nedvességtartalom:** a faalapú lapok beépítési nedvességtartalma a felhasználási hely egyensúlyi nedvességéhez közeli legyen; a pontos értéket a gyártói adatlap adja meg (ellenőrizendő).
- **Felület:** a borító furnér vagy lamellafelület szilánk-, gyanta- és szennyeződésmentes legyen.

8.2.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a rétegelt lemez rétegei felválnak a szélén. Oka lehet rossz ragasztás, nedvesség behatolása vagy túl erős fűrészszerszám okozta élroncsolódás. Helyes gyakorlat: kültéri nedvességhez vízálló ragasztású lapot válassz, és az élt élzárással védd.

Hiba: a lécbetétes bútorlap középső lécei átütnek a borítórétegen. Oka lehet túl vékony borítóréteg vagy erős csiszolás, amely átvágja a borítót. Helyes gyakorlat: a megfelelő vastagságú borítóréteggel ellátott lapot válassz, és a felület csiszolásánál tartsd meg a ráhagyást.

Hiba: a táblásított asztallap meggörbül. Oka lehet a nem megfelelő tárolás, az egyoldalú nedvességfelvétel vagy a lamellák hibás kiosztása. Helyes gyakorlat: a lapot vízszintesen, alátámasztva tárold, és a felületkezelést mindkét oldalon egyformán végezd.

Hiba: a csavar kiszakad a rétegelt lemez élén. Oka, hogy a rétegelt lemez élébe nagy átmérőjű csavart fúrnak, ahol a rétegek elválnak. Helyes gyakorlat: az élre merőlegesen ne csavarozz, hanem használj élzárást, vagy fúrj elő, és alkalmazz tiplit vagy más kötőelemet.

8.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos beépített gardróbszekrényt készít. A belső polcokhoz lécbetétes bútorlapot választ, mert a polcok 800 mm hosszúak, könyveket kell tartaniuk, és a csavarok a polctartó vasalatokat fogják. A bútorlap könnyű, méretstabil, és a csavarok jól tartanak benne. A szekrény hátfalához 4 mm vastag rétegelt lemezt használ, mert a hátfalnak nem kell nagy terhelést viselnie, viszont merevíti a szekrénytestet. Az íves felső elemet formarétegelt lemezből rendeli, mert az gyárilag hajlított, és nem kell a műhelyben hajlítással kísérletezni. A vevőnek látható, tömörfa hatású asztallapot táblásított tölgyfából készíti, amelyet többrétegű olajjal kezel. A helyes lapválasztás miatt a termék stabil, könnyen szerelhető, és a vevő elégedett.

8.2.13. Önellenőrzés

Válaszolj a kérdésekre röviden, magadban vagy füzetben.

1. Miért páratlan a rétegelt lemez rétegszáma?
2. Melyik laptípusnak a legjobb a csavartartása: rétegelt lemez, lécbetétes bútorlap vagy táblásított lap?
3. Mire való a lécbetétes bútorlap borítórétege?
4. Mit jelent a táblásított lap **ékcsapos toldása**?
5. Miért kell a rétegelt lemez élét élzárni, ha látható helyre kerül?
6. Melyik lapot választanád egy hajlított székülléshez?

8.2.14. Feladatok

1. feladat (A)
Határozd meg röviden, mi a különbség a lécbetétes bútorlap és a táblásított lap között!

2. feladat (A)
Egy rétegelt lemez 5 rétegű. Sorold fel a rétegek rostirányát kívülről befelé haladva!

3. feladat (B)
Egy asztallap mérete 1500 mm × 750 mm × 20 mm, táblásított lapból. A lamellák szélessége 90 mm. Hány darab, legalább 1500 mm hosszú lamella szükséges? (A szélességi illesztéshez nem kell ráhagyást számolni, mert a lamellákat pontosan szélességre vágják.)

4. feladat (B)
Válassz lapot egy 1200 mm × 600 mm-es, 18 mm vastag szekrényajtóhoz, amelyre lapos zsanérokat csavaroznak. Indokold a választást, és mondd meg, milyen élzárást alkalmazz!

5. feladat (C)
Egy rétegelt lemez tábla 2440 mm × 1220 mm. Hány darab 610 mm × 305 mm-es polc szabható belőle, ha a vágási rés 3 mm? Számítsd ki a kihozatalt is: a polcok területe osztva a tábla területével, százalékban kifejezve!

6. feladat (D)
Készíts anyaglistát egy 1200 mm × 600 mm × 20 mm-es táblásított asztallaphoz 75 mm széles lamellákból. Add meg a lamellák számát, folyóméterét, és becsüld meg a szükséges ragasztó mennyiségét, ha a fajlagos felhordás 150 g/m² és a ragasztandó felület a lamellák keskeny oldala (éle), figyelembe véve, hogy az illesztések száma 7 (kétoldali ragasztás). A számítás egyszerűsített: minden illesztési felület 1,2 m × 0,02 m. (A ragasztó anyagszükségletét a gyártói adatlap szerint ellenőrizd; ez a példa a számítás menetét mutatja.)

8.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A páratlan rétegszám és a szimmetria együtt adja a lap síkban maradását, mert a zsugorodási feszültségek kiegyenlítődnek.
2. A lécbetétes bútorlap, mert a középréteg lécei megtartják a csavart.
3. A borítóréteg takarja a középréteg léceit, javítja a felületet, és a rostiránya merőleges a lécekre, ami növeli a méretstabilitást.
4. A hosszirányban toldott lamellákat ék alakú fogazással ragasztják össze, így nagyobb a ragasztási felület.
5. Mert az élén látszanak a rétegek, és ez csúnya, sérülékeny, nedvességre érzékeny; az élzárás védi és takarja.
6. Formarétegelt lemezt, mert az gyárilag hajlított és megtartja az íves formát.

1. feladat
A lécbetétes bútorlap középrétege párhuzamos lécekből áll, erre kétoldalt borítóréteget ragasztanak. A táblásított lap teljes vastagságában tömörfa lamellákból áll, hosszirányban ékcsapos toldással, szélességben a lamellák élére (keskeny oldalára) történő ragasztással.

2. feladat
Kívülről befelé: felső borító furnér (rostirány hossz), keresztfurnér (rostirány kereszt), belső furnér (rostirány hossz), keresztfurnér (rostirány kereszt), alsó borító furnér (rostirány hossz). A felépítés szimmetrikus.

3. feladat
Adott: lapszélesség $b = 750\,\text{mm}$; lamellaszélesség $b_{\text{lam}} = 90\,\text{mm}$.
Képlet: $n = \dfrac{b}{b_{\text{lam}}} = \dfrac{750}{90} = 8{,}33...$
Mivel egész lamellák kellenek, felfelé kerekítünk: $n = 9$ darab.
Ellenőrzés: $9 \times 90 = 810\,\text{mm}$, tehát az utolsó lamellát 60 mm szélesre kell vágni. A hossz 1500 mm, így 9 darab 1500 mm hosszú lamella szükséges. ∎

4. feladat
Lécbetétes bútorlap jó választás, mert jó a csavartartása, ami a zsanérok rögzítésénél fontos. A bútorlap könnyű és méretstabil, ezért az ajtó nem vetemedik. Az éleket élfóliával vagy vékony furnér élzárással kell ellátni, mert a bútorlap élén látszanak a lécek. Ha a felület tömörfa hatású legyen, táblásított lap is választható, de akkor a csavarokhoz előfúrás javasolt.

5. feladat
Szélesség mentén: $1220/(305 + 3) = 1220/308 \approx 3{,}96$, tehát 3 sor.

Hossz mentén: $2440/(610+3) = 2440/613 \approx 3{,}98$, tehát 3 oszlop.
Összesen: $3 \times 3 = 9$ db polc.
Tábla területe: $2440 \times 1220 = 2\,976\,800\,\text{mm}^2 = 2{,}9768\,\text{m}^2$.
Polcok területe: $9 \times (610 \times 305) = 9 \times 186\,050 = 1\,674\,450\,\text{mm}^2 = 1{,}67445\,\text{m}^2$.
Kihozatal: $\dfrac{1{,}67445}{2{,}9768} \times 100 \approx 56{,}3\%$.
A kihozatal viszonylag alacsony, mert a méretek nem osztói a táblaméretnek, és a vágási rés is csökkenti a hasznos területet. ∎

6. feladat
Lamellák száma a szélességben: $600/75 = 8$ db.
Minden lamella hossza 1200 mm = 1,2 m.
Folyóméter: $8 \times 1{,}2 = 9{,}6$ fm.
Illesztések száma: $8 - 1 = 7$ illesztési felület.
Egy illesztési felület területe: $1{,}2\,\text{m} \times 0{,}02\,\text{m} = 0{,}024\,\text{m}^2$.
Összes illesztési felület (kétoldali ragasztás): $7 \times 2 \times 0{,}024 = 0{,}336\,\text{m}^2$.
Ragasztó szükséglet: $q = 150\,\text{g/m}^2$, tehát $0{,}336 \times 150 = 50{,}4\,\text{g}$.
A gyakorlatban ehhez hozzá kell adni a felületi veszteséget és a kiöntött ragasztó maradékát, ezért legalább 10–20% ráhagyással számoljunk (ellenőrizendő: a gyártói adatlap szerinti fajlagos felhordás és veszteség). Az anyaglistában szerepeljen: 8 db lamella 75 × 20 × 1200 mm, 9,6 fm, ragasztó kb. 60 g. ∎

8.2.16. Rövid összefoglaló

A **rétegelt lemez** páratlan számú, egymásra merőleges rostirányú furnérrétegből készül. A páratlan rétegszám és a szimmetrikus felépítés adja a kiváló méretstabilitást. A **lécbetétes bútorlap** középrétege párhuzamos lécekből áll, borítórétegei vékony furnérok vagy rétegelt lemezek; kiemelkedő csavartartású, és jól használható polchoz, bútortesthez. A **táblásított lap** tömörfa lamellákból készül, hosszirányban gyakran ékcsapos toldással; tömörfa hatást ad, és asztallapnak, munkalapnak alkalmas. A rétegelt lemez és a bútorlap élét mindig élzárni kell, ha látható; a táblásított lap élét is gyakran élzárják vagy profilozzák. **Továbbvitt eredmény:** a rétegelt lemez, a lécbetétes bútorlap és a táblásított lap méretstabilitási és megmunkálási jellemzőit a Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok alfejezetben hasonlítjuk össze az agglomerált lapokkal; a lapválasztás szempontjait a lapszerkezetű termékek szabásánál és a szekrények tervezésénél használjuk.

8.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- A faalapú lapok felépítésének és gyártásának alapelvei stabil szakmai tudás.
- A rétegelt lemez, lécbetétes bútorlap és táblásított lap **beltéri/kültéri ragasztóosztályai**, **formaldehid-kibocsátási osztályai** és **szabványszáma** a hatályos MSZ EN szabványsorozat és az EU-szabályozás szerint ellenőrizendő.
- A lamellaszélesség, rétegvastagság, lapvastagság-tűrés, fajlagos ragasztófelhordás és a polc teherbírási adatai **gyártói adatlapon** ellenőrizendők.
- A számításokban használt tájékoztató adatok (vágási rés, fajlagos felhordás, kihozatal) **mintaadatok**, nem tervezési előírások.

8.3. Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok

8.3.1. Miért éppen ezt a lapot válaszd?

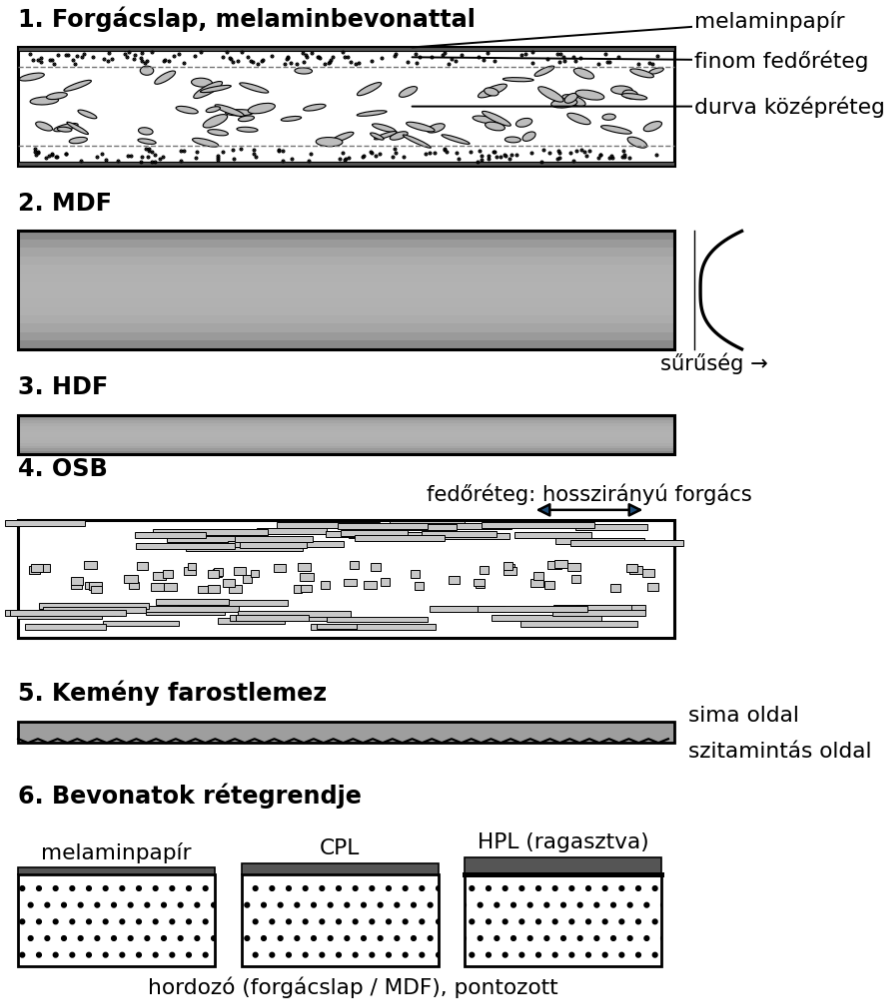
Konyhabútort, beépített szekrényt, polcot, mart frontot vagy nedves helyiségbe szánt bútort készítesz. A megrendelő azt kérdezi: miért kerül annyiba a „bútorlap”, és miért nem elég a sima forgácslap? A lapválasztáson múlik, hogy a szekrény nem dől össze a csavaroknál, az él nem törik ki a fűrész alatt, a front nem vetemedik el, és a beltéri levegőben nem lesz zavaró formaldehid-szag. Ebben az alfejezetben az **agglomerált faalapú lapokat** és **felületbevonatos változataikat** ismered meg.

8.3.2. Szemléletes kép: mi van egy „bútorlap” belsejében?

Képzelj el egy 18 mm vastag, fehér melaminbevonatú oldallapot. Ha szétfűrészeled és megnézed az élét, három zónát látsz:

- felül és alul 1–2 mm finomabb, sűrűbb forgácsréteg, amelyre a melamingyantás papír van préselve;
- középen durvább, lazább forgácsréteg;
- a papírréteg felülete sima, zárt, a mag pedig porózus.

Ez a **rétegezett szerkezet** adja a forgácslap olcsóságát és síkbeli mérettartását. Egy **MDF** lap belseje ezzel szemben teljesen homogén, apró farostokból áll, mint egy sűrű kartonlap, ezért jól marható. Egy **OSB** lapon nagy, lapos forgácsdarabok látszanak, rétegenként merőleges irányban, mint a síkban összetapadt műszakilag orientált gyaluforgács.



Sematikus, nagyított élnézetek, nem méretarányosak; valódi makrofotóval kiegészíthetők.

8.6. ábra. Hat lapanyag vágott éle sematikusan: háromrétegű forgácslap (finom fedőrétegek, durva középréteg, melaminpapír), MDF a felszín közelében sűrűbb zónával és sűrűségprofillal, vékony és sűrű HDF, OSB rétegenként keresztező lapos forgácsokkal, kemény farostlemez sima és szitamintás oldallal, valamint a melaminpapír, CPL és HPL bevonat rétegrendje a hordozón

8.3.3. Alapfogalmak: agglomerált lap és társai

Definíció. Agglomerált faalapú lap: faanyagrészecskékből – forgácsból, rostból, szálból – ragasztóanyaggal, hővel és nyomással táblásított lap, amelynek tulajdonságai a gyártás során beállíthatók, és a tömör fával szemben kevésbé mozog nedvességváltozásra. A magyar műhelynyelvben gyakran „bútorlap”, „forgácslap”, „MDF” néven emlegetik, de szakmailag érdemes pontosan elkülöníteni őket.

Definíció. Forgácslap: faforgácsból és műgyantából (jellemzően karbamid-formaldehid, melamin-karbamid-formaldehid vagy poliuretán ragasztóval) préselt lap. A legtöbb bútoripari forgácslap **többrétegű**: külső rétege finomabb, a közép durvább. A **P-osztályok** a felhasználási területet jelölik (P1–P7), például P1 általános száraz, P2 bútoripari száraz, P3 nedvességálló belső, P5 teherbíró nedves környezetbe. **(A pontos osztályok és jelek az aktuális szabvány szerint ellenőrizendők.)**

Definíció. MDF (*medium density fibreboard*): közepes sűrűségű farostlemez, apró farostokból, száraz eljárással ragasztva. **HDF** (*high density fibreboard*): nagy sűrűségű farostlemez, keményebb, jobb csavartartással. A **kemény farostlemez** hagyományos, nagy sűrűségű farostlemez, gyakran az egyik oldalán sima, a másik oldalán rácsmintás, és vékony (2,5–6 mm) hátfalnak, fiókfenéknek használják. A puha, szigetelő farostlemez nem bútoripari szerkezeti anyag, legfeljebb párnázó vagy csomagolóréteg.

Definíció. OSB (*oriented strand board*): hosszú, keskeny lapos forgácsdarabokból, rétegenként merőleges orientálással ragasztott lap. Az **OSB/1–OSB/4** osztályok a nedvességállóságot és teherbírást jelölik; az OSB/3 teherhordó célra párás környezetben (de nem tartósan nedves, kültéri helyen) használható, ezért általánosan elterjedt építőipari lap. **(A pontos osztályok az MSZ EN 300 szerint ellenőrizendők.)**

8.3.4. Szabványok és jelölések

Szabvány. A faalapú lapokra vonatkozó fontos magyar/európai szabványcsaládok, a konkrét számok ellenőrizendők:

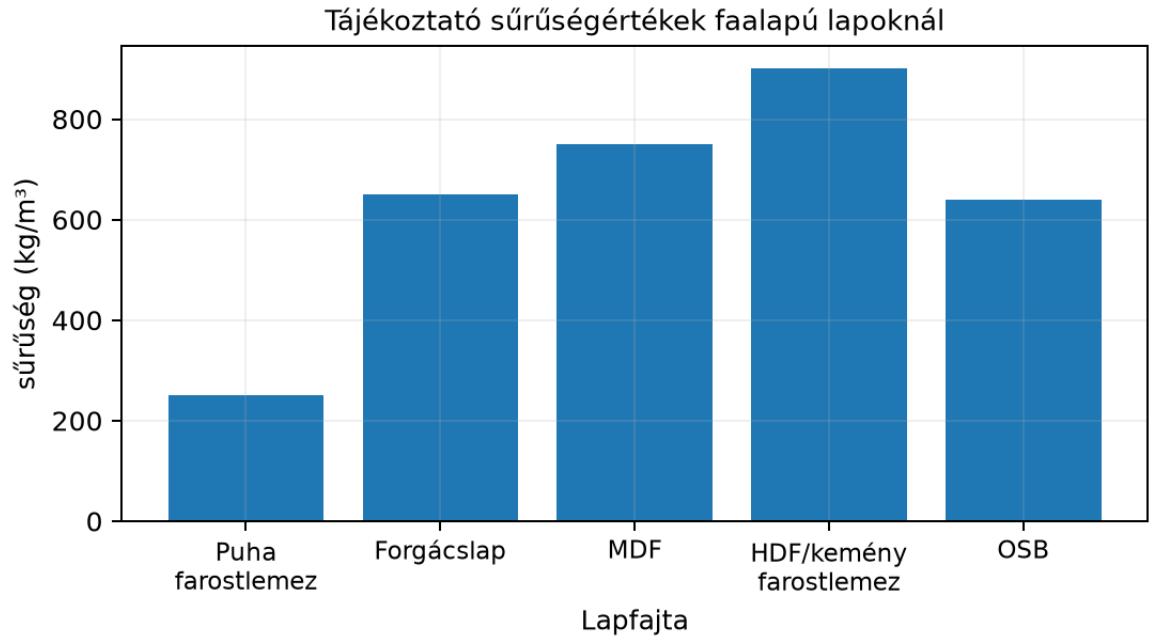
- **Forgácslapok**: MSZ EN 312 sorozat – meghatározás, osztályozás, követelmények.
- **Farostlemezek**: MSZ EN 622 sorozat – kemény, MDF, HDF, puha farostlemezek.
- **OSB lapok**: MSZ EN 300 – meghatározások, osztályozás, követelmények.
- **Építőipari faalapú lemezek**: MSZ EN 13986 – CE-jelölés, építési termék teljesítménynyilatkozat.
- **Formaldehid-kibocsátás**: a beltéri alkalmasságot a korszerű mérési szabvány szerint (pl. EN 16516) kamrában vizsgálják; a hagyományos E1 osztály a régi EN 717-1 szerinti kamrakoncentrációval volt meghatározva. **(Határértékek és osztályok ellenőrizendők az aktuális rendelet és szabvány szerint.)**

A lapok forgalmazásakor gyakori jelölések:

- **Vastagság mm-ben**, pl. 18 mm.
- **Táblaméret mm-ben**, pl. 2800 × 2070 mm.
- **Sűrűség kg/m³-ben**, pl. 760 kg/m³.
- **Nedvességállóság**: P3, P5, HDF, nedvességálló MDF, OSB/3.
- **Formaldehid-kibocsátási osztály**: E1, E0,5, E0 vagy más jelölés (a gyártói adatlap szerint ellenőrizendő).
- **Felhasználási terület**: bútoripari, építőipari, teherhordó, általános.

8.3.5. A fő laptípusok tulajdonságai

Az alábbi diagram a tájékoztató sűrűségtartományokat hasonlítja össze. A sűrűség befolyásolja a tömeget, a csavartartást, a marhatóságot és a szerszámkopást.



8.7. ábra. Tájékoztató sűrűségértékek faalapú lapoknál - Tájékoztató átlagértékek szakkönyvi táblázatok alapján, ellenőrizendő. A tényleges érték a gyártó, a ragasztóanyag és a nedvesség függvényében változik.

8.3.5.1. Forgácslap

A forgácslap a bútoripar legnagyobb mennyiségben használt alapanyaga. Előnye az alacsony ár, a nagy táblaméret, a jó síkbeli mérettartás. Hátránya, hogy a csavarokat rosszul tartja, éle porózus, és a csavarlyukak könnyen „kiégnek”. A **P2** bútoripari forgácslap száraz belsőtérbe való; a **P3** nedvességálló változat konyhába, fürdőszobába is beépíthető, de nem szabad tartósan folyóvíznek kitenni. A forgácslap felületét általában melaminpapírral vagy furnérral borítják; a csupasz lapot beltérben ritkán használják.

8.3.5.2. MDF, HDF és farostlemez

Az **MDF** homogén anyaga jól marható, ezért mart, profilált frontok, ajtóbetétek, íves alkatrészek alapanyaga. A fűrészelt él simább, mint a forgácslapé, de az élet itt is élzárni kell. A **HDF** sűrűbb, keményebb, vékonyabb változatban laminált padló alapja, vastagabb változatban nagyobb mechanikai igénybevételű elemek alapja lehet. A **kemény farostlemez** vékony, olcsó hátfal, fiókfenék, képkeret-hátlap anyaga.

8.3.5.3. OSB

Az **OSB** elsősorban építőipari lap, de falburkolat, térelválasztó, beépített bútor szerkezeti háttéranyag is lehet, ha a felületét borítjuk. A sík lapban a rétegek miatt jó a teherbírása. A bútoriparban elterjedtebb az OSB/3, mert jobban tűri a nedvesség-ingadozást. A nyers OSB felülete érdes, forgácsos, ezért bútorlappá csak lakkréteg vagy más bevonat után válik.

8.3.6. Bevont lapok: melamin, HPL, CPL, lakkozott és furnérozott

Definíció. Melaminbevonatú lap (a műhelygyakorlatban gyakran „laminált bútorlap”, „melaminlap”, „dekorfóliás lap”): a nyers forgácslapra vagy MDF-re, hővel és nyomással rápréselt, melamingyantával impregnált dekorpapír. A hátoldalra általában egy gyengébb kiegyenlítő papírréteg kerül, hogy a lap ne görbüljön. A felület zárt, könnyen tisztítható, de a felső papírréteg vékony, ezért bizonyos karcokra és erős kopásra érzékenyebb, mint a HPL.

Definíció. HPL (*high pressure laminate*): nagy nyomáson, nagy hőmérsékleten rétegekből préselt dekorréteg, amelyet utólag ragasztanak a hordozólapra. A HPL kemény, kopásálló, hő- és vegyszerálló, ezért konyhai munkalapok, laborszerű felületek, komoly igénybevételű bútorok borítására való. A **CPL** (*continuous pressure laminate*) folyamatos eljárással készül, vékonyabb, hajlíthatóbb, ezért görbe felületek borítására is használható.

Lakkozott lap: MDF vagy HDF alapra felhordott poliuretán (PU), UV-lakk vagy más lakkrendszer. A konyhai, fürdőszobai matt vagy magasfényű frontok nagy része ilyen. A felület színhelyes, zárt, de karcra és ütésre érzékenyebb, mint a HPL.

Furnérozott lap: a hordozólapra természetes furnért ragasztanak, így tömörfa megjelenést kapunk olcsóbb, síkban stabilabb alapon. Az ilyen lapok felületkezelését később a Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték és a Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása alfejezetek tárgyalják.

8.3.7. Formaldehid-kibocsátás és a levegőminőség

Figyelem. A hagyományos forgácslap- és MDF-gyártás egy része **formaldehid-tartalmú műgyantát** használ. A formaldehid szaga ingerli a szemet és a légutakat, magas koncentrációja egészségkárosító. Ezért a beltéri bútorokhoz csak **alacsony kibocsátású** lapot válasszunk.

A régi, ma már gyakran visszavont vagy korlátozott E2 osztályt ne használd beltérre. A jelenlegi európai piacon az **E1** osztály a legelterjedtebb, de léteznek szigorúbb jelölések is (például E0,5, E0, japán F-besorolás, CARB P2). **A pontos határértékeket és az érvényes osztályokat mindig a gyártói műszaki adatlap és az aktuális szabvány/jogszabály alapján ellenőrizd.** Az E1 osztály önmagában ma már nem mindig elég: az EU REACH-korlátozása (2023/1464/EU rendelet – ellenőrizendő a hatály és az átmeneti szabályok) szerint 2026. augusztus 6-tól a bútorként vagy faalapú termékként forgalmazott áruk formaldehid-kibocsátása legfeljebb 0,062 mg/m³ lehet (ellenőrizendő). Ez szigorúbb a hagyományos E1 határnál, ezért beltéri bútorhoz a gyártói adatlapon a REACH-megfelelőséget (gyakran „E0,5” jelölést) ellenőrizd; megfelelő szellőzés és élzárás mellett az ilyen lapok belső térben használhatók.

Szabály. A lapok vásárlásakor kérj **műszaki adatlapot** és ha építőipari célra használod, **teljesítménynyilatkozatot** is. A formaldehid-osztályt a lap típusánál, a műszaki adatlapon és a jelölésen is tüntessék fel. A tárolásnál és a feldolgozásnál gondoskodj szellőzésről, mert a frissen vágott élekből is szabadulhat fel anyag.

8.3.8. Fapor és MDF-por

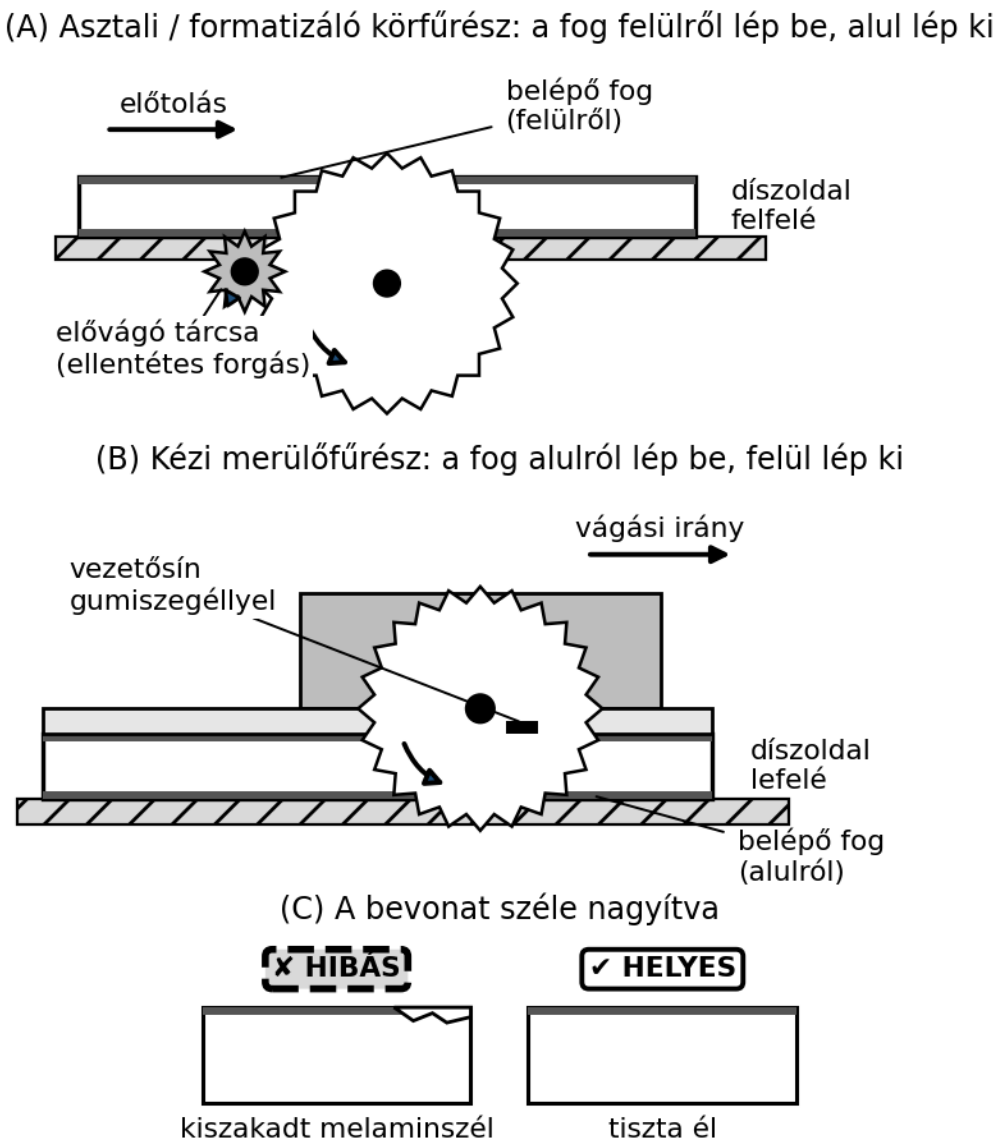
Gépbiztonság. A forgácslap és MDF vágása, marása, csiszolása porképző művelet. A **keményfa-por** mellett az **MDF-por** is finom, belélegezhető részecskéket tartalmazhat, és a műgyanta-maradék miatt is kerülendő a belégzése. Mindig kapcsold be az elszívást, és viselj a gépkönyv és a biztonsági adatlap szerinti **légzésvédőt** (jellemzően FFP2 vagy jobb, ellenőrizendő). A porexpozíció határértékeit a Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés,

fapor, vegyi anyagok alfejezet ismerteti. **Tilos** szellőzés nélkül, zárt térben, hosszú ideig poros levegőben dolgozni.

8.3.9. Megmunkálás: szerszámkopás, kitörés, elővágás, csavartartás, élzárás

A lapok megmunkálása eltér a tömör fától. A legfontosabb tudnivalók:

- **Szerszámkopás.** A műgyanta, a formaldehid-tartalmú ragasztó és a melaminbevonat erősen koptatja a fűrészlapokat, marókat, fúrókat. Használj **keményfém (HM) vagy gyémánt élű szerszámokat**, amit a gyártó a faalapú lapokhoz ajánl. A tompa szerszám nemcsak égeti a lapot, hanem növeli a kitörést és a balesetveszélyt is.
- **Kitörés.** A fűrészelésnél a felső bevonat széle gyakran kiszakad. Megelőzés: **elővágó fűrészlap** (formatizáló körfűrész), éles, megfelelő fogszámú lap, merülőfűrész vezetősínnel, a bevonat oldalán a darabot ragasztószalaggal is védheted. A helyes vágási irányt mindig úgy válaszd meg, hogy a szerszám a bevonat felől lépjen be a munkadarabba, vagy használj alsó elővágót.
- **Csavartartás.** A forgácslap közvetlenül rosszul tartja a csavart. Bútorvasalathoz használj **műanyag tiplit, eurócsavart, megerősített csavart vagy külön vasalatot**, és a furatot a gyártói ajánlás szerint készítsd. Az MDF csavartartása jobb, de a sokszor terhelt pontokon itt is tipli vagy vasalat kell.
- **Élzárás.** A fűrészelt él porózus, és a bevonat nem védi a magot. Ezért minden szabad élt **élzáróval** kell lezárni, ami véd a nedvességtől, javítja a formaldehid-kibocsátást és a megjelenést. Az élzárás típusait és gépeit a Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt és az Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás alfejezetek tárgyalják.
- **Fúrás és marás.** A 32 mm-es vasalati rendszer miatt a furathelyek osztása 32 mm, gépi fúrón sorozatfúróval készül. A marásnál ügyelj arra, hogy a melaminbevonat ne melegedjék túl, mert megég, felválik.



8.8. ábra. Kitörés bevonatos lapon: asztali (formatizáló) körfűrésznél a fog felülről lép be és alul lép ki, ezért az elővágó tárcsa az alsó bevonatot karcolja be, a díszoldal felfelé néz; kézi merülőfűrésznél a fog alulról lép be és felül lép ki, ezért a díszoldal lefelé néz, a vezetősín gumiszegélye a vágási vonalon van; alul a kiszakadt és a tiszta melaminél

A szabály röviden: a bevonat ott szakad ki, ahol a fog **kilép** az anyagból; ezért a díszoldal arra az oldalra kerüljön, ahol a fog belép.

8.3.10. Lap-adatlap olvasása

Példa. Egy gyártói műszaki adatlap egy konyhabútor-oldallaphoz így nézhet ki (a számok tájékoztatók, nem gyártói specifikáció):

Jellemző	Mit ír az adatlap	Mit nézel meg
Terméknév	Melaminbevonatú forgácslap, P2, E1, 18 mm	típus, vastagság
Táblaméret (mm)	2800 × 2070	befér-e a szabászgépre, szabásjegyzékhez
Sűrűség (kg/m³)	650	tömegszámításhoz
Nedvességtartalom (%)	6–8	feldolgozás előtti állapot
Formaldehid-osztály	E1	beltéri alkalmasság
Bevonat	melaminpapír, 120 g/m²	kopás, karcérzékenység
Felhasználás	száraz belső bútor	az adott helyre való-e

Az építőipari felhasználásnál a **CE-jelölés** és a **teljesítménynyilatkozat** tartalmazza a szabvány szerinti jellemzőket. Ne keverd a **műszaki adatlapot** a **biztonsági adatlappal**: előbbi a műszaki tulajdonságokról, utóbbi a vegyi anyagok kockázatairól szól.

8.3.11. Számítási példák: táblatömeg a sűrűségből

Számítás. A lapok mozgatásánál ismernünk kell a tömeget. A felhasználói táblázatban szereplő sűrűségből a tömeg a térfogatból számítható.

1. példa. Mennyi egy 18 mm vastag, 2800 × 2070 mm-es MDF lap tömege, ha a sűrűsége 760 kg/m³?

Adott: $v = 18\,\text{mm} = 0{,}018\,\text{m}$, $A = 2800\,\text{mm} \cdot 2070\,\text{mm} = 2{,}8\,\text{m} \cdot 2{,}07\,\text{m} = 5{,}796\,\text{m}^2$, $\rho = 760\,\text{kg/m}^3$.
Keresett: m.
Képlet: $m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot v$.
Behelyettesítés: $m = 760\,\text{kg/m}^3 \cdot 5{,}796\,\text{m}^2 \cdot 0{,}018\,\text{m} = 760 \cdot 5{,}796 \cdot 0{,}018 = 79{,}3\,\text{kg}$.
Ellenőrzés: egy 18 mm-es, 5,8 m²-es MDF tábla körülbelül 80 kg, ezért egyedül tilos emelni: két ember, lapkocsi vagy vákuumos lapemelő kell (ellenőrizendő: a munkahelyi anyagmozgatási szabályzat kézi emelési határértékei). Ezért fontos az anyagmozgatási szabályokat ismerni (Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás).

2. példa. Mennyi egy 22 mm vastag, 2800 × 2070 mm-es OSB/3 lap tömege, ha a sűrűsége 620 kg/m³?

Adott: $v = 0{,}022\,\text{m}$, $A = 2{,}8 \cdot 2{,}07 = 5{,}796\,\text{m}^2$, $\rho = 620\,\text{kg/m}^3$.
Keresett: m.
Képlet és behelyettesítés: $m = 620 \cdot 5{,}796 \cdot 0{,}022 = 79{,}1\,\text{kg}$.
Ellenőrzés: az OSB és az MDF tábla tömege gyakran 70–90 kg körüli, tehát a számítás nagyságrendje reális; ekkora tábla emelésére is a fenti szabály vonatkozik. A pontos gyártói sűrűséget mindig az adatlapon nézd meg.

8.3.12. Technológiai megjegyzések a megmunkáláshoz

Recept. Melaminbevonatú forgácslap darabolása kézi merülőfűrésszel, vezetősínnel:

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Indítás előtt: fűrészlap éles és rögzített, a lapon jelölt megengedett fordulatszám ≥ a gép fordulatszáma; visszarúgás-gátló és merülési mélység beállítva (a lap alatt kb. 2–5 mm, tájékoztató); kábel és csatlakozó ép; elszívó csatlakoztatva. A lapot teljes hosszában

támaszd alá (pl. habalátét), hogy a levágott rész ne csípje be a fűrészlapot (visszarúgás). Védőszemüveg, hallásvédő, FFP2 légzésvédő (ellenőrizendő: gépkönyv, biztonsági adatlap); kesztyű nem. Szerszámcsere és beállítás előtt húzd ki a csatlakozót.

1. Helyezd a lapot csúszásmentes, sima alátétre, a **látszó (bevonatos) oldalával lefelé**, mert a kézi fűrész fogai felül lépnek ki az anyagból (asztali és formatizáló körfűrésznél fordítva: a látszó oldal felfelé). Kétoldalt bevont lapnál a vezetősín forgácsvédő élét és/vagy elővágást használj.
2. Jelöld be a vágásvonalat, és rögzítsd a vezetősínt a hulladék oldalán.
3. Válassz faalapú lapokhoz ajánlott, éles, finom fogazású körfűrészlapot.
4. Ellenőrizd a merülőfűrész elővágó funkcióját vagy használj ragasztószalagot a bevonat védelmére.
5. Indítsd a gépet, várd meg a teljes fordulatszámot, majd egyenletes előtolással fűrészelj.
6. A vágás után ellenőrizd, hogy a bevonat széle nem tört-e ki; szükség esetén csiszold vagy élzárd.

Figyelem. Gépi megmunkálásnál mindig tartsd be a gyártó gépkönyvét. A vágószerszám megengedett fordulatszámát soha ne lépd túl. A melaminpor és a forgácslap porának elszívása kötelező.

8.3.13. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1. A konyhai mosogatósort hagyományos P2 forgácslapból készíted, és pár hónap múlva a csap környékén megduzzad, az élzáró felválik. - Ok: nem nedvességálló lapot választottál. - Helyes: konyhába, fürdőbe legalább P3 nedvességálló forgácslapot vagy nedvességálló MDF-et használj, és a csap környéki éleket szilikonnal is tömítsd.

Hiba 2. A fehér melaminlap fűrészelése után a felső él csipkézett, fehér rész hiányzik. - Ok: tompa fűrészlap, nincs elővágó, rossz vágási irány. - Helyes: élzárás előtt mindig éles, megfelelő fogazású szerszámmal dolgozz, használj elővágót vagy merülőfűrészt, és a bevonat felől vágj be.

Hiba 3. Az MDF mart fronton a fúrásnál a munkadarab alján kiszakad a furat. - Ok: tompa fúró, vagy a munkadarab alátéte nem támasztja meg a kilépésnél. - Helyes: éles fúró, megfelelő előtolás, és a furat hátsó oldalát alátéttel vagy másik lapdarabbal támaszd meg.

Hiba 4. A raktárban egymáson álló vékony farostlemezek meghullámosodnak. - Ok: nedvességfelvétel, szellőzés nélküli tárolás, vagy a lapok nem síkban fekszenek. - Helyes: faalapú lapokat vízszintesen, sík alapon, száraz, szellőző helyiségben tárold, alátéttel, a lapokat ne állítsd éles peremre. A tárolás szabályait a Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása alfejezetben részletezzük.

8.3.14. Minőségellenőrzés lapok átvételekor

Minőségellenőrzés. A lapok beérkezésekor ellenőrizd:

- **Táblaméret**: a megrendelt 2800 × 2070 vagy 3050 × 2070 mm-t nem lépi-e túl a sérülés.
- **Vastagság**: tolómérővel a tábla több pontján, tűrés a gyártói adatlap szerint (pl. ±0,3 mm, ellenőrizendő).
- **Felület**: nincs-e gyűrődés, dörzsölésnyom, porozitás a melaminpapíron.
- **Élek**: nincs-e sérült, benyomódott vagy felvált sarok.
- **Kibocsátási osztály**: megfelel-e a hatályos REACH-határnak (ellenőrizendő; E1 önmagában nem elég)?

- **Nedvességtartalom**: a lap száraz, nem hullámos (a pontos méréshez nedvességmérő, ellenőrizendő).

Ha a lap hullámos vagy sérült, ne dolgozd fel, mert a préselésnél és a szerelésnél visszajön a hiba.

8.3.15. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhely konyhabútort készít. A megrendelő mattra vágyik, de a konyha párás, a mosogató alatt gyakran kifolyik a víz. Az asztalos a korpusz oldallapjait **P3 nedvességálló, melaminbevonatú forgácslapból** választja, 18 mm vastagságban. A frontokat **nedvességálló MDF-ből**, lakkozott felülettel készíti, mert a mart profil jól kialakítható és a lakkozott MDF jól bírja a párát. A hátfalat 3 mm kemény farostlemezből teszi be, mert az nem teherhordó. A szabásnál elővágós körfűrésszel vág, minden élt élzáróval zár. A nyers vágásokat a mosogatósornál szilikonnal tömíti. A kész bútor így évekig stabil marad.

Továbbvitt eredmény. Az itt megismert lapfajtákat, táblaméreteket, jelöléseket és megmunkálási korlátokat használjuk a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben, amikor a lapanyag-méreteket beírjuk; a Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt alfejezetben, ahol a gépbeállítás és az élzárás előkészítése következik; valamint a Felületbevonások: fóliázás és laminálás alfejezetben, ahol a dekorrétegeket tárgyaljuk.

8.3.16. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy a P2 forgácslap kültéri szerkezeti célra is alkalmas? Indokold!
2. Miért jobb az MDF a mart frontokhoz, mint a hagyományos forgácslap?
3. Melyik lapot választod konyhai mosogatósor oldallapjának? Miért?
4. Mi a különbség a melaminbevonat és a HPL között?
5. Miért kell a fűrészelt éleket élzárni a melaminlapnál?
6. (Gyors számolás) Mennyi egy 8 mm vastag, 2800 × 2070 mm-es kemény farostlemez tömege, ha sűrűsége 900 kg/m³?

8.3.17. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel legalább három faalapú lapfajtát, és mindegyikhez írj egy jellegzetes felhasználást.

2. feladat (A) Mit jelent a „P3” és az „E1” jelölés egy forgácslapon?

3. feladat (B) Egy raklapnyi lapon a következő jelölés áll: „MDF 18 mm, 650 kg/m³, E1, 2800 × 2070 mm”. Hány kg egy tábla? (A számítást mértékegységgel végezd el.)

4. feladat (B) Milyen lapot használnál egy fiókos éjjeliszekrény frontjához, ha a frontot CNC-vel mart díszítéssel szeretnéd ellátni, és fehér, matt felületet szeretnél? Indokold a választást.

5. feladat (C) Egy vevő konyhai munkalapot kér, amelyik bírja a forró edényeket és az erős súrolást. Melyik bevonatot választanád: melaminbevonatú forgácslapot, HPL-t, vagy lakkozott MDF-et? Indokold, és mondd el, mi a kockázata a másik kettőnek.

6. feladat (D) Tegyük fel, hogy a műhelybe beérkezik egy 18 mm vastag, melaminbevonatú forgácslap tábla. Írd le a lépéseket, amelyekkel a lapot egy polclap méretre szabod, és a megmunkálás során milyen biztonsági és minőségi ellenőrzéseket végzel. A gépi munka lépéseinél tüntesd fel a védőberendezéseket is.

8.3.18. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A P2 száraz beltérbe való. Párás környezetben teherhordó célra P5 forgácslap vagy OSB/3 kell; időjárásnak kitett kültéri helyre egyik sem való, oda kültéri rétegelt lemez (MSZ EN 636-3), kompakt HPL vagy tömörfa kell (ellenőrizendő).
2. Az MDF homogén, apró farostokból áll, ezért jól marható, a mart felület tiszta, sima lesz. A forgácslap közepén durvább forgácsok vannak, ezért a mart profil széle szálkás, porózus lehet.
3. P3 nedvességálló forgácslapot választasz, mert a P3 jobban tűri a nedvességet, mint a P2, és a mosogatósor környezete párás, gyakran vizes. Az éleket lezárjuk.
4. A melaminbevonat vékony, hővel ráprészelt dekorpapír. A HPL nagy nyomáson készül, utólag ragasztott, vastagabb dekorréteg, amely kopás- és hőállóbb.
5. Az éleket élzárni kell, mert a fűrészelt él porózus, a mag nedvességet vesz fel, formaldehid távozhat, és esztétikailag is rossz. Az élzárás mechanikai védelmet is ad.
6. $V = 2{,}8 \cdot 2{,}07 \cdot 0{,}008 = 0{,}046\,368\,\mathrm{m}^3$; $m = 900 \cdot 0{,}046\,368 = 41{,}7\,\mathrm{kg}$. A tábla kb. 42 kg.

Feladatok megoldásai

1. Példák: Forgácslap – bútoroldal; MDF – mart front; HDF – laminált padló alap; OSB – építőipari falburkolat; kemény farostlemez – hátfal.
2. P3: nedvességálló forgácslap beltéri nedves használatra (pontos definíció a szabvány szerint). E1: alacsony formaldehid-kibocsátású osztály, beltéri használatra alkalmas (határérték ellenőrizendő).
3. $A = 2{,}8 \cdot 2{,}07 = 5{,}796\,\mathrm{m}^2$; $V = 5{,}796 \cdot 0{,}018 = 0{,}104\,328\,\mathrm{m}^3$; $m = 650 \cdot 0{,}104\,328 = 67{,}8\,\mathrm{kg}$. A tábla tömege kb. 68 kg.
4. MDF-et választasz, mert homogén, jól marható, és lakkozott felülettel matt fehér megjelenést ad. A forgácslap széle a mart díszítésnél szálkásodna.
5. HPL-t, mert a nagy nyomású dekorréteg kopás-, hő- és vegyszerállóbb, mint a vékony melaminpapír, és keményebb, mint a lakkozott MDF felülete. A melaminbevonat karcra és erős hőre érzékeny, a lakkréteg pedig ütésre, súrolásra lehet érzékeny.
6. Áttekintés: anyagátvétel (sérülés, jelölés), a gép védőburkolatainak ellenőrzése, elszívó bekapcsolása, a lap bevonatos oldallal felfelé, mérés, párhuzamvezető beállítása, elővágós fűrész használata, vágás, méretellenőrzés, élzárás. Minden lépésnél a gépkönyv szerinti védőeszköz és védőberendezés. **Gépbiztonság (betanított, felügyelt tanuló):** hasítóék beállítva (a fűrészlaptól kb. 3–8 mm-re, tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv), felső védőburkolat a lapra engedve, a fűrészlap legfeljebb kb. 10–15 mm-rel áll ki a lap fölé (tájékoztató), elszívás bekapcsolva, tolókocsi a nagy laphoz, keskeny csíkhoz tolófa; a párhuzamvezető hátsó vége ne nyúljon túl a fűrészlap első fogán. Hallásvédő, védőszemüveg, FFP2; kesztyű nem. Vészleállító elérhető; beállítás előtt áramtalanítás.

8.3.19. Rövid összefoglaló

Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok. A forgácslap olcsó, rétegezett, bútoripari lap; a P2 száraz belső, a P3 nedvességálló belső használatra való. Az MDF homogén, jól marható, a HDF sűrűbb, keményebb; a kemény farostlemez vékony hátfal. Az OSB orientált rétegekből áll, építőipari lap (az OSB/3 teherhordó célra párás környezetben is használható). A melaminbevonatú lap hővel préselt dekorpapíros forgácslap/MDF; a HPL nagy nyomású, utólag ragasztott dekorréteg, a CPL folyamatos préseléssel készül, a lakkozott lap MDF/HDF alapú. A formaldehid-kibocsátásnál az E1 osztály a legelterjedtebb, de a hatályos uniós REACH-határt (2026-tól szigorúbb, ellenőrizendő) is ellenőrizni kell. A megmunkálásnál az éles, keményfém

szerszám, az elővágó, a csavartartás javítása és az élzárás alapkövetelmény. A fapor- és MDF-porelszívás, légzésvédelem kötelező. A lap-adatlapon a vastagság, sűrűség, formaldehid-osztály és felhasználás a döntő. **Továbbvitt eredmény:** ezt a lapismeretet használjuk a szabásjegyzékben, az élzárásnál, a lapok szabásánál és a felületbevonó eljárásoknál.

8.3.20. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: szakkönyvi táblázatok a faalapú lapokról; gyártói műszaki adatlapok; szabványok (MSZ EN 312, MSZ EN 622, MSZ EN 300, MSZ EN 13986, formaldehid-mérési szabványok). **Ellenőrizendő pontok:** a P-osztályok és OSB-osztályok pontos jelölése; a formaldehid-kibocsátási osztályok jelenlegi határértékei és az E1 megfelelőségi feltételei; a táblaméretek és vastagságok a konkrét gyártónál; a sűrűség- és szerszámajánlások a gyártói adatok szerint.

8.4. Segédanyagok: műanyagok, fémek, üveg, tükör, kő és kárpitozás anyagai

8.4.1. Motiváció

Egy konyhabútor-megrendelésnél az asztalos egyszerre több segédanyagot választ: a korpuszbútor élére PVC vagy ABS **élzárót**, a munkalaphoz **kompozit vagy műkő lapot**, a felső szekrény ajtajába **üveget vagy tükröt**, a fiókhoz **fémfutó vasalatot**, az étkezőszékhez pedig **habot, hevedert és kárpitszövetet**. Ha rossz anyagot választ, az nemcsak esztétikai hiba lesz: például a nem biztonsági üveg balesetet okozhat, a nem ütésálló élzáró hamar letöredezik, a nem megfelelő hab elveszíti a tartását. A segédanyagok tehát éppúgy a szakmai tudás részei, mint a faanyag vagy a ragasztó.

8.4.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy konyhabútort a szerelés előtt: a forgácslap alkatrészek szélein műanyag élzáró fut, az egyik ajtó üvegbetétes, a munkalap lapanyaga kompozit kő, a fiókok fém oldalsínen mozognak, a székek pedig kárpitozott anyagból készülnek. Minden elem egy-egy segédanyagcsoport, és mindegyiknek más a szerepe, a feldolgozása és az ellenőrzése.

8.4.3. Definíció és a segédanyagok csoportosítása

Definíció. Segédanyagnak nevezzük a faalapú termék gyártásában, szerelésében vagy felületképzésében használt, nem elsődlegesen fa alapanyagú anyagokat, amelyek a termék működését, megjelenését, tartósságát vagy biztonságát egészítik ki. Ide tartoznak a műanyagok, fémek, üvegek, tükrök, kő és kőpótló anyagok, valamint a kárpitozás anyagai.

A segédanyagokat a bútorban és az épületasztalos-iparban mindig a **funkció**, a **terhelés**, a **nedvesség- és hőhatás**, valamint a **biztonsági követelmény** alapján választjuk ki. Nem elég színben vagy méretben illeszkedniük: az anyagjellemzőknek is illeszkedniük kell a használati körülményekhez.

8.4.4. Műanyagok a bútoriparban

A műanyagokból készült segédanyagok közül a leggyakoribbak az **élzárók**, a **dekor- és védőfóliák**, az **akril- és polikarbonát lapok**, valamint a **melamingyanta felületkezelő rétegek**.

ABS (akrilnitril-butadién-sztirol): ütésálló, jól ragasztható, melegalakítható élzáró anyag. A bútorlapok éleinek védelmére és dekorálására használjuk. Vastagsága jellemzően 0,4–3 mm, felülete lehet sima, prémium, vagy akár fémhatású. **Megmunkálás:** ollóval vágható, de gépi éllezárásnál ragasztóval (olvadékragasztóval) kerül fel. **Hátránya:** oldószerre érzékeny lehet (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

PVC (polivinil-klorid): olcsóbb, lágyítható élzáró, de ridegebb, mint az ABS, és hő hatására káros anyagokat bocsáthat ki, ha égetik. Bútorokon ma már kevésbé ajánlott, főleg beltérben, mert az ABS tartósabb; kültéren a megfelelő típusú PVC jobban ellenáll a nedvességnek. **Figyelem:** PVC-t ne égessünk el, a füstje korrozív és egészségre ártalmas (ellenőrizendő: kémiai biztonsági adatlap).

PP (polipropilén): hajlékony, vegyszerálló, de nehezen ragasztható. Elsősorban csomagolóanyagként, tokokban, zsanérokban vagy rejtett műanyag alkatrészekben találkozik vele az asztalos; élzáróból ritka, mert a ragaszthatósága gyenge.

Akril (PMMA, plexiüveg): átlátszó, fényes, jó fényáteresztő műanyag lap. Bútorajtó betétként, világító dobozként, dekoratív térelválasztóként használjuk. **Megmunkálás:** vágható, fúrható, polírozható; hajlításhoz melegíthető. Sokkal puhább, mint az üveg, ezért karcolódik; tisztítása nedves, puha törlővel történjen, mert a száraz törlés feltölti elektrosztatikusan és karcolja.

Polikarbonát (PC): nagyon ütésálló, szinte törhetetlen átlátszó műanyag. Közösségi terekben, kültéri burkolatoknál, védőüvegezésnél használják. Drágább, mint az akril, de nagyobb mechanikai igénybevételre való.

Melamin: műgyanta-alapú felület, amely leggyakrabban **melaminbevonatú forgácslap** vagy **MDF** formájában jelenik meg. Itt a segédanyag maga a gyanta és a dekor papír, amely a lap felületét adja. Nem önálló lemez, hanem bevonat; tulajdonságait a Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok alfejezetben már tárgyaltuk.

8.4.5. Fémek és fémprofilok

Az asztalos munkában leggyakrabban **acél**, **alumínium** és **sárgaréz** segédanyagokkal találkozunk.

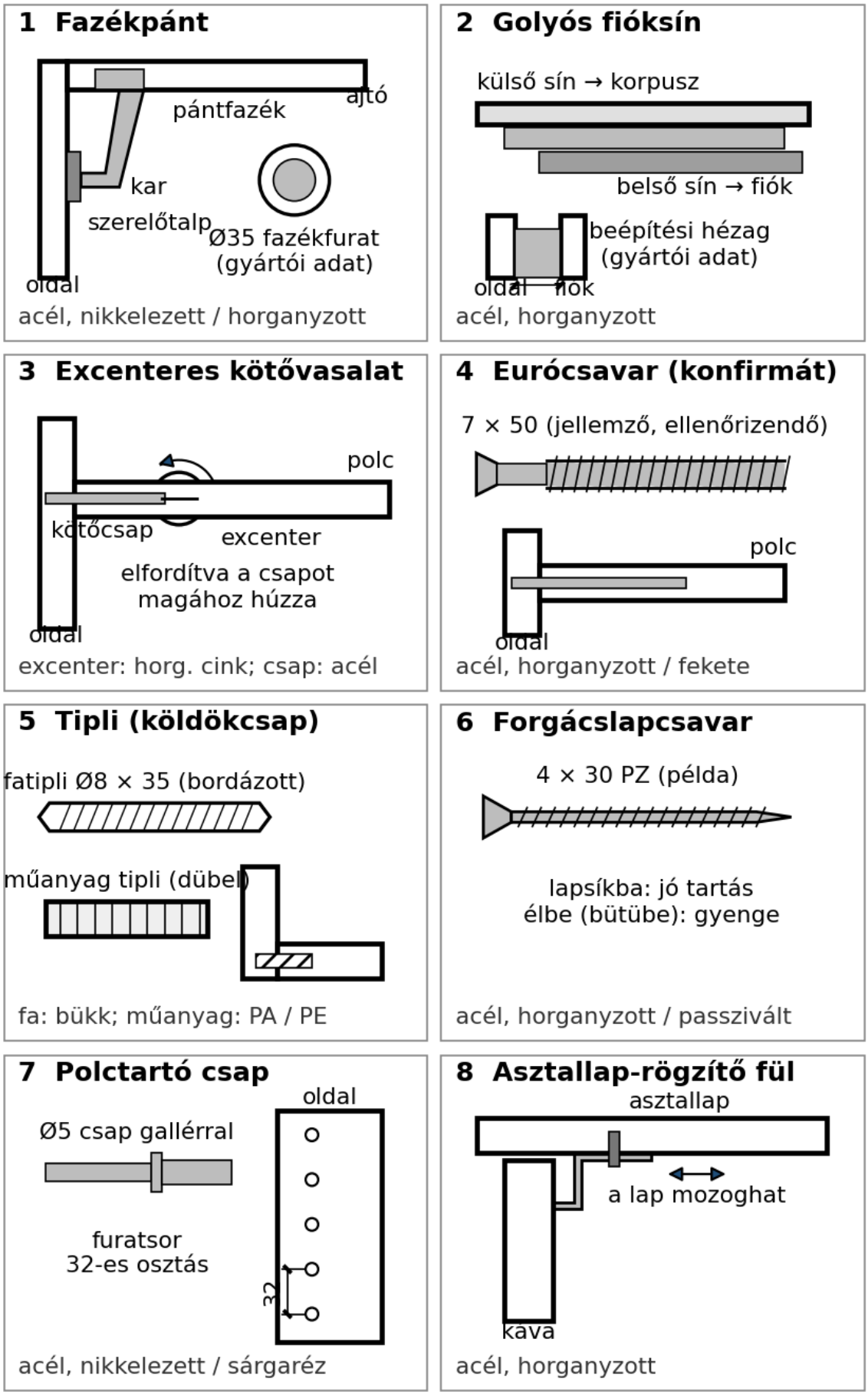
Acél: vasalatokhoz, csavarokhoz, fióksínekhez, zsanérokhoz, asztallábakhoz, fogantyúkhoz használják. Fontos a **korrózióvédelem**: a festett, porszórt vagy horganyzott (cinkbevonatú) felület kültéren és párás helyiségben kötelező; a csupasz acél rozsdásodik. A **rozsdamentes acél** (általában saválló, rozsdamentes acél) beltérben és kültéren is tartós, de drágább.

Alumínium: könnyű, nem rozsdásodik (de oxidálódik, ami felületi védőréteget képez). Ajtók, ablakok profiljaihoz, bútorfogantyúkhoz, élvédő profilokhoz, szekrényvilágítás-sínekhez használják. Az alumínium felülete eloxálható (színezett, kemény oxidréteg), porszórt vagy fóliázott lehet.

Sárgaréz: réz-cink ötvözet, dekoratív, jól polírozható. Régi bútorok vasalatai, fogantyúk, díszelemek készülnek belőle. Hátránya, hogy levegőn patinásodik – ezt kellő felületi lakkal lehet megőrizni.

Fémprofilok kiválasztása: mindig a terhelés (például fiókteher, ajtóméret) és a beépítési környezet (pára, kültér, vegyszer) határozza meg. A gyártó katalógusa megadja a profil anyagát, felületi bevonatát, maximális terhelhetőségét és méretpontosságát. Az asztalos ezekből dolgozik, ezért a pontos adatokat a termék műszaki adatlapjáról kell vennie (ellenőrizendő: gyártói katalógus).

A leggyakoribb acél bútorvasalatokat és kötőelemeket az ábra mutatja, mindegyiket egy kis beépítési vázlattal. A furat- és beépítési méretek (például a fazékfurat átmérője, a fióksín beépítési hézaga) gyártói adatok.



8.9. ábra. Bútorvasalatok és kötőelemek: 1 fazékpánt, 2 golyós teleszkópos fióksín, 3 excenteres kötővasalat, 4 eurócsavar (konfirmát), 5 fa- és műanyag tipli, 6 forgácslapcsavar, 7 polctartó csap, 8 asztallap-rögzítő fém fül (sematikus, nem méretarányos)

8.4.6. Üvegek és tükrök

A bútorokban és épületasztalos-ipari termékekben az üveg **esztétikai és biztonsági** szerepet is betölt. Az alap **float üveg** sima, átlátszó, törékeny; ezt a bútoriparban önmagában csak olyan helyre építjük be, ahol nem érheti ütés, és ahol a törés nem okoz sérülést.

Edzett üveg (biztonsági üveg): termikusan edzett üveg, amely töréskor apró, kevésbé éles darabokra esik. A bútorüvegezésnél **biztonsági követelmény**, ha az üveg síkja függőlegestől eltérő, ha ütés érheti, vagy ha nagy felületű (például üvegasztal-lap, üvegajtó betét). Az edzett üveg nem vágható utólag, ezért a vágást, élcsiszolást és furatokat edzés **előtt** kell elvégezni.

Ragasztott biztonsági üveg (rétegelt üveg): két vagy több üvegréteget fóliával laminálnak. Töréskor a darabok a fólián maradnak, ezért balesetvédelmi szempontból kedvező. Használják üvegtetőkhöz, korlátokhoz, bejárati ajtók üvegéhez.

Hőszigetelő üveg (többrétegű üvegezés): két vagy három üvegtábla közötti, lezárt gázrés biztosítja a hőszigetelést. Az épületasztalos-iparban ablakokba kerül; a rétegrendet és a gáztöltést (levegő, argon) az energiatanúsítványhoz igazodva adják meg (ellenőrizendő: az adott ablakra vonatkozó hőátbocsátási tényező követelmény).

Bútorüveg-élmegmunkálás: a vágott üveglap éleit először **le kell csiszolni, tompítani vagy polírozni**, hogy ne vágjanak. A bútoripari üvegeknél a vágási méretet a beépítési hézaghoz kell igazítani; a szabványos előírás szerint az üvegnek a horonyban vagy keretben nem szabad feszülnie. Ha az üveg edzett, akkor a méretvétel után már nem lehet rajta változtatni, ezért a beépítési méretet pontosan kell felmérni.

Tükör: az üveg hátoldalán ezüst- vagy alumíniumbevonat található, amelyet védőréteg fed. A tükröt mindig úgy kell beépíteni, hogy a bevonat ne érintkezzen nedvességgel, ragasztóval közvetlenül; a tükröt ragasztáshoz semleges, tükörhöz alkalmas (tükörragasztó) ragasztóval rögzítjük, mert az oldószerek károsíthatják a bevonatot. A tükör vágása, szabása után a hátoldal szélét védeni kell a bevonat leválásától.

Szabvány. Az üvegtermékekre Magyarországon az európai szabványok vonatkoznak; a biztonsági üvegezést (edzett, ragasztott biztonsági üveg) az MSZ EN 12150 és a kapcsolódó termékszabványok írják le (ellenőrizendő: a pontos szabványszám és a hatályos kiadás). A bútorüvegek beépítési követelményei a bútorszabványokban és a gyártói műszaki előírásokban jelennek meg; az épületüvegezésnél a hőszigetelő üvegre vonatkozó teljesítménynyilatkozat és CE-jelölés szükséges.

8.4.7. Márvány, műkő és kompozit munkalapok

A konyhai és fürdőszobai munkalapok gyakran nem fából, hanem kőből vagy kőpótló anyagból készülnek.

Márvány: természetes kő, elegáns, de érzékeny a savakra (citrom, ecet) és karcolódásra. A valódi márvány munkalapok ápolást igényelnek, és a beszerzésük drága. Az asztalos a beépítésnél a márványt általában kész méretben kapja; a helyszíni vágás, furatkészítés speciális szerszámot igényel.

Műkő: gyantakötésű, ásványi töltőanyagokból (például kvarc, márványőrlemény) készült kompozit anyag. A **kvarc kompozit munkalap** kemény, sűrű, viszonylag ellenállóbb a savakkal és karcolásokkal szemben, mint a márvány, de a gyanta miatt nem hőálló: forró edényt ne tegyünk rá közvetlenül. A műkő megmunkálható vágással, furattal, élmarással; a pora veszélyes (lásd a Figyelem. dobozt).

Figyelem. A kvarckompozit (műkő) pora kristályos szilícium-dioxidot (kvarcot) tartalmaz: szilikózist (gyógyíthatatlan tüdőbetegséget) és tüdőrákot okozhat; a kristályos szilícium-dioxid pora rákkeltőként szabályozott (ellenőrizendő: a hazai határérték és az uniós rákkeltő-irányelv átültetése). Asztalosműhelyben ne vágd, ne csiszold szárazon; a kivágásokat és az élmegmunkálást a kőfeldolgozó vagy a gyártó készítse, vízhűtéses szerszámmal. Ha kis megmunkálás elkerülhetetlen: nedves eljárás, elszívás, legalább FFP3 légzésvédő; száraz söprés és sűrített levegős tisztítás tilos (ellenőrizendő: biztonsági adatlap, munkavédelmi előírás).

Kompozit munkalap: gyakran forgácslap vagy MDF magra laminált nagy nyomású dekorréteg (HPL) vagy kőhatású bevonat. Ez nem valódi kő, hanem műgyanta alapú felület. A nedvességnek ellenálló változatok konyhába valók; az élzárást és a kivágásokat pontosan kell tömíteni.

A munkalap kiválasztásakor a vevővel egyeztetni kell a **hőállóságot, karcállóságot, foltállóságot** és a **karbantartást**. A gyártói adatlap megadja, hogy a felület milyen vegyszereknek áll ellen, és milyen tisztítószert szabad használni.

8.4.8. Kárpitozás anyagai

A kárpitozott bútorok (szék, fotel, ágybetét) több rétegből épülnek fel. Az asztalosnak nem kell kárpitos szakmát tanulnia, de ismernie kell az anyagokat, hogy a kárpitossal együtt dolgozzon, és a vázat a kárpitozásnak megfelelően alakítsa ki.

Rugók: a tradicionális ülőfelület **acélrugóból** készül, amelyet hevederekre erősítenek. A modern bútorokban gyakran **hullámrugó** (síkrugó) adja a rugózást; a kárpitozott ágybetéteknél **zsákrugó** rendszerű. A rugók anyaga, átmérője és darabszáma befolyásolja az üléskomfortot.

Hevederek: szövött, rugalmas vagy merev hevederek tartják a rugókat és a töltőanyagot. A természetes jutaheveder hagyományos, a szintetikus (polipropilén, gumi) heveder tartósabb és nedvességnek ellenállóbb.

Habok: a leggyakoribb a **poliuretán hab** (PU-hab). Különböző sűrűségű (kg/m³) és keménységű (nyomóerő, kPa) fajtái vannak. Az ülőfelületnél nagyobb sűrűségű, tartós habot kell választani, a háttámlánál puhábbat. A **hideghab** (HR-hab, nagy rugalmasságú) jobb a nagy terhelésű ülőfelületekhez, mint a hagyományos, nyílt cellás PU-hab (ellenőrizendő: gyártói adatlap). A PU habot elektromos habvágó késsel vagy szalagkéssel szabjuk. Hővel (forró huzallal) ne vágd: hevítéskor mérgező gázok keletkezhetnek (ellenőrizendő: biztonsági adatlap).

Kárpitszövetek: a felületet adó textília lehet természetes (pamut, len, gyapjú), szintetikus (poliészter, poliamid, akril) vagy kevert. A kárpitszöveteknél fontos a **kopásállóság** (Martindale-ciklusszám, jelölve: szabvány szerint), a **fényállóság**, a **gyúlékonyság** és a **tisztíthatóság**. A szín szériaszáma a gyártói tételre utal, ezért egy modellhez azonos tételből kell rendelni.

Továbbvitt eredmény. A kárpitozott ülő- és fekvőbútorok anyagait és a váz kialakítását a Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai alfejezetben használjuk; az üvegek és tükrök beépítését pedig az Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók alfejezetben folytatjuk.

8.4.9. Kiválasztás, mérés és nyilvántartás

A segédanyagok beszerzésénél és raktározásánál ugyanaz a szabály, mint a faanyagoknál: a rajzból jegyzék, a jegyzékből rendelés készül.

Mérés: a segédanyagokat az alkatrészrajz vagy a szerelési rajz alapján kell felmérni. Az élzárót **folyóméterben (fm)** igényeljük; a lemezszerű anyagokat (akril, polikarbonát, üveg, tükör, hab) **m²-ben**; a profilokat, csőanyagokat **fm-ben**; a vasalatokat **darabban**.

Nyilvántartás: a beérkezett segédanyaghoz rögzíteni kell a gyártói tételszámot, a színkódot, a mennyiséget és a bevételezés dátumát. A színazonos anyagoknál (élzáró, kárpitszövet, fémprofil) a tételszám egyben a színazonosság garanciája. A garanciális munkáknál ez elengedhetetlen.

8.4.10. Számítási példa

Példa. Egy konyhaszekrény alkatrészeinek éleit kell lezárni ABS élzáróval. A következő alkatrészlapok élhosszai:

Alkatrész	Darabszám	Kerület (m)
Oldallap	2	2,4
Fenéklap	1	1,8
Ajtó	2	1,6

Az összes élhossz:

- Oldallapok: $2 \times 2{,}4$ m $= 4{,}8$ m
- Fenéklap: 1,8 m
- Ajtók: $2 \times 1{,}6$ m $= 3{,}2$ m
- Összesen: 9,8 m

A ragasztás és az illesztés miatt 5% ráhagyást számolunk: $9{,}8 \text{ m} \times 1{,}05 = 10{,}29$ m, azaz rendelünk **10,3 fm** élzárót. (Ez a számítás a műhelyi anyagigényléshez elég; a pontos anyagnormát az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alfejezetben tanuljuk.)

8.4.11. Minőségellenőrzés

A beérkező segédanyagot mindig ellenőrizni kell a felhasználás előtt:

- **Méretek:** az élzáró szélessége és vastagsága, az üveg mérete, a fémprofil hossza megfelel-e a megrendeltnek.
- **Szín és minta:** a színkód a tételszámhoz tartozik; a felületi mintázat (faerezet, kőhatás) folytonos, sérülésmentes.
- **Felület:** nincs karcolás, horpadás, gyűrődés, elszíneződés.
- **Szabványosság:** a terméken ott a CE-jelölés (üveg, fémprofil) vagy a gyártói megfelelőségi nyilatkozat.
- **Csomagolás:** a tárolás közben nedvesség, hő vagy mechanikai sérülés érte-e az anyagot.

Eltérés esetén a szállítót értesíteni kell, az anyagot le kell emelni, és csak akkor szabad felhasználni, ha a hiba okát kivizsgálták.

8.4.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Nem biztonsági üveg beépítése.** A bútor függőleges üvegajtajába hagyományos float üveget választanak, mert olcsóbb. Ok: a biztonsági követelmény figyelmen kívül hagyása. Helyes gyakorlat: minden ütésnek kitett vagy nagy felületű üvegnél edzett vagy ragasztott biztonsági üveget kell előírni.

2. **Rossz élzáró-ragasztó.** PVC élzáróhoz olyan olvadékragasztó, amely az ABS-hez való, vagy fordítva. Ok: a ragasztó és az élzáró anyagpárosításának figyelmen kívül hagyása. Helyes: mindig a ragasztógyártó adatlapja szerint válasszunk.
3. **Környezeti hatás figyelmen kívül hagyása.** Kültéri bútorhoz beltéri acélvasalat kerül, amely rozsdásodik. Ok: a korrózióvédelmi osztály figyelmen kívül hagyása. Helyes: kültérre galvanizált vagy rozsdamentes kivitel.
4. **Hab sűrűségének téves megválasztása.** Ülőbútorba alacsony sűrűségű, puha dekóhabot választanak, ami pár hét alatt összeesik. Ok: a terhelés és a tartósság alábecsülése. Helyes: ülőfelületbe nagyobb sűrűségű, nagy rugalmasságú habot választani.

8.4.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy bútorasztalos műhelybe reklamáció érkezik: a vásárló konyhabútorának üvegajtó betétje eltört, amikor egy lábas véletlenül nekiütődött, és a szilánkok megvágták a kezét. A vizsgálat során kiderül, hogy a beépített üveg **float üveg** volt, nem edzett. Az asztalos a rajzon nem tüntette fel a biztonsági üvegezés követelményét, és a megrendelőt sem tájékoztatta. A hiba kijavítása: a betétet edzett üvegre cserélték, a pótlási rajzon pedig már „biztonsági üveg (edzett)” megjelölés szerepelt. A tanulság: a segédanyag kiválasztásakor a biztonsági követelményeket a rajzon és a megrendelésben is rögzíteni kell, mert a baleset költsége és felelőssége a gyártót terheli.

8.4.14. Önellenőrzés

1. Melyik műanyag élzáró ütésállóbb: az ABS vagy a PVC?
2. Miért nem lehet az edzett üveget utólag vágni?
3. Milyen habot választanál egy étkezőszék ülőfelületébe: alacsony vagy nagy sűrűségűt?
4. Miért kell a tükröt semleges ragasztóval rögzíteni?
5. Melyik anyag nem valódi kő: a márvány, a kvarc kompozit vagy a gránit?

Válaszok:

1. Az ABS ütésállóbb, mint a PVC.
2. Az edzett üveg felületi feszültsége a vágáskor feloldódik, és az üveg darabokra esik.
3. Nagy sűrűségű, tartós habot.
4. Az oldószeres ragasztók károsíthatják a tükör hátoldali bevonatát.
5. A kvarc kompozit (műkő) nem valódi kő, hanem gyantakötésű kompozit.

8.4.15. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a bútoriparban használt három leggyakoribb műanyag élzárót, és írd le, melyiket miért választanád.

2. feladat (A). Mi a különbség az edzett és a ragasztott biztonsági üveg között törésnél? Egy üvegasztal-laphoz melyiket választanád, és miért?

3. feladat (B). Egy ajtókeret látható üvegnyílása (fényméret) 400 mm × 600 mm, a horony mélysége minden oldalon 10 mm. Mekkora legyen a beépítendő üveg mérete, ha a horony alján minden oldalon 2 mm hézagot hagyunk? (A méretet mm-ben add meg.)

4. feladat (B). Egy forgácslap alkatrész éleihez ABS élzáró kell. Az alkatrész méretei: 720 mm × 540 mm × 18 mm. A négy él mindegyikére ragasztunk élzárót. Mennyi élzáró szükséges méterben, ha 100 mm ráhagyást tervezünk?

5. feladat (C). Egy kávézóba kültéri asztalokat készítesz. Az asztallap laminált forgácslap, az élei ABS élzáróval záródnak. A lábak acélból készülnek. Milyen korrózióvédelmet választanál az acéllábakra, és milyen élzárót választanál, ha az üzemeltető a tisztíthatóságot és az időjárásállóságot kéri? Indokold.

6. feladat (D). Tervezz meg egy egyszerű kárpitozott puffot. A fa váza 400 mm × 400 mm × 300 mm méretű, tetejére hab kerül, majd kárpitszövetet húznak rá. Számítsd ki, mennyi habra van szükség, ha a hab vastagsága 50 mm, és a felületet 10 mm ráhagyással kell szabni minden oldalon. Mennyi kárpitszövet kell, ha a puff teteje 400 × 400 mm, az oldala 400 mm × 300 mm, és a szövetet minden oldalon 30 mm ráhagyással kell szabni? (A varratokat figyelmen kívül hagyjuk.)

8.4.16. Megoldások

1. feladat. ABS: ütésálló, melegalakítható, bútorélzárónak kiváló; PVC: olcsó, de ridegebb, beltérben kevésbé ajánlott; PP: nehezen ragasztható, élzáróból ritka. Választás: bútorlap élére mindennapi használatba ABS-t választok, mert tartósabb és jobban tűri az ütést.

2. feladat. Az edzett üveg apró, életlenebb darabokra esik; a ragasztott biztonsági üveg töréskor a fólián marad. Üvegasztal-laphoz ragasztott biztonsági üveget választanék, mert ha eltörik, a darabok nem hullanak, így kisebb a sérülésveszély.

3. feladat. A horony mélysége 10 mm. Az üveg minden oldalon $10 - 2 = 8$ mm-rel nyúlik be. A szükséges üvegméret: - Szélesség: 400 mm + 2 × 8 mm = 416 mm - Magasság: 600 mm + 2 × 8 mm = 616 mm

4. feladat. Az alkatrész kerülete: 2 × (720 mm + 540 mm) = 2 × 1260 mm = 2520 mm = 2,52 m. Ráhagyás 100 mm = 0,1 m. Összes élzáró: 2,52 m + 0,1 m = 2,62 m.

5. feladat. Kültéri acéllábakra **melegen horganyzott** vagy **rozsdamentes acél** bevonatot választanék, mert ezek ellenállnak a nedvességnek és nem korrodálnak. A laminált forgácslap kültéri asztallapnak nem alkalmas: a nedvesség a fugákon és a csavarlyukakon át bejut, a mag megduzzad és szétesik, bármilyen élzáróval (a forgácslap egyik P-osztálya sem kültéri). Helyette kültéri kompakt HPL lapot (tömör él, élzárás nélkül) vagy kültéri kezelésű tömörfát választanék; ezekre az élzáró-kérdés nem vonatkozik. Az acélláb-rész marad: melegen horganyzott vagy rozsdamentes acél (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

6. feladat. Hab: a felül lévő hab mérete alul 420 mm × 420 mm (mert 10 mm ráhagyás mindkét irányban). A hab vastagsága 50 mm, tehát a térfogat nem szükséges, csak a felület. A hablapból kell egy 420 mm × 420 mm-es darab. (A gyakorlatban a habot táblában veszik, itt a szükséges minimális felület: 0,42 m × 0,42 m = 0,1764 m².)

Kárpitszövet: a puff teteje 400 × 400 mm, az oldala 400 mm × 300 mm; a szövetet minden oldalon 30 mm ráhagyással kell szabni. Tető: $(400 + 2 \cdot 30) \times (400 + 2 \cdot 30) = 460 \times 460\,\text{mm} = 0{,}2116\,\text{m}^2$. Oldalsáv: hossza a kerület $4 \cdot 400 = 1600\,\text{mm} + 2 \cdot 30\,\text{mm}$ toldási ráhagyás $= 1660\,\text{mm}$; magassága $300 + 2 \cdot 30 = 360\,\text{mm}$; területe $1{,}66 \cdot 0{,}36 = 0{,}5976\,\text{m}^2$. Összesen $0{,}2116 + 0{,}5976 = 0{,}8092\,\text{m}^2 \approx 0{,}81\,\text{m}^2$. A feladat szerint a varratokat figyelmen kívül hagytuk; a gyakorlatban a kárpitos ennél nagyobb darabot szab.

8.4.17. Rövid összefoglaló

A segédanyagok a faalapú termékek működését, biztonságát és esztétikáját egészítik ki. A műanyagok közül az ABS és a PVC az élzárók leggyakoribb anyagai; az ABS ütésállóbb, a PVC nedvességnek jobban ellenáll, de égéskor káros gázokat fejleszt. Az akril és a polikarbonát átlátszó lapokként váltják ki az üveget, ahol kisebb tömeg és nagyobb törésállóság szükséges. A fémek közül az acél, az alumínium és a sárgaréz jellemző; a fémprofilok és vasalatok kiválasztásánál a felületi korrózióvédelem és a terhelhetőség az elsődleges. Az üvegeknél megkülönböztetünk float, edzett és ragasztott biztonsági üveget; a bútorüvegezésnél a biztonsági követelmények miatt gyakran edzett üveg szükséges. A tükrök hátoldali bevonata érzékeny, csak semleges ragasztóval szabad rögzíteni. A munkalapoknál a márvány, műkő és kompozit lapok közül a használati terhelés és a karbantartás dönt. A kárpitozott bútoroknál a váz, a rugók, a hevederek, a habok és a kárpitszövet rétegrendje adja a kényelmet és a tartósságot; a habok sűrűsége és a szövet kopásállósága meghatározó. A segédanyagokat méret, szín, tételazonosító és szabványosság szerint kell bevételezni és nyilvántartani. **Továbbvitt eredmény:** a kárpitozott bútor anyagait a Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai alfejezetben, az üvegbeépítést az Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók alfejezetben használjuk.

8.4.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) kiadványai: üveg termékszabványok (MSZ EN 12150 edzett üveg, ragasztott üveg szabvány – ellenőrizendő a pontos szám).
- A bútoripari segédanyagok gyártói műszaki adatlapjai és biztonsági adatlapjai (élzáró, ragasztó, hab, kárpitszövet, fémprofil).
- Kémiai biztonsági adatlapok (PVC, akril, polikarbonát, ragasztók, műkő por).
- Építési termékekre vonatkozó CE-jelölési követelmények (üveg, fémprofil – ellenőrizendő: a pontos rendelet és harmonizált szabvány).
- A faipari segédanyagok tárolására és anyagmozgatására a Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció és az Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás alfejezetekben leírt előírások irányadók.
- A kárpitszövetek gyúlékonysági követelményei (ellenőrizendő: az adott termékkörre vonatkozó szabvány).

III. RÉSZ – Faipari szakrajz és műszaki dokumentáció

9 A faipari szakrajz alapjai

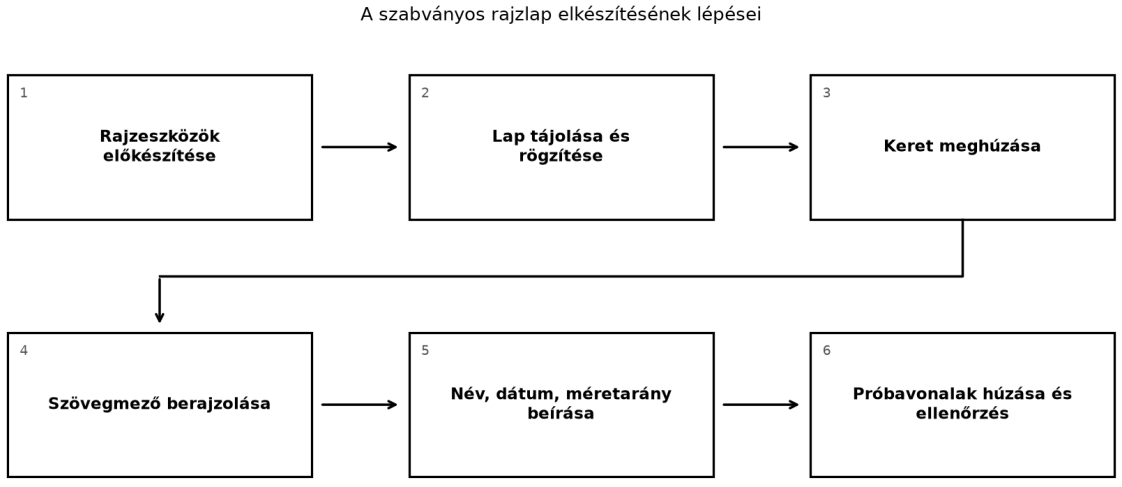
9.1. Rajzeszközök, rajzfajták, szabványos vonalak és betűk

9.1.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben a megrendelő egy beépített szekrényt kér. A tanuló felméri a helyszínt, és ceruzával vázlatot készít. A műhelyben a kolléga ebből a vázlatból akarja kivágni a bútorlapot, de nem tudja, melyik vonal látható él, melyik takart él, és hol vannak a tengelyek. A bizonytalan rajz miatt rossz helyre fúr, a lap selejt lesz, és a vevő vár. A hiba oka nem a méretben van, hanem abban, hogy a rajz nem a **szabványos vonalakkal** készült. A faipari szakrajz ezért nem „szép rajzolás”, hanem a műhely közös nyelve: ha mindenki ugyanazt a vonalfajtát, rajzlapot és feliratot használja, a rajz egyértelmű utasítássá válik.

9.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy egyszerű fa polcot, amelynek elölnézetét rajzoljuk meg. A polc oldallapjának látható körvonala **folytonos vastag vonal**. A hátlap mögötti csavar helyét, amely elölről nem látható, **szaggatott vonal** jelzi. A polc közepén húzódó furat tengelye **pontvonal**. Ha ezt a három vonalat felcseréljük, a munkatárs félreérti a rajzot, és mást gyárt. A következő ábra a gyakorló rajzlap készítésének lépéseit mutatja, amelyet ebben az alfejezetben tanulsz meg.



9.1. ábra. A szabványos rajzlap elkészítésének lépései - Szemléltető folyamat, nem helyettesíti a szabványt. A lépések pontos leírása a Gyakorló rajzlap lépésenként című részben.

9.1.3. A faipari szakrajz alapfogalmai és szerepe

Definíció. A **faipari szakrajz** olyan műszaki rajz, amely egy faipari terméket, alkatrészt vagy szerkezetet méretekkel, anyagjelölésekkel és szabványos ábrázolási jelekkel úgy mutat be, hogy abból a termék egyértelműen legyártható, összeállítható vagy ellenőrizhető.

A szakrajz szerepe a gyártásban:

- **Közös nyelv:** a tervező, az asztalos, a gépmunkás és az ellenőr ugyanazt a jelet ugyanúgy érti.
- **Dokumentáció:** a rajz rögzíti a megállapodott méreteket, anyagokat, kötéseket.
- **Minőség:** a rajz alapján ellenőrizhető, hogy az elkészült darab megfelel-e a tervnek.
- **Gazdaságosság:** jó rajz alapján kevesebb a félreértésből adódó hibás darab.

A szakrajzot mindig szabványos előírások szerint készítjük. A legfontosabb szabványcsaládok: az ISO 128 (műszaki rajzok általános alapelvei), az ISO 5457 (rajzlapméretek és elrendezés), valamint az ISO 3098 (szabványírás). A pontos magyar jelölés **MSZ EN ISO 128**, **MSZ EN ISO 5457**, illetve **MSZ EN ISO 3098** lehet; a számokat mindig **ellenőrizendő** a hatályos szabványjegyzékben.

9.1.4. Rajzok fajtái röviden

A faiparban többféle rajzot használunk. Ebben az alfejezetben csak röviden, később a A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz alfejezetben részletesen foglalkozunk velük.

Rajzfajta	Mit mutat meg?	Mikor használjuk?
Formaterv	A termék megjelenését, arányait, hangulatát	Megrendelői egyeztetés, ajánlat
Alkatrészrajz	Egyetlen alkatrészt méretekkel, anyaggal	Gyártás, szabásjegyzék
Összeállítási rajz	Az alkatrészek egymáshoz illesztését	Szerelés, kötések
Műhelyrajz	Részletes, a műhelyben gyártáshoz elég információ	Gyártás
Csomóponti rajz	Egy szerkezeti részletet nagyítva	Kötés, vasalat, élzárás
Vázlatrajz	Gyors, kézi, nem feltétlenül méretarányos, de arányos	Helyszíni felmérés, ötlet

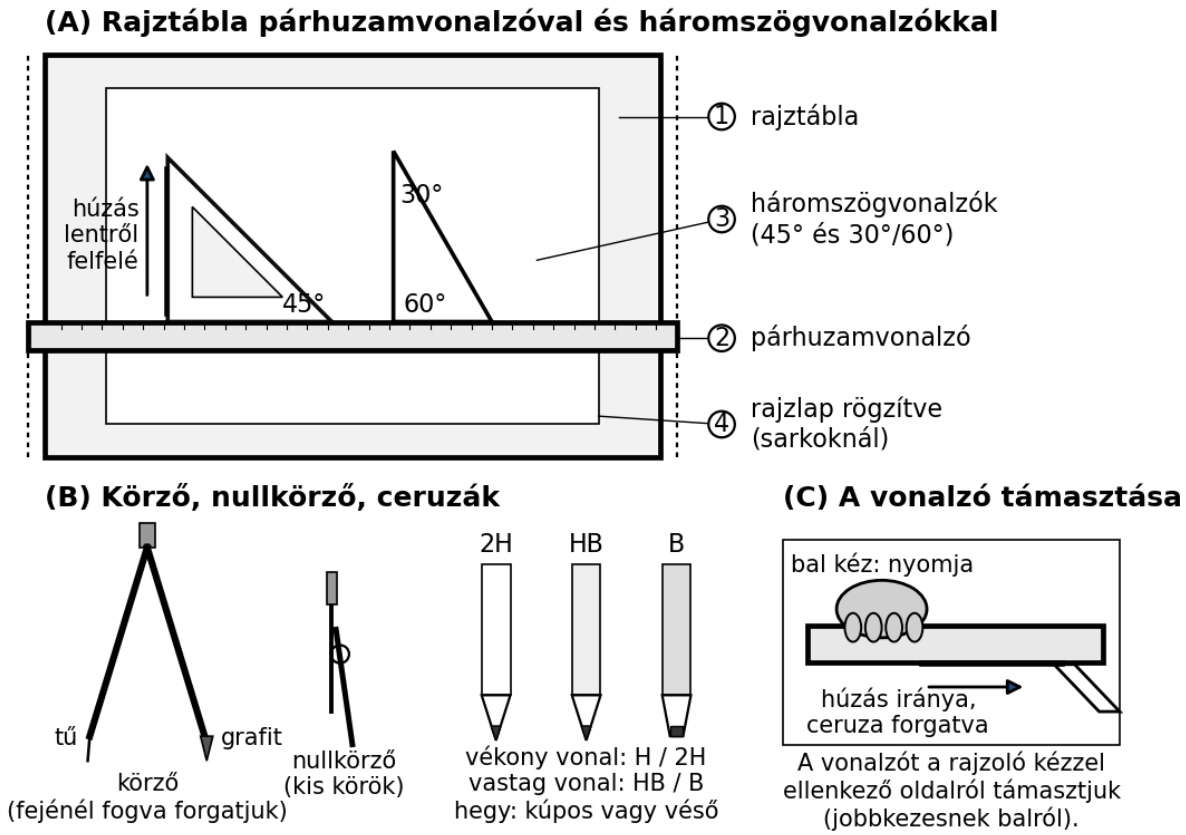
A szakrajz alapjait mindegyik rajzfajta használja, ezért először a rajzeszközöket, a rajzlapot, a vonalakat és a feliratokat tanuljuk meg.

9.1.5. Rajzeszközök és használatuk

A hagyományos kézi rajzoláshoz az alábbi eszközökre van szükség. A gyakorlatban egyre több a számítógéppel készített (CAD) rajz, de a kézi rajzolás alapjai a szakmai gondolkodást és a rajzolvasást is fejlesztik.

- **Rajztábla:** sima, sík, enyhén dönthető felület, amelyre a rajzlapot rögzítjük. A tábla mérete legalább A3-as legyen, hogy az A4-es és A3-as lapok kényelmesen elférjenek.
- **Párhuzamvonalzó:** a rajztáblához rögzített, vízszintes vonalzó, amely párhuzamos vonalak húzására való. Egyes táblákon **csúszó vonalzó** vagy **fejes vonalzó** van.
- **Vonalzók:** 30 cm-es és 50 cm-es átlátszó műanyag vonalzó, milliméter beosztással. A vonalzót mindig a rajzoló kézzel ellenkező oldalról támasztjuk, hogy ne csússzon el.
- **Háromszögvonalzók:** 45°-os és 30°/60°-os derékszögű háromszögek. Függőleges vonalak húzására és adott szögű vonalak szerkesztésére használjuk.
- **Körző:** körök és ívek rajzolására. A körző hegyét pontosan a középpontba kell illeszteni, a szárát a kívánt sugárra állítani. A körzőt a fejénél fogva, egyenletes nyomással forgatjuk.
- **Ceruzák:** a rajzoláshoz különböző keménységű grafitceruzákat használunk. A keménység jelölése: **H** (hard, kemény), **HB** (közepes), **B** (black, lágy). A szakrajzon a vékony vonalakhoz általában **H** vagy **2H**, a vastag vonalakhoz **HB** vagy **B** ceruzát használunk. A ceruza hegyét kúposra vagy véső alakúra faragjuk; a véső alakú hegy hosszabb ideig tart.
- **Radír:** puha, nem keni el a grafitot. A radírozás után a felületet le kell tisztítani, hogy a por ne kenje össze a rajzot.
- **Sablonok:** kör-, ellipszis-, betű- és vonalsablonok, amelyekkel gyorsan és egyenletesen rajzolhatók az ismétlődő elemek.

Szabály. A rajzeszközöket tisztán, szárazon kell tartani. A vonalzó élét nem szabad megkarcolni, a körzőt nem szabad leejteni. A ceruzát használat után hegyezzük ki, és a radírt ne érje olajos kéz.



9.2. ábra. Rajzeszközök és alapfogások: (A) rajztábla párhuzamvonalzóval és 45°-os, illetve 30°/60°-os háromszögvonalzóval – a függőleges vonalat a vonalzón támaszkodó háromszög élén, lentről felfelé húzzuk; (B) körző, nullkörző és a ceruzák (2H, HB, B) hegye; (C) a vonalzó támasztása a rajzoló kézzel ellenkező oldalról

9.1.6. Rajzlapméretek, keret és szövegmező

A műszaki rajzok szabványos lapméreteken készülnek. Az **A-sorozat** alaplapja az **A0**, amelynek területe 1 m². A kisebb lapokat az előző lap felezésével kapjuk.

Lapjel	Méret (mm)	Jellemző használat
A0	841 × 1189	Nagy összeállítási rajzok, tervek
A1	594 × 841	Nagyobb termékek
A2	420 × 594	Közepes termékek
A3	297 × 420	Műhelyrajzok, alkatrészrajzok
A4	210 × 297	Gyakorló rajz, vizsgarajz, dokumentum

A faipari oktatásban és a vizsgán leggyakrabban **A4-es** és **A3-as** lapot használunk.

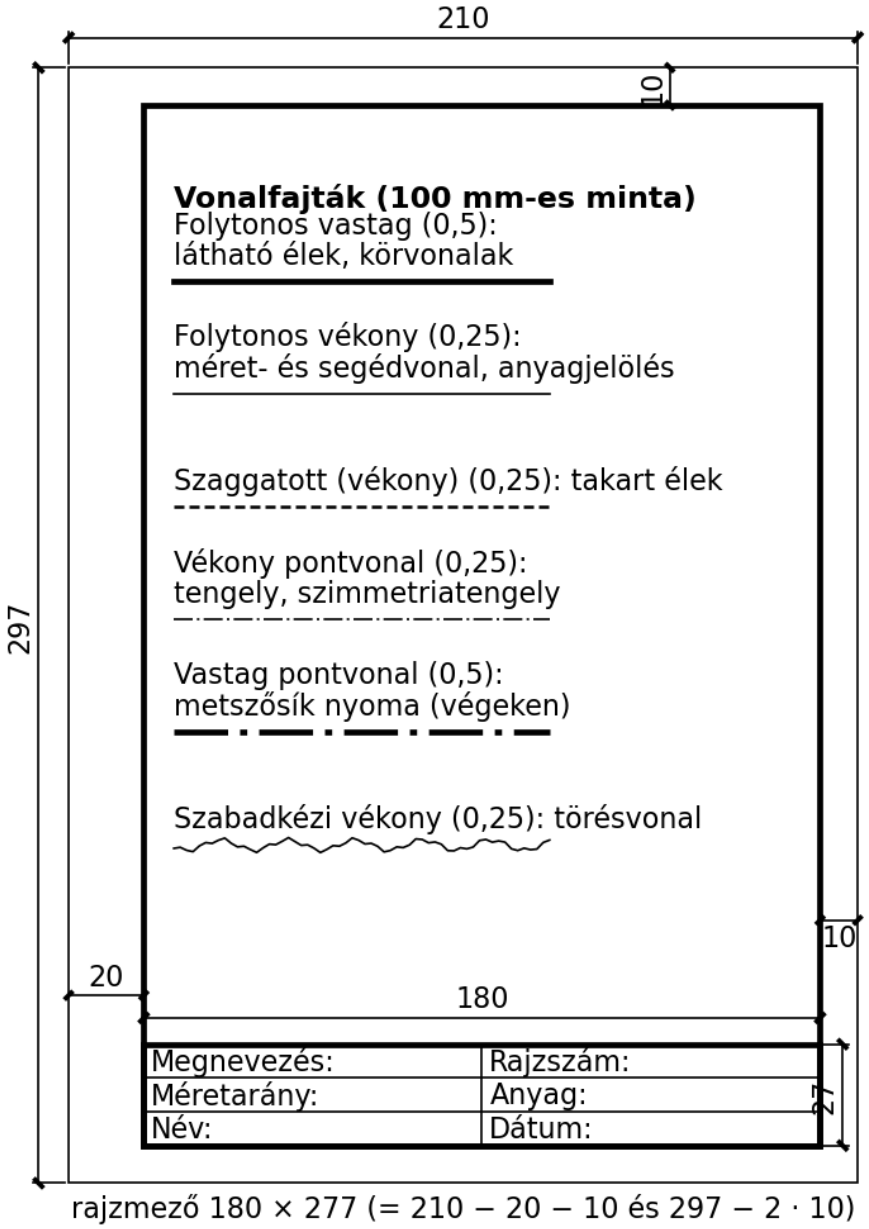
Szabvány. A rajzlapon **keretet** kell húzni. A keret vonala **folytonos vastag vonal**. A bal oldali margó szélesebb, mert a lapot fűzésre, irattartóba tűzésre használják. A szabványos távolságok: bal oldalon **20 mm**, a többi oldalon **10 mm**. **(Ellenőrizendő: MSZ EN ISO 5457 szerinti pontos értékek.)** Egyes iskolai sablonok 5 mm-t használnak; mindig az intézményi sablon szerint dolgozz.

A keret jobb alsó sarkában helyezkedik el a **szövegmező**. A szövegmező tartalmazza a rajz legfontosabb adatait:

- a termék vagy alkatrész **megnevezése**,
- a rajz **száma** vagy azonosítója,
- a **méretarány**,
- az **anyag**,
- a **készítő neve**,
- a **dátum**,
- az **ellenőrző neve** (ha van).

Az iskolai gyakorlatban gyakran egyszerűsített szövegmezőt használnak, amely legalább 180 mm széles és 27 mm magas, de a pontos méret a szabványtól és az intézményi sablontól függ. **(Ellenőrizendő: ISO 7200 szerinti szövegmező méretei.)**

Az A4-es álló rajzlap elrendezését és a vonalfajták mintáját az ábra mutatja. A keret a bal oldalon 20 mm-re, a többi oldalon az MSZ EN ISO 5457 szerint 10 mm-re van a lap szélétől (ellenőrizendő; iskolai sablonon 5 mm is előfordul). Az interaktív változatban A4/A3, álló/fekvő lap és a keretkonvenció választható, a rajzmező mérete kiszámolódik.



9.3. ábra. A4-es álló rajzlap kerettel (bal 20 mm, a többi oldalon 10 mm), 180 × 27 mm-es szövegmezővel és a hat vonalfajta 100 mm-es mintájával; a rajzmező 180 × 277 mm

9.1.7. Vonalfajták és vonalvastagságok

A rajz egyértelműsége a vonalfajták helyes használatán múlik. A faipari szakrajzon a következő vonalfajtákat használjuk:

Vonal neve	Jelölés	Vastagság	Alkalmazás
Folytonos vastag	vastag, folytonos	0,5–0,7 mm	Látható élek, körvonalak
Folytonos vékony	vékony, folytonos	0,25–0,35 mm	Méretvonal, segédvonal, anyagjelölés

Vonal neve	Jelölés	Vastagság	Alkalmazás
Szaggatott	vékony, rövid vonalakból	0,35–0,5 mm	Takart, nem látható élek
Pontvonal (vékony láncvonal)	vékony, hosszú vonal–pont	0,25–0,35 mm	Tengelyvonal, szimmetriatengely
Vastag pontvonal	vastag, hosszú vonal–pont (a végeken és irányváltásnál vastag)	0,5–0,7 mm	Metszősík nyoma, különleges jelölés
Szabadkézi vonal	vékony, szabadkézi hullámvonal	0,25–0,35 mm	Törésvonal, szakítási határ

A vonalvastagságok egymáshoz viszonyított aránya fontos. A szabványos vastagságsor (mm-ben): 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0. A gyakorlatban a vékony vonal 0,25 vagy 0,35 mm, a vastag vonal 0,5 vagy 0,7 mm. **(Ellenőrizendő: ISO 128-20 vonalvastagság-sor.)**

Szabály. A rajzon belül a vonalvastagságokat következetesen kell alkalmazni: az azonos típusú vonalak azonos vastagságúak legyenek. A látható élek vastag vonala és a méretvonalak vékony vonala vizuálisan is jól elkülönüljön.

Figyelem. A takart él szaggatott vonala mindig rövidebb szakaszokból áll, mint a tengelyvonal pontvonala. A szaggatott vonal elemei egyenletesen, szabályos közökkel követik egymást. A pontvonal hosszú vonalakból és köztük rövid pontszerű jelekből áll.

Továbbvitt eredmény. A szabványos vonalfajtákat és a rajzlap keretét minden későbbi szakrajzi alfejezet használja, először a Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon alfejezetben. A méretvonalak, segédvonalak, anyagjelölések és metszetjelölések csak akkor lesznek egyértelműek, ha ezt az alapot pontosan ismered.

9.1.8. Szabványírás

A rajzon szereplő feliratoknak, méreteknek, anyagjelöléseknek jól olvashatónak és egységesnek kell lenniük. A **szabványírás** olyan betűforma és betűméret, amelyet a műszaki rajzokon kötelezően alkalmaznak.

A betűk lehetnek:

- **álló** (függőleges) vagy
- **dőlt** (általában 15°-kal jobbra döntött).

A betűmagasságok szabványos sorozata milliméterben: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20. A rajzfeliratoknál leggyakrabban **3,5 mm** és **5 mm** betűmagasságot használunk. A betűvonal vastagsága a betűmagasság körülbelül **egytizede**, tehát 5 mm-es betűhöz 0,5 mm-es vonalvastagság illik. **(Ellenőrizendő: ISO 3098 szerinti betűméret-sor és arányok.)**

Szabály. A rajzon minden feliratot szabványírással, lehetőleg sablonnal vagy számítógéppel készítsünk. A kézi írásnál a betűket egyenletesen, döntés nélkül vagy egységes dőléssel írjuk. A számoknak és a mértékegységeknek is szabványos alakjuk legyen.

9.1.9. Gyakorló rajzlap lépésenként

A következő eljárás egy A4-es gyakorló rajzlap elkészítését mutatja be. A cél a keret, a szövegmező és a vonalfajták gyakorlása.

Recept. Gyakorló rajzlap készítése:

1. **Készítsd elő az eszközöket:** A4-es rajzlap, H és HB ceruza, radír, párhuzamvonalzó vagy vonalzó, háromszögvonalzó, körző, sablon.
2. **Tájold a lapot:** álló (portré) helyzetben tedd a rajztáblára, és ragasztószalaggal rögzítsd a sarkait.
3. **Húzd meg a keretet:** a bal oldali margó 20 mm, a jobb oldali 10 mm, a felső 10 mm, az alsó 10 mm legyen (ellenőrizendő: intézményi sablon). A keret vonala **folytonos vastag** legyen (HB ceruzával).
4. **Rajzold be a szövegmezőt:** a jobb alsó sarokban, a kerethez illesztve, 180 mm széles és 27 mm magas téglalapot húzz **folytonos vastag** vonallal.
5. **Oszd fel a szövegmezőt:** vékony vonallal húzz vízszintes és függőleges osztóvonalakat a feliratoknak megfelelően: Megnevezés, Rajzszám, Méretarány, Anyag, Név, Dátum.
6. **Írd be a feliratokat:** szabványírással, 3,5 mm-es betűmagassággal töltsd ki a mezőket. Példa: Megnevezés: „Gyakorló lap”, Méretarány: „1:1”, Anyag: „tölgy”.
7. **Gyakorold a vonalfajtákat:** a rajzmező felső részén húzz egy-egy 100 mm hosszú mintavonalat minden típusból: folytonos vastag, folytonos vékony, szaggatott, pontvonal. Írd melléjük a vonal nevét szabványírással.
8. **Ellenőrizd a rajzot:** mérd meg a keret távolságait, nézd meg a vonalvastagságokat, és radírozd ki a felesleges vonalakat.
9. **Takaríts:** a radírmaradékot puha kefével távolítsd el, ne kézzel töröld, mert elkenődik.

9.1.10. Számítás: a rajzmező szélessége

A rajzlapon a keret által határolt területet **rajzmezőnek** nevezzük. A rajzmező méretét a lapméretekből és a kerettávolságokból számítjuk ki.

Számítás. A4-es álló lap szélessége 210 mm. A bal oldali margó 20 mm, a jobb oldali 10 mm. Mennyi a rajzmező szélessége?

- Adott: lap szélesség 210 mm, bal margó 20 mm, jobb margó 10 mm.
- Keresett: rajzmező szélesség b.
- Képlet: $b = 210 - 20 - 10 = 180\,\text{mm}$.
- Eredmény: a rajzmező szélessége 180 mm.

Számítás. A3-as álló lap magassága 420 mm. A felső és alsó margó egyaránt 10 mm. Mennyi a rajzmező magassága?

- Adott: lap magasság 420 mm, felső margó 10 mm, alsó margó 10 mm.
- Keresett: rajzmező magasság h.
- Képlet: $h = 420 - 10 - 10 = 400\,\text{mm}$.
- Eredmény: a rajzmező magassága 400 mm.

Ellenőrzés: a rajzmező mindig kisebb, mint a lap, és a különbség a kerettávolságok összege. A4-esnél a szélességi csökkenés 30 mm, A3-asnál a magassági csökkenés 20 mm, ami megfelel az elvárásnak.

9.1.11. Minőségellenőrzés

A gyakorló rajzlapot a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

Ellenőrzési pont	Módszer	Elfogadható érték
Keret távolsága az élektől	Vonalzóval mérve	bal 20 mm, többi 10 mm, tűrés ±1 mm
Szövegmező mérete	Vonalzóval mérve	180 mm × 27 mm (vagy az intézményi sablon szerint)
Vonalvastagság	Szemrevételezés	vastag 0,5–0,7 mm, vékony 0,25–0,35 mm
Vonalak folytonossága	Szemrevételezés	nincs megszakítás, nincs dupla vonal
Feliratok	Szemrevételezés	szabványírás, olvasható, 3,5 mm
Tisztaság	Szemrevételezés	nincs elkenődés, radírmaradék

Ha eltérést látunk, javítjuk: a rossz vonalat kiradírozzuk, és a megfelelő vonallal újrarajzoljuk. A keret és a szövegmező méretét utoljára is ellenőrizzük.

9.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A látható él vékony vonallal rajzolva.**
   - *Ok:* a rajzoló nem különbözteti meg a vastag és vékony vonalat, vagy tompa ceruzát használ.
   - *Helyes gyakorlat:* a látható éleket mindig vastag vonallal rajzoljuk, a méretvonalakat pedig vékony vonallal.
2. **A takart él szaggatott helyett pontvonal.**
   - *Ok:* a két vonalfajta összekeverése.
   - *Helyes gyakorlat:* a takart él mindig szaggatott, a tengelyvonal mindig pontvonal. A szaggatott vonal rövidebb elemekből áll, a pontvonal hosszú vonalakból és pontokból.
3. **A keret bal oldali margója nem 20 mm.**
   - *Ok:* a rajzoló a keretet a lap széléhez egyenlő távolságra húzza, vagy rosszul mér.
   - *Helyes gyakorlat:* a bal oldali margó szélesebb, mert a lapot ott fűzik le. Mérés után húzzuk meg a vonalat.
4. **Hiányzik a szövegmező.**
   - *Ok:* a rajzoló csak a keretet rajzolja meg, és elfelejti a feliratot.
   - *Helyes gyakorlat:* a szövegmező a rajz kötelező része. Mindig rajzoljuk meg és töltsük ki, mert enélkül nem tudjuk kinek, mikor, miből készült a rajz.

9.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló a műhelyben egy ajtólapot készített. A rajzon a zsanérhelyeket pontvonal jelölte, mert a zsanérok takartak. A kolléga azonban a pontvonalat tengelyvonalnak nézte, és nem fúrt zsanérhelyeket. Az ajtólap összeszerelésénél derült ki, hogy hiányoznak a fészkek,

ezért a lapot újra kellett venni. A hiba oka az volt, hogy a tanuló nem használta a szabványos **szaggatott vonalat** a takart zsanérhely jelölésére, hanem pontvonalat. A valós eset tanulsága: a vonalfajták nem díszítő elemek, hanem utasítások. A gyártásban minden vonalnak pontos jelentése van, és a félreértés anyag- és időveszteséget okoz.

9.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A rajzlap bal oldali margója keskenyebb, mint a jobb oldali. Indokold!
2. Melyik vonalat használjuk a látható élek rajzolására?
3. Melyik vonalat használjuk a takart él jelölésére, és miben különbözik a tengelyvonaltól?
4. Sorold fel az A4-es rajzlap méreteit milliméterben!
5. Sorold fel a szabványos betűmagasság-sor elemeit 2,5 és 10 mm között! Mekkora vonalvastagság illik az 5 mm-es betűhöz (h/10)?
6. Milyen adatokat tartalmaz a szövegmező? Nevezz meg legalább négyet!

A válaszok a Megoldások elején találhatók.

9.1.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a faipari szakrajzon használt hat leggyakoribb vonalfajtát, és mindegyikhez írd oda, mire való.

2. feladat (A) Egy A4-es rajzlap szélessége 210 mm, magassága 297 mm. A bal margó 20 mm, a többi margó 10 mm. Számítsd ki a rajzmező szélességét és magasságát milliméterben.

3. feladat (B) Rajzolj le egy egyszerű fa polcot elölnézetben, amelynek a hátlapján két takart csavarlyuk van. A polc szélessége 400 mm, magassága 300 mm, a furatok a polc középvonalán, a szélektől 100 mm-re helyezkednek el. Írd le a rajz vonalait: mi vastag, mi vékony, hol van szaggatott és hol pontvonal.

4. feladat (B) Egy rajzlapon a keret bal oldali margója 15 mm, a jobb oldali 10 mm. A rajz A3-as, a lap szélessége 420 mm. Mennyi a rajzmező szélessége? Helyes-e a bal oldali margó? Indokold a választ a szabvány szerint.

5. feladat (C) Egy rajzon a következő vonalakat látod: a látható élek vékony vonallal rajzolva, a takart él pontvonallal, a tengelyvonal szaggatottal. Mi a hiba ezen a rajzon? Milyen javításokat végeznél, hogy a rajz szabványos legyen?

6. feladat (D) Készítsd el a gyakorló rajzlapot A4-es lapon a Recept szerint. Rajzold meg a keretet, a szövegmezőt, írd be a feliratokat, és húzz mintavonalakat minden vonalfajtából. Ezután ellenőrizd a Minőségellenőrzés táblázat szerint, és írd le, mit mértél.

9.1.16. Megoldások

9.1.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A bal oldali margó szélesebb (általában 20 mm), mert a lapot ott fűzik le vagy irattartóba tűzik.
2. Folytonos vastag vonalat.
3. A takart él jelölésére **szaggatott vonalat** használunk. A szaggatott vonal rövid szakaszokból áll, míg a tengelyvonal **pontvonal**, hosszú vonalakból és köztük pontokból.
4. A4: 210 mm × 297 mm.

5. 2,5; 3,5; 5; 7; 10 mm; az 5 mm-es betűhöz 0,5 mm vonalvastagság illik.
6. Például: megnevezés, rajzszám, méretarány, anyag, készítő neve, dátum.

9.1.16.2. Feladatok megoldása

1. feladat (A) - Folytonos vastag: látható élek, körvonalak. - Folytonos vékony: méretvonal, segédvonal, anyagjelölés. - Szaggatott: takart, nem látható élek. - Pontvonal (vékony láncvonal): tengelyvonal, szimmetriatengely. - Vastag pontvonal: metszősík nyoma, különleges jelölés. - Szabadkézi vonal: törésvonal, szakítási határ.

2. feladat (A) Rajzmező szélessége: $210 - 20 - 10 = 180\,\text{mm}$. Rajzmező magassága: $297 - 10 - 10 = 277\,\text{mm}$. Eredmény: a rajzmező 180 mm × 277 mm.

3. feladat (B) A polc elölnézetén a polc körvonala (szélesség 400 mm, magasság 300 mm) **folytonos vastag** vonal. A polc középvonalán (függőlegesen, a szélektől 200 mm-re) **pontvonal** húzódik, mint szimmetriatengely. A két csavarlyuk a polc felületén takart, ezért **szaggatott vonallal** jelöljük. A furatok a polc vízszintes középvonalán (az alsó éltől 150 mm-re), a bal, illetve a jobb széltől 100 mm-re vannak (a függőleges középvonaltól ±100 mm). Mindkét furatot szaggatott körrel rajzoljuk (takart), és mindkettő kap egy-egy vékony pontvonalas tengelykeresztet. A körvonal folytonos vastag, a méretvonalak folytonos vékonyak. A méretvonalak és segédvonalak **folytonos vékony** vonalak.

4. feladat (B) Rajzmező szélessége: $420 - 15 - 10 = 395\,\text{mm}$ (a szabványos 20 mm-es bal margóval $420 - 20 - 10 = 390\,\text{mm}$ lenne). A bal oldali margó 15 mm, ami kevesebb a szabványos 20 mm-nél, tehát **nem helyes**. A bal margónak 20 mm-nek kell lennie, hogy a lap fűzhető legyen. A rajzot javítani kell: a keretet bal oldalon 20 mm-re kell húzni.

5. feladat (C) Hibák: - A látható élek **vékony vonallal** vannak rajzolva; ez nem egyértelmű, mert a vékony vonal a méretvonalakhoz van rendelve. - A takart él **pontvonal**; ez félreérthető, mert pontvonal a tengelyt jelöli. - A tengelyvonal **szaggatott**; ez szintén hibás.

Javítás: a látható éleket folytonos vastag vonallal, a takart éleket szaggatott vonallal, a tengelyvonalat pontvonallal kell rajzolni. A méretvonalak maradjanak folytonos vékony vonalak.

6. feladat (D) A megoldás a Recept szerint elkészített rajzlap. Az ellenőrzésnél le kell mérni a keret távolságát (bal 20 mm, a többi 10 mm), a szövegmező méretét (180 mm × 27 mm), a vonalvastagságokat (vastag 0,5–0,7 mm, vékony 0,25–0,35 mm), és meg kell nézni a feliratokat. A leírásnak tartalmaznia kell a mért adatokat, például: „A bal margó 20 mm, a jobb 10 mm, a rajzmező szélessége 180 mm. A szövegmező 180 mm × 27 mm. A vastag vonal 0,5 mm-es ceruzával, a vékony 0,25 mm-es H-val készült. A feliratok 3,5 mm-es szabványyírással készültek.”

9.1.17. Rövid összefoglaló

A faipari szakrajz a műhely közös nyelve, amely egyértelmű utasítást ad a gyártáshoz. A rajzokat szabványos lapméreteken (A-sorozat), kerettel és szövegmezővel készítjük. Az A4-es lap 210 mm × 297 mm, a keret bal oldali margója 20 mm, a többi oldalon 10 mm, a szövegmező a jobb alsó sarokban van. A vonalfajták pontosan meghatározottak: a látható élek **folytonos vastag**, a méretvonalak **folytonos vékony**, a takart élek **szaggatott**, a tengelyvonalak **pontvonal**. A rajzfeliratokat szabványyírással, általában 3,5 mm-es betűmagassággal készítjük. A rajzeszközöket tisztán, karbantartva kell tartani. **Továbbvitt eredmény:** a szabványos vonalfajtákat és a rajzlap elrendezését minden későbbi szakrajzi alfejezet használja, először a Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon alfejezetben. A rajz csak akkor biztonságos gyártási dokumentum, ha a keret, a szövegmező és a vonalak szabványosak.

9.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN ISO 128 (műszaki rajzok általános alapelvei, vonalfajták) – **a pontos szám ellenőrizendő a hatályos szabványjegyzékben**.
- ISO 5457 (rajzlapméretek és elrendezés) – **a keretméretek pontos értékei ellenőrizendők**.
- ISO 3098 (szabványírás betűméretei) – **a betűmagasság-sor és arányok ellenőrizendők**.
- ISO 7200 (szövegmező kialakítása) – **a mező méretei ellenőrizendők**.
- Az A-sorozatú lapméretek és a keretmargók az európai gyakorlatban általánosan elfogadottak, de a pontos szabványértékeket az intézményi rajzsablon is meghatározhatja. A megadott 20 mm-es bal margó és 180 mm × 27 mm-es szövegmező **tájékoztató érték, ellenőrizendő az aktuális szabványban**.

9.2. Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon

9.2.1. Motiváció

Képzeld el, hogy egy vevő beépített szekrényt rendel. A felméréskor az asztalos egy vázlatot készít 1:20 méretarányban. A műhelyben ebből a vázlatból kell levágnia az oldallapot. Ha a rajzon lemért 120 mm-t veszi valós méretnek, akkor a szekrény 2400 mm helyett 120 mm hosszú elemet kapna, és a lap a helyszínen használhatatlan lenne. A méretarány tehát nem dísz: a rajz minden arányos, kicsinyített vagy nagyított másolat, de a **méretszámok mindig a valóságos méretet mutatják**. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan kell méretarányt választani, átszámolni, és hogyan kell egy alkatrészrajzot úgy beméretezni, hogy a gyártó egyértelműen tudjon dolgozni.

9.2.2. Szemléletes kép

Rajzoljunk le egy 1200 mm hosszú, 300 mm széles, 22 mm vastag polclapot. 1:1 méretarányban a rajz is 1200 mm hosszú lenne: nem férne el egy A4-es lapon. Ezért a rajzot **1:5** arányban kicsinyítjük: a rajzon a lap hossza 240 mm, szélessége 60 mm lesz. A rajz méretei kisebbek, de a rajtuk szereplő méretszámok továbbra is 1200, 300 és 22. Ha pedig egy kötés részletét szeretnénk jobban látni, **2:1** arányban nagyítunk: a 10 mm-es csap a rajzon 20 mm hosszú lesz, de a méretszáma 10.

Ez a kettősség – kicsinyített kép, valós méretszám – a műszaki rajzok alapgondolata.

9.2.3. Méretarány

Definíció. A **méretarány** a rajzon szereplő (rajzi) hossz és a valóságos (tárgyi) hossz aránya. Jele gyakran **M**, például M 1:2. Az 1:2 azt jelenti, hogy a rajz hossza fele a valóságos hossznak; a 2:1 azt jelenti, hogy a rajz hossza kétszerese a valóságosnak.

A magyar és európai gyakorlatban a méretarányt így adjuk meg:

- **kicsinyítés:** 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50;
- **természetes méret:** 1:1;
- **nagyítás:** 2:1, 5:1, 10:1.

Szabály. A méretarányt mindig olyan értékkel választjuk meg, hogy a rajz jól olvasható, de el is férjen a rajzlapon. A számítás a rajz és a valóság hosszát kapcsolja össze:

$$l_{\text{rajz}} = \frac{l_{\text{valós}}}{M} \quad \text{(kicsinyítésnél, } 1 : M \text{ esetén).}$$

Nagyításnál (M:1) a rajz hossza az M-szeres:

$$l_{\text{rajz}} = M \cdot l_{\text{valós}}.$$

A méretarányszám alatt kicsinyítésnél az 1 utáni számot, nagyításnál az 1 előtti számot értjük.

Átszámítás – 1. kidolgozott példa. Egy ajtólap valós magassága 2100 mm. Mekkora a rajzi magasság M 1:10 méretarányban?

Adott: l_valós = 2100 mm, M = 10. Keresett: l_rajz. Képlet: l_rajz = l_valós / M. Behelyettesítve:

$$l_{\text{rajz}} = \frac{2100\,\text{mm}}{10} = 210\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: M 1:10 azt jelenti, hogy a rajz tizedakkora, mint a valóság; 2100 : 10 = 210, tehát a rajz 210 mm hosszú lesz. Ez még az álló A4-es lapon elfér (rajzmező-magasság 277 mm). ∎

Átszámítás visszafelé – 2. kidolgozott példa. Egy M 1:5 méretarányú rajzon egy bútorlap hosszát 84 mm-nek mérjük. Mennyi a valóságos hossz?

Adott: l_rajz = 84 mm, M = 5. Keresett: l_valós. Képlet a fenti összefüggésből: l_valós = l_rajz · M. Behelyettesítve:

$$l_{\text{valós}} = 84\,\text{mm} \cdot 5 = 420\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: M 1:5 esetén a rajz ötödakkora, mint a valóság; az ötszörös 84 mm tényleg 420 mm. ∎

Figyelem. A rajzról való lemérést csak ellenőrzésre, becslésre használd. A gyártáshoz mindig a méretszámot kell venni, soha nem a rajzon lemért hosszt. A másolás, nyomtatás vagy szkennelés torzíthatja a méretarányt, de a méretszámok akkor is érvényesek maradnak.

9.2.4. Szabványos méretarányok

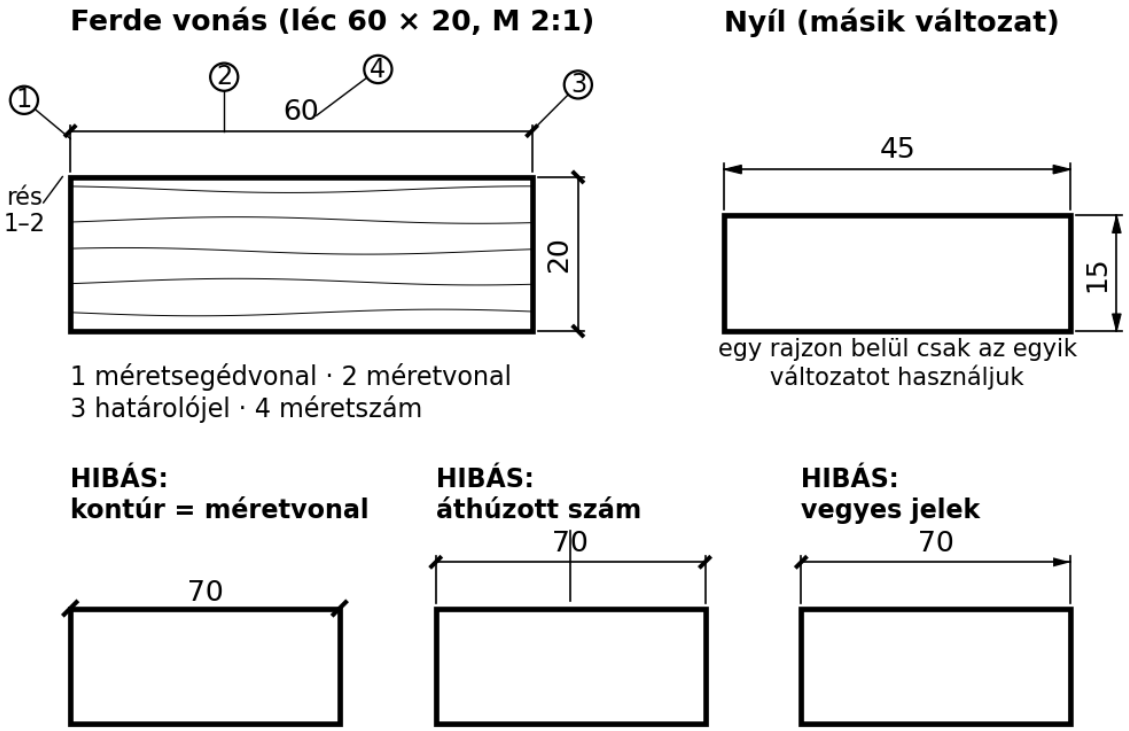
Szabvány. A faipari rajzokon a méretarányok kiválasztását és jelölését az MSZ EN ISO 5455 szerinti szabályok írják le (a pontos szám és hatályos kiadás ellenőrizendő). A gyakorlatban a faipari alkatrészrajzokat leggyakrabban **1:1**, **1:2**, **1:5** vagy **1:10** arányban készítjük. Az épületasztalos-ipari rajzok, beépítési vázlatok **1:20** vagy **1:50** arányúak lehetnek. Részletrajzoknál **2:1** vagy **5:1** nagyítást használunk.

A méretarányt a szövegmezőben tüntetjük fel; ha a rajzon egyetlen méretarány van, azt a címmezőben vagy a rajz fejlécében tüntetik fel. Ha egy rajzon több méretarány fordul elő, akkor az adott nézet vagy részlet mellé közvetlenül írják, például: „Részlet A – M 2:1”.

9.2.5. A méretmegadás elemei

A rajzi képet akkor lehet legyártani, ha minden szükséges méret rajta van. A méretmegadáshoz négy fő elemet használunk:

1. **Méretsegédvonal.** Vékony folyamatos vonal, amely a mérendő pontból kifelé nyúlik. Általában nem érinti a kontúrt, hanem 1–2 mm-rel a vetület elé indul és 1–2 mm-rel túlnyúlik a méretvonalon (a pontos érték rajzi szabvány szerint ellenőrizendő).
2. **Méretvonal.** Vékony folyamatos vonal, amely párhuzamos a mérendő szakasszal. A méretszámot fölötte vagy megszakításában helyezzük el.
3. **Határolójel.** A méretvonal végein látható jel: faipari rajzon gyakran a **ferde vonás** (rövid, 45°-os vonalka) vagy a **nyíl**. Egy rajzon belül egységesen használjuk.
4. **Méretszám.** A valóságos méretet mutatja, mértékegység nélkül. A rajzon **mm-ben** értendő, de az „mm” betűket nem írjuk ki. Ha ritkán más mértékegységet használunk, azt a rajzon egyértelműen jelöljük.



9.4. ábra. A méretmegadás négy eleme egy 60 × 20-as léc 2:1-es rajzán: 1 méretsegédvonal (rés a kontúrtól, túlnyúlás a méretvonalon), 2 méretvonal, 3 határolójel (ferde vonás; mellette a nyilas változat), 4 méretszám a méretvonal fölött; alul három hibás méretezés

Szabály. A méretszámok mindig a tárgy valóságos méreteit adják meg, függetlenül attól, hogy a rajz 1:1, 1:5 vagy 2:1 arányú. A méretvonalat és a segédvonalat vékonyan, a látható kontúrvonalat vastagabban rajzoljuk, hogy a rajz jól olvasható legyen.

Szabvány. A méretmegadás alapelveit az MSZ EN ISO 129 sorozat tartalmazza; a rajzi vonalak típusait az MSZ EN ISO 128 sorozat írja elő, a rajzfejet és a címmezőt az MSZ EN ISO 7200 rögzíti. A pontos szabványkódok és a hatályos kiadások ellenőrizendők.

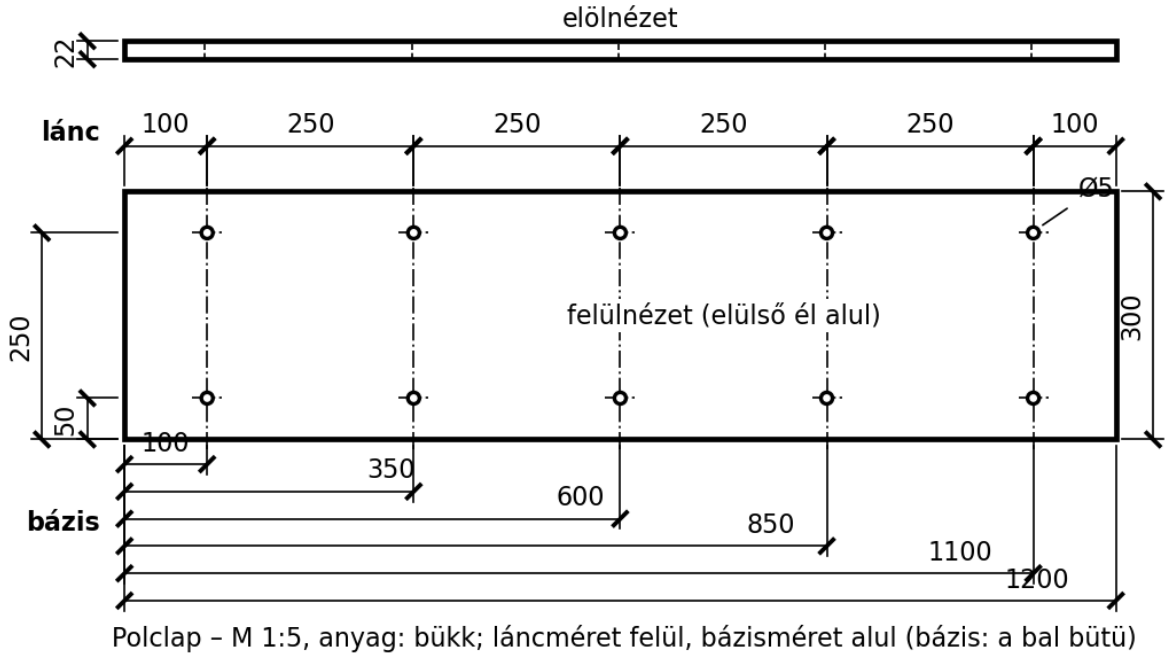
9.2.6. Méretezési módok

A faipari rajzokon három fő méretezési módot használunk:

- **Láncméretezés.** Minden következő méret az előző méret végpontjából indul. Például egy 1200 mm hosszú polclap furathelyeinél: 100, 250, 250, 250, 250, 100. Egyszerű és gyors, de a hibák összeadódnak: ha az első méretnél eltérés van, minden további hely eltolódik.
- **Bázisméretezés.** Minden méret ugyanabból a közös kezdőpontból indul. Ugyanez a furathely-elrendezés bázisméretezéssel: 100, 350, 600, 850, 1100, 1200. Így az egyes méretek hibái nem adódnak össze, de a rajz zsúfoltabb lehet.
- **Koordináta-méretezés.** A méreteket táblázatban adjuk meg, vagy a pontokat két koordinátával jelöljük. Furathelyeknél, CNC-megmunkálásnál, szerelvényhelyeknél ez a legáttekinthetőbb. Például az (X; Y) koordináták mm-ben: (100; 50), (350; 50), (600; 50), (850; 50), (1100; 50).

A gyakorlatban a **befoglaló méreteket** – teljes hossz, szélesség, vastagság – mindig megadjuk, utána tüntetjük fel a részletméreteket. Ez azért fontos, mert az ellenőrzésnél a fő méretekből indulunk ki, és a részletek hibáit is viszonyítjuk hozzájuk.

Az ábra ugyanazt a polclapot mutatja kétféle méretezéssel. Az 1200 × 300 × 22 mm-es bükk polclapon Ø5 furatok vannak a bal bütütől 100, 350, 600, 850 és 1100 mm-re, két sorban (az elülső éltől 50 és 250 mm-re). Felül a láncméretezés (100, 250, 250, 250, 250, 100 – összege 1200), alul a bázisméretezés a bal bütütől (100, 350, 600, 850, 1100, 1200). Az interaktív változatban az első méretbe 1 mm-es hibát téve látszik, hogy láncméretezésnél minden további furat eltolódik, bázisméretezésnél csak egy.



9.5. ábra. Polclap (1200 × 300 × 22, bükk) elöl- és felülnézete, a furatok helye felül láncméretezéssel, alul bázisméretezéssel (eredeti rajzon M 1:5)

9.2.7. Sugár, átmérő, szög és letörés

A faipari rajzon nemcsak hosszméretek fordulnak elő.

- **Sugár.** A kör vagy körív sugarát **R** betűvel jelöljük, és a méretszámot az R mellé írjuk: R120. A méretvonal a középpontból indul, nyílban végződik a köríven.
- **Átmérő.** A teljes kör átmérőjét **Ø** jellel jelöljük: Ø12. A jellel egyértelművé tesszük, hogy átmérőről van szó, nem pedig sugárról.
- **Szög.** A szögméretet fokban adjuk meg, a méretszám után **°** jel szerepel: 90°. A méretvonal a szög szárai között ív.
- **Letörés.** Az él letörését így jelöljük: **2 × 45°** (2 mm-es letörés 45°-os szögben). A letörést méretezhetjük a letörés hosszával és szögével, vagy két hosszmérettel. A 45°-os letörés a faiparban a leggyakoribb.

Példa. Egy asztallap sarkát 20 mm sugárral lekerekítjük, a lyuk átmérője 8 mm, az él letörése 1 × 45°. A rajzon ezeket így olvasod: R20, Ø8, 1 × 45°.

9.2.8. Faipari szokás: mm, befoglaló és főméretek

A faipari rajzokon a méreteket **milliméterben** adjuk meg, de a mm-t nem írjuk ki. A szabásjegyzékben a méretek sorrendje általában **hossz × szélesség × vastagság**. Például: 500 × 300 × 18 mm. Ez a sorrend a rajzon is visszaköszönhet, de a rajz nézetei gyakran külön mutatják a hosszat, szélességet és vastagságot.

Definíció. Befoglaló méret: a tárgy legnagyobb kiterjedését megadó három méret (hossz, szélesség, vastagság). **Főméret**: a szerkezet működéséhez, beépítéséhez legfontosabb méret, például egy ajtólap teljes magassága és szélessége, vagy egy fiók belső mérete.

Szabály. A rajzon először a befoglaló méreteket és a főméreteket adjuk meg, majd a részleteket. A gyártó ez alapján tudja ellenőrizni, hogy az alkatrész valóban a helyére illik-e, és hogy a részletméretek összhangban vannak-e a fő méretekkel.

9.2.9. A méretmegadás lépései

Egy alkatrészrajz készítésénél a méretezést célszerű lépésenként elvégezni:

1. **Nézd meg a vetületeket:** melyik nézeten látható a legtöbb méret?

2. **Jelöld ki a bázisokat:** válaszd ki azt az élt vagy középvonalat, ahonnan a méreteket indítod.

3. **Add meg a befoglaló méreteket:** hossz, szélesség, vastagság.

4. **Add meg a főméreteket:** szerkezeti vagy beépítési méretek.

5. **Add meg a részletméreteket:** furatok, letörések, lekerekítések, szerkezeti kötések.

6. **Ellenőrizd az összhangot:** a láncméretek összege adja-e a befoglaló méretet? Nincs-e kétszer megadott méret? Minden rajzi elem meg van-e méretezve?

Ezt a lépéssort a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben is használjuk majd, mert a rajzról készül a szabásjegyzék.

9.2.10. Minőségellenőrzés

A rajz helyességét a gyártás előtt ellenőrizni kell.

Mit ellenőrzünk?
- Minden szükséges méret rajta van-e?
- A befoglaló méretek egyeznek-e a részletméretek összegével?
- A méretszámok a valóságos méretet mutatják-e, nem a rajzi hosszt?
- A méretarány fel van-e tüntetve, és egyértelmű-e?
- A sugarak, átmérők, szögek, letörések jelölése szabályos-e?
- A méretvonalak és segédvonalak nem keresztezik-e feleslegesen a kontúrt?

Ellenőrző becslés. Egy ajtótokoszlop teljes hossza 2100 mm, a zsanérok helye láncban: 250 + 800 + 800 + 250 = 2100 mm. A lánc összege egyezik a befoglaló mérettel, tehát a méretezés zárt. Ha 2050 mm jönne ki, valamelyik láncméret hibás. Az ilyen összhangot mindig számold ki.

9.2.11. Tipikus hibák és okaik

A rajzokban a méretezési hibák gyakran okoznak anyagi kárt és időveszteséget. A leggyakoribbak:

1. hiba: Hiányzó méret. A rajzról lemarad egy furat távolsága vagy egy letörés mérete; a gyártó nem tudja elkészíteni az alkatrészt, vagy megkérdezi, ami megállítja a munkát.
Ok: a rajzoló a vetületet rajzolta le, de a méretezést nem ellenőrizte.
Helyes gyakorlat: a rajzot a készítés után tételesen átnézni, minden rajzi elemhez méretet rendelni.

2. hiba: Kétszer megadott, egymással ellentmondó méret. Például a láncméretezés összege 1195 mm, a befoglaló méret 1200 mm. A gyártó nem tudja, melyik mérvadó.
Ok: a méretezést utólag javították, de a részletméreteket nem igazították hozzá.
Helyes gyakorlat: a befoglaló méretet mindig megadjuk; a láncból a legkevésbé fontos tagot elhagyjuk, vagy zárójelben, tájékoztató méretként írjuk (pl. (250)). Így minden méret egyszer van megadva. Ha az összeg mégsem egyezik, javítsuk a rajzot.

3. hiba: A méretszám a rajzi hosszt mutatja, nem a valóságot. Az 1:20 méretarányú vázlatról valaki 2100 mm helyett 105 mm-t ír be a gyártásba.
Ok: a rajzról lemért hosszt vette valós méretnek, vagy a méretarányt figyelmen kívül hagyta.
Helyes gyakorlat: a méretszámokat mindig a tényleges méretből, ne a rajzból való lemérésből származtassuk. A rajzról való lemérést csak becslésre használjuk.

9.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhelyben a gyakornok elkészített egy beépített szekrényajtó rajzát. A rajz fejlécében az 1:10 méretarány szerepelt, de a gyakornok a méretszámokhoz a rajzról lemért hosszakat írta. Az ajtó magassága a rajzon 190 mm volt, így 190 mm-t írt a méretszámhoz. A gépkezelő a rajz alapján 190 mm hosszú ajtólapot vágott. A helyszínen a szekrénybe a 190 mm-es ajtó természetesen nem illett.

A hiba kivizsgálásakor kiderült, hogy az ajtó valós mérete 1900 mm lett volna. A gyakornok a méretarányt nem vette figyelembe. A tanulság: **a rajzot meg kell tanulni méretarányosan olvasni, de a méretszámok a valóságot tükrözik**. A helyes megoldás az volt, hogy a rajzon 1900 mm-es méretszámot kellett volna írni, függetlenül attól, hogy a rajzi hossz 190 mm volt.

9.2.13. Önellenőrzés

1. Rajzolsz egy 600 mm hosszú elemet 1:10 méretarányban. Mekkora a rajz hossza?

2. Egy rajzon 1:25 méretarányban lemérsz 88 mm-t. Mekkora a valós hossz?

3. Milyen jelet használunk átmérőhöz és sugárhoz?

4. Mi a különbség a lánc- és bázisméretezés között?

5. Milyen mértékegységet használunk a faipari méretszámokhoz?

6. Mi a hiba abban, ha egy rajz 1:20 méretarányú, de a rajzból lemért hosszt írjuk be méretszámnak?

A válaszok a Megoldások elején találhatók.

9.2.14. Feladatok

1. feladat (A)
Írd át a következő valós méreteket 1:10 méretarányú rajzi méretekre: 1240 mm, 80 mm, 520 mm.

2. feladat (A)
Írd át a következő rajzi méreteket valós méretekre, ha a rajz M 1:5: 250 mm, 64 mm, 12 mm.

3. feladat (B)
Egy bútorelemet 1:20 méretarányban rajzolsz. A rajzon a hosszúság 95 mm. Mekkora a valós hossz? Mekkora lenne a rajzi hossz 1:50 méretarányban?

4. feladat (B)
Egy polclap hossza 950 mm. A furatok helyét a bal éltől számítva így adjuk meg: 100, 250, 250, 250, 100 mm (láncméretezés). Add meg ugyanezeket a furathelyeket bázisméretezéssel! Rajzold le a méretvonalak szöveges leírását!

5. feladat (C)
Egy rajzon a befoglaló méret 1800 mm, a láncméretek: 200, 600, 600, 200, 150. Ellenőrizd az összeget! Mi lehet a hiba oka, és mi a helyes eljárás?

6. feladat (D)
Készíts rajzot egy 500 × 300 × 18 mm-es tömörfa asztalka tetőlapjáról. A lap két sarkán 20 mm sugarú lekerekítést, a sarkoktól 60 mm-re 6 mm átmérőjű furatot tervezz. A vastagság 18 mm. Írd le a rajzot: milyen nézetet használsz, milyen méretarányt választasz (A4-es lapon), milyen méreteket adsz meg (lánc- vagy bázisméretezéssel), és rajzold le az ábraigényt szövegesen.

9.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. 600 mm : 10 = 60 mm.
2. 88 mm · 25 = 2200 mm.
3. Átmérő: Ø, sugár: R.

4. A láncméretezés minden méretet az előzőből indít, a bázisméretezés minden méretet ugyanabból a közös kezdőpontból.
5. A faipari rajzokon mm-t használunk, de a méretszámok mellé nem írjuk ki az „mm”-t.
6. Hiba: a méretarányt nem vettük figyelembe; a méretszám a valós méretet kell hogy mutassa, nem a rajzon lemérhető hosszt.

1. feladat megoldás

M 1:10 esetén a rajz hossza a valós hossz tizede. - 1240 mm / 10 = 124 mm - 80 mm / 10 = 8 mm - 520 mm / 10 = 52 mm

2. feladat megoldás

M 1:5 esetén a valós hossz a rajzi hossz ötszöröse. - 250 mm · 5 = 1250 mm - 64 mm · 5 = 320 mm - 12 mm · 5 = 60 mm

3. feladat megoldás

Adott: l_rajz = 95 mm, M = 20. Keresett: l_valós.

$$l_{\text{valós}} = 95\,\text{mm} \cdot 20 = 1900\,\text{mm}.$$

Ezután M 1:50 esetén:

$$l_{\text{rajz},50} = \frac{1900\,\text{mm}}{50} = 38\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: 1:20-as rajzon 95 mm, 1:50-es rajzon 0,4-szer akkora (38/95 = 0,4). 1900/50 = 38; 1900/20 = 95. A 95 és 38 aránya 2,5, ami 50/20 = 2,5. ∎

4. feladat megoldás

A láncméretezés: 100, 250, 250, 250, 100.
Bázisméretezéssel a bal éltől mért távolságok:
- Első furat: 100 mm
- Második: 100 + 250 = 350 mm
- Harmadik: 350 + 250 = 600 mm
- Negyedik: 600 + 250 = 850 mm
- Jobb él: 850 + 100 = 950 mm

A rajzon a bázisméretezés így néz ki: egy közös segédvonal a bal szélről, és onnan mért méretvonalak a furatokhoz: 100, 350, 600, 850, 950. A lánc összege $100+250+250+250+100 = 950\,\text{mm}$, ez egyezik a polclap hosszával, tehát a méretezés zárt.

5. feladat megoldás

Adott: befoglaló méret 1800 mm, lánc összege $200 + 600 + 600 + 200 + 150 = 1750$ mm. Eltérés: $1800 - 1750 = 50$ mm. Tehát valamelyik láncméret 50 mm-rel rövidebb, mint kellene. A hibát úgy keressük, hogy megvizsgáljuk a rajzi elrendezést: például a 150 mm-es szakasz valójában 200 mm, vagy egy elem lemaradt. A helyes eljárás: a rajzot a befoglaló méretből kiindulva javítjuk, és a láncméretezést vagy a bázisméretezést összhangba hozzuk. A későbbi gyártás során a méretezést a Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra szerint dokumentáljuk.

6. feladat megoldás

Rajzterv:
- Termék: 500 × 300 × 18 mm-es tölgyfa asztallap.
- Nézet: elölnézet (felülnézet) mutatja a hosszt és szélességet; oldalnézet vagy vékony metszet mutatja a 18 mm vastagságot.
- Méretarány: A4-es lapon M 1:2 megfelelő, mert az 500 mm valós hossz 250 mm-es rajzi hosszat jelent, a 300 mm-es szélesség 150 mm-t.
- Méretek: befoglaló 500 × 300 × 18; a két sarok lekerekítése R20; a furatok Ø6, 60 mm-re a sarkoktól. A furatok helyét láncméretezéssel is megadhatjuk: 60, 380, 60? Vagy bázisméretezéssel: 60, 440 a furatokhoz.
- Ábraigény: a rajz fekete-fehér, a lekerekítések R20, a furatok Ø6, az anyagjelölés tölgy.
- A gyártáshoz a rajzról szabásjegyzék készül: az asztallap mérete kész méretben 500 × 300 × 18 mm, nyers méret 500 × 300 × 18 mm (vagy 502 × 302 mm, ha ráhagyással dolgozunk – ezt a későbbi méretezési fejezet pontosítja).

9.2.16. Rövid összefoglaló

A **méretarány** a rajzon megjelenő hossz és a valóságos hossz aránya. Kicsinyítésnél (1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50) a rajz kisebb, nagyításnál (2:1, 5:1) nagyobb, mint a tárgy. A rajz hossza kicsinyítésnél `l_rajz = l_valós / M`, nagyításnál `l_rajz = M · l_valós`. **A méretszámok mindig a valóságos méretet adják meg**, függetlenül a méretaránytól. A méretmegadás elemei: méretvonal, méretsegédvonal, határolójel (nyíl vagy ferde vonás), méretszám. A méretszámot mm-ben értjük, de a rajzon nem írjuk ki az „mm”-t. A méretezést elvégezhetjük lánc-, bázis- vagy koordináta-méretezéssel; a befoglaló és főméretek mindig a legfontosabbak. A sugarat R, az átmérőt Ø, a szöget ° jellel jelöljük, a letörést például 2 × 45° formában adjuk meg. A rajz méreteinek összhangját mindig ellenőrizni kell, mert a hiányzó vagy ellentmondó méret gyártási hibához vezet. Ezt a tudást a Síkmértani szerkesztések az asztalos gyakorlatában, a Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása és a Mérő- és rajzolóeszközök, anyagkiosztás és előrajzolás alfejezetek használják fel.

9.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok:
- MSZ EN ISO 128 sorozat – műszaki rajzok, vonalak és ábrázolási elvek (a pontos kódok és kiadások ellenőrizendők).
- MSZ EN ISO 129 sorozat – méretmegadás elvei (ellenőrizendő).
- MSZ EN ISO 5455 – méretarányok (ellenőrizendő).
- MSZ EN ISO 7200 – rajzfej, címmező (ellenőrizendő).
- Faipari szakrajzi tankönyvek, szakképzési jegyzetek a rajzi gyakorlatról.

Ellenőrizendő pontok:
- A faipari rajzokon használt méretarányok és a rajzi vonalvastagságok pontos előírásai.
- A határolójelek (nyíl vagy ferde vonás) faipari szokásának egységes használata a hazai és európai gyakorlatban.
- A rajzfej és a címmező pontos formája, tartalma a magyar szabvány szerint.
- A tűrések és a furathelyek megadásának pontos jelölési módja a mai faipari szabványokban.

9.3. Síkmértani szerkesztések az asztalos gyakorlatában

9.3.1. Miért kell az asztalosnak síkmértani szerkesztés?

Egy vevő boltíves bejárati ajtót kér, vagy egy ovális asztallapot szeretne. A műhelyben a pontos forma nem „ránézésre” készül: először rajz kell, abból sablon, és csak azután munkadarab. Ha a szerkesztés hibás – például az ív nem érintőlegesen csatlakozik az egyeneshez –, a kész ajtótokon vagy asztallapon látható törés lesz. A **síkmértani szerkesztés** az a rajzi módszer, amellyel körzővel, vonalzóval és segédvonalakkal pontosan előállítjuk a kívánt formát, mielőtt fűrészelni, gyalulni vagy marni kezdenénk.

Képzelj el egy boltíves ablakot: a felső szemöldökfa egy körív vagy kosárív. A rajzon meg kell határoznunk az ív középpontját, sugarát, és a csatlakozási pontokat. Ugyanezt a rajzot visszük át a sablonra, majd a sablonnal jelöljük a munkadarabot. A szerkesztés tehát nem öncélú rajztanulás, hanem a műhelyi pontosság első lépése.

9.3.2. Alapszerkesztések a rajztáblán és a műhelyben

Definíció. Síkmértani szerkesztés alatt olyan rajzi műveletet értünk, amely adott pontokból, egyenesekből és körívekből kiindulva, körző és vonalzó segítségével meghatároz egy új pontot, egyenest vagy ívet. A szerkesztés segédvonalait vékonyan húzzuk, a kész kontúrt vastagon húzzuk ki.

A leggyakoribb alapszerkesztések:

1. **Merőleges állítása egyenesre adott ponton.**
   A pontból körívet húzunk, amely két pontban metszi az egyenest. A metszéspontokból azonos sugárral két újabb körívet rajzolunk; ezek metszéspontját az eredeti ponttal összekötve kapjuk a merőlegest.
   Mire jó a műhelyben? Egy lap szélére derékszögben kell bejelölni egy hornyot, vagy egy oszlop alját merőlegesen levágni.

2. **Párhuzamos szerkesztése adott távolságban.**
   Az egyenes két pontjában merőlegest állítunk, azokra felmérjük a kívánt távolságot, majd a kapott pontokat összekötjük.
   Mire jó? Párhuzamos vezetőlécek, falcolatok, nútok helyének kijelölése.

3. **Szakaszfelezés (felező merőleges).**
   A szakasz két végpontjából azonos (a fél szakasznál nagyobb) sugárral köríveket húzunk. A két metszéspontot összekötő egyenes felezi a szakaszt, és merőleges rá.
   Mire jó? Íves alkatrészek, boltívek csúcsának meghatározása, szimmetriatengely kijelölése.

4. **Szögfelezés.**
   A szög csúcsából körívet húzunk, amely a két szárat elmetszi. A metszéspontokból azonos sugárral újabb köríveket rajzolunk; ezek metszéspontját a csúccsal összekötve kapjuk a szögfelezőt.
   Mire jó? Fecskefarkú fogazás, ferde csapok, saroklécek illesztése.

5. **Szakasz felosztása egyenlő részekre (párhuzamos szelők módszere).**
   A szakasz egyik végpontjából tetszőleges ferde segédegyenest húzunk. Erre körzővel felmérünk annyi egyenlő kis távolságot, ahány részre osztani akarunk. Az utolsó pontot összekötjük a szakasz másik végpontjával, majd ezzel az egyenessel párhuzamosokat húzunk a segédegyenes osztópontjain át. A párhuzamosok a szakaszt egyenlő részekre osztják.
   Mire jó? Fiókbeosztás, fokok egyenlő kiosztása, lépcsőfokok elosztása a járóvonalon.

Szabály. A szerkesztési vonalak mindig vékony, jól látható, de a kész kontúrtól megkülönböztethető vonalak legyenek. A végleges rajzot a szabványos vonalvastagságokkal, a méreteket a méretmegadás szabályai szerint adjuk meg – ezt a(z) Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon alfejezetben tanultad, a vonalak jelölését pedig a(z) Rajzeszközök, rajzfajták, szabványos vonalak és betűk alfejezet rögzíti.

9.3.3. Szabályos sokszögek: hatszög és nyolcszög

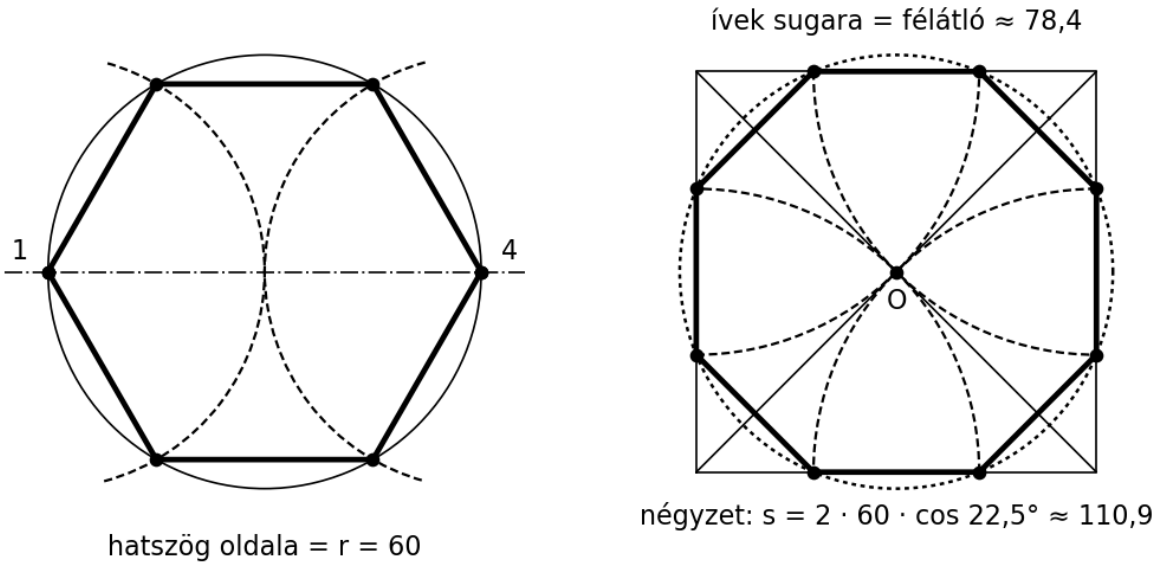
Az asztalosmunkában gyakoriak a sokszög alakú lapok, oszlopok, betétek. A két leggyakoribb a **szabályos hatszög** és a **szabályos nyolcszög**.

Szabály. A körbe írt szabályos hatszög oldala egyenlő a kör sugarával. Ezért a kör kerületén körzővel a sugár felmérésével hat pontot kapunk, amelyeket sorban összekötve megrajzolható a hatszög.

Példa. Egy hatszögletű asztallap átmérője (a köré írható kör átmérője) $D = 600\,\text{mm}$. A sugár $r = D/2 = 300\,\text{mm}$, tehát a hatszög oldalhossza $a = 300\,\text{mm}$. A szerkesztésnél a 300 mm sugárral hat pontot jelölünk a körön, és összekötjük őket.

Szabályos nyolcszög szerkesztése.
Egy négyzetből indulunk ki: rajzoljunk egy négyzetet, majd húzzuk meg az átlóit. Az átlók metszéspontja a középpont. A négyzet mind a négy csúcsából a csúcs és a középpont távolságával (a félátlóval) mint sugárral ívet húzunk; az ívek a négyzet oldalait 8 pontban metszik. Ez a 8 pont a szabályos nyolcszög csúcsa (a négyzet csúcsai nem azok). A pontok összekötésével szabályos nyolcszöget kapunk, oldala $s(\sqrt{2}-1) \approx 0{,}414\,s$ (s a négyzet oldala).
Mire jó? Nyolcszögletű asztallap, oszloplábazat, dísztányér.

A két szerkesztést az ábra mutatja: bal oldalon a hatszöget (a sugár hatszor fér rá a körre), jobb oldalon a nyolcszöget, amelyet a köré írható négyzetből szerkesztünk. A négyzet csúcsaiból a félátlóval mint sugárral húzott ívek az oldalakat 8 pontban metszik; ezek a nyolcszög csúcsai (a négyzet csúcsai nem azok). Az interaktív változat lépésenként mutatja a körzőmozdulatokat.



9.6. ábra. Szabályos hatszög szerkesztése egy $r = 60\,\text{mm}$ sugarú körbe (oldala $= r$) és szabályos nyolcszög szerkesztése négyzetből félátló sugarú ívekkel (négyzet oldala $\approx 110{,}9\,\text{mm}$, félátló $\approx 78{,}4\,\text{mm}$)

9.3.4. Ívek csatlakozása és lekerekítés

Egy íves kontúr akkor szép, ha az egyenes és az ív, vagy két ív **érintőlegesen** csatlakozik: a csatlakozási pontban nincs törés, a vonal folyamatos.

Szabály. Egy körív és egy egyenes akkor csatlakozik érintőlegesen, ha az ív sugara merőleges az egyenesre az érintési pontban. Két körív akkor csatlakozik érintőlegesen, ha a két középpont és az érintési pont egy egyenesre esik.

Lekerekítés készítésekor adott r sugarú ívet illesztünk két egyenes közé. A szerkesztés lépései:

1. Rajzoljuk meg a két egyenest (például egy asztallap két szomszédos élét).
2. Mindkét egyenessel párhuzamosan húzzunk egy-egy segédegyenest r távolságban, a sarok felé.
3. A két segédegyenes metszéspontja lesz az ív középpontja.
4. A középpontból merőlegest állítunk mindkét eredeti egyenesre; ezek az érintési pontok.
5. Az ívet az érintési pontok között rajzoljuk meg.

Mire jó? Asztallap sarkainak lekerekítése, fiókfront éleinek lágyítása, díszlécek profiljának rajzolása.

9.3.5. Ellipszis szerkesztése

A műhelyben a legegyszerűbb a **kertész-módszer** (zsinóros ellipszis): ez a definíció szerint pontos ellipszist ad, a pontosságot csak a zsinór nyúlása és a szegek helyzete rontja. Rajzlapon gyakran körívekből álló közelítő oválist (kosárívet) használunk. A kertész-módszer lépései:

1. Rajzoljuk meg a **nagytengelyt** AB és a **kistengelyt** CD egymásra merőlegesen.
2. A nagytengelyre, a középpontból mindkét oldalra mérjük fel a fókusztávolságot: $c = \sqrt{a^2 - b^2}$, ahol a a fél nagytengely, b a fél kistengely.
3. A két fókuszpontba szúrjunk rajzszeget, kössünk rájuk egy zsinórt, amelynek hossza éppen a nagytengely hossza.
4. Ceruzával feszítsük ki a zsinórt, és vezessük körbe: a ceruza ellipszist rajzol.

Megjegyzés. Az asztalos a műhelyben ugyanezt a módszert használhatja nagy ovális asztallap kijelölésére: a fókuszpontokba szeget üt, zsinórt feszít, és ceruzával vagy rajztűvel körbejár.

Definíció. Az **ellipszis** olyan görbe, amelynek minden pontjára igaz, hogy a két fókuszponttól mért távolságok összege állandó. A **kosárív** ezzel szemben több körívből, érintőlegesen összeillesztett görbe, amely az ellipszist közelíti.

9.3.6. Kosárív és szegmensív

Az épületasztalos-iparban a boltíves nyílások két alapformája a **szegmensív** és a **kosárív**.

Definíció. A **szegmensív** (körszeletív) olyan ív, amely egyetlen körívből áll, és a fesztáv két végpontja, valamint a magasság (emelkedés) határozza meg. A **kosárív** több, különböző sugarú körívből, érintőlegesen csatlakozó görbe, amely a nyílás arányához jobban illeszkedik, mint az egyetlen körív.

Szegmensív szerkesztése.
Adott a fesztáv f (a nyílás szélessége) és a magasság m (az ív emelkedése). A középpontot a következőképpen szerkesztjük:

1. Rajzoljuk meg az AB fesztávot vízszintesen, és felezzük meg: kapjuk a C pontot.
2. A C-ben állítsunk merőlegest, és mérjük fel rá a $CD = m$ magasságot.
3. Az A és D, valamint B és D pontok közé húzzuk meg a felező merőlegeseket.
4. A két felező merőleges metszéspontja adja a körív O középpontját.
5. Az O középpontból $OA = OB = OD$ sugárral rajzoljuk meg az ívet.

A szerkesztés mellett a sugarat **számítással** is meghatározhatjuk:

$$R = \frac{f^2 + 4m^2}{8m}.$$

Példa. Egy boltíves ajtó fesztávja $f = 900\,\text{mm}$, magassága $m = 300\,\text{mm}$. A körív sugara:

$$R = \frac{900^2 + 4 \cdot 300^2}{8 \cdot 300} = \frac{810000 + 360000}{2400} = \frac{1170000}{2400} = 487{,}5\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: a sugár nagyobb a fél fesztávnál (450 mm), ezért az ív lapos, nem félkör; ez helyes, mert a magasság kisebb a fél fesztávnál.

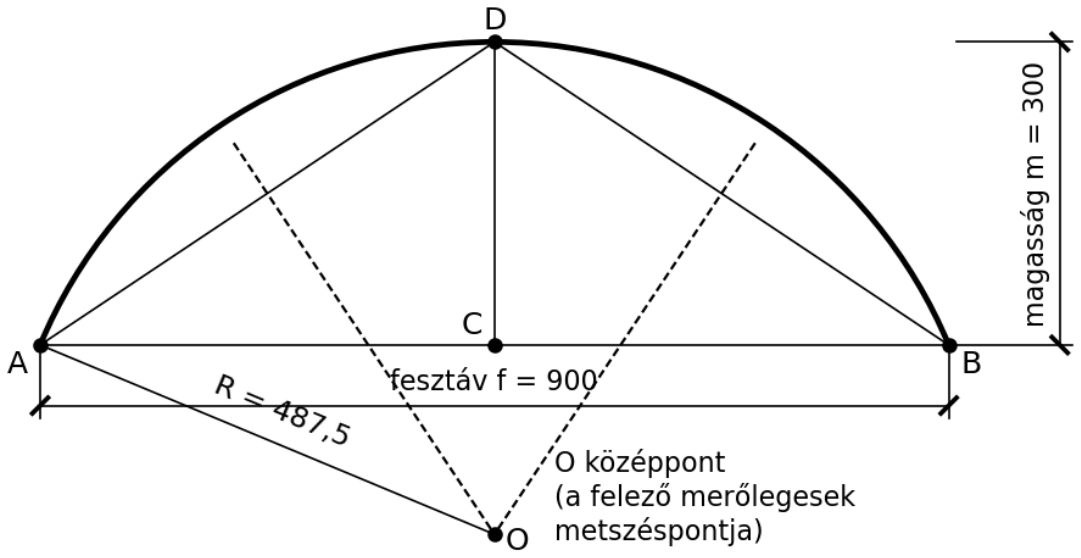
Kosárív szerkesztése (háromközéppontos közelítés).
A kosárív szerkesztése több lépésből áll. Az alábbi módszer jó közelítést ad, és a műhelyben sablonkészítésre alkalmas:

1. Rajzoljuk meg az AB fesztávot és a C-ben rá merőleges $CD = m$ magasságot ($m < f/2$).
2. Kössük össze A-t és D-t.
3. D-ből mérjük fel az AD szakaszra a $DE = f/2 - m$ távolságot.
4. Az AE szakasz felező merőlegese az AB-t O_1-ben, a CD egyenesét (lefelé meghosszabbítva) O_2-ben metszi.
5. O_1 tükörképe a függőlegesre O_3.
6. O_1 és O_3 körül O_1A sugárral rajzoljuk a két kis ívet, O_2 körül O_2D sugárral a nagy ívet; az ívek az O_2O_1 és O_2O_3 egyenesek meghosszabbításán érintik egymást, ezért az ív folyamatos.

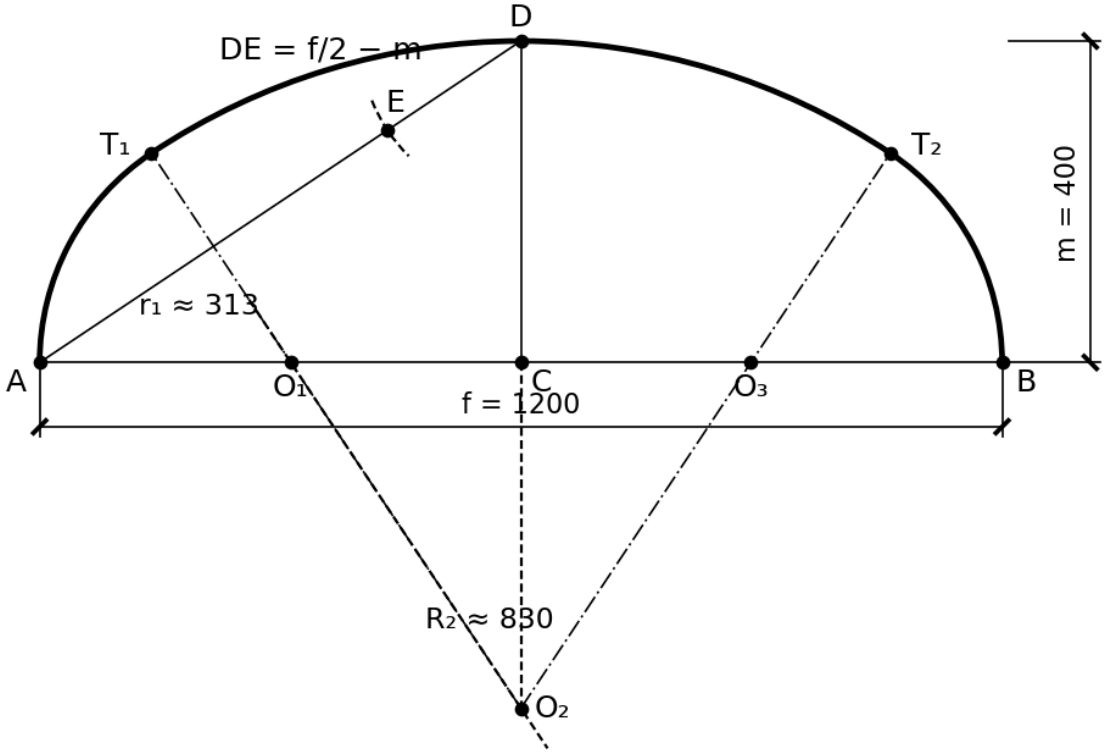
Számpélda ($f = 1200\,\text{mm}$, $m = 400\,\text{mm}$): $DE = 600 - 400 = 200\,\text{mm}$; a szerkesztés O_1 az AB-n, A-tól 313 mm-re ($r_1 = O_1A \approx 313\,\text{mm}$), O_2 a C alatt kb. 430 mm-rel, $R_2 = O_2D \approx 830\,\text{mm}$; ellenőrzés: $O_1O_2 \approx 517\,\text{mm} = R_2 - r_1$, tehát az ívek érintkeznek.

A kosárív pontos méretezését mindig méretarányos rajzon ellenőrizzük, mert a tényleges középpontok a nyílás arányaitól függenek.

Az első ábra a példa szegmensívét mutatja ($f = 900$, $m = 300$, $R = 487{,}5\,\text{mm}$); az interaktív változatban a fesztáv és a magasság csúszkával állítható, a sugár kiszámolódik ($m = f/2$ esetén félkörív). A második ábra a háromközéppontos kosárív szerkesztését mutatja adott fesztávból és magasságból ($f = 1200$, $m = 400$): AD összekötése, $DE = f/2 - m$ felmérése, az AE felező merőlegese adja az O_1 és O_2 középpontot, O_1 tükörképe O_3; a kis ívek O_1 és O_3, a nagy ív O_2 körül készül, és az ívek az O_2O_1, O_2O_3 egyenesen érintőlegesen csatlakoznak. Az interaktív változat ezt lépésenként játssza le.



9.7. ábra. Szegmensív szerkesztése: AB fesztáv (900), CD magasság (300), a húrok felező merőlegesei az O középpontban metszik egymást, $R = 487{,}5\,\text{mm}$



9.8. ábra. Háromközéppontos kosárív szerkesztése ($f = 1200$, $m = 400$): E pont az AD szakaszon, O_1, O_2, O_3 középpontok, T_1, T_2 érintési pontok ($r_1 \approx 313\,\text{mm}$, $R_2 \approx 830\,\text{mm}$)

9.3.7. A szerkesztésből sablon: lépésről lépésre

A rajz önmagában még nem munkadarab. A következő lépés a **sablon** elkészítése, amelyről a munkadarabot jelöljük.

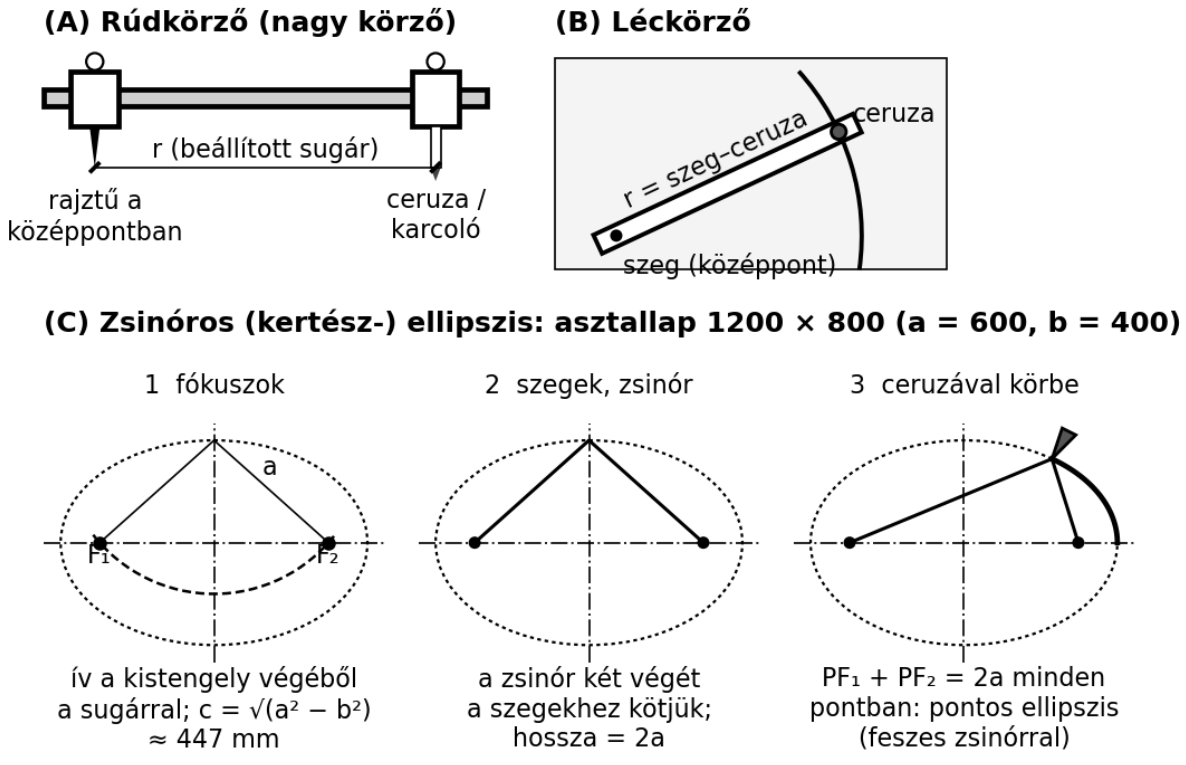
Recept. Sablonkészítés szerkesztett rajzból

1. **Ellenőrizd a rajzot.** Mérd meg a fő méreteket: fesztáv, magasság, sugár. Ellenőrizd a szimmetriát: a két fél tükörképe legyen egybevágó.
   – ellenőrzés: a fesztáv két fele azonos hosszúságú, a magassági tengely merőleges.
2. **Válassz sablonanyagot.** Kisebb sablonhoz vastag karton, nagyobbhoz 3–6 mm vastag farostlemez (HDF) vagy rétegelt lemez alkalmas.
   – szempont: a sablon széle legyen sima, kopásálló.
3. **Másold át a rajzot.** Rajzlapról pauszpapírral, vagy másolópapírral vidd át a kontúrt a sablonanyagra. Ügyelj arra, hogy a rajz ne csússzon el.
   – ellenőrzés: a fő tengelyek és a csatlakozási pontok egyeznek.
4. **Vágd ki a sablont.** Kézi fűrésszel, dekopírfűrésszel vagy szalagfűrésszel vágj a kontúrvonalon kívül, körülbelül 1 mm ráhagyással.
   – **Gépbiztonság.** A szalagfűrészt csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti. Indítás előtt: a szalag ép és feszített; a felső vezető és védőburkolat kb. 3–5 mm-re a munkadarab fölött (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv); a szalagszélesség illik a legkisebb ívsugárhoz; az elszívás be van kapcsolva. Szűk ívnél előbb tehermentesítő bevágásokat készíts. Kis darabot tolófával vagy sablontartóval vezess, a kezed ne kerüljön a fűrészlap elé; kesztyű nem, védőszemüveg igen. Elakadásnál állítsd le a gépet, és várd meg a szalag megállását. Kisebb sablonhoz ajánlható a kézi lombfűrész vagy a dekopírfűrész.
5. **Simítsd a sablon éleit.** Reszelővel, majd csiszolópapírral dolgozd le a ráhagyást a kontúrvonalig.
   – ellenőrzés: a sablon széle pontosan kövesse a rajzolt vonalat; ha a vonalra helyezed, ne látszódjon rés.
6. **Jelöld a sablont.** Írd rá az alkatrész nevét, a méretet, a rostirányt és a darabszámot.
   – ellenőrzés: a felirat ne takarja a kontúrt.
7. **Ellenőrizd a sablont próbadarabbal.** Helyezd a sablont egy hulladék lapra, rajzold körbe, és vágd ki a próbadarabot. A próbadarabnak pontosan illeszkednie kell a sablonra.
   – ellenőrzés: a próbadarab kontúrja a sablonéval egybevágó, a csatlakozásoknál nincs törés.

9.3.8. Szerkesztések átvitele a munkadarabra

A sablon elkészülte után a formát a munkadarabra kell átvinni. A műhelyben ehhez több eszközt használunk:

- **Nagy körző** (rúd-körző): nagy sugarú körívek rajzolásához. A rúdra egy rajztűt és egy ceruzát vagy karcolót rögzítünk.
- **Léc-körző:** két lécdarabból készített egyszerű körző, amelynek egyik végén szeg, másik végén ceruza van. A középtávolság a sugár.
- **Zsinór:** nagy ívek és ellipszis kijelölésére. A zsinór két végét rögzítjük, és ceruzával kifeszítve rajzolunk.
- **Mérőszalag, derékszög, rajzsín:** az egyenesek és a merőlegesek pontos kijelölésére.



9.9. ábra. Szerkesztések átvitele a munkadarabra: (A) rúdkörző rajztűvel és ceruzával, (B) léckörző szeggel és ceruzával, (C) zsinóros (kertész-) ellipszis három lépésben a 4. feladat asztallapjára ($a = 600$, $b = 400$, $c \approx 447\,\text{mm}$): fókuszok kijelölése, szegek és zsinór, a ceruza körbevezetése

Az interaktív változatban a ceruza húzható: a zsinór feszes marad, a két zsinórszakasz összege mindig $2a$, ezért a zsinóros módszer elvben pontos ellipszist ad.

Szabály. A munkadarabon a jelölést mindig a bázisélből és a bázislapból kiindulva készítsd, hogy a méretek egyértelműek legyenek. A jelölővonalakat vékonyan, jól láthatóan húzd, és a fűrészvágás mindig a vonal hulladék felőli oldalán fusson.

Továbbvitt eredmény. A síkmértani szerkesztések – a szabályos sokszögek, a szegmens- és kosárívek, az ellipszis közelítő módszere és a sablonkészítés – közvetlenül felhasználjuk a(z) Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon alfejezetben, ahol a rajzokon az anyagot és a metszetet is jelöljük; a(z) Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza alfejezetben az íves támla és a lábak rajzolásához; valamint a(z) Falépcsők szerkesztése és készítése alfejezetben a lépcsőívek és a pofafák szerkesztéséhez.

9.3.9. Minőségellenőrzés

A szerkesztett rajzot és a sablont a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

- **Méretpontosság:** a fesztáv, magasság, sugár és az oldalhosszak a rajzon és a sablonon a megengedett tűrésen belül vannak. Tájékoztató tűrés sablonnál: $\pm 0{,}5\,\text{mm}$ (ellenőrizendő: a gyártási folyamat előírása).
- **Szimmetria:** a két fél tükörképe egybevágó; a magassági tengely merőleges a fesztávra.
- **Érintőleges csatlakozás:** az egyenes–ív és ív–ív átmeneteknél nincs törés vagy sarok.
- **Sablon széle:** sima, sorjamentes, nem hullámos.
- **Jelölés:** a sablonon a név, méret, rostirány egyértelmű.

Ha eltérést találsz, először a rajzot javítsd, majd a sablont igazítsd. Ne próbáld „menet közben” korrigálni a munkadarabot, mert a hiba halmozódik.

9.3.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Törés a kontúrban.**
   Ok: az ív és az egyenes nem érintőlegesen csatlakozik, mert a középpontot rosszul szerkesztetted.
   Helyes gyakorlat: a sugárnak az érintési pontban merőlegesnek kell lennie az egyenesre; szerkesztésnél ezt mindig ellenőrizd.

2. **A boltív laposabb vagy meredekebb a tervezettnél.**
   Ok: a fesztávot és a magasságot felcserélted, vagy a sugár képletébe rossz érték került.
   Helyes gyakorlat: a számítást mértékegységekkel ismételd meg, és a szerkesztéssel ellenőrizd (a szerkesztett és a számított R egyezzen).

3. **A sablon nem illik a munkadarabra.**
   Ok: a sablon kivágásakor a vonalon belül vágtál, vagy a csiszolásnál túl sokat vettél le.
   Helyes gyakorlat: először a vonalon kívül vágj, és fokozatosan, próbálgatva közelítsd a kontúrt.

4. **A szabályos sokszög oldalai nem egyenlők.**
   Ok: a körzőnyílás megváltozott a felmérés közben, vagy a pontokat nem a körön jelölted.
   Helyes gyakorlat: a körzőt rögzítsd, és minden pontot a körvonalról mérj vissza.

9.3.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhely boltíves bejárati ajtót készít. A vevő megadta a nyílás szélességét (1000 mm) és a kívánt ívmagasságot (350 mm). Az asztalos először szegmensívet szerkesztett: kiszámolta a sugarat, majd megrajzolta a szemöldökfát. A sablon elkészítésekor azonban nem ellenőrizte a fesztáv felét, és a szimmetriatengely kissé ferde lett. Az első próbadarab behelyezésekor a két oldal nem záródott: az egyik oldalon 4 mm hézag maradt. A hiba oka a ferde tengely volt, ami miatt a két ívél eltérő hosszúságú lett. A javítás: a sablont újra ellenőrizték, a tengelyt merőlegesre igazították, és a próbadarabot újravágták. A tanulság: **a szerkesztést és a sablont is minden lépésnél ellenőrizni kell, nem elég egyszer megrajzolni.**

9.3.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: A szegmensív mindig két körívből áll.

2. Hogyan szerkeszted meg egy szakasz felező merőlegesét?

3. Mi a feltétele annak, hogy egy körív és egy egyenes érintőlegesen csatlakozzon?

4. Egy szabályos hatszög köré írható kör átmérője 500 mm. Mekkora a hatszög oldala?

5. Számítsd ki egy szegmensív sugarát, ha a fesztáv 1200 mm, a magasság 400 mm.

6. Miért készítünk sablont a szerkesztésből, miért nem közvetlenül a munkadarabot jelöljük?

9.3.13. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel az öt alapszerkesztést, és írd le röviden, mire használod őket az asztalosműhelyben.

2. feladat (A). Rajzolj le egy 600 mm átmérőjű körbe írt szabályos hatszöget. Add meg az oldalhosszát.

3. feladat (B). Szerkessz egy 800 mm fesztávú, 250 mm magasságú szegmensívet. Írd le a lépéseket, és számold ki a sugarát.

4. feladat (B). Egy ovális asztallap nagytengelye 1200 mm, kistengelye 800 mm. Határozd meg a fókuszpontok távolságát a középponttól.

5. feladat (C). Egy nyolcszögletű oszlopfejet kell készítened. Rajzold meg a nyolcszög szerkesztését négyzetből, és magyarázd el, miért fontos, hogy a négyzet oldalai pontosan párhuzamosak legyenek.

6. feladat (D). Készíts ellenőrzőlistát egy boltíves ajtó szemöldökfájának sablonjához. A lista legalább hat pontot tartalmazzon, és minden pontnál jelöld az ellenőrzés módját.

9.3.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A szegmensív egyetlen körívből áll; a kosárív áll több körívből.

2. A szakasz két végpontjából azonos (a fél szakasznál nagyobb) sugárral köríveket húzunk; a két metszéspontot összekötő egyenes a felező merőleges.

3. A sugárnak az érintési pontban merőlegesnek kell lennie az egyenesre.

4. A hatszög oldala a sugár: $a = r = D/2 = 250\,\text{mm}$.

5. $R = \frac{f^2 + 4m^2}{8m} = \frac{1200^2 + 4 \cdot 400^2}{8 \cdot 400} = \frac{1440000 + 640000}{3200} = \frac{2080000}{3200} = 650\,\text{mm}$.

6. A sablon többször felhasználható, pontosan ellenőrizhető, és megóvja a munkadarabot a felesleges jelölési hibáktól.

1. feladat (A) megoldása.
Merőleges állítása, párhuzamos szerkesztése, szakaszfelezés, szögfelezés, szakasz felosztása. Műhelyi példák: derékszögű sarok ellenőrzése, nút párhuzamos vezetése, szimmetriatengely, fecskefark szögfelezése, fokok egyenlő kiosztása.

2. feladat (A) megoldása.
A kör sugara $r = 300\,\text{mm}$. A körön körzővel 300 mm sugárral hat pontot jelölsz, majd a pontokat sorban összekötöd. Az oldalak 300 mm hosszúak.

3. feladat (B) megoldása.
Lépések: 1. $AB = 800\,\text{mm}$ vízszintes; 2. felezés, C pont; 3. C-ben merőleges, $CD = 250\,\text{mm}$; 4. A–D és B–D felező merőlegesei, metszéspont O; 5. O-ból R sugárral ív.
Számítás: $R = \frac{800^2 + 4 \cdot 250^2}{8 \cdot 250} = \frac{640000 + 250000}{2000} = \frac{890000}{2000} = 445\,\text{mm}$.

4. feladat (B) megoldása.
A fél nagytengely $a = 600\,\text{mm}$, fél kistengely $b = 400\,\text{mm}$. A fókusztávolság $c = \sqrt{a^2 - b^2} =$

$\sqrt{600^2 - 400^2} = \sqrt{360000 - 160000} = \sqrt{200000} \approx 447{,}2\,\text{mm}$. A fókuszpontok a középponttól kb. 447 mm-re vannak a nagytengelyen.

5. feladat (C) megoldása.
A négyzet átlóinak metszéspontja a középpont. A négyzet mind a négy csúcsából a félátlóval (a csúcs és a középpont távolságával) mint sugárral ívet húzunk; az ívek a négyzet oldalait 8 pontban metszik, ez a 8 pont a nyolcszög csúcsa (a négyzet csúcsai nem azok). A párhuzamosság azért fontos, mert ha a négyzet oldalai nem párhuzamosak, az átlók hibásan jelölik a középpontot, és a nyolcszög szabálytalan lesz: az oldalak hossza és a szögek eltérnek.

6. feladat (D) megoldása.
Ellenőrzőlista:
1. Fesztáv hossza a sablonon ($\pm 0{,}5$ mm) – mérőszalag.
2. Magasság a sablonon – mérőszalag.
3. Szimmetria: a két fél tükörképe – hajtogatással vagy tükörpróbával.
4. Érintőleges csatlakozás – szemrevételezés, esetleg vonalzó a sugár irányába.
5. Sablon széle sima – tapintással, szemrevételezéssel.
6. Jelölések (név, méret, rostirány) – olvashatóak, nem takarják a kontúrt.
7. Próbadarab illesztése – a próbadarab a sablonra pontosan illeszkedik.

9.3.15. Rövid összefoglaló

A síkmértani szerkesztések az asztalos rajzi és műhelyi munkájának alapjai. A leggyakoribb alapszerkesztések: merőleges állítása, párhuzamos húzása, szakaszfelezés, szögfelezés és szakasz felosztása párhuzamos szelőkkel. A szabályos hatszög oldala a kör sugarával egyenlő, a nyolcszöget négyzetből szerkesztjük. Az ívek akkor csatlakoznak szépen, ha érintőlegesek: a sugár az érintési pontban merőleges az egyenesre. A szegmensív egyetlen körívből áll, sugarát a $R = \frac{f^2+4m^2}{8m}$ képlettel számoljuk. A kosárív több körívből érintőlegesen összeálló görbe. Az ellipszist a kertész-módszerrel közelítjük: két fókuszpont és zsinór segítségével. A szerkesztésből sablont készítünk, amelyet ellenőrzés után viszünk át a munkadarabra nagy körzővel, léc-körzővel vagy zsinórral. **Továbbvitt eredmények:** ezeket a szerkesztéseket használjuk a(z) Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon alfejezetben, a(z) Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza alfejezetben és a(z) Falépcsők szerkesztése és készítése alfejezetben.

9.3.16. Források és ellenőrzési hiányok

- A műszaki rajzok vonalaira, méretmegadására vonatkozó MSZ EN ISO 128 sorozat előírásai irányadók (ellenőrizendő: pontos szabványszám és hatályos kiadás).
- A szerkesztési módszerek (szakaszfelezés, szögfelezés, párhuzamos szelők, kosárív, kertész-módszer) klasszikus mértani és faipari szakrajzi ismeretek, amelyek szakkönyvi leírásokon alapulnak.
- A sablonkészítés tűrései műhelyfüggők; a megadott $\pm 0{,}5$ mm tájékoztató érték (ellenőrizendő: a gyártási folyamat előírása).
- A boltíves nyílások méretezésénél mindig az aktuális építészeti és asztalosipari előírásokat kell figyelembe venni (ellenőrizendő: helyi terv, szabvány).

9.4. Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon

9.4.1. Motiváció

A műhelyben az asztalos ritkán kap kész termékrajzot szavakkal. A rajzon a tömör tölgy bütüje, a forgácslap közepén húzódó mag, a biztonsági üveg rétege és a tok fém erősítése egymás fölött, egymás előtt szerepel, és aki nem tudja, melyik milyen jel, az összetéveszthetí a rétegelt lemezt egy furnérozott forgácslappal. A rossz anyagjelölés vagy annak rossz olvasata a megrendelés, az anyagbeszerzés és a gyártás során is hibát okoz. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan jelöljük a faipari rajzokon az anyagokat, és hogyan olvasod ki egy metszetből a csomópont szerkezetét.

A faipari rajzok jellegzetessége, hogy sok különböző anyag keveredik: tömör fa, lapanyag, furnér, élzáró, fém, üveg, műanyag, szigetelés, falazat. A metszetekben ezeket sraffozással, illetve a sraffozás és a rétegvonalak együttes alkalmazásával különítjük el. A megfelelő jel azt is megmutatja, hogy a fa rostja milyen irányban halad, ami a kötések és a zsugorodás szempontjából rendkívül fontos.

9.4.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy ablak tokkeresztmetszetét rajzoljuk: a tok tömör borovi fenyő, a vízorr fölött egy alumínium lemezt látunk, a belső oldalon egy vékony PVC szigetelést, az üvegezés körül tömítőprofil van, és az üveg dupla üvegezésű. A rajzon minden anyag különböző jelzést kap. A tömör fa metszete a növekedési gyűrűk sematikus jelölésével jelenik meg, a fémlemez vékony, sötétre kitöltött sávként, a szigetelés pedig hullámvonallal. A rajzot olvasó asztalos a megrendelővel folytatott megbeszélésen pontosan ellenőrizheti, hogy a rajz a szerződött anyagokat tartalmazza.

9.4.3. Anyagjelölések célja és alapelve

A rajzolás szabálya az, hogy a metszeti felületeket az üresen hagyott kontúrhoz képest mindig megkülönböztetjük. Ehhez anyagjelölést alkalmazunk: sraffozást, anyagjelet, rétegvonalakat, rostirányjelet.

Definíció. Anyagjelölés a műszaki rajzon az anyag fajtáját, rétegfelépítését vagy rostirányát szabványos vonalakkal és jelekkel bemutató ábrázolás.

Szabály. A faipari rajzon az anyagjelölés célja nem a gyártó fantázianeve, hanem a szerkezet. Ha a terméket furnérozott forgácsból készítjük, a rajzon nem elég a forgácslap jelölése, a furnér rétegét is fel kell tüntetni; ha a bútor kávaélére élzáró kerül, az is külön jelölést kap.

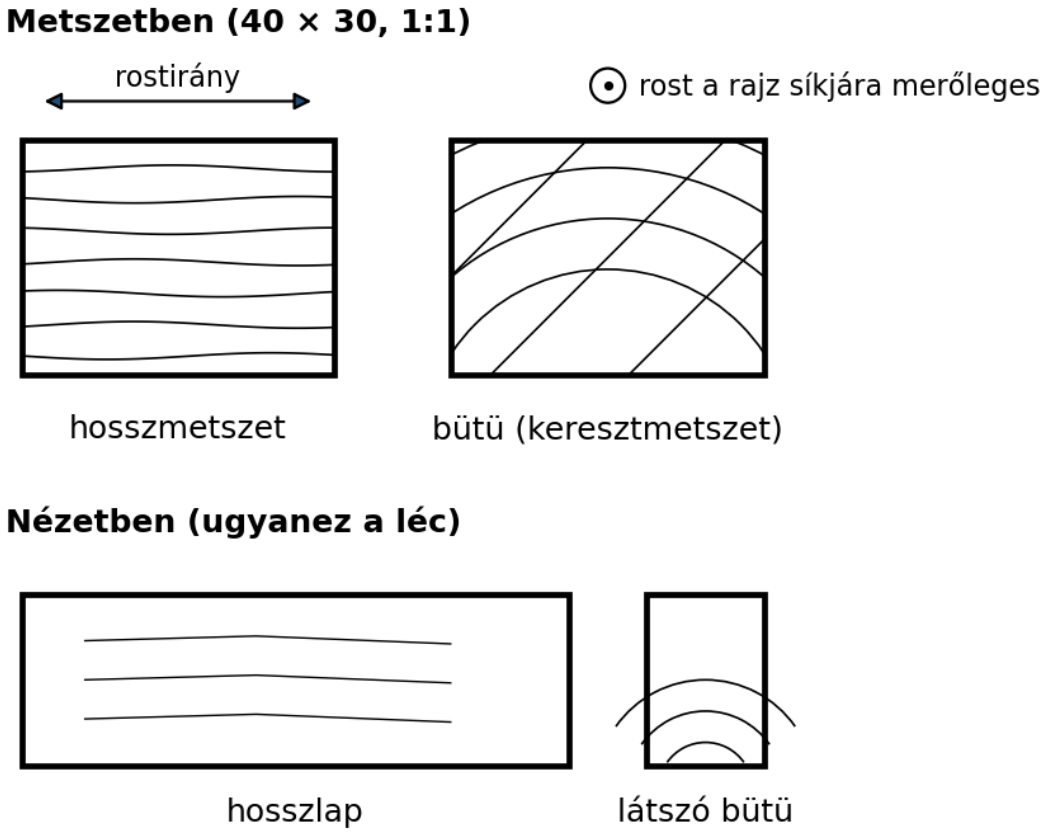
Szabály. Az anyagjelölést a rajz fölött vagy a szabásjegyzékben meg kell nevezni; a rajzon a jel mellett gyakran rövid felirat, például „rétegelt lemez 18 mm”, „tömör bükk”, „biztonsági üveg 6 mm” is szerepelhet. A méretarány miatt nem mindig tudjuk a tényleges rétegszerkezetet megrajzolni, ilyenkor a jel egyezményes, a mellékelt anyagszám vagy megjegyzés adja a pontos információt.

9.4.4. A tömör fa jelölése

A tömör fa a faiparban két jellemző metszeti irányban kerül rajzolásra: hosszmetszetben (rostt mentén) és keresztmetszetben (bütü, a rostokra merőlegesen). A fa anyaga mindkét esetben fa, de a rajzon másképp jelöljük.

- **Tömör fa hosszmetszet:** rostirányú, enyhén hullámos vékony vonalak (kb. 3–5 mm-enként a rajzon).
- **Tömör fa bütü:** a rostok a rajz síkjára merőlegesek; a jel évgyűrű-ívek és ritka, vékony átlós vonalak. A bütüt nem sraffozzuk, így nem téveszthető össze a fémmel.
- **Rostirány jelölése:** a rostirányt a rajzon nyíllal vagy vékony vonallal jelöljük, párhuzamosan a fa szálirányával. Ez a szabásjegyzékben gyakran a „szálirány” oszlopban szövegesen szerepel.

Az ábrán bal oldalon a hosszmetszet (rostirányú, enyhén hullámos vékony vonalak 3–5 mm-enként), jobb oldalon a bütü (évgyűrű-ívek és ritka, vékony átlós vonalak) látható; alattuk ugyanez a léc nézetben, ahol nincs metszeti jel, a látszó bütün csak néhány évgyűrű-ív.



9.10. ábra. A tömör fa anyagjele metszetben (40 × 30, 1:1): hosszmetszet rostvonalakkal és bütü évgyűrű-ívekkel; alatta ugyanez nézetben

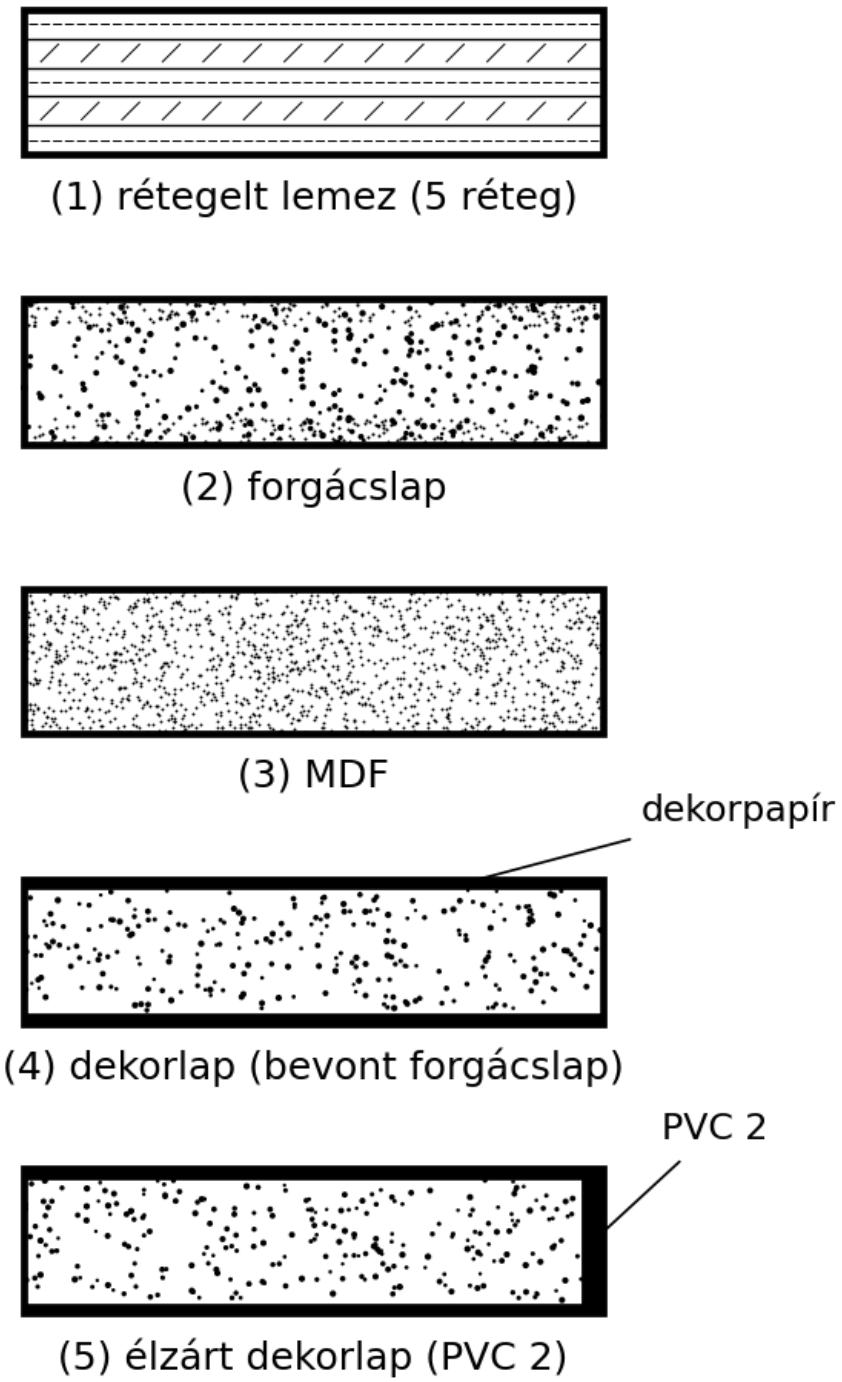
9.4.5. A lapanyagok jelölése

A faipari lapanyagokat a rétegfelépítés alapján jelöljük.

- **Rétegelt lemez:** egymásra merőleges rétegekből áll. A rajzon a metszetben a lemez élét vékony, egymással párhuzamos vonalak jelzik, a rétegek száma a valóságnak megfelelően vagy a szokásos 3, 5, 7 jelzésnek megfelelően. A rétegvonalakon kívül a lemezre gyakran egyetlen hosszanti vonalat rajzolunk, hogy a rétegelt szerkezet nyilvánvaló legyen. A két felületet párhuzamos vonalpárral határoljuk. A furnérlemezek rétegeinél a szálirányt is jelölhetjük kis nyíllal.
- **Forgácslap:** a metszetben a lapot szabályos, sűrű, rövid, rendezetlen szerkezetű pöttyözéssel vagy sraffozással jelöljük. A forgácslap jelölése a faipari szokás szerint a sraffozás mellett a „forgácslap” felirattal egészül ki. A bevont forgácslap, MDF, HDF lap esetén a felső réteget külön vonallal jelezzük, a lap külsején a dekor jelölését felirattal adjuk meg.
- **MDF:** a metszetben a sűrű pöttyözés vagy finom sraffozás, a forgácslapétól elkülönítve. A pontos jelölést a szabályozott szabvány nem mindig határozza meg, ezért a jel gyakran a rajz saját jelmagyarázatában szerepel.
- **Furnér:** vékony fa réteg. A rajzon kettős, párhuzamos vonallal jelöljük, a furnér vastagságát a méretarány szerint túlzó méretben, a vastag rétegvonal és a hordozó anyag közötti vékony vonal jelzi. A furnér anyaga (tölgy, bükk, dió) szövegesen a jel mellett vagy a szabásjegyzékben szerepel.
- **Élzáró:** vékony, a lap anyagjelétől jól elkülönülő, gyakran sötét sáv a lapél végén; mivel több anyagból (PVC, ABS, furnér, tömörfa) készülhet, az anyagot a rajz felirata adja meg.

Szabály. A vékony rétegek (furnér, élzáró, papírbevonat) méretarányosan nem ábrázolhatók, ezért a rajzon a felismerhetőség érdekében vastagítva, a tényleges vastagság feltüntetésével jelöljük őket.

Az öt leggyakoribb lapanyag élmetszeti jelét az ábra mutatja. Az ötrétegű rétegelt lemeznél 4 belső határvonal van (a két felületet a kontúr adja); a dekorlapot a felső és alsó vastag vonal, az élzárt lapot a lapél fekete sávja különbözteti meg. Az interaktív változat jelkulcs-kvíz: a jelre, majd a nevére kattintva azonnali visszajelzést kapsz.



9.11. ábra. Lapanyagok élmetszeti jele (60 × 15): (1) ötrétegű rétegelt lemez, (2) forgácslap, (3) MDF, (4) dekorlap, (5) élzárt dekorlap 2 mm-es PVC élzáróval

9.4.6. Nem fa anyagok jelölése

A faipari rajzokon fém, üveg, műanyag, szigetelés és falazat is előfordul, ezért ezek jelölését is ismerni kell.

- **Fém (acél, alumínium, sárgaréz):** sűrű, 45°-os sraffozás; a fém fajtáját felirat adja meg.

Ez az egyetlen anyag, amelyet sraffozással jelölünk.

- **Üveg:** sraffozatlan felület, a kontúrvonalakkal határolva, „üveg” felirattal (esetleg 1–2 vékony ferde vonallal).
- **Műanyag (PVC, ABS, akril):** sraffozás nélküli, kitöltetlen felület vagy ritka pöttyözés; a pontos jelet és az anyagot a jelmagyarázat vagy a felirat adja.
- **Szigetelés (hőszigetelés, hab):** hullámvonal (hurkolt, visszaforduló vonal), „szigetelés” felirattal.
- **Falazat (beton, tégla):** beton: durva pöttyözés kavicsszemekkel; tégla: szabályos téglaminta fugavonalakkal; mindkettő mellé a fal anyagát megnevező felirat kerül (a jel a faipari szakrajzi gyakorlat szerint, ellenőrizendő: MSZ EN ISO 128-50).

Szabvány. A műszaki rajzokon az anyagjelölésekhez tartozó alapelveket a rajzszabványok tartalmazzák (jelölve: MSZ EN ISO 128 sorozat, ezen belül a metszetek és anyagjelölések része – a pontos szám ellenőrizendő). A fém, üveg, műanyag, falazat jeleire külön szabványok léteznek (jelölve: anyagjelölési szabványok). A faipari rajzokon a fa, rétegelt lemez, forgácslap, furnér és élzáró jelenek megrajzolása a szabványokon túl a hazai szakrajzi gyakorlat szerint, a rajzon szereplő jelmagyarázattal történik. A szabvány nem írja elő minden egyes termék fantázianevét, a jel és a felirat együtt azonosít.

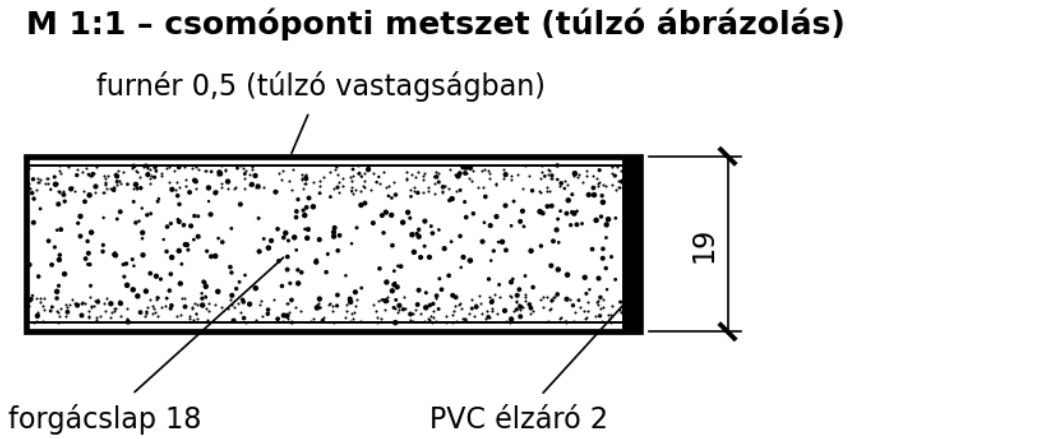
9.4.7. Anyagjelölés kis méretarányban és a vékony rétegek rajzolása

A faipari csomóponti rajzok gyakran 1:1, 1:2 vagy 1:2,5 méretarányban készülnek, a teljes bútor azonban 1:10, 1:20 méretarányban. Kis méretarányban a vékony rétegeket nem lehet hűen méretarányosan lerajzolni, ezért a rajzon a jelölés egyszerűsödik, de a feliratnak mindig pontosítania kell.

Szabály. Ha a jel méretaránya nem teszi lehetővé a tényleges rétegvonalak elkülönítését, akkor a rajz mellé jelmagyarázatot tüntetünk fel, és a rajzon az anyagot egyezményes jelölés jelzi. A szabásjegyzékben ekkor a rétegfelépítést és a megmunkálandó vastagságot egyértelműen megadjuk.

Vékony rétegek túlzó ábrázolása: a furnérnál, az élzárásnál, a fóliánál a rajzon a ténylegesnél vastagabb, jól látható vonalat húzunk. A vastagság pontos számban a méretvonalon vagy a feliratban szerepel. Ezért a rajzon a „furnér 0,5 mm” túlzó méretben, de a méret szövegesen pontosan jelenik meg.

Az ábra ugyanazt a csomópontot mutatja két léptékben: 18 mm-es forgácslap, felül és alul 0,5 mm furnér, jobb élén 2 mm PVC élzáró. 1:1-ben a furnért túlzó (kb. 1 mm-es) vonalpárral rajzoljuk, a valós vastagságot felirat adja; 1:10-ben a furnér a papíron csak 0,05 mm lenne, ezért a rajz egyszerűsített lapjelre és vékony élzárósávra vált, a rétegeket jelmagyarázat adja. Az interaktív változatban a lépték csúszkával 1:1 és 1:20 között állítható.



9.12. ábra. Furnérozott, élzárt forgácslap metszete 1:1-ben (túlzó ábrázolás) és 1:10-ben (egyszerűsített jel, jelmagyarázattal)

9.4.8. A rostirány jelölése a rajzon

A rostirányt a faipari rajzokon több okból is jelöljük:

- a zsugorodás és dagadás irányának megadása;
- a szabás helyes iránya;
- a szerszám megválasztása (például a gyalulásirány);
- a szerkezeti szilárdság.

A rajzon a rostirányt vékony, folyamatos, egy vagy két nyílban végződő vonallal, vagy a metszeten a hosszanti jelek mellett nyíllal ábrázoljuk. A szabásjegyzék „Szálirány / élzárás” oszlopában szövegesen is szerepelnie kell. A rajzjel a fűrészáru hosszirányát jelöli, nem a sraffozást.

Szabály. Tömörfa és furnérozott alkatrészen a rostirányt mindig jelöljük a rajzon és a szabásjegyzékben; homogén lapanyagnál (MDF, forgácslap) nem kell, de dekorlapnál a dekor iránya jelölendő.

9.4.9. Anyagjelölés a csomóponti rajzokon: kiolvasási példa

Egy ablakkeret csomóponti metszetén a következő jeleket látjuk:

- a keret tömör fenyő, hosszmetszetben rostvonalak;
- a keret alsó részén egy vízorr (vízcsepp) profil, alatta alumínium lemez, sűrű 45°-os sraffozás;
- az üvegezés előtt PVC tömítőprofil, kitöltetlen, kis pontozás;
- a dupla üvegezés két üveg rétege, köztük a távtartó fém;
- a falazat saját jellel (beton: pöttyözés, tégla: téglaminta) és a fal nevével.

A rajz olvasója így megállapítja, hogy a kerethez milyen anyagot kell rendelni, a vízorr alumínium szelvény, a tömítőprofil PVC, az üveg dupla üvegezésű, a falazat sraffozása azt jelzi, hogy a beépítéshez a fal anyaga a rajzon megadott.

A jelek felismerését a lapanyagjelek ábrájának interaktív változatával (jelkulcs-kvíz) gyakorolhatod.

9.4.10. Technológiai lap: anyagjelölés ellenőrzése csomóponti rajzon

Cél: egy faipari csomóponti rajz anyagjelöléseinek kiolvasása, ellenőrzése.

Anyagok: egy, az oktató által kiadott csomóponti rajz (pl. szekrénykorpusz élzárással, ajtókeret-él).

Szerszámok: vonalzó, adott esetben színes ceruza a jelölések kiemelésére.

Eljárás:

1. Olvasd el a rajz kontúrvonalait; különítsd el a metszeti felületeket.
2. Azonosítsd a sraffozott és sraffozatlan felületeket.
3. A jelmagyarázatból vagy a feliratból állapítsd meg minden jel anyagát. – ellenőrzés: minden jelhez anyagnév tartozik.
4. Ellenőrizd, hogy a tömör fa hossz- vagy bütü-metszetben van-e, és a rostirány jelölt-e. – ellenőrzés: a rajzon a rostirány nyíl vagy szabásjegyzék.
5. Lapanyagnál nézd meg a rétegvonalak számát, a furnér és az élzáró túlzó jelölését. – ellenőrzés: a vékony rétegek ne maradjanak jelöletlenül.
6. Nem fa anyagnál állapítsd meg, hogy a jel fém, üveg, műanyag, szigetelés vagy falazat. – ellenőrzés: a jel elkülönül a faanyagoktól.
7. Írd fel külön lapra a rajzon szereplő anyagokat, és sorold be őket a feltételezett gyártási sorrendbe. – ellenőrzés: minden anyag szerepel, ismétlődés nélkül.

Megjegyzés. A rajz félreolvasása a gyártásban selejthez és balesethez vezethet, ezért a rajzot a gép mellett ne értelmezd: előbb a rajzasztalnál tisztázd.

9.4.11. Minőségellenőrzés

Az anyagjelölést a rajzon úgy ellenőrizzük, hogy a metszetből egyértelműen kiolvasható legyen az anyag fajtája és a rétegfelépítés. A jel nem lehet félreérthető, a rostirány nem hiányozhat, a vékony rétegeknek túlzó jelölést kell kapniuk.

- **Szempontok:** az anyagjel megegyezik-e a rajz jelmagyarázatával; a sraffozás a kontúrtól elhatárolt, nem lóg túl; a tömör fa bütüje megkülönböztethető a hosszmetszettől; a lapanyag rétegvonalai a teljes metszeten végigfutnak.

- **Eltérésnél:** ha a jel nem egyértelmű, a rajzoló frissíti a jelmagyarázatot, vagy a feliratot, vagy a szabásjegyzékben pontosít.

9.4.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba. Az üveget sraffozott anyagjelzéssel rajzolja a tanuló.
Ok: a fém jelét használta üveghez.
Helyes gyakorlat: az üveget sraffozatlan, ritka vonalú, vagy az üveg felirattal jelöljük; a sraffozást a fémekhez használjuk.

Hiba. A furnért nem jelöli a rajz, csak a forgácslapot sraffozza.
Ok: a vékony réteget méretarányosan elhanyagolta.
Helyes gyakorlat: a furnért és az élzárót túlzó vastagságban, a tényleges vastagság feltüntetésével jelölni kell.

Hiba. A rostirány nyíl hiányzik a tömörfa alkatrészről.
Ok: a rajzkészítő nem gondolt a zsugorodás-dagadás és a gyártás irányára.
Helyes gyakorlat: a rostirányt mindig jelölni kell a szabásjegyzékben és a rajzon is.

9.4.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos megrendelésre konyhaszekrényt készít. A megrendelő elküldi a látványtervet, de a gyártáshoz a műhely saját csomóponti rajzokat készít. A rajzoló a metszeteken jelöli a forgácslapot, a felső furnért, az élzárót, a vasalat furatait és a fali tartó fém sínjét. A műhelyvezető ellenőrzi, hogy a rajz és a szabásjegyzék ugyanazt az anyagot tartalmazza. A gyártás során a lapfűrészen a dolgozó a rajz alapján állítja be a szabást, az élzáró gépen az élzáró típusát a jel mellé írt „PVC 2 mm” szövegből tudja. A termék végül nem lesz hibás, mert a rajz anyagjelölései egyértelműek voltak.

9.4.14. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a tömör fa hossz- és bütü-metszeti jelölése között?
2. Hogyan jelöljük a furnért a rajzon?
3. Miért jelöljük a rostirányt?
4. Melyik nem fa anyagot jelöljük sraffozással?
5. Hogyan oldjuk meg a vékony rétegek jelölését kis méretarányban?

Válaszok: a `### Megoldások` elején, „Önellenőrzés – válaszok” alcím alatt.

9.4.15. Feladatok

1. feladat (A). Rajzold le egyszerűen a tömör fa hosszmetszeti és bütü-metszeti jelét.

2. feladat (A). Írd le, mi a rostirány jelölésének célja.

3. feladat (B). Készíts szabásjegyzékbe egy tételt: 18 mm vastag forgácslap hordozó, mindkét oldalán 0,5 mm tölgy furnér (kész vastagság 19 mm), élén 2 mm PVC élzáró. A jelölés miatt a rajzon túlzó rajzolást és feliratot igényel. Add meg a szabásjegyzék anyag oszlopát.

4. feladat (B). Olvasd ki a következő csomóponti rajz jelölését: a metszeten egy 18 mm-es forgácslapot sraffozás jelöl; a felső oldalán vékony, fekete vonalpáron belül „0,5 mm tölgy furnér”

felirat; a jobb oldali lapélen vastag, 2 mm-es sáv, felirata „PVC”; az alsó, jobb saroknál egy sraffozott fém sarokvas. Add meg a szerkezet rétegfelépítését szövegesen.

5. feladat (C). Tervezz egy ajtótok-csomópontot: a tok tömör fenyő, a falazat beton, a tok és a fal közé 25 mm hőszigetelés, a belső élén fém vasalat. Írd le, milyen anyagjeleket használsz a rajzon, és milyen felirat szükséges, hogy a kivitelező egyértelműen értse.

6. feladat (D). Gyakorlati feladat: egy kész csomóponti rajzon azonosítsd az anyagjeleket, és készíts táblázatot a rajzon szereplő anyagokról, a méretekkel és a gyártási sorrenddel. A feladatot az oktató által megadott rajzon végezd, a hiányzó jelöléseket pótold.

9.4.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok.
1. A hosszmetszetben a rosttal párhuzamos vonalak, a bütün évgyűrű-ívek és ritka, vékony átlós vonalak.
2. Vékony vonalpárral, túlzó vastagságban, a pontos méret feltüntetésével.
3. A zsugorodás, a megmunkálás iránya és a szerkezet szilárdsága miatt.
4. A fémet.
5. Túlzó ábrázolással és felirattal.

1. feladat (A) megoldása. A hosszmetszeti jel: hosszú, párhuzamos, enyhén hullámos vagy egyenes vonalak; a bütü: évgyűrű-ívek és ritka, vékony átlós vonalak (sraffozás nélkül). A rajzot lásd a tömör fa anyagjelének ábráján.

2. feladat (A) megoldása. A rostirány jelölése azt mutatja meg, hogy a fa szálai milyen irányban állnak. Ez kell a zsugorodás-dagadás, a szabás, a gyalulás és a szerkezeti teherviselés miatt.

3. feladat (B) megoldása. Szabásjegyzék-sor: Tétel 1; Megnevezés: oldallap; Db: 1; Anyag: 18 mm-es forgácslap hordozó, tölgy furnér 0,5 mm mindkét oldalon, PVC élzáró 2 mm; Kész méret h × sz × v: 720 × 560 × 19 mm; Nyers (szabási) méret h × sz × v: 740 × 580 × 18 mm hordozó + 2 db 750 × 590 mm furnér (hossz- és szélességi ráhagyás, tájékoztató); a kész furnérozott lap vastagsága $18 + 2 \cdot 0{,}5 = 19$ mm; Szálirány: a furnér száliránya a hosszal párhuzamos; Megjegyzés: a rajzon túlzó furnérvonal, „0,5 mm tölgy” és „2 mm PVC” felirat.

4. feladat (B) megoldása. A szerkezet alulról felfelé: forgácslap (18 mm), felső oldalon tölgy furnér (0,5 mm), jobb oldali lapélen PVC élzáró (2 mm), jobb alsó saroknál fém sarokvas. A rétegfelépítés szövegesen: furnérozott forgácslap, PVC-élezett éllel, fém sarokvassal.

5. feladat (C) megoldása. A rajzon a falazatot betonjellel és „beton” felirattal, a tokot tömör fa hosszmetszeti jellel, a szigetelést hullámvonallal és „hőszigetelés 25 mm” felirattal, a vasalatot sraffozással és „fém vasalat” felirattal jelöljük. A rajz mellé jelmagyarázatot teszünk, a pontos méretekkel.

6. feladat (D) megoldása. A táblázat oszlopai: Tétel | Anyag | Jel a rajzon | Méret | Gyártási sorrend. A tanuló a rajzon szereplő jelekhez beírja a valós anyagot, a kivitelező számára egyértelművé téve a szerkezetet. A hiányzó jelöléseket (rostirány, vékony furnér túlzó jelölése) pótolja.

9.4.17. Rövid összefoglaló

Az anyagjelölés a műszaki rajzokon az anyagok egyértelmű azonosítására szolgál. A tömör fa hossz- és bütü-metszetben eltérő jelet kap, a bütün évgyűrű-ívekkel és ritka átlós vonalakkal, a hosszmetszeten rostvonalakkal. A lapanyagok jelölése rétegvonalakkal, pöttyözéssel vagy sraffozással történik; a rétegelt lemez párhuzamos rétegvonalakat, a forgácslap rendezetlen pöttyözést, az MDF finom pöttyözést kap, a furnér és az élzáró túlzó vastagságú vonallal és pontos méretfelirattal. A nem fa anyagok közül a fém sűrű 45°-os sraffozású (egyedül ez), az üveg sraffozatlan, a szigetelés hullámvonalas, a falazat saját jellel és felirattal jelölt; a pontos jelölést a rajz jelmagyarázata egészíti ki. A rostirány jelölése kötelező a tömörfa alkatrészeken, mert a zsugorodás, a megmunkálás és a szerkezeti szilárdság miatt lényeges. A metszeti, csomóponti és összeállítási rajzok anyagjelöléseit használjuk a későbbi Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend és Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés alfejezetekben.

9.4.18. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN ISO 128 sorozat (rajzi ábrázolás) – az anyagjelölési rész pontos száma ellenőrizendő.
- Anyagjelölési szabványok fém, üveg, falazatok vonatkozásában – pontos tagszám ellenőrizendő.
- A faipari szokásjog szerinti jelölések (tömörfa bütü, furnér, élzáró túlzó jelölése) a hazai szakrajzi gyakorlatból származnak; ezért ezek a jelek a kiadás előtt szabványossági szempontból áttekintendők.
- A felhasznált rajzok példaértékűek, konkrét terméktervezésnél a műhely saját rajzszabványát és jelmagyarázatát kell alkalmazni.

10 Ábrázolási módok és rajzfajták

10.1. Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend

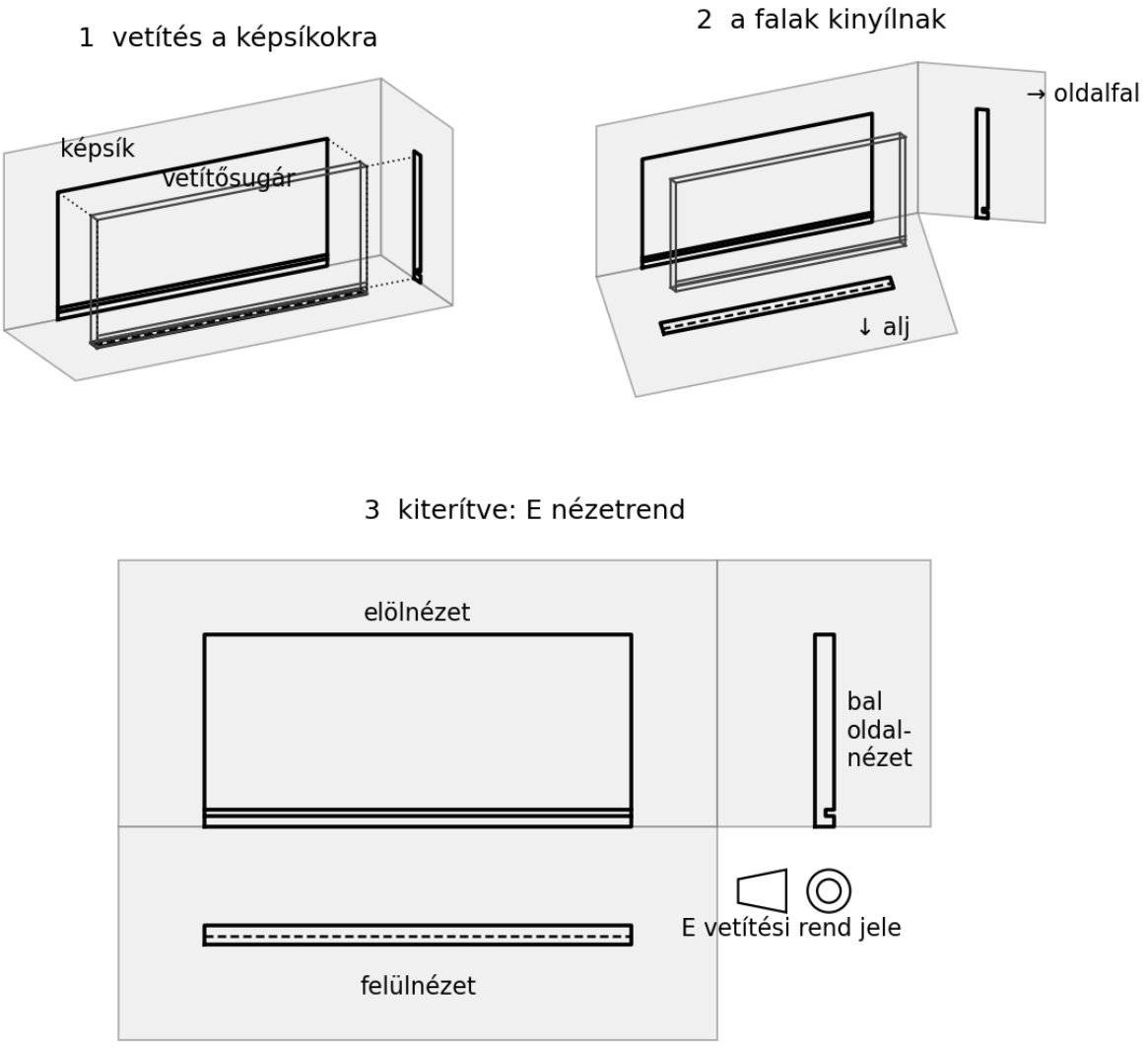
10.1.1. Motiváció: amikor a szó nem elég, rajz kell

Egy vevő egyedi fiókot kér egy régi komódba. A műhelyben te készíted el a fiókoldalt, a csapot és az alj hornyát, de senki nem tudja pontosan, hol legyen a horony a 18 mm vastag bükk deszkán. Ha csak annyit mondunk: „van rajta egy 6 mm-es horony alul”, az kevés. Ha azonban nézetből látod az alkatrészt, azonnal tudod, hogy a horony az alsó éltől 10 mm-re, a belső lapon, 8 mm mélyen fut. Ezt tanítja meg a vetületi ábrázolás: a térbeli alkatrészt úgy rajzoljuk le, hogy minden fontos méretet és helyet le tudj olvasni, félreértés nélkül.

10.1.2. Szemléletes kép: az átlátszó plexi doboz

Képzeld el, hogy a fa alkatrészt egy átlátszó plexi doboz aljára állítod, és a doboz oldala a függőleges plexi **képsík**. Ha a tárgyat a hátoldalról egy fénycsővel merőlegesen megvilágítod, a doboz oldalán megjelenik a **vetület**, mintha sziluettet rajzolnál. Ezt a sziluettet egészítjük ki látható élekkel és a takart élek megkülönböztetésével – így születik a műszaki rajz.

Az ábra három lépésben mutatja a gondolatkísérletet: (1) a fiókoldal vetületei megjelennek a doboz hátsó falán, alján és jobb oldalfalán; (2) a falak kinyílnak; (3) kiterítve kapjuk az európai (E) nézetrendet: a felülnézet az elölnézet alatt, a bal oldalnézet az elölnézettől jobbra van. Az interaktív változatban a falak csúszkával nyithatók, a doboz forgatható.



10.1. ábra. Az átlátszó plexi doboz: a fiókoldal vetítése a képsíkokra, a falak kinyitása és a kiterített E nézetrend (elölnézet, alatta felülnézet, jobbra bal oldalnézet)

Példa. Egy fiókoldal elölnézetben egy téglalap, felülnézetben egy hosszú keskeny téglalap, amelyen egy-két hosszanti horony fut. Mint a vetületről látni fogod, a horony a felülnézeten két párhuzamos vonal, az elölnézeten pedig középen egy szaggatott él vagy vonalpár.

10.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Vetület. A vetület a **tárgynak egy képsíkon létrejött síkbeli képe**, amelyet **vetítősugarakkal** hozunk létre. A faipari és gépészeti rajzokon az ún. **merőleges (ortogonális) vetítést** használjuk: a vetítősugarak 90°-ban esnek a képsíkhoz képest. Ez azért fontos, mert így a valódi méretek közvetlenül lemérhetők a rajzról, mentesek lesznek a ferde nézet torzításától. A vetület fogalma az egész műszaki rajz alapja; itt mondjuk ki, mert a Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés alfejezet is erre épül.

Definíció. Képsíkrendszer. A merőleges vetítéshez három fő **képsíkot** használunk, amelyek páronként merőlegesek egymásra:

- **Elölnézet képsíkja**, amely a tárgy előtt áll; ezen rajzoljuk az **elölnézetet**;
- **Felülnézet képsíkja**, amely a tárgy fölött helyezkedik el; ezen a **felülnézet** jelenik meg;
- **Oldalnézet képsíkja**, amely a tárgy mellett van; ezen az **oldalnézet** jelenik meg.

A faipari rajzon gyakran csak elölnézetet és felülnézetet használunk, mert sok alkatrész (lap, élzáró, deszka) vékony; a harmadik nézet, az oldalnézet, csak akkor kell, ha a profil, a furat vagy a csapkiosztás térben is eltér.

Szabály. Az európai (E) vetítési rend. A könyvben és a magyarországi gyakorlatban a **európai (E) vetítési rendet** használjuk, amelyet a nemzetközi szabvány **MSZ EN ISO 5456-2** szellemében alkalmazunk (a pontos szám ellenőrizendő). Az elnevezés onnan származik, hogy a tárgyat a képsík **elé** képzeljük. A kép a tárgy mögött jön létre, ezért a **felülnézet** az elölnézet **alá** kerül, a **bal oldalnézet** pedig az elölnézet **jobbra**. Ez fordított ahhoz képest, amit az amerikai (A) rendszerű rajzokon látsz, ahol a felülnézet az elölnézet fölé kerül. Az európai rajzokon a nézetrendet a szabvány szerint **rajzkeretben elhelyezett jelképes nézetrenddel** jelölhetjük (egy kis csonka kúp alaphelyzetű vetülete), de sok faipari műhelyrajzon elegendő a nézetek sorrendje és a megnevezés.

Miért pont így? Az európai (E) rendszerben a néző úgy látja a tárgyat, mintha a képsíkok középpontjából nézne a megfelelő irányba, a vetület pedig a tárgy mögé esik. Ez a mindennapi rajzolvasásnál azért kényelmes, mert az alkatrész hossza és magassága az elölnézeten, szélessége pedig a felülnézeten és az oldalnézeten jelenik meg, a nézetek sorrendje pedig jól követhető.

10.1.4. A szabványos vetületi rajz szerkezete

Elölnézet. A tárgy legjellemzőbb nézete, általában a leghosszabb oldalról nézve. Itt mutatjuk a legtöbb körvonalat, furatot és a fő szerkezeti elemeket. A faipari alkatrészeknél az elölnézet a szálirányban nézve mutatja a hosszt és a vastagságot. Például egy fiókoldal esetén az elölnézet a fiók oldalának magasságát és hosszát mutatja.

Felülnézet. A tárgyról felülről nézve készült nézet, amely az elölnézet alatt foglal helyet. Ez mutatja a szélességet és a hosszt, valamint a lap felső felületén lévő furatokat, hornyokat, letöréseket. Egy fiókoldalnál a felülnézet azt mutatja, hogy az alkatrész szélessége 18 mm, és a hátoldalon a 6 mm-es horony a középvonalban fut végig.

Bal oldalnézet. A tárgy bal oldaláról nézve készül. Az európai rendben a bal oldalnézet az elölnézet **jobb oldalára** kerül. A fiókoldalnál a bal oldalnézet egy keskeny téglalap: a fiók vastagsága (18 mm) és a magassága. Ha a fiókoldalban olyan csaplyuk van, amely eltérő mélységű a bal és a jobb oldalon, az oldalnézet mutatja meg a különbséget.

Takart (láthatatlan) élek. Ami a tárgyon kívülről **nem látható**, de a rajzhoz fontos (pl. hátoldali horony, zsebfurat, fészkes csap mélysége), azt **szaggatott vonallal** jelöljük a vetületeken. A szaggatott vonal vékony, rövid szakaszokból áll (nem pontvonal), és jelzi, hogy az él mögötte van. A faipari rajzon ez nagyon gyakori, mert a furatokat és a zsebeket takarásból látjuk.

Látható élek. A tárgyon látható körvonalat és a törést **folytonos vastag vonallal** jelöljük.

Szabály. A vetületi rajzon a **nézetet úgy választjuk meg, hogy a legkevesebb nézetből a legtöbb információ leolvasható legyen**. Faipari alkatrészeknél ez általában: - egy **vékony lapot** (pl. 18 mm-es fenyő vagy bútorlap) egy elölnézettel és egy felülnézettel ábrázolunk, mert a vastagság a két nézetből egyértelmű; - egy **körszimmetrikus vagy hengeres testet** (esztergált láb) elölnézettel és felülnézettel mutatunk, a körvetület jelzi az átmérőt; - egy **aszimmetrikus testet**, amelyen furatok, hornyok vagy letörések vannak, **három nézettel** ábrázolunk: elöl-, felül- és oldalnézet. Ha az oldalnézet csak egy szimmetrikus kör vagy téglalap, elhagyható.

10.1.5. Az elölnézet megválasztása

Az elölnézet a tárgy fő nézete, ezért a rajzoló dönti el, honnan „fotózza” a tárgyat. A faipari gyakorlatban az elölnézetet úgy választjuk, hogy:

- a leghosszabb élek és a legjellemzőbb profilok látszódjanak;
- a furat vagy a horony mérete közvetlenül leolvasható legyen;
- a szimmetriatengely, ha van, függőleges vagy vízszintes irányban álljon;
- a nézet megegyezzen a szabásjegyzékben rögzített „hossz × szélesség × vastagság” sorrenddel: a hossz az elölnézeten vízszintes, a vastagság a felülnézeten, a szélesség a oldalnézeten.

Példa. Egy csapozott léc, amelynek egyik végén 20 mm hosszú, 10 mm mély nyitott csap (ollós csap) van. Az elölnézet a léc hosszabbik oldalát mutatja, így a csap hossza a vonalhálón leolvasható; a felülnézet mutatja a léc szélességét és a csap teljes szélességét, amely egyenlő a deszka szélességével; az oldalnézet mutatja a csap vastagságát, azaz a léc vastagságának egyharmadát.

10.1.6. Kidolgozott példa: vetületi rajz készítése

Vegyünk egy **fenyő fiókoldalt**. Az alkatrész hossza 400 mm, szélessége 180 mm, vastagsága 18 mm. A fiókoldal belső lapján, a szálirányban, az alsó éltől 10 mm-re egy 6 mm széles és 8 mm mély horony fut a teljes hosszon, amelybe a fiók alja csúszik. A fiókoldal két végén, a belső lapba fúrva, a végtől 9 mm-re, két magasságban egy-egy Ø8 × 10 mm-es furat van a köldökcsapok számára (a 18 mm-es lapba nem fér el mélyebb furat).

Mit ábrázolunk?

1. **Elölnézet** (a belső lap felénk néz): egy 400 × 180 mm-es téglalap. A horony a belső lapon van, ezért látható: két vízszintes, a teljes hosszon végigfutó **folytonos vastag vonal** az alsó éltől 10 mm-re és 16 mm-re. A köldökcsapfuratok a belső lapba vannak fúrva, tengelyük a nézési iránnyal párhuzamos, ezért az elölnézeten **látható körök** (Ø8), a végektől 9 mm-re, két magasságban (az alsó éltől 50 mm-re és 130 mm-re; tanulási példa), vékony pontvonalas tengelykereszttel.
2. **Felülnézet** (az elölnézet alatt): egy 400 × 18 mm-es téglalap. A horony az alsó élen van, felülről nem látszik, ezért a belső laptól 8 mm-re egy **szaggatott vonal** jelzi a horony felső határát. A furatok tengelye a nézési irányra merőleges, ezért itt nem körök: mindegyik furat két **szaggatott vonal** a belső laptól 10 mm mélyen, egymástól 8 mm távolságban, a végektől 9 mm-re középvonallal.
3. **Bal oldalnézet** (az elölnézet jobb oldalán): egy 18 mm széles, 180 mm magas téglalap. A teljes hosszon átfutó, 6 mm magas és 8 mm mély horony itt a kontúr bemélyedéseként látszik (az alsó éltől 10 mm-re, a belső lap oldalán), ezért **folytonos vastag vonal**. A furatok itt is takartak: két-két rövid, 10 mm hosszú **szaggatott vonalpár** a belső laptól, vízszintesen, 8 mm távolságban. Összefoglalva: **egy furat csak abban a nézetben kör, amelyben a tengelye a nézési iránnyal párhuzamos.**

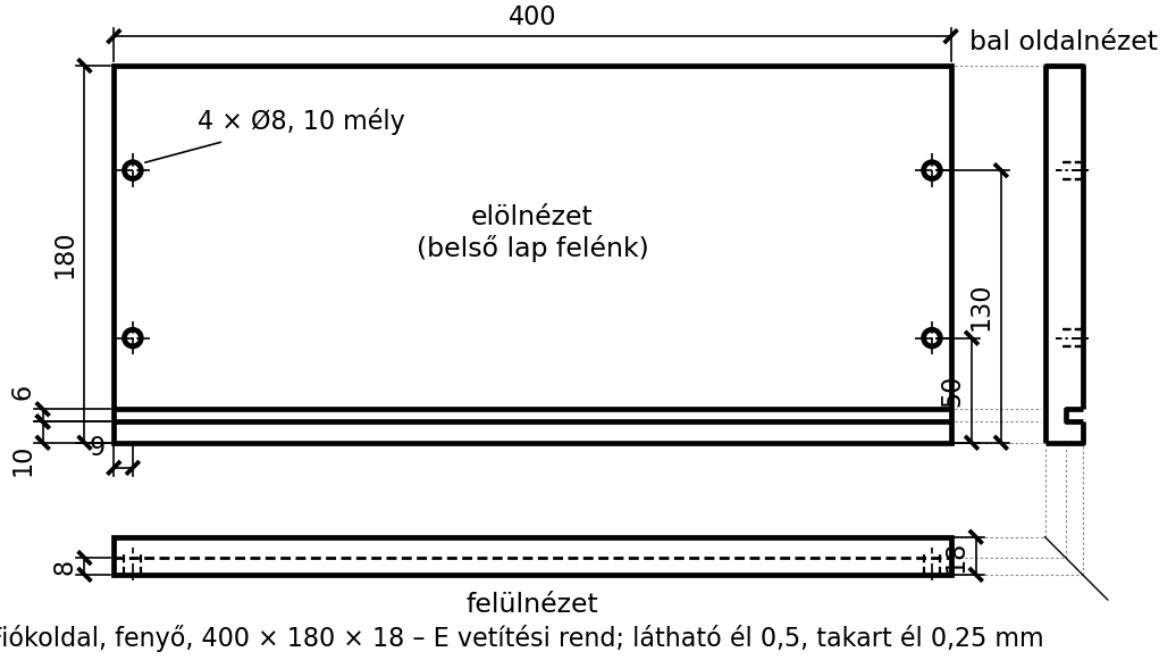
Mire figyelj a rajzon?

- **Vetületi összerendelés:** a három nézet azonos méretű és állású. Az elölnézetből a magasságot és a hosszt, a felülnézetből a szélességet és a hosszt, az oldalnézetből a magasságot és a szélességet olvassuk le. A vetületvonalak segítségével a furatok és a horony a nézeteken egymáshoz igazodnak.

- **Láthatóság:** a látható éleket vastag folytonos, a takart éleket vékony szaggatott vonallal rajzoljuk (a horony és a furatok a nézetenként fent leírt módon jelennek meg).
- **Metszetsraffozás itt nem kell**, mert nem metszetet rajzolunk; a nézet a tárgy külső képét mutatja.

10.1.7. A fiókoldal három nézete ábrán

Az ábra a fiókoldalt három nézetben, E rendben mutatja (fenyő, 400 × 180 × 18; horony a belső lapon az alsó éltől 10 mm-re, 6 mm széles, 8 mm mély; köldökcsapfuratok Ø8 × 10). A horony az elölnézeten két látható vonal, a felülnézeten takart (szaggatott) vonal, a bal oldalnézeten a kontúr bemélyedése. Minden furat csak az elölnézeten kör; a másik két nézetben rövid, szaggatott vonalpár. Az interaktív változatban a horonyra vagy a furatra mutatva mindhárom nézetben ugyanaz az elem emelődik ki.



10.2. ábra. Fiókoldal elöl-, felül- és bal oldalnézete E rendben, a horony és a furatok nézetenként helyes jelölésével

10.1.8. Harmadik nézet szerkesztése két nézetből

A gyakorlatban sokszor két nézetből kell megszerkeszteni a harmadikat, mert a rajz hiányos. Ezt a feladatot **térlátás-fejlesztőnek** is hívjuk.

Szabály. A harmadik nézetet a vetületi összerendeléssel szerkesztjük: a hosszméreteket az elölnézetről, a szélességeket pedig a meglévő nézetből visszük át. A szerkesztéshez **vetületvonalakat** használhatunk, amelyek a nézetektől 45 fokos segédvonallal vezetik át a méreteket.

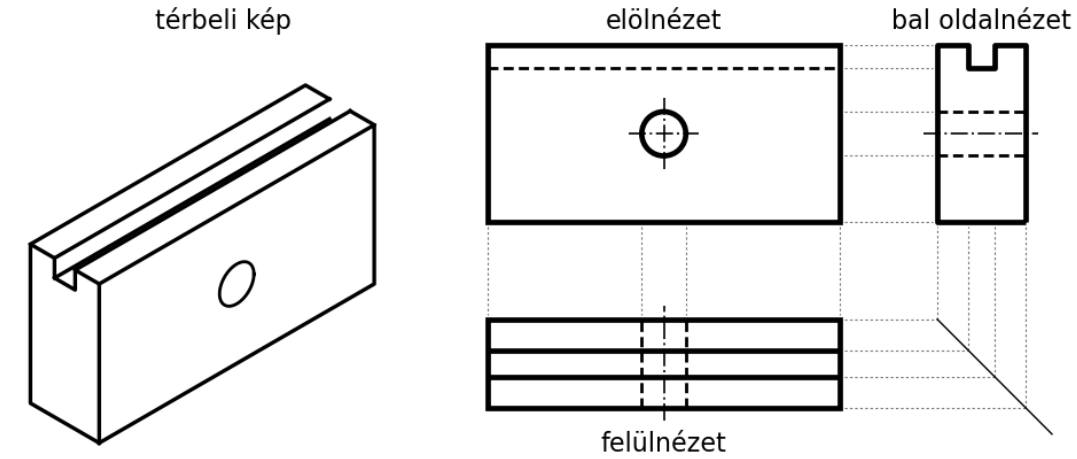
Példa. Adott az elölnézet: egy 60 mm magas, 30 mm széles téglalap, közepén egy Ø10 kör (a furat tengelye a nézési iránnyal párhuzamos, átmenő). Adott a felülnézet: egy 30 mm × 30 mm-es négyzet, benne két függőleges szaggatott vonal 10 mm távolságban, középvonallal. Kérdés: milyen a bal oldalnézet?

Megoldás.

1. **Elölnézet:** 60 mm magas, 30 mm széles – ez a tárgy magassága és szélessége.
2. **Felülnézet:** 30 mm × 30 mm – a tárgy felülnézetben négyzet. Ez azt jelenti, hogy a test mélysége is 30 mm.
3. **Harmadik nézet:** a bal oldalnézet egy 30 mm széles (mélység), 60 mm magas téglalap. A furat tengelye az elölnézetben a nézési irány, az oldalnézetben viszont vízszintes, ezért itt nem kör: két **vízszintes szaggatott vonal** 10 mm távolságban (a 60 mm magas test közepén, 25 mm-nél és 35 mm-nél), a teljes 30 mm szélességben, köztük vékony pontvonalas középvonallal. **Szabály:** a furat csak abban a nézetben kör, amelyben a tengelye a nézési iránnyal párhuzamos.
4. **Ellenőrzés:** a furat középvonala mindhárom nézeten egybeesik (az elölnézeten a kör középpontja, a felülnézeten és az oldalnézeten a pontvonal). A magasság az elölnézetről, a szélesség a felülnézetről, a mélység mindkét másik nézetről egyező.

10.1.9. Interaktív tartalom és gyakoroltatás

Interaktív. A könyv HTML-változatában az alábbi ábra vetületi kalkulátorként működik: a léc hossza, magassága, mélysége és a furat helye állítható, a három nézet és a vetítővonalak frissülnek; egy kapcsolóval az amerikai (A) rendre váltva látszik a különbség, a nézetre kattintva pedig a térbeli képen kiemelődik a hozzá tartozó lap. A nyomtatott változatban a statikus ábra egy 80 × 40 × 20 mm-es bükk léc (Ø10 átmenő furat, felül 6 × 5-ös horony) térbeli képét és három nézetét mutatja.



10.3. ábra. Bükk léc (80 × 40 × 20, Ø10 átmenő furat, 6 × 5 horony) térbeli képe és három nézete E rendben, vetítővonalakkal és 45°-os segédvonallal; a furat csak az elölnézetben kör

10.1.10. Minőségellenőrzés

A vetületi rajz akkor jó, ha a nézetek sorfolytonosan összerendelhetők.

Szempontok:

- **Méret-összhang:** a hosszúság az elöl- és felülnézeten azonos; a magasság az elöl- és oldalnézeten azonos; a szélesség a felül- és oldalnézeten azonos. Tűrés: a rajzon a méreteltérés lehetőleg 0,5 mm alatt maradjon (tájékoztató).
- **Vonalvastagság:** a látható él vastag, a takart él vékony szaggatott.
- **Nézetsorrend:** európai (E) rendben a felülnézet az elölnézet alatt, a bal oldalnézet az elölnézet jobb oldalán.
- **Takart él jelölés:** minden láthatatlan, de fontos él (horony, furat) szaggatott vonallal szerepel; a látható és a takart élek ne fedjék egymást.

Ha eltérést találsz, először a vetületi vonalakat ellenőrizd. Gyakori, hogy a 45 fokos segédvonal rosszul van megrajzolva, és emiatt az oldalnézet nem illeszkedik a többihez.

10.1.11. Tipikus hibák és okaik

1. Hiba: a felülnézet az elölnézet fölé kerül.
Ok: a tanuló amerikai (A) rendszerhez szokott, vagy szabadkézi rajzolásnál nem figyel a szabványra.
Javítás: mindig a könyvben tanított európai (E) rendet alkalmazzuk: az elölnézet alá kerül a felülnézet, jobbra a bal oldalnézet. Ha kétség merül fel, rajzold be a vetületi doboz csonka kúp-jelét.

2. Hiba: hiányzik a takart él.
Ok: a tanuló csak a látható éleket rajzolja, és elfelejti, hogy a furat vagy a horony a másik oldalon fut.
Következmény: a gyártásnál rossz helyen fúrnak, és a fiók alját nem lehet beilleszteni.
Helyes gyakorlat: nézd át a tárgy minden oldalát, és kérdezd meg: mi az, ami a másik nézeten kívülről nem látható, de mérete kell a gyártáshoz? Az ilyen éleket szaggatott vonallal jelöld.

3. Hiba: a nézetek nem illeszkednek.
Ok: a vetületi vonalak rosszul vannak felvéve, vagy a méretek nem azonos léptékűek.
Javítás: szerkessz 45 fokos segédvonalat, és ellenőrizd a hossz/vastagság azonos nagyságát. A vetületi rajz nem önálló három kép, hanem egyetlen rendszer.

4. Hiba: túl sok nézet.
Ok: a tanuló automatikusan mindig három nézetet rajzol, pedig egy vékony laphoz vagy egy esztergált lához kettő is elég.
Következmény: a rajz feleslegesen bonyolult, és az olvasó figyelme elterelődik.
Helyes gyakorlat: a nézetválasztás előtt kérdezd meg: elég-e a plusz nézet a méret egyértelműsítéséhez? Ha nem, hagyd el.

10.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanuló az első munkadarabját, egy kis tölgyfa éjjeliszekrény fiókját készítette. A fiókoldal rajzán a hátoldali köldökcsap-furatot szaggatott vonallal jelölte. A tanműhelyben a társa a rajz alapján fúrta a furatot. Mivel a szaggatott körvonal a felülnézeten is szerepelt, pontosan tudta, hogy a furat a fiókoldal belső oldala felől indul, és nem fúrt át a külső oldalon. Amikor a fiókot összeszerelték, a csapok tökéletesen illeszkedtek. A rajz nélkül valószínűleg a rossz oldalon fúrtak volna, és az egész fiók selejtes lett volna.

10.1.13. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy európai (E) rendben a felülnézet az elölnézet fölé kerül? Indokold!
2. Milyen vonallal jelöljük a takart éleket?
3. Egy fa léc elölnézete 120 mm hosszú, 40 mm magas; a felülnézete 120 mm hosszú, 20 mm széles. Mekkora a léc oldalnézetének magassága és szélessége?
4. Hány nézet szükséges egy egyszerű, 18 mm vastag, tengelyirányban két furattal ellátott bútorlap alkatrészhez?
5. Mi a különbség a látható és a takart él rajzi jelölése között?
6. Mire szolgál a 45 fokos segédvonal a harmadik nézet szerkesztésénél?

10.1.14. Feladatok

1. feladat (A) Rajzold le szabadkézzel egy 100 mm hosszú, 40 mm széles, 20 mm vastag fenyő léc elöl- és felülnézetét európai rendben. Írd be a méreteket.

2. feladat (A) Rajzold át helyesen a következő vetületi rajzot: az elölnézet egy 50 mm magas, 30 mm széles téglalap; a bal oldalnézet jobbra helyezkedik el, és egy 50 mm magas, 20 mm széles téglalap. Mekkora a hiányzó felülnézet, és hová kerül?

3. feladat (B) Szerkessz harmadik nézetet! Adott felülnézet: 25 mm × 25 mm-es négyzet, középen 12 × 8 mm-es téglalap alakú, függőleges, átmenő nyílás (a 12 mm a szélesség, a 8 mm a mélység irányában). Az elölnézet 60 mm magas, 25 mm széles téglalap. Rajzold le a bal oldalnézetet, és jelöld a takart éleket.

4. feladat (B) Egészítsd ki a rajzot! Egy fiókoldal elölnézete 350 × 150 mm; felülnézete 350 × 18 mm; a fiókoldal belső oldalán, az alsó éltől 8 mm-re, egy 6 mm széles horony fut. Rajzold le a három vetületet, és jelöld a horonyt a felülnézeten és az oldalnézeten. Melyik nézeten lesz látható, és melyiken takart a horony?

5. feladat (C) Két nézetből döntsd el, milyen testről van szó. Elölnézet: 80 mm átmérőjű kör. Felülnézet: 20 mm magas téglalap (80×20 mm). Mi lehet a test? Indokold a választ a vetületek alapján.

6. feladat (D) Készíts egy 30×30×30 mm-es fenyő kockát: vagy kérd az oktatótól, vagy vágd le kézi fűrésszel, gérvágó ládában egy hosszú lécből (a darabolást körfűrészen ne végezd: a 30 mm-es darab túl kicsi). A 10 mm átmérőjű, függőleges (felülről lefelé) átmenő furatot oszlopos fúrógépen fúrd, a kockát **gépsatuba fogva** (soha nem kézben tartva), alá áldozati lapot téve; betanítva, felügyelettel, védőszemüvegben, kesztyű nélkül. (Ha nincs lehetőség, elég a kockát rajzban adottnak venni.) Rajzold le róla a három vetületet, pontosan méretarányosan, a takart élek jelölésével. Ellenőrizd a rajzot a méretekkel.

10.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** E rendben a felülnézet az elölnézet **alatt** van. Az amerikai (A) rendben lenne fölötte.
2. **Vékony szaggatott vonallal.**
3. **Magassága 40 mm, szélessége 20 mm** (a szélességet a felülnézet mutatja, a magasságot az elölnézet).
4. **Kettő:** elölnézet és felülnézet. A vastagság és a furatok helye leolvasható; oldalnézet nem ad új méretet.

5. A **látható él** folytonos vastag, a **takart él** vékony szaggatott vonal.
6. **A 45 fokos segédvonal a vetületi méretek átvezetésére** szolgál, hogy a harmadik nézet pontosan illeszkedjen a másik kettőhöz.

1. feladat (A) Elölnézet: 100×20 mm-es téglalap. Felülnézet: alatta 100×40 mm-es téglalap. A méretek: hossz 100 mm, szélesség 40 mm, vastagság 20 mm. A vastagság a felülnézetről leolvasható.

2. feladat (A) A test 30 × 20 × 50 mm-es hasáb (szélesség × mélység × magasság). A hiányzó felülnézet egy 30 × 20 mm-es téglalap, az elölnézet alatt, vele azonos szélességben. A hibakeresést szándékos hibaként a (C) szintű feladatokban gyakorolhatod.

3. feladat (B) A bal oldalnézet egy 25 mm széles, 60 mm magas téglalap (a test kontúrja), benne két függőleges **szaggatott vonal** a középvonaltól ±4 mm-re (a nyílás 8 mm-es mélységi mérete), a teljes 60 mm magasságban: ezek a takart nyílásfalak. Az elölnézeten ugyanez két függőleges szaggatott vonal ±6 mm-re a középvonaltól.

4. feladat (B) A horony a fiókoldal **belső oldalán** van. Az elölnézeten, ha a belső oldalt nézzük, a horony **látható**, tehát folytonos vastag vonal; a felülnézeten a horony takart, **szaggatott vonallal** jelöljük (a belső laptól 8 mm-re); a bal oldalnézeten a teljes hosszon átfutó horony a kontúr bemélyedéseként látszik, **folytonos vastag vonallal** (6 mm magas, 8 mm mély, az alsó éltől 8 mm-re).

5. feladat (C) A test henger vagy korong. Az elölnézet kör, a felülnézet 20 mm magas téglalap, ami azt jelenti, hogy a test magassága 20 mm, szélessége pedig a kör átmérője, azaz 80 mm. A harmadik nézet (bal oldali) ugyanaz, mint a felülnézet: 20 mm magas, 80 mm hosszú téglalap. A test tehát egy **hengeres korong** (pl. kerek dobozfedél, kerék).

6. feladat (D) Felülnézet: 30 × 30 mm-es négyzet, közepén látható Ø10 kör, tengelykereszttel. Elölnézet és bal oldalnézet: 30 × 30 mm-es négyzet, benne két függőleges **szaggatott vonal** 10 mm távolságban (a furat falai) a teljes 30 mm magasságban, köztük függőleges pontvonal (tengely). A furat tehát csak a felülnézetben kör.

10.1.16. Rövid összefoglaló

A vetületi ábrázolás a műszaki rajz alapnyelve: a háromdimenziós tárgyat merőleges vetítéssel átalakítjuk síkbeli képekké. Az **európai (E) vetítési rendben** a tárgyat a képsík elé képzeljük, ezért a **felülnézet az elölnézet alá**, a **bal oldalnézet az elölnézet jobb oldalára** kerül. Minden látható élt **vastag folytonos**, minden takart élt **vékony szaggatott** vonallal rajzolunk. A rajz nézetválasztása célszerű: vékony lapnál kettő, aszimmetrikus alkatrésznél három nézet szükséges. A harmadik nézetet a vetületi vonalak és a 45 fokos segédvonal segítségével szerkesztjük. A vetületi nézetrendet a Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés, valamint az Axonometrikus és perspektivikus ábrázolás alfejezetek viszik tovább. **Továbbvitt eredmény.** A nézetrend ismerete nélkül a metszetrajzokat és a fakötések ábrázolását sem lehet értelmezni; a vetületi összerendelés szabálya biztosítja, hogy a csap, a horony és a furat minden nézeten azonos méretű legyen.

10.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- A rajzi vetületi rendekre vonatkozó szabvány: **MSZ EN ISO 5456-2** (vetítési módok, merőleges ábrázolás) – a pontos szám ellenőrizendő.
- A vonalakra és a méretmegadásra vonatkozó szabvány: **MSZ EN ISO 128** sorozat – a pontos szám ellenőrizendő.

- Az E és A vetítési rend és a csonkakúp-jelkép: **MSZ EN ISO 5456-2** (ellenőrizendő: pontos szám és hatályos kiadás); a méretarányokra az ISO 5455 vonatkozik.
- Az itt megadott méretek (400×180×18 mm, 6 mm horony, 8 mm furat) **tanulási példa**, a gyártásnál a gyártói rajz és a szabvány az irányadó.

10.2. Axonometrikus és perspektivikus ábrázolás

10.2.1. Amikor a vevő nem érti a vetületi rajzot

Egy asztalos elkészíti egy beépített gardróbszekrény műhelyrajzát: elölnézet, oldalnézet, felülnézet, méretekkel. A szakember számára ez egyértelmű, de a megrendelő csak annyit mond: „Nem látom magam előtt a bútort." Ilyenkor kell a **szemléltető rajz**: olyan kép, amely egyszerre mutatja a bútor három oldalát, mégis arányos marad. A műszaki gyakorlatban erre szolgál az **axonometrikus ábrázolás**, a látványtervezésnél és a belső terek bemutatásánál pedig a **perspektivikus rajz**. Ebben az alfejezetben mindkettőt megtanuljuk, hogy önállóan készíthess gyors, érthető vázlatokat a műhelyben és a vevő előtt.

Induljunk ki abból, amit a Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend alfejezetben megismertünk: ott a tárgyat három, egymásra merőleges vetületben rajzoljuk meg. A vetületi rajz pontos, méretezhető, de nehezen olvasható annak, aki nem tanult szakrajzot. Az axonometria megtartja a párhuzamos élek párhuzamosságát, ezért a rajz gyorsan értelmezhető, és bizonyos irányokban mérhető is marad. A perspektíva viszont a valódi látást utánozza: a párhuzamos mélységi vonalak egy pont felé tartanak, ezért a kép természetesebb, de nem alkalmas gyártási méretvételre.

10.2.2. A szemléletes kép: egy polc háromféle rajzon

Képzelj el egy egyszerű fali polcot, amely 800 mm hosszú, 250 mm mély és 20 mm vastag. A vetületi rajzon felülnézetben csak egy 800 mm × 250 mm-es téglalapot látunk, oldalnézetben egy 250 mm × 20 mm-es téglalapot. Az axonometrikus rajzon viszont egyszerre látjuk a polc hosszát, mélységét és vastagságát, mint egy ferde nézetű maketten. A perspektivikus rajzon pedig a polc elülső éle nagyobb, a hátrafelé futó élei rövidülnek, mintha a szoba sarkából néznénk. Ez a három ábrázolás ugyanazt a terméket mutatja, de más célt szolgál.

10.2.3. Definíciók és szabályok

10.2.3.1. Axonometrikus ábrázolás

Definíció. Az **axonometrikus ábrázolás** olyan párhuzamos vetítés, amelyben a tárgyat egy térbeli derékszögű koordináta-rendszerhez kötjük, és a három koordinátatengely mentén mért méreteket egyetlen rajzfelületen, meghatározott rövidülésekkel rakjuk fel. Az így kapott kép egyszerre mutatja a tárgy hossz-, szélesség- és magasság-irányú kiterjedését.

A rajzon három tengelyt használunk:

- **X tengely** = hossz (szélesség a homlokzaton),
- **Y tengely** = mélység,
- **Z tengely** = magasság.

Minden tengelyhez tartozik egy **rövidülési tényező**, amely megadja, hogy az adott irányban a valódi méret hányadrészét rajzoljuk. A rövidülési tényezőt i betűvel jelöljük, indexben a tengely nevével.

Szabvány. Az axonometrikus ábrázolást az MSZ EN ISO 5456 sorozat tárgyalja; a pontos magyar jelzet és a hatályos kiadás ellenőrizendő. A faipari gyakorlatban leggyakrabban az **izometrikus** és a **frontális (ferde)** axonometriát alkalmazzuk.

10.2.3.2. Egyméretű (izometrikus) axonometria

Definíció. Az **izometrikus axonometria** (egyméretű axonometria) olyan axonometrikus ábrázolás, amelyben a három koordinátatengely a rajzfelületen egymással 120°-os szöget zár be, és a három rövidülési tényező elméletileg egyenlő. A gyakorlati műszaki rajzon az elméleti 0,82-es rövidülést elhagyjuk, és a méreteket **1:1 arányban** rakjuk fel: ezt **egyszerűsített izometrikus rajznak** nevezzük. A kép így kissé nagyobbnak tűnik, de arányos marad, és a méreteket könnyű lemérni.

A tengelyek elrendezése:

- a **Z tengely függőleges**,
- az **X tengely** a vízszinteshez képest **30°-kal felfelé jobbra**,
- az **Y tengely** a vízszinteshez képest **30°-kal felfelé balra** halad (az origó a test elülső-alsó sarka).

A három tengely között ezért 120° van:

$$i_x = i_y = i_z \approx 1 \quad \text{(egyszerűsített izometrikus rajz)}.$$

Példa. Ha egy 300 mm hosszú, 200 mm mély és 100 mm vastag dobozt rajzolunk izometrikusan 1:10 méretarányban, akkor a rajzon az X irányú méret 30 mm, az Y irányú méret 20 mm, a Z irányú méret 10 mm; mindegyiket a megfelelő, 30°-os vagy függőleges tengely mentén mérjük fel.

10.2.3.3. Frontális (ferde) axonometria

Definíció. A **frontális (ferde) axonometria** olyan axonometrikus ábrázolás, amelyben a tárgy **homloknézete torzítatlanul**, a vetületi rajzhoz hasonlóan jelenik meg. A mélységi (Y) tengely ferde, általában a vízszinteshez képest **45°-os**, és a mélységi méreteket **rövidítve** rajzoljuk. A leggyakoribb rövidülés **1:2**, azaz a valódi mélység fele. Teljes mélységgel rajzolva kavalier-, felezett mélységgel kabinet-axonometriának is nevezik (MSZ EN ISO 5456-3 – ellenőrizendő; a hazai tankönyvek elnevezése eltérhet); a faipari gyakorlatban a felezett mélység a szokásos, ezt használjuk a fejezetben.

A tengelyek elrendezése:

- **Z függőleges**,
- **X vízszintes**,
- **Y 45°-os** (jobbra felfelé vagy balra felfelé, a rajz gyakorlatához választva).

A rövidülési tényezők:

$$i_x = i_z = 1, \qquad i_y = \tfrac{1}{2}.$$

Miért használunk rövidítést? Ha a mélységet teljes hosszban rajzolnánk 45°-ban, a bútor mélysége vizuálisan túl nagynak tűnne. A fél méret a ferde irányt természetesebbé, a rajzot olvashatóbbá teszi.

10.2.3.4. Perspektivikus ábrázolás

Definíció. A **perspektivikus ábrázolás** (más néven **központi vetítés**) a valódi látást utánozza: a tér párhuzamos, mélységbe futó egyenesei a rajzon **egy pontba**, az **iránypontba** tartanak. A tárgynak azok a részei nagyobbak, amelyek közelebb vannak a szemlélőhöz; a távolabbi részek kisebbek. A perspektíva ezért nagyon érzékletes, de a felületeken nem lehet egyenletes méretarányt mérni.

A perspektíva alapfogalmai:

- **Horizontvonal (H):** a szemmagasság magasságában húzott vízszintes vonal; rajta helyezkednek el az iránypontok.
- **Iránypont (VP, vanishing point):** pont a horizonton, ahová az adott, a képsíkra merőleges vagy ferde mélységi párhuzamosok tartanak.
- **Képsík:** az a sík, amelyre a látványt vetítjük; képzeletbeli „rajzlap” a szemlélő és a tárgy között.
- **Egyiránypontos perspektíva:** a tárgy egy homloklapja párhuzamos a képsíkkal; ezért a homloklap élei a rajzon párhuzamosak maradnak, csak a mélységi élek tartanak egyetlen iránypontba.
- **Kétiránypontos perspektíva:** a tárgy sarka néz felénk; mindkét vízszintes élcsoport külön iránypontba tart a horizonton.

10.2.4. Az egyméretű axonometria szerkesztése

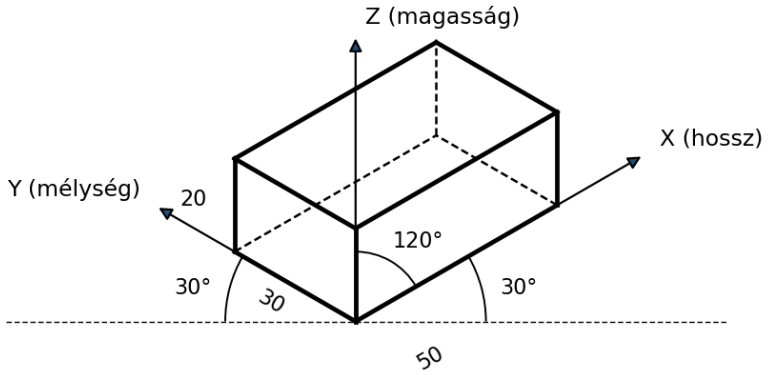
A legfontosabb lépés a tengelykereszt megrajzolása. Ezután a téglatesteket a három tengely mentén mérjük fel. Az asztalosban leggyakrabban szekrények, polcok, keretek, fiókok testméretét kell megrajzolni.

Lépések egyszerű téglatest izometrikus rajzánál:

1. Rajzold meg a függőleges Z tengelyt, majd az X és Y tengelyt 30°-30°-os szögben.
2. Válaszd ki a tárgy elülső, alsó sarokpontját (origó), és innen mérd fel a hosszt az X tengelyen, a szélességet (mélységet) az Y tengelyen, a magasságot a Z tengelyen.
3. A kapott pontokból húzz párhuzamosokat a tengelyekkel, alakítsd ki a téglatest látható éleit.
4. A nem látható éleket szaggatott vonallal vagy egyáltalán ne rajzold, hogy a kép tiszta legyen.
5. Ha méretet írsz a rajzra, a méretvonalakat a tengelyekkel párhuzamosan helyezd el; a méretarányt a rajzfejben tüntesd fel.

Miért így? A párhuzamosok megtartása biztosítja, hogy a kép egyértelmű marad. Ha a látható éleket összekevernénk a takart élekkel, a rajz „kiolvashatatlan” lenne.

Az ábra az izometrikus tengelykeresztet és egy 50 × 30 × 20 mm-es téglatestet mutat: a Z tengely függőleges, az X tengely 30°-kal jobbra felfelé, az Y tengely 30°-kal balra felfelé halad (a tengelyek egymással 120°-ot zárnak be), az origó a test elülső-alsó sarka. A látható élek vastagok, a takart élek szaggatottak. Az interaktív változatban a test méretei, a lépték és az ábrázolás (izometrikus, frontális, kavalier) állítható.



10.4. ábra. Izometrikus tengelykereszt (Z fel, X 30°-kal jobbra fel, Y 30°-kal balra fel) és egy 50 × 30 × 20 mm-es téglatest látható és takart éleivel

10.2.5. A frontális (ferde) axonometria szerkesztése

A frontális axonometria még gyorsabb, mert a homloknézetet változtatás nélkül, szabványos vetületként rajzolhatod meg, majd csak a mélységi éleket kell hozzáadni.

Lépések egyszerű frontális rajzhoz:

1. Rajzold meg a tárgy **homloknézetét** pontosan, mint egy vetületi rajz elölnézetét, 1:1 vagy a választott méretarányban. Ez a homloklap lesz az ábra alapja.
2. Minden homloklapi sarokpontból húzz egy 45°-os, a mélység felé mutató ferde egyenest (Y tengely).
3. Mérd fel a ferde egyenesekre a **felezett mélységet**: ha a valódi mélység 250 mm, a felezett mélység 125 mm (1:1 méretarányban a rajzon ennyit húzz; 1:10 méretarányban 12,5 mm-t).
4. Kösd össze a mélységi pontokat a homloknézet éleivel párhuzamos vonalakkal.
5. A látható éleket vastagítsd ki; a takart éleket hagyd el vagy szaggatottan jelöld.

Mikor válasszunk frontális axonometriát? Akkor, ha a tárgy homloklapján sok kör, fúrás, profil vagy vasalathely van, mert ezek a homloknézetben **torzítatlanok** maradnak. Például egy konyhaszekrény ajtaján lévő fúrásokat és fogantyúkat körként rajzolhatod meg, nem kell ellipszist szerkeszteni.

A frontális axonometria szerkesztését a fejezet végi kidolgozott példa ábrája mutatja (az éjjeliszekrény jobb oldali rajza): a homloklap torzítatlan, a mélységi élek 45°-ban futnak, és fél méretre rövidülnek. Egy 800 mm × 250 mm × 20 mm-es fali polcot ugyanígy rajzolsz meg: 1:10-ben a homloklap 80 mm × 2 mm, a 250 mm-es mélység pedig a 45°-os éleken 12,5 mm (250 : 2 : 10); 1:10-ben a 2 mm-es vastagság alig rajzolható, ezért célszerű 1:5-re emelni (homloklap 160 mm × 4 mm, mélység 25 mm).

10.2.6. Körök axonometriában

A faiparban gyakran kell köröket rajzolni: tiplifuratok, csaplyukak, esztergált lábak, fogantyúk, kerek asztallap. A vetületi rajzon a kör kör marad. Az axonometrikus rajzon a helyzet változik.

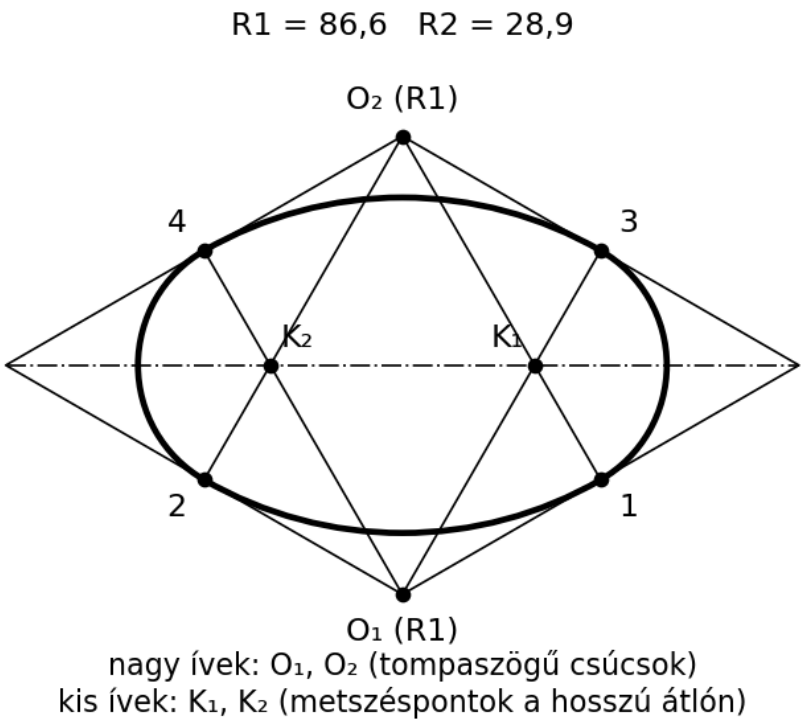
Szabály. Ha egy kör olyan síkban fekszik, amely az axonometrikus tengelyek síkjában van, a kör képe **ellipszis**. Izometrikus rajzban a vízszintes síkon (a bútorlap tetején) fekvő kör ellipszisét közelítő **oválissal**, azaz négy középpontos görbével szerkesztjük. Frontális axonometriában a homloklapon fekvő kör **nem torzul**: kör marad. A mélységi oldalfelületen fekvő kör azonban ellipszissé válik.

Izometrikus kör közelítő ellipszise (ovális szerkesztés):

1. Rajzold meg a kör köré írt négyzet izometrikus képét: ez egy rombusz, amelynek oldalhossza a kör átmérője.
2. Jelöld meg a rombusz oldalainak felezőpontjait; a kör ezekben érinti a rombusz oldalait.
3. Kösd össze a rombusz két tompaszögű csúcsát a szemközti oldalak felezőpontjaival (4 egyenes).
4. A tompaszögű csúcsok a nagy ívek középpontjai (sugár: csúcs–szemközti felezőpont); az egyenesek metszéspontjai a hosszú átlón a kis ívek középpontjai (sugár: metszéspont–szomszédos felezőpont).
5. Szerkessz négy körívet; a négy ív a felezőpontokban érintőlegesen csatlakozik, így kapod a közelítő ellipszist.

Ez a szerkesztés elegendő a műhelygyakorlatban. Fontos, hogy a kör **ne** egyszerűen egy megnyújtott kör legyen, hanem a rombusz oldalait középen érintő, folytonos görbe.

Az ábra a Ø100 mm-es kör izometrikus képét szerkeszti meg: a 100 mm-es négyzet képe rombusz, az oldalfelező pontok (1–4) az érintési pontok. A két tompaszögű csúcsot (O_1, O_2) összekötjük a szemközti oldalak felezőpontjaival; a tompaszögű csúcsok a nagy ívek ($R_1 \approx 86{,}6\,\text{mm}$), az egyenesek metszéspontjai a hosszú átlón (K_1, K_2) a kis ívek ($R_2 \approx 28{,}9\,\text{mm}$) középpontjai. Az interaktív változat lépésenként mutatja a szerkesztést, végül a pontos ellipszissel is összeveti.



10.5. ábra. Négyközéppontos ovális szerkesztése izometrikus rombuszban: nagy ívek a tompaszögű csúcsokból (O_1, O_2), kis ívek az összekötők metszéspontjaiból (K_1, K_2)

10.2.7. A perspektivikus ábrázolás

A perspektíva már nem műszaki méretvételre, hanem **látványtervezésre** való. Célja, hogy a vevő vagy a tervező úgy lássa a bútort, mintha a szobában állna.

Egyiránypontos perspektíva.
Akkor alkalmazzuk, ha a bútor homloklapja párhuzamos a képsíkkal, például egy szoba falával párhuzamos konyhaszekrénynél. Ilyenkor:

1. Rajzold meg a homloknézetet a képsíkon, mint egy frontális rajzot.
2. Válassz egy **horizontvonalat** a homloknézet felett vagy mögött, és rajta egy **iránypontot**.
3. Húzz minden homloknézeti sarokpontból egyeneseket az iránypontba; ezek a mélységi élek.
4. Válaszd meg a tárgy mélységét a perspektívában (vizuális becsléssel), és húzd meg a hátlap éleit a homloknézettel párhuzamosan, de kisebb méretben.
5. A hátlap körvonalának a homloknézet felé eső része adja a mélységet.

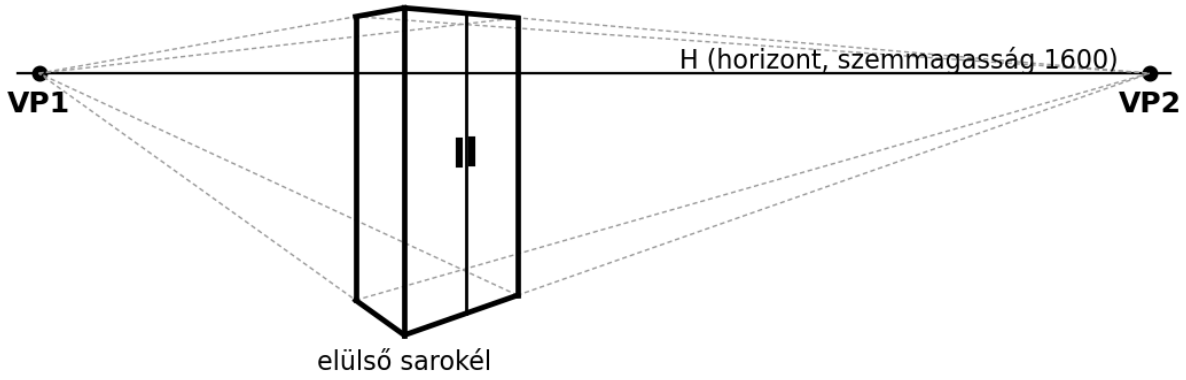
Kétiránypontos perspektíva.
Akkor használjuk, ha a bútor sarkát látjuk, például egy karosszék átlósan áll a szobában. Ilyenkor:

1. Válassz egy **horizontvonalat**.
2. Rajzold meg a bútor hozzánk legközelebbi függőleges élét (ez a sarokél).
3. Ebből a függőleges élből a horizontra két **iránypontot** jelölsz ki: az egyik balra, a másik jobbra.
4. Az elülső sarok pontjaiból húzz vonalakat mindkét iránypontba; ezek adják a vízszintes élek irányát.
5. A függőleges élek mindig függőlegesek maradnak.

6. A mélységben a bútor élei rövidülnek; a mélységi hosszakat vizuálisan rövidítsd.

Figyelem. A perspektív rajzon a méretarány nem állandó, ezért **gyártási rajzként nem használható**. A méreteket a vetületi rajzokról, az axonometrikus vázlatról vagy a szabásjegyzékből kell venni.

Az ábra egy kétszárnyú szekrény kétiránypontos perspektíváját mutatja: a horizont (H) szemmagasságban fut, a homlok vízszintes élei a jobb oldali (VP2), az oldallap vízszintes élei a bal oldali (VP1) iránypontba tartanak, a függőleges élek függőlegesek maradnak. Az interaktív változatban a szemmagasság és az iránypontok távolsága állítható (béka- és madártávlat), és kiírja, hogy a két egyforma széles ajtószárny a képen eltérő hosszú – ezért a perspektív képről méretet levenni nem szabad.



10.6. ábra. Kétszárnyú szekrény kétiránypontos perspektívája horizonttal, VP1 és VP2 iránypontokkal, halvány szerkesztővonalakkal

10.2.8. Mikor válasszunk axonometriát és mikor perspektívát?

A döntés attól függ, mire kell a rajz.

Cél	Ajánlott ábrázolás	Miért?
Gyártási méretvétel, szabásjegyzék készítése	Vetületi rajz	Pontos méretek, szabványos nézetek
Szerkezet, kötés bemutatása a műhelyben	Axonometria (izometrikus vagy frontális)	Párhuzamos élek, mérhető arányok, gyorsan olvasható
Vevőnek szánt látvány, belső tér eladás	Perspektíva	Természetes látás, mélységérzet
Szerelőnek szánt összeállítási útmutató	Axonometrikus robbantott rajz	Minden alkatrész helye egyértelmű
Kerek furatok, profilok homloklapon	Frontális axonometria	A homloknézet torzítatlan, körök kört maradnak
Egyszerű dobozok, szekrények, keretek	Izometrikus axonometria	Egyenletes torzítás, gyors szerkesztés

10.2.9. Kidolgozott példa: éjjeliszekrény szemléltető rajza

Készítsünk vázlatot egy egyszerű éjjeliszekrényhez. A szekrény mérete: magasság 500 mm, szélesség 450 mm, mélység 400 mm. A rajzot **1:10 méretarányban** készítjük, tehát a rajzon a

magasság 50 mm, a szélesség 45 mm, a mélység 40 mm lesz.

Izometrikus rajz lépései:

1. Rajzold meg a Z tengelyt függőlegesen, majd az X és Y tengelyt 30°-30°-kal.
2. Vedd fel az origót a szekrény elejének alsó sarkában.
3. Mérd fel a szélességet az X tengelyre: 45 mm; a mélységet az Y tengelyre: 40 mm; a magasságot a Z tengelyre: 50 mm.
4. A pontokból húzz párhuzamosokat, alakítsd ki a dobozt.
5. Rajzold be a homloklap fiókját és ajtaját is izometrikus vonalakkal; ezek párhuzamosak a megfelelő tengelyekkel.
6. A takart éleket hagyd el; írd fel a méreteket a tengelyekkel párhuzamosan.

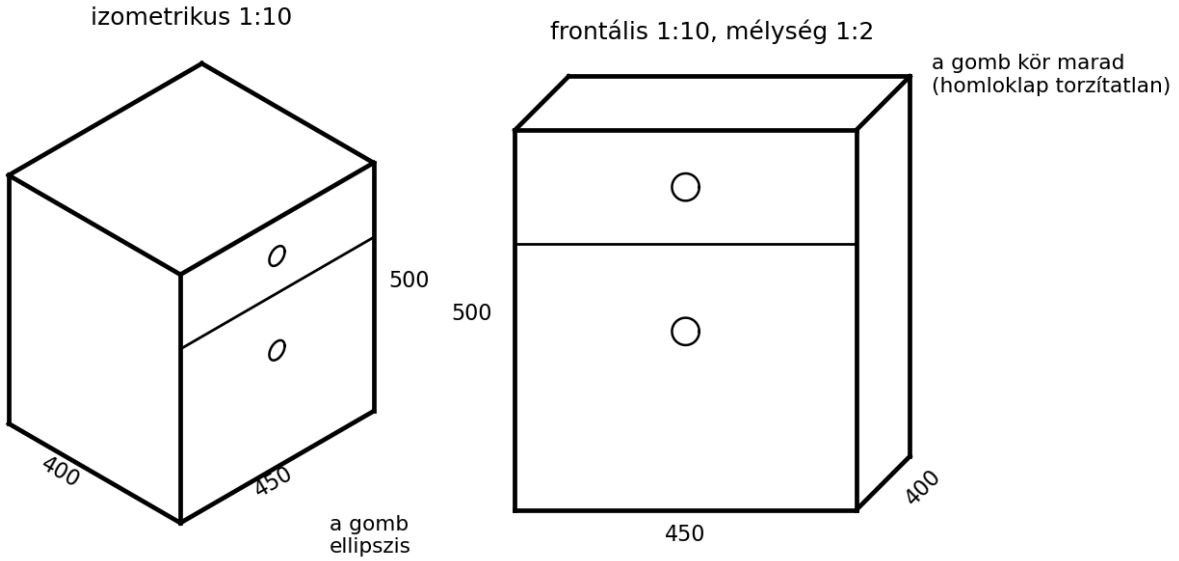
Az így kapott rajz ferde, de arányos képet ad. A fiók, az ajtó és a test egymáshoz viszonyított aránya ellenőrizhető.

Frontális axonometrikus rajz lépései:

1. Rajzold meg a homloknézetet 45 mm × 50 mm-es téglalapként (450 mm × 500 mm 1:10-ben); rajzold be a fiókot és az ajtót torzítatlanul.
2. Minden sarokpontból húzz 45°-os ferde vonalat jobbra-hátra.
3. Mérd fel a felezett mélységet: 40 mm / 2 = 20 mm.
4. Kösd össze a mélységi pontokat, húzd meg a hátulsó éleket.
5. A homloklapi köröket (pl. gombok, furatok) körként rajzold; a mélységi oldalfelületen lévő szerkezeti elemeket már ellipszisben kellene ábrázolni.

A két rajz célja eltérő. Ha a szekrény homloklapja a fontos, a frontális axonometria gyorsabb. Ha a szerkezet egészét akarod látni, az izometrikus jobb.

Az ábra a kidolgozott példa két rajzát mutatja egymás mellett, 1:10-ben: bal oldalon az izometrikus rajzot (45 × 40 × 50 mm, a gombok ellipszisek), jobb oldalon a frontális rajzot (45 × 50 mm-es torzítatlan homloklap, a mélység 45°-ban 20 mm, a gombok körök). Az interaktív változat ugyanez a kalkulátor az éjjeliszekrény adataival.



10.7. ábra. Éjjeliszekrény (450 × 400 × 500) izometrikus és frontális axonometrikus rajza 1:10-ben, fiókkal, ajtóval és gombokkal

10.2.10. Minőségellenőrzés

A szemléltető rajz akkor jó, ha az arányok egyértelműek és a szerkesztés hibátlan.

Mit ellenőrizzünk?

- A tengelyek szögét: izometrikusnál a vízszinteshez képest 30°-30°, frontálisnál a mélységi tengely 45°-os. Tűrés: iskolai rajznál ±1° (tájékoztató).
- A párhuzamosságot: az azonos irányú élek párhuzamosak legyenek.
- A rövidüléseket: izometrikusnál minden tengelyen azonos, frontálisnál a mélység felezett.
- A körök ellipszisét: a görbe érintse a rombusz oldalfelezőit, ne legyen csúcsos.
- A perspektívánál az iránypontok a horizonton legyenek, a függőlegesek függőlegesek.

Ha a rajz nem felel meg, a hibát jelöld ki, és javítsd a tengelykereszt pontos megrajzolásával.

10.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** az izometrikus tengelyek nem 30°-osak, hanem például 45°-osak.
   Ok: a tanuló összekeveri a frontális axonometriával.
   Helyes gyakorlat: mindig először a függőleges Z tengelyt rajzold, majd a 30°-os tengelyeket; ellenőrizd a 120°-os kapcsolatot.

2. **Hiba:** a frontális axonometriában a mélységet teljes hosszban rajzolják.
   Ok: a mélységi rövidítés elfelejtése.
   Helyes gyakorlat: a mélységet mindig szorozd meg 1/2-del (vagy 3/4-del, ha az az előírt), és írd a méret mellé: „mélység rövidítve”.

3. **Hiba:** a köröket izometrikus rajzon is körként rajzolják.
   Ok: a vetületi rajz megszokása.
   Helyes gyakorlat: a síkbeli kör képét a rombusz segítségével, négyközéppontos oválissal szerkeszd meg.

4. **Hiba:** a perspektív rajzról méretet akarnak leolvasni.
   Ok: a perspektíva valósághű, ezért használata megtévesztő.
   Helyes gyakorlat: a perspektívát csak látványtervnek használd; gyártási méreteket a vetületi rajzról vagy axonometrikus vázlatról vegyél.

5. **Hiba:** a takart éleket látható vastag vonallal rajzolják.
   Ok: a szerkesztés közben a kép rendezetlen.
   Helyes gyakorlat: a nem látható éleket szaggatottan jelöld, vagy hagyd el; a rajz így olvashatóbb.

10.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos kis műhelyben konyhabútort készít. A megrendelő nem tudja elképzelni, hogyan helyezkednek el a felső szekrények a munkalap fölött. Az asztalos először egy frontális axonometrikus vázlatot rajzol: a homloknézet torzítatlan, a mélység 45°-ban, felezve. A vevő így látja az ajtók arányát, a fogantyúk helyét, a fiókok elrendezését. Amikor a vevő azt kérdezi, milyen lesz a sarokból nézve, az asztalos kétiránypontos perspektív vázlatot készít, amelyen a konyhaszekrények mélységbe futó élei a horizont két iránypontja felé tartanak. Ezzel a két rajzzal a megrendelés létrejön. A gyártás azonban már a vetületi műhelyrajz és a szabásjegyzék alapján történik; a perspektíva csak a döntést segítette.

10.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az izometrikus axonometriában a három tengely egymással 90°-os szöget zár be.

2. Igaz vagy hamis? A frontális (ferde) axonometriában a homloknézet torzítatlan.

3. Igaz vagy hamis? A perspektivikus rajz kiváló gyártási méretre.

4. Hogyan rajzoljuk a kör képét izometrikus felületen?

5. Melyik szögben áll a mélységi tengely a frontális axonometriában, és milyen rövidülést használunk gyakran?

6. Miért nem lehet mérni a perspektív rajzon?

10.2.14. Feladatok

1. feladat (A). Rajzold meg szabadkézzel az izometrikus tengelykeresztet, és írd be a szögeket a vízszinteshez képest.

2. feladat (A). Magyarázd meg saját szavaiddal: mikor választasz frontális axonometriát, és mikor izometrikust?

3. feladat (B). Szerkessz izometrikus rajzot egy 600 mm × 400 mm × 300 mm-es dobozról 1:10 méretarányban. Add meg a méreteket a tengelyekkel párhuzamosan.

4. feladat (B). Készíts frontális axonometrikus vázlatot egy 800 mm hosszú, 250 mm mély és 20 mm vastag polcról 1:10 méretarányban. A mélységet 1:2 arányban rövidítsd.

5. feladat (C). Adott egy ∅100 mm-es furat a szekrény oldallapján. Magyarázd el, mi a helyes ábrázolás izometrikus és frontális axonometrikus rajzon, és készítsd el a közelítő ellipszist az izometrikus felületen.

6. feladat (D). Egy vevő konyhabútort rendel, amely sarka a szoba felé fordul. Készíts szabadkézi kétiránypontos perspektív vázlatot, jelöld a horizontvonalat, a két iránypontot, és írd le, miért nem használhatod ezt a rajzot gyártásra.

10.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Az izometrikus tengelyek egymással 120°-os szöget zárnak be; a vízszinteshez képest az X és Y tengely 30°-os.

2. Igaz. A homloknézet torzítatlan, a mélységi Y tengely 45°-os és rövidített.

3. Hamis. A perspektíva csak látványrajz; gyártási méretre nem alkalmas, mert a párhuzamosok iránypontba tartanak és a méretarány nem állandó.

4. A kör képe ellipszis; közelítőleg négyközéppontos oválissal, a kör köré írt négyzet izometrikus rombuszán belül szerkesztjük.

5. A mélységi tengely a vízszinteshez képest 45°-os; a leggyakoribb rövidülés 1:2 (felére rövidítés), a faipari gyakorlatban a felezett mélység a szokásos.

6. Mert a perspektíva központi vetítés: a tárgy távolabbi részei kisebbek, a párhuzamos mélységi élek összetartanak, ezért a méretarány a rajzfelületen pontról pontra változik.

1. feladat megoldása.
Rajzold meg a függőleges Z tengelyt. Az origóból kiindulva rajzold jobbra felfelé az X tengelyt 30°-ban, balra felfelé az Y tengelyt szintén 30°-ban. Írd be: „30°” a vízszinteshez. A tengelyek között 120°-os szögek vannak.

2. feladat megoldása.
Frontális axonometriát válassz, ha a tárgy homloklapján sok kör, furat, profil, vasalat helyezkedik el, mert a homloknézet torzítatlan, és azok körként rajzolhatók. Izometrikus axonometriát akkor válassz, ha a tárgy minden oldala egyformán fontos, például dobozok, szekrények, keretek, és egységes, mérhető rövidítést akarsz.

3. feladat megoldása.
1:10 méretarányban a rajzméretek: hossz 60 mm, mélység 40 mm, magasság 30 mm. Tengelyek: Z függőleges, X 30° jobbra-fel, Y 30° balra-fel. Origóból mérd fel X-re 60 mm-t, Y-ra 40 mm-t, Z-re 30 mm-t. Húzz párhuzamosokat, rajzold a látható éleket. A méreteket a tengelyekkel párhuzamosan, mm-ben, a rajzfejben a méretarány: 1:10.

4. feladat megoldása.
1:10-ben a polc homloknézete 80 mm × 2 mm. Mélység 250 mm; 1:2 rövidítés → 125 mm valós rajzi mélység, 1:10 léptékben 12,5 mm. Rajzold meg a homloknézetet vízszintes és függőleges vonalakkal. Minden sarokból húzz 45°-os ferde vonalat; mérd fel rájuk a 12,5 mm-t. Kösd össze a mélységi pontokat; látható élek vastagon.

5. feladat megoldása.
Izometrikus felületen a ∅100 mm-es furat képe ellipszis. Szerkessz 100 mm oldalú négyzetet, izometrikus rombuszként. Jelöld az oldalfelezőket; a rombusz tompaszögű csúcsait kösd össze a szemközti oldalak felezőpontjaival: a tompaszögű csúcsok a nagyobb sugarú ívek középpontjai, az egyenesek metszéspontjai a hosszú átlón a kisebb sugarú ívek középpontjai. Rajzold meg a négy körívet, hogy folytonos oválist kapj. Frontális axonometriában, ha a furat a homloklapon van, kör marad; ha oldallapon, akkor ellipszis.

6. feladat megoldása.
A vázlat lépései: húzz horizontvonalat (H). Rajzold a konyhaszekrény elülső függőleges sarokélét. Vegyél fel balra és jobbra egy-egy iránypontot (VP1, VP2) a horizonton. A sarokél pontjaiból húzz vonalakat VP1-be (a balra futó élek) és VP2-be (a jobbra futó élek). A függőlegesek maradjanak függőlegesek. A hátrafelé futó vízszintes éleket vizuálisan rövidítsd. Ez a rajz csak látványra való, mert a mélységi méretek nem mérhetők; a gyártáshoz vetületi rajz vagy axonometrikus vázlat kell, ahonnan a szabásjegyzék készül.

10.2.16. Rövid összefoglaló

Az axonometrikus rajz olyan szemléltető ábrázolás, amely párhuzamos vetítéssel, három tengely mentén mutatja a tárgyat. Az **izometrikus rajz** tengelyei egymással 120°-ot zárnak be, a tengelyek 1:1 arányban rövidülnek a gyakorlati rajzon; a **frontális (ferde) rajz** homloknézete torzítatlan, mélységi tengelye 45°-os, és a mélységet általában 1:2 arányban rövidítjük. A kör izometrikus felületen ellipszisként, négyközéppontos oválissal szerkeszthető; frontális homloklapon kör marad. A **perspektíva** központi vetítés: párhuzamos mélységi vonalak az iránypontba tartanak; egyiránypontos nézetnél a homloklap párhuzamos a képsíkkal, kétiránypontosnál a

sarok néz felénk. Az axonometriát szerkezetek, fakötések és szerelési útmutatók rajzolására, a perspektívát vevői látványra használjuk.

Továbbvitt eredmény. Az axonometrikus rajzot felhasználjuk a A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz alfejezetben, ahol a terméket szemléletes nézetben mutatjuk be, továbbá a Formatervezés és a formaterv készítése alfejezetben, amikor a vevőnek készítünk látványtervet vagy a szerelőnek robbantott ábrát.

10.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

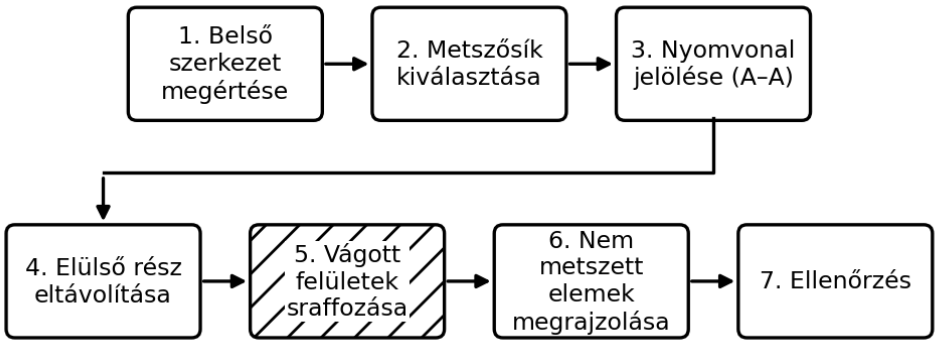
Ebben az alfejezetben felhasznált típusok: magyar és európai rajzi szabványok (MSZ EN ISO 5456 sorozat – ellenőrizendő a pontos jelzet, kiadás és hatály), faipari szakrajzi tankönyvek, valamint a műhelygyakorlat. Ellenőrizendő adatok: az izometrikus rövidülés elméleti tényezője (≈0,82), a frontális axonometria ajánlott mélységi rövidülése (1:2 vagy 3:4), valamint az egyes szabványhivatkozások pontos számai. Az ábrák méretarányai és tűrései tanulási példák, nem szabványos gyártási előírások.

10.3. Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés

10.3.1. Miért kell a metszet?

Egy fiókos szekrény rajzán sok belső részlet nem látható: a fiókvezető útja, a hátfal hornyolata, a fiókfenék beillesztése, az ajtó és a homlokfelület találkozása. Ha ezeket mind szaggatott vonallal, **rejtett élként** rajzoljuk meg, a rajz hamar áttekinthetetlenné válik. A gyártó nem tudja eldönteni, melyik él elöl, hátul vagy belül van, és hol marad anyag a csapnak, a horonynak vagy a csavarnak.

A metszet ezt a problémát oldja meg: a tárgyat egy képzeletbeli síkkal elvágjuk, az elülső részt eltávolítjuk, és a mögötte maradt részt vetítjük. Ami a vágósíkon fekszik, azt anyagjelöléssel sraffozzuk, ami mögötte van, azt látható kontúrral rajzoljuk. Így a belső szerkezet közvetlenül olvasható, durva szaggatottvonalkaosz nélkül.



10.8. ábra. A metszetkészítés lépései a faipari rajzon

10.3.2. A nézet és a metszet fogalma

Definíció. A **nézet** a tárgy egy vetületi képe, amelyen a látható élek folytonos vastag vonallal, a takart, rejtett élek szaggatott vonallal szerepelnek. A **metszet** olyan vetületi ábrázolás, amelyben a tárgyat egy képzeletbeli **metszősík** vágja ketté; az elülső részt eltávolítjuk, és a megmaradt részt vetítjük. A vágott felületet anyagjelölés szerint sraffozzuk.

A metszet tehát nem külön rajzfajta, hanem a nézet egy változata: a vetítés iránya ugyanaz, mint a megfelelő nézeté, csak a tárgy egy részét „levágtuk”. A metszősík helyét a rajzon mindig meg kell érteni, mert ugyanannak a szekrénynek más-más metszete más szerkezetet mutat.

Szabály. A faipari rajzon a méret mm-ben értendő, a rajzon a mértékegységet nem írjuk ki. A metszet jelölésére a metszősík nyomvonalát betűzzük (például **A**–**A**), és a metszet ábrája fölé is ezt írjuk. A nyilak a vetítés irányát mutatják, az E vetítési rend szerint. A pontos vonalfajtát és a jelölés szabályait a rajzszabvány tartalmazza, ezért a példákban mindig jelöljük az ellenőrzési igényt.

Megjegyzés. A faipari rajzon gyakran találkozol olyan nézettel, ahol a rejtett éleket elhagyják, ha a metszet mindent megmagyaráz. A metszet célja a külső nézet tehermentesítése: a rejtett él helyett a belső szerkezet válik láthatóvá.

10.3.3. Miért van szükség metszetre?

A tömörfa szerkezetek belső csapozásai, a korpuszbútorok fiók- és polcrögzítései, az ajtótokok, a falécek hornyai mind olyan helyek, ahol a látható nézet nem mutatja a lényeget. Egy ajtólap metszete megmutatja a betét és a keret közötti hornyot, a betét játékát, a csap hosszát. Egy szekrény vízszintes metszete megmutatja a fiókok oldalirányú helyzetét, a fiókvezető sín és az oldalfal közötti távolságot. Metszet nélkül ezeket csak szóban vagy sok szaggatott vonallal lehetne leírni, és a műhelyben bizonytalanságot okozna.

Példa. Egy egyszerű fiók homloklapja és oldala elöl fésűs fogazással kapcsolódik. A nézetben a fogak nem látszanak, mert a homloklap takarja őket. Vízszintes metszetben a vágás a fogazás vonalán megy, és a fogak váltakozása anyagjelöléssel, látható élekkel rajzolható. A rajzról az asztalos leolvassa a fogak hosszát és a fészekmélységet.

10.3.4. Metszetfajták

A metszeteket a metszősík terjedelme és vonala szerint csoportosítjuk.

10.3.4.1. Teljes metszet

A metszősík az egész tárgyon keresztülhalad, a teljes nézetet metszetben ábrázoljuk. Ilyenkor a metszet a nézet helyén állhat, vagy külön kiemelve.

Példa. Egy szekrény középső függőleges metszete a tetőtől a lábazatig mutatja az összes belső polcot, a hátfalat, a fiókokat és a lábazati takarólécet.

10.3.4.2. Félmetszet

Ha a tárgy **szimmetrikus**, elegendő a szimmetriatengely egyik oldalát metszetben, a másik oldalát nézetben rajzolni. A határvonal a szimmetriatengely. A félmetszet takarékos, és egyszerre mutatja a külső és a belső szerkezetet.

Példa. Egy ajtótok szimmetrikus keresztmetszete: a bal oldalon a tok és a falcsatlakozás metszetben, a jobb oldalon a tok nézetben, a tok káva profiljával.

10.3.4.3. Részmetszet, kitörés

A **részmetszet** csak a rajz egy kisebb területén metsz, a metszés határát **törésvonallal** jelöljük. A törésvonal vékony, szabadkézi vagy cikkcakk vonal. A kitörés akkor jó, ha a teljes metszet felesleges, de egy belső részletet meg kell mutatni.

Példa. Egy munkalap rajzán a falcszélességet nem teljes metszetben, hanem a lap szélén kis kitöréssel mutatjuk. A műhelyben ebből látják a falc mélységét és a csatlakozó élzáró vastagságát.

10.3.4.4. Kitérített metszet

A **kitérített metszet** metszősíkja két, egymással szöget bezáró síkból áll (például egy sarokszekrény két szárnyán át). A ferde síkba eső részt a képsíkba forgatjuk (kitérítjük), így a valódi alakja és mérete látszik. Párhuzamos, eltolt síkoknál lépcsős metszetről beszélünk (lásd lent). A faiparban szögben álló elemeknél, például sarokszekrénynél vagy lépcsőkar kanyarodó részénél, ez jobban mutatja a belső összefüggést, mint több külön metszet.

Figyelem. A kitérített metszeten a forgatott részt a valódi méretével rajzoljuk; a méretszámok mindig a valós szerkezeti méretek, nem a rajzról lemért hosszak.

10.3.5. A szelvény

Definíció. A **szelvény** olyan részletrajz, amely csak a metszősíkba eső vágott felületet ábrázolja, a metszősík mögötti részeket nem.

A szelvény akkor hasznos, ha a profil, a horony, a falc vagy a léckeresztmetszet a fontos, és a mögötte lévő anyag nem ad új információt. A szelvényt kiemelve, a metszősíkra merőlegesen, vagy a rajz bármely szabad helyére, a metszősík jelölésével együtt rajzoljuk. A vágott felületet itt is sraffozzuk.

Példa. Egy díszléc profilját **A–A szelvény** mutatja. A rajzon a metszősík nyomvonala a léc hosszára merőleges, a szelvény fölé A–A felirat kerül. A hornyok, a homorú és domború ívek így pontosabban rajzolhatók, mint a teljes metszeten.

10.3.6. Metszősíkok típusai a faipari szakrajzban

A faipari rajzon a leggyakrabban két metszősík-típust használunk:

- **Vízszintes metszet:** a metszősík a tárgyat vízszintesen vágja, a vetítés felülnézetben történik. Ezt **alaprajzszerű metszetnek** is nevezik. Bútoroknál jellemzően a fiókok, a polcok, a vasalatok, a hátfal és a fiókvezetők helyét mutatja.
- **Függőleges metszet:** a metszősík függőleges, a vetítés elölnézetben vagy oldalnézetben van. A **hosszmetszet** a tárgy hosszabb oldalával párhuzamos, a **keresztmetszet** arra merőleges.

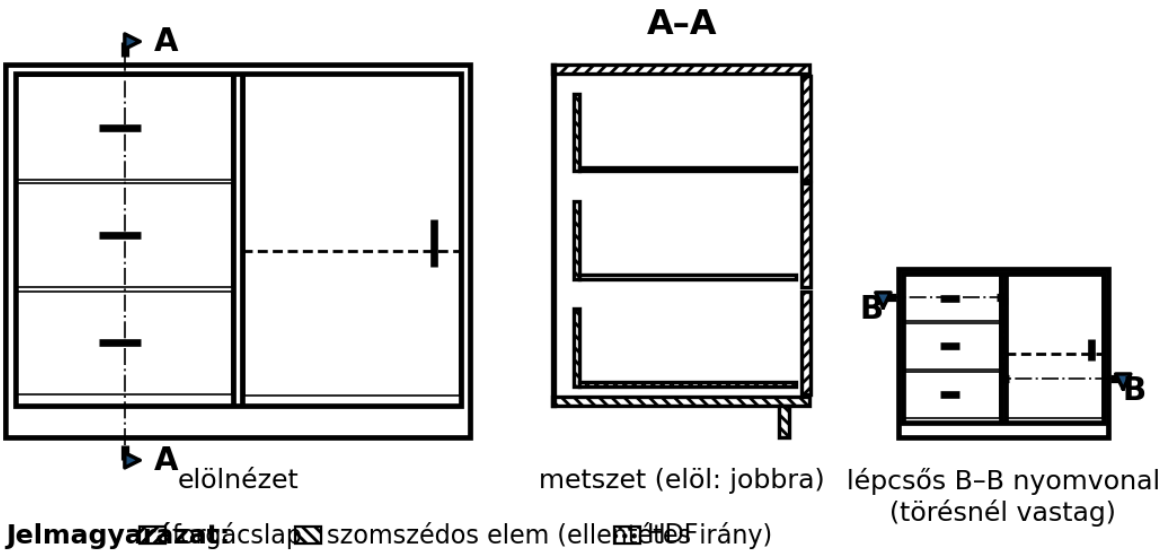
A metszősík lehet **lépcsős** is: egymással párhuzamos, de eltolt síkokból egy közös metszetet készítünk. Ilyenkor a metszősík nyomvonala lépcsősen megtörik, és a metszetet egy síkban rajzoljuk.

A metszősík helyét a nézeten be kell jelölni, ha a metszet nem magától értetődő. A jelölés részei:

1. a **metszősík nyomvonala** a nézeten,
2. a **vetítés irányát** mutató nyilak,
3. a metszetet azonosító **betűjel** (A–A, B–B),
4. a metszet ábrája fölött ugyanez a felirat.

Szabvány. A metszetkészítés és a metszetjelölés módját az **MSZ EN ISO 128** sorozat írja le – **ellenőrizendő: a pontos szabványrész és a hatályos jelölés**. A faipari rajzokon a metszősík nyomvonala gyakran hosszú pontvonallal rajzolt, a végén vastagabb szakasszal és nyíllal, de a vonalfajtát és a nyilak kialakítását mindig a rajzszabvány vagy a cég rajzszabványa szerint kell követni.

Az ábra a jelölés részleteit mutatja egy fiókos-ajtós szekrény elölnézetén: az A–A nyomvonal vékony, hosszú pontvonal, a végein vastag rövid szakasszal; a nyilak a vetítés irányába mutatnak, mellettük az A betű. Mellette az A–A metszet anyagjelöléssel (a szomszédos elemek sraffozása ellentétes irányú), jobbra lent egy lépcsős B–B nyomvonal, amely a törési pontokon is vastag. Az interaktív változatban a metszősík húzható, és a metszet élőben mutatja, mi esik a vágásba (fiók, ajtó és polc, vagy oldalfal).



10.9. ábra. A metszősík jelölése: A–A nyomvonal a szekrény elölnézetén nyilakkal és betűjellel, mellette az A–A metszet; lépcsős B–B nyomvonal vastag törési szakaszokkal

10.3.7. Metszetek ábrázolása anyagjelöléssel

A metszetben a **vágott felületet** anyagjelölés szerint sraffozzuk – ezt az Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon alfejezetben tanultuk. A sraffozás általános szabálya:

- a sraffozó vonalak vékonyak,
- 45°-osak a rajz fő kontúrjához vagy a metszősíkhoz képest,
- egyenletes távolságúak,
- azonos anyagú, összetartozó alkatrészen azonos irányúak.

A faipari anyagjelölések:

- tömörfa hosszmetszete: a rosttal párhuzamos vonalak,
- tömörfa harántmetszete: évgyűrűre utaló koncentrikus ívek,
- rétegelt lemez: vékony rétegek, a rétegek határai,
- forgácslap, MDF: a sraffozáson kívül gyakran jelölik a forgács- vagy szálszerkezetet,
- műanyag élzáró, fém, üveg: rövid vagy szabványos mintázat.

Szabály. A szomszédos alkatrészek vágott felületeit el kell különíteni. Ha két tömörfa elem találkozik, az eltérő rostirányú jel (hosszmetszet / bütü) vagy a rostvonalak eltérő iránya különbözteti meg őket; azonos jel esetén a közös kontúr vastag vonal. (A sraffozás a fémeké; lásd Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon.) A cél: a rajzoló és az asztalos lássa, hol kezdődik az egyik alkatrész, és hol ér véget a másik.

Példa. Egy fiók oldala és homloklapja fogazott kötésben találkozik. A vízszintes metszetben a fogak anyagát tömörfa-jellel rajzoljuk, a hornyok üresek maradnak. A homloklap és az oldal rostiránya egymásra merőleges, ezért a két alkatrész jele eltér (rostvonalak, illetve évgyűrű-ívek), így a fogak váltakozása olvasható. (Forgácslapon fogazott kötés nem készíthető; ott tiplis vagy excenteres kötést használunk.)

10.3.8. Metszetben nem metszett elemek

Néhány elemet a metszetben **akkor sem sraffozunk**, ha a metszősík áthalad rajtuk. Ez a szabály a **hossztengelyük mentén metszett standard elemekre** vonatkozik:

- **csavarok, anyák, alátétek, szegek, tiplik (köldökcsapok), lamellók, tengelyek, zsanércsapok**, ha a metszősík a hossztengelyükkel párhuzamos.

Ezeket a metszetben **körvonalukkal** rajzoljuk, sraffozás nélkül. A cél az áttekinthetőség: ezeket az elemeket jól ismeri az asztalos, a sraffozásuk feleslegesen sűrítené a rajzot, és összetéveszthetővé tenné a szerkezeti anyag jelölését.

Fontos. Ha a metszősík a csavart, tiplit vagy lamellót **keresztben** vágja, akkor a vágott felületet **sraffozni kell**, mert ekkor a szerkezeti anyag valódi keresztmetszete jelenik meg.

Példa. Egy polctartó csavart a metszősík hosszában vág. A csavart nem sraffozzuk, de a csavar fejét, menetét egyszerűsített körvonallal rajzoljuk. A polclap anyagát sraffozzuk. Így a rajzon azonnal látszik, hogy a csavar behatolt a lapba, és hol a menet hossza.

10.3.9. Faipari szokások: kitört metszet és megszakított ábrázolás

A faipari rajzokon két gyakori, hagyományos ábrázolás könnyíti a rajzolvasást.

10.3.9.1. Kitört metszet

A **kitört metszet** olyan részmetszet, amelynél a metszősík a tárgy fontos belső részleténél halad át, de a lényegtelen vagy a rajzot zavaró részeket kihagyja. A törésvonal szabadkézi vonallal jelzi, hol „törtük ki” az anyagot.

Példa. Egy ajtótok és a fal csatlakozásánál a tokot csak a falc és a csavar magasságában törjük ki. A teljes tokprofil metszete nem kell, mert a többi részletet a nézet vagy a szelvény mutatja.

10.3.9.2. Megszakított ábrázolás hosszú alkatrésznél

Ha egy hosszú, azonos keresztmetszetű alkatrészt – például díszlécet, élzárót, padlófugát, ablaklécet – kell rajzolni, a közbülső hosszúságot nem rajzoljuk le teljes hosszában. A nézetet **megszakítjuk**, a szelvényt megrajzoljuk, és a hosszt mérettel adjuk meg.

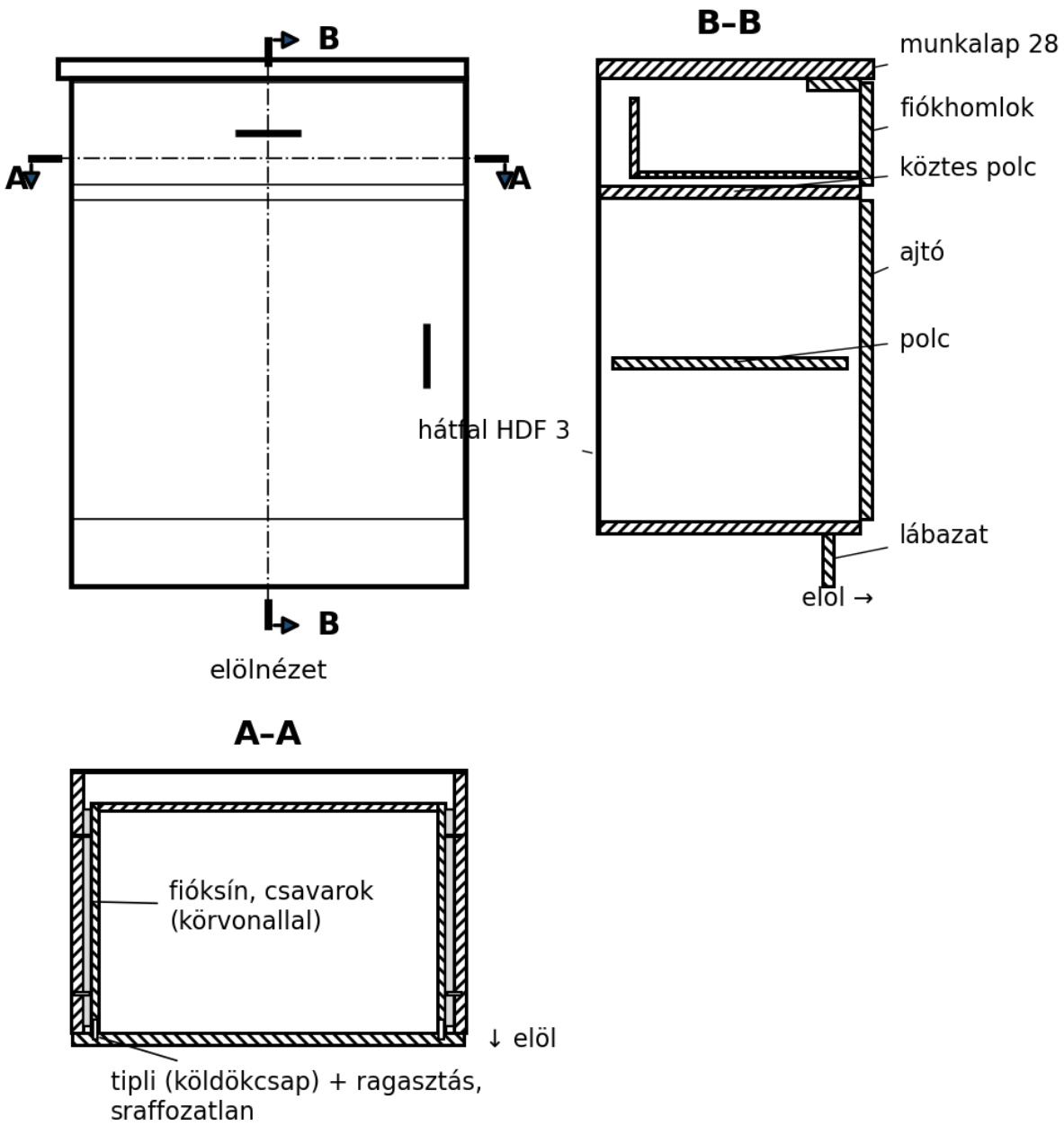
A rajz két rövid darabot mutat törésvonalakkal, közöttük a teljes hossz megadva. Így a keresztmetszet pontosan látható, a hossz méretből olvasható, és a rajz rövidebb, átláthatóbb lesz.

Figyelem. A megszakított nézet teljes értékű gyártási rajz, de a valódi hosszat csak a méretszám adja: a megszakított rajzról hosszt lemérni tilos. A törésvonal vékony szabadkézi vagy cikkcakkos vonal. A megszakított ábrázoláson a szelvény lehet sraffozott.

10.3.10. Gyakorló feladat: szekrény vízszintes és függőleges metszete

Vegyünk egy egyszerű konyhaszekrényt, amelynek felső része fiókos, alsó része ajtós. A szekrény külső méretei: magasság 800 mm, szélesség 600 mm, mélység 400 mm. A korpusz 18 mm vastag forgácslapból készült, a hátfal 3 mm-es HDF, a fiókok oldala 12 mm-es forgácslap, a homlok 18 mm, a munkalap 28 mm vastag. A fiókok görgős kihúzós vasalattal futnak. A méretek itt tanulási példák; a gyártáshoz a gyártói és tervezői adatok mérvadók.

Az ábra a szekrény elölnézetét és két metszetét mutatja E rendben. Az **A–A vízszintes metszet** a munkalap teteje alatt 150 mm-rel, a fiók magasságában vág: látszanak az oldalfalak (18), a hátfal (HDF 3), a fiókhomlok (18), a 12 mm-es fiókoldalak és a fiók hátlapja. Mivel forgácslapon fogazott kötés nem készíthető, a fiókoldal a homlokhoz tiplivel (köldökcsappal) és ragasztással kapcsolódik; a tipli, az oldalfalra csavarozott fióksín és a csavarok hossztengelyük mentén metszve sraffozatlanok, csak a körvonaluk látszik. A **B–B függőleges metszet** a középvonalban vág: munkalap, fiókhomlok, fiók alja és hátlapja, köztes polc, ajtó, polc, fenéklap, lábazat és hátfal; a szomszédos elemek jele eltér, azonos jelnél a közös kontúr vastag vonal. Az interaktív változatban az A–A sík magassága csúszkával állítható.



10.10. ábra. Fiókos-ajtós szekrény (800 × 600 × 400) elölnézete A–A és B–B nyomvonallal, az A–A vízszintes és a B–B függőleges metszet anyagjelöléssel

Magyarázat a rajzhoz. Az A–A metszet a felső fiók magasságában vízszintesen vág. A metszetben a fiók homloklapja és oldala elöl tiplivel (köldökcsappal) és ragasztással kapcsolódik; a tipli hossztengelye mentén metszve sraffozatlan. A fiók vezetősínje a korpusz oldalához csavarral van rögzítve; a csavart hossztengelye miatt nem sraffozzuk. A B–B metszet a szekrény közepén függőlegesen vágja a fiókos és az ajtós részt is. A fiók homloklapja a metszetben elöl, a fiók hátlapja hátul látszik; a fiók alja hornyoltan csatlakozik. Az ajtó a keretre szerelt zsanérral nyílik, a zsanér csapja nem metszett.

A metszetrajzok így átadják a gyártónak a belső kapcsolatokat, a fúrási pontokat és a szerelési sorrendet.

10.3.11. A metszetkészítés lépései

A metszetet a rajzon a következő gondolatmenettel készítsük el:

1. **Határozzuk meg a belső szerkezeti kérdést**: milyen kapcsolat, horony, vasalat, csapozás nem látható?
2. **Válasszuk ki a metszősíkot**: ott vezessük, ahol a legtöbb szerkezeti részlet egy képen látható, de a sík ne törjön meg feleslegesen.
3. **Jelöljük a metszősík nyomvonalát** a nézeten, betűzzük és rajzoljunk nyilat a vetítés irányába.
4. **Távolítsuk el képzeletben az elülső részt**, és rajzoljuk meg a mögöttes szerkezetet látható élekkel.
5. **Sraffozzuk a vágott felületeket** anyagjelölés szerint, a szomszédos elemeket eltérő iránnyal.
6. **Hagyjuk ki a nem metszett elemeket** a sraffozásból, de rajzoljuk meg körvonalukat.
7. **Írjuk fölé a metszet nevét** (A–A, B–B), és adjuk meg a szükséges méreteket és anyagmegjegyzéseket.

A lépések sorrendjét az alfejezet elején álló folyamatábra foglalja össze.

10.3.12. Minőségellenőrzés

A metszetrajzot a gyártás előtt ellenőrizni kell. Nem elég megrajzolni, a rajz akkor jó, ha a műhelyben dolgozó kolléga egyértelműen le tudja olvasni róla a szerkezetet.

Mit ellenőrizünk:

- a metszősík nyomvonala és betűjele egyezik-e a metszet fölötti felirattal,
- minden vágott felületen van-e anyagjelölés,
- a szomszédos anyagok sraffozása elkülönül-e,
- a nem metszett csavar, tipli, lamelló hossztengely mentén sraffozatlan-e,
- a belső méretek, hornyok, falcok, fúrási pontok láthatók-e,
- a rejtett élek közül kihagytuk-e azokat, amiket a metszet már mutat,
- a metszet a helyes vetítési irányból készült-e.

Ha a rajzon a metszetjelölés hiányzik, a gyártó bizonytalan lehet, honnan látta a szerkezetet. A metszetet ilyenkor javítani kell.

10.3.13. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiányzó metszetjelölés.** A rajzon A–A metszet van, de a metszősík nincs bejelölve, vagy nincs betűzve. A gyártó nem tudja, hol vágta a rajzoló. **Helyes:** mindig jelölni a metszősíkot.

2. **Sraffozatlan vágott felület.** A rajzoló elfelejti az anyagjelölést, így a vágott alkatrész úgy néz ki, mint egy nézeti kontúr. **Helyes:** minden vágott felület sraffozandó.

3. **A metszősík rossz helyen halad.** Például a metszet a szekrényben a polcok közötti üres részen megy, és nem mutat fiókvezetőt, fogazást vagy vasalatot. **Helyes:** a metszősíkot a jellemző szerkezeti részlethez kell igazítani.

4. **A hossztengely mentén metszett csavart is sraffozzák.** Ez sűríti a rajzot, és a csavar anyagát tévesen a szerkezeti anyaggal keveri. **Helyes:** a csavart, tiplit, lamellót hossztengely mentén nem sraffozzuk, csak körvonal.
5. **A szomszédos elemek sraffozása azonos irányú és távolságú.** Ilyenkor a két alkatrész összeolvad. **Helyes:** eltérő irány vagy távolság.

10.3.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben beépített konyhaszekrényt gyártottak. A tervező adott egy formatervet és egy belső elrendezési rajzot, de a fiók és az ajtó közötti oszlop csomópontjáról nem készült metszet. A gyártó a fiókvezető sínt a belső oldalfalra szerelte, de a fiók homloklapja a szereléskor nekiütközött az ajtó zsanérjának. A helyszínen utólag kellett a fiók homloklapot visszamarni, és a zsanért áthelyezni.

A helyes megoldás egy **vízszintes metszet** lett volna a fiók és az ajtó találkozási magasságában. A metszeten látszott volna a fiók homloklapja, a fiók oldala, a fiókvezető sín, az ajtó és a zsanér. A metszet megmutatja az ütközési pontot, a szükséges szerelési hézagot (általában 2–3 mm-es hézag – ellenőrizendő a vasalatgyártó adata), és a sín helyzetét. A metszet tehát nem felesleges rajzi dísz, hanem a gyártási hibák megelőzésének eszköze.

10.3.15. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A metszetben a metszősík mögötti részeket sraffozzuk. Indokold.
2. Miért nem sraffozzuk a csavart, ha a metszősík a hossztengelyén megy?
3. Milyen metszetfajtát választanál egy teljes, szimmetrikus szekrény esetén, hogy a külső forma és a belső szerkezet is látható legyen?
4. Rajzold le szövegesen egy A–A metszet jelölését a nézeten: milyen vonalak, nyilak, betűk kellenek?
5. Mit jelent a megszakított ábrázolás hosszú díszlécnél? Miért használjuk?
6. Miben különbözik a szelvény a metszettől?

10.3.16. Feladatok

10.3.16.1. 1. feladat (A)

Definiáld a nézetet és a metszetet. Mondd el, mi a különbség a rejtett él és a metszet között.

10.3.16.2. 2. feladat (A)

Írd le, milyen anyagjelölést használnál egy forgácslapból készült szekrényoldal és egy HDF hátfal metszetén. Miért fontos a szomszédos elemek sraffozásának elkülönítése?

10.3.16.3. 3. feladat (B)

Egy egyszerű tömörfa (bükk) fiók elölnézete adott. A fiók magassága 180 mm, szélessége 500 mm, oldalfala 15 mm, homloklapja 18 mm. Készítsd el szöveges rajzleírással a fiók vízszintes metszetét a felső perem alatt 60 mm-rel. Nevezd meg a metszősíkot, és írd le, mit látsz, milyen sraffozást használsz.

10.3.16.4. 4. feladat (B)

Rajzolj egy szekrény függőleges metszetét a középső polcon át. A szekrény oldala 18 mm forgácslap, a polc 18 mm forgácslap, a hátfal 3 mm HDF. Írd le a metszősík jelölését, a metszet fölötti feliratot, a vágott felület anyagjelölését és a polc csatlakozását.

10.3.16.5. 5. feladat (C)

Egy beépített gardróbszekrényben fiókos és akasztós rész is van. Hová tennéd a vízszintes metszetet, ha a fiókok oldalirányú szerelését és az akasztórúd rögzítését is meg kell mutatni? Indokold a választ. Milyen metszetfajtát használnál, ha a szekrény szimmetrikus?

10.3.16.6. 6. feladat (D)

Tervezz egy egyszerű dobozt (például fiók nélküli kis szekrényt, méretek: szélesség 400 mm, magasság 600 mm, mélység 300 mm). Készítsd el a doboz vízszintes metszetének szöveges rajzleírását a polc magasságában. A rajzleírásban szerepeljen a metszősík helye, a metszetjelölés, a látható anyagok és a szerkezeti csatlakozások, valamint a szelvény elkészítése a polc anyagáról.

10.3.17. Megoldások

10.3.17.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A metszetben a vágott felületet sraffozzuk, a metszősík mögötti részt látható kontúrral rajzoljuk, nem sraffozzuk.
2. Mert a csavar, tipli, lamelló hossztengely mentén metszve standard elem, amelynek sraffozása feleslegesen sűrítené a rajzot, és a szerkezeti anyag jelölését zavarná. Körvonalban rajzoljuk.
3. Félmetszetet választunk: a szimmetriatengely egyik oldala metszet, a másik oldala nézet, így egyszerre látjuk a külsőt és a belsőt.
4. A nézeten a metszősík nyomvonalát hosszú pontvonallal rajzoljuk, a végein vastag rövid szakasz és nyilak, a nyilak mellett A betű. A metszet fölé A–A felirat kerül. A nyilak a vetítés irányába mutatnak.
5. A hosszú, azonos keresztmetszetű díszlécet a rajzon megszakítjuk, a szelvényt megrajzoljuk, és a hosszt mérettel adjuk meg. Így a keresztmetszet pontos, a rajz pedig rövidebb és áttekinthetőbb.
6. A szelvény csak a metszősíkba eső vágott felületet mutatja, a mögöttes részeket nem. A metszet a vágott felületet és a metszősík mögötti részt is ábrázolja.

10.3.17.2. 1. feladat (A)

A nézet a tárgy vetületi képe, látható élekkel és rejtett élekkel. A metszet olyan vetületi ábrázolás, amelyben a tárgyat metszősík vágja, az elülső részt eltávolítjuk, és a maradékot vetítjük. A rejtett él szaggatott vonal a nézeten; a metszet a belső szerkezetet látható kontúrral és anyagjelöléssel mutatja.

10.3.17.3. 2. feladat (A)

A forgácslapot a vágott felületen forgácsszerkezetre utaló pöttyözéssel jelöljük, a HDF-et sűrűbb, finomabb mintával. A szomszédos elemeket eltérő jellel, azonos jelnél vastag közös kontúrral különítjük el, hogy a gyártó lássa az alkatrészhatárokat.

10.3.17.4. 3. feladat (B)

A metszősík: A–A, vízszintes, a felső perem alatt 60 mm-rel. A metszet felülnézet. A rajzon a tömörfa fiók homloklapja (18 mm) és oldala (15 mm) fogazottan kapcsolódik. A két alkatrész eltérő rostirányú tömörfa-jelet kap (homloklap: rostvonalak, oldal: évgyűrű-ívek), így a fogak váltakozása olvasható. A fiók vezető síne az oldalhoz csavarozott, a csavarok hossztengely mentén nem sraffozottak. A metszet fölé A–A felirat.

10.3.17.5. 4. feladat (B)

A metszősík: B–B, függőleges, a szekrény közepén. A metszet elölnézet. Az oldalfalakat 18 mm forgácslap-jellel (pöttyözés) jelöljük, a polcot azonos jellel, de vastag közös kontúrral elválasztva, a hátfalat HDF mintával. A polc csatlakozása az oldalaknál hagyományos polctartó csavar vagy horony szerint látszik. A metszet fölött B–B, a hátfal és a polc közötti hézagot mérettel vagy jelöléssel adjuk meg.

10.3.17.6. 5. feladat (C)

A vízszintes metszetet a fiókok magasságában, a fiókoldalak és a fiókvezető sínek szintjén vesszük fel, mert ez a részlet mutatja az oldalirányú szerelést. Az akasztórúd rögzítéséhez egy másik, a rúd magasságában lévő vízszintes metszet kell, vagy egy függőleges metszet, amelyen a rúd és a rúdtartó látszik. Ha a szekrény szimmetrikus, félmetszet is használható.

10.3.17.7. 6. feladat (D)

A metszősík: C–C, vízszintes, a polc magasságában. A doboz méretei: szélesség 400, magasság 600, mélység 300. A metszet felülnézet. Az oldalfalak 18 mm forgácslap, a hátfal 3 mm HDF, a polc 18 mm forgácslap. A polc az oldalakhoz csavarokkal vagy hagyományosan hornyolt kötéssel kapcsolódik. A vágott felületek anyagjelölése: oldalfal jobbra dőlő sraffozás, polc balra dőlő, hátfal sűrű HDF-minta. A csavarok a hossztengely mentén nem sraffozottak, a polc alatt alátét vagy polctartó vasalat rajza a katalógus szerint egyszerűsítve. A polc anyagáról külön szelvény: a 18 mm-es forgácslap keresztmetszete, a metszősík D–D jelöléssel.

10.3.18. Rövid összefoglaló

A metszet a faipari szakrajz legfontosabb belső ábrázolási eszköze. A tárgyat képzeletbeli metszősík vágja, az elülső részt eltávolítjuk, a mögöttes szerkezetet vetítjük, a vágott felületet anyagjelölés szerint sraffozzuk. A metszősíkot a nézeten betűzve és nyilakkal jelöljük (A–A, B–B), a metszet fölé ugyanezt írjuk. A metszetfajták: teljes, fél-, rész- (kitörés) és kitérített metszet. A szelvény csak a vágott felületet mutatja. A metszetben a hossztengely mentén metszett csavar, tipli, lamelló sraffozatlan marad, csak a körvonal rajzolt. A hosszú, azonos szelvényű elemek megszakítva ábrázolhatók. **Továbbvitt eredmény.** A metszetkészítés ezeket a szabályokat viszi

tovább a A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz, valamint az Az építőipar és a faipar kapcsolata: falazatok, falnyílások, névleges méret alfejezetbe: a csomóponti rajz, az ajtó- és ablakmetszet, a tok- és falcsatlakozás mind a metszet elvén épül. A metszet tehát a belső szerkezet rajzi nyelve.

10.3.19. Források és ellenőrzési hiányok

- Szabvány: **MSZ EN ISO 128** sorozat – a metszetjelölés, a vonalfajták és a sraffozás pontos előírásai; a konkrét szabványrész és a hatályos jelölés **ellenőrizendő**.
- Szabvány: **MSZ EN ISO 129** – méretmegadás a metszeteken is; **ellenőrizendő**.
- Anyagjelölés: az Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon alfejezetben tanultak; a faipari cégek belső rajzszabványa kiegészítheti.
- Vasalatok és tiplik: a gyártói katalógusok adatai határozzák meg a csavar- és vasalatrajzok egyszerűsítését; **ellenőrizendő**.
- A példákban szereplő anyagvastagságok és hézagok tanulási értékek; a gyártáshoz a gyártói és tervezői adatok mérvadók.

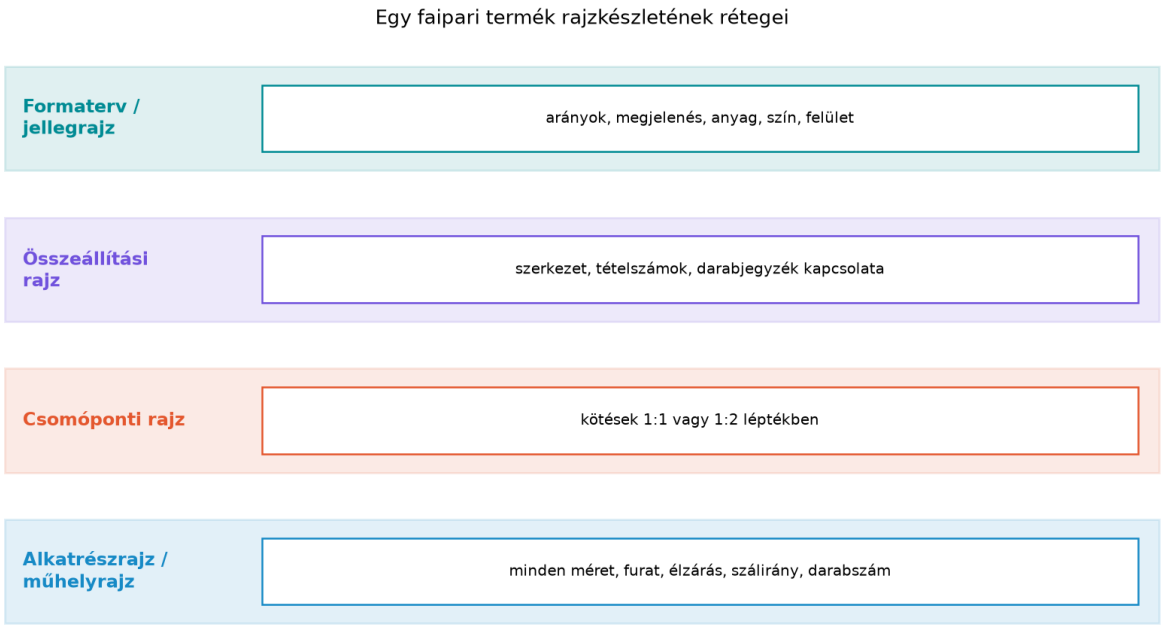
10.4. A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz

10.4.1. Miért van szükség többféle rajzra?

Vevői megrendelésnél a vevő először látni akarja a bútor külalakját, arányait, anyagát és színét. Az asztalosnak viszont a gyártáshoz alkatrészenként kell tudnia minden méretet, furatot, kötést és élzárást. Ugyanaz a termék ezért többféle rajzot igényel.

Ha egyetlen „szép” rajz alapján próbálnánk gyártani, hiányoznának a rejtett szerkezetek, furatok és a gyártási méretek. Ha pedig minden gyártási adatot rázsúfolnánk egy látványrajzra, az áttekinthetetlen lenne. A rajzfajták pontosan ezt a munkamegosztást oldják meg.

A gyakorlatban mindig érvényesül a **rajz–anyag–művelet hármas**: a rajzról készíthető anyagjegyzék, az anyagjegyzékből pedig műveletsor.



10.11. ábra. Egy faipari termék rajzkészletének rétegei - A formaterv a külalakot adja meg, a műhelyrajz pedig a gyártást. A tényleges rajzkészlet a terméktől és a vállalati gyakorlattól függ.

10.4.2. A faipari rajzfajták fogalma

Definíció. A **formaterv** vagy **jellegrajz** a termék külalakját, arányait, fő befoglaló méreteit, anyagát, színét és felületkezelését mutatja. Célja, hogy a vevő vagy a tervező el tudja dönteni: ilyen bútort szeretne-e. Gyártási furatokat, csapozást és rejtett kötéseket nem kell tartalmaznia.

Definíció. Az **összeállítási rajz** a termék alkatrészeit egymáshoz illesztve, a szerelt állapotot mutatja. Tartalmazza a befoglaló és a legfontosabb csatlakozó méreteket, valamint **tételszámokat**. A tételszámok azonosítják az alkatrészeket és a beépített kötőelemeket.

Definíció. A **csomóponti rajz** vagy **szerkezeti részletrajz** egyetlen kapcsolatot, sarkot vagy kötést mutat nagy léptékben. Tipikus léptéke **1:1** vagy **1:2**. Pontosan megmutatja a csapozást, a furatokat, a ragasztóvonalat, az élzárást és a hézagokat. Nem kell rajta a teljes termék.

Definíció. Az **alkatrészrajz** egyetlen alkatrészt ábrázol minden olyan mérettel, amely az alkatrész elkészítéséhez szükséges. A **műhelyrajz** az alkatrészrajz gyártásközpontú változata: kiegészül gyártási megjegyzésekkel, szálirránnyal, furat- és élzárási adatokkal, bázisélekkel és megengedett eltérésekkel.

Definíció. A **szabadkézi méretes vázlat** nem léptékhelyes rajz, de nagyjából megtartja az arányokat, és minden lényeges méretet, anyagot, valamint megjegyzést feltüntet. Helyszíni felmérésnél, javításnál, másolásnál és gyors tervezésnél használjuk.

Szabvány. A rajzfajtákat és a rajzkészlet formai elemeit a faiparban is a szabványos rajzi alapok szerint kell készíteni és értelmezni: **MSZ EN ISO 128** (műszaki rajzok ábrázolásának általános alapelvei), **MSZ EN ISO 129** (méretmegadás), **MSZ EN ISO 5455** (méretarányok) és **MSZ EN ISO 7200** (rajzszöveg, rajzfej) – jelölve: a pontos, hatályos szabványszámok és a faipari rajzfej-formátum **ellenőrizendők**. A faipari rajzon a méreteket **milliméterben** adjuk meg, de a **mm** jelölést a rajz méretvonalán nem írjuk ki. Alapértelmezett vetítési rendszer: **európai (E) vetítés**, ahogyan azt a Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend alfejezetben tanultuk.

10.4.3. A rajzfajták feladata és léptéke

A rajzfajták egymásra épülnek. A formatervből még nem lehet fűrészelni, a műhelyrajzból viszont már igen.

Rajzfajta	Fő kérdés	Tartalom	Tipikus lépték	Elsődleges felhasználó
Formaterv / jellegrajz	Hogyan néz ki a termék?	befoglaló méret, arányok, anyag, szín, felület	1:5 vagy 1:10	vevő, tervező, asztalos
Összeállítási rajz	Melyik alkatrész hová kerül?	szerkezet, tételszámok, fő méretek, darabjegyzék	1:2, 1:5 vagy 1:10	gyártás-előkészítő, szerelő
Csomóponti rajz	Hogyan kapcsolódik a két anyagdarab?	kötés, furat, ragasztóvonal, élzárás, hézag	1:1 vagy 1:2	asztalos, gyártás, minőségellenőrzés
Alkatrészrajz / műhelyrajz	Milyen darabot kell legyártani?	minden alkatrészméret, furat, élzárás, szálirány, darabszám	1:1, 1:2 vagy 1:5	asztalos, gépkezelő

A táblázatban szereplő léptékek **tájékoztató értékek**, a tényleges rajz a termék méretétől, a rajzlap nagyságától és a vállalati gyakorlattól függ.

Szabály. Az összeállítási rajzon szereplő **tételszámnak** és a **darabjegyzék** tételszámának egyeznie kell. Ugyanaz az alkatrész ugyanazt a tételszámot kapja a rajzon és a jegyzékben. A rajzkészletben a tételszámok nem ismétlődhetnek.

10.4.4. Példa: egy kis falipolc teljes rajzkészlete

Készítsünk el egy kis nyitott falipolcot. A termék **tömör fenyőből** készül, befoglaló mérete:

$$500\,\text{mm} \times 180\,\text{mm} \times 140\,\text{mm}$$

A szélesség 500 mm, a mélység 180 mm, a magasság 140 mm. A polclap két 18 mm vastag oldallap közé kerül, köldökcsappal és ragasztással.

Az oldallapok miatt a polclap hossza nem 500 mm, hanem:

$$500\,\text{mm} - 2 \cdot 18\,\text{mm} = 464\,\text{mm}$$

Ez jól mutatja, hogy az összeállítási rajz befoglaló méretéből ki kell számolni az alkatrész tényleges méretét.

A példa rajzkészlete:

Rajz jele	Rajzfajta	Tartalom	Lépték
RSZ-01	Formaterv	elölnézet és oldalnézet 1:5, mellette perspektivikus látvány (lépték nélkül), anyag: fenyő, felület: olaj/viasz	1:5 / –
RSZ-02	Összeállítási rajz	elölnézet, oldalnézet, felülnézet, tételszámok 1–5	1:2
RSZ-03	Csomóponti rajz	A–A metszet a polclap–oldallap köldökcsapos kötéséről	1:1
RSZ-04	Műhelyrajz	oldallap, 2 db, 140 × 180 × 18 mm	1:1
RSZ-05	Műhelyrajz	polclap, 1 db, 464 × 180 × 18 mm	1:2
RSZ-06	Műhelyrajz	hátmerevítő léc, 1 db, 464 × 60 × 12 mm	1:2

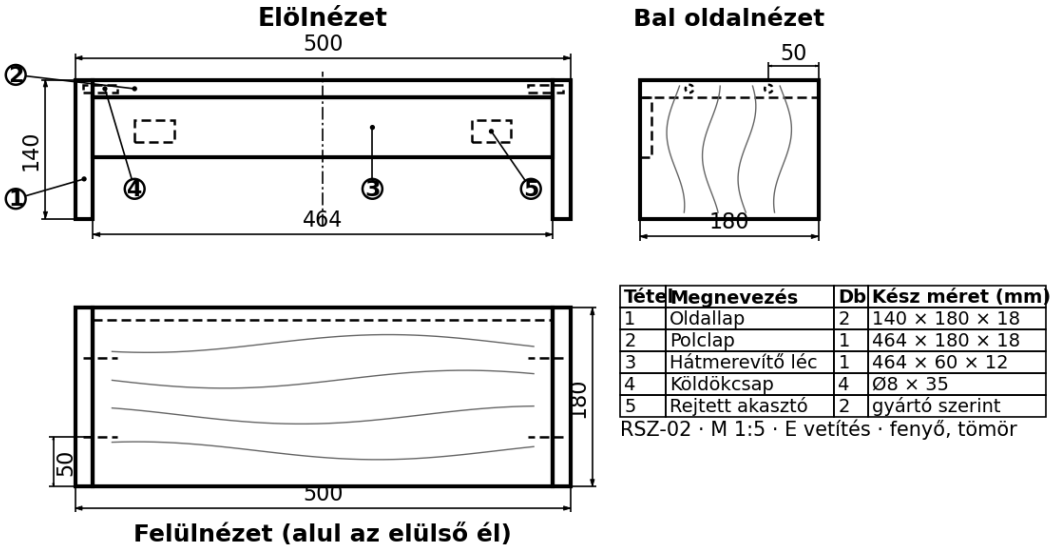
A darabjegyzék tételei:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
1	Oldallap	2	fenyő, tömör	140 × 180 × 18	függőleges, belső oldalán köldökcsapfuratok
2	Polclap	1	fenyő, tömör	464 × 180 × 18	vízszintes, két végén furat
3	Hátmerevítő léc	1	fenyő, tömör	464 × 60 × 12	polclap alatt, hátul
4	Köldökcsap	4	bükk, Ø8 × 35	Ø8 × 35	példa méret, ellenőrizendő
5	Rejtett akasztó	2	fém	gyártó szerint	falra szereléshez

Továbbvitt eredmény. Ezt a rajzfajtákból, tételszámokból és darabjegyzékből álló rendszert használjuk később a Szélesítő toldások és erősítéseik ábrázolása, a Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása, a CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel, a A bútor fogalma, rendeltetése, csoportosítása és funkcionális méretei és a Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése alfejezetekben. A műhelyrajzok furatai közvetlenül a Szabásjegyzék és anyagnorma táblázatába kerülhetnek.

Rajzleírás – RSZ-02 összeállítási rajz.
A rajzon három nézet szerepel. Az **elölnézet** 500 mm széles és 140 mm magas téglalap. Bal és jobb oldalon egy-egy 18 mm széles, 140 mm magas oldallap látható. Felül a polclap vízszintes

kontúrja húzódik a bal oldallap belső élétől a jobb oldallap belső éléig. A hátmerevítő léc takart élét szaggatott vonal jelzi. Az **oldalnézet** jobbról mutatja a 180 mm mély terméket. A **felülnézet** 500 × 180 mm-es téglalapot ad, benne a két oldallap és a polclap élvonalaival. A tételszámokat rövid mutatóvonalak kötik az alkatrészek kontúrjához.



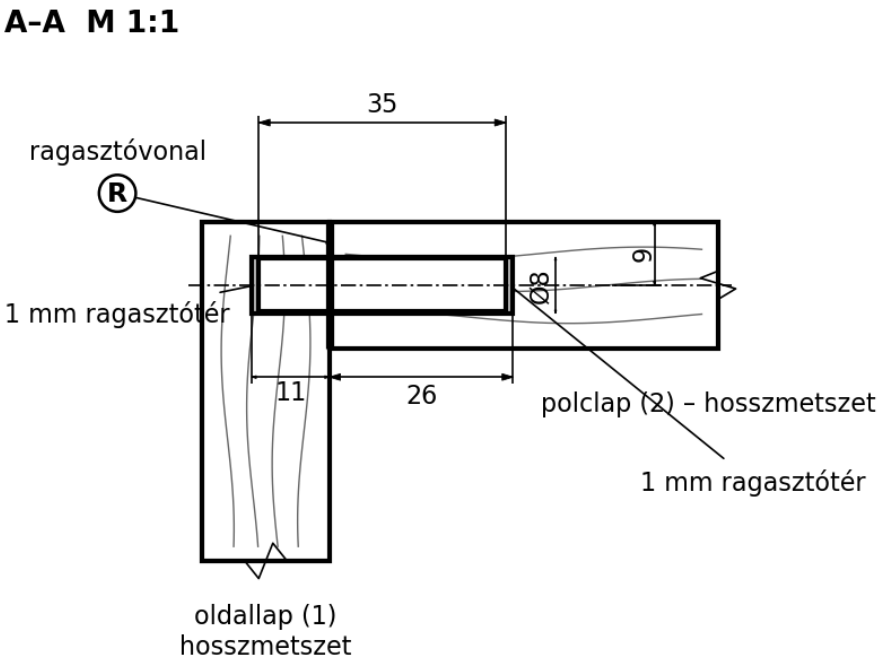
Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret (mm)
1	Oldallap	2	140 × 180 × 18
2	Polclap	1	464 × 180 × 18
3	Hátmerevítő léc	1	464 × 60 × 12
4	Köldökcsap	4	Ø8 × 35
5	Rejtett akasztó	2	gyártó szerint

RSZ-02 · M 1:5 · E vetítés · fenyő, tömör

10.12. ábra. Az RSZ-02 összeállítási rajz: elölnézet, alatta felülnézet, jobbra bal oldalnézet (E vetítés), 1–5 tételszámokkal és darabjegyzékkel. A polclap (2) felső síkja egy szintben van az oldallapok (1) tetejével; a hátmerevítő léc (3) élére állítva a polclap alatt, hátul van; a köldökcsapok (4) és a rejtett akasztók (5) takart vonallal látszanak.

A HTML-változatban a darabjegyzék egy sorára mutatva a rajzon kiemelődik az alkatrész (és fordítva); a „Robbantott nézet” gomb széthúzza az elölnézetet.

Rajzleírás – RSZ-03 csomóponti rajz.
A csomóponti rajz metszősíkja az **A**–**A** jelű függőleges sík, amely az első köldökcsap középpontján halad át. A rajz 1:1 léptékben mutatja a bal oldallap és a polclap bal végének találkozását. A polclap végén egy Ø8 mm-es, 26 mm mély furat látható. Az oldallap belső oldalán egy Ø8 mm-es, 11 mm mély vakfurat látható (együtt 37 mm). A köldökcsap Ø8 × 35 mm, így furatonként kb. 1 mm ragasztótér marad (tájékoztató, ellenőrizendő: csap- és ragasztógyártó). A ragasztóvonalat vékony folytonos vonal jelzi. A furattengelyek 9 mm-rel a polclap felső éle alatt, az első éltől mért 50 mm és 130 mm távolságra vannak.
A méretek **példaértékek**, a tényleges köldökcsapméretet és furatelrendezést a vasalat- és ragasztógyártó adata, valamint a gyártandó alkatrész mérete határozza meg **(ellenőrizendő: szerszám- és alkatrészadat).**



10.13. ábra. Az RSZ-03 csomóponti rajz: A–A metszet M 1:1. A furatmélységek 11 + 26 = 37 mm, a köldökcsap 35 mm, így mindkét furatfenéknél kb. 1 mm ragasztótér marad; a hossztengelye mentén metszett köldökcsapot nem sraffozzuk.

10.4.5. Alkatrészrajz és műhelyrajz különbsége

Az **alkatrészrajz** inkább azt mondja meg, *mekkora* a kész darab. A **műhelyrajz** azt is megmondja, *hogyan* gyártjuk.

A műhelyrajzon a méreteken kívül gyakran szerepel:

- bázislap vagy bázisél,
- szálirány,
- furatok helye és átmérője,
- élzáró anyaga és vastagsága,
- kötések jele,
- csiszolási, ragasztási vagy felületkezelési megjegyzés,
- darabszám,
- megengedett eltérés.

Szabály. A műhelyrajzon a furatokat, nútokat és csapokat mindig ugyanahhoz a **bázisélhez** viszonyítva adjuk meg. Ha az egyik furat az elülső éltől, a másik a hátsó éltől van méretezve, akkor a kicsi méreteltérések összeadódhatnak. A bázistól mért adatokkal a munkadarabot megbízhatóan be lehet állítani.

A rajzon a méretmegadás sorrendje a faiparban: **hossz** × **szélesség** × **vastagság**, mm-ben, de a rajzon a mértékegységet nem írjuk ki. A szöveges jegyzékben viszont kiírjuk: `464 × 180 × 18 mm`.

10.4.6. Szabadkézi vázlat készítése meglévő bútorról vagy helyszínről

A helyszíni felméréskor ritkán van idő pontos műszaki rajzot készíteni. Ilyenkor **szabadkézi méretes vázlatot** rajzolunk.

A vázlat célja, hogy a műhelyben visszaidézhető legyen:

- a helyszín vagy a régi bútor,
- a befoglaló méretek,
- a csatlakozó falak, padló, mennyezet helyzete,
- a rejtett szerkezet, ha látható,
- az anyag és a felület,
- a kritikus beépítési pontok.

Technológiai sorrend – helyszíni vázlat készítése

1. **Rögzítsd az azonosító adatokat.** Írd fel a helyszínt, a dátumot, a termék nevét és a felmérőt.

2. **Készíts fényképfelvételeket**, de ne a fotóra támaszkodj méretezés helyett. A fénykép perspektivikus torzítást és takarást tartalmaz.

3. **Rajzold meg a fő nézeteket szabadon.** Kezdd a befoglaló téglalappal. Elölnézet, oldalnézet és felülnézet általában elegendő.

4. **Mérd meg a befoglaló méreteket**, majd a csatlakozó alkatrészeket. Írd be a valós, mért méreteket a vázlatra, nem kell léptékhelyesen rajzolnod.

5. **Jelöld a kritikus belső méreteket.** Beépített bútornál mérd meg a szélességet több magasságban, a mélységet bal és jobb oldalon, a magasságot a padló és a mennyezet több pontján.

6. **Tüntesd fel a rejtett szerkezeteket.** Ha látható a csapozás, a vasalat, az élzárás vagy a falhoz rögzítés, rajzold be szaggatott vonallal vagy külön csomóponti vázlaton.

7. **Ellenőrizd a méreteket.** Egy függőleges helyszíni méretnél érdemes jobb és bal oldalt is megmérni. Ha eltérnek, a legkisebb méret a korlátozó, de a döntést a beépítési mód határozza meg.

8. **Írj megjegyzést**, például: „bal fal 5 mm-rel befelé dől”, „padló nem sík”, „cső a jobb sarokban takarásban”.

A fénykép mellé rajzolt méretek hasznosak, de csak kiegészítik a vázlatot. A fotón a távolabbi elemek kisebbnek látszanak; ezért a mért értéket mindig a vázlatra írjuk, nem a fotóról „becsüljük”.

10.4.7. Minőségellenőrzés

A rajzkészlet akkor jó, ha a műhelyben egy gyakorlott asztalos **anélkül** el tudja készíteni a terméket, hogy újra kérdeznie kellene.

Rajzdokumentum-ellenőrzés:

- Minden tételszám szerepel a darabjegyzékben?
- Minden alkatrészhez tartozik műhelyrajz vagy egyértelmű méret?
- Az összeállítási rajz befoglaló méretei és az alkatrészrajzok méretei összhangban vannak-e?
- A csomóponti rajz mutatja-e a ragasztóvonalat, a furatokat, a hézagot és a vasalatot?
- A rajzok méretei mm-ben, egységes báziséltől vannak-e megadva?
- A szálirány, élzárás és felületkezelés jelölése egyértelmű-e?

Ha eltérést találunk, először az **összeállítási rajzot**, a **darabjegyzéket** és a **bázisméreteket** javítjuk. A javítást utána vezetjük át minden érintett alkatrészrajzon.

10.4.8. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: A formatervet használják műhelyrajzként.
Tünete: a munkadarab szép arányú, de nincs megadva a furatok és a kötések helye. Oka: a rajzkészlet nem készült el. Helyes gyakorlat: a formatervet csak jóváhagyásra használjuk, és külön műhelyrajzot készítünk.

Hiba 2: A tételszámok nem egyeznek a darabjegyzékkel.
Tünete: a gyártás előkészítésekor az 1. tételből nem derül ki, hogy 2 db oldallap tartozik hozzá. Oka: a rajzot és a jegyzéket külön készítették, majd ellenőrzés nélkül módosították. Helyes gyakorlat: minden tételszám-változást egyszerre javítanak a rajzon és a jegyzékben.

Hiba 3: A csomóponti rajz nincs 1:1 vagy 1:2 léptékben.
Tünete: a papíron elfér a csap, a valóságban viszont nem illeszkedik. Oka: kicsinyített, szemléletrajzi csomópontból próbáltak dolgozni. Helyes gyakorlat: a csomóponti rajzot a gyártandó kapcsolat léptékében, a szerelési réteggel és furatokkal készítjük.

Hiba 4: A szabadkézi vázlat csak fényképre épül.
Tünete: a beépített bútor 10–20 mm-rel nagyobb lesz a helyénél, mert a fotó perspektívája torzít. Oka: a felmérő nem mért meg minden kritikus távolságot. Helyes gyakorlat: a fotó csak tájékoztatás, a vázlaton mindig mért érték legyen.

10.4.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanuló beépített gardróbszekrényt mért fel. Készített fényképet, és felírta a nyílás elülső szélességét 1200 mm-re. A műhelyben pontosan 1200 mm széles szekrényt gyártottak. A helyszínen a szekrény mégsem fért be, mert a bal oldali fal a szoba belseje felé kissé bedőlt, és a nyílás hátul már 1185 mm volt. A hiba oka az volt, hogy a vázlat csak elölnézeti szélességet tartalmazott, felülnézeti vagy vízszintes metszeti vázlatot nem. A tanulság: a helyszíni szabadkézi vázlatnak a nyílás **több magasságban és mélységben** mért méreteit kell tartalmaznia, és a falak ferdeségét is jelölni kell.

10.4.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A formatervből meg lehet határozni a furatok helyét.
2. Milyen léptékben készül általában a csomóponti rajz, és miért?
3. Egy 500 mm széles polc két 18 mm-es oldallap közé kerül. Mekkora a polclap hossza?
4. Mit azonosít a tételszám az összeállítási rajzon és a darabjegyzékben?
5. Miért nem szabad méretet fényképről leolvasni?
6. Miért méretezünk közös báziséltől?

A válaszok a Megoldások elején találhatók.

10.4.11. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel a faipari rajzkészlet öt rajzfajtáját, és mindegyikhez írj egy-egy rövid mondatot a céljáról.

2. feladat (A)
Egy oldallap 18 mm vastag. Egy polc teljes külső szélessége 600 mm, a polclap két oldallap közé kerül. Mekkora a polclap hossza, ha mindkét oldallap 18 mm vastag?

3. feladat (B)
A falipolc példájában az RSZ-02 összeállítási rajzról hiányzik a köldökcsapfurat mélysége. Melyik rajzra kell ez az adat? Indokold meg.

4. feladat (B)
Készíts szöveges vázlatot egy 1200 × 600 × 350 mm-es beépített cipősszekrény helyszíni felméréséhez. Milyen nézeteket és milyen kritikus méreteket írnál fel?

5. feladat (C)
Egy rajzkészletben az összeállítási rajz befoglaló magassága 800 mm, a tetőlap és az aljlap egyaránt 18 mm vastag. A tetőlap az oldallapok tetejére kerül, az aljlap az oldallapok közé. Mekkora az oldallap hossza és a szekrény belső tiszta magassága? Fogalmazd meg, miért veszélyes, ha a műhelyrajz nem rögzíti a bázist.

6. feladat (D)
Mérj fel otthon egy asztalt vagy szekrényt. Készíts szabadkézi méretes vázlatot elölnézetben és oldalnézetben, tüntesd fel a befoglaló méreteket, az anyagot és legalább egy csomóponti vázlatot. Utána készíts hozzá egy rövid rajzkészlet-listát.

10.4.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A formaterv a külalakról dönt, nem a furatokról.

2. **1:1 vagy 1:2**, mert a kötést valós szerkezeti méretben kell ellenőrizni.

3. **464 mm**, mert $500 - 2 \cdot 18 = 464$.

4. **Ugyanazt a tételt** azonosítja, vagyis a rajzon a 2. tétel a darabjegyzék 2. sorával egyezik.

5. A fotó **perspektivikus torzítást** tartalmaz, ezért a leolvasott méret nem megbízható.

6. A bázisél használatával elkerüljük a többszörös méreteltérés összeadódását.

1. feladat megoldása
- **Formaterv:** a termék külalakját, arányait, anyagát, színét mutatja.
- **Összeállítási rajz:** megmutatja, melyik alkatrész hová kerül, tételszámokkal.
- **Csomóponti rajz:** egy kötést, sarkot, kapcsolatot mutat nagy léptékben.
- **Alkatrészrajz:** egy alkatrész minden kész méretét tartalmazza.
- **Műhelyrajz:** gyártási méreteket, furatokat, élzárást, szálirányt és megjegyzéseket ad.

2. feladat megoldása
A polc szélessége 600 mm. A két oldallap együttes vastagsága:

$$2 \cdot 18\,\text{mm} = 36\,\text{mm}$$

A polclap hossza:

$$600\,\text{mm} - 36\,\text{mm} = 564\,\text{mm}$$

Tehát a polclap hossza 564 mm. A számítás feltételezi, hogy a polclap a két oldallap belső síkja közé illeszkedik.

3. feladat megoldása
A furatmélység a **csomóponti rajzra** vagy a **műhelyrajzra** kerül. Az összeállítási rajz elsősorban a szerelt helyzetet és a tételszámokat mutatja, nem feltétlenül tartalmazza az egyes furatok gyártási mélységét. A csomóponti rajz 1:1 léptékben pontosan megmutatja a köldökcsap, a furatok és a ragasztóvonal kiterjedését.

4. feladat megoldása
Elölnézet: a nyílás szélessége, magassága, a lábazat magassága. Oldalnézet: a mélység, a padló és a fal esetleges dőlése. Felülnézet: a bal és jobb oldali mélység, a falak szögeltérése, vezetékek helye. Kritikus méretek: szélesség alul, középen, felül; mélység jobb és bal oldalon; magasság jobb és bal oldalon; a lábazat kiállása; a szegélyek, csövek, konnektorok helye. A bútor gyártásához a legkisebb biztonságos nyílásméretet kell megállapítani, és a hibát a vázlatra feljegyezni.

5. feladat megoldása
A teljes magasság 800 mm; a tetőlap 18 mm, az aljlap 18 mm. A tetőlap ráül az oldallapokra, az aljlap az oldallapok közé kerül, ezért:

$$\text{oldallap} = 800\,\text{mm} - 18\,\text{mm} = 782\,\text{mm}$$

$$\text{belső tiszta magasság} = 782\,\text{mm} - 18\,\text{mm} = 764\,\text{mm}$$

Ha a műhelyrajz nem rögzíti, hogy a tetőlap ráül vagy beül, a 18 mm-es különbség (782 vagy 800 mm) selejtet okoz; ezért a bázis az aljlap alsó síkja. A műhelyrajznak meg kell adnia, honnan méri az oldallap hosszát, és a sarkok minden furatát ugyanattól a bázisél-től kell számítani.

6. feladat megoldása
A gyakorlati vázlatnak tartalmaznia kell: a bútor nevét, a felmérés dátumát, az elölnézetet és oldalnézetet, a befoglaló méreteket, az anyagot, a felületet, legalább egy csomóponti vázlatot. A hozzá tartozó rajzkészlet: formaterv, összeállítási rajz, csomóponti rajz, alkatrész- vagy műhelyrajzok. Az ellenőrzésnél azt nézzük, hogy a vázlatról egy másik asztalos is el tudná-e készíteni a bútort.

10.4.13. Rövid összefoglaló

A faipari rajzfajták egymásra épülnek. A **formaterv** a külalakról dönt, a **csomóponti rajz** a kötések szerkezetét nagy léptékben mutatja, az **összeállítási rajz** a tételszámok és a darabjegyzék segítségével rendezi az alkatrészeket, az **alkatrészrajz** és a **műhelyrajz** pedig a gyártáshoz szükséges minden méretet, furatot, élzárást és szálirányt adja meg. A rajzok méretét mm-ben adjuk meg, a rajzon a mm jelölést nem írjuk ki. A műhelyrajzon közös bázistól méretezünk, hogy a kicsi eltérések ne adódjanak össze. A helyszíni felméréshez szabadkézi méretes vázlatot készítünk, amely arányaiban közelít, de a méreteket nem léptékhelyesen, hanem mért értékekkel tünteti fel.

A fénykép segít, de nem helyettesíti a mérést. **Továbbvitt eredmény:** a rajzfajták, tételszámok és darabjegyzék rendszerét használja a fakötések rajza, a szabásjegyzék, a CAD-dokumentáció, a bútor- és nyílászárótervek, valamint a szerelési dokumentáció.

10.4.14. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a hazai faipari szakrajzi gyakorlatra és a szabványos gépészeti rajzi alapokra épül. **Ellenőrizendő:** az MSZ EN ISO 128, 129, 5455 és 7200 pontos hatályos szabványszámai, valamint az iskolai vagy vállalati rajzfej-kialakítás. A falipolc rajzkészletében szereplő anyag- és kötésméretek, köldökcsapméret, léptékek és gyártási adatok **tanulási példák**, nem tervezési előírások. Gyártás előtt mindig a tényleges termék, a gép- és szerszámadatok, valamint a vasalat- és anyaggyártó adatlapjai a mérvadók.

11 Fakötések ábrázolása

11.1. Szélesítő toldások és erősítéseik ábrázolása

Mikor egy asztalos műhelyében egy keskeny deszkából széles asztallapot kell készíteni, a mester nem ragaszthatja össze az anyagot rajz nélkül. A rajz dönti el, hogy a tábla a műhelyben és a fűtött szobában is sík marad-e. Ebben az alfejezetben a **szélesítő toldások** és azok **erősítéseinek** rajzi megjelenítését tanulod meg, amit a későbbi technológiai és gyártási fejezetekben közvetlenül felhasználsz.

11.1.1. Szemléletes kép

Képzelj el egy tömörfa asztallapot, amely öt darab, egyenként 120 mm széles bükk lécből készül. A lap rajzán a lécek nem egyszerűen egymás mellett fekszenek, hanem ragasztott illesztéssel kapcsolódnak. A rajzon a szálirányt nyilakkal, az évgyűrűállást pedig a lap élén, metszetben ívekkel jelöljük. Ha a rajz ezt nem mutatja, a kivitelező rosszul rakhatja össze a táblát, és a kész asztallap vetemedni fog.

11.1.2. Definíciók és szabályok

Definíció. Szélesítő toldásnak (szélesbítő toldásnak) nevezzük azokat a faipari kötéseket, amelyekkel keskeny fűrészáru elemekből a darabok szélességének összeragasztásával nagyobb szélességű, táblásított alkatrészt hozunk létre. A toldás célja a méretnövelés és a vetemedés csökkentése.

Szabály. A szélesítő toldások rajzán mindig adjuk meg: 1. a látható toldási vonalakat a felülnézetben, 2. a metszetben a toldás profilját (ha van), 3. az elemek szálirányát, 4. a ragasztandó felületek minőségére utaló megjegyzést (pl. „ragasztott élillesztés”), 5. az erősítések (heveder, fejelőléc) pontos méreteit.

Szabvány. A faipari rajzokon a szélesítő toldások ábrázolása az MSZ EN ISO 128 sorozat (műszaki rajzok általános elvei) és a faipari szakrajzi gyakorlat szerint történik. A nézetek az európai (E) vetítési rendben állnak; a metszetekben a faanyagot a faipari anyagjelölésekkel (évgyűrű-ívekkel, szálirányt jelző vonalakkal) sraffozzuk **(ellenőrizendő: a pontos szabványszám és a faipari anyagjelölés szabványa)**.

Továbbvitt eredmény. A szélesítő toldások itt megtanult rajzjeleit és felépítését a későbbi alfejezetekben használod: a Hosszabbító és vastagító toldások ábrázolása, a Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések, valamint a Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel technológiai műveleteinél.

11.1.3. A szélesítő toldások típusainak rajza

11.1.3.1. 1. Egyenes és ferde élillesztés

Az **egyenes élillesztés** a legegyszerűbb szélesítő toldás. Két deszka tökéletesen egyenes, derékszögű éle találkozik ragasztással. Rajzon felülnézetben a toldási vonal egy vékony folytonos vonal a két elem között; a léc végét (bütüjét) mutató nézetben vagy metszetben a toldási vonal függőleges egyenes. A metszetben a ragasztási hézagot nem szabad nagy résként jelölni, legfeljebb egy érintkező vonallal. A **ferde élillesztés** (rézsútos élillesztés) esetén a két élt a vastagság mentén azonos szögben, egymást kiegészítően munkáljuk le. A ferdeség a metszetben látszik; ott adjuk meg a szöget (pl. 45°) vagy a ferde rész szélességét (ellenőrizendő: szakrajzi tankönyv). Felülnézetben a toldási vonal itt is a hosszél mentén futó egyenes. A ferde illesztés növeli a ragasztási felületet.

Az egyenes és a ferde élillesztés keresztmetszetét a szélesítő toldásokat összefoglaló ábra 1. és 2. része mutatja (22 mm vastag lécek, 45°-os ferde illesztés, a ragasztott felület vastag vonallal, a két léc évgyűrű-ívei ellentétes állásban).

11.1.3.2. 2. Rálapolás

A **rálapolás** (lapolással szélesített toldás) esetén mindkét deszka szélén az anyagvastagság felét lemunkálják, és a két félvastagságú vállat egymásra ragasztják. A lapolás növeli a ragasztási felületet. Rajzán a metszet a legfontosabb: itt lépcsős vonal mutatja a vállat. Meg kell adni a váll mélységét (pl. $v/2$) és a rálapolás hosszát (pl. 15 mm). Felülnézetben a toldási vonal a két elem közötti határvonal, mivel a rálapolás a széles oldalon nem feltétlenül látszik.

Méretezési szokás. A rálapolás rajzán a felülnézetben mindig megadjuk a két elem teljes szélességét (b_1, b_2), a metszetben pedig a lapolás mélységét ($v/2$) és szélességét (l). A méreteket mm-ben, a méretvonalakat a kontúron kívül helyezzük el.

11.1.3.3. 3. Saját csap: horony–eresztés

Amikor a toldásnak nagyobb szakítószilárdságra van szüksége, **saját csapos toldást** alkalmazunk. A leggyakoribb a **horony–eresztés**: az egyik elem szélébe hornyot marnak, a másikéba pedig eresztéket (csapot), amely pontosan illeszkedik. A horony–eresztés rajzán a metszet mutatja a téglalap alakú csapot és a hozzá tartozó hornyot. Meg kell adni a csap vastagságát (c), a horony mélységét (h) és a csap hosszát (l). A rajzon a csap kontúrja a metszetben folytonos, a horony feneke szintén folytonos. A felülnézetben a csap és a horony illesztési vonala a toldás teljes hosszában látszik.

Definíció. Horony–eresztésnek (műhelyi szóval nút–féder, németül Nut und Feder) nevezzük azt a szélesítő toldást, ahol az egyik elemben kialakított horonyba a másik elemen kialakított, pontosan illeszkedő eresztéк (nyelv) csatlakozik.

11.1.3.4. 4. Idegen csap: köldökcsap, lamelló, léc

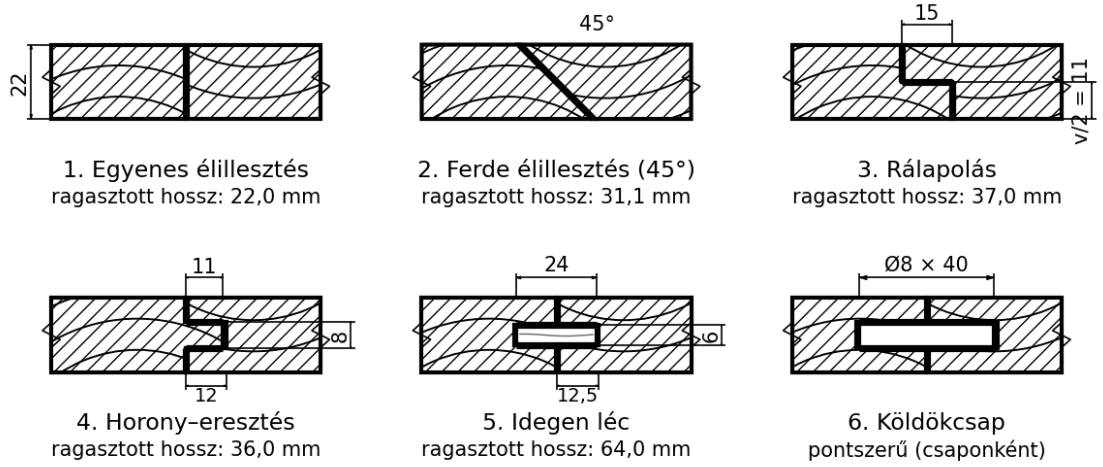
Ha a deszkák élében nem akarunk anyagot elveszíteni, **idegen csapokat** használunk. Az idegen csap önálló, külön gyártott kötőelem: - **Köldökcsap (tipli):** hengeres, bordázott vagy sima facsap. A rajzon a furatokat szaggatott vonallal jelöljük a rejtett furat helyén, mert a csap a felülnézetben nem látható. Meg kell adni a csap átmérőjét (d) és hosszát (l), valamint a furat mélységét. A metszetben a csapot hosszirányú sraffozással, anyagában (pl. bükk) ábrázoljuk. -

Lamelló (laposcsap): ovális, préselt bükk csap. A rajzon a lamelló furatait rejtett vonallal ábrázoljuk. A furat hossza nagyobb, mint a lamelló hossza, hogy az oldalirányú játékot biztosítsa. A méretmegadásnál a lamelló típusát (pl. 10×50) kiírjuk. - **Léc idegen csap:** hosszú, keskeny léc, amelyet mindkét elem hornyába beragasztanak. Rajzán a horony és a léc együtt látszik a metszetben.

Tipikus hiba. A köldökcsap furatának fenekét a használt fúró alakja szerint rajzoljuk: a faipari központcsúcsos fúró közel sík feneket ad, a csigafúró kúposat. A furatmélységet mindig a sík fenékig mérjük; a csap legyen 1–2 mm-rel rövidebb, mint a két furat mélységének összege (ellenőrizendő: szakrajzi tankönyv). A pontatlan rajz téves furási mélységet eredményez.

11.1.3.5. 5. Gépi toldás (profilmarás)

A gépi szélesítő toldás leggyakoribb formája a **profilmarás**, amely hullámos, egymásba illeszkedő éleket ad. A rajzon a profil pontos geometriája a metszetben látszik, mivel a felülnézetben a toldás egy vonalnak tűnik. A profil megrajzolásakor a marószerszám kontúrját adjuk meg, és megadjuk a profil mélységét (p) és osztástávolságát (t). A gépi toldás előnye a nagy pontosság és a megnövelt ragasztási felület.



11.1. ábra. Hat szélesítő toldás keresztmetszete két 22 mm vastag lécen: egyenes és ferde élillesztés, rálapolás (v/2 = 11 mm, 15 mm), horony–eresztés (8 × 11 mm-es eresztéк 12 mm mély horonyban), idegen léc (6 × 24 mm, 12,5 mm mély hornyokban) és köldökcsap (Ø8 × 40). A vastag vonal a ragasztott felület; a két léc évgyűrű-ívei ellentétes állásúak.

Az ábra alatt minden toldásnál a ragasztott felület keresztmetszeti hossza áll (egyenes élillesztés 22 mm, rálapolás 37 mm, idegen léc 64 mm): minél hosszabb, annál nagyobb a ragasztási felület. A HTML-változat toldásonként lépteti és kiemeli a ragasztott felületet.

11.1.4. Az évgyűrűállás jelölése

A fa zsugorodása és dagadása irányfüggő. A húrirányú zsugorodás kb. kétszerese a sugárirányúnak **(tájékoztató érték, ellenőrizendő)**. Ezért a szélesítő toldás rajzán az évgyűrűállást kötelező megadni. A metszeti rajzon az évgyűrűket koncentrikus ívekkel, a szálirányt a lap síkjával párhuzamos vonalakkal jelöljük. A táblásításhoz a léceket úgy kell elhelyezni, hogy az évgyűrűk iránya váltakozzon (hol jobbra, hol balra íveljen), vagy mindenhol azonos legyen, de ekkor a

vetemedés kockázata nagyobb. A rajzon a váltakozó állást a metszetben az ívek ellentétes irányával ábrázoljuk.

Definíció. Az **évgyűrűállás** az évgyűrűk érintőjének hajlásszöge a munkadarab széles oldalához képest. A rajzon ezt a várható méretváltozás iránya miatt adjuk meg.

11.1.5. Erősítések: lapheveder, élheveder, fejelőléc

A táblásított lapok a nedvesség hatására keresztirányban dolgoznak (zsugorodnak, dagadnak), és vetemedhetnek. A vetemedés megakadályozására a lapra erősítéseket szerelnek.

11.1.5.1. 1. Lapheveder

A **lapheveder** a táblásított lapra (általában az alsó oldalra) szerelt, a lap szálirányára merőleges szálirányú léc. Mereven, teljes hosszban nem ragasztjuk: csavarral hosszított (ovális) furatokon át, vagy fecskefarkú horonyba tolva rögzítjük, hogy a lap szélességben dolgozhasson. Rajzon a felülnézetben a heveder kontúrját folytonos vonallal, a csavarokat és a hosszított furatokat rejtett (szaggatott) vonallal jelöljük. A metszetben a heveder rétegét külön sraffozással emeljük ki. Meg kell adni a heveder vastagságát (v_h) és szélességét (b_h).

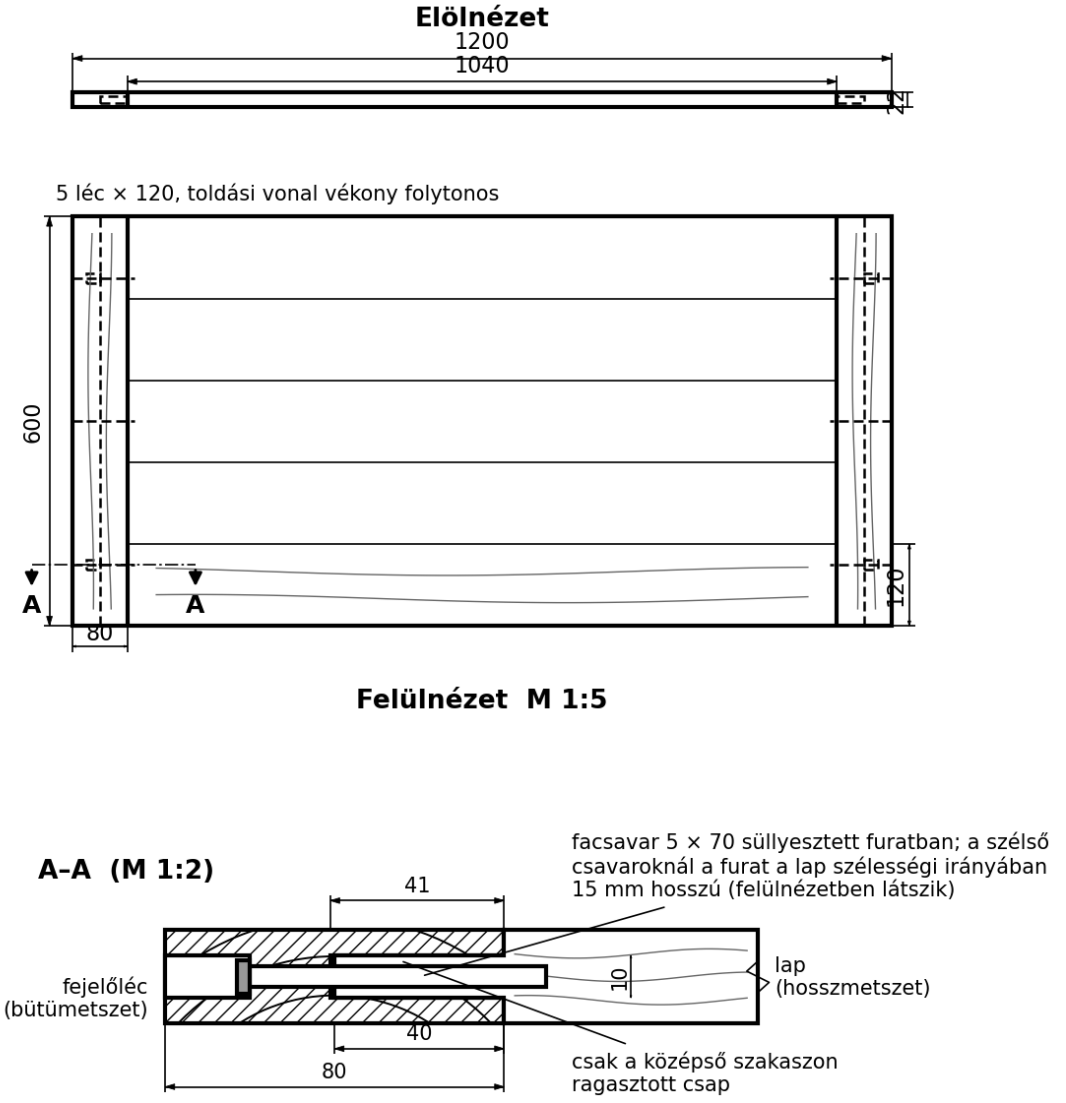
11.1.5.2. 2. Élheveder

Az **élheveder** a táblásított lap élére szerelt erősítés. Készülhet: - **beeresztett** élhevederként: a lap élén hornyot készítenek, és a hevedert beeresztik, - **fecskefarkú** élhevederként: a lap élébe trapéz alakú hornyot marnak, és a hasonló profilú hevedert oldalról tolják be.

A rajzon a beeresztett heveder metszete a legfontosabb: a horony mélységét (h), a heveder szélességét (b_h) és a heveder vastagságát (v_h) meg kell adni. A fecskefarkú élnél a trapéz szöge (pl. 15°) is méret. A felülnézetben az élheveder határoló vonalát folytonos vonallal rajzoljuk.

11.1.5.3. 3. Fejelőléc

A **fejelőléc** a táblásított lap (pl. asztallap) végeire, a lap síkjában szerelt, a lap szálirányára merőleges szálirányú erősítő léc, általában a lap vastagságával megegyező vastagságú. Feladata a lap síkban tartása és a vetemedés megakadályozása. A fejelőléces toldás rajza a szélesítő toldások legösszetettebb rajza. A fejelőlécet a lap végén kialakított csappal (a fejelőlécben ennek megfelelő horony van) és csavarral rögzítik; a csap csak középen ragasztott, a szélső csavarok hosszított furatban ülnek, hogy a lap szélességi irányban (keresztirányban) dolgozhasson.



11.2. ábra. Fejelőléces táblásított asztallap gyakorló rajza: elölnézet, alatta felülnézet (M 1:5) és A–A metszet a szélső csavaron át. A teljes hossz 1200 mm = 2 × 80 mm fejelőléc + 1040 mm táblásított mező; a lécek végén 10 mm vastag, 40 mm hosszú csap ül a fejelőléc 41 mm mély hornyában. A csap csak középen ragasztott, a szélső csavarok a lap szélességi irányában hosszított furatban ülnek, így a lap keresztirányban dolgozhat.

A HTML-változatban a fanedvesség csúszkájával kipróbálható, hogyan változik a lap szélessége (tájékoztató modell: 0,3 % / 1 % nedvességváltozás), és mennyit mozdul a szélső csavar a hosszított furatban.

11.1.6. Kidolgozott példa: táblásított asztallap rajza

Példa. Egy megrendelő tölgyfa asztallapot kér: hossza l = 1200 mm, szélessége b = 600 mm, vastagsága v = 22 mm. A lapot 5 darab, egyenként 120 mm széles lécekből táblásítjuk. A lap végeit fejelőléccel erősítjük: a teljes hossz 1200 mm = 2 × 80 mm fejelőléc + 1040 mm táblásított mező.

Megoldás lépései (rajzolvasás és -készítés): 1. **Alakfelvétel:** Meghatározzuk a kész méretet (1200 × 600 × 22 mm). A rajzon a méretarányt 1:5-ben választjuk, így a rajz a papíron 240 × 120 mm. 2. **Felülnézet rajza:** Felrajzoljuk a 1200 × 600 mm-es téglalapot. Behúzzuk a 4 toldási vonalat a lécek között (minden 120 mm-nél). A toldási vonalakat vékony folytonos vonallal rajzoljuk. A lap két végén a fejelőléceket rajzoljuk: a felülnézetben a fejelőléc vetülete 80 mm széles téglalap. A fejelőlécet itt a lap síkjában ábrázoljuk, a teljes 1200 mm-en belül; a lécek így 1040 mm-es mezőt és a végeken 40 mm-es csapot adnak. 3. **Elölnézet rajza:** Az elölnézet a 1200 × 22 mm-es téglalap. A fejelőléc az elölnézetben nem teljes hosszban látszik, hanem csak a profilja: a fejelőlécben lévő horony és a csap. A fejelőlécet a lap végétől 80 mm szélesen rajzoljuk; a lécek végén a 10 mm vastag, 40 mm hosszú csap a fejelőléc kb. 41 mm mély hornyába illeszkedik. 4. **A-A metszet:** A metszősíkot a lap szélességén, a fejelőléccel párhuzamosan vesszük fel. A metszet mutatja a lapot, az évgyűrűket, a hornyot, a csapot és a csavart. A lapot folytonos, az évgyűrűket íves sraffozással jelöljük. A fejelőlécet a laphoz tartozó, de ellenkező szálirányú anyagként jelöljük. 5. **Méretezés:** A rajzról leolvasható minden, a gyártáshoz szükséges méret: a lécek szélessége 5 × 120 mm, a lap teljes mérete, a fejelőléc szélessége 80 mm, a csap hossza 40 mm és vastagsága 10 mm, a horony mélysége kb. 41 mm. 6. **Anyagjegyzék:** A szabásjegyzékben az alábbi tételeket soroljuk fel: - 5 db tölgy léc 1120 × 120 × 22 mm (nyers: 1140 × 125 × 25 mm) – táblásításhoz (1040 mm mező + 2 · 40 mm csap) - 2 db tölgy fejelőléc 600 × 80 × 22 mm (nyers: 620 × 85 × 25 mm) – fejelőléchez - 6 db facsavar (pl. 5 × 70 mm, fejelőlécenként 3 db, a szélsők hosszított furaton át) – fejelőléc rögzítéséhez (ellenőrizendő: a gyártói adat)

Számítás. A bruttó anyagszükséglet a nyers méretekből adódik. Egy léc nyers mérete 1140 × 125 × 25 mm:

$$V_{\text{léc}} = \frac{1140 \cdot 125 \cdot 25}{10^9} = 0{,}003\,5625\,\text{m}^3$$

Öt léc: $5 \cdot 0{,}003\,5625 = 0{,}017\,8125\,\text{m}^3$. A fejelőléc nyers mérete 620 × 85 × 25 mm:

$$V_{\text{fejelőléc}} = 2 \cdot \frac{620 \cdot 85 \cdot 25}{10^9} = 2 \cdot 0{,}001\,3175 = 0{,}002\,635\,\text{m}^3$$

A teljes anyagszükséglet: $0{,}017\,8125 + 0{,}002\,635 \approx 0{,}0204\,\text{m}^3$ tölgy (a kész nettó térfogat kisebb: a lécekre $5 \cdot 1120 \cdot 120 \cdot 22/10^9 = 0{,}0148\,\text{m}^3$, a fejelécekre $2 \cdot 600 \cdot 80 \cdot 22/10^9 = 0{,}0021\,\text{m}^3$). A számítás a szabásjegyzékben folytatódik a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben.

11.1.7. Minőségellenőrzés a rajzon

Minőségellenőrzés. - A toldási vonalakat minden nézetben folytonos vonallal jelöltük-e? - A metszetben a faanyag sraffozása a száliránynak megfelel-e? - Az évgyűrűállást minden szélesítő léc metszetén jelöltük-e? - A fejelőléc rögzítéséhez szükséges csavarok furatait a metszetben jelöltük-e? - A méretvonalak és a méretek a rajzon a gyártáshoz elegendőek-e (minden profil és csap hossza megadva)?

11.1.8. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Ok	Helyes gyakorlat
1. A ragasztott toldást hézaggal rajzolják.	A rajzoló a ragasztást hézagként képzeli el.	A toldási vonalat érintkező, hézag nélküli vonallal kell rajzolni, mert a ragasztási film nulla közelítő vastagságú.
2. A köldökcsapot a felülnézetben folytonos vonallal rajzolják.	A csap nem látható, de a rajzoló nem ismeri a rejtett vonal szabályát.	A rejtett furatot és csapot szaggatott vonallal kell jelölni.
3. A fejelőléces rajzon a csavarok furatait nem jelölik.	A rajzoló a fejelőlécet csak ragasztottnak hiszi.	A fejelőlécet csappal és csavarral rögzítik, ezért a csavarok helyét és méretét fel kell tüntetni.
4. A metszetben az évgyűrűket elhagyják.	A rajzoló a faanyagot homogén anyagnak tekinti.	A fa anyagjelölésének része az évgyűrű, amely a zsugorodási irányt mutatja, így kötelező.

11.1.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos megrendelést kap egy 2 méter hosszú, 80 cm széles tölgyfa asztallapra. A műhelyben 10 cm széles lécek vannak raktáron. Az asztalos a rajzon nyolc lécből álló táblásítást tervez (800 / 100 = 8; megmunkálási ráhagyással inkább 9 nyers léc), és a végekre fejelőléceket rajzol. A rajzot a tanulója kapja, hogy készítse elő az anyagot. A tanuló a rajz alapján látja, hogy a lécek évgyűrűállását váltakozva kell beállítani, a fejelőlécek pedig 60 mm-es csappal csatlakoznak. A rajz nélkül a tanuló az évgyűrűket egy irányba rakta volna, és az asztallap a fűtési idényben teknősödött (vetemedett) volna. A pontos rajz megelőzte a reklamációt.

11.1.10. Önellenőrzés

1. Melyik toldás növeli a ragasztási felületet a deszka szélén?
2. Miért jelöljük az évgyűrűállást a szélesítő toldás rajzán?
3. Hogyan ábrázoljuk a rejtett köldökcsapot a felülnézetben?
4. Mi a fejelőléc szerepe, és miért kell csavart is rajzolni hozzá?

Önellenőrzés – válaszok 1. A rálapolás, a horony–eresztés és a ferde élillesztés növeli a ragasztási felületet. 2. Az évgyűrűállás mutatja a zsugorodás várható irányát, és előírja a lécek összeállítási sorrendjét. 3. A rejtett köldökcsapot szaggatott vonallal ábrázoljuk, mert a felülnézetből nem látható. 4. A fejelőléc a lap végeit fogja össze, és megakadályozza a vetemedést; a csavarra azért van szükség, mert a tömörfa keresztirányban (a szélességében) dolgozik; a hosszított furatú csavar ezt a mozgást engedi, miközben a lap síkját tartja.

11.1.11. Feladatok

1. feladat (A) Rajzold le egyenes élillesztéssel táblásított lap felülnézetét, ha a lap 3 darab, egyenként 90 mm széles lécekből áll. Méretezd a teljes szélességet.

2. feladat (A) Sorold fel a szélesítő toldások négy fő típusát, és egy-egy mondatban írd le, miben térnek el.

3. feladat (B) Készíts metszetrajzot horony–eresztésről: a csap vastagsága 8 mm, a horony mélysége 12 mm, a deszka vastagsága 22 mm. Írd ki a méreteket.

4. feladat (B) Egy táblásított lap 4 darab 100 mm-es lécből áll. A rajz felülnézetén a toldási vonalak 100 mm-enként követik egymást. Írd ki a lap teljes szélességét, és rajzold fel a fejelőléccel ellátott lap elölnézetét (hossz 800 mm, fejelőléc szélesség 70 mm).

5. feladat (C) Miért nem ragasztható a fejelőléc mereven a teljes hosszában a lap éléhez? Rajzold be a fejelőléc rögzítését a metszetben (csap + csavar), és magyarázd el a csavar szerepét.

6. feladat (D) Készíts el egy A4-es rajzot 1:2 méretarányban egy táblásított asztallapról (400 × 200 × 20 mm, 3 léc, 50 mm széles fejelőléccel). Tartalmazza a felülnézetet, oldalnézetet, metszetet és méretezést. Használd a faipari anyagjelölést.

11.1.12. Megoldások

1. A felülnézet egy 270 mm széles, pl. 400 mm hosszú téglalap. A toldási vonalak a szélesség mentén 90 mm és 180 mm-nél húzódnak. A méretvonal a teljes szélességet 270-ként jelöli.

2. A négy típus: (a) egyenes élillesztés – derékszögű élek ragasztása; (b) rálapolás – félvastagságú vállak egymásra ragasztása; (c) saját csap (horony–eresztés) – egyik oldalon horony, másikon csap; (d) idegen csap – külön gyártott kötőelem (tipli, lamelló, léc).

3. A metszetben a 22 mm vastag deszkát rajzoljuk, a jobb oldali elemen a 8 mm vastag csapot, a bal oldalin a 12 mm mély, 8 mm széles hornyot. A horony mélysége 12 mm (a feladat adata), a csap (ereszték) hossza 11 mm, így a horony fenekén kb. 1 mm hézag marad a ragasztó- és forgácsfelesleg számára. A csap vastagsága 8 mm, a horony szélessége 8 mm; a csap két oldalán a váll $(22 - 8) / 2 = 7$ mm. A méreteket a csap és a horony kontúrjához képest kívül helyezzük el.

4. A teljes szélesség $4 \times 100 = 400$ mm. Az elölnézetben a 800 mm hosszú lap két végén a 70 mm széles fejelőléc látszik. A fejelőléc magassága megegyezik a lap vastagságával. A csapot a metszetben kell ábrázolni; az elölnézetben a fejelőléc sík, ezért a csap láthatatlan, szaggatott vonallal jelölhetjük.

5. A tömörfa a nedvesség hatására hosszirányban alig, keresztirányban jelentősen változtat méretet: a beépített lap évszakos mozgása 600 mm szélességen néhány mm (pl. 4 %-pontos fanedvesség-változásnál 0,3 %/% differenciális zsugorodással kb. 7 mm; tájékoztató, ellenőrizendő: szakkönyvi zsugorodási táblázat). Ha a fejelőlécet a teljes hosszon mereven ragasztanánk, a lap szélességváltozása repedést okozna. A csap és a csavar lehetővé teszi a lap mozgását, miközben a fejelőléc a síkot tartja. A rajzon a lap végén lévő csapot a fejelőléc hornyába rajzoljuk, a csavart a fejelőlécen át a lapba, a furatot hosszúkásra (oválisra) készítjük a mozgás irányában.

6. A rajz ellenőrzése: a felülnézet 200 × 100 mm (1:2-ben); a lécek kész szélessége 67 + 67 + 66 = 200 mm (a pontos osztás 66,7 mm), a rajzon a toldási vonalak a felső éltől 33,5 mm-re és 67 mm-re vannak (valós 67 és 134 mm), a méretszámként a valós 67, 67, 66 szerepel. Az oldalnézet 400 × 20 mm, a fejelőlécek 50 mm szélesek (a feladat adata). A metszet mutatja a lécek évgyűrűit, a hornyot és a csapot. A méretvonalak a kontúron kívül futnak, a méretadatok mm-ben.

11.1.13. Rövid összefoglaló

A **szélesítő toldások** keskeny lécekből hoznak létre széles táblásított alkatrészt. A rajzokon megkülönböztetjük az **egyenes és ferde élillesztést**, a **rálapolást**, a **saját csapot** (horony–eresztés), az **idegen csapokat** (köldökcsap, lamelló, léc) és a gépi profiltoldást. A toldások rajzán a felülnézet mutatja a toldási vonalakat, a metszet pedig a profilokat. Az **évgyűrűállást** a metszetben ívekkel kötelező jelölni, mert ez határozza meg a várható méretváltozást. A vetemedés ellen **laphevederrel**, **élhevederrel** (beeresztett vagy fecskefarkú) és **fejelőléccel** erősítünk. A fejelőléc rajzán a csapos és csavaros rögzítést ábrázoljuk, mert a tömörfa keresztirányú mozgását engedni kell. Ez a rajztudás a Hosszabbító és vastagító toldások ábrázolása és a Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel alapja.

11.1.14. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrás típusok:** MSZ EN ISO 128 sorozat (műszaki rajzok – ellenőrizendő: aktuális hivatkozás), faipari szakrajz tankönyvek (anyagjelölések), faipari technológiai szakkönyvek (profilok, méretarányok).
- **Ellenőrizendő:** a faipari anyagjelölés pontos szabványi hivatkozása, a profilmarás szabványos profilja, a fecskefarkú heveder szögére vonatkozó belső üzemi szabvány, a példában szereplő facsavar (5 × 70 mm) típusa és hossza a gyártói adatlap szerint, az 1:2 méretarányú rajz betűméretei a kiadói szabvány szerint.

11.2. Hosszabbító és vastagító toldások ábrázolása

11.2.1. Hosszabbító toldás – miért kell?

Az asztalosműhelyben gyakran kell hosszabb faanyagot készítenünk, mint amilyet egy szál deszkából kivághatunk. Például egy 4,20 m hosszú ablakpárkányt rendel a vevő, de a raktárban lévő tömör fa palló csak 2,50 m hosszú. Vagy egy régi ablak alsó keresztosztóját kell javítani, és csak az egyik felét tudjuk megtartani. Ilyenkor a faanyagot rostirányban, azaz hosszában toldani kell. A rajzon pontosan meg kell mutatnunk, hogyan csatlakozik a két darab, mert ebből tud a következő műveletben az asztalos dolgozni.

A **hosszabbító toldás** két vagy több faanyag végét köti össze rostirányban, hogy nagyobb használati hosszúságot kapjunk. A **vastagító toldás** ezzel szemben a darabokat rétegirányban, egymásra ragasztva növeli, így vastagabb vagy erősebb keresztmetszet jön létre. A rajz mindkét esetben megmutatja a csatlakozó felületeket, a ragasztási síkot és a fontos méreteket.

Ebben az alfejezetben a Szélesítő toldások és erősítéseik ábrázolása alfejezetben tanult jelölési alapokra építünk.

11.2.2. Szemléletes kép: hosszú lépcsőfok toldása

Képzelj el egy tömör tölgy takarólécet (nem teherviselő párkányt), amelynek teljes hossza 1,10 m, vastagsága 30 mm, szélessége 80 mm. A műhelyben csak 700 mm hosszú tölgy deszkadarabok vannak. Két darabot 1:8 arányú ferde hosszabbító toldással egyesítünk (30 mm vastagságnál a ferde rész hossza 240 mm, így $700 + 700 - 240 = 1160$ mm nyers hossz adódik, amelyet 1100 mm-re vágunk). Teherhordó lépcsőfokot hosszában nem toldunk: a fokot egy darabból vagy szélességben táblásítva készítjük (ellenőrizendő: lépcsőgyártási előírás). A toldásnál a végeket ferde síkban levágjuk, ragasztóval bevonjuk, és összepréseljük. A kész darab oldalnézetben úgy néz ki, mintha egyetlen hosszú deszka lenne, de a rajzon vékony, ferde vonallal jelöljük a toldás helyét. A rajz nélkül a műhelyben nem tudnánk, milyen szögben vágjuk le a végeket, és mekkora legyen a ragasztott felület.

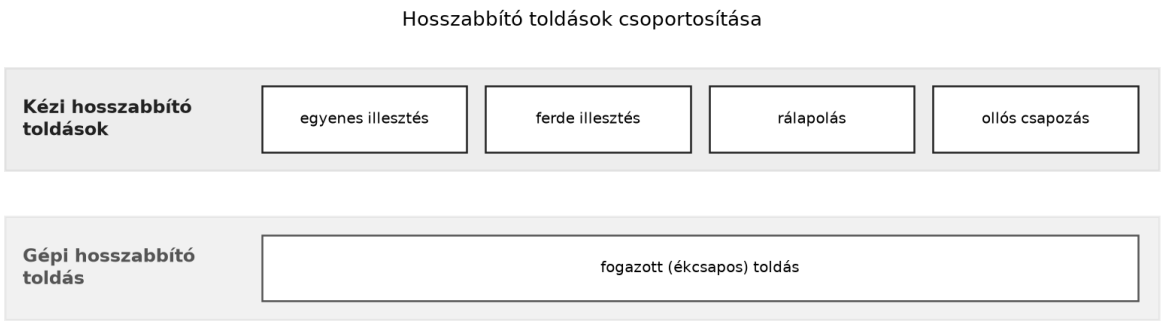
11.2.3. A hosszabbító toldások csoportosítása

Definíció. Hosszabbító toldás a faanyagok olyan kötése, amelyben a darabok rostirányban folytatják egymást, és a toldás felületei ragasztással vagy mechanikai kapcsolattal átadják az erőt.

A hosszabbító toldásoknak több fajtájuk van. A rajzon mindegyik típusnak más a felülnézeti vagy metszeti képe:

- **Egyenes illesztés (tompázott toldás):** a darabok végét merőlegesen levágjuk, és a két homlokfelületet ragasztással egymáshoz szorítjuk.
- **Ferde illesztés:** a végeket ferde síkban vágjuk le, így a ragasztási felület hosszabb lesz.
- **Rálapolás:** az egyik darab végét vékonyítjuk, a másik végét úgy alakítjuk ki, hogy a kettő egymásra feküdjön.
- **Csapozás (ollós csapozás):** az egyik darabban csapot, a másikban csaprést alakítunk ki; a csap a rostirányban fekszik.
- **Gépi fogazott (ékcsapos) toldás:** géppel, sablonnal készített, egyenletes osztású fogak és fogházak adják a nagy ragasztási felületet.

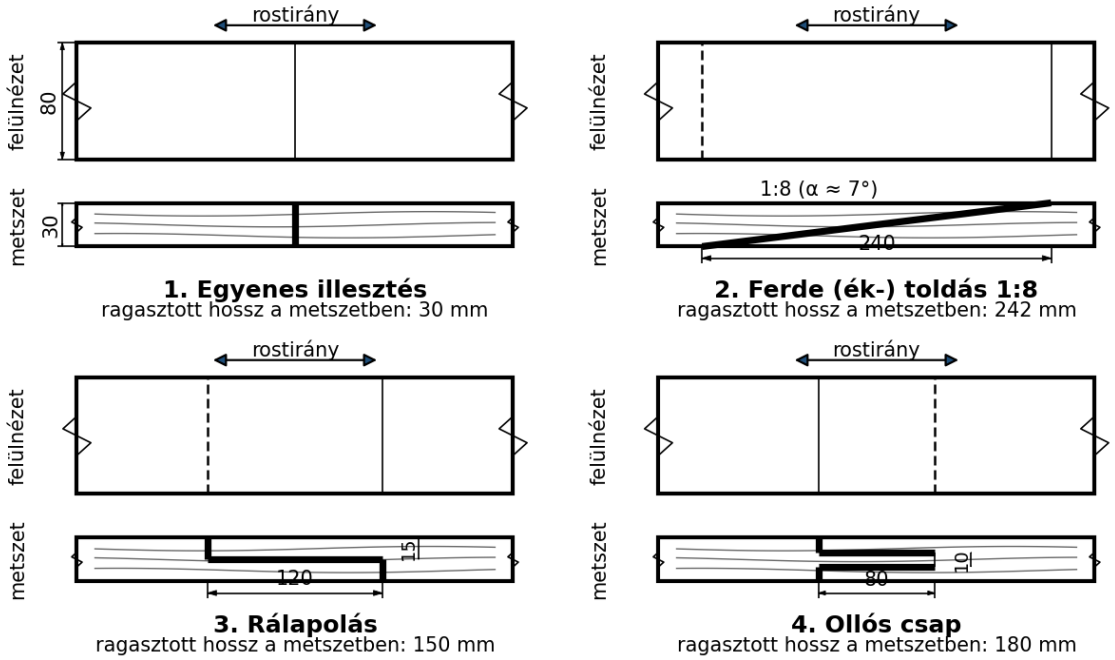
Az alábbi ábra a csoportosítást mutatja:



11.3. ábra. Hosszabbító toldások csoportosítása - Mellérendelt típusok, nem műveleti sorrend. A típusokat a felülnézeti és metszeti kép alapján ismerjük fel; a gépi fogazott toldást felirattal is jelöljük.

11.2.4. A hosszabbító toldások rajza

Szabvány. A faipari rajz a szabványos vonalfajtákat, méretmegadást és metszetjelölést használja. Az MSZ EN ISO 128 sorozat szerint a látható éleket vastag folytonos vonallal, a takart éleket szaggatott vonallal, a metszeti felületeket pedig vékony ferde sraffozással rajzoljuk (a pontos szabványhivatkozás ellenőrizendő). A ragasztási síkot gyakran vékony folytonos vonallal, „ragasztás” felirattal vagy anyagjelöléssel tüntetjük fel.



11.4. ábra. Négy hosszabbító toldás felülnézete (fölül) és oldalmetszete (alatta) 30 mm vastag, 80 mm széles darabokon: egyenes illesztés, ferde (ék-) toldás 1:8 ($\alpha \approx 7°$, vízszintes vetület 240 mm), rálapolás 15 mm-es pofákkal és 120 mm átfedéssel, ollós csap 10 mm vastag, 80 mm hosszú csappal. A vastag vonal a ragasztott felület; a felülnézetben a felső lapon látszó toldási vonal vékony folytonos, az alsó lapon lévő szaggatott.

A HTML-változat ferde toldás-kalkulátorában a vastagság és a hajlás (1:4…1:12) állítható; kiírja az $l = t/\sin\alpha$ hosszt, az l/t arányt és a két darabból kapható teljes hosszt.

A rajzon a **hosszméretet mm-ben** adjuk meg, de a mértékegységet nem írjuk ki. Az anyagjelölést a szabványos sraffozás vagy a rajzfelirat mutatja. A toldás helyét mindig egyértelműen jelöljük, mert a munkadarab szilárdsága a toldáson múlik.

11.2.5. A ferde illesztés hossza és a szilárdság

A ferde illesztésnél a ragasztófelület hossza nagyobb, mint az egyenes illesztésnél. Minél hosszabb a ferde felület, annál nagyobb a ragasztófelület, és annál jobb az erőátadás. Ha a ferde vágás a rostiránnyal α szöget zár be, a vágás hosszát a vastagság és a szög határozza meg:

$$l = \frac{t}{\sin\alpha},$$

ahol l a ferde vágás hossza a toldás síkjában (mm), t a darab vastagsága (mm), α a ferde vágás és a rostirány közötti hajlásszög.

Példa. Egy tölgy takaróléc toldásához $t = 30$ mm vastag deszkát használunk. A ferde vágás aránya 1:8, azaz $\alpha = \arctan(1/8) \approx 7{,}1^\circ$. A ferde vágás hossza:

$$l = \frac{30\ \text{mm}}{\sin 7{,}1^\circ} \approx \frac{30\ \text{mm}}{0{,}1236} \approx 243\ \text{mm} \approx 8 \cdot 30\ \text{mm}.$$

A toldás tehát körülbelül 240 mm hosszú ragasztási felületet ad. (Ha ugyanezt 15°-os szöggel vágnánk, $l = 30/\sin 15^\circ \approx 116$ mm adódna, azaz csak kb. 3,9-szeres hossz: ez rövid, csak takart, nem teherviselő toldásnál fogadható el.) Ha ugyanezt egyenes illesztéssel készítenénk, a ragasztási felület csak a 30 mm-es homlokfelület lenne. A hosszabb ferde felület miatt a kötés szilárdabb, de a rajzon mindig meg kell adni a szöget vagy a hossz/vastagság arányt.

Megjegyzés. A gyakorlatban a ferde toldást aránnyal adják meg: a ferde hajlás kb. 1:6…1:10 (tájékoztató), azaz $l \approx 6 \ldots 10 \cdot t$; 1:6-nál $\alpha \approx 9{,}5^\circ$, 1:8-nál $\alpha \approx 7{,}1^\circ$. Ezt a rajzon a ferde vonal mellett aránypárral is jelölhetjük; az arányt a mindenkori szabvány vagy a gyártói előírás rögzíti **(ellenőrizendő: aktuális szabvány/gyártói előírás)**.

11.2.6. Gépi fogazott toldás

A **gépi fogazott toldás** (ékcsapos vagy ujjillesztés) egyenletes fogakból áll, amelyeket marógéppel, sablonnal készítenek. A rajzon a toldás helyét sűrű, egyenletes fogazás jelzi, gyakran sematikusan. A fogak méretét és osztását a gép szerszámának megfelelően adják meg, ezért a rajzon a fogosztást tájékoztató értékként tüntetjük fel, vagy „gépi fogazott toldás” feliratot írunk. A fogazott toldás nagy ragasztási felületet ad, és sorozatgyártásban, lécek és keretanyagok hosszabb toldására használják.

Gépbiztonság. A fogazott toldást készítő gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőburkolat, elszívás és a gépkönyvben előírt egyéni védőeszközök mellett. A rajzi órán a fogazott toldást csak rajzoljuk, műhelyben a gépi megmunkálást külön technológiai lap szabályozza.

11.2.7. Vastagító toldások

Definíció. Vastagító toldás a faanyag rétegirányú egyesítése, amelynél a darabok lapjuk mentén, egymáson fekszenek, és ragasztással egy vastagabb keresztmetszetet alkotnak.

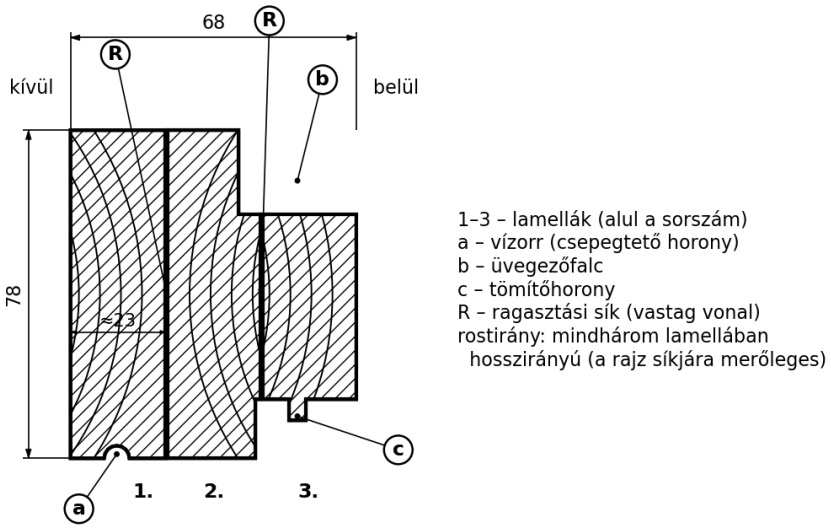
A vastagító toldást akkor használjuk, ha egy darab fából a kívánt vastagság nem vágható ki, vagy ha a rétegelt felépítés jobb méretstabilitást ad. A rajzon a rétegek sorrendje, a szálirány és a ragasztási síkok jól láthatók.

Példa: rétegelt gerenda. Egy 80 mm vastag asztallábat három rétegből ragasztunk össze: 30 mm + 20 mm + 30 mm tömör léc. A három lamella rostiránya egyaránt a láb hossztengelyével párhuzamos. A vetemedést úgy csökkentjük, hogy a szomszédos lamellák évgyűrűállása ellentétes (az ívek egymással szembe fordulnak), és lehetőleg álló évgyűrűs anyagot használunk. A rajzon ezt a keresztmetszetben az évgyűrű-ívekkel jelöljük.



11.5. ábra. Rétegelt gerenda vastagító toldása - Mindhárom lamella rostiránya hosszirányú (a láb tengelyével párhuzamos); a vetemedést a szomszédos lamellák ellentétes évgyűrűállása csökkenti.

Példa: ablakszelvény. A hagyományos ablakkeret szelvénye gyakran nem egyetlen tömör fából készül, hanem több réteg vastagító toldásával, hogy ne repedjen, és a profil könnyebben kialakítható legyen. A rajzon az ablakszelvény keresztmetszete mutatja a rétegeket, a profilozott éleket, a hornyokat és a ragasztási síkokat.



11.6. ábra. Három lamellából ragasztott ablakfa-szelvény keresztmetszete (68 × 78 mm, tájékoztató): a lamellák rostiránya azonos (hosszirányú), az évgyűrűállásuk váltakozik; a ragasztási síkok vastag vonallal, a vízorr (a), az üvegezőfalc (b) és a tömítőhorony (c) jelölve.

11.2.8. Alkalmazás: ablakfa, lépcső, keretlécek

A hosszabbító és vastagító toldások rajzát főként a következő termékeknél használjuk:

- **Ablakfa:** a hosszú alsó és felső keresztrészeket gyakran hosszabbító toldással egyesítjük, a szelvényt pedig vastagító toldással alakítjuk ki, hogy ne repedjen.
- **Lépcső:** a pofafák, korlátelemek és takarólécek toldhatók; a teherviselő lépcsőfokot hosszában nem toldjuk (ellenőrizendő: lépcsőgyártási előírás), a vastagabb orr-részek pedig vastagító toldással készülnek.
- **Keretlécek:** a bútorok keretléceinél a hosszabb toldás (főleg gépi fogazott) gyakori, mert a tömör lécből a hosszú darabok drágábbak, és a fogazott toldás kevésbé látszik felületkezelés után.

A rajzon mindig fel kell tüntetni, hogy a toldott darab melyik része látható felület, és melyik része kerül takarásba, mert ez befolyásolja a toldás elhelyezését.

11.2.9. Hogyan rajzoljuk meg a hosszabbító toldást? Lépések

1. Vedd fel a toldandó darabok **alapvonalát** és a toldás síkját vékony vonallal.
2. Rajzold meg a **látható éleket** vastag folytonos vonallal; a toldott résznél a csatlakozó vonalat vékonyan, de folytonosan rajzold.
3. A **metszeti felületeket** vékony ferde sraffozással jelöld, a ragasztási síkot pedig külön jelöléssel (pl. „R” vagy „ragasztás”).
4. Add meg a **méretet**: a toldási hossz, a ferde szög vagy az arány, a vastagság és a szélesség. A méretszámok a méretvonal felett, mm-ben értendők.
5. Jelöld a **szálirányt** nyíllal vagy „rostirány” felirattal, különösen vastagító toldásnál.
6. Írd be az **anyagot** és a toldás típusát (pl. „tölgy, ferde hosszabbító toldás 1:6”).

11.2.10. Minőségellenőrzés

A rajz ellenőrzésekor a következőkre figyelünk:

- A toldás típusa egyértelmű-e a vetületi és metszeti képen.
- A méretek teljesek-e: toldás hossza, szög/arány, anyagvastagság, szélesség.
- A ragasztási felület jelölése és a szálirány feltüntetése megvan-e.
- A metszeti sraffozás nem takarja el a méretvonalakat.
- A rajzi lépték és a méretarány következetes.

Hiba esetén a rajzot ki kell javítani, mert a műhelyben a hiányos rajz téves vágáshoz vagy rossz ragasztáshoz vezet.

11.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A ferde toldás szöge nincs megadva.** Ok: a rajzoló elfelejti a szögméretezést. Helyes gyakorlat: mindig tüntesd fel az α szöget vagy az aránypárt.
2. **A rálapolás ragasztási felülete nincs besraffozva.** Ok: a metszeti jelölés hiányos. Helyes gyakorlat: a ragasztási síkot egyértelmű jelöléssel vagy sraffozással ábrázold.
3. **A vastagító toldás rétegrendje nincs jelölve.** Ok: a rétegek sorrendje a rajzon nem olvasható. Helyes gyakorlat: minden réteget számozva vagy anyaggal külön tüntesd fel, és add meg a rétegvastagságokat.
4. **A gépi fogazott toldást tömör fának jelölik.** Ok: a fogazott toldást sematikusan rajzolják, de nem írják rá a „gépi fogazott” megjegyzést. Helyes gyakorlat: a toldás mellé írd a típusát.

11.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos egy régi paraszthház ablakfelújításán dolgozott. A nyílászáró alsó keresztosztója korhadt volt, de csak az egyik fele. A teljes csere drága lett volna, mert a felső rész még jó állapotú volt. Az asztalos a korhadt részt kivágta, a megmaradt részt ferde toldással megtoldotta. A rajzon megadta a ferde toldás szögét (1:8 arány), a toldás hosszát és a ragasztási felületet. A műhelyben a ferde vágást kézi fűrésszel és gyaluval alakította ki, majd ragasztással és csavaros beszorítással rögzítette. A toldás alig látszott a festés után. A tanulság: a rajzon ellenőrizte, hogy a két darab rostiránya egy vonalba essen és a ferde sík 1:8 arányú legyen; így a ragasztási felület hosszfa–hosszfa, és a kültéri ragasztással (D3/D4, ellenőrizendő: gyártói adatlap) készült, felületkezelt toldás tartós lett.

11.2.13. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a hosszabbító és a vastagító toldás között?
2. Milyen vonallal jelöljük a toldás helyét a faipari rajzon?
3. Mekkora a ferde vágás hossza, ha a vastagság 40 mm és a hajlásszög 15°?
4. Miben nyújt többet a gépi fogazott toldás, mint az egyenes illesztés?
5. Miért jelöljük a szálirányt a vastagító toldás rajzán?
6. Melyik toldásfajtát választanád egy 3 m hosszú, látható bútor keretlécéhez? Indokold!

11.2.14. Feladatok

1. feladat (A) Fogalmazd meg a hosszabbító toldás és a vastagító toldás definícióját, és sorold fel a hosszabbító toldások legalább négy fajtáját.

2. feladat (A) Rajzold le egyszerű egyenes toldás felülnézetét és oldalmetszetét. Jelöld a toldási síkot és a méreteket (vastagság 20 mm, szélesség 60 mm, hosszok 100 mm + 100 mm). A mértékegységet a rajzon ne írd ki.

3. feladat (B) (Gyakorló számítás; a valós toldás ajánlott hajlása 1:6…1:10, ellenőrizendő.) Számítsd ki a ferde toldási felület hosszát, ha a deszka vastagsága 35 mm, a ferde vágás pedig a rostiránnyal 12°-os szöget zár be. Állapítsd meg, hányszorosa ez a hossz a vastagságnak, és hasonlítsd össze az egyenes illesztés ragasztási felületével.

4. feladat (B) Készítsd el egy ollós csapos hosszabbító toldás oldalmetszeti rajzát. Adatok: anyag 60 × 25 mm keresztmetszet, csapvastagság 8 mm (kb. a vastagság harmada), csapszélesség 60 mm (a teljes szélesség), csaphossz 80 mm. Jelöld a ragasztási felületeket.

5. feladat (C) Egy tölgy ablakpárkányt 2,60 m hosszúra kell készíteni, de csak 1,40 m és 1,20 m hosszú pallók állnak rendelkezésre. Válaszd ki, hogy milyen hosszabbító toldást alkalmazz, és indokold a választásodat a szilárdság, a megjelenés és a gyárthatóság szempontjából. Készítsd el a toldási csomópont vázlatát.

6. feladat (D) Tervezz meg egy vastagító toldással kialakított asztallábat. Az asztalláb végleges mérete 80 mm × 80 mm, hossza 720 mm. Három rétegből ragasztod össze, a középső lamella évgyűrűállása ellentétes. Készítsd el a rajzot: metszet a láb keresztmetszetéről, rétegrend, évgyűrűállás, méretek. Add meg a szabásjegyzék-sorokat (kész és nyers méret) és az anyagszükségletet m^3-ben.

11.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A hosszabbító toldás rostirányú, a vastagító toldás rétegirányú egyesítés.
2. Vékony folytonos vonallal.
3. $l = 40 \text{ mm} / \sin 15^\circ = 40 / 0{,}2588 \approx 155 \text{ mm}$.
4. Sokszoros ragasztási felületet ad, a ragasztás hosszfa–hosszfa felületeken történik (bütüragasztás helyett), és a gépi pontosság miatt egyenletes.
5. A lamellák évgyűrűállása és a rostirányuk párhuzamossága a vetemedést határozza meg.
6. Pl. gépi fogazott toldás takart helyen, látható helyen inkább toldás nélküli anyag vagy jól illesztett ferde toldás – indoklással.

1. feladat – megoldás. A hosszabbító toldás a darabok rostirányú egyesítése a nagyobb hossz érdekében, a vastagító toldás a darabok rétegirányú egymásra ragasztása a nagyobb vastagság vagy keresztmetszet érdekében. A hosszabbító toldások fajtái: egyenes illesztés, ferde illesztés, rálapolás, csapozás (ollós), gépi fogazott (ékcsapos).

2. feladat – megoldás. A rajzon a két darab felülnézetben egymás mellett, a toldási síknál vékony folytonos vonallal csatlakozik. A méretek: 100 + 100 = 200 mm teljes hossz, szélesség 60, vastagság 20 (ez utóbbi az oldalmetszetben látszik). A toldási sík a metszeten vékony sraffozással jelölhető.

3. feladat – megoldás. $t = 35 \text{ mm}, \alpha = 12^\circ$. A ferde hossz:

$$l = \frac{35 \text{ mm}}{\sin 12^\circ} \approx \frac{35 \text{ mm}}{0{,}2079} \approx 168 \text{ mm}.$$

Ez a vastagság $168/35 \approx 4{,}8$-szorosa. Az egyenes illesztés ragasztási felülete 35 mm hosszú, tehát a ferde toldás közel ötször akkora felületet ad.

4. feladat – megoldás. Az oldalmetszetben a csap 80 mm hosszú, 8 mm vastag, és a 25 mm-es vastagság közepén fekszik. A csaprés a másik darabban 80 mm mély (+ 1 mm hézag), a csap két oldalán (25 − 8) / 2 = 8,5 mm vastag pofával. A ragasztási felületek a csap két lapja és a vállak; ezeket vastag vonallal vagy sraffozással jelöljük.

5. feladat – megoldás. Az ablakpárkány látható, igénybe vett elem. A ferde toldást választjuk, mert nagyobb ragasztási felületet ad, mint az egyenes illesztés, és a ferde vonal a felületkezelés után kevésbé feltűnő, mint egy vastag fogazott toldás. A rálapolás gyengébb lenne hajlításra, az ollós csap pedig bonyolultabb, és jobban látszana. A vázlaton a toldás a párkány vastagságánál ferde síkban fut, $\alpha \approx 7^\circ$ (1:8 arány), a toldás helyét a felső látható felületen vékony vonallal jelöljük.

6. feladat – megoldás. A metszeten a három réteg: 30 mm + 20 mm + 30 mm = 80 mm teljes vastagság. A szélesség 80 mm. Mindhárom lamella rostiránya hosszirányú; a középső lamella évgyűrű-ívei ellentétes irányba fordulnak, mint a két szélsőé. Kész méret: két darab $30 \times 80 \times 720$ mm és egy darab $20 \times 80 \times 720$ mm, összesen $(2 \cdot 30 + 20) \cdot 80 \cdot 720 = 4\,608\,000 \text{ mm}^3 \approx 0{,}0046 \text{ m}^3$. Nyers méret (ráhagyással, tájékoztató): 2 db $740 \times 85 \times 33$ mm és 1 db $740 \times 85 \times 23$ mm, azaz $2 \cdot 0{,}002\,076 + 0{,}001\,447 \approx 0{,}0056 \text{ m}^3$. A rajzon a rétegeket vékony folytonos vonal választja el, az évgyűrűállást ívek mutatják, a rostirányt a hosszmetszeten nyíl, a ragasztási felületeket külön jelölés.

11.2.16. Rövid összefoglaló

A hosszabbító toldás a faanyagok rostirányú egyesítése, hogy nagyobb hosszúságot kapjunk. Fő fajtái: egyenes illesztés, ferde illesztés, rálapolás, csapozás (ollós) és gépi fogazott (ékcsapos). A rajzon a toldás helyét vékony folytonos vonallal, a ragasztási felületet sraffozással vagy külön jelöléssel adjuk meg. A ferde toldás ragasztási hosszát $l = t/\sin\alpha$ képlettel számítjuk, ahol t a vastagság, α a ferde vágás rostiránnyal bezárt szöge. A nagyobb ferde felület erősebb kötést ad. A vastagító toldás rétegirányú egyesítés, amelyet rétegelt gerendákban és ablakszelvényekben használunk; a rajzon a rétegeket, a szálirányt és a ragasztási síkokat mindig feltüntetjük. A hosszabbító toldások rajzát a toldások készítésénél (Hosszabbító toldások készítése) és az egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajzánál (Egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajza) használjuk fel.

11.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a hazai faipari szakrajzi gyakorlatra, az MSZ EN ISO 128, 129, 5455 és 7200 szabványsorozat általános rajzi szabályaira épül (a pontos számok és a hatályos változat ellenőrizendő). A ferde toldás hossz/vastagság aránya (1:6–1:10) a hagyományos asztalosgyakorlatból származó tájékoztató érték, amelyet az aktuális szabvány vagy gyártói előírás felülírhat. A gépi fogazott toldás jelölését a gép szerszámgyártójának adatai és a faipari gépek biztonsági előírásai (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő) szerint kell pontosítani. Az ábrák a megadott rajzleírások alapján készítendők el.

11.3. Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések

11.3.1. Motiváció

Egy ajtókeretet kell lerajzolni a műhelyben, mielőtt a gyalult léceket szétosztanánk. A vízszintes és függőleges elemek találkozásánál látnod kell, hogy a csap pontosan hol ül, mekkora a váll, és mennyire mélyen nyúlik a csaplyukba. Ha a rajzon nem egyértelmű a kötés, a gépi csapozáskor rossz beállítást kapsz, és az ajtó szétszedés nélkül remeg vagy elcsavarodik. Ugyanez igaz egy asztalkávára: a sarokkötés rajzán múlik, hogy a káva elég merev lesz-e, és hogy a csap marad-e rejtve.

11.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el egy hagyományos, tömörfenyőből készülő **ajtókeretet**: két függőleges **álló keretléc** (röviden álló) és két vízszintes **keresztléc** (fejléc) (ellenőrizendő: szakrajzi tankönyvi terminológia). A sarkokon a vízszintes elem végén egy négyszögletes nyelv, a **csap** nyúlik be a függőleges elembe mart fészekbe, a **csaplyukba**. A rajzon az előlnézeten a csapot nem látod, csak a vállakat; az oldalnézeten a csap vastagsága látszik; a metszeten pedig a csap behatolását és a ragasztási hézagot is meg tudod mutatni. Rajz nélkül ez a kapcsolat csak elképzelés, mérés nélkül pedig hibás megmunkálás.

11.3.3. Definíciók és ábrázolási szabályok

A **keret** olyan asztalosipari szerkezet, amelyben általában négy (vagy több) egyenes, faalapú elem zár be derékszögű vagy ferde sarkot. A keret lehet **üres** (például képkeret) vagy **betétes** (például ajtókeret betétpanellel). A kötések ábrázolásakor a rajznak meg kell mutatnia a kapcsolat geometriáját, a csap és a fészek illeszkedését, és a megmunkáláshoz szükséges méreteket.

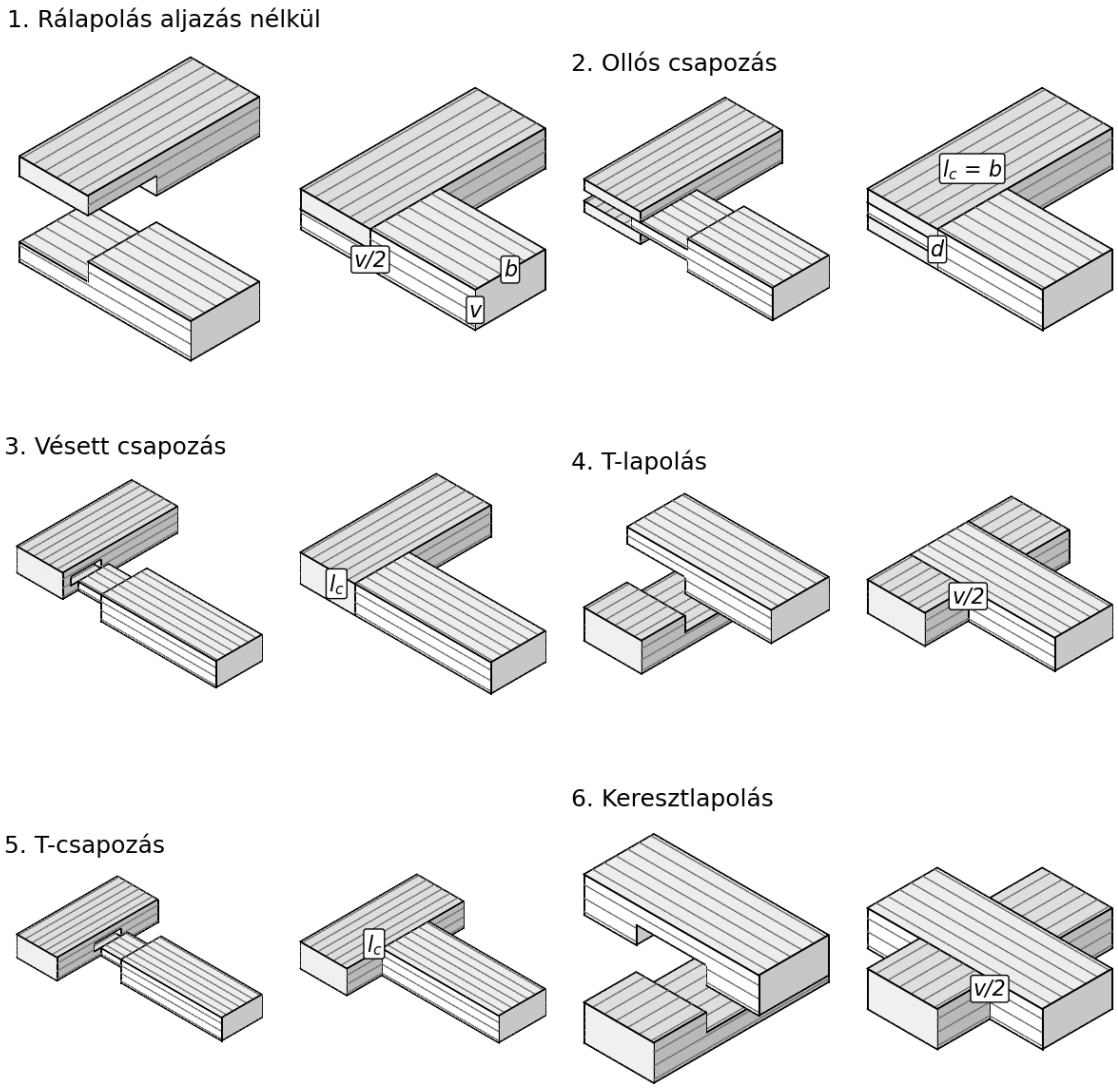
Definíció. A **keretkötés** két, általában derékszögben találkozó keretelem olyan ragasztott vagy bontható kapcsolata, amely a külső terhelést a csap, a lapolás vagy az aljazás útján adja át. **Sarokkötés** a keret sarkán létesülő kapcsolat; **T-kötés** a keretben egy betét oszlop vagy középső léc csatlakozik egy folytonos elemhez; **keresztkötés** két, egymást keresztező elem kapcsolata.

Szabály. A faipari szakrajzon a tömörfa és lapanyag anyagjelölését a hatályos rajzszabványok szerint, de a hazai faipari gyakorlatnak megfelelően kell alkalmazni. A metszetekben a faanyagot az anyagjelző sraffozással, a rostirányt és a ragasztási hézagot vékony, folytonos vonallal jelöljük. A csap és a csaplyuk metszetben látható illeszkedését úgy rajzoljuk, hogy a csap körvonala folyamatos vastag vonal, a ragasztóréteget elhanyagoljuk. Az érintkező csap–fészek oldalfelületeket egyetlen folytonos vonallal rajzoljuk; a szándékos hézagot (pl. 1–2 mm fenékhézag) két külön kontúrral, szükség esetén nagyított részlettel mutatjuk meg (ellenőrizendő: MSZ EN ISO 128 vonatkozó része).

Ábrázolási konvenció. A rajzon a méreteket mm-ben adjuk meg, mértékegység nélkül. A felvett nézetek: **elülnézet** (a keret síkjából szemből), **oldalnézet** (a keret élének irányából), és legalább egy **metszet**. A metszősík haladhat pontosan a csap középsíkján (vízszintes metszet), hogy megmutassa a csap hosszát és a fészek mélységét, vagy a csap vastagsági síkjában (függőleges metszet), hogy a csap vastagságát és a fészek szélességét szemléltesse. A metszetjelölésnél a metszősík nyomvonalát szabványos szaggatott pontvonallal és nyíllal jelöljük, a metszetet pedig nagybetűvel.

11.3.4. Sarokkötések rajza

A keretsarok legegyszerűbb és gyakori kötéseit nézetben és metszetben mutatjuk be. A rajzokon az anyag vastagságát v, szélességét b jelöli. A csap vastagságát d jelöli, a csap hosszát l_c, a váll szélességét w_v.



Minden kötés: bal oldalt szétszedve, jobb oldalt összeállítva. v = anyagvastagság, b = szélesség, d = csapvastagság (≈ v/3), l_c = csaphossz. A fej felőli elem világosabb, a rostirány vékony vonal.

11.7. ábra. Hat keretkötés térben, bal oldalt szétszedve, jobb oldalt összeállítva: rálapolás aljazás nélkül, ollós csapozás, vésett csapozás, T-lapolás, T-csapozás és keresztlapolás. A jelölések: v anyagvastagság, b szélesség, d csapvastagság ($\approx v/3$), l_c csaphossz.

Az ábra a következő rajzok térbeli képét adja: ha egy nézet vagy metszet nem világos, keresd meg mellette a kötés szétszedett képét. A HTML-változatban a kötés kiválasztható, csúszkával szétszedhető és 90°-onként forgatható.

11.3.4.1. Rálapolás aljazás nélkül

Az egyik elem végét ellapoljuk, a másik elem végére ráfektetjük. A kapcsolat csak ragasztással és csavarral vagy tiplivel teherbíró. Az elülnézeten a felső elem széle takarja az alsó elem végét; a metszeten az alsó elem anyaga folyamatos, a felső elem levékonyított része látszik. A rajzon megadjuk a lapolás hosszát (általában a teljes szélesség b) és vastagságát (általában a fél anyagvastagság, $v/2$).

11.3.4.2. Rálapolás aljazva

A lapolás hossza nem a teljes szélesség, hanem az elemek szélességének egy része, és a felső elem vállal ütközik az alsó elem homlokához. Ez a **vállazott lapolás** jobb esztétikát és merevebb kötést ad. A rajzon az elülnézetnél az alsó elem felső éle azonos síkban van a felső elem külső élével; a lapolás hossza a váll mögött mérhető. A metszetben a vállat és az aljazott részt is feltüntetjük.

11.3.4.3. Ollós csappal

Az **ollós csap** (műhelyi nevén nyitott csap) olyan sarokkötés, ahol a csapot nem fészekbe dugjuk, hanem a két elem az anyag vastagságának egy részét átfedi, a csap pedig az egyik elem oldalából kinyúlik, a másik elembe mart horonyba csúszik. A rajzon a csap vastagsága általában egyharmada az anyagvastagságnak, a csap hossza megegyezik az elem szélességével. Az elülnézeten a csap élét nem látjuk, mert a homlokfelület takar; az oldalnézeten a csap oldala és a horony illeszkedése látszik. A metszet a csap középsíkjában mutatja a csapot és a hornyot.

11.3.4.4. Vésett csap aljazás nélkül

A **vésett csap** (műhelyi néven zárt csap) a legjellemzőbb keretsarokkötés. Az egyik elem végén csapot, a másik elemen zárt fészket (csaplyukat) munkálunk meg. A csap és a fészek mérete úgy illeszkedik, hogy a csap hossza kissé rövidebb legyen a fészek mélységénél (általában 1–2 mm hézag), a csap vastagsága pedig a fészek szélességével azonos legyen (szoros, kézzel még összetolható illesztés; a tűrést a rajzon adjuk meg; tájékoztató, ellenőrizendő: szakkönyv). A vastagabb csap préseléskor szétfeszíti a fészket. A rajzon az elülnézet a vállakat és a felső elem homlokát mutatja, a fészek nem látható. Az oldalnézet a csap vastagságát és a fészek két falát mutatja. A metszetben (a csap középsíkján átmetszve) a csap teljes hosszát, a fészek mélységét és a fenékhézagot láthatjuk.

Szabály. A csap arányaira tájékoztató szabály: a **csapvastagság körülbelül az anyagvastagság egyharmada** ($d \approx v/3$), de soha ne legyen 6 mm-nél kisebb, és 25 mm-nél nagyobb anyagvastagság esetén is arányosan, a szabványos marószerszám-méretekhez igazítva válasszuk (ellenőrizendő: gépkönyv és szerszámkatalógus). A **csap hossza** a fészek mélységének megfelelő: ha a keretelem szélessége b, akkor a fészek mélysége általában a szélesség kétharmada, így a csap hossza ennél kb. 1–2 mm-rel kisebb.

11.3.4.5. Vésett csap 1/3 és 2/3 aljazással

Az **aljazás** a csap keretnyílás felőli (belső) sávjának elvékonyított kimunkálása, így a csapnak csak egy sávja teljes vastagságú. Az **1/3 aljazás**, illetve a **2/3 aljazás** az aljazott sáv arányát adja meg a csap szélességéhez képest (ellenőrizendő: szakrajzi tankönyv; a pontos értelmezést a Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás alfejezettel és a Fogalomtárral egyeztetve használd). Az aljazás nem azonos a csap vastagsági helyzetével: a csap helyzetét külön méretezzük („a csap a belső oldaltól x mm-re”), és minden helyzetméretnél ellenőrizzük, hogy belső távolság + csapvastagság + külső távolság = v. A rajzon az aljazást az elülnézeten a váll vonalának eltolásával, a metszeten a csap kimunkált sávjával mutatjuk meg. Mindig megadjuk az aljazás méretét: például „aljazás 10 mm a belső oldaltól”.

11.3.4.6. Árkolva

Az **árkolt sarokkötés** olyan, ahol a keretelem sarkaiban nem lapolás vagy csap, hanem egy teljes hosszon futó horony (árkolás) kapcsolja a két elemet. Ezt ritkán használjuk sarokkötésként, inkább T- és keresztkötésekhez. A rajzon az árkot a metszeten mutatjuk be, a horony szélessége és mélysége megadásával. A sarokkötésnél az árkolás általában egyesített, azaz az egyik elemen horony, a másik elemen a horonyba illeszkedő csap fut.

11.3.5. T-kötések és keresztkötések

A keretben a középső oszlop (keresztléc) és a keret folytonos eleme között **T-kötés** jön létre; ha két elem egymást keresztezi, **keresztkötés**ről beszélünk.

11.3.5.1. T-kötés rálapolással

Az egyik elem végét fél anyagvastagságban ellapoljuk, és a folytonos elem fél vastagságába mart horonyba fektetjük. Az elülnézeten a folytonos elem takarja a lapolt végét; a metszeten a lapolás illeszkedése látszik. A rajzon megadjuk a lapolás hosszát (általában a folytonos elem szélességével azonos) és a horonyszélességet (a lelapolt elem vastagságával azonos). A kapcsolat ragasztással készül.

11.3.5.2. T-kötés csapozással

A vízszintes vagy keresztező elem végére csapot, a folytonos elembe fészket munkálunk. A csap lehet átmenő vagy vak, de keretben általában vak fészket használunk, hogy a fészek ne látszódjon a külső oldalon. A rajzon az elülnézet a vállat és a folytonos elem homlokát mutatja; a metszet a csap hosszát és a fészek mélységét. A T-csapnál a csap hossza a folytonos elem szélességének kb. kétharmada (tájékoztató érték).

11.3.5.3. T-kötés aljazva

Ha a T-kötés csapos, gyakran **aljazzuk** a csapot, hogy a fészek ne hatoljon át a folytonos elem külső oldalán. Az aljazott T-csap rajzán a fészket folytonos vonallal rajzoljuk a belső oldalon, a külső oldalon pedig a csap nem látható. A metszet mutatja meg, hogy a fészek mélysége kisebb, mint az anyag szélessége.

11.3.5.4. T-kötés árkolva

A T-kötés legegyszerűbb formája az **árokhorony**: a folytonos elemben hornyot munkálunk, a betételem végét a horonyba toljuk. Ez önmagában nem mindig teherbíró, ezért gyakran egy bemaró csappal vagy tiplivel erősítjük. A rajzon a horony szélessége megegyezik a betételem vastagságával, mélysége 8–12 mm (tájékoztató, anyagfüggő). Az elülnézeten a horony széle vékony vonallal jelenik meg, ha takarásban van, a metszeten a horony teljes keresztmetszete látható.

11.3.5.5. Keresztkötések

A **keresztkötés** két elem azonos síkban történő, fél anyagvastagságban egymásra lapolt kapcsolata. A két elem egymást keresztezi, és mindkettőn fele-fele mélységű horony vagy lapolás van. A rajzon az elülnézet a két elem keresztezését mutatja; a metszet (általában a kereszteződésben, az elemek közös középsíkjában) a fél-fél vastagságú kivágást mutatja. A kapcsolatot gyakran csak ragasztás tartja, ezért a rajzon a ragasztási illesztést folytonos vékony vonallal jelezzük.

11.3.6. A csaparányok tájékoztató szabálya

A rajz készítésekor a csap méreteit nem szabad önkényesen megválasztani. A következő arányok a faipari gyakorlatban bevett kiinduló értékek, de mindig ellenőrizendők a gép- és szerszámkatalógus alapján (tájékoztató adatok).

Jellemző	Jel	Tájékoztató arány / érték	Megjegyzés
Csapvastagság	d	$d \approx v/3$	legalább 6 mm, tömörfa ajtókeretnél 8–12 mm
Csapszélesség	b_c	a keretelem szélessége, levonva a vállakat/aljazást (pl. 60 mm-es elemnél 40 mm)	oldalt 10–10 mm váll
Csaphossz (vak fészekhez)	l_c	$l_c \approx \frac{2}{3}b$	a fészek mélységénél 1–2 mm-rel rövidebb
Váll szélessége oldalt	w_v	a csap vastagságához képest egyenlő vagy annál nagyobb	a váll mindkét oldalon legalább 5–8 mm
Aljazás	–	1/3 vagy 2/3 (az aljazott sáv aránya)	a belső oldal felől mérve (ellenőrizendő)

A csapvastagság nem haladhatja meg az anyagvastagság egyharmadát, mert a fészek két oldalán maradó fal túl vékony lesz, és a keret megreped. Ha viszont túl vékony a csap, a kötés nyírási szilárdsága alacsony. Ezért a rajzon mindig megadjuk a csapvastagságot és az aljazás mértékét.

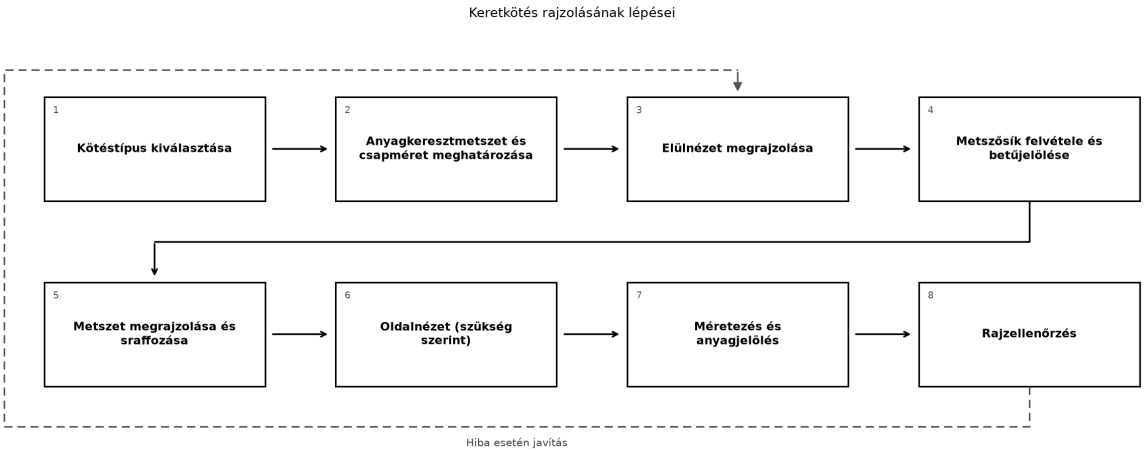
11.3.7. Rajzolási eljárás lépésenként

Az alábbi, számozott rajzolási sorrend a keretkötés ábrázolását tanítja. Az egyes lépések ellenőrzési pontjai a helyes méretezést és a tiszta, szabványos ábrázolást garantálják.

1. **Válaszd ki a kötéstípust** (például vésett csap, aljazott, 1/3 aljazással), és határozd meg a keret külső méreteit, az anyagkeresztmetszetet ($b \times v$) és a pontos csaphelyzetet.
2. **Rajzold meg az elülnézetet** méretarányosan (általában 1:1, 1:2 vagy 1:5, a rendelkezésre álló rajzlaptól függően). Jelöld a külső kontúrokat vastag folytonos vonallal, a csap vállait és a fészek éleit vékony vonallal vagy szaggatottal, ha takarásban vannak.

3. **Add meg a metszetet.** A metszősík nyomvonalát az elülnézeten szabványos vonallal rajzold be, nyilakkal és betűjelöléssel (például A–A). A metszeten a metszett anyagot sraffozd, a levegővel érintkező felületet körvonal vonal, a ragasztási hézagot vékony folytonos vonal jelölje. Az érintkező csap–fészek felületet egyetlen vonallal rajzold; a szándékos hézagot (fenékhézag) külön kontúrral mutasd.
4. **Rajzold meg az oldalnézetet** (ha szükséges), hogy a csap vastagsága és a fészek szélessége is egyértelmű legyen. Az oldalnézeten a csap és a fészek oldalsó fala látszik, a vállak vonala pedig a homlokszélességet adja.
5. **Méretezd a rajzot.** A méretvonalak a nézeteken kívül legyenek. A csap vastagságát a metszeten add meg; a csap hosszát és a fészek mélységét a metszeten vagy egy helyi metszeten; a vállak méretét az elülnézeten. Az aljazás méretét az oldalnézeten vagy metszeten tüntesd fel.
6. **Jelöld az anyagot.** A metszetben sraffozással, a nézeten a faanyag megjegyzéssel (például „tömör tölgyfa, pácolt, lakkozott”). A ragasztóra ne írj anyagjelölést, elég a hézagot jelezni.
7. **Ellenőrizd a rajzot.** Nézd meg, hogy a csap és a fészek méretei összhangban vannak-e; hogy a metszősík jelölése azonos betűvel szerepel a metszeten; hogy a méretvonalak nem keresztezik feleslegesen a kontúrvonalakat.

Az alábbi folyamatábra a keretkötés rajzolásának lépéseit mutatja be.



11.8. ábra. Keretkötés rajzolásának lépései - Szemléltető folyamatábra; az egyes lépések az asztalos szakrajzi gyakorlatban alkalmazott sorrendet mutatják.

11.3.8. Kidolgozott példa: betétes keret két kötéssel

Készítsük el egy **betétes ajtókeret** sarkának rajzát, amelyen a vízszintes keresztléc vésett csappal csatlakozik a függőleges álló keretléchez. A keret anyaga 60 mm széles, 25 mm vastag tömör tölgyfa; a betéthorony 10 mm széles, 8 mm mély, a keret belső oldalán fut.

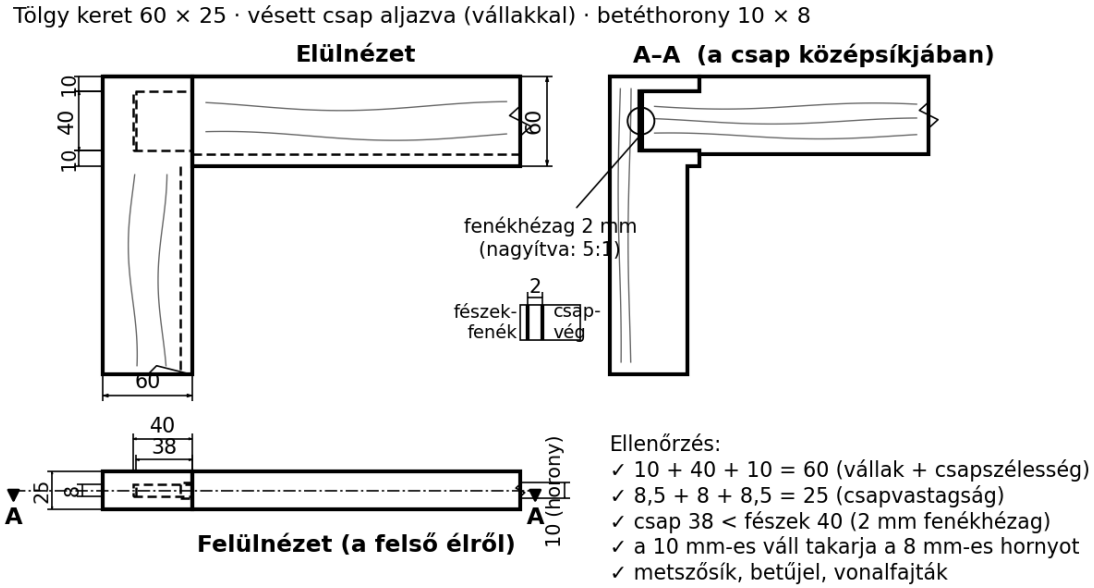
Adatok. Csapvastagság $d = 8$ mm (kb. $v/3 = 25/3 \approx 8{,}3$ mm); a csap a vastagság közepén ül: $8{,}5 + 8 + 8{,}5 = 25$ mm. Csapszélesség 40 mm, oldalt 10–10 mm váll ($10 + 40 + 10 = 60$ mm). Fészekmélység 40 mm ($\approx \frac{2}{3} \cdot 60$), csaphossz 38 mm, így a fenékhézag 2 mm.

Rajzleírás (elülnézet, A–A metszet, oldalnézet).

Elülnézet (a keret síkjából szemből): A függőleges álló folytonos, 60 mm széles. A keresztléc 60 mm széles; végén a 10–10 mm-es vállak az álló belső élére ütköznek. A csap és a fészek zárt, ezért nem látszik; a belső élen a betéthoronyt szaggatott vonallal jelöljük.

Metszet (A–A): A metszősík a csap vízszintes középsíkján halad, felülnézetben. A metszeten a fészek 40 mm mély és 8 mm széles, a csap 38 mm hosszú és 8 mm vastag; a fenékhézag 2 mm, ezt nagyítva, két külön kontúrral rajzoljuk. A csapot és a környező faanyagot a rostiránynak megfelelően sraffozzuk; a csapnak a keresztléc anyagával folytonosnak kell lennie. A betéthorony nem esik a metszősíkba, ezért a metszeten nem látszik.

Oldalnézet (a keret éléből nézve): A keret 25 mm vastag. A csap 8 mm vastag, a belső oldaltól 8,5 mm-re, a külső oldaltól szintén 8,5 mm-re van (8,5 + 8 + 8,5 = 25). A belső oldalon a betéthorony 10 mm széles, 8 mm mély, folytonos vonallal látszik.



11.9. ábra. Vésett csapos keretsarok rajzkészlete a javított adatokkal: tölgy keret 60 × 25 mm, 8 mm vastag és 40 mm széles csap 10–10 mm-es vállakkal, 38 mm-es csaphossz, 40 mm mély fészek (2 mm fenékhézag), 10 × 8 mm-es betéthorony a belső oldalon. Elülnézet, A–A metszet a csap középsíkjában (nagyított fenékhézaggal) és felülnézet a keret felső éléről.

A HTML-változat a rajzolási eljárás hét lépését (kötéstípus → elülnézet → metszősík → metszet → felülnézet → méretezés → ellenőrzés) lépteti, és robbantott axonometriát is mutat.

11.3.9. Szabvány

A faipari rajzokra vonatkozó európai és magyar szabványok követelményeit csak ellenőrzött forrásból szabad átvenni. A keretkötések ábrázolásakor a következő, a hazai gyakorlatban irányadó szabványok alkalmazhatók (a pontos számok és a hatályos verzió ellenőrizendő): MSZ EN ISO 128 (műszaki rajzok általános alapelvei), MSZ EN ISO 129 (méretmegadás), MSZ EN ISO 5455 (méretarányok), MSZ EN ISO 7200 (rajzfej). A faanyag metszeti jelölésére a hazai szakrajzi gyakorlat szerint a tömörfa metszetét a rostiránnyal párhuzamos, hullámos vagy egyenes sraffozással jelöljük; a furnérozott lap és az agglomerált lap jelölése eltérő, ahogy a Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon fejezetben tárgyaljuk.

11.3.10. Minőségellenőrzés

A kész rajzot a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

- A csap és a fészek méretei összhangban vannak-e: a csap vastagsága nem haladja meg az anyagvastagság egyharmadát, a csap hossza 1–2 mm-rel rövidebb a fészek mélységénél.
- A metszetben a sraffozás folytonos, a metszősík jelölése az elülnézeten egyértelmű, a metszet jelölése azonos betűvel szerepel.
- Az aljazás mértéke egyértelműen olvasható, nem marad-e kétértelmű („külső” vagy „belső” oldal).
- A nézeten és a metszeten minden váll és él látható-e, nincs-e takarásban lévő, de jelöletlen él.
- A méretek a megmunkálási sorrendet támogatják-e: a gépi beállításokhoz szükséges méretek (csapvastagság, fészekmélység, vállszélesség) külön megvannak-e.

Eltérésnél a rajzot javítani kell, és a gyártás előtt a műhelyben újra egyeztetni a gépkezelővel.

11.3.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A csapvastagság nagyobb, mint az anyagvastagság egyharmada.** Oka: az arány ismeretének hiánya, vagy a rajzon a méretek félreértése. Helyes gyakorlat: mindig számítsd ki a $v/3$ értéket, és ellenőrizd, hogy a megadott méret nem nagyobb.
2. **A csap hossza megegyezik a fészek mélységével.** Oka: nem számítanak a fenékhézaggal. Helyes: a csap hossza legyen 1–2 mm-rel rövidebb, különben préseléskor a csap felfeszíti a fészket.
3. **A fenékhézag nincs ábrázolva, illetve nincs méretezve.** Oka: a rajzoló a csap hosszát a fészekmélységgel azonosnak veszi. Helyes: a fenékhézagot külön kontúrral mutatjuk, és a csaphosszt, valamint a fészekmélységet külön megadjuk.
4. **Az aljazás mértéke nem derül ki a rajzból.** Oka: a rajzon csak a csapvastagságot adják meg, de nem jelölik, hogy az anyag melyik oldalától mérve. Helyes: mindig add meg az aljazás távolságát egy oldalhoz, vagy írd be: „1/3 aljazás a belső oldaltól”.
5. **A metszősík jelölése hiányzik a nézeten.** Oka: a rajzoló elfelejti a metszet nevét és a metszősík nyomvonalát. Helyes: a metszetnek mindig van betűjele, és a metszősík nyomvonala a hozzá tartozó nézeten vonallal és nyilakkal jelölt.

11.3.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben egy ügyfél tölgyfa asztalkávát rendel, 1200 × 700 mm-es, 40 mm vastag kávákkal. Az asztalos felvázolja a sarokkötés rajzát: vésett csap, 1/3 aljazással a belső oldalra. A rajzon megadja a csapvastagságot 12 mm-nek, a fészekmélységet 40 mm-nek, a csap hosszát 38 mm-nek. A rajz alapján a gépkezelő beállítja a csapozó marógépet. A próbadarabon kiderül, hogy a csap vastagsága 12,2 mm lett, a fészek pedig 12,0 mm, mert a rajzon a tűrés nem volt megadva. A préselésnél a csap felfeszítette a fészket, és a káva megrepedt. A tanulság: a rajzon a szoros illesztésű csap–fészek kapcsolatnál mindig meg kell adni a tűrést vagy a ráhagyás mértékét (például „csap 12,0 mm, fészek 12,1 mm, préselés előtt a csap csiszolható”), és a gépbeállítás után mindig próbadarabot kell készíteni. (Ez a valós eset minta, nem konkrét bírósági vagy kártérítési adat.)

11.3.13. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis?** A keretkötés rajzán a metszetben a csap és a fészek érintkező oldalfelületét egyetlen közös vonallal rajzoljuk; a szándékos fenékhézagot külön kontúrral mutatjuk.

2. **Számolj:** 27 mm vastag tölgyfa keretelem esetén mennyi a tájékoztató csapvastagság ($d \approx v/3$)?
3. **Rajzolás:** Melyik nézeten látszik a csap hossza és a fészek mélysége?
4. **Hibakeresés:** A rajzon a csap hossza 34 mm, a fészek mélysége 34 mm, a vállak hiányoznak. Mi a hiba?
5. **Választás:** Ajtókeret sarkában miért jobb az aljazott vésett csap, mint az ollós csap?

Válaszok: lásd a Megoldások elején.

11.3.14. Feladatok

1. feladat (A)
Írd le, mit jelent az „1/3 aljazás” a vésett csapos sarokkötés rajzán, és add meg a csapvastagságot 24 mm-es anyagvastagságnál.

2. feladat (A)
Sorold fel legalább három sarokkötést, amelyet a keret sarkában használhatunk, és mindegyiknél mondd el, mi a jellemzője a rajzon.

3. feladat (B)
Készíts pontos szöveges rajzleírást egy T-kötésről (függőleges álló keretléc 70 mm széles, 30 mm vastag; vízszintes betétléc 40 mm széles, 20 mm vastag; csapos T-kötés, a csap a vízszintes elem végén, vak fészek az álló keretlécben). Add meg a nézeten és a metszeten látható elemeket, méreteket, anyagjelölést.

4. feladat (B)
Egy keretsarok rajzán a következő méretek szerepelnek: anyagvastagság 30 mm, csapvastagság 12 mm, csaphossz 30 mm, fészekmélység 30 mm. Ellenőrizd a csap arányát, és írd meg, mi a probléma, ha van.

5. feladat (C)
Tervezzünk egy betétes ajtókeret sarkát 70 mm széles, 28 mm vastag keretlécekkel. Válassz kötéstípust, indokold a választást, és vázold fel a rajz szerkezetét (melyik nézeten mit látsz, milyen metszetet veszel fel, milyen méreteket adsz meg). A rajzot nem kell ténylegesen megrajzolnod, csak pontosan leírnod.

6. feladat (D)
A műhelyben a keretkötésről készült rajzon az oldalnézet hiányzik, és az aljazás mértéke nincs megadva. A gépkezelő nem tudja beállítani a marógépet. Írd le, hogyan pótolnád a hiányzó rajzelemet lépésről lépésre, és mit mérnél meg a rajzon, mielőtt nekiállsz.

11.3.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:
1. Igaz; az érintkező oldalfelületeket egy vonallal rajzoljuk, a szándékos hézagot (fenékhézag) külön kontúrral, szükség esetén nagyítva mutatjuk meg.
2. $v = 27\,\text{mm}$, $d \approx \frac{27}{3} = 9\,\text{mm}$.
3. A csap hosszát és a fészek mélységét a csap középsíkján átmenő metszeten látjuk.
4. A csap hossza egyenlő a fészek mélységével, ezért hiányzik a fenékhézag; a vállak hiánya pedig a csap szélességének hibás méretezésére utal.
5. Az aljazott vésett csap jobb, mert rejtve marad, a keret merevebb, és a betét horony nem gyengíti a fészket.

1. feladat (A)
Az aljazás a csap keretnyílás felőli sávjának elvékonyított kimunkálása; az 1/3 az aljazott sáv arányát jelöli (ellenőrizendő: szakrajzi tankönyv). A csapvastagság 24 mm anyagvastagságnál $d \approx 24/3 = 8\,\text{mm}$. A csap vastagsági helyzetét külön méretezzük: pl. középen $(24-8)/2 = 8\,\text{mm}$ mindkét oldalról, ellenőrzés: $8 + 8 + 8 = 24$ mm.

2. feladat (A)
Három sarokkötés: (a) **rálapolás aljazás nélkül** – az elülnézeten a takarásban lévő elem végét nem látjuk, a metszeten a fél anyagvastagságú lapolás látszik; (b) **ollós csap** – az elülnézeten a csap nem látható, az oldalnézeten a csap és a horony illeszkedik, a metszeten a csap középsíkjában látható; (c) **vésett csap aljazással** – az elülnézeten a vállak, a metszeten a csap hossza és a fészek, az oldalnézeten a csap vastagsága és az aljazás helye.

3. feladat (B)
Rajzleírás:
Elülnézet (az álló keretléc síkjából): A függőleges álló keretléc 70 mm széles, 30 mm vastag. A vízszintes betétléc 40 mm széles, 20 mm vastag, jobbról csatlakozik az álló keretlécéhez. A betétléc vállal ütközik, a csap vastagsága 7 mm (≈ 20/3; a szerszámhoz igazítva 6 vagy 8 mm, ellenőrizendő), a léc vastagságának közepén, két oldalán 6,5 mm váll, a csap szélessége 20 mm (a betétléc középső része, oldalt 10 mm váll mindkét oldalon). A fészek az álló keretlécen belül van, a külső oldalon nem látható.
Vízszintes metszet (A–A a csap középsíkján): Az álló keretléc keresztmetszete, a fészek mélysége 45 mm (a 70 mm szélesség kb. 2/3-a), a csap hossza 43 mm, a fenékhézag 2 mm. A betétléc csapja a fészekben ül, a váll az álló keretléc oldalához simul.
Oldalnézet: Az álló keretléc 30 mm vastag, a betétléc 20 mm vastag. A csap 7 mm vastag, a betétléc középvonalában helyezkedik el. A fészek az álló keretlécen belül, 7 mm széles.
Anyagjelölés: tömör fenyő, rostirány a vízszintes elemeken balról jobbra, az álló keretlécen függőlegesen.
Méretek mm-ben: álló keretléc 70 × 30, betétléc 40 × 20, csapvastagság 7, csapszélesség 20, csaphossz 43, fészekmélység 45, váll oldalt 10.

4. feladat (B)
A csapvastagság 12 mm, az anyagvastagság 30 mm, így $v/3 = 10\,\text{mm}$. A 12 mm nagyobb, mint az egyharmad, ezért a fészek oldalfala túl vékony lesz (a fészek a 30 mm anyagból mindkét oldalon 9 mm fal marad, ami még elfogadható, de a szabály szerint csökkenteni kellene). A csaphossz 30 mm, a fészekmélység 30 mm – ez hibás, mert a csap hossza egyenlő a fészekmélységgel, így nincs fenékhézag. Helyes: csapvastagság legfeljebb 10 mm, csaphossz 28 mm, fészekmélység 30 mm.

5. feladat (C)
A betétes ajtókeret sarkára aljazott vésett csapot választunk, mert rejtve marad, a betét hornyot nem zavarja, és merev kötést ad. A keretlécek: 70 × 28 mm. Csapvastagság: 9 mm (közel az egyharmad, de marószerszámhoz igazítva; ellenőrizendő). A csap a vastagság közepén ül: a belső és a külső oldaltól is 9,5 mm-re (9,5 + 9 + 9,5 = 28). Csapszélesség: 40 mm, oldalt 15 mm váll mindkét oldalon. Csaphossz: 45 mm, fészekmélység: 47 mm.
Rajzszerkezet: elülnézet a keret sarkával, a betét horony vonalával; A–A vízszintes metszet a csap középsíkján, amelyen a csap hossza, a fészek, a fenékhézag és a horony helye látszik; oldalnézet a csap vastagságával és az aljazással.

6. feladat (D)
Lépésenkénti pótlás:
1. Keresd meg a rajzon a meglévő nézetet és metszetet. Azon írd be a keretelem keresztmetszetét (például 25 mm vastag).
2. Számold ki a tájékoztató csapvastagságot: $d \approx 25/3 \approx 8\,\text{mm}$.
3. Állapítsd meg a csap vastagsági helyzetét a terméktervből vagy a betét helyéből (például a

betéthorony a belső oldalon fut; ha más előírás nincs, a csap a vastagság közepén ül).
4. Az oldalnézetet jelöld be a rajz mellé, rajzold meg a 25 mm vastag keretlécek élét, a csapot 8 mm vastagon, a belső oldaltól 8,5 mm-re.
5. Méretezd az oldalnézeten a csapvastagságot (8 mm) és a helyzetét: belső oldaltól 8,5 mm, külső oldaltól 8,5 mm (8,5 + 8 + 8,5 = 25).
6. A metszeten add meg a fészek szélességét (8 mm) és a csaphosszt a fészekmélységgel összhangban.
7. Ellenőrizd, hogy a gépkezelő által használt marószerszám átmérője megfelel-e a 8 mm-nek; ha nem, válassz a katalógusból közelítő méretet, és frissítsd a rajzot.

11.3.16. Rövid összefoglaló

A keretkötések rajzán a sarkok, T- és keresztkötések kapcsolatát mindig nézetben és legalább egy metszetben ábrázoljuk. A sarokkötések alapformái: rálapolás aljazás nélkül, rálapolás aljazva, ollós csap, vésett csap aljazás nélkül, vésett csap 1/3 vagy 2/3 aljazással, valamint árkolt kötés. A T-kötés készülhet rálapolással, csapozással, aljazva vagy árkolva; a keresztkötés leginkább fél–fél vastagságú lapolás. A csap tájékoztató arányai: csapvastagság $d \approx v/3$ (legalább 6 mm), csaphossz $l_c \approx \frac{2}{3}b$ (a fészkes elem szélességének kb. kétharmada), és 1–2 mm-rel rövidebb a fészekmélységnél. A rajz akkor jó, ha a metszeten a fenékhézag külön kontúrral, a faanyag sraffozással, az aljazás pedig egyoldalú mérettel (pl. „belső oldaltól 8 mm”) egyértelműen szerepel. A csap–fészek tűrését a gyártási rajzon meg kell adni, és a gépbeállítás után próbadarabot kell ellenőrizni. Ezt a tudást használjuk a Kávakötések ábrázolása: beeresztések, fogazások, idegencsapos kötések fejezetben, a Sarokkötések lapolással és vállazással gyakorlati elkészítésénél, valamint az Ajtótokok fajtái és szerkezete épületasztalos rajzainál.

11.3.17. Források és ellenőrzési hiányok

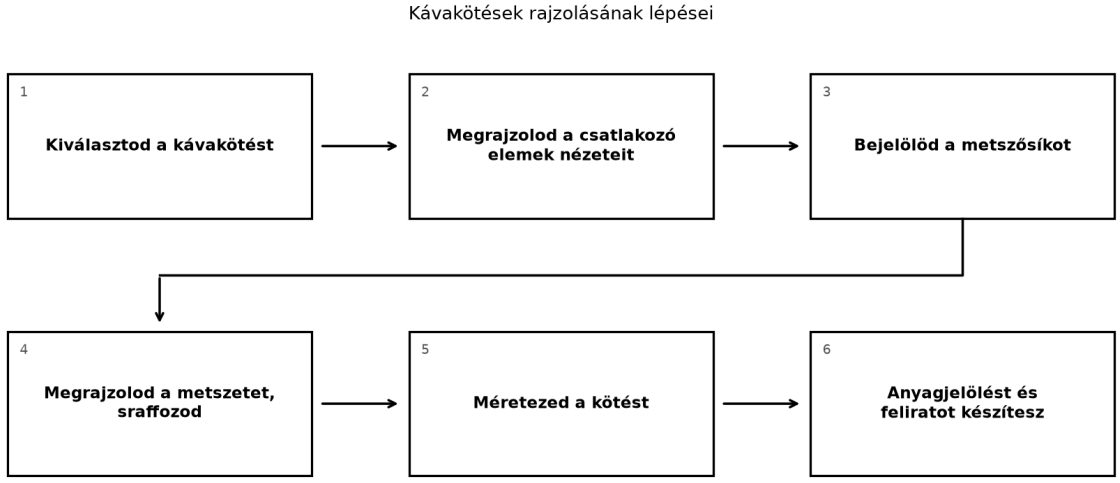
Forrástípusok: a rajzi ábrázolásra vonatkozó magyar és európai szabványok (MSZ EN ISO 128, 129, 5455, 7200 – a pontos számok és a hatályos kiadások ellenőrizendők), hazai faipari szakrajzi tankönyvek, gép- és szerszámkatalógusok. A csap arányaira, a fészekmélységre, a horonyméretekre megadott értékek tájékoztató jellegűek, és a rendelkezésre álló gépkönyv, szerszámkatalógus és az aktuális termékterv szerint ellenőrizendők. A rajzolási lépések a faipari gyakorlatban elfogadott sorrendet követik. A konkrét szabványok paragrafusait, táblázatait nem idéztük; a felhasználónak a kiadás előtt a hatályos verziókat ellenőrizni kell.

11.4. Kávakötések ábrázolása: beeresztések, fogazások, idegencsapos kötések

A fiók sarkát rajzolod: az előlap és az oldallap találkozása. A műhelyben látod, hogy a két deszka „egymásba harap”, a rajzon viszont nézeteket és metszeteket kell választanod. Ha rosszul jelölöd a takarást vagy a horonymélységet, a gyártásban a fiók nem illeszkedik, vagy a fogazás elöl kilátszik. Ebben az alfejezetben a **kávakötések** – beeresztések, fogazások, idegencsapos és ékelt kötések – szabványos rajzi ábrázolását tanulod meg.

11.4.1. Szemléletes kép

A kávakötések rajzolása mindig ugyanazt a logikai sort követi: először döntsd el, **melyik elem takar, melyik látszik, és hol lesz metszet**. Az alábbi folyamatábra segít, hogy ne hagyj ki lépést.



11.10. ábra. Kávakötések rajzolásának lépései - Szemléltető lépéssor: a rajzolás ajánlott sorrendje a faipari szakrajzban.

11.4.2. Definíció és a kávakötések csoportosítása

Definíció. A **kávakötés** két egymásra merőleges, széles deszka – káva – élével vagy lapjával történő összekapcsolása. A deszka széles oldala a **lapja**, keskeny oldala az **éle**. A kávakötés erős sarkot ad, és vetemedés ellen is fogja a táblát.

Definíció. A **beeresztés** olyan kávakötés, amelynél az egyik elem végét a másik elembe mart **horonyba** (nútba) toljuk. A horony mélysége a befogadó elem vastagságának kb. **egyharmada** (18 mm-es oldalnál kb. 6 mm; tájékoztató, ellenőrizendő: szakkönyv), mert a mélyebb horony gyengíti az oldalt. A horony szélessége a beeresztett elem vastagságához igazodik. A beeresztés lehet **átmenő** vagy **takart (vak)**: ez a horony hosszirányú kifutására vonatkozik, nem a mélységére.

Definíció. A **fogazás** a két kávaelem végén kialakított, egymásba nyúló **csapok és fészkek váltakozó sora**. A fiókoknál az egyik elemen a **fecskefarkak**, a másikon a **csapok** vannak. A fogazás lehet **egyenes** (derékszögű fogak) vagy **fecskefarkú** (trapéz alakú fogak). A fecskefarkú fogazás geometriai zárása miatt széthúzás ellen is tart; az egyenes fogazás főként ragasztással dolgozik.

Szabály. A rajzon a **nyílt fogazás** azt jelenti, hogy a fogak a kötés mindkét külső oldalán látszanak. A **félig takart fogazás** azt jelenti, hogy az egyik oldalról – fiókoknál jellemzően az előlap felől – a fogak nem látszanak, mert a fogak nem érnek át a deszka teljes vastagságán. A metszeten ilyenkor a takart él mögött látható a fogak és a fészkek kiosztása. A rejtett éleket a rajzon szaggatott vonallal jelölhetjük, ha az egyértelműség igényli.

11.4.3. Beeresztések ábrázolása

A polc–oldal kapcsolatot leggyakrabban metszetben rajzoljuk. A polc éle beül az oldallap belső lapjába mart horonyba.

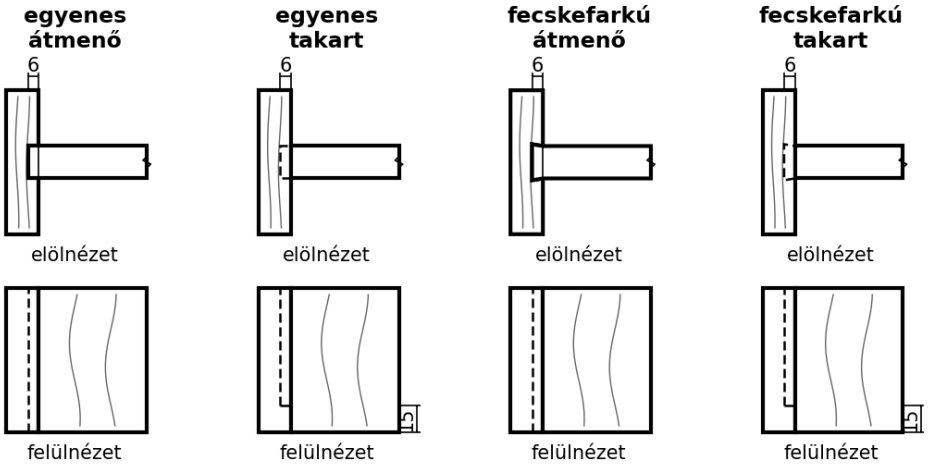
Átmenő beeresztésnél a horony az oldallap teljes szélességén végigfut, ezért az oldal elülső élén látszik; a polc vége is látszik az élen. A rajzon a hornyot az oldal elölnézetén is jelölni kell.

Takart (vak) beeresztésnél a horony az elülső él előtt kb. 10–20 mm-rel megáll (az ábrán 15 mm), a polc elején ennek megfelelő kivágással (vállal). Így elölről a kötés nem látszik. A metszeten a horony alja és a polc vége az oldal anyagán belül végződik, a horony mélysége mindkét esetben kb. 6 mm (18 mm-es oldalnál).

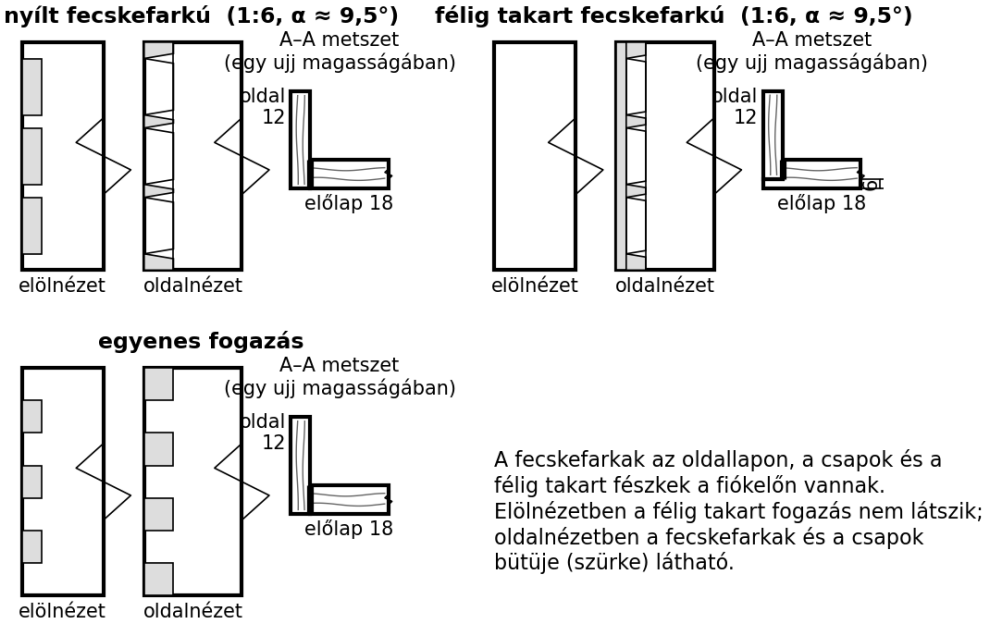
Egyenes beeresztésnél a polc vége egyenes, a horony keresztmetszete téglalap. **Fecskefarkú beeresztésnél** a horony trapéz keresztmetszetű: a polc vége is trapéz alakúra munkált. A fecskefarkú beeresztés a polcot húzás ellen is zárja, ezért alkalmazzuk ott, ahol a polcra húzó erő hat.

A rajzon mindig adj meg: - a polc vastagságát, - a horony szélességét és mélységét, - a horony helyét az oldal éléhez képest, - metszeten a sraffozást, anyagjelöléssel.

(a) Polcbeeresztés: horonymélység ≈ v/3 = 6 mm; takart változatnál a horony 15 mm-rel megáll (felülnézetben az elülső él alul)



(b) Fogazás: előlap 18, oldal 12, magasság 140; félig takartnál 6 mm takaró réteg



11.11. ábra. Kávakötések csomóponti rajzai. (a) Polcbeeresztés 18 mm-es oldallapba: egyenes és fecskefarkú, átmenő és takart változat; a horony mélysége kb. az oldalvastagság harmada (6 mm), takart változatnál a horony 15 mm-rel az elülső él előtt megáll, és a polcvég vállas. (b) Fogazás 18 mm-es előlap és 12 mm-es oldal között: nyílt és félig takart fecskefarkú (a fecskefarkak az oldallapon, félig takartnál 6 mm takaró réteg), valamint egyenes fogazás elölnézetben, oldalnézetben és vízszintes metszetben.

A HTML-változatban a fogazás típusa (nyílt / félig takart / egyenes) és a fecskefarok hajlása (1:5…1:8) állítható; a fogkiosztás és a szög ($\alpha = \arctan(1/n)$) élőben változik.

11.4.4. Fogazások ábrázolása

A fiókok sarkán a fogazás a leggyakoribb kávakötés. A rajzolás során két kérdést kell tisztázni:

1. **Melyik elemen vannak a fecskefarkak?** Fióknál a fecskefarkakat az oldallapokon, a csapokat (és a félig takart fészkeket) a fiókelőn készítjük, így a kihúzáskor fellépő erő ellen a kötés alakzárással tart. Az előlapról nézve a félig takart fogazás nem látszik; oldalról a fecskefarkak bütüje látható.
2. **A külső nézet takarja vagy mutatja a fogazást?** A nyílt fogazásnál a fogak az előlap külső oldalán is látszanak; a félig takartnál az előlap tömör marad.

A **nyílt fecskefarkú fogazás** rajzán az előlap elölnézetén a fecskefarkak sorakoznak, a hornyok sötét sraffozással vagy a fogak kontúrjával. A metszeten a fogak és a hozzájuk tartozó csapok illeszkedése látszik.

A **félig takart fecskefarkú fogazás** rajzán az előlap külső nézetén **nincs** fogkontúr; a belső oldali fogakat rejtett élként, szaggatott vonallal jelölhetjük. A legbiztosabb ábrázolás a **metszet**: az előlap anyagában látjuk a fészkeket, amelyekbe az oldallapok fecskefarkai érkeznek. A fészkek alja előtt – az előlap külső lapjánál – takaró anyagréteg marad, például 6 mm. Ezt a takarást a metszeten méretezzük.

Egyenes fogazásnál a fogak derékszögűek, ezért a nézeteken szabályos téglalapok, a metszeten négyszögletes csapok és fészkek látszanak. Ez a kötés gyengébb húzásra, ezért fióknál ritkább, díszdobozoknál és ládáknál gyakori.

Fecskefarok-szög. A fecskefarkak hajlásszöge a gyakorlatban **keményfához kisebb, puhafához nagyobb**. Tájékoztató arány: puhafánál körülbelül $1:6$, azaz $\alpha = \arctan(1/6) \approx 9{,}5^\circ$; keményfánál $1:8$, azaz körülbelül $7{,}1^\circ$. Egyes bútortörténeti rajzok $10^\circ \ldots 14^\circ$ közötti szöget is mutatnak. **A szög pontos értéke rajztól és fafajtól függ, ezért tájékoztató értékként kezeld (ellenőrizendő: a választott fafajnak és ragasztásnak megfelelő gyakorlat).**

A három fogazás elölnézetét, oldalnézetét és vízszintes metszetét a beeresztések ábrájának (b) része mutatja (fent): az előlapról nézve a félig takart fogazás nem látszik, oldalról a fecskefarkak és a csapok láthatók.

11.4.5. Kávakötések idegen csappal, köldökcsappal, lamellóval

Az **idegen csap** különálló, nem a kötendő deszkából kialakított kapcsoló elem. A rajzon az idegen csapot mindig **pontosan méretezett furattal** együtt ábrázold.

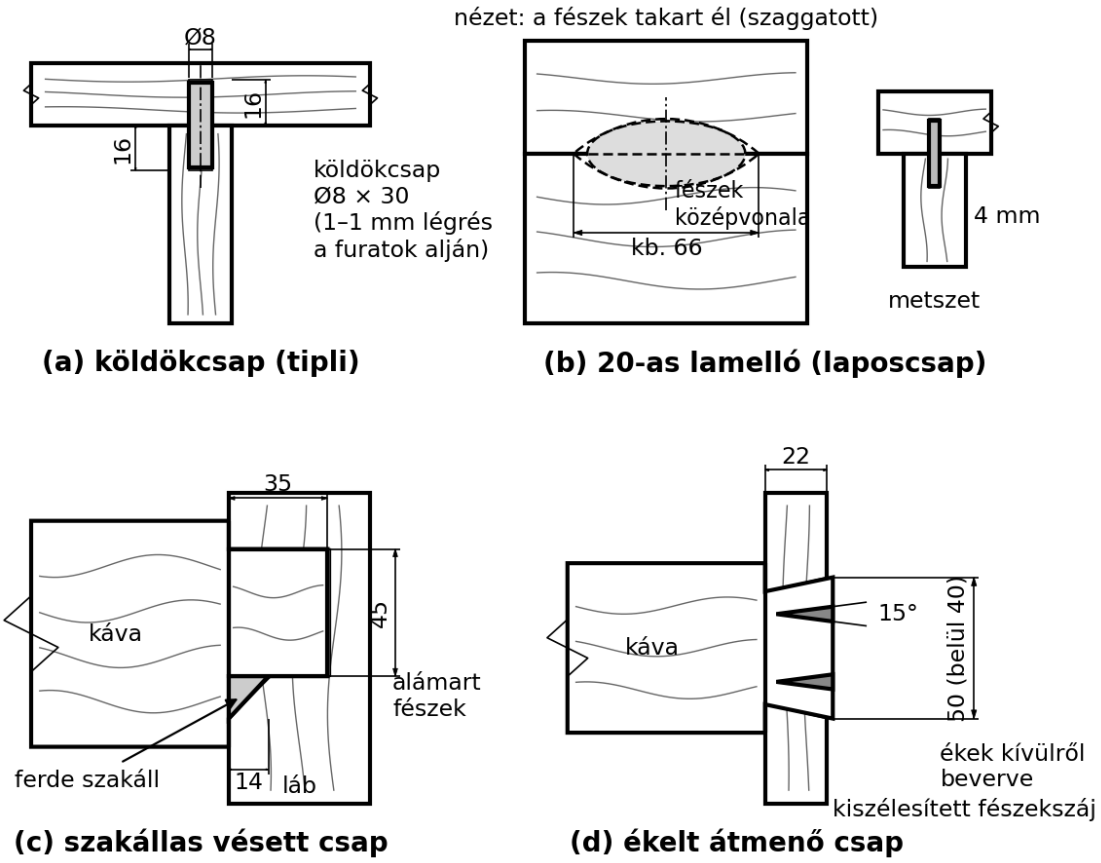
Köldökcsap (tipli) – hengeres facsap. A rajzon a furatokat a két elemen egymással szemben jelöljük; a furat mélysége a köldökcsap hosszának fele, bár a rajzon jellemzően csak a furat átmérőjét és mélységét adjuk meg. A metszeten a hengeres csap körvonala látszik, a furat alján kis légrés is hagyható; ezt a rajzon vonalkákkal jelölhetjük.

Lamelló (laposcsap) – ovális, préselt bükkfa lapocska. A rajzon az ovális fészek látszik, a lamelló keresztmetszete a metszeten keskeny téglalap vagy ovális. A fészek szélessége és hossza gyártói táblázatból adódik, ezért a rajzon a lamellószámot – például 20-as lamelló – és a fészek középvonalát tüntessük fel.

Szakállas vésett csap – a hazai szakrajzi gyakorlatban a csap szélességének a külső széle felé eső, rövidebb kiegészítő része (a **szakáll**), amely a horonyba illeszkedik (ellenőrizendő: szakrajzi tankönyv, és az Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések aljazás-definíciójával egyeztetve). Kávakötéseknél ritka. A rajzon a szakáll méretét is megadjuk (pl. csapszélesség 40 mm, szakáll 10 mm széles és 8 mm hosszú); az ábra (c) része a szakáll alakját sematikusan mutatja.

Ékelt kávakötés – a csap átmegy a másik elemen, és a csap végébe fűrészelt résekbe vert ékek a csapot a fészek kissé tágított (kifelé szélesedő) szájában szétfeszítik, így a kötés nem húzható

szét. Az ékeket a csap tengelyével párhuzamosan verjük be; a csap bütüjén az ékek vonalai a csap hossztengelyével párhuzamosak, az ék a csapot a húzásra merőlegesen feszíti szét.



Hosszmetszet: rostvonalak; szürke: kötőelem; vékony vonal: furat/fészek; szaggatott: takart él.

11.12. ábra. Idegencsapos, szakállas és ékelt kávakötések csomóponti rajzai hosszmetszetben: (a) Ø8 × 30 köldökcsap két szemben lévő, 16 mm mély furatban, (b) 20-as lamelló – a fészek nézetben takart, szaggatott körszelet, mellette a 4 mm-es keresztmetszet, (c) szakállas vésett csap (35 × 45) a csap alsó élén ferde szakállal és alámart fészekkel, (d) ékelt átmenő csap két 15°-os ékkel a kiszélesített (40 → 50 mm) fészekszájban. A lamelló- és fészekméret gyártói táblázatból (ellenőrizendő).

Az ábrán a kötőelemek szürkék, a furat és a fészek vonala vékony, a takart él szaggatott; a hosszmetszetben a faanyagot rostvonalak jelölik.

11.4.6. Fiókszerkezet rajza

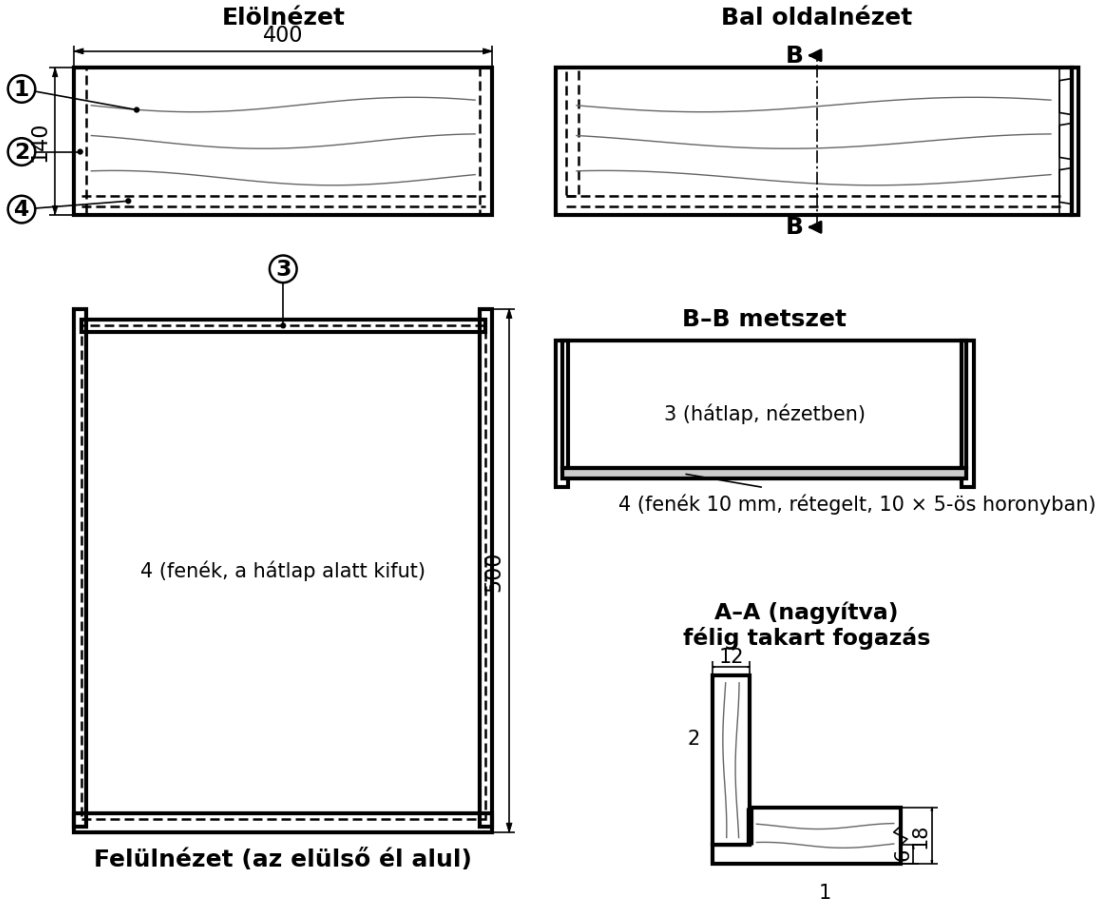
A fiók az egyik legjobb gyakorló rajz, mert egyszerre tartalmaz beeresztést, fogazást és horonymarást. A teljes fiókszerkezethez rajzold meg:

- **Elölnézet:** a fiók előlapja, rajta a fogantyú vasalat, mögötte a fiók oldallapjai látszanak rejtett élként.
- **Felülnézet:** a fiók teteje nélkül, ahol az előlap, oldallapok, hátsó lap és a fenék hornya látható.

- **Oldalnézet:** a jobb oldali oldallap, rajta a fogazás vége, a fenékhorny és a hátsó beeresztés.
- **Metszet:** legalább egy A–A metszet a fogazáson keresztül, és egy B–B metszet a fiók mélysége mentén, ahol a fenék és a hornyok illeszkedése látszik.

A fiók elemeit **anyagjegyzékkel** is kiegészítheted, ahogy a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezet mutatja. A rajzon minden elemet jelölj meg: előlap, oldallap, hátlap, fiókfenék, fiókfogantyú, fiókvezető. A fogazásnál a **félig takart** megoldást gyakorold: az előlap külső nézete tömör, a belső és a metszet mutatja a fogakat.

Továbbvitt eredmény. A fiókszerkezet rajzát és a félig takart fogazás rajzi szabályait használjuk az Egyenes és fecskefarkú fogazás kézzel és géppel alfejezetben, amikor a kötést elkészítjük, és a Fiókok és szekrényajtók szerkezete; fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza alfejezetben, amikor a fiókot beépítjük. Az egyszerű tömörfa bútor rajzának olvasásához is szükséges, lásd Egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajza.



11.13. ábra. Fiók rajzkészlete (400 × 140 × 500 mm): elölnézet, alatta felülnézet, jobbra bal oldalnézet (E vetítés), B–B metszet a 10 × 5 mm-es fenékhoronnyal és nagyított A–A metszet a félig takart fecskefarkú sarokról. Tételek: 1 fiókelő (18 mm tölgy, 6 mm takarás), 2 oldallap (12 mm, a fecskefarkakkal), 3 hátlap (12 mm, a fenék fölött), 4 fenék (10 mm rétegelt lemez).

A HTML-változatban az alkatrészek rétegenként ki-be kapcsolhatók, és a tételszámra mutatva a darabjegyzék sora kiemelődik.

11.4.7. Kidolgozott példa: fiók elő- és oldallap fogazásának rajza

Adott: fiókelő 400 mm × 140 mm × 18 mm, tölgy; oldallap 500 mm × 140 mm × 12 mm, tölgy. A kötés félig takart fecskefarkú fogazás. A fecskefarkak az oldallapokon vannak, a csapok és a félig takart fészkek a fiókelőn. A fészekmélység 12 mm (az oldallap vastagságával egyező), az előlap külső oldalán 6 mm takaró réteg marad: $6 + 12 = 18$ mm. A fecskefarok hajlása 1:6 ($\alpha \approx 9{,}5^\circ$, tájékoztató).

Tájékoztató kiosztás (ellenőrizendő: a 140 mm-es magasság mentén): 4 fecskefarok, a legszélesebb helyükön 22 mm széles, a szélső csapok kb. 14 mm-esek: $4 \cdot 22 + 3 \cdot 8 + 2 \cdot 14 = 140$ mm.

Rajzfeladat. Készítsd el a csomóponti rajzot.

Megoldás rajzban.
1. **A fiókelő elölnézete:** rajzolj egy 400 mm × 140 mm-es téglalapot. A külső oldalról **ne** rajzolj fogkontúrt. A fogazás rejtett éleit szaggatott vékony vonallal jelezheted a lap alsó és felső harmadában, ha szükséges.
2. **A fiókelő belső nézete:** rajzold meg a 18 mm vastag deszkát, és a belső lap szélén jelölj 4 db fecskefarkú fészket; a fészkek közötti anyagrész a csap. A fogazás a 140 mm-es magasság mentén fut (nem a 400 mm-es szélességben). A fészkek mélysége a lap szélétől befelé 12 mm.
3. **A metszet:** vízszintes A–A metszet a fiók sarkán, egy fecskefarok magasságában. A metszeten a fiókelő 18 mm vastagságában a fészek 12 mm mélyen látszik, a külső oldal felé **6 mm takaró réteg** marad; az oldallap fecskefarka a fészekben ül. A sraffozás a tölgy anyagot jelöli, a fészkek üregeit nem sraffozzuk.
4. **Méretezés:** add meg a fiókelő vastagságát 18 mm, az oldallap vastagságát 12 mm, a takaró réteget 6 mm, a fészekmélységet 12 mm, a fecskefarok szélességét 22 mm és a hajlást 1:6 (tájékoztató). A méreteket mm-ben, mértékegység kiírása nélkül tüntesd fel.
5. **Anyagjelölés:** a metszethez adj anyagjelölést, például „tölgy, húrmetszet” felirattal.

Továbbvitt eredmény. Ez a rajz közvetlenül előkészíti a műhelybeli fogazás készítését, mert a belső nézetről a fecskefarkú fészkeket átmásolhatod az alkatrészre, a metszet pedig a takarást mutatja.

11.4.8. Minőségellenőrzés a rajzon

Ellenőrizd, hogy: - a **nézet és metszet összhangban** van: ami a metszeten látszik, az a nézeten rejtett élként jelenik-e meg; - a **takart fogazásnál** az elölnézeten nincs fogkontúr, a metszeten pedig a takaró réteg vastagsága szerepel; - a **beeresztésnél** a horonymélység és a felirat (átmenő/takart) egyezik, és a méretek a valósnak megfelelnek; - a **fecskefarok-szög** tájékoztató arányát a rajzon jelölted (például 10° vagy 1:6), és a fogak trapéz iránya a húzás ellen dolgozik; - az **idegen csapot** furatával együtt méretezted, nemcsak a csapot rajzoltad meg; - a **metszetsraffozás** szabványos, a levegőt nem sraffoztad.

11.4.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba: A félig takart fogazást úgy rajzolod, hogy az elölnézeten is fogak látszanak.
Ok: a takarás fogalmának félreértése. **Helyes:** az elölnézet tömör marad, a fogakat csak a belső nézeten és a metszeten mutatod.

Hiba: A polc–oldal beeresztésnél a horonymélységet az oldal teljes vastagságára (18 mm) méretezed.
Ok: az átmenő/takart (hosszirányú kifutás) és a mélység összekeverése. **Helyes:** a mélység kb.

az oldalvastagság egyharmada (18 mm-nél kb. 6 mm); a takartságot a horony elülső él előtti megállása adja; a rajz méretének és a feliratnak egyeznie kell.

Hiba: A fecskefarkú fogazásnál a hajlásszöget 25°-ra rajzolod.
Ok: túl nagy szög, ami a gyakorlatban vékony, könnyen kitörő fecskefarok-csúcsokat ad. **Helyes:** tájékoztató jelleggel 7°–14° közötti szög, keményfánál kisebb, puhafánál nagyobb (ellenőrizendő: gyakorlati arány).

Hiba: A fiókszerkezet rajzáról hiányzik a fiókfenék hornya.
Ok: a teljes fiók rajzán csak a sarkokra koncentrálnak. **Helyes:** az oldallapok belső oldalán a horony helyét, szélességét és mélységét metszetben vagy csomóponti rajzon mindig jelöld.

11.4.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló a vizsgaremekhez fiókos éjjeliszekrényt rajzolt. A fiók sarkát félig takart fecskefarkúnak szánta, de a rajzon az elölnézetre is rárajzolta a fogakat. A műhelyben a mester ennek alapján nyílt fogazást készített, mert a rajzból az derült ki. A fiók elölről mutatta a fogazást, ami nem illett a letisztult bútor stílusához. A javítás során az előlapot újra kellett gyártani. A tanulság: **a rajznak pontosan kell mutatnia, mi takart és mi látszik**. A takarást metszettel és egyértelmű felirattal kell rögzíteni.

11.4.11. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, majd nézd meg a Megoldások elejét!

1. Igaz vagy hamis? A félig takart fecskefarkú fogazásnál az előlap elölnézetén fogakat rajzolunk.

2. Írd le, mit jelent a takart (vak) beeresztés, és mekkora a horony mélysége 18 mm-es oldalnál.

3. Számítsd ki az 1:6 arányú fecskefarok-szöget körülbelül.

4. Mit jelölünk a fiókszerkezet rajzán a fiókfenék rögzítéséhez?

5. Mi a különbség a köldökcsap és a lamelló rajzi megjelenése között?

11.4.12. Feladatok

1. feladat (A)
Definiáld a kávakötést, és sorolj fel legalább négy fajtáját.

2. feladat (A)
Rajzold le szövegesen a takart polc–oldal beeresztést 18 mm-es oldallappal. Add meg a horony mélységét, és jelöld, hol áll meg a horony.

3. feladat (B)
Egy fiók előlap 18 mm vastag, az oldallap 12 mm vastag. A fogazás félig takart fecskefarkú, a takaró réteg 6 mm. Írd le, mit látunk az elölnézeten, a belső nézeten és az A–A metszeten.

4. feladat (B)
Számítsd át a $1 : 8$ arányú fecskefarok-szöget, és hasonlítsd össze az $1 : 6$ aránnyal. Melyik fafajhoz melyiket választanád?

5. feladat (C)
Adott egy fiókszerkezeti rajz, amelyen az előlap elölnézetén fogkontúrok látszanak, a metszeten viszont takaró réteget méreteztek. Mi a rajzi ellentmondás? Hogyan javítanád?

6. feladat (D)
A kidolgozott példa adataival (fiókelő 400 × 140 × 18 mm, oldallap 500 × 140 × 12 mm, félig takart fogazás) készítsd el a fiók elő- és oldallap fogazásának rajzát. A megoldásban írd le a nézeteket, a metszősíkot, a méreteket és az anyagjelölést.

11.4.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:
1. Hamis. Az elölnézet tömör, a fogakat a belső nézeten és a metszeten jelöljük.
2. A horony az elülső él előtt kb. 10–20 mm-rel megáll, ezért elölről nem látszik; a mélysége az oldalvastagság kb. egyharmada, 18 mm-es oldalnál kb. 6 mm (tájékoztató).
3. $\alpha = \arctan(1/6) \approx 9{,}5^\circ$.
4. A fiókfenék hornyát: helyét, szélességét és mélységét az oldallapok és az előlap belső oldalán.
5. A köldökcsap henger, a lamelló ovális lapocska; a rajzon a köldökcsap körkeresztmetszetű, a lamelló fészke ovális.

1. feladat (A)
A kávakötés két egymásra merőleges, széles deszka élével vagy lapjával kialakított sarokkötés. Fajtái: beeresztés, egyenes fogazás, fecskefarkú fogazás (nyílt, félig takart), idegencsapos kötés (köldökcsap, lamelló), szakállas vésett csap, ékelt kávakötés.

2. feladat (A)
Oldallap 18 mm vastag, polc 18 mm vastag. A horony az oldal belső lapján, a polc éléhez illeszkedve, 18 mm széles és kb. 6 mm mély (az oldalvastagság egyharmada). A horony az elülső él előtt kb. 15 mm-rel megáll, a polc elején vállas kivágás van, így a kötés elölről nem látszik (takart). A rajzon metszetben jelezzük a 6 mm horonymélységet, az anyagot sraffozzuk, a levegőt nem.

3. feladat (B)
Elölnézet: tömör, fog nélküli előlap, legfeljebb szaggatott rejtett él jelzi a fogazást. Belső nézet: a fiókelő fecskefarkú fészkei (pl. 4 db, a legszélesebb helyükön 22 mm), mélységük 12 mm. A takaró réteg a külső oldal felé 6 mm. Az A–A vízszintes metszet: az előlap 18 mm vastagságában a fészek 12 mm mélyen látszik, a külső oldal felé 6 mm tömör anyag marad. Az oldallapok fecskefarkai a fészkekbe illeszkednek.

4. feladat (B)
$\alpha_1 = \arctan(1/8) \approx 7{,}1^\circ$; $\alpha_2 = \arctan(1/6) \approx 9{,}5^\circ$. Keményfához a kisebb, 7,1°-ot, puhafához a nagyobb, 9,5°-ot választanám, mert a keményfa ridegebb, a nagy szög vékony, könnyen törő fecskefarok-csúcsot ad.

5. feladat (C)
Az ellentmondás az, hogy az elölnézet nyílt fogazást mutat, a metszet viszont félig takart kötést. A rajzon a nézet és a metszet nem összhangos. Javítás: az elölnézetből el kell hagyni a fogkontúrokat; a fogakat csak a belső nézeten és a metszeten szabad jelölni, a metszeten a takaró réteget meg kell tartani.

6. feladat (D)
A rajzot a kidolgozott példában leírt lépésekkel kell elkészíteni. A leírásból meg kell rajzolni: fiókelő elölnézet 400 × 140 mm, fog nélkül; fiókelő belső nézet 4 fecskefarkú fészekkel (22 mm

széles, 12 mm mély); az oldallapon a hozzátartozó fecskefarkak; vízszintes A–A metszet a fiók sarkán, a fészek 12 mm mély, 6 mm takaró réteggel; méretezés mm-ben; anyagjelölés: tölgy.

11.4.14. Rövid összefoglaló

A kávakötés két egymásra merőleges, széles deszka sarokkötése. A **beeresztés** horonyba tolt polc vagy oldal, amelynek mélysége kb. az oldalvastagság egyharmada; lehet **átmenő** vagy **takart (vak)**, egyenes vagy fecskefarkú. A **fogazás** csapok és fészkek váltakozó sora; lehet **egyenes**, **nyílt fecskefarkú** vagy **félig takart fecskefarkú**. A félig takart fogazásnál az előlap tömör marad, a fogakat belső nézeten és metszeten jelöljük. A fecskefarok-szög tájékoztató 1:6 (kb. 9,5°) puhafánál, 1:8 (kb. 7,1°) keményfánál, de mindig ellenőrizendő. Az **idegen csapos** kötéseket furattal együtt méretezzük: a köldökcsap hengeres, a lamelló ovális; a szakállas csap a csapszélesség kiegészítő sávjával bővült, az ékelt csapot kívülről bevert ékek zárják. A **fiókszerkezet rajzán** az előlap, oldallapok, hátlap, fenék és a fogazás metszete együtt szerepel. Továbbvitt eredmény: ezeket a rajzokat használjuk a fogazás készítésénél és a fiókos bútor szerkezeti rajzánál.

11.4.15. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN ISO 128, 129, 5455 szabványsorozat a műszaki rajzokra (ellenőrizendő: pontos szám és hatályos verzió).
- Faipari szakrajzi tankönyvek vonal- és metszetjelölési gyakorlata (tájékoztató, ellenőrizendő az intézményi tananyag szerint).
- Fecskefarok-szög tájékoztató arányok 1:6, 1:8 (ellenőrizendő: szakkönyvi hivatkozás).
- A köldökcsap, lamelló, szakállas és ékelt kötések rajzolási szokásai (ellenőrizendő a kiválasztott gyártói adatok szerint).

11.5. Egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajza

11.5.1. Amikor egy szóbeli megrendelésből gyártható rajz lesz

Egy megrendelő bejön a műhelybe, és azt mondja: „Szeretnék egy konyhai ülőkét, tömör bükkfából, nagyjából ilyen magasra.” Mutatja a kezével. Ez még nem gyártási utasítás. Ha az asztalos azonnal fűrészelni kezd, néhány óra múlva kiderülhet, hogy a láb hossza nem illik a kávákhoz, az ülőlap nem fekszik a keretre, vagy a csapozás helyén megreped a fa.

Ezért a bútor készítése előtt **szerkezeti rajzot** kell készíteni. A szerkezeti rajz megmutatja, milyen alkatrészekből áll a bútor, hogyan kapcsolódnak, milyen méretekkel és milyen anyagból készülnek. Ebben az alfejezetben négy egyszerű tömörfa bútort rajzolunk meg szöveges rajzleírással, és hozzájuk tartozó **darabjegyzéket** is készítünk: ékelt lábú kispadot, konyhai ülőkét, keretszerkezetű asztalt és kávaszerkezetű faliszekrényt.

A rajz és a darabjegyzék a **rajz–anyag–művelet hármas** első láncszeme: a rajzról készül a szabásjegyzék, a szabásjegyzékből pedig a műveletsor. Ezért ezt az alfejezetet a későbbiekben közvetlenül használjuk a A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet és a Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet alfejezetekben.

11.5.2. Mit mutasson egy bútor szerkezeti rajza?

Definíció. A **szerkezeti rajz** (gyakran **műhelyrajznak** is nevezik) olyan faipari rajz, amely egy bútor vagy bútorrész alkatrészeit, azok pontos méreteit, anyagát, megmunkálási helyeit és az alkatrészek kapcsolódását ábrázolja.

A szerkezeti rajz tehát nemcsak a bútor külső formáját mutatja, hanem azt is, hogy mi történik az anyagban: hol van csaplyuk, nút, beeresztés, ék vagy csavarlyuk. Ezért a rajz általában több részből áll:

- **Nézetrajz:** elölnézet, oldalnézet, felülnézet.
- **Metszeti rajz:** a belső szerkezetet mutatja egy képzeletbeli metszősík mentén.
- **Csomóponti rajz:** egy kapcsolatot nagyobb léptékben, részletesen ábrázol.
- **Méretmegadás:** az alkatrészek hosszát, szélességét, vastagságát, furathelyeit és a szerkezeti távolságokat adja meg.
- **Anyagjelölés:** fafaj, lapszerkezet esetén a lap típusa, a rostirány.
- **Darabjegyzék:** a rajzon szereplő alkatrészek táblázatos listája.

Definíció. A **darabjegyzék** a rajzhoz tartozó tételes lista. Minden tétel megadja a sorszámot, az alkatrész nevét, darabszámát, anyagát, kész méretét, szükség esetén a nyers méretet és a megjegyzést. A darabjegyzékből készül később a szabásjegyzék.

A faipari rajzon a tömörfa részeket a hagyományos faanyagjelekkel jelöljük. A metszetben a vágott fa rajzát hossz- vagy keresztirányú erezettel ábrázoljuk, attól függően, hogy a metszősík a fa rostjával párhuzamos vagy arra merőleges. A pontos vonalfajtákat, anyagjelöléseket és metszetjelöléseket a Rajzeszközök, rajzfajták, szabványos vonalak és betűk és Anyagjelölések és metszetsraffozás a faipari rajzon alfejezetek mutatják be. Itt a bútorszerkezeti rajz logikájára összpontosítunk.

11.5.3. Rajzkészítés előtti döntések

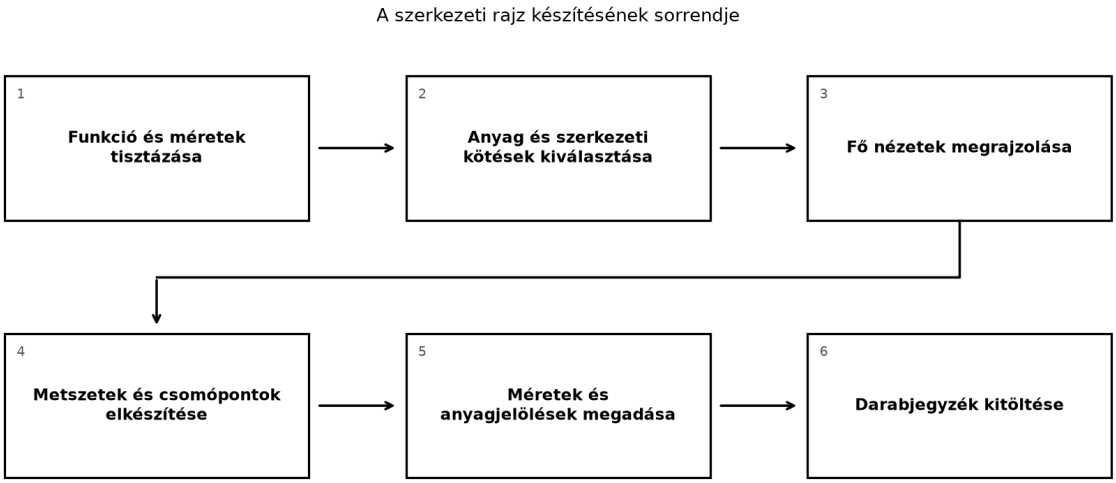
Mielőtt rajzolni kezdesz, döntsd el:

1. **Mire használják a bútort?** A kispad alkalmi ülőbútor, a konyhai ülőkére gyakran rálépnek, az asztalnál étkeznek, a faliszekrény terhet tart.
2. **Milyen méretű legyen?** Az emberi testhez illeszkedő méretekből indulj ki: ülőmagasság, asztalmagasság, fogástávolság.
3. **Milyen szerkezetet bírjon?** Az ülőke lábainak ne legyen kilazuló csapja, a faliszekrény felfüggesztése ne szakadjon ki a falból.
4. **Milyen anyagból készüljön?** Tömörfa esetén mindig gondolj a fa mozgására: a széles tömörfa lap zsugorodik és dagad a nedvességtartalom változásakor, ezért nem szabad mereven, mozgáslehetőség nélkül rögzíteni.
5. **Melyik kötés illik a terheléshez?** Az Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések, a Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések és a Kávakötések ábrázolása: beeresztések, fogazások, idegencsapos kötések közül válassz a terhelés és a láthatóság szerint.

A rajzkészítés során mindig a **bázislap–bázisél** elvét tartjuk szem előtt. Ez azt jelenti: az alkatrészeket úgy méretezd meg, hogy a megmunkálásnak legyen egy kiinduló, síkra gyalult lapja és éle. A rajz ezt a viszonyítási alapot adja meg a műhelyszámra.

11.5.4. A rajzkészítés sorrendje és ellenőrzőlistája

A szerkezeti rajzot lépésről lépésre érdemes felépíteni. Az alábbi folyamatábra mutatja az ajánlott sorrendet:



11.14. ábra. A szerkezeti rajz készítésének sorrendje - A sorrend nem merev; a darabjegyzék például a méretek egyeztetése közben is bővülhet.

Technológiai lapot most nem gyártáshoz, hanem rajzkészítéshez készítesz. A számozott lépések otthon, a rajzasztalnál is használhatók.

11.5.5. Technológiai lap – Egy tömörfa bútor szerkezeti rajzának elkészítése

Cél: teljes szerkezeti rajz és darabjegyzék készítése egyszerű tömörfa bútorhoz.

Alapanyagok, eszközök, dokumentumok:

- milliméterpapír vagy vonalzó, körző, 2H–HB rajzceruza, radír
- derékszögű vonalzó, hosszú vonalzó, esetleg 45°-os rajzoló
- a termék vázlatrajza, méretfelmérési jegyzék
- a kiválasztott fafaj és a ragasztó, vasalat adatai (tájékoztató adat, a gyártói lapokkal egyeztetve)
- MSZ EN ISO 128, 129 és a faipari anyagjelölési szokások szerinti rajzfelszerelés

Számozott lépések ellenőrzési pontokkal:

1. **Tisztázd a funkciót és a fő méreteket.** Írd le a bútor rendeltetését, használóját, a becsült befoglaló méretét. – **Ellenőrzés:** a fő méretek megvannak, ellenőrizd, hogy ülő- vagy asztalmagasság, mélység, fogástávolság értelmes-e.
2. **Válaszd ki az anyagot és a szerkezeti kötéseket.** Tömörfa esetén a rostirányt is jelöld. – **Ellenőrzés:** a terhelés, a fa mozgása és a látható felület szempontja indokolja a kötéseket.
3. **Rajzold meg a fő nézeteket.** Kezdd az elölnézettel; az E vetítési rend szerint a felülnézet az elölnézet alá, a balról nézett oldalnézet az elölnézettől jobbra kerül. – **Ellenőrzés:** a nézetek egymáshoz képest a szabályos vetületi rendben vannak.

4. **Készítsd el a metszeteket.** A metszősík helyét A–A, B–B jelölje, a metszetben a vágott anyagot sraffozd. – **Ellenőrzés:** a metszetben a rejtett alkatrészek tényleg a metszősíkban vannak.
5. **Rajzold meg a csomópontokat nagyobb léptékben.** A csap, a nút, a furat, az élzárás és a rögzítőelem méreteit tüntesd fel. – **Ellenőrzés:** a csomópontban minden méret leolvasható, a szerkezeti sorrend megfelelő.
6. **Add meg a méreteket.** A nézeteken szerkezeti méreteket, az alkatrészeknél hosszúság–szélesség–vastagság méreteket adj. – **Ellenőrzés:** minden alkatrészt megmértél, nincs méretláncban ellentmondás.
7. **Töltsd ki a darabjegyzéket.** Sorszámozd az alkatrészeket, és írd be a táblázatot. – **Ellenőrzés:** a rajz és a darabjegyzék tételszámai megegyeznek, a db-értékek összhangban vannak.
8. **Nézd át a teljes rajzot.** Képzeld el, hogy a műhelyben csak ebből a rajzból dolgozol. – **Ellenőrzés:** a rajz önmagában is elég a szabásjegyzék és a műveletterv elkészítéséhez.

A rajz hátterében mindig ott van a **„a fa mozog”** elv: a széles tömörfa alkatrész méretváltozását a szerkezeti rajzon is figyelembe kell venni, például asztallap-rögzítésnél vagy hátfal-beépítésnél.

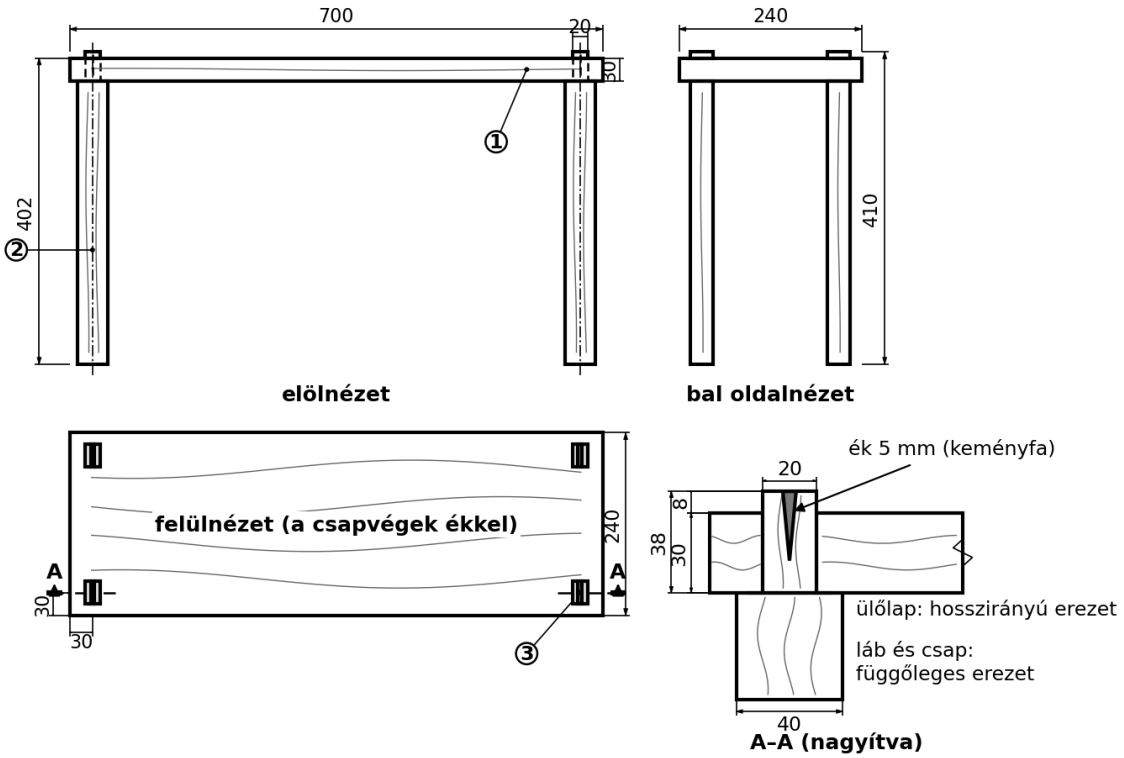
11.5.6. Ékelt lábú kispad

Szerkezeti leírás. Az ékelt lábú kispad a legegyszerűbb ülőbútor: egy tömörfa ülőlap, négy láb, és a lábak csapjai felül ékkel rögzítve. A csap (itt 20 mm széles téglalap keresztmetszetű, a furat ennek megfelelő) az ülőlap átmenő lyukába illeszkedik, a tetején kialakított **ékrésbe** egy keményfa éket ütnek. Az ék szétfeszíti a csapot, ezért a láb nem tud kifordulni. Ez a szerkezet jól mutatja a csap és a furat kapcsolatát.

Rajzi ábrázolás:

- **Elölnézet:** az ülőlap elölnézetben téglalap, rajta kettő látható láb függőlegesen. A hátsó két láb az elölnézet mögött rejtett élként szaggatott vonallal jelenik meg.
- **Oldalnézet:** a kispad keskenyebbik oldalát mutatja, elöl és hátul egy-egy láb. Itt látható, hogy a lábak enyhén kifelé dőlnek-e, vagy merőlegesek.
- **Felülnézet:** az ülőlap négy sarka, benne a négy lábfurat. A lábak csapjai felül láthatók, mert az ülőlap fölé kissé kiállnak.
- **A–A metszet:** a metszősík az ülőlapon és az egyik lábfuraton halad át, függőlegesen. A metszetben jól látszik a csap, az ékrés és az ék.

Méretek (tanulási példa): ülőlap 700 mm × 240 mm × 30 mm; láb 410 mm × 40 mm × 30 mm; csaphossz 38 mm, ebből 8 mm az ülőlap fölött marad; csapszélesség 20 mm; ék 20 mm széles (a csap szélességével egyező), 30 mm hosszú, 5 mm vastag keményfa; az ékrés a csap bütüjében az ülőlap rostirányára merőleges, mélysége a csaphossz kb. 2/3-a (tájékoztató). A furat a csap méretéhez illeszkedik; az ék nem lehet szélesebb a csapnál.



11.15. ábra. Ékelt lábú kispad szerkezeti rajza: elölnézet, alatta felülnézet, jobbra bal oldalnézet (E vetítés) és nagyított A–A metszet az első lábon át. Ülőlap 700 × 240 × 30, láb 410 × 40 × 30 a csappal együtt, csap 20 mm széles, 38 mm hosszú (8 mm kiáll), a lábfurat közepe a széltől 30–30 mm; az 5 mm-es ék a csap ékrésében, az ülőlap rostirányában feszít. Tételszámok: 1 ülőlap, 2 láb, 3 ék.

Az A–A metszetben az ülőlap hosszirányú, a láb és a csap függőleges erezetet kap; az ék a kiálló csap tetején, az ülőlap rostirányára merőleges ékrésben ül, így nem hasítja a lapot.

11.5.7. Konyhai ülőke

Szerkezeti leírás. A konyhai ülőke alacsony, zárt keretszerkezetű bútor. A négy láb közé **felső kávák** és **alsó merevítőlécek** kapcsolódnak. Az ülőlap a felső kávákra fekszik, mozgásbiztosan rögzítve. A kávák a lábakba vésett csapozással vagy hosszú csaplyukba beeresztve kötnek. Ez a szerkezet merev, és akkor sem lazul ki, ha a bútort gyakran arrébb húzzák.

Rajzi ábrázolás:

- **Elölnézet:** két láb, közte elöl felső káva, alatta alsó merevítő léc. A lábak mögött a hátsó szerkezet szaggatott vonallal.
- **Oldalnézet:** az oldalsó káva hosszát, a lábak dőlését és az ülőlap vastagságát mutatja.
- **Felülnézet:** az ülőlap kontúrja, mögötte rejtett élként a kávák.
- **B–B metszet:** a metszősík az oldalsó káván és a csapon halad, így látszik a csapvég és a csaplyuk.

Méretek (tanulási példa): ülőlap 360 mm × 260 mm × 25 mm; láb 380 mm × 35 mm × 35 mm; felső kávák elöl és hátul 326 mm × 60 mm × 18 mm (a lábak közötti $360 - 2 \cdot 35 = 290$ mm $+ 2 \cdot 18$ mm csap); oldalsó kávák 226 mm × 60 mm × 18 mm ($260 - 70 + 36 = 226$ mm);

alsó merevítő léc 326 mm, ill. 226 mm × 30 mm × 18 mm; csap 6 mm vastag (≈ 18/3), 18 mm hosszú, csaplyukmélység 20 mm (2 mm fenékhézag); befoglaló magasság 380 + 25 = 405 mm.

11.5.8. Keretszerkezetű asztal

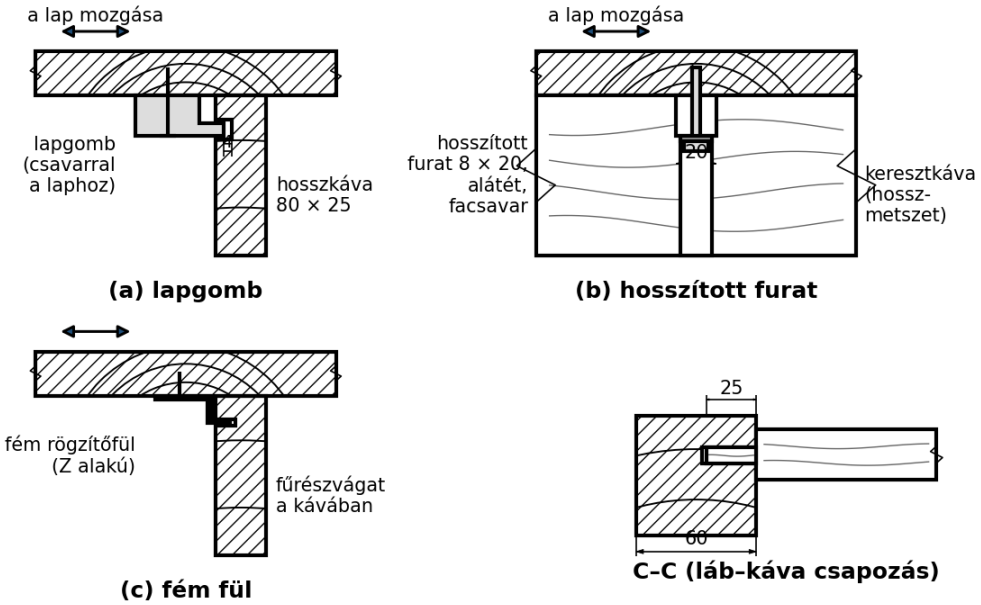
Szerkezeti leírás. A keretszerkezetű asztal jellemző részei: az asztallap, a keret (kávák) és a lábak. A lábakat a vízszintes **kávák** kötik össze, a sarkokon vésett csapozással vagy más keretkötéssel. A tömörfa asztallapot **mozgásbiztosan** kell rögzíteni, mert a lap keresztirányú méretváltozása a kávánál nagyobb lehet. A rögzítés módja lehet:

- fagomb (lapgomb): a káva belső oldalába mart kb. 8 mm-es horonyba akasztott, a lap aljához csavarral rögzített fakörmös elem,
- hosszúkás furat a káván keresztül, csavarral,
- fém asztallap-rögzítő lemez (hajlított, rugalmas fülű lemez, pl. 8-as alakú rögzítő).

Rajzi ábrázolás:

- **Elölnézet:** az asztallap vékony élben, alatta két láb; a lábak közötti kávát elöl látni.
- **Oldalnézet:** a hosszoldali káva nézete, a lábak mögött.
- **Felülnézet:** az asztallap teljes felülete, alatta rejtett élként a keret.
- **C–C metszet:** a metszősík a lábközépen fut, és megmutatja a láb–káva csapkötést.
- **D jelű csomópont:** az asztallap rögzítésének részlete: hosszúkás furat, csavar, alátét.

Méretek (tanulási példa): asztallap 1000 mm × 600 mm × 22 mm; hosszkáva 820 mm × 80 mm × 25 mm; keresztkáva 420 mm × 80 mm × 25 mm; láb 730 mm × 60 mm × 60 mm.



11.16. ábra. Mozgásbiztos asztallap-rögzítés: (a) lapgomb a hosszkáva hornyában, (b) csavar alátéttel a keresztkáva 8 × 20 mm-es hosszított furatában, (c) hajlított fém rögzítőfül a káva fűrészvágatában – a nyíl a lap keresztirányú mozgását jelzi; C–C metszet a láb (60 × 60) és a káva (80 × 25) csapozásán, 25 mm-es csappal.

A HTML-változatban a fanedvesség (8–14 %) csúszkájával látható, hogy a 600 mm széles lap kb. ±5 mm-t mozog (tájékoztató: 0,3 % / 1 % nedvességváltozás), és a rögzítőelemek ezt a mozgást engedik, a merev csavarozás viszont nem.

Miért mozgásbiztos? Ha az asztallapot mereven, körben csavaroznánk, a fa dagadáskor nem tudna tágulni, ezért repedhet vagy a káva húzhatná el. A hosszúkás furat megadja a mozgási utat, a csavar feje pedig lefelé tartja a lapot.

11.5.9. Kávaszerkezetű faliszekrény

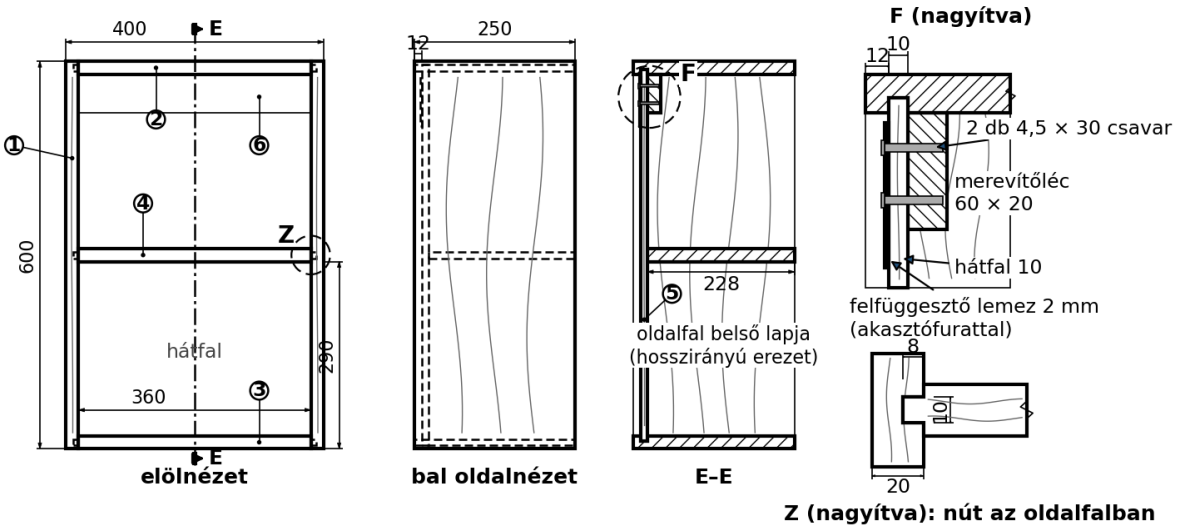
Szerkezeti leírás. A kávaszerkezetű faliszekrény két oldalfalból, tetőből, fenékből, egy vagy több polcból, hátfalból és felfüggesztő elemekből áll. Az oldallapok és a vízszintes elemek nútba beeresztve kapcsolódnak, vagy csapozással. A hátfalat a hátsó éltől beljebb mart nútba csúsztatják (rétegelt lemez hátfal ragasztás nélkül), vagy kívülről csavarozzák. Tömörfa hátfal csak hornyolt-eresztékes, ragasztatlan lécekből, mozgási hézaggal készülhet, mert a nútba ragasztott tömörfa hátfal a „fa mozog” elv szerint nem merevít, hanem repedést okoz. A fali rögzítést felső merevítőléccel vagy fém felfüggesztő lemezzel oldják meg.

Rajzi ábrázolás:

- **Elölnézet:** a szekrény nyitott homlokzata, a polcok, az oldalfalak, a tető és a fenék.
- **Oldalnézet:** a szekrény mélysége, a hátfal nútja, a felfüggesztő szerelvény.
- **Felülnézet:** a szekrény felülnézete, elöl a homlokél, hátul a hátfal.
- **E–E metszet:** a metszősík a szekrény közepén, függőlegesen halad, és megmutatja a polcok, tető, fenék és hátfal kapcsolatát.
- **F szerkezeti csomópont:** a felfüggesztés, például felső fémlemez, csavarokkal és a falban lévő tiplikkel.

Méretek (tanulási példa): szekrény külső szélessége 400 mm, magassága 600 mm, mélysége 250 mm; oldalfal 600 mm × 250 mm × 20 mm; tető, fenék és polc 376 mm × 228 mm × 20 mm (a 360 mm-es belső szélesség + 2 · 8 mm nútmélység; a 228 mm = 250 − 12 − 10: a hátfalnút előtt megállnak); hátfal 376 mm × 560 mm × 10 mm rétegelt lemez; nútok 10 mm szélesek, 8 mm mélyek (tájékoztató).

Felfüggesztés a rajzon: a felső rész mögé kerül egy **felfüggesztő léc**, amely a falra szerelt akasztólécbe vagy két fém fogadóelembe akad. A rajzon a szerelvény furathelyeit, a csavarok helyét és a falhoz rögzítő tiplik távolságát is meg kell adni.



11.17. ábra. Kávaszerkezetű faliszekrény (400 × 600 × 250 mm) szerkezeti rajza: elölnézet, bal oldalnézet és E–E függőleges metszet a szekrény közepén, F csomópont a felfüggesztésről és Z csomópont az oldalfal 10 mm széles, 8 mm mély nútjáról. A hátfal (10 mm) a hátsó éltől 12 mm-re nútban ül; a felfüggesztő fémlemez a hátfal mögötti résben, a tető alatt, 2 db 4,5 × 30 csavarral a felső merevítőlécbe rögzítve. Tételszámok: 1 oldalfal, 2 tető, 3 fenék, 4 polc, 5 hátfal, 6 merevítőléc.

A metszetben a tető, a fenék és a polc bütümetszetként, a hátfal és a mögöttük látszó oldalfal hosszirányú erezettel jelenik meg. A rajzon a polc a hátfal előtt megáll (228 mm mély), és a csavarok számára egy 60 × 20 mm-es felső merevítőléc szerepel: ez a rajzi összhanghoz választott megoldás, a darabjegyzékben ellenőrizd.

11.5.10. Kidolgozott példa: konyhai ülőke szerkezeti rajza és darabjegyzéke

Most készítsük el a konyhai ülőke teljes rajzát és darabjegyzékét. A rajz négy részből áll:

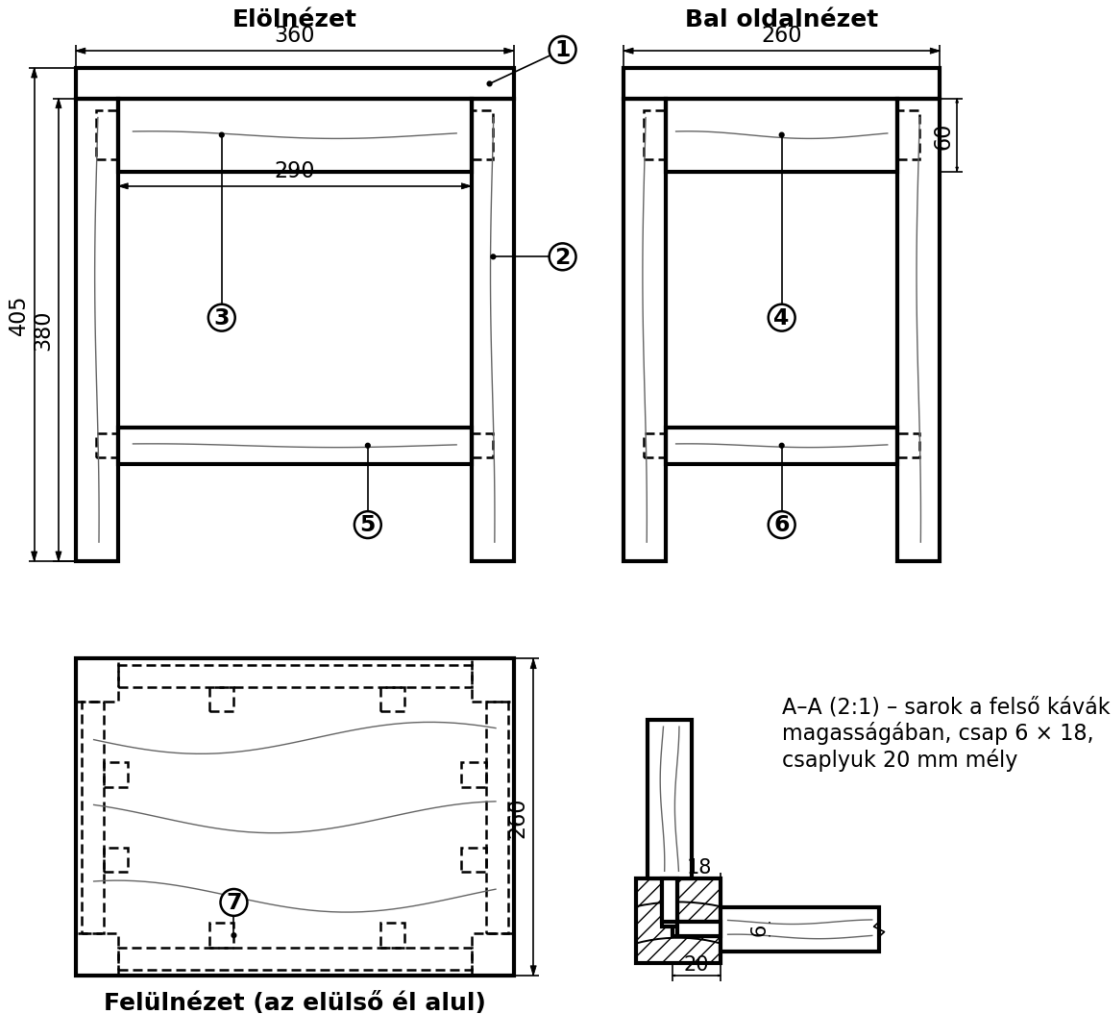
- **Elölnézet:** 360 mm széles, 405 mm magas szerkezet. Két elülső láb függőlegesen áll, a lábak közé felül 326×60 mm-es elülső káva, alul 326×30 mm-es merevítő léc. Az ülőlap 360×25 mm-es, felül helyezkedik el. A hátsó lábak és a hátsó káva rejtett élként szaggatott vonallal láthatók.
- **Oldalnézet:** 260 mm széles, 405 mm magas szerkezet. Az oldalsó káva 226×60 mm, a lábak 35×35 mm keresztmetszettel. Az ülőlap vastagsága jól látható.
- **Felülnézet:** 360×260 mm-es ülőlap, alatta a kávák szaggatott vonallal. A lábak csak a széleken látszanak.
- **A–A metszet:** az oldalsó káván át, a láb közepétől a hátsó láb felé. A csap 6 mm vastag és 18 mm hosszú, a csaplyuk 20 mm mély (2 mm fenékhézag). A metszet a fa hosszirányú erezetét mutatja.

Darabjegyzék:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
1	Ülőlap	1	bükk	360 × 260 × 25	él enyhén lekerekítve
2	Láb	4	bükk	380 × 35 × 35	csap nélkül
3	Felső káva, elöl/hátul	2	bükk	326 × 60 × 18	vésett csap a lábakba
4	Felső káva, oldalt	2	bükk	226 × 60 × 18	vésett csap a lábakba
5	Merevítő léc, elöl/hátul	2	bükk	326 × 30 × 18	csap vagy lamelló
6	Merevítő léc, oldalt	2	bükk	226 × 30 × 18	csap vagy lamelló
7	Lapgomb	4	bükk	40 × 25 × 20	nyelve a káva hornyában, csavarral a laphoz, nem ragasztva (méretek tájékoztatók, ellenőrizendő: szakkönyv)

A darabjegyzék ellenőrzése. A lábak száma 4, a felső kávák számát jól adtuk meg: elöl 1, hátul 1, oldalt 2. Az ülőlap rögzítéséhez 4 lapgomb elég (elöl és hátul kávánként 2 db); a gombok nem ragasztottak, így a lap a horonyban mozoghat. A rajz tételszámai és a táblázat egyeznek.

11.5.11. Konyhai ülőke szerkezeti rajza



11.18. ábra. Konyhai ülőke szerkezeti rajza a javított darabjegyzékkel: elölnézet, jobbra bal oldalnézet, alatta felülnézet (E vetítés) és a felső kávák magasságában vett A–A metszet a sarokról (2:1). Láb 380 × 35 × 35, felső káva 326 / 226 × 60 × 18, merevítő 326 / 226 × 30 × 18, csap 6 × 40 × 18 mm, csaplyuk 20 mm mély; befoglaló méret 360 × 260 × 405 mm; tételszámok 1–7.

A rajz méretmérlege: káva + 2 · láb − 2 · csap = befoglaló méret, elöl $326 + 2 \cdot 35 - 2 \cdot 18 = 360$ mm, oldalt $226 + 2 \cdot 35 - 2 \cdot 18 = 260$ mm. A HTML-változatban a tételszámra mutatva a darabjegyzék sora kiemelődik, és robbantott nézet is választható.

11.5.12. Szabvány és jelölés

Szabvány. A faipari szerkezeti rajzokon az európai E vetítési rendet és az MSZ EN ISO 128, MSZ EN ISO 129 előírásait követjük a vonalakra és méretmegadásra. A metszetek és anyagjelölések a faipari szakrajzi gyakorlat szerint alakulnak. A pontos szabványszámok és azok legújabb kiadásai a rajz elkészítése előtt ellenőrizendők. A méreteket mm-ben adjuk meg; a rajzon a mm mértékegységet nem írjuk ki.

Továbbvitt eredmény. A bútor szerkezeti rajza és darabjegyzéke a A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet alfejezetben teljes rajzkészletté válik, a Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet alfejezetben pedig ugyanezeket a szerkezeteket készítjük el a műhelyben.

11.5.13. Minőségellenőrzés – A rajz felülvizsgálata

A szerkezeti rajzot az alábbi szempontok szerint ellenőrizzük:

- **Teljesség:** minden alkatrész szerepel-e a rajzon és a darabjegyzékben.
- **Méretek összhangja:** az egyes nézetekben ugyanaz az alkatrész ugyanolyan mérettel jelenik-e meg.
- **Kötés értelmezhetősége:** a csap, nút, furat rejtett éle szaggatott vagy metszetben van-e.
- **Anyagok és rostirányok:** a fa anyagjelölése, szükség esetén a szálirány meg van-e adva.
- **A fa mozgásának kezelése:** a széles tömörfa lapok rögzítése mozgásbiztos-e.
- **Méretegység:** a méretek mm-ben szerepelnek, a mm jelzést a rajzon nem írtuk ki.
- **Darabjegyzék hivatkozása:** a rajzon a tételszámok mutatnak-e a megfelelő alkatrészre.

Eltérés esetén a rajzot vissza kell javítani, mielőtt abból szabásjegyzék készül.

11.5.14. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiányzó metszet.** A rajzon csak nézetek szerepelnek, a csapozás rejtett élben marad. A műhelyben nem látszik, melyik alkatrész kap csapot, melyik furatot. Helyes: a csatlakozást metszetben vagy csomóponti rajzban is ábrázolni.
2. **A darabjegyzék nem egyezik a rajzzal.** A rajzon négy felső káva látható, a táblázatban kettő szerepel. Helyes: a rajz és a darabjegyzék tételszámai, darabszámai egyeztetve legyenek.
3. **A tömörfa asztallap merev rögzítése.** A csavarok körben, hosszúkás furat nélkül láthatók a csomóponton. A fa dagadáskor megrepedhet. Helyes: hosszúkás furat vagy rugalmas felfüggesztés.
4. **A méretmegadás hiányos.** Csak a befoglaló méret szerepel, az alkatrészek hossz-szélesség-vastagság adata nem. Helyes: minden alkatrész méretét egyértelműen meg kell adni.
5. **A nút a rajzon az oldallap szélétől indul.** A hátfal nútja a hátoldal belső síkján van, nem a homlokoldalon. Helyes: a nút helyét az oldal metszeti rajzán pontosan be kell jelölni.

11.5.15. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló a konyhai ülőke rajzát készítette, de a darabjegyzékben a láb hosszát 380 mm helyett 350 mm-nek írta. A rajzon a 380 mm-es láb szerepelt, a táblázatban azonban elírta. A műhely a darabjegyzékből vágta le a lábakat, és a bútor alacsony lett. A mester a bútor összeállítása előtt a rajzot és a darabjegyzéket egymás mellé tette, és azonnal látta a hibát. A tanulság: egyetlen elírás is megelőzhető azzal, hogy a szerkezeti rajzot és a darabjegyzéket együtt ellenőrizzük, mielőtt szabásjegyzéket készítünk.

11.5.16. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A szerkezeti rajz csak a bútor külső formáját mutatja.
2. Mit ábrázol a csomóponti rajz?
3. Miért kell az asztallapot mozgásbiztosan rögzíteni?
4. Melyik nézeten látod a konyhai ülőke lábainak oldalirányú dőlését?
5. A darabjegyzékben a láb mérete 380×35×35 mm. Melyik méret a hossz, a szélesség, a vastagság?
6. Mi a hiba, ha a faliszekrény hátfalát a homlokoldali nútba rajzoljuk?

11.5.17. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a szerkezeti rajz legalább öt részét, és egy mondatban jellemezd mindegyiket.

2. feladat (A). Írd le, mi a darabjegyzék feladata a rajz mellett.

3. feladat (B). A kispad darabjegyzékében ez áll: 4 db láb 410 × 40 × 30 mm, 4 db ék. A rajzon az ülőlapban 4 átmenő furat látszik. Melyik tétel hiányzik, és milyen adatokkal kell felvenni?

4. feladat (B). Rajzleírás alapján készítsd el a faliszekrény oldallapjának méretvázlatát. Az oldallap 600 mm magas, 250 mm mély, 20 mm vastag. A hátfalnút a hátsó széltől 20 mm-re, 10 mm széles és 8 mm mély. A polcnút az oldal alsó élétől 300 mm-re (a nút alsó éléig) fut, 20 mm széles és 8 mm mély, a hátfalnúttól az elülső él előtt 15 mm-rel megáll. Add meg a nútok helyét és a külső méreteket.

5. feladat (C). Tervezz asztallap-rögzítést tömör fa asztallaphoz, ha a lap 1000×600×22 mm. Milyen szerkezeti rajzrészleteket kell ábrázolnod, és miért?

6. feladat (D). Válassz egy egyszerű tömörfa bútort, például kis éjjeliszekrényt. Készítsd el a szerkezeti rajz vázlatát: add meg a nézeteket, metszősíkot, méreteket és darabjegyzéket. Ellenőrizd a rajzot a fenti ellenőrzőlista alapján.

11.5.18. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A belső szerkezetet, kötéseket és méreteket is ábrázolja.
2. Egy-egy szerkezeti kapcsolatot, például csapozást, nútos kötést vagy rögzítést, nagyobb léptékben.
3. Mert a tömörfa lap a nedvességváltozás hatására szélességben zsugorodik és dagad; a merev rögzítés repedést vagy húzást okozhat.
4. Az oldalnézeten és az elölnézet–oldalnézet együttes vetületein.
5. 380 mm = hossz, 35 mm = szélesség, 35 mm = vastagság.
6. A hátfal a hátsó oldalon, belső nútban ül; a homlokoldali nút az ajtó vagy előlap miatt rossz hely, és a hátfal nem zárná a szekrényt.

1. feladat. A szerkezeti rajz részei: nézetrajz (külső forma), metszeti rajz (belső szerkezet), csomóponti rajz (kapcsolatok nagyobb léptékben), méretmegadás (pontos méretek), anyagjelölés (fafaj, anyag), darabjegyzék (tételes lista).

2. feladat. A darabjegyzék a rajzhoz tartozó tételes lista. Minden alkatrészt megnevez, megadja a darabszámot, az anyagot, a kész méretet és a megjegyzést, így a rajz alapján szabásjegyzék készíthető.

3. feladat. Hiányzik az ülőlap tétel. Az ülőlap 700×240×30 mm-es, 1 db bükk, megjegyzés: 4 db átmenő lábfurat 20 × 30 mm (a csap keresztmetszetéhez illeszkedő téglalap).

4. feladat. Az oldallap téglalap: 600 mm magas, 250 mm mély, 20 mm vastag. A hátfalnút a hátsó széltől 20 mm-re, 10 mm széles, 8 mm mély. A polcnút az oldal alsó élétől 300 mm-re (a nút alsó éléig) fut, vízszintesen, 20 mm széles, 8 mm mély, a hátfalnúttól az elülső él előtt 15 mm-rel megáll. A nútokat a lap belső oldalának rajzán kell jelölni, a méreteket a nútközépvonalig vagy a nút széléig megadni.

5. feladat. Az asztallap-rögzítéshez csomóponti rajzot kell készíteni, mert a rögzítőelem és a furat kis méretű. A rajzon szerepel: a káva metszete, az asztallap alsó felülete, hosszúkás furat a káván, csavar, alátét. Azért hosszúkás furat, hogy a lap szélességi mozgását a rögzítés ne akadályozza.

6. feladat. A megoldás egyéni. A rajznak tartalmaznia kell a nézetek, metszetek, méretek, anyagjelölések és darabjegyzék logikáját. A tanulónak ellenőriznie kell a teljességet, a méretek egyezését, a kötések értelmezhetőségét és a darabjegyzék hivatkozásait.

11.5.19. Rövid összefoglaló

A bútor szerkezeti rajza a gyártás alapja. Nemcsak a külső formát, hanem az alkatrészeket, a méreteket, az anyagokat és a kapcsolódásokat is megmutatja. A rajz nézetekből, metszetekből, csomópontokból, méretmegadásból, anyagjelölésből és darabjegyzékből áll. A négy példa – ékelt lábú kispad, konyhai ülőke, keretszerkezetű asztal, kávaszerkezetű faliszekrény – ugyanazt a gondolkodást gyakoroltatja: előbb a funkció, majd a szerkezet, a méretek és a kapcsolatok. A szerkezeti rajzot mindig ellenőrizni kell: legyen teljes, mérethelyes, egyértelmű, és a darabjegyzék tételei egyezzenek a rajzzal. A tömörfa bútoroknál a fa mozgását is figyelembe kell venni, például az asztallapot mozgásbiztosan kell rögzíteni. **Továbbvitt eredmény.** A bútor szerkezeti rajza és darabjegyzéke a A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet alfejezet rajzkészletének alapját adja, és a Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet alfejezetben ugyanezeket a szerkezeteket készítjük el a műhelyben.

11.5.20. Források és ellenőrzési hiányok

A faipari szakrajz alapjai az MSZ EN ISO 128, MSZ EN ISO 129 és a faipari anyagjelölési gyakorlat szerint használhatók; a pontos szabványszámok és legfrissebb kiadások ellenőrizendők. A megadott méretek tanulási példák, nem helyettesítik az adott termék tervezési szabványát. A fém asztallap-rögzítő és a falfelfüggesztő szerelvény teherbírása a gyártói adatlapon ellenőrizendő. A fa rostirányú és nedvességváltozásból adódó mozgása faanyag-fizikai tájékoztató érték, a pontos adatokat a kiválasztott fafaj szakkönyvi táblázata adja meg (ellenőrizendő forrás).

12 Műszaki dokumentáció és minőségbiztosítás

12.1. A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet

12.1.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben a megrendelő elfogadja a tervet, a műhely legyártja a bútort, majd a szerelésnél kiderül, hogy a fiók útban van a lábazati fűtéscső miatt. A rajzon nem volt jelölve a cső helye, a műhely pedig azt gyártotta le, amit látott. Ha a **műszaki dokumentáció** hiányos vagy ellentmondásos, a hiba a gyártás bármely lépésében anyag-, idő- és vevői bizalomvesztést okoz.

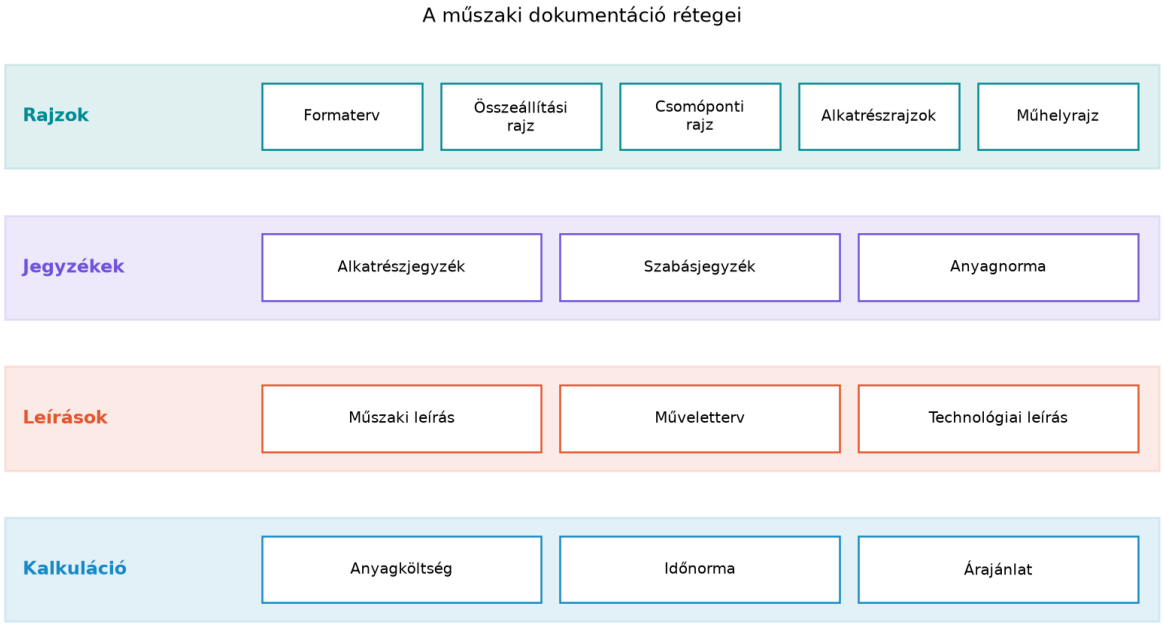
Ebben az alfejezetben azt tanulod meg, hogyan épül fel egy asztalosipari termék műszaki dokumentációja, milyen rajzok és jegyzékek tartoznak hozzá, és hogyan készíts alkatrészjegyzéket egy összeállítási rajz alapján. Ezt a tudást használod majd a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben, ahol a jegyzékből anyagszükségletet számolsz.

12.1.2. Szemléletes kép: egy falipolc, mint dokumentációs példa

Képzelj el egy egyszerű **falipolcot**, amelyet bükk asztaloslapból készítünk. Megrendelői kérés: legyen 400 mm széles, 300 mm magas, 150 mm mély, fiók nélkül, két polclappal, hátul falra szerelhető. A látható felületek gyalultak, csiszoltak, a hátsó él süllyesztett hátlapot kap.

A polc hosszúsága (szélessége) 400 mm, a magasság 300 mm, a mélység 150 mm. Az oldallapok, a tető és a fenék 18 mm vastag bükk asztaloslapból készülnek. A két polclap a tető és a fenék között helyezkedik el, az oldallapok belső oldalába mart, 18 mm széles és 8 mm mély horonyban ül. A hátlap 6 mm vastag rétegelt lemez, amely az oldallapok belső oldalán, a hátsó éltől 10 mm-re mart, 6 mm széles és 8 mm mély nútba csúszik. A tetőlap és a fenéklap hosszúsága a két oldallap közötti belső méret: $400\ \text{mm} - 2 \times 18\ \text{mm} = 364\ \text{mm}$. A polclapok hossza a horonyfenekek közötti méret: $364\ \text{mm} + 2 \times 8\ \text{mm} = 380\ \text{mm}$; mélységük legfeljebb $150 - 10 - 6 = 134\ \text{mm}$ lehet (a hátlap nútja előtt állnak meg), hézaggal 132 mm.

A rajzon ezeket a méreteket kell egyértelművé tenni a gyártó számára. A következőkben ezt a példát használjuk a dokumentáció részeinek bemutatására.



12.1. ábra. A műszaki dokumentáció rétegei - A dokumentáció nemcsak rajzokból áll: a rajzokat kísérik a jegyzékek, leírások és a kalkuláció.

Az ábra rétegekre bontva mutatja, hogy a műszaki dokumentáció nem azonos a rajzkészlettel: a rajzok mellett legalább jegyzékek, leírások és kalkulációs lapok is vannak.

12.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **műszaki dokumentáció** egy termék gyártásához, szereléséhez, ellenőrzéséhez és elszámolásához szükséges műszaki tartalmú dokumentumok összessége. Részei: rajzok, jegyzékek, műszaki leírások, technológiai leírások és kalkulációk.

Definíció. A **rajzkészlet** a dokumentáció rajzi része: azok a rajzok, amelyek a termék formáját, méreteit, szerkezetét és az alkatrészek kapcsolódását meghatározzák. A rajzkészlet hierarchiája a formatervtől a műhelyrajzig terjed.

Szabály. A rajzok és a jegyzékek adatainak **mindig összhangban** kell lenniük. Ha a rajzon megváltoztatsz egy méretet, a jegyzékben is át kell vezetned, és a változást a rajzfejben revízióval kell jelölnöd. A műhelybe csak az aktuális, érvényes rajz kerülhet.

Definíció. Az **alkatrészjegyzék** (műhelynyelven gyakran **darabjegyzék**) az összeállítási rajz alapján készített táblázat, amely tételszám, megnevezés, darabszám, anyagmegjelölés és méret szerint sorolja fel a termék valamennyi alkatrészét. A tételszám a rajzon bekeretezett szám, amely az alkatrészt a jegyzék megfelelő sorával köti össze.

Továbbvitt eredmény. A dokumentáció szerkezete itt válik ismertté. Ezt használjuk fel a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben: az alkatrészjegyzékből kiindulva készítünk szabásjegyzéket, anyagnormát és anyagkalkulációt. A műveletterv is erre a szerkezetre épül majd.

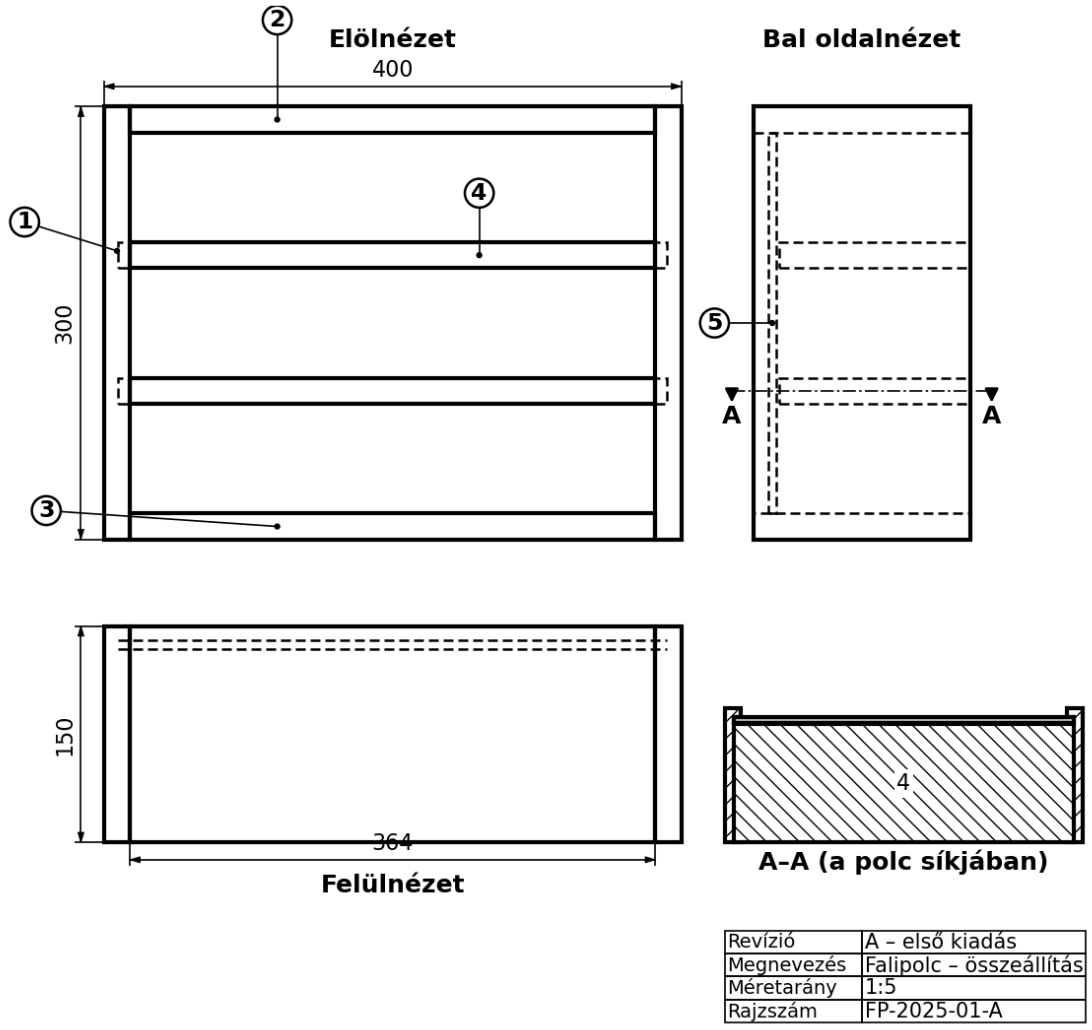
12.1.4. A műszaki dokumentáció részei

A dokumentációt négy nagy csoportra osztjuk:

1. **Rajzok** – a termék alakját, méreteit, szerkezetét mutatják.
2. **Jegyzékek** – a rajzokból kigyűjtött, táblázatos adatok (alkatrészjegyzék, szabásjegyzék, anyagnorma, vasalatjegyzék).
3. **Leírások** – szöveges tartalom: műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás, minőségbiztosítási utasítás.
4. **Kalkuláció** – anyagmennyiség-, idő- és költségszámítás; ennek alapján készül az árajánlat.

A **rajzkészlet** tagjai:

- **Formaterv** – a termék megjelenését, arányait, anyagait és felületi kialakítását bemutató rajz, gyakran színes, axonometrikus vagy perspektivikus nézetben. A vevő ezt hagyja jóvá.
- **Összeállítási rajz** – a teljes terméket ábrázolja, nézetekkel és metszetekkel, megmutatja az alkatrészek kapcsolatát, és tételszámokkal azonosítja azokat.
- **Csomóponti rajz** – a kritikus szerkezeti csatlakozást nagyobb léptékben, méretekkel és anyagjelöléssel mutatja; például ajtókeret sarokkötése, fiókkáva-fogazás, hátlap nútja.
- **Alkatrészrajz** – egyetlen alkatrészt ábrázol, teljes méretezéssel, a megmunkálás valamennyi adatával (furat, horony, élzárás, rostirány).
- **Műhelyrajz** – a műhelyben közvetlenül használt, gyakran kombinált rajz: az alkatrészrajz és a megmunkálási adatok együtt, a gyártási sorrendhez igazítva.



12.2. ábra. Falipolc összeállítási rajza (FP-2025-01-A, M 1:5): elölnézet, alatta felülnézet, jobbra bal oldalnézet (E vetítés) és A–A vízszintes metszet a polc síkjában, tételszámokkal és rajzfejjel. A polclapok (4) a 18 mm széles, 8 mm mély horonyban ülnek (380 × 132 × 18), a hátlap (5) a 6 mm széles, 8 mm mély nútban fut, a hátsó éltől 10 mm-re (380 × 264 × 6).

A HTML-változatban a tételszámra vagy a jegyzék sorára mutatva az alkatrész és a sor együtt kiemelődik; a „B revízió” gomb egy módosított méret revíziófelhőjét és az új revízióbetűt mutatja.

12.1.5. Alkatrészjegyzék készítése a rajz alapján

Eljárás. Az alkatrészjegyzék készítésének lépései:

1. Nézd át az összeállítási rajzot, és azonosítsd az összes alkatrészt.
2. Adj minden alkatrésznek tételszámot, és vezesd a rajzon bekeretezett számként, vezetővonallal.
3. Rögzítsd a megnevezést (pl. oldallap, polclap, hátlap).
4. Írd be a darabszámot.
5. Határozd meg az anyagot pontosan (fafaj, lapanyag típusa, vastagság, felületkezelés).
6. Mérj a rajzról, és írd be a **kész méretet** hossz × szélesség × vastagság sorrendben, mm-ben.

7. Ellenőrizd, hogy a darabszámok és a méretek összhangban vannak a rajzzal, és hogy minden tétel szerepel.

A kész méret a megmunkálás utáni, a gyártmányra előírt méret. A későbbi szabásjegyzékben ehhez adunk ráhagyást, és megadjuk a nyers méretet is. A jegyzékben a szerelt vasalatokat, tipliket, csavarokat és a felületkezelő anyagot nem alkatrészként, hanem külön sorokban vagy külön jegyzékben tartjuk nyilván.

Példa. A falipolc alkatrészjegyzéke az összeállítási rajz alapján:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
1	Oldallap	2	Bükk asztaloslap	300 × 150 × 18	Belső oldalon horony a polcokhoz, nút a hátlaphoz
2	Tetőlap	1	Bükk asztaloslap	364 × 150 × 18	Elölnézeti él lekerekítve
3	Fenéklap	1	Bükk asztaloslap	364 × 150 × 18	Elölnézeti él lekerekítve
4	Polclap	2	Bükk asztaloslap	380 × 132 × 18	Elölnézeti él lekerekítve, hátsó él egyenes
5	Hátlap	1	Rétegelt lemez	380 × 264 × 6	Nútba csúsztatva, nem csavarozva

A táblázatban a **h** a hosszúság, a **sz** a szélesség, a **v** a vastagság. A sorrend hossz × szélesség × vastagság, minden méret mm-ben.

Ellenőrző számítás. - Oldallap hossza = a kész bútor magassága: 300 mm. - Tető- és fenéklap hossza = belső szélesség: $400 - 2 \cdot 18 = 364$ mm. - Polclap hossza = belső szélesség + $2 \cdot$ horonymélység: $364 + 2 \cdot 8 = 380$ mm; szélessége: $150 - 10 - 6 - 2 = 132$ mm (2 mm hézag a hátlap nútja előtt). - Hátlap magassága = a tető alsó éle és a fenék felső éle közötti méret: $300 - 2 \cdot 18 = 264$ mm; szélessége az oldallapok nútjába nyúlva $364 + 2 \cdot 8 = 380$ mm.

Szabvány. A rajzokra, a tételszámokra és a rajzfejre vonatkozó szabványok közül a hazai gyakorlat az MSZ EN ISO 7200 szabványt (rajzfej adatmezői) és az MSZ EN ISO 128, MSZ EN ISO 129 ábrázolási és méretmegadási szabványokat használja. A tételszámok elrendezésére az MSZ EN ISO 6433 jellegű szabványok adnak útmutatást (ellenőrizendő: a pontos szabványjelölések és hatály). A rajzfej tartalma: rajzszám, megnevezés, anyag, méretarány, rajzoló, ellenőrző, dátum, revízió. A tételszámot a rajzon bekeretezve, vezetővonallal az alkatrészhez kapcsolva adjuk meg, a jegyzékben ugyanaz a szám szerepel.

12.1.6. Rajzszámozás, változatkezelés, kiadás a műhelynek

A **rajzszám** a dokumentum egyedi azonosítója. Vállalatonként eltérő lehet, de mindig egyértelműnek kell lennie. Példa: `FP-2025-01-A`, ahol `FP` a termék jele (falipolc), `2025` az év, `01` a

sorszám, `A` a revízió. A tanulói vizsgaremeknél elegendő a tanuló neve, a vizsgaazonosító vagy a termék neve, és a dátum – ellenőrizendő a hatályos vizsgakövetelmény.

Definíció. A **revízió** (változat) a rajz módosításának jelölése. Az első kiadás jellemzően `A` vagy `0`, minden lényegi változtatás után új betű vagy szám következik. A revíziót a rajzfejben rögzítik, és a módosított mezőt is megjelölik a rajzon (például revíziófelhővel vagy a méret melletti betűjellel). A régi revíziójú papíralapú rajzot vissza kell vonni, vagy „ÉRVÉNYTELEN” jelöléssel kell ellátni, nehogy a műhelyben tévedésből azt használják.

Szabály. A műhelynek kiadott rajzon mindig az aktuális revíziónak kell szerepelnie. A gyártást végző asztalos csak a neki kiadott, aláírt, keltezett rajz alapján dolgozhat. Ha a rajzon javítás szükséges, azt a rajzoló írja át, majd új revízióval adja ki. A műhelyben tilos radírozni, átírni vagy „fejből” módosítani.

12.1.7. A vizsgaremek dokumentációjának kötelező elemei

A szakmai vizsgán a vizsgaremek dokumentációja általában a következőket tartalmazza – a pontos, hatályos előírást mindig a vizsgaszabályzat és a kiadott feladat tartalmazza (ellenőrizendő):

1. **Címoldal** a tanuló adataival, a termék megnevezésével, a képző és a vizsga megjelölésével.
2. **Formaterv** – színes vagy fekete-fehér látványrajz.
3. **Összeállítási rajz** tételszámokkal.
4. **Csomóponti rajz** – legalább a jellemző szerkezeti kapcsolatról.
5. **Alkatrészrajzok** vagy műhelyrajzok minden egyedi alkatrészről.
6. **Alkatrészjegyzék** – tételszám, megnevezés, darab, anyag, méret.
7. **Szabásjegyzék és anyagnorma** – a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezet szerint.
8. **Műveletterv** – az alkatrészek elkészítésének és a szerelésnek a sorrendje.
9. **Kalkuláció** – anyagköltség, időkalkuláció, önköltség és árajánlat.
10. **Műszaki leírás** – a termék rendeltetése, anyagai, szerkezete, felületkezelése, beépítési vagy használati tudnivalói.

12.1.8. Minőségellenőrzés

A dokumentációt ugyanúgy ellenőrizni kell, mint a készterméket. Az ellenőrzés lépései:

1. **Teljesség** – minden alkatrész szerepel-e a jegyzékben, minden kapcsolat rajzolt-e.
2. **Összhang** – a rajzi méretek és a jegyzék méretei azonosak; a rajzon megadott darabszám egyezik a jegyzékkel.
3. **Egyértelműség** – minden méret, furat, horony, élzárás jelölt, nincs kétféleképpen értelmezhető részlet.
4. **Szabványos rajzi jelölés** – a vonalak, méretmegadás, sraffozás, anyagjelölés az előírtnak megfelel.
5. **Revízió** – a rajzfejben az aktuális változat, a rajzon a módosítás jelölve.

Az ellenőrzést a rajzoló után egy másik szakember végzi. Az ellenőrzött rajzot aláírással és dátummal kell érvényesíteni. Az eltéréseket a rajzon vagy a jegyzékben javítani kell, és új revíziót kiadni.

12.1.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiányzó tételszám.** A rajzon az alkatrészt nem azonosították. *Ok:* a jegyzék utólag készült, vagy a tételszámot nem vezették át. *Helyes gyakorlat:* a jegyzékkel együtt kell a tételszámokat felvinni a rajzra.
2. **A rajz és a jegyzék mérete eltér.** Például a rajzon a polclap hossza 380 mm, a jegyzékben 364 mm (hibás sor). *Ok:* a rajz módosult, de a jegyzék nem frissült. *Helyes gyakorlat:* a revízió során mindkét dokumentumot egyszerre javítani.
3. **Nem egyértelmű anyagjelölés.** „Fa” van írva a pontos fafaj és anyagtípus helyett. *Ok:* a rajzoló nem ismerte az anyagjelölési szabályokat, vagy a megrendelői igényt nem pontosították. *Helyes gyakorlat:* mindig fafaj + fűrészáru/lapanyag típus + vastagság + felületkezelés.
4. **Régi revíziót adnak ki a műhelybe.** *Ok:* a dokumentumkezelés nem szabályozott, a régi nyomtatott példány nincs visszavonva. *Helyes gyakorlat:* csak az aktuális revíziót nyomtatjuk, a régi példányokat elkülönítve, „ÉRVÉNYTELEN” jelöléssel tároljuk vagy megsemmisítjük.

12.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhely konyhabútort gyártott. A megrendelő a szerelés előtt kérte, hogy a hűtő feletti szekrény mélysége 10 mm-rel rövidebb legyen, mert a hűtő kilóg a munkalap alól. A tervező átvezette a változást a rajz B revíziójában, de a műhelyben a régi A revízió volt kitéve a gépre. A szekrény a régi mélységgel készült el. A szereléskor derült ki a hiba. A hibás szekrényt újra kellett gyártani, a vevő pedig csúszást szenvedett. A tanulság: a rajzkiadás rendje éppoly fontos, mint a rajz pontossága.

12.1.11. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, majd nézd meg a Megoldások elején az „Önellenőrzés – válaszok” részt.

1. Igaz vagy hamis? A műszaki dokumentáció csak rajzokból áll.
2. Mi a formaterv feladata?
3. Mi a különbség az alkatrészrajz és az összeállítási rajz között?
4. Mit jelent a revízió, és miért fontos?
5. Egy összeállítási rajzon három azonos polclap van, de a jegyzékben csak 2 db szerepel. Mi a hiba?
6. Hány mm hosszú a polclap, ha a belső szélesség 364 mm, és mindkét oldalon 8 mm mély horonyba nyúlik?

12.1.12. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a műszaki dokumentáció négy fő részét, és mindegyikhez írj egy-egy konkrét dokumentumot.

2. feladat (A). Mi az alkatrészjegyzék öt kötelező oszlopa? Írd le a méretmegadás sorrendjét és mértékegységét.

3. feladat (B). Egy falipolc összeállítási rajza alapján készíts alkatrészjegyzék-táblázatot. A rajz adatai: két oldallap 300 × 150 × 18 mm bükk asztaloslap; egy tetőlap 364 × 150 × 18 mm; egy fenéklap 364 × 150 × 18 mm; két polclap 380 × 132 × 18 mm; egy hátlap 380 × 264 × 6 mm rétegelt lemez. Adj minden tételnek tételszámot, és írd be a darabszámot.

4. feladat (B). Egy rajz aktuális revíziója `B`. A rajzoló módosítja a tetőlap hosszát 364 mm-ről 360 mm-re. Hogyan jelölöd a változást a rajzon és a rajzfejben? Írd le a helyes eljárást lépésenként.

5. feladat (C). Egy asztalos műhelyben a dolgozó a falon lógó, `A` revíziójú rajzból dolgozik, míg az irodában már a `B` revízió van. Milyen hibákhoz vezethet ez? Tegyél javaslatot a dokumentumkezelés javítására.

6. feladat (D). Egy falipolc alkatrészjegyzékét a műhelyben úgy módosították, hogy a polclap hosszát 380 mm-ről 364 mm-re írták át, de a rajzot nem javították. Milyen következménye lesz a gyártásban? Hogyan javítanád a folyamatot, hogy ez ne forduljon elő?

12.1.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A dokumentáció a rajzok mellett jegyzékeket, leírásokat és kalkulációt is tartalmaz.
2. A formaterv a termék megjelenését, arányait, anyagait és felületi kialakítását mutatja, többnyire színes, látványos rajzon; a vevő ezt hagyja jóvá.
3. Az összeállítási rajz a teljes terméket mutatja, az alkatrészek kapcsolatával és tételszámokkal; az alkatrészrajz egyetlen alkatrészt ábrázol, teljes méretezéssel és megmunkálási adatokkal.
4. A revízió a rajz módosításának jelölése. Azért fontos, mert így egyértelmű, melyik változat aktuális, és elkerülhető, hogy régi rajz alapján dolgozzanak.
5. A jegyzék hibás: nem egyezik a rajz darabszámával. A jegyzéket javítani kell, és a rajz tételszámát is ellenőrizni.
6. A polclap hossza 364 mm + 2 × 8 mm = 380 mm.

1. feladat. A négy rész: rajzok (pl. összeállítási rajz), jegyzékek (pl. alkatrészjegyzék), leírások (pl. műveletterv), kalkuláció (pl. árajánlat).

2. feladat. Az oszlopok: tételszám, megnevezés, darabszám, anyag, méret. A méretmegadás sorrendje hossz × szélesség × vastagság, mm-ben.

3. feladat. A táblázat:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)
1	Oldallap	2	Bükk asztaloslap	300 × 150 × 18
2	Tetőlap	1	Bükk asztaloslap	364 × 150 × 18
3	Fenéklap	1	Bükk asztaloslap	364 × 150 × 18
4	Polclap	2	Bükk asztaloslap	380 × 132 × 18
5	Hátlap	1	Rétegelt lemez	380 × 264 × 6

4. feladat. A rajzon a módosított méretet be kell írni, a változást revíziófelhővel vagy más jelöléssel megjelölni. A rajzfejben a revíziót `C`-re kell módosítani, a módosítás dátumával és a rajzoló nevével. A régi `B` példányokat vissza kell vonni vagy érvényteleníteni. A jegyzéket is frissíteni kell.

5. feladat. A dolgozó rossz mérettel gyártja le az alkatrészt, mert a `B` revízióban megváltozott valamelyik méret vagy anyag. A javaslat: csak az irodából nyomtatott, aktuális revíziójú rajz kerülhet a műhelybe; a kiadott rajzokról naplót kell vezetni; a régi rajzokat „ÉRVÉNYTELEN” jelöléssel el kell különíteni.

6. feladat. A polclap a hornyok nélkül 364 mm hosszú lesz, ezért a 8 mm mély hornyokba nem nyúlik be, a polc laza lesz, vagy kiesik. A hiba oka: a műhelyben a jegyzéket javították, de a rajzot nem, és a rajzot sem revíziózták. A folyamat javítása: minden méretváltozást a rajzon kell átvezetni, revíziót kiadni, és a jegyzéket ennek megfelelően frissíteni; a műhelyben a jegyzéket nem szabad önállóan módosítani.

12.1.14. Rövid összefoglaló

A műszaki dokumentáció négy fő részből áll: rajzok, jegyzékek, leírások és kalkuláció. A rajzkészlet a formatervtől a műhelyrajzig terjed, és minden rajz meghatározott feladatot lát el: a formaterv a megjelenést, az összeállítási rajz a szerkezetet és a tételszámokat, a csomóponti rajz a kritikus kapcsolatot, az alkatrészrajz az egyedi alkatrészt mutatja. Az alkatrészjegyzék tételszám, megnevezés, darabszám, anyag és kész méret (hossz × szélesség × vastagság, mm) szerint listázza az alkatrészeket. A rajzszám és a revízió egyértelművé teszi a változatkezelést; a műhelybe csak az aktuális, aláírt, keltezett rajz kerülhet. A vizsgaremek dokumentációja a rajzok mellett jegyzékeket, művelettervet, kalkulációt és műszaki leírást tartalmaz. Ezt a szerkezetet használjuk tovább a szabásjegyzék és anyagnorma készítésénél.

12.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: magyar és európai rajzi szabványok (MSZ EN ISO 128, 129, 7200; tételszámok – pontos szabványok ellenőrizendő), faipari szakrajzi tankönyvek, a szakképzési vizsgakövetelmények. **Ellenőrizendő:** a pontos rajzszabvány-számok és hatály, a vizsgaremek dokumentáció kötelező elemeinek hatályos listája, a vállalati rajzszámrendszer és revíziójelölés (üzleti gyakorlattól függő). A méretek a szövegben tanulási példák, nem helyettesítik a konkrét termék rajzának pontos méretezését.

12.2. Szabásjegyzék és anyagnorma

12.2.1. Miért van szükség szabásjegyzékre?

Egy asztalostanuló megrendelést kap: konyhaasztalt kell készítenie tömör fából, meghatározott méretek szerint. A művezető azt mondja: „Hozd ki a szabásjegyzéket, és rendeld meg az anyagot!” Ha a tanuló csak a kész méreteket adja meg, az asztal nem fog elkészülni, mert a fa megmunkálás közben veszít a méretéből. Ha viszont túl nagy ráhagyással rendel, felesleges anyagköltséget okoz. A **szabásjegyzék** a rajz és az anyagbeszerzés közötti híd: pontosan megmondja, hogy az egyes alkatrészeket milyen nyers méretben kell levágni, és összesen mennyi anyag szükséges. A szabásjegyzékből készül az **anyagnorma**, amely a megrendeléshez, a költségszámításhoz és a hulladék tervezéséhez kell.

12.2.2. Szemléletes kép: a rajztól az anyagrendelésig

Az alábbi folyamat mutatja, hogyan jutunk el a darabjegyzéktől a szabásjegyzéken át az anyagnormáig. A szabásjegyzék a rajz és a raktár közötti kapocs.



12.3. ábra. A szabásjegyzék és az anyagnorma előkészítésének lépései - Az ellenőrző lépés a ráhagyások és a méretek összevetése a gép- és anyagadatokkal. A folyamat a szabástervben és az anyagszükséglet-számításban folytatódik.

A gyakorlatban ez így működik: a műhelyrajz megmondja az alkatrész kész méretét. A fa azonban gyaluláskor, csiszoláskor és vágáskor anyagot veszít, a szélezett fűrészáru pedig zsugorodhat. Ezért **nyers méretet** kell rendelni, amely nagyobb, mint a kész méret. A szabásjegyzék oszlopaiban soronként rögzítjük az alkatrészt, a darabszámot, az anyagot, a kész és a nyers méretet, a szálirányt és az élzárási igényt. Az anyagnorma pedig az összes sor anyagszükségletét foglalja össze tömörfánál köbméterben, lapanyagnál négyzetméterben, élzárónál folyóméterben, vasalatból darabban.

12.2.3. Definíciók

Definíció. A **kész méret** a rajzon szereplő, a termék összeállítása utáni megmunkált, kész alkatrész mérete. A rajzon a méret mm-ben értendő, a mm mértékegységet nem írjuk ki. Sorrend: hossz × szélesség × vastagság.

Definíció. A **tisztított méret** az a méret, amelyet a megmunkálás közbenső fázisában, például gyalulás előtt kapunk. Sok műhely a tisztított méretet nem különbözteti meg, hanem közvetlenül a kész mérettel dolgozik; ha van, akkor a ráhagyások tervezésénél használjuk.

Definíció. A **nyers (szabási) méret** az a méret, amelyre a fűrészárut vagy a lapanyagot a szabásnál le kell vágni. Ez a kész méret és a megmunkálási ráhagyások összege.

Definíció. A **megmunkálási ráhagyás** a kész méret és a nyers méret közötti különbség, amely fedezi a gyalulási, csiszolási, vágási, zsugorodási és beigazítási méretveszteséget.

Szabály. A nyers méretet mindig úgy kell meghatározni, hogy az alkatrészt a megmunkálás során ismételten, méretre lehessen munkálni. A ráhagyás nagysága függ a fa fajtájától, a nedvességtartalomtól, a megmunkálás módjától, a gépektől és a kész felület minőségétől. Az itt megadott értékek tájékoztató jellegűek, a konkrét műhelyben a gyártástechnológus vagy a műhelygyakorlat határozza meg. **(ellenőrizendő: a helyi technológiai előírások)**

12.2.4. Megmunkálási ráhagyások

A ráhagyásokat három irányban adjuk meg. A hossz menti ráhagyás a darabolást és a bütü tisztázását, a szélességi ráhagyás az élellenőrzést és a szélezést, a vastagsági ráhagyás a vastagsági gyalulást fedezi. Tájékoztató értékek:

Megmunkálás	Hosszráhagyás (mm)	Szélességi ráhagyás (mm)	Vastagsági ráhagyás (mm)
Kézi gyalulás, fűrészelés	10–20	5–10	2–4
Gépi egyengetés, vastagsági gyalulás	10–15	5–8	2–3
Lapszabás első fázisban (majd élzárás)	5–10	5–10	a lap vastagsága általában kész méret
Furnérozás utáni tisztázó vágás	10–20	10–20	a lap vastagsága + furnérok

Ezek a számok csak kiindulópontok. Például egy erősen vetemedett, szélezetlen fűrészáruból sokkal többet kell elhadni, mint egy szélezett, szárított, osztályozott deszkából. A hosszráhagyás azért nagyobb, mert a bütü sokszor repedezett, és a végső méretre vágás után csiszolni is kell. A vastagsági ráhagyás a próbagyalulás után növelhető, ha a deszka görbe.

12.2.5. A szabásjegyzék oszlopai

A szabásjegyzék a dokumentáció része, és a darabjegyzékből indul ki. A darabjegyzék a termék összes alkatrészét felsorolja kész mérettel, anyaggal és darabszámmal. A szabásjegyzék ettől annyiban több, hogy minden alkatrészhez megadja a **nyers méretet**, a szabáshoz szükséges adatokat, a szálirányt és az élzárási igényt, valamint az anyag besorolását. A javasolt oszlopok:

1. **Tétel** – azonosító, például A1, A2, B1; ez a darabjegyzékre is hivatkozhat.
2. **Megnevezés** – az alkatrész neve, például asztallap, keretléc, láb.
3. **Darab** – hány azonos alkatrész készül.
4. **Anyag** – fafaj, minőségi osztály vagy lapanyag megnevezése, például tölgy, P2 forgácslap, MDF, bükk.
5. **Kész méret h × sz × v (mm)** – sorrend: hossz × szélesség × vastagság; a rajz méretét ismétli.
6. **Nyers méret h × sz × v (mm)** – a ráhagyásokkal megnövelt szabási méret.
7. **Szálirány / élzárás** – a szálirány fontos a szilárdság és a vetemedés szempontjából; az élzárás jelzi, mely élekre kell élzáró csíkot ragasztani.
8. **Megjegyzés** – például „hibát dobni”, „szélezetlen”, „furnérozott oldal kívülre”, „fúrt vasalatok”.

A szabásjegyzékben minden méret mm-ben szerepel; az anyagnormában viszont a tömör fát m^3-ben, a lapanyagot m^2-ben, az élzárót folyóméterben számoljuk. A mértékegységváltásnál mindig ellenőrizzük a nagyságrendet: 1 m^3 = 1 000 000 000 mm^3, tehát egy 1000 × 100 × 25 mm-es deszka térfogata 0,0025 m^3, nem 2,5 m^3.

12.2.6. Anyagnorma

Definíció. Az **anyagnorma** az adott termék egy darabjához szükséges összes anyag mennyiségét adja meg, beszerzésre, raktárra vagy kalkulációra bontva.

Definíció. A **nettó (kész) anyagmennyiség** az a mennyiség, amely a kész alkatrészekbe ténylegesen beépül: a kész méretekből számított térfogat, terület vagy folyóméter ($V_{\text{kész}}$). A **nyers (szabási) mennyiség** a nyers méretekből számított mennyiség (V_{nyers}), amely a megmunkálási ráhagyásokat is tartalmazza. A **bruttó szükséglet** a nyers mennyiség és a vágási, illesztési, hibakiejtési veszteség (hulladék) együttes összege ($V_{\text{bruttó}}$): ennyit kell megvásárolni.

Definíció. Az **anyagkihozatal** a nettó (kész) anyagmennyiség és a bruttó szükséglet hányadosa, százalékban kifejezve:

$$\eta_{\text{anyag}} = \frac{V_{\text{kész}}}{V_{\text{bruttó}}} \cdot 100\,\%$$

Ahol η_{anyag} az anyagkihozatali tényező, $V_{\text{kész}}$ a tiszta, beépülő anyag, $V_{\text{bruttó}}$ a megvásárolt vagy feldolgozandó anyag.

Összefüggés. A bruttó szükséglet a nyers mennyiségből és a hulladékszázalékból:

$$V_{\text{bruttó}} = V_{\text{nyers}} \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right)$$

Ahol h a hulladék- és vágási veszteség százaléka. Ha a ráhagyást külön nem számoljuk ($V_{\text{nyers}} \approx V_{\text{kész}}$, a h a teljes veszteséget tartalmazza), a százalékos veszteség és az anyagkihozatal közötti kapcsolat:

$$h = \frac{100}{\eta_{\text{anyag}}} - 100 \quad \text{illetve} \quad \eta_{\text{anyag}} = \frac{100}{100 + h} \cdot 100\,\%$$

Például ha a hulladékszázalék 20%, akkor az anyagkihozatal 83,3%. A hulladékszázalék a tömörfa szabásánál jellemzően 20–40%, lapanyagnál 5–15%, ha a lapszabás optimális, de a pontos érték a terméktől, az anyag minőségétől és a szabástérképtől függ. **(ellenőrizendő: műszaki gyakorlat, szabásterv)**

Tömörfa anyagnorma számítása. Minden alkatrész nyers méretéből kiszámoljuk a térfogatot köbméterben:

$$V_i = l_i \cdot b_i \cdot v_i \quad [\text{m}^3]$$

A méreteket méterre átváltva. Az összes azonos anyagú alkatrész térfogatát összegezzük, majd hozzáadjuk a hulladékszázalékot. Az így kapott bruttó mennyiséget a fűrészáru-kereskedésben m³-ben rendeljük.

Lapanyag anyagnorma számítása. A bútorlapokat, MDF-et, forgácslapot táblaméretben, általában 2800 × 2070 mm vagy 2800 × 1300 mm méretben, illetve a gyártó egyéb méreteiben vásároljuk. Az anyagnorma azt adja meg, hogy a szükséges alkatrészek hány táblányi lapot igényelnek. Ehhez először az alkatrészek nyers méretéből területet számolunk m²-ben, majd a táblaméret segítségével meghatározzuk a szükséges táblák számát. A hulladékszázalék a szabástervből, illetve a tábla méretéből adódó levágásokból származik. Ha nincs szabásterv, tájékoztató becslésként 10–20% hulladékot számolunk. **(ellenőrizendő: szabásterv)**

Élzáró anyagnorma. Az élzáró csíkot folyóméterben (fm) mérjük. Minden élzárást igénylő alkatrész élhosszát összeadjuk a kész (formatizált) méretből, mert az élzáró a kész méretű élre kerül. Az élzáró anyagmennyiség:

$$L_{\text{élzáró}} = \sum (2l + 2b)_{\text{élzárás}}$$

Ha csak bizonyos éleket zárunk le, akkor csak azokat. A kapott folyóméterhez általában 3–8% ráhagyást adunk az összeillesztések és a végek levágása miatt. **(ellenőrizendő: élzárási technológia)**

Vasalatok és szerelvények. A vasalatok anyagigénye darabszámban szerepel, közvetlenül a darabjegyzékből. A csavarokat gyakran kiszerelésben vagy tömegre rendelik; ilyenkor a darabszámból kiszámoljuk a dobozszámot.

12.2.7. Kidolgozott példa: keretszerkezetű asztal tömörfából

Készítsünk szabásjegyzéket és anyagnormát egy keretszerkezetű, tömör bükk asztalhoz. A termék: 800 mm hosszú, 600 mm széles, 40 mm vastag asztallap, alatta 80 × 22 mm-es keretlécek (kávák), 60 × 60 mm-es lábak. A lábak külső széle 50 mm-rel van beljebb a lap szélénél (laptúllógás): a lábak külső távolsága hosszirányban $800 - 2 \cdot 50 = 700$ mm, szélességben $600 - 2 \cdot 50 = 500$ mm, a lábközi méret ennél $2 \cdot 60$ mm-rel kisebb: 580 mm, ill. 380 mm. A kávák kész hossza a lábközi méret + $2 \cdot 25$ mm csap: 630 mm, ill. 430 mm. A kész méreteket a darabjegyzék tartalmazza. Tételezzük fel, hogy a fűrészáru 12% nedvességtartalmú, szélezett, osztályozott; a hulladékszázalék 25% (tájékoztató érték, mert a görcsök és repedések miatt kiesés van). A megmunkálási ráhagyások: hosszra 15 mm, szélességre 8 mm, vastagságra 3 mm. A lábnál a vastagsági ráhagyás 4 mm (az anyag görbe lehet), a szélességi ráhagyás marad 8 mm.

A darabjegyzék kész méretekkel:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)
A1	Asztallap	3	bükk	800 × 200 × 40
A2	Keretléc (káva) hosszú	2	bükk	630 × 80 × 22
A3	Keretléc (káva) rövid	2	bükk	430 × 80 × 22
B1	Láb	4	bükk	720 × 60 × 60

(Megjegyzés: az asztallap három összeragasztott pallóból készül, ezért a darabjegyzékben 3 alkatrészt veszünk fel, mindegyik 200 mm széles, 40 mm vastag; ezeket szélesbítő toldással táblásítjuk.)

A szabásjegyzék a ráhagyásokkal:

Tétel	Megneve-zés	Db	Anyag	Kész méret (mm)	Nyers méret (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegy-zés
A1	Asztallap palló	3	bükk	800 × 200 × 40	815 × 208 × 43	rost hossz-irányban	táblási-tásra, szívoldal azonos irányba

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret (mm)	Nyers méret (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
A2	Keretléc hosszú	2	bükk	630 × 80 × 22	645 × 88 × 25	rost hossz-irányban	szél gyalulva
A3	Keretléc rövid	2	bükk	430 × 80 × 22	445 × 88 × 25	rost hossz-irányban	szél gyalulva
B1	Láb	4	bükk	720 × 60 × 60	735 × 68 × 64	rost hossz-irányban; nincs élzárás	szélességi ráhagyás 8 mm, vastagsági 4 mm

A nyers méretek számítása például az A1 asztallapnál: - hossz: 800 + 15 = 815 mm - szélesség: 200 + 8 = 208 mm - vastagság: 40 + 3 = 43 mm

A nyers méret 815 × 208 × 43 mm.

Anyagnorma tömörfára (m³). Minden nyers méretet méterre váltunk, és kiszámoljuk a térfogatot:

- A1 (3 db): $V = 3 \cdot 0{,}815 \cdot 0{,}208 \cdot 0{,}043 = 0{,}0219\,\mathrm{m}^3$
- A2 (2 db): $V = 2 \cdot 0{,}645 \cdot 0{,}088 \cdot 0{,}025 = 0{,}0028\,\mathrm{m}^3$
- A3 (2 db): $V = 2 \cdot 0{,}445 \cdot 0{,}088 \cdot 0{,}025 = 0{,}0020\,\mathrm{m}^3$
- B1 (4 db): $V = 4 \cdot 0{,}735 \cdot 0{,}068 \cdot 0{,}064 = 0{,}0128\,\mathrm{m}^3$

Összes nyers (szabási) térfogat: $V_{\text{nyers}} = 0{,}0219 + 0{,}0028 + 0{,}0020 + 0{,}0128 \approx 0{,}0395\,\mathrm{m}^3$.

A bruttó szükséglet a nyers térfogatra számított 25% hulladékkal:

$$V_{\text{bruttó}} = 0{,}0395 \cdot 1{,}25 = 0{,}0493\,\mathrm{m}^3$$

A megrendelésnél tehát kb. 0,049 m³ bükk fűrészárut kell kérnünk. A beépülő kész anyag térfogata a kész méretekből:

- A1: $3 \cdot 0{,}800 \cdot 0{,}200 \cdot 0{,}040 = 0{,}0192\,\mathrm{m}^3$
- A2: $2 \cdot 0{,}630 \cdot 0{,}080 \cdot 0{,}022 = 0{,}0022\,\mathrm{m}^3$
- A3: $2 \cdot 0{,}430 \cdot 0{,}080 \cdot 0{,}022 = 0{,}0015\,\mathrm{m}^3$
- B1: $4 \cdot 0{,}060 \cdot 0{,}060 \cdot 0{,}720 = 0{,}0104\,\mathrm{m}^3$

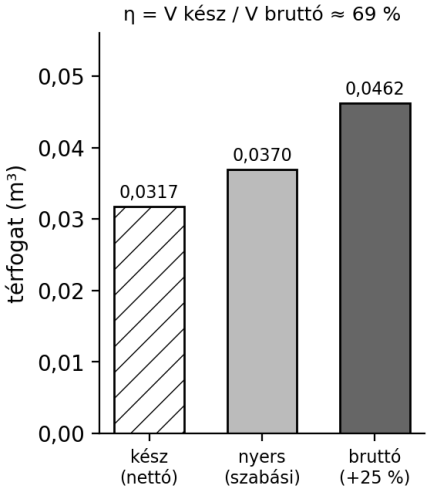
Összes kész (nettó) térfogat: $V_{\text{kész}} \approx 0{,}0333\,\mathrm{m}^3$. Az anyagkihozatal a definíció szerint:

$$\eta = \frac{V_{\text{kész}}}{V_{\text{bruttó}}} \cdot 100\,\% = \frac{0{,}0333}{0{,}0493} \cdot 100\,\% \approx 68\,\%$$

A különbség a ráhagyásokból és a hulladékból adódik. (A csak a ráhagyást mutató „szabási kihozatal” $V_{\text{kész}}/V_{\text{nyers}} = 0{,}0333/0{,}0395 \approx 84\,\%$; ezt ne keverd az anyagkihozatallal.)

Szabásjegyzék (mm, m³) – keretszerkezetű asztal

Tétel	Db	Kész h × sz × v	Ráhagyás	Nyers h × sz × v	V nyers (m³)
A1	3	800 × 200 × 40	15 / 8 / 3	815 × 208 × 43	0,0219
A2	2	800 × 40 × 20	15 / 8 / 3	815 × 48 × 23	0,0018
A3	2	560 × 40 × 20	15 / 8 / 3	575 × 48 × 23	0,0013
B1	4	720 × 60 × 60	15 / 4 / 4	735 × 64 × 64	0,0120
Össz.		**0,0317 m³**			**0,0370**



12.4. ábra. Szabásjegyzék-kalkulátor a keretszerkezetű asztal példáján: a kész méretekből a ráhagyásokkal nyers méret, ebből térfogat; a három mennyiség oszlopdiagramon. Kész (nettó) térfogat 0,0333 m³, nyers (szabási) térfogat 0,0395 m³, bruttó szükséglet 25 % hulladékkal 0,0493 m³; anyagkihozatal $\eta = V_{\text{kész}}/V_{\text{bruttó}} \approx 68\,\%$.

A HTML-változatban a táblázat mezői (darabszám, kész méret, ráhagyás) és a hulladékszázalék szerkeszthetők; a kalkulátor lépésenként kiírja a kész, a nyers és a bruttó térfogatot és az anyagkihozatalt.

12.2.8. Kidolgozott példa: kávás szekrény bútorlapból

Egy kávás szekrény külső mérete 800 mm széles, 500 mm mély, 850 mm magas (lábazat nélkül), a hátfal 3 mm-es HDF. A szekrény 18 mm vastag, melaminbevonatú P2 forgácslapból készül, a látható éleken élzáró csíkkal. A lapanyag táblaméret 2800 × 2070 mm. A hulladékszázalék lapanyagnál 12% (tájékoztató becslés, szabásterv nélkül).

A szekrény darabjegyzéke kész méretekkel (hossz × szélesség × vastagság):

Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret (mm)	Anyag	Élzárás
L1	Oldallap	2	832 × 470 × 18	P2 forgácslap	mind a 4 él
L2	Fenéklap	1	764 × 470 × 18	P2 forgácslap	elülső él
L3	Fedőlap	1	800 × 500 × 18	P2 forgácslap	mind a 4 él
L4	Polc	2	764 × 450 × 18	P2 forgácslap	elülső él
L5	Ajtó	2	780 × 392 × 18	P2 forgácslap	mind a 4 él
L6	Hátlap	1	830 × 796 × 3	HDF	nincs élzárás

(Az oldallap magassága: $850 - 18 = 832$ mm, mert a fedőlap felül ül, a fenék az oldalak közé kerül; a fenék hossza $800 - 2 \cdot 18 = 764$ mm.) A hátlap más anyag (HDF), ezért külön sorban, külön anyagszükséglettel számoljuk, nem a forgácslap táblájából.

A lapszabásnál a lapokat formatizáló fűrészen jellemzően közvetlenül kész méretre szabjuk (ellenőrizendő: üzemi technológia); ráhagyást csak akkor adunk, ha a lapot utólag élmarással vagy furnérozás után munkáljuk készre. Ebben a példában a forgácslap-alkatrészeket 6 mm ráhagyással szabjuk, majd az élzárás előtt méretre vágjuk (formatizáljuk), így az élzáró a kész

méretű élekre kerül. A HDF hátlapot csak méretre vágjuk, ráhagyás 5 mm. A szabásjegyzék nyers méretekkel és az élzáró hosszával (a kész méret éleiből):

Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret (mm)	Nyers méret (mm)	Élzárás (a kész méret éleiből)
L1	Oldallap	2	832 × 470 × 18	838 × 476 × 18	2 · (832 + 470) = 2604 mm / lap
L2	Fenéklap	1	764 × 470 × 18	770 × 476 × 18	764 mm
L3	Fedőlap	1	800 × 500 × 18	806 × 506 × 18	2 · (800 + 500) = 2600 mm
L4	Polc	2	764 × 450 × 18	770 × 456 × 18	764 mm / polc
L5	Ajtó	2	780 × 392 × 18	786 × 398 × 18	2 · (780 + 392) = 2344 mm / ajtó
L6	Hátlap	1	830 × 796 × 3	835 × 801 × 3	nincs

A forgácslap nettó (nyers) területe a nyers méretekből:

- Oldallapok: $2 \cdot 0{,}838 \cdot 0{,}476 = 0{,}7978\,\mathrm{m}^2$
- Fenéklap: $0{,}770 \cdot 0{,}476 = 0{,}3665\,\mathrm{m}^2$
- Fedőlap: $0{,}806 \cdot 0{,}506 = 0{,}4078\,\mathrm{m}^2$
- Polcok: $2 \cdot 0{,}770 \cdot 0{,}456 = 0{,}7022\,\mathrm{m}^2$
- Ajtók: $2 \cdot 0{,}786 \cdot 0{,}398 = 0{,}6257\,\mathrm{m}^2$

Összes forgácslap (nyers): $0{,}7978 + 0{,}3665 + 0{,}4078 + 0{,}7022 + 0{,}6257 = 2{,}9000\,\mathrm{m}^2$.

A bruttó szükséglet 12% hulladékkal:

$$A_{\text{bruttó}} = 2{,}900 \cdot 1{,}12 = 3{,}248\,\mathrm{m}^2$$

Egy tábla területe: $2{,}800 \cdot 2{,}070 = 5{,}796\,\mathrm{m}^2$. Ezért egyetlen forgácslap-tábla elég, mert $3{,}25 < 5{,}796$. A szabásterv elkészítése után derül ki, hogy valóban kijön-e egy táblából; ha nem, akkor két táblát kell rendelni. Mivel egész táblát vásárolunk, a tényleges beszerzési mennyiség 5,796 m², a kalkulációnál ezt kell figyelembe venni.

A HDF hátlap külön sor: nyers $0{,}835 \cdot 0{,}801 = 0{,}669\,\mathrm{m}^2$, 12% hulladékkal 0,749 m²; HDF-ből a gyártó táblaméretétől (vagy darabra szabott méretétől) függően 1 tábla vagy kisebb vágott lap rendelhető (ellenőrizendő: gyártói kínálat).

Az élzáró hossza a kész (formatizált) méret éleiből, élenként a gép szerinti túlnyúlással (itt $2 \cdot 20$ mm élenként, tájékoztató, ellenőrizendő: élzárógép gépkönyve):

- L1 (2 db): $2 \cdot 2\,604 = 5\,208$ mm
- L2: 764 mm
- L3: 2 600 mm
- L4 (2 db): $2 \cdot 764 = 1\,528$ mm

- L5 (2 db): $2 \cdot 2\,344 = 4\,688$ mm

Összesen: 14 788 mm. Az élzárt élek száma $2 \cdot 4 + 1 + 4 + 2 + 2 \cdot 4 = 23$, a túlnyúlás $23 \cdot 40 = 920$ mm. Az élzáró szükséglete $14\,788 + 920 = 15\,708$ mm $\approx 15{,}71$ fm, kerekítve 16 fm. Az élzáró vastagsága a lapvastagsághoz igazodik. A vasalatok darabszáma a szerelvényjegyzékből: zsanér 4 db, polctartó 8 db, összekötő csavar 4 db.

12.2.9. Recept: a szabásjegyzék és az anyagnorma elkészítésének lépései

Recept. A szabásjegyzék és az anyagnorma elkészítésének általános rendje:

1. Olvasd el a műszaki rajzot és a darabjegyzéket; gyűjtsd ki az összes alkatrészt.
2. Minden alkatrészhez írd fel a kész méretet hossz × szélesség × vastagság sorrendben.
3. Határozd meg a megmunkálási ráhagyásokat a gyártástechnológia, a gépállapot és a fa minősége alapján.
4. Számold ki a nyers méretet minden irányban: nyers méret = kész méret + ráhagyás.
5. Állítsd össze a szabásjegyzéket a megadott oszlopokkal; tüntesd fel a szálirányt és az élzárási igényt.
6. Azonos anyagú alkatrészek nyers térfogatát vagy területét add össze (nyers mennyiség); a kész méretekből számold a nettó (kész) mennyiséget is.
7. Vedd fel a hulladék- és vágási veszteség százalékát (tömörfa 20–40%, lapanyag 5–20% irányadó, ha nincs szabásterv).
8. Számold ki a bruttó szükségletet: nyers $\cdot$ (1 + h/100); az anyagkihozatal = kész / bruttó.
9. Ellenőrizd a mértékegységeket: tömörfa m^3, lapanyag m^2, élzáró fm, vasalat db.
10. Készíts anyagnorma táblázatot: anyag, mennyiség, mértékegység, egységár, érték (kalkulációhoz).

12.2.10. Minőségellenőrzés

A szabásjegyzék akkor jó, ha minden alkatrészt tartalmaz, a méretek és a darabszámok megegyeznek a rajzzal, a nyers méret valóban lehetővé teszi a megmunkálást, és a szálirány, élzárás jelölése egyértelmű. Az anyagnorma akkor jó, ha a mértékegységek helyesek, a nettó összegek pontosak, a hulladékszázalék indokolt, és a végeredmény nagyságrendileg hihető. Ellenőrzésnél minden számítást kétszer, lehetőleg más úton is elvégzünk: például a tömörfa térfogatot az összes kész alkatrész méretéből is kiszámoljuk, és a ráhagyásokkal összevetjük. Ha a szabásjegyzékben hibás darabszám van, anyaghiány vagy felesleges hulladék keletkezik.

12.2.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A szabásjegyzék a kész méretet adja meg nyers méretként, ráhagyás nélkül. **Ok.** A tanuló azt gondolja, hogy a fa mérete nem változik a megmunkálás során. **Javítás.** Minden irányban adjunk meg ráhagyást, és a nyers méretet is tüntessük fel.

Hiba. A tömörfa térfogatot rossz mértékegységgel számolják, például mm^3-ben hagyják és m^3-nek tekintik. **Ok.** Az átváltás elmarad. **Javítás.** A számolás során írjuk ki a mértékegységeket, és ellenőrizzük: $1\,000 \times 100 \times 25$ mm $= 2\,500\,000$ $\mathrm{mm}^3 = 0{,}0025$ m^3.

Hiba. A hulladékszázalékot a nyers anyagmennyiségből vonják le, nem hozzáadják. **Ok.** A nyers és bruttó fogalmak felcserélése. **Javítás.** A bruttó mindig nagyobb, mint a nyers (és a kész); a hulladék a nyers mennyiségre rakódik rá.

Hiba. Az élzáró hosszához nem adnak túlnyúlást vagy ráhagyást, ezért kevés lesz. **Ok.** Csak a kész méret éleit mérik össze, a gép szerinti túlnyúlást és a hulladékot nem. **Javítás.** Az élzáró hosszát a kész (formatizált) méret éleiből számoljuk, és élenként a gép szerinti túlnyúlást (pl. 2 · 20 mm) vagy 5–10% ráhagyást adunk hozzá (tájékoztató, ellenőrizendő).

12.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben egy asztalos elkészítette a szabásjegyzéket egy tölgyfa könyvespolchoz, de a lábaknál elfelejtette a vastagsági ráhagyást. A fűrészárut 52 × 52 mm-re rendelte (2 mm ráhagyás), a láb kész mérete 50 × 50 mm lett volna. Az anyag görbesége miatt az egyengetés után csak 47 × 47 mm-es, egyenes lábat lehetett kigyalulni, ami kisebb a rajzi méretnél: a csaplyuk falai elvékonyodtak, a lábakat újra kellett gyártani. A tanulság: a ráhagyásokat mindig a legrosszabb, még kezelhető anyagra kell méretezni, különben a gyártásban anyaghiány lesz. **(ellenőrizendő: a példa fiktív, tanulási célú)**

12.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A kész méret mindig kisebb, mint a nyers méret. Indokold!
2. Számold át: 840 × 210 × 28 mm = hány m³?
3. Egy szabásjegyzékben 4 db azonos alkatrész nyers mérete 1200 × 210 × 30 mm. Mennyi a nyers tömörfa-térfogat?
4. Mi a különbség a szabásjegyzék és a darabjegyzék között?
5. Miért kell az élzáró hosszát a kész méretből számolni, és mit adunk hozzá?
6. Ha a nyers anyagmennyiség 0,8 m³ és a hulladék 30%, mennyi a bruttó szükséglet?

12.2.13.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz, mert a nyers méret tartalmazza a megmunkálási ráhagyásokat, amelyeket a kész méret eléréséhez le kell munkálni.
2. 840 × 210 × 28 mm = 4 939 200 mm³ = 0,004 939 2 m³ ≈ 0,00494 m³.
3. Nyers térfogat: 4 · 1,2 · 0,21 · 0,03 = 0,03024 m³ (a nyers méretekből számolva; a kész méretekből számolt nettó térfogat ennél kisebb).
4. A darabjegyzék a kész méretekkel és anyagmegnevezésekkel sorolja fel az alkatrészeket; a szabásjegyzék ezen kívül nyers méreteket, ráhagyásokat, szálirányt, élzárást is megad.
5. Azért, mert az élzáró a formatizált, kész méretű alkatrész élére kerül; a gép szerinti túlnyúlást (pl. 2 · 20 mm élenként) vagy 5–10% ráhagyást adunk hozzá.
6. Bruttó = 0,8 · 1,30 = 1,04 m³.

12.2.14. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg a nyers méretet, ha a kész méret 600 × 300 × 22 mm, a hosszráhagyás 12 mm, a szélességi 7 mm, a vastagsági 3 mm.

2. feladat (A) Egy tömörfa polc nyers anyagmennyisége (a ráhagyással együtt) 0,010 m³, a kész térfogat is ennyinek tekintendő. A hulladékszázalék 25%. Mennyi a bruttó szükséglet és az anyagkihozatal?

3. feladat (B) Egy forgácslapból készülő ajtó kész mérete 496 × 396 × 18 mm. A lap szabásánál hosszra és szélességre 6 mm ráhagyást adunk. Az élzáró a formatizált, kész méretű lapra kerül. Mennyi élzáró szükséges, ha mind a 4 él le van zárva, és 5% ráhagyást számolunk?

4. feladat (B) Készíts szabásjegyzék-sort a következő alkatrészhez: tölgy asztallap, kész méret 1000 × 500 × 30 mm, 2 db, szálirány hosszban, nincs élzárás. A ráhagyások: hossz 15 mm, szélesség 8 mm, vastagság 3 mm. Írd be a megfelelő oszlopokba.

5. feladat (C) Egy konyhaszekrény oldallapja 720 mm magas, 560 mm mély, 18 mm vastag melaminlapból készül. A lapszabásnál 6 mm ráhagyás van hosszra és szélességre. A látható éleken élzáró szükséges. Mennyi élzáró kell a két oldallaphoz, ha az egyik hosszú és a két rövid él záródik le (a bütü nem látható)? Adjuk meg a nyers méreteket, és az élzáró hosszát a kész méretből 5% ráhagyással.

6. feladat (D) Készíts anyagnorma táblázatot (mintaárral) a fenti keretszerkezetű asztalhoz. A bükk fűrészáru egységára 320 000 Ft/m³, az élzáró nem kell, csavarok és ragasztó becsült költsége 2 500 Ft, csiszolópapír 800 Ft. Az árak mintaárak. A táblázat oszlopai: Anyag, Mennyiség, Egység, Egységár (Ft/egység), Érték (Ft). A munkabérrel nem számolunk, csak anyagköltség.

12.2.15. Megoldások

1. feladat
Nyers hossz = 600 + 12 = 612 mm; nyers szélesség = 300 + 7 = 307 mm; nyers vastagság = 22 + 3 = 25 mm. A nyers méret: 612 × 307 × 25 mm.

2. feladat
Bruttó = 0,010 · (1 + 0,25) = 0,0125 m³.
Anyagkihozatal = (0,010 / 0,0125) · 100% = 80%.

3. feladat
Az élzáró hosszát a kész méret éleiből számoljuk: 2 · (496 + 396) = 1 784 mm = 1,784 fm.
Ráhagyás 5%: 1,784 · 1,05 = 1,8732 fm ≈ 1,87 fm.

4. feladat
A szabásjegyzék sor:

Tétel	Megneve-zés	Db	Anyag	Kész méret (mm)	Nyers méret (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegy-zés
A1	Asztallap	2	tölgy	1000 × 500 × 30	1015 × 508 × 33	rost hosszban; nincs élzárás	táblásítás előtti palló

(A megjegyzés attól függ, hogy táblásított lapról vagy egy darab pallóról van szó; itt feltételezzük, hogy két külön asztallap alkatrész.)

5. feladat
Nyers méret oldallaponként: hossz 720 + 6 = 726 mm; szélesség 560 + 6 = 566 mm.
Az élzárás az egyik hosszú él és a két rövid él (a másik hosszú él nem látható). Élzáró hossz egy lapra a kész méretből: 720 + 2 · 560 = 1 840 mm = 1,84 fm.
Két lapra: 2 · 1,84 = 3,68 fm.
5% ráhagyás: 3,68 · 1,05 = 3,864 fm ≈ 3,86 fm.

6. feladat
Az anyagnorma táblázat a fenti asztalhoz:

Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft/egység)	Érték (Ft)
Bükk fűrészáru	0,049	m³	320 000	15 680
Csavar és ragasztó	1	csomag	2 500	2 500
Csiszolópapír	1	csomag	800	800
Összesen				**18 980**

A mintaár, a mennyiség kerekített, az értékek tájékoztató jellegűek. **(ellenőrizendő: beszállítói árak)**

12.2.16. Rövid összefoglaló

A szabásjegyzék a darabjegyzékből kiinduló, az anyagbeszerzést megalapozó dokumentum. Minden alkatrészhez megadja a kész méretet, a megmunkálási ráhagyásokat és a nyers (szabási) méretet. A nyers méret mindig nagyobb a kész méretnél, mert a fa a gyalulás, csiszolás, vágás során anyagot veszít. A ráhagyások nagysága függ a technológiától és az anyag minőségétől. Az anyagnorma a nyers anyagmennyiségből és a hulladék- és vágási veszteségből számítja ki a bruttó szükségletet: bruttó = nyers · (1 + h/100). Az anyagkihozatal a kész (nettó) és a bruttó hányadosa százalékban. Tömörfánál m³-ben, lapanyagnál m²-ben, élzárónál fm-ben, vasalatnál db-ban számolunk. A szabásjegyzék és az anyagnorma hibája anyaghiányt vagy felesleges költséget okoz. **Továbbvitt eredmény:** ez a dokumentum alapozza meg a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal, a Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, valamint az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alfejezeteit.

12.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari szakkönyvek a szabásjegyzék készítéséről; műszaki rajz és darabjegyzék szabványok (MSZ EN ISO 7200, MSZ EN ISO 128 – a pontos szám ellenőrizendő); gyártói lapanyag-adatlapok a táblaméretekhez; fűrészáru-termékszabványok a méret- és minőségi osztályokhoz.
Ellenőrizendő pontok: a megadott ráhagyásértékek helyi technológiai normái; a hulladékszázalékok üzemi adatai; a lapanyagok aktuális táblaméretei és vastagságai; az egységárak mintavételes beszállítói adatai; minden konkrét szabvány- és jogszabályszám hatályossága.

12.3. Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal

12.3.1. Motiváció

Képzeld el, hogy egy teljes konyhabútor-sorhoz megvetted a lapanyagot, és a műhelyben egymás után szabod le a táblákról az elemeket. Az utolsó szekrényajtóhoz már csak egy keskeny maradékcsík jut – rossz irányba fut rajta a dekor száliránya, és a vevő azonnal látná a hibát. Vagy: a szabás végén szembesülsz azzal, hogy a szükségesnél két táblával több fogyott, mert a kisebb darabokat rossz sorrendben, rossz helyen szabtad ki. Ilyenkor nem az anyagban van a hiba, hanem abban, hogy nem készült előtte **szabásterv** vagy **szabástérkép**. A most következő módszerekkel úgy tudsz lapot és fűrészárut felosztani, hogy a lehető legkevesebb anyag menjen hulladékba, a darabok száliránya helyes legyen, és a szabás a gépen is biztonságosan, jól követhetően menjen végig.

12.3.2. Szemléletes kép

Tételezzünk fel egy 2800 mm × 2070 mm-es bútorlapot, amelyből 400 mm × 600 mm-es polcokat kell kiszabni. A 10–15 mm-es szélezés után hasznos méret kb. 2770 × 2040 mm, a vágásszélesség 3 mm. Ha a táblát 400 mm-es sávokra osztod, a 2040 mm szélességből 5 sáv fér ki ($5 \cdot 400 + 4 \cdot 3 = 2012$ mm), és egy sávban a 2770 mm hosszon 4 db 600 mm-es polc van ($4 \cdot 600 + 3 \cdot 3 = 2409$ mm): összesen $5 \cdot 4 = 20$ polc. Ha a polcokat 600 mm-es sávokban szabod, csak 3 sáv fér ki ($3 \cdot 600 + 2 \cdot 3 = 1806$ mm), egy sávban 6 db 400 mm-es polc ($6 \cdot 400 + 5 \cdot 3 = 2415$ mm): $3 \cdot 6 = 18$ polc, és a megmaradó keskeny csík kevésbé hasznosítható. A két változat között tehát kb. 10% (2 db a 20-ból) a különbség, és a 400 mm-es sávos kiosztás a jobb – ezt a különbséget a szabástervvel előre látjuk.

12.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **szabásterv** a fűrészáru vagy lapanyag kiosztásának rajzos és táblázatos terve: megmutatja, melyik nyers táblából vagy lapból milyen sorrendben, milyen vágásokkal készülnek az alkatrészek, hol lesz hulladék, és mennyi az anyagkihozatal.

Definíció. A **szabástérkép** a lapanyag szabástervének rajza, amelyen a tábla mérete, a fűrészvágások helye, az alkatrészek megnevezése és a maradéklapok mérete látható. A fűrészárura inkább a **szabásjegyzék** és a **hossz-keresztvágási sorrend** a jellemző.

Definíció. Az **anyagkihozatal** a kész alkatrészek hasznos mennyiségének és a felhasznált nyersanyagnak az aránya, százalékban.

Összefüggés (fűrészáru, térfogatra).

$$\eta_a = \frac{V_{\text{kész}}}{V_{\text{felhasznált}}} \cdot 100\,\%$$

ahol $V_{\text{kész}}$ a kész alkatrészek **nettó** térfogata, $V_{\text{felhasznált}}$ pedig a szükséges nyers fűrészáru **bruttó** térfogata. A képletet mindig úgy értelmezzük, hogy a nettó térfogatba már nincs benne a ráhagyás, a vágási rés, a hibakiejtés és a szelvénykülönbség.

Összefüggés (lapanyag, felületre).

$$\eta_a = \frac{A_{\text{kész}}}{A_{\text{tábla}}} \cdot 100\,\%$$

ahol $A_{\text{kész}}$ az egy táblából kinyert kész (már szélezett, méretre vágott) lapalkatrészek felülete, $A_{\text{tábla}}$ pedig a teljes nyers tábla felülete. A gyakorlatban a fűrészvágás **vágásszélessége** és a szélezés is hulladék; ezt a veszteséget a bruttó méretekben vesszük figyelembe.

Szabály. A szabásterv készítése előtt mindig ellenőrizd a **rajz–anyag–művelet hármast**: a rajzból a darabjegyzék, a darabjegyzékből a szükséges alkatrészlista, az alkatrészlistából pedig a szabólista. Ha bármelyik hiányzik, előbb pótold, ne a szabógép mellett kezdj számolgatni.

Szabály. A szabásterven a darabokat a **bázisél–bázislap** elv szerint jelöld: az alkatrész egyik éle legyen a szabás nullpontja, és minden méret innen induljon. Így a szabásnál nem halmozódnak a mérési hibák, és a szálirány is ellenőrizhető.

Szabály. A szabásterv mindig tartalmazza a **szálirányt** vagy a dekor irányát. A furnér, a dekor és a farostlemez esetén is **nyilat vagy vonalat** rajzolunk a szálirányra, mert a dekor száliránya a kész bútoron is meghatározza a mintázatot.

Szabály. A szabási tervben **hibát, göcsöt, repedést** tartalmazó részt mindig jelölni kell, és a szabás sorrendjét úgy kell megválasztani, hogy a hiba a hulladékba essen, ne az alkatrészbe.

12.3.3.1. Fűrészáru szabásterve

A fűrészáru (tömörfa) szabásterve akkor jó, ha a fűrészelt anyag minőségi hibái, a vetemedések és a szálirány szerint is megtervezed a kiosztást.

1. **Anyagkiosztás.** Vedd elő a szabásjegyzéket, és írd minden alkatrész mellé a nyers méretet (ráhagyással). A ráhagyás függ a gyalulás, csiszolás és hosszvágás módjától; tömörfa esetén jellemzően 5–20 mm ráhagyással számolunk (ellenőrizendő: műhelyi technológia).
2. **Szálirány és hibaellenőrzés.** Nézd meg a deszkát: göcs, repedés, színelváltozás, gyanta, vetemedés, csavarodás. A hibákat jelöld krétával vagy ceruzával. A hibás rész a hasznos vágáshosszból **levonandó**, nem a hasznos alkatrészbe szabandó.
3. **Hosszvágás (szélezés).** Először a deszka szélét szabályozd: a bázisélt vágd egyenesre, majd a másik szélét párhuzamosra. Ezzel pontos szélességet kapsz.
4. **Darabolás.** A darabolást a hosszvágás után végezd, mert a szélezett deszkán könnyebb a pontos hossz, és a hosszvágás hibája már nem rontja a darabolást.
5. **Ráfűrészelés.** A szükséges hosszra ráhagyással vágj; a pontos hossz beállításához lehetőleg hosszütközőt használj, ne egyenként, jelölésre vágj. Darabolásnál a hosszütköző a tolóasztalon vagy a tolókocsin legyen, a párhuzamvezetőt ne használd egyszerre hosszütközőként (visszavágódás veszélye; ellenőrizendő: gépkönyv).

12.3.3.2. Lapanyag szabástérkép

A lapanyag szabástérképe a lapszabászat „térképe”: a táblát felülnézetben rajzoljuk le, és rárajzoljuk az alkatrészeket a méretükkel és a jelükkel.

1. **Táblaméret ellenőrzése.** Mindig mérd meg a vásárolt táblát, mert a szabványos táblaméretek néhány mm-rel eltérhetnek. Szabástérképen a valós táblaméretet tüntesd fel.
2. **Szélezési ráhagyás.** A táblák széle gyakran sérült, ferde vagy porózus; ezért szélezünk. Szabástérképen a tábla szélén 10–15 mm-es szélezési csíkot hagyjunk (ellenőrizendő: gépkönyv, gyakorlat).
3. **Vágásszélesség.** A lapszabászgépek fűrészlapja 2,5–4 mm vastag lehet (ellenőrizendő: gyártói adat). A szabástérképen a vágásszélességet is jelöld; ennyit minden vágásnál elvesztünk.
4. **Darabok elrendezése.** Lehetőleg úgy helyezd el az alkatrészeket, hogy a hosszú, egyenes vágások a tábla hosszoldalával párhuzamosak legyenek, és a darabok szorosan illeszkedjenek. Az alkatrészek között a vágásszélességet hagyd meg.
5. **Maradéklap.** A szabástérképen jelöld meg a táblából megmaradó részt is: méret, irány, felhasználhatóság. Az újrahasznosítható maradékot **maradéklapnak** nevezzük.

12.3.4. Anyagkihozatal

Számítás. Egy tábla szabástérképéből kiszámoljuk, hány százalékban hasznosul a lap.

Példa (lapanyag). Adott egy 2800 mm × 2070 mm-es bútorlap. Egy szabástérkép szerint a táblából 6 db 600 mm × 400 mm-es polc, 2 db 800 mm × 400 mm-es polc és 4 db 400 mm × 300 mm-es ajtóbetét készül. A tábla széleit 10 mm-rel szélezzük, a vágásszélesség 3 mm. A kérdés: mekkora az anyagkihozatal?

1. **A tábla bruttó felülete.** $A_{\text{tábla}} = 2{,}800 \cdot 2{,}070 = 5{,}796\,\text{m}^2$.
2. **A kész alkatrészek felülete.**
   - Polc 600 × 400: $0{,}6 \cdot 0{,}4 = 0{,}24\,\text{m}^2$; 6 db $\rightarrow 1{,}44\,\text{m}^2$.
   - Polc 800 × 400: $0{,}8 \cdot 0{,}4 = 0{,}32\,\text{m}^2$; 2 db $\rightarrow 0{,}64\,\text{m}^2$.
   - Ajtóbetét 400 × 300: $0{,}4 \cdot 0{,}3 = 0{,}12\,\text{m}^2$; 4 db $\rightarrow 0{,}48\,\text{m}^2$.
   - Összes nettó: $1{,}44 + 0{,}64 + 0{,}48 = 2{,}56\,\text{m}^2$.
3. **Kihozatal.** $\eta_a = \frac{2{,}56}{5{,}796} \cdot 100\,\% = 44{,}2\,\%$.

Ez alacsony; a fennmaradó 55,8% a szélezés, a vágások, a méretkülönbségek és a maradéklap. A valóságban a tábla más alkatrészeivel közösen szabva 60–75% is elérhető (ellenőrizendő: a konkrét szabástérkép szerint).

12.3.5. Optimalizáló program elve

A számítógépes szabásoptimalizáló úgy készít szabástérképet, hogy a darabokból **minimális hulladékú** elrendezést keres. A program a következő adatokat kéri:

- tábla mérete és anyaga,
- vágásszélesség,
- szélezési ráhagyás,
- a darabok listája, méretei, db-száma,
- a szálirány-vagy dekorirány-követelmény (pl. a dekor hossz- vagy keresztirányban fusson),
- forgathatóság (egyes lapok csak egy irányban vághatók, pl. nyílt dekor vagy furnér esetén).

A program ezután kirak egy vágási tervet, és megadja az anyagkihozatalt. A tervet mindig ellenőrizd, mert a program nem tudja figyelembe venni a valódi táblahibákat, a fűrészlap pillanatnyi állapotát, sem azt, hogy a szabász a gépen balról jobbra vagy jobbról balra szeret dolgozni.

12.3.6. Kidolgozott példa: konyhaszekrény-sor szabástérképe

Készítsünk szabástérképet egy konyhaszekrény-sor két bútorlap-táblájára. Az alkatrészlista (csak a lapanyagból készülő elemek, méretek mm-ben, a sorrend hossz × szélesség × vastagság; a hossz a dekor irányába, a tábla 2800 mm-es oldalával párhuzamosan esik):

Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret h × sz × v (mm)	Szálirány	Megjegyzés
1	Oldallap	4	720 × 560 × 18	függőleges	dekor hosszirányban
2	Ajtólap	4	720 × 350 × 18	függőleges	dekor hosszirányban
3	Fix polc	6	1000 × 330 × 18	vízszintes	dekor hosszirányban
4	Fiók homloklap	2	500 × 250 × 18	vízszintes	dekor hosszirányban
5	Fiók oldal	4	400 × 150 × 18	vízszintes	dekor hosszirányban

A tábla mérete 2800 × 2070 mm. Szélezés: 15 mm minden oldalon, így a hasznos méret 2770 × 2040 mm. Vágásszélesség: 3 mm. A szálirányt minden alkatrésznél a dekor hosszanti iránya adja (a tábla hossza 2800 mm).

Szabástérkép az 1. táblára (hasznos méret 2770 × 2040 mm):

A táblát a 2040 mm-es szélességben a tábla hosszával párhuzamos sávokra osztjuk; minden sávban az alkatrészek a 2770 mm-es hosszon követik egymást, köztük 3 mm vágással.

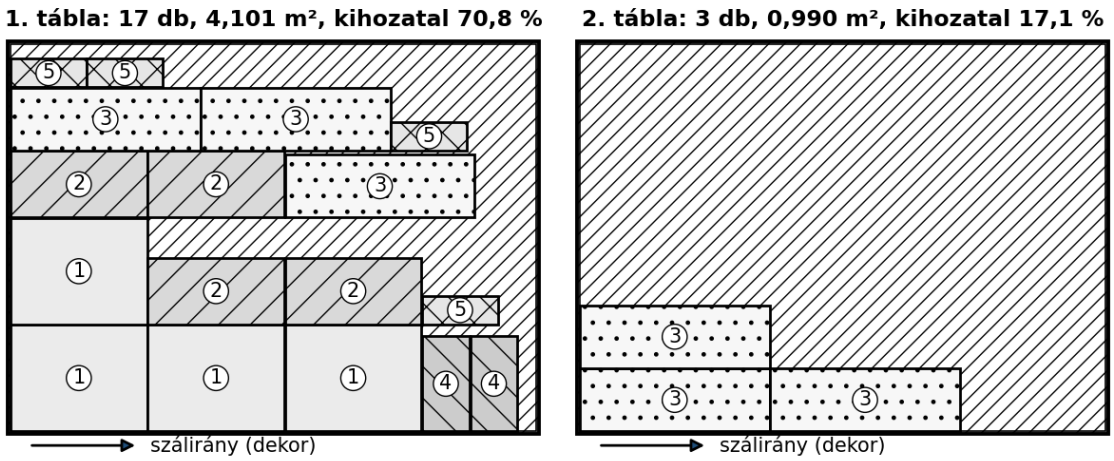
- 1. sáv, 560 mm: 2 db oldallap ($2 \cdot 720 + 3 = 1443$ mm), mellé 1 db fix polc 1000 × 330 ($1443 + 3 + 1000 = 2446$ mm).
- 2. sáv, 560 mm: ugyanígy 2 db oldallap és 1 db fix polc.
- 3. sáv, 350 mm: 2 db ajtólap (1443 mm), mellé 1 db fix polc (2446 mm).
- 4. sáv, 350 mm: 2 db ajtólap (1443 mm), mellé 2 db fiók homloklap 500 × 250 ($1443 + 3 + 500 + 3 + 500 = 2449$ mm).
- 5. sáv, 150 mm: 4 db fiók oldal 400 × 150 ($4 \cdot 400 + 3 \cdot 3 = 1609$ mm).
- A sávok szélessége a négy közbenső vágással: $560 + 560 + 350 + 350 + 150 + 4 \cdot 3 = 1982$ mm; a 2040 mm-ből 58 mm keskeny hulladékcsík marad.

Az 1. táblán így $4 + 4 + 3 + 2 + 4 = 17$ db készül. A hiányzó 3 fix polc a 2. táblára kerül (3 db 1000 × 330-as polc egymás mellett: $3 \cdot 330 + 2 \cdot 3 = 996$ mm szélességben).

Számítási példa a kihozatalra:

- Oldallap: $4 \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}56 = 4 \cdot 0{,}4032 = 1{,}6128$ m².
- Ajtólap: $4 \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}35 = 4 \cdot 0{,}252 = 1{,}008$ m².
- Fix polc (1. tábla): $3 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}33 = 0{,}99$ m².
- Fiók homloklap: $2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}25 = 0{,}25$ m².
- Fiók oldal: $4 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}15 = 0{,}24$ m².
- 1. tábla nettó felülete: $1{,}6128 + 1{,}008 + 0{,}99 + 0{,}25 + 0{,}24 = 4{,}1008$ m²; $\eta_a = \frac{4{,}1008}{5{,}796} \cdot 100\,\% \approx 70{,}8\,\%$.
- 2. tábla: $3 \cdot 0{,}33 = 0{,}99$ m²; $\eta_a = \frac{0{,}99}{5{,}796} \cdot 100\,\% \approx 17{,}1\,\%$.
- A két táblán együtt: $\frac{4{,}1008+0{,}99}{2 \cdot 5{,}796} \cdot 100\,\% = \frac{5{,}0908}{11{,}592} \cdot 100\,\% \approx 43{,}9\,\%$.

A 2. tábla nagy része maradéklap, amely más munkához felhasználható; ezért a valódi anyagveszteség kisebb, mint amit a 43,9% mutat. A kihozatalt mindig a ténylegesen szükséges darabokkal számold: egy fölösleges alkatrész nem hasznos felület.



12.5. ábra. A konyhaszekrény-sor 20 alkatrészének sávos szabástérképe két 2800 × 2070 mm-es táblán (15 mm szélezés, 3 mm vágásszélesség, a darabok a dekor irányában): az 1. táblán 17 db (kihozatal ≈ 70,8 %), a 2. táblán a maradék 3 polc (≈ 17,1 %, a többi újrahasznosítható maradéklap); a két táblán együtt ≈ 43,9 %. A számok egy egyszerű, ellenőrizhető kiosztás eredményei, nem optimumok.

A HTML-változatban a darablista, a táblaméret, a szélezés és a vágásszélesség szerkeszthető; egy egyszerű sávos kirakó kirajzolja a kiosztást, és kiírja a darabszámot és a kihozatalt. Az előbeállítások között a szemléletes kép két változata (400-as sávokkal 20 db, 600-as sávokkal 18 db) és a 3. feladat (16 db, elforgatott maradékkal 18 db) is szerepel.

Összevető táblázat: az 1. és a 2. tábla.

Szempont	1. tábla	2. tábla	Együtt
Oldallapok (db)	4	0	4
Ajtólapok (db)	4	0	4
Fix polcok (db)	3	3	6
Fiók homloklap (db)	2	0	2
Fiók oldal (db)	4	0	4
Nettó felület (m²)	4,1008	0,99	5,0908
Kihozatal	70,8%	17,1%	43,9%
Hulladék	keskeny csíkok	nagy, újrahasznosítható maradéklap	–
Szálirány	mindenütt hosszanti	mindenütt hosszanti	–

12.3.7. Technológiai lap: szabástérkép készítése és a lapszabás

Cél: lapanyag-táblából a szabásjegyzék szerinti alkatrészek pontos, minimális hulladékkal történő kiszabása.

Anyagok: bútorlap (2800 × 2070 mm, dekor), szabásjegyzék, maradéklap-jelölő.

Gépek és szerszámok: lapszabászgép (táblafelosztó fűrész), tolólap, mérőszalag, derékszögelő, ceruza, szabástérkép-rajz.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Használj védőszemüveget, hallásvédőt, fűrészpor ellen FFP2 légzésvédőt, szoros ruházatot, hajhálót. A lapszabászgépen mindig a fűrészlap védőburkolata, a hasítóék és a védőfedél legyen a helyén; a gépkönyv szerinti karbantartás. **A táblafelosztó fűrészgépen a vágás irányát és a tolóerőt csak a gépkönyv szerint válaszd meg.**

Indítás előtti ellenőrzés: fűrészlap éles, a vágásszélesség ismert, a védőburkolat a helyén, a hasítóék a fűrészlaphoz beállítva, a szerszám ép és szabályosan rögzített, a megengedett fordulatszám a gép fordulatszámánál nem kisebb, a párhuzamvezető **párhuzamos** a fűrészlappal (hátul inkább kissé nyíló, soha nem szűkülő; ellenőrizendő: gépkönyv), a tábla alatt nincs szeg vagy idegen anyag, a gépasztal tiszta, a légelszívás bekapcsolva, a vészleállító elérhető. Szerszámcsere, beállítás és takarítás előtt a gépet állítsd le, várd meg a szerszám megállását, és áramtalanítsd.

1. **Szabástérkép rajzolása.** Rajzold fel a táblát méretarányosan, a szélezést és a vágásszélességet is figyelembe véve. – ellenőrzés: minden darab belefér, a szélráhagyás megvan, a maradéklap egyben leemelhető.
2. **Táblajelölés.** A táblára ceruzával jelöld a fő vágásokat. – ellenőrzés: az alkatrész jele és a méret a szabásjegyzékkel egyezik.
3. **Első sorrendi vágás (hosszvágás).** Szabj ki egy sávot a tábla hosszából. – ellenőrzés: a vágás párhuzamos a tábla szélével, a szálirány a jelölésnek megfelelő.
4. **Sáv darabolása.** A sávot darabold a szükséges hosszra, a tolóasztalon vagy a tolókocsin lévő hosszütközővel. **Tilos** a párhuzamvezetőt hosszütközőként használni a levágott darab mögött: a fűrészlap és a vezető közé szoruló darab visszavágódhat (visszarúgás). Rövid darabot tolókocsival vagy tolófával vezess (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085 sorozat). – ellenőrzés: derékszög a derékszögelővel, 0,3 mm-en belül (tájékoztató).
5. **Darabok méretellenőrzése.** Mérj meg minden alkatrészt, és vond be a szabásjegyzékbe. – ellenőrzés: a kész méret a tűrésen belül van (pl. ±0,5 mm, tájékoztató).
6. **A következő sávok vágása.** Ismételd a vágásokat a szabástérkép szerint. – ellenőrzés: a táblából az összes darab kivágásra került, a maradéklapot a megfelelő polcra helyezzük.
7. **Takarítás és dokumentálás.** A gépet tisztítsd meg, a védőberendezéseket ellenőrizd, az anyaglistát rögzítsd a műhelynaplóban. – ellenőrzés: a munkaasztal és a padló fapor és maradványmentes.

12.3.8. Minőségellenőrzés

- **Méret:** minden alkatrészt tolómérővel vagy mérőszalaggal ellenőrzünk. Tűrés: tájékoztató jelleggel ±0,5 mm, de a késztermék minőségi előírása szerint lehet szigorúbb (ellenőrizendő).
- **Szálirány:** a furnér vagy dekor iránya a rajz szerinti. Rossz irány = a darab nem használható, mert a dekor mintája „keresztbe” áll.
- **Derékszög:** az oldallapok és ajtók sarkai 90°-osak. Ellenőrzés derékszögelővel: a hézag nem látható (0,2–0,3 mm alatt).
- **Vágásfelület:** a dekor nem forgácsolódik, a fűrészelt él tiszta. Ha a dekor széle kipattogott, a vágási sebességet, a fűrészlap élességét és a vágásirányt kell felülvizsgálni.
- **Szabástérkép és valóság:** a kivágott darabok száma és mérete egyezik a szabásjegyzékkel; a maradéklap mérete rögzítve.

12.3.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
Rossz szálirány az elemen	A szabástérképen nem jelölték a szálirányt, vagy a darabot elforgatták	Minden darabnál rajzold be a szálirányt; a szabásjegyzékben is jelöld
Többlet tábla fogy	A szabástérkép nem optimalizálta a kiosztást, vagy nem számolt a vágásszélességgel	Használj szabástérképet, mindig a vágásszélességgel növelt bruttó mérettel számolj
Az utolsó darab nem fér ki	A szélezési ráhagyást elhagyták, vagy a tábla valós mérete kisebb	A táblát mindig mérd meg; a terven tüntesd fel a szélezést
A dekor széle kipattog a vágásnál	Tompa fűrészlap, túl nagy előtolás, helytelen vágásirány	Használj éles, dekorhoz való fűrészlapot; lassíts, és a gépkönyv szerinti oldalon vágj
Sok apró hulladék	Sok, egymástól független, kis alkatrész egy táblára kerül	Csoportosítsd az azonos szélességű darabokat, sávosan szabj

12.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhelyben a tanuló a konyhaszekrény-sor szabásánál nem készített szabástérképet. A 15 db-os laprendelésből 3 tábla teljesen hulladék lett, mert az egyes darabokat „érzésre” szabta, és a dekor iránya is többször rosszul esett. A tanuló utólag kapta a feladatot, hogy rajzolja meg a szabástérképet ugyanarra a darablistára. Kiderült, hogy a 15 táblából 12 is elég lett volna, a maradék 3 táblát más munkához lehetett volna felhasználni. A tanulság: a szabástérkép nem papírmunka, hanem a költségek és a minőség előre gyártott ellenőrzése.

12.3.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A szabástérkép a szálirányt is rögzíti.
2. Igaz vagy hamis? A vágásszélesség elhanyagolható.
3. Írd fel az anyagkihozatal képletét lapanyagra!
4. Mit tartalmaz egy szabástérkép?
5. Hogyan növelhető az anyagkihozatal?

A válaszokat a „Megoldások” szakasz elején találod.

12.3.12. Feladatok

1. feladat (A) Számítsd ki egy 2800 × 2070 mm-es táblából az anyagkihozatalt, ha a kinyert alkatrészek összes nettó felülete 2,8 m².

2. feladat (A) Egy szabástérképen jelöld be, mit jelent a 15 mm-es szélezés és a 3 mm-es vágásszélesség: miért kell mindkettőt levonni?

3. feladat (B) Egy 2500 × 1250 mm-es HDF-táblából 500 × 300 mm-es elemet kell kiszabni. A vágásszélesség 3 mm, a szélezés 10 mm. Hány darab fér ki legfeljebb, és mennyi a maradék? Rajzold le szövegesen a szabástérképet!

4. feladat (B) Két szabásváltozatot hasonlítasz össze: Az A változat táblánként 55% kihozatalt ad, a B változat 68%-ot. Hány táblára van szükség 10 m² nettó alkatrészfelülethez az A, illetve a B esetben, ha egy tábla felülete 5,796 m²? A táblaszámot egész számra kerekítsd fel!

5. feladat (C) Miért nem jó az a szabástérkép, amelyen a polcok elforgatva, vegyesen vannak a dekor hosszirányával? Ismertesd a hiba okát és a helyes megoldást!

6. feladat (D) Készíts egy egyszerű szabástérképet egy 2070 × 1250 mm-es bútorlapra: 2 db 800 × 400 mm-es oldallap, 4 db 400 × 300 mm-es polc és 2 db 800 × 300 mm-es ajtóbetét. Tételezd fel a 10 mm-es szélezést és a 3 mm-es vágásszélességet. Rajzold le szövegesen, és számold ki a kihozatalt!

12.3.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz, mert a szabástérkép a nyers táblán az alkatrészek elhelyezését, a szálirányt és a vágásokat rögzíti.
2. Hamis, mert a vágásszélesség minden vágásnál hulladék; ha elhagyjuk, az utolsó darab nem fér ki.
3. $\eta_a = \frac{A_{\text{kész}}}{A_{\text{tábla}}} \cdot 100\,\%$.
4. A táblaméretet, a szélezést, a vágásszélességet, a darabok jelét, méretét és darabszámát, a szálirányt, valamint a maradéklapot.
5. Sávos szabással, az azonos szélességű darabokat egy sorba rendezve: így hosszú, egyenes vágások keletkeznek, kevesebb a hulladék, és a táblából több hasznos alkatrész nyerhető.

1. feladat (A) - Adott: $A_{\text{tábla}} = 2800 \cdot 2070 = 5\,796\,000\,\text{mm}^2 = 5{,}796\,\text{m}^2$; $A_{\text{kész}} = 2{,}8\,\text{m}^2$. - Keresett: η_a. - Képlet: $\eta_a = \frac{A_{\text{kész}}}{A_{\text{tábla}}} \cdot 100\,\%$. - Behelyettesítés: $\eta_a = \frac{2{,}8}{5{,}796} \cdot 100\,\% = 48{,}3\,\%$. - Ellenőrzés: 2,8 m² majdnem fele az 5,796 m²-nek, tehát a 48% nagyságrendileg helyes.

2. feladat (A) A szélezés a tábla sérült szélét távolítja el; a vágásszélesség a fűrészlap által elfogyasztott anyag. Mindkettőt le kell vonni, mert az alkatrész nettó mérete nem nő, ellenben a tábla bruttó mérete csökken. A szabástérképen a szélezést (pl. 10 mm-es csík) és a vágásszélességet (pl. 3 mm) is be kell rajzolni.

3. feladat (B) - Táblaméret: 2500 × 1250 mm. Szélezés 10 mm minden oldalon → hasznos méret: 2480 × 1230 mm. - Vágásszélességek: 3 mm. A 500 × 300 mm-es elemeket sávosan szabjuk. - A 300 mm-es sávokból a 1230 mm szélességben 4 fér el: $4 \cdot 300 + 3 \cdot 3 = 1209$ mm (21 mm marad). - Egy sávban a 2480 mm hosszon 4 db 500 mm-es elem fér el: $4 \cdot 500 + 3 \cdot 3 = 2009$ mm. Összesen $4 \cdot 4 = 16$ db. - A megmaradó, $2480 - 2009 - 3 = 468$ mm × 1230 mm-es mezőből – mivel HDF-nél nincs dekorirány, az elemek elforgathatók – még 2 db fér ki úgy, hogy az elem 300 mm-es oldala a 468 mm-es irányba, az 500 mm-es oldala a 1230 mm-es irányba esik ($2 \cdot 500 + 3 = 1003$ mm). Összesen **18 db**. - Maradék: kb. 165 × 1230 mm és 468 × 224 mm-es csík (a szélezés külön hulladék). - Ellenőrzés: kihozatal = $18 \cdot 0{,}15$ / 3,125 = 86,4% (a nettó felület a teljes 2500 × 1250 mm-es tábla 3,125 m²-éhez viszonyítva).

4. feladat (B) - A szükséges nettó felület: 10 m². - A tábla nettó kihozatala A változatnál: 55% → hasznos felület táblánként: $0{,}55 \cdot 5{,}796 = 3{,}188\,\text{m}^2$; táblaszám: $\frac{10}{3{,}188} = 3{,}14 \rightarrow 4$ tábla. - B változatnál: 68% → hasznos felület: $0{,}68 \cdot 5{,}796 = 3{,}941\,\text{m}^2$; táblaszám: $\frac{10}{3{,}941} = 2{,}54 \rightarrow 3$ tábla. - Tehát a B változattal egy táblát megtakarítunk; a táblák egészre kerekítve szükségesek.

5. feladat (C) Ha a polcokat elforgatva szabjuk, a dekor száliránya nem lesz azonos az alkatrész hossztengelyével. A kész bútoron a furnér és a dekor mintája irányt mutat; ha az asztallapokon az egyik darabon hosszanti, a másikon keresztirányú a mintázat, a felület foltos lesz, és a vevő

reklamál. A helyes megoldás: a szabástérképen minden darabon jelöld a szálirányt, és a kiosztást úgy tervezd, hogy a mintázat azonos irányba fusson, a táblán pedig a fűrészvágások a dekor szálirányával párhuzamosak maradjanak.

6. feladat (D) - Tábla: 2070 × 1250 mm. Szélezés 10 mm → hasznos: 2050 × 1230 mm. Vágásszélesség 3 mm. - A táblát a 2050 mm-es hosszával párhuzamos sávokra osztjuk (a sávok a 1230 mm-es szélességben követik egymást): - 1. sáv, 400 mm széles: 2 db 800 × 400 mm-es oldallap ($2 \cdot 800 + 3 = 1603$ mm ≤ 2050 mm); - 2. sáv, 300 mm széles: 4 db 400 × 300 mm-es polc ($4 \cdot 400 + 3 \cdot 3 = 1609$ mm ≤ 2050 mm); - 3. sáv, 300 mm széles: 2 db 800 × 300 mm-es ajtóbetét ($2 \cdot 800 + 3 = 1603$ mm ≤ 2050 mm). - A sávok szélessége a két közbenső vágással: $400 + 300 + 300 + 2 \cdot 3 = 1006$ mm ≤ 1230 mm; a maradék sáv 224 mm × 2050 mm (maradéklap, a szélezés külön hulladék). A szálirány mindenhol a tábla hosszával párhuzamos. - Nettó felület: $2 \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}4) + 4 \cdot (0{,}4 \cdot 0{,}3) + 2 \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}3) = 0{,}64 + 0{,}48 + 0{,}48 = 1{,}60$ m². - Tábla: $2{,}07 \cdot 1{,}25 = 2{,}5875$ m². - Kihozatal: $\eta_a = \frac{1{,}60}{2{,}5875} \cdot 100\,\% \approx 61{,}8\,\%$.

12.3.14. Rövid összefoglaló

A **szabásterv** a fűrészáru, a **szabástérkép** a lapanyag kiosztását rajzolja meg, és rögzíti a szálirányt, a szélezést, a vágásszélességet, a darabok jeleit és a maradéklapot. Az **anyagkihozatal** a felhasznált anyag és a kész alkatrész aránya: lapnál $\eta_a = \frac{A_{\text{kész}}}{A_{\text{tábla}}} \cdot 100\,\%$, fűrészárunál térfogatra számítva. A szabástervet a **bázisél–bázislap** elv szerint jelöljük, és minden hibát, vetemedést, szálirányeltérést a hulladék felé szabunk ki, ne az alkatrészbe. A fűrészáru szabásakor előbb hosszvágjuk, majd daraboljuk; a lapanyagot sávos kiosztással, hosszú, egyenes vágásokkal választjuk szét. A szabásoptimalizáló program adatot kér a tábláról, a vágásszélességről, a szélezésről, a darabokról és a szálirányról, ezért a kimenetet mindig ellenőrizni kell. A szabástérkép eredménye a lapszabászat, az anyagszükséglet-számítás és a kalkuláció alapja; ezek az eredmények továbbépülnek a Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák, a Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt és a Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő részekben.

12.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Fűrészáru-méretek és tűrések: MSZ EN 1313 sorozat (ellenőrizendő: pontos szám és hatály); szabásra vonatkozó üzemi előírások.
- Táblaméretek és lapanyag-tűrések: gyártói műszaki adatlapok (ellenőrizendő: konkrét táblaméret)
- Vágásszélesség: a gépkönyv és fűrészlapkatalógus adatai (ellenőrizendő: a használt lap vágásszélessége)
- Anyagkihozatali arányok tájékoztató jellegűek, műhelyenként és termékenként változnak (ellenőrizendő: saját gyakorlatban mérve)
- A szabásoptimalizáló szoftverek pontossága az adatbeviteltől függ; a tervet mindig a tényleges táblán is ellenőrizni kell (ellenőrzési pont).

12.4. Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra

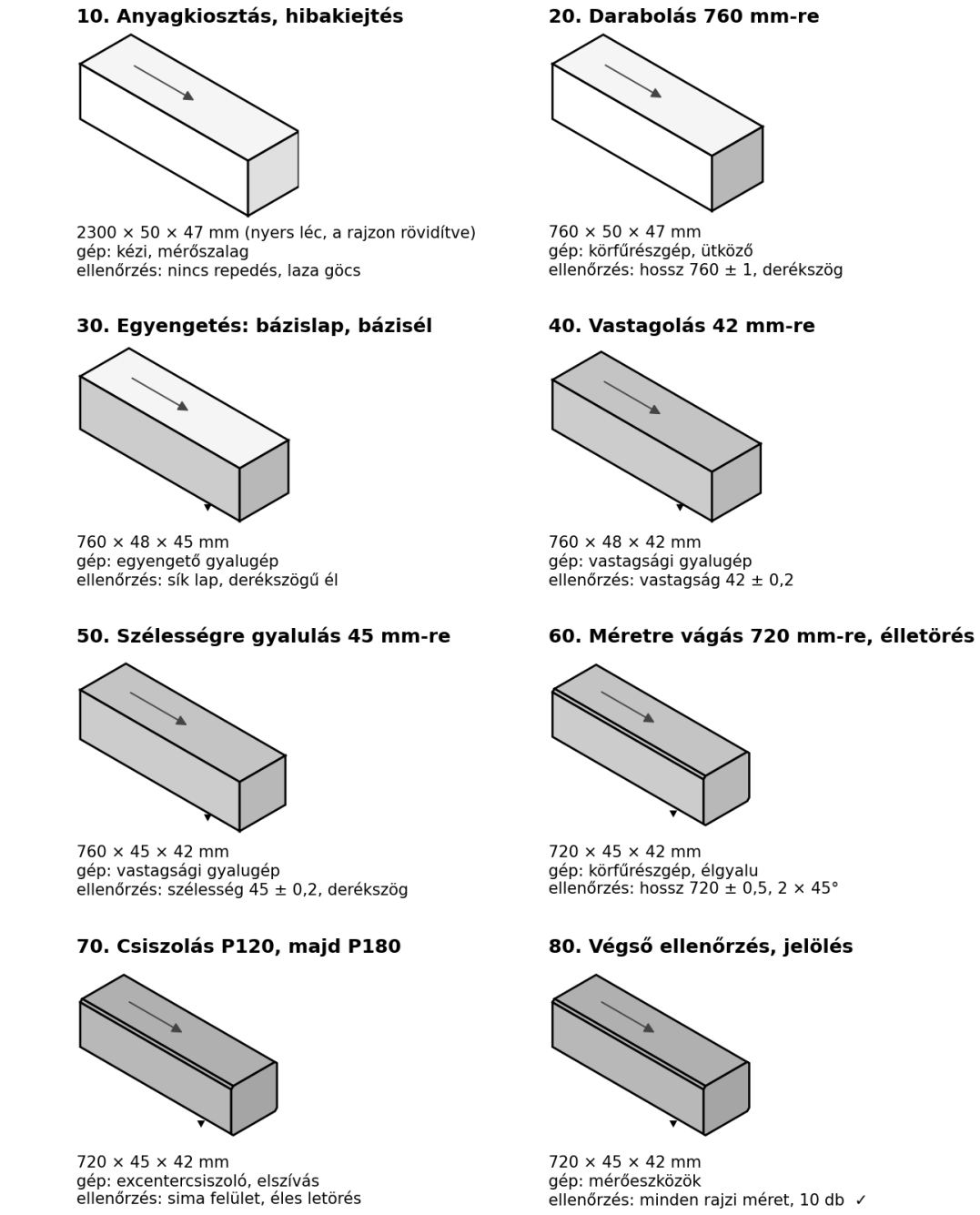
12.4.1. Miért van szükség műszaki leírásra és művelettervre?

Egy asztalosműhelyben a rajz önmagában még nem mondja meg, hogyan készül el a termék. A rajz megadja a méreteket, az anyagot és a szerkezetet, de nem írja le, melyik géppel kezdj a munkának, milyen sorrendben munkáld meg az alkatrészt, milyen beállítást használj, és mit ellenőrizz közben. Ha ezt minden alkalommal fejből találod ki, a termék minősége attól függ, ki dolgozik és milyen napja van. Ezért a műhelyben nemcsak rajzra, hanem **műszaki leírásra, művelettervre és gyártási folyamatábrára** is szükség van.

Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan készíts egy tömörfa alkatrészhez – például egy asztallábhoz – olyan dokumentumot, amelyből egy másik asztalos is ugyanazt az eredményt tudja előállítani.

12.4.2. Szemléletes kép: egy asztalláb útja

Képzeld el, hogy a műhelyben egy **720 mm hosszú, 45 × 42 mm keresztmetszetű tölgyfa asztallábat** kell gyártanod, 10 darabot. A rajz pontosan mutatja a kész méretet, az anyagot és a felületi követelményt. A műveletterv megmondja, hogyan juss el a fűrészárutól a kész lábig: anyagkiosztás, darabolás, egyengetés, vastagsági gyalulás, méretre vágás, élletörés, csiszolás, végső ellenőrzés. A gyártási folyamatábra pedig egyetlen pillantással mutatja az egész utat, az ellenőrzési pontokkal együtt.



Szürke: lemunkált felület; háromszög: bázisjel; nyíl a felső lapon: rostirány.
A képsor a hosszt rövidítve, a keresztmetszetet nagyítva mutatja; a valós méretek a feliratban.

12.6. ábra. Egy asztalláb útja: a munkadarab állapota a javított műveletterv nyolc lépésében, a nyers léctől (10) a darabolt (20), egyengetett (30: bázislap, bázisél), vastagolt (40) és szélességre gyalult (50) darabon át a 720 mm-re vágott, élletört (60), csiszolt (70) és ellenőrzött (80) kész lábig. A lemunkált felületek szürkék; minden kockánál a méret, a gép és az ellenőrzési pont.

12.4.3. A műszaki dokumentumok fogalma

Definíció. A **műszaki leírás** az a dokumentum, amely rögzíti, hogy milyen terméket kell előállítani: rendeltetés, anyagok, szerkezet, méretek, felületkezelés, vasalatok, beépítési és használati követelmények. Ez a „mit gyártunk” kérdésre válaszol.

Definíció. A **műveletterv** az a műhelyi dokumentum, amely egy alkatrész vagy termék gyártásához szükséges műveleteket sorolja fel a végrehajtás sorrendjében. Minden művelethez megadja a gépet vagy szerszámot, a beállítási adatot, az ellenőrzési módot és sokszor az időnormát is. Ez a „hogyan gyártjuk” kérdésre válaszol.

Definíció. A **technológiai leírás** a teljes gyártási eljárás részletes szabályozása: anyagelőkészítés, megmunkálási paraméterek, ragasztási és felületkezelési előírások, páratartalom- és hőmérséklet-követelmények, minőségi határértékek. A műveletterv ennek a leírásnak a termékre konkrétan alkalmazott, darabra lebontott változata.

Definíció. A **gyártási folyamatábra** a gyártási lépések, ellenőrzések és anyagáramlások grafikus ábrázolása. Jelölései: téglalap a művelet, rombusz az ellenőrzés vagy döntés, ovális a folyamat eleje és vége. A folyamatábránál a nyilak mutatják a haladás irányát.

A könyvben a **technológiai lap** egy gyakorlati recept: egyetlen műveletre vagy kis műveletcsoportra bontva közli az anyagokat, gépeket, biztonsági előírásokat, lépéseket és ellenőrzési pontokat. A műveletterv a teljes termék műveletsora, a technológiai lap pedig egy-egy művelet kiemelt, biztonsági szempontból is kidolgozott változata.

Továbbvitt eredmény. A műveletterv és a technológiai lap formáját használjuk a Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció, a Irodai szoftverek az asztalos munkájában és a A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés alfejezetekben. Ha itt jól megtanulod a szerkezetét, ott már csak a mélységet kell növelned.

12.4.4. A műszaki leírás tartalma

A műszaki leírás a vevő, a rajzoló és a műhely közös nyelve. Egy egyszerű tölgyfa asztalhoz például az alábbi táblázat szerint készülhet:

Rész	Tartalom (példa)
Termék megnevezése	Tölgyfa dohányzóasztal
Fő méretek	1200 × 600 × 450 mm
Anyag	tömör tölgy, 8–10 % fanedvesség, gőzölt felület (tájékoztató, ellenőrizendő)
Szerkezet	kávás asztallap, négy láb, csapos kötéssel
Felületkezelés	olaj, 2 réteg, gyártói adatlap szerint
Vasalatok	4 db asztalláb-rögzítő csavaros kötőelem (ellenőrizendő: gyártói adat)
Használati utasítás	beltéri használatra, max. relatív páratartalom 60 % (tájékoztató)
Karbantartás	száraz törlés, évente olajos ápolás, leírás szerint

Szabály. A műszaki leírás mindig a rajzzal és a szabásjegyzékkel együtt érvényes. Ha a rajz és a műszaki leírás ellentmond, azt a gyártás megkezdése előtt tisztázni kell.

A használati és karbantartási utasítás az ügyfélnek szóló rész. Egy beépített szekrénynél például rögzíteni kell, hogy a fafelületet ne érje tartósan víz, a vasalatokat időnként ellenőrizni kell, és a fényérzékeny fánál a napsugárzás színváltozást okozhat.

12.4.5. A műveletterv készítése lépésenként

A műveletterv készítése egyszerű recept szerint történik. Nem kell bonyolult szoftver; egy táblázat vagy akár egy füzet is megfelel.

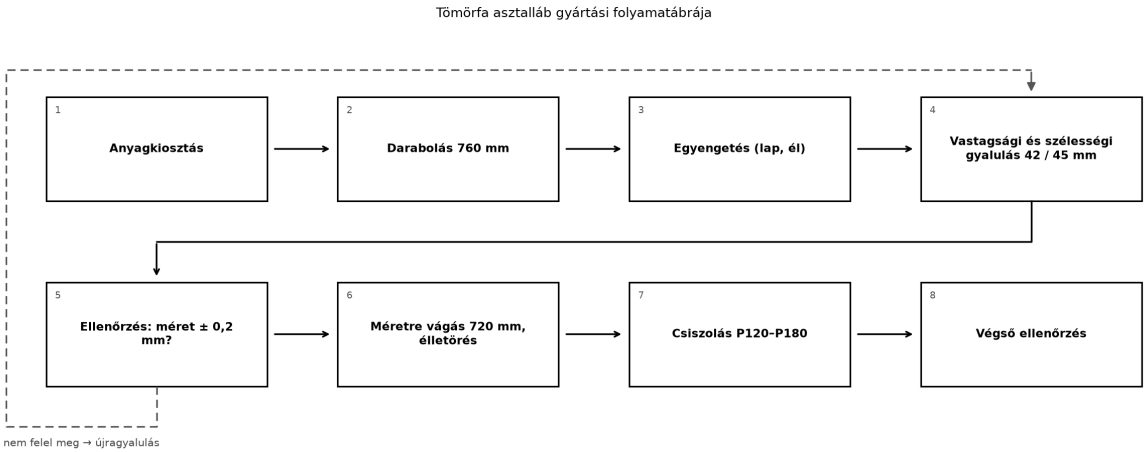
Recept – műveletterv készítése alkatrészhez

1. Olvasd le a rajzról a **kész méretet**, az anyagot, a darabszámot és a felületi követelményt.
2. Határozd meg a **nyers méretet** (ráhagyással), vagy vedd át a szabásjegyzékből (lásd Szabásjegyzék és anyagnorma).
3. Válaszd ki a **műveletek sorrendjét**: előbb a bázislap és bázisél, utána a méretre munkálás, végül a felületi műveletek. A csiszolás általában a gyalulás után, a felületkezelés előtt következik.
4. Minden művelethez rendeld hozzá a **gépet vagy szerszámot** és a **beállítási adatot** (például ütközőméret, fogásmélység, fordulatszám – tájékoztató érték).
5. Határozd meg az **ellenőrzési pontot**: mit mérsz, milyen mérőeszközzel, milyen tűréssel.
6. Ha szükséges, adj meg **időnormát** (min/db vagy óra/db). Ez lehet mérésből, tapasztalatból vagy számításból származó érték.
7. Sorszámozd a műveleteket 10-esével, hogy később műveletet tudj beszúrni (10, 20, 30…).
8. Ellenőrizd, hogy a sorrend betartja-e a „rajz–anyag–művelet hármas” elvét: a rajz minden mérete elkészüljön, az anyagnorma minden anyagtételét felhasználd, a műveleti sor pedig ne tartalmazzon felesleges visszalépést.

Megjegyzés. A művelettervben szereplő időnormák mindig tájékoztató jellegűek, hacsak nincs cégen belüli mért norma. A gépek beállítási értékeit a gépkönyv és a gyártói adatlap szerint kell ellenőrizni.

12.4.6. Gyártási folyamatábra olvasása és rajzolása

A gyártási folyamatábra akkor hasznos, ha a műhely vezetője vagy a vizsgabiztos egyszerre látja az egész termék útját. Az alábbi diagram egy tömörfa asztalláb gyártási folyamatát mutatja:



12.7. ábra. Tömörfa asztalláb gyártási folyamatábrája - Szemléltető folyamatábra a javított műveletterv alapján. Minden lépés téglalap; az 5. lépés ellenőrzés, a szaggatott nyíl a „nem felel meg → újragyalulás” visszacsatolás. A gépi műveletek előtt mindig indítás előtti ellenőrzés szükséges.

A folyamatábrán minden téglalap egy-egy műveletet jelöl, a nyilak mutatják, mi következik egymás után. Ez a rajzoló nem rajzol rombuszt, ezért az ellenőrzési pontot (5. lépés) a felirata jelzi, a szaggatott visszacsatoló nyíl pedig a „nem felel meg → újragyalulás” utat mutatja. Ha ellenőrzési pontot akarsz jelölni, rombuszt vagy aláhúzott téglalapot használj; a példában a végső ellenőrzés külön műveletként szerepel, mert önálló időt és figyelmet igényel.

A folyamatábrát nem kell rajzszerűen tökéletesen megszerkeszteni: a lényeg, hogy a műveletek sorrendje, a döntési pontok és a visszacsatolások egyértelműek legyenek. Egy bonyolultabb terméknél a „nem felel meg → vissza vastagsági gyalulásra” visszacsatolás is ábrázolható.

12.4.7. Kidolgozott példa: asztalláb gyártási műveletterve

Adott:

- Kész méret: hossz 720 mm, szélesség 45 mm, vastagság 42 mm.
- Anyag: tölgy fűrészáru, nyers méret 760 × 48 × 45 mm (ráhagyással).
- Darabszám: 10 db.
- Felület: csiszolt, olajozásra előkészített.

Műveletterv táblázat:

Művelet sorszáma	Művelet megnevezése	Gép / szerszám	Beállítás, készülék (tájékoztató)	Ellenőrzés	Időnorma (min/db)
10	Anyagkiosztás, hibakiejtés	kézi, mérőszalag, tolómérő	szálirány szerint	nincs repedés, laza göcs, elszíneződés	1,5
20	Darabolás 760 mm-re	asztalos körfűrészgép, keresztvágó ütköző	ütköző 760 mm, hasítóék, elszívás bekapcsolva	hossz 760 ± 1 mm, derékszög	0,8
30	Egyengető gyalulás: bázislap, bázisél	egyengető gyalugép	fogásmélység legfeljebb 2 mm, védőburkolat	lap sík, él derékszög 0,3 mm / 500 mm	2,0
40	Vastagsági gyalulás 42 mm-re	vastagsági gyalugép	asztalmagasság 42 mm, fogásmélység 1 mm	vastagság 42 ± 0,2 mm	1,5
50	Szélességre gyalulás 45 mm-re (a bázisél az asztalon)	vastagsági gyalugép	asztalmagasság 45 mm, fogásmélység 1,5 mm	szélesség 45 ± 0,2 mm, derékszög	1,2
60	Méretre vágás 720 mm-re, élletörés	asztalos körfűrészgép, kézi élgyalu	ütköző 720 mm, élletörés 2 × 45° (tájékoztató)	hossz 720 ± 0,5 mm, letörés egyenletes	1,0
70	Csiszolás P120, majd P180	kézi excentercsiszoló, elszívás	finom csiszolás	felület sima, élek nem gömbölyödnek	2,5

Művelet sorszáma	Művelet megnevezése	Gép / szerszám	Beállítás, készülék (tájékoztató)	Ellenőrzés	Időnorma (min/db)
80	Végső ellenőrzés, jelölés	mérőeszközök, ceruza	rajz szerinti méretek	nincs sérülés, darabszám 10 db	1,0

Számítás – időnorma és napi kapacitás.

A táblázat időnormáinak összege:

$$t_m = 1{,}5 + 0{,}8 + 2{,}0 + 1{,}5 + 1{,}2 + 1{,}0 + 2{,}5 + 1{,}0 = 11{,}5\,\text{min/db}.$$

Ez a **műveleti idő**. A valós műhelyben szünet, anyagmozgatás, gépbeállítás és várakozás is van. Ha a veszteségidőt 15 %-ra becsüljük, a tényleges darabidő:

$$t_d = \frac{t_m}{1 - \frac{15}{100}} = \frac{11{,}5}{0{,}85} \approx 13{,}5\,\text{min/db}.$$

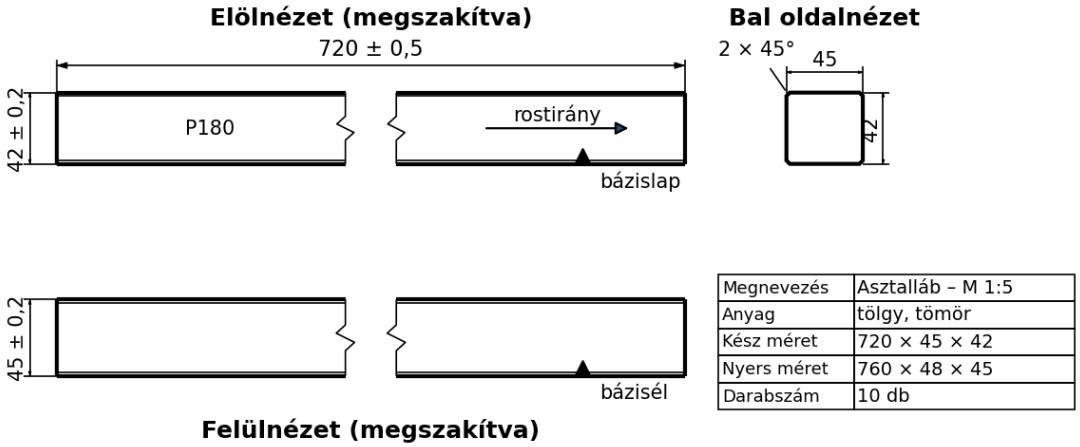
Ha egy munkanapban 450 perc hatékony idővel számolunk (7,5 óra), az elméleti darabszám:

$$N = \frac{450\,\text{min}}{13{,}5\,\text{min/db}} \approx 33\,\text{db/nap}.$$

Ellenőrzés: 33 db × 13,5 min/db = 445,5 min, ami belefér a 450 percbe. Ez tájékoztató kapacitásszámítás; a tényleges érték a műhely felszereltségétől és a dolgozó gyakorlatától függően eltérhet.

12.4.8. Az asztalláb alkatrészrajza

A műveletterv csak akkor érthető, ha a rajz pontos. Az alábbi ábraigény egy olyan alkatrészrajzot ír le, amely a művelettervhez tartozik.



12.8. ábra. A tölgy asztalláb alkatrészrajza (E vetítés, megszakított ábrázolással): elölnézet 720 × 42, alatta felülnézet 720 × 45, jobbra a bal oldalnézeten a 45 × 42 mm-es keresztmetszet 2 × 45°-os élletörésekkel; tűrések (720 ± 0,5, 45 ± 0,2, 42 ± 0,2), rostirány, bázislap- és báziséljel, rajzfej (tölgy, 10 db, nyers méret 760 × 48 × 45).

A keresztmetszet az oldalnézetben látszik; a felülnézeten a 45 mm-es szélesség. A HTML-változatban a műveletterv egy sorára mutatva kiemelődik az a felület vagy méret, amelyet az adott művelet állít elő.

12.4.9. Minőségellenőrzés

A műveletterv minden műveletéhez tartozik ellenőrzés. Az ellenőrzés nem a gyártás végén kezdődik, hanem minden lépés után.

Ellenőrzési pontok a műveletterv alapján:

- **Anyagkiosztásnál:** szemrevételezés; a lábon nem lehet repedés, laza göcs, szíjács-folt, ami a felületkezelt terméken átütne.
- **Darabolásnál:** mérőszalag és derékszögelő; a vágási felület merőleges a hossztengelyre.
- **Egyengetésnél:** acélvonalzó és derékszögelő; a bázislap sík, a bázisél derékszögű.
- **Vastagsági gyalulásnál:** tolómérő; a vastagság 42 ± 0,2 mm, a felület nem hullámos.
- **Szélességre gyalulásnál:** tolómérő és derékszögelő; a szélesség 45 ± 0,2 mm, a szög derékszög.
- **Méretre vágásnál:** tolómérő; a hossz 720 ± 0,5 mm; a letörés egyenletes.
- **Csiszolásnál:** szemrevételezés és tapintás; nincs karcolás, a P180-as csiszolat egyenletes.
- **Végső ellenőrzésnél:** minden méret a rajz szerint, darabszám stimmel, nincs sérülés.

Ha a méret eltér a tűréshatártól, a darabot vissza kell vezetni a megfelelő művelethez, vagy ha már nem javítható, selejtről kell döntést hozni.

12.4.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A műveletterv kihagyja az egyengetést, és közvetlenül vastagsági gyalura küldi a darabot.
Ok: a műveletterv készítője nem gondol a bázislap hiányára.
Helyes gyakorlat: előbb mindig egyengető gyalun készíts bázislapot és bázisélt, csak utána vastagsági gyaluval méretezz.

Hiba. A művelettervben a csiszolás a méretre vágás előtt szerepel.
Ok: a sorrendet csak időben írták fel, nem technológiailag.
Helyes gyakorlat: a méretre munkálás és az élletörés előzze meg a végső csiszolást, mert a gépi vágás és gyalulás megsértheti a csiszolt felületet.

Hiba. A műveletterv nem tartalmaz ellenőrzési pontokat, csak gépeket.
Ok: a készítő dokumentumot akart rövidíteni, de ezzel a gyártás közbeni hibák nem derülnek ki időben.
Helyes gyakorlat: minden művelet után legyen konkrét, mérhető ellenőrzés.

12.4.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben a tanuló egy 600 mm hosszú, 40 × 40 mm-es tölgyfa asztallábat kapott azzal az utasítással: „csináld meg úgy, mint a múltkor”. A rajz rendelkezésre állt, de műveletterv nem. A tanuló emlékezetből előbb vastagsági gyalult, majd egyengetett. A vastagsági gyalu a görbe darabot görbén hagyta; az egyengetés után a láb a kész méretnél vékonyabb lett, és nem lett egyenes, mert a bázislap nem volt sík. A lábat végül újra kellett készíteni.

A tanulság: a műveletterv nem felesleges papírmunka, hanem a gyártás megbízhatóságát biztosítja. Ha megvan a műveletsor, a kevésbé gyakorlott dolgozó is következetesen jó alkatrészt készít, és a hiba okát is könnyebb megtalálni.

12.4.12. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis:** A műveletterv csak a gépek nevét tartalmazza, az ellenőrzést nem.

2. Melyik dokumentum tartalmazza a használati és karbantartási utasítást?

3. Sorold fel a műveletterv javasolt oszlopait legalább öt elemmel.

4. Mi a különbség a technológiai leírás és a technológiai lap között?

5. Egy alkatrész műveleti ideje 8,4 min/db, a veszteségidő 20 %. Mennyi a tényleges darabidő?

6. Mi a hiba ebben a műveletsorban: „először csiszolás P180-nal, utána vastagsági gyalulás”?

12.4.13. Feladatok

1. feladat (A)
Definiáld a művelettervet, és írd le, mi a szerepe a műhelyben.

2. feladat (A)
Sorold fel a műszaki leírás legalább hat tartalmi elemét, és mindegyikhez írj egy-egy példát egy tölgyfa dohányzóasztalra.

3. feladat (B)
Készíts művelettervet egy 500 × 200 × 20 mm-es tölgyfa polclaphoz, ahol a nyers méret 520 × 210 × 25 mm. Legalább öt műveletet adj meg, géppel, ellenőrzéssel.

4. feladat (B)
Olvasd le a fenti gyártási folyamatábráról: hány műveleti lépés van, és melyik művelet után következik a végső ellenőrzés?

5. feladat (C)
Egy asztalos összevonja a darabolást és a méretre vágást, mert „úgy gyorsabb”: a nyers fűrészárut rögtön 720 mm-re vágja, ráhagyás nélkül, és utána gyalul. Magyarázd el, miért lehet ez kockázatos, és mi a helyes sorrend.

6. feladat (D)
Tervezd meg egy 1200 × 600 mm-es forgácslap élzárásának művelettervét és becsült időnormáját. A lap négy oldalát élzáróval kell ellátni, majd az éleket leélezni. Vegyél fel reális műveleti időket (tájékoztató), számold ki a tényleges darabidőt 10 % veszteséggel, és becsüld meg, hány lap készülhet el egy 450 perces munkanapon.

12.4.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A műveletterv a gépek mellett a műveletek sorrendjét, beállítási adatokat, ellenőrzési módokat és sokszor időnormát is tartalmaz.

2. A műszaki leírás tartalmazza a használati és karbantartási utasítást.

3. Művelet sorszáma, művelet megnevezése, gép/szerszám, beállítás, ellenőrzés, időnorma.

4. A technológiai leírás a teljes gyártási eljárás általános szabályait, paramétereit adja meg; a technológiai lap egy konkrét műveletre lebontott, lépésekre, biztonsági előírásokra és ellenőrzésekre bontott gyakorlati recept.

5. $t_d = 8{,}4/(1-0{,}20) = 8{,}4/0{,}8 = 10{,}5\,\text{min/db}$.

6. A sorrend hibás, mert a vastagsági gyalulás tönkreteszi a csiszolt felületet; a csiszolásnak a gyalulás után kell következnie.

Feladatok megoldása

1. feladat (A)
A műveletterv olyan dokumentum, amely egy alkatrész vagy termék gyártásához szükséges műveleteket sorolja fel a végrehajtás sorrendjében, és minden művelethez gépet, szerszámot, beállítást, ellenőrzést és időnormát rendel. Szerepe, hogy a gyártás megismételhető, ellenőrizhető legyen, és ne függjön a dolgozó emlékezetétől.

2. feladat (A)
Lehetséges elemek: termék megnevezése (dohányzóasztal), fő méretek (1200 × 600 × 450 mm), anyag (tömör tölgy), szerkezet (kávás, lábak csapos kötéssel), felületkezelés (olaj, 2 réteg), vasalatok (4 db rögzítőcsavar), használati utasítás (beltéri, max. 60 % relatív páratartalom), karbantartás (száraz törlés, évente olajozás).

3. feladat (B)
Példa műveletterv polclaphoz:

Művelet	Gép / szerszám	Ellenőrzés
Anyagkiosztás, hibakiejtés	kézi	nincs élcsorbulás, vetemedés
Darabolás 520 × 210 mm-re	asztalos körfűrészgép	méret 520 ± 1 mm, 210 ± 1 mm

Művelet	Gép / szerszám	Ellenőrzés
Egyengető gyalulás bázislap, bázisél	egyengető gyalugép	lap sík, él derékszög
Vastagsági gyalulás 20 mm-re	vastagsági gyalugép	20 ± 0,2 mm
Szélességre hasítás 200 mm-re (a bázisél a párhuzamvezetőn, hasítóékkel)	asztalos körfűrészgép	200 ± 0,5 mm, párhuzamos
Méretre vágás 500 mm-re	asztalos körfűrészgép, hosszütköző	500 ± 0,5 mm, derékszög
Csiszolás P120–P180	excentercsiszoló	felület sima

4. feladat (B)
A folyamatábrán nyolc lépés van: anyagkiosztás, darabolás, egyengetés, vastagsági és szélességi gyalulás, ellenőrzés, méretre vágás és élletörés, csiszolás, végső ellenőrzés – ebből hat gyártási művelet és két ellenőrzési pont. A végső ellenőrzés (8. lépés) a csiszolás után következik.

5. feladat (C)
Ha a fűrészárut rögtön kész méretre vágják, nincs ráhagyás a gyalulásra. Az egyengető és vastagsági gyalulás anyagot vesz le, így a végleges méret kisebb lesz a rajznál. Ezen kívül a nyers fűrészáru vetemedése miatt a bázislap kialakítása előtt nem lehet pontosan méretre vágni. Helyes sorrend: darabolás ráhagyással (760 mm), egyengetés, vastagsági gyalulás, majd méretre vágás 720 mm-re.

6. feladat (D)
Példa műveletterv és időnorma:

Művelet	Idő (min/db)
Lap ellenőrzése, élek portalanítása	0,5
Élzárás felvasalása vagy felhelyezése	3,0
Leélezés, élek simítása	2,5
Végső ellenőrzés	0,5
Összes műveleti idő	6,5

Veszteség: 10 %, tehát $t_d = 6{,}5/0{,}9 \approx 7{,}2\,\text{min/db}$.
Napi darabszám: $450/7{,}2 \approx 62\,\text{lap/nap}$.
Ez tájékoztató érték; az élzáró gép sebessége és a gyakorlat jelentősen módosítja.

12.4.15. Rövid összefoglaló

A **műszaki leírás** rögzíti, milyen terméket kell gyártani: anyagok, szerkezet, méretek, felületkezelés, vasalatok, használati és karbantartási utasítás. A **műveletterv** a gyártás műveleteit sorolja fel sorrendben, géppel, szerszámmal, beállítással, ellenőrzéssel és időnormával. A **technológiai leírás** a teljes eljárás általános szabályait adja, a **technológiai lap** pedig egy-egy műveletre lebontott, biztonsági előírásokkal ellátott gyakorlati recept. A **gyártási folyamatábra** a műveletek sorrendjét és az ellenőrzési pontokat grafikusan mutatja. A műveletterv készítésekor a rajzról indulunk, meghatározzuk a nyers méretet, majd a bázislap és bázisél kialakítása után haladunk a méretre munkálás és a felületi műveletek felé. A csiszolás mindig a gyalulás után következik. Az időnorma számításánál a műveleti időt a veszteségidővel növeljük, így kapjuk a tényleges darabidőt. A műveletterv et a minőségbiztosításban, a számítógépes gyártástervezésben és a vizsgaremek dokumentációjában is használjuk.

12.4.16. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: szakkönyvi műhelygyakorlat; minőségirányítási dokumentációs alapelvek (MSZ EN ISO 9001 – ellenőrizendő a hatályos kiadás); a könyv korábbi alfejezete, különösen a Szabásjegyzék és anyagnorma.

Ellenőrizendő pontok: a megadott időnormák, fogásmélységek, ütközőméretek és tűrések tájékoztató jellegűek, műhelyenként és géptípusonként eltérhetnek; a műszaki leíráshoz tartozó anyagjellemzők (például fanedvesség, relatív páratartalom) és a vasalatok gyártói adatai a termék dokumentációjából ellenőrizendők.

12.5. Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása

12.5.1. Motiváció

Képzeld el, hogy a vevő beépített szekrényt rendel a hálószobába. A gyártás a műhelyben történik, de a méreteket a helyszínen kell felvenned. Ha a fal nem függőleges, a mennyezet nem vízszintes, vagy a sarok nem pontosan 90°, a gyárilag tökéletesen derékszögű szekrény nem fog illeszkedni. A helyszínen dől el, hogy a termék beszerelése simán megy, vagy hosszú, költséges javítással jár. Ugyanez igaz egy régi ajtótok cseréjére: ha rosszul méred fel a falnyílást vagy a tok falazatban elfoglalt helyzetét, az új tok egyszerűen nem fér be, vagy körben nagy hézagok keletkeznek. A felmérés célja, hogy a műhelyrajz és a szabásjegyzék a **valóságos** geometrián alapuljon, ne csak a feltételezett, elvi méreteken.

12.5.2. Szemléletes kép

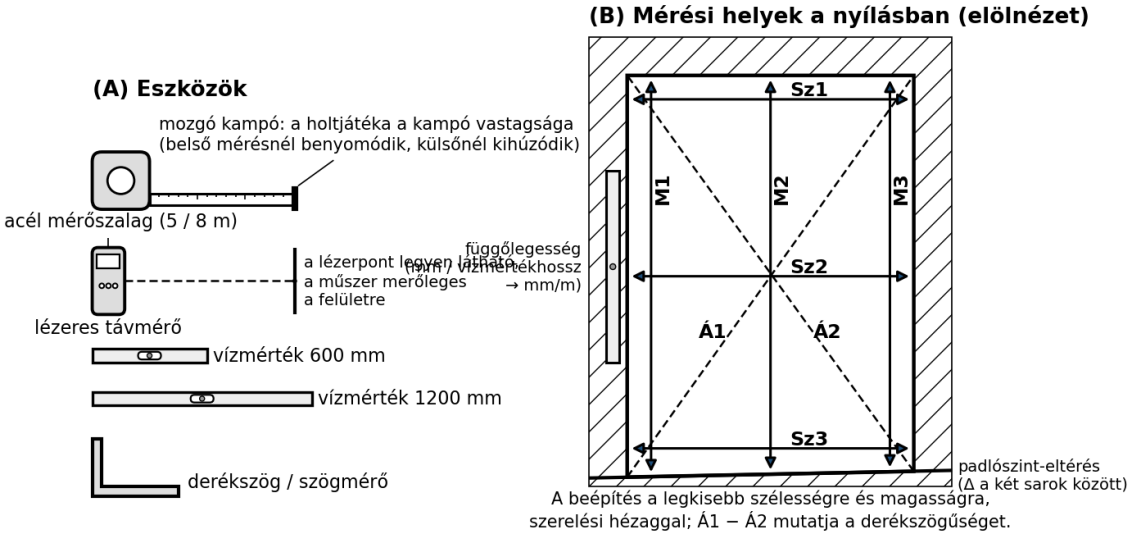
Képzelj el egy régi polgári lakás konyháját. A fal hosszát a mérőszalag az egyik magasságban 3010 mm-nek, a másikban 2992 mm-nek mutatja. A padló és a mennyezet között a jobb sarokban 2710 mm a távolság, a bal sarokban 2735 mm. A fal közepén egy beázás miatt régi, vastag vakolatbuborék látszik. A falon vízszintesen végigfut egy 30 mm mély gépészeti álfal, amiben a csatornacső és a vízóra helyezkedik el. Ha csak annyit írsz a felmérési lapra, hogy „konyha falhossza kb. 3 m”, akkor a konyhaszekrény pultját kénytelen lesz a helyszínen méretre vágni, a takarólécet hézaggal felszerelni, és a falon lévő kiállást sem fogja eltakarni a bútortest. A jó felmérés pontosan rögzíti ezeket a hibákat és a kiálló akadályokat, mielőtt a terv egyáltalán elkészülne.

12.5.3. Alapfogalmak és a felmérés eszközei

Definíció. A **helyszíni felmérés** olyan műszaki adatgyűjtés, amelynek során a beépítendő vagy javítandó termék pontos környezetét, méreteit, anyagait és a csatlakozó szerkezetek állapotát dokumentáljuk. A felmérés eredménye mindig **felvételi vázlat**, **felmérési lap** és **fényképes dokumentáció**.

A felmérés csak akkor pontos, ha megfelelő eszközöket használsz. A legfontosabbak: - **Acél mérőszalag (5 m vagy 8 m, milliméter beosztással):** Alapmérésre. A gumiból készült szabószalag nem alkalmas, mert megnyúlik; a mérőszalag elején a kampó holtjátéka miatt mindig ugyanott fogd fel az eredetet. - **Lézeres távolságmérő:** Hosszú falak, mennyezetmagasság mérésére. Előnye, hogy egyedül is tudsz nagy távolságot mérni; hátránya, hogy fényes, tükröződő vagy sötét, érdes felületen pontatlan lehet. Csak akkor használd, ha a lézerpont látható, és az eszköz derékszögben áll a felülethez. - **Vízmérték (alumínium, 600 mm és 1200 mm):**

Függőleges és vízszintes síkok ellenőrzésére. A libella pontosságát rendszeresen ellenőrizni kell egy ismert függőleges élen vagy sík felületen. - **Lézeres szintező / lézeres tengelyvetítő:** Nagy felületek, vízszintes- és függőleges vonalak kijelölésére és ellenőrzésére. Mennyezet- és padlóvonaltávolságok mérésére is kiváló. Kerüld közvetlen napfényben, mert a lézersugár rosszul látszik. - **Szögmérő / digitális szögmérő:** A falak egymáshoz viszonyított szögének mérésére. A bútorok 90°-os síkok, ezért ha a falak szöge nem pontosan 90°, ezt számszerűen rögzítened kell. - **Függőón vagy falvastagságmérő (tolómérő):** Falnyílások káva- és falvastagságának ellenőrzésére, ahol a mérőszalag nem elérhető. - **Rajzeszközök (klipboard, B vagy HB grafitceruza, radír, papír):** A vázlat készítéséhez. A papírra előre rajzolhatsz négyzetrácsot, hogy az arányokat könnyebben tartsd. - **Okostelefon / fényképezőgép:** Fotódokumentáció, irányfénykép, beállítások rögzítése. A fénykép önállóan nem helyettesíti a méreteket, de később segít a részletek felidézésében.



12.9. ábra. A felmérés eszközei és mérési helyei: acél mérőszalag a mozgó kampóval, lézeres távmérő, 600 és 1200 mm-es vízmérték, derékszög; egy beépítendő nyílásban a szélesség felül, középen és alul (Sz1–Sz3), a magasság bal oldalt, középen és jobb oldalt (M1–M3), a két átló (Á1, Á2), a káva függőlegessége vízmértékkel és a padlószint eltérése. A beépítés a legkisebb méretre, szerelési hézaggal történik.

A HTML-változat gyakorló lapján a mért értékek beállíthatók: a lap kiemeli a legkisebb szélességet és magasságot, és kiszámolja az átlók különbségét.

Szabály. Mindig a termék beépíthetőségét mérd fel, nem csak a helyiség elvi méretét. A termék mérete nem egyenlő a fal hosszával; minden beépítési feltételt (hézag, gépészet, falhiba, szintek) külön kell rögzíteni.

12.5.4. A felmérés menete

A helyszíni felmérés meghatározott sorrendben halad, mert ha csak összevissza méregetsz, előbb-utóbb kihagysz egy sarkot vagy egy átlót. A menet három részre bontható: **előfelmérés**, **főmérés** és **ellenőrző mérések**.

1. **Előfelmérés.** Körbejárod a helyszínt, lefotózod, szabadkézzel megrajzolod az alaprajzi vázlatot, és megkeresed az akadályokat (gépészet, nyílások, falhibák). Ebben a lépésben még nem méretezel.

2. **Főmérés.** A vázlatra felírod a falak hosszát három magasságban, a belmagasságot legalább három pontban, a nyílások szélességét és magasságát, a falvastagságot. Mindig az azonos típusú méreteket gyűjtsd egy sorba.
3. **Ellenőrző mérések.** Derékszög (átlómérés vagy 3-4-5 háromszög), függőlegesség, vízszintesség, szintek, majd a mért értékek visszaellenőrzése egy másik úton (pl. a három falhossz összevetése). Az alábbi Technológiai lap lépései ezt részletezik.

Átlómérés. Nyílásnál vagy sarkos beépítésnél a két átlót (Á1, Á2) is megmérjük. Ha a két átló különbsége nagyobb néhány milliméternél (tájékoztató: 3 mm, ellenőrizendő), a nyílás nem derékszögű, és ezt a vázlatra kell írni; a bútort ilyenkor a legkisebb méretre, illesztőléccel építjük be.

Függőlegesség. A falat vagy a nyílás szárát a vízmértékkel mérjük: a vízmérték hosszán leolvasott eltérést mm-ben felírjuk, majd mm/m-re átszámoljuk. Példa: 1200 mm-es vízmértéken 3 mm eltérés $3/1{,}2 = 2{,}5$ mm/m, egy 2,7 m magas falon kb. $2{,}5 \cdot 2{,}7 \approx 6{,}8$ mm.

Szintek. A szintet egy kijelölt alaphoz (a kész padlószinthez, jele ±0,00) viszonyítva jelöljük; a parapetmagasságot és a gépészeti kiállások magasságát ebből mérjük (pl. +0,90). A padlólejtést külön felírjuk.

Nyílászáró-méret leolvasása. Az alaprajzon a nyílás mellett jellemzően a szélesség/magasság áll (pl. 900/2100); ez elvi méret, a helyszínen újra megmérjük (jelölési konvenció, ellenőrizendő a rajzszabvány szerint).

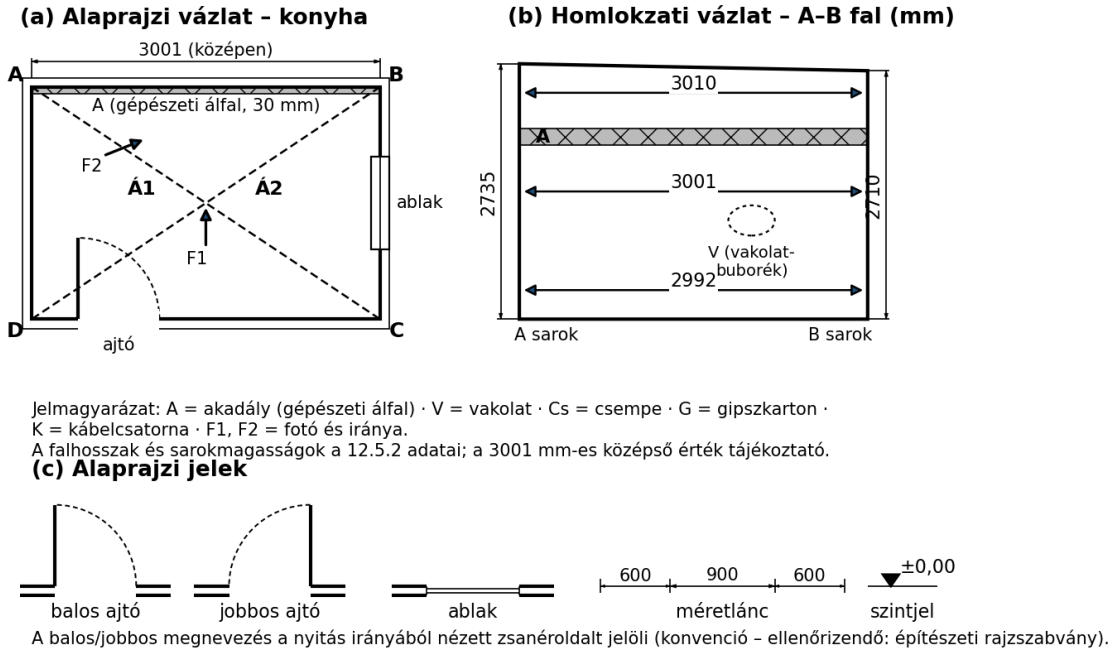
Kidolgozott példa: konyhafal. A Szemléletes képben szereplő fal hossza 3010 / 2992 mm (két magasságban), belmagassága a jobb sarokban 2710 mm, a bal sarokban 2735 mm. A szekrénysor szélessége legfeljebb a legkisebb falhossz mínusz a szerelési hézagok: $2992 - 2 \cdot 5 = 2982$ mm; választott szélesség 2980 mm. A szekrénysor magassága legfeljebb a legkisebb belmagasság mínusz a felső hézag: $2710 - 10 = 2700$ mm. A maradék hézagot illesztőléc takarja.

12.5.5. Vázlatrajz és felmérési lap

Definíció. A **vázlatrajz** olyan szabadkézi rajz, amely az adott helyiség vagy nyílás alaprajzát és szükséges nézeteit mutatja, méretarány nélkül, de a méreteket valóságosan feltüntetve. A vázlatnak olyannak kell lennie, hogy a műhelyben egyértelműen meg lehessen érteni belőle a termék geometriáját.

A felmérési lap legalább a következő mezőket tartalmazza: - Dátum, megrendelő neve, projekt megnevezése, helyszín címe. - A helyiség egyszerű alaprajzi vázlata (felülnézet). - Minden rögzítendő nézet (az adott falak vagy nyílások homlokzati vázlata). - A méretek milliméterben, mindig az azonos típusú méretet (pl. teljes magasság) egy vonalban vagy egyértelműen jelölve. - A felmérési kódok és jelmagyarázat (pl. „G” = gipszkarton fal, „V” = vakolat, „Cs” = csempe, „A” = akadály, „K” = kábelcsatorna). - Fotó számok és azok irányai.

Figyelem. A vázlat nem szakrajz. Neki nem kell méretarányosnak lennie, de a méretszámoknak egyértelműen hozzá kell tartozniuk a megfelelő alkatrészhez, falhoz vagy nyíláshoz. A vázlatot mindig úgy rajzold, hogy a későbbi olvasó ne tudja félreolvasni.



12.10. ábra. Minta-felmérési lap a 12.5.2 konyhafaláról: (a) alaprajzi vázlat az A–D sarokkal, az átlókkal, az ajtóval, az ablakkal, a gépészeti álfallal („A”) és a fotóirányokkal (F1, F2); (b) az A–B fal homlokzati vázlata a három magasságban mért falhosszal (3010 / 3001 / 2992 mm; a középső tájékoztató) és a két sarokmagassággal (2735 / 2710 mm); (c) alaprajzi jelek: balos és jobbos ajtó, ablak, méretlánc, szintjel ±0,00.

A HTML-változat átló-kalkulátora a két falhosszból és a mért átlóból kiszámolja a sarok szögét és a derékszögtől való eltérést 3 m-en, a három mért falhosszból pedig a szekrénysor hosszát a beállított szerelési hézaggal (a 3. feladat adataival: $2398 - 2 \cdot 5 = 2388$ mm).

12.5.6. Építőipari rajzok olvasása

A helyszíni felméréshez gyakran építész rajzok is rendelkezésre állnak. Ezek nem helyettesítik a saját mérést, de segítenek az eligazodásban és a tervezésben.

Az építőipari rajzok leggyakoribb nézetei: - **Alaprajz (felülnézet):** A helyiség vízszintes metszete, amelyet általában 1,0–1,5 m magasságban „vágunk el” képzeletben. Az alaprajzon látod a falak kontúrját, a nyílászárókat, a padlóburkolat váltásokat és a beépített szerkezeteket. - **Metszet (függőleges metszet):** A ház vagy a helyiség egy függőleges síkkal metszett képe. Ebből látod a belmagasságot, a födémvastagságot, a lépcsők magasságát, a nyílászárók parapetmagasságát és a rétegrendeket. - **Homlokzati rajz:** Egy fal függőleges nézete. A bútorok, nyílászárók a falon lévő helyzetét mutatja.

Nyilászáró-jelölés az alaprajzon: A nyílászárókat az építész rajzokon szabványos jelölés szerint rajzolják. Az MSZ EN ISO 128 szabványsorozat és a hazai építészgyakorlat szerint a jelölés a termék típusát és nyitásirányát is mutatja. **(A pontos jelölési táblázatot mindig a hatályos rajzszabványból kell kikeresni, ellenőrizendő.)** - **Ajtó:** Az ajtó nyílásirányát a fal síkjára merőleges vékony vonallal és egy 90°-os körívvel jelölik. A körív mutatja, merre és milyen mélységben nyílik a szárny. Az ajtó nyitásirányát (balos/jobbos) abból a térből nézve határozzuk meg, amely felé a szárny nyílik: ha a pántok bal kéz felől vannak, balos, ha jobb felől, jobbos ajtó (ellenőrizendő: MSZ EN 12519 és a gyártói katalógus jelölése, mert gyártónként

eltérhet). Rendeléskor mindig rajzold le az alaprajzi ívet is. - **Ablak:** Egyszerű sraffozott vagy üres négyszög a falban. A nyitásszárnyakat kis körívekkel vagy jelölt tengelyvonallal mutatják. A „nyíló” (be/fel/ki) jelölést a metszeten vagy a homlokzaton tüntetik fel. - **Méretláncok:** Az építőipari rajzokon a méretek láncban, milliméterben (vagy néha centiméterben, jelölve) szerepelnek. A láncméret az első tengelytől a második tengelyig tart.

Szabály. A rajzról leolvasott méretet ne add meg gyártási vagy beépítési méretként. Először mindig a helyszínen mérd le, és a vázlatodra írt számot vedd alapul.

12.5.7. Technológiai lap

Cél: Egy lakószoba vagy konyha falának felmérése beépített szekrényhez. **Anyag:** Papír, ceruza, fényképezőgép. **Gépek, szerszámok:** 8 m acél mérőszalag, 600 mm vízmérték, lézeres távolságmérő, lézeres szintező, digitális szögmérő, falvastagságmérő (tolómérő), por- és ütésálló kesztyű.

Gépbiztonság. A helyszíni felmérés során nem dolgozunk géppel. Mégis tartsd be az alapvető biztonsági előírásokat: ellenőrizd a munkaterületet (laza vakolat, üvegszilánk, nyitott elektromos szerelvény), és ne állj fel bizonytalan létrára; ha lépcsős létra kell, azt stabil, sík talajon nyisd ki, és egyedül ne hajolj oldalra.

Lépések: 1. **Fotózd le a helyszínt** körbe, mielőtt bármit mérnél. Ellenőrzés: a fotón látszik a teljes fal és a sarkok. 2. **Rajzold meg a helyiség alaprajzát** szabadkézzel. Jelölj rajta minden sarkot, ajtót, ablakot, gépészeti akadályt. Ellenőrzés: az alaprajzon minden sarok azonosítható. 3. **Mérd meg a falsíkok közötti belső hosszakat** (a fal hosszát) a padlószint felett 100 mm-rel, az ablakpárkány magasságában és a mennyezet alatt 100 mm-rel. Mindegyiket külön-külön írd a vázlatra. Ellenőrzés: a három párhuzamos méret közötti eltérést jelöld (pl. „felső: 2985, alsó: 2996”). 4. **Ellenőrizd a derékszöget háromszögeléssel.** Mérj ki 3 métert az egyik falon, 4 métert a másikon, és mérd le a két pont távolságát. Ha pontosan 5000 mm, a sarok 90°. Ha nem, rajzold be a szögmérővel mért szöget. Ellenőrzés: a mért távolság a várt 5000 mm-től legfeljebb 5 mm-rel térhet el, különben a hibát ki kell írni. 5. **Mérd meg a belmagasságot a fal mentén, minimum 3 pontban.** Ellenőrzés: a három magasság eltérése megjelenik a vázlaton a termék méretezéséhez. 6. **Mérd meg a falvastagságot** a nyílásoknál, legalább 3 ponton. Ellenőrzés: a falvastagságot milliméterben rögzítsd; ha eltér, a termék tokmélysége nem fogja fedni mindenütt a falat. 7. **Mérd fel a padló- és falegyenetlenséget.** Húzz végig egy vízmértéket a falon, és jelöld a beugrásokat, kiállásokat milliméterben. Ugyanezt tedd a padlónál. Ellenőrzés: a kiálló vakolathibák vagy lejtések mértéke pozícióval szerepel a vázlaton. 8. **Jelöld a gépészeti kiállásokat és szerelvényeket.** Mérd meg a csövek, radiátorok, lefolyók helyét a faltól és az alaptól. Ellenőrzés: minden akadálynak van mérete és pozíciója.

Minőségellenőrzés. A felmérés akkor kész, ha a vázlatról a termék körberajzolható, és egy másik asztalos a vázlat alapján számítás vagy kérdezés nélkül elkészíti a műhelyrajzot. A vázlat minden pontja visszamérhető legyen a helyszínen. A fényképek sorszámai egyezzenek a vázlaton feltüntetett irányokkal.

12.5.8. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A fal hosszát csak egy magasságban mérik. **Ok:** Az asztalos nem gondol arra, hogy a vakolat vagy a gipszkartonozás miatt a fal nem párhuzamos. **Megoldás:** Mindig 3 magasságban mérj.

2. **Hiba:** A felmérési lapra csak „90°” kerül, de nem ellenőrzik. **Ok:** A rajzról átvett szöget valósnak feltételezik. **Megoldás:** Derékszöget mindig mérni kell (3-4-5 háromszög vagy szögmérő).
3. **Hiba:** A gépészeti akadály magasságát a padlótól mérik, de a padló lejt. **Ok:** A mérés nem veszi figyelembe a padlóhibát. **Megoldás:** A gépészeti akadályt a helyi padlószinttől mérd, de jegyzeteld a padló lejtését is.
4. **Hiba:** Az építész rajzon lévő méretet felhasználják gyártásra. **Ok:** A rajz a kivitelezés előtti elvi méretet mutatja, a helyszín eltérhet. **Megoldás:** A helyszíni méret az elsődleges.
5. **Hiba:** A felmérési lapot a helyszínen nem írják alá és nem fotózzák le. **Ok:** Nincs dokumentáció, ha vita van a megrendelővel. **Megoldás:** A felmérési lapot alá kell írni vagy a megrendelő jelenlétében rögzíteni a méreteket, és fotóval dokumentálni az állapotot.

12.5.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos beépített könyvespolcot készít egy régi ház nappalijába. A megrendelő azt mondja, „a fal nagyjából 2400 mm hosszú”. Az asztalos a felmérés során megméri a falat: alul 2415 mm, felül 2398 mm, a mennyezet magassága 2705 mm, a padló lejtése a fal mentén 12 mm. A saroknál a falvastagság 145 mm, a másik végén 152 mm. A szekrényt a legkisebb mért méretnél kisebbre, $2398 - 2 \cdot 5 = 2388$ mm hosszúra készíti (tájékoztató szerelési hézaggal); a felül 10 mm-es, alul 27 mm-es hézagot a helyszínen a falhoz méretre gyalult illesztőléccel (paszléccel) takarja el. Ha a 2400 mm-es „elvi méretet” vette volna alapul, a szekrény a fal felső részénél (2398 mm) nem férne be. A helyes felmérés tehát nem csak a termék legyártását teszi lehetővé, hanem a beépítés pontosságát is.

12.5.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A lézeres távolságmérő mindig pontosabb, mint az acél mérőszalag. Indokold!
2. Miért kell a fal hosszát több magasságban mérni?
3. Hogyan ellenőrzöd a 90°-ot a helyszínen, ha nincs szögmérőd?
4. Melyik építőipari rajztípus mutatja a belmagasságot?
5. Mi a felmérési lap legfontosabb dokumentációs értéke?
6. Az alaprajzon az ajtó pántjai bal oldalon vannak, a szárny a szoba felé nyílik. Balos vagy jobbos az ajtó?

12.5.11. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a helyszíni felmérés 5 legfontosabb mérőeszközét, és írd le, mire használod őket.

2. feladat (A) Rajzolj szabadkézzel egy szoba alaprajzát: bal oldalon ajtó, jobb oldalon ablak. Írd a vázlatra, hogy az ajtó hossza 900 mm, a fal hossza 3600 mm. A rajz nem méretarányos, de a méretek legyenek egyértelműek.

3. feladat (B) Egy fal hosszát 3 magasságban méred: 2405 mm, 2412 mm, 2398 mm. Mekkora a maximális eltérés? Mi a teendő a szekrény méretének meghatározásakor?

4. feladat (B) Készíts felmérési lapot egy külső falról: a fal hossza 3200 mm, a mennyezet magassága 2705 mm. A falon balról 300 mm-re van egy vízszintesen futó 40 mm mély gépészeti álfal, ami a mennyezettől 230 mm-re kezdődik. Rajzold a homlokzati vázlatot, tüntesd fel az összes méretet.

5. feladat (C) Egy megrendelő hozza az építész rajzot. Az alaprajzon a fal hossza 3000 mm. A helyszínen mérve a fal hossza 3018 mm. Melyik a mérvadó és miért? Mit írsz a felmérési lapra?

6. feladat (D) Menj ki a tanműhelybe vagy a saját szobádba. Mérj fel egy ajtónyílást: magasság (jobb, közép, bal), szélesség (felül, közép, alul), falvastagság (jobb, közép, bal). Készíts vázlatot, írd rá a méreteket, és ellenőrizd a derékszöget 3-4-5 háromszöggel. Fotózd le a nyílást, és ragaszd a felmérési lapra a kinyomtatott képet vagy a fotó számát.

12.5.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A lézeres távolságmérő pontossága a felület reflexiójától és a célponttól függ; a mérőszalag bizonyos esetekben megbízhatóbb.
2. Mert a falak gyakran nem párhuzamosak; a vakolat, gipszkarton vagy falhibák miatt eltérés lehet a felső, középső és alsó méret között.
3. A 3-4-5 háromszög szerkesztésével: 3 m az egyik falon, 4 m a másikon, a távolságnak 5 m-nek kell lennie.
4. A függőleges metszet.
5. Az aláírás és a dátum, mert ez bizonyítja a felmérés időpontját és a rögzített állapotot.
6. Balos (a szárny felé nyíló oldalról nézve a pántok bal kéz felől vannak; a gyártó jelölését mindig ellenőrizd).

1. feladat (A) - 8 m acél mérőszalag: hossz- és alapméretek. - Lézeres távolságmérő: hosszú falak, belmagasság egyedül. - Vízmérték: függőleges és vízszintes ellenőrzés. - Lézeres szintező: vízszintes- és függőleges vonalak kijelölése. - Digitális szögmérő: falak szögének mérése.

2. feladat (A) A szabadkézi rajz lényege: az alaprajzon a fal egy vonal, az ajtó nyílását egy 90°-os körív mutatja, az ablakot egy vastagabb téglalap jelöli. A méretek: a teljes fal 3600 mm, az ajtó szélessége 900 mm, a jobb szélső falsaroktól az ablak szélén át a méretek láncba írva.

3. feladat (B) Legnagyobb eltérés: $2412 - 2398 = 14$ mm. Ez már jelentős. A szekrény méretét a legkisebb dimenzióhoz kell igazítani, és a két oldali szerelési hézagot (pl. $2 \cdot 5$ mm, tájékoztató) le kell vonni: $2398 - 2 \cdot 5 = 2388$ mm. A hézagot és a 14 mm falhibát illesztőléc takarja, amelyet a helyszínen a falhoz illesztünk.

4. feladat (B) A homlokzati vázlat: a külső fal teljes magassága 2705 mm, hossza 3200 mm. Az álfal balról 300 mm-re kezdődik, magassága 230 mm-rel a mennyezet alatt kezdődik, tehát a padló felett 2475 mm-től a mennyezetig tart. A mélysége 40 mm. A rajzon jelölöd: „A: balról 300 mm, magasság: 2475 mm a padlótól, mélység: 40 mm.”

5. feladat (C) A helyszínen mért 3018 mm a mérvadó, mert mindig a valós méret az elsődleges. A rajz 3000 mm-es elvi méret; a kivitelezés során a fal kész mérete eltérhet. A felmérési lapra beírod: „Helyszíni mérés: 3018 mm, építész rajz szerint: 3000 mm.” Ezt át kell vezetni a műhelyrajzra és a gyártásra.

6. feladat (D) Az elkészült felmérési lapon szerepelnie kell: dátum, helyszín, a nyílás homlokzati vázlata, a méretek (jobb, közép, bal magasság; felül, közép, alul szélesség; falvastagság 3 pontban), derékszög ellenőrzése 3-4-5 háromszöggel, és a fotó dokumentációja. A derékszög méréshez használd a 3-4-5 szabályt: ha a 3000 mm-es és 4000 mm-es pont távolsága 5000 mm, akkor a falak 90°-osak.

12.5.13. Rövid összefoglaló

A **helyszíni felmérés** a beépítendő vagy javítandó asztalosipari termék pontos méreteinek, csatlakozásainak és akadályainak rögzítése. A felmérés eszközei között az acél mérőszalag, a lézeres távolságmérő, a vízmérték, a lézeres szintező és a digitális szögmérő a legfontosabbak. A felmérés menete mindig a teljes helyiség alaprajzi vázlatával kezdődik, majd a falak hosszát három magasságban, a belmagasságot legalább három pontban, a falvastagságot a nyílásoknál, és a derékszöget mérjük. A gépészeti kiállásokat és a fal- és padlóhibákat milliméterben, pozícióval rögzítjük. A **felmérési lap** tartalmazza a vázlatot, a méreteket, a jelmagyarázatot, a fotószámokat és a megrendelő jelenlétében rögzített méreteket. Az építőipari rajzok (alaprajz, metszet, homlokzat) fontos segítségek, de a rajtuk lévő méreteket nem szabad a gyártás alapjául elfogadni; mindig a helyszíni méret a mérvadó. A tipikus hiba a derékszög és a falpárhuzam elhanyagolása, ami a beszereléskor hézagokat vagy a termék be nem férhetőségét okozza.

Továbbvitt eredmény. A helyszíni felmérés során rögzített méreteket, vázlatokat és fényképeket a Beépített bútorok elhelyezése és gyártása: konyhabútor, gardrób alfejezetben a bútor bázisméretezéseként használjuk, a Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre alfejezetben a rögzítési pontok kijelöléséhez, a Az építőipar és a faipar kapcsolata: falazatok, falnyílások, névleges méret alfejezetben a tok és a falnyílás viszonyának meghatározásához, valamint a Csomagolás, szállítás és a helyszíni szerelés előkészítése alfejezetben a helyszíni beszerelés logisztikai tervezéséhez.

12.5.14. Források és ellenőrzési hiányok

Szabvány. Az építőipari rajzok jelöléseit az MSZ EN ISO 128 szabványsorozat (műszaki rajzok, ábrázolási elvek), az MSZ EN ISO 129 sorozat (méretmegadás), valamint a hazai építész rajzszabványok rögzítik (ellenőrizendő a pontos kódok és kiadások). A nyílászárók jelölése az építészrajzokon a hatályos rajzszabvány szerint történik (ellenőrizendő a konkrét jelölési táblázat).

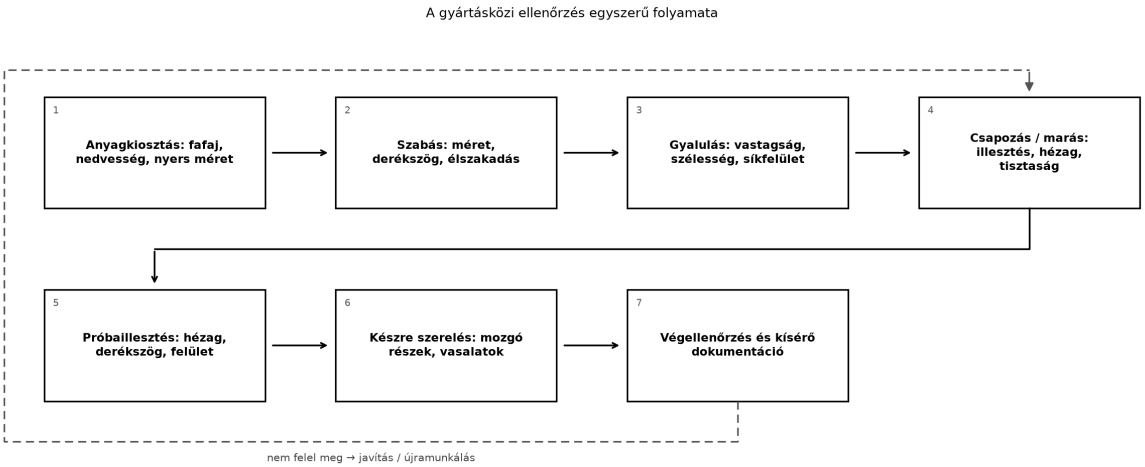
Felhasznált forrástípusok. Faipari szakrajz tankönyvek, építőipari rajzolvasási útmutatók, gyártói eszközspecifikációk (pl. lézeres távolságmérő pontossága, vízmérték osztásai).

Ellenőrizendő hiányok. A fejezetben használt minden konkrét szabvány- és jogszabályszám, a gyártói adatlapokon szereplő mérési pontosságok, a lézeres eszközök osztályai és a gépészeti akadályok hivatalos jelölési módjai az adott vállalkozás műszaki leírása szerint eltérhetnek. A jelen leírás pedagógiai célú, a pontos, hatályos követelményeket mindig a vonatkozó szabványból, a gyártói adatlapból és a projekt tervdokumentációból kell kikeresni.

12.6. Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció

Vevői reklamáció: a legyártott konyhaszekrény ajtaja nem záródik, mert a korpusz egyik oldala 2 mm-rel hosszabb, a fiók pedig szorul a vezetőben. Az asztalos nem tudja, hol hibázott, mert a szabásjegyzék szerint dolgozott, és a végellenőrzésnél csak ránézett a termékre. A **minőségbiztosítás** és a **gyártásközi ellenőrzés** éppen az ilyen helyzeteket előzi meg: minden munkafázisban megméri, rögzíti és ellenőrzi az alkatrészek méreteit és illesztéseit, mielőtt továbbhaladna.

Szemléletes kép: a műhelyben a polclap szabása után az asztalos acélvonalzót és derékszögelőt tesz a lapra, majd a mérési eredményt beírja egy papír alapú ellenőrzőlapra. Ugyanezt megismétli a gyalulás, a csapozás és a felületkezelés után is. Így nem a végén derül ki a hiba, hanem ott, ahol keletkezett.



12.11. ábra. A gyártásközi ellenőrzés egyszerű folyamata - Szemléltető: a tényleges ellenőrzési pontok a termékhez és a művelettervhez igazodnak.

A diagram a faipari gyártás jellemző ellenőrzési pontjait mutatja. Nem minden gyártmány igényli mind a hét pontot, de a lánc logikája azonos: **mérj hamar, javíts olcsóbban, dokumentálj**.

12.6.1. Definíciók és szabályok

Definíció. A **minőség** egy termék vagy szolgáltatás azon tulajdonságainak összessége, amelyek alkalmassá teszik a meghatározott és elvárt igények kielégítésére. A faiparban ez általában a méretpontosságot, a derékszögűséget, a felületminőséget, az illesztések pontosságát, a szerkezeti szilárdságot és a bevonat tartósságát jelenti.

Definíció. A **minőségbiztosítás** a gyártás során alkalmazott tervezett és rendszeres tevékenységek összessége, amelyek biztosítják, hogy a termék megfeleljen a minőségi követelményeknek. Nem utólagos válogatást jelent, hanem beépített ellenőrzési pontokat a folyamatba.

Definíció. A **minőségirányítás** a szervezet irányításának az a része, amely a minőségpolitikát, a minőségcélokat, a felelősségeket és a folyamatokat kezeli. Az ISO 9001 szabvány szerinti minőségirányítási rendszer ezt formalizálja.

Szabály. A **gyártásközi ellenőrzés** minden olyan mérés, vizsgálat vagy szemrevételezés, amelyet az alkatrész vagy a termék készítése közben, az egyes műveletek után végzünk. Célja, hogy a hibát abban a fázisban találja meg, ahol még gazdaságosan javítható. A **végellenőrzés** a kész termék átadás előtti ellenőrzése, amely dönt a kiszállíthatóságról vagy javításról.

Szabály. A **kísérő dokumentáció** azokat a dokumentumokat jelenti, amelyek a terméket a gyártástól a vevőig kísérik, és tartalmazzák a termék megfelelőségére, használatára, szerelésére és karbantartására vonatkozó lényeges információkat. Része lehet műszaki leírás, használati útmutató, teljesítménynyilatkozat (építési terméknél), szállítólevél, számla, garanciajegy és vevőszolgálati elérhetőség.

Definíció. A **tűrés** egy névleges méret megengedett eltérése. Például a névleges hossz 800 mm, a tűrés ± 1 mm, így a megfelelő darab mérete 799,0 mm és 801,0 mm között lehet. A tűrést mindig a termék, a vasalat és a felhasználási hely határozza meg; a könyvben szereplő értékek tájékoztató jellegűek.

Szabály. A mérőeszköz felbontása legfeljebb a tűrésmező tizede–ötöde legyen (tájékoztató). A mérőszalag 1 mm-es osztásával és kb. ±0,5 mm leolvasási bizonytalanságával ±1 mm vagy lazább tűrés ellenőrizhető; ±0,5 mm-nél szigorúbb tűréshez tolómérő, mérőléc ütközővel vagy digitális mérőeszköz kell.

Megjegyzés. A faiparban a tűréseket befolyásolja a fa nedvességváltozása. A zsugorodás és dagadás miatt a méret nem állandó, ezért a műhelyben szokásos tűrések gyakran lazábbak, mint a fémiparban. Ugyanakkor a vasalat és a fiókvezető megköveteli a pontos illesztést.

12.6.2. Az ISO 9001 rendszer elve

Szabvány. A minőségirányítási rendszerek követelményeit az ISO 9001 szabvány írja le, amelyet Európában és Magyarországon általában MSZ EN ISO 9001 jelöléssel alkalmaznak. A szabvány felépítése a PDCA-ciklust követi: tervezz (Plan), csináld (Do), ellenőrizd (Check), avatkozz be (Act). A faipari vállalkozásnak nem kell feltétlenül tanúsíttatnia a rendszerét, de az elveket érdemes alkalmazni: vevőközpontúság, vezetés, az emberek bevonása, folyamatszemlélet, folyamatos fejlesztés, bizonyítékokon alapuló döntés, kapcsolatok kezelése. **(ellenőrizendő: az aktuális ISO 9001 kiadás és a felsorolt alapelvek a szabvány érvényes szövege szerint)**

A faipari műhelyben ezt a gyakorlatban úgy alkalmazzuk, hogy minden termékhez van **műveletterv** és **ellenőrzőlap**, a mért adatokat rögzítjük, és eltérés esetén javító intézkedést hozunk.

12.6.3. Gyártásközi ellenőrzés a műhelyben

A gyártásközi ellenőrzést a művelettervből vezetjük le. Minden olyan művelet után, ahol a méret, alak, illesztés vagy felület megváltozik, ellenőrző pontot jelölünk ki. A tipikus ellenőrzési jellemzők:

- **Méret:** hossz, szélesség, vastagság mm-ben, mérőszalaggal, tolómérővel vagy idomszerrel.
- **Derékszög:** 90°-os sarkok pontos illeszkedése, derékszögelővel vagy átlóméréssel. Téglalapnál a két átló egyenlősége a derékszögűség jó mutatója.
- **Síkfelület:** a felület egyenessége acélvonalzóval és hézagmérővel vizsgálva.
- **Illesztés:** csap és csaplyuk, nút és ereszték, fiók és korpusz közötti hézag nagysága.
- **Felület:** érdesség, szakadás, csiszolási nyom, gyanta- vagy ragasztófolt.
- **Párhuzamosság:** párhuzamos élek távolságának állandósága, tolómérővel vagy mérőhasábbal.
- **Szimmetria:** furnér- vagy élzárás-minták középvonalhoz viszonyított helyzete.

Szabály. A mérést mindig a **bázislap–bázisél** elv szerint végezzük: a munkadarabot egy megmunkált, megbízható felületére és élére fektetjük, és innen mérünk minden további méretet. Ez csökkenti a halmozódó hibát.

Mérőeszközök és kalibrálás. A faiparban használt alapmérőeszközök: mérőszalag, acélvonalzó, derékszögelő, tolómérő, hézagmérő, vízmérték, mérőhasábok, idomszerek, profil sablonok. A mérőeszköznek megbízhatónak kell lennie. A **kalibrálás** azt jelenti, hogy a mérőeszköz értékét összehasonlítjuk egy ismert etalonnal, és igazoljuk az eltérést. Tolómérő esetén a nullpontot, derékszögnél a két szár merőlegességét ellenőrizzük. A mérőszalag végén lévő horog kopása az első milliméretereket meghamisíthatja. **(ellenőrizendő: a vállalkozásnál előírt kalibrálási gyakoriság)**

12.6.4. Ellenőrzőlap készítése – recept

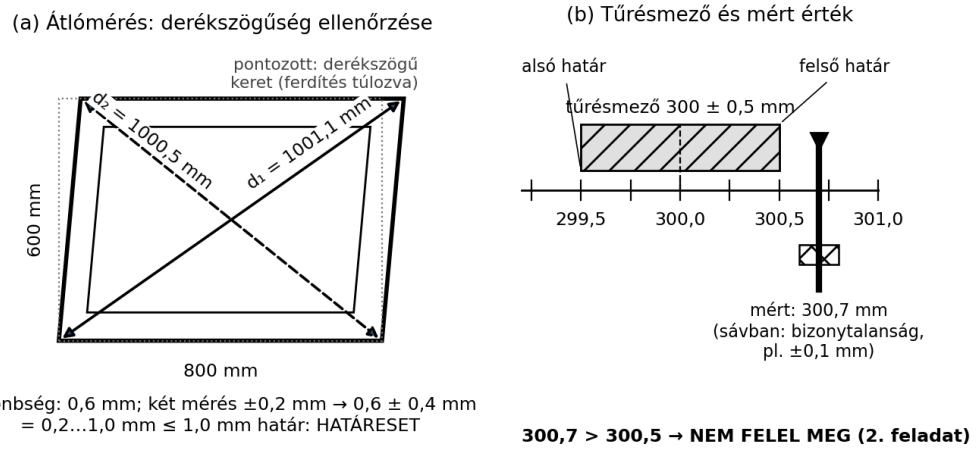
Eljárás. Így készítsünk ellenőrzőlapot egy alkatrész vagy termék méret- és minőségellenőrzéséhez.

1. Vedd elő a műveletterv et és a szabásjegyzéket. Az ellenőrzőlap minden méretét innen másoljuk, hogy ne a rajzról, hanem az éppen gyártott darab dokumentációjáról dolgozzunk.
2. Táblázatos formában sorold fel az ellenőrzendő jellemzőket: alkatrész neve, rajzjel, névleges méret, tűrés, mérőeszköz, mért érték, megfelelőség (igen/nem), aláírás, dátum.
3. Az ellenőrzési pontokat a műveletsor szerint rendezd: szabás után, gyalulás után, csapozás után, próbaillesztés után, felületkezelés után.
4. Minden mért értéket valós mérés alapján írj be, ne emlékezetből. Írd be a mérési bizonytalanságot nem, de a használt mérőeszközt igen.
5. Ha a mért érték a tűrésmezőn kívül esik, jelöld „NEM” bejegyzéssel, és a megjegyzés rovatban írd le, mi az eltérés és mi a javítás.
6. Az ellenőrzőlapot minden műveleti fázis után, még a darab továbbítása előtt töltsd ki. Ne gyűjtsd a végére.
7. A kész ellenőrzőlapot csatold a termék gyártási dokumentációjához, és őrizd meg a garanciális időszak végéig.

Példa – ellenőrzőlap kitöltve egy szekrényajtóhoz. Termék: egyszerű keretes ajtó, tömör bükk, 600 × 450 mm. A gyártásközi ellenőrzési táblázat:

Alkatrész	Névleges méret (mm)	Tűrés (mm)	Mért érték (mm)	Megfelel?	Mérőeszköz
Keretléc felső	hossz 600	±0,5	600,2	igen	mérőléc ütközővel (0,1 mm)
Keretléc oldal	hossz 450	±0,5	449,8	igen	mérőléc ütközővel (0,1 mm)
Betétlap	520 × 370 × 12	±0,5	520,4 / 370,1 / 12,05	igen	tolómérő
Keret derékszög	átlók különbsége	max 1,0	0,4	igen	mérőléc ütközővel (0,1 mm)
Csapillesztés	hézag	max 0,2	<0,1	igen	hézagmérő

A táblázat tájékoztató. A tényleges tűréseket a termék műszaki előírása vagy a vevői specifikáció határozza meg, ezért az értékeket mindig a konkrét gyártmányhoz kell igazítani. **(ellenőrizendő: a termékre vonatkozó tűrés)**



12.12. ábra. Átlómérés egy keretnél és a tűrésmező számegyenesen

Az ábra bal oldalán egy 800 × 600 mm-es keret látható, túlzottan ferdítve: ha a keret nem derékszögű, a két átló különbözik (itt 1001,1 mm és 1000,5 mm). A jobb oldalon a tűrésmező a számegyenesen: a 300 ± 0,5 mm-es mező 299,5 és 300,5 mm között van, a mért 300,7 mm kívül esik. A HTML-változat kalkulátorában a névleges méret, a tűrés, a mért érték és a mérési bizonytalanság állítható; a program kiírja, hogy a darab megfelel, nem felel meg, vagy határeset, az átlóknál pedig a különbséget és a sarokszög eltérését.

12.6.5. A kísérő dokumentáció tartalma

A kész termékhez **kísérő dokumentációt** kell adni. Ennek tartalma terméktípusonként eltér, de általában:

- **Műszaki leírás**: a termék azonosító adatai, anyaga, felületkezelése, méretei, szerkezeti jellemzői, az alkalmazott vasalatok és a megfelelőségi nyilatkozat.
- **Használati útmutató**: rendeltetésszerű használat, biztonsági figyelmeztetések, összeszerelési lépések, karbantartás, tisztítás, hibaelhárítás. A fogyasztóvédelmi előírások szerint a forgalmazott termékhez magyar nyelvű használati és kezelési útmutatót kell adni. **(ellenőrizendő: a vonatkozó fogyasztóvédelmi jogszabály és annak hatályos szövege)**
- **Teljesítménynyilatkozat (DoP)**: építési terméknek minősülő faipari termékekhez (például ablak, ajtó, lépcsőelem, teherhordó szerkezeti faanyag) kell kiállítani. A 305/2011/EU rendelet (CPR) szerint a teljesítménynyilatkozat tartalmazza a termék azonosítását, az alapvető jellemzők teljesítményét, a vonatkozó harmonizált szabványt és a gyártó adatait. **(ellenőrizendő: a CPR rendelet aktuális módosításai és a termékre vonatkozó harmonizált szabvány)**
- **Szerelési útmutató**: helyszíni beépítésnél a rögzítés módja, a szükséges csavarok, a hézagolás, a tűzvédelmi vagy hőszigetelési követelmények.
- **Karbantartási lap**: a felületkezelés ápolása, a vasalatok utánállítása, a kopó alkatrészek cseréje.

Szabály. A dokumentációban minden adatnak visszakereshetőnek kell lennie: termékazonosító, gyártási dátum, tételszám, a kiállító aláírása. A hiányos vagy hibás dokumentáció a vevőnél félreértést, helytelen használatot és reklamációt okoz.

12.6.6. A dokumentálás tartalmi és formai követelményei

A gyártási dokumentáció akkor jó, ha **egyértelmű, teljes és olvasható**. A kézzel írt ellenőrzőlap is megfelel, ha a bejegyzések nem javítottak, a tinta tartós, és a dátum olvasható. A számítógépes táblázatkezelővel készült ellenőrzőlapot ki kell nyomtatni vagy elektronikusan tárolni. A dokumentumon szerepeljen:

- a termék neve, rajzszáma vagy munkaszáma,
- az alkatrész neve és darabszáma,
- a művelet megnevezése,
- a mért jellemzők névleges értéke és tűrése,
- a mért érték és a mérőeszköz típusa,
- az ellenőrző személy azonosítója (aláírás vagy monogram) és dátuma,
- eltérés esetén a meghozott intézkedés.

A dokumentumokat **visszakereshetően** tároljuk, például munkalapszám szerint. A garanciális időszakban a vevői reklamáció kivizsgálásához ezek nélkülözhetetlenek.

12.6.7. Végellenőrzés

A **végellenőrzés** a kész termék átadás előtti vizsgálata. Lépései:

1. Ellenőrizd, hogy minden alkatrész a szabásjegyzék szerint elkészült, és a gyártásközi ellenőrzőlapokon nincs „NEM” bejegyzés.
2. Vizsgáld meg a kész termék méreteit, derékszögét, síkfelületét és illesztéseit a vevői követelmények szerint.
3. Mozgasd meg az ajtókat, fiókokat, vasalatokat. Ellenőrizd a nyitást, zárást, hézagokat, holtjátékot.
4. Nézd meg a felületet természetes vagy jó műhelyvilágításban, lehetőleg ferde fényben. Ellenőrizd a lakk-, pác- vagy olajbevonat egyenletességét, csiszolási nyomok, porszemcsék vagy folyásnyomok hiányát.
5. Csomagold vagy szereld össze a terméket, és töltsd ki a kísérő dokumentációt.
6. Ha a termék nem felel meg, dönts: javítható-e, vagy újra kell gyártani.

Szabály. A végellenőrzés eredményét írásban rögzítsük. A „szemrevételezés megfelelő” bejegyzés önmagában nem elegendő; a mért adatokat is fel kell tüntetni.

12.6.8. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba: a gyártásközi ellenőrzés elmarad.** Az asztalos csak a végén nézi meg a terméket. Ha a hiba a korpusz szabásánál keletkezett, a teljes terméket szét kell szedni. *Helyes gyakorlat:* minden művelet után a műveletterven rögzített ellenőrző pont.
2. **Hiba: rossz vagy kalibrálatlan mérőeszköz.** A mérőszalag horogkopása miatt a mért érték 1-2 mm-rel eltér. *Helyes gyakorlat:* a mérőeszközt rendszeresen ellenőrizzük etalonnal, és a mérést a 100 mm-es ponttól kezdjük, ha a horog gyanús.
3. **Hiba: a mért értéket nem dokumentálják.** A reklamációnál nincs bizonyíték, hogy a termék a műhelyben még megfelelt. *Helyes gyakorlat:* minden ellenőrzőlap kitöltése és megőrzése a garanciális időszak végéig.
4. **Hiba: a tűrést rosszul választják meg.** Például a fiók oldala és a vezető közötti hézagot a tömörfa nedvességváltozása miatt nem lehet nullára tervezni. *Helyes gyakorlat:* a tűrést a vasalat és a fa mozgásának figyelembevételével adjuk meg.

12.6.9. Valós életbeli alkalmazás: reklamáció és hibaelemzés

Egy asztalos vállalkozás beépített gardróbszekrényt szállított. A vevő reklamált: az egyik tolóajtó akad, mert a felső sín nem párhuzamos az alsóval. A kivizsgálás során az asztalos elővette a gyártásközi ellenőrzőlapot, de azon csak a korpusz méretei szerepeltek, a sínrögzítés ellenőrzése nem. A mérések szerint a felső sínt rögzítő furatok 3 mm-rel jobbra kerültek. A valódi ok: a furatpozíciót a műhelyben nem ellenőrizték, mert nem volt rá ellenőrzési pont a művelettervben. A javítás után az asztalos kiegészítette a műveletterv et egy sínpozíció-méréssel, és azóta minden beépített szekrénynél ellenőrzőlapon rögzíti a furatok helyét. A tanulság: a minőségbiztosítás nem egyszeri ellenőrzés, hanem a műveletterv és az ellenőrzőlap folyamatos fejlesztése.

Hibaelemzési séma. A reklamáció kivizsgálásakor használjuk a következő lépéseket:

1. Rögzítsd a panaszt pontosan: mit tapasztal a vevő, mikor, milyen körülmények között.
2. Járd végig a műveletterv et, és nézd meg a gyártásközi ellenőrzőlapokat.
3. Keresd meg a közvetlen okot: melyik méret vagy tulajdonság tért el?
4. Kérdezz tovább: miért nem észleltük korábban? Mi hiányzott?
5. Hozz helyesbítő intézkedést a konkrét termékre, és megelőző intézkedést a folyamatra.

12.6.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A minőségbiztosítás azt jelenti, hogy a gyártás végén kiválogatjuk a hibás darabokat. (Válasz indoklással.)
2. Sorold fel a gyártásközi ellenőrzés három jellemző mérendő tulajdonságát.
3. Mi a különbség a kalibrálás és a hitelesítés között? (Csak a faipari gyakorlatban használt kalibrálást magyarázd röviden.)
4. Mit tartalmaz a kísérő dokumentáció egy nyílászáró esetén? Nevezz meg három dokumentumot.
5. Mi a teendő, ha az ellenőrzőlapon a mért érték a tűrésmezőn kívül van?
6. Miért fontos a bázislap–bázisél elv?

Válaszok az Önellenőrzéshez: 1. Hamis: a minőségbiztosítás beépített ellenőrzési pontokat jelent a folyamatban, nem utólagos válogatást. 2. Méret (hossz, szélesség, vastagság), derékszög, illesztési hézag. 3. A kalibrálás a mérőeszköz összehasonlítása ismert etalonnal és az eltérés rögzítése; a hitelesítés hivatalos, jogi érvényű eljárás, általában mérlegre, hőmérőre vonatkozik, a faiparban ritkábban. 4. Teljesítménynyilatkozat, használati útmutató, műszaki leírás. 5. Jelöljük „NEM” bejegyzéssel, rögzítsük az eltérést, és döntsünk a javításról vagy újragyártásról. 6. Mert így minden mérés egy megbízható referenciafelületről indul, csökkentve a halmozódó hibát.

12.6.11. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg a gyártásközi ellenőrzés és a végellenőrzés közötti különbséget egy-egy mondatban.

2. feladat (A) Egy polclap névleges szélessége 300 mm, a tűrés $\pm 0,5\,\text{mm}$. A mért szélesség 300,7 mm. Megfelel-e a darab? Számolással indokold.

3. feladat (B) Készíts ellenőrzőlap-táblázatot egy fiókoldalhoz a következő adatokkal: névleges hossz 450 mm, szélesség 120 mm, vastagság 12 mm; tűrés ±0,3 mm; mért értékek: 450,2 mm, 120,4 mm, 11,95 mm. A táblázatban szerepeljen a mérőeszköz és a megfelelőség is.

4. feladat (B) Sorold fel a bútoripari termék kísérő dokumentációjának legalább négy elemét, és röviden írd le, miért fontos a vevő számára a használati útmutató.

5. feladat (C) Hiba elemzése: A vevő reklamál, hogy az új tömörfa asztallap közepén 1 mm-es rés van a két lapragasztott szál között. A gyártásközi ellenőrzőlapon a táblásítás hézagmentes. Mi lehetett a hiba? Legalább két lehetséges okot írj le, és magyarázd el, hogyan lehetett volna megelőzni.

6. feladat (D) Gyakorlati feladat Egy 800 × 600 mm-es keret derékszögét úgy ellenőrzöd, hogy megméred a két átlót. Az egyik átló 1000,5 mm, a másik 1001,1 mm. Mekkora az átlók különbsége? Ha a megengedett eltérés maximum 1,0 mm, megfelel-e a keret? A mérés bizonytalansága ±0,2 mm. Számold ki, és indokold.

12.6.12. Megoldások

1. feladat. A gyártásközi ellenőrzés az egyes műveletek után, a készítés folyamatában végzett mérés és vizsgálat; a végellenőrzés a kész termék átadás előtti ellenőrzése, amely a kiszállíthatóságról dönt.

2. feladat. Adott: névleges 300 mm, tűrés ±0,5 mm, mért 300,7 mm. A megengedett tartomány: $299,5\,\text{mm} \le x \le 300,5\,\text{mm}$. A mért érték 300,7 mm, ami nagyobb, mint 300,5 mm, tehát nem felel meg. A darab szélesebb a megengedettnél, javításra szorul (például újra gyalulás).

3. feladat. Ellenőrzőlap-táblázat:

Jellemző	Névleges (mm)	Tűrés (mm)	Mért (mm)	Megfelel?	Mérőeszköz
Hossz	450	±0,3	450,2	igen	digitális tolómérő / mérőléc ütközővel
Szélesség	120	±0,3	120,4	nem, +0,4 mm	tolómérő
Vastagság	12	±0,3	11,95	igen	tolómérő

A szélesség nem felel meg, mert 120,4 mm meghaladja a 120,3 mm felső határt. A darabot javítani kell.

4. feladat. Kísérő dokumentáció elemei: műszaki leírás, használati útmutató, szerelési útmutató, garanciajegy. A használati útmutató azért fontos a vevő számára, mert megmondja, hogyan használja és tartsa karban a bútort, milyen tisztítószert használhat, mire kell vigyáznia, és így elkerülhető a helytelen kezelésből adódó hiba.

5. feladat. (1) A táblásításkor a lécek fanedvessége magasabb volt a beépítési helyre jellemző egyensúlyi értéknél (fűtött lakásban kb. 8–10 %, tájékoztató, ellenőrizendő); a lakásban a lap kiszáradt és keresztirányban zsugorodott, a gyenge fuga felnyílt. (2) Ragasztási hiba: kevés présnyomás, rövid préselési idő, lejárt nyitott idő, rosszul illesztett élek. Megelőzés: fanedvesség-mérés és -rögzítés táblásítás előtt, a lapok kondicionálása, a gyártói préselési idő betartása, a kész termék fóliás csomagolása a nedvességcsere lassítására.

6. feladat. Adott: átló 1 = 1000,5 mm, átló 2 = 1001,1 mm. Az eltérés: $|1000{,}5 - 1001{,}1| = 0{,}6\,\text{mm}$. Két mérés különbségéről van szó, ezért a bizonytalanságok összeadódnak: $0{,}6 \pm 0{,}4$ mm, azaz 0,2…1,0 mm. A felső érték éppen eléri az 1,0 mm-es határt: a keret a határon belül van, de határeset; érdemes pontosabb eszközzel (pl. mérőléc ütközővel) megismételni a mérést.

12.6.13. Rövid összefoglaló

A minőségbiztosítás a tervezett ellenőrzési pontok rendszere, nem utólagos válogatás. A gyártásközi ellenőrzés minden művelet után méri a méretet, derékszöget, síkfelületet, illesztést és felületet. A mérést a bázislap–bázisél elv szerint végezzük, kalibrált mérőeszközökkel. Az ellenőrzőlap táblázatos formában rögzíti a névleges méretet, tűrést, mért értéket és a megfelelőséget. A tűréseket a termék és a vasalat határozza meg; a példaértékek tájékoztató jellegűek. A végellenőrzés a kész termék átadás előtti vizsgálata, amelynek eredményét írásban rögzítjük. A kísérő dokumentáció része a műszaki leírás, használati útmutató, szerelési útmutató, garanciajegy; építési terméknél teljesítménynyilatkozat szükséges. A reklamációt hibaelemzéssel vizsgáljuk: rögzítjük a panaszt, megkeressük a közvetlen okot és a gyökérokot, majd helyesbítő és megelőző intézkedést hozunk. **Továbbvitt eredmény.** A minőségellenőrzés és a kísérő dokumentáció ebben a formában jelenik meg minden gyártási alfejezet Minőségellenőrzés részében, és a szerelési dokumentáció készítésénél, különösen az Alkatrészek méret- és minőségellenőrzése, dokumentálás alfejezetben használjuk fel.

12.6.14. Források és ellenőrzési hiányok

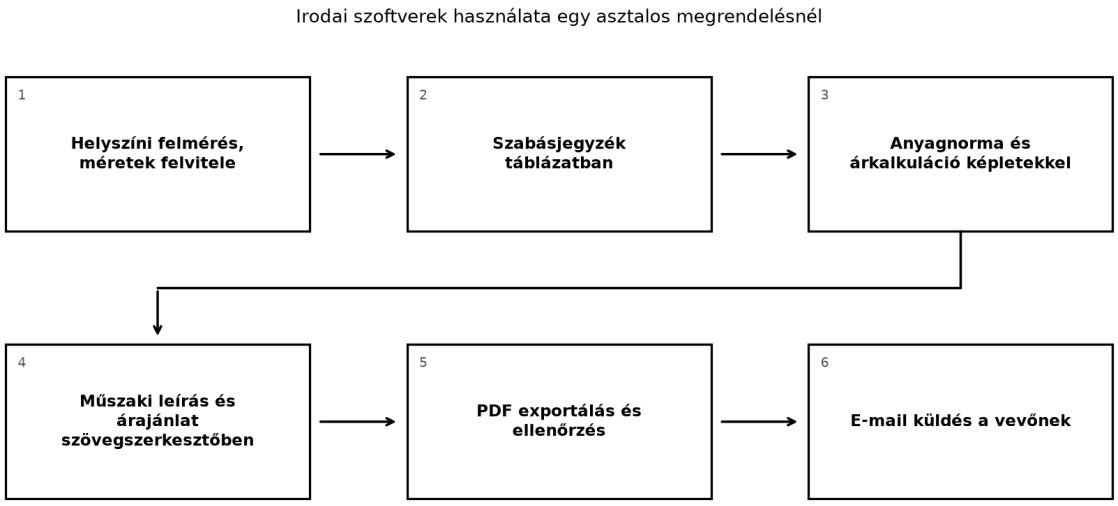
Forrástípusok: ISO 9001 minőségirányítási rendszer szabvány; fogyasztóvédelmi jogszabály a használati útmutatóról; 305/2011/EU rendelet (CPR) a teljesítménynyilatkozatról; termékszabványok a faipari tűrésekhez; műhelygyakorlati szakkönyvek a gyártásközi ellenőrzésről; gépkönyvi mérési utasítások. Ellenőrizendő: az ISO 9001 aktuális kiadása és alapelvei; a fogyasztóvédelmi előírás pontos jogszabályszáma; a CPR aktuális módosításai; a harmonizált szabványok az adott építési termékre; a konkrét tűrésértékek a termékre; a mérőeszköz kalibrálási gyakoriság a vállalkozásnál. A megadott tűrésértékek és minta dokumentumsablonok tanulási példák, nem helyettesítik az élő gyártási utasítást.

13 Számítástechnika a faiparban

13.1. Irodai szoftverek az asztalos munkájában

Motiváció: egy megrendelés dokumentációja nem lehet fegyelmezetlen. Ha papíron számolsz, elég egy rosszul összeadott oszlop vagy egy elütött telefonszám, és máris rossz anyagot rendelsz vagy rossz árat adsz. Az irodai szoftverek – szövegszerkesztő, táblázatkezelő, e-mail – arra valók, hogy a műszaki leírást, a szabásjegyzéket, az anyagnormát és az ajánlatot áttekinthetően, újraszámolhatóan és szakszerűen küldd el a vevőnek, a beszállítónak vagy a kollégának.

Szemléletes kép: egy beépített szekrény megrendelésének digitális útja. A rajz vagy felmérés után a méreteket beviszed a táblázatkezelőbe. A táblázat kiszámolja a lapméreteket, az élzáró folyómétert és az anyagköltséget. A szövegszerkesztőben kész műszaki leírást és árajánlatot formázol, majd PDF-ként elküldöd e-mailben. Minden lépés nyomon követhető és javítható.



13.1. ábra. Irodai szoftverek használata egy asztalos megrendelésnél - A folyamat a felméréstől az ajánlat elküldéséig tart. A táblázatkezelő a számítás, a szövegszerkesztő a formázás, az e-mail a kapcsolattartás eszköze.

13.1.1. Alapfogalmak

Definíció. Irodai szoftvernek (más néven irodai programcsomagnak) nevezzük azokat a számítógépes programokat, amelyekkel dokumentumokat írunk, táblázatokat számolunk, adatokat rendszerezünk, és levelezünk. A faipari gyakorlatban a három legfontosabb: a **szövegszerkesztő**, a **táblázatkezelő** és az **e-mail kliens** (levelezőprogram).

Definíció. A **sablon** olyan előre elkészített dokumentum, amelyben a betűtípusok, címsorok, fejléc és lábléc egyszer már be vannak állítva. Ha sablont használsz, nem kell minden árajánlatnál újra megtervezni a lapot; csak a változó adatokat írod át.

13.1.2. Műszaki leírás készítése szövegszerkesztővel

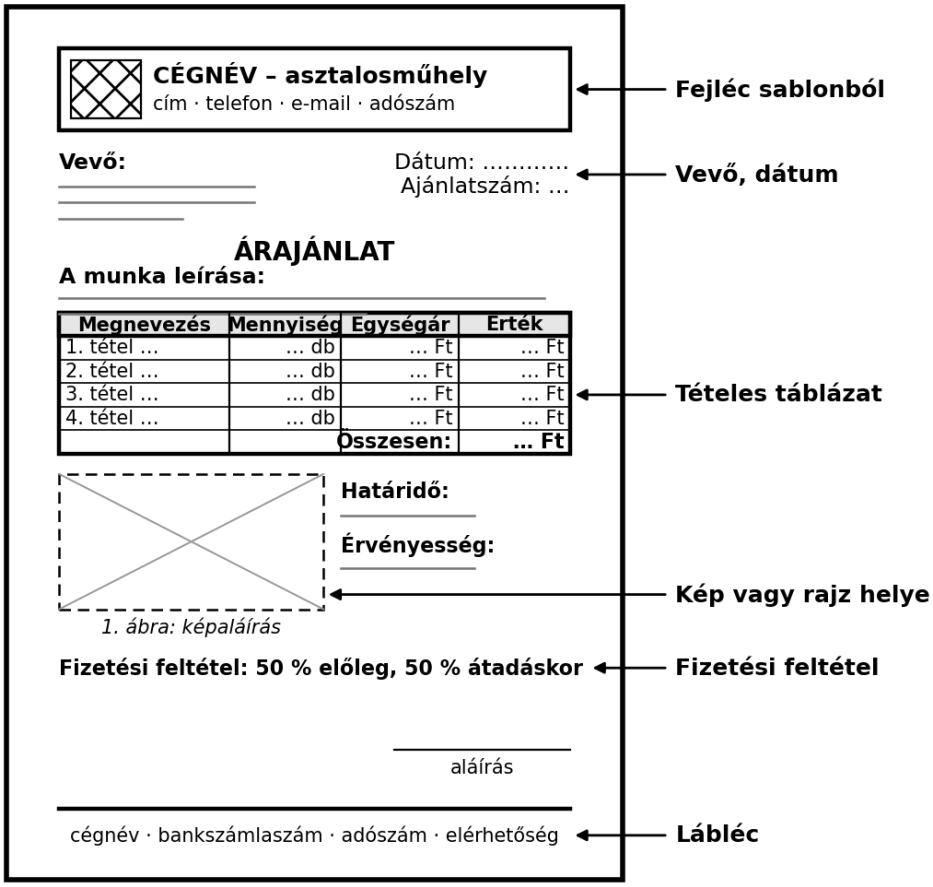
A szövegszerkesztő (például egy irodai programcsomag szöveges modulja) arra való, hogy a műszaki leírást, az árajánlatot, a munkanaplót vagy a szerelési útmutatót tisztán, olvashatóan készítsd el.

A legegyszerűbb műhelyhelyzetben is érdemes **sablont** használni. Egy asztalos árajánlata mindig ugyanazokból az elemekből áll: fejléc (cégnév, elérhetőség), a vevő adatai, a munka leírása, a tételes anyag- és munkadíj, a fizetési feltétel, az érvényesség és az aláírás. Ha ezt egyszer elkészíted sablonként, a következő ajánlatnál csak a megrendelő nevét és a tételeket módosítod. Ez gyorsabb és kevesebb hibalehetőséggel jár.

13.1.2.1. Lépésenkénti eljárás

Definíció. Az alábbi lépések egy **recept** (eljárás) arra, hogyan készíts szakszerű műszaki leírást vagy árajánlatot szövegszerkesztőben.

1. **Nyiss sablont vagy új dokumentumot.** Állítsd be a lapméretet A4-re, a margókat (például 2,5 cm körüli, ellenőrizendő a cég arculata szerint).
2. **Használd a stílusokat.** A dokumentum címe legyen „Címsor 1”, a szakaszok „Címsor 2”. A folyó szöveg legyen normál bekezdés. Így a tartalomjegyzék és a formázás automatikusan egységes marad.
3. **Írd be a fejlécbe a kapcsolati adatokat.** Cégnév, cím, telefonszám, e-mail, adószám (ha a vállalkozásnak van).
4. **Fogalmazd meg a munka leírását.** Röviden, tárgyilagosan, méretekkel. Példa: „Beépített gardrób test, fehér forgácslap, tolóajtóval, méret: 1800 × 2400 × 600 mm.”
5. **Tedd be a tételes árat táblázatba.** Szúrj be egy 2–4 oszlopos táblázatot: Megnevezés, Mennyiség, Egységár, Érték. Alá külön sorba: nettó összeg, ÁFA (kulcs: ellenőrizendő a hatályos szabály szerint), bruttó végösszeg; az ajánlat érvényessége. Az árakat ide írd be, a végső számolást a táblázatkezelőben ellenőrizd.
6. **Illeszd be a képeket, rajzokat.** A műszaki rajzot, csomóponti rajzot, anyagmintát vagy a tervezett bútor látványtervét illeszd a szövegbe. A kép ne takarja a szöveget, és legyen hozzá **képaláírás**.
7. **Mentsd el és exportáld PDF-be.** Az árajánlatot soha ne küldd olyan formátumban, amit a vevő véletlenül átírhat. A PDF a kész dokumentum; a szerkeszthető forrásfájl maradjon nálad.



A4 álló lap, margó kb. 2,5 cm – sematikus, nem méretarányos

13.2. ábra. Egy A4-es árajánlat-sablon elrendezése (sematikus, nem méretarányos): fejléc a cég adataival, alatta a vevő adatai balra, a dátum és az ajánlatszám jobbra, a munka leírása, 4 oszlopos tételes táblázat (megnevezés, mennyiség, egységár, érték) összesítő sorral, kép vagy rajz helye képaláírással, határidő és érvényesség, a fizetési feltétel (50 % előleg, 50 % átadáskor), aláírás és lábléc.

A sablonban csak a vevő adatai, a munka leírása és a táblázat tételei változnak; a fejléc, a lábléc és a fizetési feltétel sora ajánlatról ajánlatra ugyanaz marad.

13.1.3. Szabásjegyzék és anyagnorma táblázatkezelővel

A táblázatkezelő (például egy irodai programcsomag táblázatos modulja) a leghasznosabb digitális eszköz az asztalos anyagelszámolásában. A táblázatkezelő celláiba számokat és képleteket írunk; ha megváltoztatunk egy méretet vagy mennyiséget, a program újraszámolja az összes kapcsolódó értéket.

A **szabásjegyzék** a munkadarabok listája. Az **anyagnorma** ebből számítja ki, mennyi lapanyag, tömörfa, élzáró, ragasztó, vasalat és felületkezelő anyag kell. A digitális táblázatban a kettő egy fájlban is működhet úgy, hogy az egyik munkalap a szabásjegyzék, a másik az anyagszükséglet-összesítés.

13.1.3.1. A cellában lévő képletek alapelve

Az asztalos táblázatkezelőjében a méreteket mm-ben írjuk be. A térfogatot vagy felületet azonban m³-ben, m²-ben vagy fm-ben akarjuk látni. A táblázatkezelőben a cella képlete a cellaazonosítókkal dolgozik.

Legyen a táblázat oszlopa így:

Oszlop	Tartalom	Példa
A	Tétel neve	Oldallap
B	Darabszám	2
C	Hossz (mm)	2400
D	Szélesség (mm)	600
E	Vastagság (mm)	18
F	Térfogat (m³)	= B*C*D*E/1000000000

Szabály. A képletet mindig mértékegység-ellenőrzéssel írd. Ha a méret mm-ben van, akkor mm · mm · mm = mm³. Ahhoz, hogy m³-t kapj, osztanod kell 1 000 000 000-val, mert $1\,\text{m}^3 = 1\,000\,000\,000\,\text{mm}^3$. A táblázatban a képlet így néz ki: `=B2*C2*D2*E2/1000000000`.

13.1.3.2. Kidolgozott számítások

Számítás. Egy szekrény oldallapja 2400 mm hosszú, 600 mm széles, 18 mm vastag. Ebből 2 darab kell. Mennyi a két oldallap térfogata?

1. Egy oldallap térfogata mm³-ben: $2400 \times 600 \times 18 = 25\,920\,000$ mm³.
2. Átváltás m³-be: $25\,920\,000 / 1\,000\,000\,000 = 0,02592$ m³.
3. Két darab térfogata: $2 \times 0,02592 = 0,05184$ m³.

Számítás. A szabásjegyzékben az élzáró anyagot folyóméterben (fm) számoljuk. Egy 600 × 400 mm-es ajtólap mind a négy élét 2 mm vastag élzáróval vonjuk be. Mennyi az élszalag igény 4 ajtóhoz?

1. Egy ajtó élzáró igénye: $2 \times (600 + 400) = 2 \times 1000 = 2000$ mm = 2 fm.
2. Négy ajtó esetén: $4 \times 2 = 8$ fm.
3. Táblázatban a képlet egy sorra (B = darabszám, C és D = az élhosszak mm-ben): `=B2*2*(C2+D2)/1000`. Ellenőrzés: $4 \cdot 2 \cdot (600 + 400)/1000 = 8$ fm.

Megjegyzés. A táblázatkezelőben a mértékegységet az oszlopfejlécbe írd, és a képletbe ne tegyél szöveges mértékegységet, mert a program csak számmal tud számolni. A `1000000000` osztó a fenti térfogatoszlopban a mm³ → m³ váltást végzi.

13.1.4. Összesítés, kerekítés és ellenőrzés

A szabásjegyzék alján összesítő sort alakítunk ki. A `=SZUM(F2:F20)` képlet összeadja a 2 és 20 sor közötti térfogatértékeket. (A pontos függvénynév a irodai programtól függ, de a magyar nyelvű táblázatkezelőben jellemzően `SZUM` vagy `SUM` az összegző függvény; ellenőrizendő a konkrét programban.)

Kerekítés. Az anyagrendelésnél a felfelé kerekítés a biztonságos. Ha a táblázat szerint 2,3 lap 2800 × 2070 mm-es anyag kell, rendelj 3 lapot. A szabásjegyzékben a lapanyagot nem

a kiszámított tizedesre, hanem a ténylegesen megrendelhető táblaszámra írd át. A kerekítést a táblázatkezelő felfelé kerekítő függvényével is megjelenítheted: `=KEREK.FEL(A1;0)` (magyar nyelvű Excel; más programban a függvény neve eltérhet – ellenőrizendő).

Táblázatkezelő képletek a szabásjegyzékben:

Oszlop	Tartalom	Képlet
A	Tétel neve	szöveg
B	Darab	kézzel írt szám
C	Hossz (mm)	kézzel írt szám
D	Szélesség (mm)	kézzel írt szám
E	Vastagság (mm)	kézzel írt szám
F	Térfogat (m³)	`=B2*C2*D2*E2/1000000000`
G	Felület (m²)	`=B2*C2*D2/1000000`
H	Élzáró (fm)	`=B2*2*(C2+D2)/1000` (ha minden él élzárt)

H5 *fx* `=B5*2*(C5+D5)/1000`

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Tétel**	**db**	**Hossz (mm)**	**Szél. (mm)**	**Vast. (mm)**	**Térfogat (m³)**	**Felület (m²)**	**Élzáró (fm)**
2	Oldallap	2	2400	600	18	① 0,05184	② 2,880	12,00
3	Tető/fenék	2	1764	600	18	0,03810	2,117	9,46
4	Polc	2	1764	580	18	0,03683	2,046	9,38
5	Ajtó	4	600	400	18	0,01728	0,960	③ 8,00
6	**Összesen**					**0,14405**	④ **8,003**	**38,83**
7	**Táblaszám**						⑤ **2**	

① **F2:** `=B2*C2*D2*E2/1000000000` – mm³ → m³: osztó 10^9

② **G2:** `=B2*C2*D2/1000000` – mm² → m²: osztó 10^6

③ **H5:** `=B5*2*(C5+D5)/1000` – kerület × db, mm → fm

④ **G6:** `=SZUM(G2:G5)` – összesítő sor

⑤ **G7:** `=KEREK.FEL(G6/5,796;0)` – felfelé kerekített táblaszám

Szemléltető minta (táblaméret 2800 × 2070 mm, ellenőrizendő); élzáró: ha minden él élzárt.

13.3. ábra. Szabásjegyzék táblázatkezelőben képletekkel, összesítő sorral és táblaszámmal

Az ábra az első táblázat kiosztását folytatja (A tétel, B darab, C–E méretek mm-ben, F térfogat), és kiegészíti a G felület- és a H élzáróoszloppal. Minden képlet a sor darabszámával (B) is szoroz: a 4 ajtó élzárója így `=B5*2*(C5+D5)/1000` = 8 fm, a két oldallap térfogata 0,05184 m³. Az összesítő sor `SZUM`, a táblaszám felfelé kerekít. A HTML-változatban a cellák átírhatók, a képletek élőben újraszámolnak, és egy kapcsolóval kipróbálhatod, mekkora hibát okoz a rossz mértékegység-osztó.

Minőségellenőrzés a digitális szabásjegyzékben. Miután a táblázat kész, ellenőrizd a nagyságrendet kézi becsléssel. Ha egy 1800 × 2400 × 600 mm-es gardrób korpuszához 8–12 m² forgácslap jön ki, az reális; ha 3 m² vagy 30 m², valószínűleg hiányzik egy sor vagy rossz az osztó.

Tömörfa polcnál pl. 6 db 1000 × 300 × 18 mm ≈ 0,03 m³ – egy ilyen bútorhoz ritkán kell 0,1 m³-nél több. Ha 25 m² jön ki egy kisebb polcra, akkor valószínűleg elfelejtetted osztani a felületet 1000000-nal vagy a darabszámot nem egyszer, hanem többször szoroztad be.

13.1.5. Adatbázis-feladatok a mindennapi munkában

Definíció. Az **adatbázis** olyan digitális nyilvántartás, amelyben az adatokat rendezetten, kereshetően tároljuk. A kis műhelyben a táblázatkezelő gyakran elég, mert az is tud szűrni, rendezni és összesíteni. Nagyobb forgalomnál, több ezer tételnél célprogramot használunk.

Gyakori faipari adatbázisfeladatok:

- **Konszignációs lap fűrészáru-vásárlásról.** A beszállítótól kapott köbméter vagy darabszám alapján jegyzék készül. A konszignációs lap a vásárolt tétel megnevezését, fafaját, minőségi osztályát, méretét és mennyiségét tartalmazza. A bevételezett faanyag ebből kerül a raktárnyilvántartásba (lásd a Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása alfejezetet).
- **Raktári készlet.** A nyilvántartás alapképlete nyitó készlet + bevételezés – kiadás = záró készlet. Ezt táblázatban oszloponként vezetve a raktár mindig ellenőrizhető. A táblázat fejlécében tüntesd fel a mértékegységet (db, m³, m², fm, kg, l).
- **Ügyfél- és szállítónyilvántartás.** A vevők és beszállítók nevét, címét, adószámát, elérhetőségét és a megrendelések számát táblázatban vagy erre szolgáló számlázó programban tároljuk.
- **Jelenléti ív.** A dolgozók és tanulók napi jelenlétének, munkaidejének egyszerű vezetése.

Gyakorlatias tanács. Egy táblázatkezelő munkalapján a fejlécsort **rögzíteni** kell, hogy görgetéskor is látni lehessen az oszlopneveket (a programonként változó „nézet / fejlécek rögzítése” menüvel; ellenőrizendő). A szűrés pedig például egy adott fafajú, adott beszállítójú tétel kiválasztására való.

13.1.6. Információgyűjtés az interneten

Az asztalos munkájában az internet alapvető eszköz lett. Kereshetsz anyagárat, vasalati adatlapot, gyártói műszaki adatlapot, biztonsági adatlapot és szabványkivonatot.

Amikor az interneten böngészel:

- **Gyártói adatlapot** a termék pontos típusnevével keress; a ragasztó, lakk, vasalat vagy lapanyag gyártójának oldalán találod a hivatalos PDF-et.
- **Árat és raktárkészletet** a beszállítói úgynevezett webáruházban vagy belső felületen érsz el. A könyvbeli árak **mintaárak**, a kiinduló ár a mindenkori beszerzési ár (ellenőrizendő).
- **Szabványok és jogszabályok** szövegét hivatalos, állami vagy szabványügyi oldalon érdemes ellenőrizni. Egy blogbejegyzés nem feltétlenül hatályos; ha a szabvány száma vagy éve bizonytalan, jelöld: **(ellenőrizendő: hatályos szabvány)**.
- **Vélemények, fórumok** segíthetnek egy-egy tapasztalatnál, de műszaki döntést mindig adatlapra, szabványra, gépkönyv alapozd.

13.1.7. Kapcsolattartás a vevővel e-mailben

Az e-mail ma az egyik leggyakoribb hivatalos kapcsolattartó eszköz. A szakszerű levél rövid, udvarias, tárgyszerű.

13.1.7.1. A szakszerű e-mail felépítése

1. **Tárgy mező:** legyen konkrét. Például: „Ajánlat – kétszárnyú belső ajtó, Kovács úr”. A „Megrendelés” vagy a „Doksi” nem elég.
2. **Megszólítás:** „Tisztelt Kovács Úr!” formában.
3. **Az üzenet lényege az első mondatban:** „A megbeszélt bejárati ajtóra vonatkozó árajánlatomat csatolva küldöm.”
4. **Rövid, tárgyszerű leírás:** mire vonatkozik, mi van a csatolmányban, milyen választ várasz.
5. **Elköszönés és aláírás:** név, műhely neve, telefonszám, e-mail cím, weboldal.
6. **Csatolmányok:** a rajzot, árajánlatot, műszaki leírást PDF formátumban küldd. Ellenőrizd, hogy a csatolt fájl a helyes, végleges verzió. Ha a fájl túl nagy, tömörítsd (zip) vagy használj felhőalapú linket (ellenőrizendő a levelező korlátja szerint).

Példa üzenet. > „Tisztelt Kovács Úr! > Csatolva küldöm a tegnap felmért gardrób ajánlatát és szabásjegyzék alapján készült műszaki leírását PDF-ben. Az ajánlat 30 napig érvényes. Kérem, jelezze, ha a szín vagy a fogantyú típusa változott. > Üdvözlettel: > Tóth Péter > Tóth Asztalos Kft.”

13.1.8. Adatvédelem röviden

A vevők adatai (név, cím, telefonszám, e-mail, adószám, banki adat) személyes és gazdasági adatok. A magyarországi gyakorlatban a természetes személyek adataira az adatvédelmi jog (a GDPR-rendelet, az információs önrendelkezési jogról szóló törvény; pontos megnevezésük ellenőrizendő) vonatkozik.

A gyakorlati szabály egyszerű: **csak azokat az adatokat gyűjtsd és tárold, amelyek az üzlethez szükségesek; ne küldd el másnak; ne tedd közzé; és tartsd elzárva vagy jelszóval védve.** Ha egy e-mail címet a több címzettnek küldött levél „Címzett” mezőjébe írsz, mindenki látja a többiek címét. Ilyenkor használd a „titkos másolat” (tk.) mezőt. Az e-mail fiók jelszavát ne add ki, és gyanús csatolmányt ne nyiss meg.

13.1.9. Technológiai lap

Cél: szabásjegyzék készítése táblázatkezelővel, anyagnormával. **Anyagok:** a megadott termék rajza, a méretek listája, lapanyag- és élzáró-adatok (tájékoztató). **Szoftverek:** táblázatkezelő, szövegszerkesztő, PDF olvasó.

1. **Felmérés adatainak beírása.** A helyszíni felmérésből gyűjtsd ki a méreteket mm-ben, és írd be a táblázat A–E oszlopaiba (tétel, darab, hossz, szélesség, vastagság). – ellenőrzés: minden méret mm-ben, a sorrend egységes.
2. **Képletek felépítése.** Az F–H oszlopokba írd a térfogat-, felület- és élzáró-képleteket. – ellenőrzés: a képlet az 1000000000 és 1000000 osztókat használja.
3. **A képlet lemásolása a sorokra.** A táblázatkezelő „kitöltőjele” (kis négyzet a cella sarkában, húzható) a képletet az oszlop többi sorára másolja. – ellenőrzés: a képlet soronként a helyes cellaazonosítókat veszi.
4. **Összesítő sor.** Az utolsó sor fölé vagy alá szúrj be `SZUM` képletet az anyagmennyiség oszlopokra. – ellenőrzés: a végösszeg reális nagyságú.
5. **A lapanyag-szám kiszámítása.** A szükséges m²-t oszd el egy tábla lap területével (például $2{,}8 \times 2{,}07 = 5{,}796$ m²; tájékoztató szabványméret), és kerekíts felfelé. – ellenőrzés: nem rossz helyen van a tizedesvessző.

6. **A kész anyagnorma ellenőrzése.** A darabszám, a mértékegység és a végösszeg egyeztetése a rajzzal. – ellenőrzés: a rajz szerint minden alkatrész szerepel-e.
7. **PDF-be mentés és e-mail-csatolás.** A szövegszerkesztőben levelet írsz, a táblázatból PDF-et készítesz, és csatolod. – ellenőrzés: a csatolmány a legutolsó mentés.

13.1.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** a végösszeg irreálisan nagy. **Ok:** a képletben a felületváltásnál a 1000000 helyett csak 1000-rel osztottak, vagy a darabszám oszlop helytelen. **Helyes gyakorlat:** a mértékegység-átváltást mindig számítsd át egy ismert tétellel (például 1 m^2 az 1000 mm × 1000 mm).
2. **Hiba:** a vevőnek küldött levélhez rossz rajz vagy rossz árajánlat van csatolva. **Ok:** a fájlnevek nem érthetőek, például „vegyes1.pdf_vegleges(2).pdf”. **Helyes gyakorlat:** használj egyértelmű fájlnevet: „2024_11_05_Kovacs_gardrob_ajanlat.pdf”.
3. **Hiba:** a táblázatcellában a képlet nem jelenik meg, csak a felírt képlet szövege. **Ok:** a cella szöveges formátumra van állítva, vagy egyenlőségjel hiányzik. **Helyes gyakorlat:** mindig = jellel kezdd a képletet, és ellenőrizd a cella formátumát.
4. **Hiba:** a levélben több vevő e-mail címe is látszik a címzettek között. **Ok:** a levelet mindenki a „Címzett” mezőbe tették. **Helyes gyakorlat:** tömeges levélnél a saját címedet tedd a „Címzett” mezőbe, a többieket a „Titkos másolat” mezőbe.

13.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló konyhabútorhoz készített szabásjegyzéket. A táblázatban a felületet kézzel számolta, és az egyik lap szélességét 300 mm helyett 600 mm-ként másolta be. A táblázat felfelé kerekítve eggyel több forgácslapot rendelt, mint kellett. A hibát a mestere az anyag átvételekor vette észre, amikor a rendelt lapok nem fértek el a szokásos tárolóhelyen. A tanuló ezután a szabásjegyzék sorait sorról sorra, a rajzról történő kiosztással ellenőrizte, és a fejlécet rögzítette, hogy ne tévessze el a szélesség oszlopot. A hiba tanulsága: **a táblázat csak akkor pontos, ha az adatforrás (rajz, felmérés) is pontos.**

13.1.12. Önellenőrzés

1. Mi a szabásjegyzék és mi az anyagnorma közötti különbség?
2. Hogyan váltasz át mm^3-ből m^3-be a táblázatkezelőben?
3. Miért kell a vevőnek PDF-et küldeni a szerkeszthető táblázat helyett?
4. Mit jelent a „titkos másolat” használata, és mikor alkalmazd?
5. Mi a teendő, ha egy táblázatban a végösszeg hihetetlenül nagy?
6. Minek a rögzítése szükséges a fejlécsorban a nagy táblázatnál?

Önellenőrzés – válaszok

1. A szabásjegyzék a munkadarabok listája méretekkel, darabszámmal; az anyagnorma ebből számítja ki, mennyi nyersanyagra, élzáróra, ragasztóra, vasalatra van szükség.
2. A mm-ben mért hossz, szélesség és vastagság szorzatát elosztod 1000000000-val.
3. A PDF a kész változat, a vevő nem tudja véletlenül vagy szándékosan átírni, és megőrzi a formázást.
4. Amikor több címzettet egy levélben értesítesz, de nem szeretnéd, hogy lássák egymás e-mail címeit (adatvédelmi és udvariassági ok).

5. Ellenőrizd a képletet, a mértékegység-váltó osztót és az adatbevitelt; valószínűleg elmaradt az osztás vagy rossz a cellahivatkozás.
6. A fejlécsort rögzíteni kell, hogy görgetéskor mindig lásd, melyik oszlop milyen adatot tartalmaz.

13.1.13. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a három legfontosabb irodai szoftvert a faipari munkában, és írd le, melyikre mire használod.

2. feladat (A). Írd le számokkal: 1 m³ hány mm³?

3. feladat (B). Egy szabásjegyzékben 6 db polclap van, mindegyik 1000 mm hosszú, 300 mm széles és 18 mm vastag. Számítsd ki a 6 polc teljes térfogatát m³-ben.

4. feladat (B). Egy levélben ügyfelet kérdezel az ajánlatról. Írj rövid, szakszerű e-mailt a tárgy mezővel, a megszólítással, egy bekezdéssel és elköszönéssel.

5. feladat (C). Adott egy táblázat, ahol az F oszlopba a `=B*C*D` képletet írták, és a fejlécben „m³” szerepel. Mi a hiba? Hogyan javítod?

6. feladat (D). Készíts táblázatkezelőben egy 3 soros díszléc-szabásjegyzéket. A sorok: 10 db 1500 mm, 5 db 2000 mm, 2 db 800 mm. Az egységár 1200 Ft/fm (mintaár). Számítsd ki a teljes folyómétert és a teljes anyagköltséget. Írd le a képletek értelmét szövegesen.

13.1.14. Megoldások

1. feladat. Szövegszerkesztő: műszaki leírás, árajánlat, levelek. Táblázatkezelő: szabásjegyzék, anyagnorma, kalkuláció, raktárkészlet. E-mail kliens: kapcsolattartás, csatolmányok küldése.

2. feladat. $1\,\text{m}^3 = 1000 \times 1000 \times 1000 = 1\,000\,000\,000\ \text{mm}^3$.

3. feladat. Egy polc térfogata mm³-ben: $1000 \cdot 300 \cdot 18 = 5\,400\,000\ \text{mm}^3$. Átváltva: $5\,400\,000 / 1\,000\,000\,000 = 0{,}0054\ \text{m}^3$. Hat polc: $6 \cdot 0{,}0054 = 0{,}0324\ \text{m}^3$.

4. feladat. „Tárgy: Kérdés a gardrób ajánlathoz. Tisztelt Kovács Úr! Köszönöm a megkeresését. Az ajánlatot csatoltan küldtem, kérem, jelezze, hogy a fehér és a bézs szín közül melyik a megfelelő. Üdvözlettel: Tóth Péter”.

5. feladat. A képlet mm³-t számol, nem m³-t. Mivel $1\,\text{m}^3 = 1\,000\,000\,000\ \text{mm}^3$, a képletet `/1000000000`-zal kell osztani: `=B*C*D/1000000000`.

6. feladat. Táblázat: A = db, B = mm hossz. C oszlop: `=A2*B2/1000` (fm-ba vált). A sorokra: 15 fm, 10 fm, 1,6 fm. Összesen: `=SZUM(C2:C4)` = 26,6 fm. Egységár D oszlopban 1200 Ft/fm. Érték E oszlopban: `=C5*1200` = 31 920 Ft nettó anyagköltség (mintaár; az ÁFA külön sorban jelenne meg, kulcsa ellenőrizendő). Ellenőrzés: a folyóméter nagysága reális.

13.1.15. Rövid összefoglaló

Az irodai szoftverek az asztalos mindennapi eszközei. A szövegszerkesztővel készítjük a műszaki leírást és az árajánlatot; a sablonok és a stílusok használata egységessé és gyorssá teszi a dokumentumokat. A táblázatkezelő a szabásjegyzék és az anyagnorma alapja; a cellákba képleteket írunk, és a program az adatváltozásra újraszámol. A legfontosabb gyakorlati szabály a mértékegység-átváltás: ha a méret mm-ben van, a térfogathoz 1 000 000 000-val osztunk, a felülethez 1 000 000-rel. A képletekben cellaazonosítókat használunk, a mértékegységet a fejlécbe írjuk. Az adatbázis feladatok (konszignáció, raktár, ügyfélnyilvántartás) kis üzemben táblázatkezelőben is vezethetők. Az e-mail kapcsolattartás szakszerű, ha a tárgy pontos, a levél rövid, a csatolmány PDF. A vevői adatokat védeni kell, a csoportos leveleknél a titkos másolat használata alap. Ezt a digitális szabásjegyzék- és anyagnorma-gyakorlatot használjuk a továbbiakban a CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel, és az Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetekben.

13.1.16. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: irodai programcsomag súgói és gyakorlati felhasználói útmutatók, informatikai alapismereti tankönyvek, adatvédelmi jogszabályi háttér (GDPR és hazai adatvédelmi törvény, a pontos megnevezést és hivatkozást ellenőrizni kell), valamint a faipari szabásjegyzék és anyagnorma számítási hagyománya. A táblázatkezelő függvénynevei és kerekítési módjai programonként eltérhetnek; a pontos neveket a használt program súgójában ellenőrizni kell. A példákban szereplő mintaárak, szabványlapméretek és levélformátumok tájékoztatók, a konkrét irodai program verziójától és a vállalkozás arculatától függnek.

13.2. CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel

13.2.1. Motiváció

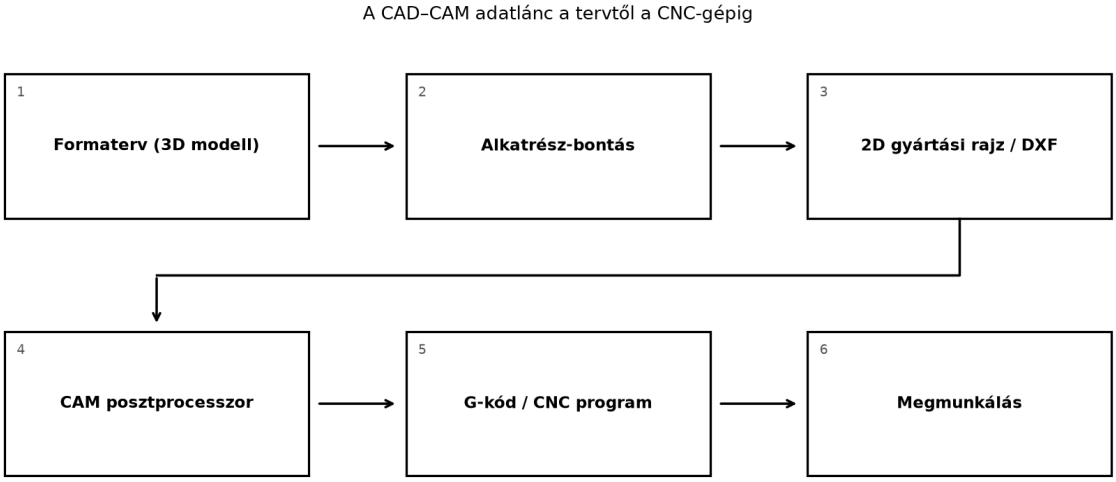
Egy konyhabútor-rendelés tervezésekor a vevő először látványtervet szeretne látni, hogy eldöntse, tetszik-e neki a szín, a fogantyú, az ajtók elrendezése. Ha csak papíron rajzolunk, a változtatás lassú: minden módosításhoz új rajz kell. Ha viszont számítógéppel, **CAD-programban** dolgozunk, a 3D-modellen gyorsan cserélhetjük a színeket, az ajtót vagy a méretet, és a program azonnal frissíti a nézeteket, az alkatrészlistát és a szabásjegyzéket is.

A második nehéz pillanat a gyártáskor jön: a rajzról a CNC-gép nem tud közvetlenül dolgozni. A tervből **CAM-adatot** kell készíteni, amely a gép nyelvén, koordinátákkal és szerszámparancsokkal írja le a megmunkálást. Ha ez a lánc helyesen épül fel, a tervtől a furatig és a szabásig kevesebb hibával, gyorsabban jutunk el. Ha bárhol elszakad az adatlánc, rossz méret, rossz furat vagy anyagpazarlás lehet a vége.

13.2.2. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy fiókos éjjeliszekrényt a képernyőn: a bal oldalon a **3D-modell** forgatható, jobbra a **2D-s alkatrészrajzok** nyílnak, alul pedig egy táblázat sorolja az alkatrészeket mérettel, anyaggal, furatokkal. Amikor a tervező a 3D-modellen kicseréli a fiókelőlapot magasabbra, a alkatrészlista sora automatikusan frissül, és a szabásoptimalizáló újrarendezi a lapra a vágási képet. Ezután egy gombnyomással exportáljuk a furatok és a körvonalak adatait a CNC-gép számára.

Az alábbi folyamatábra a teljes **CAD–CAM adatláncot** mutatja a tervtől a gépig:



13.4. ábra. A CAD–CAM adatlánc a tervtől a CNC-gépig - Szemléltető folyamatábra; a lépések szoftverenként és gépenként eltérhetnek. A gyártói adatlap és a gépkönyv az irányadó.

A lépések nem varázsütésre történnek: mindegyiknél ellenőrizni kell a méretet, az anyagot és a szerszámot. A folyamatábra inkább térkép, mint automata futószalag.

13.2.3. Definíciók és szabályok

CAD (Computer Aided Design) – számítógéppel segített tervezés. A faiparban két fő fajtája van: a **2D-s CAD**, amely síkbeli rajzokat készít (vetület, méretezés, vonalak), és a **3D-s CAD**, amely térbeli modellt épít. A 3D-modellből általában 2D-s rajzok is előállíthatók.

CAM (Computer Aided Manufacturing) – számítógéppel segített gyártás. A CAM-program a CAD-ből kapott geometriából megmunkálási pályákat számol: furatok, marások, vágások, zsebek. A CAM kimenete gépi vezérlőkód, amelyet a CNC-gép értelmez.

CAD–CAM lánc – az a folyamat, amely a tervtől a kész alkatrészig viszi a digitális adatot: tervezés → 3D-modell → alkatrészlista → 2D-rajz / DXF → CAM-pálya → posztprocesszor → CNC-program → megmunkálás. A lánc minden lépésénél meg kell őrizni a méretek és a koordináták helyességét.

Réteg (layer) – a CAD-rajz rendezési eszköze. Egy rétegre kerülnek például a körvonalak, egy másikra a méretek, egy harmadikra a furatok. A rétegeket ki-be kapcsolhatjuk, zárolhatjuk, eltérő vonalszínnel vagy vonaltípussal jeleníthetjük meg. Faipari rajzon érdemes külön rétegre tenni a **kontúrt**, a **furatokat**, a **méretezést**, az **élzárást** és a **segédvonalakat**.

Blokk (block) – ismétlődő rajzi elemek csoportja. Például egy köldökcsap-ábrázolás, egy vasalat szimbóluma vagy egy fogantyú nézete. A blokkot egy helyen kell módosítani, és a rajz minden előfordulásán frissül. Faipari rajzokon a vasalatok, a furatjelölések és a címkék jellemző blokkok.

DXF (Drawing Exchange Format) – rajzcsere-formátum, amely gyakran használt a CAD-programok és a gyártógépek közötti 2D-s geometria átadására. Nem szabványos, hanem egy elterjedt gyártói formátum **(ellenőrizendő: a pontos verzió és a célgép által elfogadott DXF-változat)**. Emellett léteznek gyártói, gépspecifikus formátumok is.

Posztprocesszor – a CAM-program utolsó modulja, amely a géptől független szerszámpályát az adott CNC-gép nyelvére alakítja. Minden gépvezérlésnek megvan a maga dialektusa, ezért ugyanaz a furatpozíció más kódban jelenik meg egy asztali CNC-marónál, mint egy ipari megmunkálóközpontnál. A posztprocesszor kiválasztása ezért gépfüggő.

Szabály. A CAD-modell és a gyártási rajz akkor jó, ha a rajz minden mérete, furata és élzárása visszavezethető a 3D-modellre. Ha a 3D-modell és a 2D-rajz között ellentmondás van, a gép rossz alkatrészt gyárt.

13.2.4. Technológia: egy bútor 2D-s és 3D-s CAD-modellezése

13.2.4.1. 2D-s CAD-rajz készítése lépésenként

1. **Rajzbeállítás:** állítsuk be a mértékegységet (mm), a rajzterületet és a rajzfejet. Faipari rajzon a mm-t nem írjuk ki, a méretarányt a rajzfejben adjuk meg (például 1:1, 1:2, 1:5).
2. **Rétegszerkezet:** hozzuk létre a rétegeket, például `kontur`, `furat`, `meret`, `elzaras`, `segéd`. A rétegeket színnel és vonaltípussal különítsük el.
3. **Kontúrok rajzolása:** a bútorlap körvonalát zárt alakzatként rajzoljuk meg. Használjunk pontos koordinátákat vagy intelligens méretmegadást (például hossz 600 mm, szélesség 400 mm).
4. **Furatok és vasalatjelek:** a furatokat körrel jelöljük, és a furatátmérőt, mélységet, pozíciót a méretezésben adjuk meg. A vasalatokhoz használjunk blokkokat.
5. **Méretezés:** a méreteket a közös báziséltől indítsuk, hogy a hibák ne adódjanak össze. Tüntessük fel a hosszt, szélességet, furathelyeket, élzárás helyét.
6. **Szabásjegyzék-ellenőrzés:** ellenőrizzük, hogy a rajzon szereplő minden alkatrész szerepel-e a szabásjegyzékben, és a méretek egyeznek-e.
7. **Nyomtatás vagy PDF-export:** a rajzot PDF-be mentjük, vagy nyomtatjuk. A PDF/A formátum hosszú távú megőrzésre alkalmas **(ellenőrizendő: az adott CAD-program PDF-export beállítása)**.

13.2.4.2. 3D-s CAD-modellépítés lépésenként

1. **Alkatrész-modellek:** minden bútoralkatrészt (oldallap, fiókelőlap, polc) külön 3D-testként modellezünk. A testet leggyakrabban egy 2D-s vázlat kihúzásával (extrudálással) hozzuk létre. Például rajzolunk egy téglalapot 600 × 400 mm, majd kihúzzuk 18 mm vastagságra.
2. **Furatok és zsebek:** a furatokat 3D-ben hengerként kivonjuk a testből. A zsebeket, nútokat és csapokat is 3D-s kivonással vagy összeadással hozzuk létre.
3. **Összeállítás:** az alkatrészeket kényszerekkel (együttálló, párhuzamos, távolság) illesztjük össze. A kényszerek segítenek a szerkezet helyes összeállításának ellenőrzésében.
4. **Anyagmegjelenés:** hozzárendeljük a faanyag textúráját, színét, a vasalat megjelenését. Ez a **látványtervezés** alapja.
5. **Ellenőrzés:** a 3D-modellt forgatva ellenőrizzük a kötéseket, a szerelvényhelyeket, a nyílások méretét. Keressünk metszési hibákat (például két alkatrész egymásba ér).
6. **2D-rajzok generálása:** a 3D-modellből automatikusan 2D-s nézeteket és metszeteket készíthetünk. A generált rajzhoz méretezést és feliratokat adunk.
7. **Szabásjegyzék-generálás:** a CAD-program (vagy a faipari célszoftver) a modellből alkatrészlistát készít: megnevezés, darabszám, anyag, kész méret, furatok, élzárás.

13.2.5. Kidolgozott példa: fiókos éjjeliszekrény CAD-modellje és szabásoptimalizálása

Termék: egyszerű fiókos éjjeliszekrény. Méretek: szélesség 500 mm, mélység 400 mm, magasság 600 mm. Anyag: 18 mm vastag laminált forgácslap (a fiók oldalai 16 mm-es laminált forgácslapból). Szerkezet: két oldallap, egy fedőlap, egy fenéklap, egy hátlap (farostlemez), két polc, egy fiókelőlap, a fiók oldalai, hátlapja és belső eleje, valamint egy fiókfenék.

13.2.5.1. 1. CAD-modellezés lépései

A 3D-modellben minden alkatrészt külön testként hozunk létre:

- **Oldallap:** téglalap 582 × 400 mm (a fedőlap az oldallapok tetején fekszik, ezért 600 − 18 = 582 mm), kihúzás 18 mm vastagságra. Furatok: 32-es rendszerű lyuksor a polctartókhoz, átmérő 5 mm, mélység 8 mm, pozíciók a báziséltől mérve.
- **Fedőlap:** téglalap 500 × 400 mm, kihúzás 18 mm. A két oldallap tetejére fektetjük.
- **Fenéklap:** 464 × 400 mm (a két oldallap belső távolsága 500 − 2×18 = 464 mm), kihúzás 18 mm.
- **Polc:** 464 × 380 mm, kihúzás 18 mm.
- **Fiókelőlap:** 500 × 200 mm, kihúzás 18 mm, a fiók előlapja.
- **Fiók oldalai:** két darab 350 × 120 mm, kihúzás 16 mm (a fiókvezető hosszához igazítva, ellenőrizendő: vasalatkatalógus; a fiók mélysége rövidebb a szekrény 400 mm-es mélységénél, hogy beleférjen).
- **Fiókhátlap és fiók-belső elő:** két darab 406 × 120 mm, kihúzás 16 mm (a fiókvezető oldalhézagával számolva: 464 − 2 · 13 − 2 · 16 = 406 mm).
- **Fiókfenék:** 430 × 350 mm, 3 mm HDF.
- **Hátlap:** 468 × 550 mm, 3 mm vastag HDF, az oldallapok hátul marásába illesztve.

A 3D-összeállításban az alkatrészeket kényszerekkel illesztjük: az oldallapok párhuzamosak, távolságuk 464 mm; a fedőlap az oldallapok tetején fekszik; a fiókelőlap a fiók oldalaira illeszkedik. Az összeállítás így megmutatja, hogy a fiók becsukott állapotban szorul-e, vagy a polcok elférnek-e.

13.2.5.2. 2. Alkatrészlista generálása

A CAD-program az alábbi szabásjegyzéket készíti (kivonat):

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
1	Oldallap	2	Laminált forgácslap	582 × 400 × 18	32-es furatsor, élzárás elöl
2	Fedőlap	1	Laminált forgácslap	500 × 400 × 18	élzárás 3 oldalon
3	Fenéklap	1	Laminált forgácslap	464 × 400 × 18	élzárás elöl
4	Polc	2	Laminált forgácslap	464 × 380 × 18	élzárás elöl
5	Fiókelőlap	1	Laminált forgácslap	500 × 200 × 18	élzárás 4 oldalon

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
6	Fiók oldallap	2	16 mm laminált forgácslap	350 × 120 × 16	élzárás felül
7	Fiókhátlap, fiók-belső elő	2	16 mm laminált forgácslap	406 × 120 × 16	élzárás felül
8	Fiókfenék	1	HDF	430 × 350 × 3	—
9	Hátlap	1	HDF	468 × 550 × 3	—

Ellenőrzés: a szélességi méretek összhangja: 2 × 18 mm oldallap + 464 mm belső = 500 mm. A magassági méret: 582 mm oldallap + 18 mm fedőlap = 600 mm. A polcok állíthatók, ezért a belső szabad magasságot külön ellenőrizzük. A listát mindig a 3D-modellhez viszonyítva ellenőrizzük.

13.2.5.3. 3. Szabásoptimalizálás

A laminált forgácslap táblamérete szabványosan **2800 × 2070 mm** (tájékoztató, ellenőrizendő a beszállítónál). Az alkatrészeket ebből kell kiszabni. A **szabásoptimalizáló program** a táblára helyezi az alkatrészeket úgy, hogy a hulladék a lehető legkisebb legyen, figyelembe véve a fűrészvágás rést (például 4 mm) és a szálirányt.

Számítsuk ki a nettó anyagszükségletet:

A nagy alkatrészek területe (a fűrészrést most elhanyagoljuk, csak a kihozatali arányt becsüljük):

18 mm-es laminált forgácslap:

- Oldallap: 0,582 m × 0,400 m = 0,2328 m², 2 db → 0,4656 m²
- Fedőlap: 0,500 × 0,400 = 0,200 m²
- Fenéklap: 0,464 × 0,400 = 0,1856 m²
- Polc: 0,464 × 0,380 = 0,17632 m², 2 db → 0,35264 m²
- Fiókelőlap: 0,500 × 0,200 = 0,100 m²
- Összesen (18 mm): 0,4656 + 0,200 + 0,1856 + 0,35264 + 0,100 = **1,30384 m²**

16 mm-es laminált forgácslap (külön sor, külön anyag):

- Fiók oldallap: 0,350 × 0,120 = 0,042 m², 2 db → 0,084 m²
- Fiókhátlap és belső elő: 0,406 × 0,120 = 0,04872 m², 2 db → 0,09744 m²
- Összesen (16 mm): **0,18144 m²**

HDF (3 mm): hátlap 0,468 × 0,550 = 0,2574 m², fiókfenék 0,430 × 0,350 = 0,1505 m².

Egy tábla: 2,800 m × 2,070 m = **5,796 m²**

Elméleti kihozatal a 18 mm-es anyagra: $ \frac{1{,}30384}{5{,}796} \cdot 100,% = 22{,}5,% $. Ez nem hulladékarány: egyetlen éjjeliszekrényhez a tábla kb. negyede kell, a tábla többi része **maradéklapként** más munkához (vagy több darab egyidejű gyártásához) használható.

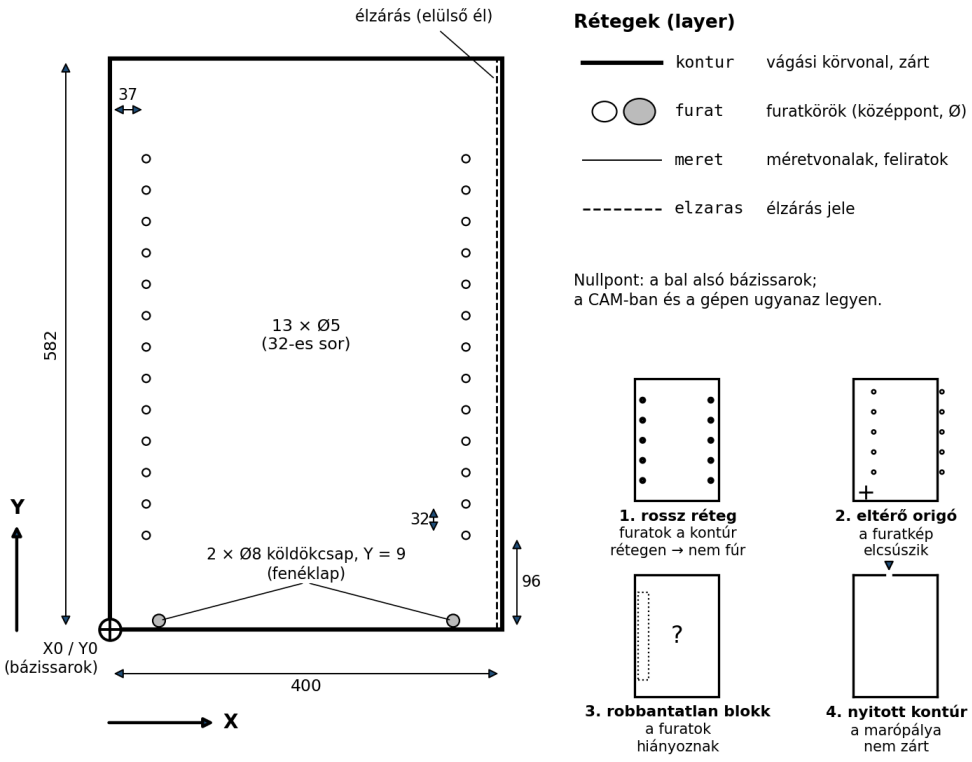
Az optimalizáló ezért a maradéklap méretét is kiírja; kihozatalt sorozatra vagy maradéklap-kezeléssel értelmes számolni. A 16 mm-es fiókelemek külön (16 mm-es) lapból vagy maradéklapból készülnek.

A pontos számításhoz a szabásrészt is hozzá kell adni: ha minden vágás 4 mm-t vesz el, akkor a nettó méretekhez ráhagyást kell adni a szabásjegyzék nyers méreteinél. Ezt a Szabásjegyzék és anyagnorma és a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal alfejezetekben részletezzük.

13.2.5.4. 4. Adatátvitel a CNC-gépre

A 2D-s gyártási rajzot **DXF** formátumban exportáljuk. A DXF-ben az alkatrész kontúrja, a furatok középpontja és átmérője, valamint a zsebek geometriája szerepel. Az export előtt ellenőrizzük:

- Minden méret milliméterben van-e.
- A furatok külön rétegen vannak-e.
- A körvonal zárt, nincs-e szakadás.
- Az élzárások jelölése nem keveredik-e a vágási kontúrral.



13.5. ábra. Az oldallap 2D-rajza DXF-rétegek szerint, a CNC-nullponttal és a négy tipikus exporthibával

Az ábrán az éjjeliszekrény 582 × 400 × 18 mm-es oldallapja látható (a fedőlap az oldallapok tetején fekszik, ezért az oldallap 600 − 18 = 582 mm magas). A rétegeket vonaltípus különíti el: `kontur` vastag folytonos, `furat` kör, `meret` vékony, `elzaras` szaggatott. A nullpont (X0/Y0) a bal alsó bázissarok; a CAM-ban és a gépen ugyanennek kell lennie. Jobbra lent a négy tipikus hiba: rossz réteg, eltérő origó, robbantatlan blokk, nyitott kontúr. A HTML-változatban a rétegek ki-be kapcsolhatók, és az origó eltolásával látható, hova kerülnének a furatok.

Egy rövid, magyarázott fúrási programrészlet (a pontos szintaxis vezérlőfüggő, **ellenőrizendő: a gép vezérlőjének dokumentációja**):

```
; Oldallap 582 x 400 x 18 - nullpont: bal alsó bázissarok (X0 Y0), Z0 a lap felső síkja
T1 M6                  ; szerszámcsere: 5 mm-es fúró a 32-es sorhoz
S4000 M3               ; orsó be, fordulatszám (szerszámadatlap szerint)
G0 X37 Y96 Z5          ; gyorsmenet az első furat fölé, 5 mm biztonsági magasságba
G81 Z-12 R2 F1500      ; fúróciklus: 12 mm mély furat, előtolás mm/min-ben
Y128                   ; következő furat 32 mm-rel feljebb (a ciklus ismétlődik)
G80 G0 Z50 M5          ; ciklus vége, kiemelés, orsó le
```

A CNC-gép CAM-programja beolvassa a DXF-et, a kezelő kiválasztja a szerszámokat (például 5 mm-es fúró, 8 mm-es maró), majd a posztprocesszor legenerálja a gépi programot. A program már koordinátákat, fordulatszámot, előtolást és szerszámcserét tartalmaz. A generált programot szimulációval ellenőrizzük, hogy ne legyen ütközés vagy rossz mélység.

Gépbiztonság. A CNC-gépen a programot csak betanított, felügyelt kezelő indíthatja. Indítás előtt ellenőrizd a munkadarab rögzítését (vákuum), a szerszámok befogását és megengedett fordulatszámát, a védőberendezéseket és a vészleállítót; az új programot először szimulációban, majd csökkentett előtolással, a gép mellett állva futtasd (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085 sorozat). A gép munkaterébe működés közben nem nyúlunk.

13.2.6. Szabvány

Szabvány. A CAD-adatok cseréjére nincs egyetlen kötelező faipari szabvány; a gyakorlatban a **DXF** formátum de facto szabvánnyá vált, de a verziószám és a célgép által elfogadott elemek eltérhetnek **(ellenőrizendő: a CNC-gép gyártói dokumentációja)**. A hosszú távú megőrzésre a **PDF/A** formátum (ISO 19005 sorozat) alkalmas **(ellenőrizendő: a pontos szabványszám)**. A termékmodell-adatok cseréjére az **ISO 10303 (STEP)** szolgál, de az asztalosüzemi gépek és a faipari szoftverek a gyakorlatban gyakran DXF-et vagy saját formátumot használnak. A rajzok szabványos vonalait, méretezését és rétegrendjét az MSZ EN ISO 128 és MSZ EN ISO 129 alapelvei szerint alakítjuk ki **(ellenőrizendő: a hatályos szabványszámok)**.

13.2.7. Minőségellenőrzés

A CAD-CAM láncban az ellenőrzés célja, hogy a gép ne gyártson rossz alkatrészt. Az ellenőrzési pontok:

1. **Modell ellenőrzése:** a 3D-modellben minden alkatrész a helyén van, nincs átfedés, a furatok mélysége és pozíciója helyes.
2. **Rajz ellenőrzése:** a generált 2D-rajz méretei egyeznek a 3D-modellel; a méretarány és a rajzfej megfelelő.
3. **Lista ellenőrzése:** a szabásjegyzék darabszáma, anyaga és kész mérete megegyezik a modellel; a nyers méretek tartalmazzák a ráhagyást.
4. **DXF ellenőrzése:** a kontúr zárt, a furatok külön rétegen vannak, a mértékegység mm, nincs felesleges réteg.
5. **CAM szimuláció:** a generált szerszámpályát szimulációban ellenőrizzük ütközésre, rossz megmunkálási sorrendre, túl mély furatra.
6. **Próbadarab:** ha lehetséges, egy hulladéklapon vagy próbadarabon teszteljük a programot, mielőtt a teljes anyagot megmunkáljuk.

Eltérés esetén a hibát a lánc legkorábbi pontján kell javítani: először a modellben, majd a rajzban, majd az exportban, végül a CAM-paraméterekben.

13.2.8. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba: a CNC-gép rossz helyre fúr.** Ok: a DXF-exportnál a furatok másik rétegre kerültek, vagy a koordinátarendszer origója nem egyezik. **Helyes gyakorlat:** mindig ellenőrizzük a rétegeket és az origót; export előtt a rajzon rajzoltassuk ki a furatok középpontját.
2. **Hiba: a generált szabásjegyzék darabszáma nem egyezik a rajzzal.** Ok: a 3D-modellben egy alkatrész kétszer szerepel, vagy a blokkok beszámításra kerültek. **Helyes gyakorlat:** modellben minden alkatrészt egyedi, paraméterezett testként építsünk, ne blokkokból.
3. **Hiba: a szabásoptimalizáló rosszul vág, és a táblán az alkatrészek nem férnek el.** Ok: nem adtuk meg a fűrészrést vagy a tábla szegélyének levágását (ráhagyást). **Helyes gyakorlat:** az optimalizálóban állítsuk be a fűrészrés vastagságát, a tábla szegélyét, a szálirányt, és futtassuk újra.
4. **Hiba: a CNC-program hibás szerszámot vagy fordulatot használ.** Ok: rossz posztprocesszort választottunk. **Helyes gyakorlat:** mindig a gép típusának megfelelő posztprocesszort használjuk; a gépkönyvben ellenőrizzük a támogatott programnyelvet.

13.2.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos vállalkozó bevezette a CAD-CAM munkafolyamatot, hogy konyhabútorokat gyorsabban gyártson. Kezdetben a tervező a 3D-modellből csak látványtervet készített, a gyártáshoz viszont kézzel írta az alkatrészlistát, és a CNC-gépet is kézzel programozta. Az eredmény: a látványterv és a valódi bútor méretei eltértek, mert a kézi lista nem frissült, amikor a modellben megváltozott a fiókméret. Egy reklamáció után a cég áttért arra, hogy a CAD-program automatikusan generálja a szabásjegyzéket, és a DXF-et közvetlenül a CAM-ba küldi. Az új folyamattal a tervezésről a gyártásra fordított idő a felére csökkent, és a mérethibák megszűntek. A tanulság: **a CAD-modell az egyetlen igazságforrás**, a többi dokumentumot abból kell származtatni.

13.2.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A DXF fájl közvetlenül futtatható a CNC-gépen, mert az egy szabványos vezérlőkód. Indokold!
2. Mi a különbség a 2D-s CAD és a 3D-s CAD között a faipari tervezésben?
3. Miért van szükség posztprocesszorra a CAM és a CNC-gép között?
4. Számolj: egy 600 × 400 mm-es bútorlap területe hány négyzetméter? Ha 20 darabot kell gyártani, mennyi a nettó anyagigény?
5. Mi a szerepe a rétegeknek a CAD-rajzon? Adj három példát faipari rétegre.
6. Mi a hiba: a szabásoptimalizáló 3 darab 2800 × 2070 mm-es táblát jelez, de a nettó anyagszükséglet csak 4,2 m²?

13.2.11. Feladatok

1. feladat (A)
Fogalmazd meg saját szavaiddal a CAD és a CAM fogalmát, majd rajzold le a CAD–CAM lánc lépéseit.

2. feladat (A)
Sorolj fel három faipari réteget, amelyet egy 2D-s műhelyrajzon használnál, és írd le, mi kerül rájuk.

3. feladat (B)
Egy 3D-s modellből generált szabásjegyzékben az oldallap mérete 800 × 600 × 19 mm, de a gyártási rajzon 800 × 600 × 18 mm szerepel. Mi lehet a probléma? Hogyan ellenőriznéd?

4. feladat (B)
Számítsd ki a nettó anyagszükségletet: 4 db oldallap 700 × 500 mm, 2 db fedőlap 900 × 550 mm, 3 db polc 650 × 450 mm. Add meg az eredményt m²-ben, és becsüld meg, hány 2800 × 2070 mm-es tábla kell, ha a fűrészrés miatt 10% ráhagyást számolunk.

5. feladat (C)
Egy CNC-gépre DXF-et exportálsz, de a gép a furatokat nem fúrja ki, csak a körvonalat marja. Mi lehet az ok? Sorolj fel legalább három lehetséges hibát, és mindegyikre add meg a javítást.

6. feladat (D)
Készíts rövid technológiai leírást (számozott lépéseket) egy 3D-s bútormodell 2D-s gyártási rajzának előállításához. Használd a fiókos éjjeliszekrény példáját, és írd be az ellenőrzési pontokat minden lépéshez.

13.2.12. Megoldások

13.2.12.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A DXF geometriai adatokat tartalmaz, nem gépvezérlő kódot. A CNC-gép a CAM-programból posztprocesszálással előállított gépi programot futtatja.
2. A 2D-s CAD síkbeli rajzokat készít (vetület, méretezés); a 3D-s CAD térbeli modellt épít, amelyből 2D nézetek és szabásjegyzék is származtatható. A 3D-modell a teljes termék szerkezetét mutatja, a 2D-s rajz egy-egy nézetet vagy metszetet.
3. A posztprocesszor a CAM által generált általános szerszámpályát az adott CNC-gép vezérlésének nyelvére alakítja. Minden gépvezérlés eltérő dialektust használ, ezért gépfüggő.
4. Terület: $0{,}6\,\text{m} \times 0{,}4\,\text{m} = 0{,}24\,\text{m}^2$. 20 darab: $20 \times 0{,}24 = 4{,}8\,\text{m}^2$.
5. Rétegek: `kontur` (alkatrész körvonala, vágási geometria), `furat` (furatok középpontja, átmérő), `meret` (méretvonalak és feliratok). A rétegek segítik a logikai csoportosítást, a megjelenítést és a gyártási adatok (pl. furatok) exportálását.
6. A nettó anyag 4,2 m², egy tábla területe 5,796 m², tehát elméletileg 1 tábla elég lenne, ha a kihozatal 100% lenne, de a fűrészvágások, a szálirány és a darabok elrendezése miatt szükséges lehet 2 tábla. A 3 tábla viszont már anyagpazarlást jelez, vagy rosszul adtuk meg a darabokat / ráhagyást.

13.2.12.2. Feladatok megoldásai

1. feladat (A)
CAD: számítógéppel segített tervezés, amely 2D-s rajzot vagy 3D-s modellt hoz létre. CAM: számítógéppel segített gyártás, amely a CAD-geometriából megmunkálási pályát és gépi kódot készít. A lánc: tervezés → 3D-modell → alkatrészlista → 2D-rajz / DXF → CAM-pálya → posztprocesszor → CNC-program → megmunkálás.

2. feladat (A)
Lehetséges válasz:
- `kontur`: az alkatrész külső és belső körvonalai, vágási geometria.
- `furat`: furatok középpontja, átmérője, mélysége.
- `elzaras`: élzáró anyag jelölése, pl. az élzárás vastagsága és anyaga.
Ezek segítenek a rajz áttekinthetőségében és a gyártási adatok exportálásában.

3. feladat (B)
Valószínűleg a 3D-modellben a lapvastagság 19 mm-re van paraméterezve, míg a rajzon kézzel átírták 18 mm-re, vagy a rajz sablonja 18 mm-ben rögzítve van. Ellenőrzés: nyisd meg a 3D-modellt, nézd meg az alkatrész vastagság-paraméterét; hasonlítsd össze a szabásjegyzék nyers és kész méretét. Ha a modellben 19 mm szerepel, akkor a rajz a hibás, javítsd a modellt vagy a rajzgenerálást. A vastagság eltérés a bútor illesztésénél problémát okoz.

4. feladat (B)
Számolás:
- Oldallap: $0{,}7 \times 0{,}5 = 0{,}35$ m², 4 db $\rightarrow 1{,}40$ m²
- Fedőlap: $0{,}9 \times 0{,}55 = 0{,}495$ m², 2 db $\rightarrow 0{,}99$ m²
- Polc: $0{,}65 \times 0{,}45 = 0{,}2925$ m², 3 db $\rightarrow 0{,}8775$ m²
- Nettó összesen: $1{,}40 + 0{,}99 + 0{,}8775 = \mathbf{3{,}2675\ m^2}$
10% ráhagyással: $3{,}2675 \times 1{,}10 = 3{,}59425 \approx 3{,}594\,\text{m}^2$.
Egy tábla: 5,796 m². A szükséges táblaszám: $3{,}594/5{,}796 = 0{,}62$, tehát 1 tábla elvileg elegendő. Az optimalizálónál ellenőrizni kell, hogy a darabok hogyan férnek el a táblán a vágásréssel és a száliránnyal.

5. feladat (C)
Lehetséges okok és javítások:
- A furatok nem kerültek a megfelelő rétegre, ezért a CAM nem ismerte fel fúrásként. Javítás: tedd a furatokat külön `furat` rétegre, és ellenőrizd a CAM beállításait.
- A DXF-exportnál a furatjelek (körök) kimaradtak, mert a rajzon blokkként szerepeltek, és a blokk nem lett felrobbantva. Javítás: robbantsd fel a blokkokat exportálás előtt.
- A CAM-ban a megmunkálási művelet rossz, pl. a furat helyett kontúrmarást választottál. Javítás: a furat műveletet válaszd, és rendeld hozzá a fúrószerszámot.
- A posztprocesszor nem támogatja a fúrási ciklust, ezért marásként értelmezi. Javítás: ellenőrizd a posztprocesszort, vagy használj más, fúrást támogató stratégiát.

6. feladat (D)
Technológiai leírás a 2D-s gyártási rajz előállításához a fiókos éjjeliszekrény példáján:

1. Nyisd meg a 3D-modellt, ellenőrizd az alkatrészeket (nincs hibás kényszer, a vastagságok 18/16/3 mm). – **Ellenőrzés:** az alkatrészfa tiszta, a méretek stimmelnek.
2. Válassz ki egy alkatrészt, pl. oldallap. Készíts róla 2D-s rajzlapot, helyezz el nézetet (elölnézet, felülnézet) és metszetet, ha szükséges. – **Ellenőrzés:** a nézetarány 1:1 vagy 1:2, a nézet a lap közepén van.
3. Adj hozzá méreteket: hossz, szélesség, furathelyek, furatátmérők, élzárás. – **Ellenőrzés:** a méretek a báziséltől indulnak, nincs hiányzó méret.
4. Tedd a furatokat a `furat` rétegre, a kontúrt a `kontur` rétegre. – **Ellenőrzés:** a rétegek ki-be kapcsolásával a furatok megjelennek.
5. Ha a rajzon blokkot használtál (vasalat), robbantsd fel a DXF-export előtt. – **Ellenőrzés:** a blokk már nem szerepel zárt csoportként.
6. Exportálj DXF-et. – **Ellenőrzés:** a DXF-et megnyitva a kontúr zárt, a furatok körök.
7. Nyomtasd vagy mentsd PDF-be a műhelyrajzot. – **Ellenőrzés:** a nyomtatás léptékhelyes, a rajzfej tartalmazza a megnevezést, anyagot, méretarányt.

13.2.13. Rövid összefoglaló

A **CAD** (számítógéppel segített tervezés) és a **CAM** (számítógéppel segített gyártás) összekapcsolásával a tervtől a CNC-gépig egy **adatlánc** vezet. A folyamat lépései: 3D-modell → alkatrészlista → 2D-rajz / DXF → CAM-pálya → posztprocesszor → CNC-program → megmunkálás. A CAD-rajzok rétegekbe szervezik a kontúrokat, furatokat, méreteket és élzárásokat; a blokkok az ismétlődő elemeket fogják össze. A faipari célszoftverek a 3D-modellből szabásjegyzéket és látványtervet generálnak, az optimalizáló programok pedig a táblára rendezik az alkatrészeket, csökkentve a hulladékot. Az adatátvitel gyakori formátuma a **DXF**, de a gép csak a saját vezérlőnyelvén dolgozik, ezért szükséges a **CAM-posztprocesszor**. A lánc minden lépésénél ellenőrizni kell a méreteket, rétegeket és szerszámokat. **Továbbvitt eredmény:** ezt a CAD–CAM láncot használja a CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés alfejezet, amikor a megmunkálóközpont vezérlését és a programfelépítést mutatja be.

13.2.14. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a CAD-CAM alapfogalmakra, a hazai faipari gyakorlatra és a gyártói dokumentációk elveire épül. **Ellenőrizendő:** a DXF-verzió és a célgép által elfogadott formátum, a PDF/A szabványsorozat pontos száma, a CNC-gép posztprocesszorának elérhetősége és a gyártói CAM-beállítások. A szabásoptimalizálási példában szereplő táblaméret, fűrészrés és kihozatali értékek **tanulási példák**, a tényleges gyártás előtt a beszállító adatlapját és a gépkönyvet kell ellenőrizni. A fiókos éjjeliszekrény méretei és alkatrészlistája minta, nem tervezési előírás.

IV. RÉSZ – Kézi megmunkálás és alapszerkezetek

14 A forgácsolás elmélete és a szakmai számítások

14.1. A forgácsolás alapjai: szerszámél, szögek, mozgások és forgácsképződés

14.1.1. Motiváció

A műhelyben azt látod, hogy ugyanaz a gyalugép vagy marógép az egyik deszkán selymes felületet hagy, a másikon pedig szálkás, kiszakadt, hullámos felületet. A különbség gyakran nem a gépben vagy a szerszám élességében van, hanem abban, hogy a szerszám éle hogyan találkozik a fa rostjaival, és milyen szerszámszögekkel dolgozol. Ha megérted a **faforgácsolás** alapjait, előre meg tudod mondani, hogy egy művelet mikor ad tiszta felületet, és mikor fogja a fa szálát feltépni. Ez az alapja a kézi gyalulásnak, a fűrészelésnek, a marásnak és minden gépi megmunkálásnak.

14.1.2. Szemléletes kép

Vegyél egy gyaluvasat. A vas a fába hatoló része egy **ék**, amelynek hegyes éle választja le a forgácsot a munkadarabból. Ha a vas éle éles, és a megfelelő irányban halad, a fa rostjai a vas előtt elválnak, és a leváló **forgács** simán felcsavarodik. Ha viszont az él tompa, vagy a rostra rossz irányban vág, a rostok nem elválnak, hanem beszakadnak, és a szerszám előtt meghasad a fa. Ugyanígy viselkedik a körfűrészfog, a maróél vagy a szalagfűrész foga: mindegyik ékek sorozata, amelyek egymás után, vagy folyamatosan forgácsot választanak le.

14.1.3. A forgácsolás alapfogalmai és a szerszámszögek

Definíció. A **faforgácsolás** olyan anyagleválasztási művelet, amelynek során a **szerszámél** a faanyagból **forgácsot** választ le. A forgács a leválasztott faanyagdarab, amelynek mérete, alakja és leválási módja a felületi minőséget, a szerszámterhelést és a por-, illetve forgácsképződést is meghatározza.

Szabály. A faforgácsoló szerszám aktív része **ék**. Az ék alakját három jellemző szög határozza meg:

- **Hátszög** – jele α (alfa): a szerszám **hátfelülete** és a már megmunkált felület (vágási sík) közötti szög. A hátszög megakadályozza, hogy a szerszám hátoldala súrolja, dörzsölje a frissen vágott felületet.
- **Ékszög** – jele β (béta): a **homlokfelület** és a **hátfelület** közötti szög. Az ékszög a szerszámél élességének és szilárdságának a mértéke. Minél kisebb β, annál élesebb, de egyben gyengébb is az él; minél nagyobb β, annál erősebb, de nehezebben hatol a fába.
- **Homlokszög** – jele γ (gamma): a **homlokfelület** és a vágási síkra állított merőleges közötti szög. A homlokszög azt szabja meg, hogy a leváló forgács milyen irányba csavarodik, és mekkora erővel hajlik el a szerszám előtt. A faforgácsoló szerszámoknál gyakori a kis, nulla vagy kissé negatív homlokszög is.

A három szög összege a vágási síkra merőleges helyzetből kiindulva mindig 90°:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

A gyakorlatban használják a **vágószöget** is. Jele δ (delta).

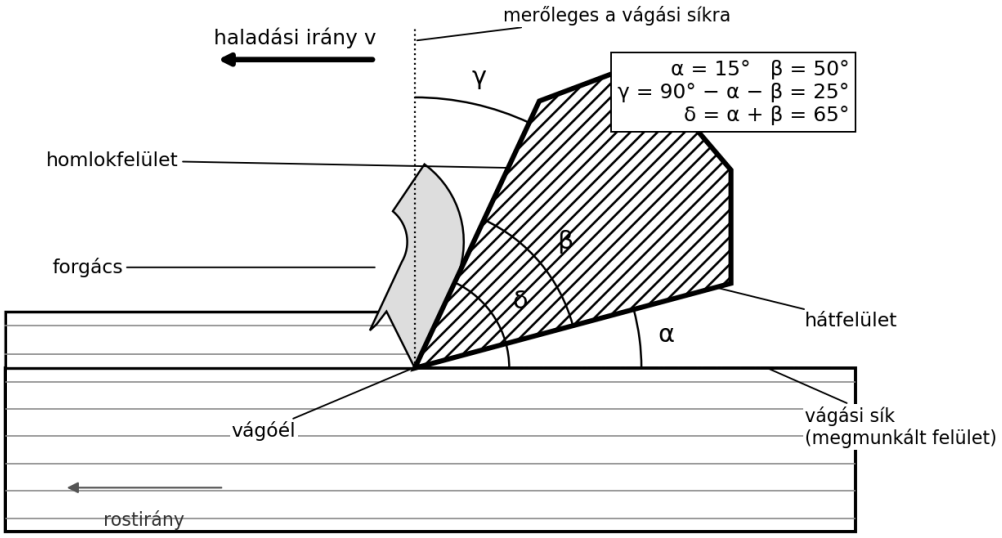
Definíció. A **vágószög** δ a homlokfelület és a vágási sík közötti szög. Mivel a homlokfelület és a vágási sík közötti szög a hátszög és az ékszög együttesével egyenlő:

$$\delta = \alpha + \beta = 90^\circ - \gamma$$

A vágószög megmutatja, hogy az él milyen meredeken lép be a fába. A nagyobb vágószög általában meredekebb, határozottabb vágást ad, de nagyobb erőt igényel; a kisebb vágószög könnyebben hatol, viszont fokozottabban hajlamos a fa szálának feltépésére.

Megjegyzés. A β jel itt **ékszöget** jelent. A faanyagismeretben a zsugorodás jelölésére is β szerepel; a két jelentést a szövegkörnyezet egyértelműen elkülöníti.

14.1.4. A szerszámszögek rajzi értelmezése



14.1. ábra. A faforgácsoló ék szögei a vágási síkhoz és a haladási irányhoz kötve ($\alpha = 15^\circ$, $\beta = 50^\circ$, $\gamma = 25^\circ$, $\delta = 65^\circ$)

Az ábrán a szerszám jobbról balra halad. A vágóél a vágási síkon fekszik; a hátfelület a vágóéltől hátrafelé α szöggel **emelkedik** a megmunkált felület fölé, a homlokfelület a vágási síkra állított merőlegeshez képest γ szöggel dől, a kettő között van a β ékszög. A forgács a homlokfelületen csúszik fel. A HTML-változatban az α és a β csúszkával állíthatod a szögeket; a program kiszámolja γ-t és δ-t, és jelzi, ha γ negatív lesz.

Számítás. Ha egy marókésnél az ékszög $\beta = 50^\circ$, a hátszög $\alpha = 15^\circ$, akkor a homlokszög:

$$\gamma = 90^\circ - \alpha - \beta = 90^\circ - 15^\circ - 50^\circ = 25^\circ.$$

A vágószög pedig:

$$\delta = \alpha + \beta = 15^\circ + 50^\circ = 65^\circ,$$

ami megegyezik a $90^\circ - \gamma = 90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$ értékkel. ∎

14.1.5. Főmozgás és mellékmozgás

Definíció. A **főmozgás** a szerszámnak vagy a munkadarabnak az a mozgása, amely a forgácsot ténylegesen leválasztja. A **mellékmozgás** (előtolás) az a mozgás, amely a szerszámot mindig a még megmunkálatlan anyaghoz vezeti.

A kézi gyalulásnál a gyalu toljuk a fa fölött; a gyaluvas hosszirányú mozgása a főmozgás, a vas beállítása pedig az állítómozgás. Az egyengető gyalugépnél a késtengely forgása a főmozgás, a munkadarab kézi vagy gépi előtolása a mellékmozgás. A vastagsági gyalugépnél ugyancsak a késtengely forog, az előtoló henger mozgatja a deszkát. A körfűrészgépnél a fűrészlap forgása a főmozgás, a munkadarab tolása a mellékmozgás. A marógépnél a marószerszám forgása a főmozgás, az asztal mentén való mozgatás az előtolás.

Szabály. A főmozgás lehet **egyenes vonalú** vagy **körpályás**. Az egyenes vonalú főmozgás jellemző a kézi gyalura, a láncfűrész egyenes fogvágó szakaszára és a vésőre; a körpályás főmozgás a körfűrészlapok, marószerszámok, gyalukéstengelyek és csiszolószalagok esetén. A körpályás szerszámok élgeometriája menet közben ugyanúgy ékként dolgozik, mint az egyenes vonalú szerszám, de a vágási sebesség iránya a körvonal mentén folyamatosan változik.

Figyelem. A körpályás szerszámnál az **ellenirányú** és az **egyirányú** marás, valamint a fűrészfog vágási iránya meghatározza a forgács leválási jellegét. Ezt a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás és a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetekben részletezzük. **Egyirányú marás** (a szerszám vágási iránya egyezik az előtolás irányával) kézi előtolással tilos és különösen balesetveszélyes, mert a szerszám a munkadarabot behúzza, elrántja. Kézi előtolásnál mindig **ellenirányú** marással dolgozunk: a szerszám a munkadarabot a kezelő felé nyomja vissza, ezért az előtolás ellenőrizhető.

14.1.6. Forgácsolási irányok a rosthoz képest

A fa irányfüggő anyag. Ezért a szerszám élét a **rostirányhoz** képest három alaphelyzetben dolgoztathatjuk:

- **Hosszforgácsolás:** a szerszámél a rostokkal közel párhuzamosan halad. Ez a gyakori, sima, folyamatos forgácsképződéshez tartozik. Jellemző a hosszanti gyalulás, hosszfűrészelés, hosszmarás.
- **Harántforgácsolás:** a szerszám a rostokra nagyjából merőlegesen, de nem a bütűfelületen halad: a vágás a fa oldalán keresztbe megy. Ilyen a deszka széles oldalának keresztirányú gyalulása vagy a fatest harántvágása, amikor a szerszám a rostokat oldalról vágja.
- **Bütűforgácsolás:** a szerszám a fa **bütűfelületén**, a rostok végére merőlegesen dolgozik. A bütügyalulás és a bütücsiszolás jellegzetes példa. A bütűforgácsolás a fa sűrű, rövid szálai miatt nagyobb vágási ellenállást ad, és a felület hajlamosabb a kitöredezésre.

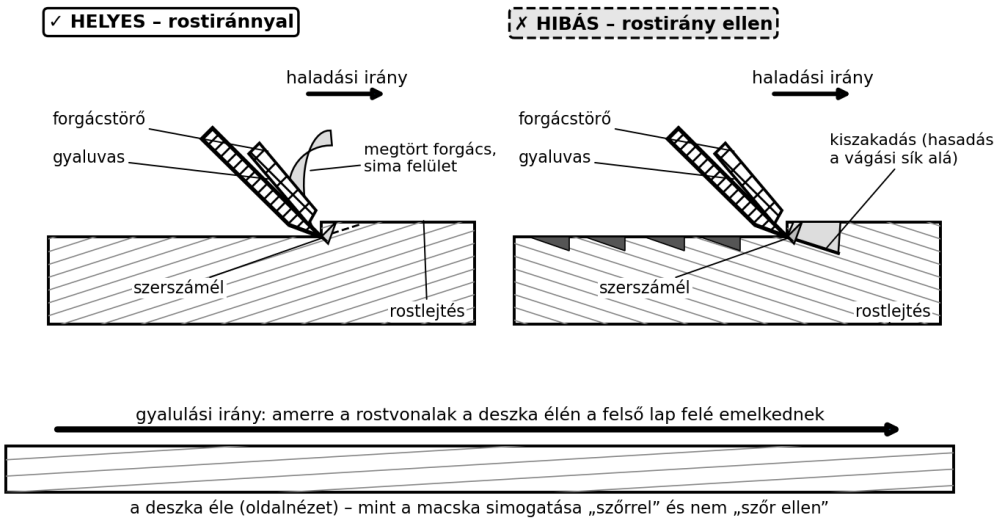


14.2. ábra. Forgácsolási irányok a rosthoz képest - Három egymás melletti alaphelyzet, nem egymást követő lépések. A hosszforgácsolás és a rostiránnyal végzett vágás a kedvező.

14.1.7. Rostiránnyal és rostirány ellen

A fa rostjai nem mindig párhuzamosak a munkadarab felszínével. A gyakorlatban a deszkán a rostok enyhén lejthetnek, vagy a növekedési hibák miatt ívelten futnak. Ezért a vágásirányt a **tényleges rostirányhoz** kell igazítani.

Szabály. Rostiránnyal forgácsolunk, ha a rostok a szerszám haladási irányában a megmunkált felület felé futnak ki (a deszka élén nézve a rostvonalak a haladás irányában emelkednek). Ilyenkor az él előtti hasadás a forgácsba fut ki, a felület sima. **Rostirány ellen** forgácsolunk, ha a rostok a haladás irányában a fába befelé futnak: a hasadás a vágási sík alá megy, a fa a szerszám előtt meghasad, a felület **kiszakad**, **szálkássá** válik.



14.3. ábra. Gyalulás rostiránnyal (sima felület) és rostirány ellen (kiszakadás), oldalnézeti nagyított metszet

Az ábrán a szerszám balról jobbra halad. A bal oldali képen a rostvonalak a haladás irányában

a felső lap felé emelkednek: az él előtti hasadás a forgácsba fut ki, a felület sima. A jobb oldali képen a rostok a haladás irányában a fába befelé futnak: a hasadás a vágási sík alá megy, és a felületből darabok szakadnak ki. A rostirányt ezért a deszka élén (oldallapján) látható rostvonalakból olvasd le.

Példa. Ha egy deszka a hossza mentén úgy fekszik, hogy a rostok a bal kéz felőli oldalon magasabban, a jobb oldalon mélyebben futnak, akkor jobbról balra forgácsolunk **rostiránnyal**, mert haladás közben a rostvonalak emelkednek a felület felé, a hasadás a forgácsba fut ki. Ha balról jobbra gyalulnánk, a rostok a haladás irányában a fába futnának be, a hasadás a vágási sík alá menne, és a felület kiszakadna. A rostirányt a deszka élén (oldallapján) látható rostvonalakból olvassuk le; a kézi simítás csak kiegészítő próba, nem helyettesíti a rostvonalak megfigyelését.

Továbbvitt eredmény. A szerszámszögek és a forgácsolási irányok ismerete nélkülözhetetlen a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás képleteihez, a Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája helyes fogásiránya, valamint a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések kockázatértékelése során.

14.1.8. Forgácsképződés és felületi hibák

Forgácsképződés. A fa viselkedése éles szerszám esetén a következő. Az él a homlokfelületen összenyomja a fa rostjait. Elérve a fa nyírószilárdságának határát, a rostok az él előtt elnyíródnak, és a leváló darab a homlokfelület mentén fölcsúszik. Ha a szögek és a vágásirány megfelelőek, a forgács **folyamatos** vagy **rövid, egyenletes** szakaszokból áll. Ha a rostok rövidek, a fa rideg, vagy az él tompa, a forgács **törik**, morzsálódik, és a felület durvább lesz.

Felületi hibák. A faipari forgácsolás leggyakoribb felületi hibái:

- **Kitöredezés:** a homlokfelület vagy a vágóél mögötti részen a fa a rostok mentén kiszakad. Oka gyakran a rostirány ellen való forgácsolás, a túl nagy vágószög, a tompa él vagy a túl nagy fogankénti előtolás.
- **Szálfelállás:** a szerszám nem vágja el tisztán a rostot, az a felületből fölmered, és szálkás marad. Jellemző a tompa gyalukésre, a hibás homlokszögre vagy a túl száraz, rideg faanyagra.
- **Égés:** ha a szerszám súrlódása miatt a fa felülete lokálisan túlmelegszik, elszíneződik. Oka a túl nagy ékszög, a tompa él, a túl magas fordulatszám vagy a túl lassú előtolás.
- **Hullámosság:** a körpályás szerszám (gyalukéstengely, maró) minden egyes élének benyomódása a felületen apró, periodikus hullámot hagy. Ha az előtolás túl nagy, vagy a késeket rosszul állították be, a hullámosság jól láthatóvá válik. A pontos meghatározás a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás alfejezetben a fogankénti előtolás képleteivel történik.

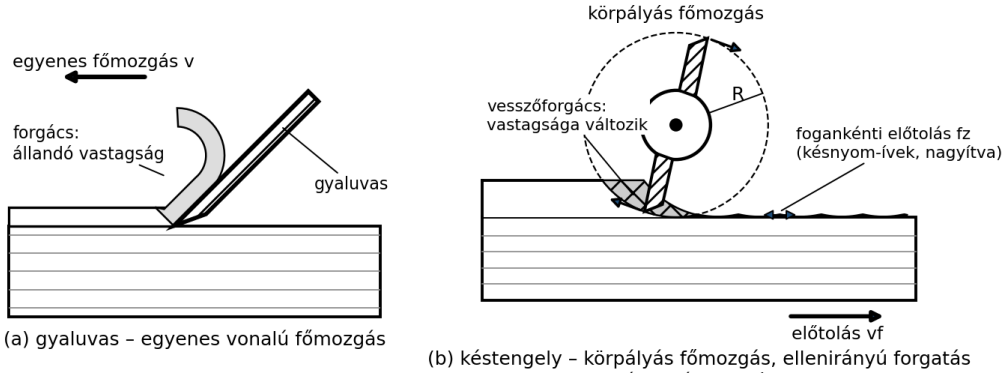
A leggyakoribb tünetek, okaik és a teendők egymástól független hármasok; mindig a tünettől indulj, és soronként keresd az okot:

Tünet	Lehetséges ok	Teendő
Szálkás, kiszakadt felület	rostirány elleni forgácsolás, tompa él	fordítsd meg a munkadarabot (vagy a vágásirányt), élezz
Égett, barna folt	tompa él, túl lassú előtolás, túl nagy fordulatszám	élezz, növeld az előtolást, ellenőrizd a fordulatszámot
Szabályos, látható hullámok	nagy fogankénti előtolás, eltérő késmagasság	csökkentsd az előtolást, állítsd egy magasságra a késeket

14.1.9. Egyenes vonalú és körpályás szerszámok jellegzetességei

Egyenes vonalú szerszám például a kézi gyalu vas vagy a véső: a szerszám a munkadarab fölött egyenesen mozog, a szerszám geometriája a teljes vágási hosszon közel állandó. A forgácsvastagság viszonylag egyenletes.

Körpályás szerszám esetén – mint a maró, a körfűrészfog, a gyalukéstengely – minden él rövid, ciklikusan ismétlődő forgácsot választ le. A forgácsvastagság a pálya mentén változik; a szerszám fogai fölváltva lépnek a fába. A felületi minőség szempontjából itt nem csak a szerszámszögek, hanem a **fogankénti előtolás** és a szerszám kiegyensúlyozása is meghatározó. A körpályás szerszámoknál a szerszám átmérője, éleinek száma és a fordulatszám együtt adja a vágási sebességet, amint azt a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás alfejezetben tárgyaljuk.



(a) gyaluvas – egyenes vonalú főmozgás

(b) késtengely – körpályás főmozgás, ellenirányú forgatás (méretarány torzítva)

14.4. ábra. Egyenes vonalú (gyaluvas) és körpályás (késtengely) főmozgás összevetése

A bal oldali képen a gyaluvas egyenesen halad, a forgács vastagsága végig azonos. A jobb oldali képen a késtengely forog, a munkadarab közben egyenesen halad: minden kés egy vékony elejű, vastagodó **vesszőforgácsot** választ le, és a felületen fogankénti előtolásnyi (f_z) távolságú, sekély ívek maradnak (az ábrán erősen nagyítva). A HTML-animációban az előtolás, a fordulatszám és a késszám állítható; az „egyirányú” kapcsoló a kézi előtolásnál tilos forgatási irányt mutatja.

14.1.10. Kidolgozott példa: a szerszámszögek és a felületi minőség kapcsolata

Adott: egy kézi gyalu vasán az ékszög $\beta = 30°$, a hátfelület dőlése a munkadarabhoz képest $\alpha = 8°$. A gyaluval bütüfelületet simítunk. A szerszám éle éles.
Keresett: a homlokszög γ és a vágószög δ; magyarázd meg, hogyan befolyásolja ez a bütügyalulás minőségét.

Megoldás:

A szögek összefüggéséből:

$$\gamma = 90° - \alpha - \beta = 90° - 8° - 30° = 52°.$$

A vágószög:

$$\delta = \alpha + \beta = 8° + 30° = 38°,$$

vagy $\delta = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - 52^\circ = 38^\circ$.

Értékelés. A kapott kb. 38°-os, kis vágószög a bütűfához megfelelő. A bütűfa rostjai rövidek és törékenyek, ezért a tiszta bütűfelülethez a gyakorlatban kis vágószögű, kis ágyazási szögű (alacsony ágyazású) bütügyalut használnak: a rövid rostokat kis vágószöggel lehet tisztán elnyírni. A nagy vágószöget (kb. 50–55°) inkább a hosszlapon, csavarodott vagy váltakozó rostú fánál alkalmazzuk a kiszakadás ellen. A bütűfelület szélén a kitöredezés ellen a munkadarab szélét letörjük, vagy segédlécet szorítunk mellé. **(Ellenőrizendő: a szerszámszögek tájékoztató értékei gyártótól függenek.)**

Megjegyzés. A példa azt mutatja, hogy a szögek számítása egyszerű, de a megfelelő szög kiválasztása a faanyagtól, a rostiránytól és a művelettől függ. A gyakorlatban mindig a gyártói adatlap és a gépkönyv adja az ajánlott szögeket.

14.1.11. Szabvány és biztonsági háttér

Szabvány. A faipari gépek és szerszámok biztonsági követelményeit az MSZ EN ISO 19085 szerszámgép-szabványsorozat rögzíti. A forgácsoló szerszámok – gyalukések, marószerszámok, fűrészlapok – mérete, anyaga, legnagyobb megengedett fordulatszáma és jelölése e szabványsorozatba tartozó műszaki előírásokon és a gyártói dokumentáción alapul. A szerszám geometriai adatait (szögek, fogszám, élezés) a gyártó adja meg, és a szerszámon általában feltünteti a megengedett legnagyobb fordulatszámot. **Ellenőrizendő: a pontos szabványszám és a gépbiztonsági rendelet hatályos megnevezése.**

Gépbiztonság. A forgácsoló szerszámot élezni, beállítani vagy cserélni csak akkor szabad, ha a gép leállt, a szerszám megállt, és a gép áramtalanított. Tompa, repedt, csorbult vagy nem a gépre való szerszámot használni tilos. A szerszámgépen csak akkor dolgozz, ha betanítottak, és az oktató felügyelete alatt állsz. A védőburkolatot soha ne távolítsd el. A kézi gyalunál, vésőnél a munkadarabot mindig rögzítsd, és a szabad kezed tartsd a vágósíkon kívül.

14.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Kiszakadt, szálkás felület.** Ok: rostirány elleni gyalulás vagy marás. Javítás: fordítsuk meg a munkadarabot, vagy a szerszám vágásiránya szerint dolgozzuk át; a rostirányt előtte kézzel tapintsuk ki.
2. **Égett, barna felület.** Ok: tompa szerszám, túl nagy fordulatszám, túl lassú előtolás vagy túl nagy ékszög. Javítás: élezzük ki a szerszámot, állítsuk be a megfelelő előtolást, és ellenőrizzük a szerszám szögeit.
3. **Hullámos felület gépi gyalulásnál.** Ok: a késtengelyben az egyes kések nem egyforma magasra állnak, vagy túl nagy az előtoló sebesség. Javítás: állítsuk be a késeket késbeállító sablonnal (mérőórával), és csökkentsük az előtolást a gépkönyv szerint.

14.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló az egyengető gyalugépen tölgyfa deszkát egyengetett. Az egyik deszka hosszában minden második toláskor a felület kiszakadt, és a gép erősen rántotta a fát. Az oktató megállította, majd kézzel ellenőrizte a deszka rostirányát: a rostok enyhén lejtettek, és a tanuló éppen ellenkező irányban tolta. Miután a deszkát megfordította, a kés a rostiránnyal haladt, a felület sima lett, a gép rángatása is megszűnt. Az eset tanulsága: a forgácsolás előtt mindig határozd meg a rostirányt, és soha ne erőltesd a gépet, ha a felület szálkássá válik.

14.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A homlokszög és a hátszög összege mindig 90°.
2. Mi a vágószög képlete az α és β szögekből?
3. Melyik forgácsolási irány adja a legnagyobb vágási ellenállást?
4. Mi okozza a fa felületi égését?
5. Miért veszélyes az egyengető gyalugépen a rostirány elleni gyalulás?
6. Rajzold le szavakkal egy gyaluvas élén a hátszöget, ékszöget és homlokszöget.

14.1.15. Feladatok

1. feladat (A). Egy marószerszám homlokszöge $\gamma = 15°$, ékszöge $\beta = 60°$. Számítsd ki a hátszöget és a vágószöget.

2. feladat (A). Határozd meg, hogy egy deszka bütüjének gyalulásakor melyik szerszámszög megnövelése segíthet a kitöredezés csökkentésében, és indokold röviden.

3. feladat (B). Egy kézi gyaluvas hátszöge $\alpha = 10°$, homlokszöge $\gamma = 40°$. Számítsd ki az ékszöget β és a vágószöget δ. Ezután ellenőrizd, hogy teljesül-e az $\alpha + \beta + \gamma = 90°$.

4. feladat (B). Egy deszka élén a rostvonalak a bal oldalon magasabban, a jobb oldalon mélyebben futnak. Melyik irányba gyalulj a felső lapon, hogy rostiránnyal dolgozz? Válaszodat rajzold le szavakkal.

5. feladat (C). A gyalukéstengely 3 késes, átmérője 120 mm, és fordulatszáma 4500 1/min. Számítsd ki a vágási sebességet az alábbi képlettel (részletesen: Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás): $v = \frac{D\pi n}{60\,000}$. Az előtolósebesség $v_f = 12$ m/min; számítsd ki a fogankénti előtolást is: $f_z = \frac{v_f}{z\,n}$. Milyen felületi hibára utalhat, ha a felületen egyenletes hullámok látszanak? Mi a teendő?

6. feladat (D). Válassz egy tölgyfa deszkát a műhelyben, és kézzel határozd meg a rostirányt. Gyalulj rajta kb. 200 mm hosszon rostiránnyal, majd fordítsd meg a deszkát és gyalulj rostirány ellen. Hasonlítsd össze a felületet, és jegyzeteld a tapasztalatot a szakmai jegyzetfüzetedbe. A feladatot gépi egyengetésnél csak oktatói felügyelet mellett végezd.

14.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A homlokszög és a hátszög összege nem mindig 90°; az összefüggés $\alpha + \beta + \gamma = 90°$, tehát $\alpha + \gamma = 90° - \beta$.
2. A vágószög $\delta = \alpha + \beta$.
3. A **bütüforgácsolás** adja a legnagyobb vágási ellenállást, mert a fa rövid, tömör rostjait kell keresztezni.
4. Az égett felületet leggyakrabban a tompa él, a túl nagy fordulatszám, a túl lassú előtolás vagy a nagy ékszög okozza.
5. A rostirány elleni gyalulásnál a kés a rost alá nyúl, a fa meghasadozik és kiszakad; a gép ránthatja a munkadarabot, és nő a balesetveszély.
6. A rajzi leírás: a gyaluvas keresztmetszetén a munkadarab fölötti vízszintes vágási síkhoz képest a hátfelület α hátszöget zár be; a homlokfelület a függőlegestől γ szöget zár be; a homlok- és hátfelület közötti szög β; a homlokfelület és a vágási sík közötti szög δ.

1. feladat (A).
Képlet: $\alpha = 90° - \beta - \gamma$.
Behelyettesítés: $\alpha = 90° - 60° - 15° = 15°$.
Vágószög: $\delta = \alpha + \beta = 15° + 60° = 75°$, vagy $\delta = 90° - \gamma = 75°$.
Ellenőrzés: $\alpha + \beta + \gamma = 15° + 60° + 15° = 90°$. ∎

2. feladat (A).
A bütügyalulásnál a **vágószög csökkentése** (kis ágyazású bütügyalu, kb. 37–45° vágószög) ad tiszta felületet, mert a rövid rostokat a lapos él elnyírja. A szélén a kitöredezés ellen a szélét letörjük vagy segédlécet szorítunk mellé. A nagy vágószöget a hosszlapon, váltakozó rostú fánál használjuk. **(Ellenőrizendő: a konkrét szögértékek a gyártótól és a szerszám rendeltetésétől függenek.)**

3. feladat (B).
Képlet: $\beta = 90° - \alpha - \gamma$.
Behelyettesítés: $\beta = 90° - 10° - 40° = 40°$.
Vágószög: $\delta = \alpha + \beta = 10° + 40° = 50°$.
Ellenőrzés: $\alpha + \beta + \gamma = 10° + 40° + 40° = 90°$. ∎

4. feladat (B).
Ha a rostvonalak a bal oldalon magasabban, jobbra mélyebben futnak, akkor **jobbról balra** gyaluljunk: haladás közben a rostok a felület felé emelkednek, így a hasadás a forgácsba fut ki. Balról jobbra a rostok a fába futnának be, és a felület kiszakadna. A rostirányt a deszka élén látható rostvonalakból olvassuk le.

5. feladat (C).
A vágási sebesség:
$v = \frac{D\pi n}{60\,000} = \frac{120\,\text{mm}\cdot\pi\cdot 4500\,\text{min}^{-1}}{60\,000} = \frac{120\cdot 3{,}14\cdot 4500}{60\,000} \approx \frac{1\,695\,600}{60\,000} \approx 28{,}3\,\text{m/s}$.
A fogankénti előtolás: $f_z = \frac{12\,000\ \text{mm/min}}{3\cdot 4500\ \text{min}^{-1}} \approx 0{,}89$ mm; ez nagy, látható késnyomokat ad. Ez tájékoztató érték; a megengedett értéket a gyártói adatlap és a szerszám jelölése adja meg. Az egyenletes hullámok általában a túl nagy előtoló sebességre vagy a kések magassági eltérésére utalnak. Teendő: ellenőrizni a kések beállítását, és csökkenteni az előtolást.

6. feladat (D).
A gyakorlati feladat megoldása szubjektív megfigyelés. A jegyzetben rögzítsd: a rostiránnyal való gyalulásnál a felület sima, a forgács egyenletes; rostirány ellen a felület szálkás, kiszakadt, a gyalu rángat. Figyelj a biztonsági szabályokra: éles, ép vas; a munkadarabot rögzítsd; a kezed a vágósíkon kívül legyen.

14.1.17. Rövid összefoglaló

A faforgácsolás során a szerszám éke forgácsot választ le a munkadarabból. Az ék élét a három jellemző szög határozza meg: a hátszög α, az ékszög β és a homlokszög γ; összefüggésük $\alpha+\beta+\gamma = 90°$. A vágószög $\delta = \alpha + \beta = 90° - \gamma$. A hátszög a dörzsölődést akadályozza, az ékszög az él szilárdságát adja, a homlokszög a forgácselhajlást és a vágóerőt befolyásolja. A faforgácsolás főmozgása lehet egyenes vonalú (kézi gyalu) vagy körpályás (maró, körfűrész, gyalukéstengely); az előtolás a mellékmozgás. A rostokhoz képest hossz-, haránt- és bütüforgácsolást különböztetünk meg. A bütüforgácsolásnál a legnagyobb az ellenállás. A felület sima, ha rostiránnyal forgácsolunk; rostirány ellen a fa kiszakad, szálkássá válik. A leggyakoribb felületi hibák: kitöredezés, szálfelállás, égés, hullámosság. A szerszámszögek és a forgácsolási irányok ismerete a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás, a Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája és a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetek alapja. A gépi szerszámoknál mindig a gyártói adatlap és a gépkönyv a mérvadó.

14.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

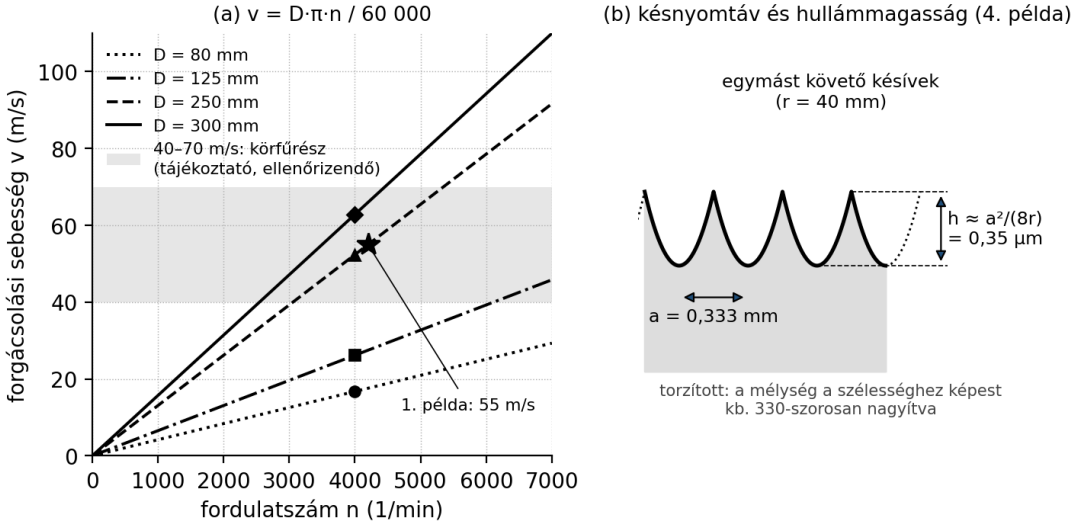
- A faforgácsolás elméleti alapjai a hazai és európai faipari szakirodalom (egyetemi jegyzetek, faipari tankönyvek) anyagán alapulnak.
- A szerszámszögek konkrét tájékoztató értékei (gyaluvas-, marókés-szögek) anyagtól, szerszámtól és gyártótól függenek – **ellenőrizendő a gyártói adatlapok alapján**.
- A faipari gépek biztonsági szabványainak (MSZ EN ISO 19085 sorozat) pontos megnevezése és hatálya – **ellenőrizendő az aktuális szabványjegyzékben**.
- A fordulatszám és a vágási sebesség megengedett értékei mindig a gépkönyv és a szerszám gyártói jelölése szerint érvényesek.
- A rostirány felismerésének és a gyalulási gyakorlatnak a leírása a műhelygyakorlatot követi, a gépi műveletnél a betanítás és az oktatói felügyelet mindenkor kötelező.

14.2. Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás

A vevő tömör tölgy asztallapot rendel, és azt kéri, hogy a felület sima legyen, ne legyen rajta hullám. A műhelyben előveszed az egyengető gyalugépet: milyen fordulatszámon forog a késtengely, milyen gyorsan tolhatod az anyagot, hány kés dolgozik egyszerre? Ha ezt nem tudod kiszámítani, a lap hullámos lesz, a gép megég, vagy a szerszám idő előtt tönkremegy. Ebben az alfejezetben megtanulod a **forgácsolási sebesség**, az **előtoló sebesség**, a **fogankénti előtolás** és a **késnyomtáv** összefüggéseit.

14.2.1. Szemléletes kép: a körpályán mozgó él és az egyenes előtolás

Képzelj el egy körfűrészlapot, amelynek átmérője D. A lap szélén lévő fog egy másodperc alatt hatalmas utat tesz meg a körpályán. A munkadarabot közben egyenesen tolod előre. A fog tehát nem csak vág, hanem minden egyes fogásnál egy kis szeletet le is választ. A forgó él kerületi sebessége és az anyag előtolási sebessége együtt határozza meg, milyen vastag forgácsot vesz le egyetlen fog, és milyen lesz a felület.



14.5. ábra. Forgácsolási sebesség a fordulatszám függvényében négy szerszámátmérőre, és a késnyomtáv–hullámmagasság geometriája

A diagram azt mutatja, hogy a forgácsolási sebesség egyenesen arányos a fordulatszámmal. Ha kétszer gyorsabban forog a szerszám, a kerületi sebesség is kétszer akkora. A nagyobb átmérőjű szerszám egyenese meredekebb. A jobb oldali rész a 4. példa késnyomait mutatja erősen nagyított mélységgel: két egymást követő késív távolsága a késnyomtáv a, a köztük maradó csúcs a hullámmagasság h. A HTML-változat kalkulátorában D, n, z és v_e állítható; kiírja v, e_z és h értékét, és figyelmeztet, ha a fordulatszám meghaladja a szerszámra írt legnagyobb értéket.

14.2.2. Definíciók és szabályok

Definíció. Forgácsolási sebesség (v, m/s). A forgó szerszám élének kerületi sebessége. Azt mutatja meg, hogy a körpályán mozgó vágóél egy másodperc alatt hány méter utat tesz meg a munkadarabhoz képest.

Definíció. Előtoló sebesség (v_e, m/min). Az a sebesség, amellyel a munkadarabot vagy a szerszámot egyenes vonalban, a forgácsolás irányában mozgatják. A gyalugépnél általában az anyagot tolják, az asztali marógépnél is, a felsőmarógépnél viszont a gépet vezetik az anyagon.

Definíció. Fogankénti előtolás (e_z, mm). Az az út, amelyet a munkadarab egyetlen vágóél (fog, kés) egy fogása alatt megtesz. Gyakorlatilag az egy élre jutó előtolási hossz. Jele: e_z, mértékegysége: mm (vagy mm/él).

Definíció. Késnyomtáv (a, mm). A gyalulásnál használt kifejezés. Azt mutatja meg, hogy a munkadarab mekkora utat tesz meg két, egymás után belépő kés között. Képlete ugyanolyan szerkezetű, mint a fogankénti előtolásé, de gyalukésre alkalmazzuk, és **késnyomtávnak** nevezzük.

Összefüggés. Forgácsolási sebesség körpályán.

A forgó szerszám kerületi sebessége három lépésben vezethető le:

1. A D átmérőjű kör kerülete méterben: $K = \frac{D \cdot \pi}{1000}$, mert D mm-ben van megadva.
2. Egy másodperc alatt a szerszám $n/60$ fordulatot tesz meg, ha a fordulatszám n (1/min).
3. A megtett út tehát: $v = K \cdot \frac{n}{60} = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$.

Ezért a forgácsolási sebesség:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000} \quad \text{(m/s)},$$

ahol D mm-ben, n 1/min-ben van megadva. A 60 000 a mértékegység-átváltásokból adódik: mm $\to$ m (osztás 1000-rel) és 1/min $\to$ 1/s (szorzás 1/60-nal).

Összefüggés. Előtoló sebesség és fogankénti előtolás.

Ha a szerszámon z darab vágóél van, akkor egy fordulat alatt a munkadarab $z \cdot e_z$ mm-t halad előre. Percenként n fordulat történik, így az előtoló sebesség:

$$v_e = \frac{z \cdot e_z \cdot n}{1000} \quad \text{(m/min)},$$

mert a mm-ben kapott eredményt méterre váltjuk.

Ebből a fogankénti előtolás:

$$e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z} \quad \text{(mm)}.$$

Ugyanezzel a képlettel számoljuk a gyalukésnyomtávot is, csak z a kések számát jelenti:

$$a = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z} \quad \text{(mm)}.$$

Szabály. A késnyomtáv közvetlen kapcsolatban áll a felület hullámosságával. Minél kisebb a késnyomtáv, annál közelebb vannak egymáshoz a késnyomok, és annál finomabb a felület. A hullámmagasság közelítő értéke kis késnyomtáv esetén:

$$h \approx \frac{a^2}{8 \cdot r},$$

ahol r a késél körpályájának sugara (mm vagy m, azonos mértékegységben számolva). Ez geometriai közelítés, a valódi felületi érdességet a fa szerkezete, a késélesség és a rostirány is befolyásolja.

Továbbvitt eredmény. A v, v_e és e_z képleteket használjuk majd a Géptani alapfogalmak: hajtások, áttétel, fűrészszalag hossza, a Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok, a Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, az Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, az Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság és az Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás alfejezetben.

14.2.3. Kidolgozott példák

14.2.3.1. 1. példa – Körfűrészlap forgácsolási sebessége

Adott: körfűrészlap átmérője $D = 250\,\text{mm}$, fordulatszám $n = 4200\,\text{min}^{-1}$.

Keresett: forgácsolási sebesség v.

Képlet: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$.

Behelyettesítés:

$$v = \frac{250\,\text{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 4200\,\text{min}^{-1}}{60\,000} = \frac{3\,297\,000}{60\,000} = 54{,}95\,\text{m/s}.$$

Eredmény: $v \approx 55\,\text{m/s}$.

Ellenőrzés: A kerület $K = 250 \cdot 3{,}14/1000 = 0{,}785\,\text{m}$. Egy másodperc alatti fordulatszám $4200/60 = 70$. Tehát $v = 0{,}785 \cdot 70 = 54{,}95\,\text{m/s}$. A nagyságrend reális: faipari körfűrészeknél a jellemző tartomány 40–70 m/s.

14.2.3.2. 2. példa – Gyalukéstengely forgácsolási sebessége

Adott: késtengely átmérője $D = 80\,\text{mm}$, fordulatszám $n = 6000\,\text{min}^{-1}$.

Keresett: v.

Behelyettesítés:

$$v = \frac{80\,\text{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 6000\,\text{min}^{-1}}{60\,000} = \frac{1\,507\,200}{60\,000} = 25{,}12\,\text{m/s}.$$

Eredmény: $v \approx 25\,\text{m/s}$.

Ellenőrzés: A gyalugépek késtengely-átmérője általában 60–120 mm, fordulatszámuk 4000–7000 1/min között szokott lenni (gyártói adat, ellenőrizendő). Ezért a 25 m/s reális érték.

14.2.3.3. 3. példa – Forgánkénti előtolás körfűrészelésnél

Adott: körfűrészlap fogszáma $z = 48$, fordulatszám $n = 4200\,\text{min}^{-1}$, előtoló sebesség $v_e = 8\,\text{m/min}$.

Keresett: forgánkénti előtolás e_z.

Képlet: $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$.

Behelyettesítés:

$$e_z = \frac{8\,\text{m/min} \cdot 1000}{4200\,\text{min}^{-1} \cdot 48} = \frac{8000}{201600} = 0{,}0397\,\text{mm}.$$

Eredmény: $e_z \approx 0{,}04\,\text{mm}$.

Megjegyzés. Ez nagyon kicsi forgánkénti előtolás: a fogak inkább dörzsölnek, mint vágnak, ezért a vágási felület megéghet, a lap gyorsabban kopik. Ha a gép és a faanyag engedi, növeld az előtoló sebességet (16 m/min-nél $e_z \approx 0{,}08\,\text{mm}$, 24 m/min-nél $\approx 0{,}12\,\text{mm}$), vagy használj kevesebb fogú lapot. Az ajánlott tartományt a szerszámgyártó adatlapja adja meg (ellenőrizendő).

14.2.3.4. 4. példa – Késnyomtáv és hullámosság gyalulásnál

Adott: egyengető gyalugép késtengelyén $z = 3$ kés, fordulatszám $n = 6000\,\text{min}^{-1}$, előtoló sebesség $v_e = 6\,\text{m/min}$, késtengely átmérője $D = 80\,\text{mm}$.

Keresett: késnyomtáv a és a közelítő hullámmagasság h.

Késnyomtáv:

$$a = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z} = \frac{6\,\text{m/min} \cdot 1000}{6000\,\text{min}^{-1} \cdot 3} = \frac{6000}{18000} = 0{,}333\,\text{mm}.$$

Hullámmagasság: a késél sugara $r = D/2 = 40\,\text{mm} = 0{,}04\,\text{m}$. A késnyomtávot méterbe váltjuk: $a = 0{,}000333\,\text{m}$. Ekkor

$$h \approx \frac{a^2}{8r} = \frac{(0{,}000333\,\text{m})^2}{8 \cdot 0{,}04\,\text{m}} = \frac{1{,}11 \cdot 10^{-7}}{0{,}32} = 3{,}47 \cdot 10^{-7}\,\text{m}.$$

Eredmény: $a = 0{,}33\,\text{mm}$, $h \approx 0{,}00035\,\text{mm}$.

Értelmezés. A geometriai hullámmagasság nagyon kicsi, tehát elméletileg a felület majdnem sík. A gyakorlatban a kések kiállása között néhány század mm eltérés van, ezért a felületet gyakran csak egy kés „simítja”. Ekkor a hatásos késnyomtávot $z = 1$-gyel kell számolni: $a = 6 \cdot 1000/6000 = 1{,}0\,\text{mm}$, $h \approx 1^2/(8 \cdot 40) \approx 0{,}003\,\text{mm}$. Ezért fontos a kések pontos, egyforma beállítása. A valódi érdességet emellett a fa rostozata, a kés élessége és a rostellenes vágás is befolyásolja. A késnyomtáv mégis fontos: túl nagy a esetén a felület tapinthatóan „fodros”, és a csiszolási munka megnő.

14.2.3.5. 5. példa – Előtoló sebesség meghatározása kívánt forgankénti előtolásból

Adott: körfűrészlap $z = 60$ fogú, fordulatszám $n = 4500\,\text{min}^{-1}$. Azt szeretnénk, hogy a forgankénti előtolás $e_z = 0{,}10\,\text{mm}$ legyen.

Keresett: előtoló sebesség v_e.

Képlet: $v_e = \frac{z \cdot e_z \cdot n}{1000}$.

Behelyettesítés:

$$v_e = \frac{60 \cdot 0{,}10\,\text{mm} \cdot 4500\,\text{min}^{-1}}{1000} = \frac{27\,000}{1000} = 27\,\text{m/min}.$$

Eredmény: $v_e = 27\,\text{m/min}$.

Ellenőrzés: Visszaszámolva $e_z = 27 \cdot 1000/(4500 \cdot 60) = 27000/270000 = 0{,}10\,\text{mm}$. A két érték összhangban van.

14.2.4. Szabvány és gépbiztonsági keret

Szabvány. A faipari gépek biztonságára vonatkozó szabványcsalád (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő) előírja, hogy a szerszám megengedett legnagyobb fordulatszámát nem szabad túllépni. A gépen és a szerszámon feltüntetett fordulatszám-adatokat mindig össze kell vetni. A gépkönyv tartalmazza a gép névleges fordulatszámát, a szerszámgyártó pedig a szerszámra nyomtatja a megengedett legnagyobb fordulatszámot ($n_{\max}$).

Szabály. Megengedett legnagyobb szerszám-fordulatszám. A szerszámra nyomtatott $n_{\max}$ értéket a gép fordulatszáma semmilyen beállításnál nem haladhatja meg. Ha például a körfűrészlapra $n_{\max} = 6000\,\text{min}^{-1}$ van írva, de a gép névleges fordulatszáma $7500\,\text{min}^{-1}$, akkor azt a lapot azon a gépen **tilos** használni. A túl nagy kerületi sebesség a szerszám repedéséhez, fogtöréshez, a szerszámdarabok kirepüléséhez és súlyos balesethez vezethet.

Szabály. A forgácsolási sebességet az anyag fajtájához és a szerszám kialakításához kell igazítani. A gyártói adatlapok megadják az ajánlott sebességtartományt. Tájékoztató jelleggel: tűlevelű fák fűrészelésekor 40–70 m/s, kemény lombos fák fűrészelésekor 40–60 m/s, gyalulásnál 20–40 m/s, marásnál 30–60 m/s szokásos (ellenőrizendő: gyártói adat). Az optimális értéket a szerszám anyaga, a fogszám és a hűtés is befolyásolja.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A beállított értékeket (fordulatszám, előtoló sebesség) csak a gépkönyv szerint változtasd, és a beállítás után mindig ellenőrizd, hogy a szerszám rögzítése és a védőburkolatok a helyükön vannak.

14.2.5. Minőségellenőrzés a felületen

A számított értékeket a munkadarab felületén ellenőrizhetjük:

- **Hullámos felület:** a késnyomtáv vagy fogankénti előtolás túl nagy. Csökkentsd az előtoló sebességet, növeld a fordulatszámot, vagy használj több késes szerszámot.
- **Égett, barna nyomok:** az előtolás túl kicsi, a fordulatszám túl nagy, vagy a szerszám tompa. Ilyenkor a szerszám dörzsöl, nem vág.
- **Szálkás, rojtos felület:** a forgácsolási sebesség nem megfelelő az anyaghoz, vagy a szerszám éle tompa. Kemény lombos fánál gyakori, ha rostellenes a vágás.

Eltérés esetén a gépbeállítást a gyártói adatlap szerint módosítsd, és **próbadarabon** ellenőrizd újra.

14.2.6. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** a felület hullámos, a gyalugép „fodroz”. **Ok:** túl magas előtoló sebesség, kevés kés, vagy alacsony fordulatszám. **Helyes gyakorlat:** számítsd ki a késnyomtávot, és állítsd be a finom felületnek megfelelő tartományba.
2. **Hiba:** a körfűrész vágási felülete égett, a gép lassú, büdös. **Ok:** túl kicsi előtoló sebesség vagy túl nagy fordulatszám, esetleg tompa fűrészlap. **Helyes gyakorlat:** növeld az előtolást a fogankénti előtolás ajánlott tartományáig, és ellenőrizd a szerszám élességét.
3. **Hiba:** a szerszám rezeg, „visít”, a vágás durva. **Ok:** túl nagy fogankénti előtolás, túl magas előtoló sebesség, vagy rossz szerszámválasztás. **Helyes gyakorlat:** csökkentsd v_e-t, ellenőrizd a szerszám rögzítését és a gép fordulatszámát.
4. **Hiba:** a szerszámra írt $n_{\max}$ értéket figyelmen kívül hagyták, a gép gyorsabban forog. **Ok:** a gép és szerszám párosítását nem ellenőrizték. **Helyes gyakorlat:** minden szerszámcserénél vesd össze a gépkönyv és a szerszámlap adatait; ha a gép gyorsabb, a szerszámot tilos használni.

14.2.7. Valós életbeli alkalmazás

Egy műhelyben a tanuló tölgyfa asztallapot egyengetett. Az anyagot nagyon gyorsan tolta, mert hamar akart végezni. A gép fordulatszáma és a kések száma megfelelő volt, de a késnyomtáv a nagy előtolás miatt 1,2 mm körülire nőtt. A felület finoman hullámos lett, és utána dupla annyi időt töltött csiszolással, ráadásul a vastagság is többet csökkent a kelleténél. A mester ezután megmutatta neki a képletet: ha a kívánt késnyomtáv 0,4 mm, akkor az előtoló sebességnek $v_e = a \cdot n \cdot z / 1000 = 0{,}4 \cdot 6000 \cdot 3 / 1000 = 7{,}2\,\text{m/min}$-nek kell lennie. A tanuló így már számolással választotta meg a helyes sebességet.

Egy másik esetben az asztalos egy régi, hetvenes évekből származó körfűrészlapot tett fel egy modern, nagy fordulatszámú gépre. A lapra nyomtatott $n_{\max}$ nem volt olvasható. A gép $6500\,\text{min}^{-1}$-en forgott, a lap anyaga ezt nem bírta, és a lap megrepedt. Szerencsére a védőburkolat felfogta a darabokat, de a baleset komoly tanulság volt: a szerszám megengedett legnagyobb fordulatszámát soha nem becsüljük meg, hanem leolvassuk a gyártói jelölésről.

14.2.8. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy a forgácsolási sebesség képletében a 60 000 a mértékegység-átváltások miatt szerepel? Válaszodat indokold.
2. Számítsd ki: $D = 250\,\text{mm}$, $n = 4800\,\text{min}^{-1}$ esetén mennyi a forgácsolási sebesség?
3. Körfűrész: $z = 48$, $v_e = 7{,}2\,\text{m/min}$, $n = 4800\,\text{min}^{-1}$. Mennyi a fogankénti előtolás?
4. A szerszámra $n_{\max} = 6000\,\text{min}^{-1}$ van írva, a gép névleges fordulatszáma $7500\,\text{min}^{-1}$. Mi a teendő?
5. Milyen hibára utal az égett, barna felület gyalulásnál?
6. Hogyan számítjuk a késnyomtávot? Add meg a képletet a jelölésekkel.

A válaszokat lásd a `### Megoldások` elején, „Önellenőrzés – válaszok” alcím alatt.

14.2.9. Feladatok

1. feladat (A)
Fogalmazd meg saját szavaiddal, mi a fogankénti előtolás, és milyen mértékegységben adjuk meg!

2. feladat (A)
Egy körfűrészlap átmérője 300 mm, fordulatszáma $4500\,\text{min}^{-1}$. Számítsd ki a forgácsolási sebességet m/s-ban!

3. feladat (B)
Egyengető gyalugép adatai: késtengely-átmérő $D = 80\,\text{mm}$, fordulatszám $n = 5500\,\text{min}^{-1}$, kések száma $z = 3$, előtoló sebesség $v_e = 5\,\text{m/min}$. Számítsd ki:
a) a forgácsolási sebességet,
b) a késnyomtávot,
c) a közelítő hullámmagasságot!

4. feladat (B)
Alsómaró szerszám átmérője $D = 125\,\text{mm}$, fordulatszáma $n = 8000\,\text{min}^{-1}$, a szerszám $z = 4$ élű. A kívánt fogankénti előtolás $e_z = 0{,}3\,\text{mm}$.
a) Mennyi a forgácsolási sebesség?
b) Mekkora előtoló sebességgel lehet dolgozni?

5. feladat (C)
Tölgyfa gyalulásakor két beállítás között választhatsz:
- A: $n = 6000\,\text{min}^{-1}$, $v_e = 6\,\text{m/min}$, $z = 3$
- B: $n = 3000\,\text{min}^{-1}$, $v_e = 3\,\text{m/min}$, $z = 3$

Melyik beállítással kapsz finomabb felületet, ha a késnyomtávot hasonlítod össze? Indokold számítással!

6. feladat (D)
Egy gépkönyv szerint a gép névleges fordulatszáma $4500\,\text{min}^{-1}$. A szerszámgyártó $n_{\max} = 7000\,\text{min}^{-1}$ értéket adott meg. Fenyőfa fűrészeléséhez az ajánlott forgácsolási sebesség 45–60 m/s. Két körfűrészlap közül választhatsz: az egyik $D = 250\,\text{mm}$, a másik $D = 350\,\text{mm}$.
a) Számítsd ki mindkét lap forgácsolási sebességét!
b) Melyik lap felel meg az ajánlott sebességtartománynak?
c) Ellenőrizd a megengedett legnagyobb fordulatszámra is a választást!

14.2.10. Megoldások

14.2.10.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A 60 000 azért van a képletben, mert D milliméterből méterbe váltva 1000-rel osztunk, a percenkénti fordulatszámot pedig másodpercenkénti fordulatra váltjuk, ami 60-zal való szorzással jár a nevezőben.
2. $v = \frac{250 \cdot 3{,}14 \cdot 4800}{60\,000} = 62{,}8\,\text{m/s}$.
3. $e_z = \frac{7{,}2 \cdot 1000}{4800 \cdot 48} = \frac{7200}{230400} = 0{,}03125\,\text{mm} \approx 0{,}03\,\text{mm}$.
4. A szerszámot **tilos** használni, mert a gép nagyobb fordulatszámú, mint a szerszám megengedett legnagyobb fordulatszáma. Másik szerszámot kell választani, vagy olyan gépet, amelynek fordulatszáma nem haladja meg a szerszám $n_{\max}$ értékét.
5. Égett, barna felület akkor keletkezik, ha az előtolás túl kicsi, a szerszám dörzsöl, vagy a kés tompa. Ilyenkor növelni kell az előtolást, vagy élezni kell a kést.
6. A késnyomtáv: $a = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$, ahol v_e m/min, n 1/min, z a kések száma, a pedig mm.

14.2.10.2. 1. feladat megoldása

A fogankénti előtolás az az út, amelyet a munkadarab egyetlen vágóél (fog, kés) egy fogása alatt megtesz. Azt mutatja meg, hogy egy él mekkora szeletet választ le. Mértékegysége mm (szokásosan mm/fog vagy mm/él).

14.2.10.3. 2. feladat megoldása

Adott: $D = 300\,\text{mm}$, $n = 4500\,\text{min}^{-1}$.

Képlet: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$.

Számítás:

$$v = \frac{300 \cdot 3{,}14 \cdot 4500}{60\,000} = \frac{4\,239\,000}{60\,000} = 70{,}65\,\text{m/s}.$$

Eredmény: $v \approx 70{,}7\,\text{m/s}$.

Ellenőrzés: A kerület $300 \cdot 3{,}14/1000 = 0{,}942\,\text{m}$. Egy másodperc alatt $4500/60 = 75$ fordulat. $v = 0{,}942 \cdot 75 = 70{,}65\,\text{m/s}$. A nagyságrend megfelelő.

14.2.10.4. 3. feladat megoldása

a) Forgácsolási sebesség:

$$v = \frac{80 \cdot 3{,}14 \cdot 5500}{60\,000} = \frac{1\,381\,600}{60\,000} = 23{,}03\,\text{m/s}.$$

b) Késnyomtáv:

$$a = \frac{5 \cdot 1000}{5500 \cdot 3} = \frac{5000}{16500} = 0{,}303\,\text{mm}.$$

c) Hullámmagasság:
A sugár $r = 40\,\text{mm} = 0{,}04\,\text{m}$, a késnyomtáv $a = 0{,}000303\,\text{m}$.

$$h \approx \frac{a^2}{8r} = \frac{(0{,}000303)^2}{8 \cdot 0{,}04} = \frac{9{,}18 \cdot 10^{-8}}{0{,}32} = 2{,}87 \cdot 10^{-7}\,\text{m} = 0{,}000287\,\text{mm}.$$

A felület elméletileg nagyon sima, a késnyomtáv 0,30 mm finom gyalulásnak felel meg.

14.2.10.5. 4. feladat megoldása

a) Forgácsolási sebesség:

$$v = \frac{125 \cdot 3{,}14 \cdot 8000}{60\,000} = \frac{3\,140\,000}{60\,000} = 52{,}33\,\text{m/s}.$$

b) Előtoló sebesség:

$$v_e = \frac{z \cdot e_z \cdot n}{1000} = \frac{4 \cdot 0{,}3 \cdot 8000}{1000} = \frac{9600}{1000} = 9{,}6\,\text{m/min}.$$

Tehát $v_e = 9{,}6\,\text{m/min}$ előtolással lehet dolgozni.

14.2.10.6. 5. feladat megoldása

Számítsuk ki a késnyomtávot mindkét beállításnál.

A beállítás:

$$a_A = \frac{6 \cdot 1000}{6000 \cdot 3} = \frac{6000}{18000} = 0{,}333\,\text{mm}.$$

B beállítás:

$$a_B = \frac{3 \cdot 1000}{3000 \cdot 3} = \frac{3000}{9000} = 0{,}333\,\text{mm}.$$

A késnyomtáv azonos. Ezért a felület hullámossága elméletileg ugyanakkora. A B beállítás azonban alacsonyabb forgácsolási sebességgel dolgozik, ami kemény lombos fánál gyakran rosszabb vágásminőséget, több szálkát okozhat, ezért az A beállítás a kedvezőbb, ha a szerszám és a gép engedi.

14.2.10.7. 6. feladat megoldása

a) Forgácsolási sebességek:

$D = 250\,\text{mm}$:

$$v = \frac{250 \cdot 3{,}14 \cdot 4500}{60\,000} = 58{,}9\,\text{m/s}.$$

$D = 350\,\text{mm}$:

$$v = \frac{350 \cdot 3{,}14 \cdot 4500}{60\,000} = 82{,}5\,\text{m/s}.$$

b) Az ajánlott tartomány 45–60 m/s. Ebbe a 250 mm-es lap 58,9 m/s értéke beleesik, a 350 mm-es lap 82,5 m/s értéke viszont túl nagy. Tehát a 250 mm-es lapot kell választani.

c) A megengedett legnagyobb fordulatszám ellenőrzése: a gép névleges fordulatszáma $4500\,\text{min}^{-1}$, a szerszám $n_{\max} = 7000\,\text{min}^{-1}$. Mivel $4500 < 7000$, mindkét lap fordulatszám szempontjából biztonságos. A végső választás tehát a 250 mm-es lap, mert annak forgácsolási sebessége is az ajánlott tartományban van.

14.2.11. Rövid összefoglaló

A forgácsolási sebesség a forgó szerszám élének kerületi sebessége, képlete $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$, ahol D mm-ben, n 1/min-ben, v m/s-ban értendő. Az előtoló sebesség v_e (m/min) a munkadarab egyenes irányú mozgási sebessége. A fogankénti előtolás $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$ (mm), a gyalulásnál ezt késnyomtávnak nevezzük. A késnyomtáv közvetlenül befolyásolja a felület hullámosságát: minél kisebb, annál finomabb a felület, de túl kicsi érték égéshez és gyors szerszámkopáshoz vezet. Minden szerszámnál be kell tartani a gyártó által megadott megengedett legnagyobb fordulatszámot ($n_{\max}$). A gép névleges fordulatszáma soha nem haladhatja meg ezt az értéket. A számított értékeket a gyártói adatlapokkal és próbadarabbal kell ellenőrizni.

14.2.12. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat (ellenőrizendő: pontos szabványszámok és hatály).
- Szerszámgyártói műszaki adatlapok: megengedett legnagyobb fordulatszám, ajánlott sebességtartomány (ellenőrizendő a konkrét szerszámnál).
- Gépkönyvek: névleges fordulatszám, beállítási és karbantartási adatok (ellenőrizendő az adott gépnél).
- A fejezetben megadott sebesség- és előtolás-tartományok tájékoztató jellegűek, nem tervezési vagy kivitelezési előírások (ellenőrizendő: aktuális gyártói adat).

14.3. Géptani alapfogalmak: hajtások, áttétel, fűrészszalag hossza

14.3.1. A géptan alapfogalmai a műhelyben

Képzeld el, hogy a műhelyben egy régi szalagfűrészgépet kell új szíjjal felszerelni, és közben a gépkönyvben az áll, hogy a fűrészszalagnak meghatározott hosszúságúnak kell lennie, a motor és a szalagtárcsa fordulatszáma pedig nem egyezik. Ha ezeket az összefüggéseket nem érted, a gép

rossz fordulatszámon járhat, a szalag megfeszülhet vagy túl laza lehet, ami pontatlan vágást, szerszámtörést és balesetet okozhat. Ebben az alfejezetben megtanulod, milyen gépelemek viszik át a forgást a motorról a munkaorsóra, hogyan számítod ki az áttételt és a fordulatszámot, valamint hogyan határozod meg a szalagfűrész szalaghosszát.

14.3.2. Gépelemek: a hajtás részei

A faipari gépekben a villanymotor forgó mozgását különféle gépelemek továbbítják a munkaorsóra, például a körfűrészlap tengelyére, a gyalu késtengelyére vagy a marószerszám orsójára. A hajtás legfontosabb elemei:

- **Tengely:** hosszú, hengeres gépelem, amely a rá szerelt szerszámot, tárcsát vagy szíjtárcsát hordozza, és forgás közben nyomatékot visz át. A tengelyt **csapágyak** támasztják meg úgy, hogy közben a forgás könnyű maradjon.
- **Csapágy:** a tengely megtámasztására szolgáló gépalkatrész, amely a tengelycsapot illeszkedő felülettel fogja közre. Faipari gépekben gyakori a **siklócsapágy** és a **gördülőcsapágy** (például golyóscsapágy). A golyóscsapágy kis súrlódással engedi forogni a tengelyt.
- **Kötőelemek:** a forgó és álló gépalkatrészeket oldható vagy nem oldható módon kötik össze. A műhelyben leggyakrabban csavarokkal, anyákkal, retesszel, illesztőcsavarral, illetve ékekkel találkozol.
- **Szíjtárcsa:** olyan tárcsa, amely a szíj segítségével viszi át a forgást egyik tengelyről a másikra. Két fő része van: a **homlokfelület** és a **perem**, amely a szíjat vezeti. Fűrészgépeken a motor tengelyén lévő kis tárcsáról az alsó szalagfűrész-tárcsa nagy tárcsájához viszi át a forgást.
- **Ékszíj:** olyan hajtószíj, amelynek keresztmetszete trapéz vagy ékszerű, ezért a tárcsa barázdájában nem csúszik meg könnyen, és nagyobb teljesítményt tud átvinni, mint a lapos szíj. Faipari gépeknél szinte mindenütt ékszíjakat használnak, mert egyszerűek, olcsók, és bizonyos mértékű lökést is csillapítanak.
- **Bordás szíj:** több párhuzamos bordával rendelkező, hosszirányban bordázott felületű szíj, amely nagyobb érintkezési felületet biztosít, és kisebb helyen is nagy nyomatékot visz át. Gyakran akkor alkalmazzák, ha a tengelyek közötti távolság kicsi.
- **Fogaskerék:** fogakkal ellátott kerék, amely egy másik fogaskerékhez kapcsolódva, közvetlen érintkezéssel viszi át a forgást. A faipari gépekben ritkábban, inkább lassítóművekben vagy kézi hajtóművekben találkozol vele, mert a faipari hajtásokban az olcsóbb, csendesebb és túlterheléskor megcsúszó szíjhajtás a gyakoribb.

Gépbiztonság. A géphajtás minden mozgó részét burkolni kell. Ékszíj, szíjtárcsa, tengelyvég és csapágy környezetében csak áramtalanított, kikapcsolt és a kifutás után teljesen megállt gép mellett dolgozz; a burkolatot csak akkor nyisd le, ha a munkautasítás vagy a gépkönyv azt megengedi. Ha kesztyűt, laza ruhát vagy gyűrűt viselsz, az beszorulhat a szíjtárcsába vagy a tengelyre, ezért forgó gép közelében tilos.

14.3.3. Szíjhajtás és áttétel

A legegyszerűbb hajtás két szíjtárcsából és egy szíjból áll. A **hajtó tárcsa** a motor tengelyén, a **hajtott tárcsa** a munkagép tengelyén (például a körfűrészlap tengelyén) helyezkedik el. Ha a két tárcsa átmérője eltér, a tengelyek fordulatszáma is eltér: a nagyobb tárcsa lassabban, a kisebb tárcsa gyorsabban forog.

Definíció. Az **áttétel** (i) két egymáshoz kapcsolódó hajtóelem fordulatszámának aránya. Szíjhajtásnál és fogaskerékhajtásnál:

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

ahol:

- n_1 a hajtó tengely fordulatszáma (1/min)
- n_2 a hajtott tengely fordulatszáma (1/min)

Ha a hajtott tengely fordulatszáma nagyobb, mint a hajtóé, akkor az áttétel $i < 1$ (gyorsítás). Ha a hajtott tengely lassabb, akkor $i > 1$ (lassítás).

Szabály. Szíjhajtásnál, ha a szíj csúszása elhanyagolható, az áttétel a tárcsaátmérőkkel is kifejezhető:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

ahol:

- D_1 a hajtó tárcsa átmérője (mm)
- D_2 a hajtott tárcsa átmérője (mm)

Ebből a hajtott tengely fordulatszáma:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{D_1}{D_2}$$

Megjegyzés. A D_2/D_1 arány megfordítására figyelj: a nagy tárcsa nagyobb nyomatékkal, de kisebb fordulatszámmal forog. A gyakorlatban a motor fordulatszáma állandó (például hálózati frekvenciával), így a gép fordulatszámát a tárcsaátmérők megválasztása határozza meg. A képlet pontos értékhez szükséges, hogy a szíjfeszesség megfelelő legyen; túl laza szíj csúszik, túl feszes szíj a csapágyat terheli.

Számítás. Számítsuk ki egy asztalos körfűrészgép szíjhajtásának áttételét. A motor fordulatszáma $n_1 = 2800$ 1/min, a motor tárcsája $D_1 = 120$ mm, a fűrésztengely tárcsája $D_2 = 80$ mm. Keresett az áttétel és a fűrésztengely fordulatszáma.

- Adott: $n_1 = 2800$ 1/min, $D_1 = 120$ mm, $D_2 = 80$ mm
- Keresett: i, n_2
- Képlet: $i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{80\ \text{mm}}{120\ \text{mm}} = 0{,}667$
- A hajtott tengely fordulatszáma: $n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{2800\ 1/\text{min}}{0{,}667} = 4200$ 1/min

Ellenőrzés. Mivel a hajtott tárcsa kisebb, a fordulatszámnak nőnie kell. A kapott 4200 1/min nagyobb, mint 2800 1/min, tehát a tendencia helyes. Egy $D = 250$ mm-es lapnál a vágási sebesség $v = 250 \cdot \pi \cdot 4200/60\,000 \approx 55$ m/s, ami a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás fűrészelési tartományába esik (ellenőrizendő: a lap $n_{\max}$ értéke és a gépkönyv). ∎

Képlet az áttételhez:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}, \quad n_2 = n_1 \cdot \frac{D_1}{D_2}$$

Összefüggés. Fogaskerékhajtásnál a tárcsaátmérő helyett a fogszámokat vesszük. Ha a hajtó fogaskerék fogszáma z_1, a hajtotté z_2, akkor:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Figyelj a fogazott hajtásnál is arra, hogy a fogszám aránya ugyanúgy fordított, mint a szíjtárcsás arány: a sokfogú kerék lassabban forog.

Számítás. Egy kis fogaskerekes hajtóműben a hajtó fogaskerék $z_1 = 20$ fogú, a hajtott $z_2 = 60$ fogú. A motor fordulatszáma $n_1 = 1400$ 1/min. Mekkora a hajtott tengely fordulatszáma?

- Képlet: $n_2 = n_1 \cdot \frac{z_1}{z_2} = 1400\ 1/\text{min} \cdot \frac{20}{60} = 1400\ 1/\text{min} \cdot 0{,}33 = 466{,}7\ 1/\text{min}$
- Kerekítve: $n_2 \approx 467\ 1/\text{min}$

Ellenőrzés. A sokfogú kerék lassabban forog, tehát az eredmény kisebb, mint a motorfordulatszám; ez teljesül. ∎

14.3.4. Fordulatszám-váltás

A faipari gép gyakran többféle fordulatszámon működhet, hogy eltérő szerszámokat, anyagokat és műveleteket lehessen használni.

- **Lépcsőtárcsás váltás:** a gép egyik tengelyén több, különböző átmérőjű tárcsafok van; a szíjat kézzel áthelyezve más-más áttétel jön létre. Ez egyszerű, de csak a gép teljes megállása, áramtalanítás után engedhető meg.
- **Frekvenciaváltó:** a villanymotor fordulatszámát elektronikusan szabályozza. A frekvenciaváltóval a fordulatszámot fokozat nélkül lehet változtatni, és a gép indítása is lágyabbá válik, ami a szíjat, csapágyat és a szerszámot kíméli.
- **Fokozatváltó hajtómű:** fogaskerekek vagy súrlódótárcsák kapcsolásával állít elő különböző fordulatszámokat, elsősorban fúrógépen vagy gyalugépen találkozik vele az asztalos.

Példa. Egy fúrógépen a motor $n_1 = 1400$ 1/min-nel forog, és a hajtó ékszíjtárcsa $D_1 = 60$ mm. A fúrótengelyen két tárcsát lehet használni: $D_2 = 120$ mm és $D_2 = 180$ mm. Számítsd ki a két lehetséges fordulatszámot.

1. fokozat: $n_2 = 1400 \times \frac{60}{120} = 700\ 1/\text{min}$

2. fokozat: $n_2 = 1400 \times \frac{60}{180} = 466{,}7\ 1/\text{min}$

A nagyobb hajtott (fúrótengely-) tárcsa tehát kisebb fúrófordulatszámot ad, ami nagyobb átmérőjű fúrószerszámhoz vagy nehezebben forgácsolható anyaghoz lehet előnyös.

14.3.5. Villamos hajtás röviden

A faipari gépeket általában **háromfázisú aszinkronmotor** hajtja meg. A motor **névleges fordulatszámát** a gépkönyv tartalmazza (például kb. 1400 vagy 2800 1/min; nagyobb fordulatszámot szíjhajtás vagy frekvenciaváltó állít elő). A motor **teljesítményét** kW-ban adják meg, és a gép szerszámának méretéből, a forgácsoló ellenállásból és a szíjhajtás nyomatékából következik.

Amikor a gépet lekapcsolják, a szerszám nem áll meg azonnal, hanem a tehetetlenség miatt kifut. A **kifutási idő** az az idő, amíg a szerszám a kikapcsolástól a teljes megállásig forog. Faipari gépeknél a kifutási idő lehet több másodperc is, ezért a szerszámcserét, beállítást és tisztítást mindig csak a teljes megállás után, áramtalanítva szabad elkezdeni. **A pontos kifutási időt a gépkönyv adja meg, ez gépenként eltérő. (ellenőrizendő: saját gép gépkönyve)**

Figyelem. A frekvenciaváltóval **lágy indítás** és **gyorsított leállás** is beállítható, de a faipari gépeknél az önfékezés, a mechanikus fék vagy a fékkör nem minden gépnél része az alapfelszereltségnek. A védőberendezés nélküli kézi szerszámcsere tilos, mert a kifutó szerszám akkor is súlyos vágást okozhat, ha a motor már nem hajt.

Gépkönyvi adatok olvasása. A gépkönyvben vagy a géptáblán megadott adatok között ezek a leggyakoribbak:

Adat	Jelölés	Mértékegység
Névleges feszültség	U	V
Névleges áramfelvétel	I	A
Motorteljesítmény	P	kW
Névleges motorfordulat	n_1	1/min
Szerszám megengedett maximális fordulatszáma	$n_{\max}$	1/min
Szerszámátmérő-tartomány	D	mm
Kifutási idő	t_k	s
Súly, zajkibocsátás, porcsatlakozó mérete	—	kg, dB, mm

Példa. Egy gépkönyv szerint a gép motorfordulatszáma 2800 1/min, az alkalmazható tárcsaátmérő $D_1 = 100$ mm, a szerszámorsó tárcsája $D_2 = 140$ mm. A szerszámorsó megengedett maximális fordulatszáma $n_{\max} = 2000$ 1/min. Kérdés: megengedett-e ez a hajtás?

Számítás: $n_2 = 2800 \times \frac{100}{140} = 2000$ 1/min

A szerszámorsó éppen a megengedett határértéken forog, tehát a hajtás működhet, de a legkisebb túlcsúszás vagy tárcsaátmérő-eltérés miatt nagyobb fordulatszámot nem szabad választani. A gépkönyvben mindig ellenőrizni kell a tényleges fordulatszámot, mert a faipari szerszámoknál a megengedett maximális fordulatszám túllépése szerszámtörést okoz. **(ellenőrizendő: gépkönyvi adat)**

14.3.6. Fűrészszalag hossza a szalagfűrészgépen

A szalagfűrészgép a fűrészszalagot két, egymás fölött álló tárcsán futtatja. A szalag hossza a két tárcsa kerületéből és a tárcsák közötti távolságból számítható.

Definíció. A szalagfűrészgépen a **fűrészszalag hossza** (L) a szalag teljes hosszát jelenti, amely ahhoz szükséges, hogy a szalag a felső és alsó tárcsán, valamint a köztük lévő egyenes szakaszokon felfeküdjön, és a kívánt feszességgel futjon.

Szabály. Egyforma tárcsaátmérőjű szalagfűrészgépnél a fűrészszalag hossza:

$$L = 2a + \pi D$$

ahol:

- L a szalag hossza (mm)
- a a két tárcsa tengelyének távolsága (mm)
- D a szalagtárcsák átmérője (mm)

A képletben a $2a$ a tárcsák közötti két egyenes szakasz hossza, a πD pedig a két félkör együttes kerületi hossza (két félkör teljes kört ad).

Levezetés. A szalagfűrészgép szalagja egy hosszúkás hurkot alkot. A felső és alsó tárcsán egyaránt egy-egy félkörnyi szalagszakasz fekszik fel; ezek együttes hossza egy teljes kör kerülete: $K = D \cdot \pi$. A két félkör között a szalag két egyenes szakaszon halad, amelyek hossza közelítőleg a tengelytávolsággal egyenlő, ezért azok együttes hossza $2a$. Így a teljes szalaghossz:

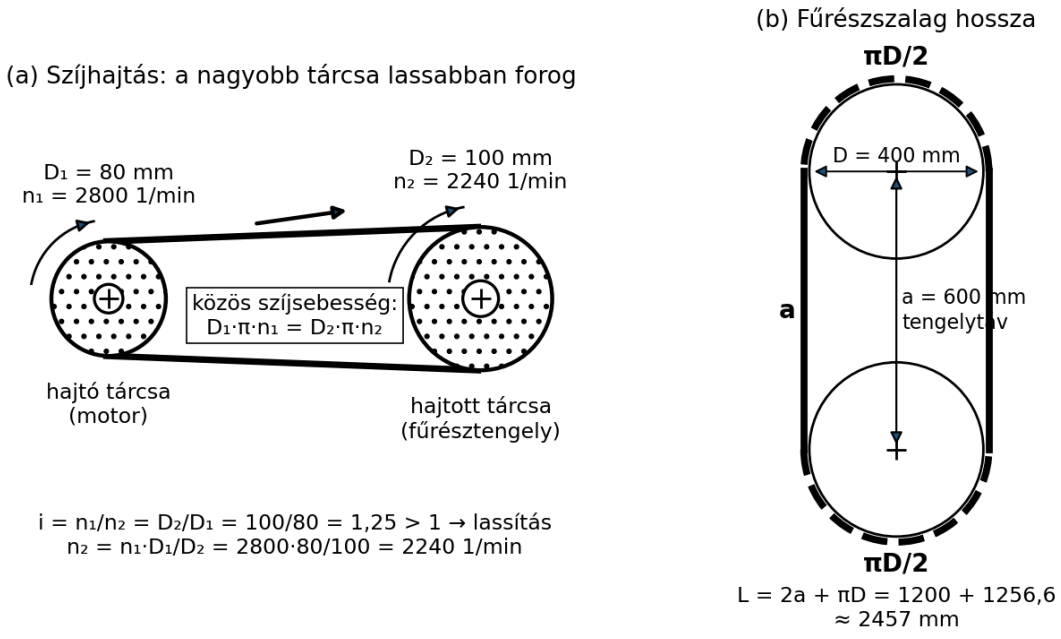
$$L = 2a + \pi D.$$

A valóságban a tárcsák és a szalag pozíciója miatt a feszesség beállításához kis mértékű korrekció szükséges; a számolt hossz tájékoztató kiindulás. **(ellenőrizendő: gépkönyvi szalaghossz-adat)**

Számítás. Egy szalagfűrészgép tárcsaátmérője $D = 400$ mm, a tengelytávolság $a = 600$ mm. Számítsd ki a szalaghosszt.

- Képlet: $L = 2a + \pi D$
- Behelyettesítve: $L = 2 \times 600\ \text{mm} + 3{,}14 \times 400\ \text{mm} = 1200\ \text{mm} + 1256\ \text{mm} = 2456\ \text{mm}$
- Tizedes pontossággal: $L \approx 2457$ mm, ha $\pi \approx 3{,}1416$ értékkel számolunk.

Ellenőrzés. A gép egy 400 mm átmérőjű tárcsáján a kerület kb. 1256 mm, a két egyenes szakasz 1200 mm, ezért az eredmény nagyságrendje reális. ∎



14.6. ábra. Szíjhajtás két tárcsával és a szalagfűrész-hurok két félkörből és két egyenes szakaszból

Az ábra bal oldalán a szíj mindkét tárcsán azonos kerületi sebességgel fut, ezért a nagyobb ($D_2 = 100$ mm) tárcsa lassabban forog: $n_2 = 2800 \cdot 80/100 = 2240$ 1/min. A jobb oldalon a szalag két félköre (szaggatott) együtt egy teljes kerület, πD, a két egyenes (folytonos) együtt $2a$. A HTML-változatban a tárcsaátmérők és a motorfordulatszám állításával a tárcsák forgása is változik; a második panelen D és a állításával a szalaghossz élőben számolódik.

14.3.7. Szalagvastagság és tárcsaátmérő

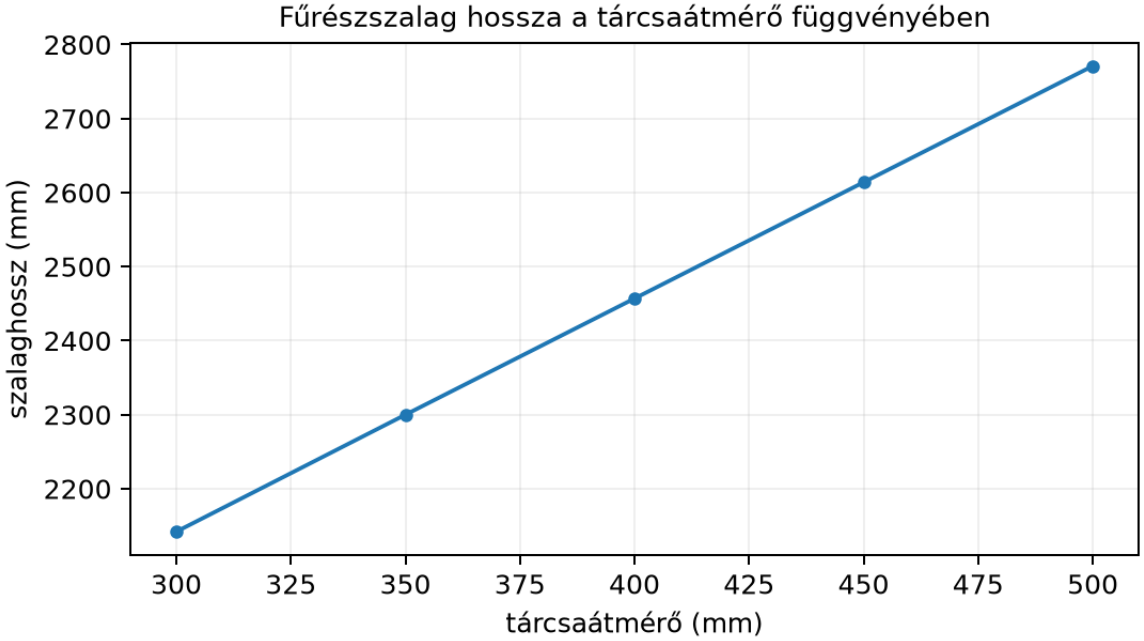
A fűrészszalag vastagsága és a tárcsaátmérő között van egy fontos **tapasztalati arány**, amelyet a gépkönyv és a szerszámgyártók ajánlanak. Túl vastag szalagot kis tárcsára nem szabad felszerelni, mert a szalag a tárcsán erősebben hajlik, ami berepedéshez, anyagfáradáshoz vezethet. A gyakorlatban használt irányérték, hogy a tárcsaátmérő legalább a szalagvastagság nagyjából **800–1000-szerese** legyen, de ez az érték erősen függ a szalag anyagától, fogosztásától, az acél szilárdságától és a gép típusától. **(ellenőrizendő: szerszámgyártói adatlap)**

Példa. Ha a tárcsaátmérő $D = 400$ mm, akkor a legnagyobb ajánlott szalagvastagság nagyságrendileg $400/800 = 0{,}5$ mm és $400/1000 = 0{,}4$ mm közötti. Ennél vastagabb szalagnál a hajlítási feszültség már számottevően nő. Fordítva: ha 0,3 mm vastag szalagot használunk, akkor a minimális tárcsaátmérő nagyságrendileg $0{,}3 \times 800 = 240$ mm és $0{,}3 \times 1000 = 300$ mm közé tehető. **(ellenőrizendő: szalagfűrész gépkönyve)**

Figyelem. A szalag felszerelése előtt mindig a gépkönyv és a szerszámgyártó táblázata szerint ellenőrizd a megengedett szalagvastagságot, legkisebb tárcsaátmérőt és a feszesség mértékét. A túl laza szalag oldalirányban terelve gurul, a túl feszes szalag a csapágyat és a hegesztett szalagvéget terheli.

14.3.8. Diagram: Szalaghossz a tárcsaátmérő függvényében

Az alábbi diagram azt mutatja, hogy állandó tengelytávolság ($a = 600$ mm) mellett hogyan változik a szalagfűrész szalaghossza, ha a tárcsaátmérőt növeljük. Az adatok képletből számoltak, a gyakorlatban a gépkönyv és a gyártó adata a mérvadó.



14.7. ábra. Fűrészszalag hossza a tárcsaátmérő függvényében - Kiszámított értékek: L = 2a + πD, a = 600 mm, π ≈ 3,1416. Tájékoztató adat; a gépkönyv adata ellenőrizendő.

14.3.9. Gyakorlati olvasat: gépkönyvi adatok és táblázat

A géptani számítások nem önmagukért kellenek. A műhelyben a gépkönyvben látott adatokat kell összevetned a választott szerszámmal és a tárcsaátmérőkkel.

Rajz–anyag–művelet hármas. Ha például egy ügyfél vastag tölgyfa ajtólapot hoz, és a körfűrészgéppel kell szeletelni, akkor a gépkönyvben megadott fűrészlapfordulatszámot, a motorfordulatszámot és a szíjtárcsák átmérőjét is meg kell értened ahhoz, hogy a szerszámot ne tedd ki túl nagy fordulatszámnak. A rajzból adódó méret meghatározza a fűrészlap átmérőjét, a fűrészlap átmérőjéből és a forgácsolási sebességből adódik a megengedett fordulatszám, ezt pedig a szíjhajtás áttételével lehet igazítani, ha a gép erre lehetőséget ad.

Táblázat: Példa szíjhajtási adatokra

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Motorfordulat	n_1	2800	1/min
Motor szíjtárcsaátmérő	D_1	80	mm
Hajtott szíjtárcsaátmérő	D_2	100	mm
Hajtott fordulatszám	n_2	2240	1/min
Áttétel	i	1,25	—

A táblázat adatai tanulási példák, nem egy adott gép előírásai. Az áttétel $i = n_1/n_2 = 2800/2240 = D_2/D_1 = 100/80 = 1{,}25$. Mivel $i > 1$, a hajtás lassít: a hajtott tárcsa a nagyobb, ezért lassabban forog. **Egységesen használd az $i = n_1/n_2$ képletet.**

Számítási megjegyzés. A fordulatszámoknál mindig ellenőrizd, hogy a hajtott elem gyorsabb vagy lassabb lesz: $i > 1$ lassítást, $i < 1$ gyorsítást jelent. Itt $i = 1{,}25$, tehát a hajtott tengely fordulatszáma kisebb. ∎

14.3.10. Fűrészszalaghossz-számítás kerekítéssel

Példa. Egy szalagfűrészgépen a tárcsaátmérő $D = 500$ mm, a tengelytávolság $a = 700$ mm. Számítsd ki a szalag hosszát, majd ellenőrizd a kapott eredményt.

- Adott: $D = 500$ mm, $a = 700$ mm
- Keresett: L
- Képlet: $L = 2a + \pi D$
- Behelyettesítés: $L = 2 \times 700\ \text{mm} + 3{,}1416 \times 500\ \text{mm} = 1400\ \text{mm} + 1570{,}8\ \text{mm} = 2970{,}8\ \text{mm}$
- Kerekítve: $L \approx 2971$ mm

Ellenőrzés. A kerület $\pi D \approx 3{,}14 \times 500 = 1570$ mm, a két egyenes szakasz 1400 mm, tehát az összeg nagyságrendje reális. ∎

14.3.11. Technológiai lap – Szalagfűrész szalagjának ellenőrzése és feszességének beállítása

Cél: a fűrészszalag hosszának, futásának és feszességének ellenőrzése a gép indítása előtt.

Anyagok, szerszámok, gépek: szalagfűrészgép, fűrészszalag, mérőszalag, csavarkulcs vagy a géphez tartozó feszítőberendezés, gépkönyv, egyéni védőeszközök.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A szalagfűrészgépen a felső és alsó tárcsa burkolata legyen zárva, a fűrészszalag vezetője és védőburkolata a szalag felső részén legyen a helyén. Villamos hálózattól áramtalanítva dolgozz; a szalagfeszítés közben a szalagot ne told és ne fogd meg a fogazott részen. A tárcsát csak áramtalanított gépen, nyitott burkolatnál, a tárcsa peremén (nem a szalagon) fogva, lassan forgasd. Vágásálló kesztyű csak álló, áramtalanított gépen, szalagcserénél használható (ellenőrizendő: munkautasítás).

Indítás előtti ellenőrzés: 1. Áramtalanítás, a gép megállása után a munkaterület szabaddá tétele. 2. A szalag forgásirányának és a tárcsaátmérők adatainak ellenőrzése a gépkönyvben. 3. A fűrészszalag látható állapotának ellenőrzése: repedés, foghiány, korrózió, hegesztett szalagvég sérülése. 4. A szalag feszességének kézzel való ellenőrzése a gépkönyvben megadott érték szerint (ha nincs ilyen, a tapasztalt gépkezelő által megadott érték a mérvadó). 5. A szalagvezető beállító görgőinek és a hátsó támgörgőnek a helyzete. 6. A felső és alsó tárcsa burkolatának, valamint a szalagvédőnek a rögzítése.

Lépések: 1. Olvasd le a gépkönyvből a megengedett fűrészszalag-vastagságot és a szalaghosszt (ellenőrzés: a felirat vagy táblázat a gépen is szerepeljen, ha van). 2. Mérd meg a tárcsaátmérőt és a tengelytávolságot, ha a gépkönyv nem adja meg (ellenőrzés: a mérés bizonytalansága max. kb. 5 mm, tájékoztató). 3. Számítsd ki a szükséges szalaghosszt: $L = 2a + \pi D$ (ellenőrzés: az eredmény nagyságrendje). 4. Helyezd a fűrészszalagot a tárcsákra, majd a feszítőberendezéssel állítsd be a kívánt feszességet (ellenőrzés: a szalag oldalnyomása a gépkönyv szerinti erő és megengedett elhajlás, ha nincs adat, kérj gépkezelői segítséget). 5. Áramtalanított gépen forgasd meg lassan a felső tárcsát a peremén fogva (a szalagot ne fogd meg), és figyeld, hogy a szalag a tárcsa közepén fut-e, nem ér-e a burkolathoz vagy a szalagvezetőkhöz (ellenőrzés: a szalag futásának középpontossága). 6. Ha a szalag oldalirányban eltér, állítsd a felső tárcsa döntését a gépkönyv szerint (ellenőrzés: a szalag visszahúzódik a tárcsa közepére). 7. Csukd vissza a burkolatokat, és csak ezután dugd vissza a hálózatra a gépet. 8. Indításkor a gépet előbb üresen, kifutással figyeld, hogy nincs-e rendellenes zaj, ütés, kóborló szalagfutás (ellenőrzés: a gép zajának és rezgésének megítélése).

Dokumentálás: munkanaplóban rögzítsd a gép azonosítóját, a szalag hosszát, vastagságát, a dátumot, a beállító személy nevét és az észrevételeket.

14.3.12. Minőségellenőrzés

A szalagfűrész szalagjának és a hajtásrendszernek az ellenőrzésekor a következőket nézd:

Mit ellenőrzünk?	Mivel?	Mi az elfogadható? (tájékoztató)
Fűrészszalag repedése, foghiánya	szemrevételezés, nagyító	nem megengedett
Szalag feszessége	kézi nyomás, gépkönyvi érték	a gépkönyvben megadott elhajlás
Ékszíj feszessége	kézi nyomás	túl laza vagy túl feszes nem jó
Szíjtárcsák burkolata	szemrevételezés	hiányzik, repedt burkolat esetén javítás
Szalag futása	szemrevételezés, kis fordulat	ne érjen a burkolathoz, ne kóboroljon
Áttételi számítás	számolás, mérés	a gépkönyv szerinti érték

Ha a szalag repedése látszik, a gépet le kell állítani, és a szalagot cserélni kell, mert a repedt szalag vágás közben szétszakadhat, és a gépkezelőt megsebesítheti.

14.3.13. Tipikus hibák és okaik

1. **A gép túl lassan vagy túl gyorsan forog.**
   - Ok: a szíjtárcsa átmérőket rosszul választották meg, vagy a szíj csúszik.
   - Helyes gyakorlat: a gépkönyv szerinti fordulatszámot és tárcsaátmérőt használj, a számítást ellenőrizd, a szíj feszességét állítsd be.
2. **A fűrészszalag nem a tárcsa közepén fut.**
   - Ok: a felső tárcsa döntése rossz, a tárcsa csapágya kopott, vagy a szalag hossza nem megfelelő.
   - Helyes gyakorlat: a tárcsadöntést a gépkönyv szerint állítsd, a csapágyat ellenőrizd, a szalag hosszát ne toldd, hanem válassz megfelelő méretűt.
3. **A szalag túl melegszik vagy gyorsan elszakad.**
   - Ok: túl feszes szalag, a szalagvastagsághoz túl kicsi tárcsaátmérő, rossz szalagvastagság, nem megfelelő élezés.
   - Helyes gyakorlat: a szalagvastagság és a tárcsaátmérő arányát ellenőrizd a gyártói táblázatban, az élezést szakszerűen végezd, a feszességet a gépkönyv szerint állítsd.
4. **A szíj csúszik, csikorog.**
   - Ok: laza szíj, kopott vagy zsíros szíj, rossz profilméret.
   - Helyes gyakorlat: a szíj feszességét állítsd be, a tárcsát és a szíjat tisztítsd, kopás esetén cseréld.

14.3.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben a tanuló új, nagyobb átmérőjű fűrészlapot tett fel a körfűrészgépre. A gépkönyv szerint a motor fordulatszáma 2800 1/min, a motortárcsa 120 mm, a fűrésztengely tárcsája 80 mm volt. A tanuló látta, hogy a gépen a fűrészlap gyorsabban forog, mint a motor, de nem tudta, miért. A kiszámolt áttétel: $i = D_2/D_1 = 80/120 = 0{,}667$, a fűrésztengely fordulatszáma $n_2 = 2800/0{,}667 = 4200$ 1/min. A kisebb hajtott tárcsa tehát felgyorsítja a fűrészlapot; a nagyobb lapnál ezért a lap megengedett $n_{\max}$ értékét is ellenőrizni kell. A tanulság az, hogy a gépkönyv és a tárcsaátmérő együttes olvasata nélkül nem lehet eldönteni, hogy egy szerszám megfelelő fordulatszámon fut-e.

Egy másik esetben a szalagfűrészgépen a régi szalag elszakadt, és a vásárolt új szalag hossza 2 450 mm volt. A gép tárcsaátmérője 400 mm, a tengelytávolsága 650 mm volt. Számítás: $L = 2 \times 650\ \text{mm} + 3{,}14 \times 400\ \text{mm} = 1300 + 1256 = 2556$ mm. A 2 450 mm-es szalag tehát túl rövid volt, a feszítőberendezés nem tudta volna kényelmesen felszerelni. A megfelelő hosszúságú szalag beszerzése után a gép pontosan és biztonságosan dolgozott.

14.3.15. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy ha egy szíjhajtásban a hajtott tárcsa átmérője nagyobb, mint a hajtóé, akkor a hajtott tengely fordulatszáma nagyobb? Indokold.

2. Számítsd ki a hajtott tengely fordulatszámát, ha a motor $n_1 = 1400$ 1/min-nel forog, a hajtó tárcsa átmérője $D_1 = 70$ mm, a hajtott tárcsa átmérője $D_2 = 210$ mm.
3. Hogyan számolod ki a szalagfűrész-szalag hosszát egyforma tárcsaátmérők esetén?
4. Miért nem szabad a fűrészszalagot túl vastagra választani egy adott tárcsaátmérőhöz?
5. Milyen gépkönyvi adatot kell ellenőrizned ahhoz, hogy a szerszámorsó fordulatszámát ne lépd túl?

14.3.16. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg, mit jelent az áttétel, és írd fel a szíjhajtás áttételének képletét a tárcsaátmérőkkel.

2. feladat (A). Egy fúrógép motorfordulatszáma $n_1 = 2800$ 1/min. A motortárcsa $D_1 = 60$ mm, a fúrótengely tárcsája $D_2 = 100$ mm. Mekkora a fúrótengely fordulatszáma?

3. feladat (B). Egy gép hajtott tengelyének fordulatszámát $n_2 = 1200$ 1/min-re szeretnénk állítani. A motor fordulatszáma $n_1 = 2800$ 1/min, a motor tárcsája $D_1 = 90$ mm. Mekkora tárcsát kell a hajtott tengelyre felszerelni?

4. feladat (B). Egy szalagfűrészgép tárcsaátmérője $D = 450$ mm, a tengelytávolság $a = 680$ mm. Számítsd ki a szükséges fűrészszalag hosszát. Kerekíts milliméterre.

5. feladat (C). Egy faipari gépnél a motorfordulat $n_1 = 2800$ 1/min, a hajtó tárcsa $D_1 = 70$ mm, a hajtott tárcsa $D_2 = 140$ mm. Az alkalmazni kívánt szerszám megengedett maximális fordulatszáma $n_{\max} = 1500$ 1/min. Engedélyezi-e a szerszám használatát? Indokold. Ha nem, mit változtatnál?

6. feladat (D). Készíts táblázatot a következő szalagfűrész-adatokhoz: tengelytávolság $a = 700$ mm, tárcsaátmérők $D = 350, 400, 450, 500$ mm. Számítsd ki a szalaghosszakat a $L = 2a + \pi D$ képlettel ($\pi \approx 3{,}14$), és ellenőrizd, hogy a kerület növelésével a szalaghossz növekszik-e.

14.3.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Ha a hajtott tárcsa nagyobb, akkor a hajtott tengely fordulatszáma kisebb, mert a nagyobb tárcsa kerülete nagyobb, egy szíjhurok nagyobb utat tesz meg, így a tengely lassabban forog: $n_2 = n_1 \cdot \frac{D_1}{D_2}$.
2. $n_2 = 1400 \text{ 1/min} \cdot \frac{70 \text{ mm}}{210 \text{ mm}} = 1400 \cdot 0{,}333 = 466{,}7 \text{ 1/min} \approx 467 \text{ 1/min}$.
3. $L = 2a + \pi D$, ahol a a tengelytávolság, D a tárcsaátmérő. A πD a két félkör összege, a $2a$ a két egyenes szakasz.
4. A vastag fűrészszalag kis tárcsán nagyobb hajlítási feszültséget kap, ezért berepedhet. A tárcsaátmérő és a szalagvastagság arányát a gyártó adatai szerint kell betartani.
5. A szerszámorsó fordulatszámát (n_2) kell összevetni a szerszám megengedett maximális fordulatszámával ($n_{\max}$), amelyet a gyártó adattáblája tartalmaz.

Feladatok megoldása

1. feladat (A). Az áttétel a hajtó és a hajtott tengely fordulatszámának aránya: $i = n_1 / n_2$. Szíjhajtásnál a tárcsaátmérőkkel: $i = D_2 / D_1$, ha a szíj csúszása elhanyagolható.

2. feladat (A). Képlet: $n_2 = n_1 \cdot \frac{D_1}{D_2} = 2800 \cdot \frac{60}{100} = 1680$ 1/min.

3. feladat (B). Képlet: $D_2 = D_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} = 90\ \text{mm} \cdot \frac{2800}{1200} = 210\ \text{mm}$. A hajtott tárcsa átmérője 210 mm.

4. feladat (B). $L = 2a + \pi D = 2 \times 680\ \text{mm} + 3{,}14 \times 450\ \text{mm} = 1360\ \text{mm} + 1413\ \text{mm} = 2773\ \text{mm}$.

5. feladat (C). Számítsuk ki a hajtott tengely fordulatszámát: $n_2 = 2800 \cdot \frac{70}{140} = 1400\ 1/\text{min}$. A szerszám maximális megengedett fordulatszáma 1500 1/min. A számolt 1400 1/min kisebb, mint a megengedett, tehát a szerszám használható. Ha a hajtó tárcsa D_1-et növelnénk, a fordulatszám nőne, így nagyobb hajtótárcsa rosszabb lenne. A biztonsághoz mindig ellenőrizni kell a tényleges mért fordulatszámot is.

6. feladat (D). Táblázat:

Tárcsaátmérő (mm)	Szalaghossz (mm)
350	$2 \times 700 + 3{,}14 \times 350 = 1400 + 1099 = 2499$
400	$1400 + 1256 = 2656$
450	$1400 + 1413 = 2813$
500	$1400 + 1570 = 2970$

A táblázatból látható, hogy a tárcsaátmérő növelésével a szalaghossz nő. ∎

14.3.18. Rövid összefoglaló

A faipari gépek hajtásában a villanymotor forgását tengelyek, csapágyak, szíjtárcsák, ékszíjak, ritkábban fogaskerekek viszik át a munkaorsóra. Az **áttétel** a hajtó és hajtott tengely fordulatszámának aránya: $i = n_1/n_2$. Szíjhajtásnál és fogaskerékhajtásnál ez az áttétel a tárcsaátmérőkkel vagy fogszámokkal is kifejezhető: $i = D_2/D_1$, illetve $i = z_2/z_1$. A hajtott tengely fordulatszáma $n_2 = n_1 \cdot D_1/D_2$. Nagyobb hajtott tárcsa vagy többfogú hajtott fogaskerék a fordulatszámot csökkenti, a kisebb hajtott oldal növeli. A gépkönyv adatait – motorfordulat, tárcsaátmérő, szerszám megengedett maximális fordulatszáma – mindig egybe kell vetni. A szalagfűrész szalaghossza egyforma tárcsáknál $L = 2a + \pi D$, ahol a a tengelytávolság, D a tárcsaátmérő. A szalagvastagság és a tárcsaátmérő aránya szerszámgyártói adat, amelyet a gépkönyvvel együtt kell ellenőrizni. A biztonsághoz tartozik, hogy a szíjtárcsák, szíjak és tengelyek mindig burkolva legyenek, és a beállítást, szerszámcserét csak a gép teljes megállása, áramtalanítás után végezd.

Továbbvitt eredmény. Az áttétel és a szalaghossz képlete közvetlenül szükséges a szalagfűrészgép helyes felszereléséhez, a gépkönyvi fordulatszámok és a szalag méretének ellenőrzéséhez, amit a Asztalos szalagfűrészgép alfejezetben használsz fel.

14.3.19. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari géptani alapfogalmak: tengely, csapágy, szíjhajtás, fogaskerék – stabil technológiai alap.
- Gépkönyvi adatok (motorfordulat, teljesítmény, szíjtárcsaátmérő, kifutási idő) – gyártói dokumentáció, gép- és szerszámadatok **(ellenőrizendő: saját gép gépkönyve)**.
- Szalagfűrész szalaghossz-képlet – általános géptani összefüggés; a tényleges szalaghossz és a feszesség beállítása a gyártó adataitól függ **(ellenőrizendő: gépkönyv, szerszámgyártói táblázat)**.
- A szalagvastagság és tárcsaátmérő tapasztalati aránya – szerszámgyártói anyagtáblázat **(ellenőrizendő: az adott fűrészszalag-típusra vonatkozó gyártói adatlap)**.

- Munkavédelmi előírások a mozgó géprészek burkolására és a kifutási időre – hatályos gépi és munkaeszköz-biztonsági előírás **(ellenőrizendő: a gépkezelő munkautasítás és a műhely rendje)**.

15 Mérés, előrajzolás és kéziszerszámok

15.1. Mérő- és rajzolóeszközök, anyagkiosztás és előrajzolás

15.1.1. Motiváció

Az asztalosműhelyben gyakori jelenet: elkészül egy keret négy alkatrésze, de az összeállításnál az egyik csap nem illeszkedik a fészekbe, a keret átlója nem egyezik, vagy éppen az utolsó léc 5 mm-rel rövidebb. Ilyenkor ritkán a ragasztó vagy a fűrész a hibás. A baj általában a mérésnél, az anyagkiosztásnál vagy az előrajzolásnál kezdődött: nem ugyanabból a bázisélből mértünk, nem jelöltük meg a párokat, vagy a vágási ráhagyást kihagytuk a hosszból. Ez az alfejezet azt tanítja meg, hogyan kell a munkadarabot pontosan kimérni, a rendelkezésre álló fűrészáruból az alkatrészeket jó minőségben kiosztani, és a vágáshoz, gyaluláshoz, kötéskészítéshez szükséges jeleket úgy felvinni, hogy a későbbi műveletek ne hibából, hanem tervből dolgozzanak.

15.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy 1 240 mm hosszú, 82 mm széles bükk deszkát. A felületén van egy kisebb, benőtt göcs, a bal végén a szálirány kissé íves, a jobb szélén pedig egy hajszálrepedés. Ebből a deszkából képkeret léceit kell kimérni. Ha az asztalos átvizsgálja a darabot, a hibás végét kiejti, a göcsöt a takart oldalra igazítja, majd ceruzával jelöli, hol lesz a vágás. Az alkatrészekre felírja a kézjegyet, hogy a szétszabás után is tudni lehessen, melyik léc melyik sarokba tartozik. Az alábbi folyamatábra a legfontosabb sorrendet mutatja.



15.1. ábra. Anyagkiosztás és előrajzolás sorrendje - Szemléltető műveletsor. A konkrét munkadarab hibái, méretei és a ráhagyások módosíthatják a lépéseket.

Az ábra üzenete: **előbb anyagot választunk és jelölünk, csak utána rajzolunk pontos méretet.** Ha a kézjegy kimarad, a szétszabott alkatrészek összekeverednek. Ha a bázisél nem rögzített, minden méret más vonatkoztatási ponthoz tartozik.

15.1.3. Mérőeszközök

Az asztalos alapművelete a hossz, szélesség, vastagság, derékszög és szög mérése. A műhelyben több mérőeszközt érdemes egymás mellett használni, mert nem mindegy, hogy milyen pontosság és merevség kell.

Definíció. A **mérőeszköz** olyan eszköz, amellyel egy munkadarab méretét, szögét vagy helyzetét összehasonlítjuk egy ismert, hiteles beosztással vagy etalonnal. A mérés mindig a mértékegység és a mérőeszköz felbontásának függvényében pontos.

Mérőszalag. A **mérőszalag** hajlékony, rugósan visszahúzódó acélszalag, általában 3–5 m hosszú, milliméteres beosztással. A szalag elején mozgó **horog** ül; ez a horog a külső és belső mérés közötti váltást segíti. Külső méretnél a horog mögé akasztjuk, belső méretnél a horog élével ütköztetünk. A horog kis játéka éppen a horoglemez vastagságát egyenlíti ki, ezért nem szabad meghúzni vagy lefeszíteni. A mérőszalag előnye a hajlékonysága, hátránya, hogy ferde felületen könnyen elmozdul, és hosszú mérésnél belóg.

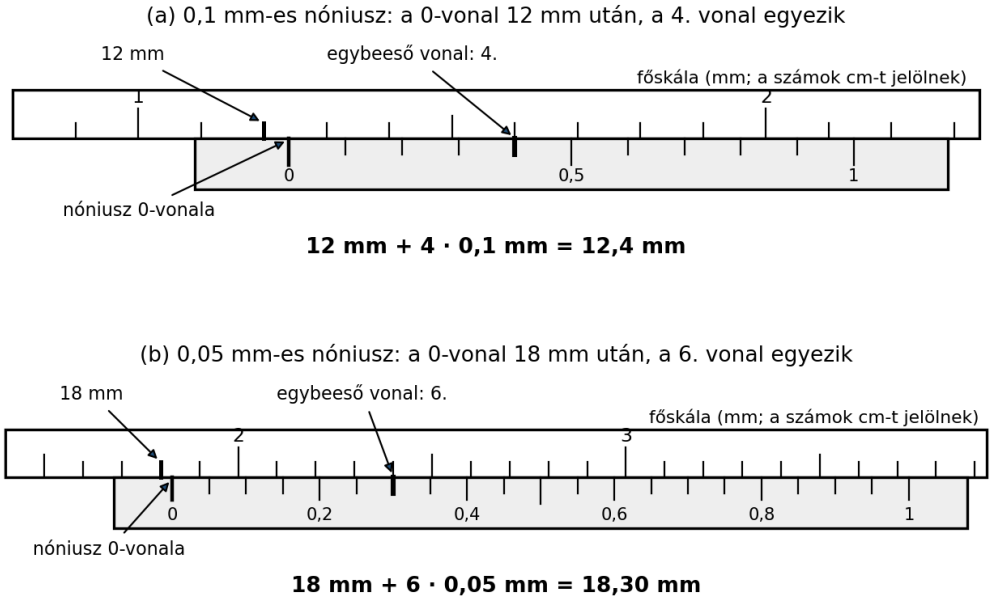
Colstok. A **colstok** merev, összecsukható mérőrúd, ma Magyarországon metrikus beosztással, jellemzően 1 vagy 2 m hosszú. Nevét a régi hüvelyk (col) mértékegységről őrizte meg, de a mai faiparban milliméterben használjuk. A merev szárak miatt ferde belső méreteknél, ajtónyílás-ellenőrzésnél és rövid műhelyi méréseknél megbízható. A csuklóknál kopás léphet fel, ezért a colstokot időnként egy pontos acélvonalzóhoz kell ellenőrizni.

Acélvonalzó. Az **acélvonalzó** vékony, merev, precízen beosztott szerszám, jellemzően 150, 300, 500 vagy 1 000 mm hosszú. Előrajzoláshoz jobb, mint a mérőszalag, mert a vonal mentén stabilan felfekszik, és éle mentén ceruzával vagy rajzolótűvel dolgozhatunk. A beosztást úgy olvassuk le, hogy a szem merőlegesen legyen a jelölés fölött.

Tolómérő. A **tolómérő** nagy pontosságú mérőeszköz, amellyel külső, belső és mélységméreteket mérhetünk. A főskála milliméterben halad, a csúszkán lévő **nóniusz** a milliméter törtrészét adja meg. A gyakori nóniuszos felbontás 0,1 mm, 0,05 mm vagy 0,02 mm; a digitális tolómérő közvetlenül számszerűen mutatja az eredményt.

Példa. A tolómérő főskáláján a 0 vonal a 12 mm-es jel után áll, a nóniuszon a 4. vonal esik egybe a főskála egy vonalával. Ha a nóniusz felbontása 0,1 mm, a méret:

$$12 + 4 \cdot 0{,}1 = 12{,}4\,\text{mm}.$$



15.2. ábra. Tolómérő főskálája és nóniusza a fejezet két példájával

Az ábrán a felső sáv a főskála, az alsó a nóniusz. A nóniusz 0-vonala előtti utolsó főskálavonal adja az egész millimétert (12 mm), az egybeeső nóniuszvonal sorszáma szorozva a felbontással a tört részt ($4 \cdot 0{,}1$ mm). A 0,1 mm-es nóniusz 10 osztása 9 mm-en, a 0,05 mm-esé 20 osztás 19 mm-en fekszik. A HTML-változatban a pofa csúszkával mozgatható, a felbontás választható (0,1 / 0,05 / 0,02 mm), és a „Gyakorlás” gombbal véletlen méretet kapsz, amelyet leolvasás után a program ellenőriz.

A tolómérőt mérés előtt mindig csukott állapotban nullázzuk, és a mérendő felületet tisztára töröljük. A keményfa méretét enyhe, egyenletes szorítással mérjük, mert a túl erős szorítás a fát összenyomhatja, a túl gyenge szorítás pedig levegőt hagy a pofák alatt.

Derékszög. Az asztalos **derékszög** két, egymáshoz pontosan 90°-ban rögzített szárból áll. A hosszabb szár a bázisélre fekszik, a rövidebb szár a lapon átfut. Ha a munkadarab éle és a derékszög szára között bárhol fényrés látszik, az él nem derékszögű. A derékszöget rendszeresen ellenőrizni kell: rajzoljunk egy egyenest, fordítsuk meg a derékszöget, és húzzunk egy második egyenest ugyanabból a pontból; ha a két vonal nem esik egybe, a derékszög hibás.

Szögmérő. A **szögmérő** tetszőleges szögek mérésére és átvitelére szolgál. Az egyszerű szögmérő 0–180°, a kombinált 0–360° tartományban mozog, a digitális szögmérő tizedfokos pontossággal olvasható. A faiparban ferde csapoknál, tetőléceknél, kúpos alkatrészeknél van szerepe.

Vízmérték. A **vízmérték** a vízszintes és a függőleges helyzet ellenőrzésére való. A beépítésnél, polc, konyhaszekrény, ajtótok, ablak szerelésénél használjuk. A libellában lévő buboréknak a két jel közé kell esnie. A vízmértéket két irányból is meg kell nézni, mert a hosszanti és a keresztirányú dőlés egyszerre is fennállhat.

15.1.4. Rajzolóeszközök

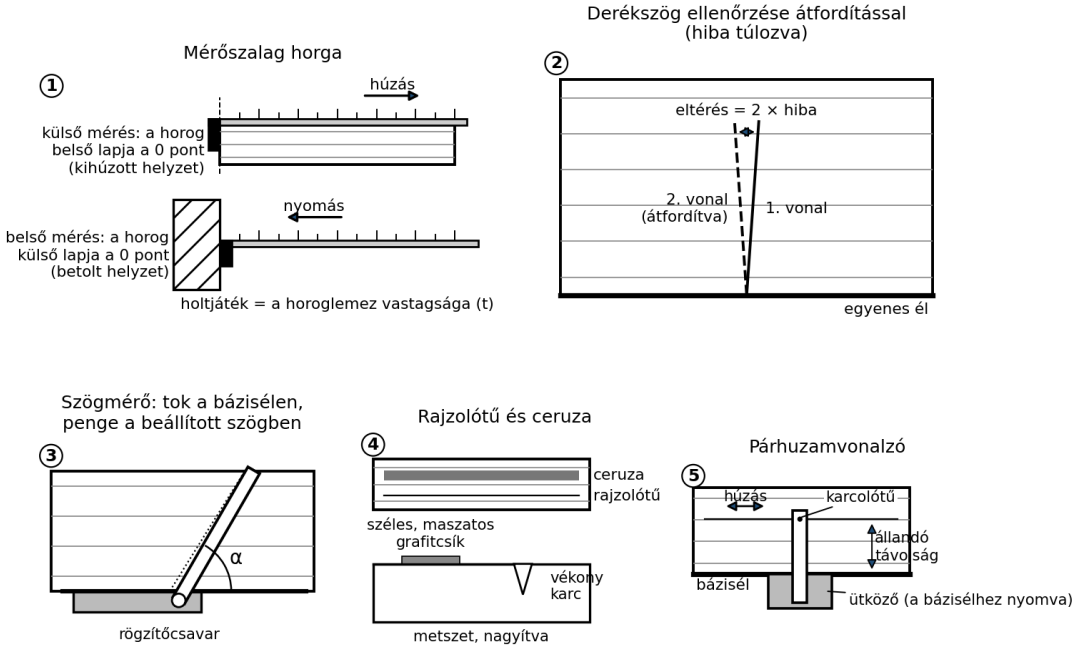
A pontos mérés önmagában nem elég. A méreteket úgy kell a fára vinni, hogy a vonal vékony, egyértelmű és a megmunkálás során is látható legyen.

Ceruza. Előrajzoláshoz közepesen kemény, hegyes ceruzát használjunk. A túl puha ceruza vastag, maszatos vonalat hagy, a túl kemény pedig belevágja a fát vagy alig látszik. A vonal vastagsága a gyakorlatban ne legyen nagyobb 0,2–0,3 mm-nél, mert a vastag vonal közepét nem tudjuk biztosan követni a fűrésznél.

Rajzolótű. A **rajzolótű** vékony, kemény fémhegyű eszköz. Nagyon pontos vonalat karcol a fafelületbe. A karcolt vonal vékony és nem kopik le, ezért olyan helyen használjuk, ahol a jel a vágás, gyalulás vagy csiszolás során eltűnik. A jó rajzolótűt a bázisélhez kell támasztani, és a szerszámot a haladási irányba kissé megdöntve kell húzni.

Karcoló és párhuzamvonalzó. A **karcoló** a rajzolótűhöz hasonló, de a műhelyben gyakran **párhuzamvonalzóval** vagy **csapvastagság-jelölővel** együtt használjuk. A párhuzamvonalzó állítható ütközővel rendelkezik, így a báziséllel párhuzamos vonalat húzhatunk állandó távolságban. Például egy ollós csap vastagságát a léc élével párhuzamosan ugyanazzal a beállítással jelölhetjük mind a négy alkatrészen.

Körző. A **körző** ívek, lyukkörök, osztások és fecskefarkú fogazás előrajzolásához kell. Az asztalosipari körző szárai állíthatók, hegyes végei pontosan rögzíthetők. Kör rajzolásakor először a középpontot jelöljük, majd a körzőt a kívánt sugárra nyitjuk, és a középpontból ívet húzunk.



15.3. ábra. Mérő- és rajzolóeszközök helyes használata öt részképen

Az ábra öt részképe: (1) a mérőszalag horga külső mérésnél kihúzott, belső mérésnél betolt helyzetben áll – a holtjáték éppen a horoglemez vastagsága; (2) a derékszöget úgy ellenőrizzük, hogy egy vonalat húzunk, majd a derékszöget átfordítva ugyanabból a pontból egy másodikat: a két vonal eltérése a hiba kétszerese (a rajzon túlozva); (3) a szögmérő tokja a bázisélen fekszik, a penge a beállított szögben; (4) a ceruza széles grafitcsíkot hagy, a rajzolótű vékony karcot; (5) a párhuzamvonalzó ütközőjét a bázisélhez nyomjuk, a karcolótű állandó távolságban húz vonalat. A HTML-változat a derékszög ellenőrzését lépésenként mutatja be hibás és pontos derékszöggel.

Sablon. Ha több azonos alkatrészt készítünk, készítsünk **sablont**. A sablon rétegelt lemezből, MDF-ből vagy műanyagból kivágott, pontos kontúrú minta. A sablonnal való előrajzolás gyorsabb és egyenletesebb, mint az egyenkénti méricskélés. Az első pontos darab mesterdarab lehet; erről készítjük a sablont, és a sablont használjuk a sorozatgyártásban.

15.1.5. Anyagkiosztás

Definíció. Az **anyagkiosztás** a rendelkezésre álló fűrészáru hosszán, szélességén és vastagságán az alkatrészek elhelyezése úgy, hogy a hibás részeket kiejtsük, a legjobb rajzolatú részeket a látható felületre rakjuk, a szálirányt figyelembe vegyük, és a ráhagyásokat is beszámítsuk. A cél a lehető legnagyobb anyagkihozatal és a kész alkatrészek megfelelő minősége.

Az anyagkiosztás lépései:

1. Nézd át a deszka mindkét oldalát, a végét és az élét.
2. Jelöld a hibákat halvány ceruzával: nagy, kieső vagy repedt göcs; kéregbenövés; gyantatáska; bélrepedés; kékesedés; erős görbeség.
3. Mérd fel a hasznos hosszt és szélességet: a vágás előtti hibákkal csökkentett méretet.
4. A fontos látható alkatrészt a szép, nyugodt rajzolatú, lehetőleg sugármetszetű szakaszra oszd ki.
5. A takart, belső alkatrészre kerülhet a kisebb hiba.
6. Az igénybe vett alkatrészre, például széklábra, kötés helyére ne tegyél göcsöt vagy ferde szálú szakaszt.
7. Hagyj ráhagyást: hosszban és szélességben a kész méreten felül a fűrészelés, gyalulás, csiszolás számára. A kézi munkánál általában hosszban kb. 5–10 mm, szélességben és vastagságban kb. 3–5 mm ráhagyás (tájékoztató, ellenőrizendő: gép- és szerszámigény).
8. Írd fel a vágási jeleket és a kézjegyet.

A **szálirány** figyelembevétele különösen fontos. A rostoknak lehetőleg az alkatrész hossztengelyével közel párhuzamosan kell futniuk. A ferde szálú, íves rostú darab gyalulásnál kiszakad, hajlításnál gyengébb, és a csap is lehasadhat. A rajzolaton a rostirány nem mindig látszik azonnal; az évgyűrűk, a bélsugarak és a hosszanti repedések lefutása segít.

Számítás. Egy 80 mm széles deszkából két darab 44 mm széles lécet szeretnél kiosztani. A fűrészvágás és a gyalulási ráhagyás összesen 10 mm. A hasznos szélesség legalább:

$$2 \cdot 44 + 10 = 98\,\text{mm}$$

lenne, de csak 80 mm áll rendelkezésre. A kiosztás nem adja ki: szélesebb deszkát kell választani, vagy a léceket keskenyebbre kell tervezni, vagy csak egy lécet lehet ebből a darabból kivenni. A hibás döntés itt az lenne, ha a ráhagyást elhagynánk, és a kész méretekkel számolnánk.

15.1.6. A kézjegy és a bázisfelület

Definíció. A **kézjegy** az alkatrészre ceruzával vagy karcolóval felírt, rövid azonosító jel. Megmutatja, hogy az alkatrész melyik termékhez, melyik összeállítási csoporthoz, melyik párhoz tartozik, és melyik oldal legyen kívül, alul vagy felül. A **kézjegyrendszer** a műhelyben egységes, minden munkatárs által ismert jelölési rendszer.

A kézjegyre azért van szükség, mert a szétszabott, gyalult, csapozott alkatrészek könnyen összekeverednek. A jelölést a **takart felületen** helyezzük el, vagy olyan részen, amelyet később megmunkálás, csiszolás vagy ragasztás eltüntet. A látható felületen a kézjegy nyomot hagyhat a pácolásnál.

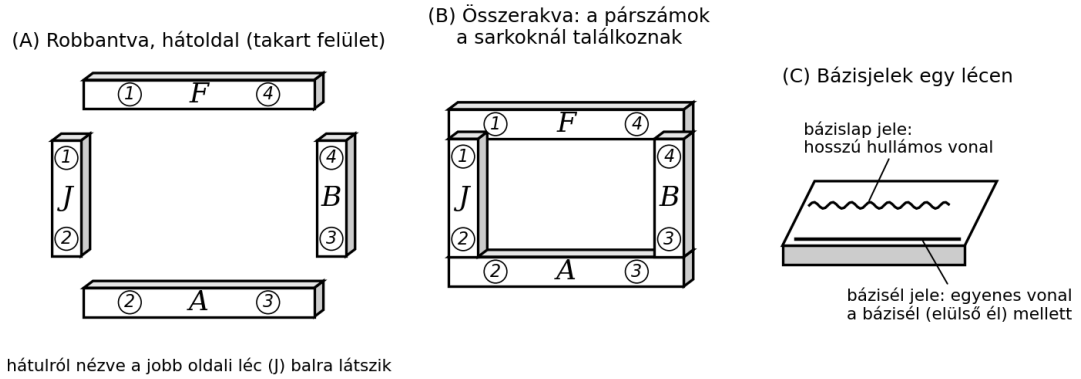
Példa kézjegyrendszerre: képkeretnél a felső léc lehet `F`, az alsó `A`, a jobb oldali `J`, a bal oldali `B`. A párokat alsó index szerint is jelölhetjük: `J1/J2`, `B1/B2`. A lap és a keret alkatrészeit lehetőleg az összeállítási rajz sorszámával jelöljük, hogy a későbbi szerelésnél is követni lehessen.

Szabály. A kézjegyet minden alkatrészre azonnal fel kell írni, amint a darabot kiosztottuk. A jelölés legyen rövid, de egyértelmű; a műhelyben ugyanaz a jel ne jelentsen két különböző dolgot. A kézjegyet és a beépítési helyet a rajzon is rögzítsük.

A pontos mérés és rajzolás alapja a **bázisfelület** és a **bázisél**. A nyers fűrészáru ritkán teljesen sík és szögletes; ha minden méretet más-más felületről mérünk, a hibák összeadódnak.

Definíció. A **bázisfelület** a munkadarabon kiválasztott, lehetőleg a legjobban illeszkedő, sík nagyobb lap. A **bázisél** a bázisfelületre merőleges, lehetőleg egyenes hosszanti él. Minden további mérést, jelölést és megmunkálást ebből a bázisfelületből és bázisélből végzünk.

A bázisfelületet a műhelyben általában hosszú, kissé hullámos vonallal jelölik; a bázisélt pedig folytonos egyenes vonallal a bázisfelületen. A pontos jelölés nem szabványos országos előírás, hanem műhelyi gyakorlat; a lényeg, hogy a műhelyben mindenki ugyanazt értse rajta.



15.4. ábra. Kézjegyrendszer egy képkereten: robbantva, összerakva és a bázisjelek egy lécen

Az ábra a keret hátoldalát (takart felületét) mutatja, ezért hátulról nézve a jobb oldali léc (J) balra látszik. Minden lécen ott a kézjegy és a két sarok párszáma; összerakáskor a sarkoknál a két találkozó léc azonos száma kerül egymás mellé. A (C) részkép egy léc bázislapját (hullámos vonal) és bázisélét (egyenes vonal az él mellett) mutatja. A HTML-változatban a keret csúszkával szétszedhető és összerakható.

15.1.7. Előrajzolás sorrendje

A fára rajzolt jelek akkor jók, ha a vágásnál, gyalulásnál, csapozásnál egyértelműen mutatják, hol van a kész méret és hol a kiejtendő rész.

Eljárás. A kézi előrajzolás sorrendje:

1. **Válaszd ki a legjobb lapot** a munkadarabnak. Ez lesz a bázisfelület.

2. **Jelöld ki a bázisélt** az egyik hosszanti élen.

3. **Fektesd a munkadarabot** úgy, hogy a bázisfelület a gyalupadon, a bázisél pedig feléd vagy a derékszög támasztó oldala felé nézzen.

4. **A vastagságot a bázisfelületből, a szélességet és a kötések oldalhelyzetét a bázisélből, a hosszméreteket egy derékszögre levágott (vagy derékszöggel megrajzolt) bázisvégből mérd.** A mérőszalag vagy acélvonalzó nulla pontja mindig ugyanoda kerüljön.

5. **Rajzold meg a kész méret egyenesét** derékszöggel vagy párhuzamvonalzóval. Ha a vágás ferdén lefut, a kész méret vonala legyen határozott.

6. **Az eltávolítandó oldalt** jelöld X-szel vagy sűrű ferde vonallal. Így a fűrészelés közben is tudod, melyik oldal esik le.

7. **Kötéseknél** a csap hosszát, vastagságát és a fészek helyét a közös bázisélből rajzold fel. A csapot és a fészket lehetőleg ugyanazzal a párhuzamvonalzó-beállítással jelöld.

8. **Párban rajzolj.** A jobbos és balos, illetve a szemközti alkatrészeket ne egyenként, hanem egymás mellett, tükörképként rajzold fel. Így a szimmetria automatikusan megmarad, és nem képződik két balos alkatrész.

9. **Ellenőrizd** a rajzot derékszöggel, tolómérővel vagy párhuzamvonalzóval, mielőtt fűrészelni kezdenél.

A fent leírt módszer a **rajz–anyag–művelet hármas** gyakorlati kezdete: a rajz méretei szerint jelöljük az anyagot, a jelölés pedig a műveletet vezérli. A jó előrajzolás nem plusz munka, hanem a későbbi hibák megelőzése.

15.1.8. Mérési hibák és elkerülésük

A legtöbb előrajzolási hiba nem a mérőeszköz rossz felbontásából, hanem rossz használatból származik.

- **Kopott horog.** A mérőszalag horogját mindig ellenőrizd: ha a horog ferdén áll, a nullpont eltolódik. Hosszú mérésnél a szalag feszesen, de nem túlfeszítve álljon.
- **Parallaxishiba.** Ha a beosztásra ferdén nézünk, a méretszámot rossz helyre olvassuk. A szem merőlegesen legyen a skála fölött.
- **Vastag ceruzavonal.** A hegyetlen, puha ceruza 1 mm-es vonalat hagy; a vágószerszám pedig nem tudja, a vonal melyik szélét kövesse.
- **Nincs bázisfelület.** Ha a munkadarabot hol az egyik, hol a másik oldaláról mérjük, a görbe, vetemedett deszkán eltérő pontokhoz kerülnek a jelek.
- **Egyenként rajzolt párok.** A pár nélküli rajzolás miatt a jobb és bal alkatrész tükörhelyzete elmarad, és a kötés rossz oldalra kerül.
- **A ráhagyás hiánya.** Ha a kiosztásnál csak a kész mérettel számolunk, a fűrészvágás és a gyalulás után az alkatrész rövid lesz. A ráhagyást mindig a kiosztásnál adjuk hozzá a kész mérethez; a rajzon a kész méret szerepel.

Szabály. Mérés előtt nézd meg a munkadarabot, a mérőeszközt és a rajzot is. A rajzon a méret mm-ben van, a mérőeszközön mm-ben mérünk, a munkadarabon mm-t jelölünk. Az ellenőrzéshez mindig ugyanazt a mérőeszközt használd, amellyel a jelölést végezted.

15.1.9. Szabvány

Szabvány. A műhelyi mérőeszközök pontossági követelményeit, használatát és időszakos kalibrálását a minőségirányítási szabványok, a mérőeszköz-gyártói adatlapok és a hatályos mérésügyi előírások szabályozzák (ellenőrizendő: aktuális mérésügyi jogszabály, metrológiai szabvány). A faipari rajz méretmegadása az Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon alfejezet szerint mm-ben történik, a rajzon a mm-t nem írjuk ki; a műhelyben viszont a mérőeszköz skáláján a mm-es felbontást olvassuk le. A konkrét tűréshatárokat a munkarajz és a gyártási utasítás adja meg; az itt megadott 0,2–0,5 mm-es előrajzolási pontosság tanulási tájékoztató, nem szabványos általános előírás.

15.1.10. Technológiai lap: keretléc kimérése és előrajzolása

Cél: egy képkeret négy, ollós csappal szerelt léce közül egy keretléc pontos kimérése, kiosztása, kézjeggyel ellátása és előrajzolása.

Anyag: bükk vagy tölgy fűrészáru, kész méret például 300 × 60 × 22 mm; hosszráhagyás 8 mm, szélességi ráhagyás 5 mm (tájékoztató, a fűrészelési és gyalulási mód szerint ellenőrizendő).

Szerszámok: mérőszalag, colstok, acélvonalzó, tolómérő, derékszög, szögmérő, ceruza, rajzolótű, párhuzamvonalzó, körző, kézjegyminta, gyalupad.

Biztonság. A rajzolótű és a körző hegye ne irányuljon a kezed vagy a társad felé. A colstok csukódáskor becsípheti az ujjat, ezért a szárakat lassan, egymás után hajtsd be. Az acélvonalzó sérült, sorjás éle vágási sérülést okozhat; a sorját reszelővel tüntesd el. A munkadarabot a gyalupadon stabilan támaszd alá, hogy mérés közben ne mozduljon el.

Lépések:

1. **Vizsgáld meg a fűrészárut.** Mérd meg a hasznos hosszt, szélességet, vastagságot, és jelöld a hibákat. – ellenőrzés: a görbeség és a göcsök helye ceruzával látható.
2. **Keresd meg a szép oldalt.** A látható felület legyen a jobb rajzolatú, hibamentes oldal. – ellenőrzés: nincs nyílt hiba a kész felületen.
3. **Oszd ki az alkatrészt.** A hibákat vágási ráhagyással kerüld ki. – ellenőrzés: a kész méret + ráhagyás a hasznos szakaszon belül van.
4. **Írd fel a kézjegyet.** Jelöld a termék, a sarok és a pár betűjelét a takart felületen. – ellenőrzés: a jel rövid, olvasható, nem esik a látható felületre.
5. **Jelöld ki a bázisfelületet és a bázisélt.** – ellenőrzés: a jelölés a műhelyi rend szerint egyértelmű.
6. **Rajzold meg a bázisvéget** derékszöggel a bázisélhez, majd ettől mérd le a kész hosszt. A mérőeszköz nullája a bázisvég vonalára álljon. – ellenőrzés: a vonal derékszögű, a szomszédos oldalon is átfut.
7. **Rajzold meg a vágási vonalat és az X jelet** a kiejtendő oldalon. – ellenőrzés: a jel a fűrész haladási oldalán látható.
8. **Jelöld a csap hosszát és vastagságát** párhuzamvonalzóval, ha a munkadarab kötésbe kerül. – ellenőrzés: a csapvonal minden oldalon a bázisélből indul.
9. **Ellenőrizd a hosszt acélvonalzóval vagy mérőszalaggal, a párokat egymáshoz illesztve, a szélességet és vastagságot tolómérővel, a derékszöget derékszöggel.** – ellenőrzés: hosszeltérés legfeljebb 0,5 mm, derékszöghiba nem látszik fényrésen (tájékoztató).
10. **Dokumentáld** a kiosztott alkatrészt a műhelynaplóban vagy a munkalapon, a rajzon. – ellenőrzés: a rajz és az anyagjel azonos.

15.1.11. Minőségellenőrzés

A mérés és előrajzolás minőségét a következőkkel ellenőrizzük:

- **Hosszméret:** acélvonalzóval vagy mérőszalaggal, a párokat egymáshoz illesztve; az eltérés a rajzolt vonal és a kívánt méret között legfeljebb 0,5 mm lehet (tájékoztató).
- **Szélesség és vastagság:** tolómérővel, a bázisfelületből és a bázisélből mérve.
- **Derékszög:** derékszöggel, fényrést keresve; a lap és az él között nem lehet látható rés.
- **Párhuzamosság:** párhuzamvonalzóval vagy tolómérővel a két hosszanti élen.
- **Kézjegy:** szemrevételezéssel; minden alkatrészen ott van-e a jel, és nem került-e látható felületre.

Ha eltérést találunk, ne a régi vonalra rajzoljunk újra, hanem töröljük vagy karcoljuk át a hibás jelet, és egyértelműen jelöljük a javított méretet. A zavaros jelölést jobb letisztázni, mert a későbbi művelet félreolvashatja.

15.1.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A kiosztott alkatrész a fűrészelés után rövid.
Ok: a hosszráhagyás nem lett beszámítva, vagy a mérőszalag horogja sérült.
Helyes gyakorlat: a ráhagyást a kiosztásnál mindig add hozzá; a mérőszalagot nullapont-ellenőrzéssel kezdd.

Hiba. A keret csapjai a szemközti léceken nem tükörképi helyzetbe kerülnek.
Ok: a párokat egyenként, nem tükörképben rajzolták.
Helyes gyakorlat: a jobbos és balos alkatrészt egymás mellett, közös bázisélből, tükörjelöléssel rajzold.

Hiba. A vonal mentén fűrészelve a darab lejt, és a végén 1 mm-rel eltér.
Ok: a vonal nem derékszögű, vagy a derékszög szárai nem feküdtek fel teljesen a bázisélre.
Helyes gyakorlat: a derékszög hosszabb szárát keményen nyomd a bázisélre; a vonalat a rövidebb szár tövétől indítsd.

Hiba. A gyalulás után kiderül, hogy az alkatrész ferde, mert hol az egyik, hol a másik lapról mérték.
Ok: nem jelöltek ki bázisfelületet.
Helyes gyakorlat: minden mérés előtt rögzíts egy bázisfelületet és bázisélt, és azt a jelölést már ne változtasd.

Hiba. A szép rajzolat a késztermék hátoldalára kerül, a göcsös felület elöl marad.
Ok: az anyagkiosztásnál nem jelölték meg a látható oldalt.
Helyes gyakorlat: az anyagkiosztás elején karcolj vagy írj `L` (látható) jelet a mutatós oldalra, és a kézjegyet a takart oldalra.

15.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló konyhaajtó keretét készítette el. A rajz szerint a keret két oldalsó léce 720 mm, a két vízszintes léce 320 mm hosszú volt, a sarok ollós csappal csatlakozott. A tanuló kimérte a darabokat, lefűrészelte, kigyalulta, de a csapok rovátkáit nem tükörben rajzolta. A bal oldali lécen a csap hátrafelé mutatott, a jobb oldalin ugyancsak, így az összeállításnál az egyik sarok nem tudott összekapcsolódni. Az oktató ezután bevezette a kézjegyrendszert: minden sarok kapott egy betűt, a párokat tükörben rajzolták, és a kézjegyet a takart felületre írták. A tanuló újra kiosztotta a léceket, a kézjegyet minden darabra felvitte, és a csapok tükörben

való rajzolásával a keret pontosan illeszkedett. Tanulság: a mérés és a rajzolás a kézi műveletek kiindulópontja; a rossz anyagkiosztás és a hiányzó kézjegy a drága faanyagban jelentkező hibaként jön vissza.

15.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: a colstok merev, ezért kifejezetten pontos belső távolságok mérésére találták ki.

2. Igaz vagy hamis: a bázisfelületet minden új méretnél szabad váltogatni, mert a mérőeszköz úgyis pontos.

3. Mennyit mutat a tolómérő, ha a főskála 18 mm-nél áll, a nóniusz felbontása 0,05 mm, és a 6. vonal egyezik?

4. Mi lehet az oka annak, hogy a mérőszalaggal kétszer mérve ugyanazt a deszkát 2 mm eltérést kapsz?

5. Milyen mérőeszközt használj vízszintes polc felszereléséhez?

15.1.15. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a mérőszalag és a colstok közötti legfontosabb különbségeket, és mondd meg, mikor melyiket választanád.

2. feladat (A). A tolómérő főskáláján a 0 vonal a 12 mm-es jel után áll, a nóniuszon a 4. vonal egyezik, a felbontás 0,1 mm. Mennyi a méret?

3. feladat (B). Egy 2 100 mm hosszú fenyő deszkából 5 darab 390 mm kész hosszúságú lécet kell kiosztani. Minden vágásnál 8 mm hosszráhagyás szükséges. Számold ki, hány mm anyag fogy el, és mennyi marad. Biztonságos-e a kiosztás, ha a befogáshoz legalább 10 mm maradékot szeretnénk hagyni?

4. feladat (B). Egy 95 mm széles deszkából 3 darab 30 mm kész szélességű lécet szeretnél kiosztani. A szélezési és vágási ráhagyás összesen 18 mm. Kioszthtató-e a 3 darab? Ha nem, hány darab fér ki?

5. feladat (C). Képkerethez egy jobbos és egy balos oldallécet kell előrajzolni. Írd le, hogyan kerülhető el, hogy két balos léc keletkezzen, és milyen kézjegyet használnál.

6. feladat (D). Készíts rövid előrajzolási tervet egy 300 × 400 mm-es képkerethez, 4 darab 60 × 22 mm-es lécből. Add meg: az anyagkiosztás sorrendjét, a szükséges mérő- és rajzolóeszközöket, a bázisjeleket, a kézjegyeket és a végső ellenőrzés módját.

15.1.16. Megoldások

15.1.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A colstok merev és alkalmas belső távolságok közelítő mérésére, de pontos belső méretre tolómérő vagy acélvonalzó való, és a colstok csuklói is kophatnak.

2. Hamis. A bázisfelületet és bázisélt a munkadarabon rögzíteni kell, hogy minden méret azonos vonatkoztatásból származzon.

3. `18 + 6 · 0,05 = 18,30 mm`.

4. Sérült vagy laza horog, ferde rálátás (parallaxishiba), a mérőszalag nem feszesen fekszik fel, vagy a mérés nem ugyanabból a bázisélből történt.

5. Vízmérték a vízszintes állás ellenőrzéséhez, mérőszalag vagy colstok a hosszmérethez, derékszög az illeszkedő élek ellenőrzéséhez.

15.1.16.2. 1. feladat megoldása

A mérőszalag hajlékony, hosszú, rugós, görbe felületeken is felfekszik, de belóg és mozoghat; a colstok merev, rövid, csuklós, ahol a méret pontosan átvihető. Helyszíni, íves, nagyobb távolságra mérőszalagot; műhelyi, merev, rövid belső méretre colstokot választanék.

15.1.16.3. 2. feladat megoldása

$$12 + 4 \cdot 0{,}1 = 12{,}4\,\text{mm}.$$

15.1.16.4. 3. feladat megoldása

Adott: 5 léc, kész hossz 390 mm, ráhagyás 8 mm/léc, deszkahossz 2 100 mm.
Keresett: összes anyagigény és maradék.
Képlet: `n · (kész hossz + ráhagyás) = anyagigény`.

$$5 \cdot (390 + 8) = 5 \cdot 398 = 1\,990\,\text{mm}.$$

A deszkából fennmaradó anyag:

$$2\,100 - 1\,990 = 110\,\text{mm}.$$

A maradék 110 mm, ami nagyobb a 10 mm-es minimális befogási igénynél, tehát a kiosztás biztonságos, ha a deszka végén is legalább 10 mm-t tudunk megfogni.

15.1.16.5. 4. feladat megoldása

3 léc kiosztása:

$$3 \cdot 30 + 18 = 90 + 18 = 108\,\text{mm}.$$

A deszka csak 95 mm széles, tehát a 3 darab nem fér ki. Két léc kiosztása:

$$2 \cdot 30 + 18 = 78\,\text{mm},$$

ami kisebb 95 mm-nél, tehát 2 darab fér ki. A harmadik léchez másik deszkát kell választani, vagy a kész szélességet kell szűkíteni.

15.1.16.6. 5. feladat megoldása

A jobb és bal oldallécet egymás mellé, közös bázisélből, tükörképpen kell rajzolni. A bázisél mindkét darabnál ugyanarra az oldalra kerül, de a csap helyét úgy jelöljük, hogy a két darab egymás tükörképe legyen. Kézjegynek például `J` és `B` jelet használunk, a párokat `J1/J2`, `B1/B2` jelöli; a jel a takart felületre kerül. Így nem keletkezhet két balos léc.

15.1.16.7. 6. feladat megoldása

A terv:

1. Anyag: 4 darab 60 × 22 mm-es léc. Hossz: két darab 400 mm, két darab 300 mm kész méret, mindegyikhez 8 mm hosszráhagyás.

2. Eszközök: mérőszalag, colstok, acélvonalzó, tolómérő, derékszög, ceruza, rajzolótű, párhuzamvonalzó.

3. Anyagkiosztás: a fűrészárut átvizsgáljuk, a hibás végeket kiejtjük, a látható oldalt `L` jellel jelöljük.

4. Kézjegy: a felső léc `F`, alsó `A`, jobb `J`, bal `B`; mindegyiken a takart oldalon.

5. Bázisfelület és bázisél kijelölése mind a négy lécen.

6. Hosszok előrajzolása derékszöggel, a vágási oldal X jellel.

7. Csapok helyét később, az ollós csapozás szerint, tükörben rajzoljuk.

8. Végső ellenőrzés: derékszöggel, tolómérővel; az eltérés legfeljebb 0,5 mm.

15.1.17. Rövid összefoglaló

A mérés és az előrajzolás a kézi fafeldolgozás kiindulópontja. A **mérőeszközök** közül a mérőszalag hajlékony, a colstok merev, az acélvonalzó pontos, a tolómérő 0,1–0,02 mm felbontással mér, a derékszög a 90°-ot, a szögmérő a ferde szögeket, a vízmérték a beépítési helyzetet ellenőrzi. A **rajzolóeszközök** – ceruza, rajzolótű, karcoló, párhuzamvonalzó, körző, sablon – közül mindig a munkadarabhoz illőt választjuk. Az **anyagkiosztás** során a fűrészárut átvizsgáljuk, a hibákat kiejtjük, a látható felületeket a szép rajzolatú részekre osztjuk, a ferde szálú és göcsös szakaszokat kerüljük. A **kézjegy** az alkatrészek összetartozását rögzíti a takart felületen. A pontos méreteket **bázisfelületből és bázisélből** kell felvinni, páros alkatrészeknél tükörben rajzolva. A mérési hibák leggyakoribb okai a kopott horog, a ferde rálátás, a vastag ceruzavonal, a hiányzó bázis és a ráhagyás kihagyása. **Továbbvitt eredmény.** Az itt bemutatott anyagkiosztást, kézjegyet, bázisjelölést és előrajzolást használja a Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája alfejezet; a bázisfelület és bázisél rendszer pedig a Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás során vezérli a méretre munkálást.

15.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok:
- Faipari szakmai és tanműhelyi mérőeszköz-ismeret, az asztalos gyakorlatban általánosan elterjedt

használati szabályok.
- A mérőeszközök pontosságára és kalibrálására vonatkozó követelmények forrása a hatályos mérésügyi jogszabály, a minőségirányítási szabványok és a mérőeszköz-gyártói adatlapok; a pontos hivatkozások ellenőrizendők.
- A rajzi mm-konvenció forrása az Méretarány és méretmegadás a faipari rajzon alfejezetben használt MSZ EN ISO 129 sorozat; a pontos kiadás ellenőrizendő.
- A fűrészáru-hibákat az A fa alaki és szövetszerkezeti hibái alfejezet tárgyalja; a hibakiejtési ráhagyások tájékoztató gyakorlati értékek.

15.2. Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája

Amikor a műhelyben egy alkatrészről csak néhány millimétert kell levágni, egy csapvállat kell utólag igazítani, vagy nincs áram a munkahelyen, a kézi fűrész a leggyorsabb és legbiztonságosabb megoldás. Aki kézi fűrésszel sem tud pontosan a vonal mellett vágni, az géppel sem fogja időben észrevenni, ha a munkadarab elhúz vagy a vágás ferde lesz. Ebben az alfejezetben a kézi fűrészek fajtáit, fogazatát, élezését és a fűrészelés technológiáját tanulod meg.

Képzeld el: a gyalupadon egy 22 mm vastag tölgyfa léc fekszik, rajta éles rajzvonal. A bal kezed a lécet szorítja a padhoz, a jobb kezed csapozó fűrésszel közvetlenül a vonal mellett, a hulladékoldalon indít (a vonal megmarad). A fűrészlapot először hátrafelé húzod, majd előretolod. Vékony fapor hullik a padra. A fűrész előre-hátra jár, a vágás követi a vonalat, a vágás végén a hulladékdarab halkan leesik. Ez a kép a kézi fűrészelés rendje: előrajzolás, befogás, indítás, vezetett vágás, ellenőrzés.

15.2.1. A kézi fűrész és a fogazat alapfogalmai

Definíció. A **kézi fűrész** olyan forgácsoló szerszám, amelynek lapján egymás után sorakozó fogak vékony, fűrészpor alakú forgácsot választanak le. A fűrész fogai a fa rostjait elvágják vagy elhasítják, a vágási résben pedig a lap hátrahúzható, így a vágás folyamatos.

A fűrészlapnak négy fontos jellemzője van: a **fogosztás**, a **fogszögek**, a **fogalak** és a **terpesztés**.

Definíció. A **fogosztás** (t) két szomszédos fogcsúcs közötti távolság mm-ben. A kereskedelemben a fűrészlapok fogsűrűségét gyakran hüvelykenkénti fogszámként (TPI, 1 hüvelyk = 25,4 mm) tüntetik fel. Ezt metrikusan így váltjuk át: $t \approx 25{,}4\,\text{mm}/\text{TPI}$; a könyvben a fogosztást mm-ben (t) adjuk meg, a számításokban a kényelmes 25 mm-es kerekítést használjuk (ellenőrizendő: gyártói jelölés; a TPI és a PPI, a csúcsok száma, eltérhet eggyel).

Összefüggés. Ha 25 mm-en z darab fog van, akkor a fogosztás:

$$t = \frac{25\,\text{mm}}{z}$$

Számítás. Egy finom csapozó fűrészlap 25 mm-en 10 fogat tartalmaz. Mekkora a fogosztása?

$$t = \frac{25\,\text{mm}}{10} = 2{,}5\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: minél nagyobb a fogszám, annál kisebb a fogosztás. A 2–3 mm-es osztás valóban finom, kötésvágáshoz való.

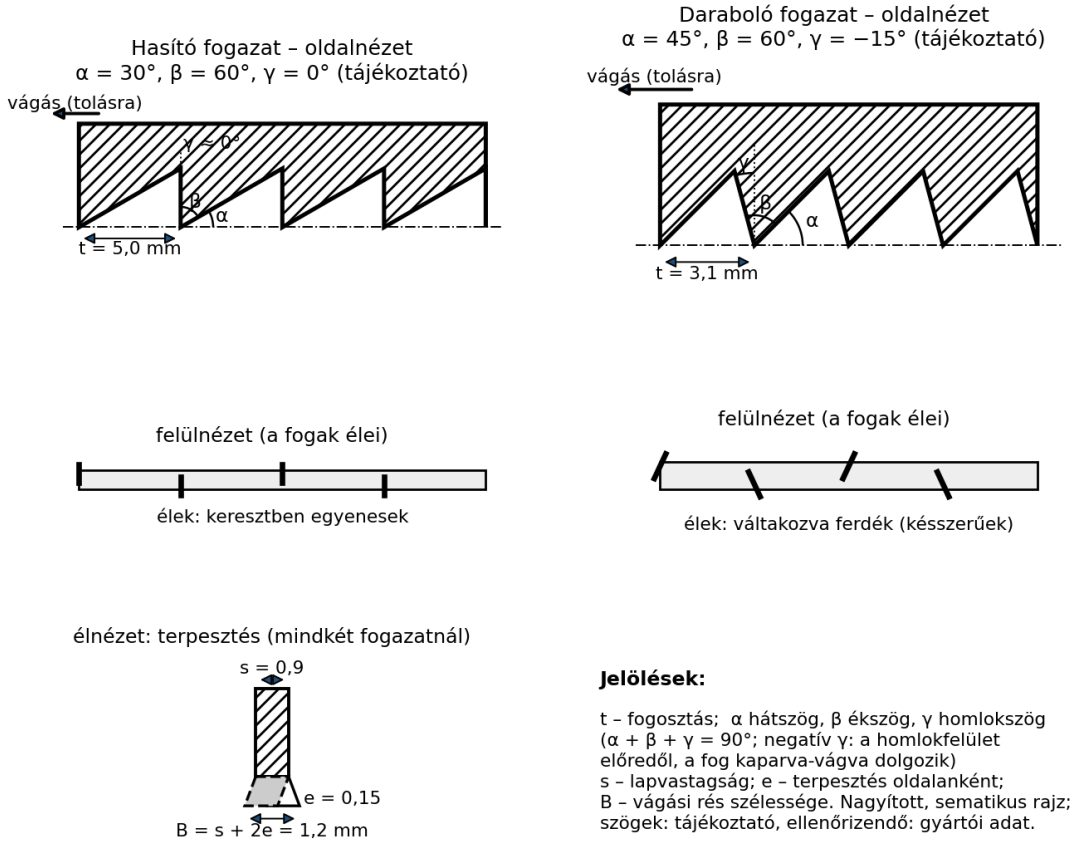
A fűrészfog szögeit a A forgácsolás alapjai: szerszámél, szögek, mozgások és forgácsképződés alfejezetben tanult módon értelmezzük: homlokszög γ, ékszög β, hátszög α, és $\alpha+\beta+\gamma=90^\circ$. A pontos szögek fűrészenként és gyártónként eltérnek, ezért az itt megadott tartományok tájékoztató jellegűek **(ellenőrizendő: gyártói adatlap)**.

A kézi fűrészek fogazata két fő csoportra oszlik.

Definíció. A **hasító fogazat** a fa rostjaival párhuzamos, azaz rostirányú vágásra való. A fog homlokfelülete közel merőleges a vágásirányra, ezért vésőszerűen hasítja a rostokat. A homlokszög kicsi, az ékszög nagyobb. A hasító fűrész fogai gyakran kagylószerűek, és a fogak a lap síkjában, egyenes éllel dolgoznak.

Definíció. A **daraboló fogazat** a rostokra merőleges vagy ferdén keresztbe futó vágásra való. A fogak élei oldalról ferde, késszerű élben futnak össze, ezért a rostokat elvágják, nem szakítják. A homlokszög negatív, kisebb, mint a hasító fognál (a homlokfelület a hasító fogénál kevésbé „vésőszerű”), az oldaléleket ferdén reszelik, így a fogcsúcsok késként vágják el a rostokat (tájékoztató szögek; ellenőrizendő: gyártói adat).

Szabály. Rostirányban hasító fűrészt, keresztvágáshoz daraboló fűrészt használj. A rossz fogazat lassan halad, szálkás vágást ad, és a fűrész eltér a vonaltól.



15.5. ábra. Hasító és daraboló fogazat oldal- és felülnézetben, valamint a terpesztés élnézetben

Az ábra felső sorában a két fogsor oldalnézete látható: a hasító fog homlokfelülete a vágási vonalra merőleges ($\gamma \approx 0^\circ$, t = 5 mm), a daraboló fogé előredől, homlokszöge negatív (t ≈ 3,1 mm); a szögek tájékoztatók. A középső sorban felülről látszik, hogy a hasító fog éle keresztben egyenes, a daraboló fogé váltakozva ferde, késszerű. Alul az élnézet: a fogcsúcsok oldalanként

e-vel kitérnek, így a vágási rés $B = s + 2e$. A HTML-változatban a fogazat váltható, a terpesztés csúszkával állítható, és az animáció mutatja, hogy terpesztés nélkül a lap súrlódik a résben.

15.2.2. A terpesztés és az oldallap-súrlódás

Definíció. A **terpesztés** a fűrészfogcsúcsok oldalirányú, váltakozó irányú kitérítése. Célja, hogy a vágási rés szélesebb legyen, mint a fűrészlap vastagsága. Így a lap oldala nem szorul a vágási réshez.

Ha a fűrész nincs megterpesztve, a lap oldala a fa oldalfelületéhez súrlódik. Ezt nevezzük **oldallap-súrlódásnak**. A súrlódás miatt a fűrész nehezen jár, felmelegszik, elhúz, és a vágás beszorul.

Összefüggés. A vágási rés szélessége B:

$$B = s + 2e$$

ahol s a fűrészlap vastagsága, e pedig az egy oldalra eső terpesztés.

Számítás. Egy fűrészlap vastagsága $s = 0{,}9\,\text{mm}$, az oldalankénti terpesztés $e = 0{,}15\,\text{mm}$. Mekkora lesz a vágási rés?

$$B = 0{,}9\,\text{mm} + 2 \cdot 0{,}15\,\text{mm} = 0{,}9\,\text{mm} + 0{,}3\,\text{mm} = 1{,}2\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: a vágási rés alig nagyobb, mint a lapvastagság, de éppen elég ahhoz, hogy a lap ne szoruljon. A túl nagy terpesztés viszont durva vágást ad és sok anyagot pusztít.

15.2.3. Kézi fűrészek fajtái

A műhelyben leggyakrabban **keretes fűrészek** és **feszítetlen fűrészek** fordulnak elő.

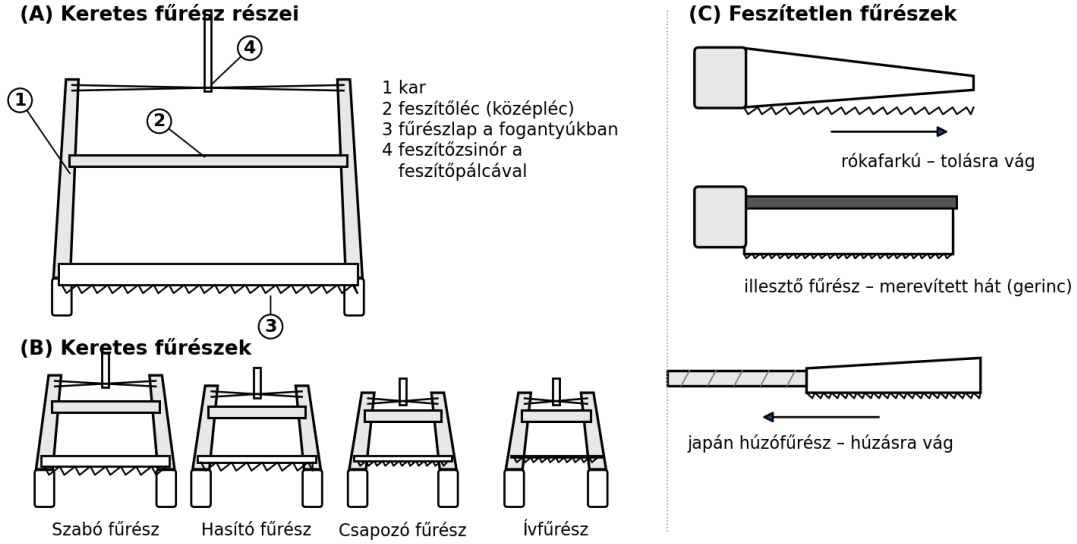
Keretes fűrészek. A fűrészlapot egy fakeret feszíti ki. A keret részei: két kar, a feszítőléc, a fűrészlap és a feszítő zsinór vagy feszítővas. A lap cserélhető, és a keretben elfordítható, így hosszabb vágások is kényelmesen végezhetők.

- **Szabó fűrész:** nagyobb, hosszú lapú keretes fűrész, durvább daraboláshoz és hosszanti szabáshoz.
- **Hasító fűrész:** keskenyebb, hosszú lap, rostirányú hasításhoz, fogazata hasító.
- **Csapozó fűrész:** finom, sűrű fogazású, keskeny lap, csapvállak, fogazások és finom darabolások készítéséhez.
- **Ívfűrész:** nagyon keskeny, finom fogazatú lap, íves és belső kivágások készítésére. A lap a keretben elforgatható.

Feszítetlen fűrészek. A lapot nem keret feszíti, hanem a lap maga merevített vagy vastagabb.

- **Rókafarkú fűrész:** széles, merev, közepesen finom fogazatú fűrész, daraboláshoz és lemezszabáshoz.
- **Illesztő fűrész:** hátazott, merevített hátú, nagyon finom fogazatú fűrész, gérvágáshoz, finom illesztésekhez.
- **Japán húzófűrész:** vékony lapú, húzásra vágó fűrész. Azért pontos, mert a húzó mozdulat feszesen tartja a lapot, és vékonyabb lap is elég. Létezik kétoldalas változata is: egyik oldalon hasító, a másikon daraboló fogazattal.

Megjegyzés. A fűrészek megnevezése műhelyenként eltérhet. A „csapozó fűrész” és az „illesztő fűrész” gyakran ugyanarra a finom vágóeszközre utal, de az illesztő fűrész általában hátazott, feszítetlen.



15.6. ábra. A keretes fűrész részei és a kézi fűrészek fajtái

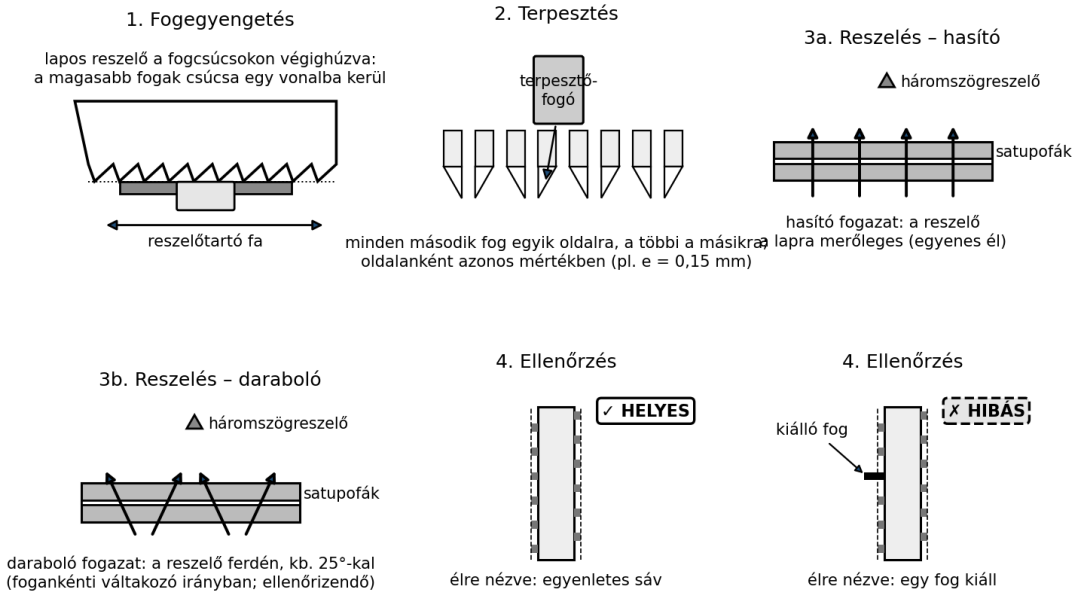
Az ábra (A) része a keretes fűrész négy fő részét számozza: 1 kar, 2 feszítőléc, 3 fűrészlap a fogantyúkban, 4 feszítőzsinór a feszítőpálcával. A (B) rész a fejezetben felsorolt keretes fűrészeket, a (C) rész a feszítetlen fűrészeket mutatja; a japán húzófűrésznél a nyíl jelzi, hogy húzásra vág. A HTML-változatban a rajz egy részére mutatva megjelenik a neve és a szerepe.

15.2.4. A fűrész élezése

A tompa fűrész nem vág, hanem szakít. A munka nehéz lesz, a vágás elhúz, a kilépő oldal szálkásodik. A fűrészt tehát élezni kell.

Recept. A kézi fűrész élezésének menete:

1. **Tisztítsd meg** a fűrészlapot gyantától és rozsdától. Gyantás lapot langyos szappanos vízzel, majd szárazra törléssel tisztíts.
2. **Egyengesd a fogakat.** Ha néhány fog magasabb, a fűrész ugrál. A fogmagasságot lapos reszelővel, a lap hosszában végighúzva egyenlítsd úgy, hogy közben ne törd le a fogcsúcsokat.
3. **Terpeszd meg a fogakat.** A terpesztéshez fűrészterpesztő fogó vagy terpesztővas való. Minden második fogat hajlíts az egyik, a többit a másik oldalra, oldalanként azonos mértékben.
4. **Reszeld meg a fogakat.** Hasító fogazatnál a fog homlokfelületére merőlegesen, a fogosztásnak megfelelő méretű háromszögreszelővel reszelj. Daraboló fogazatnál a ferde oldaléleket is reszeld a fog ferdeségének megfelelő szögben.
5. **Ellenőrizd a terpesztést.** Nézz a lap élére: a fogcsúcsok egyenletes, keskeny sávban álljanak ki. Ha egy fog kiáll, hajlítsd vissza óvatosan, vagy reszeld utána.
6. **Próbavágással ellenőrizd.** Egy hulladékdarabon végezz rövid vágást. A fűrész könnyen járjon, ne húzzon oldalra, és a vágásfelület legyen sima.



15.7. ábra. A kézi fűrész élezése négy lépésben

Az ábra a recept lépéseit mutatja: a fogegyengetést, a terpesztést (minden második fog az egyik oldalra), a reszelést a fűrészélező satuban – hasító fogazatnál a reszelő a lapra merőleges, darabolónál ferde (a rajzon tájékoztató 25°) – és az ellenőrzést, amikor a lap élére nézve egyenletes sávot kell látnod. A HTML-változat lépésenként játssza le az élezést, a fogazat váltható.

Figyelem. Az élezés gyakorlott felügyelet mellett tanulható. A helytelen reszeléssel a fogazás tönkremehet, és a fűrészlapot újra kell fogaztatni.

15.2.5. A kézi fűrészelés technológiája

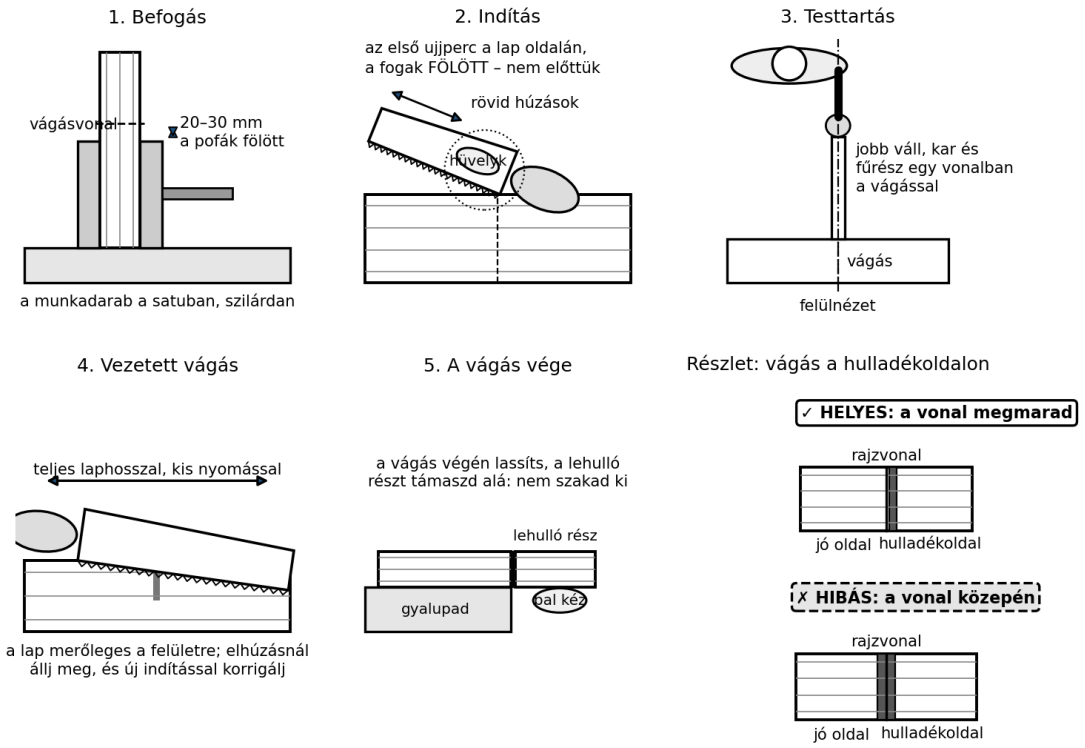
A kézi fűrészelés nem erő, hanem vezetés kérdése. A fűrész a saját súlyánál alig nagyobb nyomással vágjon. Az erőltetett nyomás eltéríti a lapot.

Anyagbefogás és rögzítés. A munkadarabot mindig rögzítsd. Kisméretű alkatrészt gyalupad pofái közé fogj be, vagy használj szorítódeszkát. Hosszú deszkát fűrészbakra vagy gyalupadra támasztva rögzíts. A vágásvonal legyen közel a támaszhoz, legfeljebb 20–30 mm-re, hogy a darab ne rezegjen. Soha ne fűrészelj a térdeden vagy kézben tartott alkatrészen, mert a fűrész megcsúszhat.

Indítás. A vágást a vonal hulladékoldalán kezdd. A rajzvonal maradjon látható, mert a vágás a vonalat nem távolíthatja el. Jobbkezes fűrészelésnél a bal hüvelykujjad a lap mellé helyezve vezeti a fűrészt, de az ujjad ne kerüljön a fogak elé. Húzó irányú indítással alakíts kis hornyot, majd fokozatosan növeld a vágási hosszt.

Vezetett vágás. A fűrészt a teljes lap hosszán járasd, ne csak a közepén. A vállad és a karod egy vonalban mozogjon a vágás irányával. A fűrész lapja a munkadarab felületére merőleges legyen. A vágás közben figyeld a vonalat, és ha a fűrész eltér, ne csavard, hanem állj meg, és új indítóvágással korrigálj.

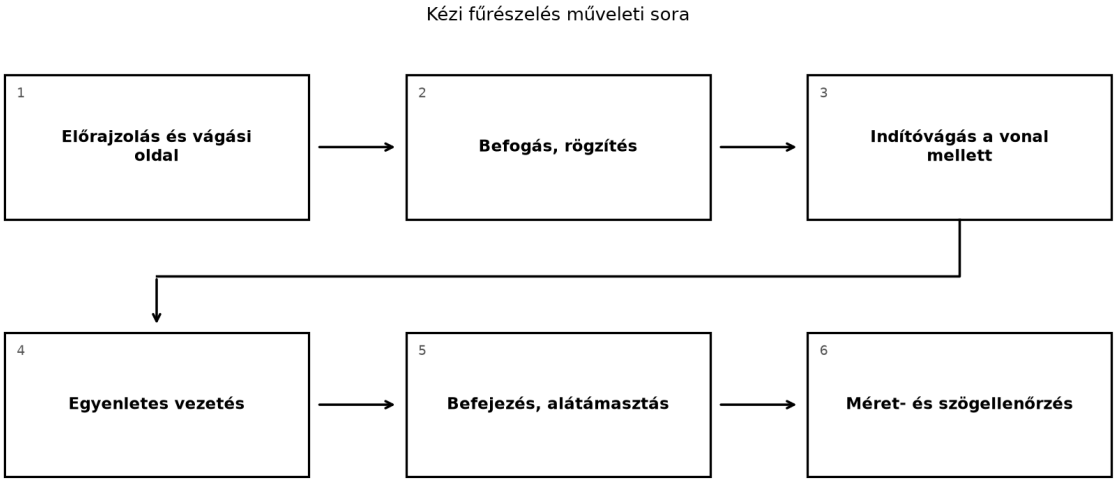
A vágás befejezése. A vágás végén lassíts, és a leeső darabot támassz alá. Így a kilépő oldalon nem szakad ki a fa.



15.8. ábra. A kézi fűrészelés öt lépése és a vágás helye a rajzvonalhoz képest

Az ábra a fenti lépéseket mutatja: a munkadarab a satuban, a vágásvonal a pofák közelében; az indításnál a bal hüvelykujj első ujjperce a lap oldalánál, a fogak fölött vezet; felülnézetből a váll, a kar és a fűrész egy vonalban van; a vágás a teljes laphosszal halad; a végén a bal kéz alátámasztja a lehulló részt. A jobb alsó részlet szerint a vágás a vonal hulladékoldalán fut, így a vonal megmarad (HELYES); a vonal közepén vezetett vágás HIBÁS. A HTML-változat lépésenként játssza le a képsort.

A folyamatot az alábbi ábra foglalja össze.



15.9. ábra. Kézi fűrészelés műveleti sora - Tájékoztató folyamat; a konkrét munkadarabhoz, fűrészhez és befogáshoz igazítsd.

15.2.6. Darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés

Darabolás. A hosszirányra merőleges vagy ferdén keresztbe történő vágás. Használj daraboló fogazatú fűrészt, például rókafarkú vagy csapozó fűrészt. A vágást a vonal hulladékoldalán indítsd, a végén lassíts. Ellenőrizd derékszöggel a vágáslapot.

Szélezés. A deszka hosszirányú szélességének levágása. Ilyenkor rostirányban vágunk, ezért hasító fogazatú fűrészt válassz. A vágás hosszú lehet, ezért a fűrészt a keretből kifordítva, a deszkát ferde támaszon is vezetheted. A vágási rés záródását (a lap szorulását) éknek vagy a résbe helyezett vékony fadarabnak a beütésével előzheted meg.

Szeletelés. Vékony deszkák, lapok leválasztása a vastagabb anyagból. Ez is rostirányú vágás, tehát hasító fűrész való hozzá. A szeletelésnél különösen fontos a pontos előrajzolás és a folyamatos, egyenletes járatás.

Hibakiejtés. A fahibát, például göcsöt, repedést, kérget tartalmazó részt ki kell vágni. A hibát határoló vonalak mellett ívfűrésszel vagy keskeny lapú fűrésszel vágj ki. A hibás részt úgy távolítsd el, hogy a megtartandó anyagban ne keletkezzen sérülés.

Sík- és térgörbék vágása. Nyílt görbe vonalat ívfűrésszel vágj. Zárt belső kivágásnál először fúrj lyukat a hulladékrészbe, vezesd át a keskeny ívfűrészlapot, feszítsd a keretbe, és úgy fűrészelj. A kanyarokban rövid, finom mozdulatokkal haladj, és a lapot ne csavard.

15.2.7. Munkavédelem

A kézi fűrész nem gép, de éles, feszített szerszám, így balesetet okozhat.

Munkavédelem. A munkadarabot mindig rögzítsd. A fűrészt vezető kéz ne legyen a vágás vonalában, és az ujjaidat ne tartsd a fogak elé. A keretfűrész lapját ne feszítsd túl, mert pattanáskor a lap eltörhet. Tompa vagy rozsdás lapú fűrészt ne használj, mert a megnövekedett erővel a fűrész megcsúszhat. Védőszemüveget viselj a fapor és a kipattanó apró forgács ellen. A fűrészt vezető kézen munkavédelmi kesztyűt ne viselj, mert az rontja a fogást és az érzékelést; a másik, befogó kézen használhatsz bőrkesztyűt. A használaton kívüli fűrészt a falon, lapját védő tokban vagy beakasztva tárold, ne más szerszámok közé dobáld.

Szabvány. A kéziszerszámokra is a munkaeszközök biztonságos állapotára vonatkozó általános előírások érvényesek. A fűrészlapnak élesnek, repedésmentesnek és megfelelően terpesztettnek kell lennie. A fapor kézi fűrészelésnél kis mennyiségű, de keményfa-por esetén is tartsd be a porszabályozás és a szellőztetés előírásait. **Ellenőrizendő:** a hatályos munkavédelmi törvény és a rákkeltő anyagok expozíciójára vonatkozó rendelet pontos előírásai.

15.2.8. Technológiai lap

Termék/alkatrész: tölgyfa lécből derékszögű darabolás és gérvágás
Anyag: tölgyfaléc, 20 × 40 × 400 mm, nedvességtartalom kb. 8–12% **(tájékoztató, ellenőrizendő: anyagátvétel)**
Szerszámok: csapozó fűrész, illesztő fűrész, derékszög, mérőszalag, rajzolótű, ceruza, szorítóeszköz

Kéziszerszám-biztonság. A fűrész éles; a munkadarab legyen rögzítve; a vágásvonal közelében ne tartson a kezed; viselj védőszemüveget; a fűrészt ne feszítsd túl.

1. Ellenőrizd a fűrészlapot: ne legyen rozsdás, törött fogú, és a terpesztés egyenletes legyen. – ellenőrzés: szemrevételezés, a lap élére nézve a fogak keskeny sávban állnak.

2. Mérd meg a hosszakat: a lécre jelölj 90 mm-t, majd egy másik darabon 45°-os vágásvonalat. – ellenőrzés: a vonal a báziséltől mérve pontos, rajzolótűvel megjelölve.
3. Fogd be a lécet a gyalupad pofái közé vagy szorítóval rögzítsd, a vágásvonal 20–30 mm-re a támasztól legyen. – ellenőrzés: a munkadarab nem mozdul el, a vágásvonal szabad.
4. Indítsd a vágást a vonal hulladékoldalán, rövid húzó mozdulatokkal. – ellenőrzés: a fűrész a vonalat nem fedi el, a vágás a hulladék oldalán halad.
5. Vágj egyenletes ütemben, a fűrészlapot függőlegesen tartva. – ellenőrzés: derékszöggel időközben ellenőrizve a vágáslap merőleges.
6. A vágás végén lassíts, a hulladékdarabot támassz alá. – ellenőrzés: a kilépő oldal tiszta, szálkásodás nélküli.
7. Ellenőrizd a kész méreteket és a szögeket. – ellenőrzés: a hossz eltérése legfeljebb ±0,5 mm, derékszög 0,5 mm/100 mm-en belül **(tájékoztató tűrés)**.
8. A vágáséleket finoman csiszold le, a munkadarabot és a szerszámot tedd a helyére. – ellenőrzés: az élek sima tapintásúak.

15.2.9. Minőségellenőrzés

A kézi fűrészelés minőségét a vágásfelületek és a méretek ellenőrzésével ítéled meg.

Mit ellenőrzöl?	Mivel?	Tűrés/cél (tájékoztató)
Vágás helye	rajzvonallal	a vonal látható, a vágás a hulladék oldalán
Hosszméret	mérőszalag, acélvonalzó	±0,5 mm finom vágásnál, ±1 mm durva vágásnál
Derékszög	derékszög, szögmérő	0,5 mm/100 mm
Vágásfelület	szemrevételezés, tapintás	egyenletes, nem szálkás, nem lépcsős
Fűrész járása	próbavágás	könnyű, nem szorul, nem tér el

Ha a vágás felülete szálkás vagy ferde, ne erőltesd a további vágást. Ellenőrizd a fűrész élességét, terpesztését és a befogást.

15.2.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a vágás elhúz a vonaltól.
Oka lehet egyenetlen terpesztés, tompa fogak, elhajlott lap, túl erős oldalnyomás vagy a testtartásból adódó ferde húzás. Helyes gyakorlat: ellenőrizd a terpesztést, élezd meg a fűrészt, és vágás közben ne feszítsd oldalra a lapot.

Hiba: a fűrész szorul a vágási résben.
Oka a hiányzó vagy túl kicsi terpesztés, gyantás lap, vagy a vágási rés záródása. Helyes gyakorlat: terpeszd meg a fogakat, tisztítsd a lapot, és szükség szerint helyezz el kis éket a vágási résben.

Hiba: a kilépő oldalon a fa szálkásan kiszakad.
Oka a tompa fog, a túl durva fogazat, vagy az alátámasztás hiánya a vágás végén. Helyes gyakorlat: finomabb fogú fűrészt használj, lassíts a vágás végén, és támassz alá hulladékdarabot.

15.2.11. Hibaelemzési eset: a fűrész elhúz a vonaltól

Tünet: a fűrészvágás a bejelölt vonalból fokozatosan oldalra tér, a vágás görbe lesz, a fűrész a vágásban egyre nehezebben jár.

Lehetséges okok: egyenetlen terpesztés, tompa fogazat, a keret elégtelen feszítése (laza lap), a munkadarab elmozdulása, a fűrészlap ferde tartása.

Vizsgálat: először szemrevételezéssel ellenőrizd a fogakat. Nézz a lap élére: egyenletes-e a terpesztés sávja? Ezután próbavágással, hulladékdarabon derítsd ki, hogy a fűrész mindig ugyanabba az irányba húz-e. Ha igen, a lap terpesztése aszimmetrikus vagy a lap elhajlott.

Valódi ok: a fűrész egyik oldalán a terpesztés kisebb, ezért a lap a nagyobb terpesztésű oldal felé húz, mert ott a kiálló fogak többet vágnak, és a vágás eltér.

Javítás: a kiálló oldalon a fogakat finoman lapolni (oldalt lereszelni), vagy újra terpeszteni, oldalanként azonos mértékben, majd reszelni. Ha a lap elhajlott, cseréld ki vagy egyengesd szakszerűen.

Megelőzés: a fűrészt mindig ellenőrizd indítás előtt, és rendszeresen élezd. A tompa vagy rosszul terpesztett fűrészt soha ne használd.

15.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló egy külső faablak javításakor kapott feladatot: a régi, vetemedett tokból kiálló éket kézi fűrésszel kellett eltávolítani. A tanuló egy rozsdás, régi keretes fűrészt vett elő, és erősen nyomva akarta elvágni az anyagot. A fűrész az első húzásnál megugrott, a vágás az ablakszárny felőli oldalra futott, és megsértette a tok bázisfelületét. A későbbi javítás miatt a tokot újra kellett gyalulni és pácolni.

A tanulság: a kézi fűrészt előbb ellenőrizni és élezni kell, a vágást a hulladékoldalon kell megkezdeni, és a munkadarabot mindig rögzíteni kell. A fűrészelés erő helyett vezetés, és a hibás szerszám a legjobb technológiát is tönkreteszi.

Továbbvitt eredmény. A kézi fűrészelés mozdulata, a vonal mellé vágás, a befogás rendje és a fogazat ellenőrzése közvetlenül visszatér a Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás alfejezetben, ahol a fűrészelt felületeket gyaluljuk méretre, valamint a Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész alfejezetben, ahol ugyanezt a gondolkodást gépi előtoló mozgással alkalmazzuk.

15.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A hasító fogazatot a rostokra merőleges darabolásra használjuk.
2. Egy fűrészlap 25 mm-en 8 fogat tartalmaz. Mekkora a fogosztás?
3. Mi a terpesztés célja?
4. Melyik fűrészt választod zárt belső kivágáshoz?
5. Miért szálkás a vágás kilépő oldala, ha a vágás végén nem támasztod alá a munkadarabot?

15.2.14. Feladatok

1. feladat (A). Sorolj fel legalább két keretes fűrészt, és írd le, mire használják őket.

2. feladat (A). Egy fűrészlap vastagsága 0,8 mm, az oldalankénti terpesztés 0,12 mm. Számítsd ki a vágási rés szélességét, és ellenőrizd a nagyságrendet.

3. feladat (B). Magyarázd el a hasító és a daraboló fogazat különbségét a homlokszög és a fogél kialakítása alapján. Melyiket választanád 40 mm vastag tölgy deszka rostirányú szélezéséhez?

4. feladat (B). Írd le a kézi fűrészelés indításának és befejezésének helyes lépéseit.

5. feladat (C). Hibaelemzés: a vágás a vonal mentén egyenes, de a végén a hulladék letörik és a kilépő oldal kiszakad. Nevezz meg legalább három lehetséges okot, és add meg a helyes gyakorlatot.

6. feladat (D). Készíts technológiai tervet: $20 \times 50 \times 600$ mm-es bükkfalécet kell 3 db 180 mm hosszú darabra vágni kézi fűrésszel. Add meg a szükséges rajzjeleket, a befogást, a választott fűrészt, a vágás lépéseit és az ellenőrzést.

15.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A hasító fogazat rostirányú vágáshoz való; daraboláshoz daraboló fogazatot használunk.
2. $t = \frac{25\,\text{mm}}{8} = 3{,}125\,\text{mm}$.
3. A terpesztés a fogcsúcsok oldalirányú kitérítése, hogy a vágási rés szélesebb legyen a lapvastagságnál, és a lap ne szoruljon.
4. Ívfűrészt, keskeny lappal; először lyukat fúrunk a hulladékba, majd a lapot átfűzve vágunk.
5. Mert a rostok a vágás végén nincsenek megtámasztva, és a fűrész kinyomja, kiszakítja az anyagot. Alátámasztással és lassítással megelőzhető.

1. feladat megoldása. Keretes fűrészek: szabó fűrész (durva darabolás, hosszanti szabás), hasító fűrész (rostirányú hasítás), csapozó fűrész (finom darabolás, csapváll), ívfűrész (íves vágás, belső kivágás).

2. feladat megoldása. $B = s + 2e = 0{,}8\,\text{mm} + 2 \cdot 0{,}12\,\text{mm} = 0{,}8 + 0{,}24 = 1{,}04\,\text{mm}$. A vágási rés alig szélesebb a lapnál, ami elég az oldallap-súrlódás megszüntetéséhez, de nem túl pazarló.

3. feladat megoldása. A hasító fogazat homlokszöge kicsi, a fog homlokfelülete merőleges a vágásirányra, és vésőszerűen hasítja a rostokat. A daraboló fogazat homlokszöge negatív, kisebb, mint a hasító fogé, a fogak oldaléle ferdén reszelt, késszerű, és elvágja a rostokat (tájékoztató; ellenőrizendő: gyártói adat). A rostirányú szélezéshez hasító fogazatú fűrészt választasz, mert az gyorsan és tiszta rostfelülettel hasít.

4. feladat megoldása. Indítás: a munkadarabot rögzítsd, a vágást a vonal hulladékoldalán, a vonal látható oldalán kezdd, húzó mozdulattal alakíts ki vezetőhornyot. Befejezés: a vágás végén lassíts, a leeső hulladékot támassz alá, és a fűrészt egyenletesen, csavarás nélkül vezesd ki.

5. feladat megoldása. Lehetséges okok: tompa fogazat; túl durva fogosztás; a vágás végén nincs alátámasztás; a fűrészt a vágás végén erősen nyomod. Helyes gyakorlat: finomabb fogú, éles fűrész; a vágás végén lassítás; hulladék alátámasztása; a lap egyenletes járatása.

6. feladat megoldása. Rajzjelek: előbb vágj derékszögű bázisvéget (kb. 5–10 mm hulladék). Ettől mérj 180 mm-t, vágj a hulladékoldalon; a következő darabot mindig a frissen levágott,

ellenőrzött végtől mérd ki újra (vagy számold be a vágási rést: 180 + 1,2 mm). A hulladékoldalt hulladékjellel jelöld. Anyagmérleg: $3 \cdot 180 + 3 \cdot 1{,}2 +$ kb. 10 mm bázisvég ≈ 554 mm $<$ 600 mm, a maradék kb. 46 mm. Befogás: a lécet gyalupad pofái közé vagy szorítóval rögzítsd, a vágásvonal legfeljebb 20–30 mm-re a támasztól. Fűrész: daraboló fogazatú rókafarkú vagy csapozó fűrész. Lépések: előrajzolás, befogás, indítóvágás a vonal hulladékoldalán, vezetett vágás, a vágás végén alátámasztás, méretellenőrzés. Ellenőrzés: a 180 mm-es hossz ±0,5 mm, a vágáslap merőleges, a felület nem szálkás.

15.2.16. Rövid összefoglaló

A kézi fűrészek a faipar alapvető forgácsoló szerszámai. A keretes fűrészek közé tartozik a szabó, a hasító, a csapozó és az ívfűrész; a feszítetlen fűrészek közé a rókafarkú, az illesztő és a japán húzófűrész. A fűrészlap jellemzője a fogosztás, a fogszögek, a fogalak és a terpesztés. A hasító fogazat rostirányú, a daraboló fogazat keresztvágásra való. A terpesztés tágítja a vágási rést: $B = s + 2e$. A fűrészt rendszeresen tisztítani, egyengetni, terpeszteni és reszelni kell. A kézi fűrészelés folyamata: előrajzolás, befogás, indítás a vonal hulladékoldalán, egyenletes vezetés, alátámasztott befejezés, ellenőrzés. A munkadarabot mindig rögzítsd, a fűrészt vezető kézen ne viselj kesztyűt, és tompa, rosszul terpesztett fűrészt ne használj. A pontos kézi fűrészelés alapfeltétele a későbbi kézi gyalulásnak és a gépi fűrészgépek munkájának megértéséhez.

15.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari szakkönyvek a kéziszerszámokról és a fűrészelés technológiájáról; a fűrészlapok és fogazatok gyártói adatlapjai; a munkavédelmi törvény és a munkaeszközök biztonságára vonatkozó általános előírások. Ellenőrizendő: a fogszögek tájékoztató tartományai, a finom vágás tűrésértékei, a fapor-expozíció pontos határértékei és a gyártói élezési előírások. Az itt megadott számértékek tanulási példák, nem helyettesítik a gyártói adatlapot és a hatályos szabályozást.

15.3. Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás

15.3.1. Motiváció

Képzeld el, hogy a műhelyben kapsz egy durván felvágott, enyhén csavarodott fenyőlécet. A feladat az, hogy egy fiók oldalát készítsd el belőle, amelynek pontosan 15 mm vastagnak, 80 mm szélesnek és 480 mm hosszúnak kell lennie, és minden lapjának síknak, az éleinek derékszögűnek kell lennie. Egy ilyen munkadarabon sem a fűrész, sem a gépi gyalu nem segít azonnal: először kézbe kell venni a gyalut, és meg kell tanulni, hogyan lehet egy nyers, görbe felületből pontos, sík, derékszögű felületet készíteni.

A kézi gyalulás az asztalos ipar egyik legalapvetőbb készsége. A gépi megmunkálás előtt és sokszor után is kézi gyalut használunk: a bázislap kialakításához, a rosszul sikerült gépi felület javításához, vagy olyan alkatrészeknél, amelyeket nem lehet gépen megfogni. Ha a gyalut nem tudod beállítani, élezni és vezetni, a munkadarabod hullámos, csavarodott vagy karcos lesz, és a ragasztásnál, összeállításnál megbosszulja magát.

Ebben az alfejezetben megismered a gyalufajtákat, a gyaluvas és a forgácstörő szerepét, a gyalu beállítását, a kézi élezés alapjait, valamint a sík, derékszögű, pontos méretű felületek kialakításának lépéseit.

15.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy a gyalutalpat hosszirányban nézed, mint egy keskeny ablakot. A talp alatt egy nagyon vékony, fénylő sáv látszik, ahol a gyaluvas kiemelkedik. Amikor a gyalut előretolod, a vas belevág a fa felületébe, és egy vékony, folyamatos forgácsot emel ki, mint egy hajszálvékony papírcsík. A talp síkja közben vezeti a vasat, így a fa felülete egyre közelebb kerül a talp síkjához, azaz egyre egyenesebb lesz. A gyalulás nem csiszolás: itt vágóél hasítja le a fát, nem pedig apró szemcsék koptatják.

Kis számpélda a szemléltetéshez: ha a gyalutalp 250 mm hosszú, és a fa felületén két, 1 mm magas púp van egymástól 100 mm-re, a gyalutalp a púpokra fekszik, áthidalja a köztük lévő mélyedést, és a vas csak a púpok csúcsát vágja le. Először a két púp tűnik el, majd a teljes felület egy síkba kerül. Ezért a hosszú talpú gyalu egyenletesebb felületet ad, mint a rövid.

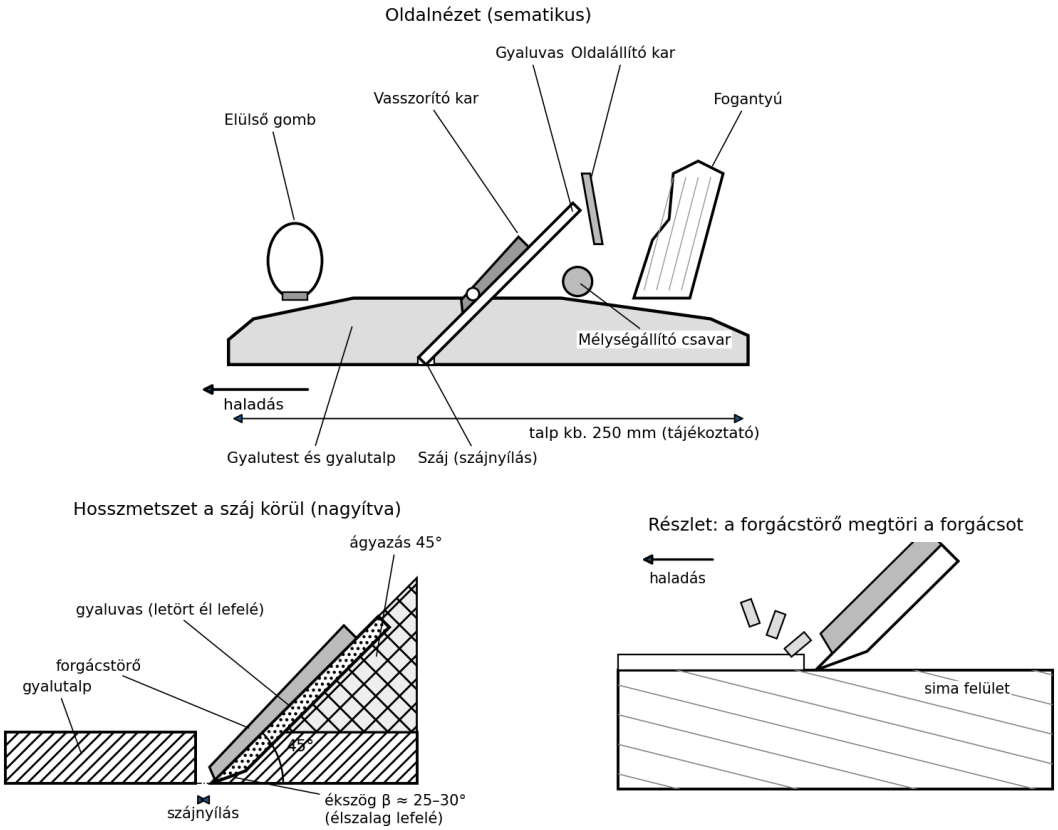
15.3.3. Gyalufajták és szerepük

Definíció. A **gyalu** olyan kéziszerszám, amelyben egy éles acéllap (gyaluvas) a gyalutalp síkjából meghatározott, kis mértékben kiemelkedve, toló mozgással vékony, szabályozott vastagságú forgácsot választ le a fa felületéről.

A faipari kézi gyalukat a talp hossza, a talp anyaga, a felhasználás módja és a kész felület minősége szerint csoportosítjuk. A leggyakoribb típusok:

- **Nagyológyalu**: rövid talpú, enyhén ívesre köszörült élű vassal és nagyobb szájnyílással dolgozik; a nyers felület gyors leválasztására.
- **Simítógyalu**: rövid talpú (kb. 180–250 mm), általános, sokoldalú gyalu. A nagyolt felület simítására, kisebb felületek síkítására, méretre gyalulás közbenső lépéseire használjuk. A rövid talp miatt a hosszú, hullámos felületet kevésbé egyengeti, de fordulékony és rugalmas.
- **Eresztőgyalu**: hosszú talpú (kb. 500–700 mm), az él- és lapfelületek egyengetésére, pontos sík felület kialakítására szolgál. Hosszú talpa áthidalja a hullámokat, ezért a görbe felület egyengetésének alapszerszáma.
- **Finomgyalu** (finomító gyalu): rövid, kicsi gyalu, finom felületi megmunkálásra, pácolás előtti utolsó, nagyon vékony forgácsú simításra; a szájnyílás szűk, a forgácstörő közel áll az élhez.
- **Sarokgyalu**: a gyalu éle az oldallapnál közel van, és a vas a gyalu oldala mellett is vág, így belső sarkok, derékszögű zugok kitisztítására való.
- **Horonygyalu**: keskeny, állítható vezetősínnel ellátott gyalu, amely a munkadarab élével párhuzamos hornyot vág. Főleg fiókfenék, ajtóbetét hornyainak kialakítására használják.
- **Profilgyalu** (légyalu): a vas alakjának megfelelő díszítő profilt vagy élt munkál meg, például párkányokat, élléceket, profileléket.

Fém- és fatestű gyaluk. A hagyományos európai gyaluk fatestűek, például bükk- vagy gyertyántalphoz erősített acél vassal. A fatestű gyalut könnyebb, de a talpa érzékenyebb a nedvességre és a kopásra. A fémtestű gyaluk (például a Stanley-típusú, ellenőrizendő: gyártói típusjelölés) merevek, a beállításaik precíziós csavarokkal állíthatók, a talp kopásállóbb. Az iskolai gyakorlatban a fémtestű simító- és eresztőgyaluk elterjedtek, mert beállításuk jól szemléltethető és megismételhető.



15.10. ábra. A fémtestű simítógyalu felépítése: oldalnézet, hosszmetszet a száj körül és a forgácstörés részlete

Az ábra felső része a simítógyalu fő részeit mutatja: gyalutest és talp (kb. 250 mm), elülső gomb, fogantyú, vasszorító kar, mélységállító csavar és oldaláll ító kar. Az alsó hosszmetszeten a vas 45°-os ágyazáson fekszik, letört élszalagja lefelé néz (ékszöge kb. 25–30°), a forgácstörő a vas felső lapján, közvetlenül az él mögött áll, előtte a szájnyílás. A jobb alsó részlet szerint a közeli forgácstörő a forgácsot azonnal megtöri. A méretek tájékoztatók. A HTML-változatban a rajz egy részére mutatva megjelenik a neve és a szerepe.

15.3.4. A gyaluvas és a forgácstörő szerepe

A gyaluvas (más néven gyalukés) egy acéllap, amelynek elülső éle vág. A vas alulról, a talp enyhén hátrahúzott, ferdén rögzített üléséből emelkedik ki. A vas felső lapján, a vágóél közelében általában egy **forgácstörő** található.

Szabály. A **forgácstörő** egy második, a gyaluvasra rögzített acéllap, amely a vas élétől kb. 0,5–1 mm-re (finom simításhoz, kemény vagy ellenszálas fához közelebb, kb. 0,2–0,5 mm-re; nagyoláshoz távolabb, 1–2 mm-re; tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói adat) visszahúzva, a leváló forgácsot azonnal megtöri. Ezáltal megakadályozza, hogy a forgács a fa rostjai mentén hosszan beszakadjon.

A forgácstörő nélküli gyalu gyakran „tép”, vagyis a forgács a vas élénél hosszan leszakítja a farostokat, gödrös, karcos felületet hagyva. A forgácstörő szerepe különösen fontos hullámos erezetű, görcsös, ellenszálú fánál. **Továbbvitt eredmény.** A forgácstörő elvének (a forgács azonnali megtörése a vágóél közelében) hasonló szerepe van a gépi gyalukéseknél, marókéseknél és

marószerszámoknál is, amit a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetben használunk.

Megjegyzés. A vas és a forgácstörő közötti távolságot mindig a gyártói adatlap és a fa anyaga szerint állítsd. A túl közel álló forgácstörő eltömíti a szájat, a túl távoli nem töri a forgácsot. **(ellenőrizendő: gyártói adatlap, gyalutípus)**

15.3.5. Vágásmélység, szájnyílás és a gyalu beállítása

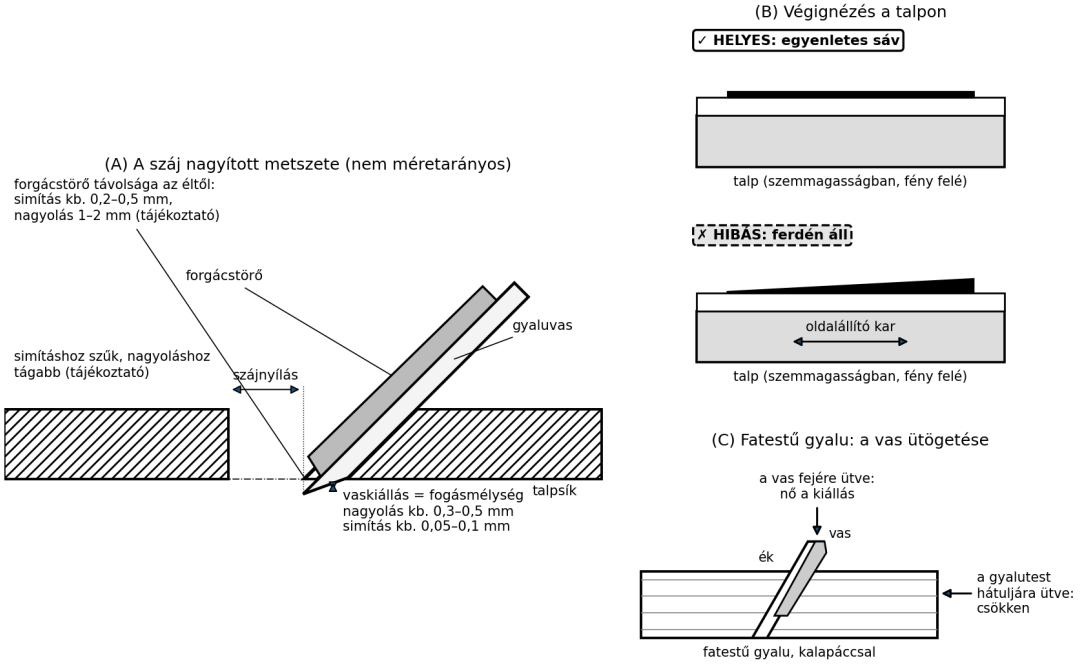
A gyalutalp alatt a vas kiemelkedése határozza meg a **vágásmélységet**, vagyis hogy egy húzásra hány mm vastag forgácsot választ le a gyalu. Nagyoláskor kb. 0,3–0,5 mm, simításkor 0,05–0,1 mm a jellemző érték (tájékoztató, a fa fajtájától és a vas élességétől függ). A pontos, sík felület eléréséhez a gyalutalpnak a vas kiemelkedése mellett a **szájnyílás** nagyságát is befolyásolja.

Definíció. A **szájnyílás** a gyalutalpon lévő nyílás, amelyen keresztül a gyaluvas kiemelkedik. A szájnyílás és a vas közötti hézag mérete határozza meg, hogy a forgács megtöréséhez mennyi hely marad. Finom felülethez kisebb, nagyoláshoz nagyobb hézag szükséges.

A beállítás lépései:

1. Húzd ki a gyalutalp alól a vasat annyira, hogy a kiemelkedés a talp síkjánál 0,5–1 mm legyen, majd húzd vissza fokozatosan.
2. Rögzítsd a vasat a beállítócsavarral.
3. Nézz a talp mentén, a vas élével szemben, jó fényben. A vasnak a talp középvonalában, azzal párhuzamosan kell állnia.
4. Állítsd a vágásmélységet a beállítócsavarral: nagyoláshoz kb. 0,3 mm, simításhoz 0,1 mm kiemelkedés.
5. Ellenőrizd a szájnyílás hézagát: a vas előtt, a talp felőli részen 2–4 mm legyen. A hézag finom munkához csökkenjen, nagyolóhoz nőjön (tájékoztató érték).

Szabály. A gyalutalp hosszú, merev síkjának mindig párhuzamosnak kell lennie a vas élével. Ha a vas ferdén áll, a gyalu az egyik oldalon vastagabb, a másikon vékonyabb forgácsot vág, és a felület oldalirányban lépcsős lesz.



15.11. ábra. A simítógyalu beállítása: a száj nagyított metszete, végignézés a talpon és a fatestű gyalu vasának állítása

Az ábra (A) része a szájnyílás nagyított metszete: a vas kiállása a fogásmélység (nagyoláshoz kb. 0,3–0,5 mm, simításhoz kb. 0,05–0,1 mm), előtte a szájnyílás, a vas felső lapján a forgácstörő. A (B) rész a végignézést mutatja: a gyalut fejjel lefelé, szemmagasságban, fény felé tartva a vas éle egyenletes, vékony sávként látszik; ha az egyik oldalon vastagabb, a vas ferdén áll, és az oldalállító karral kell igazítani. A (C) rész a fatestű gyalut mutatja: a vas fejére ütve nő, a gyalutest hátuljára ütve csökken a kiállás. A HTML-változatban a kiállás, a szájnyílás és a forgácstörő távolsága csúszkával állítható, és a program jelzi a beszorulás és a kiszakadás veszélyét.

15.3.6. Élezés

A gyaluvas éle a munka során tompul, kicsorbul, vagy oxidálódik. Csak éles vassal lehet tiszta, szakadásmentes felületet gyalulni. Az élezés két fő lépésből áll: a **köszörülés** (durva alakra hozás, szögbeállítás) és a **fenés** (finom polírozás az élen).

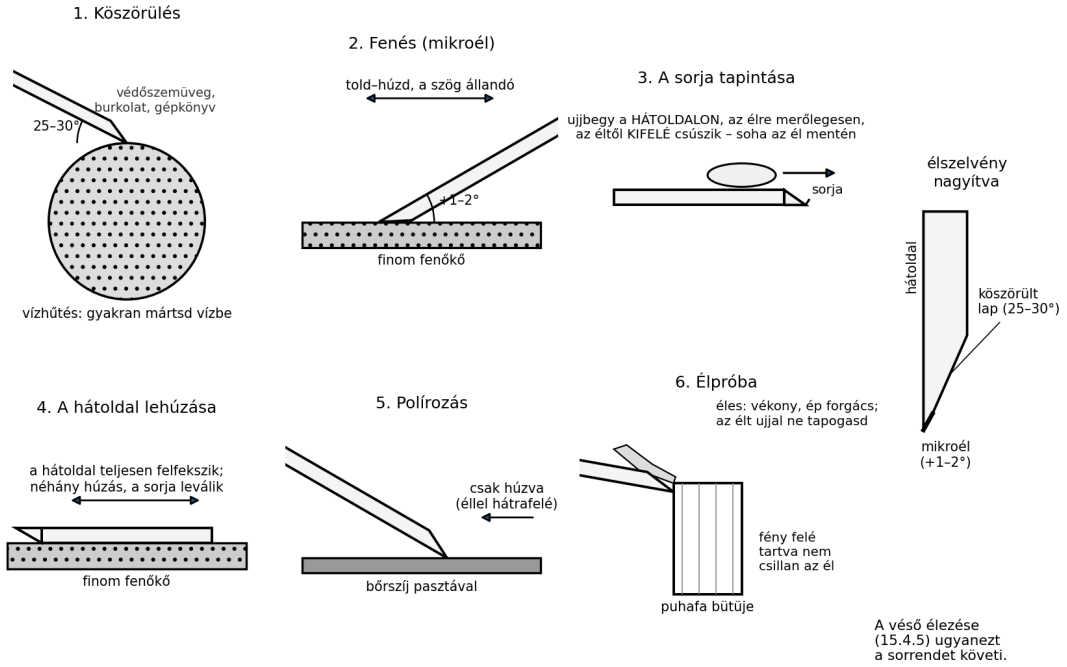
Technológiai lap. A gyaluvas élezése kézzel, nedves köszörűkővel és fenőkővel.

1. **Cél:** tompa gyaluvas élezése 25°–30°-os ékszöggel (puhafához 25°, keményfához 30° közelítő érték, ellenőrizendő: gyártói adatlap, fa fajtája).
2. **Anyagok és szerszámok:** gyaluvas, vízzel hűtött köszörűgép vagy durva fenőkő, finom fenőkő (pl. 600/1200-as kombinált szemcse), víz vagy csiszolóolaj, fadarab a szög ellenőrzéséhez.

Gépbiztonság. Köszörűgépen csak betanítva és felügyelettel dolgozz: védőszemüveg, ép kőburkolat, a támasztó asztal 2–3 mm-re a kőtől, repedésmentes kő, a megengedett legnagyobb fordulatszám betartása; indítás előtt ellenőrizd a követ és a burkolatot (ellenőrizendő: gépkönyv).

Figyelem. A köszörűgépen a vas túlhevülhet, és az acél elveszti a keménységét. A vasat gyakran mártsd vízbe.

3. **Előkészítés:** tisztítsd meg a vasat és a forgácstörő csavarját; ellenőrizd, hogy a vas éle nem görbe-e mélyen.
4. **Köszörülés:** tartsd a vasat 25°–30°-os szögben a köszörűkövön, és húzd végig egyenletesen. A köszörülést csak az élszalagon (a letört élen) végezd; a vas lapos hátoldalát itt ne csiszold. A vasat hűtsd vízben.
5. **Fenés:** fektesd a vas letört élszalagját a finom fenőkőre a köszörült szögben (vagy 1–2°-kal meredekebben), és told-húzd, amíg a hátoldalon végig tapintható sorja (apró, felpöndörödő acélszál) keletkezik.
6. **Sorja eltávolítása:** fordítsd a vasat, a hátoldalát teljesen a kőre fektetve húzd végig néhányszor, amíg a sorja leválik.
7. **Ellenőrzés:** tartsd az élt a fény felé: éles élen nem látszik fénylő csík; ahol fénylik, ott az él tompa vagy csorba. Próbaként a vassal vágj le vékony forgácsot egy puhafa bütüjéről; az élt ujjal ne tapogasd (vágásveszély).



15.12. ábra. A gyaluvas élezése hat lépésben, nagyítva az élszelvény

Az ábra az élezés mozdulatait mutatja: köszörülés a 25–30°-os köszörülési szögben, fenés 1–2°-kal meredekebben (mikroél), a sorja tapintása a hátoldalon az éltől kifelé húzott ujjbeggyel, a hátoldal síkra lehúzása, polírozás bőrszíjon, végül élpróba puhafa bütüjén. A jobb oldali nagyítás az élszelvényt mutatja a köszörült lappal és a mikroéllel. A véső élezése ugyanezt a sorrendet követi. A HTML-változat lépésenként játssza le a képsort.

15.3.7. Nagyolási gyakorlat simítógyaluval

A gyakorlat célja, hogy a tanuló megtanulja a gyalu vezetését, a testhelyzetet és a fogást, és megérezze, hogyan válik le a forgács.

Gyakorlati alapfogás. Állj a gyalulandó léc mellé; a munkadarabot a gyalupadon fogd be. A bal kezed (jobbkezeseknél) a gyalu elülső fogógombján, a jobb a fogantyún legyen. Induláskor elöl nyomj (bal kéz), középen egyenletesen, a munkadarab végén hátul (jobb kéz), hogy a gyalu

orra ne bukjon le. A tolás lendületes, egész testből, nem csak karból legyen. A gyalu talpa a fa felületén marad, nem billen hátra.

Lépések:

1. Rögzítsd a munkadarabot a gyalupad síkján, a gyalu irányába. Használj gyalupadot és faszorítót (keresztfogantyú).
2. Kezdd a gyalut a munka felületének elején, a gyalu éle a fával párhuzamos.
3. Told előre a gyalut határozott, folyamatos mozdulattal. A tolás végén ne emeld meg a gyalut: a nyomást a hátsó fogantyúra helyezd át.
4. Fogásváltás: a bal kezed a gyalu elülső gombját fogja, a jobb kezed a fogantyút. A tolás erősebb, mint a nyomás, a gyalu súlya segít.
5. Húzd le a gyaluvasat, ha túl vastag forgács jön, illetve állítsd vissza, ha nem vág.

Tipikus hiba: A tanuló a gyalu hátulját emeli meg a mozdulat végén, ezért a munkadarab vége lekerekedik, elvékonyodik. Helyes gyakorlat: a gyalutalpat a munka végéig a fán tartani, és a tolás végén a nyomást a hátsó fogantyúra áthelyezni.

15.3.8. Egyengetés eresztőgyaluval

Az eresztőgyalu a hosszú alkatrészek síkba hozásának alapeszköze. Használata megegyezik a simítógyaluéval, de a hosszú talp miatt a mozdulat nyugodtabb, a vezetés pontosabb kell, hogy legyen.

Lépések egy csavarodott, hosszú léc kiegyengetésére:

1. Vizsgáld meg a lécet fény felé tartva: hol vannak a púpok, hol a mélyedések. Jelöld a púpokat krétával.
2. Helyezd a lécet a gyalupadra úgy, hogy a púpok felfelé álljanak. Ha szükséges, alátéttel rögzítsd, hogy a görbe léc ne billegjen.
3. Gyaluld le először a púpok csúcsát eresztőgyaluval, nagyoló beállítással. A hosszú talp áthidalja a mélyedést, és csak a púpot vágja.
4. Ha a púp eltűnt, folytasd a teljes felület gyalulását, amíg a gyalu mindenhol egyenletes, folyamatos, vékony forgácsot nem ad. Ahol a forgács kimarad, ott a felület még hullámos.
5. Ellenőrizd **fényréssel**: tartsd a lécet erős fény elé, és nézd végig a felületet. Ha nincs fényrés a léc és az egyenes vonal között, a felület sík.

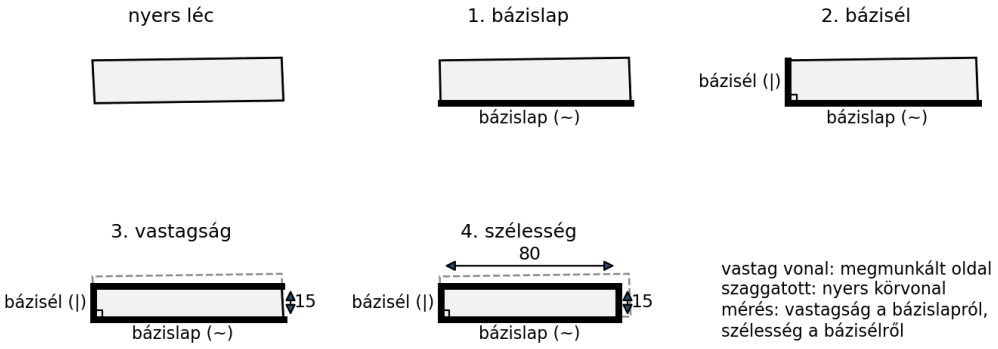
A gyalunyom szerepe. (Nem tévesztendő össze a 15.1-ben tanult kézjeggyel, amely az alkatrész azonosító jele.) A gyalulás során a bal kéz ugyanazt a helyet fogja a gyalutalpon, és a tolás iránya mindig a fa rostirányához igazodik. A **gyalunyom** (késnyom) a gyaluvas által a felületen hagyott finom, egyenletes sáv. Egyenletes, szakadásmentes gyalunyom éles vasra, állandó fogásmélységre utal. A jó gyalunyom azt mutatja, hogy a gyalu éle egyenletes, a tolás párhuzamos, és a vágásmélység állandó. A lépcsős, szakadozott gyalunyom hibára, tompa vasra vagy görbe talpú gyalura utal.

15.3.9. Derékszögű síkok képzése, méretre gyalulás sorrendje

A gyalulásnál a végső cél az alkatrész pontos méretre való elkészítése, ahol a szemközti lapok párhuzamosak, az élek derékszögűek a lapokhoz. Ehhez be kell tartani a **gyalulási sorrendet**.

Szabály. A méretre gyalulás sorrendje: (1) bázislap, (2) bázisél, (3) vastagság, (4) szélesség. Először a nagyobb felületet (lap) munkáljuk síkra, ez a **bázislap**. Utána a lapra merőleges,

hosszabb oldalt, ez lesz a **bázisél**. A bázisél pontosan derékszögben álljon a bázislaphoz. Ezután a vastagságot a bázislapról mérjük, a szélességet pedig a bázisélről.



15.13. ábra. A méretre gyalulás sorrendje a léc keresztmetszetén

Az ábra a Technológiai lap lécének keresztmetszetét követi: a nyers, kissé szabálytalan lécből először a bázislap, majd a rá merőleges bázisél készül; a 15 mm-es vastagságot a bázislapról, a 80 mm-es szélességet a bázisélről mérjük. A vastag vonal a már megmunkált oldalt jelöli. A HTML-változatban a lépések egyenként, az ellenőrzés leírásával követhetők.

A sorrend betartása azért kötelező, mert minden további méret ettől a két bázisfelülettől függ. Ha a bázisél ferdén áll, a szélességi méret rossz lesz, és az alkatrész torzul. **Továbbvitt eredmény.** Ezt a sorrendet használjuk a gépi egyengető és vastagsági gyalugépeknél is (lásd Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság alfejezetben), valamint a lapalkatrészek méretre szabásánál is.

Technológiai lap. Derékszögű, méretre gyalult léc készítése kézi gyalukkal.

Cél: 480 mm hosszú, 80 mm széles, 15 mm vastag fenyőléc elkészítése nyers fűrészáruból.

Anyagok, szerszámok, gépek: fenyő nyers léc, simítógyalu, eresztőgyalu, finomító gyalu, derékszög, acélvonalzó, vastagsági tolómérő, jelölőtű, gyalupad.

Gépbiztonság. Ez a művelet kézi szerszámos. Balesetveszélyes, ha a munkadarab nincs rögzítve, ha a gyalut ferdén tartod, vagy ha a vas tompa. A gyaluvas és a derékszög élét becsukható szerszámkofferban, védőtokban tárold.

Indítás előtti ellenőrzés. Győződj meg róla, hogy a gyaluvas éles, a forgácstörő csavarja rögzült, a talp sík, a gyalupad stabil.

Lépések:

1. **Bázislap kialakítása.** A léc egyik lapját egyenesre, keresztirányban is síkra gyalulod az eresztőgyaluval. – Ellenőrzés: fényrés-szemlélet egyenes vonalra, a felület teljes hosszán.
2. **Bázisél kialakítása.** A léc egyik élének gyalulása a bázislapra merőlegesen. Gyalulás közben a derékszög egyik szárát folyamatosan a munkadarab élére, a másikat a lapjára nyomod. – Ellenőrzés: derékszög az élnél, nincs fényszivárgás a derékszög és a munkadarab között.
3. **Vastagság kialakítása.** A bázislappal ellentétes oldal gyalulása a kívánt 15 mm vastagságra. A vastagságot **jelölőtűvel** jelölöd a bázislapról, és gyalulás közben a vastagsági tolómérővel ellenőrzöd. – Ellenőrzés: vastagság 15 ± 0,1 mm (tájékoztató tűrés), a lap párhuzamos a bázislappal.

4. **Szélesség kialakítása.** A báziséltől mérve a 80 mm-es szélességet jelölőtűvel, a másik élt gyalulod. – Ellenőrzés: szélesség 80 ± 0,1 mm, az él derékszöge a laphoz.
5. **Végellenőrzés.** A léc minden lapját, élét fényrés-szemlélettel, a derékszöget a derékszög minden illesztésénél, a méreteket tolómérővel ellenőrzöd.

15.3.10. Görbe és csavarodott alkatrészek kiegyengetése

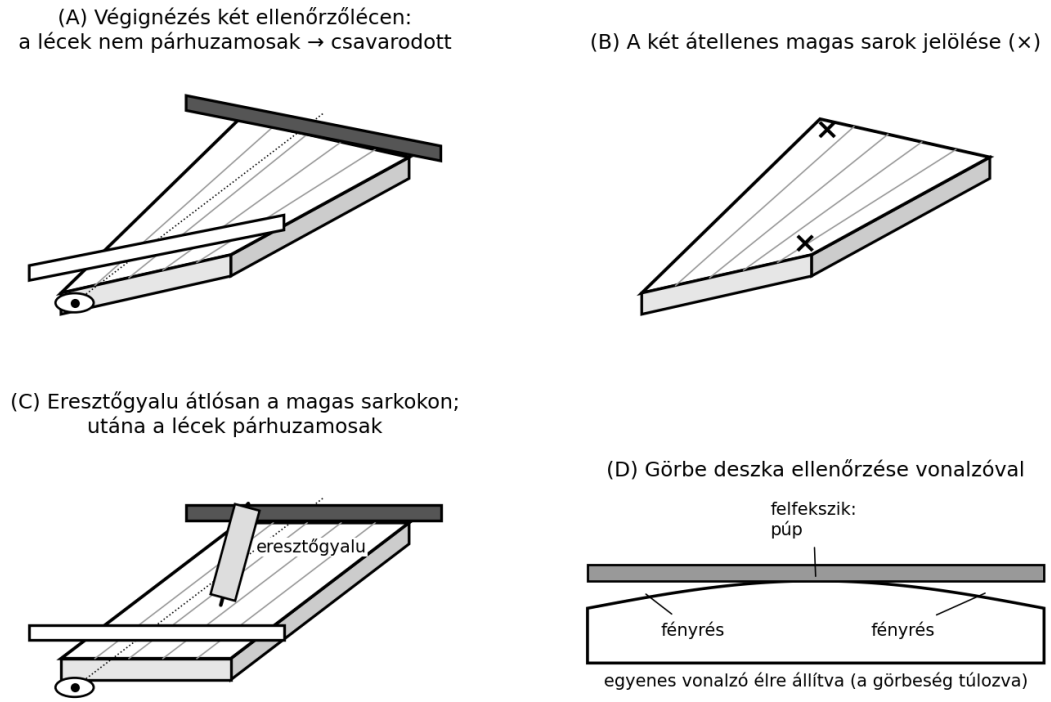
A gyakorlatban sokszor görbe, csavarodott vagy vetemedett alkatrészt kell kiegyengetni. A módszer mindig ugyanaz: először a púpokat jelöld meg, majd az eresztőgyaluval fokozatosan vágd le a púpokat, amíg a felület sík nem lesz.

Lépések görbe fa egyengetésére:

1. Fektess egy egyenes acélvonalzót a görbe felületre. Ahol a vonalzó felfekszik, ott púp van, ahol alatta fényt látsz, ott mélyedés.
2. Krétával jelöld a púpok csúcsát.
3. Gyaluld le a púpok csúcsát eresztőgyaluval, érdemes a rostirányt is követni. A görbület húrjával párhuzamosan, ne a púp alakját követve gyalulj.
4. Ha a púp eltűnt, végezz teljes felületi simítást.

Csavarodott (kitekeredett) lap egyengetése. Fektess a lap két végére egy-egy egyenes, párhuzamos élű ellenőrzőlécet, és nézz végig rajtuk: ha nem párhuzamosak, a lap csavarodott (a négy sarka nem egy síkban van). Jelöld a két átellenes magas sarkot, és ezeket gyaluld átlós irányban, amíg a két léc párhuzamos nem lesz; utána egyengesd a teljes felületet. Ha emellett a rostok is csavarodnak (csavart növés, ez fahiba, nem vetemedés), kis fogással, élesre állított vassal, közel állított forgácstörővel gyalulj.

Szabály. Ha a gyalu folyamatosan szakít, a felület pedig hullámos, először ellenőrizd a rostirányt, majd a vas élességét, a forgácstörő távolságát, végül a vágásmélységet. Legtöbbször az élesség és a forgácstörő helyzete a hiba.



15.14. ábra. Görbe és csavarodott alkatrész ellenőrzése és kiegyengetése

Az ábra (A) részén a csavarodott deszka két végére egy-egy egyenes ellenőrzőlécet fektettünk; végignézve a lécek felső éle nem párhuzamos (a rajzon túlozva). A (B) részen a két átellenes magas sarok jelölése látható, a (C) részen az eresztőgyalu átlósan halad a magas sarkok között, amíg a lécek párhuzamosak nem lesznek. A (D) részen a görbe deszkára élre állított vonalzó: ahol felfekszik, ott púp, ahol alatta fény látszik, ott mélyedés. A HTML-változatban a csavarodás mértéke állítható; a hosszabb ellenőrzőléc felnagyítja az eltérést.

15.3.11. Minőségellenőrzés

A gyalulás minőségét mindig a felület síkossága, az élek derékszöge és a méretek pontossága adja.

Mit ellenőrzünk?

1. **Síklapúság.** Minden lapot és élt fényrés-szemlélettel, egyenes vonalzóval vagy hosszú derékszöggel ellenőrzünk. Tájékoztató tűrés: 0,1–0,2 mm a teljes hosszon, a munkadarab méretétől függően (ellenőrizendő: aktuális szabvány, műhelyi előírás).
2. **Derékszög.** A lap és az él illesztésénél a derékszög szárával nincs fényrés. A 90°-os illesztés minden ponton zár.
3. **Méret.** A vastagságot és szélességet a bázislapról és bázisélről mérjük, lehetőleg tolómérővel. A hosszú munkadarabnál a méretet több ponton is mérjük.
4. **A gyalunyom minősége.** A felületen egyenletes, folyamatos, párhuzamos gyalunyomok látszanak, nem pedig mélyedések, tépések.
5. **A felület tapintása.** A felület bársonyosan finom, nem „szőrös” vagy karcos.

Eltérésnél mi a teendő? Ha a felület nem sík, a púpokat újra megjelöljük és gyaluljuk. Ha az él nem derékszögű, akkor a bázislapot újra ellenőrizzük, mert a hiba oka legtöbbször a bázislap nem pontosan sík volta.

15.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba: a munkadarab vége elvékonyodik, lekerekedik.**
   Ok: a gyalu a vágás végén megbillen, a talp hátsó része leemelkedik.
   Helyes gyakorlat: a gyalutalpat a munkadarab végéig a fán tartod, a tolás végén a nyomást a hátsó fogantyúra helyezed át.
2. **Hiba: a felület hullámos, hosszirányban.**
   Ok: tompa vas, túl nagy vágásmélység, vagy a gyalu vas ferdén áll.
   Helyes gyakorlat: élezd a vasat, csökkentsd a vágásmélységet, állítsd be a vasat a talppal párhuzamosan.
3. **Hiba: a gyalu tép, szakadozik a forgács.**
   Ok: a forgácstörő túl messze van a vas élétől, vagy a gyalu ellenszálas, görcsös fán dolgozik.
   Helyes gyakorlat: állítsd a forgácstörőt kb. 0,2–0,5 mm-re a vas élétől (kemény, ellenszálas fánál közelebb); ha szükséges, fordítsd meg a munkadarabot, és a rostirányból dolgozz.
4. **Hiba: a munkadarab oldalán a gyalu „lelép”, az él lekopik.**
   Ok: a gyalu talpa nincs párhuzamos a fa felületével, vagy a tanuló a gyalu oldalára támaszkodik.
   Helyes gyakorlat: a gyalutalpat mindig a fa teljes felületére fektesd, a tolás iránya párhuzamos a fa élével.

15.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló a műhelyben egy konyhai szekrényajtó keretét készítette. A keretléceket gépi gyalugépen gyalulta, de az egyik léc enyhén csavarodott maradt. A ragasztás után az ajtó vetemedett, az egyik sarka nem zárt rendesen. A tanuló visszavitte a munkát a gyalupadhoz, és kézi eresztőgyaluval, a fent leírt módszerrel kiegyengette a hibás léc bázislapját és bázisélét. A keret újraragasztása után az ajtó síkban maradt. A tanulság: a gépi munka nem helyettesíti a kézi ellenőrzést és a pontos bázisfelületek kialakítását. A kézi gyalulás a gépi hibák javításának is kulcsa.

15.3.14. Önellenőrzés

1. Melyik gyalufajta való hosszú, görbe felületek kiegyengetésére?
2. Mi a forgácstörő feladata a gyaluvason?
3. Mennyi legyen a forgácstörő távolsága a vas élétől finom munkánál?
4. Miért kell a bázisélt mindig a bázislaphoz viszonyítva gyalulni?
5. Mit jelent a „gyalunyom” a gyalulásnál?
6. Miért tilos tompa vassal dolgozni?

15.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a gyalufajtákat és röviden jellemezd őket!

2. feladat (A) Válaszd ki, melyik gyalutalpra igaz: a simítógyalu hosszabb, mint az eresztőgyalu? Indokold a válaszod!

3. feladat (B) Egy fenyőlécet 20 mm vastagságból kell lefaragni 15 mm-re. A bázislapod már kész. Számítsd ki, hány mm vastagságot kell eltávolítani a léc másik oldaláról, ha a vastagsági tűrés ±0,2 mm!

4. feladat (B) Leírjuk egy 600 mm hosszú, nyers fenyőléc egyik lapjának gyalulását. Sorold fel a műveleti lépéseket helyes sorrendben az eresztőgyaluval való kiegyengetésig!

5. feladat (C) A munkadarabod felülete a gyalu után hullámos, és a vas ferdén áll a talphoz képest. Mit teszel, és miért?

6. feladat (D) Készíts egy 500 mm hosszú, 60 mm széles, 12 mm vastag, egyenes lapú és élű lécet. Használj derékszöget, vonalzót, gyalukat! Rögzítsd a lépéseket és az ellenőrzési adatokat a műhelynaplódban!

15.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Az eresztőgyalu. Hosszú talpa áthidalja a hullámokat, ezért a görbe felületet fokozatosan síkba hozza.

2. A forgácstörő a leváló forgácsot a vas élétől kis távolságban megtöri, megakadályozva a farostok hosszú beszakadását.

3. Finom munkánál kb. 0,2–0,5 mm (kemény vagy ellenszálas fánál közelebb; nagyolásnál 1–2 mm), de a gyártói adatlap a mérvadó (ellenőrizendő).

4. Mert a bázisél a bázislapra merőlegesen készül, így a bázislapot tekintjük viszonyítási alapnak; ha a bázislap hibás, az él is hibás lesz.

5. A gyalunyom a munkadarab felületén, a vas élének nyomán keletkező finom, párhuzamos sávok összessége; az egyenletes, szakadásmentes nyom éles vasat és állandó fogásmélységet jelez.

6. A tompa vas nem vág, hanem szakítja a fát, hullámos, érdes felületet hagy, és nagyobb erőt igényel, ami balesetveszélyhez is vezethet.

1. feladat (A)
Simítógyalu: rövid, sokoldalú, nagyolásra és kisebb felületekre. Eresztőgyalu: hosszú talpú, egyengetésre. Finomító: finom felületre. Sarokgyalu: belső sarkok tisztítására. Horonygyalu: hornyok vágására. Profilgyalu: díszítő profilok készítésére.

2. feladat (A)
Nem, a simítógyalu rövid (kb. 180–250 mm), az eresztőgyalu hosszú (kb. 500–700 mm). A hosszú talp az egyengetést szolgálja.

3. feladat (B)
Adott: kiinduló vastagság 20 mm, célvastagság 15 mm. A bázislap kész, tehát a másik oldalt

gyaluljuk. Eltávolítandó anyag: $20 - 15 = 5$ mm. A tűrés $\pm 0{,}2$ mm, tehát a célvastagság 14,8–15,2 mm közé eshet. Az 5 mm-t a bázislappal szemközti oldalról kell lefaragni.

4. feladat (B)
Helyes sorrend:
1. Szemrevételezés, fényrés-vizsgálat a púpok azonosítására.
2. Púpok jelölése.
3. A munkadarab rögzítése gyalupadban.
4. Eresztőgyaluval a púpok lefaragása nagyoló, kis vágásmélységgel.
5. Teljes felület gyalulása, amíg egyenletes, vékony forgács nem jön.
6. Ellenőrzés fényréssel és derékszöggel.

5. feladat (C)
Először meglazítjuk a vas rögzítőcsavarját, és a vasat a talppal párhuzamosra állítjuk. Ellenőrizzük a vas élét: ha ferde, élezéssel helyreállítjuk. Ezután beállítjuk a vágásmélységet kicsire (0,1 mm). A hullámos felület oka a ferde vas és/vagy a túl nagy fogásmélység, illetve a tompa él. A javítás után a felület simára gyalulható.

6. feladat (D)
Ez egy gyakorlati feladat, a műhelynapló kitöltésére. Fontos a sorrend betartása: bázislap, bázisél, vastagság, szélesség. Rögzítsd a használt gyalufajtákat, a beállításokat, a mért adatokat (pl. vastagság 12,05 mm, szélesség 60,02 mm), és a derékszög ellenőrzésének eredményét.

15.3.17. Rövid összefoglaló

A kézi gyalulás a fa megmunkálásának alapművelete. A gyalufajták közül a rövid talpú simítógyalu általános célra, a hosszú eresztőgyalu egyengetésre szolgál, a finomító, sarok-, horony- és profilgyalu speciális feladatokra. A **gyaluvas** vágja a fát, a **forgácstörő** a vágás után közvetlenül megtöri a forgácsot, megakadályozva a tépést. A gyalu beállításánál a **vágásmélység** (nagyoláshoz kb. 0,3 mm, simításhoz 0,1 mm) és a **szájnyílás** hézaga határozza meg a felület minőségét. Az élezés köszörülésből és fenésből áll; az ékszög puhafához kb. 25°, keményfához kb. 30°. A méretre gyalulás kötelező sorrendje: **bázislap → bázisél → vastagság → szélesség**. Ez a sorrend az összes további megmunkálás alapja; a gépi gyalulásnál ugyanezt az elvet követjük. A felület ellenőrzése fényréssel, derékszöggel és a kézjegy szemrevételezésével történik. A tompa vas, a ferde vasállás, a helytelen forgácstörő-távolság és a gyalu megbillentése a leggyakoribb hibák forrása.

15.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

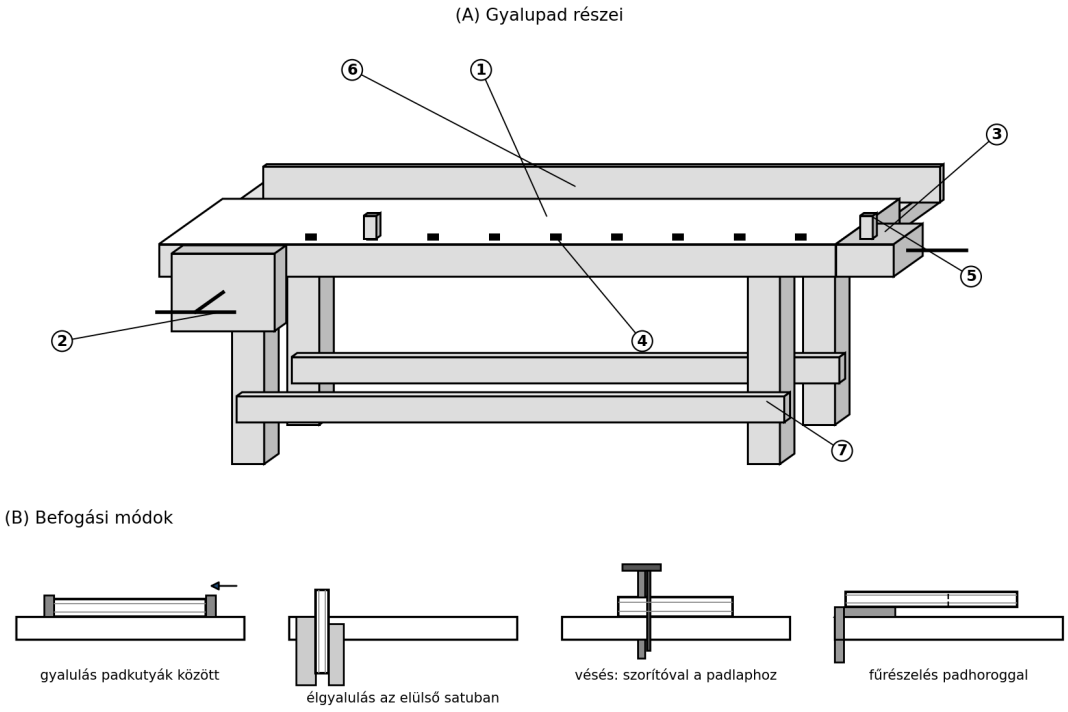
- Hazai faipari szakkönyvek a kézi gyalukról, élezésről és a fa megmunkálásáról (tájékoztató adatok).
- Gyártói adatlapok a fémtestű gyaluk vas dőlésszögéről, a ferdén csiszolt vasak pontos szögéről és a forgácstörő beállításáról. **Ellenőrizendő:** gyártói típusjelölés, ajánlott szögek.
- MSZ EN ISO 19085 sorozat faipari gépek biztonságára, de ez az alfejezet kézi szerszámos. **Ellenőrizendő:** a vonatkozó kézi szerszám-biztonsági szabványok.
- Tájékoztató tűrések (síkpontosság, vastagság) műhelyi előírás szerint, nem általános előírásként. **Ellenőrizendő:** aktuális műhelyi minőségbiztosítási irányelvek.
- A fafajtákra jellemző gyalulási tulajdonságok, az ajánlott ékszög puhafához és keményfához csak tájékoztató; mindig a fa anyaga és a gyártói adatlap dönt.

15.4. Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés

Egy tanuló csaplyukat akar vésni egy tömörfa keretbe. A rajz szerint a fészek 12 mm széles és 35 mm mély. Nekiáll egy életlen vésővel, rossz irányból vág, a fa szétreped, a véső megcsúszik, és a keze felé tart. Ilyenkor kell megállni, és megtanulni: melyik vésőt válasszam, hogyan élezzem, hogyan vezessem, milyen kézi fúróval készítsem elő a mélységet, és mit fogjak a másik kezemmel. Ezt az alfejezetet azért olvasod, hogy ne a balesetből tanuld meg, hanem a műhely biztonságos és pontos gyakorlatából.

15.4.1. Szemléletes kép és a leggyakoribb szerszámok

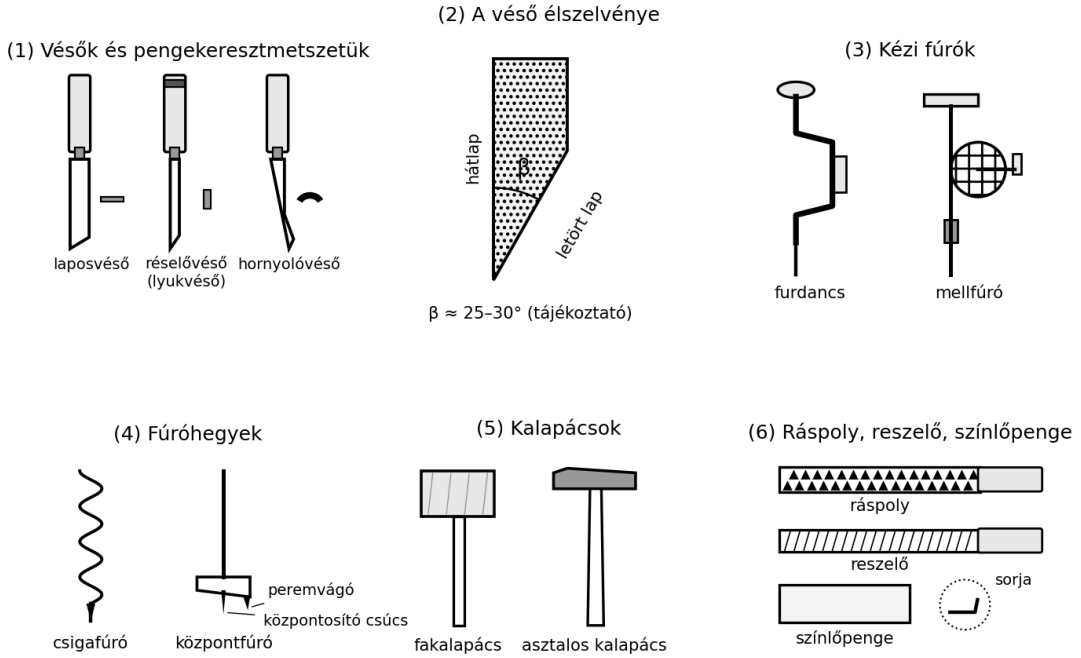
Képzelj el egy **gyalupadot** (régen: gyalus pad), rajta satuval. A satu pofái közé szorítod a munkadarabot úgy, hogy a vésendő hely szilárdan álljon. A bal kezed a véső nyelén vagy a szárán van, a jobb kezed a **fakalapácson** vagy az **asztalos kalapácson**. A véső éle a fa rostja elé néz, nem a kezed felé. A munkadarab alatt mindig legyen alátét, hogy a véső ne a padba menjen. Ez a kép a kiindulópont.



15.15. ábra. A gyalupad részei és négy befogási mód

Az ábra (A) része a gyalupad részeit számozza: 1 padlap, 2 elülső satu (oldalsatu), 3 hátsó satu (farsatu), 4 padkutya-furatok sora, 5 padkutyák (padpecek), 6 szerszámtálca, 7 lábazat és merevítés. A (B) rész négy befogási módot mutat: a lapon fekvő darab gyalulása két padkutya között, élgyalulás az elülső satuban, vésés szorítóval a padlaphoz rögzítve és fűrészelés padhoroggal (fűrészelő támasszal). A HTML-változatban a részekre és a befogási módokra mutatva megjelenik a nevük és a szerepük.

A fúráshoz **kézi fúrót** (furdancsot, fogaskerekes fúrógépet) használsz, ha nincs gépi fúró, vagy ha pontos, lassú megmunkálást kér a szerkezet. A lyukfészek előfúrása gyorsabbá és biztonságosabbá teszi a vésést, mert a vésőnek kevesebb anyagot kell eltávolítania.



15.16. ábra. Asztalos kéziszerszámok áttekintése: vésők, a véső élszelvénye, kézi fúrók, fúróhegyek, kalapácsok, ráspoly, reszelő és színlőpenge

Az ábra hat részben mutatja a fejezet szerszámait: (1) a laposvésőt, a réselővésőt (lyukvésőt) vaskarikás nyéllel és a hornyolóvésőt, mellettük a penge keresztmetszetével; (2) a véső élszelvényét, ahol a hátlap és a letört lap szöge az ékszög β (kb. 25–30°, tájékoztató); (3) a furdancsot és a fogaskerekes fúrógépet (mellfúrót); (4) a csigafúró és a központfúró hegyét; (5) a fakalapácsot és az asztalos kalapácsot; (6) a ráspolyt, a reszelőt és a színlőpengét a sorja nagyításával. A HTML-változatban a szerszámra mutatva megjelenik a neve, a rendeltetése és egy biztonsági megjegyzés, a „Kvíz” gombbal pedig önellenőrző feladatot kapsz.

15.4.2. Definíciók és szabályok

Definíció. A **laposvéső** (egyszerűen: véső) egy acélpengéjű, egyélű kéziszerszám, amelyet fészkek, csaplyukak, hornyok tisztítására és kisebb anyagleválasztásra használnak. Pengéje lapos, hátoldala sima, előlapja ferde. Szélessége 6–32 mm között változik (tájékoztató).

Definíció. A **réselővéső** (műhelyi néven: **lyukvéső**) vastagabb, erősebb pengéjű, keskeny és magas keresztmetszetű véső. Mély fészkek (például vésett csaplyuk) kivésésére való. Általában nyéllel, **vaskarikával** erősített nyakkal készül, hogy a fakalapács ütését elviselje.

Definíció. A **hornyolóvéső** (néhol horonyvéső) keskeny, gyakran hajlított pengéjű szerszám, amelyet hornyok, aljazások, vasalatfészkek pontos mélyítésére használsz.

Szabály. A véső éle mindig a testedtől és a tartó kezedtől elfelé haladjon, vagy a munkadarab rögzített felülete felé. A fészek végein a rostokat keresztben vágjuk át, a fészek belsejében a forgácsot rostirányban emeljük ki. A véső éle soha ne nézzen a tartó kezed felé; a szabad kezedet tartsd a vágási vonalon kívül, vagy a munkadarabot rögzítő szorítón.

Gépbiztonság és kéziszerszám-biztonság. A kézi véső, fúró, kalapács is szerszám, nem játék. A véső éles, a kalapács nehéz, a fúróhegy forog. Használat előtt mindig nézd meg: a nyél nem repedt, a fej nem lazult, az él nem csorbult. A vésőt soha ne használd feszítővasnak, csavarhúzónak vagy konzervnyitónak. A fúrót ne tedd a zsebedbe. A kalapácsot csak arra használd, amire való: **fakalapács** a véső nyelének ütésére, **asztalos kalapács** a szögek beverésére, kisebb igazításokra, **nem** feszítésre.

Definíció. A **furdancs** egy egyszerű kézi fúró, amelynek tokmánya közvetlenül egy forgatókarral vagy ívvel kapcsolódik. Lassú, de egyszerű és megbízható. A **fogaskerekes fúrógép** (műhelyi: **mellfúró**) melltámaszos, fogaskerekes hajtású szerszám, amelynek forgattyújával nagyobb nyomatékot adhatsz át. A **csigafúró** és **központfúró** fúróhegyek: a csigafúró csavarvonalban hozza fel a forgácsot, a központfúró központosító csúcsa és peremvágói tiszta, sima falú furatot készítenek a lapfelületbe.

Definíció. A **ráspoly** durva fogazású, hosszú, hegyes szerszám, amely fa gyors, durva eltávolítására való (például íves alkatrész előnagyolása). A **reszelő** finomabb fogazású fém- és faipari szerszám, amely pontos, sima felületet ad. A **színlőpenge** (más néven: **cikliző penge**) vékony, lapos acéllemez, amelynek élével a falemez felületén vékony forgácsot húzol le; ezzel a csiszolásnál simább, tömör felületet kapsz.

Szabály. A színlőpenge élének **sorjája** végzi a vágást: a penge élét derékszögben húzod le, majd egy kemény acéllal (például fényesítő acél) hajlítod át a sorját. A penge enyhén ferde, húzó mozgással dolgozik. Ez a **ciklizés**. (Ellenőrizendő: a penge élezésének pontos szögét a gyártó adja meg, általában 90°-os élezés, a sorja enyhén elhúzva.)

15.4.3. Padszerszámok, gyalupad és szorítók

Gyalupad. A **gyalupad** az asztalos fő munkafelülete: nehéz, merev, sík lap, amelyen a munkadarabot rögzítjük. Részei: az **első satu** (a pad bal első sarkán, a lapot a pad élén fogja), a **hátsó satu** vagy **padvas-sor** (a lapon és a satun lévő négyszögletes lyukakba illő **padkutyák** között a hosszú munkadarabot hosszirányban szorítjuk), a **padlap** és a **fiók vagy tálca** a kisebb szerszámoknak. A munkadarabot a pad szilárd részén, a lábak fölött rögzítsd, hogy az ütés vagy nyomás ne mozgassa a padot.

Szorítók. A **csavaros szorító** (kétkezes, állítható) a lapok összeszorítására és a munkadarab padhoz fogására való; a **pillanatszorító** gyors, egykezes rögzítést ad kisebb munkadaraboknál; a **keretszorító** és a **hevederszorító** a keretek, ajtók ragasztás közbeni összeszorítására szolgál. A szorító pofái közé mindig tegyél alátétet (hulladékfát), hogy a fa felülete ne sérüljön.

Ütköző- és vezetősegédek. A **vágódoboz** és a **gérláda** a fűrészt vezeti rögzített szögben (90° vagy 45°), az **ütközőlap** a padhoz erősített léc, amelyhez a munkadarabot toljuk, hogy ne csússzon el gyalulás vagy fűrészelés közben.

15.4.4. Szerszámok tárolása

Munka közben a szerszámot úgy tedd le, hogy éle a pad belső széle felé nézzen, a satu mögé, soha ne a pad szélére, ahonnan leeshet vagy a kézhez érhet. Munka után az éles szerszámokat tedd vissza a **szerszámtáblára** vagy fiókba, az élekre húzz **élvédőt**, és a vasalt szerszámokat rozsdavédő olajos ruhával töröld át. A rendezett tárolás a balesetmegelőzés része: a rendetlen fiókban az éles szerszámra tett kéz megsérülhet.

15.4.5. Technológia: vésés, fúrás, élezés

Vésés lépései (recept):

1. **Rögzítsd a munkadarabot** a satu vagy két szorító közé; a munkadarab szilárdan feküdjön a pad szilárd részén (a láb fölött), alatta alátéttel. A vésendő felület legyen vízszintes.
2. **Jelöld ki a fészket** ceruzával és derékszöggel. Válassz a fészek szélességével egyező szélességű lyukvésőt (a csap vastagságát is ehhez igazítjuk). Ha nincs ilyen, keskenyebb vésővel dolgozz, és a falakat a vonalig óvatosan, laposvésővel igazítsd; a fészeknél szélesebb véső nem fér be, és szétfeszíti a falat.
3. **Előfúrás:** ha a fészek mély (például csaplyuk), fúrd ki a felesleges anyagot egy csigafúróval, a fészek mélységénél 1–2 mm-rel sekélyebbre. Így a véső csak a sarkokat tisztítja.
4. **Véső beállítása:** a véső lapos hátoldala legyen a fészek falához simítva. A vésőt a bal kezeddel a nyelénél fogd, merőlegesen (a fészek végén függőlegesen, a letört lap a fészek belseje felé); a jobb kezedben a fakalapács. A pengét kézzel ne fogd.
5. **Ütés:** fakalapáccsal, közepes erővel üss a véső nyelére. Ne egyszerre mélyen, hanem levélenként haladj. Az első ütés csak a vonalat mélyítse.
6. **Tisztítás:** a véső élével kifeszíted a meglazult forgácsot, mindig a vágási vonalon belül maradva. Fordítsd a vésőt, ha az alját kell simítani.
7. **Aljzat és sarkok:** a fészek alját vízszintesre, sarkait derékszögűre vésd. Ellenőrizd a mélységet mélységmérővel vagy tolómérővel.
8. **Tisztítsd meg a felületet:** a felesleges rostokat színlőpenge vagy reszelő húzásával távolítsd el, de ne a véső élét használd kaparásra.

Miért így? A lépésenkénti, kis erővel végzett vágás megakadályozza a fa hasadását. Az előfúrás csökkenti a vésőre háruló nyomást, így pontosabb lesz az aljzat. A véső élének a rostirányba állítása megelőzi, hogy a penge beszoruljon vagy kifusson.

Kézi fúrás lépései:

1. Jelöld meg a fúrás helyét árral vagy központozó heggyel.
2. Válaszd a megfelelő fúróhegyet: csigafúrót mély, de gyors furathoz, központfúrót pontos, tiszta furathoz.
3. Rögzítsd a munkadarabot, vagy szorítsd a padhoz.
4. A fúrót tartsd merőlegesen a felületre. A furdancsot lassan, egyenletesen forgasd, közben a másik kezeddel tartsd vezetőpálcán vagy egyenes vezetőn.
5. A fúrót ne nyomd túl erősen, a hegy húzza magát; ha a forgács nem jön, vedd ki és távolítsd el.
6. A furat végén lassíts, hogy a kilépő oldalon ne szakadjon be a fa.

Élezés fenőkőn:

Az élezés célja az **élszög** pontos beállítása, a **sorja** eltávolítása és a **sima él** kialakítása.

1. **Válassz fenőkövet:** durva szemcséjű (pl. 220–400) a csorbult élhez, közepes (pl. 1000) az alapélezéshez, finom (pl. 3000–8000) a polírozáshoz (szemcseméret tájékoztató, a kő gyártmányától függ).
2. **Áztasd be a követ**, ha vizes kő; olajos kőnél használj fenőolajat.
3. **Állítsd be az élszöget:** a véső letört lapját fektesd a kőre úgy, hogy teljes szélességében felfeküdjön (a hátlap 25–30°-ra emelkedik). Az asztalos vésők és gyalukések jellemző élszöge 25–30° (tájékoztató, az acél anyagától és a megmunkálandó fafajtól függ).
4. **Húzd a pengét** hosszirányban, hátrafelé vagy előre, állandó szögben. A pengét ne billentsd; időnként ellenőrizd, hogy a csiszolat egyenletes-e a teljes szélességben.

5. **Ellenőrizd a sorját:** a hátoldalon ujjal érezhető kis éles felgyűrődés képződik. Ezt a hátoldal síkra húzásával tüntesd el.
6. **Lehúzás:** finom fenőkövön, vagy bőrszíjra felvitt polírozó pasztán húzd le az élt. A penge akkor jó, ha papírt vág, és az élén nincs fényes, kerek sorja.
7. **Tárold az élt védőben:** azonnal, amint kész, húzz rá **élvédőt** (műanyag vagy nemez hüvely), és tedd a szerszámládába.

Összefüggés. A letört lap és a hátlap szöge a véső **ékszöge** β (a kövön ezt állítjuk be, jellemzően 25–30°, tájékoztató; ellenőrizendő: gyártói adat). Vésés közben a hátszöget (α) és a homlokszöget (γ) a véső tartási szöge adja, a 14.1 szerinti $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ összefüggéssel.

15.4.6. Szabvány.

A kéziszerszámok élezésére, a fenőkövek szemcseméretére és a kézi vésők élgeometriájára nincs egyetlen, kizárólagos európai szabvány, amely minden részletet előír. A munkavédelmi követelményeket a munkavédelmi törvény és a munkaeszközök biztonságos használatáról szóló rendeletek keretbe foglalják (1993. évi XCIII. törvény és kapcsolódó rendeletei – ellenőrizendő: hatályos). A kézi élezett szerszámoknál a gyártói használati utasítás és a szerszám anyag- és hőkezelési adatai a mérvadóak. A gépi élezésre (például köszörűkorong, szalagcsiszoló élezőgép) a faipari gépekre vonatkozó biztonsági szabványok (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő) és a géprendelet (2006/42/EK, illetve a hatályos géprendelet – ellenőrizendő) vonatkoznak.

15.4.7. Technológiai lap – Véső élezése fenőkőn

Cél: Éles, sorjamentes, megfelelő élszögű véső előállítása a véséshez.

Anyagok: használt véső, fenőkövek (durva, közepes, finom szemcséjű), víz vagy fenőolaj, polírozó bőrszíj, polírozó paszta, rongy, élvédő.

Szerszámok: véső, **Gépbiztonság** – a köszörűgépet csak akkor használd, ha a tanműhelyben oktató felügyeli; a kézi élezéshez nem kell gép. A kézi élezésnél a penge csúszhat, ezért a kő alá csúszásgátló gumilapot tegyél. Ne tartsd az ujjaidat a kő és a penge közé, a penge végét húzd, ne told.

Indítás előtti ellenőrzés: a fenőkő sík (nem homorú), a penge csorbulásmentes, a nyél szilárd, a munkaterület tiszta.

Lépések:

1. Rögzítsd a fenőkövet csúszásgátló alátéten. (Ellenőrzés: a kő nem mozdul el húzás közben.)
2. A penge ferde lapját tedd a durva kőre, és állítsd be a szöget: a hátlap a kőtől kb. 25–30°-ot emelkedjen. (Ellenőrzés: a ferde csiszolat teljes szélességben érintkezik a kővel.)
3. Húzd a pengét magad felé vagy oldalirányba, állandó szögben, közepes nyomással, 10–12 húzást végezve. (Ellenőrzés: a ferde felületen friss fémfelület látszik.)
4. Fordítsd a vésőt a hátlapjára, és néhány húzással távolítsd el a sorját. (Ellenőrzés: a hátoldalon a sorja már nem tapintható.)
5. Ismételd a ferde oldal élezését a közepes kövön, majd a hátlap simítását. (Ellenőrzés: a sorja egyenletes a teljes élen.)
6. Finom fenőkövön végezz 10–15 húzást mindkét oldalon, csökkenő nyomással. (Ellenőrzés: az él fényes, a sorja már alig tapintható.)
7. Húzd le az élt bőrszíjon, polírozó pasztával. (Ellenőrzés: a penge papírt vág, a vágási felület szálkamentes.)

8. Tisztítsd meg a pengét, és húzd rá az élvédőt. (Ellenőrzés: a védő stabilan ül, a penge nem lóg ki.)

Dokumentálás: munkanaplóban rögzítsd a véső szélességét, az élszöget, a használt kő szemcséjét, és hogy a penge hányszor lett élezve.

15.4.8. Minőségellenőrzés

Véső élezése után: a letört lap és a hátlap tükörfényes, az él fény felé tartva nem csillan, nincs rajta kerek sorja vagy csorbulás; a ferde csiszolat szélessége egyenletes. Próbaként 1 mm-nél vékonyabb papírt vágjon el roncsolás nélkül. A hátlap sík legyen: vonalzóval ellenőrizve nincs fényrés.

Fészek vésése után: a fészek szélessége a tervtől ±0,5 mm-en belül legyen; a sarok derékszögű; az aljzat sima, nem lépcsős; a csap (a keretkötésben) szorosan illeszkedik, de még kézzel összepréselhető. Ha a fészek túl szűk, vékony ráspollyal vagy vésővel, kevés anyagot levéve igazítsd; ha túl bő, azt a megfelelő keretkötési módszerrel (ék, ragasztó, idegencsap) lehet javítani, de ez már a későbbi alfejezet témája.

15.4.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a véső éle kicsorbul, vagy gyorsan eltompul. **Ok:** túl nagy vésési erő, csomóba ütközés, vagy nem megfelelő acél (ellenőrizendő: a szerszám minősége). **Helyes gyakorlat:** a felesleget előfúrással csökkentsd, csomót kerüld; használj jó minőségű, hőkezelt acélt; ne vésd fémszeget.

Hiba: a fészek alja nem vízszintes, hanem lépcsős. **Ok:** a vésőt nem tartottad azonos szögben, vagy túl mélyen kezdtél. **Helyes:** előfúrás után a mélységet mélységmérővel jelöld, és a véső élével csak a meglazult anyagot emeld ki, ne véss mélyebbre.

Hiba: a véső megcsúszik, és a kéz felé fut. **Ok:** a munkadarab nincs rögzítve, a véső éle a tartó kéz irányába néz, vagy a penge tompa. **Helyes:** mindig satuba szorítsd a darabot, a vésőt a szabad oldal felé irányítsd, a tartó kezed a penge mögött legyen, és a szerszám éles legyen.

Hiba: a kézi fúrás ferde furatot ad. **Ok:** a fúró hegye nem volt pontosan a jelölésben, vagy a fúró tengelye elbillent. **Helyes:** árral készíts előpontot, a fúrót merőlegesen tartsd, és a másik kezeddel vezetőt használj; rendszeresen állj meg, és ellenőrizd.

15.4.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló első önálló munkája egy hokedli volt. A keret vésett csapozásához 10 mm-es laposvésőt kapott. A vésőt nem élezte meg, mert „úgyis éles”. A csaplyukat jelölte, de nem fúrta elő. A harmadik ütésnél a véső megcsúszott, a fa széthasadt a fészek sarkánál, és a véső a bal kezét karcolta. A sérülés kicsi volt, de a műhelyben a szerszámot elveszik tőle, és a gyakorlatot újra kellett csinálnia. A tanulság: az élezés és az előfúrás nem időpocsékolás; a vésőt mindig a munkadarabtól elfelé irányítsd, és a munkadarabot rögzítsd.

15.4.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A véső nyelére bármilyen kalapáccsal üthetsz, mert a nyél erős.
2. Sorold fel a három vésőtípust, és egy-egy felhasználásukat.
3. Mi a sorja az élezés során, és mit kell vele tenni?
4. Miért célszerű a fészket előfúrni, mielőtt vésnél?
5. Mi a hibás gyakorlat: a kézi fúrónál a fúrót erősen nyomod, és közben nem tartod merőlegesen. Mi lesz az eredmény?
6. A színlőpengével mit lehet elérni, és miben különbözik a reszelőtől?

15.4.12. Feladatok

1. feladat (A) Írd le röviden: mi a különbség a laposvéső és a réselővéső között alak és felhasználás szerint?

2. feladat (A) Sorold fel a kézi fúrás lépéseit, a munkadarab rögzítésétől a furat befejezéséig.

3. feladat (B) Egy tanuló egy csaplyukat vés, amelynek mérete 14 mm széles és 30 mm mély. Rendelkezésére áll egy 12 mm-es és egy 16 mm-es laposvéső, valamint egy 10 mm-es, 12 mm-es, 14 mm-es csigafúró. Melyik vésőt és melyik fúrót válassza, és miért? (A fúró a fészek előfúrásához, a véső a tisztításhoz kell.)

4. feladat (B) Az élezés során a véső ferde lapját a fenőkőn 25°-os élszögre csiszolod. A hátlap síkja a kő síkjával párhuzamos (0°). Milyen szöget zár be a véső ferde lapja a hátlappal? Rajzold le a szögeket (szövegesen) és indokold.

5. feladat (C) Egy véső éle kicsorbult, és a ferde csiszolaton egy 0,5 mm mély, 2 mm széles bevágás látható. Milyen élezési sorozatot választasz, milyen szemcséjű követ használsz, és mikor állsz le? Miért nem javasolt csak a finom kővel próbálkozni?

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy 20 mm széles, 25 mm mély csaplyuk kivésésére tömör bükkfába, a fent tanult lépések alapján. Tartalmazza: a munkadarab rögzítését, a fészek jelölését, az előfúrást, a vésés lépéseit, az ellenőrzést, a szerszámok listáját és a biztonsági utasításokat.

15.4.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Véső nyelének ütésére fából készült fakalapácsot használj; az acélkalapács szétverheti a nyelet.
2. **Laposvéső:** fészkek, hornyok tisztítása, sekély anyagleválasztás. **Réselővéső (lyukvéső):** mély csaplyukak kivésése. **Hornyolóvéső:** hornyok, aljazások, vasalatfészkek pontos mélyítése.
3. **Sorja:** az élezés közben a penge élén túlnyúló, hajszálvékony fém felgyűrődés. Az élezés végén a hátlap síkra húzásával, finom kövön és bőrszíjon le kell húzni, hogy az él tiszta és éles legyen.
4. **Az előfúrás** eltávolítja a felesleges anyagot, így a véső nem a tömör fát szakítja, hanem csak a sarkokat tisztítja. Ez pontosabb, gyorsabb és csökkenti a hasadás és a baleset kockázatát.

5. **Hibás gyakorlat:** ha a fúrót túl erősen nyomod, a hegy letapadhat, a fában a hő megnő, és a furat ellipszis lesz vagy a kilépésnél a fa szálkára szakad. Ha nem tartod merőlegesen, a furat ferde lesz. Helyes: kis nyomás, egyenletes forgatás, merőleges tartás, kilépéskor lassítás.
6. **Színlőpenge** vékony, lapos acéllemez, amelynek sorjája vékony forgácsot húz le; sima, tömör, fényes felületet ad. A **reszelő** fogazott, vágófelületű szerszám, amely anyagot hord le, de durvább, kevésbé sima felületet hagy, mint a ciklizés.

1. feladat (A) A **laposvéső** pengéje vékony, lapos, széles; sekély fészkek, hornyok, tisztításra való, ütésre alkalmas, de nem olyan erős. A **réselővéső** vastagabb, magasabb keresztmetszetű, erős vaskarikával; mély fészkek kivésésére, nagyobb ütőerő elviselésére készül.

2. feladat (A) 1. Jelöld a fúrás helyét árral. 2. Válaszd ki a megfelelő fúrót. 3. Rögzítsd a munkadarabot satuba vagy szorítóval. 4. A fúrót merőlegesen tartsd a felületre. 5. Egyenletesen, kis nyomással forgasd; a másik kezed vezetheti a fúrót. 6. Ha szükséges, időnként vedd ki a fúrót és távolítsd el a forgácsot. 7. A kilépő oldalon lassíts, hogy ne szakadjon ki a fa.

3. feladat (B) A 16 mm-es véső nem fér be a 14 mm széles fészekbe, ezért a 12 mm-es vésővel dolgozunk: a 12 mm-es csigafúróval előfúrt fészket a vésővel mindkét oldalon 1–1 mm-rel a vonalig bővítjük. A 12 mm-es fúró azért megfelelő, mert a vésőnek hagy helyet a sarkok tisztításához; a 14 mm-es fúró túl közel kerülne a falakhoz. A mély csaplyuknál a megfelelő szélességű lyukvéső (réselővéső) a jobb választás; ha van ilyen, azt használjuk.

4. feladat (B) A letört lap a kővel 25°-ot zár be, a hátlap a kővel párhuzamos; így a letört lap és a hátlap közötti szög – a véső ékszöge – 25°. Szövegesen: a penge keresztmetszete hegyesszögű háromszög, csúcsa az él, a két szár a hátlap és a letört lap.

5. feladat (C) Ha az él csorbult, akkor durva fenőkövön (pl. 220–400) kell a csorbulást eltávolítani, amíg a bevágás el nem tűnik, és az él folytonos nem lesz. Ezután közepes (pl. 1000) kővel alapélt csiszolunk, majd finom (3000–8000) kővel polírozunk, végül bőrszíjon lehúzunk. Csak finom kővel próbálkozni hiba, mert a finom kő lassan veszi le a 0,5 mm-es bevágást, túl sok idő, és a kő is feleslegesen kopik; a durva kő gyorsan eltávolítja a selejtes részt.

6. feladat (D) A teljes technológiai lap szövegesen, lépésekkel: lásd a fenti „Technológiai lap – Véső élezése” mintát, de itt vésésre. Röviden: rögzítés satuval; fészek jelölése ceruzával, derékszöggel; előfúrás 12 mm-es csigafúróval, 23 mm mélységig (25 mm mélységből 2 mm ráhagyás); vésés: először a vonal mentén sekély vágás; majd az anyag kiemelése levélben; sarkok tisztítása; aljzat simítás; ellenőrzés mélységmérővel; szerszámok: 20 mm-es réselővéső, 12 mm-es fúró, fakalapács, derékszög, ceruza, mélységmérő. Biztonság: a véső éle a szabad tér felé, a tartó kéz a munkadarabon hátul, a munkadarab rögzített, fakalapácsot használj, ne acélkalapácsot.

15.4.14. Rövid összefoglaló

Ebben az alfejezetben megismerted a vésők, a kézi fúrók, a kalapácsok, a reszelő, a ráspoly és a színlőpenge felépítését és rendeltetését. A **laposvéső** sekély fészkekhez, a **réselővéső** mély csaplyukakhoz, a **hornyolóvéső** hornyokhoz való; mindegyikük élezett éllel, rostirányban dolgozik. A vésés biztonságos feltétele a munkadarab rögzítése, az előfúrás, a vágási irány megválasztása és a fakalapács használata. A kézi fúrásnál a merőleges tartás és a fokozatos előtolás ad pontos furatot. A **ciklizés** (színlőpenge) sima felületet ad. Az **élezés** fenőkövön történik, durva → közepes → finom szemcsékkel, a szerszám élszöge jellemzően 25–30° (tájékoztató). A **sorja** levétele és a bőrszíjas polírozás adja a végső élt. Továbbvitt eredmény: a vésés és az élezés pontos technikáját a keretkötések (például vésett csapozás) és a kávakötések készítésekor fogod használni. Tartsd be: a véső soha ne nézzen a kezed felé, a munkadarab mindig rögzített legyen, és az éles szerszámot élvédőben tárold.

15.4.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Munkavédelmi törvény és a munkaeszközök biztonságos használatára vonatkozó magyar rendeletek (1993. évi XCIII. – ellenőrizendő: hatályos szöveg és kapcsolódó rendeletek).
- Faipari gépek biztonsági szabványai, ha gépi élezést használsz (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő).
- A vésők, fúrók és fenőkövek gyártói adatlapjai: élszög, ajánlott szemcseméret, használati utasítás – a megadott 25–30° és 220–8000 szemcseméret tájékoztató, a konkrét szerszám anyagától függően ellenőrizendő.
- A kézi fúrás sebességére és a vésésre vonatkozó egyéb ajánlások a faipari szakkönyvekből – ellenőrizendő a forrásokkal.

16 Kézi kisgépek

16.1. Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész

16.1.1. Motiváció

Helyszíni szereléskor gyakran kell lapanyagot méretre vágni, mosogató- vagy mosdókagyló-kivágást készíteni, vagy egy régi beépített szekrény hátlapját a fal síkjához igazítani. Ilyenkor a helyhez kötött gépek nem elérhetők, ezért **kézi fűrészgépeket** használunk. A kézi körfűrész egyenes, pontos darabolásra, a szúrófűrész íves és belső kivágásra, a rezgőfűrész keskeny, süllyesztett vágásra való. A láncfűrész inkább durva előkészítő munkára, gerendák méretre vágására alkalmas. Ha rosszul választasz gépet vagy fűrészlapot, akkor a vágás felég, a laminátum kiszakad, vagy a gép **visszarúg**. Ebben az alfejezetben megtanulod a kézi fűrészgépek biztonságos beállítását, a fűrészlap kiválasztását és a helyes vágástechnikát.

16.1.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy 18 mm vastag laminált bútorlapot kell 1200 × 600 mm-re szabnod a helyszínen, majd a mosogató íves kivágását is el kell készítened. Két műveletre van szükség:

1. Hosszú egyenes vágás **kézi körfűrésszel**, vezetősínen, 165 mm átmérőjű, finom fogú lappal.
2. Íves kivágás **szúrófűrésszel**, keskeny, lefelé vágó fogazású lappal.

Mindkét esetben a munkadarabot rögzíteni kell, a kábelt a vágásvonaltól távol kell vezetni, és a por elszívásáról porszívóval gondoskodunk. A következőkben e gépek felépítését, biztonságát és technológiáját vesszük végig.

16.1.3. Kézi körfűrész: felépítés és működés

Definíció. A **kézi körfűrész** hordozható, villanymotoros fűrészgép, amelynél a **körfűrészlap** közvetlenül a motor tengelyén vagy áttételen keresztül forog, és a kezelő a gépet a munkadarabon kézzel vezeti. Vágásmélysége és ferdesége állítható.

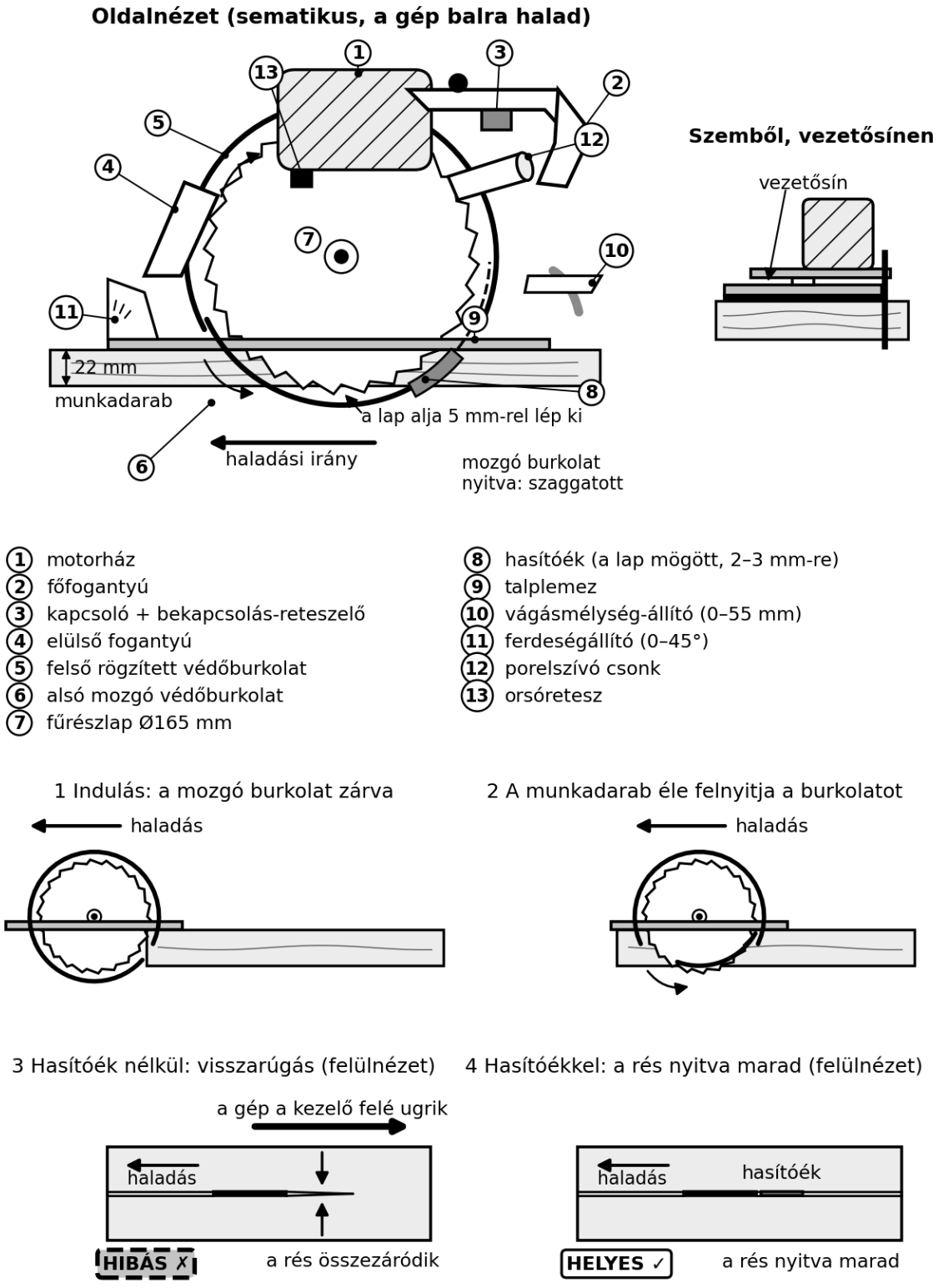
A kézi körfűrész fő részei:

- **Motorház** fogantyúval és kapcsolóval. A kapcsoló gyakran **biztonsági kapcsoló**: elengedésre leáll, vagy reteszelhető, de akkor külön kioldó is van.
- **Alaplemez/talp**: a gép csúszófelülete, amely a munkadarab síkján fekszik. Csavarokkal állítható a **vágásmélység** (0–max) és a **ferdeség** (általában 0°–45°, egyes gépeknél 55°).
- **Mozgó védőburkolat**: a fűrészlap alsó részét takarja. Előretoláskor a munkadarab éle automatikusan felnyitja, visszahúzáskor rugó zárja. Ez védi a kezet és a vágási rést.
- **Rögzített felső védőburkolat**: a lap felső részét fedi.
- **Hasítóék**: a lap mögött, a lappal egy síkban áll; a vágási rés záródása ellen véd.
- **Porelszívó csonk**: porszívó csatlakoztatható hozzá.

- **Orsóretesz**: a lapcseréhez rögzíti a tengelyt.
- **Párhuzamvezető vagy vezetősín**: hosszirányú egyenes vágáshoz.

A kézi körfűrész lapja mögött – a lappal egy síkban – **hasítóék** van: megakadályozza, hogy a vágási rés összezáródjon és a lapot beszorítsa; ez a visszarúgás elleni legfontosabb gépi védelem. Távolsága és helyzete a gépkönyv szerint állítandó (a lapnál vékonyabb, a vágási résnél keskenyebb); **eltávolítani tilos**. A merülőfűrészeknél a visszarúgás elleni védelmet a vezetősín és a gyártó által beépített visszarúgás-gátló adja. A mozgó védőburkolat a lap érintése ellen véd, a visszarúgást nem gátolja (ellenőrizendő: a gép típusa és a vonatkozó EN 62841 szabványrész).

Az alábbi ábra a kézi körfűrész fő részeit mutatja oldalnézetben és a vezetősínen; alul a visszarúgás képsora látható: a mozgó burkolatot a munkadarab éle nyitja, hasítóék nélkül az összezáródó rés befogja a lapot, hasítóékkel a rés nyitva marad.



16.1. ábra. Kézi körfűrész felépítése (sematikus oldalnézet és nézet a vezetősínen) és a visszarúgás képsora hasítóékkel és nélküle

Merülőfűrész (plunge saw) – olyan kézi körfűrész, amelynél a motor és a fűrészlap a talp alá süllyeszthető. A gép a munkadarab fölött indítható, majd a lap fokozatosan leereszthető; így pontos illesztéseket, bevágásokat, kivágásokat készíthetünk. Különösen **vezetősínnel** együtt ad tiszta, kiszakadásmentes vágást.

16.1.4. Szúrófűrész (dekopír) és rezgőfűrész

Definíció. A **szúrófűrész** (dekopírfűrész) keskeny, függőlegesen alternáló mozgást végző fűrészlappal vág, elsősorban íves, kanyargós vagy belső kivágásokat. A **rezgőfűrész** (multigép) hasonló elven működik, de a szerszám kis szögben oszcillál; süllyesztett vágásra, lefűrészelésre, tömítés eltávolítására is alkalmas.

Szúrófűrészlap kiválasztása:

- **Fogosztás**: durva (nagy fog) gyors, durva vágáshoz; finom (kis fog) tiszta vágáshoz, fémhez vagy laminált laphoz.
- **Anyag**: HSS fémhez, HCS fához, keményfém (TC) laminátumhoz, üvegszálhoz.
- **Lapszélesség**: keskeny lap kisebb ívsugárhoz, széles lap egyenesebb vágáshoz.
- **Fogirány**: a legtöbb faipari szúrólap **felfelé** vág, ezért a felső felületen szakadhat. Laminált lapnál a laminált oldalt lefelé tedd, vagy használj **lefelé vágó** fogazású lapot a tiszta felső élhez, de ilyenkor a gép hajlamosabb „ugrálni”, ezért erősebben kell leszorítani.

Ingamozgás (orbitális mozgás): sok szúrófűrészen kapcsolható; a lap a vágás közben előre-hátra is lenget. Ez gyorsítja a vágást, de durvább felületet hagy. Íves, pontos vágásnál **kapcsold ki**; durva darabolásnál kapcsold be.

16.1.5. Láncfűrész (röviden)

Figyelem. A **láncfűrész** nem asztalosipari precíziós gép, hanem durva fadöntésre, tűzifa vágásra, gerenda méretre darabolására való. Kezelése **jogosultsághoz és gyakorlathoz kötött**: erdészeti, mezőgazdasági munkáknál külön vizsga lehet szükséges (ellenőrizendő: hatályos jogszabály). Védőfelszerelés kötelező jellegű: vágásálló nadrág, védőbakancs, sisak arcvédővel, hallásvédelem, kesztyű. A legnagyobb veszély a vezetőlemez orrával (felső negyedével) való érintkezés: a gép a kezelő felé csap fel (orr-visszarúgás). Ezért csak működő láncfékkel, két kézzel, a lemezorr szabadon tartásával szabad dolgozni. Asztalosipari finommegmunkálásra **ne** használd; ilyenkor inkább szalagfűrészt vagy kézi fűrészt válassz.

16.1.6. Visszarúgás (kickback)

Definíció. A **visszarúgás** az a hirtelen, a kezelő felé irányuló mozgás, amikor a forgó fűrészlap beszorul a vágási résbe, vagy a munkadarab megfeszül, és a gép ellenőrizetlenül hátralökődik.

Okai lehetnek:

- tompa vagy rossz lap,
- nem rögzített munkadarab,
- fűrészlap elhajlása a vágásvonalból,
- a vágási rés összezáródik (például a leeső darab ráfeszül a lapra),
- a gép hátrafelé mozgatása,
- túl nagy előtolás.

Megelőzés:

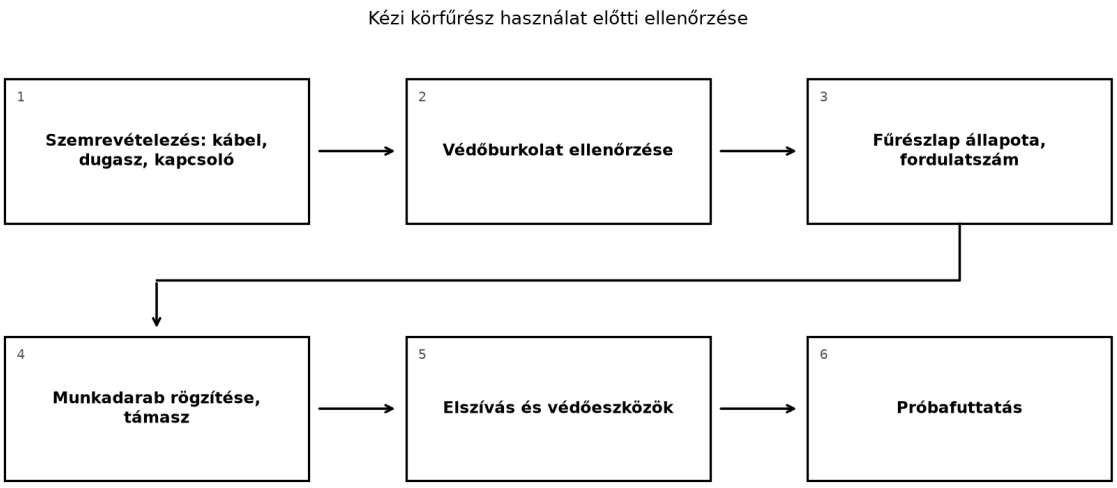
- A munkadarabot mindig stabilan támaszd alá és rögzítsd.
- A vágási vonal mentén használj vezetőt vagy sínrendszert.
- Vágásmélységet helyesen állítsd (2–5 mm-rel a munkadarab vastagsága alá).
- Ne erőltesd a gépet; hagyd, hogy a lap vágjon.

- Vágás közben a gép talpa feküdjön teljesen a munkadarabon.
- Vágás befejezése után **várd meg, míg a lap teljesen megáll**, mielőtt leteszed a gépet.
- A leeső darabot támaszd alá, hogy ne csípje be a lapot.

16.1.7. Használat előtti ellenőrzőlista

Szabály. Minden kézi fűrészgép indítása előtt végezd el a következő ellenőrzést:

1. **Szemrevételezés**: kábel, dugasz, kapcsoló, védőburkolat, talp, porelszívó csonk.
2. **Szerszámellenőrzés**: a fűrészlap éles, nem repedt, nem hiányos fogú, a furat átmérője illeszkedik; a lapon feltüntetett legnagyobb megengedett fordulatszám **nagyobb vagy egyenlő**, mint a gép névleges fordulatszáma.
3. **Védőberendezések**: a mozgó védőburkolat szabadon mozog, rugóval visszaugrik; a hasítóék a helyén van, a lappal egy síkban áll; a felső burkolat sértetlen; a kapcsoló nem akad be.
4. **Munkadarab**: nincs szeg, csavar, idegen anyag; a vágásvonal szabad; a darab nem feszül.
5. **Munkaterület**: gyúlékony anyag nincs; a kábel nem érhet a laphoz; stabil állvány vagy alátámasztás.
6. **Elszívás**: porszívó csatlakoztatva (ha van).
7. **Egyéni védőeszközök**: védőszemüveg, hallásvédelem, porálarc (keményfa-por vagy MDF esetén FFP2/FFP3), szoros ruházat, haj összekötve.



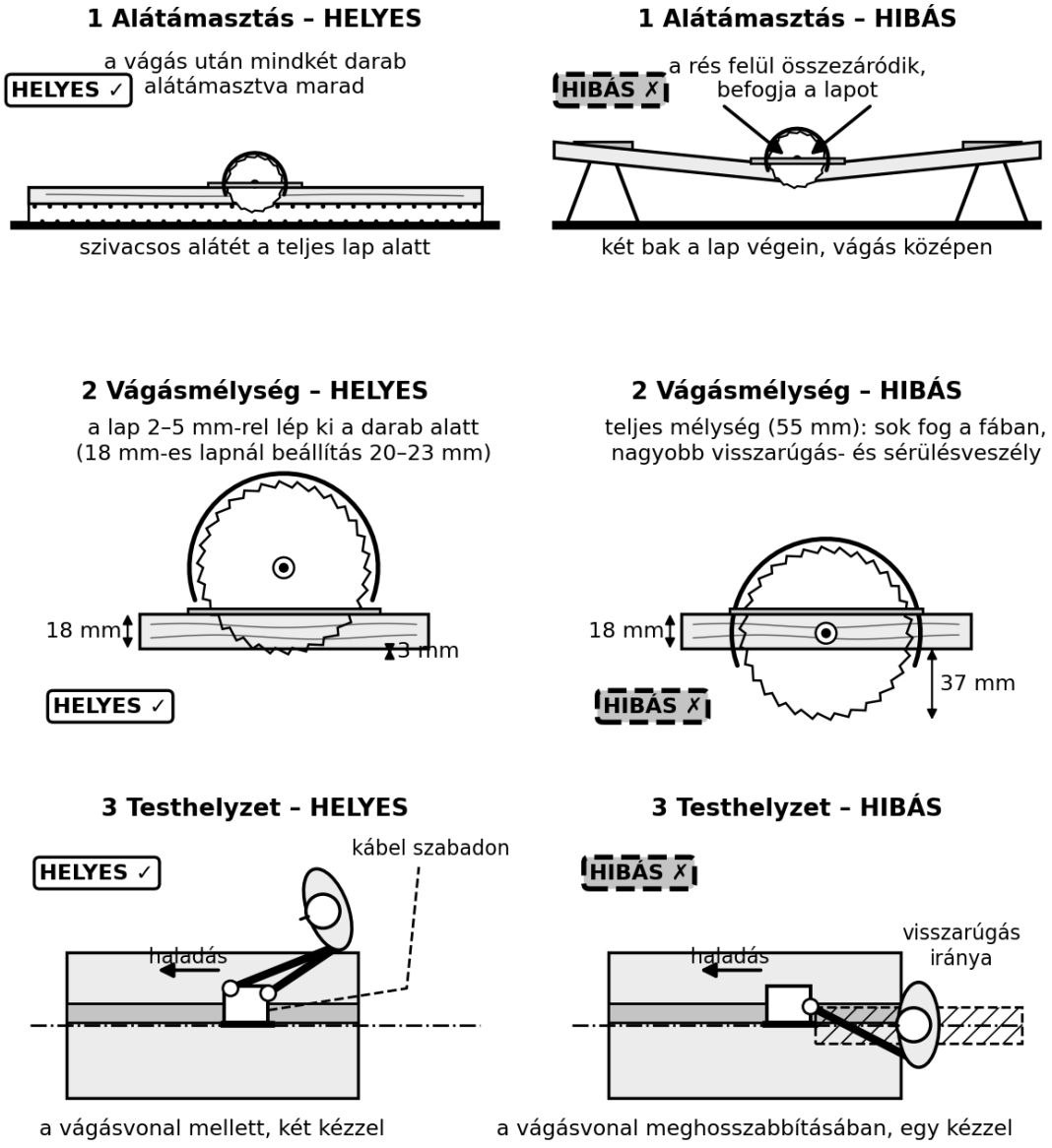
16.2. ábra. Kézi körfűrész használat előtti ellenőrzése - Szemléltető ellenőrzőlista; a lépéseket minden bekapcsolás előtt el kell végezni.

16.1.8. Gépi fűrészelési gyakorlat

16.1.8.1. Kézi körfűrész használata vezetősínnel

1. Jelöld be a vágásvonalat.
2. Rögzítsd a munkadarabot: ha nagy lap, használj szivacsos alátétet vagy fűrészbakokat; a vágásvonal mindkét oldalát támassza alá.
3. Helyezd a **vezetősínt** a vágásvonal mellé úgy, hogy a gép talpa pontosan a sín hornyában fusson. A sín tapadócsíkja vagy szorítója rögzítse.

4. Állítsd be a **vágásmélységet**: kb. 2–5 mm-rel a lap vastagsága alá.
5. Ferdénél állítsd be a ferdeséget.
6. Kapcsolj **elszívást**.
7. Kapcsold be a gépet, és várd meg, amíg eléri a fordulatszámot.
8. Vezesd a gépet egyenletes sebességgel, **két kézzel**; a talp mindig érintkezzen a sínen vagy a munkadarabon.
9. A vágás végén ne nyúlj a leeső darab alá; hagyd, hogy leessen, vagy támaszd alá.
10. Kapcsold ki, **várd meg a lap megállását**, csak utána tedd le.

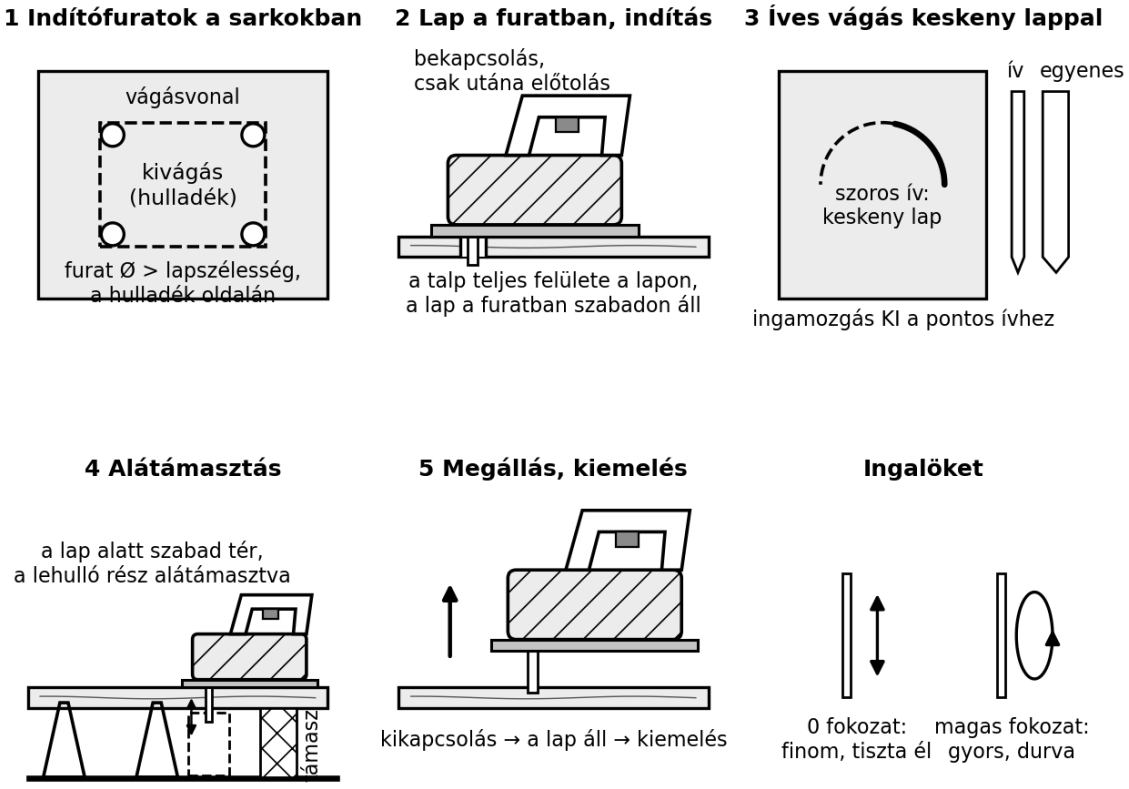


16.3. ábra. Kézi körfűrész vezetősínnel: helyes és hibás alátámasztás, vágásmélység és testhelyzet

A fenti ábra a 2., 4. és 8. lépést mutatja: a lap a vágás után is alátámasztva marad, a fűrészlap csak 2–5 mm-rel lép ki a munkadarab alatt, a kezelő pedig a vágásvonal mellett, nem a meghosszabbításában áll.

16.1.8.2. Szúrófűrész használata íves vágáshoz

1. Fúrj indítónyílást a belső kivágásnál, ha nincs szabad él, ahova a lap beilleszthető.
2. Rögzítsd a munkadarabot.
3. Válassz lapot a görbülethez: kisebb sugárhoz keskenyebb lap.
4. Kapcsold ki az **ingamozgást** a pontos ívhez; durva, gyors anyageltávolításnál kapcsold be.
5. A gépet merőlegesen tartsd, a talpat nyomd a felületre, egyenletesen told előre.
6. A vágásvonal **hulladékoldalán**, közvetlenül a vonal mellett haladj (belső kivágásnál a vonalon belül); végül csiszolással igazíts a vonalig.



16.4. ábra. Szúrófűrész belső kivágása öt lépésben és az ingalöket fokozatai

16.1.8.3. Rezgőfűrész

- Használd **süllyesztett vágáshoz**: a szerszámot ferdén, majd fokozatosan egyenesre állítva mélyítsd az anyagba.
- Válassz a feladathoz megfelelő szerszámot (fűrészlap, kaparó stb.).
- Kis előtolás, ne feszítsd.

Gépbiztonság. Kézi fűrészgépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; védőburkolat nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A kézi körfűrészt **két kézzel** fogd, stabil állásban dolgozz. A kábelt mindig hátrébb, a vágásvonaltól távol vezessük; sose a kábel mögött vágjunk. A gépet csak akkor tedd le, ha a szerszám **teljesen megállt**. **Tilos**:

- a védőburkolatot kiiktatni,
- a gépet egy kézzel vezetni,
- a fűrészlapot kézzel fékezni,
- a munkadarabot kézben tartva vágni,

- a gépet asztalra szerelni, ha nem arra tervezték,
- a gépet felügyelet nélkül bekapcsolva hagyni.

16.1.9. Számítás: forgácsolási sebesség kézi körfűrésznél

A fűrészlap kerületi sebessége (forgácsolási sebesség):

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000},$$

ahol D a lapátmérő mm-ben, n a fordulatszám 1/min-ben, v m/s-ban.

Számítás. Egy kézi körfűrész névleges fordulatszáma $n = 5200\,\mathrm{min}^{-1}$, a lap átmérője $D = 190\,\mathrm{mm}$. Mekkora a forgácsolási sebesség?

Behelyettesítve:

$$v = \frac{190 \cdot 3{,}1416 \cdot 5200}{60\,000}\,\mathrm{m/s} \approx \frac{3\,103\,901}{60\,000} \approx 51{,}7\,\mathrm{m/s}.$$

Ez tipikus érték fához (tájékoztató). ∎

Számítás. Ellenőrizd, hogy a lapra írt legnagyobb megengedett forgácsolási sebesség ($v_{\max}$) nagyobb-e ennél. Ha a lapon $v_{\max} = 80\,\mathrm{m/s}$ szerepel, akkor megfelel. Ha a lap átmérője 165 mm, és a gép 5200 1/min fordulaton forog, akkor:

$$v = \frac{165 \cdot 3{,}1416 \cdot 5200}{60\,000} = 44{,}9\,\mathrm{m/s}.$$

Ez is a megengedett tartományban van. ∎

16.1.10. Szabvány és előírások

Szabvány. A kézi, motoros szerszámok biztonsági követelményeit európai és nemzetközi szabványok írják le (például az EN 62841 sorozat – ellenőrizendő a pontos hatályos jelölés). A gyártó köteles a gépen feltüntetni a névleges feszültséget, frekvenciát, fordulatszámot és a védelmi osztályt. A faipari porképző műveleteknél – különösen keményfa- és MDF-por esetén – elszívást és légzésvédőt kell alkalmazni; a keményfa-por rákkeltő besorolású, a munkahelyi határértéket jogszabály állapítja meg (ellenőrizendő: aktuális határérték). A láncfűrész kezelése külön képzéshez, védőfelszereléshez és munkavédelmi előírásokhoz kötött (ellenőrizendő).

16.1.11. Technológiai lap

Technológiai lap. Termék: laminált bútorlap méretre szabása helyszíni szereléshez (1200 × 600 × 18 mm).

Anyag: 18 mm laminált forgácslap; fűrészlap (48 fogú, keményfém, finom); porszívó.

Szerszámok, gépek: kézi körfűrész vezetősínnel, mérőszalag, ceruza, szorítók, fűrészbakok, védőszemüveg, hallásvédelem, porálarc (FFP2).

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőburkolat nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Indítás előtt ellenőrizd: kábel, dugasz, védőburkolat, lap épsége, vágásmélység, elszívás.

Lépések:

1. Mérj és jelölj 1200 × 600 mm-t. – Ellenőrzés: a vonal derékszögű (3-4-5 módszer vagy derékszögelő).
2. Helyezd a lapot fűrészbakokra; a vágásvonal alá tegyél szivacsos vagy polisztirol alátétet. – Ellenőrzés: a lap nem inog.
3. Rögzítsd a vezetősínt a vágásvonal mellé, szorítóval. – Ellenőrzés: a sín pontosan a vonalra mutat, nem csúszik.
4. Állítsd a vágásmélységet úgy, hogy a lap kb. 3 mm-rel nyúljon túl a munkadarab alján (vezetősínnel a sín vastagságát is add hozzá – a gép skálája gyakran külön sínes jelölést ad; ellenőrizendő: gépkönyv). – Ellenőrzés: a lap kb. 3 mm-rel túlnyúlik a munkadarab alján.
5. Csatlakoztasd a porszívót a porelszívó csonkra.
6. Vedd fel a védőeszközöket.
7. Kapcsold be a gépet, várj a maximális fordulatszámra, majd vezessd a gépet a sín mentén egyenletesen. – Ellenőrzés: a gép talpa fent fekszik a sínen; a motorhang egyenletes.
8. A vágás végén ne nyúlj a leeső darab után; kapcsold ki, várd meg a lap megállását.
9. Mérd vissza a kész darab méretét. – Ellenőrzés: hossz 1200 ± 1 mm, szélesség 600 ± 1 mm, derékszög 0,3 mm/100 mm-en belül (tájékoztató).
10. Dokumentáld a méretet és a vágási minőséget (szakadás, égett él).

16.1.12. Minőségellenőrzés

Mit ellenőrzünk? A vágás egyenességét, derékszögűségét, a méretpontosságot és a felület minőségét (kiszakadás, égés).

Mivel? Mérőszalag, derékszögelő, tolómérő, szemrevételezés, tapintás.

- Hossz/szélesség eltérés: kézi gépnél kb. ±1 mm (tájékoztató).
- Derékszög-eltérés: legfeljebb 0,5 mm 300 mm hosszon (tájékoztató).
- Élminőség: a laminált élen ne legyen lepattogzás (kiszakadás) 0,5 mm-nél nagyobb; ellenkező esetben finomabb lap, kisebb előtolás, vagy a vágásvonal leragasztószalagozása szükséges.

Eltérésnél javíts: a méretpontosságot új vágással vagy gyalulással, a kiszakadást csiszolással vagy élzárással.

16.1.13. Tipikus hibák és okaik

1. **A gép visszarúg** – ok: a munkadarab nincs alátámasztva a vágásvégén, a lap beszorul; vagy tompa lap; vagy a gép hátrafelé mozdul. Helyes: támaszd alá a darabot, tartsd a vágásvonalat szabadon, használj éles lapot és helyes mélységbeállítást.
2. **Kiszakad a laminátum** – ok: durva fogazású lap, rossz oldalról vágás, nincs leragasztva a vágásvonal, vagy túl nagy előtolás. Helyes: finom fogú, keményfém lap; a laminált oldalt megfelelően tájolj; ragasztószalag a vágásvonalon; lassú, egyenletes előtolás.
3. **A vágás elhúz, nem egyenes** – ok: a gép talpa nem fut pontosan a vezetőn, vagy a sín elmozdult, vagy egy kézzel vezették. Helyes: rögzítsd a sínt, használj kétkezes fogást, ellenőrizd a talp illeszkedését.
4. **A szúrófűrészlap eltörik** – ok: túl szoros ív, nem megfelelő lap, erőltetett előtolás, a munkadarab rezeg. Helyes: válassz keskenyebb lapot, kapcsold ki az ingamozgást, csökkentsd az előtolást, rögzítsd a darabot.

16.1.14. Valós életbeli alkalmazás (hibaelemzés)

Valós eset. Egy tanuló konyhai munkalapban mosogatókivágást készített szúrófűrésszel. A kivágás után a felső laminált felület a sarokban 5 mm-re kiszakadt, és a kivágás széle hullámos lett. A helyszíni szerelő ellenőrizte: a tanuló durva, széles lapot használt, az ingamozgást maximálisra hagyta, és a kivágás vonalát nem ragasztotta le. A hiba kijavítása: a kivágást a pontos vonalra csiszolták, a szakadt részt színazonos tömítővel javították. A tanulság: laminált lapok íves vágásához finom fogú, lefelé vágó szúrólapot kell használni, ingamozgás nélkül, és a vágásvonalat ragasztószalaggal védeni.

16.1.15. Önellenőrzés

1. Igaz-e: kézi körfűrész használatakor a vágásmélység legyen 2–5 mm-rel nagyobb a munkadarab vastagságánál. Indokold.
2. Miért veszélyes a visszarúgás, és mi a két leggyakoribb oka?
3. Milyen fűrészlapot választasz 18 mm laminált lap egyenes vágásához kézi körfűrésszel?
4. Igaz-e: szúrófűrésszel pontos íves vágásnál az ingamozgást maximálisra kell állítani. Indokold.
5. Számold ki: 165 mm átmérőjű lap, 4800 1/min fordulat. Mekkora a kerületi sebesség?
6. Mit kell ellenőrizni a kábelen kézi fűrészgép használata előtt?

16.1.16. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a kézi körfűrész fő részeit, és magyarázd el a mozgó védőburkolat szerepét.

2. feladat (A). Mi a különbség a kézi körfűrész és a merülőfűrész között?

3. feladat (B). Egy 190 mm átmérőjű kézi körfűrész névleges fordulatszáma 5200 1/min. A lapra a gyártó $v_{\max} = 80\,\text{m/s}$-ot ír. Szabad-e használni ezt a lapot? Válaszodat számítással indokold.

4. feladat (B). Írd le szöveges rajzzal egy szúrófűrészlap fogazását, és magyarázd el, milyen lapot választanál 6 mm ívsugár vágásához 18 mm vastag rétegelt lemezben.

5. feladat (C). Miért nem szabad kézi körfűrészt asztalra szerelve álló gépként használni? Nevezz meg legalább három veszélyt.

6. feladat (D). Készíts technológiai lapot egy 120 mm sugarú íves kivágáshoz 16 mm vastag laminált bútorlapban szúrófűrésszel. Add meg: anyag, szerszám, beállítások, lépések, ellenőrzések.

16.1.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:

1. **Igaz.** Így a lap teljesen átvág, de nem túl mély, csökkentve a súrlódást és a visszarúgás kockázatát.
2. A visszarúgás hirtelen, ellenőrizetlen gépelrántás; leggyakoribb ok: a lap beszorul a vágási résbe, és a munkadarab nincs alátámasztva vagy rögzítve, illetve tompa lap.
3. Finom fogú (48–60 fogú), keményfém lap, lehetőleg negatív vagy semleges homlokszögű; a laminált oldalt védjük leragasztással vagy megfelelő oldalra fordítással.
4. **Hamis.** Ingamozgást ki kell kapcsolni, hogy a vágás pontos és tiszta legyen.
5. $v = \frac{165 \cdot 3{,}1416 \cdot 4800}{60\,000} = 41{,}5\,\mathrm{m/s}$.
6. Épség, szigetelés, dugasz, csatlakozó; a kábel ne legyen a vágásvonal közelében.

1. feladat. Fő részek: motorház fogantyúval, kapcsoló, talp, fűrészlap, felső rögzített védőburkolat, alsó mozgó védőburkolat, vágásmélység- és ferdeségállító, porelszívó csonk, orsóretesz. A mozgó védőburkolat a gép előretolásakor felnyílik, visszahúzáskor rugóval zár, így a lap nem érhet a kezünkhöz, és a vágási rés is védve marad.

2. feladat. A kézi körfűrésznél a lap fixen kinyúlik a talp alól, és a vágást a darab szélétől indítjuk. A merülőfűrésznél a lap a talp síkjában rejtve van, és a gép a munkadarab fölött elindítható, majd a lap fokozatosan leereszthető; így pontos illesztések, bevésések, kivágások készíthetők.

3. feladat. $v = \frac{190 \cdot 3{,}1416 \cdot 5200}{60\,000} = 51{,}7\,\mathrm{m/s}$. Mivel $51{,}7 < 80$, a lap megfelel. ∎

4. feladat. Rajzleírás: a szúrólap keskeny, párhuzamos oldalú, fogai felfelé (a húzás irányába) vagy lefelé állnak. A lap vége felé keskenyedő hátú is lehet. 6 mm ívsugárhoz nagyon keskeny (kb. 2–3 mm széles) lapot kell választani, finom fogazással; ha a felső felület laminált, akkor lefelé vágó fogazású lapot, és ingamozgást ki kell kapcsolni.

5. feladat. Asztalra rögzítve a kézi körfűrész elveszti a hordozhatóság előnyét, és nem rendelkezik álló körfűrészekhez tervezett védőberendezésekkel: nincs hasítóék, nincs felső elszívó, nincs megfelelő munkadarab-támasz, nincs vészleállító. Veszélyek: visszarúgás, kéz érintése a laphoz, a munkadarab felcsapódása, kábel elvágása, a gép túlmelegedése. Álló gépként csak CE-jelölt, asztali kivitelű körfűrész használható.

6. feladat. Technológiai lap (rövid): anyag 16 mm laminált forgácslap; szerszám: szúrófűrész finom fogú, lefelé vágó lappal; beállítás: ingamozgás kikapcsolva, fordulatszám közepes; lépések: 1) jelölés, 2) indítónyílás fúrása a hulladékrészben, a vonal közelében, 3) lap beillesztése, 4) rögzítés, 5) vágás a vonal mentén (a hulladékoldalon), 6) a sugár ellenőrzése 120 mm-es sablonnal, 7) élek csiszolása. Ellenőrzés: sugár 120 ± 1 mm, él nincs kiszakadva, a felület nem égett.

16.1.18. Rövid összefoglaló

A kézi fűrészgépek – kézi körfűrész, merülőfűrész, szúrófűrész, rezgőfűrész – a helyszíni és műhelybeli darabolás, íves vágás és süllyesztett vágás nélkülözhetetlen eszközei. A **kézi körfűrész** egyenes vágásra, **vezetősínnel** pontos, kiszakadásmentes vágásra való; a **merülőfűrész** süllyesztett indítást tesz lehetővé. A **szúrófűrész** íves, a **rezgőfűrész** nehezen hozzáférhető helyeken vág. A **láncfűrész** durva előkészítő munkára való, szigorú védőfelszereléssel és képzéssel. Használat előtt mindig ellenőrizd a kábel, a védőburkolat, a fűrészlap állapotát, a fordulatszámokat és a munkadarab rögzítését. A **visszarúgás** megelőzhető a megfelelő vágásmélységgel, alátámasztással, éles lappal és kétkezes vezetéssel. **Továbbvitt eredmény.** A kézi fűrészgépek biztonsági szemlélete és a használat előtti ellenőrzőlista átvihető a többi kézi kisgépre, például a Kézi gyalugép, kézi fúrógép, csavarozó és oszlopos fúrógép alfejezetre; a lapanyag-darabolási technológia pedig a Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák fejezetben tér vissza.

16.1.19. Források és ellenőrzési hiányok

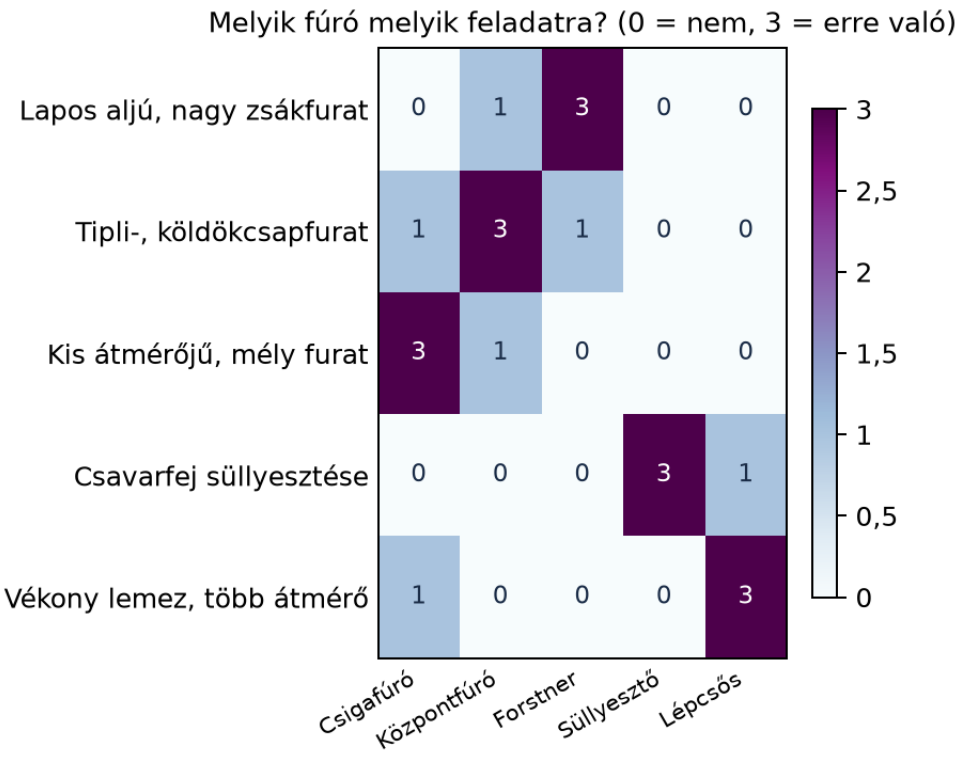
Forrástípusok: kézi motoros szerszámok biztonsági szabványai (EN 62841 sorozat – ellenőrizendő), gyártói gépkönyvek és használati útmutatók, munkavédelmi oktatási anyagok, faipari gépek biztonsági gyakorlata.

Ellenőrizendő pontok: a láncfűrész-kezelés jogosultsági előírásai, a fapor-határérték aktuális értéke, a szabvány pontos jelölése, a technológiai lapban megadott tűrések és vágásmélység-értékek, a gyártói fordulatszám- és vágási adatok.

16.2. Kézi gyalugép, kézi fúrógép, csavarozó és oszlopos fúrógép

A konyhaszekrény ajtaja megszorul, mert a gyártásból maradt felesleges anyag az élen; polctartó furatokat kell fúrni a korpuszba; a csomagolásból származó csavarokat be kell hajtani. Ilyenkor ugyanaz a tanuló három különböző gépet fog meg: **kézi gyalugépet**, **fúrógépet/csavarozót** és **oszlopos fúrógépet**. Ha nem tudod, melyik szerszámmal, melyik fúróval, mekkora fogással és milyen befogással dolgozz, a munka lassú lesz, a furat ferde, a felület lépcsős, a gép pedig balesetet okozhat.

Az alábbi táblázatos ábra azt mutatja, melyik fúrószerszám melyik furatfeladatra való; a fúrók egymás alternatívái, a feladat dönti el, melyiket fogod meg. A valós választást mindig az anyag, az átmérő, a furat mélysége és a gépkönyv dönti el.



16.5. ábra. Melyik fúró melyik feladatra? (0 = nem, 3 = erre való) - Tájékoztató alkalmasság a 16.2.4 táblázat alapján; a fúrók egymás alternatívái, nem egymás utáni lépések. A végleges választást az anyag, az átmérő és a gépkönyv dönti el.

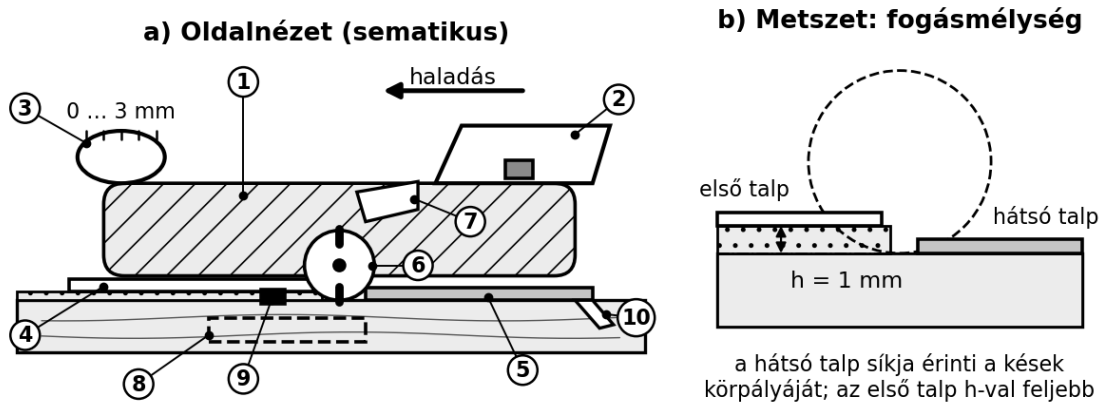
16.2.1. Kézi gyalugép: felépítés, fogásmélység, falcolás

Definíció. A **kézi gyalugép** motoros meghajtású kéziszerszám, amelynek forgó **késtengelyén** egy vagy több egyenes kés dolgozik. Az első és hátsó talp magasságkülönbsége határozza meg, hogy a kés egy menetben mennyi anyagot vesz le.

A gép alsó részén két talp van. A **hátsó talp** a megmunkált, már sík felületen fut. Az **első talp** a nyers felületen fekszik fel, és magassága állítható. Ha az első talpat kissé feljebb állítod, a kés mélyebben vág. Ezt a kiemelkedést nevezzük **fogásmélységnek**. A fogásmélységet mindig kis lépésekben állítsd be. Tömörfán, fenyőn egy menetben jellemzően 0,5–1,5 mm fogással dolgozunk, keményfán kisebbel. Ez az érték tájékoztató, a gépkönyv és az anyag dönti el.

Szabály. A kézi gyalugéppel a fogásmélységet csak a gép bekapcsolása előtt, a gépkönyv szerint állítsd be. Először mindig próbadarabon ellenőrizd a beállítást.

A gyalugép **falcolásra** is használható: egy oldalsó **párhuzamvezető** szabályozza a falc szélességét, a gép talpán lévő **falcmélység-ütköző** pedig a falc mélységét. A falcolás során a gép a munkadarab élére támaszkodik, és a kés csak a beállított sávot munkálja meg. Falckészítésnél soha ne akarj egy menetben túl mély falcot vágni. Inkább két-három menetben, fogásmélységet lépésenként növelve dolgozz.



16.6. ábra. Kézi gyalugép fő részei (sematikus oldalnézet) és a fogásmélység keletkezése metszetben: a hátsó talp a kések körpályájával egy síkban, az első talp h = 1 mm-rel feljebb

Az interaktív változatban a fogásmélység 0 és 3 mm között állítható: az első talp és a leválasztott réteg vele együtt változik, és a program kiírja, hány menet kell egy adott mélységű falchoz.

16.2.2. Késcsere a kézi gyalugépen

A tompa vagy kitört kés roncsolja a felületet, a gép rezeg, a motor melegszik. Késcserekor a gépet áramtalanítani kell, és csak a gépkönyv szerint szabad dolgozni.

Késcsere lépései

1. Áramtalanítsd a gépet: húzd ki a hálózati csatlakozót, akkus gépnél vedd ki az akkut.
2. Rögzítsd a késtengelyt a gépkönyvben előírt reteszelő szerkezettel.
3. Oldd a kést rögzítő csavarokat vagy éket a mellékelt kulccsal.
4. Vedd ki a tompa kést. Az éles késsel dolgozz vágásvédő kesztyűben, de forgó alkatrészhez ne nyúlj kesztyűvel.
5. Helyezd be az új vagy élezett kést, és igazítsd a gépkönyvben előírt beállító idommal vagy élmagasság-mérővel.
6. Húzd meg a rögzítő csavarokat a megadott sorrendben és nyomatékkal.
7. Ellenőrizd kézzel, hogy a késtengely szabadon forog-e, és a kés nem ér a gép burkolatához.
8. Szereld vissza a védőburkolatot, majd próbadarabon ellenőrizd a felületet.

Gépbiztonság. A kézi gyalugépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. A forgó késtengelyt soha ne közelítsd meg ujjal, ronggyal vagy laza ruházattal. A gépet mindig két kézzel fogd, és várd meg, amíg a késtengely teljesen leáll, mielőtt leteszed; leállás után is csak a parkolótalpára vagy oldalára fektesd. Viselj védőszemüveget és hallásvédőt; csatlakoztass elszívót vagy forgácszsákot, a forgácskivető ne nézzen ember felé. Indítás előtt ellenőrizd: kés rögzítése, talp tisztasága, a kábel a gép mögött fut, a munkadarab be van fogva.

16.2.3. Kézi fúrógép, ütvefúrógép és akkus fúró-csavarozó

Definíció. A **kézi fúrógép** motoros hajtású, hordozható fúrógép. Az **ütvefúrógép** falazatba, téglába való fúráskor ütőművet is bekapcsol. Az **akkus fúró-csavarozó** fúr és csavaroz, nyomatéka és fordulatszáma több fokozatban állítható, és hálózati kábel nélkül működik.

A fúrógép fő részei: **tokmány**, **fordulatszám-szabályozó kapcsoló**, **forgásirány-váltó**, **oldalfogantyú** nagyobb gépen, és a fogásgyűrű. Az akkus gépen **nyomatékbeállító gyűrű**, **sebességváltó** (kis fokozat: lassú, nagy nyomaték; nagy fokozat: gyors, kisebb nyomaték) és **LED-világítás** is van.

A tokmány lehet **kulcsos tokmány** vagy **gyorsbefogó tokmány**. A gyorsbefogó tokmányt kézzel húzzuk össze; a kulcsos tokmányhoz külön kulcs szükséges. A szerszámot mindig központosan kell befogni: a tokmánypofák egyenletesen fogják a fúró hengeres szárát.

Csavarozó bitek. A csavarhúzó bitek hatlapú (hex) szárral illeszkednek a bitbefogóba. A leggyakoribb bitek: kereszthornyú **PH** (Phillips) és **PZ** (Pozidriv), valamint csillag alakú **Torx**. A megfelelő bitet kell használni: a PZ csavarhoz PZ bit illik, különben a bit kiugrik a fejből, és tönkreteszi a csavart.

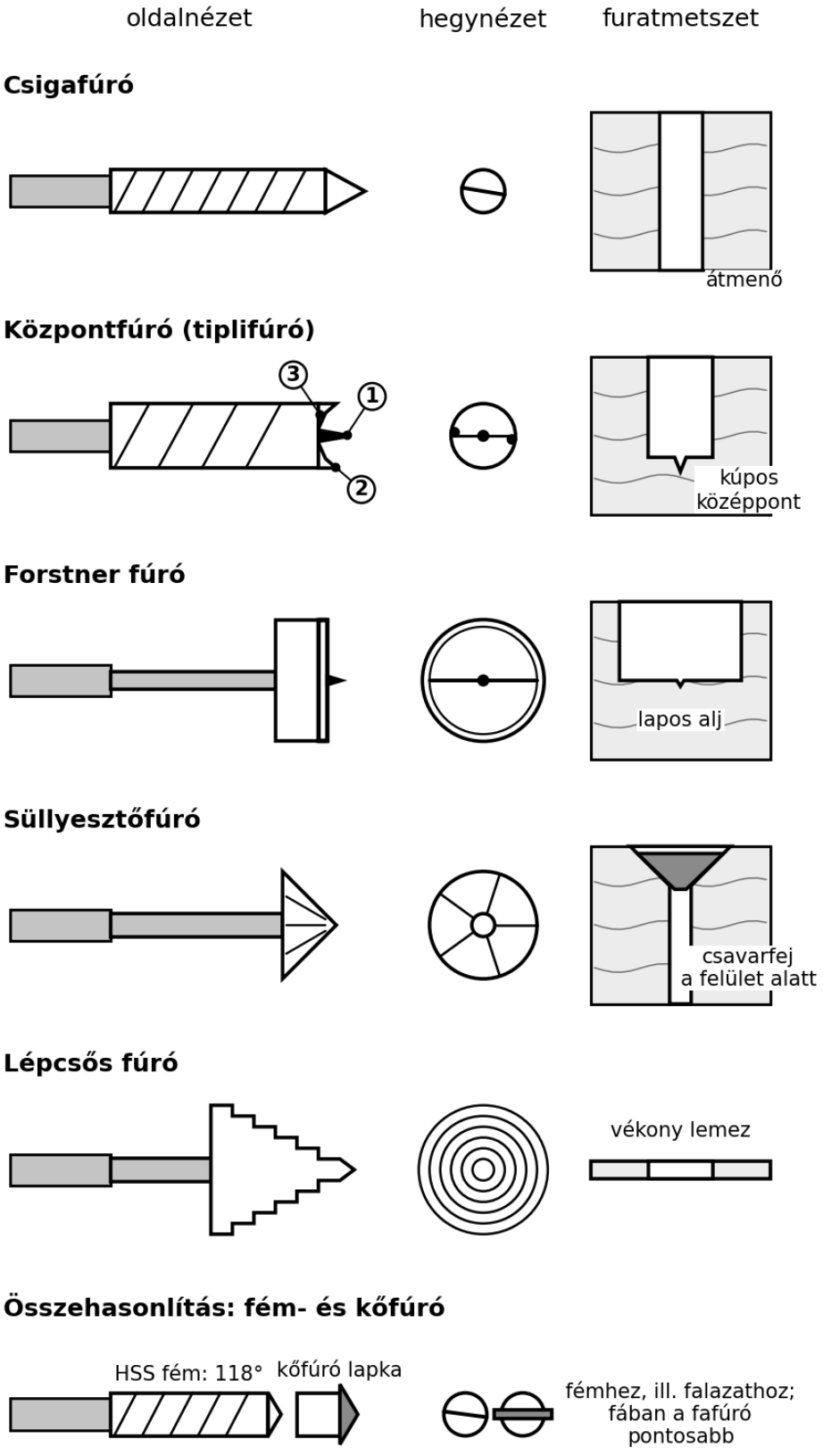
Gépbiztonság. Nagy átmérőjű vagy beszoruló fúrónál a gép visszacsavarodhat: használd az oldalfogantyút és kis fordulatszámot; kesztyű nélkül dolgozz; a munkadarabot fogd be. Falfúrás előtt vezetékkeresővel ellenőrizd a vezetékek helyét; viselj védőszemüveget, és a kábelt tartsd távol a fúrótól (ellenőrizendő: gépkönyv).

Szabály. Csavarozáskor először kis fordulatszámot és kis nyomatékfokozatot válassz. Ha a csavar nem húzódik be, inkább ellenőrizd a furat átmérőjét és mélységét, ne emeld azonnal a nyomatékot. A túl nagy nyomaték kicsavarja a csavart vagy besüllyeszti a fejet.

16.2.4. Fúrószerszámok az asztalos munkában

Az asztalos nem egyetlen fúróval dolgozik. A fúró kiválasztása a furat rendeltetésétől, átmérőjétől és mélységétől függ.

Fúrószerszám	Jellemző alak	Tipikus asztalos feladat	Megjegyzés
Csigafúró	Csavarvonalú horony, hegyes csúcs	Kis átmérőjű, mély átmenő furat, előfúrás csavarhoz	Gyors anyagkihordás, de a kilépésnél kirojtozhatja a fát
Központfúró (tiplifúró)	Központhegy, elővágó élek, hengeres test	Tiplihely, köldökcsap furat, vasalatfurat	Pontos, tiszta szélű zsákfurat; lassabb előtolást igényel
Forstner fúró	Rövid hengeres fej, körbefutó elővágó él	Nagy átmérőjű, lapos aljú zsákfurat, zsanérhely	Kevésbé hajlamos a kirojtozásra; pontos furat
Süllyesztőfúró	Kúpos, gyakran kombinált	Csavarfej süllyesztése a fába	A csavar feje a felület alá kerül
Lépcsős fúró	Kúpos, lépcsőzettel	Vékony lemez, több átmérő egymásban	Az asztalosnál ritkább, inkább lemezmegmunkálásnál



Központfúró: 1 központosító csúcs, 2 peremvágó (elővágó él), 3 forgácsoló él

16.7. ábra. A táblázat fúrószerszámai oldal- és hegynézetben, mellettük a kapott furat metszete; összehasonlításként fém- és kőfúró

Figyelem. A fúró csak akkor dolgozik jól, ha éles. A tompa fúró a fát égeti, hangosan csikorog, és a furat mérete sem pontos.

16.2.5. Fúrási típusok és technológiák

Átmenő fúrásnál a fúró teljesen átmegy az anyagon. A kilépő oldalon a fúró kirojtozhatja a fa rostjait. Ezért a munkadarab alá mindig tegyél **alátétfát** vagy fúrj egy hulladék lapból készített fúróalátétre. A kilépő oldalon a fúró az alátétbe hatol, és a munkadarab széle tiszta marad.

Zsákfuratnál a fúró nem megy át az anyagon. A furat mélységét **mélységhatárolóval** vagy a gépen beállított ütközővel biztosítjuk. Zsákfuratnál a fúróhegy alakja is számít: a központfúró hegye bemélyed a furat alján, ezért a beállítandó teljes fogásmélység nagyobb, mint a hengeres furatrész mélysége.

Süllyesztésnél a fúrt furat felső szélét kúposra bővítjük, hogy a csavarfej a felület alá kerüljön. Ha a csavart a felület alá akarod rejteni, a süllyesztést először kis átmérővel kezd, és próbadarabon ellenőrizd, hogy a csavarfej éppen a felület alá kerüljön.

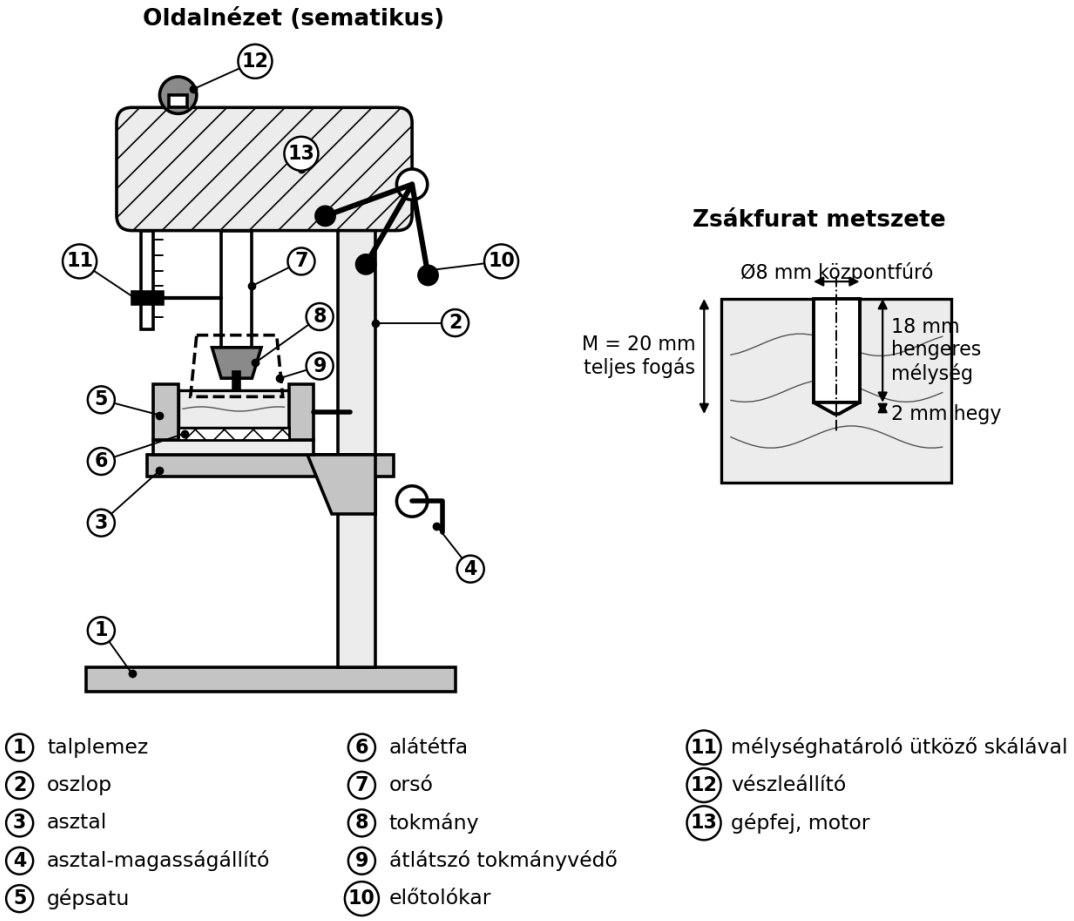
Köldökcsap furatnál a furat átmérője a tipli átmérőjével egyezik, a mélység pedig a tipli hosszának felénél valamivel nagyobb. A pontos, merőleges fúrás itt alapkövetelmény, mert a két alkatrész csak így illeszkedik szorosan.

Továbbvitt eredmény. Ez a fúrási pontosság és a zsákfurat-készítés közvetlenül használjuk a köldökcsapozáshoz, a vasalathelyek kialakításához és a szereléshez a Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok alfejezetben.

16.2.6. Oszlopos fúrógép: felépítés, beállítás és befogás

Definíció. Az **oszlopos fúrógép** állványos, helyhez kötött fúrógép. A munkadarab a magasságállítható **asztalon** fekszik, a fúró a motoros orsóval függőlegesen mozog. Az oszlopos gép pontosabb és biztonságosabb, mint a kézi fúrógép, de csak akkor, ha a munkadarabot befogod, és a beállításokat elvégzed.

Fő részei: **talplemez**, **oszlop**, **magasságállítható asztal**, **orsó**, **tokmány**, **mélységhatároló**, **védőburkolat** és **kapcsoló**. A mélységhatároló ütközője korlátozza az orsó lefelé mozgását, így a zsákfurat mélysége ismételhető.

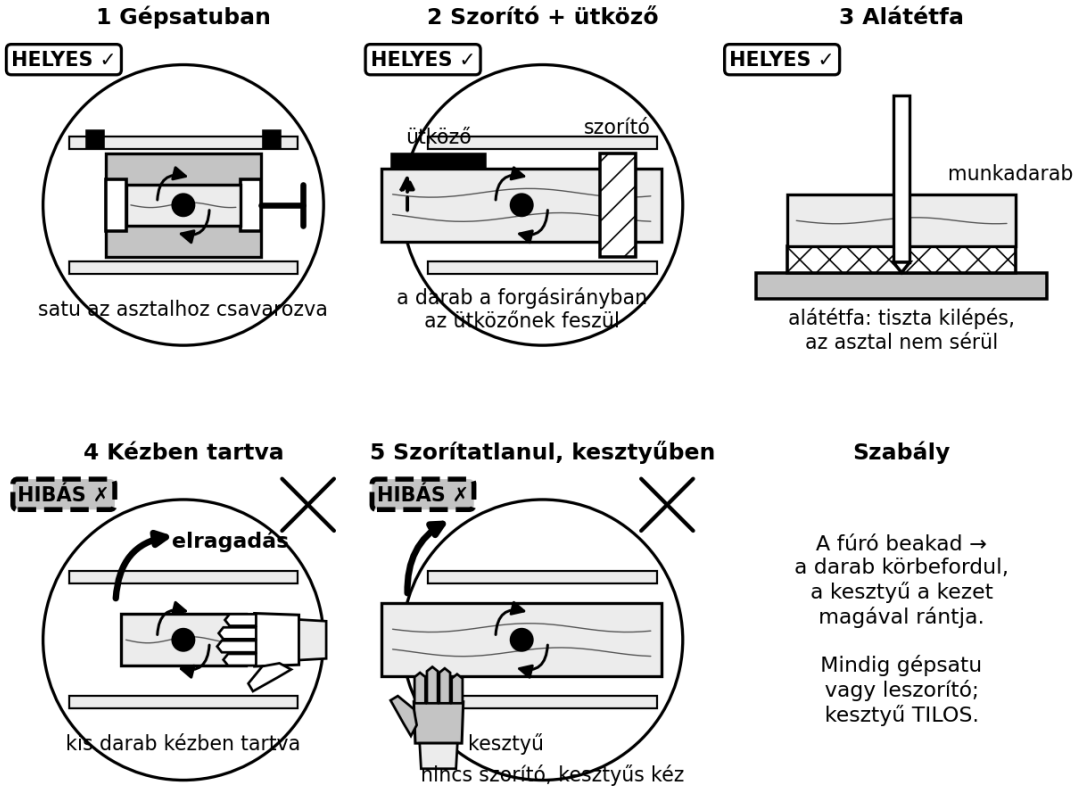


16.8. ábra. Oszlopos fúrógép oldalnézetben befogott munkadarabbal; mellette a zsákfurat metszete: 18 mm hengeres rész + 2 mm hegy = 20 mm fogás

Beállítás lépései

1. Ellenőrizd a gépet: a védőburkolat a helyén van, a tokmányban nincs idegen test, a kapcsoló működik.
2. Válaszd ki a fúrót, és fogd be a tokmányba. Kulcsos tokmánynál a kulcsot mindig húzd ki, mielőtt bekapcsolnád a gépet.
3. Állítsd az asztalt a munkadarab vastagságához. A fúró ne érje el az asztalt.
4. Helyezd a munkadarabot az asztalra, és fogd be **gépsatuval** vagy **leszorítóval**. Soha ne tartsd kézzel a darabot fúrás közben.
5. Állítsd be a mélységhatárolót próbadarabon.
6. Válaszd ki a fordulatszámot. Nagyobb fúróátmérőhöz kisebb fordulatszám, kisebb átmérőhöz nagyobb fordulatszám tartozik; a pontos érték a gép és a fúró adatlapjáról jön.
7. Kapcsold be a gépet, és egyenletes, kis előtolással fúrj. Ne erőltesd a kart, mert a fúró beszorulhat, a fa pedig megéghet.

Gépbiztonság. Az oszlopos fúrógépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Forgó szerszámnál **kesztyűt tilos viselni**, mert a fúró beakadhat, és a kezet magával rántja. A munkadarabot mindig fogd be; a kicsi, keskeny, vékony vagy hajlott darabot gépsatuval vagy sablonnal rögzítsd. A hosszú hajat kösd össze, ékszert, nyakláncot, laza ruhát ne viselj.



16.9. ábra. Munkadarab befogása az oszlopos fúrógépen: helyes (gépsatu, szorító ütközővel, alátétfa) és hibás (kézben tartott darab, szorítatlan lap kesztyűs kézzel)

16.2.7. Szerszámcsere és gépállítás

Oszlopos fúrógépen a fúró cseréje közben a gépet áramtalanítsd. A tokmányt csak a géphez adott kulccsal vagy gyorsbefogóval oldd. A fúrót a tokmánypofák közé teljesen ültesd, majd húzd meg. Kulcsos tokmánynál a kulcsot soha ne hagyd a tokmányban: bekapcsoláskor a kulcs kirepülhet.

A kézi fúrógépen a gyorsbefogó tokmányt kézzel húzd össze. Ha a fúró szára csúszik a tokmányban, az azt jelenti, hogy a befogás nem elég erős. Ilyenkor ne húzd meg fogóval a tokmány műanyag gyűrűjét, hanem ellenőrizd a tokmányt és a fúrószárat.

16.2.8. Számítások a fúrás és gyalulás ellenőrzésére

Számítás 1. Egy 8 mm átmérőjű csigafúróval 2500 1/min fordulatszámon dolgozol. Mekkora a fúróél kerületi sebessége?

A forgácsolási sebesség képlete:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$$

ahol D a szerszámátmérő mm-ben, n a fordulatszám 1/min-ben, v pedig m/s-ban.

Behelyettesítve:

$$v = \frac{8 \cdot \pi \cdot 2500}{60\,000} = 1{,}05\,\mathrm{m/s}.$$

Ellenőrzés: 8 mm kerülete kb. 25 mm; másodpercenként kb. 42 fordulat, azaz kb. 1,05 m. Az eredmény reális. Ez az érték tájékoztató, a gépkönyv és a fúró adatlapja szerint ellenőrizendő.

Számítás 2. Központfúróval 18 mm mély hengeres zsákfuratot kell fúrnod. A fúró hegye 2 mm hosszú. Mekkora teljes fogásmélységet állíts be a mélységhatárolón?

A mélységhatároló a fúró teljes útját szabályozza, ezért a hegy hosszát hozzá kell adni a kívánt hengeres furatmélységhez:

$$M_{\text{össz}} = h_{\text{henger}} + h_{\text{hegy}} = 18\,\mathrm{mm} + 2\,\mathrm{mm} = 20\,\mathrm{mm}.$$

Ellenőrzés: ha a fúró 20 mm-t süllyed, a hengeres rész 18 mm mélyen lesz. A beállítást mindig próbadarabon ellenőrizd, mert a fúró hegyhossza a gyártótól és az élezéstől függően kissé eltérhet.

16.2.9. Technológiai lap: Oszlopos fúrógéppel zsákfurat köldökcsaphoz

Technológiai lap. Cél: 8 mm átmérőjű, 20 mm teljes mélységű zsákfurat készítése tömörfa alkatrészbe köldökcsapos toldáshoz. Köldökcsap: 8 × 35 mm; a hengeres furatmélység mindkét alkatrészben 18 mm (a furatmélység a csap hosszának felénél valamivel nagyobb, így a csap végén kb. 0,5 mm hézag marad; ellenőrizendő: a csap tényleges hossza).

Anyagok: tömörfa alkatrész, alátétfa, hulladék próbadarab.

Szerszámok és gépek: oszlopos fúrógép, 8 mm-es központfúró, gépsatu vagy leszorító, tolómérő, derékszög, mélységmérő.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Fúrás közben a munkadarabot ne kézzel tartsd, hanem fogd be; a furatmélység beállítása előtt a gép legyen leállítva. Kesztyűt ne viselj.

Indítás előtti ellenőrzés: a fúró éles, a tokmányban jól rögzített, a védőburkolat a helyén van, a mélységhatároló csavarja nem laza, a kapcsoló működik, a munkadarab hibamentes.

1. Jelöld be a furathelyet a rajz és a beszerelési méret szerint. – ellenőrzés: a jelölés a két alkatrész illesztési vonalától mérve pontos, a furatközép merőleges az élre.
2. Válaszd ki a 8 mm-es központfúrót, és fogd be a tokmányba. – ellenőrzés: a fúró szára teljesen felfekszik, a tokmánypofák egyenletesen fogják.
3. Állítsd be az asztal magasságát úgy, hogy a fúró ne érje el az asztalt. – ellenőrzés: a fúró hegye a munkadarab felett 20–30 mm-rel van.
4. Fogd be a munkadarabot gépsatuval vagy leszorítóval. – ellenőrzés: kézzel erősen próbálva sem mozdul el, nem billen.
5. Állítsd a mélységhatárolót 20 mm teljes fogásra. – ellenőrzés: próbadarabon készített furat mélysége a hengeres résznél 18 mm, a hegy nyoma 2 mm.
6. Válaszd a fúró átmérőjéhez illő fordulatszámot, majd kapcsold be a gépet. – ellenőrzés: a fúró nem csikorog, a fa nem ég.
7. Fúrd ki a furatot egyenletes, kis előtolással. – ellenőrzés: a munkadarab nem emelkedik fel, a furat éle tiszta.
8. Emeld ki a fúrót, állítsd le a gépet, és ellenőrizd a furatot. – ellenőrzés: átmérő 8 mm, mélység 18 mm a hengeres résznél, a furat merőleges.

9. Tisztítsd meg a furatot és a gépet a forgácstól. – ellenőrzés: a furatban nem marad forgács, a gépasztal tiszta.

16.2.10. Minőségellenőrzés

A fúrt furatot tolómérővel ellenőrizzük: átmérő, mélység és merőlegesség. A merőlegességet derékszöggel és egy egyenes tüskével vizsgáljuk. A tűrés tájékoztató: átmérőnél ±0,2 mm, mélységnél ±0,5 mm, merőlegességnél 1 mm/100 mm. A kézi gyalugép felületén a fogásnyomok nem lehetnek lépcsősek; a felület legyen sima, a gép nyoma egyenletes. Eltérésnél állítsd be újra a fogásmélységet, élezd vagy cseréld a kést, és próbadarabon ellenőrizd.

16.2.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba. Az oszlopos fúrógépből kirepül a munkadarab. Oka: a munkadarab nincs befogva, vagy a fúró a ferde felületen megugrik. Helyes gyakorlat: mindig gépsatuval vagy leszorítóval rögzíts; ferde vagy vékony darabot sablonnal támassz alá.

Hiba. A furat alja és széle égett, sötét. Oka: tompa fúró, túl nagy fordulatszám, túl lassú vagy túl erős előtolás. Helyes gyakorlat: élezd vagy cseréld a fúrót, válts kisebb fordulatszámot, és próbadarabon ellenőrizd.

Hiba. A kézi gyalugép lépcsős felületet hagy. Oka: az első és a hátsó talp nincs párhuzamosan beállítva, a kés ferde, vagy a gép a fogásvégén megbillen. Helyes gyakorlat: állítsd be a talpakat, cseréld be a kést pontosan, és a gép talpa a munka végén is teljes felülettel feküdjön fel.

Hiba. A csavarozott csavar kicsúszik a fejéből, a bit ugrál. Oka: rossz bitméret vagy típus (PH helyett PZ), kopott bit. Helyes gyakorlat: használd a csavarhoz illő, nem kopott bitet, és a csavarozót tengelyirányban tartsd.

16.2.12. Valós életbeli alkalmazás

A tanműhelyben a tanuló polctartó furatokat fúrt oszlopos fúrógéppel egy 18 mm vastag bútorlapba. A mélységhatárolót nem állította be, és a fúró átment a lapon. Az alkatrész elölhátul átfúródott, javíthatatlan lett, a darabot újra kellett szabni. A hiba oka a mélységhatároló hiánya és a próbafurat elhagyása volt. A tanulság: zsákfuratnál mindig állíts be mélységhatárolót, és először próbadarabon fúrj. Ezzel a köldökcsapos és vasalatfuratok is pontosan készíthetők.

16.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A kézi gyalugép fogásmélységét az első talp magasságállításával növeljük. Indokold!
2. Sorolj fel két okot, amiért tilos kesztyűt viselni az oszlopos fúrógép forgó fúrója mellett.
3. Melyik fúrószerszám illik 35 mm átmérőjű, lapos aljú zsákfurathoz zsanérhelynél?
4. Egy fúró átmérője 10 mm, a fordulatszám 2000 1/min. Mennyi a fúróél kerületi sebessége?
5. Miért kell alátétfát használni átmenő fúrásnál?

16.2.14. Feladatok

1. feladat (A). Igaz vagy hamis? a) Az akkus fúró-csavarozó nyomatékbeállítóját a legnagyobb fokozatra kell állítani minden csavarozásnál. b) A kézi gyalugép késtengelyét a kés cseréje előtt érdemes forgatni, hogy könnyebben hozzáférjünk. Válaszod indokold.

2. feladat (A). Nevezd meg, milyen fúrószerszámot választanál 6 mm-es tiplihely készítéséhez, és miért.

3. feladat (B). Számítsd ki, mekkora teljes fogásmélységet állíts be a mélységhatárolón, ha a központfúró hegye 3 mm, és a kívánt hengeres furatmélység 23 mm.

4. feladat (B). Egy 12 mm-es Forstner fúróval 1500 1/min fordulatszámon fúrsz. Számold ki a kerületi sebességet. Hogyan változtass a fordulatszámon, ha a fa égeti a furatot?

5. feladat (C). Az oszlopos fúrógépen a fúrt zsákfurat ferde, és a kilépő oldalon kirojtozódott a fa. A munkadarab a gépasztalon billeg. Milyen hibákat gyanítasz, és mi a helyes megoldás?

6. feladat (D). Készíts technológiai leírást 8 mm-es köldökcsap furatok készítéséhez két tömörfa alkatrészbe oszlopos fúrógéppel. Add meg a szerszámokat, a beállítási adatokat, az ellenőrzési pontokat és a biztonsági szabályokat.

16.2.15. Megoldások

16.2.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A kézi gyalugépen az első talp magasságkülönbsége határozza meg a fogásmélységet; ha az első talpat feljebb állítod, a kés többet vesz le.
2. A kesztyű beakadhat a forgó fúróba, és a kezet magával rántja; továbbá csökkenti a tapintást, így nem érzed, ha a munkadarab megemelkedik vagy a szerszám szorul.
3. Forstner fúró, mert nagy átmérőjű, lapos aljú, tiszta szélű zsákfuratot készít.
4. `v = 10 * π * 2000 / 60000 = 1,05 m/s`.
5. Az alátétfa megvezeti a fúrót a kilépésnél, és megakadályozza a fa rostjainak kirojtozódását.

16.2.15.2. Feladatok megoldása

1. feladat (A). a) Hamis. A nyomatékot az anyaghoz és a csavarhoz illően kell beállítani; túl nagy nyomaték tönkreteszi a csavart vagy besüllyeszti a fejet. b) Hamis. Késcsere előtt a gépet áramtalanítani kell, a késtengelyt reteszelni kell, és csak ezután szabad a csavarokat oldani.

2. feladat (A). Központfúrót (tiplifúró), mert 6 mm-es tiplihelyhez pontos, tiszta szélű, hengeres zsákfurat kell, és a központfúró központhegye megvezeti a fúrót.

3. feladat (B).

Adott: hengeres mélység 23 mm, hegyhossz 3 mm.

Képlet: `M_össz = 23 + 3 = 26 mm`.

Ellenőrzés: a hengeres rész 23 mm mély lesz, a hegy 3 mm-rel mélyebbre hatol. A beállítás után próbadarabon ellenőrizd mérőeszközzel.

4. feladat (B).

Adott: D = 12 mm, n = 1500 1/min.

Képlet: `v = (D * π * n) / 60000`.

Behelyettesítés: `v = (12 * π * 1500) / 60000 = 0,94 m/s`.

Ha a fa ég, élezd vagy cseréld a fúrót, csökkentsd a fordulatszámot, és ne állj meg a furat alján; egyenletes, folyamatos előtolással dolgozz, és gyakran emeld ki a fúrót a forgács eltávolítására (az égés oka a túl kicsi előtolás és a dörzsölés, lásd a Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás alfejezetet).

5. feladat (C). A ferde furat oka lehet, hogy a munkadarab nincs befogva, vagy az asztal nincs merőleges az orsóra. A kirojtozódás oka, hogy a fúró kilépésénél nincs alátétfa, vagy a fúró tompa. Helyes megoldás: fogd be a munkadarabot gépsatuval, ellenőrizd az asztal merőlegességét, használj alátétfát vagy éles fúrót, és próbadarabon ellenőrizd.

6. feladat (D). A technológiai leírás hasonló a fejezet Technológiai lapjához. Szerszámok: oszlopos fúrógép, 8 mm-es központfúró, gépsatu, tolómérő, derékszög, mélységmérő. Beállítás: a fúró 8 mm, a mélységhatároló 20 mm teljes fogásra, ha a hegy 2 mm és a hengeres mélység 18 mm. Ellenőrzés: furatátmérő, mélység, merőlegesség, tiszta szél. Biztonság: befogott munkadarab, kesztyű tilos, a fúró forgása közben a kezet távol tartani, a gép leállítása után ellenőrizni.

16.2.16. Rövid összefoglaló

A kézi gyalugép forgó késtengellyel, az első talp magasságkülönbségével beállított fogásmélységgel dolgozik. Falcoláshoz párhuzamvezetőt és falcmélység-ütközőt használunk. A késcsere csak áramtalanítás, a tengely reteszelése és a gépkönyv szerint végezhető. A kézi fúrógép és az akkus fúró-csavarozó tokmánnyal fogja be a szerszámot; a csavarozónál a fordulatszám és a nyomaték fokozatokkal állítható. A fúrószerszámot a furatfeladathoz választjuk: csigafúró mély furathoz, központfúró tipli- és köldökcsaphelyhez, Forstner nagy átmérőjű zsákfurathoz, süllyesztő csavarfejhez. Az oszlopos fúrógéppel a munkadarabot mindig be kell fogni; a mélységhatárolóval pontos zsákfurat készíthető. Forgó szerszámnál kesztyűt tilos viselni. A furatmélységet a hegy hosszának beszámításával állítjuk be. Ezt a fúrási pontosságot használjuk fel a köldökcsapozáshoz, vasalathelyekhez és a szereléshez a Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok alfejezetben.

16.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Gépkönyvek és gyártói adatlapok: kézi gyalugép, kézi fúrógép, akkus fúró-csavarozó, oszlopos fúrógép.
- Biztonsági szabványok: kézi motoros kéziszerszámok (MSZ EN 62841 sorozat, ellenőrizendő), faipari gépek biztonsága (MSZ EN ISO 19085 sorozat, ellenőrizendő).
- A fordulatszám- és fogásmélységértékek, a furattűrések és a mélységhatároló-beállítások tájékoztató tanulási adatok; a tényleges értékeket a gépkönyv, a fúrógyártó és a műhelyi technológiai utasítás szerint kell ellenőrizni.
- A bit- és fúrótípusok megnevezése a hazai szaknyelv szerint szerepel; a gyártói katalógusokban a jelölés eltérő lehet.

16.3. Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok

16.3.1. Motiváció

A műhelyben gyakori feladat: polc tartásához hornyot kell készíteni egy konyhaszekrény oldallapjában, vagy egy asztallap élére díszíti profilt kell marni. Ilyenkor a nagy, álló alsómaró gép nem mindig kéznél van, vagy a munkadarab túl nagy, nehéz, esetleg a beépített bútor

helyszíni javításakor kell dolgozni. A **kézi felsőmarógép** (gyakori műhelyi neve: felsőmaró, kézimaró) kicsi, hordozható gép, amellyel a szerszámot visszük a munkadarabhoz. A **lamellózó** (laposcsap-marógép) pedig vékony, ovális fa- vagy préselt lemez **laposcsapot** (lamellót) süllyeszt a két összekötendő alkatrész élébe. Ha ezt a két gépet jól be tudod állítani és vezetni, akkor gyorsan, ismételhetően és pontosan készítesz hornyot, falcot, profilt és idegencsapos kötést. Ha rosszul állítod be, a szerszám visszarúg, a horony széle szakadt lesz, a lamellós kötés pedig nem illeszkedik, vagy a laposcsap kilóg.

16.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy kézi felsőmarógépet: alul egy **alaptalp** (talpazat) fekszik a munkadarabon, ezen csúszik a gép. A talpból egy **merülőegység** nyúlik le, benne a függőleges **motortengely**. A tengely végén a **befogópatron** (szorítóhüvely) fogja be a marószerszám szárát. A gép tetején van a **mélységütköző** és a **fordulatszám-szabályozó tárcsa**. A talphoz rögzíthető **párhuzamvezető** (ütközősín), amellyel a munkadarab élével párhuzamosan vezeted a gépet. A munkadarab szélétől adott távolságra így pontos hornyot marnak. A géphez tartozik elszívócsonk is, amelyre porszívót vagy mobil elszívót kötsz.

A lamellózó gép ehhez hasonló, de a talpa elfordítható, és egy kis, speciális **fűrésztárcsa-szerű marótárcsa** vágja a keskeny, félhold alakú hornyot az élbe. A gépet az élhez nyomod, bekapcsolod, a késsel egyszerre bemar a megadott mélységig, majd visszaugrik. A két egymáshoz illesztett alkatrészbe mart horonyba ragasztóval behelyezett laposcsap köti össze a darabokat.

16.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **felsőmarógép** olyan kézi kisgép, amelyben a motortengely függőleges, a marószerszámot befogópatron rögzíti, és a gépet a munkadarab felső felületén, kézzel vezetve forgácsol. A motor a szerszám forgását biztosítja, a **merülőmechanika** pedig lehetővé teszi, hogy a szerszámot a munkadarabba süllyeszd, majd visszaemeld.

Definíció. A **befogópatron** (műhelyi szóval szorítóhüvely) a felsőmaró tengelyében lévő, cserélhető acélhüvely, amely a marószerszám hengeres szárát szorítja meg. A patron átmérőjének pontosan illeszkednie kell a szerszámszár átmérőjéhez. A leggyakoribb szerszámszár-átmérők: 6, 8, 12 mm (tájékoztató érték, a gépkönyv szerint). A patron szorítóanyája a tengely menetére csavarodik, és a szerszámszárat központosan, stabilan fogja.

Szabály. A marószerszámot mindig a befogópatronban kell tökéletesen, központosan rögzíteni. A szerszám szárát legalább a patron hosszának kétharmadáig, de legfeljebb a gyártó által jelölt mélységig szabad behelyezni. A patron anyáját a gyártó által előírt nyomatékkal kell meghúzni. A túl mélyre vagy túl sekélyre fogott szerszám kicsúszhat, rezeghet, és a szerszám töréséhez vagy visszavágódáshoz vezethet.

Definíció. A **merülés** azt jelenti, hogy a felsőmarót a beállított mélységig, a munkadarabba függőlegesen süllyeszted, majd a mélységütköző megfogja a gép talppontját. A **mélységütköző** (mélységállító) a gép oldalán lévő állítható ütköző, amely a marószerszám maximális fogásmélységét határozza meg. A fogásmélységet a szerszám legmélyebb pontjától a talp síkjáig kell mérni. A méréshez használj digitális tolómérőt vagy mélységmérőt, mert a beállított érték pontos marási mélységet ad.

Definíció. A **fordulatszám-szabályozás** lehetővé teszi, hogy a felsőmaró motorjának fordulatszámát a szerszám átmérőjéhez és a munkadarab anyagához igazítsd. A nagyobb szerszámátmérőhöz alacsonyabb fordulatszám tartozik, mert a kerületi (forgácsolási) sebesség így marad a megengedett tartományban. Gyakori állítható tartomány például 10 000–30 000 1/min

(ellenőrizendő: gépkönyv és szerszámgyártó adata). A túl nagy fordulatszám a szerszámot túlmelegíti, a műgyantás bevonatot megégeti, a szerszám élettartamát csökkenti, és növeli a visszavágódás veszélyét. A túl alacsony fordulatszám szakadozott felületet, nagyobb előtolási ellenállást okoz.

Szabvány. A faipari kézi kisgépek, így a felsőmarógép és a lamellózó biztonsági követelményeit a kézi motoros szerszámokra vonatkozó MSZ EN 62841 sorozat tartalmazza (felsőmaró: 2-17. rész – ellenőrizendő; az MSZ EN ISO 19085 sorozat a telepített faipari gépekre vonatkozik). A gépnek a munkahelyen rendeltetésszerűen, a gépkönyv szerint kell működnie. A védőelemeket (forgácsvédő/átlátszó burkolat, talplemez, elszívócsatlakozás, bekapcsolás-reteszelő, a merülőegység visszahúzó rugója) nem szabad eltávolítani. Új gép vásárlásakor elvárás a megfelelőségi jelölés (CE) és a magyar nyelvű használati utasítás (ellenőrizendő: hatályos géprendelet).

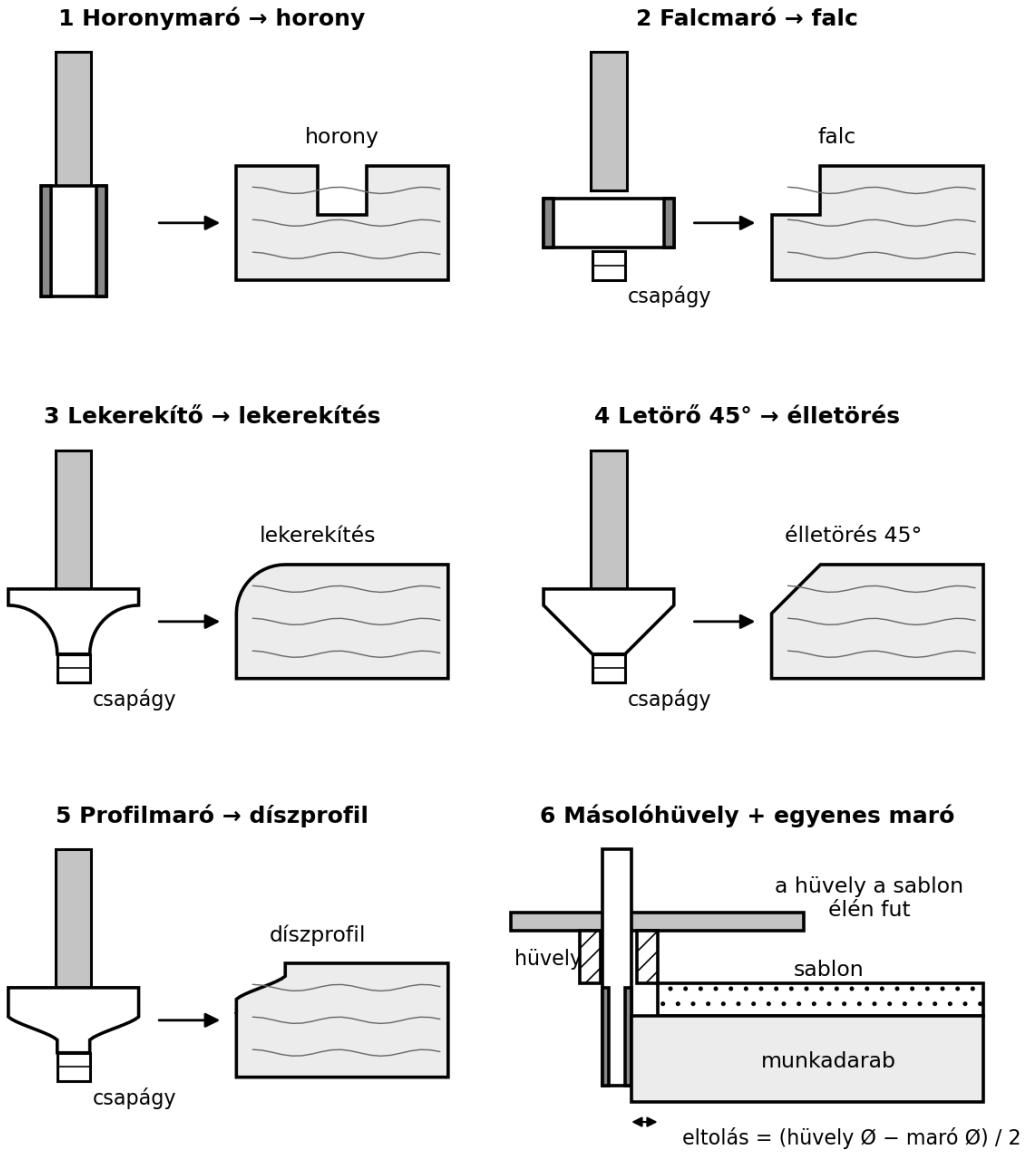
Továbbvitt eredmény. A felsőmarógép és a lamellózó használata nem öncélú: ezek a kézi technikák készítik elő a bonyolultabb Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok készítését, a Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás kiosztását, valamint a gépi CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés szemléletét: ott is a szerszám forog, a munkadarab vagy a szerszám mozog, és a méretek, a vezetés és a fogásmélység pontossága dönt.

16.3.4. Marószerszámok fajtái és kiválasztása

A felsőmaró szerszámai leggyakrabban forrasztott **keményfém (HW) élű** marók, ritkábban cserélhető lapkás marók, de vannak gyorsacél (HSS) szerszámok is. A keményfém (jelölése a gyártói katalógusban gyakran HW) kopásállóbb, és nagyobb fordulatszámon, hosszabb éltartammal dolgozik, azonban ütésre ridegebb. A HSS szerszám élesebb lehet, de faipari használatban a keményfém a gyakoribb.

A leggyakoribb típusok:

- **Egyenes horonymaró:** hengeres test, az alaplapon is vág, a szár felé haladva hengeres profilú hornyot marnak. Ideális polc-, hátlap- vagy vezetőhornyokhoz.
- **Falcmaró:** a szerszám lépcsőzetes, a munkadarab éléből egyenes falcot (lépcsőt) marnak. Van csapágyas változata is, amely az élen gurul, és így a falc szélessége pontosan beállítható.
- **Profilmaró:** élprofilokat (például rádiusz, élhajlítás, csőr, hullám) marnak, gyakran **csapágyas élmaró**. A szerszám alján lévő kis csapágy a munkadarab élén fut, így a profilmélység és a vezetés egyszerű. A csapágy lehet cserélhető méretű, így a profil mélysége változtatható.
- **Horonymaró vezetőgyűrűhöz:** az egyenes horonymaró akkor is használható, ha sablont használsz, de a szerszám átmérője és a vezetőgyűrű belső átmérője közötti különbséget számításba kell venned.



16.10. ábra. Felsőmarók oldalnézetben és a kapott profilok: horony, falc, lekerekítés, élletörés, díszprofil; sablonmarás másolóhüvellyel

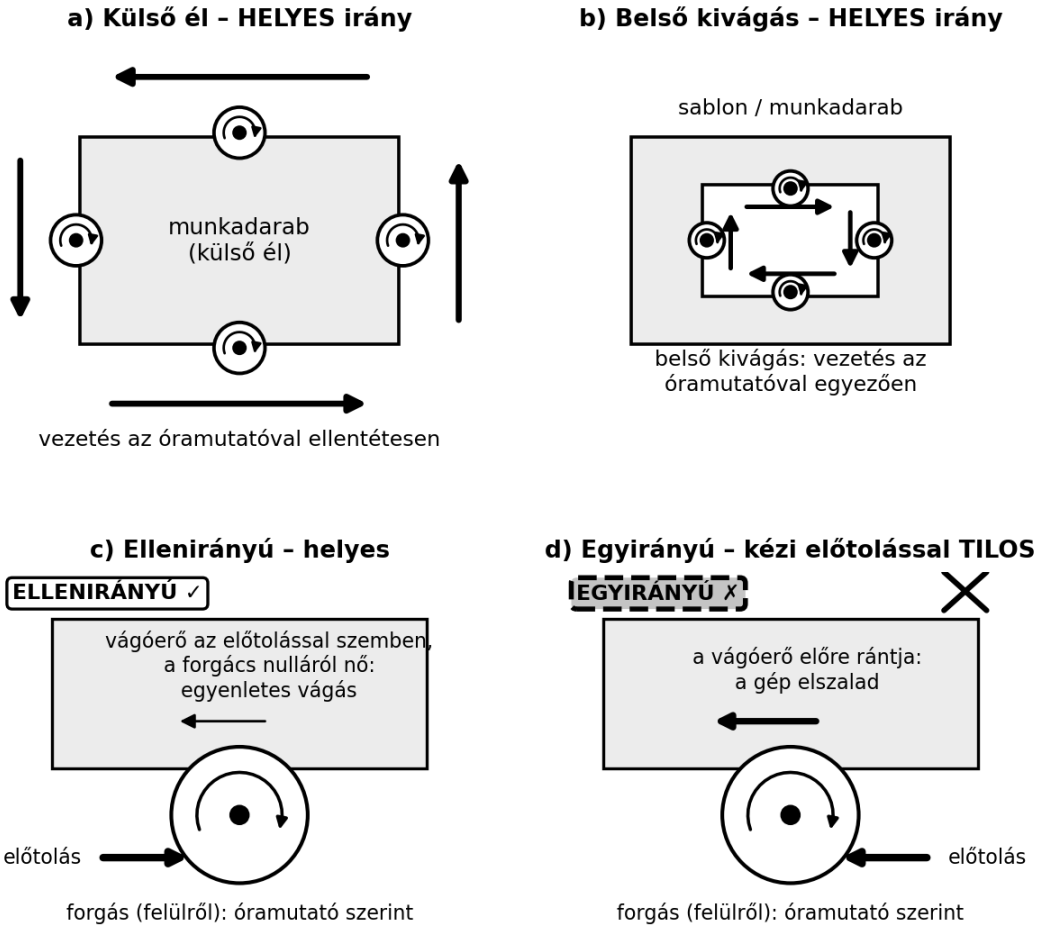
Megjegyzés. Néhány szerszám **nem merülő** kivitelű: csak a munkadarab széléről indítható. A felsőmarógép merülőmechanikájával a szerszámot csak akkor süllyesztheted a felületbe, ha a szerszám alaplapja is vág. A csapágyas élmarókat általában a munkadarab élére vezetik, és nem a lap belső részébe süllyesztik. Mielőtt munkát kezdesz, ellenőrizd a szerszám típusát, az alaplapi vágóélt és a gyártói jelölést.

Szabály. A marószerszámot mindig a **gyártó által megengedett fordulatszámra** kell beállítani, és nem szabad a szerszámon jelzett maximális fordulatszámot túllépni. A szerszámon, a csomagoláson és a gépkönyvben is jelzik például a `max 24 000 min⁻¹` értéket (a pontos jelölés szerszámgyártótól függ). A megengedett fordulatszám függ a szerszám átmérőjétől, a felépítésétől és a kiegyensúlyozottságától.

16.3.5. Marási típusok: horony, falc, élprofil, sablon szerinti marás

Horony készítésekor a szerszámot a munkadarab belső felületébe süllyeszted, majd a megadott hossz mentén vezeted. A horony lehet átmenő vagy zsákhorony (csak az egyik vége nyitott, a másik zárt). **Falc** (lépcső) a munkadarab szélénél vagy hátoldalán készül, és a hátlap, üveg vagy furnér beillesztésére szolgál. **Élprofil** a munkadarab élének díszítését vagy lekerekítését jelenti. **Sablon szerinti marás** esetén egy előre elkészített, pontos sablonlemezt (általában MDF-ből vagy rétegelt lemezből) erősítenek a munkadarabra, és a sablon belső vagy külső éléhez vezetőgyűrűvel vagy sabloncsúszkával követve marnak. Ez a módszer ismétlődő, bonyolult íveknél és szerelvényhelyeknél (például pántfészkek) ad pontosságot.

Szabály. A felsőmaróval **mindig ellenirányú marást** alkalmazz, ha kézi előtolással dolgozol. Ez azt jelenti, hogy a munkadarabot a szerszám forgásával ellentétes irányba kell tolni. A felsőmaró szerszáma felülről (a gép felől) nézve az óramutató járásával megegyezően forog (ellenőrizendő: gépkönyv). Ellenirányú marásnál ezért a munkadarab külső éle mentén az óramutatóval **ellentétesen** haladj (egyenes élnél, a munkadarab előtt állva, balról jobbra), belső kivágásban és sablon belső élén pedig az óramutatóval **egyezően**. Az ellenirányú marás egyenletesebben forgácsol, és a szerszám nem „rántja el” a gépet a munkadarabon. Az egyirányú marás – azaz a szerszám forgásirányával megegyező tolás – kézi előtolásnál **tilos**, mert a gép könnyen elszalad, visszavág, és a munkadarab is sérül.



16.11. ábra. Marási irány felülnézetben: külső élen az óramutatóval ellentétesen, belső kivágásban az óramutatóval egyezően kell vezetni; az egyirányú marás kézi előtolással tilos

Az ábrán a szerszám felülről nézve az óramutató járásával egyezően forog (a gépen nyíl jelzi). Ezért a külső élen a gépet az óramutatóval ellentétesen, belső kivágásban és sablonban az óramutatóval egyezően vezetjük körbe.

16.3.6. A felsőmarógép beállítása és horonymarás lépései

A felsőmarós művelet mindig szerszámválasztással és beállítással kezdődik. A beállítás lépései:

1. **Válaszd ki a szerszámot** a kívánt horony, falc vagy profil szerint. Ellenőrizd az átmérőt, a vágóhosszt, a szár átmérőt és a megengedett fordulatszámot.
2. **Állítsd be a befogópatrort.** A megfelelő patronméretet a szerszámszár átmérője határozza meg. A patront a tengelybe illesztve, a szerszámot a jelzett mélységig behelyezve rögzítsd a patron anyáját. **Szerszámcserét mindig kihúzott hálózati csatlakozó, vagy lekapcsolt akku mellett végezz.**
3. **Állítsd a fordulatszámot.** A szerszámgyártó táblázata vagy a gépkönyv alapján válassz fordulatszámot. Tájékoztató érték: kis átmérőjű (6 mm alatti) horonymaróhoz 24 000–30 000 min^{-1}, közepes (12–20 mm) profilmaróhoz 18 000–22 000 min^{-1}, nagyobb átmérőjű (20 mm feletti) maróhoz 12 000–18 000 min^{-1} (ellenőrizendő: gyártói adat).
4. **Állítsd a fogásmélységet.** Lazítsd a mélységütközőt, állítsd a kívánt méretre, majd próbamarást végezz hulladékdarabon. Mérd meg a horony mélységét, és szükség esetén finomíts.
5. **Rögzítsd a párhuzamvezetőt vagy vezetőgyűrűt** a munkadarab éléhez képest. A párhuzamvezetőt a horony tengelytávolságának megfelelően állítsd be, és húzd meg a rögzítőcsavarokat.
6. **Fogd be a munkadarabot.** A munkadarabot csavaros szorítóval, gyorskötözővel rögzítsd a munkaasztalhoz, hogy ne csússzon el. A munkadarab alá tegyél alátétet, hogy a szerszám ne érje el az asztallapot.
7. **Kapcsold be az elszívást.** A felsőmaró elszívócsonkját kösd mobil porszívóhoz vagy műhelyi elszívórendszerhez. Műgyanta tartalmú lapoknál és keményfaanyagnál mindig használj elszívást.
8. **Kétkezes vezetéssel** indítsd a gépet, majd a szerszámot a munkadarabba süllyesztve, a forgásiránnyal ellentétes irányba, egyenletes sebességgel vezesd. **Soha ne tolj túl gyorsan**, mert a horony széle szakadt lesz, és a gép visszaránt. **Soha ne tolj túl lassan sem** hosszú időn át, mert a szerszám túlmelegszik, a műgyanta megég.
9. **A vágás végén** először a mélységütközőt engedd vissza, emeld ki a szerszámot a munkadarabból, majd kapcsold ki a motort. A szerszámot csak teljes leállás után tedd le.

16.3.7. Lamellózó (laposcsap-marógép)

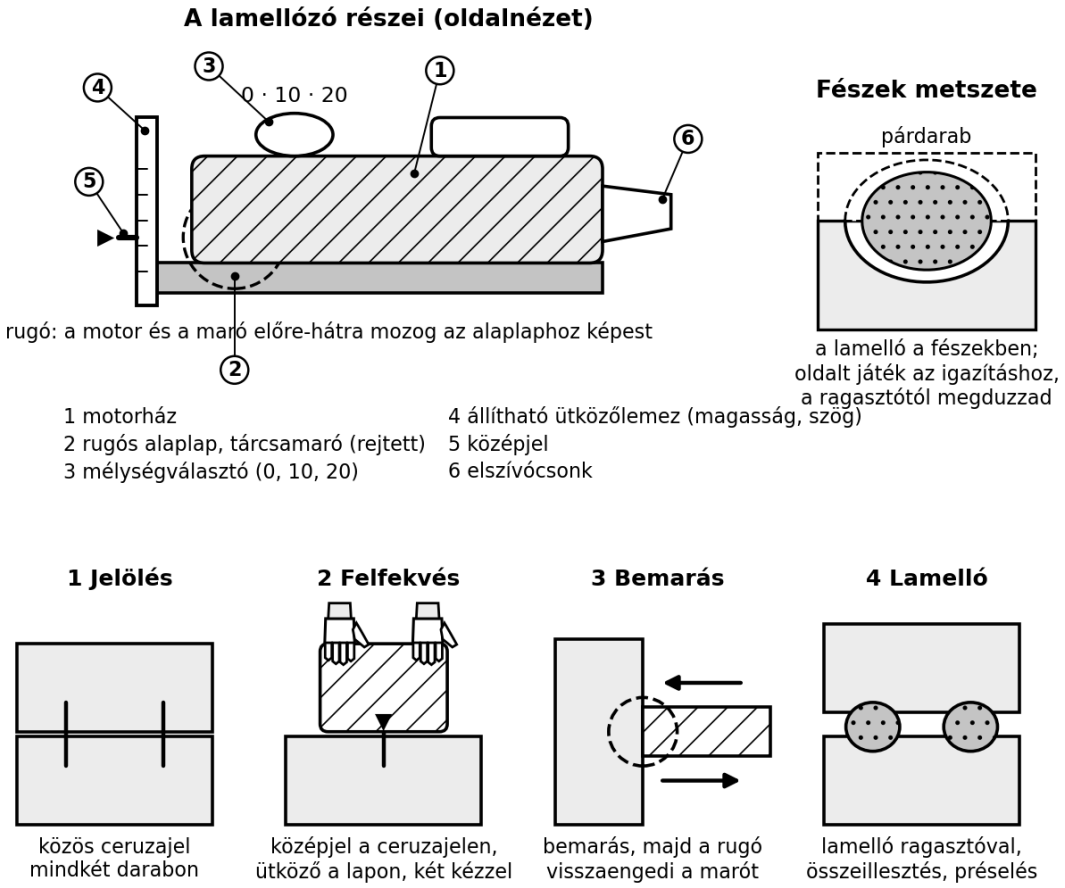
A **lamellózó** olyan kézi kisgép, amely a munkadarab éléből félhold alakú, keskeny hornyot mar, ebbe illesztenek **laposcsapot** (lamellót). A laposcsap vékony, ovális alakú, préselt bükkfából vagy rétegelt, ragasztott anyagból készül. A hornyot a gépben lévő kis **marótárcsa** vágja, amelyet a gép talpához képest az élre kell szorítani.

A lamellózó beállítása:

- A talp **szögbeállítható** (0–90°), így a horony az élhez képest különböző szögben marnak.
- A **mélységütköző** határozza meg, milyen mélyre vágjon a tárcsa. A laposcsap szélességének fele + kb. 1 mm ragasztóhézag a szokásos fogásmélység (tájékoztató).
- A gép elülső **ütközőbordája** az élhez simul, és a horony magassági helyzetét állítja.

- A **középpont-állító** vagy a talpon lévő jelölés segít abban, hogy a horonyt a kívánt helyre, például a két alkatrész közötti csomópontba igazítsd.

A leggyakoribb laposcsapok a 0 (kb. 47 × 15 mm), a 10 (kb. 53 × 19 mm) és a 20 (kb. 56 × 23 mm) méretűek; a szám típusjelölés, nem mm-ben megadott hossz. A vastagságuk kb. 4 mm (ellenőrizendő: gyártói katalógus). A legkisebb, „0”-ás a vékony élhez, a 10-es a közepes sarok- és T-kötésekhez, a 20-as a szélesebb alkatrészekhez való. A mélységet a csap szélességére kell állítani: a horonymélység a csap szélességének fele + kb. 1 mm (pl. 20-as csapnál 23/2 + 0,8 ≈ 12,3 mm).



16.12. ábra. A lamellózó részei, a fészek metszete és a fészekmarás négy lépése

Szabály. A lamellózóval **sarok- és T-kötést** is készíthetsz. Sarokkötésnél (pl. keret sarok, káva sarok) mindkét alkatrész élére marj hornyot, a csapot ragasztóval behelyezed, a két darabot összeilleszted és préseled. T-kötésnél a betoldott alkatrész élébe és a másik alkatrész lapjába marj hornyot, a csap a lap síkjára merőlegesen köti össze a darabokat. A laposcsap megvezeti a két alkatrészt, és ragasztóval együtt erős, alaktartó kötést ad.

16.3.8. Számítás: forgácsolási sebesség és fordulatszám

A felsőmaró szerszámának forgácsolási sebességét ugyanaz a képlet adja, mint más forgácsoló gépeknél:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$$

ahol v a forgácsolási sebesség (m/s), D a szerszámátmérő (mm), n a fordulatszám (min^{-1}).

A felsőmarók kis szerszámátmérője miatt a vágási sebesség a legnagyobb fordulatszámon is csak kb. 15–30 m/s (tájékoztató, ellenőrizendő: szerszámgyártó). A számítás célja annak ellenőrzése, hogy nagy átmérőjű szerszámnál (pl. 50–80 mm-es profilmaró) a fordulatszámot **csökkenteni** kell, mert a kerületi sebesség és a röpítőerő gyorsan nő. A döntő feltétel mindig: $n \le n_{\max}$, a szerszámon jelölt legnagyobb fordulatszám.

Példa. Egyenes horonymaró átmérője $D = 12\,\mathrm{mm}$, a gép fordulatszáma $n = 24\,000\,\mathrm{min}^{-1}$. Mennyi a forgácsolási sebesség?

$$v = \frac{12 \cdot \pi \cdot 24\,000}{60\,000} = \frac{904\,778{,}7}{60\,000} \approx 15{,}1\,\mathrm{m/s}$$

Ez a felsőmarón szokásos érték; a fordulatszám emelése csak akkor szóba jöhet, ha $n \le n_{\max}$. Összehasonlításul $30\,000\,\mathrm{min}^{-1}$-nél:

$$v = \frac{12 \cdot \pi \cdot 30\,000}{60\,000} \approx 18{,}8\,\mathrm{m/s}$$

Ez is a szokásos tartományban van. Megjegyzés: a nagyobb átmérőjű szerszámot alacsonyabb fordulatszámon kell járatni, hogy a kerületi sebesség és a röpítőerő biztonságos maradjon. A gyártói katalógus gyakran megadja az ajánlott fordulatszámot az adott átmérőhöz.

A felsőmaró előtoló sebességét kézzel szabályozod, de számítható:

$$v_e = n \cdot z \cdot e_z$$

ahol v_e az előtoló sebesség (mm/min), n a fordulatszám (min^{-1}), z a vágóélek száma (fogszám), e_z a fogankénti előtolás (mm). Felsőmarónál a kézi előtolás miatt az értékek csak irányadók. Ha például $n = 20\,000\,\mathrm{min}^{-1}$, $z = 2$, $e_z = 0{,}1\,\mathrm{mm}$, akkor $v_e = 20\,000 \cdot 2 \cdot 0{,}1 = 4\,000\,\mathrm{mm/min} = 4\,\mathrm{m/min}$. Ezt kézzel nehéz pontosan tartani, de érzésre ez az egyenletes, nem erőltetett toláshoz hasonlít.

16.3.9. Biztonság

Gépbiztonság. A felsőmarógép és a lamellózó nagy fordulatszámú, éles forgó szerszámmal dolgozik. **A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd.** A felsőmarón a talp, a védőburkolat, a merülőmechanika és az elszívócsatlakozás védőelem. A lamellózón a talp, a visszahúzó rugós burkolat és az elszívócsatlakozás véd. **Egyéni védőeszközök:** védőszemüveg, hallásvédelem (zajos), fapor ellen FFP2 vagy FFP3 légzésvédő (jelölve: a munkahelyi porértékelés szerint), szűk mandzsettájú, laza ujj nélküli ruha, hosszú haj összekötve. **Kesztyűt forgó szerszám közelében tilos viselni**, mert behúzhatja a szerszám.

Tilos a felsőmarót a szerszám forgásirányával megegyező irányba tolni (egyirányú marás kézi előtolással), védőburkolat nélkül dolgozni, a munkadarabot kézzel támasztani a szerszám közelében, a gépet a szerszám bekapcsolása után süllyeszteni a munkadarabba úgy, hogy a munkadarab nincs rögzítve, és a szerszámot a betonpadlóhoz vagy fémhez érni. A gépet mindig két kézzel fogva kell vezetni, és a munkadarabot stabilan rögzíteni kell.

16.3.10. Technológiai lap

Technológiai lap. Felsőmarós horonymarás polc tartására, egyenes horonymaróval.

- **Cél:** 18 mm vastag polc befogadására 18,2 mm széles (a polc tényleges vastagságára mért), 6 mm mély keresztirányú zsákhorony az oldallapban, a lap elülső élétől 20 mm-re végződve. A 12 mm-es maróval két menet kell: vezetőléc mentén, majd a vezetőlécet 6,2 mm-rel áthelyezve (vagy 18 mm-es maróval egy menet).
- **Anyag:** 18 mm vastag laminált forgácslap, hulladék próbaanyaggal.
- **Gépek, szerszámok:** felsőmarógép, 12 mm-es egyenes horonymaró (szár 8 mm), 20 mm-es párhuzamvezető, elszívó, gyorskötöző, tolómérő, mélységmérő, ceruza, hulladék próbalap.
- **Egyéni védőeszközök:** védőszemüveg, fapor elleni légzésvédelem, hallásvédelem. Laza ruha és kesztyű nélkül.

Indítás előtti ellenőrzés: a gép kábele ép, a patron és a befogóanya tiszta és sértetlen, a szerszám éles, a szár nem repedt, a fordulatszám a szerszámgártói érték szerint beállítva, az elszívó működik, a munkaterület tiszta és száraz.

Lépések:

1. Helyezd a munkadarabot az asztalra, és jelöld be a horony helyét: a polc alsó síkjának magasságában, szélesség 18,2 mm, a hosszirányban keresztben futva, az elülső éltől 20 mm-re végződve. – Ellenőrzés: a jelölés vonala éles, a horony két vége zárt (zsákhorony).
2. Fogd be a szerszámot a patronba, húzd meg az anyát. – Ellenőrzés: a szerszám nem mozdul, a patron be van illesztve.
3. Állítsd be a fordulatszámot a gyártói ajánlás szerint (12 mm-hez pl. 18 000–22 000 min^{-1}, ellenőrizendő; mindig $n \le n_{\max}$). – Ellenőrzés: a tárcsa a megfelelő állásban van.
4. Állítsd be a mélységütközőt 6 mm-re. – Ellenőrzés: mélységmérővel mérve a szerszám legmélyebb pontja 6 mm a talp alatt.
5. Szorítsd fel a vezetőlécet a horony vonalával párhuzamosan, a talp szélének és a maró élének távolságával eltolva; a második menethez a vezetőlécet told el 6,2 mm-rel. – Ellenőrzés: mérőszalaggal vagy tolómérővel ellenőrzött távolság.
6. Végezz próbamarást hulladéklapon. – Ellenőrzés: a horony mélysége 6 mm, szélessége 18,2 mm, a szélek épek, nincs szakadás.
7. Ha a próba jó, rögzítsd a munkadarabot gyorskötözővel, kösd be az elszívást, és két kézzel indítsd a gépet. Süllyeszd a szerszámot a jelölt kezdőponton, majd vezesd az ellenirányú marással a záró vonalig. – Ellenőrzés: a gép nem rángat, a horony folytonos.
8. A záró vonalnál emeld ki a szerszámot, kapcsold ki a motort, majd a szerszám leállása után tedd le a gépet. – Ellenőrzés: a horony tiszta, a zárt vége derékszögű.
9. Nap végén áramtalanítsd a gépet, tisztítsd meg a talpat és a patron környékét, és a szerszámot vedd ki a patronból. – Dokumentálás: munkanaplóban feltüntetni a szerszámot, a beállításokat, a minőségi észrevételeket.

16.3.11. Minőségellenőrzés

A kész hornyot, falcot vagy profilt mindig ellenőrizd:

- **Mélység:** mélységmérővel vagy a horonyba illesztett mérőhasábbal. Tűrés: tájékoztató ±0,2 mm, gépi munkánál ±0,1 mm (ellenőrizendő: műszaki rajz).
- **Szélesség:** tolómérővel vagy a polc vastagságával való próbával. Tűrés: a polcnak vagy betétnek kis erővel, de hézagmentesen kell illeszkednie.

- **Horonyvonal:** párhuzamvezetővel dolgozva a horony tengelye a lap szélével párhuzamos. Eltérés legfeljebb 0,2 mm/300 mm (tájékoztató).
- **Felület:** a horony oldalai simák, élek szakadásmentesek. A laminált felületen nincs kiütés, égésnyom vagy gyantafolt.
- **Lamellós kötésnél:** a laposcsap a horonyba közepesen feszesen illeszkedik, nem lötyög, de kézzel behelyezhető. A két alkatrész összeillesztve egy síkban van, a csap nem látszik ki.

Ha eltérést találsz, ne erőltesd az összeillesztést. Először a beállítást javítsd, próbamarást végezz, és csak utána módosítsd a kész alkatrészt.

16.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A horony széle szakadozott, a felület kirostosodott.** Ok: tompa szerszám, túl nagy előtoló sebesség, vagy a fordulatszám túl alacsony a szerszámátmérőhöz. Megoldás: élezd vagy cseréld a szerszámot, válassz nagyobb fordulatszámot, és lassabban, egyenletesen tolj.
2. **A gép visszaránt, a horony kiszalad a jelölésből.** Ok: egyirányú marást használtál (a forgásiránnyal megegyező irányba toltad a gépet), vagy a munkadarab nem volt rögzítve, és a szerszám a száliránnyal ellenkező oldalon megragadt. Megoldás: mindig ellenirányú marást használj, a darabot rögzítsd szorítóval, és a párhuzamvezetőt szorosan fogd.
3. **A marószerszám kicsúszik a patronból, vagy a befogóanya nem szorít.** Ok: rossz patronátmérő, nem megfelelően behelyezett szár, szennyezett patron, vagy a patron és a szerszámszár nem kompatibilis. Megoldás: a megfelelő patronméretet használd, a patront és a szárat tisztítsd meg, a szerszámot a jelzett mélységig illeszd be, és a szorítóanyát a gyártó szerint húzd meg.
4. **A lamellós kötésnél az illesztés nem záródik, a csap kilóg, vagy a két él nem egy síkban van.** Ok: a horony mélysége nem egyforma a két alkatrészen, a gép talpa nem az élhez simult, vagy a csap hossza nem megfelelő. Megoldás: a mélységütközőt mindkét oldalon azonosan állítsd be, az ütközőbordát tartsd az élhez, és ellenőrizd a laposcsap méretét.

16.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy felújítási munkánál a beépített szekrény egyik polctartó fala megsérült, és a helyszínen kellett új hornyot marni, mert a bútort nem lehetett elszállítani. Az asztalos felsőmarógéppel dolgozott. A szerszám 12 mm-es horonymaró volt, a horony mélysége 6 mm. Az első próbán a laminált felület széle kipattogzott, mert a szerszám tompa volt, és az asztalos túl gyorsan tolta a gépet. Ráadásul a munkadarabot nem rögzítette, hanem a térdével támasztotta, így a horony kissé hullámos lett. A hibát úgy javította, hogy éles szerszámot tett be, a munkadarabot szorítóval stabilan rögzítette, visszavette az előtolást, és a beállított párhuzamvezetővel újra marja a hornyot. A polc utána pontosan illeszkedett, a felület tiszta maradt. Tanulság: a felsőmarónál a bevonatos lapokon különösen fontos az éles szerszám, a stabil rögzítés és az egyenletes, ellenirányú előtolás.

16.3.14. Önellenőrzés

Válaszolj a kérdésekre, majd nézd meg a Megoldások elején.

1. Igaz vagy hamis? A felsőmaróval a szerszám forgásirányával megegyező irányba kell tolni a gépet. Indokold röviden.
2. Milyen feladata van a befogópatronnak?

3. Mi a különbség a horony és a falc között?
4. Egy 16 mm átmérőjű, legfeljebb 24 000 min^{-1} fordulaton használható maróval mekkora a maximális forgácsolási sebesség? Képlettel számold ki.
5. Miért kell a munkadarabot mindig rögzíteni felsőmarás közben?
6. Mire való a laposcsap (lamelló) a kötésben?

16.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a felsőmarógép legfontosabb beállítási elemeit, és magyarázd el egy mondattal, miért kell azokat ellenőrizni a munka előtt.

2. feladat (A) Egy 20 mm átmérőjű profilmaróval 20 000 min^{-1} fordulaton dolgozol. Számítsd ki a forgácsolási sebességet m/s-ban. A kapott érték alapján ítéld meg, hogy megfelel-e a felsőmarón szokásos kb. 15–30 m/s tájékoztató tartománynak, és mi a döntő feltétel!

3. feladat (B) Adott egy 12 mm-es egyenes horonymaró, amely kétélű ($z = 2$). A fordulatszám 24 000 min^{-1}, a fogankénti előtolás 0,08 mm. Számítsd ki az elméleti előtoló sebességet mm/min-ben és m/min-ben. Miért csak irányadó ez az érték kézi felsőmarónál?

4. feladat (B) Leírás alapján határozd meg, milyen marási műveletet kell végezni: „A munkadarab élére 3 mm sugarú lekerekítést kell marni, a szerszám alján csapágy fut az élen.” Milyen szerszámot választasz, és milyen vezetési elvet alkalmazol?

5. feladat (C) Egy beépített polc oldallapjába zsákhornyot kell marni. A polc hosszú, a lap csak hátul érhető el. Milyen sorrendben, milyen eszközökkel készíted el a hornyot, hogy pontosan párhuzamos legyen a lap szélével? Részletezd a felsőmaró beállítását, a vezetést és az ellenőrzést!

6. feladat (D) Egy káva sarkánál lamellós sarokkötést készítesz. 20-as laposcsapot használsz ($56 \times 23 \times 4$ mm). Hány mm mélyre kell marni a hornyot mindkét alkatrész éléből, ha a ragasztóhézag 0,8 mm? Számítsd ki, majd írd le a lamellózó beállításának lépéseit, és fogalmazd meg az ellenőrzési pontokat!

16.3.16. Megoldások

16.3.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Kézi felsőmarónál mindig ellenirányú marást kell használni, vagyis a szerszám forgásirányával ellentétes irányba tolni a gépet. Így a szerszám nem szalad el, a vágás egyenletes, és a visszavágódás veszélye kisebb.
2. A befogópatron a felsőmaró tengelyében lévő cserélhető hüvely, amely a marószerszám hengeres szárát központosan, stabilan szorítja. A patron átmérője pontosan illeszkedik a szerszámszár átmérőjéhez.
3. A **horony** a munkadarab belső felületébe mart csatorna, amely lehet átmenő vagy zsákhorony. A **falc** a munkadarab szélén vagy hátoldalán lévő lépcső, amelybe üveget, hátlapot vagy furnért illesztenek.
4. $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000} = \frac{16 \cdot \pi \cdot 24\,000}{60\,000} = \frac{1\,206\,371{,}6}{60\,000} \approx 20{,}1\ \text{m/s}$. Ez a felsőmarón szokásos érték. A döntő feltétel: $n \le n_{\max}$ (a szerszámon jelölt legnagyobb fordulatszám, itt 24 000 1/min); a gyártói adat dönt.
5. A munkadarabot rögzíteni kell, mert a felsőmaró nagy fordulatszámú szerszáma a vágás közben erőt fejt ki a darabra. Ha a munkadarab elmozdul, a horony görbe lesz, a gép visszaránt, vagy a szerszám kiugrik a hornyából, és balesetet okoz.

6. A laposcsap (lamelló) megvezeti a két összekötendő alkatrészt, ragasztóval együtt erős, alaktartó kötést ad, és segít a pontos illesztésben. A laposcsap duzzadva (a ragasztó nedvességétől) szorosan kitölti a hornyot.

16.3.16.2. Feladatok megoldása

1. (A) A felsőmarógép beállítási elemei: befogópatron (szerszámszár rögzítése), fordulatszám-szabályozó (a szerszámátmérőhöz igazított fordulatszám), mélységütköző (a fogásmélység beállítása), párhuzamvezető vagy vezetőgyűrű (a horony távolságának és vezetésének beállítása), elszívócsatlakozás (porelszívás). Mindegyiket azért kell ellenőrizni, mert a helytelen beállítás rossz méretet, sérült felületet, szerszámtörést vagy balesetet okozhat.
2. (A) $D = 20\,\text{mm}$, $n = 20\,000\,\text{min}^{-1}$. $v = \frac{20 \cdot \pi \cdot 20\,000}{60\,000} = \frac{1\,256\,637}{60\,000} \approx 20{,}9\,\text{m/s}$. Ez a felsőmarón szokásos érték (kb. 15–30 m/s). A döntő feltétel $n \leq n_{\max}$; a megengedett fordulatszámot a szerszám jelölése és a gyártói adatlap adja.
3. (B) $n = 24\,000\,\text{min}^{-1}$, $z = 2$, $e_z = 0{,}08\,\text{mm}$. $v_e = n \cdot z \cdot e_z = 24\,000 \cdot 2 \cdot 0{,}08 = 3\,840\,\text{mm/min} = 3{,}84\,\text{m/min}$. Kézi felsőmarónál az érték azért irányadó, mert az előtolást a kezünk szabályozza, és nem tudunk állandó sebességet pontosan tartani. Ráadásul a forgánkénti előtolás a munkadarab anyagától, a szerszám élétől és a marási iránytól is függ.
4. (B) **Élprofil marása** csapágyas élmaróval. A szerszám alján lévő csapágy a munkadarab élén gurul, így a profilmélység automatikusan állandó, és a gépet az él mentén kell vezetni. **Ellenirányú marást** alkalmazz, a munkadarabot rögzítve, és elszívást csatlakoztatva.
5. (C) A zsákhorony készítése felsőmaróval, hosszú, beépített polc oldallapjánál: először jelöld be a horony kezdő- és záróvonalát, a párhuzamvezetőt állítsd be a kívánt távolságra (a lap szélétől mérve), és húzd meg. A mélységütközőt állítsd be a kívánt mélységre, próbamarást végezz hulladékon. A munkadarabot gyorskötözővel rögzítsd, mert a hátul elérhető lap is csak stabil rögzítéssel marad egyenes. A felsőmarót a horony kezdővonalánál süllyeszd a felületbe, majd az ellenirányú marás irányát betartva vezesd a záróvonalig. Ott emeld ki a szerszámot, kapcsold ki a motort, és ellenőrizd a horony mélységét, szélességét, párhuzamosságát. Ha a horony nem párhuzamos, a párhuzamvezető beállítását korrigáld.
6. (D) A horony mélysége: a laposcsap szélességének fele plusz ragasztóhézag: $23\,\text{mm}/2 + 0{,}8\,\text{mm} = 11{,}5 + 0{,}8 = 12{,}3\,\text{mm}$ alkatrészenként. **Mindkét alkatrészen ugyanekkora mélységet kell beállítani.** Lamellózó beállítás: a gép mélységütközőjén állítsd be a 12,3 mm-t, az ütközőbordát az élhez illeszted, a talp szögét 90°-ra állítod. A horonyvágás után ellenőrizd a horony mélységét, a laposcsap illeszkedését: a csap félig behelyezhető, nem lötyög, és a két alkatrész összeillesztve egy síkban van. A ragasztó felhordása után a csapot helyezd be, illeszd össze az alkatrészeket, és préseld. **Fontos:** a ragasztó kötési ideje alatt ne mozgasd a darabot, és a préselési nyomást a gyártó szerint állítsd be (tájékoztató értékek, ellenőrizendő a ragasztó adatlapja).

16.3.17. Rövid összefoglaló

A **felsőmarógép** nagy fordulatszámú, függőleges tengelyű kézi marógép. A szerszámot **befogópatron** rögzíti, a fogásmélységet **mélységütköző**, a horony távolságát **párhuzamvezető** vagy **vezetőgyűrű** szabályozza. A fordulatszámot a szerszámátmérőhöz kell igazítani, a gyártói megengedett értéken belül. A marási típusok: **horony, falc, élprofil** és **sablon szerinti marás**. Kézi előtolásnál **mindig ellenirányú marást** kell alkalmazni. A marószerszámokat kizárólag

a patronban, a szár méretéhez illeszkedően, a gyártó szerinti fogásmélységgel szabad rögzíteni. A **lamellózó** (laposcsap-marógép) félhold alakú hornyot mar az élen, amelybe ragasztóval **laposcsapot** (lamellót) helyeznek; a kötés sarok- és T-kötésben is használható. A legfontosabb biztonsági szabályok: a munkadarabot rögzítsd, a gépet két kézzel vezesd, az elszívást kösd be, viselj védőszemüveget és légzésvédőt, kesztyűt ne viselj, és a szerszámot csak áramtalanított gépen cseréld. **Továbbvitt eredmény:** a felsőmaró és a lamellózó műveletei alapozzák meg a Kézi csiszológépek, kisgépes elszívás és pneumatikus kisgépek, a Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok és a Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás gyakorlatát.

16.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari kézi kisgépek gépkönyvei, marószerszám-gyártók katalógusai, faipari szakkönyvek, munkavédelmi és gépi biztonsági előírások (MSZ EN ISO 19085 sorozat, illetve a hatályos géprendelet – ellenőrizendő). A megadott fordulatszám-tartományok, előtolási értékek, fogásmélység és patronméretek tájékoztató jellegűek, mindig a gépkönyv és a szerszám adatlapja szerint kell ellenőrizni. A fapor elleni légzésvédelem osztálya a munkahelyi kockázatértékeléstől függ (ellenőrizendő: FFP2/FFP3). Az egyéni védőeszközök használatát a vegyi anyagok biztonsági adatlapjával és a műhely belső szabályzatával együtt kell alkalmazni.

16.4. Kézi csiszológépek, kisgépes elszívás és pneumatikus kisgépek

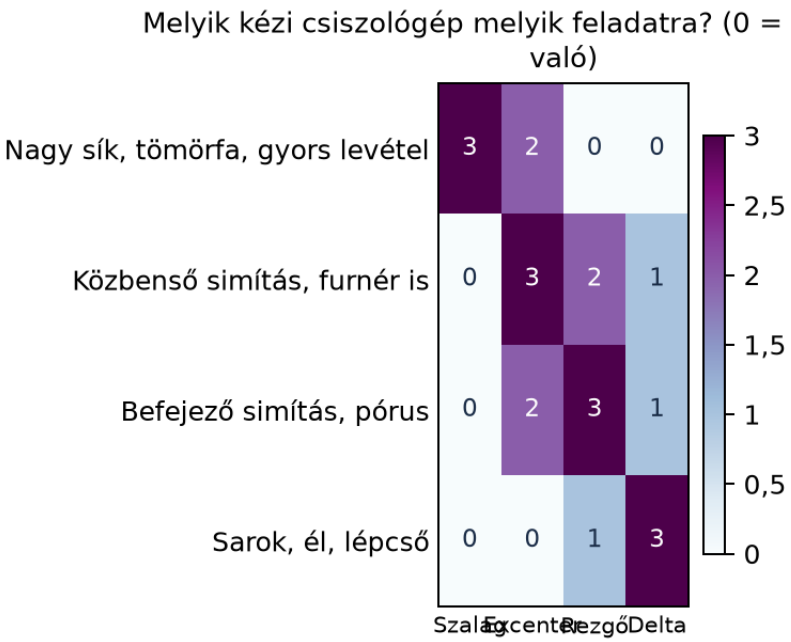
16.4.1. Bevezetés: Miért kell a kézi csiszológépeket, elszívókat és pneumatikus kisgépeket ismerni?

Egy asztalos műhelyben gyakori helyzet: a vevő konyhabútorának ajtaján a régi lakk megsérül, és a felszín hosszú, lapos csiszolást kíván. A munkaasztalon többféle kézi csiszológép van: szalagcsiszoló, excentercsiszoló, rezgőcsiszoló és delta. Ha rossz gépet választasz, mély karcolást, hullámos felületet vagy lassú munkát kapsz. Ha pedig nem csatlakoztatod az elszívót, a fapor a levegőbe kerül, és a keményfa-por rákkeltő hatású lehet. Ugyanígy a pneumatikus szegőgépek és csiszolók gyors munkát adnak, de rossz légnyomással balesetet vagy tönkretett munkadarabot okoznak. Ezért fontos a gépek fajtáinak, működésének, biztonsági előírásainak és az elszívás szabályainak ismerete.

16.4.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy öltözőszekrény ajtajának furnérozott lapját kell előkészíteni lakkozáshoz. A lap 600 mm széles és 1200 mm hosszú, felülete egyenletes, de a régi bevonat enyhén hullámos. Az asztalos a régi bevonatot excentercsiszolóval, P120-as koronggal, óvatosan távolítja el (szalagcsiszolót furnéron nem használunk, mert átcsiszolja a vékony furnért), majd P180-nal finomít, végül rezgőcsiszolóval vagy kézzel P220–P240-nel simítja a pórusokat. A gépet porszívóhoz csatlakoztatja, amely a motor indításakor automatikusan bekapcsol. A porszívó szűrője az M vagy H porosztályú követelménynek felel meg, így a finom faport is visszatartja. A sarokléceknél delta csiszolót használ, mert a háromszög alakú talprésze beér a sarkokba. A sűrített levegős szegőgéppel gyorsan rögzíti a hátfalat, de előbb ellenőrzi a kompresszor nyomását.

Az alábbi táblázatos ábra a gépválasztás logikáját mutatja: melyik gép melyik feladatra való.



16.13. ábra. Melyik kézi csiszológép melyik feladatra? (0 = nem, 3 = erre való) - Tájékoztató alkalmasság a fejezet szabálya alapján; a négy gép egymás alternatívája, nem egymás utáni lépés. Furnérozott felületre szalagcsiszolót nem használunk (átcsiszolás veszélye).

Az ábra a négy géptípust egymás mellett, választási lehetőségként mutatja: először meg kell határozni a feladatot, majd ahhoz választunk géptípust. A tényleges gépmodellt a műszaki adatlap, a fordulatszám és a rezgésérték alapján kell kiválasztani.

16.4.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **kézi csiszológép** elektromos vagy sűrített levegős kéziszerszám, amely csiszolóanyaggal forgó vagy rezgő mozgást végez a fa felületén. Feladata az anyaglevétel, a felület simítása és a bevonatok előkészítése.

A gyakorlatban négy fő típust különböztetünk meg:

- **Szalagcsiszoló:** széles, végtelenített csiszolószalag fut két görgőn. A szalag sík felületen halad, nagy anyaglevételt ad, ezért durvább feladatokra való. A szalag szélessége jellemzően 75–100 mm, a szalagsebesség 200–400 m/min közötti tartományba esik (ellenőrizendő: gépkönyv). A gép súlya és húzása miatt stabil fogást igényel.
- **Excentercsiszoló:** kerek tépőzáras tányérja forgó és excentrikus (bolygó) mozgást végez. A kombinált mozgás finomabb, karcmentes felületet ad, mint a szalag vagy a korong. Jellemző tányérátmérő 125–150 mm, a fordulatszám 6000–12000 1/min, a lengésszám 12000–24000 1/min (ellenőrizendő: gépkönyv). Általános felület-előkészítésre, köztes csiszolásra használják.
- **Rezgőcsiszoló:** a téglalap vagy négyzet alakú talprésze nagy frekvenciájú, kis amplitúdójú rezgést végez. Nagyon finom, egyenletes felületet ad, de anyaglevétele kicsi. Alkalmas befejező simításra, póruscsiszolásra, festék- és lakkfelületek finomítására. A rezgésszám jellemzően 6000–20000 1/min (ellenőrizendő: gépkönyv).

- **Delta csiszoló:** a rezgőcsiszoló speciális változata, talprésze háromszög (delta) alakú. A hegyes csúccsal sarkokba, élekhez, keskeny hornyokba lehet bejutni. Működése hasonló a rezgőcsiszolóhoz.

Szabály. A csiszológép kiválasztásakor a felület anyagát, méretét, állapotát és a kívánt felületi minőséget kell figyelembe venni. A durva anyaglevételhez szalagcsiszoló, a közepes simításhoz excentercsiszoló, a finom simításhoz rezgőcsiszoló, a sarkokhoz delta csiszoló való. A csiszolóanyag szemcseméretét a feladathoz kell igazítani (durva: P40–P80, közepes: P100–P150, finom: P180–P320, tájékoztató értékek, ellenőrizendő: csiszolóanyag gyártói adatlap).

Definíció. A **kézi gépekhez használt porelszívó** olyan porszívó berendezés, amely a csiszológép csiszolóporát közvetlenül a keletkezés helyén elszívja. A faipari por elszívására **M vagy H porosztályú** porszívó ajánlott, mert a fapor (különösen a keményfa por) egészségkárosító. A porosztály jelölése a gépen és a szűrőn látható:
- **L osztály:** alacsony kockázatú porra,
- **M osztály:** közepes kockázatú porra,
- **H osztály:** magas kockázatú porra (pl. rákkeltő anyagokra).

Figyelem. A keményfa-por (tölgy, bükk) rákkeltő hatású lehet. A faipari csiszolásnál ezért M, keményfa-por esetén lehetőség szerint H osztályú elszívó használata javasolt. A pontos követelményt a hatályos jogszabály és a munkáltató kockázatértékelése határozza meg (ellenőrizendő: határérték és besorolás).

A porszívó fontos jellemzője az **automatikus indítás**: a porszívó konnektora fogadja a csiszológép dugóját, és a gép bekapcsolásakor a porszívó is elindul, kikapcsoláskor néhány másodperces késleltetéssel leáll, hogy a tömlőből kiszívja a maradék port. Ezzel nem felejtjük el bekapcsolni az elszívót.

Definíció. A **pneumatikus kézi kisgépek** sűrített levegővel működő kéziszerszámok. A faiparban leggyakoribbak:
- **Kapcsozógép:** U alakú kapcsokat lő a fába, gyors rögzítéshez (pl. hátlemez, kárpitos munkák).
- **Szegőgép:** szögeket lő be, jellemzően 15–64 mm hosszúságú szögeket (tájékoztató, gyártói adat).
- **Pneumatikus csiszoló:** kis kézi csiszológép excenter vagy rezgő mozgással, helyszíni finom munkákhoz, nehezen elérhető helyekhez.

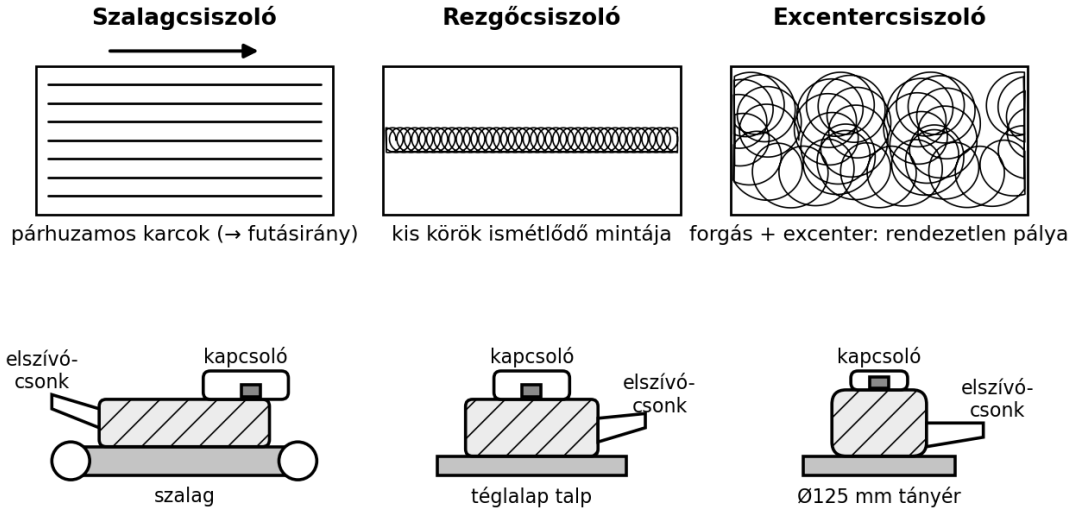
A sűrített levegő forrása a **kompresszor**, amely levegőt sűrít, és nyomás alatt tartja egy tartályban. A pneumatikus kisgépek üzemi nyomása jellemzően 4–8 bar (ellenőrizendő: gépkönyv). A levegőnek tisztának, olajozottnak vagy olajmentesnek kell lennie a gép típusától függően.

16.4.4. A kézi csiszológépek működése, alkalmazása és üzemeltetése

Szalagcsiszoló üzemeltetése: 1. Ellenőrizd a csiszolószalag állapotát, szakadásmentességét, a szalagfeszességet. 2. Húzd meg a szalagközpontosító beállítót, hogy a szalag futása középen maradjon. 3. Indítás előtt emeld fel a gépet a felületről, mert a hirtelen indulás beáshatja a szalagot a fába. 4. A felületre helyezve haladj egyenletes sebességgel, a szalag futásirányába. 5. Ne tartsd egy helyben a gépet, mert mély barázdát vág. 6. Leállításkor várd meg, amíg a szalag megáll, mielőtt leteszed a gépet.

Excentercsiszoló üzemeltetése: 1. Válaszd ki a megfelelő szemcseméretű csiszolókorongot, és tépőzárral rögzítsd a talprészen. 2. Csatlakoztasd az elszívótömlőt a gép csonkjához. 3. Indítsd a gépet a felületen, ne levegőben, hogy ne ugorjon. 4. Lassan, egyenletes mozgással vezesd, enyhe nyomással. A gép súlya elegendő, erősen nyomni káros. 5. Ne billentsd meg a tányért, mert karcolja az élet. 6. Cseréld a csiszolókorongot, ha eltömődött vagy a szemcse tompult.

Rezgőcsiszoló üzemeltetése: 1. A csiszolólapot tépőzárral vagy szorítóval rögzítsd. 2. A gépet laposan fektesd a felületre, és csak annyi nyomást adj, hogy a rezgés átvihessen. 3. Vezesd lassan, átfedő csíkokban, hogy ne maradjon sávos minta. 4. A delta csiszolónál a háromszög talp éleit és csúcsát használd a sarkokig.



Szemléltető pályák egy szemcsére; excenter: 5 mm lökethossz (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv).

16.14. ábra. A szalag-, rezgő- és excentercsiszoló mozgáspályája és karcmintája, alatta a gépek egyszerű oldalnézete

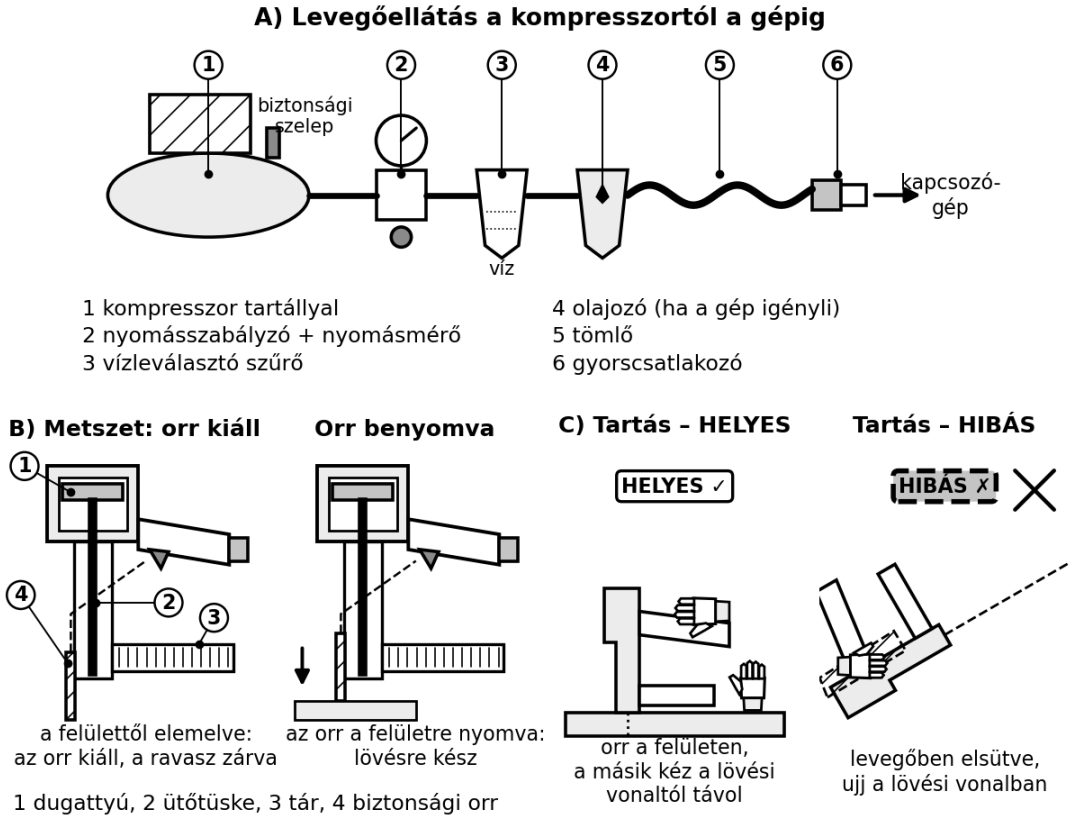
Az ábra egy csiszolószemcse pályáját mutatja: a szalag párhuzamos karcokat húz, a rezgőcsiszoló kis köröket ismétel, az excentercsiszoló forgó és excentrikus mozgása nem ismétlődő pályát ad, ezért karcmentesebb. Az interaktív változatban a vezetési sebesség állítható; ha a gépet egy helyben tartod, a szalag barázdát vés.

16.4.5. A pneumatikus kisgépek működése és üzemeltetése

A pneumatikus kapcsozógép és szegőgép működése egyszerű: a sűrített levegő egy dugattyút mozgat, amely a kapcsot vagy szöget a fába hajtja. A gép orrát a felületre kell helyezni, majd a ravaszt meghúzni. A lövés előtt a munkadarabot stabilan kell rögzíteni, mert a visszalökő erő elmozdíthatja a darabot.

Sűrített levegő biztonsága.
- **Tilos** a sűrített levegőt emberre, ruhára vagy bőrre irányítani, mert a nagy nyomású levegő súlyos balesetet (légembólia, bőr alá fújás) okozhat.
- A pneumatikus gépet mindig a kompresszorhoz csatlakoztatva, a gyártó által megadott üzemi nyomáson szabad használni. A túl nagy nyomás szétvetheti a gépet, a túl kicsi nyomás rossz lövési mélységet ad.
- A gépet soha ne irányítsd magadra vagy másra, még üresen sem, mert a szög vagy kapocs kirepülhet.
- A levegőtömlőt ne hagyd éles helyen, ne állj rá, és ne csatlakoztasd feszített tömlővel.
- A pneumatikus gépet használat után le kell csatlakoztatni, és a tartály nyomását a kompresszoron le kell ereszteni.
- A tanuló csak egyes (szekvenciális) kioldású üzemmódban dolgozzon (ellenőrizendő: gépkönyv);

a gépet ne vidd ujjal a ravaszon. Elakadás elhárítása, tárfeltöltés és orrcsere előtt csatlakoztasd le a levegőtömlőt.



16.15. ábra. Sűrített levegős lánc a kompresszortól a gyorscsatlakozóig, a kapcsozógép metszete biztonsági orral, helyes és hibás tartás

16.4.6. Gépbiztonság és általános szabályok a kézi kisgépeknél

Gépbiztonság. Minden kézi kisgép művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A kézi csiszológépeknél viselj **légzésvédőt** (FFP2 vagy FFP3 maszkot), **védőszemüveget** és **hallásvédőt** a zaj és a vibráció miatt (ellenőrizendő: a gép zaj- és rezgésadata). A pneumatikus gépeknél védőszemüveg kötelező, mert a szög vagy kapocs visszapattanhat. A forgó vagy rezgő szerszám közelében **tilos kesztyűt viselni**, mert a kesztyűt behúzhatja a gép, súlyos kézsérülést okozva.

Indítás előtti ellenőrzőlista kézi csiszológéphez: 1. Ellenőrizd a gép külső állapotát, a kábel és a csatlakozó épségét. 2. Ellenőrizd a csiszolóanyag rögzítését (tépőzár, szorító). 3. Ellenőrizd az elszívó tömlő csatlakozását és a porszívó porzsákját/szűrőjét. 4. Ellenőrizd, hogy a munkadarab stabilan rögzítve van-e. 5. Ellenőrizd, hogy a munkaterület tiszta, nincs éghető anyag a szikraforrás közelében. 6. Győződj meg róla, hogy a gép kapcsolója kikapcsolt állapotban van, mielőtt a hálózatra csatlakoztatod.

Rezgésexpozíció röviden. A kézi csiszológépek rezgést adnak a kézre, ami hosszú távon károsíthatja az ereket, idegeket és ízületeket (fehérujj-szindróma). A munkáltató köteles mérni vagy becsülni a rezgés napi expozícióit (A(8) érték), és betartani a határértékeket (ellenőrizendő: jogszabályban rögzített expozíciós határ- és intézkedési értékek). A gép adattáblája és gépkönyve tartalmazza a rezgésgyorsulás (m/s^2) értékét. A tanuló a gyakorlatban annyit tehet, hogy

rövid ideig használja a gépet, gyakran szünetet tart, és éles szerszámot használ, mert a tompa csiszolóanyag növeli a kellő nyomást, ezzel a rezgést is.

16.4.7. Technológiai lap – Furnérozott lap finom csiszolása excentercsiszolóval és elszívóval

Cél: A furnérozott lap felületének előkészítése lakkozáshoz, P120–P240 szemcseméretű csiszolókorongokkal.

Anyagok: furnérozott MDF lap (600 × 1200 mm), excentercsiszoló korongok (P120, P180, P240), takarószalag a szélek védelméhez.

Gépek, szerszámok: excentercsiszoló (125 mm tányér), M osztályú porszívó automatikus indítással, elszívótömlő.

Egyéni védőeszközök: FFP2 vagy FFP3 légzésvédő, védőszemüveg, hallásvédő, nem kesztyű (a forgó tányér miatt).

Indítás előtti ellenőrzés: a tányér tépőzára tiszta, a korong jól tapad; az elszívó tömlő csatlakozása szoros; a porszívó szűrője nem telt; a munkadarab rögzítve van; a gép kapcsolója ki.

Műveletsor: 1. Helyezd a lapot a munkapadra, rögzítsd leszorítóval vagy csúszásgátló alátéttel. – ellenőrzés: a lap nem mozdul el kézzel. 2. Ragassz takarószalagot a lap éleire, ha az éleket nem akarod csiszolni. – ellenőrzés: a szalag egyenesen fekszik, nem gyűrődik. 3. Helyezd fel a P120-as korongot a tányérra. – ellenőrzés: a korong központosan illeszkedik. 4. Csatlakoztasd az elszívót a géphez, majd az elektromos hálózatra. A porszívó automatikus indítását a gyártó szerint állítsd be. – ellenőrzés: a porszívó a gép indításakor bekapcsol. 5. Indítsd a gépet a felületen, kis fordulaton, majd emeld a munkafordulatra. – ellenőrzés: a gép nem ugrik, nincs erős rezgés. 6. Vezesd a gépet lassan, átfedő csíkokban, a lap hosszában, majd keresztben. – ellenőrzés: nincs egy helyben álló korong, a felület egyenletes. 7. Cseréld a korongot P180-asra, és ismételd meg a csiszolást. – ellenőrzés: az előző durvább karcok eltűntek. 8. Végezz befejező csiszolást P240-es koronggal. – ellenőrzés: a felület tapintása egyenletes, nincs mély karc. 9. Kapcsold ki a gépet, várd meg a tányér megállását, majd tedd le. – ellenőrzés: a porszívó néhány másodperc múlva leáll. 10. Szemrevételezéssel ellenőrizd a felületet, távolítsd el a védőszalagot. – ellenőrzés: nincs kimaradt folt, a szélek épek.

16.4.8. Minőségellenőrzés

A csiszolt felületet szemrevételezéssel és tapintással ellenőrizzük. A furnérozott lapon nem lehet mély karc, a furnér nem lehet átdörzsölve, és az élek nem lehetnek lekerekítettek, hacsak az a cél. A felület legyen egyenletesen matt, a szálak ne álljanak ki. Az elszívó hatékonyságát úgy ellenőrizhetjük, hogy csiszolás közben a levegőben nem látszik nagy porkoncentráció, a munkadarabon alig marad por. Ha eltérést találunk, a megfelelő szemcseméretű koronggal, csökkentett nyomással újra kell csiszolni. A pneumatikus szegőgép lövési mélységét próbadarabon kell ellenőrizni, a szögfejnek a felülettel egy szintbe kell kerülnie (tájékoztató, gyártói beállítás).

16.4.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A furnér átdörzsölődik a lap közepén. **Ok:** túl durva csiszolószemcse, túl nagy kézi nyomás, vagy egy helyben való csiszolás. **Helyes gyakorlat:** finomabb szemcsét (P180 felett) használj, engedd a gépet saját súlyával dolgozni, állandó mozgással.
2. **Hiba:** A felület hullámos, sávos. **Ok:** a gép egyenetlen sebességű vezetése, túl gyors haladás, vagy a csiszolókorong kopott. **Helyes gyakorlat:** egyenletes, lassú mozgás, átfedő csíkok, rendszeres korongcsere.
3. **Hiba:** A csiszológép rángat, ugrik. **Ok:** a csiszolókorong nem központos, a tányér tépőzára szennyezett, vagy a gép fordulatszáma túl magas. **Helyes gyakorlat:** ellenőrizd a korong központozását, tisztítsd meg a tányért, állítsd be a gépkönyv szerinti fordulatszámot.
4. **Hiba:** A pneumatikus szegőgép nem süllyeszti a szöget teljesen, vagy túl mélyre lövi. **Ok:** rossz légnyomás (túl alacsony vagy túl magas), kopott ütköző, vagy nem megfelelő szöghossz. **Helyes gyakorlat:** ellenőrizd a kompresszor nyomását a gépkönyv szerint, próbadarabon állítsd be a mélységet, cseréld az ütközőt, ha kopott.
5. **Hiba:** A porelszívó nem szív rendesen. **Ok:** megtelt porzsák, eltömődött szűrő, szivárgó tömlő, vagy a porszívó porosztálya nem megfelelő a feladathoz. **Helyes gyakorlat:** rendszeresen ürítsd a porzsákot, tisztítsd a szűrőt, ellenőrizd a tömlő épségét, használj M vagy H osztályú porszívót faipari porhoz.

16.4.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos helyszíni szereléskor egy beépített gardróbszekrény ajtaján javította a felületet. Az ügyfél lakásában dolgozott, ezért fontos volt, hogy ne porozzon tele a szobát. Volt nála excentercsiszoló és egy M osztályú, automatikus indítású porszívó. A porszívóval elszívta a csiszolási port, a gépet folyamatosan mozgatta, és a korongokat a kopás szerint cserélte. A munka után a szobában alig maradt por; a csiszolást végző asztalos ennek ellenére FFP2 légzésvédőt viselt, mert az elszívás a port nem fogja fel teljesen. A javítás gyorsan elkészült, és a vevő elégedett volt, mert a lakása tiszta maradt. Tanulság: a megfelelő elszívó és a gépválasztás nemcsak egészségvédelmi kérdés, hanem a szakmai minőség része is.

16.4.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A szalagcsiszoló a legfinomabb felületet adja.

2. Milyen porosztályú porszívó ajánlott faipari porhoz?

3. Miért tilos kesztyűt viselni forgó mozgású csiszológép használatakor?

4. Mi a szerepe az automatikus indításnak a porszívón?

5. Mi a teendő, ha a pneumatikus szegőgép túl mélyre lövi a szöget?

16.4.12. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel a négy fő kézi csiszológéptípust, és írd le egy-egy jellemző alkalmazásukat.

2. feladat (A)
Milyen porosztályú porszívót választanál keményfa (tölgy) csiszolásához? Indokold meg.

3. feladat (B)
Adott egy 1200 × 600 mm-es furnérozott MDF lap, amelyet lakkozáshoz kell előkészíteni. Melyik csiszológépet választanád a durva, a közepes és a finom csiszoláshoz? Add meg a szemcseméret-tartományokat is a tájékoztató értékek alapján.

4. feladat (B)
Írd le lépésenként, hogyan csatlakoztatod az excentercsiszolót egy M osztályú porszívóhoz automatikus indítással, és mi az indítás előtti ellenőrzés menete.

5. feladat (C)
Egy műhelyben a dolgozó szalagcsiszolóval durván csiszol egy furnérozott ollós csapos szekrényajtót, erősen nyomja a gépet, és nem használ elszívót. Milyen hibákat követ el, és mi lehet a következmény? Mi lenne a helyes munkamódszer?

6. feladat (D)
Készíts ellenőrzőlistát egy pneumatikus kapcsozógép üzembe helyezéséhez (kompresszor, nyomás, gép, munkadarab, egyéni védőeszköz). A listát a gyakorlati munka során használd.

16.4.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A szalagcsiszoló nagy anyaglevételre való, durvább felületet hagy, mint az excenter- vagy rezgőcsiszoló. A legfinomabb felületet a rezgőcsiszoló adja.
2. Faipari porhoz M osztályú porszívó ajánlott; keményfa-por esetén lehetőség szerint H osztályú. A pontos besorolást a hatályos előírás és a kockázatértékelés határozza meg (ellenőrizendő).
3. A forgó tányér vagy szalag behúzhatja a kesztyűt, és súlyos kézsérülést okozhat. Ezért forgó/rezgő csiszológéphez tilos kesztyűt viselni.
4. Az automatikus indítás biztosítja, hogy a porszívó mindig elindul a csiszológép indításakor, így nem felejtjük el bekapcsolni, és a por nem kerül a levegőbe.
5. Csökkentsük a légnyomást a gép gyártói előírása szerint, ellenőrizzük az ütköző állapotát, és próbadarabon állítsuk be a lövési mélységet.

Feladatok megoldásai

1. (A) Négy típus: szalagcsiszoló – nagy sík felület, gyors anyaglevétel, régi bevonatok eltávolítása; excentercsiszoló – közepes finomságú simítás, lakkozás előtti köztes csiszolás; rezgőcsiszoló – finom befejező simítás, póruscsiszolás; delta csiszoló – sarkok, élek, nehezen elérhető helyek.
2. (A) Keményfa (tölgy) csiszolásához H osztályú porszívó javasolt, mert a keményfa-por rákkeltő hatású lehet. Ha H nem áll rendelkezésre, M osztályú is használható, de a kockázatértékelés és a határértékek szerint (ellenőrizendő).

3. (B) Furnérozott lapnál nincs durva csiszolás: excentercsiszoló P120 → P180, befejezés rezgőcsiszolóval vagy kézzel P220–P240 (tájékoztató). (Tömör, nem furnérozott felületen a durva anyaglevételhez szalagcsiszoló P80–P120 használható.) A megadott szemcseértékek tájékoztatók (ellenőrizendő: csiszolóanyag gyártói adatlap).
4. (B) Lépések: 1) Ellenőrizd a gép és a porszívó állapotát, a szűrőt, a tömlőt. 2) Csatlakoztasd az elszívótömlőt a gép csonkjához. 3) Dugd az excentercsiszoló csatlakozóját a porszívó elülső aljzatába (automatikus indítású foglalatba). 4) A porszívót kösd az elektromos hálózatra. 5) Állítsd be a porszívó automatikus üzemmódját. 6) Helyezd a csiszolókorongot a tányérra, majd indítsd a gépet; ellenőrizd, hogy a porszívó elindul. 7) Munka után a gép kikapcsolásakor a porszívó néhány másodperc múlva leáll.
5. (C) Hibák: rossz gépválasztás (furnérozott ajtóhoz szalagcsiszoló túl durva); túl nagy kézi nyomás; elszívó nélküli munka. Következmény: a furnér átdörzsölődik, hullámos felület, mély karcok, jelentős fapor-expozíció. Helyes módszer: excentercsiszoló P120–P180 szemcsével, enyhe nyomással, egyenletes mozgással, M/H osztályú porszívóval, légzésvédővel.
6. (D) Ellenőrzőlista pneumatikus kapcsozógéphez:

- Kompresszor: olajszint, nyomáskapcsoló beállítása, tartálynyomás a gépkönyv szerint (pl. 6 bar, ellenőrizendő).
- Légtömlő: épség, csatlakozók szorosak, nincs szivárgás.
- Gép: orr épsége, nincs beszorult idegen test, a tár üres, a ravasz működik.
- Munkadarab: stabilan rögzítve, a lövés helye megjelölve.
- Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, (a pneumatikus géphez kesztyű viselhető, ha a gép nem forgó, de a gyártói ajánlás mérvadó).
- Nyomás ellenőrzése próbadarabon, a lövési mélység beállítása.

16.4.14. Rövid összefoglaló

Ebben az alfejezetben megismertük a kézi csiszológépek fő típusait és azok alkalmazását. A szalagcsiszoló nagy anyaglevételre, az excentercsiszoló közepes simításra, a rezgőcsiszoló finom felületre, a delta csiszoló sarkokhoz való. A csiszológéphez mindig csatlakoztatni kell M vagy H porosztályú porszívót, lehetőleg automatikus indítással, hogy a fapor ne kerüljön a levegőbe. A pneumatikus kisgépek (kapcsozógép, szegőgép, csiszoló) sűrített levegővel dolgoznak; a légnyomást a gépkönyv szerint kell beállítani, és a sűrített levegőt tilos emberre irányítani. A kézi csiszológépek rezgést adnak, ezért a rezgésexpozíciót a munkáltató a jogszabályok szerint kezeli, a tanuló pedig rövid munkaciklusokban dolgozzon, és éles csiszolóanyagot használjon. **Továbbvitt eredmény:** A kisgépes csiszolás és elszívás ismeretét a Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás alfejezetben használjuk fel, ahol a csiszolóanyagokkal és a felület-előkészítő technológiával foglalkozunk részletesen.

16.4.15. Források és ellenőrzési hiányok

Az alfejezet a telepített faipari gépek biztonságára vonatkozó európai szabványsorozat (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő; a kézi csiszolókra az MSZ EN 62841 vonatkozik), a kézi motoros szerszámok biztonsági szabványai (MSZ EN 62841 sorozat; csiszolók: 2-4. rész – ellenőrizendő), a porszívók porosztályára vonatkozó szabványok (EN 60335-2-69 – ellenőrizendő) és a rezgésexpozícióra vonatkozó uniós irányelv (2002/44/EK – ellenőrizendő) alapján készült. Minden számszerű technológiai adat (fordulatszám, szalagsebesség, szemcseméret, üzemi nyomás) tájékoztató jellegű, a pontos értékeket a gépkönyv vagy a gyártói adatlap tartalmazza. A fapor határértéke és a porosztályokra vonatkozó jogszabályi követelmények ellenőrizendők.

17 Felület-előkészítés csiszolással

17.1. Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás

17.1.1. Motiváció

Képzeld el, hogy egy tölgyfa asztallapot gyalultál, és az utolsó simítás előtt apró, fényben megcsillanó hullámokat látsz a felületen. Ha egyből lakkoznál, ezek a gyalunyomok a lakk alatt is látszanának, és a kész munkád hibásnak tűnne. A **csiszolás** az a finom megmunkálási lépés, amellyel a felületet egyenletessé, a festést vagy lakkozást pedig tapadóképesebbé tesszük. A csiszolás nem csak poros kellemetlenség: meghatározza a felületkezelés minőségét, a faanyag tapintását és a termék megjelenését.

A fejezetben először megismered a csiszolóanyag felépítését, a szemcseméret jelölését, a csiszolóanyag-formákat, majd a kézi csiszolás szabályait és a **színlőpengét** (műhelyi nevén ciklik). Ezután tudatosan választasz csiszolópapírt, elkerülöd a tipikus hibákat, és biztonságos, tiszta felületet készítesz fel.

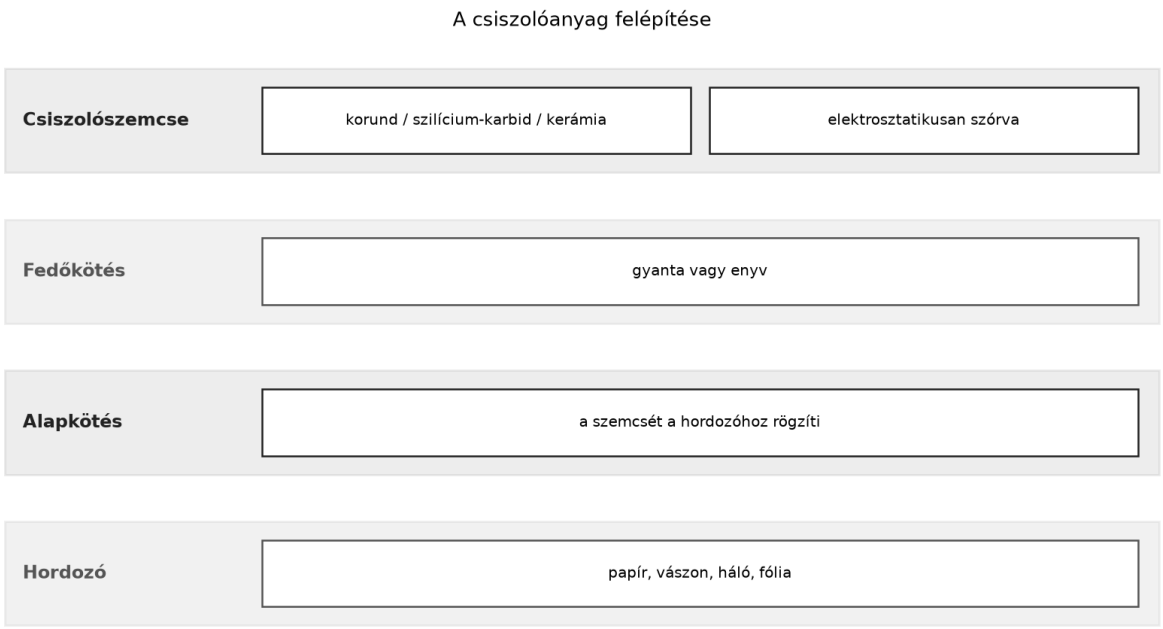
17.1.2. Szemléletes kép

Tarts egy darab csiszolópapírt a kezedben. A papír bevont oldalán apró, kemény szemcséket tapinthatsz. Ha a papírt meghajlítod, a szemcsék nem válnak le könnyen, mert **kötőanyag** rögzíti őket a hordozóhoz. Minél nagyobb a szemcse, annál durvábban vágja a fát; minél kisebb a szemcse, annál finomabb felületet hagy. Ugyanaz a csiszolóanyag más-más formában – ívben, tekercsben, korongban – ugyanazt az anyagot tartalmazza, csak más a használat módja.

A kézi csiszoláshoz a papírt egy **csiszolótuskóra** feszítjük, és a fa rostjával párhuzamosan mozgatjuk. A csiszolótuskó egyenletes nyomást ad, megvédi a kezünket, és megakadályozza, hogy a papír a fa rostját roncsolja.

17.1.3. A csiszolóanyag felépítése

Definíció. A **csiszolóanyag** olyan, szilárd szemcsékből álló réteg, amelyet hordozóra visznek fel, és a felületet apró, vágó mozdulatokkal simítja vagy anyagleválasztást végez. A csiszolószemcse a vágóél, a kötőanyag tartja a szemcsét a hordozón, a **hordozó** pedig a szemcsék rugalmas vagy merev alapja.



17.1. ábra. A csiszolóanyag felépítése - Tájékoztató felépítés felülről lefelé; ellenőrizendő: gyártói adatlap.

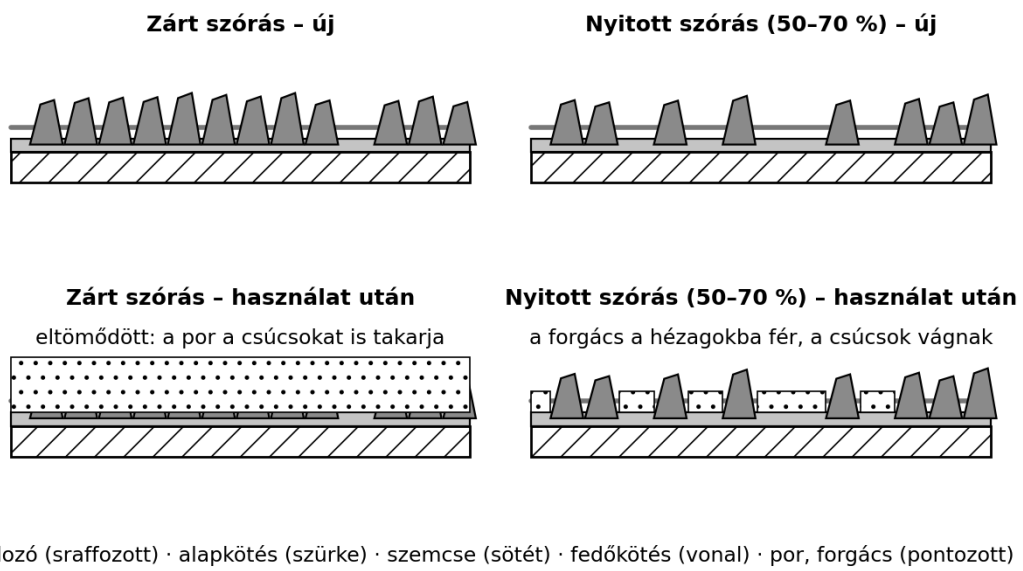
A csiszolószemcsék leggyakoribb típusai:

- **Korund (alumínium-oxid, elektrokorund):** szívós, sokoldalú, fa és fém csiszolására. Barna vagy vörösesbarna. A faiparban a legelterjedtebb.
- **Szilícium-karbid:** kemény, éles, de ridegebb; nagyon kemény felületekhez, például lakkhoz, üveghez, műanyaghoz és festékhez. Szürke, fekete.
- **Kerámia szemcse:** nagy szilárdságú, önélesedő; intenzív gépi csiszoláshoz, például széles szalagú csiszológépeken. Tájékoztató jellemző (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

A szemcséket két réteg kötőanyag rögzíti: az **alapkötés** (a szemcse alsó részét a hordozóhoz ragasztja) és a **fedőkötés** (a szemcsék közét kitölti). Típusai: enyv/enyv (olcsó, nedvességre érzékeny), gyanta/enyv, gyanta/gyanta (hőálló, gépi csiszoláshoz), vízálló gyanta (nedves csiszoláshoz) (ellenőrizendő: gyártói adatlap). A szemcséket ma többnyire **elektrosztatikusan szórják**: az elektromos tér a szemcséket hegyükkel felfelé állítja, így élesebben vágnak; ez a felvitel módja, nem kötőanyag-típus.

A csiszolószemcsék eloszlása a hordozón lehet:

- **nyitott szórás:** a szemcsék a felületnek csak kb. 50–70 %-át borítják; puha, ragacsos fa (például fenyő) csiszolására jó, mert nem tömődik el;
- **zárt szórás:** a szemcsék sűrűn, a felület nagy részén vannak; kemény fához, lakkhoz, fémhez. Tájékoztató arányok (ellenőrizendő: gyártói adatlap).



17.2. ábra. Zárt és nyitott szórás keresztmetszete újonnan és gyantás fán való használat után

Szabály. A faipari csiszolóanyag kiválasztásakor **anyag–szemcse–hordozó–forma** sorrendben gondolkodj: mit csiszolunk, mekkora szemcsével, milyen hordozón, és milyen kézi vagy gépi formát igényel a művelet.

17.1.4. A hordozó fajtái

A **hordozó** a szemcséket hordozó alap. A faipari csiszolóanyagoknál:

- **Papír:** olcsó, merev, nem nyúl. Ívekben, tekercsekben és gépi korongoknál. Kézi csiszoláshoz a leggyakoribb. A papír D–F jelű vastagságot kaphat, de ezt ritkábban használjuk a műhelyben (ellenőrizendő: gyártói jelölés).
- **Vászon (textil):** szívós, hajlékony, nyúlik. Gépi szalagokhoz, kézi vásznakhoz, hajlított felületre. Erős igénybevételre.
- **Háló (szitaszövet):** lyukacsos, a por átmegy rajta, így nem tömődik. Kézi csiszoláshoz, gépi excenteres csiszolóhoz, gipszkartonhoz és poros felülethez.
- **Fólia:** egyenletes, rugalmas, nedves csiszoláshoz használható.

A papír és vászon hátoldalán gyakran a szemcse méretét, a gyártó jelét és a típusát írják fel. A csiszolóanyag formája is fontos, mert a kézi csiszoláshoz más a megfogás, mint a gépi szalaghoz.

17.1.5. A szemcseméret és jelölése

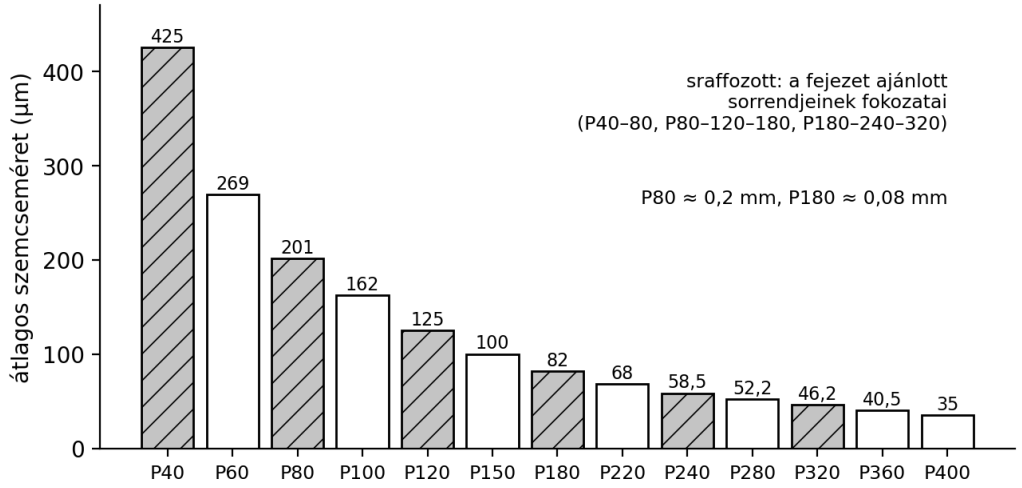
A csiszolószemcse méretét a **P-sorozat** szerint jelöljük. A jelölésben a P betű után szám áll, például P40, P80, P120, P240. Minél kisebb a szám, annál durvább a szemcse; minél nagyobb a szám, annál finomabb.

Szabvány. A csiszolószemcsék méretét az **ISO 6344** szabványcsalád alapján a P-sorozat szerint jelölik (a szabványos tartomány kb. P12–P2500; ellenőrizendő: ISO 6344-2 és -3). A faipari gyakorlatban jellemzően P24-től P400-ig, a felületbevonatok finom csiszolásához P800-ig vagy finomabbig használunk. A pontos szabványszámot és a szemcse méretét határozza meg a mindenkori szabvány (ellenőrizendő: ISO 6344).

A **szemcsesorrend** azt mutatja meg, hogy milyen lépésekben csiszolunk. **A lépés szabálya:** ne ugorj nagyot a szemcseméretben, mert a durva szemcsék barázdáit a következő finomabb szemcsének ki kell egyenlítenie. A faiparban gyakori sorrend:

- tömörfa, nyers felület: **P80 → P120 → P180**, festés vagy lakkozás előtt;
- lakkrétegek közötti átcsiszolás: **P240–P320** (egy menet, tájékoztató);
- gyors anyageltávolítás: **P40 → P80**, majd a fenti finomítás.

Gyors elv: **a következő szemcse maximum 50–100 %-kal nagyobb számú legyen** – például P80 után P120, de ne P80 után P240, mert az előző barázdákat nem távolítja el.



17.3. ábra. A P-szám és az átlagos szemcseméret kapcsolata (tájékoztató FEPA/ISO 6344 értékek); sraffozva a fejezet ajánlott sorrendjeinek fokozatai

Az ábrán látszik, hogy P80-ról P180-ra a szemcse átmérője kb. 0,2 mm-ről 0,08 mm-re csökken; az interaktív változatban saját szemcsesorrendet állíthatsz össze, és a program kiírja a lépésenkénti százalékos ugrást.

Példa. Ha egy bükkfa asztallapot csiszolsz, először P80-nal szedd le a gyalunyomokat, majd P120-szal a P80 nyomait, végül P180-nal a felületet „magával viszed” a lakk alá. Ha P80-ról egyből P180-ra ugranál, halvány mély barázdák maradnának, és a lakk kiemelné őket.

17.1.6. Csiszolóanyag-formák

A csiszolóanyagot a felhasználás szerint több formában vásárolhatod:

- **Ív:** kész darab, általában 230 × 280 mm vagy hasonló, kézi csiszolótuskóra való, gépi csiszolóhoz is. A tuskóra feszítve használjuk.
- **Tekercs:** hosszú, tetszőleges hosszra szabható, kézi csiszolófába való.
- **Szalag:** gépi szalagcsiszolóhoz, meghatározott hosszúságú, ragasztott vagy hegesztett.
- **Korong:** excenteres, tárcsás csiszológépre, tépőzáras vagy ragasztós hátoldallal.
- **Szivacs:** rugalmas, élek, profilok csiszolására, nedves csiszoláshoz is.
- **Hálós ív:** poros felületekhez, excenterhez vagy kézi használatra.

A csiszolóanyag-forma kiválasztása attól függ, hogy kézzel vagy géppel dolgozol, és milyen a felület. Kézi csiszoláshoz a hagyományos ív vagy tekercs a legolcsóbb, a tuskóra feszíthető.

17.1.7. Kézi csiszolás: csiszolótuskó és technika

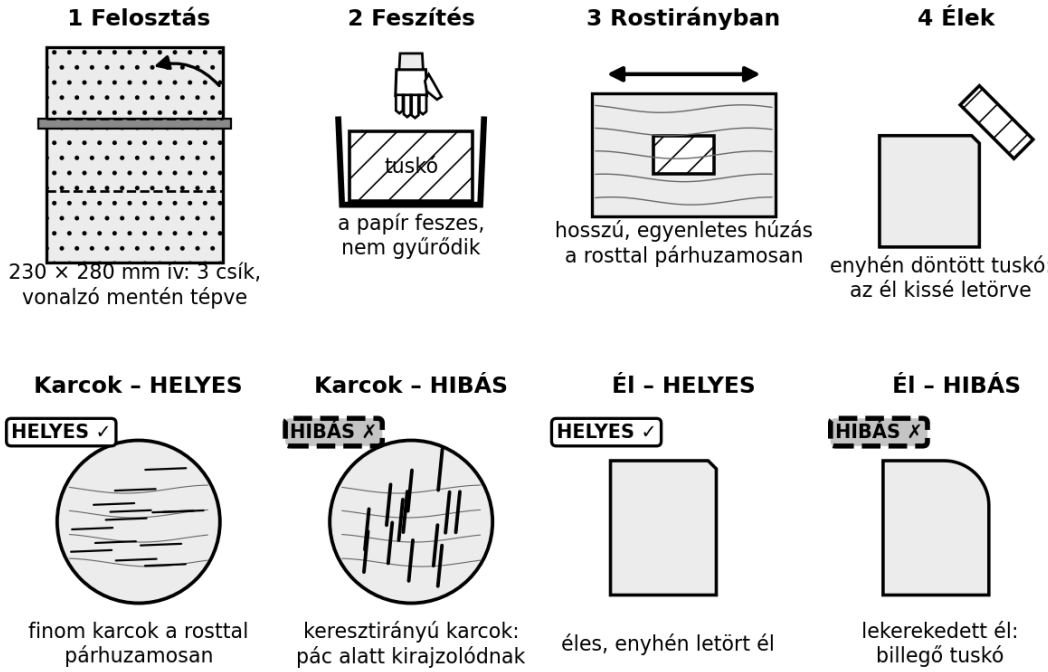
A kézi csiszolás a faipar legalapvetőbb simítási módja. A csiszolópapírt **csiszolótuskóra** (csiszolófára) feszítjük; ez lehet fa, parafa, gumi vagy keményhab. A tuskó:

- egyenletes nyomást ad;
- védi a kezet a hőtől és a szemcséktől;
- megakadályozza, hogy az ujjak a fa rostjába mélyedjenek;
- sík felületen síkban tartja a csiszolást.

Technológiai lap. Csiszolótuskóval való kézi csiszolás tömörfa felületen.

1. **Előkészítés.** Válaszd ki a szemcsesorrendet a feladat és a felület állapotának megfelelően (például P80 → P120 → P180). Ellenőrizd: nincs-e a csiszolópapírban szakadás, gyűrődés, elszíneződés. A fa legyen por- és forgácsmentes, a munkadarab stabilan legyen befogva.
2. **Tuskóra feszítés.** Tekerd a csiszolóívet a tuskóra, simítsd el a gyűrődést, és rögzítsd. Ellenőrizd: a papír feszes, nem mozdul el, nem lóg.
3. **Csiszolás iránya.** A tuskót a fa **rostirányával párhuzamosan** mozgasd, hosszú, egyenes húzásokkal, egyenletes nyomással. Ellenőrizd: ne körözz, ne csiszolj rostirányra merőlegesen, mert mély karcolások keletkeznek.
4. **Peremeken, éleken.** Az éleket kissé tompítsd le, de ne kerekítsd le, hacsak nem az a cél. Az élen a tuskót enyhén megdöntve húzd. Ellenőrizd: az él egyenletes, nincs leégetve.
5. **Szemcsecsere.** Ha a papír elhasználódott (a szemcsék lekopnak, a papír eltömődik), cseréld. A továbblépés előtt töröld le a port. Ellenőrizd: a következő szemcse minden előző karcolást eltüntet.
6. **Utánellenőrzés.** Süllyesztett fénnyel (kis szögben tartott lámpa) nézd át a felületet. Ellenőrizd: nincsenek mély karcolások, hullámok, eltömődött szemcse.

Tipp. A csiszolópapírt ne hajtogasd össze erős éllel, mert a hajtás mentén a szemcsék leválnak. A tuskóra feszítés előtt a sima felületére enyhe ívet adhatsz, hogy jobban illeszkedjen.



17.4. ábra. Kézi csiszolás csiszolótuskóval: az ív felosztása, felfeszítés, rostirányú csiszolás, élek; alul helyes és hibás karcok, ép és lekerekedett él

17.1.8. A szemcse eltömődése és a por

Csiszolás közben a szemcsék közé fapor és gyantás anyag ragad. Ez az **eltömődés** („betömődés”) rontja a vágást, és a felületet megégetheti. A tömődést jelzi, hogy a papír fényes, csúszik, nem fog.

Gyakorlati tipp. Gyantás fafajhoz (fenyő, vörösfenyő) használj nyitott szórású papírt, vagy cserélj gyakrabban papírt. A tuskón lévő papírt időnként tiszta, száraz kefével vagy gumidugóval ütögessük le. Az eltömődött papírt ne „ébresszük fel” ragasztószalaggal vagy drótkefével, mert a szemcsék sérülnek; az oldószeres tisztítás pedig veszélyes.

17.1.9. A színlőpenge (ciklik) használata és élezése

A **színlőpenge** (szinlőpenge, műhelyben gyakran **ciklik**) hajlékony, téglalap alakú, vékony acéllemez, amelyet a fa felületének finom megmunkálására használunk. Nem csiszolóanyag, hanem **forgácsoló** szerszám: éles, szinte sorjas él, amellyel vékony, pókhálóvékonyságú forgácsot lehet lehúzni a fáról. A színlőpenge keményfán, különösen ragyás vagy váltakozó rostú felületeken hasznos, ahol a gyalugép vagy a gyalu kiszakítaná a rostot.

A színlőpenge előnyei:

- nem hagy csiszolóport, nem „kenegeti” a pórusokat;
- a felületet szinte polírozza;
- kis felületen, javításnál, csomós helyeken gyors;
- keményfán (tölgy, bükk, akác) jól dolgozik.

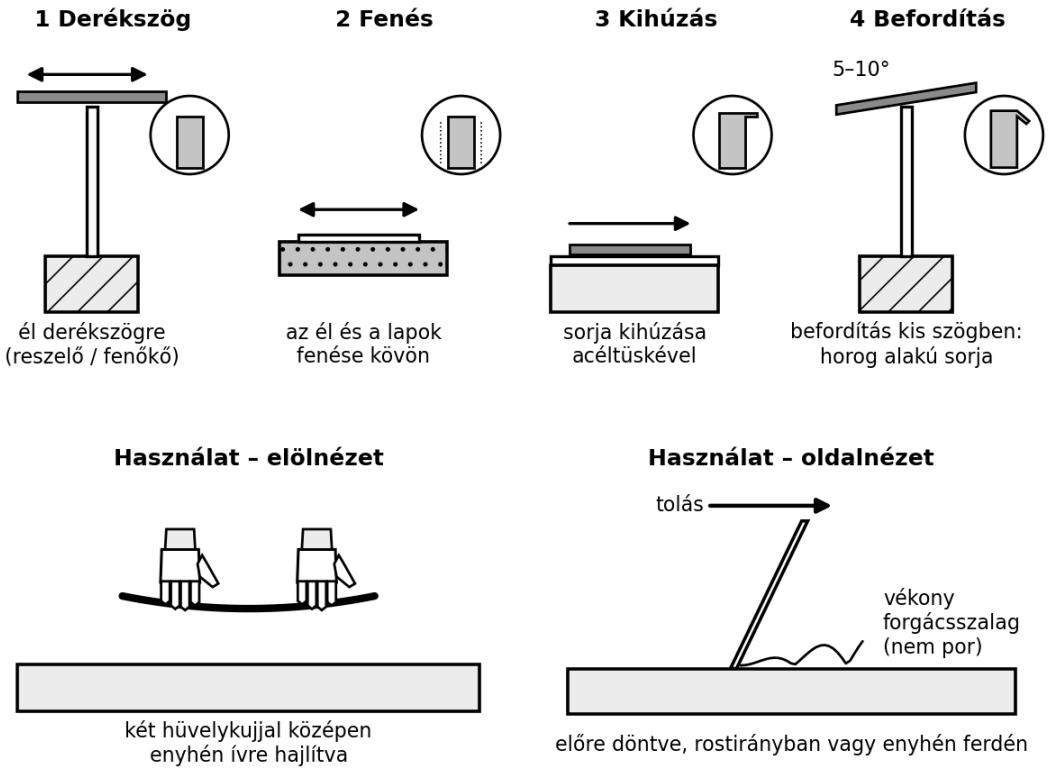
Példa. Ha egy asztalos asztal lapján ellentétes rostot talál, a színlőpengét rostirányban vagy enyhén ferdén (kb. 15–30°-ban) húzza, így lekapja a kiálló rostokat anélkül, hogy kiszakadna a fa.

A színlőpenge élezése. A színlőpengén nem hagyományos vágóélt köszörülünk, hanem az élt **kiegyengetjük**, majd **sorjázzuk**.

Recept. A színlőpenge élezése lépésről lépésre:

1. **Készítsd elő** a színlőpengét (a hosszú, keskeny acéllapot), egy kemény, sima fenőkövet, és egy kemény, kerek acél tüskét vagy egy erős, sima fenőacélt. A penge legyen por- és zsírmentes.
2. **Élezés derékszögben.** Állítsd a penge hosszú élét merőlegesen a fenőkőre, és húzd végig a kövön, mintha „vágnád” a követ. Ellenőrizd: az él teljes hossza érintkezik, nincs kerekítés.
3. **Simítás.** A penge mindkét lapos oldalát fektesd a fenőkőre, és óvatosan húzd meg, hogy a sorja lefelé álljon, a lapok simák legyenek. Ellenőrizd: a lapok simák, az él sorjamentes, derékszögű.
4. **Sorjázás.** A penge élét egy kemény acéltüskével vagy fenőacéllal húzd végig úgy, hogy az élből egyenletes, kifelé hajló sorja keletkezzen. A tüskét tartsd enyhén döntve (kb. 5–10°), és húzd lefelé. Ellenőrizd: a sorja az egész él mentén egyenletes, ujjal érezhető, de nem borotvaéles.
5. **Próba.** Egy keményfa hulladékdarabon húzd le a pengét. Húzd a pengét rostirányban vagy enyhén ferdén (kb. 15–30°-ban). Ellenőrizd: vékony, áttetsző forgácsot ad, és a felület sima, nem karcolt.

Figyelem. A színlőpenge élezése és használata gyakorlást igényel. A sérült, kicsorbult élű pengét ki kell egyengetni, mert mély karcolást okoz. A színlőpenge acéllemeze vékony és hajlékony; ne erőltesd, ne hajlítsd el, és ne tartsd a kezed a húzás irányában.



17.5. ábra. A színlőpenge élezése négy lépésben nagyított élszelvénnyel, valamint a penge hajlított tartása és a forgácsszalag

17.1.10. Szabvány és a csiszolóanyag jelölése

Szabvány. A csiszolóanyag szemcseméretét az ISO 6344 szerinti **P-sorozat** jelöli (például P80). A csiszolóanyagok biztonsági követelményeit a gyártó adja meg; a gépi csiszolóanyagok jelölése tartalmazza a szemcse típusát, a kötőanyagot, a hordozót és a maximális fordulatszámot (ellenőrizendő: gyártói adatlap). A régi jelölésekben (például „80-as csiszoló”) a P jelölés hiányozhat; a modern címke P80-at ír.

17.1.11. Csiszolóanyag-választás: gyakorlati példák

Példa 1. Lucfenyő polc, nyers felület, lakk előtt.

- Szemcsesorrend: P100 → P150 → P220 (tájékoztató; fa- és festékanyag-függő).
- Hordozó: papír vagy vászon, nyitott szórás a gyanta miatt.
- Forma: kézi tuskó vagy excenteres gépi korong.

Példa 2. Tömör tölgy asztallap, olajos felületkezelés alá.

- Szemcsesorrend: P80 → P120 → P180 (majd olajozás után finomabb, például P240).
- Hordozó: papír, zárt szórás, keményfa miatt.
- Forma: kézi tuskó a széleken, gépi csiszoló a belső mezőkön.

Példa 3. Régi bútorlakk lecsiszolása, új bevonat előtt.

- Szemcsesorrend: P120 → P180 → P220; közbenső portalanítás porszívóval és enyhén nedves (vizes) ruhával; oldószert csak a bevonat gyártójának utasítása szerint, szellőztetett helyen, légzésvédővel használj. A régi lakk pora ismeretlen összetételű lehet (pl. ólomtartalmú festék), ezért légzésvédő és elszívás kötelező; a régi lakkot inkább szilícium-karbidos papírral dolgozd.
- Hordozó: papír vagy háló.
- Forma: kézi tuskó és hálós ív az excenterhez.

17.1.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: Mély keresztkarcolások. Az ok az, hogy rostirányra merőlegesen vagy körkörösen csiszoltál, vagy túl durva szemcsét használtál. A javítás: kezdd elölről a megfelelő szemcsével, rostirányban.

Hiba 2: A felület „fényes”, de nem sima. Az ok az eltömődött csiszolópapír: a szemcsék közé fapor és gyantás anyag ragadt. A javítás: cserélj papírt, használj nyitott szórású vagy hálós anyagot.

Hiba 3: A csiszolópapír gyorsan szakad. Az ok a rosszul feszített papír, a tuskó éles éle, vagy az, hogy a papírt nem a megfelelő irányban húztad. A javítás: ellenőrizd a tuskóra feszítést, igazítsd a papírt, és ne húzd a szerszámot éles szögben a fa élébe.

Hiba 4: A színlőpenge karcol. Az ok a tompa vagy rosszul sorjázott él, esetleg a penge sérült. Javítás: köszörüld újra, ellenőrizd a sorja egyenletességét.

17.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos egy négyszögletes bükk vágódeszka sorozatot gyárt. A gyalulás után a munkatárs P80-as csiszolót tekert a tuskóra, és gyorsan áthúzta a felületet. Ezután egyből P180-at használt, hogy időt spóroljon. A deszkák szépek lettek, de az olajozás után finom, fényes csíkok jelentek meg, amelyek a fényben látszottak. A hiba az volt, hogy a P80-as barázdákat a P180 nem távolította el teljesen. A megoldás: a felületet újra P100-zal vagy P120-szal, majd P180-nal csiszolták, és a csíkok eltűntek. A tanulság: **ne ugorj szemcsét**, és minden lépés után ellenőrizd a felületet süllyesztett fénnyel.

17.1.14. Önellenőrzés

1. Miért kell a csiszolótuskót használni kézi csiszoláskor?
2. Mit jelent a P120 jelölés? Durvább vagy finomabb, mint a P80?
3. Mi a különbség a nyitott és a zárt szórás között?
4. Milyen csiszolószemcsét választasz régi lakk eltávolítására, és miért?
5. Hogyan készíted elő a színlőpengét használat előtt?

17.1.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a csiszolóanyag felépítésének három fő részét és mindegyik funkcióját.

2. feladat (A) Milyen szemcsesorrendet használsz egy új tömörfa ajtólap lakkozás előtti kézi csiszolásához? Indokold a sorrendet.

3. feladat (B) Egy asztalos P80-as csiszolópapírt használt egy tölgyfa lapon, majd P150-et választott. Jó-e ez a lépés? Számold ki, hány százalékkal nőtt a szemcseszám, és ítéld meg a lépést.

4. feladat (B) Egy vászonhordozós csiszolószalag jelölése: korund, P120, zárt szórás. Milyen munkadarabhoz és géphez alkalmas? Indokold.

5. feladat (C) Egy régi bútor fenyőfelülete gyantás, és a P120-as papír folyton eltömődik. Milyen csiszolóanyagot és formát választasz, és miért? Írd le a teljes szemcsesorrendet is.

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy tömörfa polc lakkozás előtti kézi csiszolásához P100 → P150 → P220 sorrenddel. Add meg az ellenőrzési pontokat és a színlőpenge alternatív használatát.

17.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A csiszolótuskó egyenletes nyomást ad, védi a kezet, és síkban tartja a csiszolást; nélküle az ujjak benyomódhatnak, a felület hullámos lesz.
2. A P120 szemcse finomabb, mint a P80, mert nagyobb a P utáni szám: a 120-as szemcse kisebb, a 80-as durvább.
3. A nyitott szórásnál a szemcsék ritkábban, a hordozó felületének csak egy részén vannak; a zárt szórásnál sűrűn borítják a felületet. Nyitott szórás puha, gyantás fához, zárt szórás kemény fához és lakkozott felülethez ajánlott.
4. Régi lakk eltávolítására szilícium-karbid szemcséjű papírt választok, mert kemény, éles, és a lakkot jobban vágja. A szemcseméretet a lakk vastagságától függően P120–P180 közötti értékre vesszük.
5. A színlőpengét először a fenőkövön derékszögben kiegyengetjük, majd a lapjait simítjuk, végül tüskével sorjázzuk az élét.

1. feladat megoldása
A csiszolóanyag három fő része: a **csiszolószemcse** (vágóél, anyagleválasztás), a **kötőanyag** (a szemcséket a hordozóhoz rögzíti), és a **hordozó** (papír, vászon, háló, fólia), amely a szemcséket rugalmasan vagy mereven tartja.

2. feladat megoldása
Jó szemcsesorrend: **P100 → P150 → P220**. Indoklás: az új ajtólap felületén finom gyalunyomok lehetnek, ezért közepes durvasággal kezdjük (P100), majd fokozatosan finomítjuk. A lépések legfeljebb kb. 50 %-os ugrást mutatnak, ami megfelel a „lépés szabályának”.

3. feladat megoldása
A lépés P80-ról P150-re 87,5 %-os ugrás. Számítás:

$$\frac{150-80}{80}\cdot 100\,\% = \frac{70}{80}\cdot 100\,\% = 87{,}5\,\%$$

Ez a gyakorlatban még éppen elfogadható, ha a P80-at utána nem kapkodva használjuk, de jobb, ha P120-at iktatunk közbe, mert a 87,5 %-os ugrás a gyantás vagy kemény fán már látható barázdákat hagyhat.

4. feladat megoldása
A korund szemcse szívós, fa csiszolására való. A P120 közepesen finom, a zárt szórás kemény fához vagy lakkozott felülethez alkalmas. A vászonhordozó hajlékony és szívós, ezért **gépi**

szalagcsiszolóhoz használjuk, például széles szalagú csiszológépen tölgy vagy bükk ajtólap simítására.

5. feladat megoldása
A gyantás fenyőfelülethez **nyitott szórású, korund szemcséjű** csiszolóanyagot választok, mert a gyanta nem tömíti el gyorsan. A formája lehet **hálós csiszolóív** vagy nyitott szórású papír. A szemcsesorrend: **P100 → P150 → P220**. A hálós anyagnál a por átesik a lyukakon, így tovább tiszta marad. Ha kézzel dolgozom, a tuskóra hálós ívet teszek; gépi használatnál excenterhez hálós korongot.

6. feladat megoldása
Technológiai lap a tömörfa polc lakkozás előtti csiszolásához:

Egyéni védőeszköz és por. FFP2 (keményfánál, régi bevonatnál FFP3) légzésvédő, a port M osztályú porszívóval távolítsd el, ne fújd le sűrített levegővel.

1. Befogás, pormentesítés. – Ellenőrzés: a polc stabil, a munkaterület tiszta.
2. P100-as csiszolótuskóval a rostirányban csiszolom. – Ellenőrzés: gyalunyomok eltűnnek, a felület egyenletes.
3. P150-nel továbbcsiszolok. – Ellenőrzés: a P100-as karcolások eltűntek, süllyesztett fényben nincs mély nyom.
4. P220-nal finomítok. – Ellenőrzés: a felület tapintása sima, fényben egyenletes.
5. Élek tompítása kézzel, finom papírral. – Ellenőrzés: az élek egyenletesek, nincs leégetett él.
6. Portalanítás, ellenőrzés. – Ellenőrzés: a felület száraz, pormentes, nincs eltömődött szemcse a fa pórusában.

A színlőpenge a P220-as csiszolás előtt is használható, ha ellentétes rostú, ragyás helyeket akarunk javítani; ilyenkor a pengét a fent leírt módon élezzük, és a hibás helyeken rostirányban húzzuk le.

17.1.17. Rövid összefoglaló

A csiszolóanyag három fő részből áll: **csiszolószemcséből**, **kötőanyagból** és **hordozóból**. A szemcse lehet korund (fa), szilícium-karbid (lakk, kemény anyag) vagy kerámia (intenzív gépi). A szórássűrűség nyitott vagy zárt; puha, gyantás fához nyitott szórás való. A szemcseméretet a P-sorozat jelöli (ISO 6344); minél nagyobb a szám, annál finomabb a szemcse. A **lépés szabálya**: a következő szemcse legfeljebb kb. 50–100 %-kal legyen nagyobb számú. A csiszolóanyag formája ív, tekercs, szalag, korong, szivacs, háló. A kézi csiszolás alapja a **csiszolótuskó**, amelyik egyenletes nyomást ad, és a mozgatás rostirányban történik. A **színlőpenge (ciklik)** vékony acéllemez, amelyet kiegyengetünk és sorjázunk, majd vékony forgácsot húz le a keményfa felületéről. **Továbbvitt eredmény.** A csiszolóanyag-választás és a szemcsesorrend a csiszolási technológiák, a gépi csiszolás és a felület-előkészítés (Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés) fejezetben használjuk fel.

17.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a faipari csiszolóanyagok általános technológiáján alapul; a szemcseméret-jelölés az ISO 6344 szabványcsaládhoz kapcsolódik. A gyártói típusjelöléseket, a szórássűrűség százalékát, a maximális fordulatszámot és a pontos szabványszöveget a gyártói adatlap vagy a hatályos szabvány határozza meg (ellenőrizendő: ISO 6344, gyártói adatlap). A színlőpenge élezésének lépései a hagyományos műhelygyakorlatból származnak; az élezési szög és a sorjázási technika mestertől függhet.

17.2. Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés

A pácolt tömörfa káva akkor lesz egyenletes, selymes felületű, ha a csiszolási sor minden fokozata a helyén van. Ha kihagysz egy lépést, a pác kihozza a karcolást, a lakk felnagyítja a hullámot. Ebben az alfejezetben azt tanulod meg, hogyan kell csiszolni úgy, hogy a felületkezelő anyag a legjobb oldalát mutassa.

17.2.1. Szemléletes kép

Képzelj el egy 30 mm vastag, 80 mm széles, 600 mm hosszú tölgyfa kávát. Gépi gyalulás után a felülete sima, de apró késhullámok és vágásnyomok vannak rajta. Ha ezt rögtön pácolod, a pác beszívódik a rostokba, a vágásnyomok pedig sötét csíkokként látszanak. A csiszolás nem „ledörzsöli” a fát, hanem egyre finomabb karcolási képet épít fel, amíg a felület már nem mutat irányított karcolást, csak egyenletesen bársonyos.

17.2.2. Definíciók és szabályok

Definíció. A **csiszolási sor** a csiszolóanyag-finomság egymásra épülő lépcsője. Tömörfa felületkezelés alá jellemzően 80 → 120 → 180 P-grádust használunk; pácolandó felületnél 120 → 180 → nedvesítés → 220, lakkozás közbenső csiszolásánál 240–320 (egy fokozat) (ellenőrizendő: gyártói ajánlás).

Szabály. A csiszolási fokozatot legfeljebb 50–100 %-kal ugorjuk egyszerre. Például 80-ról ne ugorj 180-ra, mert a 80-as karcolás mélységét a 180-as szemcse nem távolítja el teljesen.

Definíció. A **szálfelállítás** az a művelet, amikor a fa felületét tiszta vízzel enyhén megnedvesítjük, megszárítjuk, majd finom csiszolóanyaggal levesszük a felállt rostszálakat. Ezzel elérjük, hogy a pác vagy lakk felhordásakor már ne álljanak fel a rostok, ne érdesedjen a felület.

Definíció. A **gyártásközi ellenőrzés** a gyártás egyes műveletei után végzett mérés, szemrevételezés és dokumentálás annak eldöntésére, hogy az alkatrész továbbengedhető-e a következő műveletre.

Szabály. A csiszolás mindig a rajz és a technológiai előírás szerint meghatározott felületkezeléshez igazodik. Más a natúr olajozott, a pácolt, a mázolt, a lazúros és a lakkozott felület igénye.

Továbbvitt eredmény. A csiszolt felület minősége meghatározza a Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák, a A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok és a Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók eredményét. A tömörfa alkatrészek csiszolásakor szerzett gyakorlatot az Egyszerű munkadarabok: tervezés, kivitelezés, önértékelés készítésénél használjuk fel újra.

17.2.3. Csiszolási technológiák kézzel és kisgépekkel

A csiszolás iránya mindig a rosttal párhuzamos, vagy mozgó szerszámnál a rosttal közel párhuzamos. A rosttal ellentétes, harántolt mozgás mély karcolásokat hagy, amelyeket a következő fokozat kevésbé tud eltüntetni.

Kézi csiszolás. A csiszolólapot parafa- vagy keménygumi csiszolófára feszíted. Sík felületen a csiszolófa biztosítja a nyomáseloszlást. Egyenletes, hosszú húzásokkal dolgozz, ne körözz. A munkadarab szélén ne billenj le, mert az él lekerekedik.

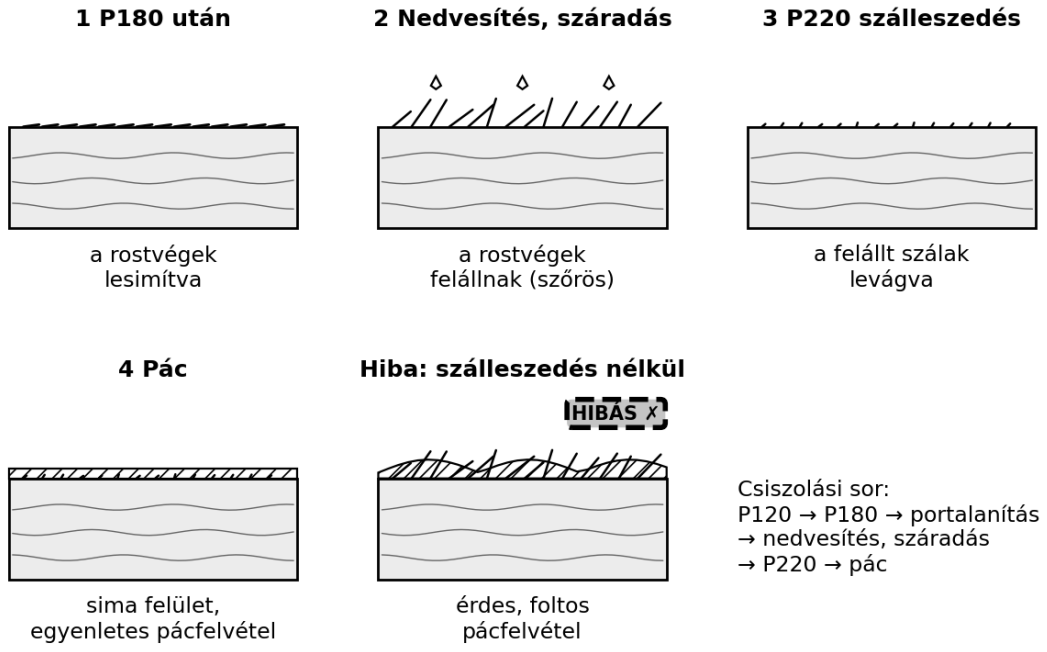
Kisgépes csiszolás. Az **excenter csiszoló** sík és enyhén ívelt felületekre alkalmas, a **szalagcsiszoló** nagyobb sík felületekre és előcsiszolásra, a **rezgőcsiszoló** pedig finom, lapszerű felületekre, sarkok előkészítésére. A gépet folyamatosan mozgatni kell; egy helyben tartva a gép átcsiszolja a felületet, égésnyomot hagyhat.

Sík felület. Először géppel, a rosttal párhuzamosan csiszolunk, a gép talpát síkban tartva. A gépi csiszolás után kézzel, csiszolófával ellenőrizzük a felületet, mert a gép lengése hullámosságot okozhat.

Mart, profilozott felület. A marás kör alakú vágásnyomokat hagy. A profilt először a profilhoz illeszkedő **profilcsiszoló szivaccsal** vagy csiszolófilccel dolgozzuk el, majd a sík felületeket külön csiszoljuk. A profil mélyedéséből a port kefével vagy sűrített levegővel el kell távolítani (porvédelem mellett), mert a pác alatt porszemcse marad.

Sarkok, élek letörése. A csiszolás végén minden éles élt enyhén, jellemzően 0,2–0,5 mm szélességben letörünk 45°-ban csiszolószivaccsal vagy finom csiszolólappal. Ez megakadályozza, hogy az él elvágja a kezet, és hogy a lakkbevonat az élen vékonyan megtörjön.

Nedvesítés és szálfelállítás. Pácolandó vagy vizes bázisú lazúrozandó felületnél a 180 P-grádusú csiszolás és a portalanítás után a felületet tiszta, nedves szivaccsal vagy vízpermetezővel egyenletesen benedvesítjük. Száradás után 220 P-grádussal (vagy 180-nal, ha a pác gyártója durvább felületet kér) könnyedén, a felállt szálakat levesszük. Vizes bázisú pácnál/lazúrnál a szálfelállítás kötelező, oldószeres pácnál ajánlott. A műveletet csak tömörfa felületen végezzük; furnérozott lapon a víz felválthatja a furnért.



17.6. ábra. A szálfelállítás metszetben: P180 után lesimult rostvégek, nedvesítés után felálló szálak, P220-as szálleszedés, egyenletes pácfelvétel; hibaként a szálleszedés nélkül pácolt, érdes felület

17.2.4. Kidolgozott példa: pácolandó tömörfa káva csiszolási sora

Egy 30 × 80 × 600 mm-es tölgyfa kávát natúr színű, oldószeralapú páccal kezelünk, majd lakkozunk. A csiszolási sor:

1. Ellenőrzés: a káva mérete, derékszöge, gyaluhiba-mentessége.
2. Gépgyalu vagy kézi gyalu után **120 P-grádusú** csiszolólapos excenter csiszolóval, rosttal párhuzamosan a teljes felület csiszolása.
3. **180 P-grádusú** csiszolóval rostirányban a 120-as karcok eltávolítása.
4. A felület portalanítása.
5. Nedvesítés tiszta vízzel, majd száradás. Oldószeres pácnál a szálfelállítás ajánlott, vizes bázisú pácnál/lazúrnál kötelező.
6. **220 P-grádusú** (vagy 180 P, ha a pác gyártója durvább felületet kér) csiszolóval a felállt szálak könnyű levétele, kézzel, csiszolófán (ellenőrizendő: a pác adatlapja).
7. Élletörés 0,3 mm körül, csiszolószivaccsal.
8. Ellenőrzés: tapintás, szemrevételezés, méretmérés, dokumentálás.

17.2.5. Csiszolás az egyes felületkezelések alá

Natúr felület (olaj, viasz). Az olajozott felület megőrzi a fa tapintását. Tömörfán 120 → 180 P-grádusig csiszolunk, portalanítunk. A felület legyen egyenletesen bársonyos, de nem kell teljesen „üvegsima” lennie.

Pácolt felület. A pác felnagyítja a karcolásokat, ezért a csiszolási sor legalább 120 → 180 P-grádus, nedvesítéssel. Fontos, hogy a pác előtt a felület portalanított legyen, és a csiszolás iránya egységes legyen.

Mázolt felület. A vastag, fedő festék alá nem kell a legfinomabb csiszolás. Általában 120–150 P-grádus elegendő, mert a festék kitölti a finom karcolásokat. Az élek letörése itt is szükséges.

Lazúros felület. A lazúr áttetsző, ezért a pácolthoz hasonlóan 120 → 180 P-grádus, nedvesítés és felületi ellenőrzés szükséges. Vizes bázisú lazúrnál a szálfelállítás elengedhetetlen.

Lakkozott felület. Az alapfelületet 120 → 180 P-grádusig csiszoljuk. A lakkozás rétegei között 240–320 P-grádussal (egy fokozat), csiszolószivaccsal vagy finom excenter koronggal dolgozunk, csak a felületi hibákat, porszemcséket vesszük le. A lakkréteget nem szabad átcsiszolni.

17.2.6. Számítások

17.2.6.1. 1. példa – Csiszolókorong-felhasználás becslése

Egy 800 × 400 mm-es tömörfa ajtóbetét két oldalát csiszoljuk 120 P-grádusú, majd 180 P-grádusú excenter csiszolókoronggal. Egy koronggal kb. 0,5 m² friss fa felület csiszolható le (mintaérték, ellenőrizendő: korong gyártói adata).

A betét egyik oldala: $A_1 = 0{,}8\,\mathrm{m} \times 0{,}4\,\mathrm{m} = 0{,}32\,\mathrm{m}^2$.
Két oldal: $A = 2 \times 0{,}32 = 0{,}64\,\mathrm{m}^2$.
Lépcsőnként: $\frac{0{,}64}{0{,}5} = 1{,}28$ korong, felfelé kerekítve 2 db 120-as és 2 db 180-as korong.
Ellenőrzés: Az érték nagyságrendje reális, mert egy betéthez pár korong szükséges.

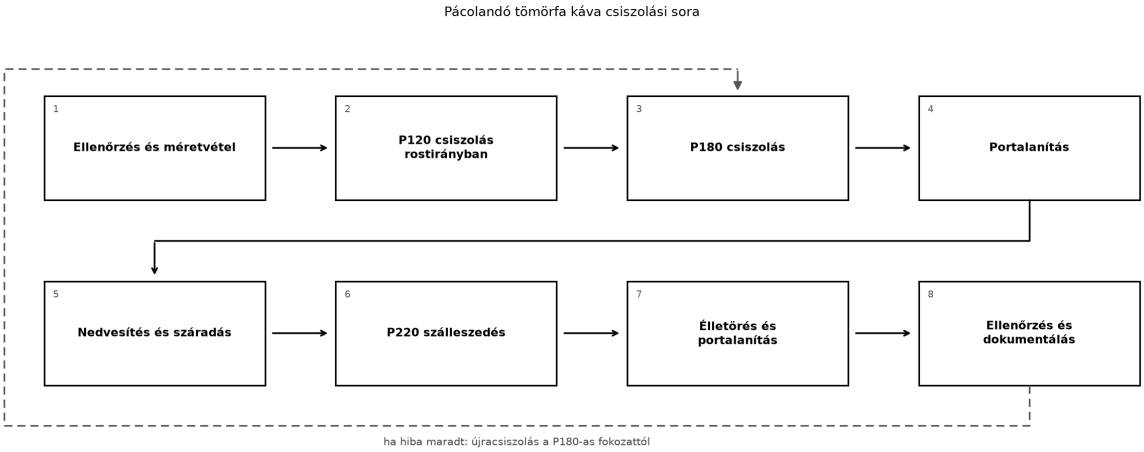
17.2.6.2. 2. példa – Gép csiszolási idő becslése

Ugyanazt a betétet excenter csiszolóval csiszoljuk. A gép hatékony haladási sebessége $v = 2\,\mathrm{m}/perc$, a megfogott sáv szélessége $b = 0{,}1\,\mathrm{m}$. A lefedett terület percenként: $q = v \times b = 2 \times 0{,}1 = 0{,}2\,\mathrm{m}^2/perc$.

A teljes csiszolandó felület egy lépcsőben $A = 0{,}64\,\mathrm{m}^2$. Az idő: $t = A/q = 0{,}64/0{,}2 = 3{,}2\,\mathrm{perc}$. Két lépcsőre (120, 180) kb. 6,4 perc, plusz a portalanítás és az ellenőrzés. A gyakorlatban 15–20 perc a reális. **Ellenőrzés:** a számítás csak a gépi munkaidejét becsli, a kézi javítást nem tartalmazza.

17.2.7. Ábra

A csiszolási sor lépéseit ábrázolja az alábbi folyamatábra.



17.7. ábra. Pácolandó tömörfa káva csiszolási sora - Tájékoztató folyamatábra; a szemcsefokozatok a pác és a felületkezelő rendszer gyártói adatlapja szerint ellenőrizendők.

17.2.8. Szabvány

Szabvány. A csiszolóanyagok szemcsejelölését a P-grádus szerint az MSZ EN ISO 6344 sorozat szabályozza (ellenőrizendő: pontos szabványszám). A kézi csiszológépekre az MSZ EN 62841 sorozat vonatkozik (ellenőrizendő: hatályos kiadás; az MSZ EN ISO 19085 a telepített gépekre szól). A keményfa-por, például tölgy- és bükkpor, rákkeltő anyagként van besorolva, munkahelyi határértékét a hatályos nemzeti rendelet szabályozza (ellenőrizendő: aktuális határérték). A munkavégzés során biztonsági adatlap és a felületkezelő gyártó műszaki adatlapja a mérvadó.

17.2.9. Technológiai lap: tömörfa káva csiszolása pácolás alá

Cél: pácolásra előkészített, egyenletesen csiszolt tömörfa káva.
Anyag: tömör tölgy káva 30 × 80 × 600 mm, P120, P180, P220 csiszolókorong, csiszolószivacs, tiszta víz.
Gépek, szerszámok: excenter csiszoló, kézi csiszolófa, porlasztó vagy nedves szivacs, puha kefe, tolómérő, derékszög, ellenőrzőlap.

Gépbiztonság. A kisgépet betanított, felügyelt tanuló kezelheti. A csiszológép védőburkolatát, a csiszolókorong rögzítését és az elszívó csatlakozását indítás előtt ellenőrizni kell. **Tilos** sérült tányérral vagy koronggal, elszívás nélkül csiszolni. Egyéni védőeszköz: FFP3 légzésvédő fapor ellen, védőszemüveg, szükség esetén hallásvédelem.

Indítás előtti ellenőrzés: korong állapota és rögzítése, gépkábel és csatlakozó, elszívó tömlő, munkadarab hibamentes, munkaterület szabad, vészleállító vagy a gép kikapcsolható.

Lépések:

1. Mérd meg a kávát: hossz 600 ± 0,5 mm, szélesség 80 ± 0,3 mm, vastagság 30 ± 0,3 mm (tájékoztató tűrés, ellenőrizendő). – ellenőrzés: tolómérő, derékszög.
2. Csiszold a felületet P120 koronggal, excenter csiszolóval, rosttal párhuzamosan. – ellenőrzés: a gyaluvágás nyomai nem láthatók, a felület egyenletesen matt.
3. Csiszold a felületet P180 koronggal rostirányban. – ellenőrzés: a P120-as karcok eltűntek.
4. Portalanítsd kefével és az elszívóval. – ellenőrzés: a felületen nem maradt por.
5. Nedvesítsd be a felületet egyenletesen vízzel, hagyd megszáradni, majd csiszold könnyedén P220 koronggal vagy kézi csiszolófán. – ellenőrzés: tapintásra selymes, karcolásmentes, a rostok nem állnak.
6. Törd le az éleket csiszolószivaccsal 0,3 mm körül. – ellenőrzés: az él nem vág, a letörés egyenletes.
7. Ellenőrizd a méretet és a felületet, majd írd fel az ellenőrzőlapra. – ellenőrzés: minden érték a tűrésen belül.

17.2.10. Minőségellenőrzés

Ellenőrzési jellemző	Mérőeszköz / módszer	Tájékoztató tűrés	Mi a teendő eltérésnél
Hossz, szélesség, vastagság	tolómérő, acélmérő	± 0,3–0,5 mm	újra gyalulás, csiszolás, vagy selejt jelölés
Derékszög	derékszög, hézagmérő	0,2 mm / 100 mm	újra gyalulás, csiszolás
Síkosság	acélvonalzó, hézagmérő	0,2 mm / 300 mm	felület kiegyenlítése
Felületi érdesség	tapintás, rost irányú szemrevételezés	nincs látható karcolás	további finom csiszolás
Porszennyezés	fehér rongy, szemrevételezés	nem marad por	portalanítás, elszívás javítása

17.2.11. Tipikus hibák és okaik

Karc. Tünet: mély, irányított karcolások a felületen. Ok: túl nagy fokozatugrás, szennyezett korong, rostirányra merőleges csiszolás. Javítás: térj vissza az előző, durvább fokozatra, majd haladj végig a soron.

Átcsiszolás. Tünet: a felület egy része világosabb vagy vékonyabb, széleken kerekítés. Ok: egy helyben tartott gép, élen lebillentett csiszolófa, túlzott nyomás. Javítás: a teljes felületet egyenletesen újra csiszolni, ha a méret engedi, vagy selejt.

Égésnyom. Tünet: sötét, barnás, fényes folt. Ok: tompa vagy eltömődött csiszolóanyag, túl nagy nyomás, túl sokáig egy helyben tartott gép. Javítás: csiszolóanyag csere, a folt kicsiszolása friss koronggal.

Hullámosság. Tünet: a felület fényben hullámos, a lakk alatt felerősödik. Ok: a gép talpa nem síkban futott, egyenetlenül nyomott (billegő) excentercsiszoló, rossz nyomáseloszlás. Javítás: síklemezhez szorított csiszolófa, egyenletes mozgatás, ellenőrzés acélvonalzóval.

17.2.12. Hibaelemzési eset: foltos pác a káván

Tünet. Egy pácolt tölgyfa káva megszáradása után a felületen világosabb és sötétebb sávok láthatók, a karcolatok kirajzolódnak.

Lehetséges okok. (1) A csiszolás 120 P-grádusról 220 P-grádusra ugrott, a közbenső 180 kimaradt. (2) A csiszolás nem volt egyenletes: a széleken kevesebb anyagot vettek le. (3) A pácolás előtt a felület poros volt, vagy a nedvesítés száradása nem volt teljes.

Vizsgálat. A kávát lapos szögben, erős fényben nézzük meg. A karcolatok a 120-as szemcse nyomai, amelyek a 220-as csiszolással csak simábbá váltak, de nem tűntek el. Tapintással a felület kissé hullámos.

Valódi ok. A csiszolási sorból kimaradt a 180 P-grádus, és a nedvesítés elmaradt.

Javítás. A pácréteget le kell csiszolni 120 P-grádussal, majd végig kell vinni a 120 → 180 → nedvesítés → 220 P-grádusú soron. Utána újra pácolni.

Megelőzés. Csiszolási utasítást készítünk, a fokozatokat ellenőrizzük, és a nedvesítést minden pácolandó tömörfa felületen elvégezzük.

17.2.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhely bükkfa székvázakat gyártott. A székeket lazúrozták. Az első sorozatnál a lazúrozás után a szék lábain hosszanti, világos csíkok jelentek meg. A hiba vizsgálatakor kiderült, hogy a munkatárs a kézi csiszolást a rosttal párhuzamosan kezdte, de a végén körkörösen, gyorsan átdolgozta a felületet. A körkörös mozgás harántkarcolatokat hagyott, amelyeket a lazúr kiemelt. A sorozatot újra kellett csiszolni, most már csak rostirányban, és a munkautasításba bekerült a csiszolás irányának ellenőrzése. A tanulság: a fokozat mellett a csiszolás iránya és egyenletessége ugyanolyan fontos.

17.2.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Pácolás alá mindig elég a 80 P-grádusú csiszolás, mert a pác eltünteti a karcolást.
2. Mi a sorrend: nedvesítés, 220 P csiszolás, 120 P, 180 P csiszolás?
3. Mit jelent a szálfelállítás?
4. Melyik hiba jele az égett, barna, fényes folt?
5. Hogyan méred a káva derékszögét?

17.2.15. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a P-grádusokat, amelyeket egy pácolandó tömörfa káván alkalmazni kell, és írd le a nedvesítés szerepét.

2. feladat (A). Mi a teendő, ha 80 P-grádusú csiszolás után azonnal 180 P-grádusú csiszolást végzel?

3. feladat (B). Egy tömörfa ajtóbetét 900 × 400 mm, két oldalát csiszolod 120-as, majd 180-as koronggal. Egy koronggal 0,5 m² friss fa csiszolható. Mennyi korong szükséges lépcsőnként, és mennyi a becsült csiszolási idő, ha a gép 0,2 m²/perc teljesítményű?

4. feladat (B). Készíts csiszolási tervet egy mázolandó fenyő polclaphoz: méret 1200 × 200 × 18 mm, a felület gyalult, de kisebb gyaluhullámok vannak rajta. Milyen fokozatokat használsz, és miért?

5. feladat (C). Egy pácolt tölgyfa káván a pác megszáradása után hullámos, foltos a felület. Melyik csiszolási hiba okozhatja, és hogyan javítanád?

6. feladat (D). Tervezz meg egy ellenőrző lapot a csiszolt káva művelet utáni átvételéhez: sorold fel az ellenőrizendő jellemzőket, a mérőeszközöket, a tájékoztató tűréseket, és a döntési pontokat.

17.2.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis, a pác éppen kiemeli a karcolást.
2. 120 P → 180 P → portalanítás → nedvesítés → száradás → 220 P csiszolás.
3. A felület benedvesítésével a rostok felállnak, majd finom csiszolással eltávolítjuk őket.
4. Tompa vagy eltömődött csiszolóanyag, túlzott nyomás.
5. Derékszöggel, a hézagot hézagmérővel, jellemzően 0,2 mm/100 mm tűréssel.

1. feladat (A). Pácolás alá: 120 P, 180 P, szükség szerint 220 P. Nedvesítés után a felállt szálakat 180–220 P csiszolással távolítjuk el, hogy a pác ne érdesítse a felületet.

2. feladat (A). Az ugrás túl nagy. A 80-as karcolások megmaradnak. Vissza kell térni 120 P-re, majd onnan 180 P-re haladni.

3. feladat (B). Egy oldal: $0{,}9 \times 0{,}4 = 0{,}36\,\mathrm{m}^2$. Két oldal: $0{,}72\,\mathrm{m}^2$. Lépcsőnként: $\frac{0{,}72}{0{,}5} = 1{,}44$, felfelé kerekítve 2 korong. Két lépcsőhöz összesen 4 korong. Idő lépcsőnként: $\frac{0{,}72}{0{,}2} = 3{,}6\,\mathrm{perc}$. Két lépcső: kb. 7,2 perc; gyakorlatban 20–25 perc a portalanítással, ellenőrzéssel.

4. feladat (B). Mázolás alá nem kell a legfinomabb fokozat. A gyaluhullámokat 120 P-grádussal excenter csiszolóval eltávolítjuk, majd 150 P-grádussal átcsiszoljuk. Élletörés, portalanítás. Nedvesítés általában nem szükséges fedő festék alatt, de ha vizes bázisú alapozó kerül rá, akkor javasolt.

5. feladat (C). A hullám lehet a gépi csiszoló talpának nem síkban tartásából, vagy a körkörös kézi csiszolásból. Javítás: a felületet 120 P-ről kezdve egyenletesen, csiszolófával vagy síkban vezetett excenterrel újra kell csiszolni, majd 180 P, portalanítás, nedvesítés, 220 P, utána újra pácolni.

6. feladat (D). Ellenőrző lap oszlopai: jellemző, mérőeszköz, tűrés (tájékoztató), mért érték, elfogadás (igen/nem). Sorok: hossz, szélesség, vastagság, derékszög, síkosság, felületi érdesség, porszennyezés. A döntés: minden tétel elfogadott, vagy javítás után újra ellenőrizni.

17.2.17. Rövid összefoglaló

A csiszolás célja felületkezelés előtt a gyalulási és megmunkálási nyomok egyenletes, finom karcolási képpel való helyettesítése. A csiszolási sort 80 → 120 → 180 P-grádus szerint építjük, pácolásnál nedvesítéssel és szálfelállítás-eltávolítással. A felületkezelő típusa meghatározza a szükséges finomságot: a natúr olajos és mázolt felülethez kevésbé finom, a pácolt, lazúros és lakkozott felülethez finomabb csiszolás kell. A csiszolás iránya rostirányú legyen; a gépet folyamatosan, síkban tartva mozgatjuk. A sarkokat, éleket enyhén letörjük. A gyártásközi ellenőrzés méréssel, tapintással és szemrevételezéssel igazolja, hogy az alkatrész megfelel a

következő műveletnek. A jellemző hibák – karc, átcsiszolás, égés, hullámosság – okainak ismerete a javítás és a megelőzés alapja. A csiszolt felület minősége közvetlenül meghatározza a A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás, a Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák, a A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok és a Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók eredményét.

17.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: a Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás csiszolóanyag-ismertetés, gépkönyvi biztonsági előírások, csiszolóanyag-gyártói műszaki adatlapok, felületkezelő anyagok gyártói adatlapjai, MSZ EN ISO 6344 csiszolóanyag jelölés (ellenőrizendő), MSZ EN 62841 kézi motoros szerszámok biztonsága (ellenőrizendő), a keményfa-por munkahelyi határértéke (ellenőrizendő). A megadott tűrések, csiszolási fokozatok, korongfelhasználási és időadatok tájékoztató jellegűek, gyártói adatlap és éles körülmények között ellenőrizendők.

18 Alapszerkezetek és toldások készítése

18.1. Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet

18.1.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben ritkán az a kérdés, hogy „hogyan készítsünk egy bútort?”, hanem az, hogy **hogyan álljon össze a bútor a használat során, hosszú éveken át**. A vevő egy tömörfa asztalt rendel. Az asztallapot tömör tölgyből táblásítjuk, a lábakhoz ugyanezt a fát használjuk. Ha az asztallapot mereven, csavarral a lehető legszorosabban a kerethez rögzítjük, az első télen a száraz, meleg lakásban a lap zsugorodni kezd. A rostirányban alig változik a mérete, keresztben azonban akár több millimétert is „dolgozik”. Ha nem ismerjük az alapszerkezeteket, a gyönyörűen kivitelezett asztal lapja hangos roppanással elreped.

Ebben az alfejezetben rendszerezzük a faipari termékeket felépítő négy alapszerkezetet: a **lapszerkezetet**, a **keretszerkezetet**, a **kávaszerkezetet** és az **állványszerkezetet**. Megtanuljuk, hogyan válasszuk ki a megfelelőt a terhelés, a gyárthatóság és a faanyag mozgása alapján.

18.1.2. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy klasszikus, tömörfa konyhaszekrényt (kredencet). Nézzük meg, milyen szerkezetekből épül fel:

1. **Az oldalak és a polcok** nagy, sík felületű elemek. Ezek **lapszerkezetek** lehetnek, például táblásított tömörfa lapból.
2. **Az ajtók** vékonyabb betétből és egy masszív keretből állnak. Ez a **keretszerkezet**, ahol a betét a keret hornyában „lebeg”.
3. **A fiókok** egymáshoz kapcsolódó lapokból álló dobozok. Ez a **kávaszerkezet**.
4. **A szekrény lábai vagy a lábazat**, amely a szekrény súlyát a padlóra hordja. Ez az **állványszerkezet**.

Egy bútor ritkán áll egyetlen alapszerkezetből. Ha megértjük ezt a négy alapformát, bármelyik bútort képesek leszünk „szétszerelni” gondolatban, és tudni fogjuk, hogyan kell megtervezni és elkészíteni a részeit.

18.1.3. Definíciók és szabályok

18.1.3.1. 1. Lapszerkezet: a sík felület

Definíció. A **lapszerkezet** olyan sík, lemezszerű alkatrész vagy szerkezeti rész, amelynek fő jellemzője a nagy felület és a hozzá képest kis vastagság. Feladata lehet térelhatárolás, teherhordás (polc) vagy a termék külső felületének megadása (bútortest oldala).

A lapszerkezetek két nagy csoportra oszlanak a felhasznált anyag alapján:

- **Tömörfa lap (táblásított lap):** Szélesítő toldással, hosszabbító toldással vagy rétegragasztással készül. Gyönyörű, természetes hatású, de a fa mozgása miatt szerkezetileg körültekintést igényel. A tömörfa lap a nedvességváltozás hatására **a rostokra merőlegesen** (szélességben és vastagságban) jelentősen változtatja a méretét, ahogyan azt a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben tanultuk.
- **Faalapú lapanyag:** Ide tartozik a rétegelt lemez, a forgácslap, az MDF, az OSB és a bútorlap. Előnyük, hogy méretstabilak, nagy felületben kaphatók, és nem mozognak annyira, mint a tömörfa. Hátrányuk, hogy érzékenyek a nedvességre, a kihúzóerőre és a vékony élük védelmet igényel.

Szabály. Ha tömörfa lapot rögzítünk egy másik szerkezethez, a rögzítésnek mindig **mozgásbiztosnak** kell lennie. A csavarnak a hosszlyukban, a lapnak egy horonyban kell tudnia mozogni, különben a fa elreped.

18.1.3.2. 2. Keretszerkezet: merev, könnyű szerkezet

Definíció. A **keretszerkezet** két függőleges **oszloplécből** (más néven állóléc) és az azokat összekötő vízszintes **keresztlécekből** (más néven csapolóléc) álló, önmagában merev elem. A keret nyílását gyakran egy **betét** (panel) tölti ki.

A keretszerkezetet akkor használjuk, ha szeretnénk elkerülni a tömör fa vetemedését, ugyanakkor masszív, megjelenésében ízléses bútort szeretnénk. Gondoljunk egy tömörfa konyhaajtóra: ha ezt egyetlen vastag tölgyfa lapból vágnánk ki a rostiránnyal párhuzamosan, a fa dolgozása miatt az ajtó vetemedne. Ha viszont egy erős keretet készítünk, és a közepébe vékonyabb betétet teszünk, az ajtó könnyű, merev és stabil lesz.

Szabály. A keret–betét szerkezetnél a betétet **szabadon**, ragasztás nélkül kell behelyezni a keret hornyába (nútjába). A betét szélessége legyen kisebb, mint a két szemközti horony aljának távolsága (a keret belső nyílása + 2 × horonymélység), hogy mindkét horony alján maradjon tágulási hézag (tájékoztató érték oldalanként 2–3 mm, a betét szélességétől és a fafajtától függően; ellenőrizendő), és a betétnek legyen helye dagadni. Ezt nevezzük **úszó betétnek**. Ellenkező esetben a betét dagadása szétnyomja a keret kötéseit.

18.1.3.3. 3. Kávaszerkezet: a doboz elve

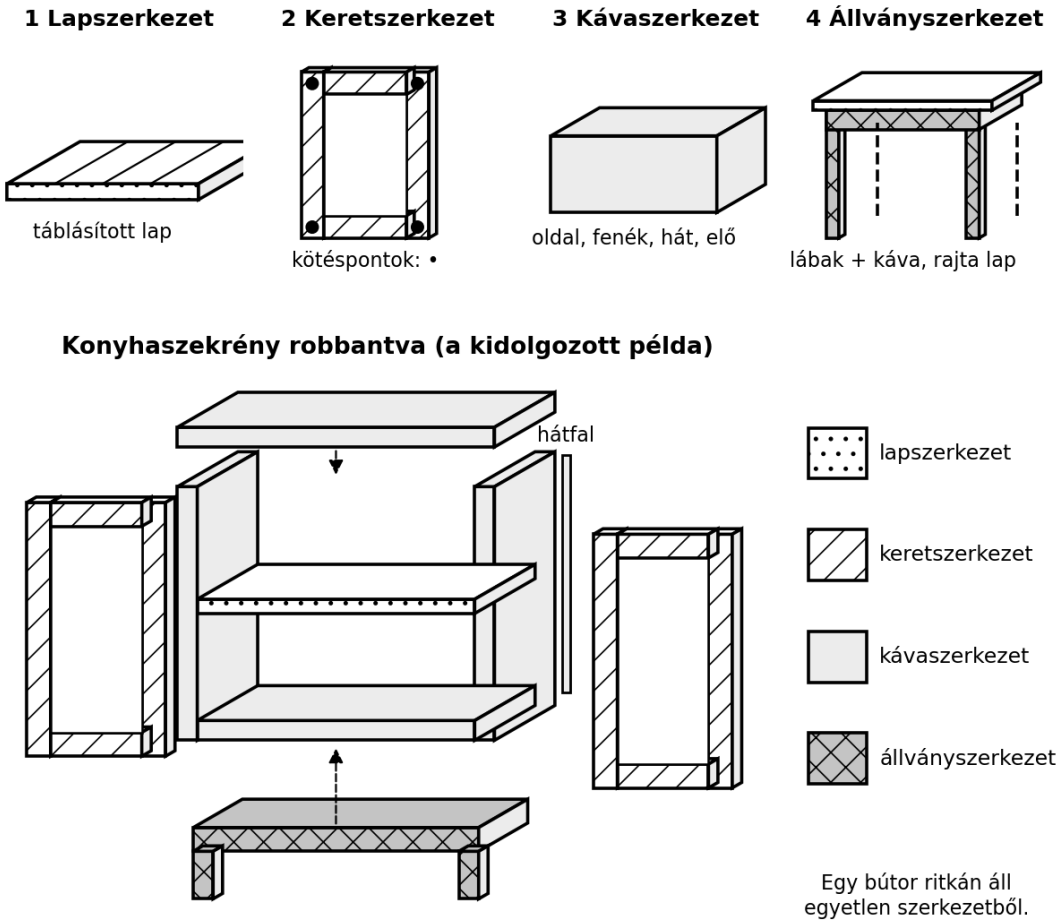
Definíció. A **kávaszerkezet** több, általában sík lapból (kávából) összeépített, zárt vagy részben nyitott, dobozszerű szerkezet. A leggyakoribb példa a fiók, a láda, valamint a korszerű bútorok (például szekrények) önhordó teste.

A kávaszerkezet lényege, hogy a sarkokon a lapokat egymáshoz kell rögzíteni. Ez történhet hagyományos fakötésekkel (például fecskefarkú fogazással) vagy korszerű, bontott szerkezetű elemekkel (idegencsapos, tiplis vagy mechanikus csavaros kötőelemekkel). A kávaszerkezet merevségét a doboz forma adja, de egy hátlap vagy merevítő pótlécek nélkül a doboz el tud deformálódni (rombusz alakot ölt).

18.1.3.4. 4. Állványszerkezet: teherhordó váz

Definíció. Az **állványszerkezet** jellemzően függőleges elemekből (lábakból, oszlopokból) és az azokat összekötő vízszintes vagy ferde elemekből (kötőlécekből, hevederekből) álló, nyitott szerkezet. Elsődleges feladata a statikus terhek felvétele és a padlóra való közvetítése.

Az állványszerkezethez tartozik az asztal alsó váza, a szék váza, az ágykeret és a padló alatti falábak. Az állványszerkezetet mindig úgy kell méretezni, hogy ellenálljon a használat során fellépő hajlító és csavaró igénybevételeknek. A szék lábai közé például azért teszünk kötőléceket, mert azok nélkül a lábak a vízszintes terhelés hatására kitörnének a felső keretből.



18.1. ábra. A négy faipari alapszerkezet egy-egy példán és a kidolgozott példa konyhaszekrénye robbantva, a részek szerkezettípus szerint jelölve

18.1.4. Technológia és eljárás: hogyan válasszunk szerkezetet?

A megfelelő alapszerkezet kiválasztása nem ösztönös dolog, hanem egy mérnöki gondolkodási folyamat. Az alábbi négy szempontot mindig mérlegeljük:

1. **Terhelés és merevség:** Milyen jellegű terhelést kap az elem? Egy fiók (kávaszerkezet) vízszintes húzásnak és függőleges terhelésnek is ki van téve. Egy szekrényajtó (keretszerkezet) a saját súlyát okozó hajlító igénybevételnek is ki van téve, és nem szabad, hogy a sarka leessen. Az asztallábaknál (állványszerkezet) a kihajlás és a vízszintes kimozdulás ellen kell kötőléceket alkalmazni.
2. **A fa mozgása (mozgásbiztosság):** Ez a legfontosabb alapelv, lásd a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben tanultakat. Széles tömörfa lapot (lapszerkezet) sose ragasszunk mereven egy doboz oldalához, mert elreped. Helyette vagy használjuk keretszerkezetet, vagy mozgási hézagot, hosszlyukat építünk be.
3. **Gyárthatóság:** Figyelembe kell venni a rendelkezésre álló gépeket és a szakmai tudást. Egy hagyományos, fecskefarkú fogazással készült kávaszerkezet nagyon szép, de időigényes.

Egy CNC-vel szabott, lamellóval összerakott doboz sokkal gyorsabban gyártható. A szerkezetválasztásnak a vállalkozás ár- és időszámításához is igazodnia kell.

4. **Ár:** A tömörfa keretszerkezet drágább alapanyagot és több munkaidőt igényel, mint egy fóliázott forgácslapból készült kávaszerkezet. A vevő által elfogadott ár befolyásolja a szerkezet típusát.

Szabály. Mindig a **rajz–anyag–művelet hármas** szerint gondolkodjunk. A Egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajza alfejezetben már láttunk példákat arra, hogy a rajz pontosan megmutatja a szerkezetet. A rajzon egyértelműen jelölni kell a szerkezet típusát, a faanyag rostirányát és a mozgásnak engedett hézagokat.

18.1.5. Kidolgozott példa: egy konyhaszekrény szerkezeti felépítése

Tervezzük meg egy klasszikus, tömörfa konyhaszekrény alapszerkezeteit. A szekrény mérete legyen 1000 mm széles, 850 mm magas és 450 mm mély.

1. **A szekrénytest (Kávaszerkezet):**
   - **Anyag:** 18 mm vastag tölgy bútorlap (keskeny lécekből lapragasztott, stabilizált tömörfa lap).
   - **Eljárás:** Az oldallapokat, a tetőt és a feneket 8 mm-es tiplikkel és ragasztással kötjük össze. A merevség érdekében hátulra 6 mm-es rétegelt lemez hátfalat helyezünk be egy horonyba, de a hátfalat nem ragasztjuk be, csak csavarozzuk, hogy a tömörfa test dolgozni tudjon.
2. **Az ajtók (Keretszerkezet):**
   - **Anyag:** Tömör tölgy keretléc (70 mm széles, 22 mm vastag), betét: 10 mm vastag tölgy bútorlap.
   - **Eljárás:** A keret sarkait ollós csapozással készítjük. A keretléc belső élébe egy 10 mm széles és 10 mm mély hornyot marunk. Ebbe a horonyba helyezzük a betétet. **Figyelem:** A betét szélességét úgy méretezzük, hogy mindkét horony alján oldalanként 2–3 mm hézag maradjon (összesen 4–6 mm a két horonyfenék távolságához képest; tájékoztató érték, ellenőrizendő), hogy a betét tágulhasson. (A pontos csapozást a Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás alfejezetben tanuljuk meg.)
3. **A lábazat és az alsó keret (Állványszerkezet):**
   - **Anyag:** 60 mm széles, 40 mm vastag tölgy tömörfa lécek.
   - **Eljárás:** A szekrénytest alá egy elülső és oldalsó kötőlécből álló keretet szerelünk. Ez adja a szekrény magasságát és stabil alátámasztását. Az elülső kötőlécet és a lábakat szakállas vésett csappal kötjük a testhez.

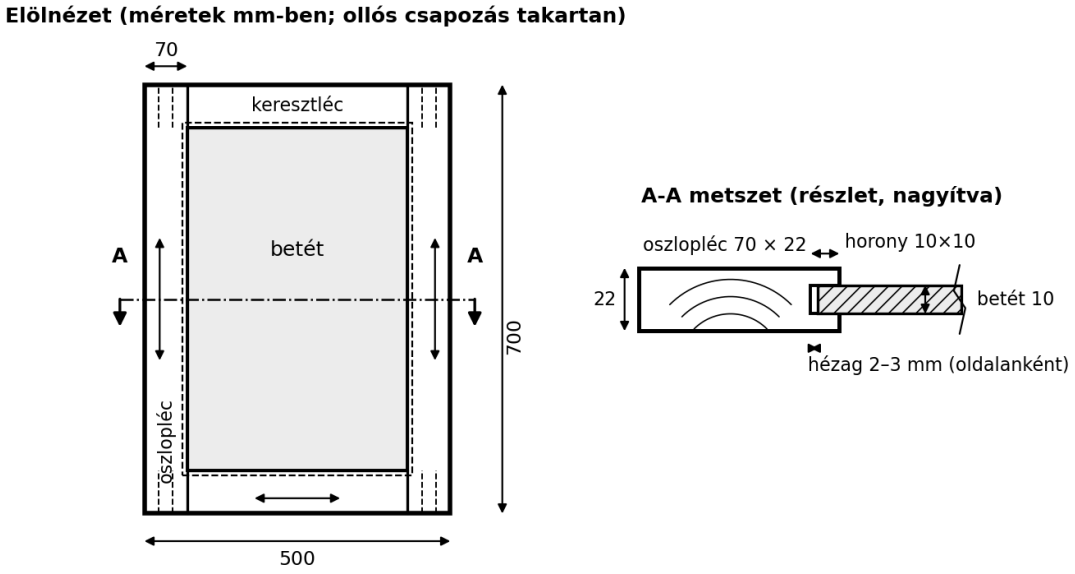
Ez a példa jól mutatja a **vegyes szerkezetet**: a doboz (káva) adja a testet, a keret az ajtót, az állvány a lábazatot.

18.1.6. Szakrajzi tartalom: keret–betét ajtó

Az alábbiakban pontosan leírjuk egy szekrényajtó keret–betét szerkezetének rajzát.

Rajzleírás: A rajz méretaránya 1:2. A rajzon az ajtó elölnézete látható. Az ajtó teljes szélessége 500 mm, magassága 700 mm. Az ajtó két függőleges oszloplécből (szélességük 70 mm) és két vízszintes keresztlécből (szélességük szintén 70 mm) áll. Az elölnézetet a magasság közepén törésvonallal megszakítjuk. Az **A-A metszősík** vízszintes, az ajtó magasságának közepén (350

mm) halad át mindkét oszlopléccen és a betéten; a metszetet felülről nézzük (E vetítés). Az **A-A metszet** felülnézetet mutat, ahol jól látszik a 10 mm széles és 10 mm mély horony az oszlopléc belső szélén. A betét (vastagsága 10 mm) belecsúszik ebbe a horonyba. A betét széle és a horony alja között oldalanként 2–3 mm-es üres hézag látható. A rajzon a tömörfa anyagot a szabványos faanyagjelölés szerint sraffozzuk (íves vonalak a rostirány jelölésével), a betétet külön részletrajzban sűrűbb sraffozással jelöljük.



18.2. ábra. Keret–betét ajtó elölnézete és A-A metszete: a betét a horonyban ül, a horony alján tágulási hézag van

Az interaktív változatban a fanedvesség 6 és 14 % között állítható: a betét szélessége és a horonyfenéknél maradó hézag vele együtt változik, és a program jelzi, ha a betét feszül vagy túl kevés marad belőle a horonyban.

18.1.7. Minőségellenőrzés

A szerkezetek elkészítése után a következőket ellenőrizzük:

- **Lapszerkezetnél:** A táblásított lap sík-e? Húzzunk rá egyenes vonalzót és ellenőrizzük hézagmérővel. A megengedett eltérés nagy felületű asztallapnál kb. 0,3-0,5 mm lehet (tájékoztató érték, a termék szabványától függ, ellenőrizendő).
- **Keretszerkezetnél:** A keret derékszögű-e? Az átlókat megmérve az eltérés 1-2 mm-en belül legyen. A betét ne feszüljön a horonyban, de ne is zörögjön: kézzel enyhén megnyomva kissé elmozdulhat. A zörgést rugalmas betéttartó (pl. gumi- vagy habgolyó a horonyban) akadályozhatja meg.
- **Kávaszerkezetnél:** A sarkok szorosak-e? Nézzük meg szemrevételezéssel, hogy a ragasztóhézag zárt-e, és a test nem rombusz alakú-e (átló mérés).
- **Állványszerkezetnél:** A termék stabilan áll-e a padlón? Nem lötyögnek-e a kötések? A lábak egymáshoz képest párhuzamosak és függőlegesek-e?

18.1.8. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba: A tömörfa asztallap elreped a keretnél.**

- **Ok:** A lapot mereven csavarozták a káva- vagy állványszerkezethez, nem hagytak mozgási lehetőséget a zsugorodásnak.
- **Helyes gyakorlat:** Hosszlyukak (pengecsavarozás) vagy speciális fém asztallap-rögzítők alkalmazása, ahol a csavar a lapban tud csúszni.

2. **Hiba: A keret–betét ajtó betéte reped a lakásban.**

   - **Ok:** A betétet beragasztották a horonyba, vagy túl pontosan méretre vágták, ezért a betét dagadásakor nem volt hova tágulnia.
   - **Helyes gyakorlat:** A betétet soha nem ragasztjuk, és mindig hagyunk neki oldalanként 2–3 mm tágulási hézagot a horony aljában (a betét méretétől és a fa fajtájától függően, ellenőrizendő).

3. **Hiba: A szekrény (kávaszerkezet) „billeg”, a hátfal kiesett.**

   - **Ok:** A hátfal túl vékony volt, vagy nem rögzítették rendesen a horonyban. A hátfal nem kapott merevítő szerepet, így a doboz deformálódott.
   - **Helyes gyakorlat:** A hátfal anyaga és rögzítése legyen elég erős (pl. 4-6 mm-es rétegelt lemez, csavarozva vagy beesve), mert a hátfal adja a kávaszerkezet átlós merevségét.

18.1.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyébe bejön egy vevő egy régi, vetemedett tömörfa sifonérrel. A tetőlap 80 cm széles és elrepedt, mert a régi asztalos a lapot a kávaszerkezethez ragasztotta és csavarta minden mozgás nélkül. A fiókok (kávaszerkezetek) viszont tökéletesek, mert a fecskefarkú fogazás a fa rostirányának figyelembevételével készült, és a fiókok alja csak lazán illeszkedik a horonyba.

Az asztalos elmagyarázza a vevőnek, hogy a lap cseréje nem elég; a rögzítést is meg kell oldani. Az új tölgyfa tetőlapot **mozgásbiztos rögzítés elve** alapján fogja felerősíteni: a lap alsó oldalába fém rögzítő tartókat mar be, amelyeket a kávaszerkezethez csavaroz. A rögzítő a lapban lévő horonyban el tud csúszni, tehát a lap mozoghat. Így az új tetőlap soha nem reped el.

18.1.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A tömörfa kávaszerkezetnél a hátfalat mindig be szabad ragasztani a horonyba. (Válaszod indokold!)
2. Sorold fel a négy faipari alapszerkezetet, és írj mindegyik mellé egy-egy valós bútorelemet!
3. Miért „úszik” a betét a keret–betét szerkezetben?
4. Egy 600 mm széles bükkfa asztallapnak mennyi mozgási helyet kell hagyni, ha a páratartalom változása miatt $\Delta l = l \cdot \beta \cdot \Delta u$ képlet szerint 6 mm-t zsugorodik? (Válasz: legalább annyit, hogy a rögzítő hosszlyuk a 6 mm-es mozgást ki tudja egyenlíteni.)

18.1.11. Feladatok

1. feladat (A) Nézd meg egy otthoni konyhaszekrény vagy asztal rajzát (vagy képét). Azonosíts rajta példát lapszerkezetre, keretszerkezetre, kávaszerkezetre és állványszerkezetre!

2. feladat (A) Milyen szerkezetet választanál egy 250 cm hosszú, tömörfa étkezőasztal lapjának? Indokold a választ a mozgásbiztosság és megjelenés szempontjából!

3. feladat (B) Tervezzük meg egy kerti pad vázának szerkezetét. Milyen szerkezeti elemekből épül fel az állványszerkezet ahhoz, hogy a hosszanti terhelést és a billegést elkerüljük?

4. feladat (B) Egy vevő olcsó, modern gardróbszekrényt szeretne, amit bontott csomagban szállítanak. Milyen alapszerkezetet javasolsz, és miért? Milyen anyagot és kötőelemeket használnál?

5. feladat (C) Elemezd a hibát: Egy asztalos megrendelője reklamál, mert a tömör tölgy ajtaján a betét lakkozása megrepedt. Sorold fel a lehetséges okokat a szerkezetválasztás és az összeállítás szempontjából!

6. feladat (D) Egy szekrény oldala 450 mm széles tömör erdeifenyő táblásított lap. A lapot bele akarjuk engedni a szekrény aljába és tetejébe. Hogyan oldjuk meg a szerelést, hogy a lap ne repedjen? Rajzold le vagy írd le a szükséges szerkezeti kialakításokat.

18.1.12. Megoldások

18.1.12.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A hátfalat nem ragasztjuk, hogy a tömörfa test dolgozni tudjon, és a szerelés is könnyebb legyen. Csavarral rögzítjük, ami merevíti a szerkezetet.
2. Lapszerkezet: asztallap, polc. Keretszerkezet: szekrényajtó, keretes ablakszárny. Kávaszerkezet: fiók, szekrénytest. Állványszerkezet: asztal lábai, székváza.
3. A betét azért „úszik”, mert a fa a nedvességtől dagad és zsugorodik. Ha a keretbe ragasztanánk, a betét szétnyomná a keret sarkait vagy elrepedne.
4. Legalább 6 mm + 2 mm biztonsági hézagot, tehát kb. 8 mm hosszlyukat vagy csúszási lehetőséget biztosítunk.

18.1.12.2. Feladatok megoldásai

1. feladat (A) Például egy konyhapult: a munkalap lapanyagból van (lapszerkezet). A szekrény ajtaja lehet üveges vagy fa betétes keretszerkezet. A szekrény teste tipikusan kávaszerkezet. A lábazati elemek vagy az asztalnál a lábak alkotják az állványszerkezetet.

2. feladat (A) Egy 250 cm hosszú étkezőasztalnál tömör lapot választva a hosszirányú méret ellen fel kell erősíteni a lapot (például alulról fém U-profillal vagy fecskefarkú hevederrel), hogy a lap ne homoruljon. A rögzítéshez hosszlyukas csavarokat vagy fém laprögzítőt használunk. A laphoz illesztett toldást (táblásítást) váltakozó évgyűrűvel végezzük, hogy a vetemedést csökkentsük.

3. feladat (B) A kerti pad váza állványszerkezet. Két függőleges lábat (jobb és bal oldal) egy vízszintes ülőkeret köt össze. A hosszirányú merevséget az ülődeszkák alatt futó két darab 40x60 mm-es kötőléc adja. Ezeket a lábakhoz csavarozzuk. A lábat és a kötőlécet ferde támasz (ferdítő vagy konzolos merevítő) is rögzítheti, hogy a pad „hátra-hátra” ne billegjen.

4. feladat (B) Kávaszerkezetet javaslok. A gardróbszekrény teste 18 mm-es fóliázott forgácslapból készülne. A sarkokat bontott kötőelemekkel (műanyag vagy fém excenteres kötőelemekkel) vagy lamellóval és csavarokkal kötjük össze. Ez a szerkezet lapra szállítható, a helyszínen a vevő is összeszerelheti, és dokumentációval ellátható.

5. feladat (C) Lehetséges okok: - A betét túl szorosan lett bemarva a horonyba, és a dagadáskor a nyomás hatására a lakkréteg szétnyílt. - A betétet beragasztották a horonyba, nem hagytak tágulási hézagot. - A betétet rossz rostiránnyal illesztették, vagy nem volt megfelelően lelakkozva a bütüje, és ott szívta be a nedvességet.

6. feladat (D) Az oldallap rostja függőleges, ezért a szélessége (450 mm, a szekrény mélysége) mozog, a magassága gyakorlatilag nem. A tető és a fenék rostja is mélység irányú legyen, vagy a

kapcsolatot hosszlyukas csavarral/laprögzítővel oldjuk meg: a középső rögzítés fix pont, a többi a szélesség (mélység) irányában hosszlyukas. A hátfal horonyban ül, és nem gátolja a mozgást.

18.1.13. Rövid összefoglaló

A faipari termékek négy alapszerkezetből épülnek fel. A **lapszerkezet** sík felületet ad (tömörfa táblásított lap vagy lapanyag). A **keretszerkezet** merev, könnyű váza oszlop- és keresztlécekből áll, a betét pedig szabadon mozog a horonyban. A **kávaszerkezet** doboz, amelynek merevségét a hátlap vagy a sarokkötések adják. Az **állványszerkezet** a terhet a padlóra hordja, lábakból és kötőlécekből áll. A szerkezetválasztásnál mindig a terhelést, a merevséget, a faanyag mozgását (mozgásbiztosság) és a gyárthatóságot mérlegeljük. A tömörfa elemeket soha nem rögzítjük mereven egymáshoz, mert a fa dolgozik; mindig hagyunk neki mozgási hézagot vagy úszó kapcsolatot. **Továbbvitt eredmény.** Ezt a szerkezeti felosztást használjuk a szélesbítő toldásoknál Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel, a bútorok csoportosításánál A bútor fogalma, rendeltetése, csoportosítása és funkcionális méretei és a szekrények szerkezeti kialakításánál Szekrények jellemző típusai és szerkezetei.

18.1.14. Források és ellenőrzési hiányok

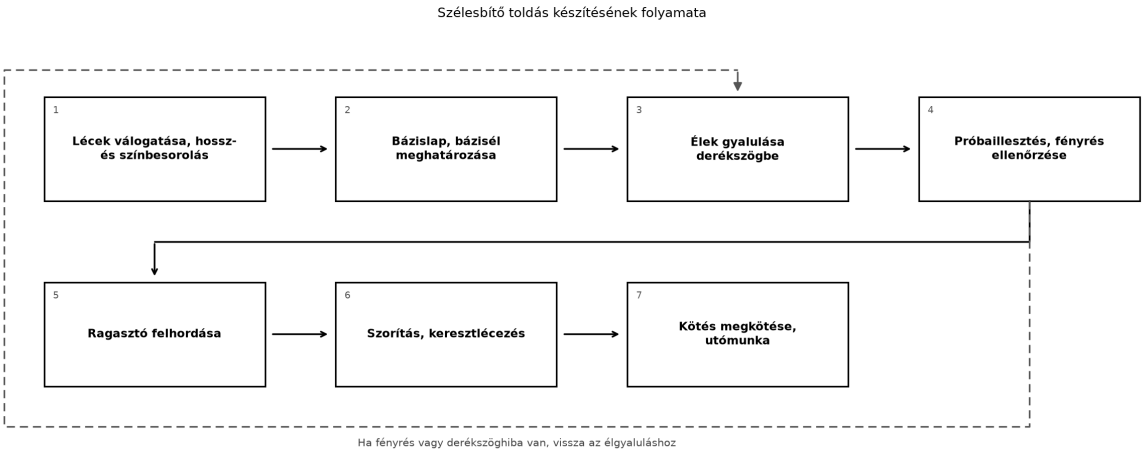
Az alfejezet a faipari szakrajz és szerkezettan általános elvein alapul. A tömörfa mozgására vonatkozó adatok (zsugorodási együttható) a faanyag-fizika szakkönyvi táblázataiból származnak, pontos értékük a fafajtól és fatörzsön belüli helytől függ (ellenőrizendő: konkrét fafajra vonatkozó faanyag-fizikai táblázat). A bútorokra és szerkezetekre vonatkozó hatályos európai és magyar szabványok (például biztonsági és méretpontossági követelmények) az aktuális MSZ EN szabványok szerint ellenőrizendők. A bútorlapok és lapanyagok méretstabilitására vonatkozó gyártói adatok, illetve a kötőelemek teherbírással kapcsolatos értékei a gyártói katalógusok szerint ellenőrizendők.

18.2. Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel

Egy megrendelő 1 000 × 600 mm-es tömörfa asztallapot kér. A raktárban nincs 600 mm széles deszka, viszont van öt darab 130 mm széles, 22 mm vastag tölgy léc. Ha az asztalos ezeket szakszerűen **szélesbítő toldással** egy táblává ragasztja, a lap esztétikus és mérettartó lesz. Ha viszont rosszul válogatja a léceket, vagy hagyja, hogy az illesztési hézag fényes réseket mutasson, a kész lap heteken belül hullámos lehet, a ragasztási vonal mentén megnyílhat, és a vevő reklamálni fog.

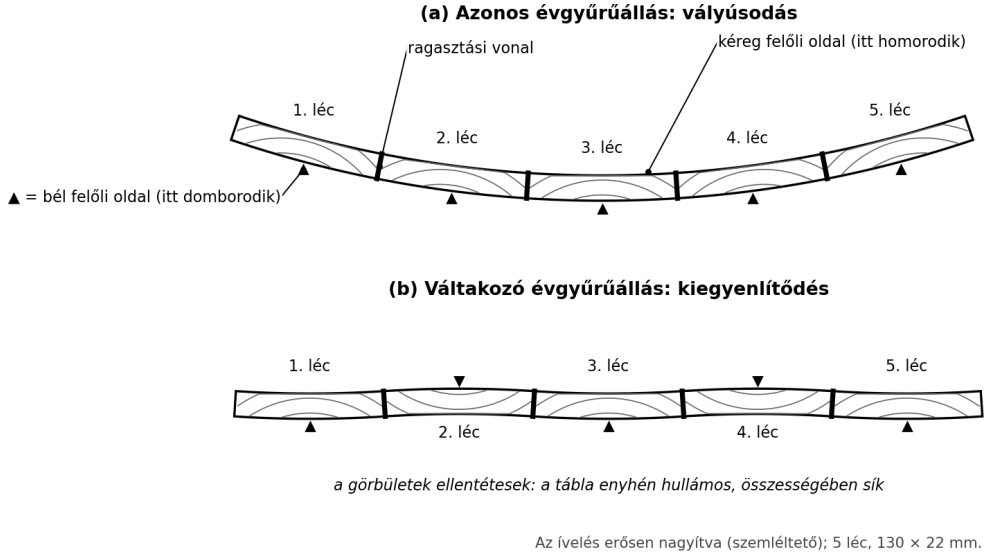
18.2.1. Szemléletes kép

A szélesbítő toldás készítése egy logikus, lépésről lépésre ellenőrizhető folyamat. Az alábbi ábra ezt a folyamatot foglalja össze:



18.3. ábra. Szélesbítő toldás készítésének folyamata - A táblásított tömörfa alkatrész készítésének lépéssora. Ha az ellenőrzésnél fényrés, derékszöghiba vagy nedvességkülönbség jelentkezik, vissza kell lépni a megfelelő művelethez.

Az évgyűrű-fordítást a következő ábra mutatja öt, 130 × 22 mm-es léc homloknézetén. Zsugorodáskor minden léc a bél felőli oldalán domborodik, a kéreg felőli oldalán homorodik; a merev ragasztási vonalak miatt a szomszédos lécek ívelése összeadódik. Azonos évgyűrűállásnál (a) a tábla egy nagy vályúvá ível, váltakozó állásnál (b) a görbületek kioltják egymást.



18.4. ábra. Évgyűrű-fordítás a táblásításnál: (a) azonos évgyűrűállás – a tábla vályúsodik; (b) váltakozó évgyűrűállás – a tábla közel sík marad (az ívelés nagyítva, szemléltető)

18.2.2. Definíciók és alapelvek

Definíció. A **szélesbítő toldás** (gyakori műhelyi szóval *táblásítás*/laptoldás) olyan él menti ragasztott vagy csapos toldás, amely keskeny léceket keskeny élükön összeillesztve egy széles, táblásított alkatrészt hoz létre. A toldás iránya merőleges a rostirányra, tehát a fa **mozgása** a szélesség mentén jelentkezik.

Szabály. A táblásításhoz a lécek **nedvességtartalmának közeli** értéket kell elérnie. Beltéri bútorhoz a táblásítás előtti fanedvesség általában 8–12% közötti, és a lécek közötti eltérés legfeljebb 1–2 százalékpont legyen (tájékoztató érték, a helyszíntől és az anyagtól függ – ellenőrizendő). Ha a lécek eltérően száradnak, a kész tábla vetemedik, vagy a ragasztási hézag megfeszül.

Definíció. A **fényrés** a próbaillesztésnél a két él közötti hézag; ha a hézagot megvilágítjuk, a résen átlátszó fény jelzi, hogy az élek nem zárnak tökéletesen. A szakszerűen gyalult élnek teljes hosszon össze kell zárnia, vagy legfeljebb hajszálvékony, egyenletes rést mutathat.

Továbbvitt eredmény. A szélesbítő toldás a **táblásítás** alapművelete. Ezt a technológiát használjuk a Hosszabbító toldások készítése során, azután asztallapok, falépcsők, lépcsőfokok és táblásított padlóelemek készítésénél a Falépcsők szerkesztése és készítése és a Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás alfejezetekben.

18.2.3. Lécek válogatása

A tábla minősége a másolás előtt dől el. A válogatás során egyszerre kell nézni a **rajzolatot**, a **színt**, az **évgyűrűállást**, a **nedvességet** és a **fahibák** kizárását.

A lécek **színét és rajzolatát** úgy válogassuk, hogy a táblán nyugodt, folyamatos felület legyen. A nagyon sötét, húros rajzú lécet ne tegyük világos, finoman erezett léc mellé, ha a felület pácolva is megmutatkozó színe számít. Mindig jelöljük meg a **jó oldalt**: a tábla nézőfelületére az ép, hibamentes, szebb oldal kerüljön.

Az **évgyűrű-fordítás** célja, hogy a lécek várható ívelése ne halmozódjon. Száradáskor a húrmetszetű léc a kéreg felőli (az évgyűrűív domború) oldalán homorodik: az évgyűrűk mintegy kiegyenesedni igyekeznek. Ezért a szomszédos lécek évgyűrűit **váltakozó irányba** fektetjük: az egyik léc kéreg felőli oldala felfelé, a következőé lefelé nézzen. Így a tábla inkább enyhén hullámos marad, de nem válik csatorna alakúvá. A gyakorlatban a lécek homlokfelületét és a toldandó él felőli évgyűrűíveket nézzük; a váltakozó megfordítást ceruzával jelöljük.

Hiba. Ha minden léc évgyűrűje azonos irányban nyílik, a nagy húrirányú zsugorodású tábla ívelt, csónak alakúan vályús lesz. A vevő szerelt asztalánál ez felnyíló illesztésként vagy a lap közepének emelkedéseként látszik.

18.2.4. Jelölés

A táblásítás előtt egységes jelölést használunk. Minden lécen rajzoljuk meg: - a **jó oldal** jelet, - a **bázisél** jelet (amelyhez a többi élt illesztjük), - a **toldási sorrend** számait (1., 2., 3. …), hogy ne keveredjenek. A bázisél jelölése történhet vékony ceruzavonallal vagy zsírkrétával. A jelölés a Mérő- és rajzolóeszközök, anyagkiosztás és előrajzolás alfejezetben tanult kézjegyrendszert követi: minden alkatrésznek egyértelműen azonosíthatónak kell lennie a ragasztópadon.

18.2.5. Élgyalulás kézzel és géppel

A táblásítás kulcsművelete az **élgyalulás**, amely két dolgot biztosít: 1. az él minden ponton találkozzon a szomszéd éllel, 2. az él derékszöget zárjon be a bázislappal.

Kézi élgyalulás. A keskeny él gyalulásához hosszú talpú **eresztőgyalut** használunk; a vágásmélységet nagyolásnál kb. 0,3 mm-re, simításnál kb. 0,1 mm-re állítjuk. Az élt először durván egyengetjük, majd simítógyaluval finomítjuk. A gyalulás közben a gyalu talpát ne billentsük; a bázislapot folyamatosan ellenőrizzük derékszöggel.

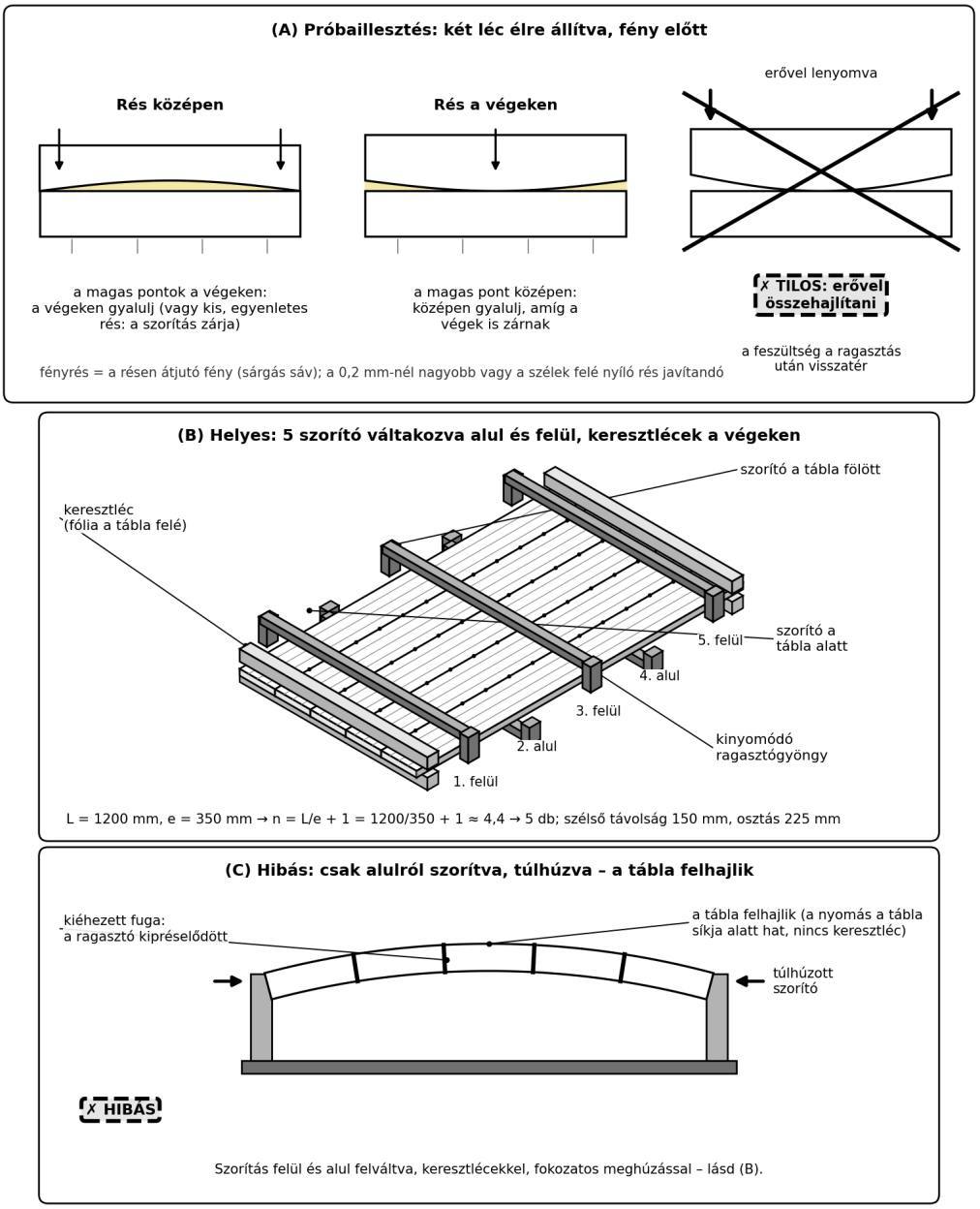
A **páros élgyalulás** nagyon hasznos: az egymáshoz tartozó két élt egymásra hajtjuk (a jó oldalak kívülre néznek), majd a két élt egyszerre gyaluljuk. Ekkor a két élen keletkező szög összege 180°, még akkor is, ha az él nem pontosan 90° a lapra. Így a toldási hézag akkor is zár, ha a gyalulás enyhén ferde. A páros gyalulás után a léceket megszámozzuk, hogy a következő műveletben ne forduljon fel az illesztés.

Gépi élgyalulás. A műhelyben az élek gyalulását a Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság végzi; a Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás a lécek egyenletes vastagságát adja, élgyalulásra nem használjuk. Fontos, hogy a gépi gyalulás előtt a bázislap meglegyen. Az élgyalulás során a lécet stabilan, de nem túl erősen a lapjához szorítjuk, és a vetemedésmentes lapot vezetjük végig. A gépi beállításnál a késtengelyet, a védőburkolatot és az elszívást a gépkönyv szerint ellenőrizzük.

18.2.6. Próbaillesztés és fényrés

A ragasztás előtt minden élt **szárazon** egymáshoz illesztünk. Az illesztést fényforrás felé tartva vagy asztallap alól megvilágítva nézzük: a **fényrés** helye megmutatja a magas pontokat, ahol a gyalu többet vett le, vagy a derékszöghibát. A jól gyalult él teljes hosszon zár; a hajszálvékony, egyenletes fényrés elfogadható, mert a ragasztás és a szorítás után megszűnik. A 0,2 mm-nél nagyobb, vagy a szélek felé nyíló rést javítani kell (tájékoztató tűrés, a termék minőségi osztálya határozza meg).

Tilos. A fényrés megszüntetésére a léceket soha ne hajlítsuk túlzott erővel, mert a ragasztás megkötése után a feszültség visszatér, és a tábla elrepedhet vagy görbülhet.



18.5. ábra. Próbaillesztés és szorítás: (A) a fényrés helye mutatja, hol kell gyalulni; (B) helyes ragasztási elrendezés – szorítók felváltva felül és alul, keresztlécek a végeken; (C) hibás, csak alulról szorított, felhajló tábla

18.2.7. Ragasztás, szorítás, keresztlécek

A szélesbítő toldásoknál szinte mindig **PVAc (polivinil-acetát) ragasztót** használunk, amelyet a nedvesség-igénybevétel szerint D2, D3 vagy D4 vízállósági osztályban választunk (MSZ EN 204 – ellenőrizendő). Beltéri bútorlaphoz D2 vagy D3 elegendő, konyhai vagy kültéri igénybevételhez D3 vagy D4 szükséges.

Definíció. A **keresztléc** a szorítás alatt a tábla élére vagy lapjára helyezett, merev, egyenes fa- vagy alumíniumprofil. Feladata, hogy a szorítók nyomását elossza, a léceket egy síkban tartsa, és megakadályozza, hogy a tábla préselés közben hullámossá váljon.

A ragasztás receptje – számozott lépések. 1. Készítsük elő a munkaterületet: tiszta, sík ragasztópad, szorítók, mérőeszközök, ragasztó, tisztítókendő. 2. Próbáljuk ki a léceket szárazon, és jelöljük a szorítók helyét. 3. Kenjük fel a ragasztót egyenletesen, vékony rétegben a toldandó élekre; mindkét élet vonjuk be, hogy a szorítás után ne maradjon száraz rész. 4. Azonnal fektessük egymáshoz a léceket, és kézzel igazítsuk az illesztéseket. 5. Helyezzük el a szorítókat a táblázat szerint, rakjuk alá és fölé a keresztléceket. 6. Húzzuk meg a szorítókat fokozatosan, váltakozva, hogy a tábla ne csússzon el, és a fölös ragasztó egyenletesen kinyomódjon. 7. Ellenőrizzük síklappal és derékszöggel a tábla lapját, és szükség esetén igazítsuk a szorítókat. 8. Töröljük le a friss, kinyomódott ragasztót nedves ronggyal; a megszáradt ragasztó a csiszolást nehezíti, és a felület a pácban foltos lesz. 9. Tartsuk préselésben a gyártó által megadott ideig (általában 30–60 perc, tájékoztató érték); a teljes terhelhetőségig 12–24 órát várjunk. 10. Préselés után pihentessük a táblát függőlegesen vagy lécezett alátéten, hogy a nedvesség kiegyenlítődjön.

Szorítók elhelyezése. A szorítók távolsága a tábla hossza mentén általában 300–500 mm, a szélektől 100–150 mm. A szorítókat váltakozva helyezzük el: ha az egyik alul, a következő felül szorít, így a tábla kevésbé hajlik. A szorítók alá és fölé mindig tegyünk keményfa- vagy alumíniumkeresztlécet.

18.2.8. Számítás: szorítók száma és ragasztószükséglet

Számítás 1. – Szorítók darabszáma. Egy tábla hossza $L = 1200\,\text{mm}$, a tervezett szorítótávolság $e = 350\,\text{mm}$. A szükséges szorítók száma:

$$n = \frac{L}{e} + 1 = \frac{1200}{350} + 1 \approx 3{,}4 + 1 = 4{,}4 \Rightarrow 5\,\text{db}.$$

Ellenőrzés. Egy 1200 mm hosszú táblán öt szorító azt jelenti, hogy a szélső szorítók kb. 120–150 mm-re vannak a szélektől, a négy közbenső osztás így összesen 900–960 mm, azaz 225–240 mm-enként van szorító, tehát sűrűbben, mint a tervezett 350 mm; ez biztonságos. ∎

Számítás 2. – Ragasztóigény. Adott: öt lécből táblásított alkatrész, hossza $l = 900\,\text{mm}$, vastagsága $v = 20\,\text{mm}$. Az illesztések száma: $n_{\text{illesztés}} = 5 - 1 = 4$. A ragasztandó élfelület minden illesztésnél $l \times v$.

A ragasztandó felület:

$$A = n_{\text{illesztés}} \cdot l \cdot v = 4 \cdot 0{,}9\,\text{m} \cdot 0{,}020\,\text{m} = 0{,}072\,\text{m}^2.$$

Fajlagos felhordás: $q = 150\,\text{g/m}^2$ (tájékoztató, a ragasztógyártó adata – ellenőrizendő); q az illesztési felületre (egy ragasztási vonalra) vonatkozik. Ha a gyártó a bekent felületre adja meg, és mindkét élt kenjük, A kétszeres, és $Q = 21{,}6\,\text{g}$. A szükséges ragasztó:

$$Q = A \cdot q = 0{,}072\,\text{m}^2 \cdot 150\,\text{g/m}^2 = 10{,}8\,\text{g}.$$

Ellenőrzés. A számított 10,8 g nagyon kis mennyiség; ez reális, mert a ragasztót vékony rétegben hordjuk fel, és a tábla élei tényleg kis felületet adnak. A gyakorlatban a veszteség miatt 1,5–2-szeres mennyiséget készítünk elő. ∎

18.2.9. Idegen csappal készített szélesbítő toldás

Ha a szélesbítő toldást illesztés ellen pozicionálni kell, vagy a toldás várhatóan nagy húzó- és hajlítóigénybevételt kap, **idegen csapot** alkalmazunk. Az idegen csap lehet **tipli (köldökcsap)**, **lamelló (laposcsap)** vagy **léc**.

Az idegen csapos szélesbítő toldás lépései: 1. A léceket előkészítjük ugyanúgy, mint az egyenes élillesztésnél. 2. Az éleket szárazon összeillesztjük, és a toldási vonalra merőlegesen közös jelölést húzunk; ez lesz a tiplik vagy lamellók helye. 3. **Tipli esetén** megfúrjuk a szemben lévő furatokat tiplifúróval. A furat mélysége a tipli hosszának fele plusz 1–2 mm, hogy a ragasztófelesleg helyet kapjon (tájékoztató érték). A furatok tengelye párhuzamos legyen a lap síkjával. 4. **Lamelló esetén** lamellózó géppel hornyot marnak; a horony mélységét a gép a lamelló méretjelének (0, 10, 20) megfelelő ütközőn állítja be: kb. a lamelló szélességének fele + 1 mm (ellenőrizendő: gépkönyv). A horony hossza a lamellónál kissé hosszabb, így a lécek hosszirányban még igazíthatók. A lamelló a ragasztó nedvességétől duzzad, ezért a horonyban szorosan tart. 5. A ragasztót az élekre és a csapra is felhordjuk, majd összeillesztjük és szorítjuk. 6. A csapos toldásnál a szorítókat a csap közelében, de nem a csupasz csapra, hanem a teljes élre, egyenletesen helyezzük.

Figyelem. A tiplik és lamellók megduzzadnak a ragasztótól, ezért a furat vagy horony ne legyen túl szoros, de túl laza sem; a gyártó ajánlása a mérvadó (ellenőrizendő: gyártói adat).

18.2.10. Gépi profiltoldás

A **gépi profiltoldás** azt jelenti, hogy a szélesbítő toldás élét nem simára, hanem profilra munkálják, hogy a ragasztási felület nagyobb legyen, és a lécek egymásba illeszkedjenek. A leggyakoribb profilos él például a **horony–csap (nút–féder)** vagy az **ékfogas élprofil**, amelyet alsómarón vagy táblásító gépen készítenek. A gépi profiltoldás pontos szerszámbeállításait és a profilos élmarást a Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás tárgyalja. A kézi és egyszerű élillesztés mellett ez a módszer elsősorban sorozatgyártáshoz való, ahol nagy a darabszám és a szoros illesztés fontos.

18.2.11. Technológiai lap

Termék. 900 × 500 mm-es, 20 mm vastag tölgy táblásított alkatrész, 4 db 130 mm széles lécből, egyenes élillesztéssel.

Anyagok. Tölgy lécek (nedvesség 10%, ellenőrizendő), D3 PVAc ragasztó (ellenőrizendő: gyártói adatlap), tiszta vizes rongy, alátétlécek.

Szerszámok és gépek. Eresztőgyalu, simítógyalu, derékszög, mérőszalag, ceruza, szorítók, keresztlécek, ragasztóterítő (ecset vagy fűrészfogas simító), síklap, fényforrás. Gépi élgyalulás esetén: egyengető gyalu, vastagsági gyalu.

Gépbiztonság. A gépi műveletet **betanított, felügyelt tanuló** végezheti. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozzon. Egyengető gyalun: a késtengely **védőburkolata**, az elszívás, a munkadarab-vezető, és a 760 mm-nél rövidebb darabra a gyártó által előírt előtoló tolófa/tolólap (ellenőrizendő: gépkönyv). Egyéni védőeszköz: fűrészpor ellen légzésvédő (FFP, jelölve), védőszemüveg, munkaruha, hallásvédelem, ha szükséges. A gép **indítás előtti ellenőrzése**: a kések épek és megfelelően rögzítettek, a védőburkolat a helyén van, az elszívás be van kapcsolva, a munkadarab hibamentes (nincs szeg, laza göcs, repedés), a munkaterület szabad, a vészleállító elérhető.

Lépések. 1. Válogasd ki a négy lécet, és jelöld meg a jó oldalt és a báziséleket. – **Ellenőrzés:** az azonos vastagságú, hibamentes lécek évgyűrűi váltakozó irányban állnak. 2. Méretre vágás előtt hagyj rá kb. 5–10 mm-t hosszban és szélességben. – **Ellenőrzés:** méretezés a szabásjegyzék szerint. 3. Gyaluld a lécek lapját síkba, majd az éleket derékszögbe. – **Ellenőrzés:** a bázislap sík, az él derékszögben van, derékszöggel 0,2 mm-en belül. 4. Végezz páros élgyalulást az összetartozó éleken. – **Ellenőrzés:** a két él együttesen zár, a fényrés egyenletes. 5. Illeszd szárazon a léceket, és nézd a fényrést. – **Ellenőrzés:** nincs 0,2 mm-nél nagyobb, szélek felé nyíló rés (tájékoztató tűrés). 6. Kend fel a ragasztót mindkét élre. – **Ellenőrzés:** a ragasztófelesleg a szorítás után egyenletesen kinyomódik. 7. Fektesd össze a léceket, helyezd el a szorítókat és a keresztléceket. – **Ellenőrzés:** a szorítók távolsága 300–400 mm, a szélektől 120–150 mm. 8. Húzd meg a szorítókat fokozatosan, váltakozva. – **Ellenőrzés:** a tábla sík, derékszöge és az élek érintkezése megfelelő. 9. Töröld le a kinyomódott ragasztót, és hagyd a gyártó szerinti ideig préselésben. – **Ellenőrzés:** a tábla nem csúszott el, a ragasztófröcskölés nem száradt a felületre. 10. Préselés után tompítsd le a ragasztási sorját, és méretre vágd a táblát. – **Ellenőrzés:** a szélesség és hossz a rajz szerint, a ragasztási hézag nem látszik. 11. Dokumentáld a műveletet a munkanaplóban. – **Ellenőrzés:** a nedvesség, a ragasztó típusa, a szorítási idő és az ellenőrzési eredmények fel vannak jegyezve.

18.2.12. Minőségellenőrzés

A kész táblásított alkatrészt az alábbi szempontok szerint ellenőrizzük: - **Síklapúság:** acélvonalzóval vagy síklappal, hossz- és átlós irányban. A tájékoztató tűrés 0,2–0,3 mm/300 mm (ellenőrizendő: a termék műszaki előírása). - **Derékszög:** a lap és az él zárjon derékszöget; derékszöggel ellenőrizve a fényrés legfeljebb 0,2 mm/100 mm. - **Ragasztási hézag:** a hézag ne legyen látható, a kötés ne nyíljon el egyenletesen. - **Szín- és rajzolatillesztés:** a toldási vonal környékén ne legyen erős színugrás, hacsak a terv nem kér kontrasztot. - **Mérettartás:** a tábla szélessége és hossza a szabási ráhagyás eltávolítása után feleljen meg a rajznak. Eltérésnél a hibás részt újra illesztjük, vagy a táblát újra gyaluljuk, ha a hibák még a ragasztás előtt vannak.

18.2.13. Tipikus hibák és okaik

1. Hiba: a tábla ragasztás után ívelt lesz. Ok: az évgyűrű-fordítás elmaradt, vagy az összes léc azonos irányban mozog. Javítás: a táblát nem lehet visszaformálni; a következő darabnál váltakozó évgyűrűállást alkalmazzunk.

2. Hiba: a ragasztási vonal mentén megnyílik a tábla. Ok: túl alacsony szorítónyomás, nem megfelelő páros élgyalulás, túl hosszú nyitott idő, hideg ragasztó. Javítás: az éleket újra gyaluljuk, és melegebb műhelyben gyorsabban dolgozunk.

3. Hiba: a tábla hullámos. Ok: a szorítók túl nagy távolságra, vagy a keresztlécek hiányoztak. Javítás: a táblát újra vastagsági gyalulgatni kell, de a következőnél sűrűbb szorítást és keresztléceket alkalmazzunk.

4. Hiba: a ragasztófoltok nem távolíthatók el, és a pác foltos lesz. Ok: a kinyomódott ragasztót nem törölték le időben, és az beszívódott a fába. Javítás: halványítás, csiszolás; a következőnél nedves ronggyal azonnal töröljünk.

18.2.14. Valós életbeli alkalmazás – kidolgozott hibaeset

Tünet. Egy kész tömörfa dohányzóasztal-lap két hét után a hosszanti szélei mentén felívelt, a ragasztási vonalak a felső oldalon hajszálvékonyan szétnyíltak.

Lehetséges okok. (1) A lécek nedvességtartalma a táblásításkor túl magas volt. (2) Az évgyűrű-fordítás elmaradt. (3) A táblát a vevő a fűtött szobában közvetlenül a fűtőtest fölé helyezte, és a fa gyorsan száradt.

Vizsgálat. Az asztalos megnézte a tábla homlokfelületét: az évgyűrűk minden lécen azonos irányban nyíltak, és a táblásításkor a lécek nedvessége 16% volt. A tünetek az ívelésre utaltak.

Valódi ok. A léceket nem szárították vissza a fűtött belső térhez szükséges 8–10% közé, és az évgyűrű-fordítás is elmaradt. A fűtött helyiségben a fa tovább száradt, a húrirányú zsugorodás felnagyította az élek közötti ívelést.

Javítás. A kész lapot nem lehet teljesen visszaalakítani; a hiba miatt új lapot kellett készíteni. A régi lapból kisebb, nem szerelt, szabadon fekvő elem készülhetett.

Megelőzés. Minden táblásításhoz mérjük a fanedvességet, és csak a beépítési környezetnek megfelelő nedvességtartalmú anyaggal dolgozzunk. Az évgyűrű-fordítást a műhelyben fényképpel vagy jelöléssel dokumentáljuk.

18.2.15. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A szélesbítő toldás minden léce azonos évgyűrűirányban a legjobb, mert így a tábla egyenletesen mozog. Indokold.
2. Igaz vagy hamis? A fényrés a jó illesztés jele, mert a ragasztó kitölti a hézagokat.
3. Hány szorító kell egy 1800 mm hosszú táblához, ha a szorítótávolság legfeljebb 450 mm?
4. Mi a keresztléc feladata a táblásításnál?
5. Mi a teendő, ha a páros élgyalulás után az egyik lécnek 0,5 mm-es fényrés van a toldási él közepén?
6. Miért fontos a lécek nedvességtartalmának kiegyenlítése a táblásítás előtt?

18.2.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Az azonos évgyűrűirány az ívelést halmozza; a váltakozó irány kiegyenlíti.
2. Hamis. A fényrés hézagot jelez; a hajszálvékony, egyenletes rés még elfogadható, de a nagy rés a rossz gyalulás jele.
3. $n = \frac{1800}{450} + 1 = 5$ db.
4. A keresztléc a szorítónyomást elosztja, és a léceket egy síkban tartja.
5. A középső fényrés magas pontot jelez; az élt óvatosan újra kell gyalulni.
6. A különböző nedvességtartalom miatt a lécek eltérően zsugorodnak, ami feszültséget és vetemedést okoz.

18.2.16. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg, mi a különbség az egyenes élillesztés és az idegen csapos szélesbítő toldás között.

2. feladat (A). Számítsd ki a szorítók darabszámát $L = 900\,\text{mm}$ táblahosszhoz, ha a szorítótávolság $e = 300\,\text{mm}$.

3. feladat (B). Egy táblát 6 lécből készítünk, hossza 1 200 mm, vastagsága 18 mm. A ragasztó fajlagos felhordása 140 g/m². Számítsd ki a szükséges ragasztómennyiséget.

4. feladat (B). Egy ragasztási vonal megnyílt a táblán, és a hiba a léc közepén látszik. Melyik műveleti hiba a legvalószínűbb, és hogyan javítanád?

5. feladat (C). Tervezzük meg egy 700 mm széles, 20 mm vastag bükk tábla táblásítását. A raktárban 80, 100, 120 és 150 mm széles lécek vannak. Válassz lécszélességet, indokold az évgyűrű-fordítást, és készíts lépéssort a ragasztáshoz.

6. feladat (D). A műhelyben a száraz próbaillesztésnél a tábla közepén 0,5 mm-es fényrés van, a széleken zár. Mit ellenőriznél, és milyen javítást végeznél a technológiai lap alapján?

18.2.17. Megoldások

1. feladat. Az egyenes élillesztésnél a toldott élek simák, ragasztóval zárulnak. Az idegen csapos toldásnál a toldási vonalra merőlegesen tiplik, lamellók vagy lécek biztosítanak pozicionálást és nagyobb ragasztási felületet. Az idegen csapot akkor használjuk, ha a táblát váltakozó terhelés éri, vagy az illesztést pontosan rögzíteni kell.

2. feladat. $n = \frac{900}{300} + 1 = 4$ db. Ellenőrzés: a szélső szorítók a szélektől 100–150 mm-re, a belsők középen oszlanak el, ez megfelelő.

3. feladat. Illesztések száma: $6 - 1 = 5$. A ragasztandó élfelület: $A = 5 \cdot 1{,}2\,\text{m} \cdot 0{,}018\,\text{m} = 0{,}108\,\text{m}^2$. A ragasztó: $Q = A \cdot q = 0{,}108 \cdot 140 = 15{,}12\,\text{g}$. Ha a q a bekent felületre vonatkozik és mindkét élt kenjük, $Q = 30{,}24\,\text{g}$. Ellenőrzés: nagyságrendileg 15 g, ami a gyakorlatban a veszteséggel 20–25 g előkészítést jelent.

4. feladat. A legvalószínűbb, hogy a páros élgyalulásnál a léc közepén magas pont maradt, vagy a szorítás nem volt egyenletes, és a ragasztó nem tudta a feszültséget kompenzálni. Javítás: a táblát nem lehet visszafeszíteni; a hibás lécet ki kell vágni vagy a táblát újra felvágni, és az éleket újra gyalulva újra ragasztani. Megelőzés: fényréssel ellenőrizzük a középső szakaszt is.

5. feladat. Válasszunk négy-öt azonos szélességű lécet, hogy a ragasztási vonalak egyenletesen oszoljanak. Például 5 db 140 mm-es léccel 700 mm jön ki, de a raktárban 150 mm van; akkor 5 db 150 mm-t választunk, és a táblát 750 mm-re tervezzük, vagy a szélső léceket 130 mm-re gyaluljuk. Az évgyűrű-fordítást úgy végezzük, hogy a szomszédos lécek homorú oldala váltakozva felfelé és lefelé nézzen. A lépéssor megegyezik a technológiai lap lépéseivel: válogatás, bázislap/bázisél, élgyalulás, próbaillesztés, ragasztás, szorítás keresztlécekkel, utómunka.

6. feladat. Elsőként ellenőrizd az illesztett éleket fényréssel, majd a páros gyalulás elvét: a két él együttesen zár-e? Ha a középső fényrés nagy, a gyalu valószínűleg középen vett le több anyagot, vagy a léc közepén magas. Javítás: jelöld meg a magas pontot, gyaluld újra az élt, és végezz újra próbaillesztést. A ragasztást csak akkor kezdd, ha a fényrés a teljes hosszon hajszálvékony vagy megszűnt.

18.2.18. Rövid összefoglaló

A **szélesbítő toldás** keskeny lécekből széles táblát hoz létre élillesztéssel, idegen csappal vagy gépi profillal. A munka a **válogatással** kezdődik: a lécek színe, rajzolata, hibamentessége és nedvességtartalma egységes legyen, és az **évgyűrű-fordítást** váltakozva alkalmazzuk, hogy a fa mozgása ne halmozódjon. A **jelölés** egyértelműen rögzíti a jó oldalt, a báziséleket és a sorrendet. Az **élgyalulás** kézzel eresztőgyaluval, géppel egyengető- és vastagsági gyalun történik; a **páros élgyalulás** a kis ferdeséget kiegyenlíti. A **próbaillesztés** fényréssel ellenőrzi a

hézagot. A ragasztás D2–D4 PVAc ragasztóval, egyenletes vékony felhordással, **keresztlécekkel**, fokozatos szorítással és a felesleg azonnali letörlésével történik. A szorítók távolsága 300–500 mm, a ragasztóigény az élfelület és a fajlagos felhordás szorzata. **Továbbvitt eredmény:** a táblásítás az asztallapok, lépcsőfokok és táblásított padlóelemek alapja, felhasználja a Hosszabbító toldások készítése, a Falépcsők szerkesztése és készítése és a Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás.

18.2.19. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** hazai faipari szakkönyvek a táblásításról, ragasztásról, gyalulásról; PVAc ragasztók gyártói adatlapjai; faipari gépek gépkönyvei; MSZ EN 204 a ragasztók vízállósági osztályairól.
- **Ellenőrizendő:** a D2/D3/D4 ragasztók pontos kiválasztása a felhasználási helyre, a fajlagos ragasztófelhordás (150 g/m², 140 g/m²) és a préselési idő (30–60 perc, 12–24 óra) gyártói adatlap alapján; a szorítótávolság és a tűrésértékek az üzemi/minőségi előírás szerint; a gépi munka védőtávolságai és a 760 mm-es darabhossz korlát az aktuális gépkönyv és MSZ EN ISO 19085 sorozat szerint.

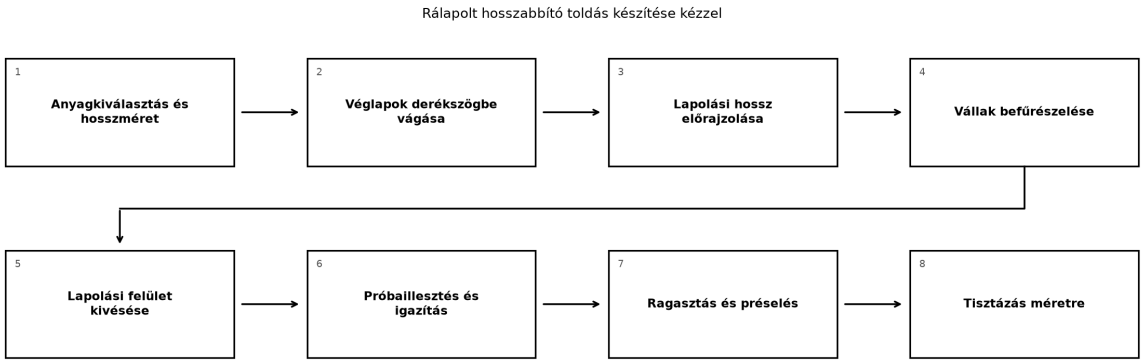
18.3. Hosszabbító toldások készítése

18.3.1. Motiváció

A műhelyben gyakran előfordul, hogy a kész faanyag rövidebb, mint amire a termékhez szükség van. Egy ablakkeret-fa, egy lépcsőfok vagy egy asztallap keretléce hosszú, egyenes, terhelhető alkatrész kell, de a raktárban csak rövidebb, hibamentes darabok vannak. Ilyenkor nem szabad a hibás, hosszú anyagot választani, és nem szabad a toldást elrejtve, rossz illesztéssel összeragasztani. A **hosszabbító toldás** arra való, hogy két vagy több rövidebb, jó minőségű darabból hosszú, szilárd alkatrészt készítsünk. Ha a toldás gyenge, az alkatrész hajlításra szétnyílik; ha rossz az illesztés, a ragasztási hézagban megtörik a felület. Ebben az alfejezetben először a kézi és gépi hosszabbító toldások készítését tanulod meg, majd az ellenőrzést és a tipikus hibákat.

18.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy két 25 mm vastag, 60 mm széles bükk lécet kell egy 1,2 m-es keretlábbá toldani. A toldás ne a szem előtt lévő homlokfelületen legyen, hanem ferdén fusson, hogy a ragasztási felület nagyobb legyen. A ferde toldás hossza a ferde vágás szögétől függ: minél laposabb a vágás, annál hosszabb a ragasztófelület, és annál erősebb a kötés. A kézi rálapolt toldás lépéseit az alábbi folyamatábra mutatja.



18.6. ábra. Rálapolt hosszabbító toldás készítése kézzel - A lépések a kézi rálapolás technológiáját mutatják; gépi fogazott toldásnál a szabás és a profilmarás gépbeállítás szerint történik.

18.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Hosszabbító toldás a faanyag rostirányú, mechanikai vagy ragasztott egyesítése, amelynek célja a szükséges hossz elérése. A toldás lehet **rálapolt**, **egyenes élillesztésű**, **ferde élillesztésű** vagy **gépi fogazott (ékcsapos)** toldás.

Definíció. Rálapolt hosszabbító toldás: a toldandó darabok végén az anyagvastagság felét kivéve egymásra lapolva készítjük el (a két darabból kivett rész összege a teljes vastagság; ritkán az egyikből 2/3, a másikból 1/3), ragasztással és gyakran csavarral vagy facsappal is rögzítve.

Definíció. Egyenes élillesztés: a toldandó darabok véglapjait derékszögben, a rostirányra merőlegesen vágjuk le, és a két homlokfelületet ragasztjuk össze. Gyenge kötést ad, ezért csak kis igénybevételű, rejtett helyen vagy átmeneti megoldásnál használjuk.

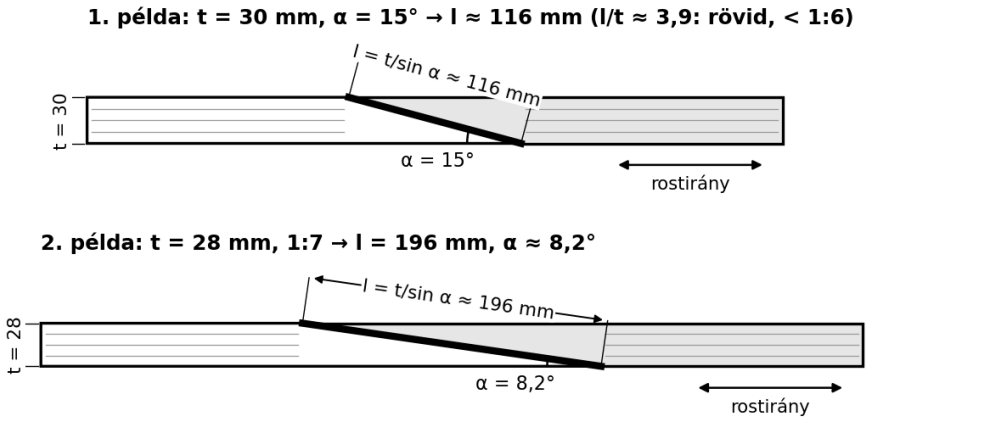
Definíció. Ferde élillesztés: a véglapokat a rostiránnyal hegyesszöget bezáró síkban vágjuk le, ezáltal a ragasztási felület megnő, és a kötés hajlításra is kedvezőbb.

Szabály. Ferde illesztés hossza. A ferde vágás ragasztási hosszát a

$$l = \frac{t}{\sin \alpha}$$

összefüggés adja, ahol t az alkatrész vastagsága mm-ben, α a ferde vágás rostiránnyal bezárt szöge, l a vágási felület hossza mm-ben. A gyakorlatban a ferde toldás aránya legalább 1:6–1:8 legyen (tájékoztató érték, szabvány vagy gyártói előírás felülírhatja – ellenőrizendő); az 1:6 azt jelenti, hogy a ferde vágás hossza (l) a vastagság (t) legalább hatszorosa.

Az ábra a fejezet két számpéldáján mutatja, mi a t, az α és az l a lécen: a 30 mm-es lécen 15°-os vágás csak kb. 116 mm-es (rövid) ragasztási felületet ad, a 28 mm-es lécen az 1:7-es arányhoz kb. 8,2°-os, lapos vágás és 196 mm-es felület tartozik. A HTML-változatban a vastagság és a szög csúszkával állítható.



18.7. ábra. Ferde toldás geometriája: vastagság t, ferde szög α, ragasztási hossz $l = t/\sin\alpha$; összevetés a bütü- és a rálapolt toldással

Definíció. Gépi ékcsapos (fogazott) toldás: a toldandó végeken géppel, profilmaróval egymásba illeszkedő, ék alakú fogakat marnak, majd a fogazott felületeket ragasztóval összepréselik. Nagy ragasztási felületet ad, és az illesztés önközpontosító.

18.3.4. Technológia és eljárás

18.3.4.1. Rálapolt hosszabbító toldás készítése kézzel

1. **Anyagkiválasztás.** Válassz két egyenes szálú, hibamentes, azonos vastagságú és szélességű darabot. A toldásnál a rostirány lehetőleg azonos legyen, hogy a zsugorodás-dagadás ne feszítse szét a kötést.
2. **Véglapok derékszögbe vágása.** A toldandó végeket derékszögben fűrészeld le, majd gyaluld simára, hogy a lapolási felületek pontosan illeszkedjenek.
3. **Előrajzolás.** A lapolási hosszt mindkét darab végén azonos módon rajzold elő. A lapolás hossza általában a vastagság 2–3-szorosa, de legalább 40–60 mm (tájékoztató). Jelöld a vállvonalat és az anyagból kiveendő részt (mindkét darabból a vastagság fele, vagy az egyikből 2/3, a másikból 1/3).
4. **Vállak befűrészelése.** Fűrészeld be a vállvonalakat a rajzolt mélységig, ügyelve arra, hogy a fűrészlap pontosan a hulladék oldalán haladjon. Használj hátfűrészt vagy finom fogazású fűrészt.
5. **Lapolási felület kivésése.** A pofát hosszirányban fűrészeld le a vállig, majd vésővel/vállgyaluval, kis fogásokkal egyengesd a felületet. Először a szélektől befelé haladj, majd a vállvonalon egyenlítsd a felületet. A lapolási felület legyen sík és a vállal derékszögű.
6. **Próbaillesztés.** A két darabot szárazon illeszd össze. A lapolt felületeknek teljesen fel kell feküdniük, a vállaknak zárniuk kell, és az alkatrésznek egyenesnek kell maradnia. Túl

szoros illesztésnél vékony forgácsot vegyél le; ha hézag van, a hibás darabot javítsd vagy cseréld.

7. **Ragasztás és préselés.** A lapolt felületeket vond be egyenletesen ragasztóval (pl. D3-as faragasztó, ellenőrizendő a gyártói adatlap), illeszd össze, és csavaros szorítóval préseld. A préselési nyomás és idő a ragasztó adatlapja szerint (tájékoztató: 15–30 perc, 20 °C-on – ellenőrizendő).
8. **Tisztázás.** A préselési idő letelte után távolítsd el a kinyomódott ragasztót nedves ronggyal vagy kaparóval, majd gyaluld méretre a toldott darabot.

18.3.4.2. Egyenes és ferde élillesztés

Az **egyenes (tompa) bütütoldás** (más néven egyenes véglap-illesztés; nem azonos a 18.2 élillesztésével) csak akkor ajánlott, ha a toldott alkatrészt mechanikai kötőelem (pl. facsap, lamelló, heveder) is erősíti. A ragasztott homlokfelület kicsi, mert a fa homlokfelülete gyengén ragasztható.

A **ferde bütütoldás** (ferde élillesztés) készítésekor a ferde vágást kézi fűrésszel, szögbeállítós gérvágóval vagy asztali körfűrésszel készíthetjük. A ferde szöget mindkét darabon azonos módon, pontosan kell beállítani, mert a két vágásnak tökéletesen egybe kell esnie. Ragasztás előtt a ferde felületeket frissen vágottan, portól és zsírtól mentesen kell összeilleszteni.

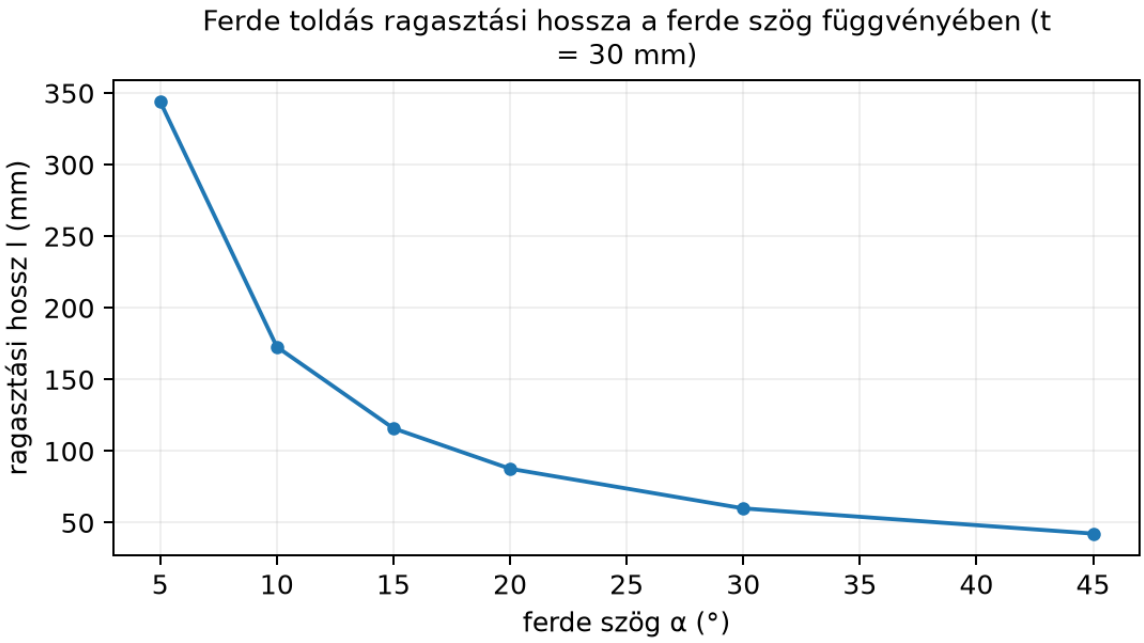
18.3.4.3. Gépi ékcsapos (fogazott) toldás

A gépi fogazott toldásnál a toldandó darabok végeit fogazómaróval profilozzák. A fogak alakja és osztása a szerszám gyártójától függ; a gép adagolhatja a darabokat kézzel vagy automatikusan. A fogazott felületek egyikére ragasztót visznek fel, majd a két darabot hosszirányú présben, ütközők között szorítják össze. A préselési nyomás és idő a ragasztótól és a fog geometriájától függ (tájékoztató: a zárónyomás a fog hosszától függ, nagyságrendje több N/mm², a préselési idő néhány perc – ellenőrizendő: gépkönyv, ragasztó adatlap, MSZ EN 15497).

Gépbiztonság. Gépi fogazott toldást csak betanított, felügyelt tanuló végezhet. A védőburkolat, a szerszámrögzítés és az elszívás működjön. A munkadarabot a gép adagolórendszerével vagy tolófával vezesd, kézzel soha ne érj a forgó szerszám közelébe. Szerszámcsere, beállítás és tisztítás előtt a gépet áramtalanítsd, és várd meg, amíg a szerszám teljesen leáll.

A gépi fogazott toldás **előnyei**: - nagy és pontosan illeszkedő ragasztási felület, - alaktartó, magas szilárdság, - gyorsan, sorozatban gyártható, - a toldás helye szinte láthatatlan lehet, ha a fogazás finom.

Alkalmazása: ablakfák, ajtókeretek, ragasztott tartók, lépcsőfokok, bútorlécek, ahol hosszú, egyenes, terhelhető tömörfa alkatrész kell.



18.8. ábra. Ferde toldás ragasztási hossza a ferde szög függvényében (t = 30 mm) - Szemléltető, az l = t / sin α képletből számolt értékek; t = 30 mm. A ferde szög a rostiránnyal bezárt szög; minél kisebb, annál hosszabb a ragasztófelület.

18.3.5. Számítások

1. példa. Egy 30 mm vastag tölgyfa lécet ferde élillesztéssel toldunk. A ferde vágás a rostiránnyal 15°-os szöget zár be. Mekkora a ragasztási felület hossza?

Keresett: l. *Képlet:* $l = \frac{t}{\sin\alpha}$. *Behelyettesítés:* $t = 30\,\text{mm}$, $\alpha = 15^\circ$, $\sin 15^\circ \approx 0{,}2588$.

$$l = \frac{30\,\text{mm}}{0{,}2588} \approx 115{,}9\,\text{mm} \approx 116\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: $l/t \approx 3{,}9$, vagyis 1:3,9 – ez a gyakorlati 1:6–1:8 aránynál jóval rövidebb, csak kis igénybevételű toldásra elég; teherhordó léchez 7–9,5° körüli szög kell (lásd a 2. példát).

2. példa. Egy ajtókeret-léc vastagsága 28 mm. A gyártó a ferde toldási arányt legalább 1:7-re írja elő. Mekkora legyen a ferde szög, hogy a ragasztási hossz legalább 7×28 mm $= 196$ mm legyen?

Keresett: α. *Képlet:* $l = t/\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = t/l$. *Behelyettesítés:* $t = 28\,\text{mm}$, $l = 196\,\text{mm}$.

$$\sin\alpha = \frac{28}{196} = 0{,}1429,$$

$$\alpha = \arcsin 0{,}1429 \approx 8{,}2^\circ.$$

Ellenőrzés: 8° körüli, lapos ferde vágás hosszú ragasztási felületet ad; ez megfelel a húzó-hajlító igénybevételű keretléceknek. A pontos szöget a gyártói előírás vagy a szabvány határozza meg.

Továbbvitt eredmény. A hosszabbító toldással készült egyenes, méretpontos léc vagy keretfa lesz az alapanyag a keretkötésekhez: a Sarokkötések lapolással és vállazással, az Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás és a Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek alfejezetben ezekből a toldott darabokból készítünk keretkötéseket. A toldás minősége meghatározza a keret stabilitását, ezért a toldást mindig a keretkötés elkészítése előtt, síkra gyalultan kell beépíteni.

18.3.6. Technológiai lap

Rálapolt hosszabbító toldás készítése kéziszerszámmal

Cél: Két rövid tömörfa darab egyesítése hosszabb, egyenes, húzásra és hajlításra is megfelelő alkatrésszé.

Anyagok: Két azonos fafajú, vastagságú és szélességű, hibamentes léc; D3-as faragasztó (ellenőrizendő: gyártói adatlap); nedves törlőrongy.

Szerszámok: Hátfűrész vagy finom fogazású fűrész, véső (a lapolási szélességhez illő, éles), derékszögelő, mérővonalzó, előrajzoló bicska vagy ceruza, csavaros szorító, gyalupad.

Egyéni védőeszközök: Védőkesztyű (nem forgó gépnél), védőszemüveg a fűrészelésnél, munkaköpeny; elszívás nem szükséges kézi munkánál, de poros vésésnél porálarc ajánlott.

Indítás előtti ellenőrzés: A véső éles, a fűrészlap nem rozsdás, a szorító pofái párhuzamosak, a munkadarab nincs csavarodva vagy repedve.

Lépések:

1. Válaszd ki a két darabot, ellenőrizd a szálirányt és a méreteket. – ellenőrzés: a két darab vastagsága és szélessége azonos ±0,2 mm-en belül.
2. Vágd derékszögbe a toldandó végeket, majd gyaluld simára. – ellenőrzés: derékszög a derékszögelővel, a homlokfelület sík.
3. Rajzold elő a lapolási hosszt (a vastagság 2–3-szorosa, min. 40–60 mm). – ellenőrzés: a rajzvonal párhuzamos a végfallal.
4. Fűrészeld be a vállvonalakat a lapolási mélységig (az anyag fele; ha a két darab aszimmetrikus: 2/3 és 1/3). – ellenőrzés: a fűrészvágás a hulladék oldalán van.
5. Vésd ki a lapolási felületet, először a szélektől befelé, majd egyenlítsd a vállig. – ellenőrzés: a lapolási felület sík, a váll derékszögű.
6. Illeszd össze szárazon a két darabot. – ellenőrzés: a lapolt felületek felfekvők, a vállak zárnak, az alkatrész egyenes.
7. Vond be a lapolt felületeket ragasztóval, illeszd össze, és szorítóval préseld. – ellenőrzés: a felesleges ragasztó egyenletesen kinyomódik, a toldás vonala zár.
8. A préselési idő letelte után távolítsd el a ragasztómaradékot, és gyaluld méretre. – ellenőrzés: a toldás sík, a méret a rajz szerint.

Dokumentálás: Jegyezd fel a ragasztó típusát, a préselési időt, a toldás méretét és az esetleges javításokat.

18.3.7. Minőségellenőrzés

A toldott alkatrészt szemrevételezéssel, derékszögelővel, mérővonalzóval és egyenes vonalzóval ellenőrizzük. A toldás vonalán ne legyen 0,1 mm-nél nagyobb hézag (tájékoztató, a termékosztálytól függ – ellenőrizendő). Az alkatrész ne legyen csavarodott, hajlott; az egyenesség eltérése 0,3 mm/m alatt legyen (tájékoztató). A ragasztási hézagban ne legyen száraz, kimaradt ragasztó vagy idegen anyag. A rálapolt toldásnál a vállak zárjanak, a gépi fogazott toldásnál a fogak teljesen illeszkedjenek. Eltérésnél a toldást bontani vagy javítani kell; ha a hézag nagyobb, a darabot újra kell toldani.

18.3.8. Tipikus hibák és okaik

1. **Hézag a ragasztási vonalban.** Ok: a vágás nem sík, a lapolt felület nem fekszik fel, vagy a ragasztó nem fedte be a teljes felületet. Megelőzés: friss, éles szerszám, gondos próbaillesztés, teljes felületű ragasztófelhordás.
2. **A toldott darab nem egyenes.** Ok: a préselés közben a darab elcsúszott, a szorító nem középen nyomott, vagy a toldási felület nem volt derékszögű. Megelőzés: ütközők és párhuzamos szorítófejek használata, szorítás előtt az egyenesség ellenőrzése.
3. **Gyenge ragasztási szilárdság.** Ok: rossz ragasztóválasztás, túl rövid ferde toldási hossz, vagy a préselési idő és nyomás nem volt megfelelő. Megelőzés: a ragasztó adatlapjának betartása, megfelelő ferde arány, egyenletes présnyomás.
4. **A gépi fogazott toldásnál a fogak nem illeszkednek.** Ok: a szerszám kopott vagy rosszul beállított, a darabok vastagsága eltér, vagy a prés iránya nem egyezik a fogak irányával. Megelőzés: szerszámellenőrzés, azonos vastagság biztosítása, a gép beállítása a gyártó szerint.

18.3.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos egy 2,4 m hosszú tölgyfa ablakszelvényt rendelt, de a raktárban csak 1,2 m-es hibamentes darabok voltak. A szelvényt gépi fogazott toldással készítette el: a végeket fogazómaróval profilozta, a fogazott felületre D4-es ragasztót vitt fel, majd hosszirányú présben szorította össze. A toldás után a szelvényt 24 órán át pihentette, majd gyalulta és csiszolta. A kész szelvény egyenes volt, a toldás a profilban alig látszott, és a beépítés után is megtartotta a méretét. A tanulság: a gépi fogazott toldás akkor ad jó eredményt, ha a darabok vastagsága pontosan egyezik, a ragasztó a fogak teljes felületét fedi, és a préselés a fogazás irányában történik.

18.3.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az egyenes élillesztésű hosszabbító toldás homlokfelülete a legnagyobb ragasztási felületet adja. (Indokold.)
2. Számítsd ki a ferde toldási hosszat, ha $t = 20\,\text{mm}$ és $\alpha = 30^\circ$!
3. Mi a különbség a rálapolt és a gépi fogazott toldás között a ragasztási felület szempontjából?
4. Miért előnyös a gépi ékcsapos toldás ablakszelvényeknél?
5. Egy toldott léc enyhén hajlott a préselés után. Mi lehetett a hiba?
6. Milyen arányt javasol a gyakorlat a ferde toldásnál, és mit jelent ez?

18.3.11. Feladatok

1. feladat (A)
Írd le a rálapolt hosszabbító toldás készítésének lépéseit 4–6 pontban.

2. feladat (A)
Számítsd ki a ferde illesztés ragasztási hosszát, ha a vastagság 25 mm és a ferde szög 12°!

3. feladat (B)
Egy 32 mm vastag keretlécet ferde toldással készítünk. A gyártó előírása szerint a ragasztási hossz legalább 8 mm legyen 1 mm vastagságra. Mekkora legyen a ferde szög?

4. feladat (B)
Két bükk lécet (60 mm széles, 30 mm vastag) gépi fogazott toldással egyesítünk. A fogak a 60 mm-es oldalon futnak, osztásuk 4 mm, hosszuk 8 mm. Hány mm² a fogoldalak ragasztási felülete, és hányszorosa ez a sima bütüfelületnek? (A fogcsúcs és a lejtés hatását hanyagold el.)

5. feladat (C)
Miért nem elég az egyenes élillesztés egy húzott-hajlított keretlécnél? Javasolj megoldást, és indokold!

6. feladat (D)
Készíts technológiai lapot egy ferde élillesztésű toldás készítéséhez, kézi szerszámokkal, 20 mm vastag és 50 mm széles fenyőléchez! Add meg a lépéseket és az ellenőrzési pontokat!

18.3.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Az egyenes élillesztés homlokfelülete a legkisebb, mert a fa homlokfelülete gyengén ragasztható; a ferde toldás növeli a ragasztási felületet.
2. $l = 20 / \sin 30^\circ = 20 / 0{,}5 = 40\,\text{mm}$.
3. A rálapolt toldás lapolt felülete kisebb, mint a gépi fogazott toldás összefüggő, nagy fogfelülete; a fogazás önközpontosító és jobban ellenáll a hajlításnak.
4. Mert nagy szilárdságot, alaktartást és láthatatlan, sorozatban gyártható illesztést ad, ami a hosszú, profilozott ablakszelvényeknél fontos.
5. A hajlás oka lehet: a toldási felület nem volt derékszögű, a szorító nem középen nyomott, vagy a préselés alatt a darab elcsúszott. Meg kell támasztani, és ellenőrizni kell az egyenességet.
6. A gyakorlat 1:6–1:8 arányt javasol, azaz a ragasztási hossz legalább a vastagság 6–8-szorosa legyen. Ez nagyobb ferde felületet és erősebb kötést ad.

1. feladat megoldása
Lépések: (1) anyagkiválasztás, (2) véglapok derékszögbe vágása, (3) lapolási hossz előrajzolása, (4) vállak befűrészelése, (5) lapolási felület kivésése, (6) próbaillesztés, (7) ragasztás és préselés, (8) tisztázás.

2. feladat megoldása
$t = 25\,\text{mm}$, $\alpha = 12^\circ$, $\sin 12^\circ \approx 0{,}2079$.
$l = 25 / 0{,}2079 \approx 120{,}2\,\text{mm} \approx 120\,\text{mm}$.

3. feladat megoldása
Előírt arány: $l/t = 8$, tehát $l = 8 \cdot 32 = 256\,\text{mm}$.
$\sin\alpha = t/l = 32/256 = 0{,}125$.
$\alpha = \arcsin 0{,}125 \approx 7{,}2^\circ$.

4. feladat megoldása
A bütűfelület: $60 \times 30 = 1800\,\text{mm}^2$. Fogak száma: $60/4 = 15$; minden osztásban 2 fogoldal van, egy fogoldal felülete $\approx 8\,\text{mm} \times 30\,\text{mm} = 240\,\text{mm}^2$, így $A \approx 2 \cdot 15 \cdot 240 = 7200\,\text{mm}^2$, ami a sima bütűfelület kb. négyszerese. A fogazott toldás ezért ad nagy ragasztási felületet (a fogcsúcs és a lejtés elhanyagolva).

5. feladat megoldása
Az egyenes élillesztés homlokfelületi ragasztása gyenge, mert a homlokfelület erősen szívó, és a ragasztási felület kicsi. Húzó-hajlító igénybevételnél a toldás könnyen szétnyílik. Megoldás: ferde élillesztés (nagyobb felület) vagy gépi fogazott toldás, esetleg rálapolás mechanikai erősítéssel. Így a ragasztási felület nő, és a kötés szilárdsága eléri a tömörfa szilárdságát.

6. feladat megoldása
Technológiai lap (tömör): - Cél: ferde élillesztésű toldás 20 mm vastag, 50 mm széles fenyőléchez. - Anyagok: két fenyőléc, D3 faragasztó (ellenőrizendő), nedves rongy. - Szerszámok: gérvágó fűrész vagy állítható szögű fűrész, gyalupad, derékszögelő, mérővonalzó, csavaros szorító, csiszolópapír. - Lépések: (1) a végeket derékszögben levágni; (2) a ferde szöget mindkét darabon beállítani (pl. 8°, 1:7 körüli arány, $l \approx 20/\sin 8^\circ \approx 144$ mm); (3) a ferde felületeket frissen vágottan, portól mentesen összeilleszteni; (4) ragasztót felvinni az egyik ferde felületre; (5) a darabokat összeilleszteni és szorítóval, középen nyomva préselni; (6) a préselési idő letelte után a kinyomódott ragasztót letörölni, majd a toldott lécet méretre gyalulni és csiszolni. - Ellenőrzési pontok: a ferde szög pontossága, a toldási hézag zártsága, az egyenesség, a végső méret.

18.3.13. Rövid összefoglaló

A hosszabbító toldás a faanyag rostirányú egyesítése a szükséges hossz elérésére. A rálapolt toldásnál a végeken lapolási felületet készítünk, és ragasztással, gyakran mechanikai erősítéssel kötjük össze. Az egyenes élillesztés csak segédelemekkel használható, mert a homlokfelületi ragasztás gyenge. A ferde élillesztés nagyobb ragasztási felületet ad; a vágási hossz az $l = t/\sin\alpha$ képlettel számítható, és a gyakorlati arány 1:6–1:8 (tájékoztató). A gépi ékcsapos (fogazott) toldás profilozott fogakkal nagy szilárdságú, alaktartó, sorozatgyártásra alkalmas, és elsősorban ablakszelvényekhez, keretlécekhez, ragasztott tartókhoz használjuk. A toldott alkatrészt egyenességre, méretre, hézagmentes illesztésre és szilárdságra ellenőrizzük. A helyesen elkészített toldott léc lesz a keretkötések alapanyaga a Sarokkötések lapolással és vállazással alfejezetben.

18.3.14. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a hazai faipari szakmai gyakorlatra, az MSZ EN ISO 19085 sorozat gépbiztonsági előírásaira (a pontos számok és a hatályos változat ellenőrizendő), a ragasztókra vonatkozó MSZ EN 204 osztályozásra (D1–D4 – ellenőrizendő) és a faipari szakrajzi szabványokra épül. A ferde toldás 1:6–1:8 aránya, a préselési nyomás- és időadatok, valamint a fogazott toldás paraméterei tájékoztató értékek, amelyeket az aktuális szabvány, a gépkönyv és a ragasztó gyártói adatlapja felülírhat. A gépi fogazott toldás szerszámgeometriája és a préselési nyomás a gyártótól függ, ezért az adott berendezés dokumentációját mindig ellenőrizni kell.

19 Keretkötések készítése

19.1. Sarokkötések lapolással és vállazással

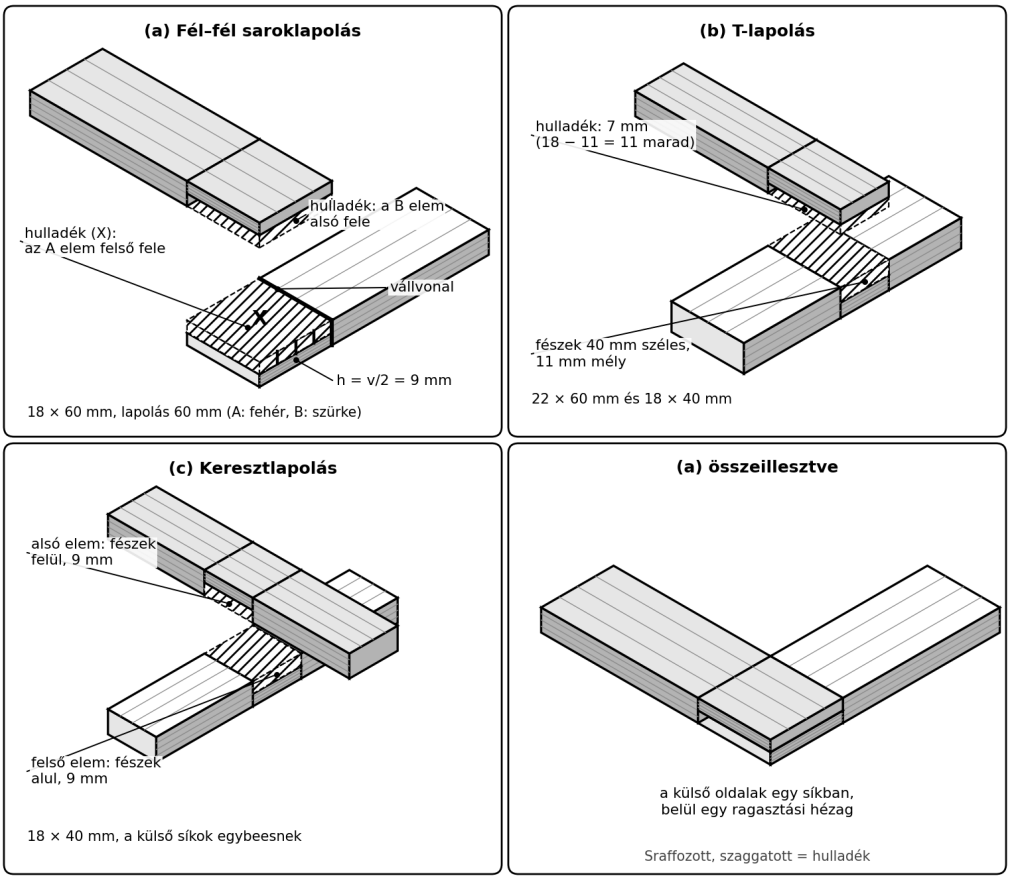
19.1.1. Motiváció

Egy tömörfa képkeret, egy ajtó betétkerete vagy egy kis asztal kávakerete akkor lesz merev és pontos, ha a sarkok nem csak „valahogy egymáshoz vannak fogva”, hanem a rostirányokat is kihasználó, tiszta, síkban illeszkedő kötéssel készülnek. A **lapolt sarokkötés** éppen ez: a két elem végét egymásba eresztjük, hogy a külső oldaluk egy síkba kerüljön, a belső oldalon pedig sima, süllyesztett illesztést kapjunk. Ha a lapolást még **vállazással** is kiegészítjük, a kötés megakadályozza a keret elcsavarodását, és húzásra is jobban ellenáll. Gyakori eset: konyhaajtó betétkeretének javítása, ahol a sarok szétnyílt; ilyenkor a lapolt kötés felújítható anélkül, hogy a teljes keretdarabot cserélni kellene. Ebben az alfejezetben lépésről lépésre megtanulod az összerajzolást, a fűrészelést, a kivésést és az illesztést.

19.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el két téglalap keresztmetszetű lécet, amelyek 90°-ban találkoznak. A **fél–fél vastagságú lapolásnál** mindkét lécelem végén eltávolítjuk a vastagság felét: az egyiknél a belső oldal felőli felső réteget, a másiknál az alsó réteget vesszük ki. Amikor a két kivésett felületet egymásra fektetjük és összeragasztjuk, a **külső oldalak teljesen síkban maradnak**, a belső oldalon pedig egyetlen ragasztási hézag látszik. Ha a keret belső élén falc (lépcsős kiképzés) fut, a lapolt rész a falc szélességével rövidebb, és a másik elemen ugyanakkora **vállat** hagyunk; ez a vállazott lapolás. A váll a falc vonalát viszi tovább a sarokban, így a külső és a belső felület is síkban záródik.

Az ábra a három lapolás robbantott képét mutatja a kivett anyagrésszel (sraffozott, szaggatott körvonalú hulladék): a fél–fél saroklapolásnál mindkét 18 mm vastag lécből 9 mm-t veszünk ki, a T-lapolásnál a 22 mm vastag fő elembe 40 mm széles, 11 mm mély fészek kerül, a keresztlapolásnál mindkét elembe fél vastagságú fészek – az egyikbe felülről, a másikba alulról. A HTML-változatban a fél–fél saroklapolás elkészítése lépésenként lejátszható.



19.1. ábra. Lapolások robbantott axonometriája: (a) fél–fél saroklapolás, (b) T-lapolás, (c) keresztlapolás és (a) összeillesztve; a hulladék sraffozva

19.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Lapolás (rálapolás). A lapolás olyan faipari kötés, amelynél az egyik vagy mindkét elem vastagságának egy részét eltávolítjuk, a két felületet egymásra fektetjük, és ragasztással vagy mechanikai rögzítéssel összekapcsoljuk. A **saroklapolás** a 90°-os illesztésű keretsarok számára kialakított változat, amelynél a két összeillesztett elem külső oldala egy síkba esik.

Definíció. Vállazás. A vállazás a lapolt kötés olyan kiegészítése falcos (hornyos) keretnél, amelynél a lapolt rész a falc szélességével rövidebb a másik elem szélességénél, és a másik elemen ugyanakkora derékszögű **vállat** (lépcsőt) hagyunk. A váll a falc vonalát viszi tovább a sarokban, és pontosan beállítja a két elem helyzetét; a ragasztott felületet nem növeli, hanem a falc szélességével csökkenti.

Szabály. A lapolás méretei. A fél–fél lapolásnál a kivésett anyag vastagsága $v/2$, ahol v a léc teljes vastagsága. A vállazott változatnál a váll szélessége jellemzően 8–15 mm (tájékoztató érték, a munkadarab szélességétől függően ellenőrizendő), a lapolt rész hossza pedig a másik elem szélességéből adódik: egyszerű lapolásnál b, falcos keretnél $b -$ vállszélesség (a másik elemen ugyanakkora váll marad, így a sarok síkban zár), de legalább 15–20 mm, hogy legyen elegendő ragasztási felület.

Összefüggés. A fél–fél lapolás kivésett mélységét így számítjuk:

$$h = \frac{v}{2},$$

ahol h a kivésett mélység (mm), v a léc vastagsága (mm). A vállazott lapolásnál a csaphossz:

$$l_{\text{csap}} = b - l_{\text{váll}},$$

ahol l_{csap} a lapolt rész (csap) hossza, b a csatlakozó elem szélessége, $l_{\text{váll}}$ a falc és a váll szélessége (a másik elemen ugyanennyi váll marad). A méreteket a rajzon és a beállításnál is mindig mm-ben adjuk meg.

Szabály. Bázislap–bázisél. A lapolás előrajzolásakor mindig egy **bázislapon** fektessük a munkadarabot, és minden méretet egy **báziséltől** jelöljünk ki. Így a két elem kivésett részei egymáshoz képest pontosan illeszkednek, mert ugyanarra a viszonyítási felületre dolgozunk. Ezt használjuk a Mérő- és rajzolóeszközök, anyagkiosztás és előrajzolás alfejezetben is.

19.1.4. Az összerajzolás menete

A **rajz–anyag–művelet hármas** elve szerint a kötést először rajzban, aztán az anyagon kell pontosan láthatóvá tenni. A rajzot a Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések alfejezetben tanult módon készítsük el.

1. **Nézet rajzolása.** Rajzold meg a két elem közös nézetét, ahogy a külső oldalról látszik. A külső oldalak egy folytonos vonalban, a hézag nélküli illesztés pedig a sarokpontban találkozik.
2. **Metszet választása.** Vegyél fel egy metszősíkot a lapolás közepén, párhuzamosan a léc szélesebb oldalával. A metszeten a faanyagot sraffozd, a kivésett részt üresen hagyd. A csap és a fészek élei külön, egyértelmű vonallal szerepeljenek.
3. **Méretek felvétele.** Jelöld a teljes vastagságot v, a kivésett mélységet $h = v/2$, a váll szélességét $l_{\text{váll}}$, a csap hosszát l_{csap} és a léc szélességét b. Így a rajzról a műhelyben is egyértelműen leolvasható lesz.
4. **Anyagjelölés.** A metszeten a faanyag sraffozása a rostirányra utaljon; ha szükséges, szöveges jelölést is alkalmazz (pl. „tölgy, radiális metszet”).

Ezután következik az anyagra való előrajzolás:

1. **Bázisoldal kijelölése.** A két lécelemnek jelöld ki a belső oldalát, ezt használjuk viszonyítási felületnek. A külső oldal lesz az esztétikai oldal.
2. **Fél vastagság bejelölése.** Mérővonalzóval és rajzolótűvel húzd meg a vastagság felezővonalát mindkét elem végén és oldalán. Használd a Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés alfejezetben megismert derékszöget és vonalazókést.
3. **Váll vonala.** A vállazott lapolásnál jelöld be a váll szélességét a lécvégtől visszafelé, és húzd meg a derékszögű vonalat. A fél–fél egyszerű lapolásnál nincs váll, a kivésett rész a lécvégtől indul.
4. **Kivésett zóna megjelölése.** A hulladék oldalát jelöld X-szel vagy satírozással, hogy fűrészeléskor és véséskor egyértelmű legyen, melyik oldal hulladék.

19.1.5. Fűrészelés és kivésés

A lapolás elkészítéséhez a legfontosabb a pontos derékszög és az éles szerszám. A fűrészt a hulladék oldalára tartsd, a vésőt pedig a rost irányában használd.

Fűrészelés. A vállat vagy a lécvégi kivésett részt finom fogazású, hátfűrésszel vagy asztalos fűrésszel vágd be. A fűrészvágás a jelölővonal mellett, a hulladék oldalán haladjon. A vágás

mélységét munka közben folyamatosan ellenőrizd, ne vágj a fél vastagságnál mélyebbre. Gépi bevágásnál a lapolás nem átmenő vágás: a fűrészlap magasságát h-ra állítjuk, a munkadarabot harántvezetővel vagy tolóasztallal vezetjük, a hosszt a fűrészlap előtt rögzített ütközőléccel határozzuk meg (a párhuzamvezető haránt vágásnál nem ütköző). Süllyesztővágást nem végzünk. A hasítóék és a felső védőburkolat beállítása nem átmenő vágásnál a gépkönyv szerint (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085-9). Csak betanítás után, oktatói felügyelettel.

Kivésés. A bevágott (fellazított) hulladékot **laposvésővel** vagy **réselővésővel** távolítsd el. Fogd a munkadarabot szorítópadban vagy pillanatbilincsben. A vésőt a rost irányában mozgasd, a vágóél a hulladék felé nézzen. Először a váll vonala mentén készíts sekély behatolást, majd vékony rétegekben, a bázislap felé haladva mélyítsd a fészket. Ügyelj arra, hogy a fészek alja sík és párhuzamos legyen a bázislappal.

Illesztés. Helyezd a két elem kivésett felületét egymásba. Ha szorul, ne erőltesd; először azonosítsd, hol akad. A felesleget finom csiszolóvászonnal vagy éles vésővel, nagyon vékony rétegben vedd le. Ha a kötés laza, a hézagba vékony falemez-betétet ragaszthatsz, de ügyelj arra, hogy a betét ne emelje ki a külső oldalakat a síkból. A helyesen illeszkedő lapolásnál a két külső oldal egy síkban van, a belső illesztés hézagmentes, és a derékszög pontosan 90°.

19.1.6. Számítási példák

1. számítás – egyszerű fél–fél lapolás.

Adott: egy 18 mm vastag, 60 mm széles tölgyléc. Készíts egyszerű fél–fél lapolást.

- $v = 18\,\text{mm}$
- Keresett: kivésett mélység h (mm).
- Képlet: $h = \frac{v}{2} = \frac{18\,\text{mm}}{2} = 9\,\text{mm}$.
- A kivésett rész hossza a másik elem szélességével azonos, tehát 60 mm.
- Ellenőrzés: a külső oldalak síkbeli illeszkedése csak akkor pontos, ha mindkét elemben pontosan 9 mm-t veszünk ki. A fűrészvágásnál a mélységet tolómérővel ellenőrizd. ∎

2. számítás – vállazott lapolás.

Adott: az előző 18 mm vastag, 60 mm széles léc, de a sarokmerevítéshez 10 mm széles vállat kívánunk.

- $v = 18\,\text{mm}$, $b = 60\,\text{mm}$, $l_{\text{váll}} = 10\,\text{mm}$.
- Keresett: a csap hossza l_{csap} (mm).
- Képlet: $l_{\text{csap}} = b - l_{\text{váll}} = 60\,\text{mm} - 10\,\text{mm} = 50\,\text{mm}$.
- A kivésett mélység ugyanaz: $h = 9\,\text{mm}$.
- Ellenőrzés: a másik elemen ugyanekkora, 10 mm-es vállat kell hagyni, hogy a sarok síkban záródjon; ha a váll nem merőleges, a sarok nem lesz derékszög. Ezt a vállvonal fűrészelése után derékszöggel ellenőrizd. ∎

19.1.7. T-lapolás és keresztlapolás röviden

A lapolás nemcsak sarokra, hanem **T-alakú** és **kereszt alakú** kapcsolatokra is használható.

- **T-lapolás:** Az egyik elembe fészket vésünk, a másik elem végét lapoljuk. A fészek mélysége a vízszintes léc vastagságának fele, a fészek szélessége a csatlakozó (függőleges) léc szélessége; a csap hossza a fészkes léc szélessége, vastagsága a fészek mélységével egyezik. A T-lapolás jellemzően bútorvázakban, állványszerkezetekben, polctartó keretekben fordul elő.

- **Keresztlapolás:** Mindkét elembe fél–fél vastagságú fészket vésünk, az egyiket felülről, a másikat alulról, hogy a két elem egymásba csússzon. A külső oldalak egy síkban maradnak. A keresztlapolás rácsokban, zsalugáterekben, kisebb díszrácsokban gyakori.

Ezeket a kötéseket a korábbi Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet és a Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések alfejezetekre építjük. Most a saroklapolásra koncentrálunk.

19.1.8. Technológiai lap: Vállazott lapolt sarokkötés kézi kivitelezése

Cél: Két 60 mm széles, 18 mm vastag léc összeépítése vállazott lapolt sarokkötéssel, 10 mm vállszélességgel, ragasztásra előkészítve.

Anyagok: 2 db bükk léc, 18 × 60 mm keresztmetszettel, az alkatrész hossza a terv szerint; faipari ragasztó (PVAc vagy PU, a préseléshez).

Szerszámok: Mérővonalzó, derékszög, rajzolótű, vonalazókés, hátfűrész, laposvéső, réselővéső, fakalapács, pillanatbilincs, tolómérő, csiszolópapír (P120), porszívó vagy kézi seprű.

Gépbiztonság. Ha a fűrészelést asztali körfűrészgépen vagy szalagfűrészen végzed, a gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti. A szalagfűrész és a körfűrész védőburkolatát, a fűrészlap mögötti hasítóéket (körfűrésznél) és az elszívást soha ne szereld le. A kézi vésésnél a munkadarabot mindig rögzítsd, a véső soha ne mutasson a tested felé. A vésőfogantyút fakalapáccsal ütögesd, ne fémkalapáccsal, mert a fogantyú elrepedhet.

Indítás előtti ellenőrzés (gépi fűrészelésnél): - A fűrészlap éles, repedésmentes, megfelelően rögzített. - A fűrészlap magassága a jelölt h-ra beállítva, a fűrészlap forgásiránya a helyes irányba mutat. - A védőburkolat és a hosszvezető a helyén van, a munkaterület tiszta, a vészleállító elérhető. - Az elszívó csatlakoztatva, elindítva. - A munkadarabon nincs fém (szeg, csavar), laza göcs vagy repedés.

Műveleti sorrend:

1. **Anyagkiosztás.** A két lécet méretre vágd, a végeket derékszögben vágd le. – *Ellenőrzés: a lécvég a hossztengelyre pontosan merőleges, derékszöggel mérve legfeljebb 0,3 mm/100 mm eltérés (tájékoztató).*
2. **Bázisoldal meghatározása.** Jelöld meg mindkét elem belső oldalát és a bázisélt. – *Ellenőrzés: jól látható, de lecsiszolható ceruzajelölés.*
3. **Előrajzolás.** Rajzold fel a felezővonalat ($v/2 = 9\,\text{mm}$), a váll vonalát a lécvégtől 50 mm-re ($b - l_{\text{váll}} = 60 - 10$ mm), és a kivésett zónát. – *Ellenőrzés: a felezővonal mérési alapja mindkét elemnél azonos bázisél, a vállvonal derékszögű.*
4. **Fűrészelés.** A váll vonalán fűrészeld be $h = 9\,\text{mm}$ mélységig, a hulladék oldalán maradva. A bevágások közötti hulladékot a fűrésszel többször, párhuzamos vágásokkal lazítsd fel. – *Ellenőrzés: a mélység tolómérővel minden vágásnál 9 mm, a vállvonal nem mélyebb.*
5. **Kivésés.** Laposvésővel távolítsd el a fellazított hulladékot, a fészek alját vízszintesre és a bázislappal párhuzamosra dolgozd. – *Ellenőrzés: a fészek alja sík, a külső oldal sértetlen, a váll éles, tiszta.*
6. **Próbaillesztés.** Illeszd össze a két elemet. Ha szorul, vékony rétegben, finom csiszolóvászonnal vagy éles vésővel vegyél le a csapról, ne a fészekről. – *Ellenőrzés: a külső oldalak egy síkban, a belső illesztés hézagmentes, a sarok 90°.*
7. **Tisztítás, ragasztás előkészítése.** Levegővel vagy kefével távolítsd el a port, a felületeket ragasztás előtt tartsd szárazon. – *Ellenőrzés: a fogásfelületek tiszták, portalanok, a ragasztandó felületen nincs ujjlenyomat vagy zsírnyom.*

A ragasztást és a préselést a későbbi A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák alfejezetben tanulod, de a lapolásnál már most tudd: a ragasztót egyenletesen, vékonyan kell felhordani, a préselési nyomás pedig a ragasztó gyártói adatlapja szerinti (tájékoztató: 0,3–0,8 MPa, ellenőrizendő).

19.1.9. Minőségellenőrzés

Mit mérünk? A lapolt sarokkötésnél a következőket ellenőrizzük:

1. **Derékszög.** A két léc találkozása 90°-os, derékszöggel ellenőrizve legfeljebb 0,3 mm/100 mm eltérés (tájékoztató tűrés), a hézag a külső élnél nem nagyobb 0,3 mm-nél.
2. **Külső oldalak síkban.** A két külső oldal egy tökéletes síkba esik; ujjbeggyel simítva nem érezhető lépcső, acélvonalzóval ellenőrizve nincs fennakadás.
3. **Hézagmentesség.** A ragasztandó illesztési felületen nincs látható hézag, a váll éle nem töredezett. Szemrevételezéssel a fény nem szűrődik át a kötésen.
4. **Felületi simaság.** A kivésett felület sima, nincs rajta durva szálkásodás. A belső oldalon a fűrészvágás és vésés nyomai csiszolás után ne legyenek láthatóak.

Eltérésnél: Ha a derékszög eltér, a vállvonalat kell újraigazítani vagy az anyagból kell újat szabni. Ha a külső oldalak nem síkban vannak, a csapot kell vékonyítani. Ha hézag van, a fészek alja nem sík; ilyenkor a fészket kell javítani vagy a csapot vastagítani betét ragasztásával.

19.1.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: A külső oldalak nem egy síkban.
Tünet: a saroknál az egyik léc 1–2 mm-rel kiemelkedik.
Ok: a felezővonalat nem a bázisélhez képest jelölték ki mindkét elemen, vagy a fűrészvágás mélysége nem azonos.
Helyes gyakorlat: mindkét elemet ugyanarra a bázisélre fektetve jelölj ki, a fűrészvágásnál mindig ellenőrizd a mélységet tolómérővel.

Hiba 2: A sarok nem derékszögű.
Tünet: a keret sarka szűkebb vagy szélesebb 90°-nál, a szemközti oldal torzul.
Ok: a vállvonal a léc hossztengelyére nem merőleges, vagy a fűrészelésnél a vágás elhúzódott.
Helyes gyakorlat: a vállat vonalazókéssel és derékszöggel jelöld, fűrészeléskor a fűrészt vezető sablonban vagy fűrészvezetőben vezesd, és a vágás után azonnal ellenőrizd.

Hiba 3: A kötés laza, hézagos.
Tünet: a próbaillesztésnél a két elem között 0,5 mm-nél nagyobb hézag marad.
Ok: a fűrészvágás a jelölővonal túloldalára, a csap oldalára került, vagy a véső életlen volt és a rostokat törte.
Helyes gyakorlat: a fűrész mindig a hulladék oldalán haladjon, a véső legyen éles, és a vésésnél vékony rétegeket vegyél le. Ha a hézag kialakult, betét ragasztása vagy új darab szabása a megoldás.

Hiba 4: A váll sarka kiszakadt.
Tünet: a váll éle a fűrészelésnél letöredezett.
Ok: a fűrész fogazása túl durva, vagy a vállvonalat nem metszették be vonalazókéssel, ezért a fűrész kitépte a szélső rostokat.
Helyes gyakorlat: a vállvonalat finom fogazású fűrésszel, a jelölővonalnál kissé beljebb vágd be, majd a felesleget vésővel, rostirányban tisztítsd.

19.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy régi, tömör fenyő konyhaajtó betétkerete a saroknál meglazult. Az asztalos megvizsgálta a kötést: a régi, fél–fél lapolású sarok ragasztása elöregedett, a fa a páratartalomtól kissé megvetemedett. A keret nem volt csavarozva, ezért a sarok könnyen szétnyílt. A javításhoz az asztalos szétszedte a kötést, a régi ragasztómaradványt csiszolással távolította el, majd a két lapolt felületet újra egyengette. Mivel a fa kissé vékonyodott, egy vékony bükk betétlemezt ragasztott a fészekbe, hogy a külső oldalak ismét síkban legyenek. A vállazás újbóli kialakítása után a sarok derékszögét asztalosderékszöggel ellenőrizte, majd a ragasztást követően a keret ismét merev lett. A tanulság: a lapolt kötés javítható, ha a méreteket pontosan ellenőrizzük, és a bázisfelületet soha nem hagyjuk figyelmen kívül.

19.1.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A fél–fél lapolásnál a kivésett anyag vastagsága mindig a léc teljes vastagsága.

2. Számítsd ki: 24 mm vastag lécből készítesz vállazott lapolást, 12 mm vállszélességgel. Mekkora a kivésett mélység és a csaphossz, ha a másik elem szélessége 70 mm?

3. Miért fontos a vállazás a lapolt sarokkötésnél? Legalább két okot írj.

4. Mi a hiba abban a műveletsorban, ha a fűrészvágást a jelölővonal belső oldalán, a csap oldalán vezeted?

5. Rajzold le (szövegesen) egy T-lapolás nézetét és metszetét! Melyik elembe kerül a fészek, melyikbe a csap?

6. Mit ellenőrzöl a lapolt saroknál a derékszög mellett még legalább két jellemzővel?

(A válaszokat lásd a Megoldások elején.)

19.1.13. Feladatok

19.1.13.1. 1. feladat (A)

Határozd meg a **lapolás** és a **vállazás** fogalmát! Írd le egy-egy mondatban, miben különbözik a fél–fél lapolás és a vállazott lapolás.

19.1.13.2. 2. feladat (A)

Egy 20 mm vastag és 50 mm széles bükk lécből készítesz fél–fél lapolt sarokkötést. Mekkora a kivésett mélység? Ha a sarok merevítéséhez 8 mm vállat alkalmazol, mekkora lesz a csap hossza?

19.1.13.3. 3. feladat (B)

Adott egy 16 mm vastag, 55 mm széles nyír lécpár. A vállazott lapolásnál a váll szélessége 10 mm. Számítsd ki a kivésett mélységet, a csap hosszát, és ellenőrizd, hogy a kivésett mélység a fél vastagság szabálya szerint értelmezhető-e. Írd le, milyen szerszámokkal készítenéd el a fészket, és miért ezeket választod.

19.1.13.4. 4. feladat (B)

Készíts szöveges rajzleírást egy vállazott lapolt sarokkötésről! Add meg a nézetet, a metszetet, a méreteket (v = 18 mm, b = 60 mm, váll 10 mm), a metszősík helyét, a faanyag sraffozását és a kritikus méreteket. Nevezd meg, mit ábrázol a nézet, és mit a metszet.

19.1.13.5. 5. feladat (C)

Hibaelemzési eset: Az elkészült vállazott lapolt saroknál a külső oldalak egy síkban vannak, de a belső oldalon a váll és a fészek között 0,8 mm-es hézag látszik. Sorold fel a lehetséges okokat, a vizsgálat menetét, a valódi ok felismerését, a javítást és a megelőzést. Legalább három lehetséges okot és a javítási módot ismertess.

19.1.13.6. 6. feladat (D)

Tervezd meg és írd le a technológiai lépéseket egy T-lapolás elkészítéséhez! A vízszintes léc 22 mm vastag, 60 mm széles; a függőleges léc 18 mm vastag, 40 mm széles. A fészek mélysége a vízszintes léc vastagságának fele, a fészek szélessége a csatlakozó (függőleges) léc szélessége; a csap hossza a fészkes léc szélessége, vastagsága a fészek mélységével egyezik. Készíts műveleti sorrendet, jelöld az ellenőrzési pontokat és az indítás előtti ellenőrzőlistát, ha a fűrészelést asztali körfűrészen végzed.

19.1.14. Megoldások

19.1.14.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A fél–fél lapolásnál a kivésett anyag vastagsága a léc vastagságának **fele**, nem a teljes vastagság. A teljes vastagság eltávolítása tönkretenné a külső oldalt.

2. $v = 24\,\text{mm}$, $h = 24/2 = 12\,\text{mm}$. A csaphossz: $l_{\text{csap}} = 70 - 12 = 58\,\text{mm}$.

3. A vállazás egyrészt megtámasztja a másik elemet, így a kötés merevebb; másrészt a falcos keretnél a váll viszi tovább a falc vonalát, és megakadályozza az elcsavarodást.

4. A fűrészvágás a jelölővonal belső oldalán anyagot vesz el a csapból, ezért a csap keskenyebb lesz, és hézag keletkezik. A fűrésznek mindig a hulladék oldalán, a vonal mellett kívül kell haladnia.

5. T-lapolás nézete: a vízszintes elem teljes szélességében látszik, a függőleges elem a fészekbe ül. Metszeten a vízszintes elem sraffozott, a fészek (fél vastagság) üres; a függőleges elem csapja kitölti a fészket, a csap élei külön vonallal rajzolva. A fészek a vízszintes elembe, a csap a függőleges elem végébe kerül.

6. A derékszög mellett ellenőrizzük a külső oldalak síkbeli illeszkedését, a ragasztási hézagmentességet, a váll élességét és a fészek aljának síkpárhuzamosságát a bázislappal.

19.1.14.2. Feladatok megoldása

1. feladat (A)
A lapolás olyan kötés, amelynél az elemek vastagságának egy részét eltávolítjuk, és a felületeket egymásra fektetve ragasztjuk vagy rögzítjük. A fél–fél lapolásnál mindkét elemben a vastagság felét vesszük ki, a külső oldalak síkban maradnak. A vállazott lapolásnál a kivésett rész nem a teljes lécvégen, hanem a lécvégtől egy meghatározott távolságra kezdődik, így egy derékszögű váll marad, amely megtámasztja a másik elemet és merevíti a kötést.

2. feladat (A)
Fél–fél lapolás: $h = \frac{20\,\text{mm}}{2} = 10\,\text{mm}$.
Vállazott lapolásnál a csaphossz: $l_{\text{csap}} = 50\,\text{mm} - 8\,\text{mm} = 42\,\text{mm}$.
A kivésett mélység ugyanúgy 10 mm. ∎

3. feladat (B)
$v = 16\,\text{mm}$, $b = 55\,\text{mm}$, $l_{\text{váll}} = 10\,\text{mm}$.
Kivésett mélység: $h = 16/2 = 8\,\text{mm}$.
Csaphossz: $l_{\text{csap}} = 55 - 10 = 45\,\text{mm}$.
A kivésett mélység értelmezhető, mert a fél vastagság 8 mm, ez elegendő anyagot hagy a külső oldalon. A fészek kivéséséhez laposvésőt használok a sekély fészekhez és réselővésőt, ha a fészek mélyebb vagy keskenyebb. A váll kimunkálásához finom fogazású hátfűrész vagy asztalos fűrész szükséges, majd a felületet vésővel simítom. Az éles véső csökkenti a rostszakadást. ∎

4. feladat (B)
Rajzleírás: A nézet a kötés külső oldalát mutatja, a két léc külső élei folytonos vonallal találkoznak a sarokpontban, a belső illesztés a csap és a váll találkozásánál látszik. A metszet a lapolás közepén, a léc szélesebb oldalával párhuzamos metszősíkkal készül. A metszeten a faanyag 45°-os sraffozással jelenik meg, a kivésett rész üres. A méretek: teljes vastagság 18 mm, kivésett mélység 9 mm, vállszélesség 10 mm, csaphossz 50 mm, lécszélesség 60 mm. A nézet mutatja a külső síkot, a metszet a csap és a fészek egymásba illeszkedését, a váll ütközését és a fél vastagság pontos méretét. ∎

5. feladat (C)
Tünet: a váll és a fészek között 0,8 mm hézag, a külső oldalak síkban vannak.
Lehetséges okok: (1) a fűrészvágás a vállvonalnál a csap oldalára került, ezért a váll rövidebb; (2) a fészek alja nem volt sík, emiatt a csap nem ül teljes mélységben; (3) a véső túl mélyre vágott a fészek elején, így a fészek szája kiszélesedett.
Vizsgálat: derékszöggel és tolómérővel megmérjük a váll merőlegességét, a fészek mélységét és a csap hosszát. A valódi ok felismerése: ha a csap hossza 0,8 mm-rel rövidebb a rajzoltnál, akkor a váll vágása hibás; ha a fészek mélysége nem egyenletes, akkor a vésés hibás.
Javítás: ha a csap rövid, vékony betétlemezt ragasztunk a váll élére, vagy új darabot szabunk; ha a fészek mély vagy ferde, a fészek alját feltölthetjük betéttel, majd síkra csiszoljuk.
Megelőzés: a vállvonalat vonalazókéssel jelöljük, fűrészelés előtt a fűrészt próbadarabon beállítjuk, a vésést vékony rétegekben végezzük, és minden munkafázis után ellenőrzünk. ∎

6. feladat (D)
Technológiai lépések T-laposláshoz:
Anyagok: vízszintes léc 22 × 60 mm, függőleges léc 18 × 40 mm; PVAc ragasztó.
Szerszámok: derékszög, mérővonalzó, rajzolótű, hátfűrész, vésők, pillanatbilincs, csiszolópapír.
Gépbiztonság és indítás előtti ellenőrzés (asztali körfűrész): a fűrészlap éles, repedésmentes, védőburkolat fenn, hasítóék beállítva, elszívás csatlakoztatva, a munkadarabon nincs fém, a vészleállító elérhető. A fűrészlap magassága a fészek mélységére, azaz a vízszintes léc vastagságának felére (11 mm) állítva; nem átmenő vágás, harántvezetővel vagy tolóasztallal, ütközőléccel a fűrészlap előtt; süllyesztővágást nem végzünk.
Műveleti sorrend: (1) A vízszintes lécen jelöld ki a fészek helyét, szélességét a függőleges léc szélességével (40 mm). – ellenőrzés: a fészek a léc közepén, derékszögben. (2) Fűrészeld be a fészek határait a hulladék oldaláig, 11 mm mélységig. – ellenőrzés: mélység tolómérővel 11 mm. (3) A felesleges anyagot vésővel távolítsd el, a fészek alját síkra dolgozd. – ellenőrzés: a fészek alja párhuzamos a bázislappal. (4) A függőleges léc végén 60 mm hosszon 7 mm-t veszünk ki, így a csap vastagsága 11 mm = a fészek mélysége. – ellenőrzés: a csap tolómérővel 11 mm, az első felület sík; a hátoldalon a két léc vastagságkülönbsége (4 mm) megmarad. A csap hossza a vízszintes léc szélessége (60 mm). (5) Próbaillesztés: a csap a fészekbe pontosan, hézag nélkül ül. – ellenőrzés: derékszög, külső síkok. (6) Ragasztás és préselés, majd tisztítás. – ellenőrzés: ragasztási hézagmentesség, a préselési idő a gyártói adatlap szerint. ∎

19.1.15. Rövid összefoglaló

A **lapolt sarokkötés** két elem végének egymásba eresztésével készül. A **fél–fél lapolásnál** mindkét elem vastagságának felét távolítjuk el, így a külső oldalak egy síkban maradnak. A **vállazott lapolásnál** a kivésett rész a lécvégtől meghatározott távolságra kezdődik, és derékszögű vállat hagy, amely a falcos keretnél a másik elemen ugyanakkora vállal zár, megtámasztja a másik elemet, és növeli a merevséget. Az összerajzolás során mindig **bázislapról** és **bázisélről** jelöljük ki a méreteket; a fél vastagság $h = v/2$, a vállazott csaphossz $l_{\text{csap}} = b - l_{\text{váll}}$. Készítése: pontos előrajzolás, fűrészelés a hulladék oldalán, kivésés éles vésővel rostirányban, próbaillesztés és szükség szerinti vékony korrekció. A **T-lapolásnál** a fészek a vízszintes elembe, a csap a függőleges elem végére kerül; a **keresztlapolásnál** mindkét elem fél–fél vastagságú, az egyik felülről, a másik alulról vágva. A lapolás pontos illeszkedése alapozza meg a keretszerkezeteket és az Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás készítését.

19.1.16. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: a rajzi ábrázolásra vonatkozó MSZ EN ISO 128, 129, 5455, 7200 szabványcsalád (a pontos számok és kiadások ellenőrizendők); a magyarországi faipari szakrajzi és technológiai tankönyvek; a vésők, fűrészek és faipari gépek gyártói adatlapjai; a faipari gépek biztonsági szabványai (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő), ha gépi fűrész használ a tanuló. A vállszélességre, a préselési nyomásra és a ragasztási paraméterekre megadott értékek tájékoztató jellegűek, a gyártói adatlap és a hatályos szabvány az irányadó. Ellenőrizendő: a 10 mm-es vállszélesség általánosságban nem kötelező, a munkadarab mérete és a ragasztó típusa alapján kell megválasztani.

19.2. Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás

19.2.1. Motiváció

Egyszerű tömörfa képkerethez vagy szekrényajtó-kerethez a saroknál olyan kötés kell, amely jól vezeti a derékszöget, elég nagy a ragasztófelülete, és a keret nem csavarodik el az első emelésnél. A lapolás gyors, de a ragasztott felülete kicsi, ezért a sarok idővel el tud válni. Az **ollós csapozás** – a **nyitott csapozás** egyik alapformája – úgy növeli a ragasztófelületet, hogy a csapot a másik lécbe beillesztjük, miközben a kötés oldalról látható, ezért az illesztést szépen, pontosan kell kidolgozni. Ezt az alapot később a Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek alfejezetben használjuk fel: ott a csap már nem látható, hanem zárt fészekben ül.

19.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy 60 mm széles, 20 mm vastag keretlécet. A vízszintes léc végén a vastagság közepén egy téglalap alakú **csapot** hagyunk meg (vastagsága a léc vastagságának egyharmada); a függőleges léc végére a teljes szélességen át nyitott **nútot** vágunk, így a léc vége villa lesz két ollóággal, és a csap pontosan beleillik. Ha a kötést 90°-os sarokként nézzük, a csap homlokfelülete a nút aljához, a csap oldallapjai a nút oldalaihoz illeszkednek. Az aljazott változatnál a csap szélességét a keretnyílás felőli belső élnél csökkentjük; ezt nevezzük **aljazásnak**. Ez a kialakítás a falcos vagy hornyos keretnél a villa belső végét a nyíláshoz igazítja.

19.2.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Ollós csap (nyitott csap). Az ollós csap sarokkötés, amelynél az egyik léc (a csapos léc) végén csap van, a másik léc (a villás léc) végén pedig a teljes szélességen át nyitott nút, azaz **villa** (két **ollóág**) áll. A csap a nútba illeszkedik, a kötés oldalról látszik, ezért „nyitott” csapnak is nevezik. A csapos léc vállal támaszkodik a villás léc oldalára.

Definíció. 90°-os illesztés. A 90°-os illesztés itt azt jelenti, hogy a csap homlokfelülete és a nút alja, valamint a csap oldallapjai és a nút oldalai egymásra merőlegesen, derékszögben zárnak, a keret külső sarokpontjánál pedig a két léc külső éle 90°-ot ad.

Definíció. Csap, ollóágak és harmadolás. Azonos vastagságú (v) léceknél a csap vastagsága $v/3$, a villa két ága egyenként $v/3$, és a nút szélessége is $v/3$ – ezért beszélünk **harmadolásról**. A csap szélessége (magassága) a csapos léc szélessége (b), a csap hossza a villás léc teljes szélessége, hogy a két léc a külső sarokban síkban záródjon. Egy lécvastagságnál nagyobb nút nem készíthető: ha a nút a teljes vastagságot átvágná, nem maradna ollóág, és a kötés szétesne. A gyakorlatban a $v/3$ értéket a rendelkezésre álló vésőmérethez kerekítjük (pl. 20 mm-es lécnél 6 vagy 8 mm).

Definíció. Aljazás, 1/3 és 2/3 aljazás. Az **aljazás** a csap szélességének (magasságának) csökkentése a keretnyílás felőli, belső élnél, hogy a villa belső vége a nyílás falcához vagy hornyához igazodjon, és a nút ne gyengítse az ollóágat. Az aljazás mértékét a csap szélességéhez (b) viszonyítjuk: **1/3-os aljazásnál** a csap szélességének egyharmadát, **2/3-os aljazásnál** kétharmadát vesszük el a belső élnél. A csap vastagsága aljazásnál is $v/3$ marad. Teljes csapnál nincs aljazás. **(Ellenőrizendő: faipari szerkezettani szakkönyv – az 1/3 és 2/3 aránya a csapszélességre vonatkozik; a pontos kialakítást a termék rajza adja.)**

A csap teljes szélessége a csapos léc szélessége (b); az aljazott csap szélessége 1/3-os aljazásnál $\frac{2}{3}b$, 2/3-os aljazásnál $\frac{1}{3}b$. Ezt a méretet mindig a rajzról olvasd le, ne „szemre” vágd.

Szabály. Rajz–anyag–művelet hármas. Az ollós csapnál is először a rajzon adjuk meg a keresztmetszetet, abból készítünk anyagjegyzéket és méretlistát, majd ez alapján fűrészelünk és vésünk. Ha a rajz nincs összhangban a vágással, a sarok illesztése nem lesz pontos.

Megjegyzés. A fa mozog. A tömörfa sarokkötésnél a két léc rostiránya eltérő: a vízszintes léc csapjának rostiránya a hossztengely, a függőleges léc nútját a keresztirányban dolgozzuk. Ezért a csap vastagságát úgy választjuk meg, hogy a nút falai ne hasadjanak, és az évszakok közötti nedvességváltozásra is maradjon kis illesztési játék – a ragasztó ezt a játékot tölti ki, de a kötés ne legyen feszes, mert a dagadás el tudja repeszteni a nút oldalát.

19.2.4. Összerajzolás: méretek és arányok

Az ollós csapos sarokkötés összerajzolásához a következő méreteket kell meghatározni:

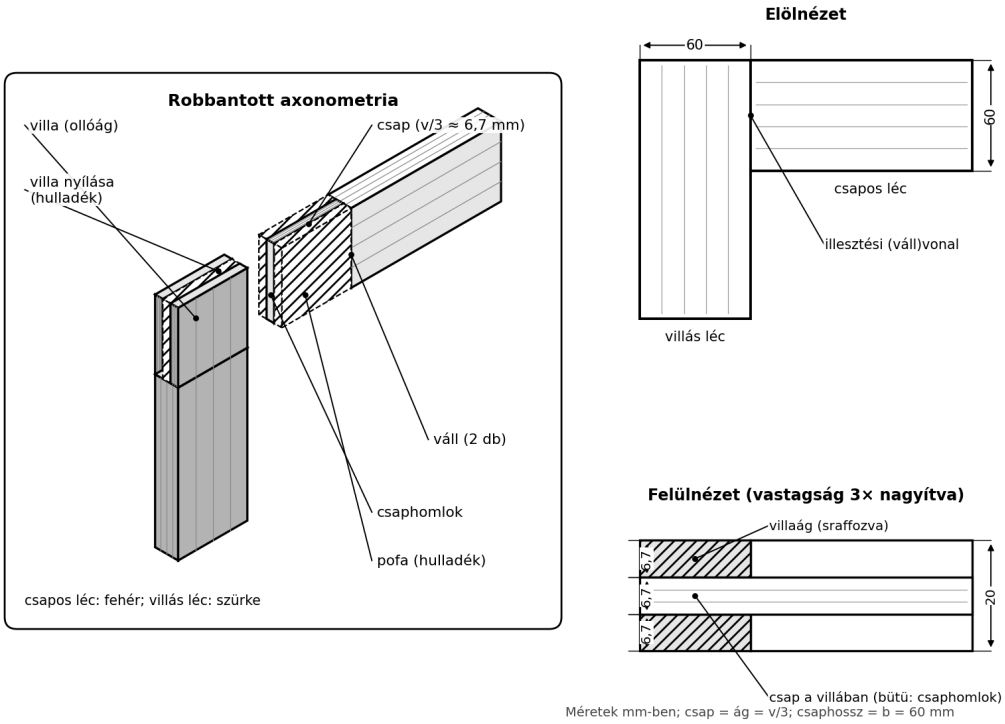
1. **Léc keresztmetszete:** szélesség b (mm), vastagság v (mm).
2. **Csap vastagsága:** $v/3$ (kerekítve a vésőmérethez); a villa két ága egyenként $v/3$.
3. **Csap szélessége:** teljes csapnál b; aljazottnál $\frac{2}{3}b$ (1/3-os) vagy $\frac{1}{3}b$ (2/3-os aljazás).
4. **Csaphossz:** a villás léc teljes szélessége, a nút mélysége a csapos léc szélessége (b) (tájékoztató: termékrajz szerint, **ellenőrizendő**).
5. **Vállak:** a csap két oldalán egy-egy váll van, amely a villás léc oldalára támaszkodik és beállítja a sarok helyzetét. **(Tájékoztató érték, a rajz dönt.)**

Példa. Legyen a keretléc vastagsága $v = 20\,\text{mm}$, szélessége $b = 60\,\text{mm}$, mindkét léc ilyen. Ekkor:

- a csap vastagsága $20/3 \approx 6{,}7\,\text{mm}$ (a gyakorlatban 6 mm, az ágak 7–7 mm),
- a villa két ága egyenként $\approx 6{,}7\,\text{mm}$, a nút szélessége $\approx 6{,}7\,\text{mm}$ (ellenőrzés: $6{,}7 + 2 \cdot 6{,}7 = 20\,\text{mm}$),
- a csap szélessége $b = 60\,\text{mm}$ (1/3-os aljazásnál $40\,\text{mm}$),
- a csap hossza és a nút mélysége a másik léc szélességéhez igazodik: itt $60\,\text{mm}$, így a külső sarok síkban zár.

A pontos csap- és nútprofilhoz keresztmetszeti rajzot készítünk.

Az ábra a kész kötést mutatja 60×20 mm-es lécekkel, a harmadolási szabály szerint: a csapos léc középső harmada (v/3 ≈ 6,7 mm) a csap, a villás léc két külső harmada a két ollóág; a csap hossza a villás léc teljes szélessége (60 mm), így a sarok kívül síkban zár. A HTML-változatban a lépések és a lécvastagság állíthatók, a harmadolt méreteket az oldal kiszámolja.



19.2. ábra. Ollós csapos sarokkötés: robbantott axonometria, elölnézet és felülnézet (E vetítés); csap = villaág = v/3

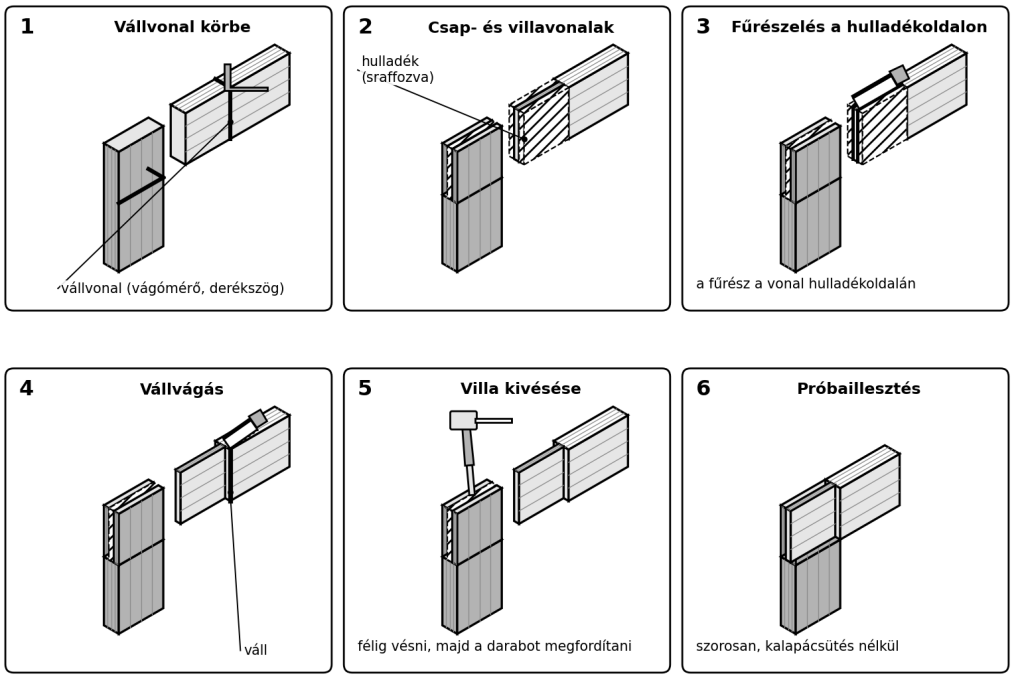
19.2.5. Kézi elkészítés lépésről lépésre

A kézi elkészítéshez a léc már méretre gyalult, derékszögű darab. Szerszámok: derékszög, tolómérő, vágómérő (pontozó), ceruza, hátfűrész vagy finom fogazatú keretfűrész, véső, kalapács, próbadarab, ragasztó, szorító.

Eljárás – ollós csap 90°-os illesztéssel, kézi megmunkálással:

1. **Rajzolj** a csapra: mérd le a válltól a csap hosszát, és húzd körbe vágómérővel a léc mind a négy oldalán (a csapos lécen a csap hosszát a villás léc szélessége adja). A vágómérő karcolja meg a felületet, hogy a fűrész ne „szaladjon”. – ellenőrzés: a karcolt vonal mindkét oldalon azonos távolságra van a végtől.
2. **Jelöld a csapvastagságot** a léc homlokfelületén: a csap vastagsága $v/3$, középen; aljazott csapnál a belső élen az aljazás szélességét is. – ellenőrzés: a méretek a rajz szerint, tolómérővel.
3. **Fűrészeld ki a csap oldalait:** a lécet függőlegesen vagy enyhe dőléssel rögzítsd a gyalupadba. A fűrészt a vonal **hulladékoldalán** vezesd, tehát a csap vastagságát meghagyó oldalon; a vonalat éppen látni kell. A lécvégtől (csaphomloktól) indulva fűrészelj a vállvonalig. – ellenőrzés: a vágás merőleges a léc lapjára, derékszöggel.
4. **Fűrészeld le a vállat:** a karcolt vállvonalban vágd be a lécet egészen a csap tövéig. Ha a fűrész nyomvonala a csap oldalától befelé esik, a csap alá ne vágj. – ellenőrzés: a váll síkja derékszögben találkozik a csap oldallapjával.
5. **Aljazd a csapot:** 1/3-os vagy 2/3-os aljazásnál a csap belső élénél az aljazás szélességét fűrészeld/vésd le a rajzolt méretre. Vésőt a vonal mellé állíts, és először a keresztirányú szálakat vágd át, majd hosszirányban, kis fogásokkal dolgozd ki az aljazott élt. – ellenőrzés: az aljazott felület sík, a vastagság tolómérővel mért.

6. **Készítsd el a nútot a másik lécre:** a nút ($v/3$ széles, a csapos léc szélességének megfelelő mély) helyét rajzold fel a lécvégen és a két élen. Fűrészelj a nút vonalai mellé a hulladék oldalán, majd vésd ki a felesleget, kis vésőfogásokkal, kis vésőfogásokkal. – ellenőrzés: a nút alja sík, a csap próbadarabbal nem billen.
7. **Illesztés próbája:** a csapot dugd a nútba, és ellenőrizd a derékszögű illesztést. A csap ne legyen feszes, de ne is lötyögjön; kis kézi szorítással a vállak a másik léc felületére üljenek. – ellenőrzés: derékszög a külső élre, hézagok a vállnál nincsenek.
8. **Ragasztás:** a ragasztót a csapra és a nút belső falára is vidd fel vékonyan, a gyártói adatlap szerinti felhordással. A préselést derékszögű szorítóval végezd, és ellenőrizd a sarok derékszögét, mielőtt a szorító megfeszül. – ellenőrzés: ragasztófelesleg látható, de nem folyik; a sarok 90°.



19.3. ábra. Az ollós csap kézi elkészítése hat lépésben: vállvonal, csap- és villavonalak, fűrészelés a hulladékoldalon, vállvágás, a villa kivésése, próbaillesztés

19.2.6. Gépi ollós csapozás röviden

A csapos sarokkötést üzemi vagy tanműhelyi körülmények között leggyakrabban **csapozó marógéppel**, **asztalos körfűrésszel** és **alsómaróval** készítjük. A gépi eljárásnál a csapot és a nútot is sablon vagy ütköző vezeti, ezért a méretek ismételhetőek.

- **Csapozó marógép:** a vízszintes befogott lécsort marószerszám munkálja meg; a csap vastagságát és hosszát ütközőkkel állítjuk be. A gép alkalmas egyenes ollós csapok és aljazott csapok készítésére.
- **Körfűrész csapvágó készülékkel:** a csap pofáit körfűrészen csak csapvágó készülékkel vagy szánon befogva vágjuk; a lécet sosem szabad kézzel állítva tolni. A vállak bevágása harántvezetővel, a fűrészlap előtt elhelyezett ütközővel történik (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085-9). Itt is hasítóék és védőburkolat kell, az ütköző és a párhuzamvezető egyidejű használata tilos.
- **Alsómaró:** a nút kialakítása marófejjel, vezetővonalzóval vagy sablonnal történik. A villa nútját marófejjel vagy két egymás utáni fogással készítjük.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A csapozó marógépen a szerszámot mindig védőburkolat takarja, a munkadarabot befogóval vagy tolóeszközzel vezesd, és a porelszívást kapcsold be. Asztalos körfűrészen a hasítóék, a felső védőburkolat és a tolófa mindig a helyén legyen; a csap pofáit csak csapvágó készülékkel vagy szánon befogva vágd, az ütközőt haránt vágásnál ne használd párhuzamvezetővel együtt, mert a darab visszavágódhat.

A gép felépítését és ábráját lásd a(z) Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen alfejezetben.

19.2.7. Számítások az ollós csap méreteire

1. kidolgozott példa – a csap és az ollóágak vastagsága.

Adott: lécvastagság $v = 18\,\text{mm}$, lécszélesség $b = 50\,\text{mm}$ mindkét léc. Keresett: a csap vastagsága és az ollóágak vastagsága.

$$t = \frac{v}{3} = \frac{18}{3}\,\text{mm} = 6\,\text{mm}, \qquad 6 + 2 \cdot 6 = 18\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: a csap és a két ág együtt kiadja a lécvastagságot, tehát a kötés kivitelezhető.

Az aljazott csap szélessége a $b = 50\,\text{mm}$-ből: 1/3-os aljazásnál $\frac{2}{3} \cdot 50 \approx 33{,}3\,\text{mm}$, 2/3-os aljazásnál $\frac{1}{3} \cdot 50 \approx 16{,}7\,\text{mm}$ (ellenőrizendő: szerkezettani szakkönyv, termékrajz).

2. kidolgozott példa – csaphossz és nút mélysége.

Adott: a villás (függőleges) léc szélessége $b_{\text{v}} = 70\,\text{mm}$, a csapos léc szélessége $b = 70\,\text{mm}$. Keresett: a csaphossz és a nút mélysége.

$$l_{\text{csap}} = b_{\text{v}} = 70\,\text{mm}, \qquad h_{\text{nút}} = b = 70\,\text{mm}.$$

A csap a villa teljes szélességén átmegy, a nút mélysége a csapos léc szélessége, így a két léc a külső sarokban síkban zár. A csap két oldalán egy-egy váll marad. A csap hosszát a rajzon mindig pontosan tartsd; ha rövidebb, a külső sarokban üres villarész marad.

A csap és a villa keresztmetszetét (felülnézetben a három harmaddal) az Összerajzolás szakasz ábrája mutatja.

19.2.8. Technológiai lap

Technológiai lap. Ollós csapos sarokkötés 1/3-os aljazással, kézi megmunkálással.

Cél: 90°-os, ollós csapos sarokkötés készítése két tömörfa keretléc között ($v/3$ csappal, 1/3-os aljazással).

Anyag: kemény lombos fa, pl. bükk vagy tölgy, méretre gyalult léc $60 \times 20\,\text{mm}$ **(méret mm-ben)**; ragasztó a faanyaghoz megfelelő D3 vagy D2 osztályú faragasztó **(ellenőrizendő: gyártói adatlap)**; tisztítókendő.

Szerszámok, gépek: gyalupad, derékszög, tolómérő, vágómérő, ceruza, hátfűrész vagy finom fogazatú keretfűrész, 12–20 mm-es véső, kalapács, próbadarab, szorító.

Gépbiztonság. Kézi szerszámos művelet; vésésnél a véső élét mindig a testtől elfelé vezesd, a munkadarabot rögzítsd, és a véső ne legyen életlen, mert megcsúszik. Ha gépi előkészítés is van, a gépi részre vonatkozó gépbiztonsági szabályok érvényesek.

Indítás előtti ellenőrzés (gépi megmunkálás esetén): a szerszám rögzített, a védőburkolat a helyén van, az elszívás működik, a munkadarabon nincs fémdarab vagy repedés, a vészleállító elérhető.

Lépések:

1. Ellenőrizd a két léc derékszögét és méretét. – ellenőrzés: a lécek hossza, szélessége, vastagsága a rajz szerint; derékszöggel a lapok merőlegesek.
2. Rajzold fel a csapot a vízszintes lécre: vállvonal, csaphossz (60 mm), csapvastagság ($20/3 \approx 6{,}7$ mm, kerekítve 6 mm), aljazott él. – ellenőrzés: méretek tolómérővel, a vágómérő karcolása folytonos.
3. Fűrészeld ki a csap oldalait a hulladékoldalon. – ellenőrzés: a vágás függőleges, a csap oldallapja sima.
4. Vágd be a vállakat a vállvonalban. – ellenőrzés: a váll síkja merőleges a csapra.
5. Dolgozd ki az aljazást a csap belső élénél. – ellenőrzés: a csap szélessége 40 mm (1/3-os aljazás) vagy 20 mm (2/3-os); tolómérővel mért.
6. Rajzold fel a nútot a függőleges lécre, és fűrészeld/vésd ki. – ellenőrzés: a nút alja sík, a próbadarab beilleszthető.
7. Illeszd szárazon a csapot a nútba, ellenőrizd a derékszöget. – ellenőrzés: a külső él derékszögéből való eltérés legfeljebb 0,3 mm/100 mm **(tájékoztató)**.
8. Ragaszd a csapot és a nútot, szorítsd össze derékszögű szorítóval. – ellenőrzés: a préselési idő a ragasztó adatlapja szerint; a sarok 90°-ban marad.
9. A préselési idő után távolítsd el a ragasztófelesleget, és csiszold át a kötést. – ellenőrzés: a felület sima, hézagmentes.

Dokumentálás: a munkanaplóba jegyezd fel a műveletsort, a csap- és nút méreteket, valamint a ragasztó típusát és préselési idejét.

19.2.9. Minőségellenőrzés

Szempontok és eszközök:

- **Derékszög:** a sarok külső élén derékszöggel mérj; a tűrés tájékoztató érték: a 90°-tól való eltérés 0,3 mm/100 mm alatt maradjon. Ha nagyobb az eltérés, a kötést szárazon még lehet igazítani, ragasztás után csak vékony alátét ékeléssel.
- **Hézagok:** a csap homlokfelülete a nút aljához, a vállak a másik léc felületéhez illeszkedjenek hézagmentesen. A ragasztóvonal legyen folytonos; a kinyomódott ragasztót még nedvesen töröld le.
- **Síkfelület:** a két léc külső oldala a kötésnél egy síkban maradjon; ha a csap ferde, a léc „elbillen”. A nút és a csap illesztését a külső oldalon tolómérővel ellenőrizzük.
- **Csapvastagság és aljazás:** a csap vastagsága egyezzen a nút szélességével ($v/3$), az aljazott csap szélessége a rajz szerinti érték legyen; tolómérővel mérj.

Ha a próbaillesztés nem felel meg, a hibát ragasztás előtt javítsd: a feszes csapot finoman vékonyítsd, a laza csapot cseréld, vagy furnérbetéttel ellenőrzötten pótold.

19.2.10. Tipikus hibák és okaik

1. **A csap ferde, a váll nem zár.** Oka: a fűrészvágás nem merőleges a léc élére, vagy a vállvonal nem derékszögű. Helyes gyakorlat: vágómérővel pontosan karcolj, a fűrészt a vonal mellett vezess, és derékszöggel ellenőrizz.
2. **A csap feszes, a nút reped.** Oka: a csap vastagsága a nút szélességéhez képest túl nagy, vagy a fa nedvességtartalma eltér. Helyes gyakorlat: a csapot a nút méretére, kis illesztési játékkal készítsd; a fa nedvességtartalma legyen a beépítési egyensúlyi érték közelében **(tájékoztató célérték: tömörfa belső térben 9–11%)**.
3. **A sarok nem derékszögű préselés után.** Oka: a szorítás nem derékszögű, vagy a váll nem támaszkodik. Helyes gyakorlat: derékszögű szorítót használj, és a préselés alatt is ellenőrizd a sarok átlóját.
4. **Az aljazott csap szélessége nem egyenletes.** Oka: a véső élét nem a rajzolt vonalra állították, vagy a vágás mélysége változó. Helyes gyakorlat: először a keresztirányú szálakat vágd át, majd apró, lapos fogásokkal dolgozd ki az aljazott élt; tolómérővel többször mérd.
5. **Ragasztófelesleg a sarokban, a belső élnél látszik.** Oka: túl sok ragasztó vagy a kinyomódott ragasztót nem törölték le. Helyes gyakorlat: a gyártói felhordási mennyiség szerint dolgozz, a kinyomódott ragasztót még kötés előtt nedves kendővel távolítsd el, vagy a belső sarokból kis kaparóval.

19.2.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanműhelyi csoport tömör tölgy képkeretet készített ollós csappal. A rajz szerint 1/3-os aljazás szerepelt, de az egyik tanuló a csapot a rajzolt $v/3$ helyett vastagabbra hagyta, mert „úgy egyszerűbb”. A keret összerakásakor a nút a rostvégeknél megrepedt, a sarok pedig préselés után sem húzódott össze. A javítás során a repedt lécet cserélték, a csapot pedig a rajz szerint (v/3 vastagságra, aljazott szélességgel) újra kidolgozták. Tanulság: az aljazás nem dísz, hanem a keret belső élének pontos illesztését biztosítja, a v/3 csapvastagság pedig a nút falainak tehermentesítését. A második próbadarabon a tanuló a csapot először szárazon illesztette, és csak a derékszög ellenőrzése után ragasztotta; a keret sarokhézagai ezután megszűntek.

19.2.12. Hiba elemzése

Tünet: a kész keretnél a külső oldalon a sarok illesztése szoros, de a belső oldalon az aljazott él felől fényrést lehet látni.

Lehetséges okok: a csap vastagsága kisebb, mint a nút szélessége; az aljazott él nem merőleges; a fűrészvágás túl mélyre hatolt a csap alá; a váll nem támaszkodik teljesen.

Vizsgálat: a csapot vedd ki a nútból, és mérd meg tolómérővel a csap aljazott vastagságát a felső és az alsó részén. Ellenőrizd a nút oldalfalát derékszöggel és megvilágítással.

Valódi ok: a nút egyik oldalát vésővel túl szélesre dolgozták; a csap az egyik ágnál szorul, a másiknál viszont nem érintkezik.

Javítás: ha a csap nem javítható, a nút oldalába vékony furnérbetétet ragaszthatunk, majd újraillesztjük a csapot. Ha a csap a vastagabb oldalon feszes, finoman vékonyítsd a csapot, amíg a váll is zár.

Megelőzés: a nút szélességét a csap tényleges vastagságára készítsd, és a próbaillesztést mindig a ragasztás előtt végezd el.

19.2.13. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, indoklással.

1. Igaz vagy hamis? Az ollós csapozásnál a csap a másik darabon teljes szélességben nyitott nútba illeszkedik, ezért a csap oldalról látható.
2. Mekkora a csap vastagsága és az ollóágak vastagsága, ha a léc vastagsága 24 mm?
3. Miért nem szabad a csapot feszesre készíteni a nútban?
4. Milyen védőeszközt vagy eszközt használj kézi vésésnél a munkadarab rögzítésére?
5. Mi a különbség a váll és a csaphomlok között?
6. Hogyan ellenőrzöd a sarok derékszögét préselés közben?

Válaszok az Önellenőrzéshez: lásd a Megoldások elején.

19.2.14. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg az ollós csapos sarokkötés részeit: váll, csaphomlok, csap oldallap, nút, ollóág, aljazott él.

2. feladat (A) Számítsd ki a csap vastagságát és az ollóágak vastagságát, ha $v = 21\,\text{mm}$.

3. feladat (B) Egy keretléc vastagsága 16 mm, szélessége 48 mm. Készíts méretlistát a rajz alapján: a csap hossza a villás léc szélessége (itt 48 mm), 1/3-os aljazás. Add meg a csap vastagságát, az ollóágak vastagságát, az aljazott csap szélességét (a $b = 48\,\text{mm}$-ből), a csaphosszt és a nút mélységét.

4. feladat (B) Egy tanuló a csapot 1/2 mm-rel vastagabbra fűrészelte a nút szélességénél. Mi a teendő a ragasztás előtt, és milyen kockázatot kerülünk el?

5. feladat (C) Tervezz ollós csapos sarokkötést 90°-os illesztéssel és 2/3-os aljazással egy 50 mm széles, 20 mm vastag keretléchez. Írd le a csap- és nútprofil összerajzolását, és indokold, mit jelent a 2/3-os aljazás a teljes csaphoz képest.

6. feladat (D) Készíts technológiai lépéssort a gépi ollós csapozáshoz csapozó marógéppel. Tüntesd fel az indítás előtti ellenőrzéseket, a beállítási méreteket és az ellenőrzési pontokat.

19.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok.

1. Igaz: az ollós csap a másik darabon nyitott nútba illeszkedik, ezért oldalról látható; innen a „nyitott csap” elnevezés.
2. $$t = \frac{v}{3} = \frac{24}{3}\,\text{mm} = 8\,\text{mm},$$
   az ollóágak egyenként 8 mm ($8 + 2 \cdot 8 = 24$ mm).
3. Mert a fa nedvességváltozásra méretet változtat; ha a csap feszes, a nút fala megrepedhet vagy a sarok préselésnél elvetemedik.
4. A munkadarabot gyalupadba vagy szorítóba rögzítsd; vésőt mindig a testtől elfelé vezess.
5. A váll a csap mögötti, a léc homlokfelületén maradó rész, amely a másik léc külső felületére támaszkodik; a csaphomlok a csap elülső, derékszögű végfelülete.
6. Préselés közben a keret külső élén derékszöggel, vagy a sarok átlóját mérőszalaggal ellenőrizzük; ha a két átló eltér, a keret nem derékszögű.

1. feladat megoldása. A váll a csap mögötti vállfelület; a csaphomlok a csap elülső vége; a csap oldallapjai a csap hosszirányú, fűrészelt oldallapjai; a nút a másik darabon kialakított, a csapot befogadó nyitott horony; az ollóág a villás léc két oldalsó szára; az aljazott él a csap belső élénél levágott rész.

2. feladat megoldása.

$$t = \frac{v}{3} = \frac{21}{3}\,\text{mm} = 7\,\text{mm},$$

az ollóágak egyenként 7 mm.

3. feladat megoldása. A léc vastagsága $v = 16\,\text{mm}$, szélessége $b = 48\,\text{mm}$. A csap vastagsága $16/3 \approx 5{,}3\,\text{mm}$ (gyakorlatban 5 vagy 6 mm, az ágak a maradékot kapják), az ollóágak egyenként $\approx 5{,}3\,\text{mm}$ ($5{,}3 + 2 \cdot 5{,}3 \approx 16\,\text{mm}$). 1/3-os aljazásnál a csap szélessége $\frac{2}{3} \cdot 48 = 32\,\text{mm}$. A csaphossz a villás léc szélessége, 48 mm, a nút mélysége a csapos léc szélessége, 48 mm; a nút szélessége $\approx 5{,}3\,\text{mm}$.

4. feladat megoldása. A csapot finom vésővel vagy finom fűrésszel vékonyítsuk a nút szélességére, kis illesztési játékkal. Ha a csap feszes, a nút fala elrepedhet, és a préselés nem zárja a vállakat.

5. feladat megoldása. A keretléc $b = 50\,\text{mm}$, $v = 20\,\text{mm}$. A csap és az ollóágak vastagsága $20/3 \approx 6{,}7\,\text{mm}$ (kerekítve 6 mm; az ágak 7–7 mm). 2/3-os aljazásnál a csap szélessége $\frac{1}{3} \cdot 50 \approx 16{,}7\,\text{mm}$ a belső élnél, a csap hossza a villás léc szélessége (itt 50 mm). Az aljazott kialakítás a villa belső végét a keretnyílás falcához igazítja; a teljes csaphoz képest kisebb a csap ragasztott felülete, ezt a keret falca ellensúlyozza (ellenőrizendő: szerkezettani szakkönyv).

6. feladat megoldása. Gépi ollós csapozás csapozó marógéppel: 1. Ellenőrizd a gépet: védőburkolat, elszívás, vészleálló, marószerszám rögzítése. – ellenőrzés: gépkönyv szerint. 2. Állítsd be a csapvastagságot és hosszt az ütközőkkel, a rajz méretei szerint. – ellenőrzés: tolómérővel a próbadarabon. 3. Rögzítsd a munkadarabot befogóval, és végezd el a csapozást. – ellenőrzés: a csap oldallapja sima, a váll zár. 4. A nútot alsómaróval, vezetővel készítsd el, a csap tényleges vastagságának megfelelően. – ellenőrzés: a csap próbadarabbal illeszkedik, a sarok derékszögű. 5. Ragaszd és préseld a sarokkötést. – ellenőrzés: a préselési idő a ragasztó adatlapja szerint; a sarok 90°.

19.2.16. Rövid összefoglaló

Az ollós csapozás olyan sarokkötés, amelyben a keretléc végén kialakított csap a másik léc teljes szélességében nyitott nútba illeszkedik. A csap két oldalán egy-egy váll van, amely a villás léc oldalára támaszkodik. A 90°-os illesztés a csaphomlok és a nút alja, valamint a csapoldalak és a nút oldalai közötti derékszögű zárást jelenti. A csap vastagsága és az ollóágak vastagsága egyenként $v/3$. Aljazott csapnál a csap szélességét a belső élnél csökkentjük: 1/3-os aljazásnál $\frac{2}{3}b$, 2/3-os aljazásnál $\frac{1}{3}b$ marad (ellenőrizendő). A csap hossza a villás léc szélessége, így a sarok kívül síkban zár; a rajz dönt. Kézi módszernél a csapot vágómérővel felrajzoljuk, a fűrészvágásokat a hulladékoldalon vezetjük, a nútot vésővel, pontos méretre dolgozzuk. A ragasztás előtt száraz próbát végzünk, és a sarok derékszögét ellenőrizzük. A feszes csap elkerülése fontos, mert a fa nedvességváltozása elrepeszthet a nútot. A gépi elkészítés csapozó marógéppel vagy körfűrésszel történik, a védőberendezések használata kötelező. **Továbbvitt eredmény.** Az ollós csapozás pontos szerkezeti alapja a keretszerkezeteknek; a váll, a csap és a nút illesztési elveit a Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek alfejezetben tovább visszük: ott a csap zárt fészekbe kerül, de az illesztési és ragasztási logika azonos.

19.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari szakkönyv a fakötések ismertetésére, fűrészáru- és ragasztógyártói adatlapok a ragasztópréselési időkre és felhordásra, faipari gépek gépkönyvei a csapozó marógép biztonsági beállításaihoz, műhelygyakorlat.

Ellenőrizendő hiányok: az aljazás 1/3 és 2/3 jelentése (csapszélesség-arány) és a csaphossz a termékrajz és a szerkezettani szakkönyv szerint ellenőrizendő; a ragasztópréselési idők, felhordási mennyiségek és a tömörfa egyensúlyi nedvességtartalom-célértékek gyártói adatlapon vagy szabványonként változnak; a faipari gépek biztonsági előírásainál a hatályos szabványsorozat pontos száma ellenőrizendő.

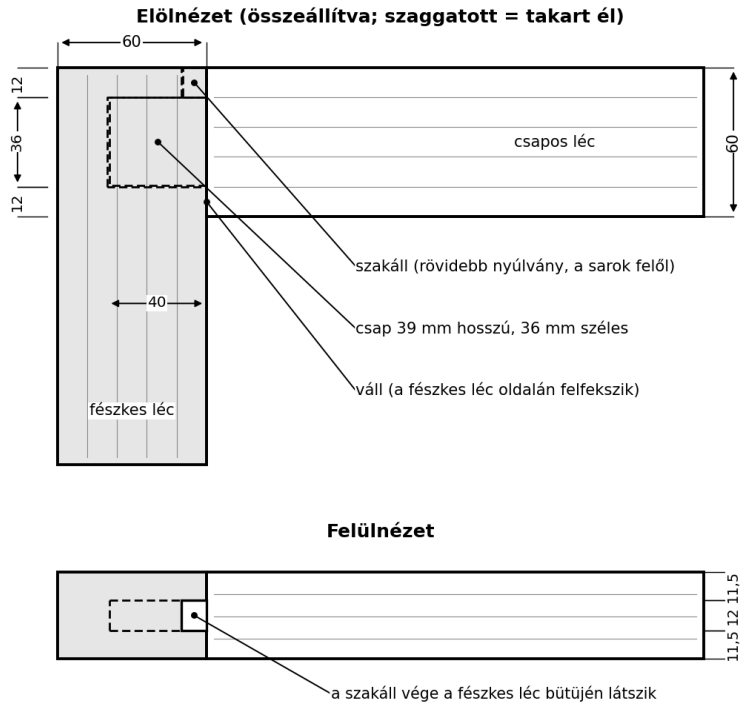
19.3. Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek

19.3.1. Motiváció: miért kell a vésett csap?

A konyhaasztal lábánál a kötés meglazult, az ablakkeret sarka elmozdult, a szék támlája nyikorog. Ilyenkor a hibás sarokkötés miatt az egész szerkezet instabillá válik. A keretkötéseknek egyszerre kell ellenállniuk húzásnak, hajlításnak és a fa időben változó nedvességmozgásának. Az ollós csap egy jó megoldás, de ahol nagyobb igénybevétel van – például ajtókeretnél, asztalnál, széknél –, ott a **vésett csap** ad megbízható, merev kötést. A **szakállas** változat különösen jól húz ellent a fészekből kihúzó erővel szemben.

19.3.2. Szemléletes kép: a két léc találkozása

Képzelj el két, egymásra merőleges tömörfa lécet, például 60 mm széles és 35 mm vastag bükkfa anyagból. Az egyik lécre – a **csapos elemre** – azt mondjuk: a végén **csap** van; a másik lécre – a **fészkes elemre** – azt mondjuk: az oldalában **csaplyuk**, azaz **fészek** van. A csap behatol a fészekbe, ragasztással, esetleg ékeléssel rögzül. A csap két oldalán meghagyott **váll** (vállrész) a fészkes elem felületére támaszkodik, és meggátolja a csavarodást, illetve a csap túlzott elfordulását. (A címben szereplő **hevederek** külön, a kötést kívülről erősítő lécek vagy lemezek; ebben az alfejezetben a csap melletti anyagrészt vállnak vagy vállrésznek nevezzük.)



Méretek mm-ben, 60 × 35 mm bükk. A szakáll mérete tájékoztató (ellenőrizendő: szerkezettani szakkönyv).

19.4. ábra. Fészkes szakállas vésett csapos sarokkötés 60 × 35 mm-es lécekből: elölnézet (takart élekkel) és felülnézet, E vetítés; csap 12 × 36 × 39 mm, fészekmélység 40 mm

A szakállas csap jellegzetessége, hogy a csap sarok felőli oldalán a csapnál rövidebb nyúlvány (**szakáll**) marad. A szakáll kitölti a keret hornyát vagy falcát, megakadályozza a csavarodást, és a fészkes léc vége zárt marad, nem hasad ki. Húzásra a ragasztott csapfelület dolgozik; a kötés nem „húzza be magát”.

A **T-kötésnél** az egyik elem végét egy másik elem oldalához csatlakoztatjuk. Az **átvésett csap** azt jelenti, hogy a csap a fészkes elem teljes anyagán átmegy, a túloldalon kilátszik, és ott ékekkel feszíthető meg.

19.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Vésett csapozás: olyan asztalos kötés, amelyben az egyik elem végén kialakított **csap** a másik elembe vágott **csaplyukba** (fészek) hatol be. A csapot ragasztással, szorítással, átmenő csap esetén gyakran ékeléssel rögzítjük. A kötés akkor dolgozik jól, ha a csap és a fészek falai pontosan illeszkednek, és a vállak rései minimálisak.

Definíció. Fészkes vésett csap: olyan csap, amely a fészkes elem teljes szélességén **nem** halad át; a csaplyuk alja zárt. A csap hossza ezért kisebb a fészkes elem szélességénél. A csap vége nem látszik. **Átmenő vésett csap:** olyan csap, amely a fészkes elem teljes szélességén áthalad; a csap homlokfelülete a túloldalon megjelenik.

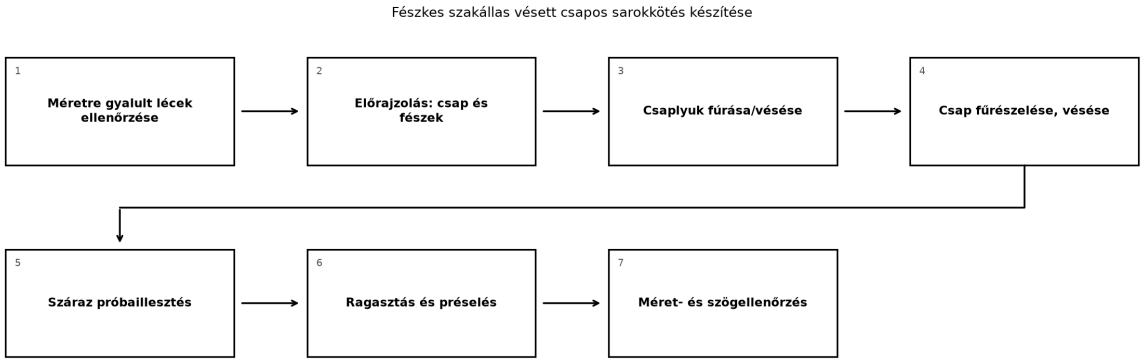
Definíció. Szakáll: a csap sarok felőli oldalán meghagyott, a csapnál rövidebb nyúlvány; hossza kb. a keret hornyának mélysége. Célja, hogy a fészek a léc végén zárt maradjon, a kötés ne csavarodjon, és kitöltse a keret hornyát **(ellenőrizendő: faipari szerkezettani szakkönyv, műhelyi rajz)**.

Definíció. Csapváll: a csapos elem azon felülete, amely a csap mellett a fészkes elem külső felületére támaszkodik. **Vállrész:** a csap vastagsága mellett kétoldalt meghagyott anyagrész, amely a csapra merőleges irányban merevíti a kötést. A két vállrész együttesen határozza meg a csap helyét a léc vastagsági keresztmetszetén belül. (A heveder külön léc.)

Definíció. Átvésett T-kötés: olyan T alakú kötés, amelyben a T függőleges elemének csapja a vízszintes elem teljes vastagságán átmegy, és a túloldalon ékeléssel, illetve ragasztással rögzül.

Szabály. A csap vastagsága tömörfa keretkötésnél általában az anyagvastagság kb. harmada. Például 35 mm vastag lécnél kb. 11–12 mm. A csap és a fészek közé ragasztóréteg kell, ezért a fészek szélessége a csapvastagságnál jellemzően 0,1–0,2 mm-rel nagyobb. **Ez tájékoztató érték; az illesztést az anyag, a ragasztó és a műhelyi gyakorlat szerint kell meghatározni (ellenőrizendő).**

Szabály. Fészkes csapnál a fészekmélységet úgy válasszuk, hogy a csap a fészkes elem szélességének kb. kétharmadáig érjen, de a csap vége előtt maradjon legalább kb. 10–15 mm ép anyag. A csap hossza a fészekmélységnél 1–2 mm-rel legyen rövidebb, hogy a ragasztófölösleg elférjen, és a csap ne érje fel a fészek fenekét. **Tájékoztató szabály; a pontos méretet a szerkezeti rajz adja meg.**



19.5. ábra. Fészkes szakállas vésett csapos sarokkötés készítése - Szemléltető műveletsor. A gépi lépések gépkönyv és oktatói felügyelet szerint (ellenőrizendő).

19.3.4. A csaplyuk vésése kézzel

A fészek készítése kézi szerszámmal pontos előrajzolást és türelmet kíván.

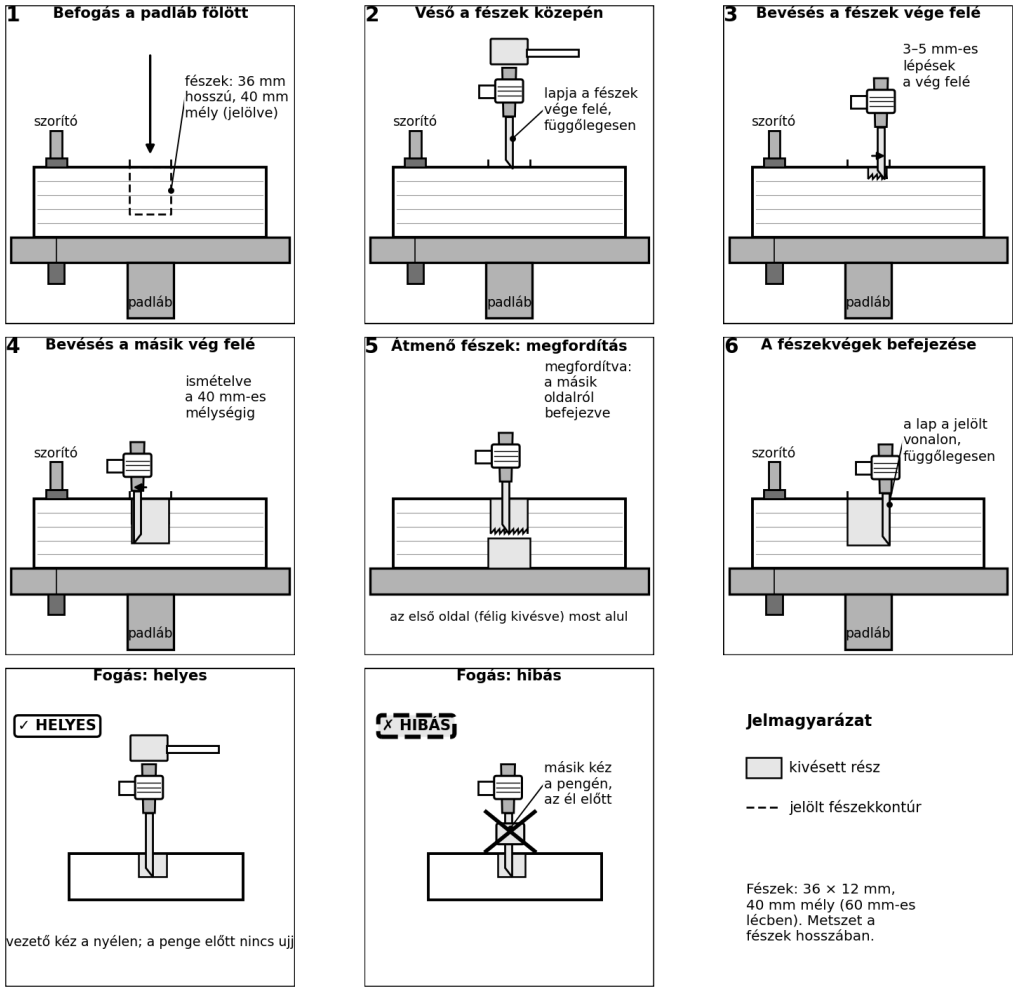
Előrajzolás. A fészek helyét a fészkes elem mindkét oldalán bejelöljük. A fészek hossza a csap szélességével egyezik, szélessége a csap vastagságával azonos. A szakállas kötésnél a fészek a fészkes léc végétől a szakáll hosszával beljebb kezdődik.

Lépések kézi fészekvéséshez:

1. **Előfúrás.** A fészek hosszán belül a fészek szélességénél 0,5–1 mm-rel keskenyebb fúróval lyukakat fúrunk, a fészek mélységénél kb. 1 mm-rel sekélyebbre. A lyukak egymáshoz közel legyenek, hogy a véső munkája könnyebb legyen. **Tilos** mélységi ütköző nélkül fúrni, ha fészkes fészekről van szó, mert a fészek alját átfúrhatjuk.
2. **Kontúrvágás.** A megfelelő szélességű vésővel a rajzvonalon, a rostok mentén finoman beütjük a fészek hosszoldali falait. A vésőt függőlegesen tartsuk, az éle a rajzvonalon álljon.

3. **Anyagkivétel.** A fészek belsejét a véső élével lefelé, kis fogásokkal kitermeljük. A véső éle a fészek szélességében, a rostokra merőlegesen álljon; a fészek közepétől a végek felé, 3–5 mm-es lépésekkel haladunk, hogy ne szakítson be. A munkadarabot stabilan rögzítsük.
4. **Fenék és falak igazítása.** A fészek alját lapos vésővel egyengetjük; a sarkokat véső élével tiszta, derékszögű vonalra dolgozzuk. A mélységet mélységmérővel ellenőrizzük.
5. **Szemből való vésés átmenő fészeknél.** Átmenő csaplyuknál az egyik oldalról a vastagság feléig dolgozunk, majd a munkadarabot megfordítva, az előrajzolás szerint a másik oldalról is kivésünk. Így a kilépő szél nem szakad ki.

A kézi fészekvésés mozdulatsorát és a véső helyes fogását a következő képsor mutatja (oldalnézeti metszet a fészek hosszában).



19.6. ábra. Kézi fészekvésés hat lépésben: befogás a padláb fölött, véső a fészek közepén, bevésés a végek felé, megfordítás átmenő fészeknél, a fészekvégek befejezése; a véső helyes és hibás fogása

Hiba. Ha a véső élével a rajzvonalon belülről vágunk, a fészek szélei szálkásak, rongyoltak lesznek. A rajzvonalat a hulladék oldalán kell megtartani.

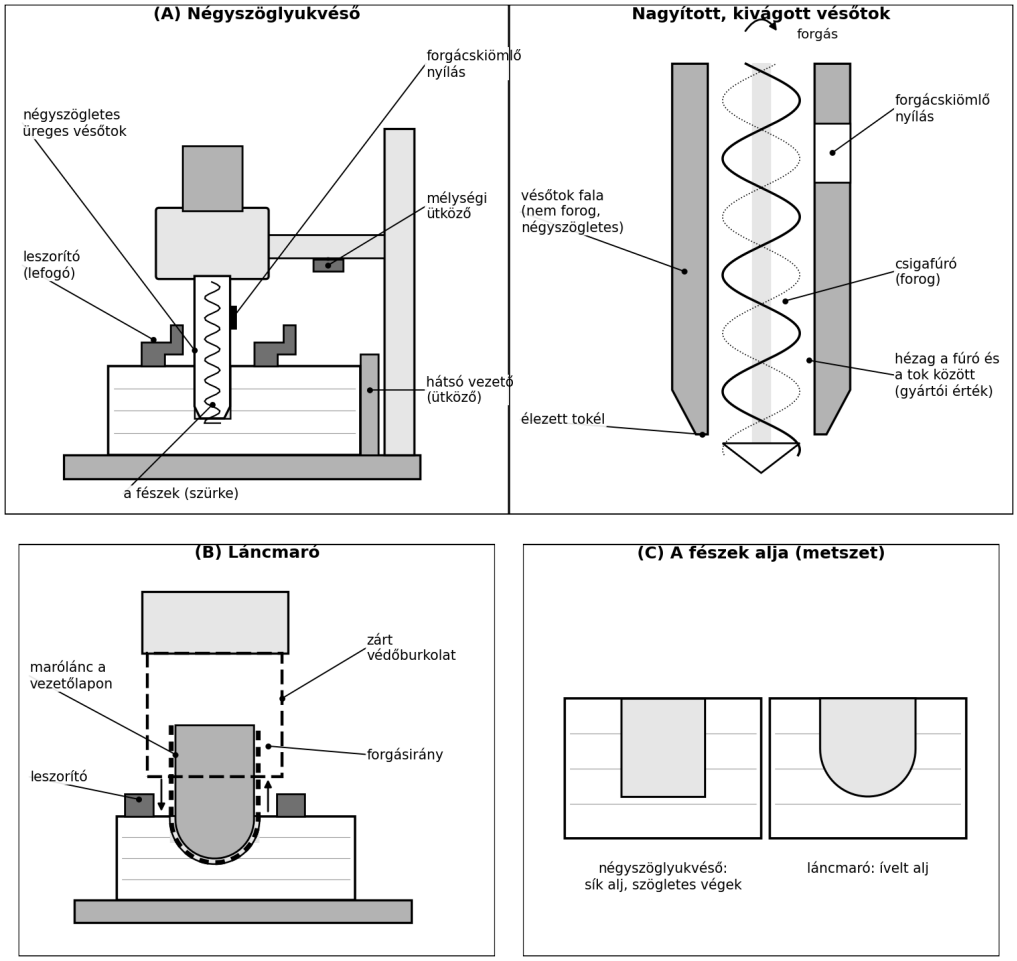
19.3.5. Csaplyuk vésése géppel

Négyszöglyukvéső. A **négyszöglyukvéső gép** üreges vésőtokkal és belső csigafúróval négyszögletes fészket készít. (Nem tévesztendő össze a **hosszlyukfúróval**, amely oldalazó marószárral

lekerekített végű hosszlyukat mar; ehhez a csap éleit le kell kerekíteni.) A munkadarabot a gép asztalán leszorítjuk, a fészek helyét ütközővel állítjuk. A mélységet mélységi ütközővel állítjuk be. Az előtolást egyenletesen végezzük. A gép alkalmas fészkes és átmenő furatok készítésére is, de átmenő furatnál alátétet kell használni, hogy a kilépő oldal ne szakadjon ki.

Láncmaró. A **láncmaró** láncos marófejjel gyorsan készít téglalap alakú fészkeket, és alkalmas csapok marására is. A láncmaró veszélyes gép: a védőburkolatnak mindig zárva kell lennie, a munkadarabot szorítóval, tolófogantyúval kell biztonságosan vezetni. Kéz közel ne kerüljön a marólánchoz.

Az ábra a két gép működési elvét mutatja: a négyszöglyukvéső álló, négyszögletes üreges vésőtokja belsejében csigafúró forog, a láncmaró a vezetőlapon körbefutó marólláncot süllyeszti a darabba. Az első sík aljú, szögletes, a második ívelt aljú fészket ad.



19.7. ábra. Gépi fészekkészítés: (A) négyszöglyukvéső és nagyított, kivágott vésőtokja, (B) láncmaró zárt védőburkolattal, (C) a két gép által készített fészek alja

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Négyszöglyukvéső és láncmaró használata előtt ellenőrizd a szerszám rögzítését, az elszívást, a vészleállítót és a munkadarab-szorítást. Viselj védőszemüveget, hallásvédőt és szorosan testhez álló ruhát.

19.3.6. A csap és a vállrész készítése kézzel

A csapot a csapos elem végén alakítjuk ki. A vállrészek a csap mellett megmaradó anyagrészek. A csap készítése kézzel:

1. **Előrajzolás mind a négy oldalon.** A csap hosszát, vastagságát és szélességét a homlokoldalon és a két oldallapon is jelöljük. A csap vastagságát a léc keskeny oldalán, a csap szélességét a léc széles oldalán osztjuk be. A vállvonalakat a lehető legpontosabban, derékszöggel kell körberajzolni.
2. **Vállrész-vonalak.** A csap melletti vállrészek szélességét a vastagsági irányban rajzoljuk be: például 35 mm vastag anyagnál 12–10–12 mm osztással. A vállrész-vonal a csap fészekbe hatoló mélységét is meghatározza, tehát a csap hosszával azonos.
3. **Vállfűrészelés.** A csapváll mentén, a rajzvonal **hulladék oldalán** vágunk. A vágást a széles oldalon és a keskeny oldalon is úgy vezessük, hogy a fűrészlap a rajzvonal mellett haladjon, és a csap oldalán maradjon rajzvonal.
4. **Csapoldalak fűrészelése.** A csap külső oldalvonalán, illetve a fészekbe hatoló hossz mentén fűrészelünk. A vágásnak merőlegesnek kell lennie a léc széles felületére.
5. **Vésés, igazítás.** A fűrészelt felületeket éles vésővel simítjuk, a csap sarkait tiszta, derékszögűre igazítjuk. A szakállt a megjelölt vonal mentén finom vésővel alakítjuk ki.

Tilos a csapot fűrészelés után kalapáccsal a fészekbe verni, mert a rostok összenyomódnak, a fészek megrepedhet. Ha a csap szorul, vékony forgácsvétellel igazítsuk, ne erőltessük.

19.3.7. A csap és a vállrész készítése géppel

Csapozó marógép. A csapozó marógép kétoldali vágófejjel egyszerre munkálja meg a csap két oldalát, így a csapvastagság és a vállak nagyon pontosan, ismételhetően készülnek. A csap hosszát ütközőkkel, a vastagságot asztalmagassággal állítják. A lécet stabilan rögzítjük, a marófej védőburkolatát lezárjuk.

Láncmaró vagy asztalos maró. A láncmaró is tud csapot vágni; az asztalos maró gép megfelelő alakos szerszámmal, sablonnal szintén alkalmas csapmarásra. A vállrész-vonalakat itt is a rajz szerint kell tartani. Az alsómarónál a munkadarabot tolófa vagy szorító vezeti; kéz a szerszám közelében nem lehet.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Használd a marófej védőburkolatát, a vészleállítót, az elszívást, és soha ne dolgozz ékszerrel, órával, laza ruházattal a forgó szerszám közelében.

19.3.8. Számítási példák: a csap méretezése

1. példa – csapvastagság és vállrészek. Adott egy 35 mm vastag keretléc. A csapvastagságot a harmadolás szabálya alapján választjuk:

$$v = 35\,\text{mm}$$

$$v_{\text{csap}} \approx \frac{35}{3} \approx 11{,}7\,\text{mm}$$

A gyakorlatban válasszunk 12 mm-es csapvastagságot. A vállrészek vastagsága:

$$\frac{35-12}{2} = 11{,}5\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: $11{,}5 + 12 + 11{,}5 = 35\,\text{mm}$; az osztás pontosan összeadódik. ∎

2. példa – fészekmélység és csaphossz. Adott egy 70 mm széles fészkes elem. A fészekmélység a szélesség kétharmada körül legyen, plusz 2 mm a csapvégi ragasztófészeknek:

$$L_{\text{fészek}} = \frac{2}{3}\cdot 70 + 2 = 46{,}7 + 2 = 48{,}7\,\text{mm}$$

Kerekítsük 49 mm-re. A csap hossza legyen 1 mm-rel kisebb:

$$L_{\text{csap}} = 49 - 1 = 48\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: a 70 mm széles elemben így $70 - 49 = 21$ mm ép anyag marad a fészek alján túl, ami kellő biztonság. ∎

3. példa – átmenő csap hossza. Ugyanannál a 70 mm széles elemnél átmenő csap esetén a csap hossza az anyagszélesség plusz 3 mm, hogy a túloldalon csiszolni, ékelni lehessen:

$$L_{\text{csap}} = 70 + 3 = 73\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: a csap a túloldalon 3 mm-rel kiáll, ez elegendő a felület csiszolásához. ∎

19.3.9. A T-kötés átvésett csappal és ékkel

A **T-kötés** gyakori a bútoroknál, például fiókkeretnél, asztalláb-összekötőnél. A függőleges elem csapja a vízszintes elem átmenő fészkén halad át. A csapot a túloldalon ékekkel feszítjük meg. Az ékelés azért jó, mert a csapvéget szétfeszítve a csap a fészek falához szorul, és a kötés húzásra is merev lesz.

Ékelés lépései:

1. **Ékrések előrajzolása.** A csap homlokán két rést jelölünk, a csap végeitől kb. 1/6-nyira; a rések a csap hossztengelyével párhuzamosak, és a csap vastagságán keresztben futnak úgy, hogy az ékek a csapot a fészek hosszanti végei felé (a fészkes elem rostirányában) feszítsék szét – keresztirányban a fészkes elem hasadna. A fészek a kilépő oldalon kissé (kb. 1–2 mm-rel, ellenőrizendő) tölcséresen bővíthető. A rések mélysége általában a csap kiálló hosszának kb. kétharmada.
2. **Ékrések fűrészelése.** A csap homlokán, a csap rostjával párhuzamosan, keskeny fűrésszel bemetsszük a réseket. A vágás ne érje el a csap tövét, különben a csap könnyen kettéreped.
3. **Ékek készítése.** Az ékek keményfából (például bükkből, tölgyből) készüljenek. Szálirányuk a csap hossztengelyével párhuzamos legyen. Az ékek vastagsága 3–5 mm, szélességük a csap vastagsága, hosszuk a résmélységnél 5–10 mm-rel nagyobb, kúposságuk 1:10–1:15 **(tájékoztató érték, ellenőrizendő)**.
4. **Beütés.** A csapot ragasztóval a fészekbe illesztjük, a túloldalon kiálló csapvéget a réseken át benedvesítjük kevés ragasztóval, majd az ékeket egyenletesen, kalapáccsal beütjük. A beütést váltakozva végezzük, hogy a csap egyenletesen feszüljön.
5. **Lesimítás.** Száradás után a kiálló csapvéget és az ékeket fűrésszel, vésővel vagy csiszolással a felülethez dolgozzuk.

Tilos fémből éket készíteni; a fém a fa mozgását nem követi, és szétrepeszti a csapot.

19.3.10. Technológiai lap

Termék/alkatrész: Fészkes szakállas vésett csapos sarokkötés, gyakorló keretsarok, bükk, 60 × 35 mm léc.

Cél: Pontos, derékszögű, ragasztható sarokkötés készítése kézi és gépi műveletek gyakorlásával.

Anyagok: bükk lécek, PVAc (D3) ragasztó, csiszolóanyag, tiszta rongy, ragasztófólia.

Szerszámok, gépek: derékszög, tolómérő, mérőszalag, rajztű, véső, fúrógép vagy négyszöglyukvéső, vállfűrész, ragasztószorító, kalapács, fa alátét, csiszoló.

Beállítási adatok (tájékoztató!): csapvastagság 12 mm, csapszélesség 36 mm, fészekmélység 40 mm, szakáll hossza a rajz szerint. **Ellenőrizendő: a gyakorló rajz és a gépkönyv szerint.**

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, hallásvédő, munkaruha. A négyszöglyukvésőnál: védőburkolat, mélységi ütköző, munkadarab-szorítás, elszívás. Vésőt, fűrészt biztonságos, éles állapotban használj.

Indítás előtti ellenőrzés: a szerszám rögzítése, a védőburkolatok zárva, a munkadarab hibamentes, a fészek és csap rajza pontos, a vészleállító elérhető.

Lépések:

1. Ellenőrizd a lécek derékszögét és méretét. – ellenőrzés: tolómérő, derékszög, 0,5 mm-en belül.
2. Rajzold fel a fészket a fészkes elem mindkét oldalán, a szakáll helyét is. – ellenőrzés: a fészek középvonala a léc középvonalában, a szakáll vonala a rajz szerint.
3. Készítsd el a fészket fúrással, véséssel vagy négyszöglyukvésővel. – ellenőrzés: falsíkok merőlegesek, mélység 40 mm, a fészek szélessége 12,2 mm.
4. Rajzold fel a csapot a csapos elem homlok- és oldallapjain. – ellenőrzés: a csap hossza 39 mm, szélessége 36 mm, vastagsága 12 mm.
5. Fűrészeld, vésd ki a csapot, alakítsd ki a vállrészeket és a szakállas vállat. – ellenőrzés: a váll és a szakáll a rajz szerinti méretben, a csap felülete sima.
6. Végezz száraz próbaillesztést. – ellenőrzés: a csap könnyen, de játék nélkül ül a fészekben, a vállak zárnak.
7. Ragassz, majd szorítóval préseld. – ellenőrzés: derékszög, szorítóbetét a homlokfelületeken.
8. Száradás után csiszold, ellenőrizd méretre. – ellenőrzés: derékszög, sima felület.

19.3.11. Minőségellenőrzés

- **Csapvastagság:** tolómérővel, a csap több pontján. A fészeknél 0,1–0,2 mm-rel nagyobb érték a cél **(tájékoztató tűrés)**.
- **Derékszög:** a keret sarkát derékszöggel ellenőrizzük; a vállak ne legyenek résesek.
- **Rések:** a vállak mentén a rés legfeljebb 0,2–0,3 mm. A nagyobb rést később nehéz eltüntetni.
- **Fészekmélység:** mélységmérővel; eltérés legfeljebb 1 mm **(tájékoztató)**.
- **Ékbeütés:** a T-kötésnél az ékek ne repesszék meg a csapvéget, a csap teljes felülete feszüljön.

Ha eltérést találunk: a csap túl vastag, akkor finom vésővel vagy csiszolással vegyünk le; ha a fészek túl tág, a csapot nem szabad megtoldani, új alkatrészt kell készíteni.

19.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A csap túl szoros vagy nem megy be.** Ok: a csapvastagság nagyobb a fészeknél; a fészek rajza pontatlan. Helyes gyakorlat: minden illesztésnél a fészket készítsük először a véső/lyukasztó pontos méretének megfelelően, és a csapot ehhez igazítsuk.
2. **A sarok nem derékszögű.** Ok: a vállvonalak nem merőlegesek a léc élére, vagy a fészek fala ferde. Helyes gyakorlat: előrajzolásnál derékszöget használjunk; gépi munkánál az ütközőket pontosan állítsuk be.
3. **A csapvégi ék beütésénél megreped a csap.** Ok: túl mély ékrések, túl vastag ékek, túl erős kalapácsütés. Helyes gyakorlat: a réseket a kiálló hossz kétharmadáig vágjuk, az ékeket fokozatosan, váltakozva üssük be, és ne használjunk fém éket.
4. **A fészek alját átfúrják vagy a kilépő oldal kiszakad.** Ok: nincs mélységi ütköző, nincs alátét, a véső éle nem elég éles. Helyes gyakorlat: mélységi ütközőt és alátétet alkalmazzunk; átmenő fészeknél két oldalról dolgozzunk.
5. **A vállrész letörik.** Ok: a vállrész-vonal túl vékony, a fészekbe illesztéskor a váll feszül. Helyes gyakorlat: a vállrészek egyenletes, legalább 10–12 mm szélességűek legyenek.

19.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy műhelyben egy tölgyfa asztal lábait átvésett csapos T-kötéssel rögzítették a kerethez. A kolléga a csapot beragasztotta, majd az ékeket gyorsan, egyenként ütötte be, az erős ütés megrepesztette a csapvéget. A reklamáció szerint az asztal lába pár hét után játékossá vált. A vizsgálat kimutatta, hogy a csapvég a túl mély ékrés mentén hasadt, és a ragasztó nem tudott teljes felületen tapadni. A javítás során az ékrést kisebb mélységűre vették, a csapvéget újraékeztek, és a beütéshez fakalapácsot, egyenletes ütéseket használtak. A tanulság: az ékbeütés nem erőpróba, hanem fokozatos illesztés. A csapot a fészekbe kell ékelni, nem a fészek felrepeszteni.

19.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz-e: a fészkes vésett csapnál a csap a fészkes elem teljes szélességén áthalad.
2. Milyen szerepe van a szakállnak a vésett csapnál?
3. Miért kell a csap hosszát 1–2 mm-rel rövidebbre hagyni, mint a fészekmélység?
4. Átmenő csapos T-kötésnél miért kell az ékeket váltakozva beütni?
5. Milyen szálirányú az ék, és miért?
6. Mi a vállrész szerepe?

19.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Nevezd meg a vésett csapos kötés részeit egy fészkes sarokkötésen.

2. feladat (A) Rajzold le szövegesen egy fészkes szakállas vésett csapos sarokkötés csapos elemét, és jelöld a csapot, a vállrészeket, a vállat és a szakállt.

3. feladat (B) Egy 42 mm vastag keretléchez válassz csapvastagságot a harmadolás szabálya szerint. Számold ki a két vállrész vastagságát, ha a csapvastagságot 14 mm-re kerekíted. Ellenőrizd az összeget.

4. feladat (B) Egy 80 mm széles fészkes elemhez határozd meg a fészekmélységet a kétharmados szabállyal, plusz 2 mm ragasztófészekkel, és a hozzá tartozó csaphosszt. Átmenő csapnál mennyi lenne a csap hossza 4 mm kiállással?

5. feladat (C) Hibaelemzés: egy vésett csapos sarokkötés összeállításakor a csap beilleszthető, de a vállaknál az egyik oldalon 2 mm-es rés látszik, a másik oldalon a váll teljesen zár. Mi lehet az ok, hogyan vizsgálnád, és mi a javítás?

6. feladat (D) Tervezz műveletsort egy átmenő szakállas vésett csapos sarokkötés elkészítéséhez gépi csapozó marógép és négyszöglyukvéső használatával. Sorold fel az ellenőrzési pontokat és a szükséges védőfelszereléseket.

19.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok: 1. Hamis. A fészkes csap nem megy át; az átmenő csap megy át. 2. A szakáll (a csapnál rövidebb nyúlvány) kitölti a keret hornyát, megakadályozza a csavarodást, és a fészkes léc vége zárt marad. 3. Hogy a ragasztófölösleg elférjen, és a csap ne feszüljön a fészek fenekére. 4. Mert az egyenletes beütés megakadályozza a csap félrehúzódását és repedését. 5. Az ék száliránya a csap hossztengelyével párhuzamos, hogy a beütéskor ne törjön, és a csapot a fészek rostirányú végei felé feszítse. 6. A vállrész a csap melletti anyagrész, amely a csap elfordulását gátolja és a fészkes elem felületén támaszkodik.

1. feladat megoldása: A kötés részei: a csap, a csapváll, a vállrészek, a fészek (csaplyuk), a fészek fala, a fészek szája, a fészek alja (fészkesnél), valamint a szakáll a szakállas változatnál.

2. feladat megoldása: A csapos elem rajza: a csapos elem homloklapján a csap téglalap alakú kiemelkedés. A csap szélesebb oldalán a csap szélessége kisebb a léc szélességénél, a csap melletti részek a vállak. A keskeny oldalon a csap mellett kétoldalt vállrészek futnak. A csap sarok felőli oldalán a csapnál rövidebb szakáll látszik. A csap homlokfelülete sima, rostjai a léc hosszával párhuzamosak. Az ábrán mm-ben, a rajzon mm kiírása nélkül: anyag 60×35, csap 36×12, szakáll a rajz szerint, vállrész 11,5 mm mindkét oldalon.

3. feladat megoldása: Anyagvastagság $v = 42\,\text{mm}$. Csapvastagság 14 mm. Vállrészek vastagsága: $\frac{42-14}{2} = 14\,\text{mm}$. Ellenőrzés: $14 + 14 + 14 = 42\,\text{mm}$. ∎

4. feladat megoldása: Befogadó szélesség $b = 80\,\text{mm}$. Fészekmélység: $L_{\text{fészek}} = \frac{2}{3} \cdot 80 + 2 = 53{,}3 + 2 = 55{,}3\,\text{mm}$, kerekítve 55 mm. Csaphossz fészkesnél: $L_{\text{csap}} = 55 - 1 = 54\,\text{mm}$. Átmenőnél: $L_{\text{csap}} = 80 + 4 = 84\,\text{mm}$. ∎

5. feladat megoldása: A tünet: az egyik váll 2 mm-es rést ad, a másik zár. Ok lehet: a csap nem szimmetrikus a léc vastagságán, vagy a fészek fala ferde, illetve a vállvonal nem merőleges. Vizsgálat: tolómérővel ellenőrizzük a csap vastagságát mindkét oldalán, derékszöggel a vállat, és próbacsappal a fészek falait. Javítás: ha a csap féloldalas, a csapot a túl vastag oldalon igazítjuk; ha a váll ferde, a vállat derékszögbe gyaluljuk; ha a fészek ferde, a fészek falát vésővel igazítjuk. Megelőzés: az előrajzolást mindkét oldalról, derékszöggel ellenőrzött középvonalból kell indítani, a gépi beállításnál a munkadarabot nem ferdén kell leszorítani.

6. feladat megoldása: A műveletsor lépései: (1) méretre gyalult lécek ellenőrzése, (2) előrajzolás, (3) a fészek kivése négyszöglyukvésővel, két oldalról, (4) a csap marása csapozó marógéppel, a szakáll kialakítása, (5) száraz próba, (6) ragasztás és préselés, (7) derékszög-ellenőrzés. Védőfelszerelés: védőszemüveg, hallásvédő, munkaruha, elszívás. Gépi biztonsági ellenőrzés: védőburkolat, vészleállító, szerszámrögzítés, munkadarab-szorítás.

19.3.17. Rövid összefoglaló

A **vésett csapozás** olyan keretkötés, amelyben a csapos elem végén kialakított **csap** a fészkes elem **csaplyukába** illeszkedik. A **fészkes csap** nem hatol át az elemen; a **átmenő csap** igen. A **szakállas csap** sarok felőli, a csapnál rövidebb nyúlványa (szakálla) kitölti a keret hornyát, és zárttá teszi a fészkes léc végét. A csap vastagságát az anyagvastagság harmadára, a fészekmélységet a fészkes elem szélességének kétharmada köré választjuk, a csap hossza 1–2 mm-rel kisebb a fészekmélységnél. A **vállrészek** a csap melletti anyagrészek, a csapvállak letámasztásával merevítik a sarkot. **T-kötésnél** az átvésett csapot a túloldalon ékekkel feszítjük meg; az ékek száliránya a csap hosszával párhuzamos. A csaplyuk kézzel fúrással, véséssel, géppel négyszöglyukvésővel vagy láncmaróval készül. **Gépbiztonság:** faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet, védőberendezés nélkül soha. A kész kötést derékszög, rések, csap-fészek illesztés és ékbeütés szempontjából ellenőrizzük. **Továbbvitt eredmény.** A vésett csapozást használjuk a Egyenes és fecskefarkú fogazás kézzel és géppel, a Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen, a Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása és az Asztalok jellemző típusai és szerkezetei témakörökben, mert ugyanez a csap-fészek elv és vállrész-méretezés adja az asztalok, székek, ajtók és ablakok keretkötéseinek alapját.

19.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Szakmai tankönyvek a hagyományos asztalos fakötésekről: szakállas csap, fészek, vállrész fogalma.
- A faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat – pontos szabványrész ellenőrizendő.
- Négyszöglyukvéső és láncmaró gépkönyve, az adott gép védőberendezései és beállítási adatai ellenőrizendők.
- A tájékoztató méretek (csapvastagság harmadolás, fészekmélység kétharmad, tűrések 0,1–0,3 mm, ékkúposság 1:10–1:15) a műhelyi gyakorlatból származó kiinduló értékek, nem szabványos tervezési előírások; mindig a szerkezeti rajz, a gyártói adatlap és az aktuális szabvány az irányadó.
- A szakrajzi anyagjelölés a faipari szakrajzi gyakorlat szerint; a rajzi vonatkozó szabványok: MSZ EN ISO 128, 129 – pontos számuk ellenőrizendő.

20 Kávakötések készítése és az első munkadarabok

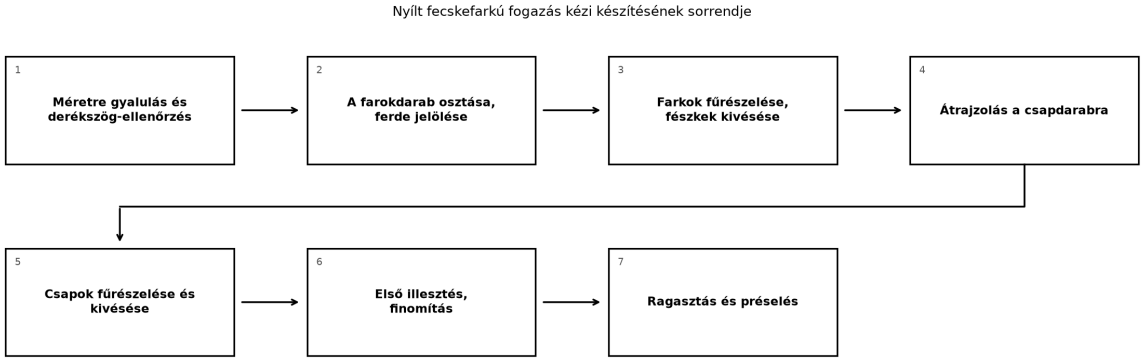
20.1. Egyenes és fecskefarkú fogazás kézzel és géppel

A fiók elejének sarka az egyik legjobban igénybe vett pontja egy bútornak. Ha a fiókot naponta rángatjuk, és a sarokkötés csak össze van szögezve vagy rosszul illeszkedik, a fiók előbb-utóbb lötyögni kezd, a homloklapja eláll, a fenék megereszkedik. A **fogazás** azért fontos, mert nagy ragasztási felületet ad, és a **fecskefarkú fogazás** alakzáróan is megakadályozza, hogy a két lap széthúzható legyen. Ebben az alfejezetben előbb az egyenes fogazást tanulod meg, utána a nyílt fecskefarkú fogazást, majd a fiókelőn használt félig takart változatot.

20.1.1. Szemléletes kép: fiók, láda és a sarokkötés

Képzelj el egy tömörfa láda sarkát. Kívülről a deszka homlokélé, illetve a másik deszka lapja látszik. Ha a kötést szétszednénk, az egyik darabon a **farkok**: hátrafelé szélesedő, trapéz alakú fogak sorakoznak. A másik darabon a **csapok**: keskenyebb, a farkok közé illeszkedő fogak vannak. A fecskefarok alakja miatt a farok a csap mögé szorul, ezért a két lapot a ragasztó mellett a forma is összetartja.

A kézi készítés sorrendje mindig gondos jelölés és türelem; a gépi fogazásnál ugyanezt a geometriát sablon vagy CNC-program hozza létre.



20.1. ábra. Nyílt fecskefarkú fogazás kézi készítésének sorrendje - Szemléltető műveletsor: a farokdarabot készítjük először, majd róla rajzoljuk át a csapdarabot. A fűrész mindig a hulladék oldalán, a jelölővonalat megtartva vág.

20.1.2. Fogalmak és elnevezések

Definíció. Az **egyenes fogazás** olyan kávakötés, amelyben a fogak és a fészkek oldalai a lap élével párhuzamosak, tehát a fog két oldala merőleges a homlokélre. Elsősorban nagy ragasztási felületet ad, és akkor használjuk, ha a sarok húzásra nem akar szétnyílni, de a ferde alakzárás nem követelmény, vagy gépi fogazósablonnal gyorsan akarunk dolgozni.

Definíció. A **nyílt fecskefarkú fogazás** olyan sarokkötés, amelynél a fogak mindkét oldalon átmennek, és a fogak külső, szélesebb vége hátrafelé szélesedik. A szélesedő farok alakja miatt a kötés a sarok irányában húzásra nem húzható szét. Az egyik alkatrészt **farokdarabnak**, a másikat **csapdarabnak** nevezzük.

Definíció. A **félig takart fecskefarkú fogazás** olyan fecskefarkú kötés, amelynél az egyik lapon – jellemzően a fiók előlapján – a fészkek nem mennek át a homlokoldalig. Elölnézetből az előlap tömör, a fogak csak a belső oldalon és a fiók oldalán látszanak.

Megjegyzés. A hazai műhelynyelvben a fecskefarkat gyakran egyszerűen „fecskefarknak” vagy „fecske” néven emlegetik; németül *Schwalbenschwanz*, angolul *dovetail*.

Szabály. A fecskefarok-szög tájékoztató aránya **puhafánál 1:6**, **keményfánál 1:8** – 1 mm eltolás 6, illetve 8 mm hosszon. Ez a kézi fogazás rajzolásának hagyományos értéke, gépnél vagy keskeny fogazásnál a sablonhoz igazodik. **(ellenőrizendő: szakkönyvi hivatkozás)**

Összefüggés. Az 1:8 arány szögben:

$$\tan\alpha = \frac{1}{8} = 0{,}125 \quad \Rightarrow \quad \alpha = \arctan 0{,}125 \approx 7{,}1^\circ$$

Egy ferde oldal eltolása (a farok széles és keskeny vége között oldalanként):

$$e = \frac{v}{a}$$

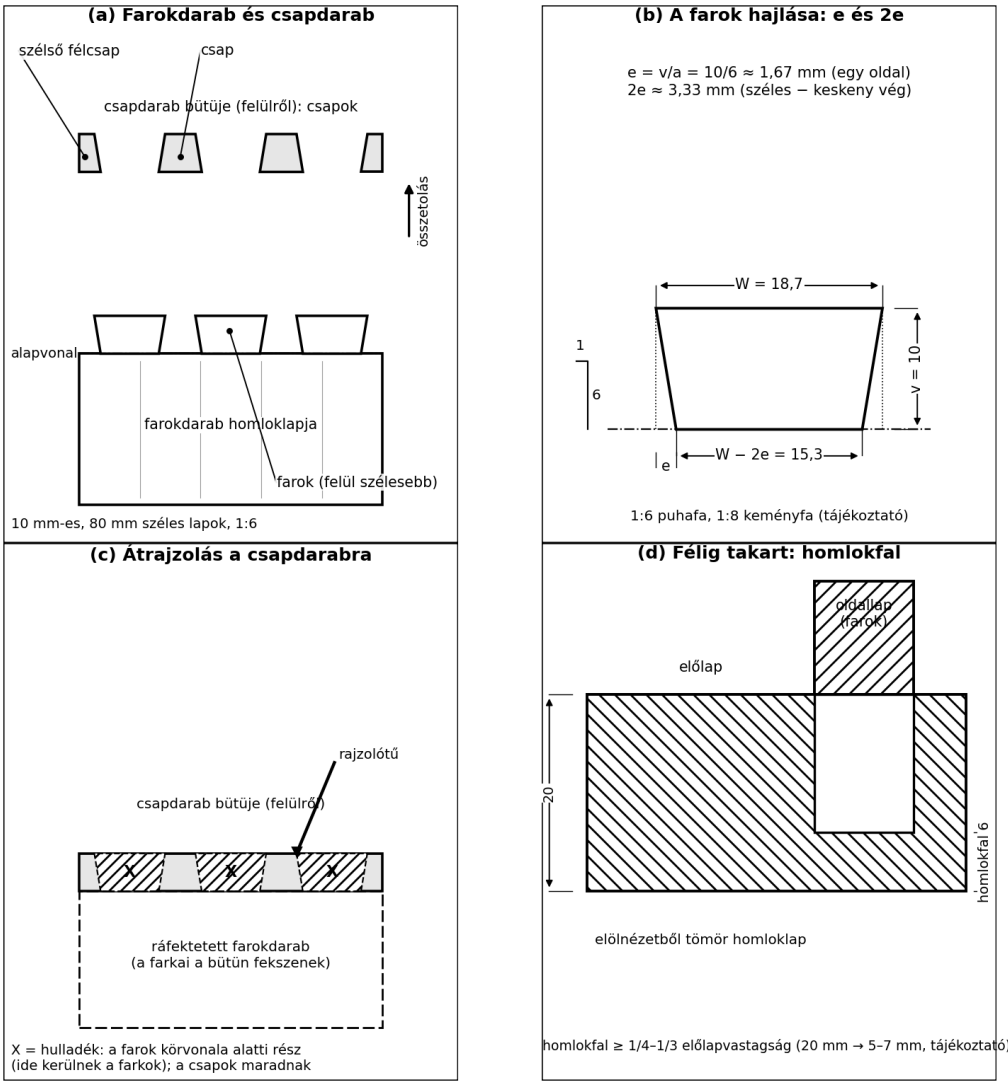
ahol v a fog hossza (a másik alkatrész vastagsága), a az arány nevezője.

Példa. Ha a fiók oldallapja $v = 15\,\text{mm}$ vastag, és puhafához 1:6 arányt választunk, akkor egy ferde oldal eltolása:

$$e = \frac{15\,\text{mm}}{6} = 2{,}5\,\text{mm},$$

a farok széles és keskeny vége közötti szélességkülönbség pedig $2e = 5\,\text{mm}$.

Az ábra a farokdarabot és a csapdarabot, a farok hajlását és az átrajzolást mutatja 10 mm vastag, 80 mm széles lapokon (1:6). Egy ferde oldal eltolása $e = v/a$; a farok széles és keskeny vége közötti különbség ennek kétszerese, $2e$. Átrajzoláskor a farok körvonala alatti rész a csapdarab hulladéka – ide kerülnek a farkok. A HTML-változat osztáskalkulátorral kirajzolja a farkokat, és kiírja a méreteket.



20.2. ábra. Fecskefarkú fogazás: (a) farokdarab és csapdarab, (b) a farok hajlása e és $2e$ eltéréssel, (c) átrajzolás a csapdarabra, (d) félig takart változat homlokfallal

Továbbvitt eredmény. A fogazás geometriáját és szerelési elvét használjuk a fiókok, ládák és kávaszerkezetű szekrények készítésénél az Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok és a Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása alfejezetben.

20.1.3. Anyagok és szerszámok a kézi fogazáshoz

A fogazáshoz tömör, lehetőleg közepesen kemény fa alkalmas. Tölgy, bükk, kőris szépen tartja a vágást; puha fenyőnél a ferde farok könnyebben törhet. A lécek legyenek **nyugodt, egyenes rostúak**, mert a csavarodott anyag a vésésnél reped.

Jellemző szerszámok:

- derékszög, tolómérő, vékony jelölőtű vagy éles ceruza,
- **fecskefarok-jelölő** vagy állítható szögmérő a ferde vonalhoz,
- **háti fűrész** vagy fecskefarkú fűrész, lehetőleg finom fűrészfoggal,
- keskeny, éles **vésők** (6, 10, 12, 16 mm),
- kalapács, fúró vagy rostirányú fúró, ha a hulladékot gyorsan akarjuk eltávolítani,

- kézi gyaluk, csiszoló, jelölőél.

20.1.4. Egyenes fogazás osztása, rajzolása és készítése

Az egyenes fogazásnál a fogak és fészkek méretét úgy választjuk, hogy a deszka szélességét egyenletesen felossza, és az illesztéshez ne maradjon túl vékony szélső anyag.

Szabály. Az egyenes fogazás osztása: a deszka szélességét a fogak és a fészkek összegéből állítjuk össze. Jelölje:

- b a deszka szélessége,
- n a fogak száma,
- f egy fog szélessége,
- e egy fészek szélessége.

Ekkor a szélső fészkeket is beleszámítva:

$$b = n \cdot f + (n+1) \cdot e$$

Számítás. Egy 100 mm széles deszkán 4 fog és 5 fészek legyen. Ha a fészkeket $e = 12\,\text{mm}$-re választjuk, a fogszélesség:

$$f = \frac{b - (n+1)\cdot e}{n} = \frac{100\,\text{mm} - 5 \cdot 12\,\text{mm}}{4} = \frac{40\,\text{mm}}{4} = 10\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: $4 \cdot 10\,\text{mm} + 5 \cdot 12\,\text{mm} = 40\,\text{mm} + 60\,\text{mm} = 100\,\text{mm}$. ∎

Recept – egyenes fogazás kézi készítése

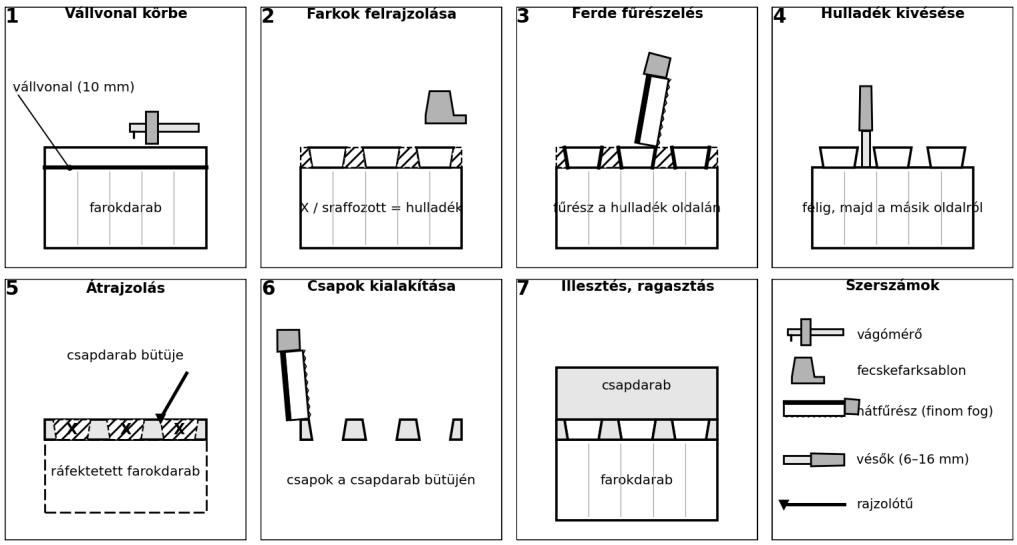
1. A két alkatrészt (A és B darab) méretre gyaluljuk, homlokéleiket derékszögbe állítjuk.
2. Az A darabon kijelöljük a fogak és fészkek határait. Vékony jelölőtűvel dolgozzunk.
3. Az A darabon a fészkek helyét a hulladék oldalon megjelöljük: a hulladék a fogak közötti rész.
4. A fészkeket finom fűrésszel bevágjuk úgy, hogy a fűrészlap a **hulladék oldalán** fusson, és a jelölővonalat ne vágja át.
5. A fészek nagy részét vésővel kivéseljük, majd a jelölővonalig vésünk. A fészek alját síkra igazítjuk.
6. Az A darabot a B darab végére állítva átrajzoljuk a fogak helyét: a B darabon a fészkek lesznek ott, ahol az A darabon fogak vannak.
7. A B darabon kifűrészeljük a fészkek hulladékát, és kivéseljük a fészkeket.
8. Először kézzel próbáljuk összeilleszteni; ha szorul, csak a szorító felületből vékonyan vésünk, reszelővel vagy csiszolóval igazítunk.
9. Ragasztás előtt szárazon ismét illesztünk, majd ragasztunk.

20.1.5. Nyílt fecskefarkú fogazás kézi készítése

A fecskefarkú fogazásnál a hagyományos sorrend: először a **farokdarabot** készítjük el, majd arról rajzoljuk át a csapdarabot. Így a csapok pontosan a farokhoz illeszkednek, kisebb a halmozódó jelölési hiba.

Recept – nyílt fecskefarkú fogazás

1. **Méretre gyalulás.** A két alkatrész azonos vastagságú legyen. A homlokéleket derékszögbe gyaluljuk.
2. **Osztás a farokdarabon.** A deszka szélességét farkokra és fészkekre osztjuk. A szélső fészkek ne legyenek túl keskenyek, mert azok tartják a sarkot. Jellemző tájékoztató méret: a farok szélesebb oldala kb. a deszka vastagságának 1,5–2-szerese, a fészek keskeny oldala legalább 4–6 mm. **(ellenőrizendő: a rajz szerint)**
3. **Ferde jelölés.** A farkok oldalát fecskefarok-jelölővel vagy állítható szögmérővel, 1:6 (puhafa) vagy 1:8 (keményfa) hajlással rajzoljuk fel. A ferde vonal a farok szélesedése felé mutasson.
4. **A farokdarab fűrészelése.** A fészkek határait a ferde vonalak mentén bevágjuk; a fűrész a hulladék oldalán halad. A farok szélesebb oldala a látható, homloklap felőli oldal legyen.
5. **A fészkek kivésése.** A hulladékot vésővel eltávolítjuk, az alját síkra vésjük. A rézsútos fészekfalakat ne döntsük túl a jelölővonalon.
6. **Átrajzolás.** A farokdarabot a csapdarab homlokára állítjuk, és a farok körvonalait tűvel vagy élkéssel átjelöljük. A csapdarabon a farok körvonalán belüli rész a hulladék (ide kerülnek a farkok), a farkok közötti részen maradnak a csapok. A hulladékot X-szel jelöljük.
7. **A csapdarab fűrészelése és vésése.** A csapok között lévő hulladékot bevágjuk; a csap oldalai a farok meredeksége szerint rézsútosak. A vágás a hulladék oldalán fusson.
8. **Illesztés.** A két darabot óvatosan összenyomjuk. Ha szorul, a csap oldalából vagy a fészek falából vékonyan igazítunk. A farok széles végét ne vékonyítsuk, mert akkor a kötés meglazul.
9. **Ragasztás előtti száraz illesztés és ragasztás.** A ragasztót mindkét felületre vékonyan hordjuk fel; a fogakat ütközésig összenyomjuk.



20.3. ábra. A nyílt fecskefarkú fogazás kézi elkészítése hét lépésben, a szükséges szerszámokkal

20.1.6. Félig takart fecskefarkú fogazás fiókelőhöz

Fiókoknál a fiók **előlapján** általában félig takart fogazást készítünk, hogy az előlap homlokoldala tömör, szép felület maradjon. A fiók oldallapjain a farok, az előlap belső oldalán a csapok és a fészkek helyezkednek el. A fészkek az előlap vastagságának körülbelül kétharmadáig–háromnegyedéig hatolnak be, de nem mennek át.

Recept – félig takart fecskefarkú fogazás fiókelőn

1. Az előlapot vastagabbra hagyjuk, mint az oldallapot, ha a terv így írja elő. A fészek az előlap vastagságának kb. 2/3–3/4-éig hatol (tájékoztató), így a homlokfal 20 mm-es előlapnál kb. 5–7 mm marad.
2. A fiók oldallapjára (farokdarabra) elkészítjük a nyílt fecskefarkat a fenti recept szerint.
3. Az előlap belső oldalán megjelöljük az oldallap vastagságát és a fészkek helyét. A fészkek mélységét **mélységütközős jelölőtűvel** hordjuk fel.
4. A fészkeket ferde vonalak mentén bevágjuk. A fűrész ne érje el a homlokoldalt.
5. A hulladék nagy részét vésővel, illetve sekély fúrással távolítjuk el, majd a fészek alját síkra vésjük.
6. Átrajzolás után a csapokat vékonyan igazítjuk, szárazon illesztjük.
7. Ragasztjuk és préseljük.

20.1.7. Gépi fogazás

Egyenes fogazás géppel. A legegyszerűbb gépi fogazásnál a fogakat és fészkeket **fogazó sablon** segítségével készítik, például felsőmarógéppel. A sablon fogai vezetik a marót, a maró pedig azonos osztással vágja a fogakat. Egyenes fogazáshoz elegendő olyan sablon, amely a csap- és a farokdarabot külön-külön megmunkálja.

Fecskefarkú fogazás géppel. A fecskefarkú fogazáshoz ferde vezetőrésekkel ellátott **fecskefarkú sablont** használnak. A sablont a munkadarabokra rögzítik, a felsőmarógépet másológyűrűvel vagy csapágyas maróval vezetik. A sablon kialakításától függően a gép egy menetben megmunkálhatja a farkokat, a másik sablonoldal pedig a csapokat.

Gépbiztonság. A gépi fogazást csak betanított, felügyelt tanuló végezheti. A felsőmarógépen a védőburkolat, a marószerszám rögzítése és a megengedett fordulatszám mindig ellenőrizendő. Védőburkolat nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. Az elszívást kapcsold be, viselj védőszemüveget és – faportól függően – légzésvédőt. A munkadarabot soha ne vezesd kézzel a szerszám közelében; használj sablont, szorítót és tolófát.

Megjegyzés. CNC megmunkálóközponton a fogazás marópályával készül: a program a farok és a csap geometriáját az alkatrész koordinátái alapján generálja. A pontos programnyelv gépfüggő, ezért a CNC-fogazást csak a gépkönyv és a vezérlő dokumentációja szerint szabad elvégezni.

20.1.8. Illesztés, ragasztás és a hibák javítása

A fogazás akkor jó, ha szárazon **enyhe szorulással** illeszkedik. Túl szoros kötésnél a ragasztó kiszorul, a fa megfeszül, és a préselésnél repedhet. Túl laza kötésnél a ragasztóhézag kitölti ugyan a rést, de a kötés nem lesz erős.

Ragasztáshoz belső bútoroknál általában PVAc-alapú, D2 vagy D3 osztályú ragasztót használnak. Nedves vagy kültéri környezetben a magasabb vízállósági osztály szükséges. A pontos ragasztót és a nyitott időt a gyártói műszaki adatlap adja meg. **(ellenőrizendő: MSZ EN 204 szerinti osztály és a termék műszaki adatlapja)**

Hiba. Tünet: a száraz illesztésnél a fúga a farok széles végénél összezár, de a keskeny végénél 1–2 mm-es rés marad. **Lehetséges okok:** a fészek ferde fala nem követi a farok szögét, vagy a jelölővonalat a fűrész átvágta. **Vizsgálat:** bontsuk szét a darabokat, ellenőrizzük a ferde vonalakat, és keressünk fűrész- vagy vésőnyomot a hulladékon kívül. **Valódi ok:** a csapdarabon a véső a fészek falát a farok szögénél meredekebbre döntötte, ezért a csap csak a széles végén fekszik fel. **Javítás:** a csap ferde oldalát vékonyan, a farok szögéhez igazítva vésjük, közben a farok széles végét ne bántsuk. **Megelőzés:** mindig a farokról rajzoljunk át, és a vésést a jelölővonalig, de azon túl ne végezzük.

20.1.9. Technológiai lap

Technológiai lap. Nyílt fecskefarkú fogazású tömörfa láda sarokkötésének kézi készítése.

Cél: 10 mm vastag, egyenes rostú puhafa vagy keményfa lapokból két-két szemközti oldallap összefogazása, hézagmentes, ragasztható sarok.

Anyagok: 4 db gyalult léc, kész méret pl. 200 × 80 × 10 mm; PVAc-D3 ragasztó; csiszolóvászon.

Szerszámok: derékszög, tolómérő, jelölőtű, fecskefarok-jelölő, háti fűrész, 6–10 mm-es vésők, kalapács, szorítók, párhuzamvonalzó.

Gépbiztonság. A művelet nagyrészt kézi; ha kézi fúrógépet használsz, csak stabil befogás mellett, védőszemüveggel dolgozz. Porképző csiszolásnál használj elszívást vagy légzésvédőt.

Indítás előtti ellenőrzés: szerszámok élesek; munkaterület tiszta; a munkadarabok nincsenek elcsavarodva, repedve; a fűrészfogak épek.

Lépések:

1. Ellenőrizd a léc méretét és derékszögét. – ellenőrzés: a négy oldal sík, a homlokél derékszögben áll, 0,5 mm-en belül.
2. Válaszd ki a farokdarabot, és jelöld az osztást. – ellenőrzés: a farkok és fészkek összege pontosan kiadja a szélességet.
3. Rajzold fel a ferde vonalakat 1:6 (puhafa) vagy 1:8 (keményfa) aránnyal; a szélesebb oldal a homloklap felé nézzen. – ellenőrzés: a farok mindkét oldala azonos szögű.
4. Fűrészeld be a farokdarab fészkek határait a hulladék oldalán. – ellenőrzés: a jelölővonal látható, nem vágott át.
5. Vésd ki a fészkeket; az aljukat síkra igazítsd. – ellenőrzés: a véső nem lépte át a vonalat, a fészek mélysége az egész szélességben egyenletes.
6. Állítsd a farokdarabot a csapdarab homlokára, és rajzold át a farkokat. – ellenőrzés: a két darab ne mozduljon el.
7. Fűrészeld és vésd ki a csapok közötti hulladékot. – ellenőrzés: a csapok oldala a farok szögét követi.
8. Illeszd szárazon; óvatosan, kis lépésekben igazítsd. – ellenőrzés: a fúgák hézagmentesek, a sarok derékszög.
9. Ragassz, és szorítóval rögzítsd. – ellenőrzés: a ragasztó kidudorodik, a két lap derékszögben áll, a méret nem csúszott el.
10. Száradás után tisztítsd meg a kinyomódott ragasztót, csiszold fel a felületet. – ellenőrzés: a sarok sima, nincs ragasztófátyol.

20.1.10. Minőségellenőrzés

- **Illeszkedés:** a fogak szárazon enyhén szoruljanak, a fúga legfeljebb 0,1–0,2 mm-es legyen. **(tájékoztató érték, ellenőrizendő a rajz és a tanműhely szerint)**
- **Derékszög:** a két oldallap derékszögelővel ellenőrizve 0,5 mm/100 mm-en belül maradjon. **(tájékoztató)**
- **Fogmélység:** nyílt fogazásnál a fog homlokfelülete az ellendarab külső síkjához simuljon; ne álljon ki, és ne ugorjon be.
- **Félig takart fogazásnál:** a homlokoldal sértetlen, a fészkek nem ütnek át; a fészekmélység egyenletes.
- **Ragasztás:** nincs kihagyott ragasztási felület, a kinyomódott ragasztót eltávolították.

20.1.11. Tipikus hibák és okaik

Túl szoros fogazás. A vésés vagy fűrészelés átlépte a jelölővonalat, esetleg a jelölés nem a hulladék oldalán volt. A préselésnél az alkatrész megfeszül, repedhet. Helyes: a fűrész és a véső a hulladék oldalán dolgozzon; a jelölővonal maradjon meg.

Lötyögő fúga. A csapdarabon a hulladékot túl sokat vettük ki, az illesztés nem zár. Farok-csere nélkül nehéz javítani. Helyes: az illesztést gyakran, kis lépésekben végezzük.

Rossz irányú fecskefarok. A farok szélesebb vége befelé vagy a rossz oldalra kerül. A kötés akár szét is húzható, mert a forma nem zár. Helyes: a jelölésnél a farkok széles oldala a külső homlokél felé, a szűk oldala a fészek alja felé nézzen.

Átütő fészek félig takart fogazásnál. A fészek túl mély, a fúró vagy a véső átment a homloklapon. Helyes: mélységütközőt használjunk, és a fészekmélységet a homlokoldal alatt hagyjuk.

Elcsúszott jelölés. Az átrajzolásnál a darab elmozdul, a fészkek nem fedik egymást. Helyes: a farokdarabot rögzítsük, és átrajzolás közben ne billentsük el.

20.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy tanuló első fiókjánál a félig takart fecskefarkú fogazás elöl nézve szép volt, de a fiók oldala 1 mm-rel kijjebb állt az előlapnál. A vizsgálatnál kiderült, hogy a fészkek mélysége a fiók előlapjának szélén nagyobb volt, középen pedig kisebb, mert a fészek középen sekélyebb maradt (a vésőt először fúróval sekélyen kimélyítette, majd a széleken túlvésett). A fiókoldal emiatt középen ütközött a fészekfenéken, és a szélein 1 mm-rel kiállt. A javítás a ragasztás előtti száraz illesztéskor a fészekfenék síkra vésése volt, a mélységet mélységütközős jelölővel ellenőrizték; a tanulság az lett, hogy a fészek alját előbb síkra kell igazítani, és csak utána illeszteni a csapot.

20.1.13. Önellenőrzés

1. Igaz-e: a fecskefarkú fogazásnál a farokdarabot kell először elkészíteni? Indokold!
2. Mekkora az 1:8 arányhoz tartozó szög? Kerekítsd tized fokra.
3. Hol látszanak a fogak egy félig takart fogazású fiók előlapján? Mondd meg a pontos nézetet.
4. Miért kell a fűrésznek a hulladék oldalán futnia?
5. Mi a jele annak, ha a fogazás túl szoros? Mi történhet préseléskor?

20.1.14. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg, mi a különbség az egyenes fogazás és a nyílt fecskefarkú fogazás között.

2. feladat (A). Adj meg két olyan terméket, ahol félig takart fecskefarkú fogazást használnak.

3. feladat (B). Számítsd ki egy ferde oldal eltolását és a farok szélességkülönbségét (2e), ha a csatlakozó anyag vastagsága 18 mm, és keményfához 1:8 arányt használsz.

4. feladat (B). Egy egyenes fogazású káva 120 mm széles. A fogak száma 5, a fészkek szélessége 10 mm. Mekkora egy fog szélessége? Használd a $b = n \cdot f + (n+1) \cdot e$ összefüggést, és ellenőrizd az eredményt.

5. feladat (C). Hibaelemzés: egy vevő reklamál, mert az új tömörfa fiók előlapján a sarokban hajszálrepedés látszik. Írd le a lehetséges okokat, a vizsgálat lépéseit, a valószínű okot, a javítást és a megelőzést.

6. feladat (D). Készíts ellenőrzőlistát egy félig takart fecskefarkú fióksarok száraz illesztéséhez. Legalább hat ellenőrzési pontot adj meg, mindegyiknél jelöld az eszközt és a tájékoztató tűrést.

20.1.15. Megoldások

20.1.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A farokról történő átrajzolással a csapdarab pontosan illeszkedik a kész farokhoz, így kisebb a jelölési hibák halmozódása.
2. $\alpha = \arctan 0{,}125 = 7{,}1^\circ$ (kerekítve).
3. A félig takart fogazású fiók előlapján a fogak **nem látszanak** az elölnézetben; a fészkek a belső oldalon vannak, a farok az oldallapon látszik. Elöl nézetben a fogazást szaggatott vonal vagy metszet jelölheti, ha szükséges.
4. Mert a fűrész a hulladékot távolítja el, és a jelölővonalon a méret megtartva marad. Ha a vonal túloldalán vágunk, a kötés túl laza lesz.
5. Túlságosan szorul a száraz illesztésnél, a fogat alig lehet összenyomni. Préseléskor a fa megfeszül, és a farok vagy az előlap megrepedhet.

20.1.15.2. Feladatok megoldásai

1. feladat. Az egyenes fogazás fogainak oldalai párhuzamosak a lap élével, tehát a fog téglalap alakú, és elsősorban ragasztási felületet biztosít. A nyílt fecskefarkú fogazásnál a farok trapéz alakúan hátrafelé szélesedik, így a kötés a sarok irányában húzásra nem húzható szét, mechanikailag is zár.

2. feladat. Pl. tömörfa fiók: az előlap és az oldallap sarokkötése; tömörfa láda vagy doboz sarkai; elegánsabb tárolódobozok is ide tartoznak.

3. feladat. Adott: $v = 18\,\text{mm}$, $a = 8$. Keresett: e. Képlet: $e = \frac{v}{a}$. Behelyettesítés: $e = \frac{18\,\text{mm}}{8} = 2{,}25\,\text{mm} \approx 2{,}3\,\text{mm}$; a szélességkülönbség $2e = 4{,}5\,\text{mm}$. Ellenőrzés: $2{,}25\,\text{mm} \cdot 8 = 18\,\text{mm}$. ∎

4. feladat. Adott: $b = 120\,\text{mm}$, $n = 5$, $e = 10\,\text{mm}$. Keresett: f. Képlet: $b = n \cdot f + (n+1) \cdot e$. Behelyettesítés:

$$120\,\text{mm} = 5 \cdot f + 6 \cdot 10\,\text{mm}$$

$$120\,\text{mm} = 5f + 60\,\text{mm}$$

$$5f = 60\,\text{mm}$$

$$f = \frac{60\,\text{mm}}{5} = 12\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: $5 \cdot 12\,\text{mm} + 6 \cdot 10\,\text{mm} = 60\,\text{mm} + 60\,\text{mm} = 120\,\text{mm}$. ∎

5. feladat. Tünet: a fiók előlapján a félig takart fogazás sarka mellett hajszálrepedés. **Lehetséges okok:** túl szoros fészek; túl mély fészek; a préselésnél túl nagy erő; a fészek alja nem sík, emiatt a csap megtámaszkodik; a fa túl száraz vagy repedésre hajlamos futású. **Vizsgálat:** szétszedés előtt nézd meg, a repedés a fészek aljából indul-e; ellenőrizd a fogak szorulását, a fészekmélységet, a csap hosszát. **Valódi ok:** feltételezve, hogy a fészek alja nem volt sík, a csap a fészek két szélén feküdt fel, és a préseléskor ékhatást fejtett ki, ami a homlokoldalt szétfeszítette. **Javítás:** ha csak hajszálrepedés, száradás után lehet tömíteni, de ha teherhordó helyen van, az alkatrészt cserélni kell. **Megelőzés:** a fészek alját síkra kell vésni, az illesztést szárazon ellenőrizni, és a préselésnél fokozatosan, derékszögben szorítani.

6. feladat. Ellenőrzőlista:

- Derékszög: derékszögelővel, 0,5 mm/100 mm tájékoztató tűrés.
- Illeszkedés: szemrevételezés, a fúgák hézagmentesek, enyhén szorul.
- Fog hossza: tolómérővel, a csap ne üssön át a homloklapon.
- Fészekmélység és homlokfal: mélységmérővel vagy jelölővel; a homlokfal vastagsága legalább az előlap vastagságának 1/4–1/3-a (20 mm-es előlapnál 5–7 mm). **(tájékoztató)**
- A farok széles vége: tolómérővel, a két oldal azonos ferdeségű.
- A fészek alja: acélvonalzó éllel, sík, nincs kiemelkedés.
- Ragasztófelület: nincs szennyeződés, por, zsír, laza rost.

20.1.16. Rövid összefoglaló

A fogazás két széles, egymásra merőleges deszka sarokkötése. Az **egyenes fogazás** téglalap alakú fogakkal és fészkekkel ad nagy ragasztási felületet. A **nyílt fecskefarkú fogazás** farok- és csapdarabból áll; a farok szélesebb vége hátrafelé szélesedik, ezért a kötés húzásra alakzáró. A szög tájékoztató aránya 1:6 puhafánál, 1:8 keményfánál, ami 7,1°-os ferdeség 1:8-nál. Egy ferde oldal eltolása $e = v/a$, a farok széles és keskeny vége közötti különbség $2e = 2v/a$, ahol v a fog hossza. A **félig takart fecskefarkú fogazás** fiókelőn használatos: a fészkek az előlapba nem mennek át, a homlokoldal tömör marad. Kézi készítésnél a farokdarabot először készítjük, arról rajzolunk át, és a fűrész a hulladék oldalán vág, hogy a jelölővonal mögött maradjon. Gépi fogazásnál fogazósablont és felsőmarót, illetve CNC-programot használunk. A jó illesztés szárazon enyhén szorul; a túl szoros kötés préseléskor reped, a túl laza kötés gyenge. Továbbvitt eredmény: a fecskefarkú fogazást használjuk a fiókos és kávaszerkezetű bútorok szerelésénél.

20.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN ISO 128, 129 szerinti műszaki rajzi elvek a fogazás jelölésére (ellenőrizendő: hatályos verzió).
- Fecskefarok-szög tájékoztató arányok: 1:6 és 1:8 (ellenőrizendő a használt szakkönyv szerint).
- Ragasztó vízállósági osztályok: MSZ EN 204 D1–D4 (ellenőrizendő: pontos osztály a kiválasztott ragasztó adatlapja szerint).
- Gépi fogazósablonok mérete és a felsőmaró beállítása (ellenőrizendő: a gyártó sablon- és gépkönyvi adatai alapján).
- CNC fogazás programlépései gépfüggők (ellenőrizendő: a megmunkálóközpont vezérlési dokumentációja).

20.2. Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok

Ahogy egy konyhaszekrény oldallapját és polcát kell úgy összekapcsolni, hogy a lapok külső oldala tiszta maradjon, de a kötés mégis merev legyen, előbb-utóbb eljutsz az **idegencsapos kávakötésekhez**. A **köldökcsap** (néhol **tipli**) és a **laposcsap** (gyakran **lamelló**) nem látszó, rejtett csap, ezért a bútorlapon nincs takarandó csapvég, viszont a csapok megvezetik és megtartják a két alkatrészt. A hibát itt nem a csap látható része, hanem a rosszul elhelyezett furat vagy horony okozza: elcsúszik a lap, kidudorodik a szél, vagy éppen kilyukad a munkadarab.

Képzeld el, hogy egy 18 mm vastag, 300 mm széles bútorlap élhez kell erősítened egy másik lapot. A csapok kívülről nem látszanak. A két lapot **pár-jelöléssel** egymáshoz rendeled, a furatokat vagy hornyokat **közös bázisoldalról** méred, ragasztót viszel fel, majd szorítózod. Ha a furat csak fél mm-rel elcsúszik, a lapok élei már lépcsősek lesznek, ezért itt minden a **sablonon, ütközőn és mélységhatárolón** múlik.

20.2.1. Idegencsapos kötések alapfogalmai

Definíció. Az **idegencsap** olyan különálló, előre legyártott csap, amelyet a kötendő elemekbe fúrt vagy mart, ellendarabokból álló fészekbe ragasztunk. A faipari gyakorlatban az idegencsap lehet **köldökcsap** (hengeres, bordázott vagy sima palástú fatipli) vagy **laposcsap** (lamelló, félhold alakú préselt bükk vagy gyártói anyagú lapocska).

Definíció. A **köldökcsapos kötés** vakfuratba ragasztott hengeres fa- vagy műanyagcsap. A **lamellós kötés** ívpályán mart, félhold alakú horonyba helyezett laposcsapos kötés.

Megjegyzés. A **köldökcsap** és a **tipli** a műhelyi nyelvben gyakran ugyanazt a hengeres idegencsapot jelenti. A **lamelló** a laposcsap gyakori kereskedelmi neve. A pontos termékméretet és anyagot a gyártói adatlap adja meg (ellenőrizendő).

A **bázisoldal** és **bázisél** a megmunkálás viszonyítási felülete. A szakrajzon, az előrajzoláson és a sablonon mindig ugyanabból az oldalból/élből indulunk, így a párba tartozó alkatrészek furatai és hornyai egymáshoz illeszkednek. Ezt a korábban tanult „bázislap–bázisél” szabályt használjuk.

20.2.2. A köldökcsapok mérete és elrendezése

A köldökcsap átmérője, hossza és darabszáma a lap vastagságától, a terheléstől és a beépítési helytől függ. A következő arányok **tanulási példák**, nem tervezési előírások (ellenőrizendő: gyártói adatlap, aktuális szabvány vagy műszaki leírás):

- A csapátmérő d kb. a vékonyabbik alkatrész vastagságának **1/3-a és 1/2-e** között legyen, de 6 mm alá ritkán érdemes választani.
- A furatmélység h élbe vagy bütübe fúrt furatnál legalább a csap **átmérőjének háromszorosa** legyen (a $3d$ szabály csak ilyen furatra érvényes), és a csaphossz felénél kb. 1–2 mm-rel nagyobb, hogy a ragasztó és a túlfolyás helyet kapjon. A lap felületébe fúrt furat legfeljebb $h \le v - 5\,\text{mm}$ mély lehet, hogy a külső oldalig legalább 4–5 mm maradékfal maradjon.
- A csap hossza L úgy legyen megválasztva, hogy a két furat együttes mélysége a csaphossznál 2 mm-rel több legyen ($h_1 + h_2 = L + 2\,\text{mm}$), vagyis a furatok alja és a csap vége között összesen 2 mm hézag maradjon.

Összefüggés. Egy vakfurat-párnál oldalankénti furatmélység:

$$h \approx \frac{L}{2} + 1\,\text{mm}$$

ahol L a csap teljes hossza, h az egy oldalba fúrt mélység, ha a csap középhelyzetű és mindkét oldalba azonos mélységű furat fúrható (élbe–élbe kötésnél). Lapba–élbe kötésnél a furatmélységek aszimmetrikusak: a lapba fúrt furat $h_1 \le v - 5\,\text{mm}$, a másikba $h_2 = L + 2\,\text{mm} - h_1$.

Példa. Ha $L = 40\,\text{mm}$, akkor $h \approx \frac{40}{2} + 1 = 21\,\text{mm}$. Ezt a fúrómélység-ütközőn **ellenőrizhető próbadarabon** állítsd be.

Számítás (köldökcsapok száma). A polc vagy a káva szélességén több csapot érdemes elhelyezni. A szélső csapok a szélektől kb. $e = d \cdot 2$ vagy 25–30 mm távolságra kerüljenek (tájékoztató). A közbülső csapok osztástávolsága t kb. $4d \dots 6d$ legyen.

Egyszerű, kerekítéses becslő képlet:

$$n_{\text{csap}} \approx \left\lfloor \frac{b - 2e}{t} \right\rfloor + 1$$

ahol b a csapsor menti szélesség, e a szélső távolság, t az osztás. A kiszámolt értéket a munkadarab tényleges terheléséhez ésszel igazítsd.

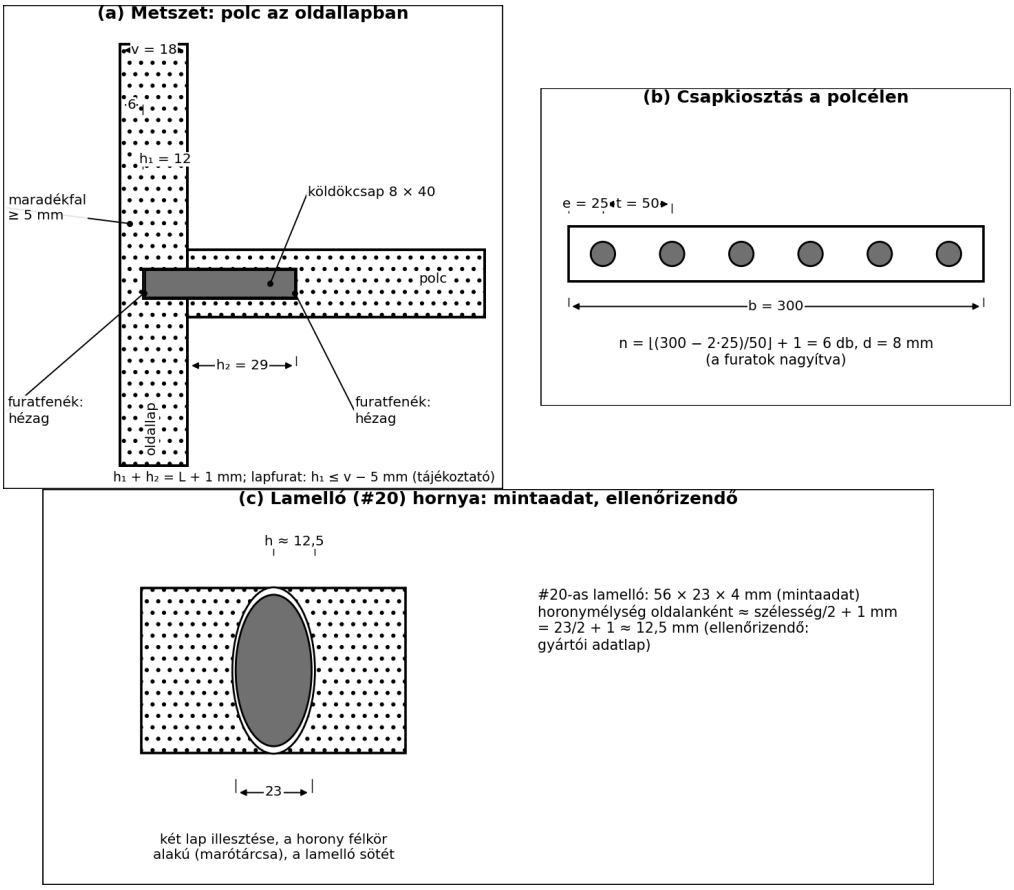
Számítási példa.
Adott egy $b = 300\,\text{mm}$ széles polcél, $d = 8\,\text{mm}$ átmérőjű köldökcsap. Választás: $e = 25\,\text{mm}$, $t = 50\,\text{mm}$.
Keresett: n_{csap}.

$$n_{\text{csap}} = \left\lfloor \frac{300 - 2 \cdot 25}{50} \right\rfloor + 1 = \left\lfloor \frac{250}{50} \right\rfloor + 1 = 5 + 1 = 6$$

Tehát 6 db, $d = 8\,\text{mm}$-es csapot tervezünk, szélen 25–25 mm, közbül 50 mm osztással. **Ellenőrzés:** a szélső csap középvonala az éltől 25 mm-re, az utolsó a 275 mm-re van, a kiosztás szimmetrikus. ∎

Ha egy keskeny sarokvasalat alá csak 2 csap fér, válassz nagyobb átmérőt vagy hosszabb csapot, ne szaporítsd a csapot úgy, hogy a szélső furat közelebb kerül 15 mm-nél a szélhez, mert a perem könnyen kireped.

Az ábra a polc–oldallap kötést mutatja metszetben 18 mm-es lapokkal és 8 × 40 mm-es csappal: a lapba fúrt furat csak 12 mm mély, hogy legalább 5–6 mm maradékfal maradjon, a polc élébe fúrt furat a többi, 29 mm. Mellette a számítási példa csapkiosztása és a #20-as lamelló hornyának metszete látható. A HTML-változat kalkulátora a furatmélységeket, a maradékfalat és a csapszámot számolja.



20.4. ábra. Köldökcsapos lapba–élbe kötés: (a) metszet aszimmetrikus furatmélységgel ($h_1 = 12$ mm, $h_2 = 29$ mm), (b) csapkiosztás a polcélen, (c) lamellóhorony metszete (mintaadat)

20.2.3. A köldökcsapfúrás szerszámai és a fúrósablon

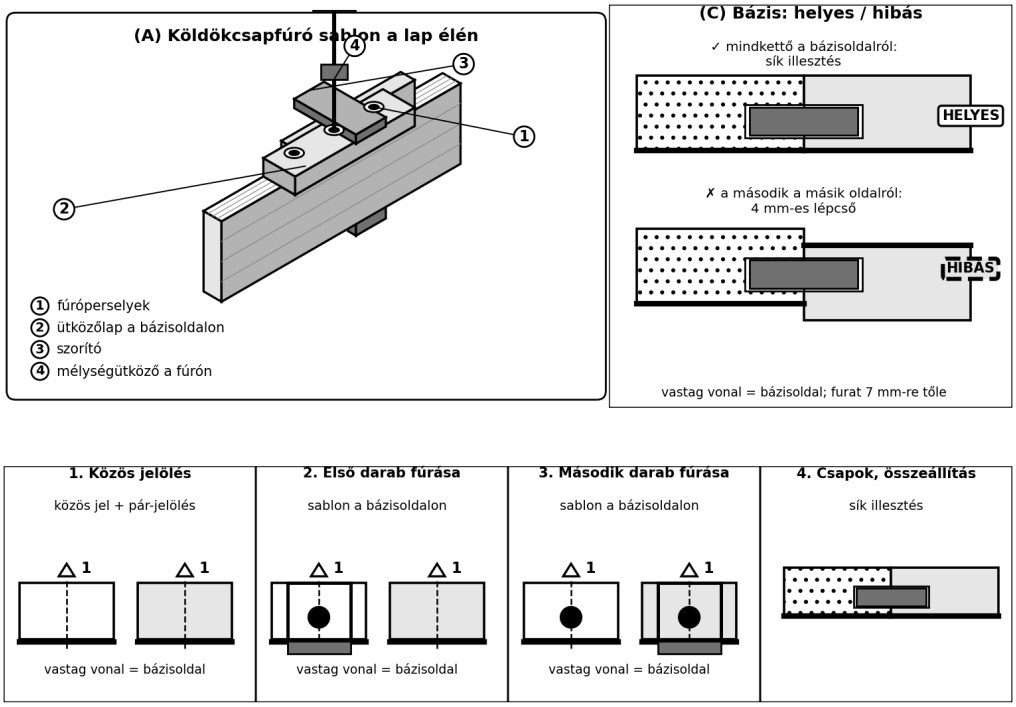
A **köldökcsapfuratot** általában **fúrógéppel** készítjük: kézi fúrógéppel, **oszlopos fúrógéppel**, **sorozatfúróval** vagy **köldökcsapfúró** hosszlyukfúró adapterrel. A bútoripari sorozatfúró feje a 32 mm-es raszter szerint több furatot készít egyszerre; ezt részletesen a Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek alfejezetnél tanuljuk. Itt a **fúrósablonnal** és **kézi fúrógéppel** készülő kötésre koncentrálunk.

Definíció. A **fúrósablon** olyan pozicionáló segédeszköz, amely a fúrót vagy a fúróperselyt a bázisfelülethez képest mindig ugyanoda vezeti. Lehet bolti, lyukazott létrás sablon, vagy műhelyben készített, edzett perselyes léc.

Szabály. A furat helyét a sablonon mindig a **bázisoldaltól** és a **bázistól** mérd. A sablonhoz a munkadarabot ugyanazzal a bázisoldalával szorítsd, mint a rajzon szerepel.

A **mélységhatároló** (mélységi ütköző) a fúrón állítható gyűrű vagy a furatmélységhez erősített ütköző. Ha nincs, használj **szigetelőszalag-tekercset** a fúrószár köré, de ez csak gyakorló módszer; pontos sorozatnál használj állítható mélységi ütközőt.

A **köldökcsapfúró** hengeres, központosító hegyű fafúró, vagy speciális köldökcsapfúró. A fúró átmérője **pontosan a csap átmérőjével azonos** legyen. A **gyorsacél** fúrók alkalmasak tömörfához és lapanyaghoz; a keményfához éles, megfelelően szögelt fúrót válassz. A megengedett fordulatszámot a fúró és a fúrógép gyártója adja meg (ellenőrizendő: gépkönyv).



(B) Sablonos fúrás lépései – a darabok élükkel felfelé, felülnézetben (fekete = furat)

1. A két darabot összefektetve közös ceruzajelet húzunk a csapok helyére, és felrajzoljuk a pár-jelölést (bázisháromszög + sorszám).

2. A sablont a bázisoldalra (ütközőlap) és a jelhez igazítva rögzítjük, és mélységütközővel fúrunk.

3. A második darabot UGYANARRÓL a bázisoldalról fúrjuk – a sablon ütközőlapja ismét a jelölt oldalon fekszik.

4. A csapokat ragasztóval az egyik darabba nyomjuk, majd összeállítjuk: a lapok síkban zárnak.

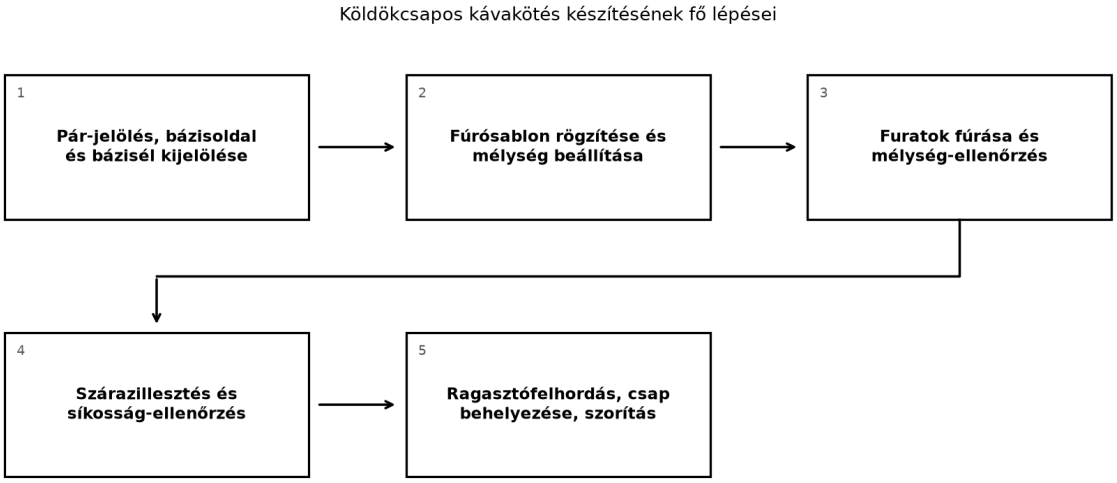
20.5. ábra. Köldökcsapfúró sablon: (A) a sablon részei a lap élén, (B) sablonos fúrás két darabon ugyanarról a bázisoldalról, (C) helyes és hibás bázisválasztás

20.2.4. Pozicionálás, pár-jelölés

Eljárás. Köldökcsapos kávakötés készítése fúrósablonnal:

1. Rendeld párba az alkatrészeket, és a **mutatóoldalt**, valamint a **bázisélt** jelöld meg ceruzával.
2. Rajzold fel az előlnézeti rajzból a csapkiosztást **mindkét darabra a bázisoldalról**, vagy használj közös sablont.
3. Rögzítsd a fúrósablont a munkadarabra **szorítóval**, ellenőrizd a sablon és a bázisél síkját.
4. Állítsd be a fúrómélységet a próbadarabon, majd fúrd ki az első furatot.
5. Az első mélységet **mérőtolóval** ellenőrizd: a furat mélysége a csaphossz felénél kb. 1 mm-rel nagyobb legyen.
6. Fúrd ki a többi furatot ugyanabból a sablonból, ne forgasd el a sablont.
7. Ismételd meg a pár darabon a **tükörpozícióban** (ha szükséges).
8. Fúj ki a forgácsot, illeszd szárazon a csapokkal a két elemet, majd bontsd szét.
9. Kend be a furatokat és a csappalást ragasztóval, üss vagy nyomd be a csapot, húzd össze szorítóval.
10. Távolítsd el a kinyomódott ragasztót, ellenőrizd a derékszöget és a síkbeliséget.

Figyelem. A csapot **ne üsd be** erővel ütközésig, mert a túlfolyó ragasztó hidraulikus nyomása szétvetheti a lapot. A furat aljára hagyj 1–2 mm hézagot.



20.6. ábra. Köldökcsapos kávakötés készítésének fő lépései - A technológiai sorrend a pozicionálástól a ragasztásig. A szárazillesztés a ragasztó előtti kötelező ellenőrző lépés.

20.2.5. Lamelló (laposcsap) helyének marása

A **lamellózó gép** (laposcsap-marógép) félhold alakú, 4 mm széles hornyot mar. A horony hossza a lamelló hosszánál kissé nagyobb, mélysége a lamelló szélességéhez igazodik (a gép a lamelló méretjelének megfelelő ütközővel állítja be). A gyakori bútoripari lamellóméretek: #0, #10, #20, néhol #6 is. A pontos méret gyártónként eltérhet (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

Szabály. A lamelló középvonalát az alkatrész szélétől úgy kell elhelyezni, hogy a **külső fal vastagsága legalább 4–5 mm** maradjon, de a lamelló ne kerüljön túl belülre, mert akkor nem vezet. A horony mélysége kb. a lamelló szélességének fele + 1 mm legyen (ellenőrizendő: gépkönyv); a horony hossza a lamelló hosszánál néhány mm-rel nagyobb, így a lamelló oldalirányban igazítható.

Számítási példa (lamellóhorony).
Adott: #20-as lamelló, hossza 56 mm, szélessége $b_{\text{lam}} = 23\,\text{mm}$ (mintaadat, ellenőrizendő: gépkönyv, gyártói adat).
Keresett: oldalankénti horonymélység h.

$$h = \frac{b_{\text{lam}}}{2} + 1\,\text{mm} = \frac{23}{2} + 1 = 12{,}5\,\text{mm}$$

Tehát a gépen kb. 12,5 mm mély hornyot kell maratni oldalanként. **Ellenőrzés:** a két horony együtt 25 mm, a lamelló 23 mm széles, így 2 mm hézag marad. ∎

Megjegyzés. A lamelló a horonyba a keskeny méretével (szélességével) merül be, ezért a **szélessége** határozza meg a horony mélységét; a horony **hossza** a lamelló hosszánál (56 mm) kissé nagyobb. A lamelló **vastagsága** préselt bükkből kb. 4 mm, így a gép 4 mm-es marótárcsával dolgozik.

A **laposcsap-marógép** kezelésekor a gépet mindig a munkadarabra ütköztetve, **bázisélhez** képest vezesd. A beépített, állítható szögű ütközővel sarok-, T- és síkbeli kötést is készíthetsz. A

munkadarabot szorítóval rögzítjük (kis darabot sosem tartunk kézzel). A gépet két kézzel fogva az ütközőt a bázislapra/bázisélre fektetjük, egyenletesen bemerítjük, majd a tárcsa visszahúzódása után emeljük el. A kéz sose kerüljön a gép homloklapja elé. Az elszívást csatlakoztatjuk (ellenőrizendő: gépkönyv).

20.2.6. Ragasztás idegencsappal

Az idegencsapos kötés **ragasztott kötés**. A ragasztóanyag kiválasztása a felhasználás helyétől függ: beltéri bútorhoz **D2**, nedves helyre **D3**, kültéri, gyakran nedvesedő szerkezethez **D4** vízállósági osztályú ragasztó szükséges az MSZ EN 204 szerint (ellenőrizendő a jelölés pontos szövege). A ragasztó felhordása előtt a furat és a csap felülete legyen tiszta, pormentes.

A **felhordás** történhet kefével, ragasztópalackkal vagy applikátorral. A furat belső palástját és a csap palástját egyaránt vékonyan, egyenletesen kend be. A felesleges ragasztót azonnal töröld le, mert a megszáradt film a felületkezelés előtt csiszolási hibát okoz.

A **szorítás** igazodjon a kötés geometriájához. Sarokkötésnél használj **sarokszorítót**, hosszú káva esetén **táblásításhoz** hosszú szorítót. A szorítónyomás legyen egyenletes, **ne feszítsd túl**, mert a bútorlap éle benyomódhat. A préselési idő a ragasztó műszaki adatlapján szerepel (ellenőrizendő).

20.2.7. Technológiai lap

Technológiai lap. Cél: 300×300 mm méretű, 18 mm vastag bútorlapból készült polc csatlakoztatása két oldallaphoz köldökcsapokkal.

- **Anyagok:** 2 db oldallap 300×300×18 mm, 1 db polc 300×264×18 mm, 12 db 8×40 mm köldökcsap (+ 2 db tartalék), D3 PVAc ragasztó, tisztító rongy.
- **Szerszámok, gépek:** köldökcsapfúró vagy 8 mm-es csigafúró, fúrógép, fúrósablon, mélységi ütköző, derékszögelő, acélvonalzó, mérőtoló, sarokszorító, táblásító szorító.
- **Gépbiztonság.** A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Viselj védőszemüveget, fapor ellen FFP2 légzésvédőt, szoros ruhát; kesztyűt ne viselj. Kézi fúrógépen a munkadarabot szorítsd le, a bő ruhaujjat fogd el. Csak áramtalanított, leállított gépen állíts furatmélységet vagy cserélj fúrót.
- **Indítás előtti ellenőrzés:** fúróhegy ép, a fúró egyenesen fut, a mélységi ütköző rögzítve; a sablon perselye nem kopott; a munkadarab szeg- és idegenanyag-mentes; az elszívás bekapcsolva (ha van csatlakozás).

Lépések:

1. Ellenőrizd a rajzot és a sablont: csapkiosztás a polc mindkét végén 6 db (25 mm szélső távolság, 50 mm osztás). – ellenőrzés: a rajz szerinti méret mm-ben.
2. Jelöld a bázisoldalt és bázisélt minden darabon. – ellenőrzés: a pár-jelölés két darabon azonos oldalról.
3. Rögzítsd a sablont a munkadarabra a bázisél mentén szorítóval. – ellenőrzés: a sablon és az él között nem marad hézag.
4. Próbafúrás hulladékdarabon: állítsd be az oldallapon a 12 mm-es, a polc élén a 29 mm-es furatmélységet. – ellenőrzés: mérőtolóval mért mélység 12, illetve 29 mm, tűrés ±0,5 mm.
5. Fúrd ki a furatokat az oldallapokon és a polc két végén. – ellenőrzés: furat derékszögű, nem ferdül.

6. Szárazillesztés: helyezd be a csapokat, illeszd össze a polcot és az oldallapokat, lazán szorítsd meg. – ellenőrzés: a külső felületek síkban futnak, a derékszög 90° ± 1 mm a 300 mm-es átlón, tájékoztató.
7. Szedd szét, fújd ki a forgácsot, kend be a furatokat és a csapokat ragasztóval. – ellenőrzés: minden csap felülete vékonyan nedves a ragasztótól.
8. Szereld össze, szorítsd meg sarokszorítóval és táblásító szorítóval, töröld le a kinyomódott ragasztót. – ellenőrzés: nincs rés a kötés vonalában.
9. A présidő után (ragasztó adatlapja, pl. 30–60 min, ellenőrizendő) lazítsd a szorítót, tedd félre a munkadarabot. – ellenőrzés: a ragasztó megszáradt, a kötés nem mozog.

Dokumentálás: munkanaplóba írd fel a beállított furatmélységet, a fúróátmérőt, a csap hosszát, a ragasztó típusát és a préselési időt; hibajelenséget fényképezz.

20.2.8. Minőségellenőrzés

Ellenőrizd a **furatmélységet** mérőtolóval vagy tüske-mélységmérővel. A furat **ne legyen átmenő**: a maradék falvastagság legalább 4–5 mm legyen a külső oldalig. A **csapméret** ellenőrzése: a csap átmérője a furatba könnyen, de nem lötyögve illeszkedjen; a bútoripari illesztésnél 0,1–0,2 mm játék megengedett a ragasztó beférkőzéséhez (tájékoztató, ellenőrizendő). A **kötésvonal** húzódjon egymáson, a külső oldalak síkban legyenek; a derékszöget átlóméréssel ellenőrizd. Ha a felület eltér, szorítózás közben igazítsd, és a szorítót megfelelően állítsd be.

20.2.9. Tipikus hibák és okaik

Elcsúszott furat. A fúrósablon megcsúszott, a bázisoldalt nem azonos oldalról vettük, vagy a fúró hegye a ferde élről elvitte a furatot. A csapok összerántáskor feszítenek, a lapok élei nem egy vonalban állnak. **Helyes gyakorlat:** a sablont mindig szorítóval rögzítsd, fúrás előtt előhegyezz (középpontos fúróval), és a pár-jelölést ne hagyd el.

Túl mély furat. A mélységi ütköző lecsúszott, vagy nem is volt beállítva. A csap a furat aljára ül, a ragasztó nem fér el, a csap kilazul; rosszabb esetben átmenő furat lesz. **Helyes gyakorlat:** mindig próbadarabon állíts furatmélységet, és a fúrón lévő mélységi ütközőt ellenőrizd.

Kilyukadás a külső oldalon. A csap túl hosszú a vakfurathoz, vagy a furatot a vékony alkatrész rossz oldaláról fúrtuk. A külső oldalon kidudorodik vagy kiszakad a fúróhegy. **Helyes gyakorlat:** a csap hosszát és a furatmélységet oldalanként ellenőrizd; a fúrási oldalt a rajzon és a párjelölésen rögzítsd.

Ragasztóhiány vagy ragasztódugó. A furatot nem kentük be, vagy a csapot teljesen beütöttük, és a ragasztó a furat alján összegyűlt. A kötés gyenge, a csap ki tud húzódni. **Helyes gyakorlat:** a ragasztót vékonyan, a furat palástjára is vidd fel; a csapot ne üsd fenékig, hagyj 1–2 mm hézagot.

20.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanulóműhelyben konyhai polcrendszert gyártottak 18 mm-es MDF lapból, köldökcsapos rögzítéssel. A darabok szárazillesztés nélkül kerültek ragasztásra, és a fúrósablont csak az egyik végén szorították le. A polc behelyezésekor az egyik csap ferdén ült, a lapok élén 1 mm-es lépcső keletkezett. A hiba oka a sablon elfordulása volt, amelyet a szárazillesztéskor azonnal látni lehetett volna. A javítás: a hibás furatot 10 mm-esre felfúrták, majd 10 mm-es köldökcsapot ragasztottak be (ez erősített javítás), de a munkadarabot újra kellett szabni, mert a bútorlapon

maradt a korábbi furatnyílás. A tanulság: **próbadarab, szárazillesztés és pár-jelölés nélkül idegencsapos kötést ne ragaszz.**

20.2.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A köldökcsap átmérője lehet nagyobb a vékonyabb alkatrész vastagságánál.

2. Miért kell a furatmélységet a csaphossz felénél 1–2 mm-rel mélyebbre fúrni?

3. Mire való a fúrósablon?

4. Hogyan ellenőrzöd a szárazillesztéskor a derékszöget?

5. Mi a gyakori hiba, ha a csapot erővel a furat aljáig ütöd?

6. Melyik ragasztóra hivatkozunk, ha a kötést nedves környezetbe szánjuk?

20.2.12. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg egy 16 mm vastag bútorlaphoz ajánlott köldökcsap-átmérő tartományát a tájékoztató szabály szerint. Számold ki, mekkora furatmélység kell oldalanként egy 35 mm hosszú csaphoz.

2. feladat (A). Rajzold le szövegesen egy 250 mm széles, 18 mm vastag polcél köldökcsap-kiosztását: 8 mm-es csap, szélső távolság 25 mm, osztás 50 mm. Hány csap fér el?

3. feladat (B). Egy asztalos sarokkötéshez #20-as lamellót használ. A lamelló hossza 56 mm, szélessége 23 mm, vastagsága 4 mm (mintaadatok). Számítsd ki az oldalankénti horonymélységet. Miért hosszabb a horony a lamelló hosszánál?

4. feladat (B). Egy köldökcsapos kötésnél a rajz szerint a csap $d = 10\,\text{mm}$, a munkadarab vastagsága $v = 20\,\text{mm}$. A furatmélység oldalanként 18 mm lett, a csap hossza 40 mm. Mi a hiba ebben a méretezésben? Javítsd ki a furatmélységet, ha a csap hosszát megtartjuk.

5. feladat (C). Tervezz meg egy 400 mm széles, 18 mm vastag polclap élhez való köldökcsap-kiosztást, ha a csap átmérője 8 mm, a szélső távolság minimum 20 mm, a legnagyobb osztás 60 mm. Add meg a csapok számát, a szélső távolságokat és az osztást. Indokold a választásod.

6. feladat (D). Készíts technológiai lépéssort egy 18 mm-es bútorlapból álló kis doboz sarokkötéséhez lamellóval. Sorold fel az ellenőrzési pontokat, a szükséges gépeket/szerszámokat és a Gépbiztonság legfontosabb mondatát.

20.2.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A csapátmérő legfeljebb a vékonyabb alkatrész vastagságának kb. fele lehet, hogy a falvastagság megmaradjon.

2. Hogy a ragasztó és a csap előtt ne legyen dugattyúhatás, maradjon hely a ragasztónak, és a csap ne üljön fel a furat aljára.

3. A fúrósablon biztosítja, hogy a fúró mindig a bázisfelülethez képest azonos helyen, derékszögben fúrjon.

4. A szárazillesztéskor az összeállított szerkezet átlóit mérd meg; a két átlónak azonos hosszúságúnak kell lennie (tájékoztató tűrés ±1 mm).

5. A ragasztó nem fér ki, hidraulikus nyomás keletkezik, a csap kidudoríthatja a lapot, vagy a kötés gyenge lesz.

6. Nedvességálló ragasztóosztályra, jellemzően D3 vagy D4 (MSZ EN 204 szerint, ellenőrizendő).

1. feladat. A vastagság 16 mm, ajánlott átmérő $d = \frac{16}{3} \ldots \frac{16}{2}$ mm, tehát kb. 5,3 … 8 mm. Merevebb polchoz válassz 8 mm-t. A furatmélység $h = \frac{35}{2} + 1 = 17{,}5 + 1 = 18{,}5$ mm; gyakorlatban 18,5–19 mm. **Ellenőrzés:** a csap 35 mm, két oldalon 18,5+18,5 = 37 mm, tehát 2 mm hézag marad. ∎

2. feladat. A szélesség 250 mm, e = 25 mm, t = 50 mm, d = 8 mm. A szélső furatok tengelytávolsága 25 mm az éltől. A [25; 75; 125; 175; 225] mm helyeken 5 csap fér el. Képlettel: $n = \left\lfloor \frac{250 - 2 \cdot 25}{50} \right\rfloor + 1 = \left\lfloor \frac{200}{50} \right\rfloor + 1 = 4 + 1 = 5$. **Ellenőrzés:** 25+4×50+25 = 250, szimmetrikus. ∎

3. feladat. $h = \frac{23}{2} + 1 = 12{,}5$ mm horonymélység oldalanként. A horony hosszát a gép a lamelló hosszánál néhány mm-rel nagyobbra mar, hogy a lamelló oldalirányban igazítható legyen, és a ragasztó el tudjon oszolni. **Ellenőrzés:** a két horony együtt 25 mm, a lamelló szélessége 23 mm, így 2 mm hézag marad. ∎

4. feladat. A csap hossza 40 mm, a furatmélység oldalanként 18 mm. A csap fele 20 mm, tehát oldalanként legalább 20+1 = 21 mm furatmélység kellene. A megadott 18 mm-nél a csap nem fér be teljesen, vagy a ragasztónak nincs hely. Helyes: $h = \frac{40}{2} + 1 = 21$ mm. **Ellenőrzés:** 21+21=42 mm teljes mélység, a csap 40 mm, így 2 mm hézag. ∎

5. feladat. Egy lehetséges megoldás: d = 8 mm, e = 24 mm, t = 56 mm. $n = \left\lfloor \frac{400 - 2 \cdot 24}{56} \right\rfloor + 1 = \left\lfloor \frac{352}{56} \right\rfloor + 1 = 6 + 1 = 7$ csap. A tengelyek: 24, 80, 136, 192, 248, 304, 360 mm. A szélső távolság 24 mm, az utolsótól a másik széléig 40 mm, tehát a sor nem teljesen szimmetrikus. Szimmetrikussá tehető e = 32 mm választással: $n = \left\lfloor \frac{400 - 2 \cdot 32}{56} \right\rfloor + 1 = \left\lfloor \frac{336}{56} \right\rfloor + 1 = 6 + 1 = 7$, a szélső 32 mm, az utolsótól 32 mm. Indoklás: a szélső furat ne legyen 20 mm-nél közelebb, a t = 56 mm kényelmes, a csapok jól elosztják a terhelést. ∎

6. feladat. Technológiai lépések: (1) ellenőrizd a rajzot, jelöld a bázisoldalakat; (2) állítsd be a lamellózógép horonymélységét és szögét; (3) marj hornyot az egyik alkatrész élébe, ütközővel; (4) marj hornyot a pár darabba, ugyanabból a bázisból; (5) szárazillesztés: a lamelló helyezd be, ellenőrizd a derékszöget; (6) ragasztófelhordás a horonyba és a lamellóra; (7) szereld össze, szorítsd meg; (8) töröld le a ragasztót, ellenőrizd a síkosságot. Gépek/szerszámok: lamellózó, szorító, derékszögelő, mérőeszköz, ragasztó. Gépbiztonság: a gépet csak betanított, felügyelt tanuló használja; kesztyűt ne viselj; a munkadarabot rögzítsd; a szerszámot csak áramtalanított gépen cseréld; viselj védőszemüveget és légzésvédőt.

20.2.14. Rövid összefoglaló

Az **idegencsapos kávakötés** különálló csapot, **köldökcsapot** vagy **laposcsapot** (lamellót) használ. A köldökcsap hengeres, vakfuratba ragasztott elem, a lamelló félhold alakú horonyba illeszkedő préselt lapocska. A fúrás és a marás pontossága a **bázisoldal, bázisél és párjelölés** következetes használatán múlik. A **fúrósablon** a fúrót mindig azonos helyre vezeti, a

mélységhatároló a furatmélységet állítja. A csapátmérő tájékoztató szabálya: a vékonyabb alkatrész vastagságának $1/3 \sim 1/2$-e, legalább 6 mm; furatmélység oldalanként $h \approx L/2 + 1\,\text{mm}$, ahol L a csap hossza. A lamellóhorony mélysége $h \approx b_{\text{lam}}/2 + 1\,\text{mm}$, ahol b_{lam} a lamelló szélessége; a horony hossza a lamelló hosszánál kissé nagyobb. A ragasztás előtt kötelező a **szárazillesztés**: ellenőrizd a síkbeliséget és a derékszöget átlóméréssel. A ragasztót a furat palástjára és a csapra is vidd fel, a csapot ne üsd fenékig. A gyakori hibák: elcsúszott furat, túl mély furat, kilyukadás. **Továbbvitt eredmény:** ezt az elvet használjuk a Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek gépeinél, a Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések és az Egyszerű munkadarabok: tervezés, kivitelezés, önértékelés csapozásainál.

20.2.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari szakkönyvek az idegencsapos kötésekről, fúrógép- és lamellózógép gépkönyvek, ragasztógyártók műszaki adatlapjai, MSZ EN 204 ragasztó-vízállósági osztályok, faipari gépek biztonságára vonatkozó MSZ EN ISO 19085 sorozat. Ellenőrizendő: a konkrét csap- és lamellóméretek (a gyártók katalógusai eltérhetnek), a ragasztópréselési idők, a D1–D4 osztályok pontos jelölése, a marógépek beállítási paraméterei, valamint a bútoripari tűrések. A számításokban szereplő méret- és arányadatok tanulási példák.

20.3. Egyszerű munkadarabok: tervezés, kivitelezés, önértékelés

20.3.1. Motiváció

Az első gyakorlati munkadarabok célja, hogy a korábban külön-külön gyakorolt műveleteket – az Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok alfejezetben tanult lamellózást és köldökcsapozást, valamint a Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés alfejezetben tanult felület-előkészítést – egyetlen valós asztalosipari termékben össze lehessen kötni. A műhelyben a vevő vagy a vizsga nem izolált csapozást vagy csiszolási mintadarabot kér, hanem használható bútort: egy stabil kispadot vagy egy fali szekrényt.

Itt tanulod meg azt a munkamódszert, amelyet a későbbi vizsgaremek elkészítésekor is alkalmaznod kell: a **rajz–anyag–művelet hármas** elvét. Ennek lényege, hogy a rajzból kiindulva anyagszükségletet számolsz, a műveleti sorrendet előre megtervezed, a munkát lépésről lépésre dokumentálva elvégzed, és a végén magad is le tudod ellenőrizni a minőséget.

20.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el a két munkadarabot egymás mellett a műhelyasztalon. Bal oldalon áll egy **ékelt lábú kispad**, amelynek négy lába felfelé enyhén szélesedő, a lábfészkekbe ragasztott lábak felső végébe ék van beütve, így a láb mereven, nyikorgás nélkül ül a lap alatt. Jobb oldalon pedig egy **kávaszerkezetű kis faliszekrény** függ a falon, amelynek két oldala, teteje, alja és polca keretszerűen van összeépítve, hátoldala hornyolt betétlappal. Mindkét darab tölgyfából készült, olajjal kezelt felülettel. A feladat kisebb léptékű, mint egy bonyolult szekrény, de minden lényeges szakmai lépést tartalmaz.

Ebben az alfejezetben a kispadot dolgozzuk ki részletesen, a faliszekrényre pedig egy rövidített művelettervet adunk.

Rajz–anyag–művelet hármas. Mielőtt bármilyen szerszámhoz nyúlnál, a munkafolyamat sorrendje mindig: rajz (vázlat, méretezés), anyag (szabásjegyzék, anyagkiválasztás), majd művelet (technológiai lap és végrehajtás).

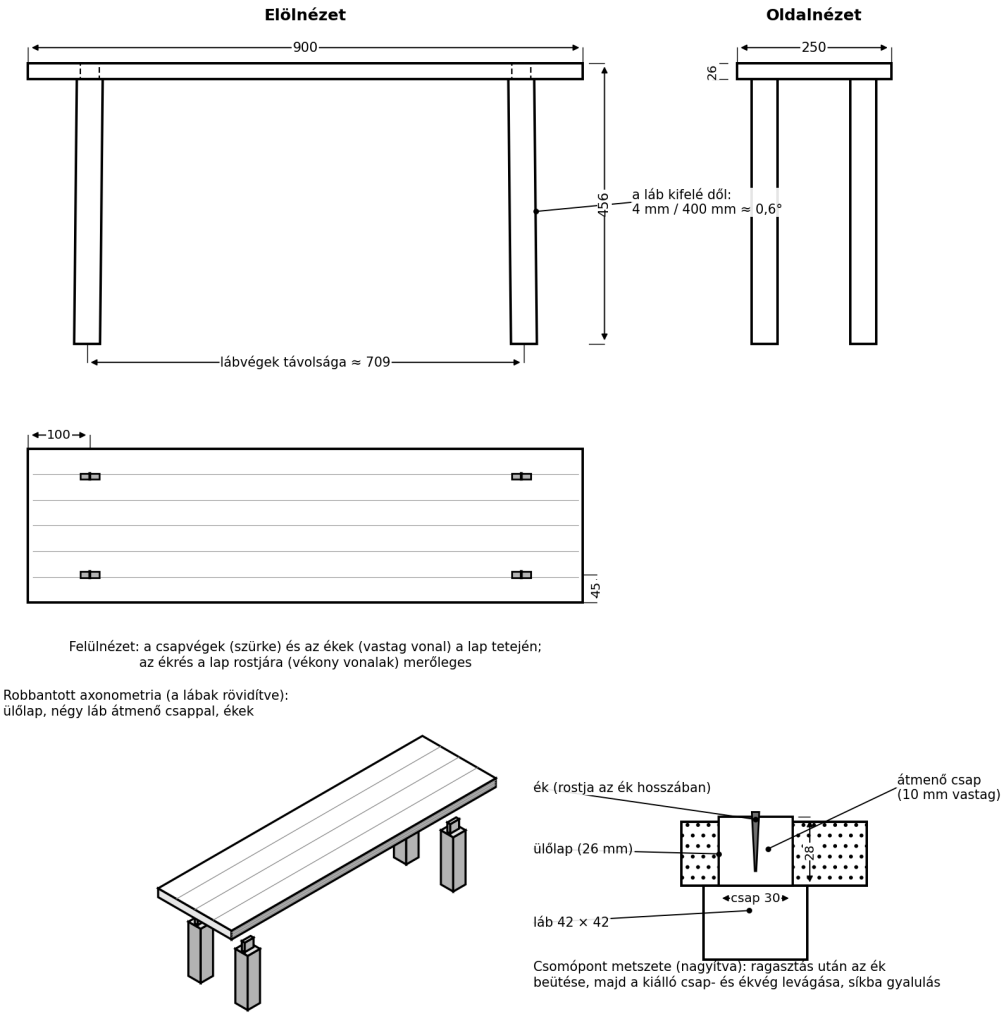
20.3.3. Munkadarab-választás és rajz

Definíció. Az **egyszerű munkadarab** olyan gyakorlótermék, amely kis elemszámmal, jól ellenőrizhető csomópontokkal rendelkezik, de előkészíti a nagyobb, vizsgaszintű termékek szerkezeti és minőségi követelményeit.

Válasszuk az **ékelt lábú kispadot**. A rajza jól átlátható, a kötések teherbíróak, és a hibákat könnyű javítani rajta anélkül, hogy tönkretennéd a teljes készletet.

A kispad méretei (tervezési példa): a **bázislap** és a **bázisél** elvét követve a lap mérete legyen `900 × 250 × 26 mm`, a négy láb pedig `42 × 42 × 430 mm`. A lábak a lap alsó síkjához viszonyítva nem merőlegesek, hanem egy-egy irányban enyhén kifelé dőlnek (kb. `4 mm` eltérés 400 mm hosszon), így a pad vizuálisan stabilabb lesz és nem billegő. A dőlést rajzon kell megadni, hogy a dőlésszög a fúráskor és a beszabáskor is ellenőrizhető legyen.

Rajzleírás. A láb átmenő, 30 × 10 mm-es csappal csatlakozik a laphoz; a csap 2 mm-rel túlnyúlik a lap felső síkján. A csapba fűrészelt ékrésbe ragasztás után éket ütünk; az ékrés a lap rostirányára merőleges, így az ék a lap rostja mentén feszít, és nem hasítja a lapot. Az ék rostja az ék hosszában fut. A kiálló csap- és ékvéget kötés után levágjuk és síkba gyaluljuk. A lábak kifelé dőlése 4 mm 400 mm-en (kb. 0,6°); a rajzon ezt a lábvégek távolságával és a dőlésszöggel adjuk meg. A méretek mm-ben értendők.



20.7. ábra. Ékelt lábú kispad: elölnézet, oldalnézet és felülnézet (E vetítés), a láb–lap csomópont metszete az átmenő, ékelt csappal, valamint robbantott axonometria (a lábak helye szemléltető)

Tervváltozat a faliszekrényhez (vázlat). A faliszekrény mérete `600 × 400 × 180 mm`. Az oldallapok `18 mm` vastag tömörfa kávákból készülnek, a sarkokon **egyenes fogazással** vagy **lamellóval** összeépítve. A hátlap `4 mm` farostlemez, hornyolt süllyesztéssel. A polc `18 mm` vastag, aljazva. A rajzon a fogazás beosztása egyenletes, a polc aljazásának mélysége `6 mm`; a vázlat ajtó nélküli, nyitott faliszekrény.

Továbbvitt eredmény. Az itt elkészített rajz és az önértékelő lap szerkezete azonos lesz azzal, amit a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben használsz majd. A vizsgaremek dokumentációjának is tartalmaznia kell rajzot, szabásjegyzéket, technológiai leírást és költségkalkulációt.

20.3.4. Szabásjegyzék, anyagkiválasztás és kalkuláció

Szabály. A faanyagot a hiba (göcs, repedés, elszíneződés) kikerülésével kell kiosztani. A laphoz sugárirányhoz közeli metszésű, széles, vetemedésmentes deszkát válassz ki; a lábakhoz egyenes szálú, nem csavarodott, lehetőleg kisebb göccsel rendelkező darabokat.

A szabásjegyzékben a **kész méret** az amire az alkatrészt megmunkálod, a **nyers méret** pedig a ráhagyással növelt méret. A ráhagyás a gyalulás, méretre vágás és csiszolás veszteségét fedezi. Kis alkatrészeknél hosszban és szélességben kb. `10–20 mm`, vastagságban `2–3 mm` ráhagyást szokás adni (tájékoztató érték, az anyagminőségtől és a gépi megmunkálástól függ).

Táblázat. A kispad szabásjegyzéke és anyagkalkulációja (mintaárakkal).

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / Megjegyzés
1	Ülőlap	1	Tölgy	900 × 250 × 26	920 × 270 × 28	hosszanti szálirány, gyalult enyhe élletörés
2	Láb	4	Tölgy	42 × 42 × 458 (430 + 28 mm csap)	55 × 55 × 480	lábirány függőleges, dőlés szerint
3	Ék	4	Tölgy	40 × 10 × 3	a láb hulladékából hasítva	rostirány az ék hosszában (a csap tengelyével párhuzamosan)
4	Ragasztó	1	PVAc D3	–	–	–
5	Felületkezelés	1	Kemény-olaj	–	–	–

Számítás. Vizsgáld meg az anyagszükségletet és költséget. A tölgy fűrészáru fajlagos ára legyen **mintaár**: `480 000 Ft/m³` nettó. Az egyes alkatrészek nyers térfogata:

$$V_{\text{nyers}} = \frac{h_{\text{nyers}} \times b_{\text{nyers}} \times v_{\text{nyers}}}{10^9}\ \text{m}^3$$

A lábak összes nyers térfogata:

$$V_{\text{láb}} = 4 \times \frac{480 \times 55 \times 55}{10^9} = 4 \times 0{,}001452 = 0{,}005808\,\text{m}^3$$

A lap nyers térfogata:

$$V_{\text{lap}} = \frac{920 \times 270 \times 28}{10^9} = 0{,}006955\,\text{m}^3$$

Az összes nyers anyagmennyiség (hulladék nélkül, az ékeket a lábak hulladékából hasítjuk):

$$V_{\text{összes}} = 0{,}005808 + 0{,}006955 = 0{,}012763\,\text{m}^3$$

Az anyagköltség:

$$K_{\text{anyag}} = 0{,}012763\,\text{m}^3 \times 480\,000\,\text{Ft/m}^3 \approx 6\,126\,\text{Ft}$$

Ellenőrzés. A kapott `0,0128 m³` nagyságrendileg helyes: ez `12,8 dm³`, kb. egy kisebb vödör faanyag. A hulladék és a ragasztó, csiszolóanyag, olaj költségét a Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció alfejezetben majd részletesen hozzászámolod; most a feladatban a teljes anyagköltség a kiegészítő anyagokkal együtt kb. `7 000 Ft` (lásd a táblázatot).

Költségszámítás. | Költségtétel | Mennyiség | Egység | Egységár (Ft) | Érték (Ft) | |---|---|---|---|---| | Tölgy fűrészáru | 0,01276 | m³ | 480 000 | 6 126 | | PVAc ragasztó D3 | 0,05 | kg | 3 000 | 150 | | Csiszolóanyag | 0,3 | ív | 500 | 150 | | Keményolaj | 0,1 | l | 6 000 | 600 | | **Összesen** | | | | **7 026** |

20.3.5. Műveleti sorrend és technológiai lap

Technológiai lap. Ékelt lábú kispad készítése.

Példa egy tanulóműhelyi technológiai lépéssorra.

Cél: a kispad elkészítése rajz szerinti méretre, használható minőségben. **Anyagok:** tölgy fűrészáru, PVAc D3 ragasztó, keményolaj. **Gépek és szerszámok:** asztalos körfűrészgép, egyengető gyalugép, vastagsági gyalugép, négyszöglyukvéső vagy fúrógép, lamelló-maró (opcionális), kézi gyaluk, véső, fúró, derékszög, tolómérő, csiszoló.

Gépbiztonság. A gépi műveletek betanított, felügyelt tanulóra vonatkoznak; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. A körfűrészen hasítóék, védőburkolat, tolófa; a gyalukon kézvédő, elszívás szükséges. Légzésvédelem a porképző műveleteknél, különösen a csiszolásnál.

Indítás előtti ellenőrzés. 1. Szerszám (körfűrészlap, kés) állapota, élezettsége, rögzítése; a fűrészlap fogai nem csorba, a kés élőéle nem tompa. 2. Védőberendezések a helyükön (hasítóék, védőburkolat, elszívó csonk). 3. A munkadarabokon nincs szeg, laza göcs, repedés. 4. A munkaterület szabad, a vészleállító elérhető, az elszívó bekapcsolt. 5. A beállítások ellenőrzése próbadarabbal.

Lépések. 1. **Anyagkiosztás.** A nyers deszkákat mérd le, jelöld a hibákat, és krétával oszd ki az alkatrészeket a szabásjegyzék méretei szerint. – *Ellenőrzés:* minden alkatrészre jut-e szálirányban, hiba nélkül elegendő anyag. 2. **Darabolás durva hosszra.** A körfűrészen vágd az egyes alkatrészeket a nyers hosszra, a hibákat szúrd ki. – *Ellenőrzés:* a vágások derékszögűek, a hossz legalább 10 mm-rel nagyobb a kész méretnél. 3. **Egyengetés és vastagolás a bázislap–bázisél elv szerint.** Először a lap alsó síkját egyengesd, majd derékszögbe a bázisélt. Vastagolóval hozd a vastagságot kész méretre, majd a szélességet szélező fűrészen vagy gyalun. – *Ellenőrzés:* a derékszög eltérése 0,5 mm-en belül (tájékoztató), a vastagság párhuzamos a rajzéval. 4. **A lábak csapozásának előkészítése.** A négy láb felső végét gyaluld meg, jelöld a dőlést. Jelöld ki a 30 × 10 mm-es csapot, és fűrészeld, vésd ki 28 mm hosszúra (26 mm lapvastagság + 2 mm ráhagyás). Fűrészeld be az ékrést a csapba a lap rostirányára merőlegesen. – *Ellenőrzés:* a csap szélessége a fészek mérete szerint, a csap ne feszüljön, de ne is lötyögjön. 5. **A lap megmunkálása.** A lap alsó síkjára rajzold fel a lábak csapfészkét a dőlésnek megfelelően. Fúrd ki és vésd ki az átmenő fészkeket a lap teljes 26 mm-es vastagságán át, két oldalról dolgozva, hogy a kilépő oldal ne szakadjon ki. – *Ellenőrzés:* a fészek mérete a csap mérete (30 × 10 mm), a csap a fészekbe játék nélkül, de erőltetés nélkül ül, és 2 mm-rel túlnyúlik a lap felső síkján. 6. **Próbaszerelés.** Ragasztó nélkül állítsd össze a padot. A lábak dőlése megfeleljen

a rajznak. A lap élei párhuzamosak. – *Ellenőrzés:* a lábak mind a négy sarkon felfekszenek a talajon, a lap vízszintes. 7. **Ragasztás.** Ragaszd be a csapokat a fészkükbe. Üsd be az ékeket a csapok ékrésébe felülről. A felesleges ragasztót nedves ronggyal töröld le. Szorítsd szorítóval, amíg a ragasztó megköt, majd a kiálló csap- és ékvéget fűrészeld le és gyaluld síkba. – *Ellenőrzés:* a ragasztó préselési ideje a gyártó adatlapja szerinti (pl. `20 °C`-on `30 perc`, tájékoztató). 8. **Tisztasági megmunkálás és csiszolás.** A kinyomódott ragasztót vésővel és csiszolóval távolítsd el. A lap felső síkját gyaluld át, hogy sík legyen. Csiszold a teljes felületet az Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés alfejezetben tanultak szerint: `120 → 180` P-grádus. – *Ellenőrzés:* a felület egységes, gyalunyom, karc, égésnyom nem látható; a sarkok enyhén letörve. 9. **Felületkezelés.** Keményolajos kezelésnél vékonyan hordd fel az olajat ronggyal vagy ecsettel, hagyd beszívódni, a felesleget töröld le. Száradás után enyhén polírozd. – *Ellenőrzés:* a felület egyenletes, nedvesség hatására a fa szálai nem szállnak fel; száradás ellenőrizhető tapintással. (A olajozás technológiáját lásd bővebben: Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás.)

20.3.6. Összeállítás, ragasztás, csiszolás, egyszerű felületkezelés

A kispad ragasztásánál a **próbadarab elvét** mindig tartsd be: mielőtt élesben ragasztanál, állítsd össze a padot ragasztó nélkül, és ellenőrizd a derékszögeket, a dőlést és a síkokat. A ragasztó bekeverése és felhordása után a nyitott idő rövid; a munkadarabot gyorsan, de nyugodt mozdulatokkal kell összerakni.

Rajz–anyag–művelet hármas a faliszekrényhez. A kávaszerkezetű faliszekrény elkészítése ugyanezt a logikát követi, de több alkatrész és több csomópont van. Az oldallapok kávája `18 mm` vastag, a sarkokat lamellóval vagy egyenes fogazással kötöd össze. A polcokat szárazon, fészekbe aljazva tedd. A hátlapot a káva hornyába süllyesztve tedd. Itt a műveleti sorrend a következő: kiosztás → darabolás → gyalulás → kávák csapozásának megmarása → hornyolás a polc és hátlap számára → próbaszerelés → ragasztás → csiszolás → felületkezelés.

Figyelem. Az ékelt kispad lábainak dőlése miatt a csapok nem merőlegesek a láb hossztengelyére, hanem a dőlésnek megfelelő szögben állnak. Ha ezt a szöget rosszul rajzolod vagy vágod, a pad lábai szétállnak vagy összefelé billennek, és a pad nem lesz stabil.

20.3.7. Minőségellenőrzés és önértékelő lap

Az elkészült munkadarabot a ragasztás utáni száradás után magad is ellenőrzöd, majd a lapot átadod a szakoktatónak. Az **önértékelő lap** szempontjait és tájékoztató tűréseit a táblázat adja (a tűrések az oktatási gyakorlatból származó kiinduló értékek; a vizsgán a rajz és az aktuális követelmény az irányadó – ellenőrizendő).

Szempont	Mérőeszköz	Tájékoztató tűrés	Pont (max.)
Fő méretek (900 × 250 × 26 mm; lábhossz)	mérőszalag, tolómérő	± 1 mm	3
Derékszög (lap sarka, lábak a laphoz)	derékszög	legfeljebb 0,5 mm / 100 mm	3
Lábak dőlése (4 mm / 400 mm, kb. 0,6°)	dőlésszögmérő vagy sablon	± 1 mm a láb végén	2
Billegés (a pad négy lábon egy síklapon)	síklap, hézagmérő	legfeljebb 1 mm hézag	3

Szempont	Mérőeszköz	Tájékoztató tűrés	Pont (max.)
Csapkötés, ék	szemrevétel, tapintás	hézag legfeljebb 0,2 mm, az ék ül	3
Felület (csiszolás, olajozás)	szemrevétel, tapintás	nincs gyalunyom, karc, égésnyom	3
Élletörés, tisztaság	szemrevétel	egyenletes, enyhe	1
Munkabiztonság és rend a munka során	oktatói megfigyelés	védőeszközök, védőberendezések használata	2

Szabály. Az önértékelő lapon minden szempontnál a mért értéket is feljegyzed, nem csak a pontszámot. Az értékelés a pontok összege: a 20 pont 90%-a (18 pont) fölött kiváló, 70% (14 pont) fölött megfelelő; 14 pont alatt a munkadarabot javítani kell, és a hibát elemezni. (A pontozás oktatási javaslat, a vizsgán az aktuális értékelési útmutató az irányadó – ellenőrizendő.)

20.3.8. Tipikus hibák és okaik

1. **A pad billeg.** Ok: a lábak nem egyforma hosszúak, a lap vetemedett, vagy a lábak dőlése eltér. Helyes gyakorlat: a próbaszerelésnél síklapon ellenőrizd a négy láb felfekvését; a lábakat a csapozás előtt azonos hosszra vágd, és a lap alsó síkját síkra gyaluld.
2. **A láb dőlése nem egyezik a rajzzal.** Ok: a fészek vagy a csap szögét a láb tengelyéhez képest rosszul jelölték ki. Helyes gyakorlat: sablonnal vagy dőlésszögmérővel jelöld ki a szöget mind a négy lábon és fészken ugyanabból a bázisról.
3. **A csap túl laza vagy túl szoros.** Ok: pontatlan jelölés, a véső vagy a fűrész a vonal rossz oldalán haladt. Helyes gyakorlat: a fűrész a hulladék oldalán halad, a csapot próbadarabon ellenőrizd, szükség esetén vékony forgácsot végy le; ne verd be erővel.
4. **A lap az ék beütésénél megreped.** Ok: az ékrés a lap rostirányával párhuzamos, vagy az ék túl vastag, túl erős ütés. Helyes gyakorlat: az ékrés a lap rostirányára merőleges legyen, az ék rostja az ék hosszában fusson, az ékeket váltakozva, fokozatosan üsd be.
5. **Ragasztóhézag vagy ragasztófolt.** Ok: nem volt száraz próbaillesztés, a kinyomódott ragasztót nem törölték le. Helyes gyakorlat: száraz próba után ragassz, a friss ragasztót nedves ronggyal töröld le, mert a megszáradt folt olajozáskor kifehérlik.
6. **Átcsiszolt vagy foltos felület.** Ok: túl durva szemcséből indult a csiszolás, a gyalunyomokat nem távolították el, vagy az olajat nem törölték le. Helyes gyakorlat: a Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés alfejezet szerint 120 → 180 szemcsefokozat, és a felesleges olajat a bevonás után le kell törölni.

20.3.9. Hiba elemzése

Tünet: a kész kispad az egyik sarkán billeg, a lap egyik rövid széle kb. 2 mm-rel a talaj fölött áll.

Lehetséges okok: a lábak hossza eltér; a lap alsó síkja vetemedett; az egyik láb dőlése vagy csapszöge eltér; az egyik csap nem ült fenékig.

Vizsgálat: a padot fordítsd fejjel lefelé egy síklapra vagy sík asztalra, és hézagmérővel mérd meg mind a négy láb végének magasságát; ellenőrizd a lábak hosszát tolómérővel/mérőszalaggal, a dőlést sablonnal, és nézd meg, hogy a csapvégek egyformán túlnyúlnak-e a lap felső síkján.

Valódi ok: az egyik fészket kisebb szögben fúrták, ezért a láb dőlése eltért, és a láb vége a többinél kb. 2 mm-rel feljebb ért.

Javítás: a ragasztott kötés szétbontása nélkül a lábvégeket síklapon, sorra lecsiszolva közös síkba lehet hozni (legfeljebb 2–3 mm-t, hogy a láb ne rövidüljön számottevően); nagyobb eltérésnél a lábat újra kell csapozni.

Megelőzés: a dőlést mind a négy fészeknél sablonnal jelöld, próbaszereléskor síklapon ellenőrizd a billegést, és csak utána ragassz.

20.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanulóműhelyben a kispadot négy lábbal és olajozott felülettel készítették el, majd egy ügyfélnek adták át a tornaterem öltözőjébe. Pár hét után a pad az egyik végén billegni kezdett, és a lábak mellett a lapon hajszálrepedés látszott. A vizsgálat kimutatta, hogy az egyik ékrés a lap rostirányával párhuzamosan volt fűrészelve, így az ék a lapot a rost mentén hasította, és a láb fellazult. A javítás során az érintett lábat kiszedték, a fészket kitisztították, új csapot és az ékrést a lap rostirányára merőlegesen kialakított ékkel készítették el. A tanulság: a rajz szerinti ékrés iránya nem megjegyzés, hanem szerkezeti követelmény; az önértékelő lap „csapkötés, ék” sora éppen ezt veszi észre, ha használod.

20.3.11. Önellenőrzés

1. Mi a rajz–anyag–művelet hármas sorrendje?
2. Mire való a bázislap és a bázisél a gyártás közben?
3. Miért kell a lap rostirányára merőlegesen fűrészelni az ékrést?
4. Mi a nyers és a kész méret különbsége, és miért kell nyers méretet számolni?
5. Mit ellenőrzöl a próbaszerelésnél, mielőtt ragasztanál?

20.3.12. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a kispad szabásjegyzékének tételeit, és írd mellé, melyiknek van szálirány-előírása.

2. feladat (A) Mi a „próbadarab elve”, és miért kell a ragasztás előtt száraz próbaszerelést végezni?

3. feladat (B) Számítsd ki egy láb nyers térfogatát és anyagköltségét (nyers méret $55 \times 55 \times 480$ mm, tölgy mintaára 480 000 Ft/m³), majd négy lábra is.

4. feladat (B) A lábak dőlése 4 mm 400 mm hosszon. Számítsd ki a dőlésszöget fokban, és azt, hogy a 430 mm hosszú láb alsó vége mennyivel kerül kijjebb a felső végéhez képest.

5. feladat (C) A kész pad billeg. Sorolj fel legalább három lehetséges okot, és írj le egy vizsgálati módszert mindegyik kizárására.

6. feladat (D) Készíts önértékelő lapot a faliszekrényhez ($600 \times 400 \times 180$ mm) legalább hat szemponttal: add meg a mérőeszközt, a tájékoztató tűrést és a pontszámot.

20.3.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok. 1. Rajz (vázlat, méretezés) → anyag (szabásjegyzék) → művelet (technológiai lap és végrehajtás). 2. Közös viszonyítási síkot és élt ad, amelyről minden méretet kijelölünk, így a darabok pontosan illeszkednek. 3. Hogy az ék a lapot a rost mentén feszítse, ne hasítsa szét. 4. A nyers méret a ráhagyással növelt méret; a gyalulás, a méretre vágás és a csiszolás veszteségét fedezi. 5. A lábak dőlését, a felfekvést (billegés), a derékszöget és a csap illeszkedését.

1. feladat megoldása. Ülőlap (hosszanti szálirány), láb (függőleges szálirány, dőlés szerint), ék (rostirány az ék hosszában), ragasztó, felületkezelés (keményolaj). Szálirány-előírása az ülőlapnak, a lábnak és az éknek van.

2. feladat megoldása. Ragasztó nélkül összeállítjuk a padot, ellenőrizzük a derékszöget, a dőlést és a síkokat; a ragasztás után a hiba már nem javítható, a nyitott idő pedig rövid.

3. feladat megoldása. Egy láb: $\frac{480\times55\times55}{10^9} = 0{,}001452\,\mathrm{m}^3$; költsége $0{,}001452 \times 480\,000 \approx 697\,\mathrm{Ft}$. Négy láb: $0{,}005808\,\mathrm{m}^3$, $\approx 2\,788\,\mathrm{Ft}$. Ellenőrzés: $4 \times 697 = 2\,788\,\mathrm{Ft}$. ∎

4. feladat megoldása. $\tan\alpha = \frac{4}{400} = 0{,}01$, így $\alpha = \arctan 0{,}01 \approx 0{,}57^\circ$. A 430 mm hosszú láb alsó vége $430 \cdot 0{,}01 = 4{,}3\,\mathrm{mm}$-rel kerül kijjebb. ∎

5. feladat megoldása. Okok: eltérő lábhossz (hossz mérése), vetemedett lap (síklapon hézagmérés), eltérő dőlés (sablonnal ellenőrzés), nem fenékig ült csap (a csapvég túlnyúlása a lap felső síkján). A vizsgálatot fejjel lefelé fordított padon, síklapon végezzük.

6. feladat megoldása. Példa: fő méretek (mérőszalag, ± 1 mm, 3 pont); derékszög (derékszög, 0,5 mm / 100 mm, 3 pont); kávasarkok illesztése (szemrevétel/hézagmérő, hézag ≤ 0,2 mm, 3 pont); hátlap és polc illeszkedése (szemrevétel, nem szorul, nem lötyög, 2 pont); felület (szemrevétel, nincs karc, 3 pont); felfüggeszthetőség és biztonság (szemrevétel, rögzítési pontok a rajz szerint, 2 pont). A tűrések tájékoztató értékek.

20.3.14. Rövid összefoglaló

Az egyszerű munkadarab (ékelt lábú kispad, faliszekrény) a korábbi műveleteket egyetlen termékben köti össze. A munka a **rajz–anyag–művelet hármas** szerint halad: rajz, szabásjegyzék és kalkuláció, majd technológiai lap. A kispad átmenő, ékelt csapokkal rögzített lábai kifelé dőlnek (4 mm / 400 mm); az ékrés a lap rostirányára merőleges, az ék rostja az ék hosszában fut. A nyers és kész méret különbsége a megmunkálási veszteséget fedezi, a mintaárakkal számolt anyagköltség kb. 6 100 Ft, kiegészítő anyagokkal együtt kb. 7 000 Ft. A minőséget az önértékelő lap szerint méred (méret, derékszög, dőlés, billegés, kötés, felület, biztonság). **Továbbvitt eredmény.** Az önértékelő lapot a vizsgaremek készítésekor is használni fogod; ennek használatát a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben is elvárják.

20.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

Az alfejezet a hazai asztalos szakképzési gyakorlatra, a faipari szakrajzi szabványokra (MSZ EN ISO sorozat – pontos számuk ellenőrizendő) és a gépkönyvek biztonsági előírásaira épül. A tűrések, a dőlés, az ék mérete, a pontozás és a mintaárak (480 000 Ft/m³ és a kiegészítő anyagok) tájékoztató értékek; ellenőrizendők a rajz, a gyártói adatlapok, az aktuális árlista és a vizsgakövetelmény szerint. Az önértékelő lap pontozása oktatási javaslat.

V. RÉSZ – Faipari gépek és gépbiztonság

21 Gépek alapjai, gépbiztonság és elszívás

21.1. Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések

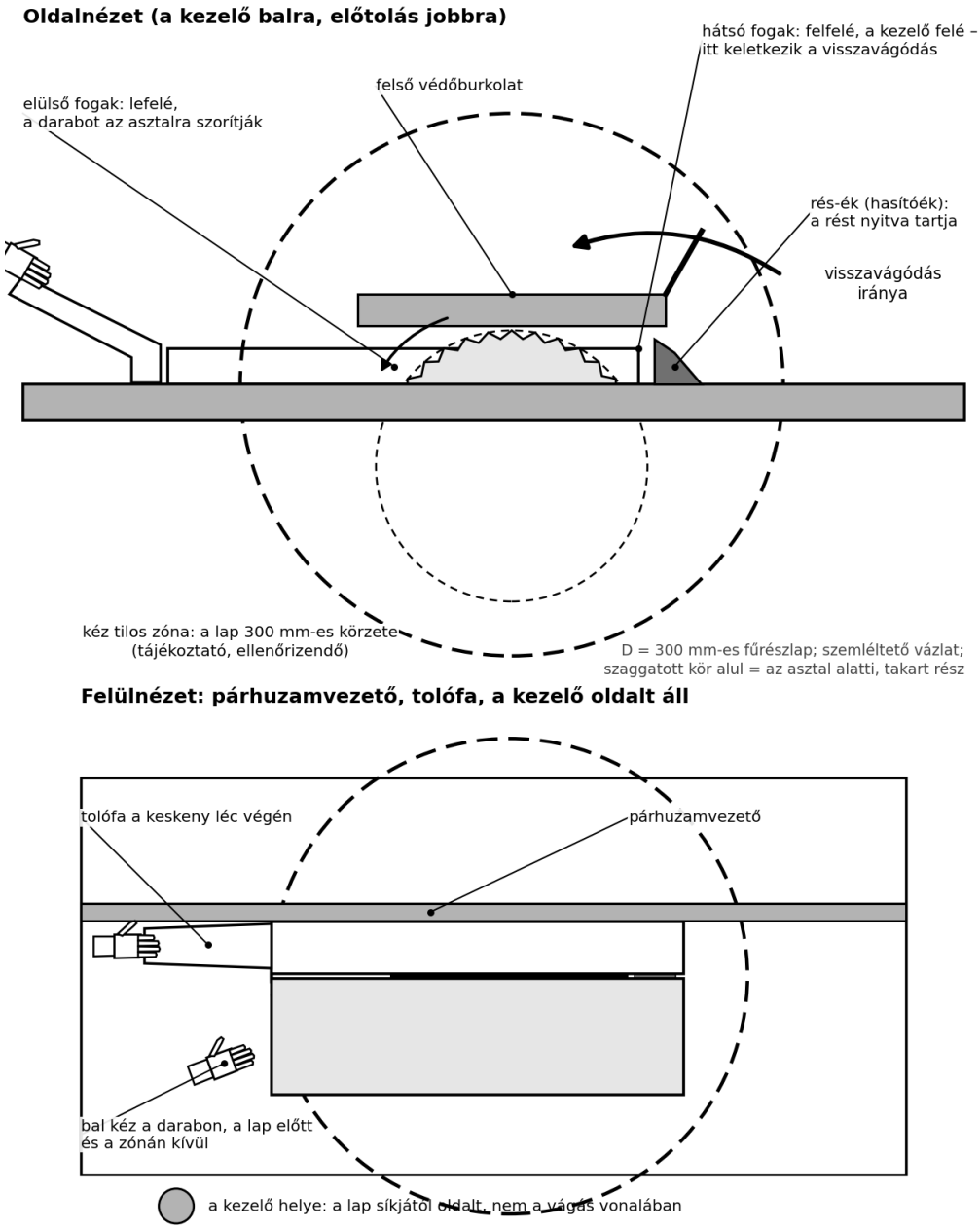
21.1.1. Miért kell ezt tudnod?

A műhelyben a gép nem „rossz” és nem is „gonosz”, de ha hibásan, védőberendezés nélkül vagy figyelmetlenül használod, a baleset pillanatok alatt bekövetkezik. A forgó körfűrészlap, a gyalukéstengely vagy a marószerszám olyan energiát összpontosít egyetlen élen, amely a fát könnyen vágja, de a kéz ujjait is azonnal roncsolja. A visszavágódó munkadarab pedig nem csupán a darabot teszi tönkre: hasba, mellkasba vagy arcba csapódhat, és súlyos, maradandó sérülést okozhat. Ebben az alfejezetben a faipari gépek legfontosabb veszélyeit és az ellenük védő berendezéseket tanulod meg. A cél, hogy a gépi munka előtt, közben és után olyan ellenőrzéseket végezz, amelyekkel a veszélyeket felismered, és soha ne kerülj abba a helyzetbe, hogy a testeddel kelljen megállítani a gépet.

21.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy asztalos körfűrészgépet. A gépasztalból egy acél fűrészlap emelkedik ki. A lap fogai olyan gyorsan mozognak, hogy szabad szemmel nem is látod őket: a forgó lap szinte sima, szürke tükörnek tűnik. A veszélyes zóna nem csak a látható fogakon van. A munkadarabot a lap felé toló kéz, a gép előtt álló test, sőt a gép mögött álló személy is veszélyben van. A behúzási pont ott keletkezik, ahol a fűrészlap fogai a fát elérik, és a darabot a lap felé húzzák. A visszavágódási zóna pedig a lap hátsó, emelkedő fogainál alakul ki: onnan a darab hirtelen, nagy erővel visszarepülhet a kezelő felé. A zaj és a fűrészpor szintén a gép „látványához” tartozik, mert hosszú távon ugyanúgy károsít, mint egy hirtelen baleset.

Az ábra az asztali körfűrész veszélyes zónáit mutatja. A fűrészlap elülső fogai lefelé, az asztal felé mozognak, és a darabot leszorítják; a hátsó fogak felfelé, a kezelő felé mozognak – ha a vágási rés a lap mögött összezáródik, ezek a darabot felemelhetik és visszarúghatják. Ezt akadályozza a lap mögötti rés-ék (hasítóék). A lap 300 mm-es körzetébe kéz csak tolófával vagy tolókocsival kerülhet (tájékoztató érték, ellenőrizendő: gépkönyv). A HTML-változatban a vágás rés-ékkel és rés-ék nélkül is lejátszható.



21.1. ábra. Asztali körfűrész veszélyzónái: oldalnézet a forgásiránnyal, a rés-ékkel, a felső védőburkolattal és a visszavágódás irányával; felülnézet a párhuzamvezetővel, a tolófás vezetéssel és a kezelő helyével

21.1.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **védőberendezés** olyan szerkezeti elem, készülék vagy vezérlési megoldás, amely a gép veszélyes részeinek elérését megakadályozza, a veszélyes mozgást megszakítja, vagy a veszélyes energiát megszünteti. A védőberendezés lehet **feltétlenül ható** – ilyenkor a gép működéséből automatikusan következik a védelem, például a reteszelt ajtó vagy a fűrészlapot letakaró burkolat –, vagy **feltételesen ható**, amikor a védelem csak akkor működik, ha a kezelő helyesen használja, például a tolófa vagy a védőszemüveg.

Definíció. A **visszavágódás** (műhelyi szóval: visszarúgás) a munkadarabnak a forgó szerszám

által okozott, hirtelen, a kezelő felé irányuló, nagy energiájú kilökődése. A visszavágódás legtöbbször a körfűrészgépnél, asztalos marógépnél és gyalugépnél fordul elő, amikor a darab beszorul, elfordul, vagy a szerszám hegye beakad a rostokba.

Definíció. A **behúzás** olyan veszély, amikor a forgó szerszám – például henger, szalag, késtengely, fűrészlap – a ruházatot, hajat, kesztyűt vagy a testrészt megragadja, és a gép belsejébe, a szerszám felé húzza. A behúzási pont az a hely, ahol a szerszám először érintkezik a betolni kívánt anyaggal.

Definíció. A **hasítóék** a körfűrészlap mögött elhelyezett, a lap síkjával azonos vonalban álló fémék. Feladata, hogy megakadályozza a vágási rés összezáródását a lap mögött, és ezzel csökkentse a visszavágódás és a beszorulás kockázatát.

Definíció. Az **újraindulás elleni védelem** olyan vezérlési funkció, amely áramkimaradás vagy vészleállítás után megakadályozza a gép önműködő újraindulását, ha a feszültség visszatér. A gépet ilyenkor a kezelőnek szándékosan, a vezérlőelem újraműködtetésével kell elindítania.

21.1.4. A faipari gépek jellemző veszélyei

A faipari gépek veszélyeit mindig gépcsoportonként kell értelmezni, de a főbb veszélyforrások a következők.

Forgó szerszám érintése. Ez a legsúlyosabb és legközvetlenebb veszély. A szerszám lehet körfűrészlap, szalagfűrész, gyalukéstengely, marószerszám, fúró, csiszolóhenger. Az érintés rendszerint vágott, zúzott vagy szakított sérülést okoz, és gyakran ujj vagy kéz elvesztésével jár. A szerszám érintése ellen **rögzített védőburkolat**, **beállítható védőburkolat**, **távolságtartó ütköző** és **kétkezes indítás** véd.

Visszavágódás. Főleg a körfűrészgépen, a marógépen és a vastagsági gyalu bemenő oldalán jelentkezik. A darabot a szerszám fogai vagy kései felkapják és nagy sebességgel kidobják. Ezt a **hasítóék**, a **visszacsapódást gátló fésű**, a **párhuzamvezető helyes beállítása**, az **előtoló berendezés** és a **megfelelő szerszámkiválasztás** akadályozza meg. Döntő fontosságú a szabály: darabolásnál soha ne használd egyszerre a párhuzamvezetőt és a harántütközőt, mert a darab elfordulhat és beszorulhat.

Behúzás. A forgó hengerek, szíjak, láncok, késtengelyek és a munkadarabot továbbító görgők behúzhatják a ruhát, hajat vagy a testrészt. Ellenük **védőburkolatok**, **behúzásgátló terelők**, **ujjhegy-távolsági burkolatok**, **szoros munkaruha** és **rövidre kötött haj** szükséges. Kesztyűt forgó szerszám vagy forgó előtolóelem közelében tilos viselni, mert a kesztyű éppen hogy behúzási fogantyúként viselkedhet.

Kirepülő darabok, szerszámtöredékek. Ha a szerszám eltörik, ha a munkadarabból szilánk, göcs, idegen test (szeg, kő) kiválik, az nagy sebességgel távozhat. A **védőburkolat**, **védőszemüveg**, **álarc**, **acélbetétes lábbeli** és a **gépen belüli szerszámrögzítés ellenőrzése** csökkenti a sérülést.

Zaj. A faipari gépek tartós zajszintje gyakran meghaladja a napi megengedhető határértéket (jelölve: aktuális rendelet szerinti határérték, ellenőrizendő). A zaj halláskárosodást okozhat. A **zajcsökkentő burkolat**, a **gép jó karbantartása**, a **szerszámok kiegyensúlyozottsága** és az **egyéni hallásvédelem** (pl. fejre illeszthető fültok) a védekezés eszköze.

Por és fapor. A forgácsolás során keletkező finom por – különösen a kemény lombos fák pora – belélegezve károsíthatja a légutakat, és egyes fafajok pora rákkeltő besorolás alá eshet (jelölve: aktuális CLP-besorolás és munkahelyi határérték). A **pontforrásnál kiépített elszívás**, a **megfelelő porszűrő légzésvédelem** és a **rendszeres takarítás** a fő védekezés. A por a

levegőben robbanóképes keveréket is alkothat, ezért a porrobbanás veszélyét a Tűzvédelem, villamos biztonság és környezetvédelem részben tárgyaljuk.

21.1.5. Védőberendezések fajtái és feladatuk

Védőburkolat. A forgó szerszámot, erőátviteli elemeket, fogaskerekeket, szíjakat, láncokat takaró, rögzített vagy nyitható burkolat. A rögzített burkolat csak szerszámmal bontható, a nyitható burkolat reteszelt: ha kinyitják, a gép leáll vagy nem indítható. Fűrészgépen a fűrészlap felső védőburkolata a vágási mélységhez igazodik, és a lapot a lehető legkisebb mértékben hagyja szabadon.

Hasítóék. A körfűrészlap mögött, a lap vastagságához igazodó, szilárdan rögzített acélék. A hasítóék távolsága a laptól kicsi (jellemzően 2–8 mm, tájékoztató érték, ellenőrizendő a gépkönyv szerint), és magassága közel a lap magasságához igazodik. Feladata, hogy a vágási rést nyitva tartsa, és a fűrészlap hátulsó fogait ne érje a beszoruló darab.

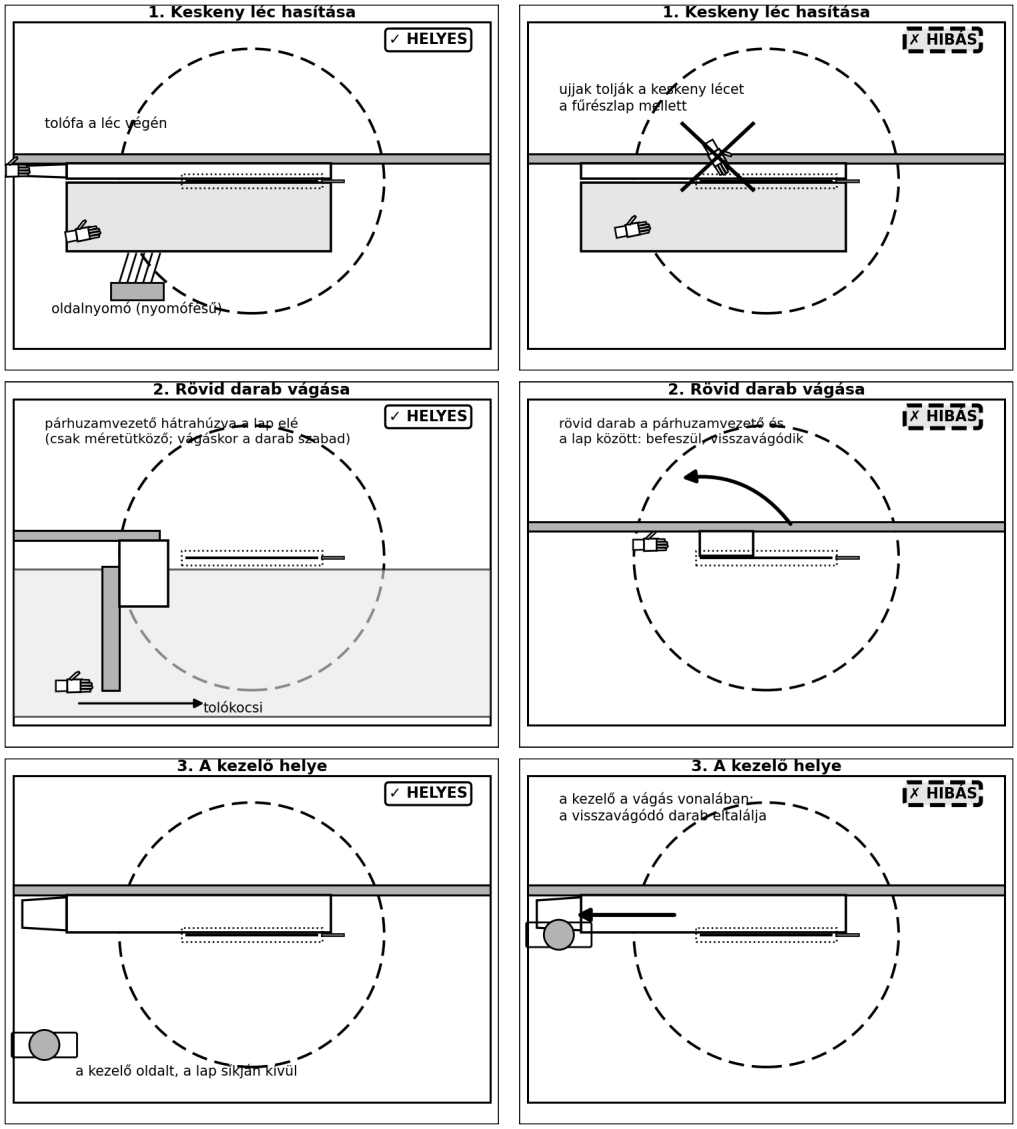
Nyomófésű (visszacsapódásgátló). A vastagsági gyalugép és egyes előtoló berendezések bemenő oldalán elhelyezett, lefelé irányuló fogazott vagy rugós lemez. A darabot a gépbe beengedi, de a hátrafelé mozgó darabot megfogja, így akadályozza a visszavágódást.

Tolófa. Egyszerű, fából vagy műanyagból készült, nyéllel ellátott tolóeszköz. A kezelő a kezét a szerszámtól távol tartva, a tolófával vezeti a munkadarabot. Keskeny darabok, vágások és marási műveleteknél kötelező.

Tolókocsi, tolószán. A gépasztalon csúszó, vezetett kocsi, amely a munkadarabot rögzíti és a vágási vonalon végigvezeti. A kezelő keze a kocsi fogantyúján van, távol a vágási zónától. Használata különösen harántirányú vágásoknál, gérvágásnál, sorozatdarabolásnál fontos.

Ütközők (párhuzamvezető, harántütköző). A munkadarab helyzetét és a vágási méretet meghatározó, rögzíthető vezetők. A biztonságos munkavégzéshez a megfelelő ütközőt kell használni, és a másik ütközőt ilyenkor el kell távolítani vagy semleges helyzetbe kell állítani, ahogy a visszavágódásnál említettük.

A tolófa, a tolókocsi és a párhuzamvezető helyes használatát és a tipikus hibás mozdulatokat a következő ábra mutatja felülnézetben.



21.2. ábra. Asztali körfűrész felülnézetben, helyes és hibás párokban: keskeny léc hasítása tolófával, illetve ujjakkal; rövid darab vágása tolókocsin, illetve a párhuzamvezető és a lap között; a kezelő helye oldalt, illetve a vágás vonalában

Előtolóberendezés. Gépi erővel forgó, a munkadarabot a szerszámhoz szorító és továbbító görgős, szalagos vagy láncos szerkezet. Használata egyenletes előtolást ad, a kezelő kezét távol tartja a szerszámtól, és csökkenti a visszavágódást. Különösen marógépeknél, vastagsági gyalu betoló oldalán indokolt.

Fékezés. A faipari gépek szerszámainak leállása a kikapcsolás után nem azonnali. A jó gép **fékberendezéssel** vagy legalább **rövid kifutási idővel** rendelkezik. A fékezés azt jelenti, hogy a szerszám néhány másodpercen belül megáll. A féket rendszeresen ellenőrizni kell. A biztonságos gyakorlat szerint a kezelő a gép kikapcsolása után soha ne nyúljon a szerszámhoz, amíg az teljesen meg nem állt.

Vészleállító. Jól látható, elérhető, piros–sárga jelölésű nyomógomb vagy ütközőzsinór, amely a gép mozgását azonnal megszakítja. A vészleállítót a gép minden kezelési helyéről, a betáplálási és kivezetési oldalról is el kell érni. Megnyomása után a gép nem indulhat újra automatikusan.

Újraindulás elleni védelem. A gép vezérlése úgy van kialakítva, hogy áramkimaradás vagy vészleállítás után az energia visszatértekor a gép ne induljon el magától. Ezt gyakran a mágneskapcsoló reteszelése biztosítja. Ezt a funkciót az indítás előtti ellenőrzéskor tesztelni kell (ellenőrizendő: a gépkönyv szerinti tesztelési mód).

21.1.6. A gépkönyv és a gyártói kezelési útmutató

Minden géphez tartozik **gépkönyv** (más néven kezelési és karbantartási útmutató). A gépkönyv azt írja le, mire való a gép, milyen szerszámokkal használható, milyen fordulatszám-tartományban, milyen védőberendezésekkel, és milyen karbantartási feladatai vannak. A gépkönyvben szereplő **rendeltetésszerű használat** fogalma azt jelenti: a gépet csak arra a műveletre, azzal az anyaggal, azzal a szerszámmal és azzal a beállítással szabad használni, amelyet a gyártó megenged. A gépkönyvben megadott **megengedett legnagyobb fordulatszám** a szerszámra nézve kötelező érvényű: soha ne szerelj fel olyan fűrészlapot, marószerszámot vagy fúrót, amelynek a jelölt megengedett fordulatszáma kisebb, mint a gép tényleges fordulatszáma.

Szabály. A gépkönyvet mindig a gép mellett kell tartani, és a betanítást végző oktatóval közösen át kell nézni. A gépkönyvben szereplő biztonsági fejezetet a tanulónak ismernie kell, mielőtt a gépet kezelné. A gépkönyv hiánya vagy olvashatatlansága esetén a gépet nem szabad használni.

21.1.7. A gépterem rendje

A gépterem biztonságos üzemeltetéséhez az alábbi rendet kell fenntartani:

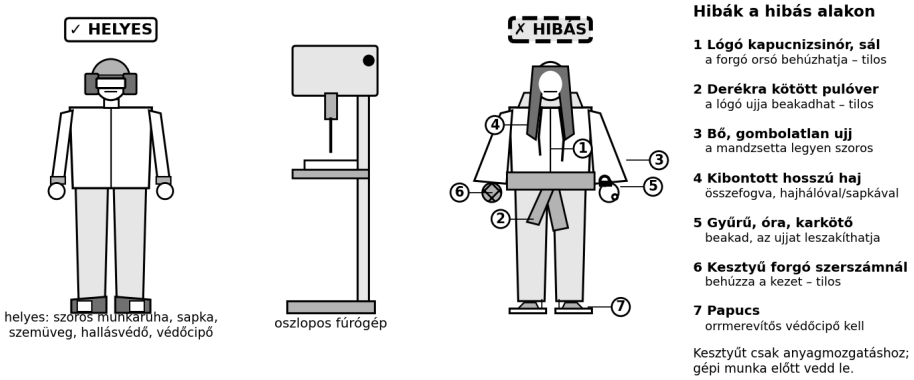
- A gépek körül **szabad mozgástér** legyen: a gépasztal előtt és mögött elegendő hely a munkadarab betolásához és kivételéhez. Jellemzően legalább 1 m szabad tér szükséges a gép körül, de a pontos értéket a gépkönyv és a műhelyrend határozza meg (ellenőrizendő).
- A **közlekedési utak** legyenek jelölve, tiszták, por- és forgácsmentesek. A padlózaton ne legyen csúszásveszélyt okozó olaj-, lakk- vagy viaszfolt.
- A **gépek elhelyezése** olyan legyen, hogy a munkadarab hosszú vége ne ütközzön falba, oszlopba vagy más gépbe. Hosszú darabokat megtámasztó görgős alátétet, kihúzható asztalt kell használni.
- A **vészleállítókat** és a **tűzoltó készülékeket** soha ne takarja el anyag, félkész termék vagy szerszámos kocsi.
- A **gép környékén** ne tárolj felesleges anyagot, üres ládát, raklapot, mert az botlásveszélyt okoz, és menekülési útvonalat zárhat el.
- A **gépek közötti munkamegosztás** szerint egyszerre csak annyian dolgozzanak a gépnél, amennyien a művelethez szükségesek. A géptől illetéktelen személyek, vendégek, gyerekek távol tartandók.

21.1.8. Ruházat, haj, ékszer, kesztyű

A forgó szerszámok és előtolóelemek közelében a következő szabályok érvényesek:

- **Ruházat:** szoros, testhez simuló, elöl gombolható ujjatlan vagy rövid ujjú munkaruha, de a hosszú ujjú is szoros legyen. A lógó zsinór, sál, nyakkendő, kapucni, derékra kötött pulóver tilos.
- **Haj:** hosszú hajú személy haja legyen összekötve, lehetőleg hajhálóval vagy sapkával rögzítve. A kibomlott hajat a gép behúzhatja.
- **Ékszer:** gyűrű, karóra, karkötő, nyaklánc, fülbevaló forgó szerszám közelében tilos. A gyűrű beakadhat, és az ujjat leszakíthatja.

- **Kesztyű:** forgó szerszámmal, késtengellyel, fűrészlappal, marószerszámmal, fúróval, továbbító hengerrel végzett munkánál **tilos** védőkesztyűt viselni, mert a kesztyűt a gép behúzhatja, és a kezet a szerszám felé rántja. Kesztyűt csak anyagmozgatásnál, éles kézi szerszámnál, forró vagy vegyi anyagoknál viselj, de gépi megmunkálásnál vedd le.
- **Lábbeli:** zárt, csúszásmentes talpú, lehetőleg acélbetétes védőcipő.



21.3. ábra. Öltözet a forgó gépnél: helyes (szoros munkaruha, sapka, védőszemüveg, hallásvédő, védőcipő) és hibás öltözet hét számozott hibával

Gépbiztonság. A faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A védőburkolat, a hasítóék, a nyomófésű, a vészleállító és az elszívás nem dísz, hanem a gép része. Minden beállítás előtt a gépet állítsd le, várd meg, amíg a szerszám teljesen megáll, és áramtalanítsd (húzd ki a hálózati csatlakozót vagy használd a leválasztó kapcsolót), mielőtt a védőburkolatot kinyitnád, szerszámot cserélnél vagy takarítanál. Tilos a védőburkolatot, hasítóéket, reteszelést kiiktatni; tilos kesztyűben forgó szerszámot megközelíteni; tilos a darabot kézzel tolófa nélkül a szerszám közelébe juttatni; tilos túl rövid vagy túl keskeny darabot gépi úton megmunkálni.

21.1.9. Gépi munka előtti, közbeni és utáni ellenőrzés

Ellenőrzőlista. Ez a számozott lista a gépi munka előtti, közbeni és utáni teendőket foglalja össze. A lépéseket sorrendben végezd el.

1. **Indítás előtt szemrevételezés.** Ellenőrizd a gép tisztaságát, a védőburkolatok meglétét, a kábelek és csatlakozók állapotát, az elszívó csatlakozását. – Ellenőrzés: nincs sérült, kilógó, repedt burkolat vagy kábel.

2. **Szerszámellenőrzés.** Ellenőrizd a szerszám épségét, repedésmentességét, rögzítését és a megengedett fordulatszám jelölését a szerszámon. – Ellenőrzés: a szerszám megengedett fordulatszáma nagyobb vagy egyenlő, mint a gép tényleges fordulatszáma.

3. **Védőberendezések beállítása.** Állítsd be a védőburkolatot, a hasítóéket, a nyomófésűt és az ütközőket a művelethez. A forgó szerszámnak csak a munkavégzéshez feltétlenül szükséges része legyen szabadon. – Ellenőrzés: a burkolat a szerszámot a munkadarab vastagságához igazodva takarja.

4. **Elszívás bekapcsolása.** Porképző műveletnél kapcsold be az elszívást, és győződj meg a légáramlásról (pl. a szívócsonknál érezhető huzat). – Ellenőrzés: az elszívó működik, a szűrő nem telített.

5. **Munkadarab ellenőrzése.** A darabon ne legyen idegen test (szeg, csavar, kő), laza göcs, repedés, fém alkatrész. – Ellenőrzés: a darab hibamentes; ha repedt vagy szeges, ne munkáld meg.

6. **Munkaterület-ellenőrzés.** A gép körüli padló tiszta, száraz, a menekülési út szabad, a vészleállító elérhető. – Ellenőrzés: nincs botlásveszély, semmi sem takarja a vészleállítót.

7. **Próbaindítás.** Kapcsold be a gépet, és várj néhány másodpercet. Figyelj a rendellenes zajra, rezgésre, szagokra. – Ellenőrzés: a gép egyenletes, üresjárati zajjal jár, nincs ütés, csörgés.

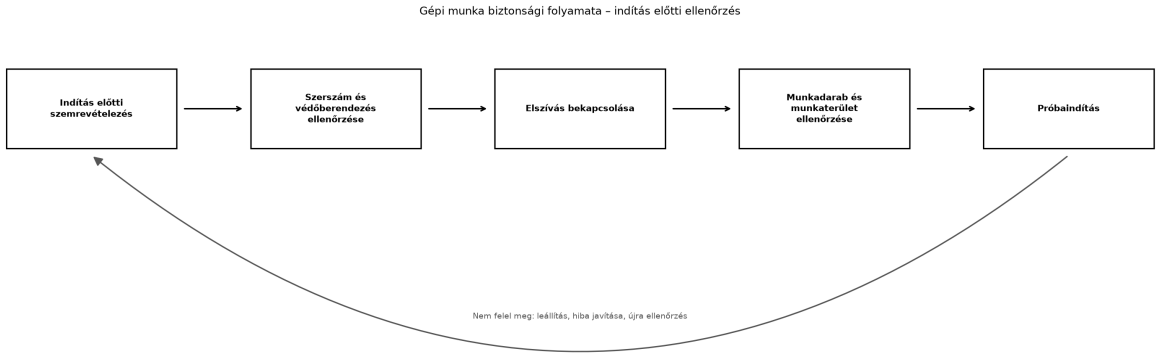
8. **Megmunkálás.** A megmunkálást a megfelelő előtoló eszközzel (tolófa, tolókocsi, előtolóberendezés) végezd. A kezed tartsd távol a forgó szerszámtól. Soha ne nyúlj hátra a szerszám mögé, és ne hajolj a vágási vonal fölé. – Ellenőrzés: a kéz mindig a védőzónán kívül van, tolófa használatban, ha szükséges.

9. **Leállítás.** A művelet végén kapcsold ki a gépet, és várd meg, amíg a szerszám teljesen leáll. – Ellenőrzés: a szerszám nem forog, a kifutási idő a gépkönyv szerinti.

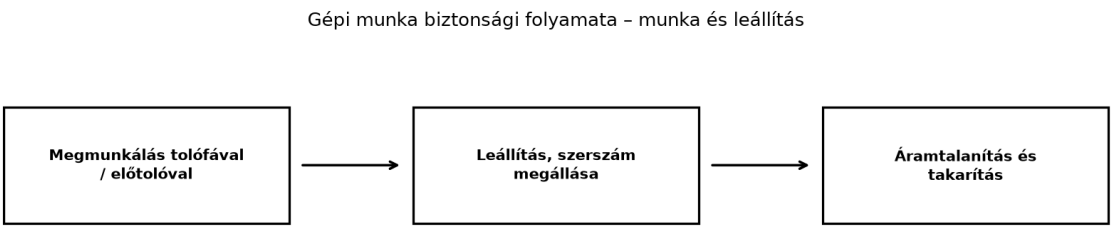
10. **Takarítás.** Csak a szerszám teljes leállása és áramtalanítás után takarítsd a gépet és a környékét. – Ellenőrzés: a gép áramtalanítva, a takarítás porszívóval/elszívóval és kefével történik; sűrített levegővel faport kifújni tilos. Az olajos rongyot zárt, nem éghető fémtartályban gyűjtsd (vagy szabadban kiterítve szárítsd), és veszélyes hulladékként add le (ellenőrizendő: termék biztonsági adatlapja).

21.1.10. A gépi munka biztonsági folyamata

A következő két diagram a gépi munka előtti, közbeni és utáni ellenőrzések sorrendjét mutatja. Az első az indítás előtti ellenőrzés: a visszacsatoló nyíl azt jelzi, hogy ha bármelyik ellenőrzés nem felel meg, a gépet le kell állítani, a hibát meg kell szüntetni, és az ellenőrzést elölről kell kezdeni. A második a munka és a leállítás sorrendje; ide csak akkor jutunk, ha minden ellenőrzés megfelelt.



21.4. ábra. Gépi munka biztonsági folyamata – indítás előtti ellenőrzés - Szemléltető folyamatábra. Ha bármelyik lépés nem felel meg, a megmunkálás nem kezdődhet el: leállítás, hiba javítása, majd az ellenőrzés újrakezdése.



21.5. ábra. Gépi munka biztonsági folyamata – munka és leállítás - Szemléltető folyamatábra: a megmunkálás csak megfelelt ellenőrzés után kezdődhet; takarítás csak a szerszám megállása és áramtalanítás után.

21.1.11. Biztonságos beállítás és rendeltetésszerű használat

A faipari gépeket gyakran több műveletre is lehet használni, de ez nem jelenti azt, hogy bármire. A gépkönyv megadja a **rendeltetésszerű használat** kereteit. Például egy asztalos körfűrész alkalmas tömörfa és faalapú lapok hossz- és harántvágására, de nem alkalmas fém, kő, gumi vágására, és nem szabad rá köszörűkorongot, marótárcsát vagy más szerszámot szerelni. A gép **biztonságos beállítása** a következőket jelenti:

- A méretet meghatározó ütközőt a vágási vonalhoz képest párhuzamosan állítsd be, majd rögzítsd. A beállítást mindig a gép leállított, áramtalanított állapotában végezd.
- A védőburkolatot a munkadarab vastagságához és szélességéhez igazítsd: a szerszámnak csak a szükséges része legyen szabadon.
- A hasítóék és a fűrészlap közötti távolságot, valamint a hasítóék magasságát a gépkönyv szerint állítsd be. A hasítóék nem érhet a laphoz, de ne legyen túl távol sem.
- A tolófa, tolókocsi mindig legyen kéznél, és használd, ha a darab keskeny, rövid, vagy a kéz a szerszám 300 mm-es körzetébe kerülne (tájékoztató érték, ellenőrizendő a gépkönyvben).
- Az előtolóberendezést a munkadarab vastagságához állítsd: a görgő vagy szalag a darabot szorítsa le, de ne lapítsa szét.

Szabvány. A faipari gépek biztonsági követelményeit az **MSZ EN ISO 19085 sorozat** (faipari gépek biztonsága) tartalmazza. A sorozat egyes részei az egyes géptípusokra – például körfűrészgépek, gyalugépek, marógépek, szalagfűrészgépek – vonatkoznak, és előírják a védőberendezések, a vészleállítók, a vezérlési biztonsági funkciók, a zaj- és porkibocsátás mérésének követelményeit. A gépek forgalmazására az uniós (EU) 2023/1230 géprendelet, 2027. január 20-tól alkalmazandó (ellenőrizendő; a korábbi gépirányelvet felváltó szabályozás) vonatkozik. A munkahelyi használat biztonsági minimumait a munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII.) és a munkaeszközökre vonatkozó miniszteri rendelet határozza meg (ellenőrizendő: hatályos rendelet száma). Az adott gép mindenkori, konkrét biztonsági előírásait a gépkönyvben kell ellenőrizni.

21.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. A védőburkolat eltávolítása vagy kiiktatása. - *Tünet:* A kezelő szerint „a burkolat zavarja a rálátást” vagy „lassítja a munkát”. - *Ok:* A gyorsaság vagy a kényelem előtérbe helyezése. - *Következmény:* A szerszám érinthetővé válik, a kirepülő darab akadálytalanul távozhat. - *Helyes gyakorlat:* A védőburkolatot soha ne szereld le, és ne tedd hatástalanná. Ha a burkolat akadályoz, állítsd be a munkadarabhoz, vagy használj más védelmi megoldást, de ne dolgozz nélküle.

2. Kesztyű viselése forgó szerszámnál. - *Tünet:* A dolgozó télen kesztyűt húz, mert fázik a keze, és úgy marad a gépnél is. - *Ok:* A kesztyű-tilalom figyelmen kívül hagyása. - *Következmény:* A kesztyű ujja beakadhat a szerszámba, és a kezet a szerszám felé rántja. - *Helyes gyakorlat:* A gépnél kesztyű nélkül dolgozz. A hideg ellen használj fűtött műhelyt, megfelelő munkaruhát, vagy tarts szünetet, ha a kéz zsibbadt.

3. Ütköző és párhuzamvezető egyidejű használata darabolásnál. - *Tünet:* A dolgozó a hosszvágó körfűrészen a párhuzamvezetővel méretre állítja a darabot, közben a harántütközőt is használja, hogy egyenlő hosszakat vágjon. - *Ok:* A műveleti sorrend és a visszavágódás mechanizmusának nem ismerete. - *Következmény:* A darab az ütközők közé szorul, elfordul, a fűrészlap hátulsó fogai felkapják, és a darab visszavágódik. - *Helyes gyakorlat:* Darabolásnál soha ne használd egyszerre a párhuzamvezetőt és a harántütközőt. A hosszvágást és a harántvágást külön műveletként, a megfelelő ütközővel végezd.

4. Túl rövid vagy túl keskeny darab gépi megmunkálása. - *Tünet:* A dolgozó a gépkönyvben megadott legkisebb darabhossznál rövidebb (pl. 100 mm alatti) darabot akar körfűrészen levágni, vagy a megengedettnél keskenyebb (pl. 30 mm alatti) csíkot gyalulni (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv). - *Ok:* A gépkönyvi korlátok figyelmen kívül hagyása. - *Következmény:* A kéz a szerszám közelébe kerül, vagy a darab eldeformálódik, beszorul, visszavágódik. - *Helyes gyakorlat:* A megadott minimális darabméreteket tartsd be. Kisebb darabokat sablonban, befogó készülékben, tolófával vagy kézi szerszámmal munkálj meg.

5. A gépkönyv figyelmen kívül hagyása, nem betanított kezelő. - *Tünet:* A tanuló „már látta, hogyan kell”, és egyedül indítja el a gépet. - *Ok:* Túlzott magabiztosság, a felügyelet hiánya. - *Következmény:** A gép olyan funkcióját, beállítását vagy vészleállítóját nem ismeri, ami balesethez vezet. - *Helyes gyakorlat:* A gépet csak betanítás után, oktató felügyelete mellett kezeld. A gépkönyvet előtte olvasd el, és kérdezz, ha valamit nem értesz.

21.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy asztalos műhelyben a szakmunkás hosszvágó körfűrészen vágott 18 mm vastag bükk deszkát. A gép felső védőburkolata korábban megsérült, ezért leszerelték, és „majd megcsinálják”. A munka során a deszka a vágási résben beszorult, a fűrészlap hátulsó fogai felkapták, és a darab hirtelen, nagy erővel a szakmunkás hasába csapódott. A baleset súlyos zúzódást okozott, és a szakmunkás hetekig nem tudott dolgozni. A kivizsgálás során kiderült: a hasítóék is hiányzott, és a darabot nem tolófával, hanem kézzel tolták. A hiányzó védőburkolat és hasítóék együttesen tette lehetővé a visszavágódást. A tanulság: a védőberendezés soha nem „későbbre halasztható” karbantartási tétel, hanem a gép biztonságos működésének feltétele. Ha a burkolat megsérül, a gépet azonnal le kell állítani, és csak a pótlás után szabad újra használni.

21.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A hasítóék megakadályozza, hogy a vágási rés a fűrészlap mögött összezáródjon. Indokold!
2. Miért tilos kesztyűt viselni forgó szerszám mellett?
3. Sorold fel egy körfűrészgép legalább négy védőberendezését!
4. Mit jelent az újraindulás elleni védelem?
5. Mi a hiba ebben a műveletsorban? „A tanuló fűrészelés közben megállítja a gépet, és azonnal benyúl a védőburkolat alá, hogy a beszorult darabot kihúzza.”
6. Mi a teendő, ha a gépkönyv szerint a szerszám megengedett fordulatszáma kisebb, mint a gép tényleges fordulatszáma?

21.1.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel egy faipari gép hat jellemző veszélyét, és mindegyikhez rendelj egy-egy védőberendezést vagy védelmi intézkedést!

2. feladat (A) Magyarázd el röviden, mi a különbség a feltétlenül ható és a feltételesen ható védőberendezés között! Adj mindkettőre faipari példát!

3. feladat (B) Írd le egy körfűrészgép indítás előtti ellenőrzőlistáját számozott lépésekben, legalább hét lépéssel! (A szövegben szereplő lista alapján, de saját szavaiddal.)

4. feladat (B) Dolgozz ki egy gépi munka biztonsági folyamatábrát (szöveges lépésekkel) egy vastagsági gyalu használatára! Tüntesd fel az indítás előtti, közbeni és utáni ellenőrzéseket!

5. feladat (C) Hibaelemzés: Egy tanuló az asztalos körfűrészen 20 mm széles léceket vág. A gép felső védőburkolata fent van, a tanuló tolófát használ. A vágás végén a léc beszorul, és a tanuló hirtelen visszarántja a tolófát. Mi történhet, és milyen védőberendezés hiányzik? Mi a helyes eljárás?

6. feladat (D) Tervezz meg egy ellenőrzési munkalapot (papíron) egy általad választott faipari gép napi indítás előtti biztonsági ellenőrzéséhez! A munkalapon legyenek oszlopok: Ellenőrzési pont, Módszer, Megfelelő / Nem megfelelő, Teendő nem megfelelőség esetén. Töltsd ki legalább nyolc sorral!

21.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Igaz.** A hasítóék a fűrészlap mögött nyitva tartja a vágási rést, megakadályozza a fa összezáródását, és csökkenti a visszavágódás kockázatát.
2. **Azért tilos, mert a kesztyűt a forgó szerszám behúzhatja, és a kezet a szerszám felé rántja.** A kesztyű ujja beakadhat a fogakba, késtengelybe, marószerszámba, és így a sérülés súlyosabb lehet, mintha kesztyű nélkül dolgoznánk.
3. **Négy védőberendezés:** felső védőburkolat, hasítóék, tolófa, vészleállító (továbbá: párhuzamvezető, visszacsapódásgátló, alsó burkolat, fék, újraindulás elleni védelem).
4. **Az újraindulás elleni védelem** megakadályozza, hogy áramkimaradás vagy vészleállítás után a gép önmagától újrainduljon, ha a feszültség visszatér. A kezelőnek szándékosan kell újra elindítania a gépet.
5. **A hiba:** A tanuló nem várta meg, amíg a szerszám teljesen leállt, és nem áramtalanított, mielőtt a védőburkolat alá nyúlt. A helyes eljárás: leállítás, a szerszám teljes megállásának kivárása, áramtalanítás, és csak ezután a burkolat kinyitása és a hiba elhárítása.
6. **A teendő:** A szerszámot nem szabad felszerelni a gépre, mert a megengedett fordulatszám kisebb, mint a gép tényleges fordulatszáma, így a szerszám túlpöröghet, szétrepülhet. Másik szerszámot kell választani, amelynek a megengedett fordulatszáma eléri vagy meghaladja a gép fordulatszámát.

1. feladat (A) - Forgó szerszám érintése → védőburkolat, távolságtartó ütköző. - Visszavágódás → hasítóék, nyomófésű, tolófa, helyes ütközőhasználat. - Behúzás → szoros ruházat, hajvédelem, behúzásgátló, kesztyű tilalma. - Kirepülő darab, szerszámtöredék → védőburkolat, védőszemüveg, szerszámellenőrzés. - Zaj → zajcsökkentő burkolat, hallásvédelem. - Por → elszívás, légzésvédelem, takarítás.

2. feladat (A) - **Feltétlenül ható védőberendezés:** a gép működéséből automatikusan következik a védelem, a kezelő külön beavatkozása nélkül. Példa: a rögzített védőburkolat,

amely szerszám nélkül nem bontható, vagy a reteszelt ajtó, amely nyitáskor leállítja a gépet. - **Feltételesen ható védőberendezés:** csak akkor véd, ha a kezelő helyesen használja. Példa: a tolófa vagy a védőszemüveg. Ha a kezelő nem használja, nincs védelem.

3. feladat (B) Példa-felsorolás (a tanuló saját szavaival kell): 1. Ellenőrzöm a gép tisztaságát, a burkolatok meglétét. 2. Ellenőrzöm a fűrészlap épségét, rögzítését, megengedett fordulatszámát. 3. Beállítom a hasítóéket és a felső védőburkolatot. 4. Beállítom a párhuzamvezetőt, rögzítem. 5. Bekapcsolom az elszívást. 6. Ellenőrzöm a munkadarabot idegen test és hiba szempontjából. 7. Ellenőrzöm a munkaterületet és a vészleállító elérhetőségét. 8. Próbaindítást végzek, figyelek a zajra, rezgésre. 9. Megmunkálás tolófával. 10. Leállítás, szerszám megállása, áramtalanítás, takarítás.

4. feladat (B) Vastagsági gyalu biztonsági folyamata: - Indítás előtt: védőburkolat, nyomófésű, elszívás, gépasztal és görgők tisztasága, munkadarab vastagsága a megengedett tartományban, vészleállító teszt. - Közben: a darabot az adagolóasztalra helyezem, a gép behúzza, de én nem nyúlok a görgők közelébe; figyelek a visszavágódásra; ha a darab megakad, leállítom a gépet, nem erőltetem kézzel. - Után: leállítás, a szerszám megállásának kivárása, áramtalanítás, a gép tisztítása, a nyomófésű és a burkolat visszaállítása.

5. feladat (C) A beszoruló léc a fűrészlap hátulsó fogaihoz érhet, és a gép visszavághatja a darabot, vagy a lécet a forgó lap elrántja. A tolófa visszarántása nem szünteti meg a beszorulást, sőt a darab elfordulhat. A hiányzó védőberendezés a **hasítóék** lehet: nélküle a vágási rés összezáródhat, és a darab beszorul. A helyes eljárás: a gépet azonnal le kell állítani, megvárni a lap teljes megállását, áramtalanítani, majd a beszorult darabot óvatosan, a védőburkolat felnyitása után eltávolítani. Megelőzésként mindig használjunk hasítóéket, és a keskeny darabokhoz megfelelő tolóeszközt.

6. feladat (D) A megoldás egy kitöltött munkalap-táblázat legyen, például körfűrészre:

Ellenőrzési pont	Módszer	Megfelelő / Nem megfelelő	Teendő nem megfelelőség esetén
Felső védőburkolat megléte és állapota	Szemrevételezés, kézi mozgatás	☐ Megfelelő ☐ Nem	A gépet nem szabad használni, burkolatot pótolni/javítani
Hasítóék megléte, távolsága a laptól	Szemrevételezés, sablon	☐ Megfelelő ☐ Nem	Beállítás vagy pótlás
A fűrészlap épsége, repedésmentessége	Szemrevételezés, ujjal óvatos átvizsgálás (kikapcsolt állapotban)	☐ Megfelelő ☐ Nem	Lapcsere, élezés
A szerszámrögzítés szorossága	Kulcsnyomaték-ellenőrzés, gépkönyv szerint	☐ Megfelelő ☐ Nem	Utánhúzás
Vészleállító működése	Nyomáspróba, visszajelzés	☐ Megfelelő ☐ Nem	Villamos szakembernek jelezni, a gépet nem használni
Elszívó csatlakozás és légáramlás	Kézzel érzékelt huzat, manométer	☐ Megfelelő ☐ Nem	Szűrőcsere, tömlőjavítás
Munkaterület és menekülési út szabad	Szemrevételezés	☐ Megfelelő ☐ Nem	Rendrakás, kiürítés
Kábelek, csatlakozók épsége	Szemrevételezés	☐ Megfelelő ☐ Nem	A gépet nem használni, villamos szakembernek jelezni

21.1.17. Rövid összefoglaló

A faipari gépek fő veszélyei: a **forgó szerszám érintése**, a **visszavágódás**, a **behúzás**, a **kirepülő darab**, a **zaj** és a **por**. A védelem alapja a **védőburkolat**, a **hasítóék**, a **nyomófésű**, a **tolófa vagy tolókocsi**, a **megfelelő ütközők**, az **előtolóberendezés**, a **fékezés**, a **vészleállító** és az **újraindulás elleni védelem**. A gépi munkát csak **betanított, felügyelt tanuló** végezheti, a gépkönyv szerint, védőberendezés nélkül soha. A munka előtt ellenőrizni kell a szerszámot, a védőberendezéseket, az elszívást, a munkadarabot és a munkaterületet; közben a kezet távol kell tartani a szerszámtól, és nem szabad kesztyűt viselni forgó szerszámnál; a munka végén a gépet le kell állítani, megvárni a szerszám megállását, és áramtalanítás után takarítani. A forgó szerszámot, a hosszú hajat, az ékszert és a lógó ruhát behúzó gép ellen a legjobb védekezés a szoros munkaruha, a hajvédelem és az ékszerek eltávolítása. A gépteremben tiszta, csúszásmentes padlót, szabad közlekedési utakat és elérhető vészleállítókat kell fenntartani. Ezt az ellenőrzési rendszert minden további gépi alfejezet – így a Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, a Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció és a Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók – is használja.

21.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII., hatályos szöveg); MSZ EN ISO 19085 sorozat (faipari gépek biztonsága); az uniós géprendelet (a korábbi 2006/42/EK gépirányelvet felváltó jogszabály); a munkaeszközök és használatuk minimális biztonsági követelményeiről szóló rendelet (ellenőrizendő: hatályos rendelet száma; a Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció 10/2016. (IV. 5.) NGM számot, egyes források a 14/2004. (IV. 19.) FMM rendeletet említik); az (EU) 2023/1230 géprendelet, 2027. január 20-tól alkalmazandó (ellenőrizendő); gyártói gépkönyvek és megfelelőségi nyilatkozatok; faipari biztonságtechnikai szakkönyvek és oktatóanyagok.

Ellenőrizendő: a géprendelet pontos száma és hatálybalépési, átmeneti időpontja; a faipari gépekre vonatkozó MSZ EN ISO 19085 sorozat egyes részeinek pontos hivatkozásai; a zaj- és porhatárértékek aktuális jogszabályi értékei; a hasítóék és a fűrészlap közötti távolság, a minimális darabméretek és a védőburkolat beállítási értékei a konkrét gépkönyvek szerint; a vészleállító szín- és formai jelölésére vonatkozó szabványok aktuális számai; a kesztyű-tilalom és az egyéni védőeszközök pontos feltételei.

21.2. Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása

21.2.1. Miért kell ezt tudnod a műhelyben?

Egy tompa, repedt vagy rosszul tárolt gépi szerszám nemcsak ronda felületet és méretpontatlanságot ad, hanem balesetet is okozhat. Ha egy körfűrészlap megengedett legnagyobb fordulatszámát túlléped, a repedés mentén a szerszám szétrepülhet. Ha egy életlen gyalukést erőltetsz, a gép túlmelegszik, a munkadarab visszavágódhat. Ezért a gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása nem „külön feladat”, hanem a biztonságos és minőségi gépi munka alapfeltétele.

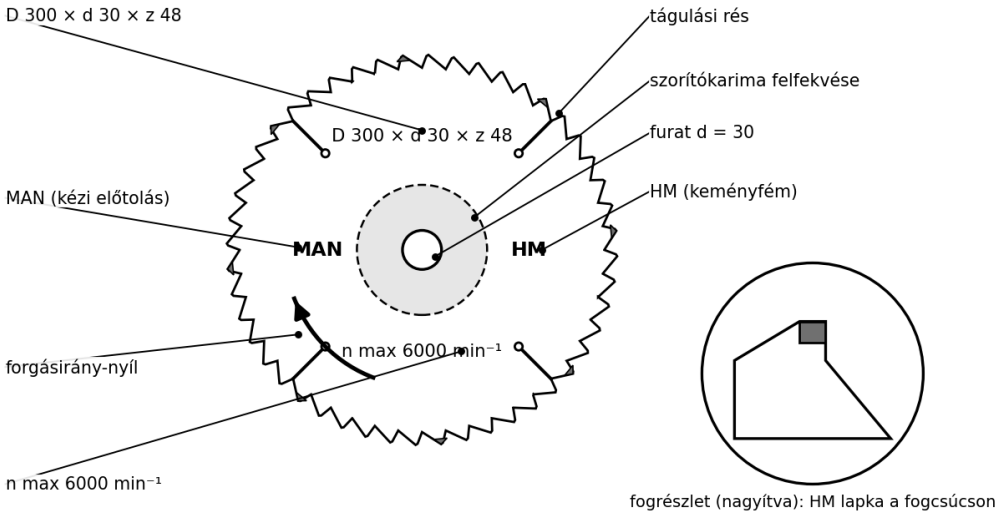
Képzeld el, hogy a tanulóműhelyben egy másik tanuló leveszi a polcról a 300 mm átmérőjű körfűrészlapot, lecsapja az asztal sarkára, majd úgy teszi be a körfűrészgépbe, hogy a forgásirányt meg sem nézi. A lap először rosszul vág, utána elszíneződik a hőtől, végül repedés keletkezik rajta. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan kerülheted el ezt a láncreakciót.

21.2.2. Szemléletes kép: milyen jeleket találsz egy gépi szerszámon?

Nézz meg egy fém körfűrészlapot. A lap testére ütve vagy lézerrel jelölve hasonló adatokat találsz:

- **D = 300 mm** – a szerszám külső átmérője.
- **d = 30 mm** – a furat átmérője (ez illeszkedik a géporsóra).
- **z = 48** – a fogak száma.
- **n_max = 6000 min⁻¹** – megengedett legnagyobb fordulatszám.
- Egy **forgásirányt jelző nyíl** – ez mutatja, merre kell forognia a lapnak a gépen.
- **MAN** vagy **MEC** jelölés – ez a szerszám előtolási módjára utal.

A jelöléseket a következő ábra mutatja egy 300 mm átmérőjű, 48 fogú körfűrészlapon. A HTML-változatban a jelölésekre mutatva megjelenik a jelentésük, és egy kis ellenőrző kalkulátor megmondja, felszerelhető-e a lap egy adott fordulatszámú gépre.



21.6. ábra. Körfűrészlap jelölései: D 300 × d 30 × z 48, n max 6000 min^{-1}, MAN, HM, forgásirány-nyíl, tágulási rések, a szorítókarima felfekvése; kinagyított fog keményfém lapkával

21.2.3. Szerszámjelölések: mit jelent a MAN és a MEC?

Definíció.
A gépi szerszámokon található **előtolási mód jelölés** azt mondja meg, hogy a szerszám milyen géphez való:

- **MAN** (a francia *manuel*, kézi) – kézi előtolású géphez való szerszám. Ilyenkor a munkadarabot te vezeted kézzel a forgó szerszámba. A szerszám kialakítása általában korlátozó geometriájú, például korlátozó vágóélű, hogy csökkentse a visszavágódás kockázatát.
- **MEC** (a francia *mécanique*, gépi) – gépi előtolású géphez való szerszám. Ilyenkor a munkadarabot a gép adagoló szerkezete mozgatja, a kezed nem a szerszám közelében van.

Szabály.
Kézi előtolású gépbe csak **MAN** jelölésű szerszámot szerelj. A **MEC** vagy a jelöletlen szerszám

kézi előtolású gépen használata tilos, mert a szerszám nem úgy van kialakítva, hogy a visszavágódást korlátozza. (Ellenőrizendő: a konkrét szerszámra vonatkozó magyar és európai jelölési szabvány pontos száma és hatályos változata.)

Szabvány.
A faipari gépi szerszámok biztonsági követelményeit és jelöléseit a faipari szerszámokra vonatkozó MSZ EN 847 sorozat (például a körfűrészlapokra és marószerszámokra vonatkozó részei) tárgyalja. A szerszámra ütött n_max értéket a gyártó a szilárdsági vizsgálat és a kiegyensúlyozás alapján adja meg. A pontos szabványszámot és a hatályos jelölési módot a szerszám gyártói dokumentációjából ellenőrizd.

21.2.4. Szerszámanyagok

A gépi szerszám teste leggyakrabban szerszámacél, az élei pedig a megmunkálandó anyagtól és a gép típusától függően más-más anyagból készülnek.

- **Szerszámacél.** Hagyományos, olcsóbb élanyag. Jól élezhető, de gyorsabban kopik. Főleg kézi szerszámokhoz és kisebb igénybevételű gépi késekhez használják.
- **HSS (gyorsacél).** A szerszámacélnál jobb hőállóságú, erős, jól élezhető élanyag. Fafúrókhoz, marószárakhoz, gyalukésekhez gyakran használják. (Ellenőrizendő: a HSS jelölés magyar szabványos megfelelője.)
- **HM (keményfém).** Nagyon kemény, kopásálló élanyag. Körfűrészlapok, marószerszámok, gyalukések élei leggyakrabban HM lapkák. Törékeny: erős ütés vagy fém idegen anyag (szeg, csavar) eltörheti a vágóélet.
- **PCD (polikristályos gyémánt).** Igen nagy keménységű, nagyon hosszú éltartamú, de drága és törékeny. Főleg nagy kopású anyagok, például műgyanta felületű lapok, MDF, laminált padló, akril felületek nagy szériás megmunkálásához használják. Fémes idegen anyag tönkreteszi. (Ellenőrizendő: a PCD szerszámokra vonatkozó konkrét gyártói szabályok.)

Megjegyzés.
A szerszámra jelölt n_max a gyártó által megengedett legnagyobb fordulatszám; a gép tényleges fordulatszáma ezt nem lépheti túl. Az értéket a szerszám átmérője, szilárdsága és kiegyensúlyozása szabja meg. A szerszám kiválasztásakor először a műveletet, az anyagot, majd a gép fordulatszámát, végül a szerszám n_max értékét ellenőrizd.

21.2.5. Ellenőrzés: repedés, kopás, kiegyensúlyozatlanság

A szerszámot minden használat előtt és minden szerszámcsere alkalmával ellenőrizned kell.

21.2.5.1. Repedés

Ellenőrzőlista.
1. Nézd meg a szerszámot tiszta, száraz ruhával letörölve, jó megvilágításban.
2. Homlok- és oldalfelületeken, a furat körül, a vágóélek mögött keress hajszálrepedést.
3. Nagyítót használj, ha bizonytalan vagy.
4. Fém szerszámot (például marószárat, csapágyazott vezetőgyűrűt) óvatosan koccints meg: a tiszta, csengő hang ép szerszámra utal, a tompa, koppanó hang repedést vagy laza szereléket jelezhet. (Ellenőrizendő: a gyártói hangvizsgálati előírás; a hangpróba önmagában nem helyettesíti a szabályos vizsgálatot.)

Szabály.
Repedt, törött, megégett vagy deformálódott szerszámot tilos a gépbe szerelni. Az ilyen szerszámot el kell különíteni, és el kell vinni szakszervizbe vagy selejtezni.

21.2.5.2. Kopás és tompulás

A kopott vagy tompa szerszám jelei:

- a munkadarab széle szálkás, égésnyomot mutat;
- a gép erősebben rezeg, melegebb lesz;
- a szerszám éle fényes, lekerekített vagy sötétebb, kékre futtatott.

Továbbvitt eredmény.
Ezt az ellenőrzést rendszeresen elvégzed a fűrészgépi beállításoknál Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, a gyalu beállításánál Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság és a marógép szerszámcseréjénél Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás, az élezésnél pedig Gépápolás, karbantartás és élezés mutatja be a helyes élezési módot.

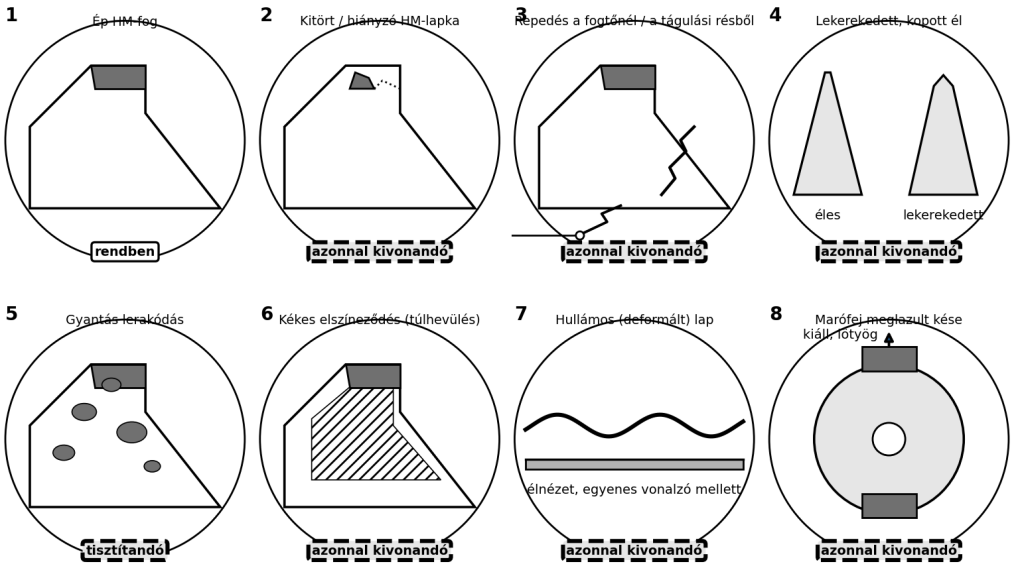
21.2.5.3. Kiegyensúlyozatlanság

A forgó szerszám tömegének eloszlása akkor jó, ha a szerszám futása nyugodt, rezgésmentes. A kiegyensúlyozatlanság jelei:

- a gép erősen rezeg üresjáratban;
- a munkadarabon hullámos, úgynevezett késnyomtáv vagy marási hullámosság látszik;
- a csapágyak idő előtt kopnak, a gép zajos.

Megjegyzés.
A szerszám kiegyensúlyozását általában a szerszámgépgyártó vagy a szerszámélező műhely végzi el kiegyensúlyozó gépen. A műhelyben te a szerszám tömegét és a felfekvő felület tisztaságát tudod ellenőrizni, valamint a próbafutással a rezgést.

A leggyakoribb hibaképeket és a teendőt a következő ábra foglalja össze. A HTML-változatban minden képnél eldöntheted, használható-e a szerszám.



21.7. ábra. Gépi szerszámok hibaképei nagyítva, a teendővel: ép fog, kitört lapka, repedés, kopott él, gyantás lerakódás, túlhevülés miatti elszíneződés, hullámos lap, meglazult kés

21.2.6. Szállítás és tárolás

A szerszám akkor marad jó állapotban, ha úgy viszed, hogy a vágóél ne ütközhessen, és úgy tárolod, hogy a nedvesség, a korrózió és az egymásnak ütődés ne rongálja.

Recept.
Gépi szerszámok szakszerű tárolása

1. A szerszámcsere után tisztítsd meg a szerszámot a rárakódott gyantától, portól.

2. Törölj rá vékonyan szerszámkonzerváló olajat vagy viaszt, ha a gyártó javasolja.

3. Helyezd a szerszámot élévédő tokba, fadobozba, műanyag kazettába vagy felfüggesztő állványra.

4. A fűrészlapokat függőlegesen, a fogakat nem terhelve, ne pedig lapjukra fektetve tárold.

5. A marószárakat élévédővel, a gyalukéseket külön rekeszben, azonos típusonként rendezve tárold.

6. A szerszámot száraz, fagymentes, portól védett helyen, a gépek közelében, de ne a munkapad éle fölé lógatva tárold.

7. A szerszám mellett tartsd a hozzá tartozó leszorító anyát, alátétet, esetleg a beállítósablont, és jelöld meg, melyik géphez való.

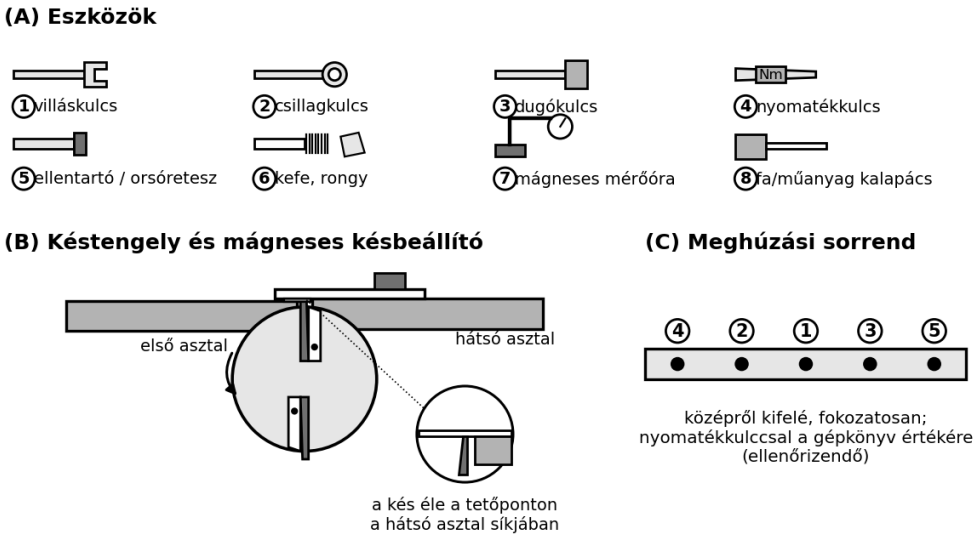
A szerszámot **tokban, élévédővel** szállítsd a műhelyen belül is. Ha leejted, akár a kicsinek látszó ütés is repedést okozhat a keményfém élen vagy a testben. A leejtett szerszámot mindig vizsgáld meg újra.

21.2.7. Szerszámcsere és késbeállítás eszközei

A szerszámcseréhez a következő eszközöket használjuk:

- **Villáskulcs, csillagkulcs vagy dugókulcs** a leszorító anya oldásához és meghúzásához. A kulcsnak pontosan illenie kell a gépen lévő anyára.
- **Nyomatékkulcs**, ha a gépkönyv vagy a szerszámgyártó meghúzási nyomatékot ad meg. (Ellenőrizendő: a gépkönyv szerinti nyomatékérték.)
- **Ellentartó kulcs vagy tengelyretesz** a forgóorsó blokkolásához, ha a gépkönyv ezt írja elő.
- **Tisztító kefe, rongy, szerszámkonzerváló anyag** a felfekvő felületek tisztán tartásához.
- **Mágneses állványos mérőóra** a szerszám radiális és axiális ütésének ellenőrzéséhez, ha a gépkönyv előírja.
- **Kalapács** csak fa- vagy műanyagfejű, ha a gépkönyv szerint a szerszám ütögetéses beállítása szükséges. Acélkalapácsot tilos a szerszámhoz ütni.

Az eszközöket és a gyalugép késbeállításának elvét a következő ábra mutatja: a mágneses késbeállítót a hátsó asztalra fektetjük, és a kés élét a késtengely tetőpontján a hátsó asztal síkjába állítjuk; a leszorító csavarokat középről kifelé, fokozatosan húzzuk meg.



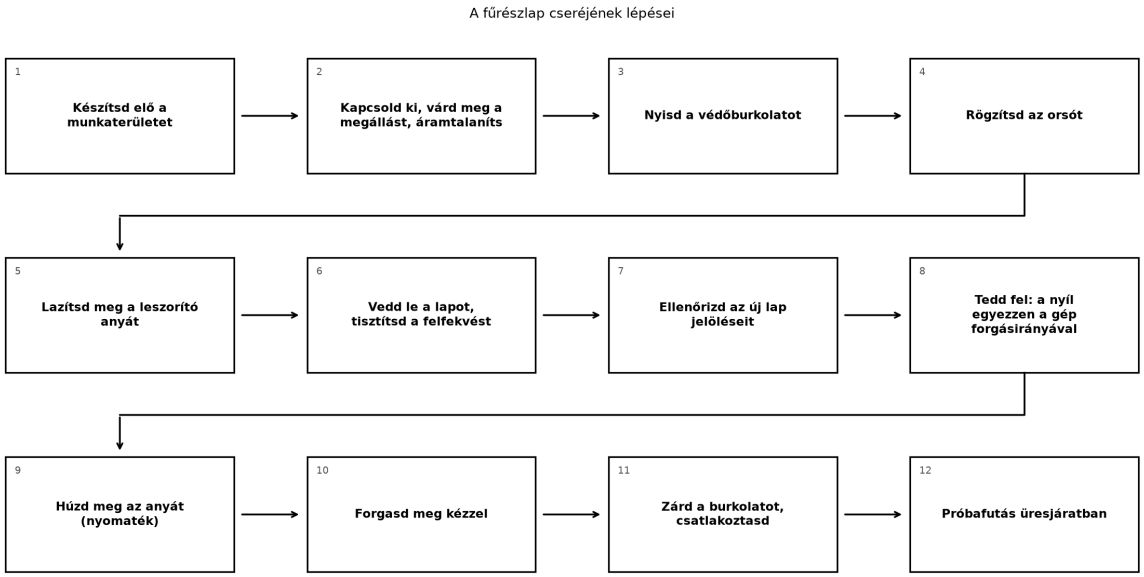
21.8. ábra. Szerszámcsere és késbeállítás eszközei: (A) eszközök a lista sorrendjében, (B) késtengely ékléccel és mágneses késbeállítóval, (C) a csavarok meghúzási sorrendje

Gépbiztonság.
A gépi szerszám cseréje előtt mindig áramtalanítsd a gépet. Kapcsold ki a gépet az üzemi kikapcsolóval, várd meg, amíg a forgó szerszám teljesen megáll, majd húzd ki a csatlakozót vagy reteszeld le a főkapcsolót (a vészleállító nem üzemi leállító eszköz). Csak ezt követően nyúlj a szerszámhoz. Ha a gép rendelkezik szervizkapcsolóval vagy leválasztó kapcsolóval, azt is használd. A véletlen újraindítás elleni védelmet (retesz, kikapcsolás, megjelölt kapcsoló) mindig tartsd be.

21.2.8. Szerszámcsere lépései

Vegyünk egy példát: a körfűrészgép fűrészlapjának cseréje.

1. **Készítsd elő a munkaterületet.** Tedd a szükséges kulcsokat, a tiszta rongyot és az új szerszámot a gép mellé, de ne a forgó rész közelébe.
2. **Áramtalaníts.** Kapcsold ki a gépet, várd meg, amíg a lap teljesen megáll, majd húzd ki a csatlakozót vagy reteszeld le a főkapcsolót.
3. **Nyisd a védőburkolatot** a gépkönyv szerint. Soha ne akaszd ki a védőburkolatot, csak a szerszámcseréhez nyisd fel, és utána azonnal zárd vissza.
4. **Rögzítsd az orsót** a gépkönyvben leírt módon (orsóretesz).
5. **Lazítsd meg** a leszorító anyát a megfelelő kulccsal. Ha az anya jobbmenetes, balra fordul; ha a forgásirány miatt balmenetes, jobbra. A gépkönyv ezt pontosan mutatja. (Ellenőrizendő: az adott gép menetiránya.)
6. **Húzd le a régi lapot**, majd **tisztítsd meg** az orsófelfekvést és a lap belső felfekvő felületét. A legkisebb idegen anyag is ütést okozhat.
7. **Ellenőrizd** az új lap jelöléseit: n_max, D, d, z, MAN/MEC, forgásirány. Csak akkor szereld be, ha az n_max nagyobb vagy egyenlő a géporsó névleges fordulatszámánál, és a lap jelölése MAN, ha a gép kézi előtolású.
8. **Helyezd fel az új lapot** úgy, hogy a lapon lévő forgásirány-nyíl egyezzen a gépen jelölt forgásiránnyal (asztali körfűrésznél a kezelő felőli fogak az asztal felé mutatnak).
9. **Tedd fel a leszorító anyát**, és húzd meg a gépkönyvben megadott nyomatékkal, vagy ha nincs nyomaték, határozottan, de ne erőszakkal. (Ellenőrizendő: a gépkönyv nyomatékértéke.)
10. **Forgasd meg kézzel a lapot**, és nézd meg, hogy fut-e, nem üt-e, nem súrlódik-e a hasítóékhez vagy a búra alatt.
11. **Zárd vissza a védőburkolatot**, távolíts el minden szerszámot a forgó résztől, és csak ezután csatlakoztasd a gépet.
12. **Próbafutás** bekapcsolva, üresjáratban: figyeld a rezgést, a zajt. Ha rendben, egy próbadarabon ellenőrizd a vágást.



21.9. ábra. A fűrészlap cseréjének lépései - Szemléltető lépéssor a fenti lista szerint. Az orsóra csak kikapcsolt, megállt és áramtalanított gépen nyúlj; a nyomatékot és a menetirányt a gépkönyvből ellenőrizd.

21.2.9. Kiegyensúlyozás és késbeállítás

A kések és szerszámok beállításánál a cél, hogy minden él azonos magasságban, azonos sugáron fusson, és a szerszám tömegeloszlása egyenletes legyen.

Szabály.
A kiegyensúlyozást általában a szerszám élezésekor, a késbetét cseréjekor vagy a gép rezgésének növekedésekor kell elvégeztetni szakszervizben. A műhelyben te a kés kiállását gyári beállítósablonnal, mérőórával vagy a gépkönyv szerinti módon ellenőrzöd. A tömegkiegyenlítést illetően: kisebb szerszámoknál a gyártó kiegyensúlyozottan adja a szerszámot; ha bármely elem sérül vagy kicserélődik, az egyensúly felborulhat.

Ha egy marószerszám csapágya, anyacsavarja vagy alátétje elkopott, ne toldozd meg alátéttel, ne reszeld meg az orsót. A rosszul illeszkedő alkatrész kiegyensúlyozatlanságot okoz, és tönkreteszi a csapágyat.

21.2.10. Minőségellenőrzés

A szerszámcsere után a következőket ellenőrizd:

- **Jelölések:** n_max, MAN/MEC, forgásirány, átmérő, furat megfelelő.
- **Felfekvő felületek:** tiszták, fémtiszta, sérülésmentesek.
- **Szorítóelem:** az anya nem laza, a szerszám nem mozdul el kézzel.
- **Ütés:** mérőórával vagy szemrevételezéssel, lassú kézi forgatással a szerszám radiális ütése a gépkönyvben megadott tűrésen belül van. (Ellenőrizendő: a gépkönyv szerinti tűrés, jellemzően néhány század mm.)
- **Próbafutás:** üresjáratban nincs rendellenes rezgés, koppanás, fém csikorgás.
- **Próbadarab:** a vágás felülete sima, szálkamentes, nincs égésnyom.

21.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** a fűrészlap vágáskor üt, a vágás hullámos.
   Ok: a lap furata nem illik az orsóra, vagy a felfekvő felület koszos, esetleg a lap meg van deformálódva.
   Helyes gyakorlat: tisztítsd meg a felfekvőket, ellenőrizd a furatátmérőt, és ha a lap deformált, cseréld ki.

2. **Hiba:** a gyalukés nem vág egyenletesen, az anyag „féloldalasan” dolgozik.
   Ok: a kések kiállása nem azonos magasságú, vagy a késtengely kiegyensúlyozatlan.
   Helyes gyakorlat: állítsd be a késeket gyári sablonnal, mérőórával, és csak azonos, jelölt, azonos hosszúságú késeket szerelj be.

3. **Hiba:** a szerszám beépítés után hangos, rezeg, a gép melegszik.
   Ok: túl nagy fordulatszám, túl tompa szerszám, kiegyensúlyozatlanság, vagy a szerszám n_max értéke kisebb, mint a géporsó fordulatszáma.
   Helyes gyakorlat: azonnal állj le, és ellenőrizd a n_max értéket a géporsó fordulatszámához képest, majd vizsgáld meg a szerszámot.

4. **Hiba:** a marószerszám éle letörik, pedig nem ütközött idegen anyaghoz.
   Ok: a szerszámot leejtették, vagy a tárolás során a keményfém él más fémhez ütődött.
   Helyes gyakorlat: a szerszámot mindig élévédőben tárold, szállítsd, és ha leesett, még használat előtt vizsgáld meg, szükség esetén élezőbe kell vinni.

21.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló az üzembe kerülve egy állványos fúrógép mellett volt. A fúrószár tompa volt, a munkadarab felforrósodott, a gép pedig füstölt. A tanuló kicserélte a fúrót, de nem húzta meg teljesen a tokmánykulcsot, és a tokmányban maradt a kulcs. A gép bekapcsolásakor a fúró kiesett, a tokmánykulcs pedig kirepült volna, ha a művezető nem állítja le azonnal a gépet.

Tanulságok:
- A tokmánykulcsot mindig vedd ki azonnal a tokmányból, és soha ne hagyd a gépben.
- A szerszámot mindig a gépkönyv szerint, a megfelelő kulccsal, megfelelő erővel húzd meg.
- A tompa szerszámot ne erőltesd; a szerszámcsere a munka része, nem szükséges rosszkedvűen sietni.

21.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A körfűrészlap n_max értéke a legnagyobb megengedett fordulatszám, tehát a géporsó ennél nagyobb fordulatszámmal is használhatja a lapot.

2. Mit jelent a MAN jelölés?

3. Miért fontos a felfekvő felületek tisztítása szerszámcsere előtt?

4. Milyen hangra figyelj, ha egy acél marószárat óvatosan megkocogtatsz? Mit jelez a tompa, koppanó hang?

5. Miért kell a gyalukést beállítósablonnal, nem pedig „szemre” állítani?

6. Mi a teendő, ha egy keményfém fogas marószerszámot véletlenül leejtesz a betonra?

21.2.14. Feladatok

1. feladat (A)
Egészítsd ki a mondatot!
Egy körfűrészlap jelölései: D = 250 mm, d = 30 mm, z = 40, n_max = 8000 min^{-1}, MAN. Add meg, mit jelöl a D, a d, a z, az n_max és a MAN, és mondd meg, használható-e a lap egy olyan gépen, amelynek fordulatszáma 4500 min^{-1}, kézi előtolású a gép. Indokold!

2. feladat (A)
Sorold fel a szerszám anyagokat, és mindegyik mellé írj egy jellemző felhasználási példát!

3. feladat (B)
Körfűrészlap csere közben észreveszed, hogy az új lap furatátmérője 30 mm, de a gép orsójánál alig csúszik fel. Mi a helyes eljárás? Sorold fel lépésenként, és indokold, miért nem szabad kalapáccsal felütni a lapot!

4. feladat (B)
A tanulóműhelyben a nagy marógép marószerszámát egy fadobozban tárolják, de a maró szerszám fém testét kétoldalról más fém szerszámok érintik. Rezgés és rossz felületminőség jelentkezik a gépen. Írd le a hiba okát és a helyes tárolási módot!

5. feladat (C)
Egy asztalos üzletben a dolgozó kicseréli a gyalukést, de a gép továbbra is vibrál. A kés a gépkönyv

szerint kiáll, a szerszám új. Mi lehet az ok? Vizsgáld meg a lehetséges okokat sorba rendezve! (Gondolj a felfekvő felületre, a kiegyensúlyozottságra, a kés hosszára, a tengely állapotára.)

6. feladat (D)
Készíts egy rövid ellenőrző listát a körfűrészlap beszerelése előtti és utáni ellenőrzéshez! A lista lépései mellett add meg, milyen szerszámot vagy eszközt használsz az adott ellenőrzéshez, és mi a „nem felel meg” esetén a teendő.

21.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A n_max a megengedett *legnagyobb* fordulatszám, tehát a géporsó fordulatszáma nem lehet nagyobb, mint az n_max. Ha a géporsó 4500 min^{-1}, az n_max 8000 min^{-1}, a lap használható, mert $4500 \leq 8000$.

2. A MAN jelölés azt jelzi, hogy a szerszám kézi előtolású géphez való.

3. A felfekvő felületek tisztán tartása azért fontos, mert a közéjük szorult porszem vagy forgács a szerszámot kibillenti, ütést és kiegyensúlyozatlanságot okoz.

4. Az ép acél tiszta, csengő hangot ad. A tompa, koppanó hang repedésre vagy a fém tömörségének hibájára utalhat.

5. A gyalukést azért kell beállítósablonnal, mérőórával állítani, mert minden késnek pontosan azonos magasságban kell állnia, különben a késtengely „féloldalasan” dolgozik, rezeg, és a felület hullámos lesz.

6. Ha leejtesz egy keményfém fogas marószerszámot, azonnal vizsgáld meg, és ha repedés, kitöredezés gyanúja merül fel, tilos a gépbe szerelni, szakszervizbe kell vinni. Még ha nem látszik sérülés, a belső repedés kockázata miatt a gyártó szerinti ellenőrzést kell elvégezni.

Feladatok megoldása

1. **D** a szerszám külső átmérője (250 mm).
   d a furat átmérője (30 mm).
   z a fogak száma (40).
   n_max a megengedett legnagyobb fordulatszám (8000 min^{-1}).
   MAN jelölés: kézi előtolású géphez való szerszám.
   A gép feltételei: 4500 min^{-1}, kézi előtolású.
   A gép fordulatszáma (4500 min^{-1}) kisebb, mint az n_max (8000 min^{-1}), és a szerszám MAN jelölésű, a gép kézi előtolású, tehát használható.

2. Szerszámanyagok jellemző felhasználással:

   - Szerszámacél: hagyományos, jól élezhető, pl. kézi gyalukések, kisebb igénybevételű kések.
   - HSS (gyorsacél): hőálló, pl. fafúrók, felsőmaró szárak, marószárak.
   - HM (keményfém): kemény, kopásálló, pl. körfűrészlapok élei, gyalukések, maróél.

- PCD (polikristályos gyémánt): nagyon kemény, drága, pl. laminált lap, MDF, akril felületek nagy szériás megmunkálásához.

3. Helyes eljárás, ha a furat alig csúszik fel az orsóra:

   - Ellenőrizd a furatátmérőt (30 mm) és az orsó átmérőjét. A furat és az orsó között nagyon kis hézag, jellemzően 0,02–0,05 mm a megengedett. (Ellenőrizendő: a gépkönyv szerinti illesztés.)

   - Tisztítsd meg az orsót; lehet, hogy rárakódott gyanta vagy sorja van.

   - Tisztítsd meg a lap furatát is.

   - Ha az orsón gyártási sorja van, óvatosan, szakszerűen távolítsd el, vagy szervizbe vidd.

   - Kalapáccsal felütni tilos, mert a lap testét megfeszíti, repedést okoz, és a furat is sérül; a lap így balesetet okozhat.

4. A hiba oka: a marószerszám olyan dobozban van, ahol fém szerszámok érik egymást, így az él letöredezhet, a test megsérülhet, ami kiegyensúlyozatlanságot és rezgést okoz.
   Helyes tárolás: fa- vagy műanyag rekeszben, élévédővel, elválasztva más szerszámoktól, függőlegesen vagy a gyári tasakban, száraz, pormentes helyen.

5. Lehetséges okok, ha új kés beépítése után is vibrál a gép:

   - A felfekvő felületek nem tiszták; a kés alá porszem vagy gyantadarab került. → Tisztítsd meg.

   - A kés nem a gyári sablonnal, hanem szemre lett beállítva. → Mérőórával, sablonnal ellenőrizd.

   - A több kés nem azonos hosszúságú, így a tömegeloszlás nem egyenletes. → Azonos típusú, azonos hosszúságú késeket szerelj be.

   - A késtengely csapágya kopott, ez is vibrációt okoz, nem mindig a kés a hiba. → A gépkönyv szerint ellenőrizd a tengelyt.

6. Ellenőrző lista (szerszám pl. körfűrészlap cseréhez):

Lépés	Ellenőrzés	Ha nem felel meg
1. Gép áramtalanítása	A kapcsoló ki, a csatlakozó kihúzva	Végezd el az áramtalanítást, és reteszeld
2. Orsóellenőrzés	Az orsó tiszta, sérülésmentes	Tisztítsd meg; sérülés esetén szerviz
3. Lap ellenőrzése	D, d, z, n_max, MAN/MEC, nyíl megfelelő	Ne szereld be; cseréld másikra
4. Felfekvő felületek	Fémtiszta, horonymentes	Tisztítsd; sérülés esetén szerviz
5. Meghúzás	Nyomatékkulccsal, gépkönyv szerint	Húzd meg a megadott nyomatékra
6. Védőburkolat	Zárva, nem akad	Zárd be, javítsd a reteszt
7. Próbafutás	Üresjáratban nincs rezgés, zaj, ütés	Azonnal állj le, ellenőrizd a szerelést

21.2.16. Rövid összefoglaló

A gépi szerszámok jelölései: D (külső átmérő), d (furat), z (fogszám), n_max (megengedett legnagyobb fordulatszám), valamint a MAN (kézi előtolású) és MEC (gépi előtolású) jelölés. Kézi előtolású gépre csak MAN jelölésű szerszámot szabad szerelni; a MEC jelölésű szerszám csak gépi előtolással használható. A MAN szerszám gépi előtolásnál is használható (ellenőrizendő: MSZ EN 847-1, szerszámgyártói adat). A szerszám anyaga leggyakrabban szerszámacél, HSS, HM (keményfém) vagy PCD (gyémánt). A szerszámot minden használat előtt ellenőrizni kell: repedés, kopás, tompulás, kiegyensúlyozatlanság jelei alapján. Repedt, törött szerszámot tilos beépíteni. A szerszámot száraz, fagymentes, pormentes helyen, élévédőben, tokban vagy felfüggesztve kell tárolni, és úgy szállítani, hogy a vágóél ne sérülhessen. A szerszámcsere előtt mindig áramtalanítani kell a gépet, meg kell várni, amíg a forgó rész megáll, majd a védőburkolatot a szerszámcsere után azonnal vissza kell zárni. A szerszámcsere lépései a felfekvő felületek tisztítását, a szerszám jelöléseinek ellenőrzését, a meghúzást a gépkönyv szerinti nyomatékkal, a kézzel való átforgatást és a próbafutást foglalják magukba. A kiegyensúlyozást szakszervizben kell elvégeztetni, a műhelyben a késbeállítást ellenőrizd beállítósablonnal vagy mérőórával. **Továbbvitt eredmény.** Ezt a szerszám-ellenőrzési és cserefolyamatot alkalmazzuk a fűrészgépeknél (Asztalos szalagfűrészgép, Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák), a gyaluk beállításánál (Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság, Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás), a marógépeknél (Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás, Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen) és a faesztergánál (Faesztergálás: gépek, szerszámok, alapműveletek); az élezés és a szerszámkarbantartás részletesen a Gépápolás, karbantartás és élezés alfejezetben következik.

21.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépi szerszámok biztonsága és jelölései: MSZ EN 847 sorozat (ellenőrizendő: a pontos, hatályos szabványszám és a MAN/MEC jelölés jelenlegi jelölési módja).
- Faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat (ellenőrizendő: pontos szabványszámok).
- Gépkönyvek és szerszámgyártói adatlapok: n_max, meghúzási nyomaték, megengedett fordulatszám, illesztési tűrések (ellenőrizendő az adott gépnél és szerszámnál).
- A szerszámanyagok és azok jellemzői (HSS, HM, PCD) gyártói katalógusokból, szakkönyvekből származó tájékoztató adatok (ellenőrizendő a konkrét szerszám katalógusában).
- A fúrótokmányos baleseti példa didaktikai célú, fiktív, nem konkrét baleseti esemény.

21.3. Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció

21.3.1. A por nemcsak kényelmetlen, hanem veszélyes

Amikor a körfűrészgép, a felsőmaró vagy a csiszológép dolgozik, nemcsak hasznos forgács keletkezik, hanem **fapor** is. A durva forgács lehull a padlóra, a finom por viszont a levegőbe keveredik, és sokáig lebeg. Jó elszívás nélkül a por a tüdőbe jut, a gépek házában lerakódik, a műhelyben robbanóképes felhőt alkothat, és a motorok, szűrők eltömődnek. Ezért a por- és forgácselszívást nem „takarítási kérdésként”, hanem **egészségvédelmi, tűzvédelmi és technológiai feltételként** kell kezelni. Az ezt megalapozó kockázatokat és a porrobbanás alapjait a Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés, fapor, vegyi anyagok, valamint a Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás alfejezetekben tanultuk. Itt most a konkrét elszívó berendezéseket, a méretezést és a biztonságos kezelést tanítjuk.

Továbbvitt eredmény. Az elszívás indítás előtti ellenőrzése minden későbbi gépi technológiai lap (pl. fűrészgép, gyalugép, marógép, csiszológép) kötelező pontja lesz. Ezt használjuk a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezet után is, egészen a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés felkészülési ellenőrzőlistájáig.

21.3.2. Mit jelent a fapor és az expozíció?

Világíts be zseblámpával a csiszológép mögött, és figyeld a fénynyalábot: a látható porszemcsék a nagyobb, belélegezhető részt mutatják. A legveszélyesebb, apró részecskék egy része szabad szemmel alig látható. A faipari por nem egységes: a fűrészelés forgácsot és fűrészport ad, a marás és fúrás kisebb részecskéket, a csiszolás finom csiszolóport, a préselt lapok (MDF, forgácslap) megmunkálása pedig nagyon finom, kevert port.

Definíció. A **fapor** a fa, faalapú lap vagy felületkezelt faanyag megmunkálásakor keletkező, levegőben lebegő vagy ülepedő szilárd részecskék összessége. **Fapor-expozíciónak** azt az állapotot nevezzük, amikor a dolgozó e porral szennyezett levegőt belélegzi, bőrére vagy szemébe engedi, illetve poros környezetben tartózkodik.

A por részecskemérete egészségvédelmi szempontból döntő:

- a 10 µm fölötti rész nagyobb része az orrban és a torokban elakad;
- a kisebb, belélegezhető rész a hörgőkbe jut;
- a néhány µm alatti, **respirábilis** rész egészen a tüdőhólyagocskákig eljuthat.

A keményfa-por – például bükk, tölgy – rákkeltő anyagként van számon tartva, ezért a fapor elleni védelem nem választható, hanem kötelező. A fenyőpor erősen irritálhatja a légutakat, az MDF-por pedig finom, kevert, ragasztó- és adalékanyag-maradványt is tartalmazhat. Az egészségvédelem pontos besorolását mindig a biztonsági adatlap és a hatályos előírások adják.

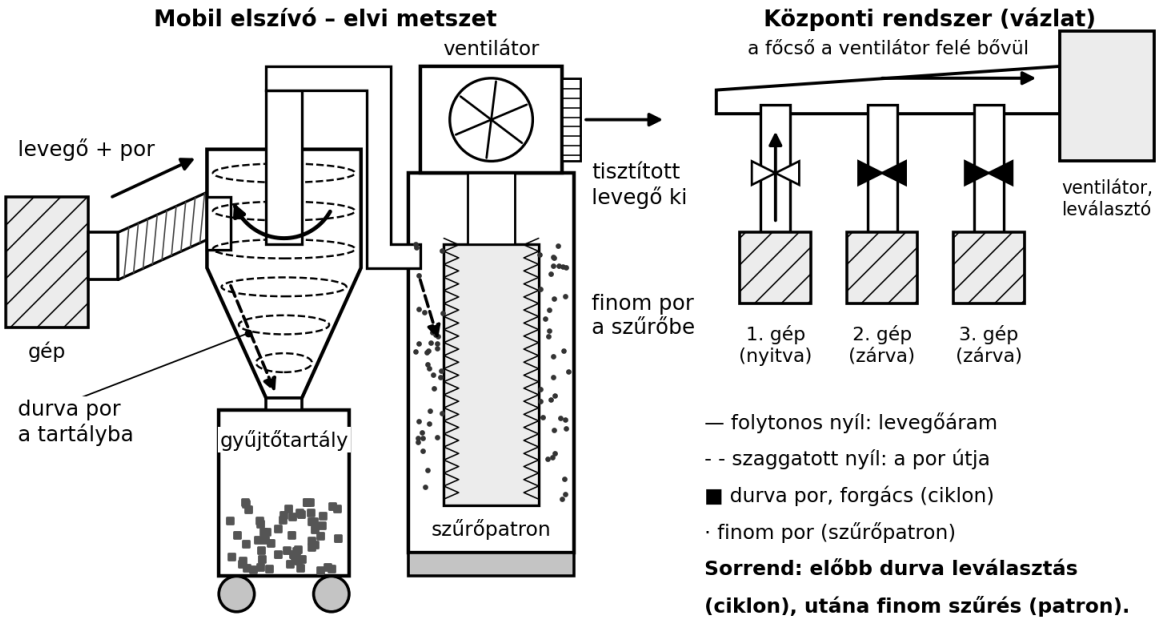
21.3.3. Elszívó berendezések: mobil és központi rendszerek

A legkisebb műhelyben is alapvető eszköz a **mobil elszívó**, amelyet egy-egy géphez lehet csatlakoztatni. Felépítése jellemzően:

- **elszívótömlő** vagy csővezeték a géptől;
- **durvaszűrő vagy leválasztó** a nagyobb forgács felfogására;
- **szűrőbetét**, jellemzően szűrőpatron vagy szövettömlő;
- **ventilátor**, amely a levegőt áramoltatja;
- **gyűjtőtartály** vagy zsák a leválasztott por részére.

Definíció. A **mobil elszívó** olyan, kerekeken mozgatható berendezés, amelyet egy vagy néhány géphez csatlakoztatunk, és feladata a porképzés helyén a levegő elszívása, a por kiválasztása, majd a megtisztított levegő visszajuttatása a műhelybe vagy szabadba.

A mobil elszívó lehet **zsákos**, **patronos** vagy **ciklonos** kivitelű. A zsákos elszívó egyszerű, de a szűrőfelület hamar telítődik, főként finom csiszolóporos munkánál. A patronos elszívó nagyobb szűrőfelületet ad, ezért kisebb az áramlási ellenállása. A **ciklon** a levegőt spirálisan forgatva használja ki a centrifugális erőt: a nehezebb részecskék a falhoz szorulnak, lassan lecsúsznak, a levegő középen fölfelé távozik. A ciklon a nagyobb por és forgács nagy részét külön tartályba választja le, a finom port ezután a szűrő fogja meg.



21.10. ábra. Mobil elszívó elvi metszete és a központi rendszer vázlata: a ciklon a durva port a gyűjtőtartályba választja le, a finom port a szűrőpatron fogja meg

Az ábra a levegő útját mutatja: a gép csonkjától a rövid, földelt tömlőn át a levegő oldalt, érintő irányban lép a ciklonba; a forgó áramlásban a durva por a falon lecsúszik a gyűjtőtartályba, a levegő a merülőcsövön át a szűrőpatronhoz jut, ahol a finom por fennakad; végül a ventilátor a tisztított levegőt kifújja. Előbb tehát a durva leválasztás, utána a finom szűrés következik. Az interaktív változat lépésenként mutatja az utat, és azt is, mi történik tele szűrőnél.

A **központi elszívórendszer** nagyobb műhelyekben egy közös ventilátorból, csőhálózatból és központi leválasztóból áll. A gépek egy-egy **tolózáras** ágon csatlakoznak. A tolózárral az éppen használt gép ágát nyitjuk, a használaton kívüli ágat zárjuk. Ha minden ág nyitva van, a szívás szétoszlik, és egy gépnél sem lesz elegendő légsebesség. A központi rendszer főcsöve fokozatosan bővül a leágazások után, hogy a **szállító légsebesség** ne csökkenjen le, mert a túl kis sebességnél a por kiválik, lerakódik, eltömíti a vezetéket.

21.3.4. Szállító légsebesség és légmennyiség

Az elszívórendszer akkor működik megbízhatóan, ha a csőben a levegő mindenütt olyan gyors, hogy a port magával viszi. Ezt nevezzük **szállító légsebességnek**.

Definíció. A **légmennyiség** az időegység alatt szállított levegőtérfogat, jele Q, szokásos mértékegysége m^3/s vagy m^3/h. A **szállító légsebesség** a levegő átlagos áramlási sebessége a csőben, jele v, mértékegysége m/s.

A kettő összefüggését a cső keresztmetszete adja:

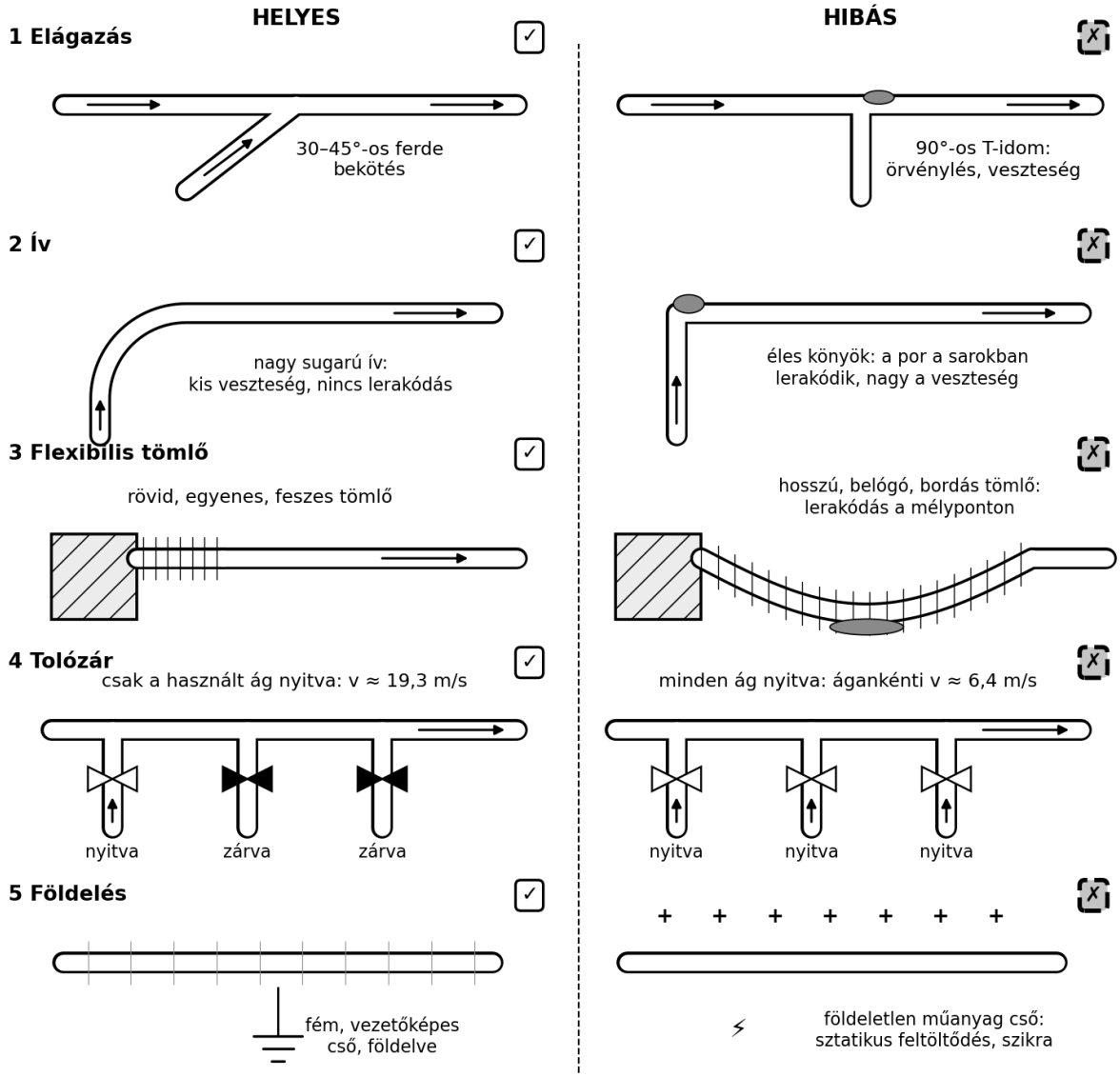
$$Q = A \cdot v,$$

ahol A a cső belső keresztmetszete. A faipari gyakorlatban a szállító légsebesség jellemző értéke – függően az anyagtól és a por típusától – **18–25 m/s** közötti tartományba esik. Ez **tájékoztató**

érték, a valós méretezést a ventilátor karakterisztikája, a csőhálózat ellenállása és a szűrő állapota határozza meg.

Anyag / műveletcsoport	Tájékoztató szállító légsebesség
Finom csiszolási por, könnyű fapor	15–20 m/s (ellenőrizendő)
Fűrészpor és gyalulási forgács	18–25 m/s (ellenőrizendő)
Nedves, ragadós vagy nehéz vegyes por	25–30 m/s (ellenőrizendő)

A túl kis sebességnél a por lerakódik, a túl nagy sebességnél pedig megnő a zaj, a koptató hatás és az energiaigény. A helyes sebesség megtartása tehát nemcsak teljesítmény-, hanem karbantartási kérdés is.



21.11. ábra. Elszívó csőhálózat helyes és hibás kialakítása

A szállító légsebességet a csőhálózat kialakítása tartja meg: ferde (30–45°-os) bekötés derékszögű T-idom helyett, nagy sugarú ív éles könyök helyett, rövid, egyenes flexibilis tömlő, zárt tolózár a nem használt ágon, és földelt, vezetőképes vezeték. Ha például 1400 m³/h egyetlen 160 mm-es

ágon áramlik, a sebesség kb. 19,3 m/s; ha három egyforma ág is nyitva van, áganként kb. 6,4 m/s-ra esik, és a por lerakódik (egyszerűsítve, állandó ventilátor-légmennyiséggel számolva). Az interaktív változatban a tolózárak kapcsolhatók.

21.3.5. A Q = A · v képlet és a csőméretek

A ventilátor által szállítandó légmennyiséget a gép elszívócsatlakozásánál kell biztosítani. A kerek cső belső keresztmetszete:

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4},$$

ahol D a cső belső átmérője méterben. Téglalap keresztmetszetű csőnél:

$$A = \text{szélesség} \cdot \text{magasság}.$$

A térfogatáram-átszámítás:

$$Q_{\mathrm{m^3/h}} = Q_{\mathrm{m^3/s}} \cdot 3600.$$

Számítás. Egy gépet $D = 120\,\mathrm{mm}$ belső átmérőjű csővel kötünk be. A szükséges szállító légsebesség $v = 22\,\mathrm{m/s}$. Számítsuk ki a szükséges légmennyiséget.

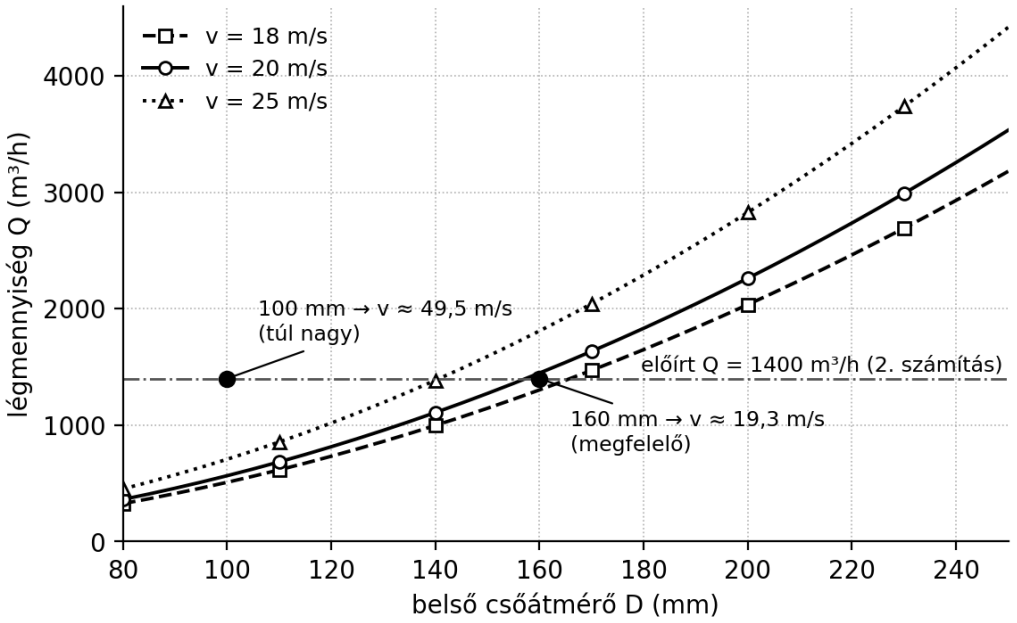
$$A = \frac{(0{,}120)^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}01131\,\mathrm{m^2}.$$

$$Q = 0{,}01131 \cdot 22 = 0{,}2488\,\mathrm{m^3/s}.$$

$$Q = 0{,}2488 \cdot 3600 \approx 896\,\mathrm{m^3/h}.$$

Ellenőrzés: a 120 mm-es csőben 22 m/s sebességhez közel 900 m³/h kell. Ez nagyságrendileg reális egy kisebb gépnél.

A következő diagram a $Q = A \cdot v$ képletből számolt értékeket mutatja 20 m/s feltételezett sebesség mellett.



21.12. ábra. Kerek elszívócső légmennyisége az átmérő függvényében 18, 20 és 25 m/s légsebességnél; a vízszintes vonal a 2. számítás 1400 m³/h-s igénye

A görbék szemléltető, a képletből számolt értékek (20 m/s-nál például 80 mm → 362, 100 mm → 565, 120 mm → 814, 150 mm → 1272, 200 mm → 2262 m³/h). Az interaktív kalkulátorban kerek vagy téglalap keresztmetszetet, illetve adott légsebességet vagy adott légmennyiséget lehet megadni; a fejezet számpéldáit (120 mm és 22 m/s → 896 m³/h; 140 mm és 1800 m³/h → 32,5 m/s) ugyanígy adja vissza.

Számítás. Egy géphez a gyártó $Q = 1400\,\mathrm{m^3/h}$ elszívási légmennyiséget ír elő. A rendelkezésre álló cső belső átmérője $D = 100\,\mathrm{mm}$. Számítsuk ki a kialakuló légsebességet, és ítéljük meg, alkalmas-e a cső.

A légmennyiséget átváltjuk:

$$Q_{\mathrm{m^3/s}} = \frac{1400}{3600} = 0{,}3889\,\mathrm{m^3/s}.$$

A cső keresztmetszete:

$$A = \frac{(0{,}100)^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}007854\,\mathrm{m^2}.$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}3889}{0{,}007854} \approx 49{,}5\,\mathrm{m/s}.$$

Ez túlságosan nagy sebesség; nagy zajjal, nagy nyomásveszteséggel és erős koptatással járna. Ha inkább $D = 160\,\mathrm{mm}$ csövet választunk:

$$A = \frac{(0{,}160)^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}02011\,\mathrm{m^2},$$

$$v = \frac{0{,}3889}{0{,}02011} \approx 19{,}3\,\mathrm{m/s}.$$

Ez a 18–25 m/s tartományban van, tehát a 160 mm-es cső sokkal jobban illik a gépre. A gyakorlatban a csőátmérőt mindig a gép elszívócsonkjához és a ventilátor jelleggörbéjéhez kell igazítani.

Számítás. Egy téglalap alakú főcső mérete $200\,\mathrm{mm} \times 120\,\mathrm{mm}$. A szállító légsebesség $v = 18\,\mathrm{m/s}$. Számítsuk ki a légmennyiséget.

$$A = 0{,}200 \cdot 0{,}120 = 0{,}0240\,\mathrm{m}^2.$$

$$Q = 0{,}0240 \cdot 18 = 0{,}432\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}.$$

$$Q = 0{,}432 \cdot 3600 \approx 1555\,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}.$$

A nagyságrendi ellenőrzés: a 200×120 mm-es járat már egy komolyabb központi főcső lehet.

21.3.6. Porrobbanás és tűz elleni védelem

A fapor a levegőbe keveredve robbanóképes felhőt alkothat. Az alsó robbanási határ néhány tíz gramm por köbméterenként – ezt a konkrét értéket mindig a hatályos műszaki-biztonsági forrásból kell ellenőrizni. A lebegő fűrészpor- vagy csiszolópor-felhő, ha gyújtóforrást kap, rendkívül gyorsan ég végig.

Figyelem. A faipari porelszívó rendszerben a gyújtóforrást leggyakrabban **szikra**, **forró csapágy**, **elektromos hiba**, **statikus feltöltődés** vagy a szívórendszerbe kerülő **fémdarab** okozza. A fémcsövek, ciklonok, ventilátorházak **földelése** elengedhetetlen. A hajlékony tömlőket lehetőleg antisztatikus, földelt kivitelben válasszuk.

Tilos a faipari porelszívóval fémforgácsot, csavart, szeget, homokot vagy izzó tárgyat elszívni, mert a szikra a szűrőben tüzet, sőt porrobbanást okozhat. A faesztergán a fémhüvely, csavar, idegen tárgy a porral együtt a ciklonba kerülve veszélyes. A tűzvédelmi és robbanásvédelmi részleteket a Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás alfejezet tárgyalja.

A porral terhelt terekben, például a ciklonban, a szűrőházban, a porgyűjtő kamrában az elektromos berendezéseknek, motoroknak **robbanásbiztos**, EX kivitelűeknek kell lenniük, ha a veszélyességi zóna ezt megköveteli. A szikracsapda vagy a vízzáras elszívó a szikrát még a porgyűjtő elérése előtt leválaszthatja. A rendszeres takarítás nemcsak kényelmi, hanem tűzvédelmi kötelezettség: a berendezésen, csöveken, gépeken és padlón lerakódott por éghető tömeg.

21.3.7. Fapor-expozíció: határérték és egészségvédelem

A fapor expozíció megengedett mértékét a munkahelyi levegőben lévő veszélyes anyagokra vonatkozó **foglalkoztatási expozíciós határértékek** szabályozzák. A kémiai kóroki tényezők, köztük a rákkeltő keményfa-por munkahelyi határértékét az 5/2020. (II. 6.) ITM rendelet tartalmazza (**ellenőrizendő**: hatályos szöveg). A keményfa-por belélegezhető frakciójának uniós kötelező határértéke 2 mg/m³ (8 órás átlag; 2004/37/EK irányelv, **ellenőrizendő**). A keményfa-por a rákkeltő anyagok közé tartozik, így a védelemnek a lehető legalacsonyabb expozícióra kell törekednie. A határértéket a kiadás előtt a hatályos jogszabályból ellenőrizni kell.

Szabvány. A faipari gépek biztonsági szabványai – jellemzően az MSZ EN ISO 19085 sorozat – előírják, hogy a gépeket elszívórendszerhez kell csatlakoztatni, vagy a kezelőt a fapor ellen műszaki védelemmel kell óvni. Az elszívó berendezések tűz- és robbanástechnikai kialakítása az OTSZ, illetve az ATEX-robbanásvédelmi irányelvek hatálya alá tartozik. A gépgyártó adatlapja megadja a szükséges légmennyiséget, a csatlakozócsonk méretét és a várható nyomásveszteséget. A dolgozóknak a keményfa-porról, az MDF-porról és a felületkezelt anyagok csiszolási poráról is tájékoztatást kell kapniuk.

Gépbiztonság. A porelszívó is munkagép: a tanuló csak betanítás után, felügyelet mellett, a gépkönyv szerint kezeli; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezzen ellenőrzést vagy ürítést. A berendezés villamos részeit csak szakember javíthatja. Zsák- vagy szűrőtisztítás előtt mindig **áramtalaníts**, és várd meg, amíg a ventilátor teljesen megáll. Az ürítéshez használj FFP2 vagy FFP3 légzésvédőt, mert ilyenkor a leülepedett finom por újra a levegőbe keveredhet, és a szemet is védd.

21.3.8. Mérés és csökkentés

A fapor-expozíció mérését a munkáltató megbízásából munkavédelmi szakember végzi. A tanuló a maga szintjén is észreveheti, ha az elszívás nem elég:

- a gép fölött vagy mögött tartós, jól látható porfelhő lebeg;
- a gépházon, munkapadon, polcokon rövid idő alatt finom porréteg ül;
- a csőcsonk alig szív, a tenyeret nem húzza határozottan;
- a szűrőzaj megváltozik, a zsák hirtelen nagyon telítődik, vagy a csatlakozásnál sípol a levegő.

A fapor csökkentésének sorrendje a munkavédelemben tanult hierarchia: **megszüntetés → helyettesítés → műszaki védelem → szervezési intézkedés → egyéni védőeszköz**. Az asztalos műhelyben ez így néz ki:

- **Megszüntetés:** a porképző műveletet elhagyjuk vagy kiváltjuk, pl. méretre gyártott, kész élzárású lapot rendelünk, így nem kell csiszolni/marni.
- **Helyettesítés:** kevésbé porzó eljárás vagy eszköz, pl. csiszolás helyett kézi kaparás/finomgyalulás, vagy integrált elszívású kéziszerszám; ahol lehet, kevésbé ártalmas anyag.
- **Műszaki védelem:** a forrásnál elszívás, jól méretezett csőhálózat, szűrő, zárt vezetés, éles szerszám (a tompa él több finom port termel).
- **Szervezési intézkedés:** rövid munkaciklusok poros műveletnél, takarítás, szünetek.
- **Egyéni védőeszköz:** ha a levegő így sem tiszta, FFP2/FFP3 légzésvédő, szükség esetén védőszemüveg.

A pontos mérés eszköze lehet **hődrótos anemométer** a légsebességhez, **manométer** a szűrő előtti és utáni nyomáskülönbséghez, illetve **személyi pormintavevő** a dolgozó légzési zónájában. A hétköznapi műhelyellenőrzés ezt nem pótolja, de a durva hibákat időben jelzi.

21.3.9. Kezelés, karbantartás és hulladékkezelés

Az elszívórendszer kezelésének első szabálya: **a poros gépet ne kapcsold elszívó nélkül**. A mobil elszívót a gép indítása előtt kapcsoljuk be, és a gép leállítása után hagyjuk még néhány másodpercig futni, hogy a szállítócsőben lévő port kisöpörje. A központi rendszernél a gép tolózárát csak a használat idejére nyissuk ki.

21.3.10. Ellenőrzőlista: napi indítás

1. Ellenőrizd a gyűjtőtartályt vagy zsákot: ne legyen a megengedett töltési szint fölött.
2. Ellenőrizd a szűrőt: nincs eltömődve, nincs sérült szűrőbetét.
3. Nézd végig a tömlőt és csöveket: nincs törés, lyuk, megtört szakasz, lecsatlakozott elem.
4. Győződj meg róla, hogy a géphez tartozó tolózár nyitva van.
5. Kapcsold be az elszívót, és várd meg a felpörgést.
6. Tartsd a tenyeret a gép elszívócsonkjához: határozott szívást kell érezni.
7. Csak ezután indítsd a gépet.
8. Leállításkor előbb a gépet állítsd le, utána az elszívót.

A karbantartás magában foglalja a szűrő gyártói utasítás szerinti tisztítását, a tömítések ellenőrzését, a gyűjtőürítést, a földelővezetékek meglétének ellenőrzését, valamint a ventilátor rezgésmentes, normál hangú járását. A karbantartás előtt mindig **áramtalaníts**.

Hulladékkezelés. A tiszta faforgács és fűrészpor gyakran hasznosítható: brikettálható, energetikai célra átadható, vagy más módon kezelhető. A felületkezelt, ragasztott, MDF- vagy forgácslapos csiszolási por azonban nem feltétlenül egyezik meg a tiszta faforgáccsal. A hulladék besorolását a helyi hulladékgazdálkodási előírás és a képződő anyag biztonságtechnikai jellemzői adják; bizonytalan esetben a munkáltató nyilatkoztatja le. A poros gyűjtőzsákot ne a műhely közepén borítsuk ki, mert a porfelhő robbanás- és belégzési kockázatot jelent.

21.3.11. Minőségellenőrzés

Az elszívórendszeren a következőket érdemes rendszeresen figyelni:

- **Gyűjtőtartály/zsák szint:** ne legyen tele; ürítsd, mielőtt a töltöttség eléri a gyártói jelzést (tájékoztató: kb. kétharmados töltöttség).
- **Szívás érzete:** a gép elszívócsonkja a tenyeret határozottan húzza. Ha alig érzékelhető, a szűrő vagy a zsák, esetleg a tolózár a hibás.
- **Kilépő levegő:** ha a szűrőn áthaladó levegő láthatóan poros, a szűrő sérült vagy rosszul van behelyezve.
- **Földelés:** a fémes alkatrészek földelése és a hajlékony tömlő földelőbetétje folytonos legyen.
- **Porülepedés:** a gépen és a közvetlen környezetben 1–2 munkanap alatt képződött vastag porréteg az elszívás elégtelen működésére utal; a beállítást újra kell ellenőrizni.

21.3.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a ventilátor jár, de a gépből porfelhő tör elő. **Ok:** zárt tolózár, tele gyűjtőzsák, eltömődött szűrő, lyukas tömlő, lecsatlakozott cső vagy túl hosszú, kis átmérőjű cső. **Helyes gyakorlat:** az indítás előtti ellenőrzőlista lépéseit sorban végezd el; a hiba okát a géptől a ventilátorig haladva keresd.

Hiba: a csőben a por rendszeresen lerakódik, a rendszer egyre gyengébben szív. **Ok:** a szállító légsebesség túl kicsi, esetleg éles könyökök, hosszú, hullámos tömlő vagy a főcső túl nagyra van méretezve. **Helyes gyakorlat:** rövid, sima falú, fokozatos 45°-os iránytörésű csőhálózat; a sebességet $Q = A \cdot v$ szerint ellenőrizni.

Hiba: a dolgozó kikapcsolja az elszívót, mert hangos. **Ok:** a fapor-expozíciót és a porrobbanás veszélyét alábecsülik; a ventilátor zaja rossz. **Helyes gyakorlat:** az elszívó bekapcsolása kötelező; a zaj ellen hallásvédőt használj, ne az egészségvédelmet kapcsold ki.

Hiba: a porelszívó szűrője tele van, de a karbantartó mégis a gépet indítja. **Ok:** hiányzik az ürítés vagy a szűrőtisztítás ütemterve. **Helyes gyakorlat:** az ürítés és a szűrőtisztítás időpontját naplózzák; a tele szűrőt jelző manométert figyelik.

Hiba: a poros padlót sűrített levegővel fújják fel. **Ok:** gyorsnak tűnik, de a por a levegőbe kerül, belélegezhető, sőt robbanóképes felhő keletkezhet. **Helyes gyakorlat:** megfelelő szűrős porszívóval vagy az elszívóhoz csatlakoztatott takarítószettel takarítsunk.

21.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben a széles szalagú csiszológép finom porát csak a gép saját zsákos gyűjtője fogta fel. A zsák csiszolás közben hamar megtelt, a cserekor a por szétterjedt a műhelyben. A dolgozó délutánra rendszeresen köhögött, a gépek házán mindennap finom porréteg ült. A műhely vezetője először a zsákos kisgépet patronos, nagyobb szűrőfelületű mobil elszívóra cserélte, majd a csiszológépet közvetlenül a központi rendszerbe kötötte, rövid, sima falú tömlővel. A zsákürítésnél zárható zsákos gyűjtőt és FFP2 légzésvédőt alkalmaztak. A felületeken ülepedő por és a dolgozó légúti panasza mérhetően csökkent. Az eset tanulsága: a porprobléma forrását a gépnél, a továbbítás útját a csőhálózatnál, a leválasztást pedig a szűrőnél kell megoldani; a végén a légzésvédő már csak kiegészítő védelem legyen, ne az egyetlen.

21.3.14. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis?** A porelszívó csak arra való, hogy a műhely padlóján ne álljon a forgács.
2. **Számítás.** Egy cső belső átmérője 80 mm, a szállító légsebesség 20 m/s. Mennyi a légmennyiség m^3/h-ban?
3. **Melyik por juthat mélyebbre a légutakba:** a szalagfűrész alatt összegyűlt durva fűrészpor vagy a csiszológép finom pora?
4. **Miért kell bezárni a használaton kívüli gépek tolózárait?**
5. **Igaz vagy hamis?** A bükk- és tölgyfapor rákkeltő besorolású anyagként kezelendő, ezért a fapor-expozíció csökkentése kötelező.
6. **Mit kell tennie a tanulónak, ha a mobil elszívó zsákja tele van?**

21.3.15. Feladatok

1. feladat (A)
Fogalmazd meg saját szavaiddal a **légmennyiség** és a **szállító légsebesség** közötti különbséget. Írd fel a köztük lévő összefüggést, és add meg a mértékegységeket.

2. feladat (A)
Egy elszívócső belső átmérője $D = 80\,\mathrm{mm}$. A szükséges szállító légsebesség $v = 20\,\mathrm{m/s}$. Számítsd ki a szükséges légmennyiséget m^3/s-ban és m^3/h-ban.

3. feladat (B)
Egy központi elszívó rendszer szívócsonkja 140 mm belső átmérőjű. A gép szükséges légmennyisége 1800 m^3/h. Számítsd ki a kialakuló légsebességet. A 18–25 m/s tájékoztató tartományt megcélozva mekkora belső átmérőt választanál? Számolj 180 mm átmérővel is, és indokold a döntést.

4. feladat (B)
A mobil elszívó motorja jár, de a felsőmarógépből porfelhő tör elő. Sorolj fel legalább **négy** lehetséges okot, és írd le, hogyan ellenőriznéd őket biztonságos sorrendben (mit nézhetsz meg járó elszívónál, és mihez kell leállítani és áramtalanítani a gépet és az elszívót)?

5. feladat (C)
Tervezd meg három gép – asztalos körfűrész, egyengető gyalugép, vastagsági gyalugép – központi elszívását. Hol helyeznéd el a tolózárakat, hogyan vezetnéd a csöveket, és milyen sorrendben kapcsolnád be/ki a rendszert? Indokold, miért fontos a rövid, sima vezeték.

6. feladat (D)
Készíts **napi indítási ellenőrzőlistát** egy patronos mobil elszívóra. A listában szerepeljen legalább hét ellenőrzési pont, köztük a gyűjtőtartály, a szűrő, a tömlő, a csatlakozások, a tolózár, az indítás és egy szívóérzék-próba. Mindegyik pontnál írd oda, mit látnál vagy éreznél, ha megfelelő.

21.3.16. Megoldások

21.3.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Az elszívó elsődleges feladata a fapor-expozíció csökkentése, a tűz- és robbanásveszély mérséklése, valamint a gépek és szűrők védelme; a takarítás kényelmi következmény.
2. $A = \frac{(0{,}080)^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}005027\,\mathrm{m}^2$; $Q = 0{,}005027 \cdot 20 = 0{,}1005\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$; $Q \approx 362\,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}$.
3. A csiszológép finom pora; a kisebb részecskék mélyebbre juthatnak a tüdőbe.
4. Mert a nyitott, használaton kívüli tolózárak szétosztják a szívást, és a használt gépre nem jut elegendő légmennyiség/légsebesség.
5. **Igaz.** A keményfa-por rákkeltő besorolású anyag; az expozíció csökkentése műszaki és szervezési intézkedésekkel kötelező.
6. Le kell állítani az elszívót, megvárni, amíg a ventilátor megáll, majd FFP2/FFP3 légzésvédővel kiüríteni a zárt gyűjtőzsákot, és elhelyezni a hulladékkezelés szerint; közben ne keverje fel a port.

21.3.16.2. Feladatok – megoldások

1. feladat (A) megoldás
A légmennyiség az időegység alatt szállított levegőtérfogat, jele Q, mértékegysége m^3/s vagy m^3/h. A szállító légsebesség a levegő átlagos sebessége a csőben, jele v, mértékegysége m/s. Összefüggésük: $Q = A \cdot v$, ahol A a cső belső keresztmetszete. A csőátmérő növelésével azonos sebesség mellett nagyobb légmennyiség szállítható.

2. feladat (A) megoldás
$A = \frac{\pi}{4} \cdot (0{,}080)^2 = 0{,}005027\,\mathrm{m}^2$.
$Q = 0{,}005027 \cdot 20 = 0{,}1005\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$.
$Q_{\mathrm{m}^3/\mathrm{h}} = 0{,}1005 \cdot 3600 \approx 362\,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}$.
Ellenőrzés: 80 mm-es cső, 20 m/s sebesség – kisebb, de reális kerekített érték.

3. feladat (B) megoldás
$Q_{\mathrm{m^3/s}} = \frac{1800}{3600} = 0{,}5\,\mathrm{m^3/s}$.
$A_{140} = \frac{\pi}{4} \cdot (0{,}140)^2 = 0{,}01539\,\mathrm{m^2}$.
$v_{140} = \frac{0{,}5}{0{,}01539} \approx 32{,}5\,\mathrm{m/s}$.
Ez a 18–25 m/s tartomány fölött van, tehát a 140 mm-es cső kicsi.
$A_{180} = \frac{\pi}{4} \cdot (0{,}180)^2 = 0{,}02545\,\mathrm{m^2}$.
$v_{180} = \frac{0{,}5}{0{,}02545} \approx 19{,}6\,\mathrm{m/s}$.
A 180 mm-es belső átmérő megfelelőbb, mert a szállító légsebesség a kívánt tartományba esik. A gyakorlatban a gépgyártó által megadott csatlakozóméretet is figyelembe kell venni.

4. feladat (B) megoldás
Lehetséges okok és sorrend:
1. A géphez tartozó tolózár zárva van – ellenőrzés: szemrevételezés járó gépnél is, a tolózárat nyisd ki.
2. A gyűjtőzsák/tartály tele van – ellenőrzés: csak a felsőmaró és az elszívó leállítása és áramtalanítása után; nézd meg, ürítsd le.
3. A szűrő eltömődött – ellenőrzés: csak leállított, áramtalanított elszívónál, a gyártói útmutató szerint tisztíttasd ki.
4. Tömlő lecsatlakozott, lyukas vagy megtört – ellenőrzés: szemrevételezés járó gépnél is; a visszacsatlakoztatás csak leállított, áramtalanított gépnél.
5. Túl hosszú, hullámos vagy kis átmérőjű tömlő – ellenőrzés: méret és nyomvonal.
6. A ventilátor fordulatszáma lecsökkent, vagy a zsák szorosan a házra tapad – ellenőrzés: hallgasd a hangot, nézd a szívás erejét; a zsák/szűrő megvizsgálása csak leállítva.
Mindig a legegyszerűbb, biztonságos ellenőrzéssel kezdj, és a gépet ne indítsd addig, amíg a porfelhő okát meg nem szüntetted.

5. feladat (C) megoldás
A körfűrészt, az egyengetőt és a vastagsági gyalut felsorakoztatva a főcső a gépek fölött vagy a fal mentén halad. Minden gépet **külön ágon**, az elszívócsonkhoz minél közelebbi **tolózárral** kell bekötni. A leágazásokat ferdén, 45° körüli szögben kell a főcsőbe vezetni, hogy a por ne törjön meg. A csövek rövidek és sima falúak legyenek, mert így kisebb az ellenállás, és nagyobb marad a szállító légsebesség. A sorrend indításnál: a használandó gép tolózárát kinyitni, az elszívót beindítani, majd a gépet. Leállításnál: gépet leállítani, a tolózárat bezárni, az elszívót pár másodperc után leállítani. A használaton kívüli tolózárak zárva tartják a rendszer szívóerejét.

6. feladat (D) megoldás
Példa lista:

1. Gyűjtőtartály szintje – alacsony, nem telített.

2. Szűrőpatron – tiszta, rögzítve, nincs rajta sérülés.

3. Elszívótömlő – nem lyukas, nem csavarodott, csatlakozik.

4. Csatlakozások, tömítések – húzd kézzel, nincs elmozdulás vagy rés.

5. Tolózár – a használt gépé nyitva, a többi zárva.

6. Földelővezeték – minden fémes rész összekötve.

7. Bekapcsolás – az elszívó felpörög, nincs szokatlan rezgés.

8. Szíváspróba – a gépcsonk elé tett tenyeret határozottan húzza.
   Ha bármelyik pont hibás, a gépet ne indítsuk, amíg a hiba meg nem szűnik.

21.3.17. Rövid összefoglaló

A por- és forgácselszívás az asztalos műhelyben **egészségvédelmi**, **tűzvédelmi** és **technológiai** feladat. A mobil és központi elszívórendszerek feladata, hogy a porképzés helyén a levegőt elszívják, a port leválasszák, és a megtisztított levegőt biztonságosan elvezessék. Az elszívórendszer fő méretezési összefüggése $Q = A \cdot v$, ahol Q a légmennyiség m^3/h-ban, A a cső belső keresztmetszete, v a szállító légsebesség m/s-ban. A faiparban a szállító légsebesség **tájékoztató** értéke 18–25 m/s; a pontos értéket a gépgyártó és a rendszer méretezése adja. A keményfa-por rákkeltő besorolású anyag, ezért a fapor-expozíció csökkentése forrásnál történő elszívással, zárt rendszerrel és szükség esetén FFP2/FFP3 légzésvédővel kötelező. A por robbanóképes felhőt alkothat, ezért a fémcső földelése, a szikracsapda, a robbanásbiztos kialakítás és a rendszeres tisztítás elengedhetetlen. Az elszívó kezelése indítás előtti ellenőrzéssel kezdődik, és karbantartás előtt mindig áramtalanítani kell. Ezt az ellenőrzési rendet használjuk minden későbbi gépi technológiai lap indítás előtti ellenőrzőlistájában. ∎

21.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

- **Felhasznált forrástípusok:** munkavédelmi törvény (1993. évi XCIII. – ellenőrizendő hatályos szöveg), a foglalkoztatási expozíciós határértékekről szóló hatályos rendelet, MSZ EN ISO 19085 sorozat, OTSZ, ATEX-robbanásvédelmi irányelvek, faipari elszívó és szűrőberendezések gyártói műszaki adatlapjai, biztonsági adatlapjai.
- **Ellenőrizendő pontok:** a fapor pontos munkahelyi expozíciós határértéke, a keményfa-por rákkeltő besorolásának hatályos CLP szerinti kategóriája, a szállító légsebesség-tartományok (15–30 m/s) pontos tervezési értékei adott gépnél, a robbanásveszélyes zónabesorolás, az MDF-por és a felületkezelt anyagok csiszolási porának hulladékbesorolása, valamint a fém-/EX-kialakítási követelmények az adott létesítményre.
- **Megjegyzés:** A számértékek, határértékek és sebességtartományok a könyvben tanulási példák; éles méretezéshez mindig a hatályos szabvány, a gépkönyv, a szűrőgyártó adatlapja és a műszaki-biztonsági előírás a mérvadó.

21.4. Gépápolás, karbantartás és élezés

21.4.1. Miért kell a gépápolás?

Műhelyhelyzet: a tanuló vastagsági gyalugépen dolgozik. A gép eleinte szépen, halkan vág. Néhány hét múlva a felület csíkos lesz, a gép „nyöszörög”, a kések megégetik a felületet. Az asztalos először a szerszámot okolja. Aztán kiderül: a vezetősínen por és gyanta ült meg, a szíj megcsúszott, a kések tompák, és a gép ápolása elmaradt. A gép csak akkor dolgozik pontosan és biztonságosan, ha rendszeresen tisztítják, kenik, ellenőrzik és időben élezik a szerszámait.

A gépápolás nem takarításból áll csupán. A faipari gép **üzemi körülménye** a por, a gyanta, a forgács és a hő. Ha ezeket nem kezeljük, a gép pontatlanná válik, gyorsabban kopik, és baleseteveszélyes lehet. Például a felgyülemlett fapor a szíj csúszását okozza, a gyanta a késtengelyre ragad, az eldugult elszívó pedig visszaszórja a port.

21.4.2. Alapfogalmak

Definíció. Gépápolás: a gép üzemi állapotának megőrzésére végzett rendszeres, egyszerű műveletek összessége: tisztítás, kenés, gyantaeltávolítás, kisebb ellenőrzések. A gépápolás a kezelő napi feladata.

Definíció. Karbantartás: minden olyan műszaki és szervezési tevékenység, amely a gép működőképességét, pontosságát és biztonságát fenntartja, vagy a meghibásodást elhárítja. A karbantartás lehet tervszerű vagy hibaelhárító.

Definíció. Élezés: a forgácsoló szerszám élének utánmunkálása, amely a tompa, kicsorbult, kopott élt ismét használhatóvá teszi. Az élezés gépi köszörüléssel vagy kézi fenéssel történhet.

Definíció. Karbantartási napló: olyan dokumentum, amelyben rögzítjük a gépen végzett karbantartási, javítási és ellenőrzési műveleteket, az észlelt hibákat és a következő esedékes beavatkozást.

21.4.3. Szabványi és jogszabályi környezet

Szabvány. A faipari gépek biztonsági követelményeit az MSZ EN ISO 19085 sorozat tárgyalja (a hatályos részek ellenőrizendők). A gépkönyv karbantartási utasításai a gép biztonságos üzemeltetésének részei. A faipari gépek kezelőjének a gyártó előírásai szerint kell végeznie a tisztítást, kenést és beállítást. A munkaeszközök időszakos ellenőrzésére és karbantartására a munkaeszközökről szóló hazai rendelet vonatkozik (ellenőrizendő: hatályos jogszabályszám, követelmények). A villamos berendezések vizsgálatát villamos szakember végzi, a könyv csak felhasználói szemrevételezést tanít.

21.4.4. A gépkönyv mint karbantartási utasítás

Mindig a gépkönyv a mérvadó. A gépkönyv megadja:

- milyen gyakran kell tisztítani, kenni, ellenőrizni;
- milyen kenőanyagot, zsírt, olajat szabad használni;
- milyen szíjfeszességet kell tartani;
- mikor kell szűrőt, szíjat, csapágyat cserélni;
- mekkora a szerszám megengedett legnagyobb fordulatszáma;
- milyen védőberendezések ellenőrzése kötelező.

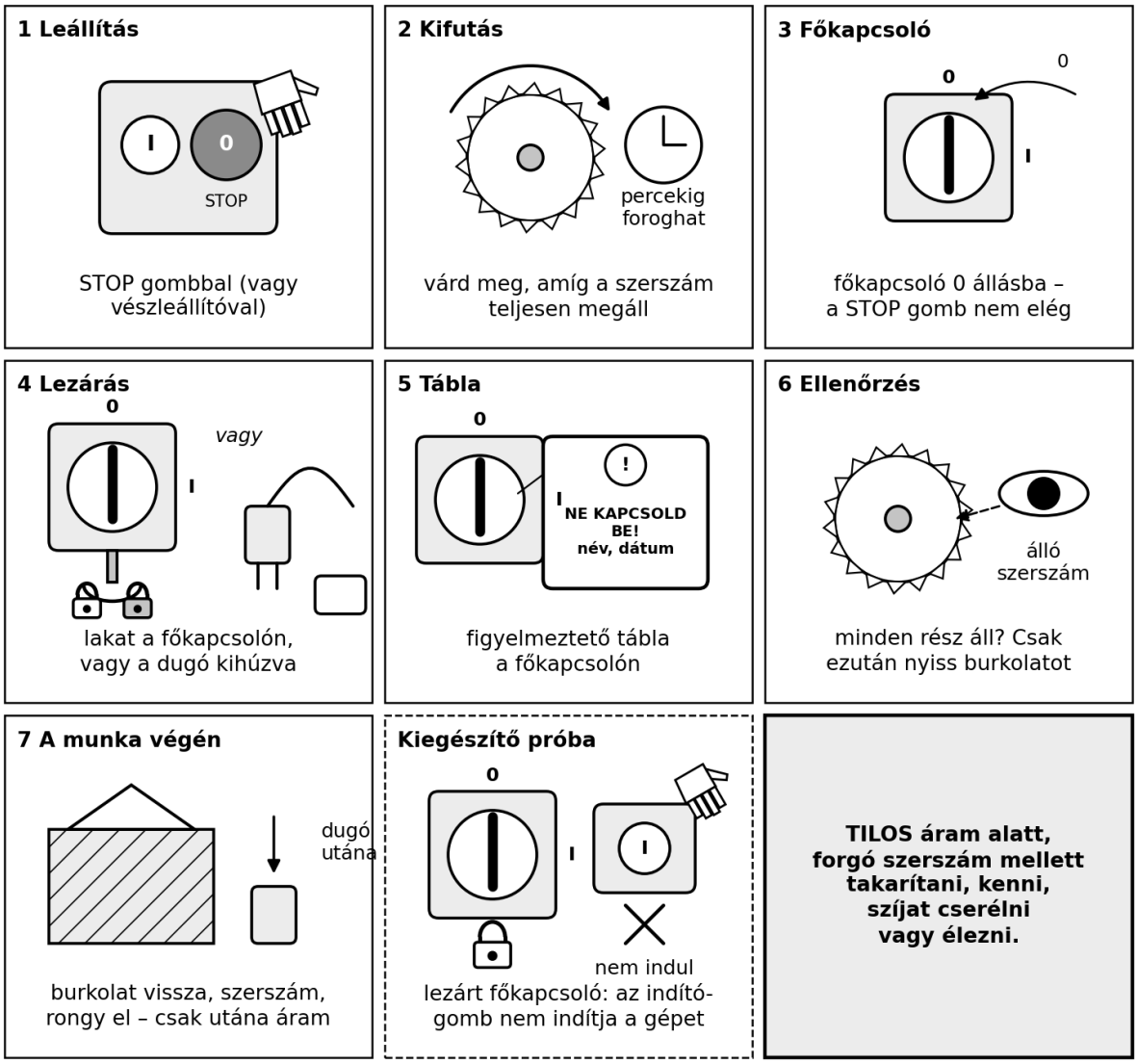
Továbbvitt eredmény. A karbantartási naplót a későbbi gépi alfejezetekben használják, a Vállalkozásműködtetés részben pedig a vállalkozás műszaki dokumentációjának része lesz. A vizsgaremek bemutatásakor is jelezheti a tanuló, hogy a gépi munkát karbantartott, ellenőrzött géppel végezte.

21.4.5. Biztonságos leválasztás karbantartás előtt

Gépbiztonság. Faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; védőberendezés nélkül soha. Karbantartás, tisztítás, élezés, szíjcsere, szerszám- vagy beállítás előtt a gépet mindig feszültségmentesíteni kell, és meg kell akadályozni, hogy valaki beindítsa.

21.4.5.1. A biztonságos leválasztás lépései

1. **Állítsd le a gépet** a normál STOP gombbal, vagy vészleállítóval, ha a művelet közben állt le.
2. **Várd meg, amíg a forgó szerszám teljesen megáll.** A késtengely, fűrészlap, maró-szerszám még kikapcsolás után is forog: a fékezetlen szerszám akár egy percnél tovább is foroghat; fékezett gépen a kifutási idő a gépkönyv szerinti (néhány másodperc).
3. **Kapcsold ki a főkapcsolót**, ne csak a STOP gombot.
4. **Húzd ki a csatlakozódugót**, vagy zárd le a főkapcsolót, hogy senki ne kapcsolhassa vissza.
5. **Helyezz el figyelmeztető táblát:** „Karbantartás alatt – ne kapcsold be!”.
6. **Ellenőrizd szemmel**, hogy a gép mozgó részei ténylegesen állnak, és a védőburkolatot csak ezután nyisd fel.
7. **A karbantartás végén** szereld vissza a védőburkolatokat, távolítsd el a szerszámokat és a törlőrongyot, csak ezután csatlakoztathatod újra a gépet.



21.13. ábra. A biztonságos leválasztás lépései képsorban

A képsor kockái a lista lépéseit követik. A 4. kockán a főkapcsolót személyes lakat zárja; ha

többen dolgoznak a gépen, leválasztó csipeszre mindenki a saját lakatját teszi. A szaggatott keretes kocka kiegészítő próba: a lezárt főkapcsolónál az indítógomb megnyomására a gép nem indulhat el (ha a gépkönyv így írja elő).

Tilos áram alatt, forgó szerszám mellett takarítani, kenni, szíjat cserélni vagy élezni. A villamos részt csak villamos szakember javíthatja.

21.4.6. A napi gépápolás műveletei

A napi gépápolás a legolcsóbb és leghatékonyabb megelőzés. Az alábbi lépéseket a gépkönyv pontosíthatja.

21.4.6.1. Tisztítás

- A munka végén a forgácsot, fűrészport távolítsd el a gépasztalról, vezetőkről, elszívócsonkokról.
- A vezetősíneket, ütközőket, befogókat töröld szárazra.
- Az elszívócsatorna és a szűrő állapotát ellenőrizd, mert a csökkent légsebesség rontja a porelszívást és tűzveszélyt okozhat.
- A gép belső terét a gyártó szerint takarítsd. Sűrített levegővel való kifújás tilos, mert porfelhőt kelt, és fapor-robbanásveszélyt növelhet.

21.4.6.2. Kenés

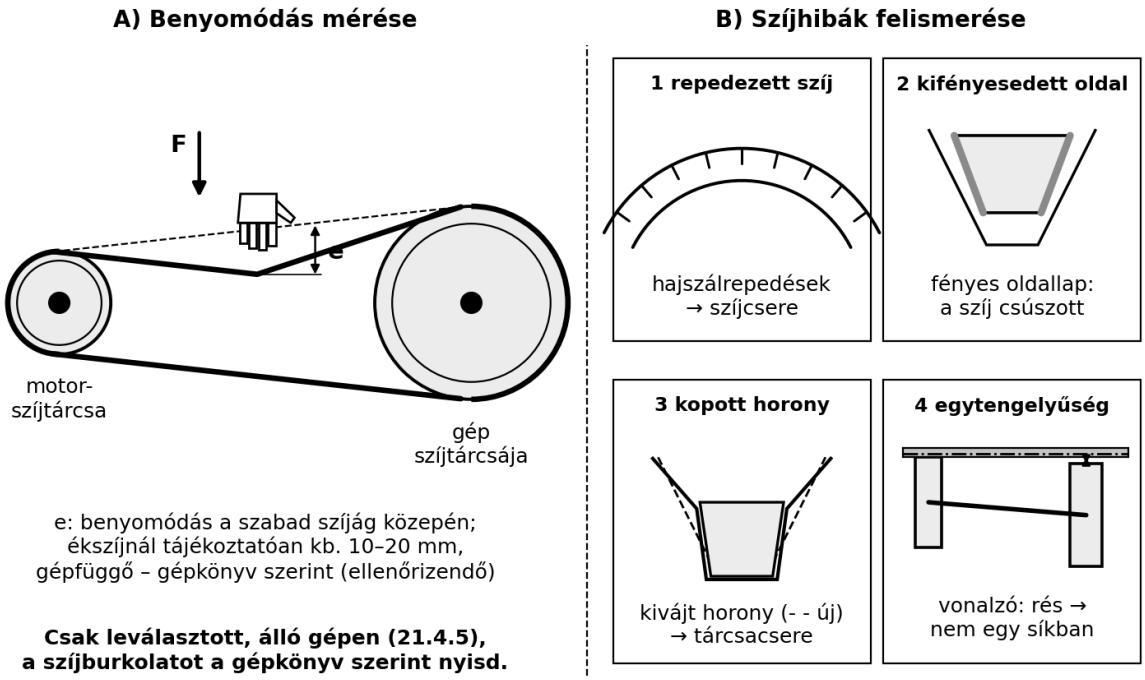
- A faipari gépeken általában kevés kenési pont van; ezeket a gépkönyv szerint kell kenni.
- A vezetősínekre csak akkor tegyél kenőanyagot, ha a gépkönyv előírja. A por a ragadós olajra tapad, és pasztát képez.
- Csapágykenéshez csak a gyártó által megadott zsírt vagy olajat használj, mert a nem megfelelő kenőanyag tönkreteheti a csapágyat.

21.4.6.3. Gyantaeltávolítás

- A gyalukéstengelyre, fűrészlapra, vezetőfelületre gyakran ráég a fenyőgyanta.
- Speciális faipari gyantaoldót vagy a gépkönyvben megengedett oldószert használj, kesztyűben, szellőzés mellett.
- A gyantaoldó után töröld szárazra a felületet, mert a maradék oldószer a ragasztást és a felületkezelést is ronthatja.

21.4.6.4. Szíjfeszesség ellenőrzése

- A megcsúszott szíj csökkenti a fordulatszámot, megégetheti a szerszámot, és károsíthatja a tárcsát.
- A szíjfeszességet a gyártó adata szerint ellenőrizd. Jellemző módszer: a szíj közepét ujjal benyomjuk, és a benyomódást mérjük. Tájékoztató érték ékszíjaknál körülbelül 10–20 mm lehet, de ez gépfüggő (ellenőrizendő: gépkönyv).
- Ha csúszik, csak akkor feszíts utána, ha a gépkönyv leírja. A túlzott szíjfeszítés csapágysérülést okozhat.



21.14. ábra. Szíjfeszesség ellenőrzése benyomással és a jellegzetes szíjhibák

Az ábra bal oldala a benyomásos ellenőrzést mutatja: a szabad szíjág közepét F erővel benyomjuk, és az e benyomódást a gépkönyv értékével vetjük össze – csak leválasztott, álló gépen. A jobb oldal négy hibát mutat, amelyet a szíjburkolat felnyitásakor keresünk: repedezett hátoldal, kifényesedett (csúszott) oldallap, kivájt tárcsahorony és a két tárcsa rossz egytengelyűsége (vonalzóval ellenőrizve).

21.4.7. Karbantartás típusai

A karbantartást többféleképpen csoportosíthatjuk aszerint, mikor és miért végezzük.

21.4.7.1. Napi karbantartás

A kezelő által végzett gépápolás: tisztítás, szemrevételezés, kenési pontok ellenőrzése, a védőberendezések és az elszívás meglétének ellenőrzése, próbajáratás.

21.4.7.2. Időszakos karbantartás

Meghatározott időközönként végzett művelet: heti, havi, negyedéves vagy üzemóra-alapú ellenőrzés. Például:

- hetente: gyantaeltávolítás, szíjfeszesség, kábelek szemrevételezése;
- havonta: csapágyhang, fékhatás, villásdugók és csatlakozók ellenőrzése;
- negyedévente: elszívócsatorna, szűrők, biztonsági kapcsolók működése;
- évente: szakember általi villamos és biztonsági felülvizsgálat (ellenőrizendő: a műhely gyakorlata).

21.4.7.3. Megelőző, tervszerű karbantartás

A tervszerű megelőző karbantartás nem várja meg a hibát. A karbantartási terv alapján a kopó alkatrészeket időben cserélik, a gépet beállítják, és így csökkentik a váratlan leállást. Például egy szalagfűrész szíját nem akkor cseréljük, amikor elszakad, hanem amikor repedezni kezd.

21.4.7.4. Hibaelhárító karbantartás

Akkor végezzük, amikor a hiba már bekövetkezett: a szíj elszakadt, a kés kicsorbult, a csapágy hangos. A hibaelhárítás drágább, mert leáll a termelés, és gyakran nagyobb a kár.

A faipari műhelyben a **tervszerű megelőző karbantartást** érdemes előnyben részesíteni. Ezt a gépi alfejezetekben is alkalmazzuk.

21.4.8. Karbantartási napló és karbantartási terv

A karbantartási napló segít nyomon követni, melyik gépen mit végeztünk, és mikor esedékes a következő munka. A napló legyen egyszerű, de pontos. A műhelyben papíron vagy táblázatkezelővel vezethető.

Táblázat. Karbantartási napló mintasorai

Dátum	Gép	Üzemóra (h)	Elvégzett művelet	Észrevétel / hiba	Dolgozó	Következő esedékesség
2026. 02. 12.	Vastagsági gyalu	1240	Asztal és késtengely tisztítása, gyantaoldás; szíjfeszesség ellenőrzése	Enyhe szíjcsúszás, utánfeszítve	Nagy P.	2026. 02. 19.
2026. 02. 12.	Körfűrész	980	Fűrészlap szemrevételezése, elszívócsatlakozás ellenőrzése	A fűrészlap tompa, élezésre	Kis A.	2026. 02. 13.

A karbantartási terv ehhez hasonló ütemezést ad:

Táblázat. Kisüzemi géppark karbantartási terve (minta)

Gyakoriság	Feladat	Felelős
Naponta	Takarítás, elszívás ellenőrzése, védőberendezések, próbajárat	Kezelő
Hetente	Gyantaoldás, szíjfeszesség, kábelek szemle	Kezelő
Havonta	Csapágyhang, csatlakozók, fékhatás	Kezelő

Gyakoriság	Feladat	Felelős
Negyedévente	Elszívócsatorna, szűrő, biztonsági kapcsolók	Karbantartó
Évente	Villamos és biztonsági felülvizsgálat	Villamos szakember

Az üzemóra-nyilvántartás alapján a terv pontosítható. Például ha egy gép napi 6 órát üzemel, egy 200 üzemóránként esedékes karbantartás körülbelül 200 / (6 × 5) = 6,7 hét után esedékes, tehát gyakorlatilag 7 hetente kell elvégezni.

21.4.9. Az élezés alapjai

A faipari szerszámok élezése külön szakma. A tanuló az élezőgépet csak betanítás után, oktató felügyelete mellett használhatja. Az élezőgép is veszélyes gép.

Figyelem. A forgó köszörűkoronghoz nem szabad kesztyűben nyúlni. A laza ruházat, haj, ékszer fokozott veszély. Mindig viselj védőszemüveget, és ügyelj a vízhűtésre.

21.4.9.1. A gyalukés-élező gép

A gyalukés-élező gép **mágneslemezen vagy mechanikus befogóban** rögzíti a gyalukést. A késtengelyből kiszerelt kést a szánon a köszörűkorong alá vezetik. A hűtővíz megakadályozza az él megégését.

- A köszörűkorong és a kés közötti fogásvétel tájékoztató értéke 0,01–0,03 mm menetenként (ellenőrizendő: gépkönyv, korong adatlap).
- A késkiállást az élezés után a gyalugépen a gyártó sablonja szerint állítják be.
- Az élezésnél fontos, hogy minden kést ugyanannyira köszörüljünk, különben a tengely kiegyensúlyozatlan lesz.

21.4.9.2. A körfűrészlap-élező gép

A körfűrészlap-élező gép **fogosztó szerkezettel** egyenként elfordítja a fogakat. A köszörűkorong a fog homlok- és hátlapját a gyártó által megadott szögeken élezi. A vízhűtéses vagy száraz élezés attól függ, milyen a lap anyaga és a korong.

- Az élezés előtt a lapot meg kell tisztítani a gyantától.
- A fogmagasságot és a fogosztást ellenőrizni kell, hogy a lap ne üssön fel.
- A keményfém fogazatú lapot gyémánt koronggal vagy speciális koronggal kell élezni (ellenőrizendő: gyártói adat).

21.4.9.3. Szalagfűrész-élező gép

A szalagfűrész-élező gép a fűrészszalag fogait gépi úton élezi. A szalagot folyamatosan, egyenletesen továbbítja a gép, a köszörűkorong pedig fogról fogra követi a fogosztást. Az élezés után a fogak magasságát ellenőrizni kell.

21.4.10. Kézi élezés és szolgáltatónál végzett élezés

Kisebb élek, például kéziszerszámok, vésők, felsőmaró-vezetőcsúcsok kézzel is élezhetők olajos vagy vizes fenőkövön. A gyalukést és a körfűrészlapot általában élezőgépen élezzük, mert a pontos szög és a hűtés gépi úton tartható legbiztosabban.

Ha a műhelyben nincs élezőgép, a késeket és fűrészlapokat **élező szolgáltatóhoz** kell eljuttatni. Ilyenkor is fontos:

- a szerszámot védőcsomagolásban szállítsd;
- írd fel a gépet, a szerszám méretét, a szögjelölést;
- a visszaérkezett szerszámot próbadarabon ellenőrizd.

21.4.11. Számítási példák

Számítás 1. Köszörűkorong fordulatszám-ellenőrzése.
Adott egy élezőgép, amelynek orsója 2 800 min^{-1} fordulatszámon jár. A köszörűkorong átmérője 250 mm. A korong gyártója legfeljebb 35 m/s kerületi sebességet enged meg (tájékoztató érték, ellenőrizendő). Szabad-e ezt a korongot használni?

Keresett: a tényleges korong-kerületi sebesség.

$$v_{\text{tény}} = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$$

Behelyettesítve:

$$v_{\text{tény}} = \frac{250 \cdot \pi \cdot 2\,800}{60\,000} = \frac{250 \cdot 3{,}1416 \cdot 2\,800}{60\,000} \approx 36{,}6\,\mathrm{m/s}$$

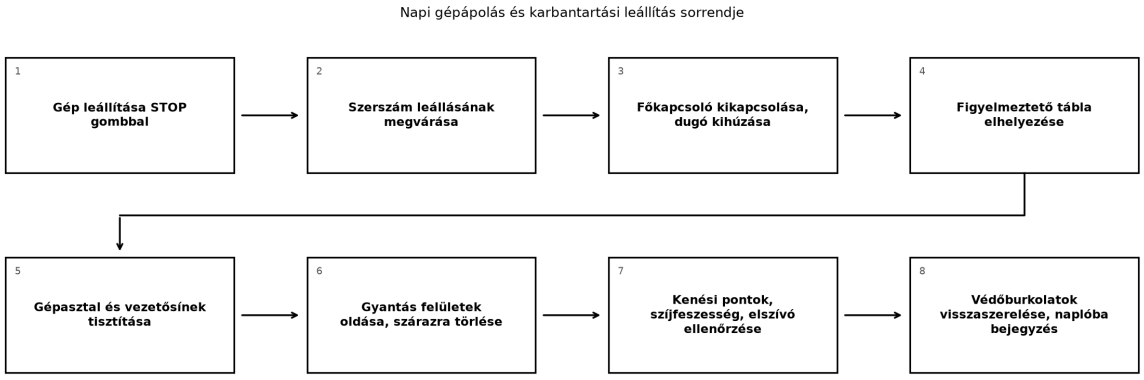
A tényleges sebesség 36,6 m/s, tehát nagyobb, mint a megengedett 35 m/s. A korongot így **tilos** felszerelni, mert a túl nagy kerületi sebesség szétrobbanhat. Kisebb átmérőjű korongot vagy alacsonyabb fordulatszámú gépet kell választani.

Számítás 2. Fogásvétel és menetszám élezéskor.
Egy gyalukés élén 0,25 mm kopást mérünk. A nedves élezőgépen menetenként 0,02 mm fogást veszünk (tájékoztató). Hány menet szükséges?

$$n_{\text{menet}} = \frac{0{,}25}{0{,}02} = 12{,}5$$

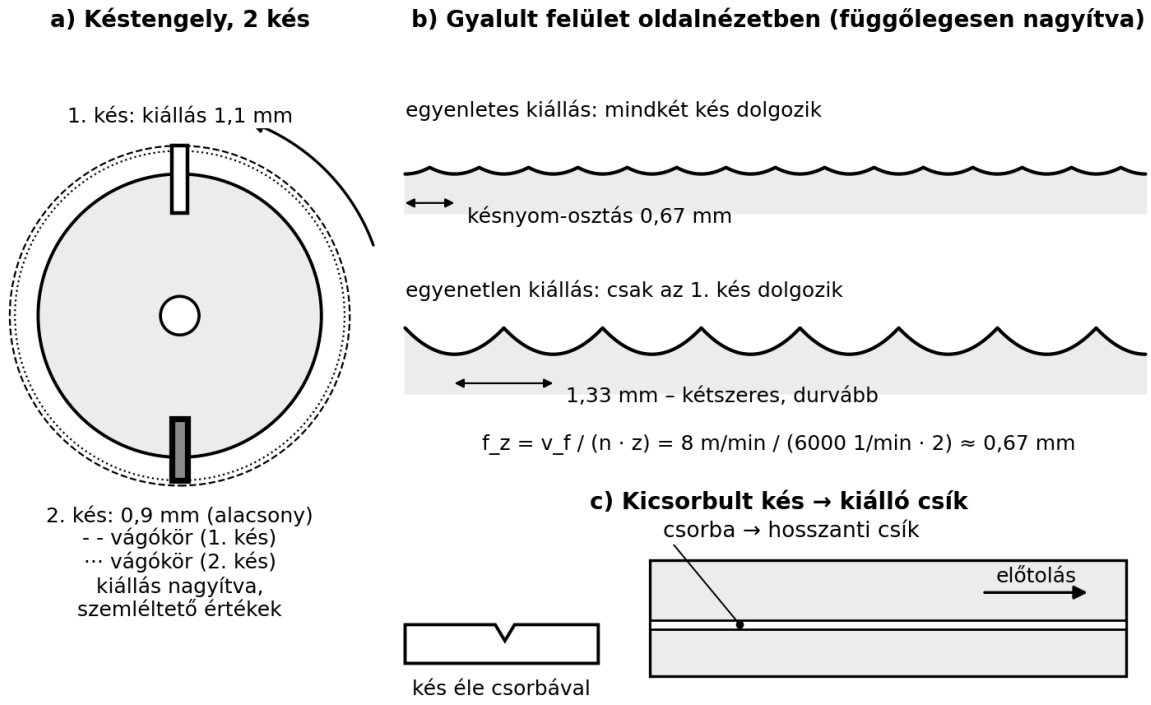
A menetszámot felfelé kerekítjük: 13 menet. Ezután következik a finom utánelezés vagy fenés. Az érték csak becslés, mert a kopás eloszlása nem egyenletes.

21.4.12. Ábra



21.15. ábra. Napi gépápolás és karbantartási leállítás sorrendje - Szemléltető munkafolyamat; a pontos lépéseket a gépkönyv szerint kell elvégezni.

Az ábra a karbantartás előtti és a napi gépápolási folyamat sorrendjét mutatja. A sorrend azért fontos, mert a tisztítást és a beállítást csak feszültségmentes, teljesen leállt gépen szabad végezni.



21.16. ábra. Késtengely eltérő késkiállással, a gyalult felület késnyomai és a kicsorbult kés nyoma

A második ábra a hibaelemzési eset (csíkos felület) okát mutatja. Ha a két kés kiállása eltér (szemléltetésül 1,1 és 0,9 mm), az alacsonyabb kés vágóköre a magasabbé belsejébe esik, ezért nem forgácsol: a késnyom-osztás a $f_z = v_f/(n \cdot z)$ szerinti érték kétszerese lesz, a felület durvább, hullámos. A kicsorbult kés a csorba helyén nem vág, így a felületen hosszanti, kiálló csík marad. Az interaktív változatban a késkiállás, az előtolás, a fordulatszám és a késszám állítható.

21.4.13. Minőségellenőrzés

- **Tisztaság:** a vezetősíneken nincs por, gyanta vagy forgácsmaradék.
- **Szíjfeszesség:** a gyártó által megadott benyomódás vagy erő szerint (ellenőrizendő). A megcsúszott szíj nem hagyhat fekete port a tárcsa közelében.
- **Élezett él:** az élen nincs kék elszíneződés, repedés, sorja. A késfogás és az élszög egyenletes.
- **Próbadarab:** élezés után gyalupróbát vagy fűrészvágási próbát végzünk. A felület sima, a vágási él egyenes, a gép hangja egyenletes.
- **Dokumentáció:** a karbantartási naplóban a művelet, a dátum és a dolgozó szerepel.

21.4.14. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
Csíkos gyalult felület	Tompa vagy kicsorbult kés, szennyezett késtengely, nem megfelelő késbeállítás	Késtengely tisztítása, éles kés, sablonnal pontos beállítás
Égett fűrészvágási él	Tompa fűrészlap, gyanta a lapon, rossz előtolás, megcsúszott szíj	Lap tisztítása, élezése, szíjfeszesség ellenőrzése
Kék elszíneződés az élezett késen	Túl nagy fogásvétel, elégtelen hűtés, túl erős szorítás	Kis fogás, vízhűtés, pihentetés, a gyártó előírása
Ragadós, nehezen mozgó vezetősín	Túlzott kenés, porral keveredett olaj	Szárazra törlés, csak előírt kenőanyag
A gép nem indul karbantartás után	Védőburkolat nincs visszaszerelve, biztonsági kapcsoló nyitva	Minden burkolat vissza, kapcsoló ellenőrzése

21.4.15. Hibaelemzési eset: csíkos felület a vastagsági gyalun

Tünet. A vastagsági gyalugép a deszkán hosszanti, párhuzamos csíkokat hagy. A csíkok nem egyenletesek.

Lehetséges okok. Tompa kés, kicsorbult kés, a késtengelyben gyanta, az elszívó nem megfelelő, a kés beállítása egyenetlen, a szíj megcsúszik.

Vizsgálat. A tanuló a gépet szabályosan leállítja, feszültségmentesíti, megvárja a késtengely leállását. Szemrevételezi a késtengelyt: az egyik kés élén csorba látható, alatta sötét gyantalerakódás van. A másik kés kicsit alacsonyabban áll.

Valódi ok. Az egyik kés kicsorbult, alátétje szennyezett, ezért a késtengelyben nem egyenletes a késkiállás. Emiatt csak az egyik kés dolgozik, és csíkot hagy.

Javítás. A késtengelyt gyantaoldóval megtisztítják, a sérült kést élezik vagy cserélik, a késkiállást a gyártó sablonja szerint beállítják. A szíjfeszességet is ellenőrzik.

Megelőzés. Heti gyantaeltávolítás, késcserekor a tengely tisztítása, minden kés azonos beállítása, próbadarab gyalulása, bejegyzés a karbantartási naplóba.

21.4.16. Valós életbeli alkalmazás

Asztalosműhelyben a szalagfűrész fűrészszalagja rendszeresen csúszott. A gép néha eldobta a vágási vonalat, a fogak megégtek. Az asztalos mindig csak a szalagot cserélte, és gyorsabban dolgozott. A hiba azonban visszatért.

Végül a karbantartási naplóból kiderült, hogy a szíjfeszességet már hónapok óta nem ellenőrizték. A hajtószíj elkopott, a tárcsa csúszott, a fűrészszalag fordulatszáma ingadozott. A tanulság: a tünetet könnyű a szerszámra fogni, de a valódi ok gyakran a gép hajtásában, beállításában vagy tisztaságában van. Azóta hetente ellenőrzik a szíjfeszességet, és a naplóba beírják az üzemórát is.

21.4.17. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A karbantartás előtt elég a STOP gombot megnyomni. Indokold.
2. Sorold fel a napi gépápolás négy fő műveletét.
3. Mi a különbség a megelőző és a hibaelhárító karbantartás között?
4. Miért tilos sűrített levegővel kifújni a faport a gép belsejéből?
5. Miért kell a késeket ugyanannyira köszörülni egy késtengelyben?
6. Egy 300 mm átmérőjű köszörűkorong 2 800 min^{-1} fordulattal forog. Mekkora a kerületi sebessége? Tájékoztató megengedett érték 35 m/s. Szabad-e használni?

21.4.18. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg röviden, mi a különbség a gépápolás és a karbantartás között.

2. feladat (A). Írd le számozott lépésekkel, hogyan készítesz elő egy karbantartási műveletet a gyalugépen.

3. feladat (B). Állíts össze heti karbantartási ellenőrzőlistát egy asztalos körfűrészgéphez és egy szalagfűrészgéphez. Használd a gépkönyv nélküli alapvető felhasználói ellenőrzéseket.

4. feladat (B). Egy karbantartási naplóban az alábbi bejegyzés szerepel: „Körfűrész – fűrészlap tompa, élezésre”. Milyen további adatokat kell még beírni, hogy a bejegyzés dokumentált legyen?

5. feladat (C). Kisüzemi műhelyben öt gép van: körfűrész, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, szalagfűrész, alsómaró. Készíts havi karbantartási tervet táblázatban: gép, feladat, gyakoriság, felelős, dokumentálás. Indokold, miért kerül néhány feladat csak szakemberhez.

6. feladat (D). Végezz el egy szimulált élezés-ellenőrzést. Adott: a gyalukés élezés után, a próbadeszkán végzett gyalulás során a felület egyik oldalán enyhe csík látható. Fogalmazd meg a vizsgálati lépéseket, a lehetséges okokat, és írd be a karbantartási naplóba a megfelelő bejegyzést. A válaszban nevezd meg a biztonsági leválasztás lépéseit is.

21.4.19. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A STOP gomb önmagában nem elég, mert a gép visszakapcsolható. Főkapcsolóval és dugó kihúzásával vagy lezárással kell feszültségmentesíteni, és meg kell akadályozni az újraindítást.

2. Tisztítás, kenés, gyantaeltávolítás, szíjfeszesség ellenőrzése, valamint az elszívás és a védőburkolatok szemrevételezése.
3. A megelőző karbantartást a hiba bekövetkezése előtt, terv szerint végzik. A hibaelhárító karbantartásra a meghibásodás után kerül sor, és általában drágább.
4. A sűrített levegő porfelhőt kelt, amely légzési veszélyt és porrobbanási kockázatot jelent.
5. Az egyenlőtlen köszörülés kiegyensúlyozatlanságot okoz, ami rezgést, zajt, pontatlan felületet és a csapágyak gyorsabb kopását eredményezi.
6. $$v = \frac{300 \cdot \pi \cdot 2\,800}{60\,000} = \frac{300 \cdot 3{,}1416 \cdot 2\,800}{60\,000} \approx 44{,}0\,\text{m/s}$$
   A 44,0 m/s nagyobb, mint 35 m/s, ezért így nem szabad használni.

1. feladat megoldása. A gépápolás a kezelő napi, egyszerű művelete: tisztítás, kenés, gyantaoldás, kisebb ellenőrzés. A karbantartás ennél tágabb: magában foglalja az ápolást, a beállításokat, a kopó alkatrészek cseréjét, a hibaelhárítást és a dokumentálást.

2. feladat megoldása.
1. Leállítom a gépet.
2. Megvárom, amíg a késtengely megáll.
3. Kikapcsolom a főkapcsolót.
4. Kihúzom a dugót, vagy lezárom a főkapcsolót.
5. Figyelmeztető táblát teszek ki.
6. Felnyitom a védőburkolatot, és a műveletet csak ezután kezdem.

3. feladat megoldása.
Körfűrész: asztal és ütközők tisztítása, fűrészlap gyantaeltávolítása, elszívócsatlakozás ellenőrzése, hasítóék és védőburkolat ellenőrzése, szíjfeszesség, kábelek szemle.
Szalagfűrész: asztal és vezetősínek tisztítása, szalag állapota, szalagfeszesség, felső és alsó kerék tisztasága, elszívó, oldalsó vezetőgörgők ellenőrzése.

4. feladat megoldása.
A bejegyzéshez kell még: dátum, gép pontos megnevezése, üzemóra, a hiba rövid leírása, a szükséges javítás vagy élezés, a dolgozó neve, a következő esedékesség. Például: „2026. 02. 13., asztalos körfűrészgép, üzemóra 980 h, fűrészlap tompa, élezésre; a lapot élező szolgáltatónak átadva; Kis A.; várható vissza: 2026. 02. 18.”

5. feladat megoldása.
A havi terv tartalmazza: a gépek vezetősíneinek és asztalainak alapos tisztítását, gyantaoldást, szíjfeszesség és kábel ellenőrzést, biztonsági kapcsolók működését, a szerszámok állapotát. A villamos csatlakozók és a motor belső ellenőrzése villamos szakemberhez kerül, mert a könyvben tanított felhasználói szint ezt nem foglalja magában. A dokumentálás a karbantartási naplóban történik.

6. feladat megoldása.
Először a gépet biztonságosan leállítom. Megvárom a késtengely leállását, kikapcsolom a főkapcsolót, kihúzom a dugót, és táblát helyezek ki. Megvizsgálom a késtengelyt: lehet, hogy gyanta vagy forgács került az egyik kés alá, a kés kicsorbult, vagy a késkiállás egyenetlen. A naplóba írható bejegyzés: „Dátum: 2026. 02. 14., Gép: vastagsági gyalu, Üzemóra: 1240, Észrevétel: próbadarab bal oldalán hosszanti csík, Javítás: késtengely tisztítása, késellenőrzés, késbeállítás sablonnal, próbagyalulás. Dolgozó: Nagy P. Következő: 2026. 02. 21.”

21.4.20. Rövid összefoglaló

A gépápolás a kezelő napi feladata: tisztítás, kenés, gyantaeltávolítás, szíjfeszesség és elszívás ellenőrzése. A karbantartás lehet napi, időszakos, megelőző vagy hibaelhárító. Minden karbantartás előtt a gépet feszültségmentesíteni, a forgó szerszámot leállítani és a visszakapcsolást megakadályozni kell. A karbantartási napló rögzíti a dátumot, a gépet, az üzemórát, a műveletet, a dolgozót és a következő esedékességet. A gépkönyv karbantartási utasításai mérvadók. Az élezőgépeken a gyalukéseket, körfűrészlapokat és fűrészszalagokat csak betanított kezelő, védőburkolattal, hűtéssel élezheti. A kézi élezés kisebb szerszámokhoz való; nagy szerszámokat gyakran szolgáltató élez. **Továbbvitt eredmény.** A karbantartási napló a későbbi gépi alfejezetekben és a Vállalkozásműködtetés részben a műszaki dokumentáció bizonyítéka: a gépek állapota, az élezések és javítások nyomon követhetők. A vizsgaremek munkanaplójában is jelezhető, hogy a termék karbantartott, ellenőrzött gépparkon készült.

21.4.21. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari gépek gépkönyvei, gyártói karbantartási táblázatok, élezőgép-kezelési útmutatók, MSZ EN ISO 19085 sorozat, a munkaeszközökről szóló hazai rendelet, MSZT-, EU-OSHA és hazai (NMH/OMMF) munkavédelmi tájékoztatók, műszaki szakkönyvek.

Ellenőrizendő: az MSZ EN ISO 19085 sorozat hatályos részei; a munkaeszközök ellenőrzésére és karbantartására vonatkozó hatályos jogszabályi követelmények; a megadott tájékoztató értékek (szíjbenyomódás, fogásvétel, megengedett korong-sebesség, karbantartási gyakoriságok); a gyártói kenőanyag- és élezési adatok. Az élezőgépek és a gépek biztonsági, technológiai adatait mindig az adott gépkönyv és szerszámgyártói adatlap szerint kell ellenőrizni.

22 Fűrészgépek

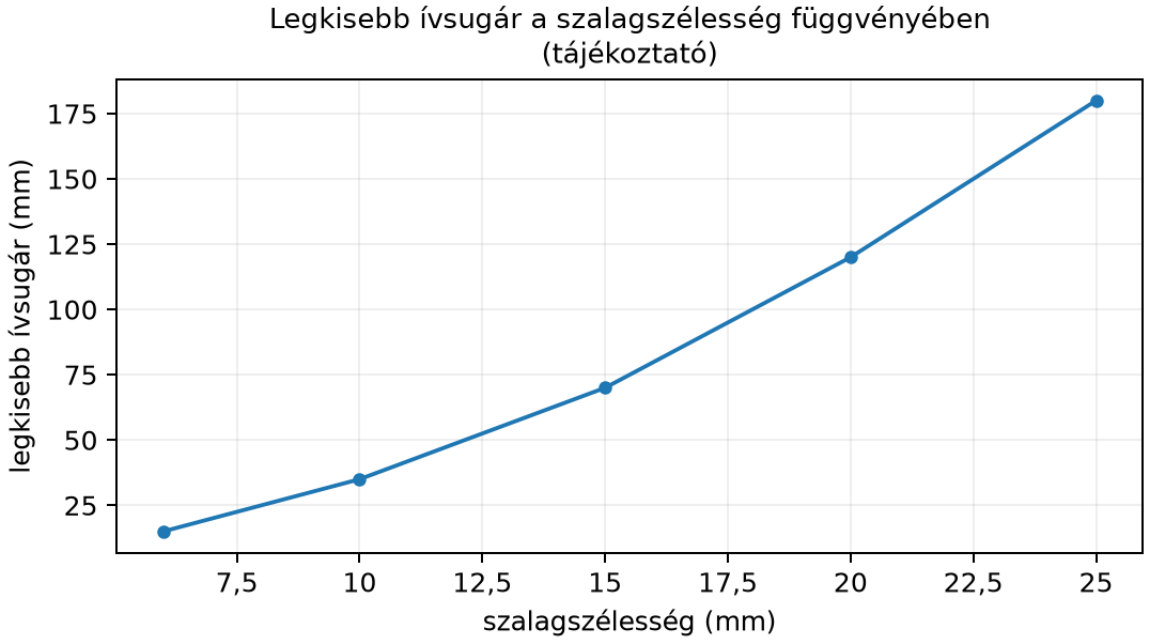
22.1. Asztalos szalagfűrészgép

A szalagfűrészgép az asztalosműhely egyik legsokoldalúbb gépe. Hasít, darabol, de fő értéke, hogy íves alkatrészeket tudunk vele kivágni. Gondolj egy ívelt széklábra, egy hullámos polctartóra vagy egy sablon szerint készülő karfára. Körfűrésszel csak egyenes vonal mentén vágunk; a szalagfűrész viszont folyamatosan, keskeny acélszalaggal vág, ezért az ív követésére is alkalmas.

22.1.1. Szemléletes kép: mi történik a gépen?

Képzelj el egy kétkerekű, álló kerékpárt, amelynek felnijeire egy keskeny, fogazott acélszalag van felfűzve. A két kerék a **szalagtárcsa**. A felső tárcsa emelhető, süllyeszthető és enyhén dönthető, így a szalag megfeszíthető és futása középre állítható. A munkadarabot egy kis asztalon toljuk neki a lefelé mozgó, fogazott szalagnak. A szalag csak a vágási zónában szabad; a többi részét acéllemez burkolat takarja. A vágás közben keletkező fűrészport elszívócső vezeti el.

A gépen a szalag szélességét az ívsugárhoz választjuk. Az alábbi ábra azt mutatja, hogyan nő a legkisebb vágható ívsugár a szalagszélesség növelésével:



22.1. ábra. Legkisebb ívsugár a szalagszélesség függvényében (tájékoztató) - Tájékoztató értékek hagyományos szénacél szalagfűrészlaphoz; a pontos érték a szalag vastagságától, fogazásától és a gyártói adatlaptól függ (ellenőrizendő).

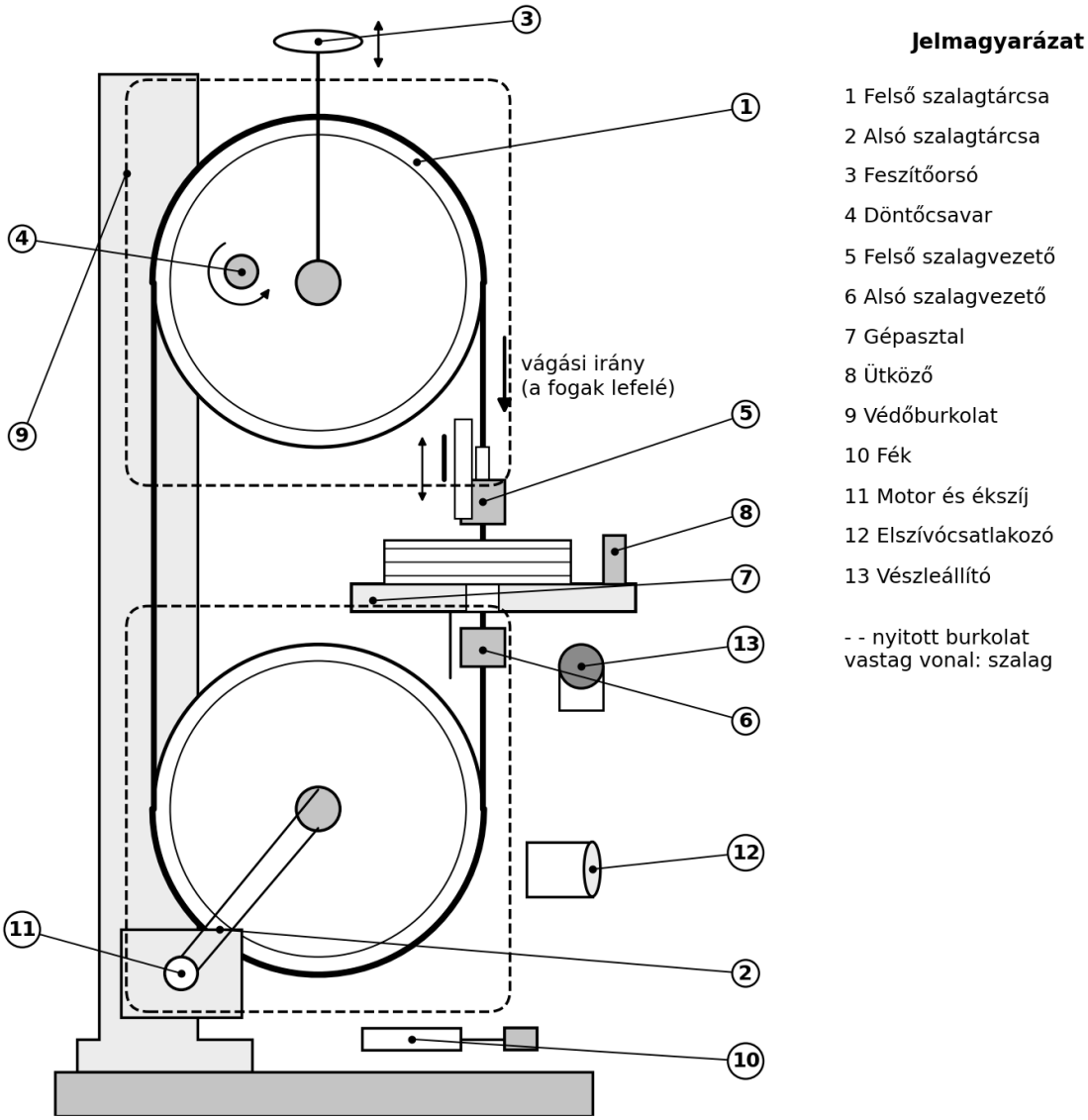
A görbe nem pontos mérési adat, hanem szemléltető összefüggés: szélesebb szalaggal nagyobb ívsugarat tudunk vágni.

22.1.2. Definíciók és felépítés

Definíció. Az **asztalos szalagfűrészgép** olyan faipari forgácsoló gép, amelynek szerszáma két tárcsán végtelenítve futó, fogazott acélszalag. A szalag vágóirányban lefelé mozog, a munkadarabot kézi előtolással, asztalon tolva, szabadon vagy ütköző, illetve sablon vezetésével vágjuk.

A gép fő részei:

- **Alsó szalagtárcsa**: rendszerint a hajtott tárcsa, amelyet ékszíjjal vagy közvetlenül motor hajt.
- **Felső szalagtárcsa**: a feszítő- és futásállító szerkezeten ül; emelésével feszítjük a szalagot, döntésével a futást állítjuk.
- **Szalagvezetők**: a vágási zóna fölött és alatt elhelyezkedő görgők vagy csúszóbetétek, amelyek megvezetik a szalagot, és hátulról megtámasztják.
- **Gépasztal**: a munkadarab alátámasztására szolgál; gyakran dönthető, ferde vágáshoz.
- **Ütköző**: egyenes hasításhoz és daraboláshoz használt, párhuzamosan állítható vezető.
- **Védőburkolat**: a szalag minden szabadon futó részét takarja, csak a vágási zónában hagy nyílást.
- **Fék**: a szalagot leállítás után minél gyorsabban megállítja; lehet kézi, mechanikus, elektromos.
- **Elszívócsatlakozó**: a fapor elvezetésére szolgáló csonk, amelyet minden vágásnál működtetni kell.



22.2. ábra. Asztalos szalagfűrészgép elölnézete nyitott (szaggatott) burkolatokkal, számozott részekkel

A rajz a gépet a kezelő felől mutatja, a burkolatokat szaggatott vonallal „átlátszónak” rajzolva: felül a feszítőorsóval emelhető és a döntőcsavarral dönthető felső tárcsa, alul a motorral hajtott alsó tárcsa. A szalag a vágási zónában lefelé fut; ott a felső vezető (állítható oszlopon, a munkadarab fölött) és az asztal alatti alsó vezető tartja. Az interaktív változatban a részekre mutatva a nevük és feladatuk jelenik meg, a burkolat zárt és nyitott nézete között pedig váltani lehet.

22.1.3. Fűrészszalagok

A fűrészszalag adatai: **szélesség**, **vastagság**, **fogosztás** és **fogalak**.

Definíció. A **fogosztás** a két egymás melletti fog azonos pontja közötti távolság, milliméterben kifejezve. Minél nagyobb a fogosztás, annál durvább, gyorsabb vágást kapunk; minél kisebb, annál finomabb a vágási felület, de lassabb az előtolás.

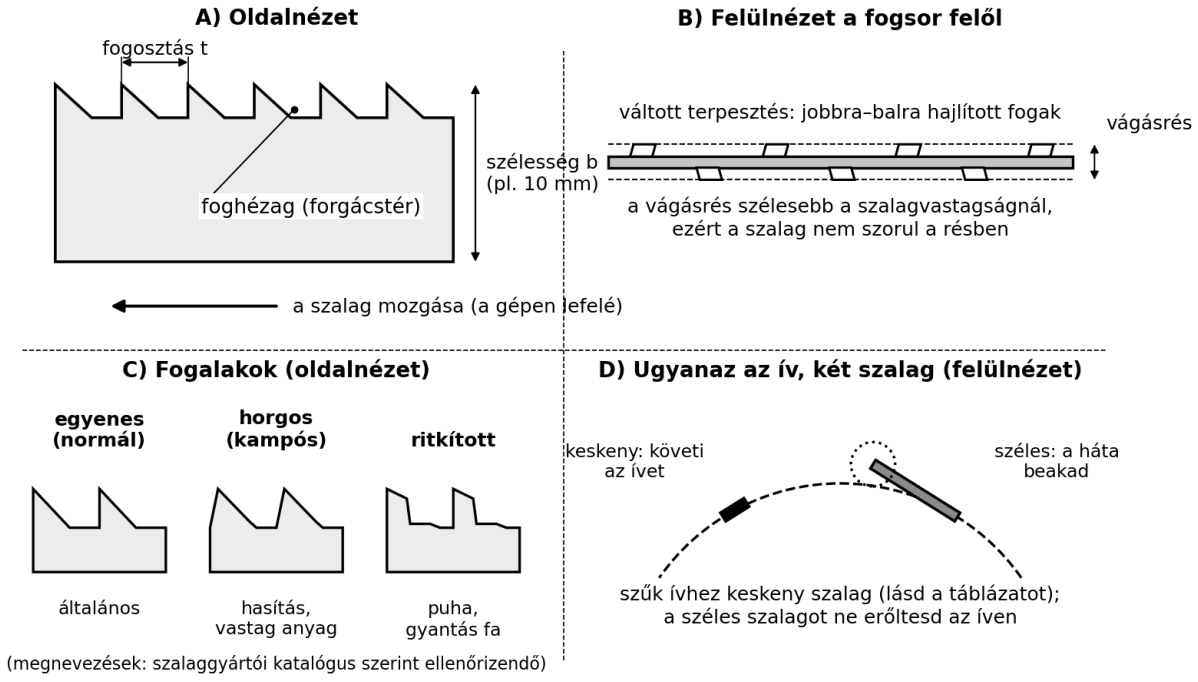
Fogalakok. - **Egyenes (normál) fog**: általános célú, hossz- és keresztirányú vágáshoz is. - **Horgos (kampós, pozitív homlokszögű) fog**: hasításhoz, vastag anyaghoz. - **Ritkított fog**: puha, gyantás fához, nagy forgácshellyel. - A fogak **terpesztése** lehet váltott vagy hullámos (vékony szalagnál); ez a vágási rés szélességét adja, nem a fogosztást **(ellenőrizendő: szalaggyártói katalógus)**.

A szalag vastagsága a tárcsaátmérőtől függ. Keskenyebb tárcsán vékonyabb szalagot használunk, mert a vastag szalag a kis átmérőn hajlítva hamar kifárad, reped. A megengedett szalagvastagságot a **szalaggyártó táblázata** adja meg a tárcsaátmérőhöz; ezt mindig a gépkönyvvel és a gyártói adatlappal együtt ellenőrizd **(ellenőrizendő: gépkönyv, szalagkatalógus)**.

Tájékoztató asztalosipari értékek:

Szalagszélesség (mm)	Legkisebb ívsugár (mm, tájékoztató)	Jellemző használat
6	15	nagyon szűk ív, vékony anyag
10	35	íves székalkatrész, sablonos vágás
15	70	közepes ív, vastagabb anyag
20	120	enyhe ív, hasítás, darabolás
25	180	egyenes hasítás, vastag anyag, enyhe ív

Szabály. A szalag szélességét a legkisebb vágandó ívsugár alapján válasszuk. A kiválasztott szalaggal a tervezettnél szűkebb ívet ne erőltessünk: a szalag beszorul, eltörik vagy a vágás szakadozik.



22.3. ábra. A fűrészszalag fogazata: fogosztás, terpesztés és vágásrés, fogalakok, keskeny és széles szalag íves vágásban

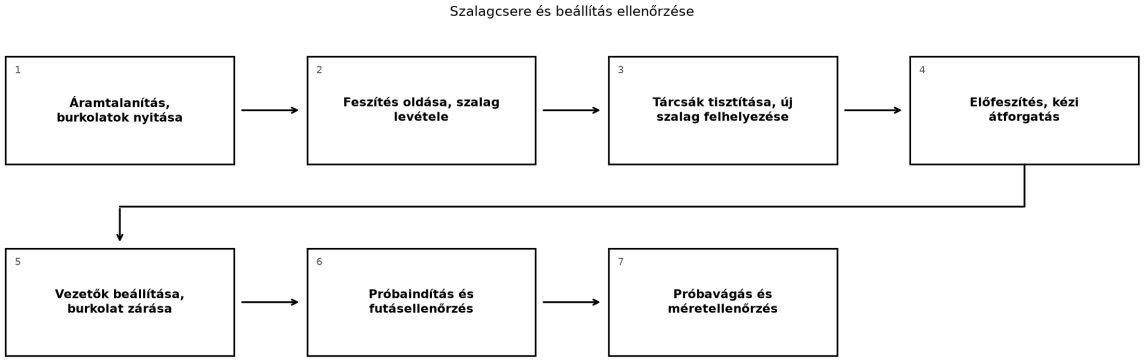
Az ábrán a fogosztás a két szomszédos fogcsúcs távolsága; a felváltva jobbra–balra hajlított (terpesztett) fogak a szalagvastagságnál szélesebb vágásrést nyitnak, ezért a szalag nem szorul. A „D” rész azt mutatja, hogy ugyanazon az íven a keskeny szalag követi a vonalat, a széles szalag háta viszont a vágásrés falának feszül. A fogalakok megnevezése a szalaggyártói katalógus szerint ellenőrizendő.

22.1.4. Szalagcsere, feszítés és beállítás

A szalagcsere és beállítás **áramtalanítás után**, a gép teljes megállását követően végezhető. A lépések:

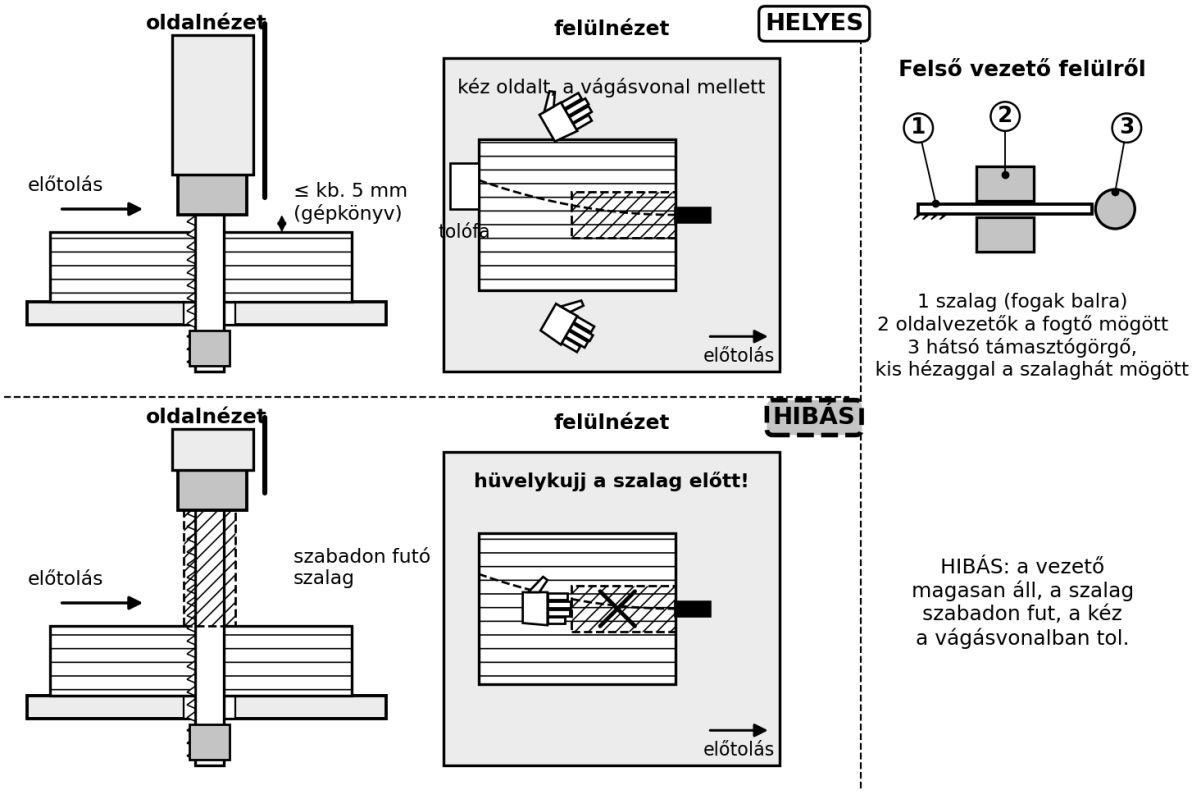
1. Kapcsold ki a főkapcsolót, és biztosítsd, hogy senki ne kapcsolhassa be (pl. reteszelés, „Ne kapcsolj be!” tábla).
2. Nyisd ki a felső és alsó szalagburkolatot.
3. Old a szalagfeszítést a felső tárcsa süllyesztésével.
4. Vedd le a régi szalagot; közben viselj védőkesztyűt, mert a szalag fogai vágóképesek, a szalag megpattanhat.
5. Ellenőrizd a tárcsák gumi vagy műanyag bevonatát: tisztítsd meg a fűrészportól, gyantától, ellenőrizd, nincs-e repedés, kopás.
6. Helyezd fel az új szalagot úgy, hogy a fogak a vágási irányba mutassanak; a vágási zónában lefelé álljanak.
7. Fűzd a szalagot a felső és alsó vezető közé, de ne szorítsd meg még.
8. Feszítsd elő a szalagot a gépkönyv szerinti értékre, amíg a szalag enyhén megnyúlik, de nem pendül túl magasan.
9. Forgass kézzel néhányat a felső tárcsán, és figyeld a szalag futását a tárcsán. A szalag a tárcsa középső harmadában fusson.
10. Ha a szalag a tárcsán előre (a fogak felé) vagy hátra fut el, a felső tárcsa döntőcsavarjával apró lépésekben állíts: cél, hogy a szalag középen fusson.
11. Állítsd be a szalagvezetőket: az oldalsó görgők vagy betétek ne szorítsák a szalagot, csak éppen ne érjenek hozzá; a hátsó támasztó görgő a foghát mögött legyen, kis hézaggal. A pontos hézag gyártói érték, jellemzően 0,1–0,5 mm **(ellenőrizendő: gépkönyv)**.
12. Zárj vissza minden burkolatot.
13. Végezz próbaindítást; ellenőrizd a szalag futását és a feszítést. Ha a szalag megcsúszik vagy kileng, állj le, és állíts újra.
14. Végezz próbavágást egy hulladékdarabon.

A folyamat ábrája:



22.4. ábra. Szalagcsere és beállítás ellenőrzése - A szalagcserét mindig áramtalanítás után, a gépkönyv szerint végezd.

Szabály. A felső szalagvezető magasságát mindig a munkadarab vastagsága fölé, a lehető legközelebb állítsd. Tájékoztató érték: legfeljebb 5 mm-rel a munkadarab felett **(ellenőrizendő: gépkönyv, szabvány)**, így a szalag szabad szakasza minimális marad.



22.5. ábra. A felső szalagvezető helyes és hibás magassága, a kéz és a tolófa helye

A felső sorban (HELYES) a vezető és a szalagvédő közvetlenül a munkadarab fölött áll, a kezek a vágásvonal mellett, oldalt tolják a darabot, rövid darabnál tolófa dolgozik. Az alsó sorban (HIBÁS) a vezető magasan áll, a szalag hosszú szakaszon szabadon fut, és a hüvelykujj a vágásvonal meghosszabbításában, a szalag előtti veszélyzónában tol. A jobb oldali részlet a felső vezetőt felülről mutatja: két oldalvezető a fogtő mögött és a hátsó támasztógörgő a szalaghát mögött.

22.1.5. Egyenes és íves vágás

A szalagfűrészgépen két alapművelet jellemző: az **egyenes hasítás/darabolás** és az **íves vágás**.

Egyenes vágás ütközővel. 1. Állítsd be az ütközőt a kívánt méretre. 2. Ellenőrizd, hogy az ütköző párhuzamos a szalag vágási irányával. 3. Indítsd a gépet, várd meg, amíg a szalag felveszi a teljes fordulatszámot. 4. Told a munkadarabot egyenletes, lassú előtolással az ütközőhöz. 5. A darabot ne nyomd oldalra a szalag ellen, mert a szalag kitér és a vágás hullámos lesz. 6. Használj tolófát, ha a kéz a szalagtól 30 cm-nél közelebb kerülne. 7. A vágás végén engedd el a darabot, ne húzd vissza a szalagból.

Íves vágás sablon szerint. 1. Készíts sablont rétegelt lemezből vagy MDF-ből, a kívánt ívvel. 2. Rögzítsd a sablont a munkadarabon csavarokkal vagy szorítóval úgy, hogy a csavarhely a későbbi hulladékrészre essen. 3. Válassz az ívsugárhoz illő szalagszélességet a táblázat alapján. 4. Ha a darab nagyon szűk ívet tartalmaz, készíts előzetes **könnyítő bevágásokat**: a rajzvonalig merőleges bevágásokkal darabold fel a felesleges részt, hogy a fűrészszalag ne szoruljon be. 5. Vezess a sablon mentén, egyenletes előtolással. 6. A vágásvonalon hagyj 1–2 mm ráhagyást, amit később csiszolással, gyalulással vagy marással munkálsz meg. 7. Szűk ívnél ne erőltesd: ha a szalag csikorog, füstöl vagy a darab megszorul, állj le, ellenőrizd a szalagot és az ívsugarat.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A szalagfűrészgép védőberendezései: zárt szalagburkolat, vágási zóna feletti állítható védő, feszítő- és futásbeállító szerkezet, vészleállító, fék, elszívócsatlakozó. Egyéni védőeszközök: védőszemüveg, hallásvédelem, fapor ellen légzésvédő maszk (FFP2 vagy magasabb osztály, keményfa-porhoz), szoros ruházat, hajháló. **Tilos kesztyűt viselni a szalag közelében:** a kesztyű beakadhat, és a kezet a szalagba rántja. Tilos a védőburkolat vagy a szalagvezető eltávolítása, a gép felügyelet nélküli működtetése, fémmel, szeggel, csavarral teli fa vágása, a szalag kézzel történő megállítása.

22.1.6. Számítások

Szalaghossz meghatározása (egyforma tárcsaátmérő esetén, az Géptani alapfogalmak: hajtások, áttétel, fűrészszalag hossza alfejezet jelöléseivel):

$$L = 2a + \pi D,$$

ahol a a tengelytávolság, D a tárcsaátmérő.

Példa. Egy szalagfűrészgép tárcsaátmérője $D = 400$ mm, a tengelytávolság $a = 1000$ mm. A szükséges szalaghossz:

$$L = 2 \cdot 1000 \text{ mm} + \pi \cdot 400 \text{ mm} = 2000 \text{ mm} + 1256{,}6 \text{ mm} = 3256{,}6 \text{ mm} \approx 3{,}26 \text{ m}.$$

A pontos méretet a gyártói katalógusból kell kiválasztani, a feszítési tartomány figyelembevételével.

Forgácsolási sebesség számítása. A szalag forgácsolási sebessége a szalagtárcsa kerületi sebessége. Ha a szalag a tárcsán nem csúszik meg, akkor:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n_2}{60\,000},$$

ahol D a szalagtárcsa átmérője mm-ben, n_2 a szalagtárcsa fordulatszáma 1/min, az eredmény m/s-ban adódik.

A szalagtárcsa fordulatszámát az ékszíjáttételből kapjuk: $n_2 = n_1 \cdot d_1/d_2$, ahol d_1 a motor ékszíjtárcsájának, d_2 a szalagtárcsa tengelyén ülő hajtott ékszíjtárcsának az átmérője. Ez különbözik a szalagtárcsa D átmérőjétől.

Számítás. Motorfordulatszám $n_1 = 2880\ \text{min}^{-1}$, a motor ékszíjtárcsájának átmérője $d_1 = 140$ mm, a hajtott ékszíjtárcsa átmérője $d_2 = 400$ mm, a szalagtárcsa átmérője is $D = 400$ mm. A szalagtárcsa fordulatszáma:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2} = 2880 \cdot \frac{140}{400} = 1008\ \text{min}^{-1}.$$

A forgácsolási sebesség:

$$v = \frac{400 \cdot \pi \cdot 1008}{60\,000} = \frac{400 \cdot 3{,}1416 \cdot 1008}{60\,000} \approx 21{,}1\ \text{m/s}.$$

Ellenőrzés: a szalagfűrészgépek jellemző szalagsebessége fánál 15–30 m/s tartományban van, ezért a 21,1 m/s reális **(ellenőrizendő: gépkönyv, szalaggyártói adatlap)**.

22.1.7. Technológiai lap

Cél: ívelt székláb elővágása 20 mm vastag bükkfa alapanyagból, 35 mm legkisebb ívsugárral, utólagos maráshoz 2 mm ráhagyással.

Anyag: bükkfa (kemény lombos; fapor veszélye miatt elszívás és légzésvédelem kötelező), sablonhoz MDF 12 mm.

Gépek és szerszámok: asztalos szalagfűrészgép, 10 mm széles normál (egyenes) fogú szalag, fogosztás 6 mm (tájékoztató), sablon, szorítók, tolófa, mérőszalag, derékszög, rajzceruza.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Ellenőrizd a zárt szalagburkolatot, felső szalagvezetőt, féket, vészleállítót, elszívást. Védőszemüveg, hallásvédelem, FFP2 porálarc, szoros ruházat, hajháló; kesztyű tilos. Indítás előtt: szalag feszessége, vezetők hézaga, a szalag fogainak sérülése, a tárcsa szabad futása, a munkaterület tisztasága, a darabon szeg, repedés, laza göcs nincs-e.

Lépések. 1. Készítsd el a székláb ívelt rajzát 1:1 méretben; jellemző legkisebb ívsugár 35 mm. – ellenőrzés: ívsugár mérése sablonnal, legalább 35 mm legyen. 2. Másold át a sablonra, vágd ki a sablont, és csiszold a rajzvonalig. – ellenőrzés: a sablonél sima, folytonos, méretpontos. 3. Rögzítsd a sablont a 20 mm vastag bükkdarabra szorítókkal; a szorítók ne lógjanak a vágási zónába. – ellenőrzés: a sablon nem mozdul el. 4. Durva kivágás: a felesleges anyagot 15–20 mm-enként, a rajzvonalra merőleges könnyítő bevágásokkal darabold fel. – ellenőrzés: a bevágások a rajzvonaltól 1–2 mm-re állnak meg. 5. Vágd körbe az ívet a sablon mentén, egyenletes előtolással. A vágásvonalon hagyj 1–2 mm ráhagyást. – ellenőrzés: a vágásvonal mindenütt a sablonon kívül, egyenletes. 6. A vágás után ellenőrizd a méreteket: hossz, szélesség, ívmenet; a ráhagyás legalább 1 mm legyen. – ellenőrzés: mérőszalaggal, tolómérővel, sablonnal. 7. Tisztítsd meg a gépet, kapcsold ki az elszívást, áramtalaníts.

22.1.8. Minőségellenőrzés

A szalagfűrészelt alkatrészeket a következők szerint ellenőrizzük:

- **Méretpontosság**: a ráhagyás 1–2 mm legyen a későbbi pontos megmunkáláshoz; a kontúr sehol ne érje el a rajzvonalat.
- **Ív folytonossága**: az ív mentén nincs törés, bemélyedés, a sablon követése egyenletes.
- **Vágási felület**: nincs erős égésnyom, szakadozott rost, beszorult fűrészpor. Enyhe csiszolásnyom elfogadható; égés vagy durva szakadás tompa szalagra vagy rossz fogosztásra utal.
- **Merőlegesség**: a vágási felület merőleges az alkatrész felületére, hacsak a rajz ferde vágást nem ír elő.
- **Szalag állapota**: a szalagon nincs repedés, hiányzó fog, a feszítés nem laza, a futás középen van.

Eltérésnél: tompa szalag cseréje, rossz fogosztású szalag cseréje, a feszítés és a vezetők újraállítása, a sablon javítása.

22.1.9. Tipikus hibák és okaik

1. **A szalag elszakad.** Ok: túlfeszített szalag, túl kicsi tárcsa a szalagvastagsághoz, hibás szalagillesztés, tompa fog, fémtárgy (szeg, csavar) a fában. Helyes gyakorlat: gyártói feszítési érték betartása, szalagvastagság-táblázat ellenőrzése, fémmentes anyag, rendszeres él-ellenőrzés.
2. **A szalag a tárcsán előre vagy hátra fut el.** Ok: rossz felsőtárcsa-döntés, kopott tárcsabevonat, rossz feszítés, sérült vezető, egyenetlen fog. Helyes gyakorlat: futásbeállítás a tárcsa döntésével, a bevonat tisztítása/cseréje, vezetők beállítása.
3. **A vágott felület megég, a szalag beszorul.** Ok: tompa fog, túl nagy előtolás, túl kicsi fogosztás a vastag anyaghoz, gyantás felület. Helyes gyakorlat: éles szalag, megfelelő fogosztás, kisebb előtolás, gyantamentesítés.
4. **A vágás nem követi a sablont, az ív pontatlan.** Ok: túl széles szalag a kívánt ívsugárhoz, a sablon nem rögzített, az előtolás erőltetett. Helyes gyakorlat: a táblázat szerinti szalagszélesség, stabil sablonrögzítés, egyenletes előtolás.

22.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben tömör tölgyből készítettek hajlított ívű támlákat székekhez. A tanuló 15 mm széles szalagot használt 25 mm-es ívsugárhoz, mert éppen az volt a gépben. A vágás során a szalag beszorult, a darab megrándult, a szalag a tárcsán megcsúszott, és a vágásvonal széles, szakadozott lett. A műhelyvezető leállította a gépet. Megvizsgálták a szalagot: nem volt sérült, de a szalagszélesség nem felelt meg az ívsugárnak. Kicserélték 6 mm-es szalagra, a sablont szorítókkal rögzítették, és a felesleges részt könnyítő bevágásokkal kivágták. A vágás után 2 mm ráhagyás maradt, amit felsőmaróval, sablonvezető gyűrűvel munkáltak pontosan. Tanulság: a szalagszélességet az ívsugárhoz kell választani, és a sablonos vágásnál a ráhagyásos elővágás biztonságosabb.

22.1.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A szalagfűrészgépen a szalag fogainak a vágási irányba, a vágási zónában lefelé kell mutatniuk. Indokold.
2. Mi a fogosztás, és mit befolyásol?
3. Milyen veszélye van a kesztyű viselésének szalagfűrészgép mellett?
4. A gép tárcsaátmérője 500 mm, tengelytávolsága 1200 mm. Mekkora a szükséges szalaghossz? (Használj $\pi \approx 3{,}14$.)
5. Miért kell a felső szalagvezetőt a munkadarab vastagsága fölé, kis hézaggal állítani?
6. A szalag futása közben előre csúszik a tárcsán. Mi az első beállítási lépés?

22.1.12. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg a fogosztás fogalmát, és sorolj fel legalább három fogalakot.

2. feladat (A). Egy szalagfűrészgép tárcsaátmérője 600 mm, tengelytávolsága 1500 mm. Számítsd ki a szükséges szalaghosszt.

3. feladat (B). A motor fordulatszáma 2880 1/min, a motor ékszíjtárcsája 120 mm, a hajtott ékszíjtárcsa 480 mm, a szalagtárcsa átmérője 500 mm. Számítsd ki a szalagtárcsa fordulatszámát és a forgácsolási sebességet.

4. feladat (B). Válassz szalagszélességet 25 mm-es legkisebb ívsugárhoz a tájékoztató táblázat alapján, és indokold a választásod.

5. feladat (C). A vágott felület folyamatosan megég, és a szalag beszorul. Sorold fel a lehetséges okokat, és írd le, milyen sorrendben vizsgálnád őket.

6. feladat (D). Készíts egy rövid technológiai tervet egy 400 mm × 200 mm-es, 30 mm vastag bükk lapból kivágandó, 50 mm-es belső ívsugarú ovális asztali tálca elővágásához. Add meg a szükséges szalagot, a sablon készítését, a vágási lépéseket, az ellenőrzéseket és a biztonsági teendőket.

22.1.13. Megoldások

22.1.13.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Igaz.** A szalag a vágási zónában lefelé mozog, így a fogak hegye a vágási irányba mutat, hogy a munkadarabot hatékonyan vágja.
2. A **fogosztás** a két szomszédos fog azonos pontja közötti távolság mm-ben. Befolyásolja a vágás felületi minőségét és az előtolás sebességét: kisebb fogosztás finomabb vágást, lassabb haladást ad.
3. A kesztyű beakadhat a szalag fogai közé, és a kezet a szalagba rántja, ezért a szalagfűrészgép mellett kesztyűt viselni tilos.
4. $L = 2 \cdot 1200 + \pi \cdot 500 = 2400 + 1570 = 3970$ mm $\approx 3{,}97$ m.
5. Azért, hogy a szalag szabad szakasza minél rövidebb legyen. Ez csökkenti a kilengést, a szalag törésének kockázatát és a baleseti kockázatot.
6. A felső tárcsa döntőcsavarjával apró lépésekben állíts úgy, hogy a szalag középen fusson; ellenőrizd a feszítést és a tárcsabevonatot.

22.1.13.2. Feladatok megoldásai

1. feladat (A). A **fogosztás** a két egymás melletti fog azonos pontja közötti távolság milliméterben. Fogalak: egyenes (normál), horgos (kampós), ritkított; a terpesztés váltott vagy hullámos. A fogosztás nagyobb értéke gyorsabb, durvább vágást, kisebb értéke finomabb felületet ad.

2. feladat (A). Adott: $D = 600$ mm, $a = 1500$ mm. Keresett: L.

$$L = 2a + \pi D = 2 \cdot 1500 + \pi \cdot 600 = 3000 + 1884{,}96 = 4884{,}96 \text{ mm} \approx 4{,}88 \text{ m}.$$

3. feladat (B). Adott: $n_1 = 2880$ min^{-1}, $d_1 = 120$ mm, $d_2 = 480$ mm, $D = 500$ mm. Keresett: n_2, v.

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2} = 2880 \cdot \frac{120}{480} = 720 \text{ min}^{-1}.$$

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n_2}{60\,000} = \frac{500 \cdot 3{,}1416 \cdot 720}{60\,000} \approx 18{,}8 \text{ m/s}.$$

Ellenőrzés: a faipari szalagsebesség 15–30 m/s tartományban van, az eredmény reális.

4. feladat (B). A táblázat szerint a 10 mm-es szalag legkisebb ívsugara 35 mm, ez nagyobb a szükséges 25 mm-nél, ezért nem alkalmas. A 6 mm-es szalag legkisebb ívsugara 15 mm $<$ 25 mm, tehát ezt választjuk. Szabály: a legkisebb vágandó ívsugárnál kisebb vagy egyenlő legkisebb ívsugarú szalagok közül a legszélesebbet válaszd. A 15 mm-es szalag legkisebb ívsugara 70 mm, az sem lenne alkalmas.

5. feladat (C). Tünet: égés, beszorulás. Lehetséges okok és vizsgálati sorrend: 1. **Tompa szalag**: vizsgáld meg a fogakat; ha fényes, kopott él, cseréld. 2. **Rossz fogosztás**: túl kicsi fogosztás a vastag anyaghoz; ellenőrizd a gyártói ajánlást, válassz nagyobbat. 3. **Túl nagy előtolás**: csökkentsd az előtolást. 4. **Gyantás felület**: gyantamentesítés vagy más szalag alkalmazása. 5. **Szalag beszorul az ívben**: ellenőrizd az ívsugarat a szalagszélességhez; válassz keskenyebb szalagot, vagy készíts könnyítő bevágásokat.

6. feladat (D). Technológiai terv az ovális tálca elővágásához: - **Anyag:** bükk, 400 × 200 × 30 mm; sablonhoz MDF 15 mm. - **Szalag:** 10 mm széles normál (egyenes) fogú, fogosztás 6 mm (tájékoztató), mert a legkisebb ívsugár 50 mm, ami a táblázat szerint 10 mm szalaghoz illik (35 mm minimális ívsugár). - **Sablon:** rajzold meg az oválist, vágd ki, csiszold pontosra; rögzítsd a munkadarabra. - **Előkészítés:** a felesleges sarkokat könnyítő bevágásokkal távolítsd el a rajzvonaltól 1–2 mm-re. - **Vágás:** sablon vezetésével, a vonalon kívül 1–2 mm ráhagyással, egyenletes előtolással. - **Ellenőrzés:** méret, ív folytonossága, vágási felület, merőlegesség. - **Biztonság:** áramtalanítás utáni beállítás, védőszemüveg, hallásvédelem, FFP2 porálarc, kesztyű tilos, a felső vezető a darab fölött legfeljebb 5 mm-re. Indítás előtt ellenőrizd a szalag feszességét, fogépségét, a burkolatokat, az elszívást.

22.1.14. Rövid összefoglaló

A szalagfűrészgép a faipari íves vágás alapgépe. A végtelenített, fogazott acélszalag két szalagtárcsán fut; a felső tárcsa feszíti és dönti a szalagot, a szalagvezetők a vágási zónában megtámasztják, a burkolat és a fék a biztonságot szolgálja. A szalag jellemzői: szélesség, vastagság, fogosztás, fogalak. A szalag szélességét a legkisebb ívsugárhoz kell választani: keskenyebb szalag szűkebb ívet vág, szélesebb szalag egyenes vágáshoz jobb. A szalagcserét áramtalanítás után, a gépkönyv szerint végezzük; a feszítés és a futás ellenőrzése kézi átforgatással és próbaindítással történik. A felső vezetőt a munkadarab vastagságához közel kell állítani. A gép biztonságos kezeléséhez védőszemüveg, hallásvédelem, fapor elleni maszk szükséges; kesztyű tilos. A szalaghossz egyforma tárcsáknál $L = 2a + \pi D$, a forgácsolási sebesség $v = D\pi n/60\,000$. **Továbbvitt eredmény.** A szalagfűrészelés íves alkatrészek és sablonok készítésének alapja; ezt használjuk fel a Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek és az Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás alfejezetekben.

22.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari géptani alapok, szalagfűrészgép felépítése, szalagjellemzők: stabil technológiai ismeret, gépkönyvi és gyártói adatokkal pontosítandó.
- Faipari gépek biztonsági követelményei: MSZ EN ISO 19085 sorozat (ellenőrizendő: pontos szám, hatályos kiadás).
- A táblázatban megadott legkisebb ívsugár értékek tájékoztató jellegűek; a pontos érték szalaggyártói adattól és gépbeállítástól függ (ellenőrizendő).
- A felső szalagvezető legnagyobb hézagára vonatkozó 5 mm-es érték tájékoztató (ellenőrizendő: gépkönyv, vonatkozó szabvány).
- A forgácsolási sebesség példában szereplő fordulatszám, tárcsaátmérő és motoradat tanulási példa; a tényleges gépen mindig a gépkönyv és a szalaggyártó adata a mérvadó.

22.2. Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok

22.2.1. Motiváció

Egy vevő fehér, laminált forgácslapból kér polcméretre szabott alkatrészeket. A lapot a műhely asztalos körfűrészgépén vágod. Ha a tompa főfűrész nem kap elővágó tárcsát, a bevonat alsó éle kiszakad, a fehér él pedig csúnyán fog kinézni a kész polcon. Ha a párhuzamütközőt rosszul állítod, az alkatrész nem lesz szögletes, és a bútor összeállításakor eláll a hézag. Ha a keskeny csíkot kézzel tolnád a tárcsa mellett, a darab visszavágódhat. Ebben az alfejezetben megismered az asztalos körfűrészgép biztonságos felépítését, a körfűrészlapok kiválasztását, a gép beállítását és a mindennapi vágásfajtákat.

22.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy nagy, öntöttvas vagy hegesztett acél gépasztalt. Az asztal síkjából csak a körfűrészlap fogkoszorújának egy része emelkedik ki. A lapot felülről egy átlátszó védőburkolat takarja, mögötte függőleges, ívelt acéllemez, a **hasítóék**. A gép előtt a kezelő áll, a munkadarabot a párhuzamütközőhöz szorítja, a keskeny részt tolófával tolja. A fűrészlap bal oldalán a tolóasztal (szán) fut, amelyre nagy lap alkatrészt lehet rögzíteni; a párhuzamütköző a lap jobb oldalán áll (ellenőrizendő: gépkönyv, a balos kivitel ritka). A főfűrészlap előtt kisebb átmérőjű elővágó tárcsa forog ellentétes irányba; oldalirányban a főfűrész vágásához tized milliméter pontossággal

igazítjuk. Ez a szerkezet a vágás alsó élét tisztára metszi, ezért nevezik a gépet **formatizáló körfűrészgépnek**.

A gépi munkát mindig úgy képzeld el, mint egy betanított, felügyelt tanuló által végzett feladatot: először a védőberendezéseket ellenőrzöd, azután a szerszámot, a beállítást, és csak a próbadarab után vágod a valódi anyagot.

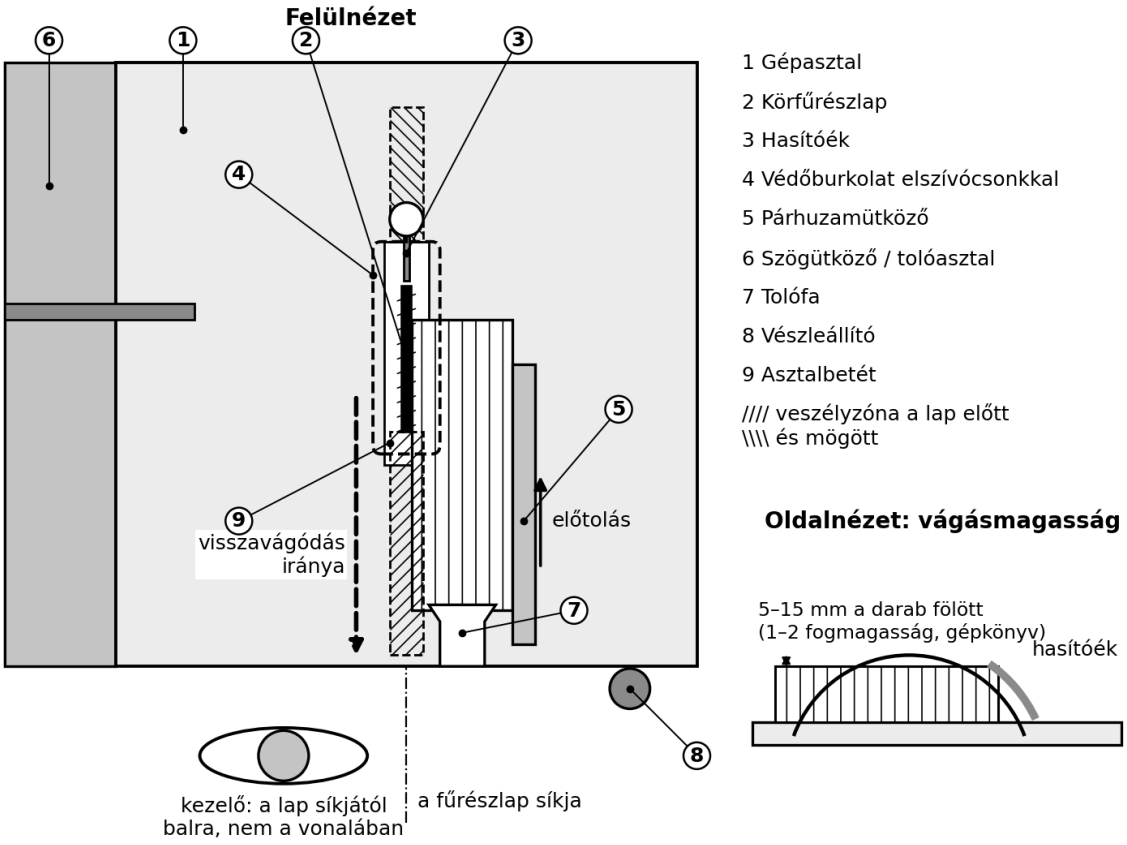
22.2.3. Az asztalos körfűrészgép felépítése

Definíció. Az **asztalos körfűrészgép** olyan helyhez kötött faipari gép, amelyen a munkadarabot az asztalon vezetve, a körfűrészlap forgó fogai fűrészeléssel választják szét az anyagot. Ha a gép **elővágó tárcsával** is rendelkezik, akkor a szaknyelvben gyakran **formatizáló körfűrészgépnek** nevezzük, mert bevont lapanyagok tiszta, méretre szabására is alkalmas. A régi műhelyi szóhasználatban előfordul a **kiskörfűrész** vagy **asztali körfűrész** elnevezés is.

A gép fő részei:

- **Gépasztal.** A munkadarab támasztófelülete. Legyen sík, letisztított, rozsdamentes vagy enyhén viasszal kezelt, hogy a lap könnyen csússzon. Az asztalnyílásban lévő betétlemez (asztalbetét) cserélhető; a fűrészlap körül csak kis hézag lehet.
- **Tolóasztal (tolószán).** A gép mellett futó, görgős vagy golyós vezetékű asztal. Nagy lapok, széles darabok darabolásához, szélezéséhez használjuk. A munkadarabot a tolóasztalra fektetjük, hozzáütköztetjük, és a szánt toljuk, nem a darabot.
- **Főfűrész.** A nagyobb átmérőjű körfűrészlap, amely a teljes vágást elvégzi. Tengelyét ékszíj vagy közvetlen hajtás forgatja. A fűrészlap felső része az asztalból kiemelkedik, alsó része a gép belsejében, védőburkolat alatt fut.
- **Elővágó tárcsa.** A főfűrész előtt elhelyezett, kisebb átmérőjű, gyakran ellenkező irányba forgó tárcsa. A munkadarab alsó felületén 1–3 mm mély (ellenőrizendő: gépkönyv) bemetszést készít, így a főfűrész nem tépi ki a bevonat alsó élét. Az elővágó tárcsa szélessége, magassága és a főfűrészhez viszonyított távolsága beállítható; a beállítási adatokat a gépkönyv tartalmazza.
- **Párhuzamütköző (párhuzamvezető).** A fűrészlaptól mért távolságra, a fűrészlappal párhuzamosan állítható vezető. Hosszanti vágáshoz, azaz **hasításhoz** és **szélezéshez** használjuk. Skálája mm-ben mutatja a távolságot a fűrészlaptól, de a pontos beállítást próbadarabbal ellenőrizzük.
- **Szögütköző / gérvágó szán.** Az asztal hornyában futó, a fűrészlapra merőleges vagy tetszőleges szögben beállítható ütköző. Keresztvágáshoz, gérvágáshoz, daraboláshoz használjuk. Vannak rajta gyorsszorítók a darab rögzítésére.
- **Védőburkolat és hasítóék.** A fűrészlap fölötti állítható burkolat eltakarja a fogkoszorút, megakadályozza a véletlen hozzáérést és felfogja a por egy részét. A hasítóék a vágási rés mögött tartja nyitva a vágást, és megakadályozza, hogy a felfelé mozgó hátsó fogak megfogják a munkadarabot, ezért kulcsfontosságú a **visszavágódás** megelőzésében.

Szabály. A hasítóék és a védőburkolat nem eltávolítható. A gép csak akkor üzemeltethető, ha mindkét védőberendezés a helyén van, és a hasítóék a fűrészlaphoz képest előírt távolságra és magasságra van állítva. A gyártó által megadott hasítóék-lap úgy van kialakítva, hogy a különböző anyagvastagságokhoz cserélhető vagy állítható.



22.6. ábra. Az asztalos körfűrészgép védőelemei felülnézetben, a kezelő helyével és a veszélyzónával; oldalnézeti részlet a vágásmagasságról

A felülnézet a fenti alkatrészeket számozva mutatja. A kezelő a fűrészlap síkjától kissé balra áll, nem a lap vonalában, mert a visszavágódó darab a lap síkjában, a kezelő felé repül; a lap előtti és mögötti sraffozott sávba kéz nem kerülhet. A keskeny darabot tolófa tolja a lap és a rövidített párhuzamütköző között. Az oldalnézeti részlet a vágásmagasságot (a fogak 5–15 mm-rel a darab fölött, tájékoztató) és a lap mögötti, a fogkoszorúval koncentrikus hasítóéket mutatja. Az interaktív változatban a rétegek (védőelemek, veszélyzóna, kezelő helyzete) külön is megnézhetők.

Szabvány. A faipari körfűrészgépek biztonsági követelményeit az MSZ EN ISO 19085 szabványsorozat vonatkozó része tartalmazza (ellenőrizendő: pontos részkövetelmény és hatályos kiadás). E szabványcsalád taglalja a védőburkolatok, a hasítóék, a vezetők, a vészleállító és az elszívás kialakítását. A géptörzskönyv, az üzembe helyezés és az időszakos ellenőrzés dokumentálása a munkavédelmi törvény és a munkaeszközökre vonatkozó előírások szerint kötelező (ellenőrizendő: hatályos jogszabály).

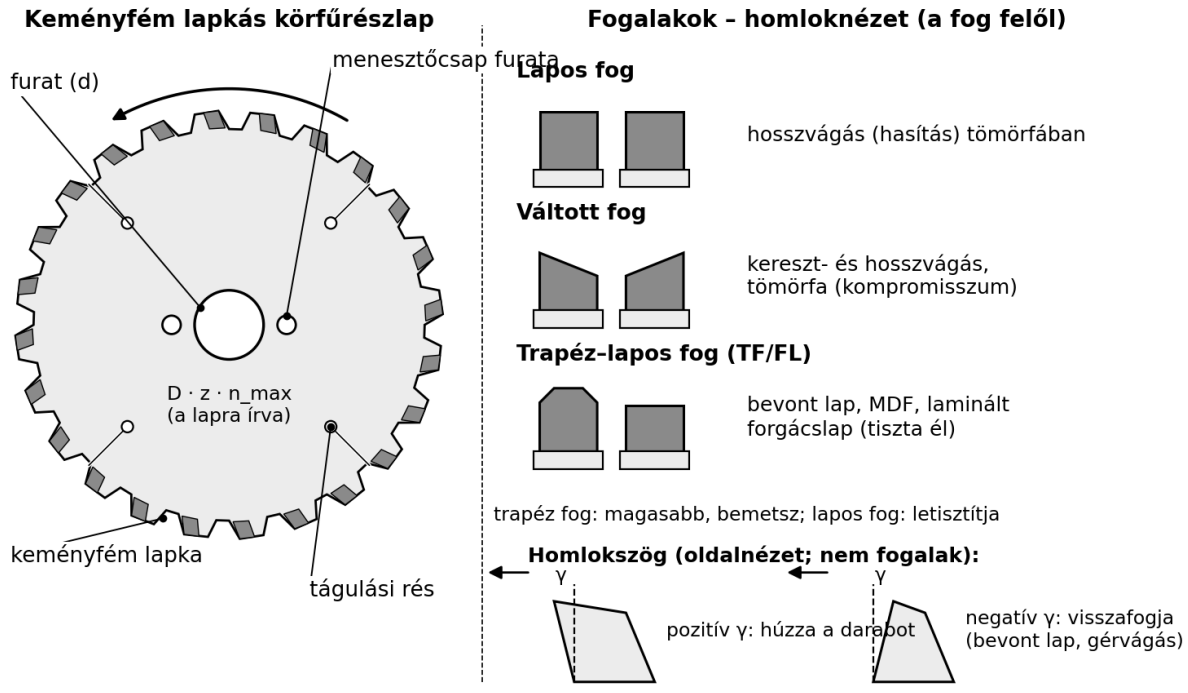
22.2.4. Körfűrészlapok

A **körfűrészlap** acél vagy fémötvözet tárcsa, amelynek kerületén fogak sorakoznak. A fogak élei végzik a forgácsolást, a fogak közötti hézagok szállítják el a fűrészport. A körfűrészlapokat átmérő (D), furatátmérő (d), fogszám (z), fogalak, fogosztás, homlokszög és a megengedett legnagyobb fordulatszám ($n_{\max}$) jellemzi.

A körfűrészlap átmérőjét a gép asztalnyílásához, a vágásmagassághoz és a gépteljesítményhez kell illeszteni. A megengedett fordulatszám a lapra nyomtatva található; ez az adat a gyártótól származik, és a gépet soha nem szabad ennél nagyobb fordulatszámmal járatni. A körfűrészlap fűrészlapjának fogkoszorúja lehet **teljesen acél** vagy **keményfém lapkás** (HM, gyakori elnevezéssel „vidia”). A faipari gyakorlatban a keményfém lapkás fűrészlapok a leggyakoribbak, mert hosszabb éltartamot és jobb minőségű vágást adnak.

Fogalakok. A leggyakoribb fogalakok:

- **Lapos fog.** A fog éle merőleges, a vágás alját síkra munkálja. Tömörfa hosszanti vágására, hasításhoz alkalmas.
- **Váltott fog (alternáló fog).** A fogak felváltva jobbra, illetve balra dőlnek. Kereszt- és hosszirányú vágásra is jó kompromisszum, tömörfához és nedves fához gyakran használják. A váltott fogú lap kúposan vágja a szálakat, ezért simább a vágás.
- **Trapéz–lapos kombinált fog (TF/FL).** A trapéz profilú és a lapos fog váltakozik. A trapéz fog bemetszi az élt, a lapos fog letisztítja a vágás alját. Ez a fogalak kiváló **bevont lapanyagokhoz, MDF-hez, laminált forgácslaphoz**, mert a bevonat alsó és felső élét nem tépi ki. A formatizáló gépek elővágó tárcsája gyakran trapéz kialakítású vagy enyhén döntött fogazású.
- **Negatív homlokszögű lap.** A fog homlokfelülete a sugárhoz képest a forgásiránnyal ellentétesen dől. Kevésbé húzza a darabot, ezért bevont lapok, műanyag-bevonatú anyagok tiszta vágásához és húzó/gérvágó fűrészekhez ajánlják; tömör faanyaghoz ritkábban használjuk. Fémet asztalos körfűrészgépen ne vágj: a szikra az elszívóban tüzet okozhat (ellenőrizendő: gépkönyv).



22.7. ábra. Keményfém lapkás körfűrészlap és a fogalakok homloknézete, alkalmazással; a homlokszög előjele oldalnézetben

Az ábra bal oldalán a lap jellemzői láthatók (keményfém lapkák, furat, menesztőcsap furatai, tágulási rések, a lapra írt D, z, $n_{\max}$), jobbra a három fogalak homloknézete: a lapos fog egyenes

éle, a váltott fog felváltva ferde éle, a trapéz–lapos kombináció magasabb trapéz és alacsonyabb lapos foga. Alul a homlokszög előjele: ez nem külön fogalak, hanem a homlokfelület dőlése.

Fogszám. Minél több foga van a lapnak, annál finomabb a vágás, de annál kisebb a foganként előtolás, ezért lassabban lehet adagolni a darabot. Kevés fogú lap nagyobb foghézaggal dolgozik, jól szállítja a fűrészport, ezért hosszanti vágáshoz, hasításhoz való. Sok fogú lap keresztvágáshoz, finom méretre vágáshoz és bevont lapokhoz való, mert ott a vágás minősége fontosabb a nagy forgácstérfogatnál.

- Hasítás, vastag tömörfa: jellemzően kevés fog (például 16–24 fog egy 300 mm-es lapon) – tájékoztató, ellenőrizendő a szerszámgyártói ajánlás szerint.
- Keresztvágás, finom tömörfa: közepes fogszám (pl. 40–60 fog).
- Bevont lap, MDF, laminált forgácslap: sok fogú lap (pl. 60–96 fog) és elővágó tárcsa – tájékoztató érték.

A fogszámot mindig az adott átmérőhöz képest értelmezd: egy 250 mm-es lapon a 60 fog sűrűbb, mint egy 300 mm-es lapon.

Szögek. A forgácsolásban a homlokszöget, hátszöget és ékszöget használjuk. A körfűrészlap fogainál a **homlokszög** a fog homlokfelületének állását adja meg. Pozitív homlokszög agresszívebb vágást ad, könnyebben húzza a darabot, ezért a darabot erősebben kell fogni és jobb visszavágódásvédelem kell. Negatív homlokszög visszafogja a munkadarabot, de nagyobb erőt igényel a toláshoz. A szerszámgyártó az anyag és a gép ismeretében adja meg az ajánlott lapot; a pontos szögértékeket a szerszám adatlapjáról olvasd le.

22.2.5. Beállítás és vágástípusok

A körfűrészgép minden beállítását **csak kikapcsolt, áramtalanított gépnél, álló fűrészlapnál** végezzük, kivéve, ha a gépkönyv kifejezetten lehetővé teszi a beállítást járó gépnél – ez ritka, és a tanuló vonatkozó gépkezelői gyakorlatot igényel.

22.2.5.1. Vágásmagasság

A főfűrész vágásmagasságát a munkadarab vastagságához igazítjuk. A fűrészlapnak annyira kell kiemelkednie az asztalból, hogy a fogkoszorú a munkadarabot teljes vastagságban átvágja, de ne álljon sokkal magasabban. Általában a fogaknak a munkadarab felett 5–15 mm-rel (egy-két fogmagassággal) kell túlérniük – tájékoztató, ellenőrizendő a gépkönyvben. A túl magas lap növeli a visszavágódás és a kézsérülés kockázatát, a túl alacsony lap pedig nem vágja át az anyagot, és túlterheli a motort.

Az elővágó tárcsa magassága általában a munkadarab vastagságának 10–20%-a, de a bevonat alsó rétegét biztonságosan bemetsző méretet a gépkönyv és a szerszámgyártó ajánlása adja meg (ellenőrizendő). A tárcsa oldalirányú helyzete pontos: a főfűrészlap vágásához igazodik, hogy a bemetszés beleessen a fő vágásba.

22.2.5.2. Párhuzamütköző

A párhuzamütközőt a kívánt vágásszélességre állítjuk. A fűrészlaptól mért távolságot skáláról olvassuk le, de a beállítást próbadarabbal ellenőrizzük. Az ütközőt mindig rögzítsük, és ellenőrizzük, hogy párhuzamos-e a fűrészlappal. Ha az ütköző hátul közelebb van a fűrészlaphoz, a darab beszorulhat; ha elöl tér el, a vágás nem lesz egyenes. A pontos párhuzamosságot mérőórával

vagy tolómérővel, a fűrészlap és az ütköző között elöl-hátul mérve ellenőrzik. Ezt a feladatot a gépkönyv szerint, áramtalanítás után végezzük.

Figyelem. Két szabályt tarts be. (1) Hasításnál a párhuzamütköző (rövid vezetőléce) legfeljebb a fűrészlap fogkoszorújának elülső széléig érjen, hogy a levágott rész a lap mögött ne szoruljon be. (2) Darabolásnál (keresztvágásnál) a párhuzamütközőt távolítsd el vagy húzd hátra, és csak a szögütközővel vagy tolóasztallal dolgozz. A pontos beállítást a gépkönyv írja elő (ellenőrizendő).

22.2.5.3. Szögütköző és gérvágás

A szögütközőt a kívánt szögre állítjuk. Merőleges vágásnál 90°, gérnél leggyakrabban 45°. A skála tájékoztató; a pontos szöget szögmérővel vagy próbadarabbal ellenőrizzük. A gérvágáshoz a fűrészlap döntése is lehetséges: ekkor **ferde vágásról** beszélünk. A két fogalmat ne keverjük: ferde vágásnál a fűrészlap ferde. Ék alakú, kúpos alkatrész hasítása csak kúpossablonnal vagy tolóasztalon rögzítve végezhető; szabad kézzel ferdén vezetni tilos (visszavágódás).

22.2.5.4. Vágástípusok

- **Hasítás (hosszanti vágás).** A fa rostjával párhuzamos vágás. Párhuzamütközővel dolgozunk. A cél: a széles deszkából keskeny lécek készítése.
- **Szélezés.** A lapalkatrész vagy deszka egyik élének egyenesre, párhuzamosra vágása. Hasítás jellegű vágás, de finomabb a mérettartás.
- **Darabolás (keresztvágás).** A rostokra merőleges vágás. Tolóasztallal vagy szögütközővel végezzük. MDF, laminált lap és tömörfa méretre vágásánál az elővágó tárcsa és a sokfogú lap ad tiszta élt.
- **Gérvágás.** Tetszőleges, leggyakrabban 45°-os szögben vágás. A munkadarabot szögütközőben rögzítjük, és a szánt toljuk.
- **Falcolás.** Két, egymásra merőleges, nem átmenő vágással készül: az első vágás a lap síkjára merőlegesen a falc mélységéig, a második a falc szélességéig megy; a leeső léc ne essen a lap és az ütköző közé. Nem átmenő vágásnál a hasítóék a fogkoszorú csúcsánál alacsonyabban áll, a védőburkolat a darabra fekszik, és tolófát használsz. Falcot és hornyot inkább alsómarón vagy felsőmarón készíts (lásd az Asztalos marógép (alsómaró) alfejezetet); falcoló/hornyoló szerszám körfűrészgépen csak a gépkönyv engedélyével használható (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085 vonatkozó része).

22.2.6. Visszavágódás és megelőzése

Definíció. Visszavágódás az a veszélyes jelenség, amikor a fűrészlap fogai megfogják a munkadarabot, és a darabot hirtelen, nagy erővel a kezelő felé lökik vagy az asztal fölé emelik. A visszavágódás súlyos kéz-, has- vagy arcsérülést okozhat. Gyakori okai:

- hasítóék nincs a helyén vagy rosszul áll;
- a fűrészlap túl magas, a fogak túlzottan átérnek az anyag fölött;
- a darab beszorul az ütköző és a lap közé;
- a vágás közben a darab elfordul, például mert nem vezetik megfelelően;
- a fűrészlap tompa, szennyezett vagy a fogak gyantásak;
- a kezelő nem tolófával dolgozik, hanem a kezét a vágásvonal közelébe teszi.

Megelőzés: hasítóék felszerelve, védőburkolat a helyén, vágásmagasság kicsi, párhuzamütköző párhuzamos, tolófa/tolókocsi használata, fűrészlap tisztítása és megfelelő fajtája. Különösen keskeny daraboknál, kis keresztmetszetnél a visszavágódás nagyobb valószínűségű, mert a darab könnyen elmerevedik vagy elcsavarodik.

Tilos. Védőburkolat vagy hasítóék nélkül fűrészelni, keskeny darabot kézzel a fűrészlap közelében tolni, a párhuzamütközőt és a szögütközőt egyidejűleg úgy használni, hogy a levágott darab a szögütközőn keresztül a fűrészlap és a párhuzamütköző közé szoruljon, mert az visszavágódáshoz vezet. Keresztvágásnál a párhuzamütközőt távolítsd el vagy húzd hátra, és csak a szögütközővel vagy tolóasztallal dolgozz.

22.2.7. Segédeszközök

- **Tolófa.** Egy egyszerű, kézzel megfogott fa vagy műanyag tolóléc, amellyel a munkadarabot a vágásvonalon biztonságos távolságból toljuk. A keskeny daraboknál a tolófa a kéz helyett a vágás közelében fejti ki az erőt.
- **Nyomófésű.** Olyan fésűszerűen kialakított, rugalmas vagy rugós támasz, amely a párhuzamütközőnél leszorítja a munkadarabot, és megakadályozza, hogy a darab elcsússzon vagy hátrafordúljon. Kis anyagoknál javítja a vágás minőségét és a biztonságot.
- **Tolókocsi (tolószán).** Nagyobb, görgős asztal, amelyre a darabot felerősítjük, és a kocsit toljuk a fűrészbe. A tolóasztal a darabolás és szélezés fő eszköze a formatizáló gépeken.
- **Excenteres szorító.** A szögütközőn vagy tolóasztalon rögzíti a munkadarabot, hogy vágás közben ne mozduljon el.

22.2.8. Számítások

A körfűrészlap kiválasztásához és a vágás üteméhez a A forgácsolás alapjai: szerszámél, szögek, mozgások és forgácsképződés és Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás alfejezetekben tanult képleteket használjuk. A képletek:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000},$$

$$e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z},$$

ahol v a forgácsolási sebesség (m/s), D a fűrészlap átmérője (mm), n a fordulatszám (1/min), v_e az előtoló sebesség (m/min), z a fogszám, e_z a fogankénti előtolás (mm).

1. példa – forgácsolási sebesség.

Egy formatizáló körfűrészgép főfűrésze $D = 300\,\text{mm}$ átmérőjű. A gép névleges fordulatszáma $n = 4200\,\text{min}^{-1}$. Mekkora a forgácsolási sebesség?

- Keresett: v
- Képlet: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$
- Behelyettesítés: $v = \frac{300 \cdot \pi \cdot 4200}{60\,000}$
- Számolás: $v = \frac{300 \cdot 3{,}1416 \cdot 4200}{60\,000} \approx 65{,}97\,\text{m/s}$
- Kerekítve: $v \approx 66\,\text{m/s}$

Ellenőrzés: A faipari körfűrészlapok tipikus forgácsolási sebessége tömörfa és lapanyag vágásakor jellemzően 50–90 m/s tartományban van (tájékoztató, ellenőrizendő a szerszámgyártói adatlap). A 66 m/s ebben a tartományban van.

2. példa – fogankénti előtolás.

Ugyanaz a gép $n = 4200\,\mathrm{min}^{-1}$ fordulattal üzemel. A kezelő $v_e = 6\,\mathrm{m/min}$ előtolással tolja a munkadarabot. A fűrészlap fogszáma $z = 48$. Mekkora a fogankénti előtolás?

- Keresett: e_z
- Képlet: $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$
- Behelyettesítés: $e_z = \frac{6 \cdot 1000}{4200 \cdot 48}$
- Számolás: $e_z = \frac{6000}{201\,600} \approx 0{,}0298\,\mathrm{mm}$
- Kerekítve: $e_z \approx 0{,}03\,\mathrm{mm}$

Ez nagyon kis fogankénti előtolás. A finom vágáshoz bevont lapon ez elfogadható lehet, de tömörfa hasításnál túl kicsi, mert a fogak súrlódnak, felmelegszenek, és a felület éghet. A gyakorlatban hasításhoz inkább nagyobb előtolást vagy kevesebb fogú lapot választunk. A szerszámgyártó a fogankénti előtolás ajánlott tartományát adja meg az anyag és a fogalak függvényében.

3. példa – megengedett fordulatszám ellenőrzése.

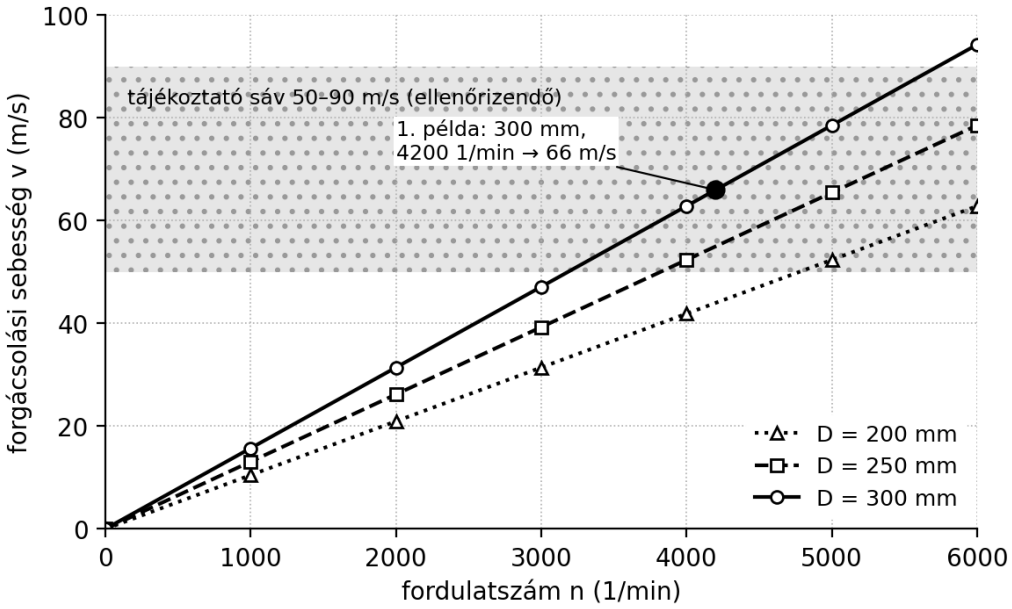
Egy $D = 250\,\mathrm{mm}$ átmérőjű körfűrészlapra a gyártó $n_{\max} = 6000\,\mathrm{min}^{-1}$ értéket ad meg. A gép névleges fordulatszáma $n = 5500\,\mathrm{min}^{-1}$. Szabad-e használni a lapot? Mennyi a legnagyobb forgácsolási sebesség?

- Ellenőrzés: $n = 5500 \le 6000$, tehát a használat megengedett.
- Keresett: $v_{\max}$
- $v_{\max} = \frac{250 \cdot \pi \cdot 6000}{60\,000} \approx 78{,}54\,\mathrm{m/s}$
- A gép fordulatán: $v_{\text{gép}} = \frac{250 \cdot \pi \cdot 5500}{60\,000} \approx 71{,}99 \approx 72\,\mathrm{m/s}$

Ez is a tájékoztató 50–90 m/s tartományban van.

22.2.9. Interaktív kalkulátor

Az alábbi ábra interaktív változata **forgácsolásisebesség- és fogankéntielőtolás-kalkulátor**: a fűrészlap átmérőjét (D), a gép fordulatszámát (n), a fogszámot (z), az előtoló sebességet (v_e) és a lapra írt megengedett fordulatszámot ($n_{\max}$) lehet beállítani. A kalkulátor kiszámolja a forgácsolási sebességet és a fogankénti előtolást, jelzi, ha v a tájékoztató 50–90 m/s sávon kívül esik, ha e_z nagyon kicsi, és tiltó figyelmeztetést ad, ha $n > n_{\max}$. A fenti három példa eredményét (65,97 m/s; 0,0298 mm; 71,99 m/s) ugyanígy adja. A nyomtatott ábra a $v(n)$ összefüggést három lapátmérőre mutatja: a forgácsolási sebesség a fordulatszámmal egyenes arányban, nagyobb átmérőnél meredekebben nő.



22.8. ábra. Körfűrészlap forgácsolási sebessége a fordulatszám függvényében D = 200, 250 és 300 mm-nél, a tájékoztató 50–90 m/s sávval

22.2.10. Technológiai lap

Technológiai lap. Laminált forgácslapból készülő polclap szabása formatizáló körfűrészgépen, párhuzamütközővel.

Termék/alkatrész: Polclap, kész méret $600 \times 300 \times 18\,\text{mm}$, laminált forgácslapból. **Anyag:** 18 mm vastag, kétoldalt fehér laminált forgácslap. **Gépek, szerszámok:** formatizáló körfűrészgép tolóasztallal, 300 mm-es, 72 fogú trapéz-lapos fűrészlap, elővágó tárcsa, párhuzamütköző, tolófa, tolómérő, derékszög, védőkesztyű a lapmozgatáshoz (nem vágáskor), védőszemüveg, fülvédő, elszívás.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A védőburkolat, a hasítóék és az elszívás legyen a helyén és működjön. Viselj védőszemüveget és fülvédőt. A fűrészlap közelében ne viselj kesztyűt; a kesztyűt a lapmozgatáshoz vedd le, mielőtt a vágást megkezded. A fűrészlap forgása közben soha ne nyúlj a vágásvonalba.

Indítás előtti ellenőrzés:

1. A gép áramtalanítva van-e? Ellenőrizd a főkapcsolót.
2. A fűrészlap sértetlen, nincs benne repedés, hiányzó fog, gyanta? (Szemrevételezés, kézzel ne érintsd.)
3. Az elővágó tárcsa a főfűrész előtt, a megfelelő magasságban van-e?
4. A hasítóék a fűrészlap mögött, a vágásrésben, a laphoz képest 2–5 mm-re van? (gépkönyv szerint)
5. A védőburkolat a helyére billen, nem akad-e? Az elszívócső csatlakozik-e?
6. A párhuzamütköző párhuzamos-e a fűrészlappal? (próbadarabbal ellenőrizd)
7. A munkadarabon nincs-e csavar, szeg, fém idegen anyag?
8. A munkaterület üres-e a vágásvonal mögött, a vészleállító elérhető-e?

Számozott lépések:

1. **Vágáslistát készíts.** Írd fel a kész méretet, a vágásszélességet és a darabszámot. – ellenőrzés: a méret és a darabszám megegyezik a szabásjegyzékkel.
2. **Állítsd a fűrészlapot.** Kikapcsolt gépnél emeld a főfűrészt 18 mm anyaghoz úgy, hogy a fogak kb. 10 mm-rel túlérjenek. – ellenőrzés: próbadarabon a vágás teljes vastagságban tiszta.
3. **Állítsd az elővágó tárcsát.** Magassága a gépkönyv szerint bemetszi a bevonat alsó rétegét. – ellenőrzés: próbavágásnál az alsó él éles, kiszakadásmentes.
4. **Állítsd a párhuzamütközőt 300 mm-re.** – ellenőrzés: egyszer tolómérővel vagy próbadarabbal mérj, ne a skálára támaszkodj.
5. **Kapcsold be az elszívást**, majd indítsd a gépet, várj a névleges fordulat eléréséig. – ellenőrzés: nincs szokatlan rezgés, kopogás.
6. **Helyezd a lapot az asztalra**, a bevonat felső oldalával felfelé; az alsó bemétszést az elővágó végzi. – ellenőrzés: a párhuzamütközőhöz az egyenes élt nyomd.
7. **Told a lapot a fűrészbe**, párhuzamütközőhöz szorítva. – ellenőrzés: a vágás vonal nem vándorol el az ütközőtől.
8. **A vágás végén a keskeny részt tolófával told tovább.** – ellenőrzés: a kéz soha nincs a fűrészlap 150 mm-es körzetében.
9. **Darabold 600 mm-re** a tolóasztalon, hosszütközővel (a nyers lapot előbb 300 mm széles sávokra hasítottad). – ellenőrzés: hossz ±0,5 mm (tájékoztató), átló-egyenlőség.
10. **Vedd ki a kész polclapokat**, halmozd fel alkatrészcsoportonként. – ellenőrzés: a kész darab szélessége, derékszöge, bevonata hibátlan.
11. **Kapcsold ki a gépet, várd meg a lap állását**, majd áramtalanítsd takarítás előtt. – ellenőrzés: a vágásvonal és a gépasztal tiszta, a hulladék az erre kijelölt tárolóba kerül.

22.2.11. Minőségellenőrzés

A kész alkatrészeket mindig a következő szempontok szerint ellenőrizd:

- **Méret:** hossz, szélesség mm-ben, tolómérővel vagy acélvonalzóval. Tájékoztató tűrés: ±0,5 mm asztalos alkatrészeknél (ellenőrizendő: az alkatrész funkciójától és a következő művelettől függ).
- **Derékszög:** a vágott él és az oldallap derékszögben, derékszöggel vagy lapmérővel ellenőrizve; a rés legfeljebb 0,1–0,3 mm a hosszabb él mentén (tájékoztató).
- **Bevonat éle:** az alsó és felső él nem szakad ki, nincs benne 1 mm-nél hosszabb kikönnyített bevonat (tájékoztató). Ha kiszakadás van, az elővágó vagy a fűrészlap állapotát, beállítását ellenőrizd.
- **Égésnyom:** a vágott felületen ne legyenek sötét, égett csíkok. Ha vannak, a fogankénti előtolás túl kicsi vagy a fűrészlap tompa, esetleg rossz a fűrészlap típusa.

Ha eltérést találsz, először a beállítást és a szerszámot ellenőrizd, ne a kezed mozgását hibáztasd. A hibás alkatrészt ne vidd tovább a gyártásba: javítsd vagy selejtezd le.

22.2.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A laminált forgácslap alsó éle kiszakad, a vágás „szőrös”.
   Ok: Nincs elővágó tárcsa, az elővágó tompa vagy rossz magasságban áll, esetleg tompa a főfűrészlap.
   Helyes gyakorlat: Használj éles, megfelelő elővágó tárcsát; állítsd a magasságot a gépkönyv szerint; bevont laphoz használj finom fogú vagy trapéz-lapos fogú főfűrészlapot.

2. **Hiba:** A vágott él égésnyomos, a fűrész húzza, a lap meleg.
   Ok: Túl kicsi a fogankénti előtolás, a fűrészlap tompa, vagy rossz fogazatú, túl magas a vágásmagasság.
   Helyes gyakorlat: Növeld az előtolást, ellenőrizd a fogakat, válassz anyaghoz illő fűrészlapot, és vágásmagasságot csökkents.

3. **Hiba:** A darab mérete néhol eltér a vágásvonal mentén.
   Ok: A párhuzamütköző nem párhuzamos a fűrészlappal, vagy a darab nincs végig az ütközőhöz szorítva.
   Helyes gyakorlat: Ellenőrizd a párhuzamütköző párhuzamosságát, használj nyomófésűt, és ne erőltesd a darabot.

4. **Hiba:** A keskeny darab beremeg és lerepül az asztalról, majdnem visszavágódik.
   Ok: Keskeny munkadarabot kézzel, a vágásvonal közelében toltak, a hasítóék hiányzott vagy a fűrészlap túl magas.
   Helyes gyakorlat: Keskeny darabhoz tolófát, nyomófésűt és megfelelően alacsony vágásmagasságot használj; a hasítóék mindig a helyén legyen.

22.2.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben laminált bútorlapokat vágtak méretre egy régi, elővágó nélküli körfűrészgépen. A polcok alsó éle folyamatosan kiszakadt, ezért a tulajdonos minden vágás után kézi élmaróval igazgatta a darabokat – ez rengeteg idő volt. A tanuló megmutatta, hogy a fűrészlap tompa volt, és a lapot magasra állították. Új, 72 fogú trapéz-lapos fűrészlapot vásároltak, a lapot alacsonyabbra állították, és a gépet felszerelték elővágó tárcsával. A kiszakadás megszűnt, a darabok azonnal méretre voltak vághatók. A tanuló tanulsága: a jó vágás nem a kézi erőn, hanem a fűrészlap fajtáján, a beállításán és az elővágón múlik.

22.2.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: A hasítóék eltávolítható, ha a vágás nagyon rövid, mert úgyis csak a hosszú vágásoknál kell. Indokold!
2. Számítsd ki a forgácsolási sebességet, ha $D = 250\,\text{mm}$, $n = 5000\,\text{min}^{-1}$.
3. Mi a különbség a párhuzamütköző és a szögütköző feladata között?
4. Melyik fogalakot ajánljuk laminált forgácslap vágásához, és miért?
5. Miért tilos a párhuzamütközőt és a szögütközőt egyszerre használni keresztvágásnál?

22.2.15. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel az asztalos körfűrészgép öt fontos alkatrészét, és röviden írd le, mire való.

2. feladat (A)
Határozd meg a fogankénti előtolást, ha a fűrészlap fordulatszáma $n = 4500\,\text{min}^{-1}$, fogszáma $z = 60$, és a kezelő $v_e = 5\,\text{m/min}$ előtolással dolgozik. Értékeld, milyen jellegű vágásra alkalmasabb ez a beállítás.

3. feladat (B)
Egy 250 mm átmérőjű, 54 fogú körfűrészlapot használsz. A szerszámgyártó a megengedett legnagyobb forgácsolási sebességet 90 m/s-ban adja meg. Mekkora a legnagyobb megengedett fordulatszám? A gép névleges fordulatszáma $n = 5500\,\text{min}^{-1}$. Használhatod-e ezt a lapot?

4. feladat (B)
Készíts rövid ellenőrzőlistát az indítás előtti beállításra a következő művelethez: 18 mm vastag tölgyfa deszka hosszanti szélezése párhuzamütközővel. Sorold fel a biztonsági berendezéseket is.

5. feladat (C)
Egy bevont MDF lap szabásánál a vágott él felső oldala tiszta, az alsó oldala kiszakad. Milyen lehetséges okokra gondolsz? Milyen sorrendben ellenőrzöd a hibát, és mi a javítás?

6. feladat (D)
Egy polclap kész mérete $800 \times 250 \times 18\,\text{mm}$, laminált forgácslapból. Írd le a szabás műveletsorát a formatizáló körfűrészgépen, a beállítandó vágásmagassággal, a párhuzamütköző és az elővágó beállításával, a használt segédeszközökkel és az ellenőrzési pontokkal.

22.2.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A hasítóék a visszavágódás elleni alapvető védőberendezés, ezért hossztól függetlenül mindig a helyén kell lennie.
2. $v = \frac{250 \cdot \pi \cdot 5000}{60\,000} = 65{,}45 \approx 65\,\text{m/s}$.
3. A párhuzamütköző a fűrészlappal párhuzamos hosszanti vágáshoz (hasítás, szélezés) ad vezetést; a szögütköző a fűrészlapra merőleges vagy ferde keresztvágáshoz (darabolás, gérvágás).
4. Trapéz-lapos kombinált fogalat, mert a trapéz fog bemetszi az élt, a lapos fog letisztítja, így kevésbé szakad ki a bevonat.
5. Mert a levágott darab beszorulhat a fűrészlap és a párhuzamütköző közé, ami visszavágódást okozhat.

1. feladat (A)
A gép fő elemei: gépasztal (a munkadarab támasztófelülete), főfűrész (a teljes vágást végző lap), elővágó tárcsa (az alsó bevonatot bemetszi, hogy ne szakadjon ki), párhuzamütköző (hosszanti vágáshoz vezet), szögütköző/gérvágó szán (kereszt- és gérvágáshoz), védőburkolat (eltakarja a fűrészlapot), hasítóék (a vágást nyitva tartja, visszavágódás ellen), tolóasztal (nagy darabok tolásához).

2. feladat (A)
Képlet: $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$.
Behelyettesítés: $e_z = \frac{5 \cdot 1000}{4500 \cdot 60} = \frac{5000}{270\,000} = 0{,}0185 \approx 0{,}019\,\text{mm}$.
Ez nagyon kicsi fogankénti előtolás, finom vágáshoz, például bevont lap vagy keresztvágás esetén alkalmasabb, mert a kis fogankénti előtolás simább felületet ad, de túl kicsi lehet tömörfa durva hasításához.

3. feladat (B)
A legnagyobb megengedett fordulatszám a $v_{\max} = 90\,\text{m/s}$-ból:

$$n_{\max} = \frac{v_{\max} \cdot 60\,000}{D \cdot \pi} = \frac{90 \cdot 60\,000}{250 \cdot \pi} \approx 6875\,\text{min}^{-1}.$$

A gép $n = 5500 \leq 6875$, tehát a lap használható.
Ellenőrzés: a gép tényleges vágási sebessége $v = \frac{250 \cdot \pi \cdot 5500}{60\,000} \approx 71{,}99 \approx 72\,\text{m/s}$, ami a megengedett alatt van.

4. feladat (B)
A tölgyfa szélezés indítás előtti ellenőrzőlistája:

- Fűrészlap sértetlen, tiszta, nem tompa, a fogak nem gyantásak.
- Vágásmagasság a deszka vastagságához igazítva, a fogak 5–15 mm-rel túlérnek.
- Hasítóék a helyén, a fűrészlap mögött.
- Védőburkolat leengedve, elszívó csatlakoztatva.
- Párhuzamütköző párhuzamos a fűrészlappal, próbadarabbal ellenőrizve.
- A munkadarabon nincs szeg, kő, fém idegen anyag.
- A deszka egyik éle egyenes, vagy előbb egyengető gyaluval egyenesítve van.
- Szükséges egyéni védőeszközök: védőszemüveg, fülvédő, a poros tölgyfa miatt elszívás és szükség esetén FFP-szintű légzésvédelem (ellenőrizendő: aktuális porvédelem).

5. feladat (C)
Lehetséges okok: az elővágó tárcsa nincs beállítva, az elővágó tárcsa tompa, a főfűrészlap tompa, nem megfelelő a fogalak (pl. váltott fogú lap bevont anyaghoz), a vágásmagasság túl nagy, a munkadarab nem fekszik síkban az asztalon.
Az ellenőrzés sorrendje:

1. Vizsgáld meg a vágott él alsó oldalát; ha a kiszakadás csak alsó, a felső tiszta, akkor az elővágóval van gond.
2. Ellenőrizd az elővágó tárcsa magasságát és oldalhelyzetét a gépkönyv szerint.
3. Nézd meg az elővágó és a főfűrész fogait; tompaság esetén éleztesd vagy cseréld.
4. Próbálj egy másik, bevont laphoz ajánlott fűrészlapot.
5. Csökkentsd a vágásmagasságot és próbáld újra.

A javítás után új próbadarabbal ellenőrizd, hogy a kiszakadás megszűnt.

6. feladat (D)
A $800 \times 250 \times 18\,\text{mm}$ laminált polclap szabásának műveletsora:

1. Készíts vágáslistát: 1 db $800 \times 250\,\text{mm}$.
2. Válassz fűrészlapot: 72 fogú trapéz-lapos főfűrészlap + elővágó tárcsa.
3. Áramtalanítás után állítsd a főfűrészt 18 mm vastagsághoz úgy, hogy a fogak kb. 10 mm-rel túlérjenek; az elővágó magasságát a gépkönyv szerint.
4. Állítsd a párhuzamütközőt 250 mm-re, ellenőrizd a párhuzamosságot.
5. Helyezd a lapot a tolóasztalra vagy a párhuzamütközőhöz, a bevonat felső oldalával felfelé.
6. Kapcsold be az elszívást, indítsd a gépet, várj a fordulatra.
7. Végezd el a hosszanti vágást; a keskeny részt tolófával told.
8. Vágd méretre a 800 mm hosszt a szögütközővel/tolóasztallal.
9. Ellenőrizd a kész darab szélességét, hosszát és derékszögét.
10. Kapcsold ki a gépet, áramtalaníts, takaríts.

22.2.17. Rövid összefoglaló

Az asztalos körfűrészgép, más néven formatizáló körfűrészgép, a faipari műhely alapvető méretre szabó gépe. Fő részei a gépasztal, a főfűrész, az elővágó tárcsa, a párhuzam- és szögütköző, a védőburkolat, a hasítóék és a tolóasztal. Az elővágó tárcsa bevont lapanyagoknál az alsó élet bemetszi, így megakadályozza a kiszakadást. A körfűrészlapokat átmérő, fogszám, fogalak, homlokszög és megengedett legnagyobb fordulatszám jellemzi; bevont lapokhoz finom fogú, trapéz-lapos fogú lapot, tömörfa hasításhoz kevés fogú, nagyobb foghézagú lapot választunk. A forgácsolási sebesség $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$, a fogankénti előtolás $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$. A biztonságos munkához a hasítóék és a védőburkolat mindig a helyén legyen, a vágásmagasságot kicsire kell állítani, keskeny

darabot tolófával, a darabot szögütközővel tolva kell vezetni. A párhuzamütköző és a szögütköző egyidejű használata keresztvágásnál tilos, mert visszavágódást okozhat. **Továbbvitt eredmény.** A körfűrész beállítása, a fűrészlap kiválasztása és a hasítóék-visszavágódás elleni védelem minden további gépi szabásnál, például a Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák és a Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek alfejezetekben alapfeltétel.

22.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN ISO 19085 sorozat: faipari gépek biztonsága, körfűrészgépek követelményei (ellenőrizendő: pontos szabványszámok, hatály).
- Munkaeszközökre vonatkozó hazai jogszabályok, gépkönyv és géptörzskönyv (ellenőrizendő: hatályos jogszabályi hivatkozás).
- Szerszámgyártói adatlapok: fűrészlapok megengedett legnagyobb fordulatszáma, ajánlott fogszám, fogalak, homlokszög (ellenőrizendő konkrét lapnál).
- A megadott technológiai paraméterek (vágásmagasság, hasítóék-távolság, elővágó magasság, fogankénti előtolás) tájékoztató jellegűek, nem tervezési vagy kivitelezési előírások (ellenőrizendő: aktuális gépkönyv és gyártói adat).

22.3. Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák

22.3.1. Motiváció

Egy megrendelő három darab, 16 mm vastag fehér forgácslapból konyhaszekrény-elemeket kér. A Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal alfejezetben elkészítettük a szabástérképet: pontosan megvan, melyik sávból, milyen sorrendben, mekkora darabok készülnek. A műhelybe megérkeznek a 2 800 × 2 070 mm-es lapok (a pontos táblaméret gyártótól és lapfajtától függ, jelölve: gyártói adatlap – ellenőrizendő). A gép mellett azonban minden elől: ha a lapot elgörbítve tolod, ha a fűrészlap tompa, vagy ha rossz sorrendben vágod a sávokat, a kész elemek nem lesznek derékszögűek, az élük kitörik, a szabásjegyzék méreteit nem tartják. Ebben az alfejezetben a **lapszabászgépek** működését és a fűrészelési hibák okait tanulod meg.

22.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy nagy, kb. 2 100 × 2 800 mm-es forgácslaptáblát, amelyet egy vízszintes táblafelosztó görgősorán fektettek. A gép felső részén egy hosszú **nyomógerenda** fut, előtte és mögötte pedig a vágóegység. A kiosztás szerint a táblát először hosszirányban kell sávokra fűrészelni, azután a sávokat keresztben darabolni. A gép vagy a fűrészegység mozog, az anyag pedig rögzített helyzetben marad, ezért a nagy tábla nem „üt” vissza könnyen. A bevont lap felső élén az ún. **elővágó** kisméretű fűrészlap forgácsol először ellenkező irányban, utána a főlap tiszta vágást készít. A rossz sorrend és a tompa szerszám ugyanott látszik: kitört él, égett vágásfelület, ferdén csíkozott él.

22.3.3. A lapszabászgép fogalma és típusai

Definíció. A **lapszabászgép** (műhelyi szóval táblafelosztó, lapszabász) nagyméretű, lapanyagok – leginkább forgácslap, MDF, rétegelt lemez, bútorlap – méretre vágására szolgáló, körfűrészes gép.

Két fő típusa van az asztalos műhelyekben:

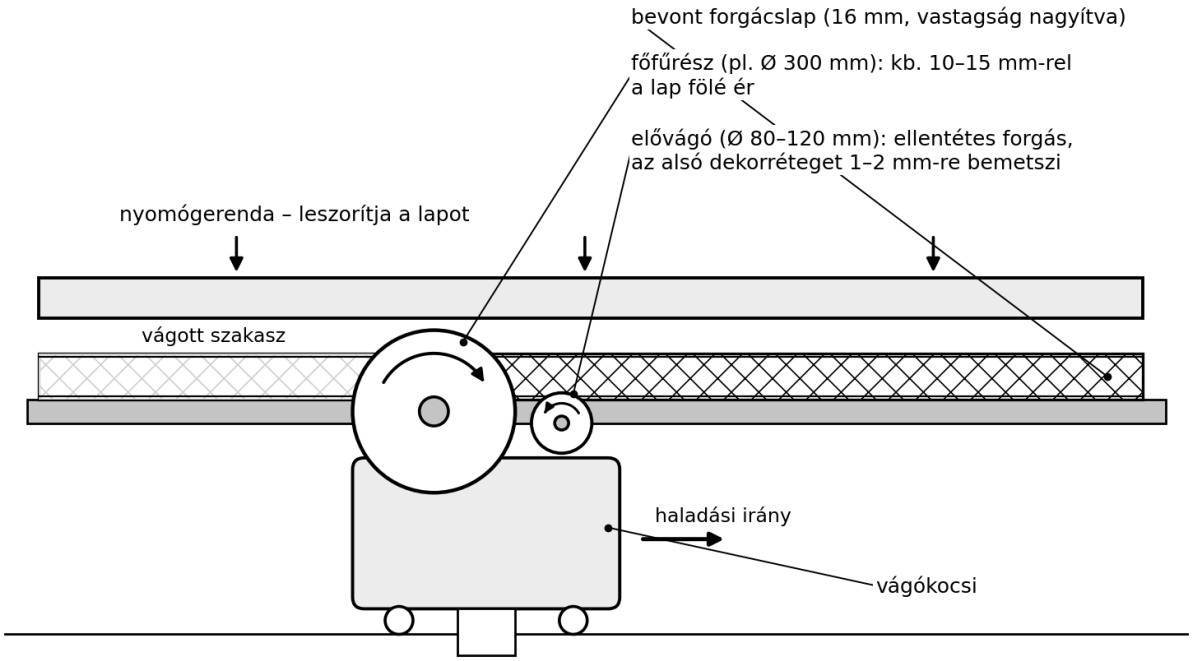
- **Függőleges lapszabászgép:** a tábla állítva, enyhén hátradöntve helyezkedik el egy kereten. A géptest vízszintesen mozog, a fűrészegység függőlegesen. A gép kis helyen elfér, ezért kis és közepes műhelyek gyakran választják. Pontossága megfelelő, ha a kezelő a szabástérképet fegyelmezetten követi.
- **Vízszintes táblafelosztó:** a tábla fekvő, asztalszerű felületre, görgősorra vagy emelhető légpárnás asztalra kerül. Két elrendezés terjedt el:
  - **nyomógerendás táblafelosztó:** a fűrészegység fut egy sínpályán a lap alatt vagy fölött, a **nyomógerenda** pedig a vágás közelében leszorítja a lapot;
  - **programvezérelt táblafelosztó:** a vágási méreteket, sorrendeket, fűrészlap-emelést és szorítást vezérlő számítógép vagy grafikus kezelőfelület szabályozza, a tábla mozgatását szervomotorokkal, görgősorokkal, léglégpárnával végzik.

Ugyanezt a feladatot alacsonyabb teljesítményű, de nagyon elterjedt módon az **asztalos körfűrészgép (formatizáló)** is elvégzi, gyakran csúszótalpas kivitelben, de nagy táblánál a táblafelosztó az erősebb, biztonságosabb és pontosabb megoldás, mert a tábla fekszik, a gép merev, és a vágási sorrend gépesíthető.

22.3.4. A lapszabászgép felépítése

A gép fő részei:

- **Géptest vagy géppálya:** hordozza a vágóegységet, merevsége a pontosság alapja.
- **Fűrészegység (vágókocsi):** benne a fő fűrészlap, az **elővágó (ritzelő) körfűrészlap**, a fűrészlap-emelő és -döntő szerkezet, a sebesség- és fogásvezérlés.
- **Támasztó- és pozicionáló elemek:** görgősor, lécpárnás vagy légpárnás asztal, kézi vagy motoros **ütközővonók**, szorítóhengerek.
- **Nyomógerenda:** a lapot a vágás közelében szorítja le, hogy ne emelkedjen el, és a vágás ne húzza el. Különösen fontos, ha több vágás egyidejűleg vagy rövid ciklusban történik.
- **Vezérlés:** kézi, digitális méretbeállításos, optimizeres vagy teljesen CNC-s. A **szabástérkép-adatot** itt vágási sorozattá alakítják. A teljes gépi programozás bonyolult, de az asztalosnak legalább a sablonokat, sorozatokat kell tudnia ellenőrizni.
- **Elszívás:** a fűrészház és az alsó porzsák csonkjai csatlakoznak a por- és forgácselszívó hálózathoz.



22.9. ábra. Vízszintes táblafelosztó elvi metszete a vágásvonalban: nyomógerenda, a lap alatt haladó vágókocsi a főfűrésszel és az elővágóval

A metszet a vágásvonalban mutatja a gépet: a lapot felülről a nyomógerenda szorítja le, alatta balról jobbra halad a vágókocsi. A főfűrész a lap fölé ér, fogai a lap felső oldalán belépnek, az alsón kilépnek; előtte a kisebb elővágó ellentétes irányban forog, és az alsó dekorréteget sekélyen bemetszi. Az interaktív változat lépésenként mutatja a kocsi útját, és azt is, hogyan törik ki az alsó él, ha az elővágó ki van kapcsolva.

22.3.5. Elővágás és kitörésmentes vágás bevont lapon

A laminált forgácslap teteje és alja kemény, rideg dekorréteg. A lapszabászgép főfűrészének fogai a lap felső oldalán belépnek, az alsón kilépnek. Ha nincs elővágó, a főfűrész fogai az alsó dekorrétegen kilépve **kitörést** okoznak: apró, fűrészfogszerű, fehéres kagylók keletkeznek a vágott él mentén. A felső élen kitörés főleg tompa lapnál, rossz vágásmagasságnál vagy rezgő táblánál jelenik meg.

Szabály. Bevont lapot csak **elővágóval** (ritzelő fűrészlappal) szabad méretre vágni, ha minőségi élre van szükség. Az elővágó kis, kb. 80–120 mm átmérőjű fűrészlap, amely a fő fűrészlappal azonos vágásvonalban, de ellenkező irányban forgácsol, és a lap alsó (a főfűrész fogainak kilépési) oldalán a dekorréteget 1–2 mm mélyen bemetszi (ellenőrizendő: gépkönyv). A pontos fogásosztás, irány és egymáshoz igazítás a gépkönyvtől függ, ezért a gyártói adatot jelölni kell ellenőrzésre. Az elővágó beállításakor a vágásnyoma pontosan a fő fűrészlap vonalára essen, és az elővágó ne vágjon mélyebben a dekorrétegnél; ha túl mély, széles, látható hornyot hagy.

Az eredmény: a főfűrész fogai az alsó oldalon már előre bemetszett élen lépnek ki, nincs törésre feszített dekorréteg, ezért a vágott dekorél sima, éles, közvetlenül **élzárásra** alkalmas. Az elővágó használatának most tanított módja a lapalkatrész-gyártás – Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt – alapja.

22.3.6. Vágási sorrend

A szabástérkép a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal alfejezet szerint sávokat és darabokat jelöl. A gépi munka ezt a sorrendet viszi át:

1. **Lap beérkezése és ellenőrzése:** azonosító, vastagság, bevonat, lemezhiba, vetemedés, élvédelem. A tényleges táblaméretet méréssel ellenőrizd, ne a számlán szereplő névleges mérettel számolj.
2. **Gépkiinduló beállítás:** fő fűrészlap, elővágó, magasság, dőlésszög 0°, a derékszög a szögmérővel a fűrészlap és az asztal/vágásvonal között. Szálirány, bázisél, maradékcsík megállapítása a szabástérképből.
3. **Első vágás:** általában hosszirányú sávvágás, a legnagyobb, teljes hosszú egyenes vonalon. A tábla bázisélét támaszd az ütközőhöz, ne a vágott élhez, ha az még nem kalibrált.
4. **Sávok szétválasztása, bázisél frissítése:** ha a tábla sok sávot ad, a sávokat egymás után, azonos támasztó oldalról vágd. A frissen vágott élt csak akkor használd ütközésre, ha a derékszögű és méretpontos.
5. **Keresztvágás:** a sávokat a megjelölt hosszokra darabold. A keresztvágásnál a sáv elülső végét ütközővel vagy kocsival fogd; ne a szabad kéz, hanem tolófa/tolókocsi irányítsa.
6. **Kész darab jele:** a szabásjegyzék szerinti jel (pl. F1-2, h × sz) ceruzával a homlokélre, látható felületre, de lehetőleg olyan helyre, ahol a felületkezelés, élzárás után nem látszik.

Miért így: a nagy táblából előbb a hosszú sávokat vágjuk, mert így a maradék nagyobb, és a gépi mozgás, az ütközések száma kevesebb; a különböző méretű alkatrészek így stabilabban vágnak ki.

22.3.7. Üzemeltetés és biztonság

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A lapszabászgép nagy tárgyon, nagy fűrészlapon, nagy erővel dolgozik, ezért a helyes testhelyzet, kézpozíció és a szorítás kulcskérdés. A gép saját védőburkolatait, a vágókocsit védő fedelet, az elővágó burkolatát soha ne távolítsd el. A gép kezelése közben használj hallásvédőt, porálarcot (legalább FFP osztály, a határérték a vonatkozó rendelet szerint – ellenőrizendő), zárt munkaruhát, biztonsági védőszemüveget; kesztyűt a forgó fűrészlapnál ne, mert a fűrész elkaphatja és behúzhatja. A laza ujjú ruházat, nyaklánc, kézben lévő gyűrű, kibontott hosszú haj tiltott a forgó szerszám közelében.

A gép indítás előtti ellenőrzése mindig ugyanaz a „indítás előtt ellenőrzőlista”:

1. A fűrészlapok repedés-, gyanta- és sérülésmentesek, a fogak épek, a lap rögzítése és az elővágó beállítása a gépkönyv szerinti.
2. A fordulatszám és a fűrészlap-átmérő jelölése ellenőrizve: a szerszám megengedett fordulatszámát a gép nem lépi túl.
3. A védőburkolatok, elszívócsatlakozók, vészleállítók, ütközők és a nyomógerenda működnek.
4. A munkaterület tiszta, a munkadarab nem tartalmaz szeges, idegen anyagos, erősen vetemedett részt.
5. Az elszívó bekapcsolt, a légsebesség érzékelhető.

A tábla behelyezésekor és elvételekor a fő fűrészlap álljon le, és várj a szerszám megállásáig; szerszámcsere, beállítás, duguláselhárítás és takarítás előtt áramtalaníts, és rögzítsd a vágóegységet biztonságos helyzetben. Tilos a gépi vágás vonalába nyúlni, a tábla alá benyúlni, a lapot térddel, combbal egyensúlyozni, valamint a nyomógerendát kézzel helyettesíteni. Ha a tábla túl nehéz, anyagmozgató emelővel, daruval vagy társas emeléssel mozgasd, a helyes emeléstechnikát a

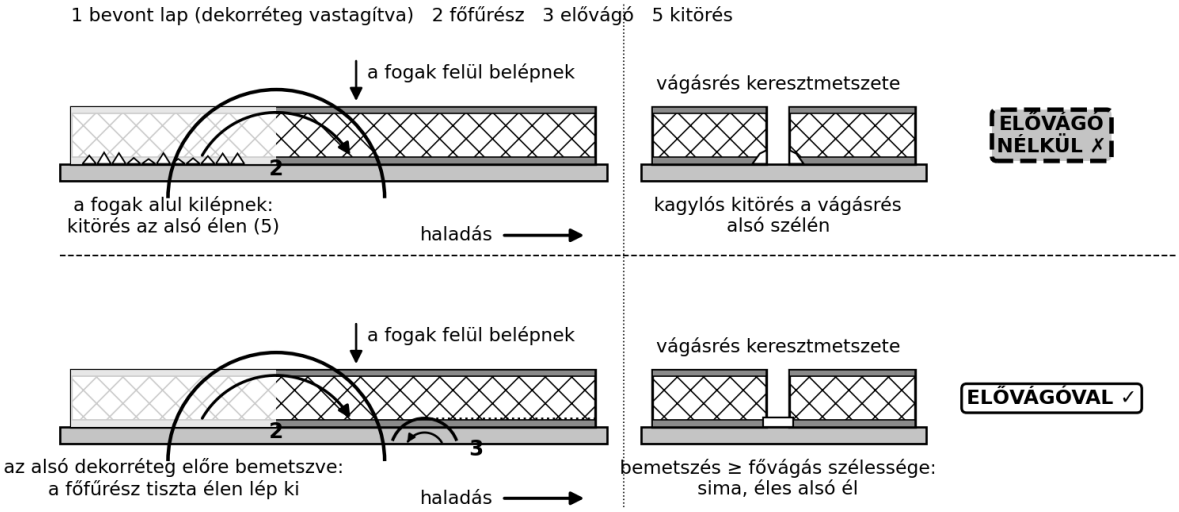
Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend és a Anyagmozgatás, rakatolás és raktározás alfejezetek tanítják.

22.3.8. Fűrészelési hibák: ok és megelőzés

Hibaelemzés. A fűrészelési hibákat tünet–ok–vizsgálat–javítás sorban elemezzük.

22.3.8.1. 1. Kitörés a bevont lap élén

- **Tünet:** a dekorréteg foga kagylósan kitörik, a vágott él „kivágott”.
- **Lehetséges okok:** hiányzó vagy rosszul beállított elővágó; tompa fő fűrészlap; fogankénti előtolás túl nagy; a lap nem fekszik teljes felülettel a gépen, ezért a vágás végén leesik az anyag; a dekorréteg rideg, a szerszám fogszáma nem illik hozzá.
- **Vizsgálat:** nézd meg az elővágót; állítsd a fő fűrészlap vonalát; próbadarabon vágj; mérd a fogkopást; ellenőrizd a tábla támaszát a vágás végén.
- **Megoldás:** az elővágót állítsd be pontosan, a fő fűrészlapot cseréld/élezd, csökkentsd az előtolást, használd a gép támasztó görgőit. A szebbik (látszó) oldal kerüljön felül; az elővágó az alsó oldalt védi (ellenőrizendő: gépkönyv).



22.10. ábra. Kitörés bevont lapon elővágó nélkül és elővágóval, oldalmetszetben és a vágásrés keresztmetszetében

Az ábra felső sora elővágó nélkül mutatja a vágást: a főfűrész fogai a lap alsó oldalán lépnek ki, és ott tépik ki a dekorréteget. Az alsó sorban az elővágó a főfűrész előtt az alsó dekorréteget a fővágás vonalában, azzal egyező vagy kissé nagyobb szélességben bemetszi, ezért az alsó él tiszta marad.

22.3.8.2. 2. Égett, sötét vágásfelület

- **Tünet:** a vágott él barna, fekete csík, égett fa- és gyantaszag.
- **Lehetséges okok:** tompa lap, túl kis fogszám, késői előtolás, rosszul beállított fűrészlap feszítése, a lap nyomása, a vezetőgörgő túl nagy nyomása, amitől a vágás nyomvonala nem szellőzik; mégsem hibás a gép, ha a bevonat műgyanta jellegű.

- **Vizsgálat:** a fűrészlapon gyantás lerakódás, foghegy kopás, a fogankénti előtolás számítása ajánlott (lásd Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás).
- **Megoldás:** cseréld az élezett fűrészlapot, tisztítsd a gyantalerakódást, növeld az előtoló sebességet az ajánlott fogankénti előtolásig, vagy válassz több fogú, megfelelő homlokszögű szerszámot.

22.3.8.3. 3. Méretpontatlanság, nem derékszögű vágás

- **Tünet:** a kész méretek 0,5–1 mm-nél jobban eltérnek a szabásjegyzéktől; a lap két párhuzamos éle nem párhuzamos, az él és a merőleges él nem derékszög.
- **Lehetséges okok:** a fűrészlap nem 90°-ot zár be az asztal/vágásvonal síkjával; a vezető/ütköző nem párhuzamos a fűrészlappal; a lap elcsúszik a szorítás hiányában; a beállított méret és a tényleges fűrészlap-vastagság nem illik; a vágás hő okozta tágulása, a lap vetemedése.
- **Vizsgálat:** mérj derékszögelővel a lap és az ütköző viszonyát; mérj párhuzamos éleket tolómérővel; mérj próbadarabot.
- **Megoldás:** kalibrálás; a fűrészlap dőlésszögét a gépen nullázni; az ütközőt párhuzamra állítani; a táblát a szorítókkal stabilan rögzíteni; a méretezést a vágásszélesség figyelembevételével elvégezni. A helyes sorrend: előbb kis darabon vágj, mérd az eredményt, utána a teljes sorozatot.

22.3.8.4. 4. Nem megfelelő szálirány vagy rossz oldal

- **Tünet:** az ajtón a dekor csíkjai függőlegesek, míg a szabásjegyzék vízszintes szálirányt kért, vagy a vágható él rossz oldalra esik.
- **Ok:** a szabástérképet rosszul olvastad, az anyag dekorfóliája irányított, vagy az azonos vastagságú lapnál az alsó/felső oldalt felcserélted.
- **Megoldás:** minden darabot a szabástérkép jele, a dekor irány és az élzáró oldalak szerint szabj ki; ha a terv hibás, jelezd a műszaki előkészítőnek, ne az anyagi kárt próbáld kijavítani.

22.3.9. Optimalizált vágási terv végrehajtása

A szabástérképen a sávok, darabok és hulladékok látszanak. A gép mellett a tervet **vágási sorozattá** kell alakítani.

- **Hosszú, egyenes vonalak:** a táblát először teljes hosszon sávozd.
- **Bázisél elv:** a gép ütközőjéhez mindig ugyanazt a bázisélt tedd, amíg a terv azt nem mondja; ezt a Szabásjegyzék és anyagnorma fejezi ki pontosan.
- **Fűrészvágás szélessége:** a sablonon vagy a gép vezérlőjében a vágásszélességet (kerf) zárd le, azaz a méreteket úgy add meg, hogy a fűrészlap annyit vesz el, amennyit valójában elfogyaszt. Ellenőrizd a gyártói táblázatból a használt lap vágásszélességét.
- **Maradék kezelése:** ha a maradék nagyobb, mint a legkisebb hasznos darab, mentsd a tárolóba; ha kisebb, a hulladékgyűjtőbe. Ne keverd a „menthető” maradékot a hulladékgyűjtő forgáccsal.
- **Dokumentálás:** a munkalapra kerüljön a szabásjegyzék jele, a gép, a szerszám, a vágási sorrend, mérési eredmények és a gépkezelő neve. A digitális gépeknél a vágási napló automatikusan képződhet, de a mérési jegyzőkönyvet akkor is vezetni kell.

Számítás. Adott: tábla 2 800 × 2 070 mm, vágásszélesség 4 mm, 3 db 670 mm széles sáv. Keresett: elfér-e, mennyi a maradék, mekkora a kihozatal.

A megoldás a következő Szabály és Példa szerint adódik.

Hibás megoldás (ellenpélda). 2 db 1 200 mm széles sáv nem fér el a 2 070 mm széles táblán: $2\times1\,200+2\times4=2\,408\,\text{mm}>2\,070\,\text{mm}$. A szabástérképet mindig méretek összegeként ellenőrizd a gépi munka előtt.

Szabály. n darab pontos méretű sáv és maradék esetén n vágás kell (az utolsó sávot is le kell választani a maradékról); csak ha az utolsó darab maga a maradék, elég $n-1$ vágás, de akkor mérete a tábla tényleges méretétől függ.

Példa. A 2 800 × 2 070 mm-es táblát 3 db 670 mm széles sávra osztjuk, 3 vágással. A fűrészveszteség $3\times4\,\text{mm}=12\,\text{mm}$, az elkészíthető szélesség $3\times670+12=2\,022\,\text{mm}$, a maradék $2\,070-2\,022=48\,\text{mm}$. A gyári tábla szélét a gyakorlatban előbb körbe kell vágni (előszélezés, 5–15 mm, tájékoztató; ellenőrizendő: gépkönyv, lapgyártó); ezt a számítás nem tartalmazza. Ez a maradék élzáróból, csomagolásnál még hasznos lehet, de ha a szabásjegyzék szerinti legkisebb alkatrész 180 mm széles, akkor 52 mm már hulladék. Az anyagkihozatal maximális hasznos felülete a tábla méretéhez képest: $\frac{3\times2\,800\times670}{2\,800\times2\,070}\cdot100\%\approx97,1\%$. A többi a fűrész- és hulladékveszteség.

Figyelem: a vágásszélesség és a maradék mindig a használt fűrészlaptól függ; a fenti 4 mm tanulási példa, a gyártói adatlapot ellenőrizni kell.

22.3.10. Technológiai lap

Cél: egy forgácslap-tábla sávozása és darabolása a szabástérkép szerint, méretpontosan, élkitörés nélkül.

Minta termék: 2 800 × 2 070 mm-es fehér laminált forgácslapból 6 db 800 × 600 mm-es polclap. **Gépbiztonság.** A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Egyéni védőeszköz: hallásvédő, védőszemüveg, porálarc, zárt ruha; kesztyű csak a tábla mozgatásához, a gép álló állapotában. Indítás előtt végezd el a 22.3.7 ellenőrzőlistáját. **Anyag:** 1 tábla forgácslap. **Műveletsor:**

1. Olvasd el a szabástérképet: sávok, darabok, szálirány, élzáró oldalak. – ellenőrzés: minden darab jele szerepel a szabásjegyzékben.
2. Ellenőrizd a tábla méretét és felületét: 2 800 × 2 070 mm, 16 mm vastag; a dekor szálirány, a szemes oldal erre a célra megfelel. – ellenőrzés: nincs sérült él, vetemedés, szálirány megállapítható.
3. Állítsd a gép fűrészlap dőlésszögét 90°-ra, az elővágót a fő vágásvonalba. – ellenőrzés: derékszögelővel a fűrészlap ↔ asztal, próbadarabon a vágási szög.
4. Ellenőrizd az ütközőt: párhuzamos a vágásvonallal, a távolság 600 mm a belső oldaltól. – ellenőrzés: három mérés a sáv kezdeténél, közepén, végén (tapintós tolómérő, az eltérés max. 0,2 mm, tájékoztató).
5. Kapcsold be az elszívót, a gépet. – ellenőrzés: a fő fűrészlap és az elővágó iránya, a védőburkolatok zárva, a nyomógerenda nyomása.
6. Szabd a táblát 2 db 600 mm széles sávra (2 vágás; $2\times600+2\times4=1\,208$ mm, a maradék 862 mm). – ellenőrzés: minden vágás után sávjel, szélesség 600 mm ± 0,3 mm.
7. A sávokat darabold 800 mm-es hosszokra (sávonként 3 db: $3\times800+3\times4=2\,412$ mm, a maradék 388 mm; összesen 6 db). – ellenőrzés: párhuzamos élek, derékszög 0,2 mm/600 mm-en, darabméret 800 × 600 mm.
8. **Minőségi ellenőrzés:** élkitörés-mentesség, méret, derékszög; a hibás darabot jelöld, és a javíthatót külön gyűjtsd. – ellenőrzés: a vágási napló és a darabjelek megegyeznek.

22.3.11. Minőségellenőrzés

A lapok szabásánál a következőket ellenőrizd:

- **Méret:** mérőszalag vagy tolómérő a hossz × szélesség mm-es pontosságáig; az általános belső bútoralkatrész tűrés: ±0,3 mm (tájékoztató, termékfüggő).
- **Derékszög:** derékszögelővel a két rövidebb oldal és a bázisél között; a fényrés legfeljebb kb. 0,2 mm/600 mm (tájékoztató).
- **Párhuzamosság:** két azonos irányú él párhuzamos, a szélesség mérete minden mérési pontban azonos.
- **Vágott él:** tiszta, a dekor nem csorbult, a fűrész nyoma minimális, nem égett.
- **Szálirány:** a dekor száliránya a kész alkatrészen a szabásjegyzék szerint áll.
- **Ha eltérés van:** az adott darabot jelöld meg, ne dolgozd tovább; a hibát a gép beállításával vagy a lap különgyűjtésével szüntesd meg.

22.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A szabásjegyzékben szereplő darab nem derékszögű.** Az ütköző nem párhuzamos a fűrészlappal, a lap elcsúszott a nyomógerenda hiánya miatt, vagy a fűrészlap nem 90°. Helyes gyakorlat: kalibrálás, lerögzítés, próbadarab-mérés.
2. **Közvetlen élzárásra alkalmatlan, kitört él.** Elővágó rossz, tompa vagy hiányzik; a vágásnál a lap a szerszám elhagyásakor leszakad. Helyes: elővágót 0,5 mm-es beállítással, a dekoroldal és a vágásirány helyes megválasztása, jó előtoló sebesség.
3. **Égett, műgyantaillatú vágásfelület.** Tompa fűrészlap, túl nagy oldalnyomás, kicsi fogankénti előtolás. Helyes: az élezett szerszám, az ajánlott fogankénti előtolás, a gyantamentes lap, a beállított oldalnyomás.
4. **Az utolsó darab rövidebb, mert a fűrészveszteséget nem számolták bele.** Helyes: a szabástérkép a **vágásszélességet** eleve tartalmazza; a tervet soha ne úgy nézd, hogy a tábla teljes szélességét darabszámra osztod.
5. **Anyagmozgatási balesetveszély:** a tábla megcsúszik, ráesik a lábra, vagy a kezelő a vágásba nyúl. Helyes: táblaemelő, görgősor, két személy, soha ne a fűrész vonala alá nyúlj.

22.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanulópár megbízást kapott: 12 db konyhaszekrény-elemet készítenek laminált forgácslapból. A szabástérkép 4 db 2 700 × 600 mm-es oldallapot írt elő. A tanuló a programvezérelt táblafelosztón a sávokat halmozott méretekkel (600, 1 200, 1 800 mm a báziséltől) adta meg, a vágásszélességet nem számolta bele: az első sáv 600 mm lett, de a második csak 596 mm (1 200 − 600 − 4), a harmadik 596 mm. A hibát a méretellenőrzéskor vette észre, de az első sávot már feldarabolta. A tanulság: a vezérlőben a vágásszélességet be kell állítani, vagy sávonkénti (relatív) méretet kell megadni; az első sáv után mérni kell. A javítás: az elcsúszott sávokat a még felhasználható méret tartományában polcméretre, vagy a kisebbik elemekhez igazították; a szabásjegyzékben szereplő legnagyobb méretekhez új táblát kellett nyitni, ami anyagveszteséggel járt. A helyes kimenet: az első sáv vágása után azonnal mérni, a gépi méretet korrigálni, a munkanapon belül a sorozatot frissíteni.

22.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz-e: a függőleges lapszabászgépen a tábla mindig fekve helyezkedik el. Válaszod indokold.
2. Mi az elővágó fűrészlap feladata?

3. Miért nem szabad kesztyűt viselni a forgó fűrészlap közelében?
4. Mennyi fűrészveszteséggel számolj, ha 3 vágás történik, és a vágásszélesség 4 mm? (Csak a vágásveszteséget add meg.)
5. A vágott él égett. Sorolj fel két lehetséges okot és két javítást!

A válaszokat a Megoldások elején találod.

22.3.15. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg, mi a különbség a lapszabászgép és a táblafelosztó között.

2. feladat (A). Számítsd ki: egy 2 800 mm hosszú, 16 mm vastag táblafelosztón vágott sávot 4 darabra kell osztanod. A darabhossz 700 mm, a vágásszélesség 4 mm. Hány darabot lehet kivágni, és mennyi a maradék?

3. feladat (B). Egy szabástérkép 2 070 mm széles táblából 4 db 500 mm széles sávot rendel. A vágásszélesség 4 mm. Elkészíthetők-e a sávok? Ha igen, mennyi a maradék? Ha nem, mi a hiba?

4. feladat (B). Rajzold le szövegesen (képzeld le) a vágási sorrendet egy olyan szabástérképen, ahol a táblát 3 hosszanti sávra, majd az egyik sávot 5 darabra kell vágni. Nevezd meg, melyik élt használod bázisélnek, és miért.

5. feladat (C). Tegyél fel, hogy a kész darabon a vágott él az egyik oldalon folyamatosan 0,5 mm-rel szélesebb, mint a másikon. Milyen hibák lehetségesek? Egyszerű méréssel hogyan különbözteted meg, hogy az ütköző vagy a fűrészlap a hibás?

6. feladat (D). Gyakorlat/improvizáció. A gép mellett állsz és próbadarabot vágsz. Írd le a gép indítás előtti ellenőrzőlistát 5 pontban, majd a vágás utáni méret- és minőségellenőrzést. A leltárban mérőszalag, derékszögelő, tolómérő, tiszta fűrészlap, elszívó, hallásvédő, védőszemüveg, porálarc szerepel.

22.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis: a függőleges lapszabászgépen a tábla állítva, enyhén hátradöntve áll; a tábla a vízszintes táblafelosztón fekszik.
2. Az elővágó kis fűrészlap, amely a főfűrész előtt, ellenkező irányban forogva a bevont lap alsó dekorrétegét bemetszi, így a főfűrész kitörésmentes élt hagy.
3. Mert a kesztyű könnyen beakadhat a fűrészlapba, és a kezet a forgó szerszámba rántja.
4. $3 \times 4 = 12\,\text{mm}$.
5. Tompa fűrészlap, túl lassú előtolás, gyantás lap, túl nagy oldalnyomás. Javítás: élcsiszolt szerszám, előtoló növelése, gyantamentesítés, oldalnyomás csökkentése.

1. feladat. A lapszabászgép általános, nagy lapot méretre vágó gép; a **táblafelosztó** a vízszintes vagy függőleges formájú lapszabászgépek gyakorlati neve, gyakran a nagy, gépesített kivitelre használjuk. Lényeg: a táblafelosztó a lapszabászgép köznapi neve, főleg a vízszintes, nyomógerendás kivitelre.

2. feladat. $700 \times 4 = 2\,800\,\text{mm}$ = teljes hossz, nincs hely vágásokra; a szabást úgy kell érteni, hogy a sáv hossza 2 800 mm, a darab 700 mm, és az elvágáshoz kell vágásszélesség. $4 \times 700 + 3 \times 4 = 2\,812\,\text{mm} > 2\,800$ mm, tehát 4 darab nem fér el. Három darab: $3 \times 700 + 3 \times 4 = 2\,112\,\text{mm}$, a maradék $2\,800 - 2\,112 = 688\,\text{mm}$, tehát 3 darab készül, a 688 mm-es maradék kevesebb, mint

egy darab; ha a szabástérkép is így tervezte, az rendben, de ha 4 darab kell, nagyobb táblát kell választani. (Figyelem: a feladat megfogalmazása egyszerű; a feladat célja éppen az, hogy a vágásszélességet is beleszámold.)

3. feladat. A sávok épülő szélessége: $4 \times 500 + 4 \times 4 = 2\,016\,\text{mm}$. A tábla szélessége 2 070 mm, tehát a négy sáv **elkészíthető**, a maradék $2\,070 - 2\,016 = 54\,\text{mm}$.

4. feladat. A tábla 2 800 mm hosszú, 2 070 mm széles; a bázisél az egyik hosszú gyári él (előszélezés után). 1. vágás: ütköző 600 mm a báziséltől; 2. vágás: ismét 600 mm (a maradék tábla friss, derékszögű éle a bázis); a 3. sáv a maradék ($2\,070 - 2 \times 604 = 862$ mm). Az 1. sáv (2 800 mm hosszú) 5×400 mm: 5 vágás, $5 \times 400 + 5 \times 4 = 2\,020$ mm, maradék $2\,800 - 2\,020 = 780$ mm. Bázisél a tábla hosszú, egyenes külső széle, mert ott a leginkább pontos a gépi támasz; a vágott élt akkor használjuk, ha az is kalibrált, derékszögű.

5. feladat. A szélesség eltér, azaz a két hosszanti él nem párhuzamos. Hibák: az ütköző a fűrészlaphoz képest ferde, a fűrészlap nem derékszögű, a tábla elcsúszott, vagy a gép vezetősínje kopott. Megkülönböztetés: mérj a fűrészlap és az ütköző között a bázisél mentén három helyen (elején, közepén, végén) tapintós tolómérővel. Ha az ütköző távolsága a lap síkjától eltér, az ütköző ferde; ha az ütköző párhuzamos, de a próbadarab derékszögű élének ellenőrzésénél a szög nem 90°, a fűrészlap dőlése hibás.

6. feladat. Indítás előtti ellenőrzőlista: 1. Fűrészlap: repedésmentes, éles, a rögzítés szoros; elővágó a beállítás szerint. 2. Védőburkolat, elszívó csatlakozó, vészleállító, nyomógerenda működik. 3. A gép fűrészlapja 90°-ra állítva; az ütközővel párhuzamos. 4. A munkaterületen nincs oda nem illő anyag, a próbadarab idegen anyag nélkül. 5. Az elszívó bekapcsolva, a hallásvédő és védőszemüveg, porálarc használatban.

Vágás utáni ellenőrzés: mérőszalag a hosszúsághoz; tolómérő a szélességhez; derékszögelő a két él derékszögéhez; az él vizuálisan sima, kitörésmentes, nem égett. Az eredményt a munkanaplóban rögzíted, a hibás darabot jelölöd.

22.3.17. Rövid összefoglaló

A **lapszabászgép** nagyméretű lapanyagok méretre vágására való. Két fő típusa a **függőleges lapszabász** és a **vízszintes táblafelosztó**, utóbbi lehet nyomógerendás vagy programvezérelt. A gép fő egységei: fűrészegység, fő fűrészlap, **elővágó**, támasz- és pozicionáló elemek, nyomógerenda, vezérlés, elszívás. A bevont lap minőségi vágásához az elővágó az alsó dekorréteget metszi be, így a főfűrész kitörésmentes élt készít. A vágási sorrend alapja a szabástérkép: előbb hosszirányú sávozás, utána keresztvágás, a **bázisél–bázislap** elv szerint. A gépi munkánál kötelező a védőburkolatok, elszívó, elővágó ellenőrzése; kesztyű a forgó fűrészlap közelében tilos. A fűrészelési hibák – kitörés, égés, méretpontatlanság, nem derékszög – tünetből, eszközből és beállításból meghatározhatók és kijavíthatók. Az optimalizált terv végrehajtásakor a **vágásszélességet** mindig a gépbe állítjuk, a maradékot csak akkor mentjük, ha a legkisebb hasznos méretnél nagyobb, és a dokumentációt naprakészen vezetjük. A lapszabászat tudása a lapalkatrészek gyártásához – Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt – közvetlenül tovább épül.

22.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Szabályozási hivatkozás: faipari gépek biztonsága – MSZ EN ISO 19085 sorozat; munkavédelem – 1993. évi XCIII. törvény (ellenőrizendő: hatályos szöveg).
- Porhatár, fapor- és zajexpozíció, FFP-légzésvédelem: hatályos magyar rendelet (ellenőrizendő).

- Vágásszélesség adatok: a használt fűrészlap gyártói adatlapja (ellenőrizendő).
- A példákban szereplő méretek, táblaméretek, tűrések: tájékoztató, műhelyi adatok; éles gyártásban a gyártói specifikáció és a szabvány szerint kell igazolni (ellenőrizendő).
- Az elővágó iránya, beállítása, fogszám és fordulatszám: az adott gépkönyv és szerszámkatalógus alapját képezi (ellenőrizendő).
- A tűrések (0,2 mm/600 mm) és anyagkihozatali mutatók műhelyi tájékoztatók, nem szabványossági minősítés (ellenőrizendő).

22.4. Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek

22.4.1. Motiváció

Egy asztalostanuló tömör tölgyből készít konyhai asztal alvázat. A szabásjegyzék megadja a kész alkatrészek méretét: például négy darab láb 720 × 70 × 70 mm, négy hosszléc 520 × 60 × 25 mm. A fűrészüzemből érkezett deszkán azonban repedés és laza göcs látható. Ha a tanuló a hibát nem ejti ki, a kész láb terheléskor eltörhet. Ha viszont túl feszesre vág, nem marad anyag a gyaluláshoz. Ebben az alfejezetben ezért a fűrészgépi méretre szabást tanuljuk meg: darabolást, szélezést, szeletelést, hibakiejtést és íves alkatrészek fűrészelését.

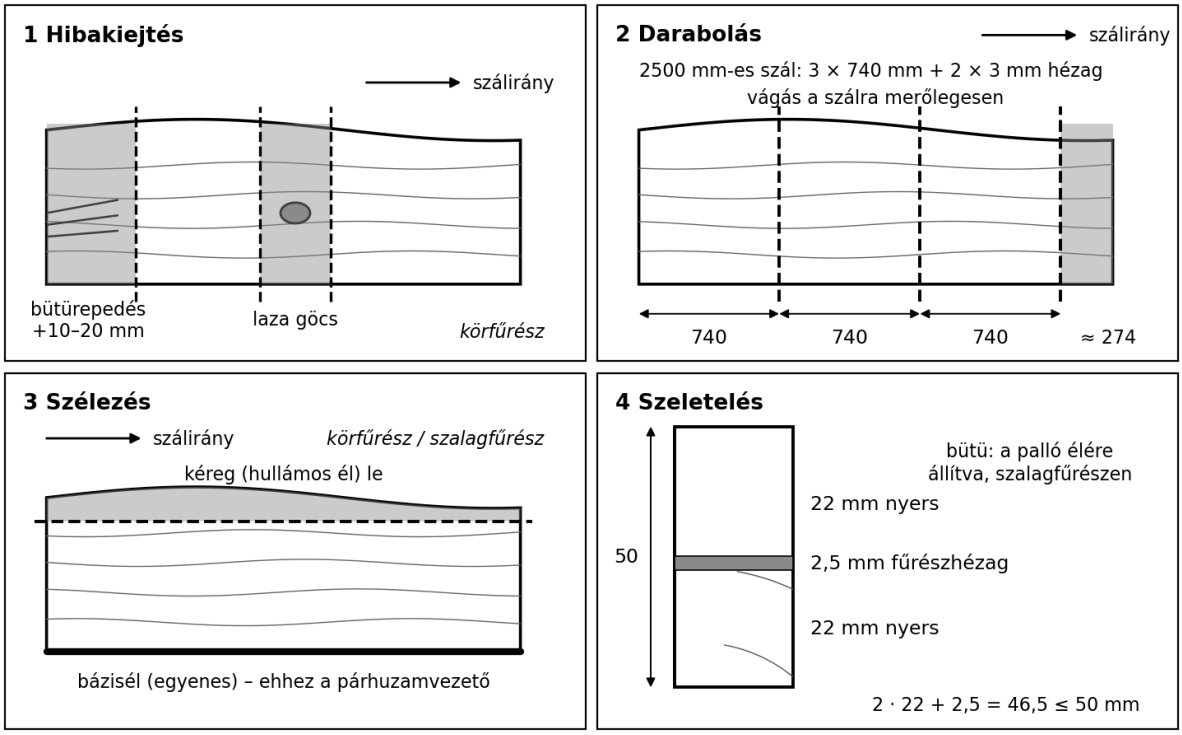
22.4.2. Szemléletes kép és folyamat

A méretre szabás mindig a rajzból indul, abból készül a szabásjegyzék, majd abból a fűrészelési sorrend. A következő táblázat egy asztal alvázának szabásjegyzék-részlete. A nyers fűrészméretek a kész méretből és a megmunkálási ráhagyásból adódnak.

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers fűrészméret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
1	Asztalláb	4	tölgy	720 × 70 × 70	740 × 74 × 74	hosszirányú	hosszon 2 × 10 mm, szelvényen 2 × 2 mm ráhagyás
2	Hosszléc	4	tölgy	520 × 60 × 25	540 × 64 × 29	hosszirányú	keret oldalléc
3	Keresztléc	2	tölgy	420 × 60 × 25	440 × 64 × 29	hosszirányú	keret kereszttartó

A gyakorlati sorrendet az alábbi folyamatábra mutatja. A hibakiejtést már a darabolás előtt elvégezzük, mert így a hibát nem visszük tovább az alkatrészekbe. A szélezés után minden darabot ellenőrzünk, és csak azután haladunk tovább.

22.11. ábra. Fűrészgépi méretre szabás gyakorlati sorrendje - A hibakiejtést a darabolás előtt kell elvégezni. A szélezés után minden darabot ellenőrzünk; ha nem megfelelő, vissza kell lépni a jelöléshez vagy a gépbeállításhoz. A szeletelés csak akkor következik, ha azt a szabásjegyzék vastagsági osztással írja elő.



22.12. ábra. Fűrészgépi alapműveletek egy nyers tölgydeszkán: hibakiejtés, darabolás, szélezés, szeletelés

A folyamatábra a sorrendet adja, a képsor azt, hogy melyik vágás merre megy a szálirányhoz

képest: a hibakiejtés és a darabolás keresztvágás (a szálra merőleges), a szélezés hosszirányú vágás a hullámos kéregél levágásával, a szeletelés pedig a vastagság megosztása élére állított pallóval. A szürke rész hulladék; a méretek a szabásjegyzékből és a kidolgozott példákból valók.

A méreteket a rajz szerint, a ráhagyást pedig a következő művelet szerint adjuk meg. A ráhagyás tájékoztató érték; a pontos méret a gépkönyvtől, a szerszámtól és a faanyagtól függ.

22.4.3. Alapfogalmak és gépi műveletek

Definíció. Darabolás a fűrészáru hosszirányára merőleges, keresztirányú vágás. Célja a darab hosszának beállítása, ráhagyással. Daraboláskor a hosszméretet a kész méretből és a hosszráhagyásból számoljuk.

Definíció. Szélezés a fűrészáru hosszirányával párhuzamos vágás. Célja a szélesség beállítása, valamint párhuzamos, derékszögű oldalfelületek kialakítása. Szélezéskor az egyik hosszélt választjuk bázisélnek, és ahhoz képest dolgozunk.

Definíció. Szeletelés a fűrészáru vastagsági irányú osztása. Akkor használjuk, ha egy vastag pallóból két vagy több vékonyabb lécet vagy lapot akarunk kialakítani. A szeletelés nagy pontosságot kíván, mert a vágási hézag és a gyalulási ráhagyás együtt határozza meg, mi fér bele a pallóba.

Definíció. Hibakiejtés a fahibát hordozó rész eltávolítása vagy körülvágása. A fűrészgépi anyagkiosztáskor a hibás részt úgy kerüljük ki, hogy az hasznos alkatrészbe ne kerüljön. A fa alaki és szövetszerkezeti hibáit a A fa alaki és szövetszerkezeti hibái alfejezet tárgyalja.

Szabály. A fűrészgépi méretre szabást mindig a hibakiejtéssel kezdjük. Először a repedéseket, laza göcsöket, korhadásokat, kéregbenövéseket távolítjuk el, csak utána osztjuk ki a tiszta anyagot a tiszta alkatrészekre. Így kevesebb hulladék keletkezik, és a hibát nem visszük tovább a gyalulásba.

22.4.3.1. Darabolás

A darabolást leggyakrabban **asztalos körfűrészgépen** végezzük. A munkadarab széles lapjával feküdjön az asztalon. A hosszméret beállításához **szögütközőt**, **tolószánt** vagy hosszütközőt használunk.

Szabály. Daraboláskor a levágott darabnak szabadon el kell tudnia mozdulni. A párhuzamütközőt és a szögütközőt egyszerre ne használd, mert a levágott darab beszorulhat, és a fűrészlap visszavágódást okozhat. A párhuzamütköző a szélezéshez való.

A darabolás során a vágás legyen derékszögű. A derékszöget a bázisél és a szögütköző pontos beállítása adja. A munkadarabot tolófával vagy tolókocsival vezesd, a kezed soha ne kerüljön a fűrészlap vonalába.

22.4.3.2. Szélezés

A szélezést asztalos körfűrészgépen vagy szalagfűrészgépen végezzük. A **párhuzamütközőt** a kész szélesség és a ráhagyás összegére állítjuk be. A munkadarab egyik széle ütközzön a vezetőn, a széles lapja feküdjön az asztalon.

Szabály. Szélezéskor először az egyik hosszélből készíts bázisélt: nyers, görbe élű deszkánál ezt tolóasztalon (szánon) rögzítve vagy egyenes léces sablonnal végezd, párhuzamütközővel csak a

második élt vágd, az egyenes élt az ütközőhöz fordítva. A második szélezés ehhez a bázisélihez képest párhuzamosan történjen. Így a munkadarab két hosszélé párhuzamos lesz, és a szélesség egyenletes.

A szélezésnél a **bázislap–bázisél** elvet követjük: a gépasztal a bázislap, a párhuzamütköző a bázisélnek támasztott vezető. Ez a későbbi gyalulásnál is visszatér.

22.4.3.3. Szeletelés

A szeletelést leggyakrabban **szalagfűrészgépen** végezzük. A pallót a keskeny oldalára állítva, hosszirányban toljuk a szalag mellett. A szalagfűrész keskeny vágási hézagja miatt kevesebb anyag vész kárba, mint körfűrészlappal. A pallót a gépasztalra merőleges, magas párhuzamütközőhöz (vagy szeletelőtámaszhoz) szorítva vezesd; a felső szalagvezetőt a munkadarab fölé, minél közelebb állítsd; a vágás utolsó 150–200 mm-én tolótuskót használj (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv).

Szabály. Szeletelés előtt számold ki, hogy a palló vastagságából mennyi hasznos anyag jön ki. A vágási hézagot és a gyalulási ráhagyást mindig add hozzá. Soha ne feltételezd, hogy két kész vastagság egyszerűen „kijön” a pallóból.

A fűrészgépi szeletelés után a darabok nem kész méretűek, csak nyers vastagságúak. A pontos vastagságot a következő gyalulási művelet adja meg az Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság és a Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás alfejezetek szerint.

22.4.3.4. Hibakiejtés

A hibát először megjelöljük. A repedés végétől legalább 10–20 mm-rel kijjebb vágunk, hogy a repedés ne tudjon továbbterjedni. A laza göcsöt körbe kell vágni, mert a göcs kieshet, és lyukat hagy a munkadarabban.

Szabály. A hibakiejtésnél a hibás részt mindig egy hulladékdarabba vágjuk, ne egy félkész alkatrész szélére. Ha a hiba a szál közepén van, a darabolási tervben a hibás szakaszt külön hulladékdarabként választjuk le.

22.4.3.5. Sík és térgörbék vágása

A **szalagfűrészgép** egyetlen síkban vág, a fűrészszalag síkjában. Ezért elsősorban **síkgörbéket**, például íves oldallapokat, ívelt lábakat, köríves díszléceket fűrészelünk rajta.

Szabály. A legkisebb belső ívsugarat a Asztalos szalagfűrészgép alfejezet táblázatából olvasd le (tájékoztató, ellenőrizendő: szalaggyártói adatlap). Durva becslésként 6–12 mm-es szalagnál $r_{\min} \approx 3 \cdot b_{\text{szalag}}$; ennél szélesebb szalagnál a sugár ennél gyorsabban nő, ezért ott kizárólag a táblázat érvényes.

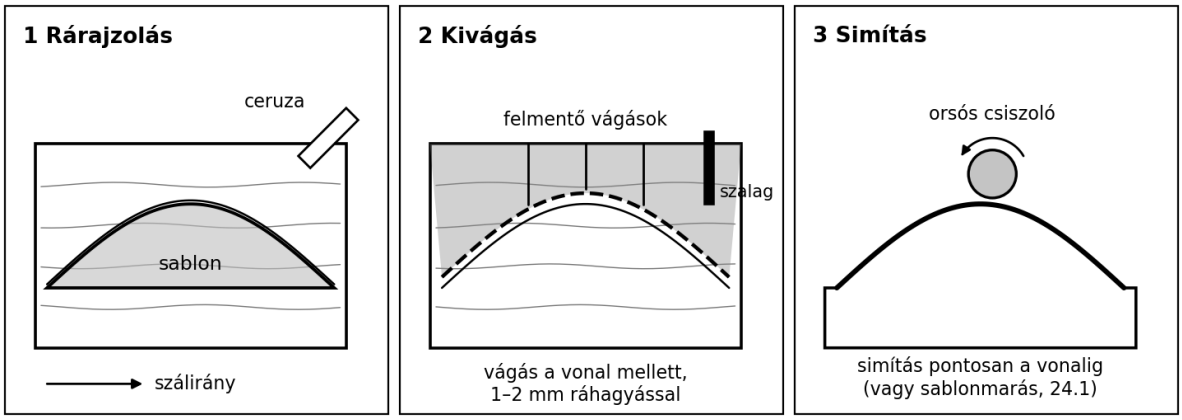
Példa. A táblázat szerint a 10 mm széles szalaggal legalább 35 mm belső sugarú ív vágható, a 25 mm széles szalag legkisebb ívsugara 180 mm. A pontos érték a szalag fogazásától és a gép beállításától függ, ezért mindig ellenőrizd a szalag gyártói adatlapját.

Ha a forma **térgörbe**, tehát nem egyetlen síkban fekvő vonal, akkor a szalagfűrész közvetlenül nem tudja kivágni. Ilyenkor a térgörbét vetületekre bontjuk, és a vetületeket külön-külön jelöljük. Sorozatgyártásban a térgörbét CNC-megmunkálással vagy sablonos marással állítják

elő. A tanulóműhelyben a térgörbét ezért inkább tervezéssel, sablonos eljárással vagy kézi megmunkálással kerüljük ki.

22.4.3.6. Sablonok, kiegészítő berendezések

Az íves alkatrészhez mindig **sablont** készítünk. A sablon lehet papír-, farostlemez- vagy vékony rétegelt lemez. A sablont a munkadarabra helyezzük, és ceruzával körberajzoljuk. A fűrészelésnél a rajzvonalat meghagyjuk, mert a pontos méretet később csiszolással vagy marással érjük el.



22.13. ábra. Íves alkatrész sablonnal: rárajzolás, kivágás a vonal mellett ráhagyással, simítás a vonalig

A képsor három lépése: a sablon körberajzolása (a szálirányra figyelve, hogy az ív ne fusson rövid szálra), a kivágás szalagfűrészen a rajzvonal külső oldalán 1–2 mm ráhagyással – szűk ívnél előbb felmentő vágásokkal –, végül a simítás csiszolással vagy sablonmarással pontosan a vonalig.

Szabály. A szalagfűrészen a munkadarabot folyamatosan, kis előtolással vezessük. A kanyarban ne erőltessük a szalagot. Ha a szalag csikorog, rángat, vagy a vágás nem követi a vonalat, az a szalag túl széles voltára vagy tompultságára utal.

Gyakori kiegészítő berendezések:

- szögütköző,
- párhuzamütköző,
- tolófa, tolókocsi,
- görgős alátámasztó,
- szalagfűrész-vezető,
- sablon és leszorító.

Továbbvitt eredmény. A fűrészgépről lekerülő, hibamentes, ráhagyással ellátott nyers darabokat a Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság és a Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás alfejezetekben gyaluljuk méretre. A szabásjegyzék szerinti anyagkiosztást a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben számoljuk részletesen.

22.4.4. Gépbiztonság

Gépbiztonság. A faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan soha ne dolgozz. A művelet előtt olvasd el a gépkönyvet, és ellenőrizd a gépet.

Asztalos körfűrészgépnél:

- védőburkolat a fűrészlap felett,
- hasítóék,
- tolófa vagy tolókocsi,
- elszívás,
- vészleállító.

Szalagfűrészgépnél:

- a szalag védőburkolata,
- felső vezető és szalagtámasz,
- az asztal beállítása,
- elszívás.

Tilos. Forgó szerszámhoz kesztyűben nyúlni. Tilos védőburkolat vagy hasítóék nélkül vágni. Tilos a daraboláshoz párhuzamütközőt és szögütközőt egyszerre használni. Tilos túl rövid vagy túl keskeny darabot kézzel, tolófa nélkül a lap közelébe vezetni.

A keményfa-por, például a tölgy- és bükkpor, rákkeltő hatású. A porképző gépi műveletnél mindig kapcsold be az elszívást, és viselj FFP-légzésvédőt; a pontos osztályt és határértéket ellenőrizd a hatályos előírás szerint.

22.4.5. Anyagkiosztás és hibakiejtés ellenőrzőlista

Ellenőrzőlista. A fűrészgépi méretre szabás előtt járj végig az alábbi lépéseken.

1. Olvasd le a szabásjegyzékből a kész méretet, a darabszámot és az anyagot.
2. Mérd meg a fűrészáru hosszát, szélességét és vastagságát.
3. Jelöld meg a repedéseket, göcsöket, korhadást és egyéb hibákat.
4. Határozd meg a szükséges ráhagyást: hosszon jellemzően 10–20 mm, szélességen és vastagságon 2–4 mm. A pontos értéket a következő művelet és az oktató határozza meg.
5. Tervezd meg a darabolási sorrendet úgy, hogy a hibás részek külön hulladékdarabba essenek.
6. Ellenőrizd a gépen a szerszámot, a védőberendezéseket és az elszívást.
7. Vágd ki először a hibákat.
8. Darabold a tiszta anyagot a nyers hosszméretre.
9. Szélezd a darabokat a nyers szélességre.
10. Ha szükséges, szeleteld a pallót a nyers vastagságra.
11. Ellenőrizd minden darab méretét, derékszögét és hibamentességét.
12. Csoportosítsd az alkatrészeket a szabásjegyzék szerint.

22.4.6. Kidolgozott példa

Példa – darabolás. Egy tiszta tölgyfa szál hossza 2500 mm. A szabásjegyzék szerint asztallábakat készítünk. A kész lábhossz 720 mm, a hosszráhagyás 10 mm mindkét végén, így a nyers hossz 740 mm. A fűrész vágási hézaga 3 mm. Hány darab nyers lábat vágunk egy szálból?

Megoldás.

A szükséges hosszúságot a következő képlet adja:

$$L_{\text{igény}} = n \cdot l_{\text{nyers}} + (n-1) \cdot s_{\text{vág}}$$

A képlet $(n-1)$ vágással számol: akkor helyes, ha az utolsó darab a szál vége, és a gyári bütü (repedés, szennyeződés) nem kerül bele. Ha hulladék is marad, n vágás kell.

ahol:

- n a darabszám,
- $l_{\text{nyers}} = 740\,\text{mm}$,
- $s_{\text{vág}} = 3\,\text{mm}$.

$n = 3$ esetén:

$$L_{\text{igény}} = 3 \cdot 740 + 2 \cdot 3 = 2220 + 6 = 2226\,\text{mm}$$

Ez kisebb, mint 2500 mm, tehát 3 darab levágása lehetséges.

$n = 4$ esetén:

$$L_{\text{igény}} = 4 \cdot 740 + 3 \cdot 3 = 2960 + 9 = 2969\,\text{mm}$$

Ez nagyobb, mint 2500 mm, tehát 4 darab már nem fér el.

Válasz. Egy 2500 mm-es szálból 3 darab 740 mm-es nyers asztalláb vágható, és a maradék leválasztásával (3 vágás) $2500 - (3 \cdot 740 + 3 \cdot 3) = 271\,\text{mm}$ marad. A maradékot a szabásjegyzék szerinti rövidebb alkatrészre használhatjuk fel.

Példa – szeletelés. Egy 50 mm vastag bükk pallóból két darab 18 mm kész vastagságú lécet szeretnénk. A gyalulási ráhagyás oldalanként 2 mm, a fűrészhézag 2,5 mm. Elvégezhető-e a szeletelés?

Megoldás.

A nyers vastagság:

$$v_{\text{nyers}} = v_{\text{kész}} + 2 \cdot r_{\text{gyalu}}$$

ahol:

- $v_{\text{kész}} = 18\,\text{mm}$,
- $r_{\text{gyalu}} = 2\,\text{mm}$.

Behelyettesítve:

$$v_{\text{nyers}} = 18 + 2 \cdot 2 = 22\,\text{mm}$$

A pallóból szükséges összvastagság:

$$v_{\text{palló, szükséges}} = n \cdot v_{\text{nyers}} + (n-1) \cdot s_{\text{vág}}$$

ahol:

- $n = 2$,
- $v_{\text{nyers}} = 22\,\text{mm}$,
- $s_{\text{vág}} = 2{,}5\,\text{mm}$.

Behelyettesítve:

$$v_{\text{palló, szükséges}} = 2 \cdot 22 + 1 \cdot 2{,}5 = 44 + 2{,}5 = 46{,}5\,\text{mm}$$

Ez kisebb, mint 50 mm, tehát a szeletelés elvégezhető.

Megjegyzés. Ha a kész vastagság 22 mm lenne, akkor a nyers vastagság 26 mm lenne, és a szükséges pallóvastagság:

$$2 \cdot 26 + 2{,}5 = 54{,}5\,\text{mm}$$

Ezt az 50 mm-es palló nem tartalmazza, tehát a vastagabb lécet már nem lehetne így kivenni. A fűrészelés előtti számítás ezért elengedhetetlen.

22.4.7. Technológiai lap

Technológiai lap. Tölgyfa asztalláb és keretléc nyers méretre szabása fűrészgépekkel.

Termék/alkatrész: asztal alváz lábak, hosszlécek, kereszttartók.
Anyag: tölgy fűrészáru, például 50–74 mm vastag, szárított, hibakiértékelt anyag.
Gépek és szerszámok: asztalos körfűrészgép, szalagfűrészgép, mérőszalag, derékszögelő, tolómérő, jelölőceruza, sablon.
Beállítási adatok: körfűrészlap például 250 mm átmérőjű, a gépen jelölt fordulatszám szerint; szalagfűrészhez például 10 mm széles szalag íves vágáshoz. A pontos értékek a gépkönyvből és a szerszámgyártói adatlapból ellenőrizendők.
Egyéni védőeszközök: munkaruha, védőszemüveg, hallásvédelem, FFP-légzésvédő, elszívás bekapcsolva.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Indítás előtt ellenőrizd:

- a fűrészlap vagy szalag állapotát és rögzítését,
- a védőburkolatot és hasítóéket,
- az elszívást,
- az ütközőket és tolófát,
- a vészleállítót,
- hogy a munkadarabon nincs szeg, csavar, kő vagy más idegen anyag.

Lépések.

1. **Értelmezd a szabásjegyzéket.** Ellenőrizd a kész méreteket, a darabszámot és a ráhagyást. – ellenőrzés: a szabásjegyzék adatai egyeznek a rajz méreteivel.
2. **Vizsgáld át a faanyagot.** Jelöld a repedéseket, laza göcsöket, korhadást. – ellenőrzés: minden hiba látható jelölést kapott.
3. **Készíts anyagkiosztást.** Tervezd meg, melyik szálból melyik alkatrész készül. A hibás szakaszokat hulladékba tedd. – ellenőrzés: a hasznos darabok hossza kiadja a darabszámot.
4. **Darabold a hibás részeket ki.** A hibát hordozó szakaszt a körfűrészen szögütközővel vagy tolószánnal vágd le. – ellenőrzés: a maradó anyagban a hiba már nem látható.

5. **Állítsd be a hosszütközőt a nyers hosszméretre.** Vágd le a darabokat a szabásjegyzék szerint. – ellenőrzés: hossz mérése mérőszalaggal, például 740 mm, tűrés ±1 mm.
6. **Készíts egyenes bázisélt.** A deszkát a tolóasztalra (szánra) fektesd és szorítsd le, vagy egyenes léchez/sablonhoz rögzítve vezesd végig; párhuzamütközőt ehhez ne használj, mert a görbe élt másolja. – ellenőrzés: egyenes vonalzó mentén fényrés nincs.
7. **Szélezd a másik oldalt a nyers szélességre.** A bázisél a párhuzamütközőhöz fekszik. – ellenőrzés: szélesség mérése tolómérővel, párhuzamosság a két él között.
8. **Ha a szabásjegyzék vastagsági osztást ír elő, végezz szeletelést a szalagfűrészen.** A pallót keskeny oldalára állítva, egyenletesen told a szalag mellett. – ellenőrzés: a fűrészelt nyers vastagság mindenütt a számított méret.
9. **Íves alkatrésznél helyezd fel a sablont, és jelöld át a vonalat.** A szalagfűrészen a vonalat hagyd meg, és lassan vágj. – ellenőrzés: a sablon illeszkedése; fényrés csak kis mértékben látszik.
10. **Csoportosítsd az alkatrészeket, és írd fel a szabásjegyzék sorszámát.** – ellenőrzés: minden darab azonosított, a darabszám egyezik.

22.4.8. Minőségellenőrzés

A fűrészgépi méretre szabásnál az alábbi ellenőrzéseket végezzük. Az értékek tájékoztató műhelyértékek; a vizsgamunka és a gyártás előtt ellenőrizd az előírt tűréseket.

Ellenőrzés	Eszköz	Tájékoztató követelmény
Nyers hossz	mérőszalag, tolómérő	a szabásjegyzék szerinti méret ±1 mm
Nyers szélesség	tolómérő	a szabásjegyzék szerinti méret ±0,5 mm
Nyers vastagság	tolómérő	a szabásjegyzék szerinti méret ±0,5 mm
Derékszög	derékszögelő	fényrés legfeljebb kb. 0,3 mm/100 mm
Párhuzamosság	tolómérő	a két él szélességkülönbsége legfeljebb kb. 0,5 mm
Hibamentesség	szemrevételezés	nincs repedés, laza göcs, korhadás, idegen anyag
Íves vonal	sablon	sablon és munkadarab közti eltérés legfeljebb kb. 0,5 mm; a vonal meghagyva
Fűrészfelület	szemrevételezés, ujjbecsapás	ne legyen mély szakadt rost, égett, vonaltól való nagy eltérés

Ha a méret túl kicsi, a darab selejt, mert a gyalulási ráhagyás már nem áll rendelkezésre. Ha a méret túl nagy, a darab még javítható, de a gyalulás időigénye nő. Az eltérés okát mindig keressük meg a gépbeállításban vagy az anyagkiosztásban.

22.4.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A kész lécben repedés vagy laza göcs látható.
Ok. A hibakiejtés elmaradt, vagy a hibát a szélezésnél belevágták a hasznos szakaszba.

Helyes gyakorlat. A hibát már a darabolás előtt, hulladékdarabként kell leválasztani, és ezt az anyagkiosztásban jelölni kell.

Hiba. A szélezett darab széle nem párhuzamos, a szélesség az egyik végén kisebb.
Ok. A báziséli nem támaszkodott pontosan a párhuzamütközőn, vagy a munkadarab elmozdult vágás közben.
Helyes gyakorlat. Először készítsünk egyenes bázisélt, majd a második szélezésnél a báziséli szorosan ütközzön a vezetőn.

Hiba. A vágás égett, barna, kormos felületű.
Ok. Tompa fűrészlap vagy fűrészszalag, túl lassú előtolás, rossz fogterpesztés.
Helyes gyakorlat. A szerszámot ellenőrizzük, a tompa szerszámot életetjük vagy cseréljük, az előtolást egyenletesen tartjuk.

Hiba. Az íves alkatrész nem követi a sablont, a belső ívnél a vágás túlfut.
Ok. A fűrészszalag túl széles a kis sugárhoz, vagy a kezelő erőlteti a kanyart.
Helyes gyakorlat. A görbületi sugárhoz válasszunk megfelelő szalagszélességet, és a rajzvonalat hagyjuk meg.

Hiba. A körfűrész visszavágja a darabot.
Ok. A levágott darab beszorult a párhuzamütköző és a fűrészlap közé, mert a darabolásnál párhuzamütközőt is használtak.
Helyes gyakorlat. Daraboláshoz szögütközőt vagy tolószánt használjunk, párhuzamütközőt ne.

22.4.10. Hibaelemzés

Hiba. Az íves oldallap a sablonra nem illeszkedik. A belső ív csúcsánál körülbelül 5 mm hézag látható, a külső ív pedig túlfut a rajzvonalon.

Vizsgálat. A gép elszívója megfelelően dolgozott, a szalag nem csúszott. A sablon a munkadarabon nem mozdult el. A tanuló azonban 25 mm széles szalagot használt, miközben a sablon belső ívsugara csak 40 mm.

Valódi ok. A 25 mm széles szalag legkisebb ívsugara a 22.1 táblázata szerint 180 mm. A 40 mm sugarú ívben a szalag nem tudott tisztán fordulni, ezért a vágás túlfutott, és a sablonhoz képest eltérés keletkezett.

Javítás. A munkadarabot újra kell jelölni, majd a belső ívet 10 mm széles szalaggal kell kivágni. A külső ívet a rajzvonalon kívül kell vezetni, hogy a pontos méret a későbbi csiszolásnál vagy marásnál alakuljon ki.

Megelőzés. A szalag kiválasztása előtt mindig számoljuk ki a becsült minimális sugarat. A gyártói adatlap alapján ellenőrizzük, hogy a szalag a tervezett ívhez alkalmas-e.

22.4.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló bükk fogaslécet készített. A deszka egyik végén hajszálrepedés futott. A tanuló a repedést nem vágta le, mert a szabásjegyzék szerint a léc hossza éppen kiadta a deszka teljes hosszát. A repedést a fűrészszélen meghagyta, és a fogaslécbe becsiszolta. A felületkezelés után a repedés továbbterjedt, és a fogasléc a falra szerelés után elrepedt.

A hiba oka a hibakiejtés elmaradása volt. A tanulság: a fűrészgépi méretre szabás előtt mindig meg kell vizsgálni, hogy a rendelkezésre álló anyagból a hibák eltávolítása után is kijönnek-e az

alkatrészek. Ha nem, akkor hosszabb anyagot kell választani, nem pedig a hibát a kész darabba beleszorítani.

22.4.12. Önellenőrzés

1. kérdés. Igaz vagy hamis? A darabolás hosszirányú vágás.
2. kérdés. Igaz vagy hamis? A szélezéshez párhuzamütközőt használunk.
3. kérdés. Melyik a szalagfűrész minimális belső ívsugarának tájékoztató becslése?
4. kérdés. Hány darab 740 mm nyers hosszúságú darab fér el egy 2500 mm-es szálból, ha a fűrészhézag 3 mm?
5. kérdés. Mi a veszélye annak, ha a tanuló a daraboláshoz párhuzamütközőt és szögütközőt is használ?

22.4.13. Feladatok

1. feladat (A)
Magyarázd meg a darabolás, szélezés és szeletelés közötti különbséget!

2. feladat (A)
Sorold fel, miért fontos a hibakiejtés a darabolás előtt! Adj legalább három indokot.

3. feladat (B)
Egy 3000 mm hosszú, tiszta tölgyfa szálból 4 darab 740 mm nyers hosszúságú lábat akarsz vágni. A fűrészhézag 3 mm. Elvégezhető-e a darabolás? Számítással igazold!

4. feladat (B)
Egy 52 mm vastag bükk pallóból 2 darab 22 mm kész vastagságú lécet szeretnél. A gyalulási ráhagyás oldalanként 2 mm, a fűrészhézag 2,5 mm. Elvégezhető-e a szeletelés? Számítással igazold!

5. feladat (C)
Egy íves oldallap belső ívsugara 45 mm. A műhelyben 10 mm, 16 mm és 25 mm széles fűrészszalag van. A tájékoztató táblázat (22.1) a mérvadó. Melyik szalagot választanád? Indokold a választást!

6. feladat (D)
Egy 2000 mm hosszú, 130 mm széles deszka bal végén 150 mm hosszú repedés található. A feladat 4 darab 450 mm kész hosszúságú léc nyersre szabása. A hosszráhagyás darabonként 10–10 mm, a fűrészhézag 3 mm. A repedt részt természetesen ki kell ejteni. Elég-e az anyag? Számítsd ki, és írd le a vágási sorrendet!

22.4.14. Megoldások

22.4.14.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A darabolás a fűrészáru hosszirányára merőleges, keresztirányú vágás, a hossz beállítására.
2. Igaz. A szélezésnél a párhuzamütköző állítja be a szélességet, és vezeti a munkadarabot.
3. A legkisebb ívsugarat a 22.1 táblázatából olvassuk le; 6–12 mm-es szalagnál durva becslés $r_{\min} \approx 3 \cdot b_{\text{szalag}}$.
4. $n = 3$ esetén $3 \cdot 740 + 2 \cdot 3 = 2226\,\text{mm}$; $n = 4$ esetén $4 \cdot 740 + 3 \cdot 3 = 2969\,\text{mm}$. Tehát 3 darab fér el.

5. A levágott darab beszorulhat a fűrészlap és a párhuzamütköző közé, és visszavágódást okozhat. Darabolásnál szögütközőt vagy tolószánt használjunk.

22.4.14.2. 1. feladat (A)

A darabolás keresztirányú vágás, a hosszméret beállítása. A szélezés hosszirányú vágás, a szélesség és az oldalfelületek párhuzamosságának kialakítása. A szeletelés vastagsági irányú osztás, amely során vastagabb pallóból vékonyabb lapokat vagy léceket fűrészelünk.

22.4.14.3. 2. feladat (A)

A hibakiejtés azért fontos a darabolás előtt, mert:

- a hibás részt hulladékdarabba tudjuk vágni, és nem kerül alkatrészbe,
- a hiba a kész termékben terhelésre eltörhet,
- a repedés a fűrészelés során továbbterjedhet,
- a felesleges hibák selejtet és időveszteséget okoznak.

22.4.14.4. 3. feladat (B)

Adott: $l_{\text{nyers}} = 740\,\text{mm}$, $n = 4$, $s_{\text{vág}} = 3\,\text{mm}$.

$$L_{\text{igény}} = 4 \cdot 740 + 3 \cdot 3 = 2960 + 9 = 2969\,\text{mm}$$

A rendelkezésre álló szál hossza 3000 mm, ezért a darabolás elvégezhető. A maradék 31 mm.

22.4.14.5. 4. feladat (B)

A nyers vastagság:

$$v_{\text{nyers}} = v_{\text{kész}} + 2 \cdot r_{\text{gyalu}}$$

$$v_{\text{nyers}} = 22 + 2 \cdot 2 = 26\,\text{mm}$$

A pallóból szükséges összvastagság:

$$v_{\text{palló, szükséges}} = 2 \cdot 26 + 1 \cdot 2{,}5 = 52 + 2{,}5 = 54{,}5\,\text{mm}$$

Ez nagyobb, mint 52 mm, tehát a szeletelés nem végezhető el. Vékonyabb lécet vagy vastagabb pallót kell választani.

22.4.14.6. 5. feladat (C)

A 22.1 táblázata szerint a 10 mm széles szalag legkisebb ívsugara 35 mm ≤ 45 mm, tehát alkalmas.
A 16 mm széles szalag a 15 mm-es (70 mm) és a 20 mm-es (120 mm) érték között van, ívsugara kb. 75 mm > 45 mm, tehát nem alkalmas.
A 25 mm széles szalag legkisebb ívsugara 180 mm, ezért sem alkalmas.

A választás: 10 mm széles szalag. A pontos minimális sugarat mindig a szalag gyártói adatlapja adja meg.

22.4.14.7. 6. feladat (D)

A repedt rész kiejtése után a hasznos hossz:

$$L_{\text{hasznos}} = 2000 - (150 + 10) - 3 = 1837\,\text{mm}$$

A nyers hossz darabonként:

$$l_{\text{nyers}} = 450 + 10 + 10 = 470\,\text{mm}$$

Négy darabhoz szükséges hossz:

$$L_{\text{igény}} = 4 \cdot 470 + 3 \cdot 3 = 1880 + 9 = 1889\,\text{mm}$$

Mivel $1889\,\text{mm} > 1837\,\text{mm}$, az anyag nem elég. A hiány 52 mm. (A hasznos hossz a repedés végétől 10 mm-rel kijjebb vágott biztonsági levágást és a 3 mm-es fűrészhézagot is tartalmazza.) Hosszabb deszkát kell választani, vagy csökkenteni a hosszráhagyást, ha a következő művelet azt megengedi.

Vágási sorrend:

1. Mérd le a deszkát, és jelöld meg a repedt részt.
2. A repedt végétől 10 mm-rel kijjebb vágd le a repedt szakaszt.
3. A maradó tiszta szakaszból jelölj ki 470 mm-es darabokat.
4. Darabold le a nyers hosszakat körfűrészen.
5. Szélezd a darabokat a bázisél kialakítása után.
6. Ellenőrizd a méreteket és a hibamentességet.

22.4.15. Rövid összefoglaló

A fűrészgépi méretre szabás a rajz–anyag–művelet hármas gyakorlata. A szabásjegyzékből indulunk, majd a fűrészárut daraboljuk, szélezzük, és ha szükséges, vastagság szerint szeleteljük. A darabolás keresztirányú vágás, a szélezés hosszirányú vágás, a szeletelés pedig a vastagsági osztás. A hibakiejtés mindig a darabolás előtt történik, mert a repedés, laza göcs vagy korhadás a kész alkatrészben súlyos hibát és törést okoz. A vágási számításokhoz figyelembe kell venni a hossz- és szelvényráhagyást, valamint a fűrészhézagot. A szalagfűrészgép síkgörbéket vág, a minimális belső ívsugár tájékoztató becslése $r_{\min} \approx 3 \cdot b_{\text{szalag}}$. A fűrészgépről lekerülő, hibamentes, ráhagyással ellátott nyers darabok a gyalulási és alkatrészgyártási műveletek bemenő anyaga. A gépi munka során mindig a védőberendezéssel, elszívással és tolófával ellátott gépet használjuk, és tilos a veszélyes rövidítéseket bevezetni.

22.4.16. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok:

- MSZ EN ISO 19085 sorozat, faipari gépek biztonsága – a pontos részek ellenőrizendők,
- asztalos körfűrészgép és szalagfűrészgép gépkönyve,
- fűrészszalagok és fűrészlapok gyártói műszaki adatlapja,
- faanyaghibák osztályozásával kapcsolatos hazai szabvány,
- a tanulóműhelyi oktatói utasítások és munkalapok.

Ellenőrizendő pontok:

- a szalagfűrész minimális görbületi sugarának pontos gyártói értéke,
- a fűrészhézag tényleges mérete a választott szerszámnál,
- a gyalulási ráhagyás értéke a következő művelethez,
- a fűrészgépi fordulatszámok és szerszámátmérők,
- a fapor-expozíció határértéke és a légzésvédő FFP-osztálya.

23 Gyalugépek

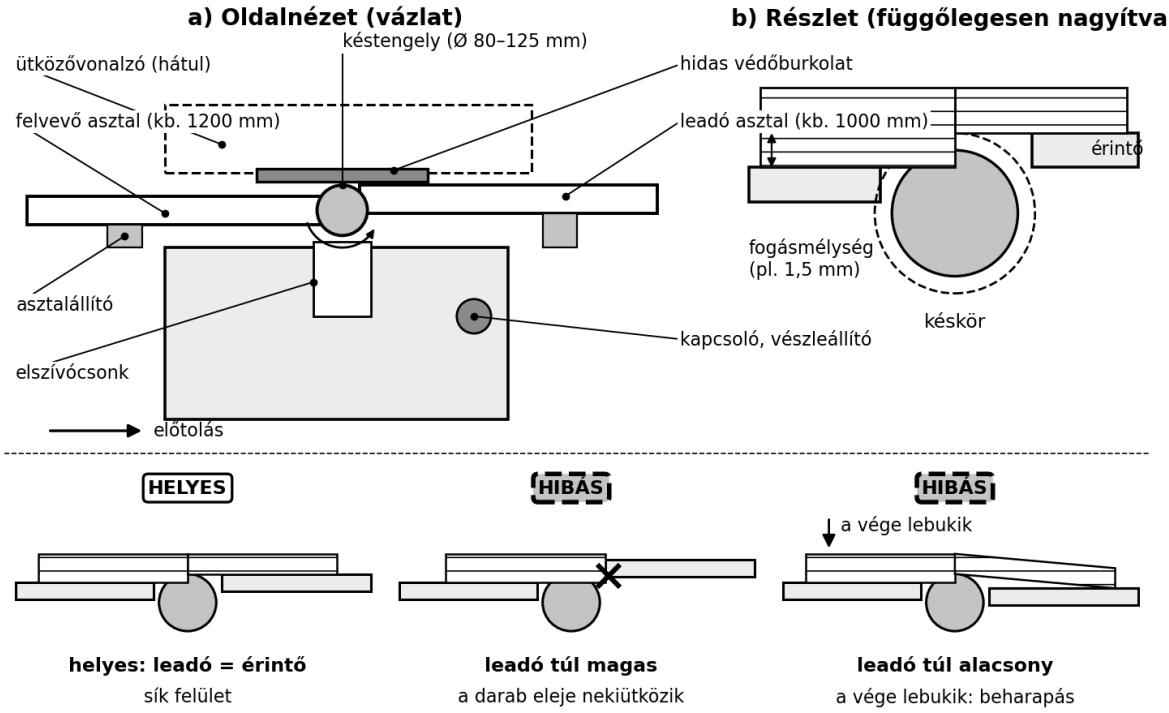
23.1. Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság

23.1.1. Motiváció

Egy raktár sarkából elővettél egy 800 mm hosszú, 120 mm széles tölgyfa alkatrészt. Szemre szép, de ha lapjára fekteted, billeg: az egyik sarka 2 mm-rel feljebb áll. A vastagsági gyalugép önmagában ettől nem varázsolja síkba a lapot, csak párhuzamos vastagságot készít a már meglévő, hullámos felületből. Előbb az **egyengető gyalugépen** kell egy valóban sík **bázislapot** készíteni, majd az arra merőleges **bázisélt**. Ha ez megvan, csak ezután jöhet a vastagsági gyalugép. Az egyengető gép tehát a teljes keresztmetszeti megmunkálás első, minőséget megalapozó állomása.

23.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy kb. 2 m hosszú asztalt, amelyet középen két részre oszt a forgó késtengely. A bal oldali **felvevő asztal** kissé lejjebb van, a jobb oldali **leadó asztal** pontosan a kések felső élének magasságában. A deszka balról érkezik, a lejjebb lévő asztalról átemeled a kések fölé. A késtengely leforgácsolja a deszka aljából a felesleget, a frissen vágott, sík felület pedig már a magasabb leadó asztalra támaszkodik. A forgácsot elszívó csonk viszi el, a hidas védőburkolat a kézzel szembeni oldalon takarja a szerszámot. Az alábbi ábra a gép felépítését és az asztalok helyes beállítását mutatja.



23.1. ábra. Egyengető gyalugép oldalnézete, a késkör és az asztalok viszonya, valamint a leadó asztal három beállítása

Az „a” rész a gép fő részeit mutatja: balra a lejjebb állított felvevő asztal (kb. 1200 mm), középen a késtengely, jobbra a leadó asztal (kb. 1000 mm), fölötte a hidas védőburkolat, hátul az ütközővonalzó, alul az elszívócsonk. A „b” részlet (függőlegesen nagyítva) a lényeget mutatja: a leadó asztal a késkör felső érintőjében áll, a felvevő asztal a fogásmélységgel (például 1,5 mm) lejjebb. Az alsó sor a leadó asztal három beállítását veti össze: helyes (sík felület), túl magas (a darab eleje nekiütközik) és túl alacsony (a darab vége a felvevő asztal elhagyásakor lebukik, és a végén mélyebb a fogás). Az interaktív változatban a leadó asztal eltérése és a fogásmélység állítható.

23.1.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. Az **egyengető gyalugép** olyan helyhez kötött faipari gép, amely forgó késtengellyel a munkadarab egyik lapját vagy élét síkba gyalulja. A gép **felvevő asztala** a szerszám előtti rész, amely a fogásmélységnek megfelelően lejjebb áll; a **leadó asztal** a szerszám utáni rész, amely a kész felületet támasztja. A két asztal közötti, a kések felső élének magasságában lévő elképzelt vonal a **késkör felső érintője**.

Szabály. A leadó asztal felső síkját a késkör legmagasabb pontjába, azaz a késél körpályájának érintőjébe kell beállítani. Ha a leadó asztal magasabban van, a munkadarab felfekszik és nem halad; ha alacsonyabban, az alkatrész vége leesik, és a munka nem lesz sík. A felvevő asztal magasságkülönbsége adja a **fogásmélységet**.

Definíció. A **fogásmélység** az egy menetben levett forgácsvastagság. Az egyengető gyalulásnál irányítani kell, mert a munkadarabot kézzel vezetjük. Tájékoztató érték: előnagyolásnál 2–3 mm, simító egyengetésnél 0,5–1 mm felvevőasztal-süllyesztés a késkörhöz képest (ellenőrizendő: gépkönyv és a fa fajtája).

Definíció. A **késkivetés** (késkiemelés) a kés éle és a késtengely palástja közötti sugárirányú túlnyúlás. Kézi előtolású gépeken a kivetést a szerszámgyártó és a szabvány korlátozza (jelölve: MSZ EN 847-1 – kb. 1,1 mm, ellenőrizendő); a beállítósablon ezt az értéket adja. Szögletes (nem biztonsági kivitelű) késtengely kézi előtolású gépen nem használható (ellenőrizendő). Az egyenletes késkivetés biztosítja, hogy a tengely minden kése azonos átmérőjű kört írjon le.

Definíció. A **késnyomtáv** a késenkénti előtolás: az a távolság, amennyit a munkadarab halad két egymást követő kés vágása között. Képlete ugyanaz, mint az Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás alfejezetben tanult fogankénti előtolás. A késnyomtáv határozza meg a felület hullámosságát: minél kisebb, annál finomabb a felület.

Definíció. Az **élgyalulás** az egyengető gyalugépen az ütközőhöz szorított munkadarab keskeny oldalának merőlegesre gyalulása. A **lapgyalulás** (egyengetés) a munkadarab széles lapjának síkba gyalulása. A teljes megmunkálás sorrendje a kézi gyalulásnál tanultakkal azonos: **bázislap → bázisél → vastagság → szélesség**.

23.1.4. A gép felépítése

Az egyengető gyalugép fő részei:

- **Gépállvány:** stabil, rezgésmentes alap, gyakran a kapcsolóval és a vészleállóval.
- **Felvevő asztal:** a szerszám előtti asztalfél, magassága állítható. Ezen fekszik a munkadarab, amíg el nem éri a késeket.
- **Leadó asztal:** a szerszám utáni asztalfél, a kész lapot támasztja. Beállítása rögzített a késkör érintőjére, de késkopás vagy késkivetés után ellenőrizni kell.
- **Késtengely:** hengeres, késeket befogadó tengely. A kések csavarokkal, ékszorítókkal vagy hidraulikus befogással rögzülnek. A tengely fordulatszáma tájékoztató jelleggel 4000–6000 1/min (ellenőrizendő: gépkönyv).
- **Ütközővonalzó:** az élgyalulásnál a szerszám előtti és utáni oldalon is felfekvést ad. Keresztirányban (az asztal szélességében, a késtengellyel párhuzamosan) eltolható, dönthető a kívánt szögbe.
- **Hidas védőburkolat (ujjvédő):** a késtengely fölött elhelyezett, elfordítható vagy eltolható védőelem. A munkadarab által nem takart szerszámrészt mindig fednie kell.
- **Elszívócsatlakozás:** a porképződés csökkentésére, a gépet a műhely elszívóhálózatához kell kötni.
- **Beállító eszközök:** kézi kerék vagy emelő az asztalmagassághoz, skála a fogásmélységhez.

Szabvány. Az egyengető gyalugépekre a **faipari gépek biztonsági szabványai** vonatkoznak, az **MSZ EN ISO 19085 sorozat** megfelelő gyalugépekkel foglalkozó része (pontos szabványszám ellenőrizendő). A gépen CE-jelölés, gyártói adattábla és magyar nyelvű gépkönyv kell legyen. A védőberendezések eltávolítása, a vészleállító megkerülése vagy a gépkönyvben tiltott munkadarabméretek feldolgozása tilos.

23.1.5. Gépi gyaluszerszámok

Hagyományos egyenes kések. A leggyakoribb, két-három-négy kést befogadó tengely. A kések gyorsacélból (HSS) vagy keményfémből készülnek. A kést a tengelyben csavarokkal szorítjuk. Egyenletes beállítás esetén jó felületet adnak, de a késprofil nem cserélhető élével együtt.

Cserélhető lapkás tengely. A tengelybe kis, négyzet vagy téglalap alakú, forgatható keményfém lapkákat szerelnek. Ha egy él kopott, a lapkát elforgatják. A beállítás gyors és egyenletes, mert a lapkák geometriai helye gyárilag meghatározott.

Spirálkéses (szegmensélű) tengely. A késeket apró, csavaros lapkákból álló sorok alkotják, a tengely palástján csavarvonalban elhelyezve. A vágás folyamatosabb, a forgácsvastagság kisebb, így halkabb és tisztább a vágás, különösen nehezen gyalulható, hullámos vagy csavarodott rostú fán.

Megjegyzés. A szerszám megengedett legnagyobb fordulatszámát mindig a gyártó jelöli a késen, a lapkán vagy a csomagoláson. A gép névleges fordulatszáma nem lépheti túl ezt az értéket. A szerszámcsere előtt mindig ellenőrizni kell, hogy a kés mérete, késkivetés-tartománya és megengedett fordulatszáma a gépkönyv szerinti.

23.1.6. Késcsere, késbeállítás és kiegyensúlyozás

A késeket tompa él, kitörés, kicsorbulás vagy szerszámcsere miatt cseréljük. A késbeállítás célja: minden kés élének ugyanakkora késkivetést kell adni, hogy a tengely kiegyensúlyozott maradjon. A rosszul beállított kés nem fog, vibrációt, hullámos felületet és balesetveszélyt okoz.

Biztonsági alapszabály. Szerszámcsere, beállítás és tisztítás előtt a gépet **áramtalanítani** kell, a főkapcsolót kikapcsolni, a vészleállót benyomni, és megvárni, amíg a késtengely teljesen megáll. A gépkönyv szerinti reteszelést alkalmazni kell.

Beállító eszközök: - **Beállítósablon:** mágnessel vagy talppal a késtengely palástjára helyezhető idom, amely a kés élét a megadott kivetésre emeli. - **Mágneses beállító:** a kést mágnessel húzza a sablonhoz, így a beállítás gyorsan ellenőrizhető. - **Óramérő (mérőóra):** a legpontosabb, tájékoztató jelleggel 0,01–0,02 mm különbségen belül ellenőrzi a kések kivetését (ellenőrizendő: gyártói tűrés).

Késcsere lépései (recept):

1. Kapcsold ki a gépet, áramtalanítsd, várd meg a tengely megállását.

2. Vedd le vagy hajtsd el a hidas védőburkolatot a gépkönyv szerint.

3. Tisztítsd meg a késtengelyt, a befogóhornyot és a szorítócsavarokat a gyantától és faporral kevert szennyeződéstől.

4. Oldd ki a késtartó csavarokat fokozatosan, keresztben haladva. Vedd ki a tompa kést.

5. Tisztítsd meg a kést és a befogófelületet. Tilos sérült, repedt vagy hajlott kést visszaszerelni.

6. Helyezd be az új vagy élezett kést, majd a beállítósablont a késtengely palástjára téve emeld a kést a kívánt kivetésre.

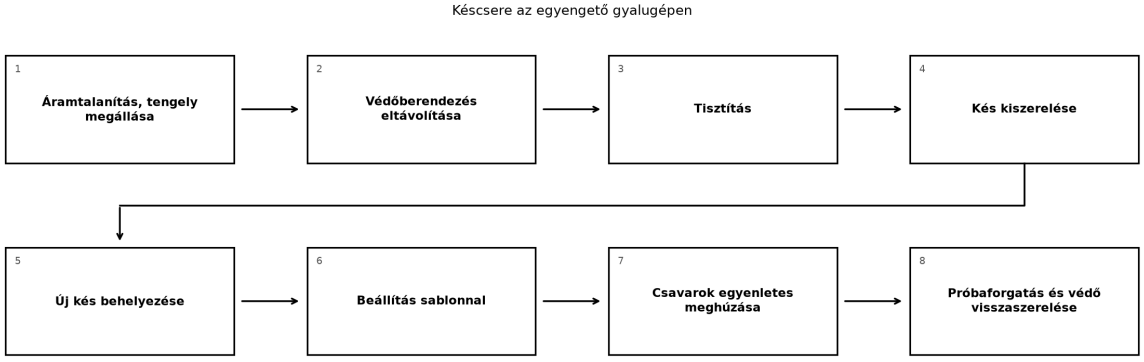
7. Húzd meg a szorítócsavarokat egyenletesen, keresztben, a gyártó által megadott nyomatékkal (ellenőrizendő).

8. Forgass meg egy teljes kört a tengelyen ellenállás nélkül, és ellenőrizd, hogy egyik kés sem ér az asztalhoz, a védőberendezéshez vagy az ütközőhöz.

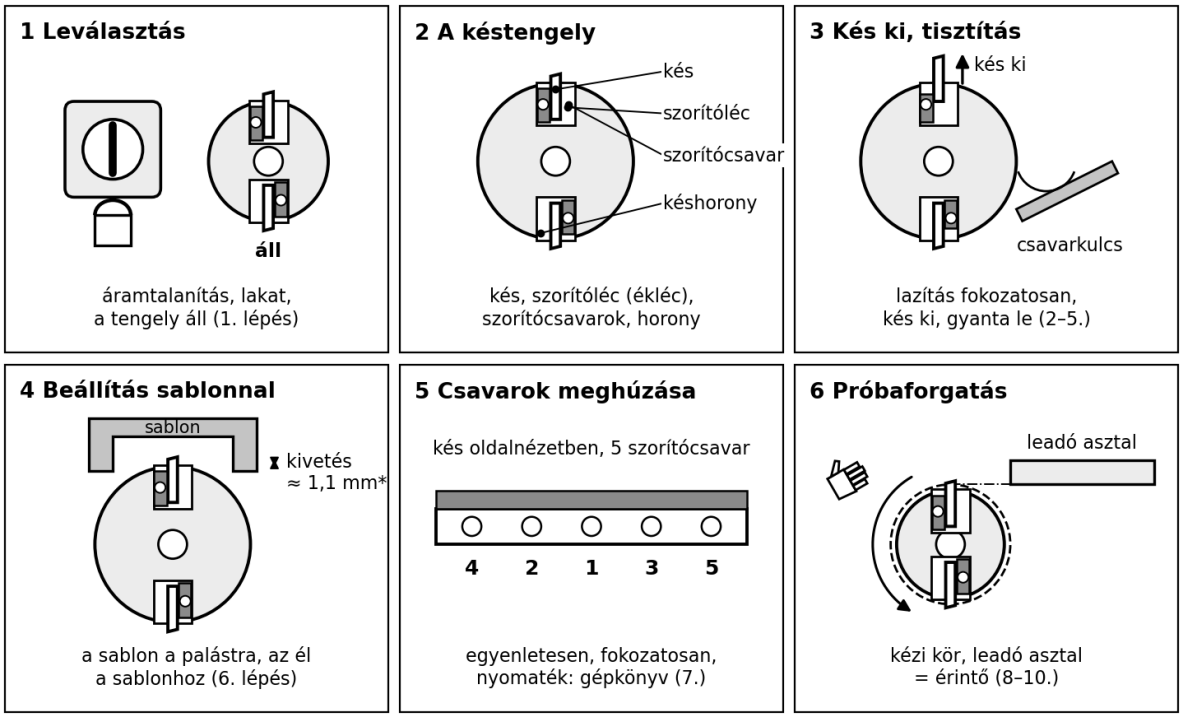
9. Ellenőrizd a leadó asztalt a késkör érintőjéhez. Szükség esetén állítsd utána.

10. Szereld vissza a védőberendezést, kösd be az elszívást, majd járass üresen néhány másodpercig, figyelve a rendellenes zajt és vibrációt.

Diagram.



23.2. ábra. Késcsere az egyengető gyalugépen - Szemléltető műveletsor; a pontos lépéseket a gépkönyv adja meg.



23.3. ábra. Késcsere és késbeállítás képsora beállítósablonnal

A képsor a recept lépéseit követi: leválasztás és álló tengely; a késtengely metszete (kés, szorítóléc, szorítócsavarok, horony); a csavarok fokozatos oldása és a kés kivétele; a beállítósablon a palástra téve, a kés éle a sablonhoz emelve; a csavarok egyenletes, fokozatos meghúzása; végül a kézi átforgatás és a leadó asztal ellenőrzése.

Kiegyensúlyozás. A kések egyenlő beállítása nemcsak felületi minőség, hanem biztonsági kérdés is. Ha az egyik kés nagyobb kivetéssel áll, a tengely „üt”: a gép remeg, a csapágyak gyorsabban kopnak, a munkadarab visszarúg, és a szerszám még a befogásból is kilazulhat. A gyakorlatban a

kiegyensúlyozást a pontos késbeállítás, a tiszta befogófelület és az egyenlő csavarhúzás biztosítja. A tengely gyári dinamikus kiegyensúlyozása után a késeket csak szakszerűen szabad cserélni.

23.1.7. Egyengetés, élgyalulás derékszögben, fogásmélység, előtolás

A biztonságos gyalulás az **egyenletességen** múlik. A munkadarabot a gyalulás irányába toljuk, de a kezünk soha nem kerülhet a szerszám fölé vagy a szerszám vonalába. A nyomást a **bemenő oldalon** a munkadarabra, a **kimenő oldalon** a frissen gyalult felületre gyakoroljuk, a leadó asztalon.

Szabály. Az élgyalulásnál a munkadarabot az ütközőhöz szorítjuk, a széles lapját a felvevő asztalhoz fektetjük. A hidas védőburkolatot úgy állítjuk, hogy a munkadarab áthaladjon, de a szabadon maradó szerszámrészt fedje. A fogásmélységet a felvevő asztal magasságállítójával szabályozzuk.

Előtolás. Az egyengető gép kézi előtolású. A tolás sebessége tájékoztató jelleggel 4–10 m/min (ellenőrizendő: a gépkönyv, faanyag, fogásmélység). A túl gyors tolás nagy késnyomtávot, hullámos felületet, a túl lassú tolás égést és gyors késkopást okoz. A próbadarabon kell bemérni a helyes tempót.

Hosszú, rövid, görbe és csavarodott alkatrészek

- **Hosszú alkatrész:** a gép asztalhossza korlátozza. Alátámasztás nélkül tájékoztatásul legfeljebb kb. a teljes asztalhossz (felvevő + leadó) kétszeresének megfelelő darabot vezess; ennél hosszabbnál görgős bak vagy betanított segítő kell (ellenőrizendő: gépkönyv).
- **Rövid alkatrész:** kb. 300 mm alatt **tolófát** vagy **tolófésűt** kell használni, hogy a kéz távol maradjon. Tájékoztató tilalom: kb. 100 mm-nél rövidebb darabot egyengető gyalugépen nem szabad megmunkálni (ellenőrizendő: gépkönyv).
- **Görbe vagy ívelt alkatrész:** az egyengető gép síkra gyalul, ívet nem készít. Az ívelt (vetemedett) darabot először meg kell vizsgálni, hogy a homorú oldala mennyire mély. Ha a görbeség kisebb a ráhagyásnál, akkor a homorú oldalát lefelé fordítva egyengetjük, különben a munkadarab billeg. A csavarodott (sodrott) deszkának nincs homorú oldala: az két átlós sarkán fekszik fel.
- **Csavarodott alkatrész:** a csavarodott deszkát nem szabad erővel lenyomva „kiegyenesíteni”, mert a gyalulás után visszarugózik, és a kész lap vetemedett marad. Először az egyik oldalt gyaluljuk síkra úgy, hogy a deszkát a legalacsonyabb pontjaira támasztjuk, majd a másik oldalt a vastagsági gyalugéppel méretre vesszük.

Tolófa rövid darabhoz. A **tolófa** (tolófogantyú) olyan fogóeszköz, amely alul gumi- vagy fabetéttel szorítja a munkadarabot, a kéz pedig a tolófa mögött, a szerszámtól távol van. **Tolófésű** a vékony lemezek síkban tartására szolgál.

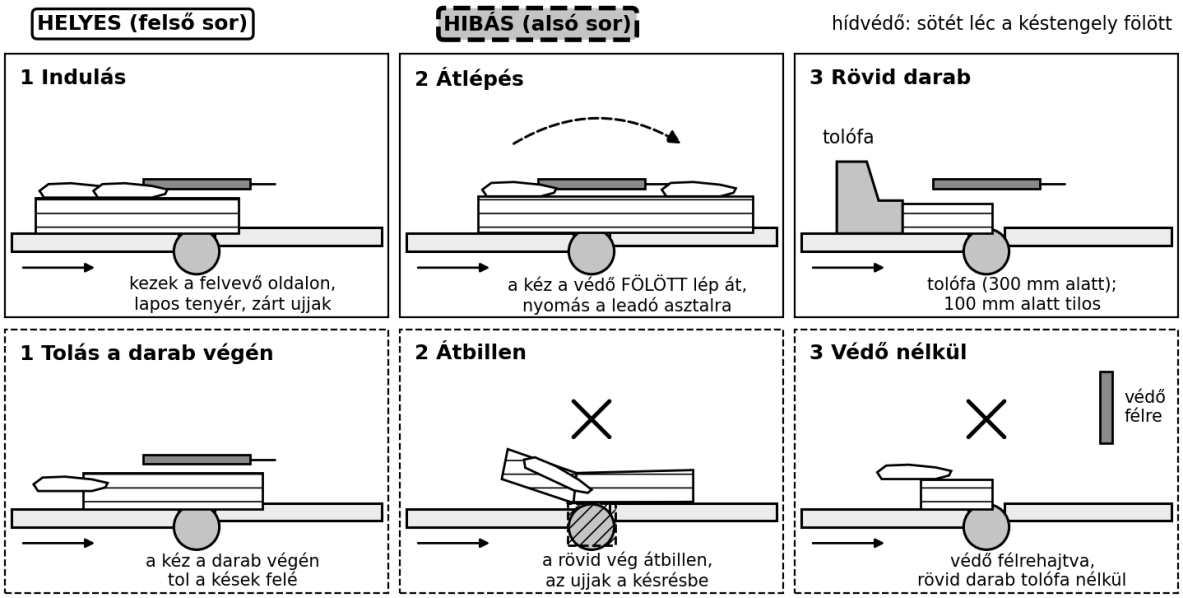
23.1.8. Gépbiztonság

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd.

- A forgó késtengelyhez **tilos** kesztyűben nyúlni: a kesztyű behúzhatja a kezet.
- **Tilos** a hidas védőburkolatot a munkadarab útjából eltávolítva dolgozni.
- **Tilos** a gépkapcsolót megkerülni, a vészleállítót leszerelni, a biztonsági berendezést rögzíteni.
- **Tilos** repedt, csorbult, laza kést befogni, és a megengedettnél nagyobb fordulatszámot használni.

- A munkadarabot csak **száraz**, szeg-, csavar- és idegen anyagmentes állapotban szabad gyalulni.
- Szerszámcsere, beállítás, takarítás előtt **áramtalanítás**, és a tengely teljes megállása kötelező.
- A porképződés csökkentésére **elszívás** és szükség szerint **FFP-szűrős félálarc** kötelező.

A leggyakoribb ujjsérülés oka: a munkadarab vége hirtelen átbillen, mert rövid vagy görbe, és a kéz lecsúszik a forgó késtengelyre. A tolófa és a védőburkolat nem kényelmetlenség, hanem a kéz védelme.



23.4. ábra. Egyengetés helyes és hibás kézvezetése oldalnézetben

A felső sor a helyes kézvezetést mutatja: a hídvédő a darab fölött áll, a kezek lapos tenyérrel nyomnak, és a védő fölött átemelve „lépnek át” a leadó oldalra; rövid darabot tolófa tol. Az alsó sor a hibákat: a darab végén toló kéz, az átbillenő rövid vég, amelytől az ujjak a késrésbe csúsznak, és a félrehajtott védő melletti munka.

23.1.9. Technológiai lap

Cél: egy csavarodott tölgyfa alkatrész egyik lapjának síkba gyalulása, majd az arra merőleges él kialakítása.

Termék/alkatrész: tölgyfa láb, kiinduló méret kb. 820 × 90 × 34 mm, kész bázisméretek: egy sík lap, egy merőleges él.

Anyag: tölgyfa, szárított, idegen anyagtól mentes, fanedvesség kb. 8–12 % (ellenőrizendő: felhasználási cél).

Gépek és szerszámok: egyengető gyalugép, tolófa (rövid darabhoz), derékszögelő, egyenes vonalzó, sodarásléc (két párhuzamos élével vizsgálólécek), félálarc, védőszemüveg.

Beállítási adatok (tájékoztató): felvevő asztal süllyesztése előnagyoláskor 1,5–2 mm, simításkor 0,5 mm; leadó asztal a késkör érintőjén; ütköző 90°-ra állítva, derékszöggel ellenőrizve (ellenőrizendő: gépkönyv).

Gépbiztonság. Lásd az előző biztonsági dobozt. A védőburkolatot a munkadarab szélességéhez igazítsd, a szabad szerszámrészt fedve. Az elszívás legyen bekapcsolva.

Indítás előtti ellenőrzés: a késtengely kései épek, egyenletesen állnak; a csavarok feszesek; a védőburkolat működik; az asztalok tiszták, gyantamentesek; a munkadarabon nincs idegen anyag.

Lépések:

1. Állítsd be a felvevő asztalt az előnagyolási fogáshoz, a leadó asztalt ellenőrizd a késkör érintőjénél – ellenőrzés: a kés élének legmagasabb pontja az asztallal azonos magasságú legyen.

2. Indítsd a gépet, várj, amíg a tengely eléri a névleges fordulatszámot – ellenőrzés: egyenletes járás, nincs rendellenes rezgés.

3. A csavarodott deszkát úgy fektesd, hogy a két átlós felfekvő sarok legyen alul, és ne billegjen; az első menetekben csak a kiálló sarkokat veszi le a kés, ne nyomd le erővel; a gyalulás irányába told – ellenőrzés: a deszka nem billeg a felvevő asztalon.

4. Nyomd a deszkát a bemenő oldalon arra a pontra, ahol a felfekvés stabil, a kimenő oldalon már a friss lapot vezesd – ellenőrzés: az első teljes hossz után a deszka ne billegjen.

5. Többszöri menetben, csökkenő fogással gyaluld a lapot, amíg a síkhiba el nem tűnik – ellenőrzés: egyenes vonalzóval fényrés nélküli, legfeljebb 0,2 mm fényrés a lapon (tájékoztató érték).

6. Állítsd az ütközőt 90°-ra, és a frissen gyalult lapot szorítsd az ütközőhöz, az él kerüljön a szerszám fölé – ellenőrzés: a lap teljes felülettel fekszik az ütközőn.

7. Gyaluld az élt, az előtolás egyenletes legyen, a végeken ne billenjen a darab – ellenőrzés: a gyalult él és a bázislap közötti derékszög eltérése legfeljebb 0,2 mm 100 mm-en (tájékoztató).

8. Jelöld bázisjellel a bázislapot és a bázisélt; a másik két oldalt a vastagsági gépen munkáld – ellenőrzés: a méretráhagyás megvan a vastagsági gyaluláshoz.

Dokumentálás: munkanaplóban rögzítsd a fogásmélységet, a késnyomtávot és a derékszög-ellenőrzés eredményét.

23.1.10. Minőségellenőrzés

Az egyengetett felületet és élt a következőkkel ellenőrizzük:

- **Egyenes lap:** acél vagy pontos alumínium vonalzó, esetleg sodarásléc. A lapot három irányban (hossz, kereszt, átló) vizsgáljuk. Tájékoztató megengedett fényrés: 0,1–0,2 mm/500 mm (ellenőrizendő: a munka színvonala).
- **Derékszög:** asztalos derékszöggel, az élt és a bázislapot összefogva. A fényrés a derékszög szárai mentén jelzi a hibát.
- **Hullámosság:** súrolófényben, a felületre közel párhuzamos fényben szemléljük. A késnyomtávból adódó finom barázdák finom csiszolással eltűnnek; a mélyebb, hullámos barázda a tompa kés vagy a túl nagy fogás jele.
- **Vetemedés, sodarás:** sodaráslécekkel a lap végein és közepén. Ha a két léc nem párhuzamos, a lap csavarodott.

- **Szerszámnyom, kitörés:** a lapon vagy élen mutatkozó szálkiszakadás a rostiránnyal ellentétes gyalulás vagy a nagy fogás jele.

Ha a mért érték nem felel meg, az eltérést az adott művelet megismétlésével javítjuk. Jelentős hiba esetén a ráhagyást újra kell tervezni, a darabot nem szabad tovább vinni a vastagsági gyalugépre.

23.1.11. Tipikus hibák és okaik

1. Hullámos felület a gyalulás után.
Ok: tompa vagy egyenetlenül beállított kések; túl nagy előtolás; a tengely csapágyhibája. Helyes gyakorlat: késeket élezni, azonos késkivetést beállítani, egyenletes, mérsékelt előtolást használni, a csapágyat ellenőrizni.

2. Kitörés, visszaszakadás a fa élén.
Ok: rostiránnyal ellentétben gyalulunk, túl nagy fogás, hullámos rostú fa. Helyes gyakorlat: a rostirányt meghatározni, a fogást csökkenteni, a szerszámot élesített állapotban tartani; indokolt esetben spirálkéses tengelyt használni.

3. Az él nem derékszögű a laphoz.
Ok: az ütközővonalzó nem 90°-ra áll; a nyomás egyoldalú, ezért a munkadarab elbillen; a lap nem fekszik teljesen az ütközőhöz. Helyes gyakorlat: az ütközőt derékszöggel beállítani, a nyomást a széles lapon egyenletesen, az ütközőre merőlegesen gyakorolni, rövid darabnál tolófát használni.

Hibaelemzés: hullámos felület az egyengetőgép után

Tünet: az alkatrész lapján sűrű, szabályos, kb. 2–3 mm-enként ismétlődő barázdák láthatók. A hullámok mélysége a lap hosszában egyenletes.

Lehetséges okok:
- a kések magassága nem egyenlő, egy kés nagyobbat fog, ezért a felületen kiemelt késnyomok jelennek meg;
- a késtengely csapágya kopott, a tengely radiálisan üt;
- a késtengely fordulatszáma csökkent, mert az ékszíj csúszik.

Vizsgálat: leállítás és áramtalanítás után a késkivetést óramérővel megmérik. Az egyik kés 0,15 mm-rel magasabban áll a többinél. A csapágy és az ékszíj szemrevételezése rendben van.

Valódi ok: a kést rosszul állították be, a szorítócsavarokat egyenlőtlenül húzták meg.

Javítás: a gépet áramtalanítják, a kést a sablon szerint újra beállítják, a csavarokat nyomatékkulccsal, keresztben húzzák (ellenőrizendő: gyártói nyomaték).

Megelőzés: a késbeállítás után mindig ellenőrizni kell az óramérőt és próbadarabot gyalulni; a csavarokat csak a megadott nyomatékkal szabad meghúzni; a gép rendszeres karbantartásakor a csapágyakat is ellenőrzik.

23.1.12. Számítások

23.1.12.1. Forgácsolási sebesség

Példa. Az egyengető gyalugép késtengelye $D = 100\,\text{mm}$ átmérőjű, a névleges fordulatszám $n = 4500\,\text{min}^{-1}$. Mekkora a forgácsolási sebesség?

Adott: $D = 100\,\text{mm}$, $n = 4500\,\text{min}^{-1}$.
Keresett: v (m/s).
Képlet: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$.

Behelyettesítés:

$$v = \frac{100 \cdot \pi \cdot 4500}{60\,000} = \frac{100 \cdot 3{,}14 \cdot 4500}{60\,000} \approx 23{,}6\,\text{m/s}$$

Ellenőrzés: a gyalukésekhez tájékoztató jelleggel 20–35 m/s sebesség szokásos. A 23,6 m/s a gyakori tartományba esik. A gépkönyvben és a szerszámgyártó adatlapján megadott $n_{\max}$ értéknél nagyobb fordulatszámot nem használhatunk.

23.1.12.2. Késnyomtáv és előtoló sebesség

Példa. A tengelyen $z = 4$ kés dolgozik, $n = 4500\,\text{min}^{-1}$. A kézi előtolást úgy választjuk, hogy a késnyomtáv legfeljebb $e_z = 0{,}3\,\text{mm}$ legyen. Mekkora legyen az előtoló sebesség?

Adott: $z = 4$, $n = 4500\,\text{min}^{-1}$, $e_z = 0{,}3\,\text{mm}$.
Keresett: v_e (m/min).
Képlet átrendezve: $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$, így $v_e = \frac{e_z \cdot n \cdot z}{1000}$.

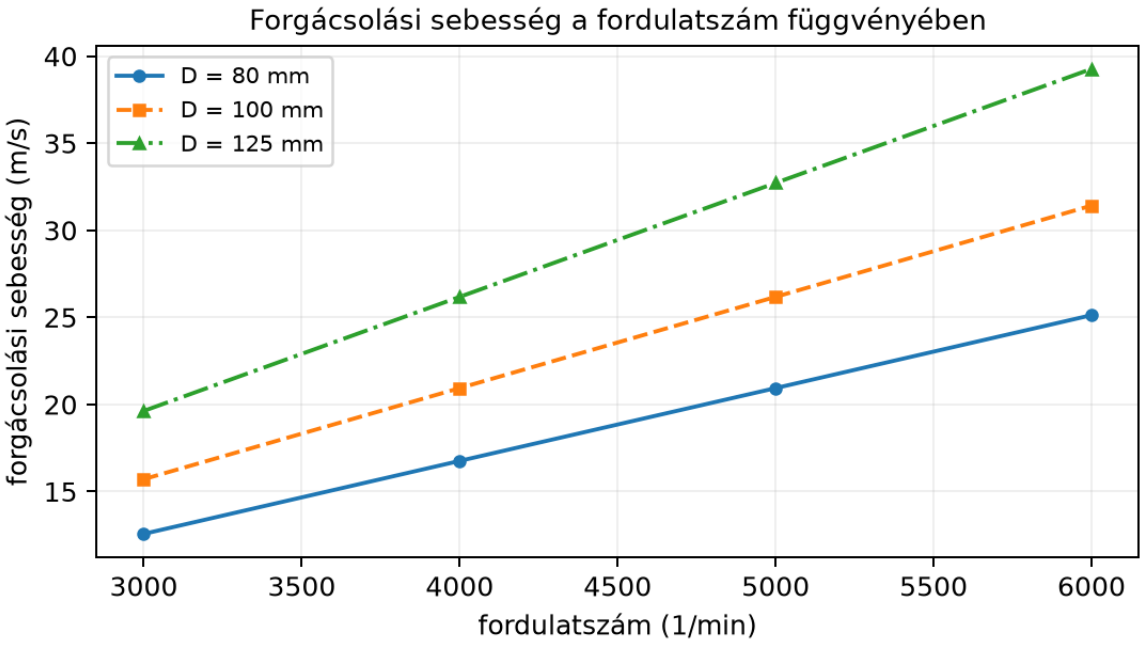
Behelyettesítés:

$$v_e = \frac{0{,}3 \cdot 4500 \cdot 4}{1000} = \frac{5400}{1000} = 5{,}4\,\text{m/min}$$

Ellenőrzés: a kézi gyalulásnál az 5,4 m/min lassú, de elfogadható tempó. Ha nagyobb fogással vagy gyorsabban tolunk, a késnyomtáv nő, a felület hullámos lesz. Fordítva: $v_e = 8\,\text{m/min}$ esetén $e_z = 8 \cdot 1000/(4500 \cdot 4) = 0{,}44\,\text{mm}$, ami már durvább felületet ad.

Megjegyzés. A gyakorlatban az előtolási sebességet nem mérik pontosan, de a próbadarab felülete alapján jól beállítható. A fenti számítás azt mutatja, hogy a kések száma, a fordulatszám és a tolási sebesség hogyan függ össze.

Ábra. A forgácsolási sebesség a fordulatszám függvényében, különböző késtengely-átmérők esetén.



23.5. ábra. Forgácsolási sebesség a fordulatszám függvényében - Szemléltető értékek a v = D · π · n/60000 képletből; a gép névleges fordulatszámát a szerszám típusa és a gyártói adatlap korlátozza (ellenőrizendő).

23.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben a tanuló egy csavarodott tölgyfa lábat akart méretre gyalulni. A deszka annyira vetemedett volt, hogy a felvevő asztalon billeg. A tanuló erővel lenyomta a deszkát, és a kések leforgácsolták a kiálló sarkokat. Amikor a másik oldalt a vastagsági gyalugépen megmunkálta, a láb vastagsága egyenletes lett, de a csavarodás megmaradt (az asztalon a két átlós sarok 3 mm-t billegett). Az alkatrész selejt lett, mert a vastagsági gép csak párhuzamos vastagságot tud, a csavarodást nem szünteti meg. A helyes eljárás az lett volna: először a deszkát a két átlós felfekvő sarkán alátámasztva, kis fogással, több menetben síkra gyalulni, majd csak ezután vastagolni. A hiba tanulsága: az egyengetőgép nem „feszítővas”, a fa mozgását tiszteletben kell tartani.

Valós eset – ujjsérülés. Egy tapasztalt asztalos rövid, 220 mm-es darabot gyalult egyengetőn. A hidas védőburkolatot félretolta, mert zavarta. Amikor a darab hirtelen átbillent, a keze a forgó késtengelybe csúszott, és ujjperc-sérülést szenvedett. A baleset oka a védőberendezés eltávolítása és a tolófa elhagyása volt. A tanulság: rövid munkadarabhoz mindig tolófát, a szerszám fölé mindig védőburkolatot kell használni.

23.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az egyengető gyalugép leadó asztalát a felvevő asztallal azonos magasságra kell állítani.

2. Melyik irányban kell a munkadarabot élgyalulásnál előtolni, ha a rostok ferdén futnak?

3. Számítsd ki a forgácsolási sebességet, ha $D = 125\,\text{mm}$, $n = 4800\,\text{min}^{-1}$!

4. Miért tilos kesztyűben dolgozni az egyengető gyalugépnél?

5. A késnyomtáv $e_z = 0{,}4\,\text{mm}$, $n = 5000\,\text{min}^{-1}$, $z = 3$. Mekkora a kézi előtolás m/min-ban?

6. Milyen sorrendben készíted el a bázisfelületeket egy csavarodott alkatrészen?

23.1.15. Feladatok

1. feladat (A)
Magyarázd meg, miért a leadó asztal magassága határozza meg az egyengetett sík minőségét, és mi történik, ha a leadó asztal a késkör alá van állítva.

2. feladat (A)
Számítsd ki a forgácsolási sebességet $D = 80\,\text{mm}$ és $n = 6000\,\text{min}^{-1}$ esetén! Ellenőrizd a nagyságrendet.

3. feladat (B)
Egy 4 késes tengely 4500 1/min fordulatszámmal dolgozik. A tanuló 7,2 m/min sebességgel tolja a munkadarabot. Számítsd ki a késnyomtávot! Hogyan változik a felület, ha a tolási sebességet 9 m/min-re növeli?

4. feladat (B)
Írd le a késcsere lépéseit, kiegészítve azzal, milyen méréssel ellenőriznéd, hogy a kések azonos kivetésűek-e.

5. feladat (C)
Az élgyalulás után a derékszög-ellenőrzésnél a fényrés a derékszög alsó száránál nyílik. Mit jelent ez, és hogyan javítanád?

6. feladat (D)
Készíts technológiai lapot egy 700 mm hosszú, 100 mm széles, 28 mm vastag, kissé csavarodott fenyődeszka egyik lapjának és élének síkba gyalulásához. Add meg a beállításokat, az ellenőrzési pontokat és a tolófára vonatkozó szabályt.

23.1.16. Megoldások

23.1.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A leadó asztalt a késkör érintőjébe kell állítani; a felvevő asztal a fogásmélységgel alacsonyabban van.

2. Úgy told, hogy a kés a rostokkal egyirányban vágjon: a munkadarab élén látható rostok a haladási iránnyal ellentétesen, a gép felé emelkedjenek.

3. $v = 125 \cdot \pi \cdot 4800/60\,000 \approx 31{,}4\,\text{m/s}$.

4. Mert a forgó késtengely a kesztyűt, és vele a kezet is behúzhatja, és súlyos ujjsérülést okoz; a kezet közvetlenül kell védeni a védőburkolattal és tolófával.

5. $v_e = 0{,}4 \cdot 5000 \cdot 3/1000 = 6\,\text{m/min}$.

6. Először a deszkát stabilan alátámasztva (nincs billegés) a lapot, majd a merőleges élt, azután a vastagsági gyalugéppel a másik lapot, végül a szélességet.

23.1.16.2. Feladatok – megoldások

1. feladat (A)
A leadó asztal a frissen gyalult, már sík felületet támasztja. Ha a leadó asztal a késkör érintőjében van, a munkadarab a kimenő oldalon nem tud leesni, így a kés teljes hosszban egyenletes vastagságú forgácsot vesz le. Ha a leadó asztal alacsonyabban van, a munkadarab vége a kés után megsüllyed, a gyalult lap hullámos lesz, és a gépet sem lehet biztonságosan vezetni.

2. feladat (A)
$D = 80\,\text{mm}$, $n = 6000\,\text{min}^{-1}$.
$v = \frac{80 \cdot \pi \cdot 6000}{60\,000} \approx 25{,}1\,\text{m/s}$.
Ellenőrzés: 25 m/s a gyalukések esetében elfogadható tartomány, de a szerszámgyártó $n_{\max}$ értékét ellenőrizni kell.

3. feladat (B)
$z = 4$, $n = 4500\,\text{min}^{-1}$, $v_e = 7{,}2\,\text{m/min}$.
$e_z = \frac{7{,}2 \cdot 1000}{4500 \cdot 4} = \frac{7200}{18\,000} = 0{,}4\,\text{mm}$.
Ha a tolási sebesség $9\,\text{m/min}$, akkor $e_z = \frac{9 \cdot 1000}{4500 \cdot 4} = \frac{9000}{18\,000} = 0{,}5\,\text{mm}$. Ez durvább, hullámosabb felületet eredményez; a késnyomtáv növekedése a felület minőségét rontja.

4. feladat (B)
A késcsere lépései: (1) áramtalanítás és a tengely megállása; (2) védőberendezés levétele; (3) tisztítás; (4) a tompa kés kiszerelése; (5) az új kés behelyezése; (6) beállítás sablonnal; (7) csavarok egyenletes meghúzása keresztben; (8) próbaforgatás, védő visszaszerelése, üres járatás. A kések azonos kivetését óramérővel ellenőrizzük: a tengely palástjához képest a kés élének magasságát több ponton, a tengelyt lassan forgatva mérjük. Az eltérés tájékoztató tűrése 0,02 mm (ellenőrizendő: gyártói adat).

5. feladat (C)
A fényrés a derékszög alsó száránál nyílik, tehát az él nem merőleges a bázislapra, hanem dőlt. Ennek oka: az ütköző nincs pontosan 90°-ra állítva, vagy a munkadarab lapja nem fekszik fel teljesen az ütközőre, vagy a nyomás az él felső részére irányul. Javítás: az ütközőt derékszöggel ellenőrizve 90°-ra állítjuk; a munkadarabot a széles lapjánál fogva az ütközőhöz szorítjuk; kis fogással, egyenletesen toljuk. A beállítás után próbadarabon ellenőrizzük a derékszöget.

6. feladat (D)
Technológiai lap a csavarodott fenyődeszka egyengetéséhez:

- **Cél:** az első bázislap és bázisél kialakítása.
- **Anyag:** fenyődeszka 700 × 100 × 28 mm, száraz, csavarodott.
- **Gépek, szerszámok:** egyengető gyalugép, tolófa, vonalzó, derékszög, sodaráslécek.
- **Beállítások:** felvevő asztal süllyesztése 1,5 mm (előnagyolás), majd 0,5 mm (simítás); leadó asztal a késkör érintőjén; ütköző 90°; elszívás bekapcsolva.
- **Ellenőrzések:** indítás előtt a kések állapota, védőberendezés; a deszka stabilan, billegés nélkül alátámasztva; a gyalult lap síkossága vonalzóval; az él derékszöge; a méretráhagyás.
- **Szabály:** a 700 mm hosszú darabhoz tolófa nem szükséges, de ha a darab rövidebb lenne 300 mm-nél, tolófát kell használni (tájékoztató határ, ellenőrizendő: gépkönyv).

A teljes megmunkálás sorrendje: lap egyengetése → él gyalulása → a másik lap vastagolása a vastagsági gyalugépen.

23.1.17. Rövid összefoglaló

Az egyengető gyalugép a teljes keresztmetszeti megmunkálás első gépe. Feladata a munkadarab egyik lapjának síkba gyalulása, majd az arra merőleges él kialakítása. A gép két asztalfélből áll: a felvevő asztal magasságkülönbsége adja a fogásmélységet, a leadó asztalt a késkör érintőjébe kell állítani. A késtengely késeit mindig azonos késkivetéssel, sablonnal és óramérővel kell beállítani. A késnyomtáv képlete: $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$; a késnyomtáv növekedése hullámos felületet okoz. A forgácsolási sebesség: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$. A biztonságos munka alapja a hidas védőburkolat, a tolófa rövid darabokhoz, a szerszám takarása és a kesztyű tilalma. **Továbbvitt eredmény.** Az egyengető gyalugépen készített bázislap és bázisél nélkülözhetetlen a vastagsági gyalugéppel végzett párhuzamos vastagoláshoz; ezt használjuk fel a Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás alfejezetben.

23.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsági szabványai: MSZ EN ISO 19085 sorozat, az egyengető gyalugépekre vonatkozó rész (ellenőrizendő: pontos szabványszám és hatály).
- Uniós gépbiztonsági jogszabály: gépirányelv/géprendelet (ellenőrizendő a hatályos szöveg).
- Gyártói gépkönyvek: fordulatszám-tartomány, késméretek, befogási nyomaték, legkisebb munkadarab-méret, késkivetés.
- Szerszámgyártói adatlapok: megengedett legnagyobb fordulatszám, késanyagok, spirálkéses tengelyek lapkaméretei.
- A fejezetben megadott sebesség-, fogás- és tűrésértékek tájékoztató jellegűek; a konkrét gépre és anyagra a gépkönyv, a szabvány és a gyártói adatlap az irányadó.
  Ellenőrizendő: pontos fordulatszám-tartomány, legkisebb darabhossz, óramérős tűrés, zaj- és porexpozíciós határértékek.

23.2. Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás

23.2.1. Miért kell ezt megtanulnod?

Az egyengető gyalugépen már elkészítetted a deszka **bázislapját** (az első sík lapot) és **bázisélét** (az első derékszögbe gyalult élt). A másik lap azonban még fűrészelt, egyenetlen, és a vastagság sem pontos. A **vastagsági gyalugép** ezt a második, a bázislappal párhuzamos lapot munkálja méretre. Nélküle a tömörfa alkatrész vastagsága esetleges lenne, és a ragasztott lap, keret vagy fiókoldal összeállításkor nem illeszkedne pontosan. A vastagsági gép tehát nem díszlet, hanem a **pontos méret** záloga.

23.2.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy tölgyfa asztalláb nyers darabja $750 \times 65 \times 65\,\text{mm}$. Az egyengetőn síkba gyalultad az egyik lapot és az egyik élt, méghozzá úgy, hogy azok pontosan derékszöget zárnak be egymással. Most a vastagsági gyalugéphez viszed a darabot: a bázislap lefelé fekszik az asztalon, a gép felülről forgácsolja a túloldalt. A cél $720 \times 60 \times 60\,\text{mm}$. A vastagsági gép a túloldalt 60 mm-re, a bázislappal párhuzamosra munkálja. A negyedik oldalt ezután szélezéssel veszed méretre. Így lesz az alkatrész **négy oldalról méretre gyalult** darab.

23.2.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **vastagsági gyalugép** olyan faipari gép, amely a munkadarab egyik, már síkra gyalult bázislapját leszorítva a túloldali lapot a bázislappal párhuzamosra, előírt vastagságra munkálja. A gépi előtolás az asztal fölött elhelyezkedő késtengely alatt húzza át a darabot.

Definíció. A **fogásmélység** az egy menetben levett anyagvastagság. Értéke anyagtól, szélességtől és gépbeállítástól függ; tömörfánál jellemzően 1–3 mm menetenként (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv). Keményfánál kisebb, puhafánál nagyobb fogást választunk.

Definíció. A **késenkénti előtolás** a munkadarab elmozdulása két egymást követő kés vágása között (mm). Jele e_z. A felület hullámossága ebből számítható.

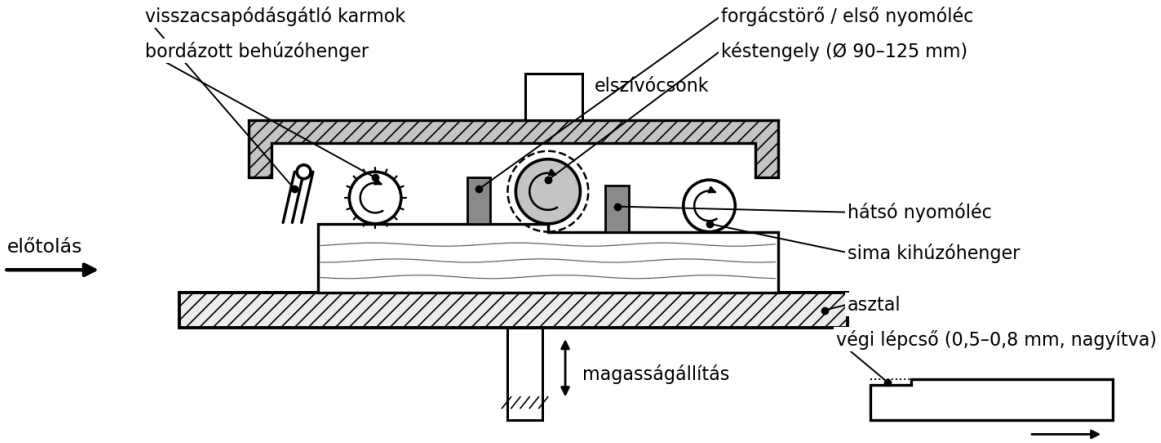
Definíció. A **végi lépcső** (beharapás; angol gépkönyvekben: *snipe*) a vastagsági gyalugép tipikus hibája: a munkadarab elején vagy végén rövid szakaszon mélyebb forgácsolás keletkezik, ezért a végeken lépcső marad.

Definíció. A **teljes keresztmetszeti megmunkálás** a tömörfa alkatrész négy hosszoldalának sorrendben történő, derékszögű és párhuzamos méretre munkálása: bázislap, bázisél, túloldal, negyedik oldal.

23.2.4. A vastagsági gyalugép felépítése

A vastagsági gyalugép fő részei:

- **Alsó asztal:** erre fekteted a bázislappal lefelé a darabot. Magassága a fogásmélységet szabja meg.
- **Késtengely:** a gép felső részén, vízszintesen forog. Átmérője és fordulatszáma a gépkönyv szerint rögzített; a kések cserélhetők.
- **Előtoló hengerek:** a bemeneti oldalon gyakran bordázott henger húzza be a darabot, a kimeneti oldalon sima henger vezeti ki. A hajtás külön motorról, sebességváltóval vagy elektronikusan szabályozott.
- **Visszacsapódás elleni biztosítás:** rugós karmok vagy görgők, amelyek a darabot csak előre engedik, hátrafelé nem.
- **Nyomólábak, nyomólécek:** a késtengely előtt és után a darabot az asztalra szorítják, csökkentik a rezgést és a végi lépcső kockázatát.
- **Védőburkolat:** a késtengelyt fölülről és oldalról takarja.
- **Elszívó csonk:** az elszívórendszerhez csatlakozik.



23.6. ábra. A vastagsági gyalugép oldalmetszete a munkadarabbal; a végi lépcső kialakulása

A metszet balról jobbra a darab útját mutatja: a visszacsapódásgátló karmok és a bordázott behúzóhenger fogja meg, a forgácstörő (első nyomóléc) leszorítja, a felül forgó késtengely a felső oldalt gyalulja, a hátsó nyomóléc és a sima kihúzóhenger vezeti ki. A darab bázislappal lefelé az asztalon fekszik, az asztal magasságát orsó állítja; a gépet felülről sraffozott burkolat takarja, rajta az elszívócsonk. A jobb alsó kis rajz a végi lépcsőt mutatja: ha a darab túl rövid, a vége csak egy hengernél van, megbillen, és a kés mélyebben fog. Az interaktív változat lépésenként végigvezeti a deszkát, rövid darabbal is. A tájékoztató méretek: asztalszélesség kb. 400–630 mm, késtengely-átmérő kb. 90–125 mm.

23.2.5. Gépbiztonság

Gépbiztonság. A vastagsági gyalugépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd ezt a műveletet.

- Mindig használd a gép védőburkolatát, visszacsapódásgátlóit és elszívását.
- Viselj védőszemüveget, hallásvédőt és a fapor ellen legalább FFP2 légzésvédő félálarcot (a keményfa-por rákkeltő, jelölve: határérték és besorolás ellenőrizendő).
- A forgó késtengely közelében **tilos kesztyűt** viselni: a kesztyűt a gép behúzhatja.
- A munkadarabot tilos a késtengely alatt kézzel tolni vagy húzni; a gépi előtolás végzi.
- Túl rövid darabot tilos vastagolni. A legkisebb hossz a gépkönyvben szerepel, jellemzően 250–300 mm körüli érték (ellenőrizendő: a konkrét gépkönyv).
- Késcsere, tisztítás, beállítás előtt állítsd le a gépet, várd meg a szerszám teljes leállását, és áramtalaníts.
- A munkaterület legyen szabad, a vészleállító elérhető.

23.2.6. Az egyengetés–vastagolás sorrendje

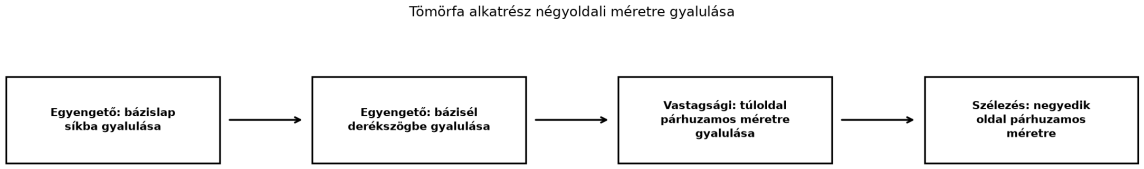
A teljes keresztmetszeti megmunkálás sorrendje nem felcserélhető. A vastagsági gép a bázislaphoz képest párhuzamosít; ha a bázislap nem sík, a hiba átmásolódik a túloldalra.

A helyes sorrend:

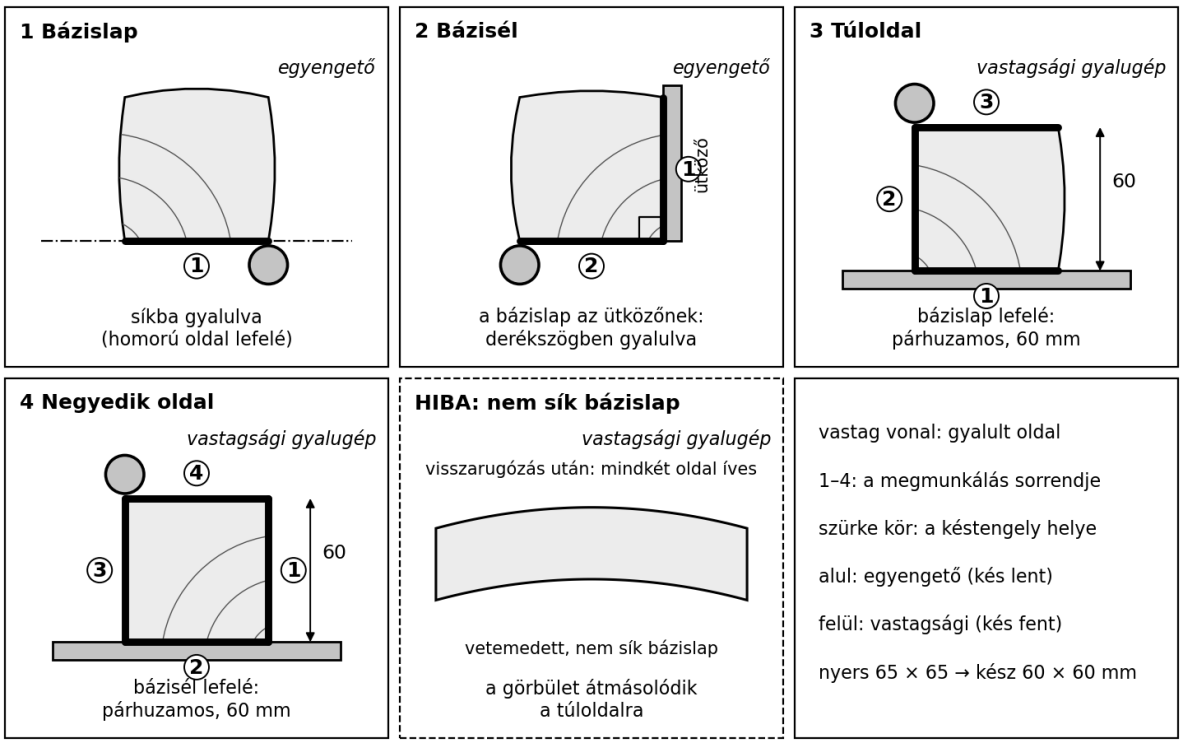
1. **Egyengető gyalugép – bázislap.** Az egyengetőn síkba gyalulod a széles lapot. Ez a lap lesz a vastagsági gép vonatkoztatási felülete.

2. **Egyengető gyalugép – bázisél.** Az élgyalulásnál a bázislaphoz szorítva derékszögbe és síkba gyalulod az egyik élt.
3. **Vastagsági gyalugép – túloldal.** A bázislapot lefelé fektetve a gép a túloldalt párhuzamosra és a kívánt vastagságra munkálja.
4. **Szélezés – negyedik oldal.** A negyedik élt a bázislaphoz és a bázisélhez képest párhuzamosra, a kívánt szélességre munkálod. Széles lapnál a negyedik élt asztalos körfűrészgépen 1–2 mm ráhagyással szélezzük, majd gyalulással munkáljuk méretre; vastag, stabil keresztmetszetnél közvetlenül a vastagsági gépen, a bázisélt lefelé fordítva (élére állítva csak a gépkönyv és a stabilitás szerint; ellenőrizendő).

Ezt a sorrendet mutatja az alábbi folyamatábra:



23.7. ábra. Tömörfa alkatrész négyoldali méretre gyalulása - A sorrend az egyengetővel készített két bázisfelületre épül. A negyedik oldal szélezése gyakran asztalos körfűrészgépen vagy szélegyengetéssel történik.



23.8. ábra. A teljes keresztmetszeti megmunkálás négy lépése bütüről nézve, és a nem sík bázislap hibája

A keresztmetszeteken a vastag vonal a már gyalult oldal, a szám a megmunkálás sorrendje, a szürke kör a késtengely helye: az egyengetőn alul, a vastagsági gépen felül. A 60 × 60 mm-es lábnál a negyedik oldal is a vastagsági gépen készül, a báziséllel lefelé; széles lapnál előbb

ráhagyással szélezünk. A szaggatott keretes kocka azt mutatja, miért nem cserélhető fel a sorrend: a nem sík bázislap görbülete a túloldalra is átmásolódik.

Szabály. A vastagsági gyalugép **nem egyenesítő gép**: görbe, csavarodott vagy ék alakú lapból nem készít sík lapot. A síkítás az egyengető gyalugép feladata.

23.2.7. A vastagsági gép beállítása lépésenként

Eljárás. A vastagsági gyalugép beállítása menetenként:

1. Kapcsold be az elszívást, és ellenőrizd a visszacsapódásgátlókat.
2. Mérd meg a nyers darab vastagságát, és nézd meg a rajz előírt kész vastagságát.
3. Határozd meg a menetenkénti fogásmélységet: kemény lombosfán 1–2 mm, puhafán legfeljebb 2–3 mm (tájékoztató, ellenőrizendő).
4. Állítsd az asztalt úgy, hogy az első menet ne vegye le túl nagy részt; próbadarabon ellenőrizd.
5. Fektess be egy próbadarabot a bázislapjával lefelé, és engedd át a gépen.
6. Mérd meg a kijövő darab vastagságát, párhuzamosságát és felületét.
7. Ha kell, korrigáld az asztalmagasságot, és végezd el a következő menetet.
8. Az utolsó menet előtt hagyj 0,5–1 mm ráhagyást, hogy az utolsó fogás vékony, sima felületet adjon.

23.2.8. Számítások a vastagsági gyalugépnél

Számítás. Forgácsolási sebesség.

Egy vastagsági gyalugép késtengelyének átmérője $D = 125\,\text{mm}$, fordulatszáma $n = 5000\,\text{min}^{-1}$. Mekkora a forgácsolási sebesség?

Képlet:

$$v = \frac{D\,\pi\,n}{60\,000}$$

Behelyettesítve:

$$v = \frac{125\,\text{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 5000\,\text{min}^{-1}}{60\,000} \approx 32{,}7\,\text{m/s}$$

Ellenőrzés: a gyalugépek forgácsolási sebessége jellemzően 20–40 m/s tartományban van (tájékoztató, ellenőrizendő), ezért az eredmény nagyságrendje jó.

Számítás. Késenkénti előtolás és hullámhossz.

Ha az előtoló sebesség $v_e = 6\,\text{m/min}$, a késszám $z = 4$, a fordulatszám $n = 5000\,\text{min}^{-1}$, akkor a késenkénti előtolás – a felületi hullámok hossza:

$$e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}\ (\text{mm})$$

$$e_z = \frac{6 \cdot 1000}{5000 \cdot 4} = 0{,}3\,\text{mm}$$

Minél kisebb az e_z, annál simább a felület. Ezért nagy fordulatszám, több kés vagy kisebb előtoló sebesség javítja a minőséget, de lassabb haladást jelent.

Számítás. Menetszám meghatározása.

Egy 65 mm vastag nyers darabot 60 mm kész vastagságra akarunk gyalulni. A teljes levétel 5 mm. Ha menetenként 2 mm fogást választunk, hány menet szükséges?

$$N = \frac{v_{\text{nyers}} - v_{\text{kész}}}{a} = \frac{65\,\text{mm} - 60\,\text{mm}}{2\,\text{mm}} = 2{,}5 \Rightarrow 3\,\text{menet}$$

A három menet beosztása például: 2 mm + 2 mm + 1 mm. Az utolsó vékony menet simább felületet ad.

A hullámhossz alakulását szemlélteti az alábbi, képletből számolt diagram:



23.9. ábra. A késenkénti előtolás hatása a hullámhosszra - Szemléltető számítás: n = 5000 1/min, z = 4 kés; hullámhossz = v_e/(n · z), mm-ben. Az értékek tájékoztatók, a gépkönyv és a szerszámgyártó adatai az irányadók.

23.2.9. Technológiai lap

Technológiai lap. Tölgyfa asztalláb négyoldali méretre gyalulása.

Cél: 720 × 60 × 60 mm kész méretű asztalláb kialakítása 750 × 65 × 65 mm nyers darabból.

Anyag: tölgy, nedvességtartalom $u \approx 10 \pm 2\,\%$ (bútoripari cél, ellenőrizendő).

Gépek, szerszámok: egyengető gyalugép, vastagsági gyalugép, asztalos körfűrészgép, tolómérő, derékszög, acélvonalzó.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Védőszemüveg, hallásvédő, FFP2 légzésvédő, elszívás bekapcsolva. Kesztyűt forgó szerszámnál tilos viselni.

Lépések:

1. **Anyagvizsgálat.** Nézd meg a darabot: nincs-e szeg, laza göcs, repedés. Mérd meg a nyers méretet. – ellenőrzés: $750 \times 65 \times 65\,\text{mm}$.
2. **Egyengető – bázislap.** Gyaluld síkba az egyik széles lapot. – ellenőrzés: acélvonalzóval nézve nincs fényrés; a lap teljesen sík.
3. **Egyengető – bázisél.** Gyaluld síkba és derékszögbe az egyik élt. – ellenőrzés: derékszöggel mérve nincs hézag; a bázisél egyenes.
4. **Vastagsági – túloldal.** Fektesd a bázislapot lefelé, és vastagold a túloldalt 60 mm kész vastagságra, több menetben. – ellenőrzés: tolómérővel vastagság $60{,}0 \pm 0{,}3\,\text{mm}$ (tájékoztató).
5. **Vastagsági – negyedik oldal.** A darabot a bázisélével lefelé fektesd, és vastagold 60 mm-re. – ellenőrzés: szélesség $60{,}0 \pm 0{,}3\,\text{mm}$, derékszög.
6. **Hosszméret.** Darabold a két véget 720 mm hosszra, derékszögben. – ellenőrzés: hossz $720 \pm 1\,\text{mm}$.
7. **Dokumentálás.** Vezesd fel a munkanaplóba a kész méreteket és az eltéréseket.

23.2.10. Minőségellenőrzés

- **Vastagság és szélesség:** tolómérővel a darab két végén és közepén mérd meg; a megengedett eltérés tájékoztató jelleggel $\pm 0{,}3\,\text{mm}$ (ellenőrizendő: a műhelyrajz tűrése).
- **Párhuzamosság:** a két lap egymáshoz képest párhuzamos; tolómérővel a vastagság a teljes hosszon egyenletes.
- **Derékszög:** a lapok és az élek 90°-osak; derékszöggel ellenőrzött hézag legfeljebb 0,2 mm (tájékoztató).
- **Egyenesség:** acélvonalzóval a lapra fektetve nincs fényrés.
- **Felületi hullámosság:** rálátásos vizsgálattal vagy tapintással nem lehet határozott hullámosság; a hullámhossz a fent számított érték körül legyen.
- **Snipe:** a végeken nem maradhat mélyebb lépcső; ha van, a darabot újra kell gyalulni, vagy a hibás véget le kell vágni.
- Ha eltérés van, a gépbeállítást ellenőrizd, majd próbadarabon kalibrálj, ne a kész alkatrészt javítsd próbálgatva.

23.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Végi lépcső a darab végén.** Oka: a behúzó vagy kifogó henger nem szorít eléggé, a darab rövid, vagy az utolsó fogás túl mély. Helyes gyakorlat: hosszabb darabból indulj, a végeket később vágd le; használj áldozati darabot a sor elején és végén; állítsd a nyomóléceket a gépkönyv szerint.
2. **Hullámos felület.** Oka: túl nagy előtoló sebesség, kevés kés, tompa kések. Helyes gyakorlat: csökkentsd az előtolást, élezd vagy cseréld a késeket, válassz többkéses tengelyt.
3. **Kitörések a lapon.** Oka: ellenirányú rost, tompa kés, túl nagy fogásmélység. Helyes gyakorlat: kisebb fogás, éles kések, a darabot rostirányban vezesd (a rost lejtése a gépből kifelé haladjon, ha lehetséges).
4. **Ferde vastagság.** Oka: a bázislap nem volt sík, vagy a munkadarab az asztalon billeg. Helyes gyakorlat: az egyengetést ellenőrizd, a darabot stabilan fektesd le, és az asztalt tartsd tisztán.
5. **Visszacsapódás veszélye.** Oka: rövid darab, hibás visszacsapódásgátló, túl nagy fogás. Helyes gyakorlat: a legkisebb hosszt tartsd be, a visszacsapódásgátlót rendszeresen ellenőrizd.

23.2.12. Hibaelemzési eset: lépcső a végeken

Hibaelemzés. A tanuló vastagolás után azt látja, hogy a tölgyfa polclap mindkét végén 0,5–0,8 mm-rel vékonyabb, mint a közepén.

Tünet: a végeken világosabb, mélyebb sáv, tapintással lépcső érezhető.

Lehetséges okok: a kifutó oldali nyomóhenger túl magasan van; a darab túl rövid, ezért az utolsó 100–150 mm-en már nincs megfelelő leszorítás; az utolsó menet fogása túl mély.

Vizsgálat: mérd meg a vastagságot a darab mindkét végén és a közepén. Nézd meg, hogy a hiba a gép kifutó oldalán jelentkezik-e. Ellenőrizd a nyomólécek beállítását a gépkönyv szerint.

Valódi ok: a munkadarab 250 mm hosszú volt, és a gépkönyv szerint a legkisebb vastagolható hossz 300 mm (ellenőrizendő: a konkrét gépkönyv).

Javítás: a hibás végeket le kell vágni, ha a kész méret engedi; egyébként a darabot újra kell gyalulni hosszabb anyagból.

Megelőzés: tartsd be a gépkönyv szerinti legkisebb hosszt; hosszabb darabot gyalulj, és a kész méretre vágást a vastagolás után végezd. Sorozatnál a végdarabok elé és mögé áldozati csíkot fűzz be.

23.2.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben konyhai munkalap alá tölgyfa merevítő léceket gyártanak. A nyers anyag $1200 \times 70 \times 65$ mm-es fűrészáru, a kész vastagság 60 mm. A tanuló egyengetőn síkba gyalulta az egyik lapot, majd a bázisélt. A vastagsági gépnél azonban egyetlen 5 mm-es fogást állított be, és egyszerre akart 65 mm-ről 60 mm-re levinni. A gép hangosan dolgozott, a felület hullámos lett, és a a gép lelassult, a felület kitöredezett. A szakoktató leállította, és megmutatta, hogy tölgyön a menetenkénti fogás 1–2 mm (tájékoztató), ezért az 5 mm-t három menetre kell osztani: $2 + 2 + 1$ mm. A próbadarabok után a tanuló már megfelelő felületet kapott, és a munkanaplóba beírta a mért vastagságokat. A tanulság: a vastagsági gép pontos, de csak türelemmel, helyes fogásmélységgel.

23.2.14. Önellenőrzés

1. Miért nem lehet a vastagsági gyalugéppel görbe deszkát síkra gyalulni?
2. Milyen sorrendben készül a négy oldalról méretre gyalult alkatrész? Nevezd meg a gépeket is.
3. Melyik védőeszközt tilos viselni forgó késtengely közelében, és miért?
4. Mekkora a hullámhossz, ha az előtolás 8 m/min, a fordulatszám 4500 min^{-1}, a késszám 3?
5. Mit jelent a végi lépcső (beharapás), és hogyan előzheted meg?

23.2.14.1. Megoldások – Önellenőrzés

1. A vastagsági gép a bázislapot másolja: ha a bázislap görbe, a túloldal is görbe lesz. A síkítás az egyengető gyalugép feladata.
2. Sorrend: egyengetőn bázislap, egyengetőn bázisél, vastagsági gyalugépen túloldal, szélezéssel (pl. asztalos körfűrészgépen) a negyedik oldal.
3. Kesztyűt, mert a gép behúzhatja, és a kezet a késtengelyhez ránthatja.
4. $e_z = \frac{8 \cdot 1000}{4500 \cdot 3} \approx 0{,}59$ mm.

5. A végi lépcső a munkadarab végein keletkező mélyebbre gyalult lépcső. Megelőzés: hosszabb darab, áldozati csík, a nyomóhengerek helyes beállítása, kisebb utolsó fogás.

23.2.15. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg saját szavaiddal, mi a különbség az egyengető és a vastagsági gyalugép között a síkítás és a párhuzamosítás szempontjából.

2. feladat (A). Számítsd ki egy $D = 100\,\text{mm}$ átmérőjű, $n = 6000\,\text{min}^{-1}$ fordulatú vastagsági késtengely forgácsolási sebességét m/s-ban.

3. feladat (B). Egy vastagsági gép előtoló sebessége 5 m/min, a késszám 2, a fordulatszám $4000\,\text{min}^{-1}$. Mekkora a késenkénti előtolás? Miért jobb a felület, ha 4 késes tengelyt használsz ugyanezzel az előtolással?

4. feladat (B). Egy nyers darab vastagsága 38 mm, a kész méret 32 mm. Menetenként legfeljebb 2 mm fogást engedélyez a gépkönyv. Hány menetben munkálod meg a túloldalt? Írd le a menetek fogásbeosztását.

5. feladat (C). Egy tanuló az egyengetőn csak az élt gyalulta meg, a lapot nem, majd a vastagsági gépen akarta a másik lapot párhuzamosra venni. Miért hibás ez a sorrend? Mi a helyes eljárás?

6. feladat (D). Készíts technológiai lépéssort egy $600 \times 120 \times 22\,\text{mm}$-es fenyő polclap méretre gyalulásához $650 \times 130 \times 25\,\text{mm}$ nyers darabból. Nevezd meg az egyes lépésekhez tartozó gépeket és ellenőrzési pontokat.

23.2.16. Megoldások

1. feladat (A). Az egyengető gépen a munkadarab egyik lapját vagy élét síkba és derékszögbe munkáljuk; ez **síkít** és **derékszöget ad**. A vastagsági gép a már sík bázislaphoz képest **párhuzamos** túloldalt készít, és a **vastagságot** méretre állítja; görbét nem egyenesít.

2. feladat (A).

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000} = \frac{100\,\text{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 6000\,\text{min}^{-1}}{60\,000} \approx 31{,}4\,\text{m/s}$$

3. feladat (B).

$$e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z} = \frac{5 \cdot 1000}{4000 \cdot 2} = 0{,}625\,\text{mm}$$

Négykéses tengelynél ugyanezzel az előtolással $e_z = 0{,}3125\,\text{mm}$, tehát a hullámhossz feleződik, a felület simább lesz.

4. feladat (B). Teljes levétel: $38 - 32 = 6\,\text{mm}$. Menetek: $2 + 2 + 2 = 6\,\text{mm}$, tehát 3 menet. Az utolsó menetet érdemes 1–1,5 mm-re csökkenteni: például $2 + 2 + 1 + 1 = 4$ menet.

5. feladat (C). A vastagsági gép a bázislappal lefelé fekvő darabot munkálja. Ha csak az élt gyalulták meg, a széles lap még fűrészelt, görbe. A vastagsági gép ezt a görbeséget átmásolja a túloldalra, így a vastagság ugyan pontos lehet, de a lap nem lesz sík. Helyes sorrend: egyengetőn először a széles lap (bázislap), majd az él (bázisél), csak ezután vastagsági gép.

6. feladat (D). Technológiai lépéssor fenyő polclaphoz:

1. Anyagvizsgálat: nincs szeg, repedés, laza göcs. – ellenőrzés: szemrevételezés.
2. Egyengető – bázislap: az egyik széles lap síkba gyalulása. – ellenőrzés: acélvonalzóval fényrés nélkül.
3. Egyengető – bázisél: az egyik él derékszögbe gyalulása. – ellenőrzés: derékszöggel hézag nélkül.
4. Vastagsági – túloldal: vastagolás 22 mm-re, 1,5–2 mm fogásokkal. – ellenőrzés: tolómérő, $22{,}0 \pm 0{,}3$ mm.
5. Szélezés – negyedik oldal: asztalos körfűrészgépen 120 mm szélességre vágás. – ellenőrzés: szélesség $120 \pm 0{,}5$ mm.
6. Véglevágás: a két véget derékszögben 600 mm hosszra vágni. – ellenőrzés: hossz 600 ± 1 mm.
7. Dokumentálás: munkanaplóba a mért méretek és eltérések.

23.2.17. Rövid összefoglaló

A vastagsági gyalugép a tömörfa alkatrész bázislapjára támaszkodva a túloldali lapot párhuzamosra és előírt vastagságra munkálja. Nem egyenesítő gép: a síkítás az egyengető feladata. A teljes keresztmetszeti megmunkálás sorrendje: bázislap, bázisél, túloldal vastagolása, negyedik oldal szélezése. A fogásmélység keményfán kisebb, puhafán nagyobb; a meneteket úgy oszd be, hogy az utolsó vékony fogás sima felületet adjon. A felületi hullámosság a késenkénti előtolástól függ: $e_z = \frac{v_e}{n \cdot z}$, mértékegysége mm. A snipe a végeken keletkező lépcső, amely rövid darab, rossz hengerbeállítás vagy mély utolsó fogás miatt jön létre. A vastagsági gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti, védőburkolattal, elszívással, védőszemüveggel, hallásvédővel és FFP2 légzésvédővel; kesztyű forgó szerszámnál tilos. **Továbbvitt eredmény.** A négyoldali méretre gyalulás minden tömörfa alkatrész gyártásának alapművelete; a későbbi keret-, káva- és bútoralkatrész-gyártás során ezt a sorrendet használjuk, a méretellenőrzést és a munkanaplós dokumentálást pedig a vizsgaremek és a műhelygyakorlat során is megköveteljük.

23.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsági követelményei: MSZ EN ISO 19085 sorozat (jelölve: a megfelelő rész pontos száma ellenőrizendő).
- Keményfa-por expozíciós határértéke és besorolása: ellenőrizendő a hatályos magyar rendeletben.
- Gépkönyv szerinti legkisebb vastagolható hossz, fordulatszám, előtoló sebesség és fogásmélység: ellenőrizendő a konkrét gépen.
- A megadott forgácsolási sebességek, fogásmélységek, tűrések és a 250–300 mm legkisebb hossz tájékoztató értékek; a gépkönyv és a műhelyrajz az irányadó.

24 Marógépek, fúrógépek és faesztergálás

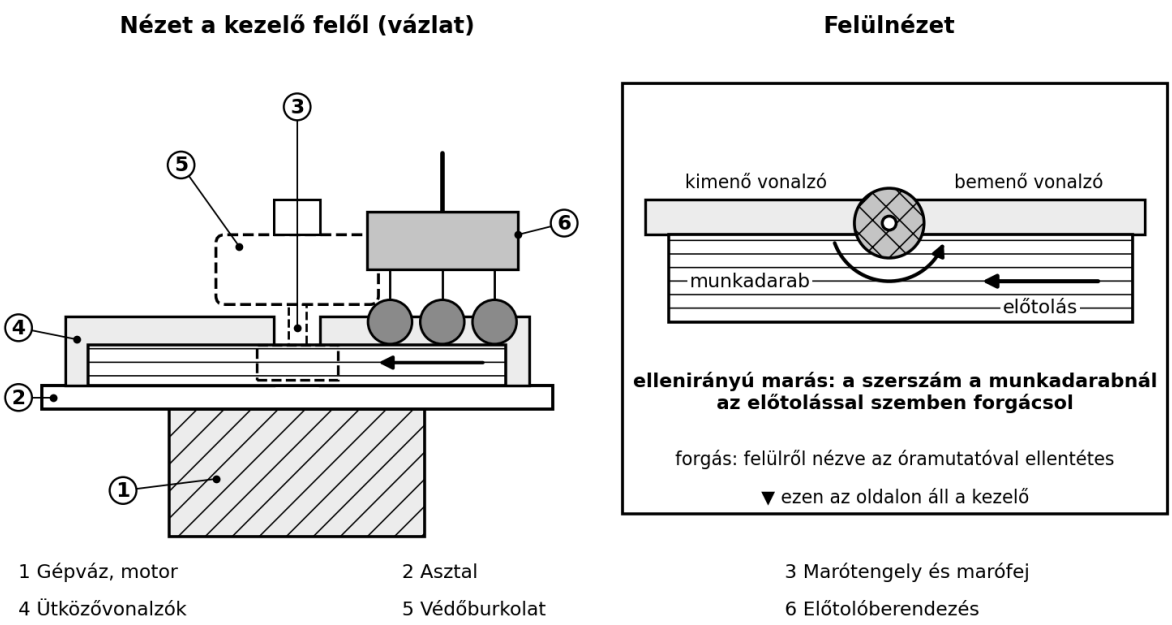
24.1. Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás

24.1.1. Motiváció

Egy megrendelő klasszikus hatású, profilozott élű tölgyfa ajtókeretet szeretne. A hosszú, egyenes keretléceken a kézi felsőmaróval a vezetés bizonytalan: a profil hullámos, a fogásmélység nem egyenletes, és a munka nagyon lassú. Az asztalos műhelyben ilyenkor az **asztalos marógépet**, más néven **alsómarót** használjuk. A gép függőleges tengelyű, álló marótengelye nagy teljesítményű, stabil vezetést és egyenletes előtolást ad. Ezzel készülnek a profilélek, a díszlécek, a párkányok, a nútok, a falcok, és sablonnal íves alkatrészek is körbemarhatók. Ha rosszul állítjuk be, a marógép az egyik legveszélyesebb faipari gép: a szerszám nagy fordulatszámon forog, és a munkadarab visszavágódhat.

24.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy nehéz, rezgésmentes öntvényasztalt. A közepén egy függőleges **marótengely** áll ki, rajta kétélű vagy többélű **marófej**. A tengelyt villanymotor hajtja, alul, a gép belsejében. Az asztal síkja a munkadarab támasza. A tengely előtt és mögött **ütközővonalzók** állnak, ezek adják a vezetést az egyenes alkatrészhez. A szerszám fölött **védőburkolat** és **elszívócsonk** van. Sok gépen felül **előtolóberendezés** (adagolószerkezet) nyomja a munkadarabot az asztalra, és tolja a szerszámba. Az asztalos jobbról balra vezeti az alkatrészt, miközben a marófej a profil alakját forgácsolja. A marás iránya mindig **ellenirányú**: a munkadarabot a szerszám forgásával szemben tolja, így a szerszám nem rántja be.



24.1. ábra. Az alsómaró felépítése: nézet a kezelő felől és felülnézet a munkadarabbal (ellenirányú marás)

Az ábra bal oldala a gépet a kezelő felől mutatja: alul a gépváz a motorral, fölötte az asztal, rajta a két ütközővonalzó, előttük a munkadarab, amely mögött (szaggatott vonallal) a marófej forog; felül a védőburkolat az elszívócsonkkal és a gumikerekes előtolóberendezés. A jobb oldali felülnézeten a bemenő és a kimenő vonalzó egy vonalban áll, köztük a szerszámrés; a munkadarab a vonalzó kezelő felőli oldalán jobbról balra halad, a szerszám felülről nézve az óramutatóval ellentétesen forog, tehát a munkadarabnál az előtolással szemben forgácsol – ez az ellenirányú marás.

24.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Az **asztalos marógép (alsómaró)** olyan helyhez kötött faipari gép, amelynek függőleges, állítható magasságú marótengelye a gépasztal síkjából áll ki. A tengelyre **marófejet** vagy **marókést** szerelnek, és a tengelyt nagy fordulatszámon, jellemzően 3000–6000 1/min értéken forgatják.

Definíció. A **profilmarás** olyan marási művelet, amelynél a marószerszám a munkadarab élén vagy lapján folytonos, adott keresztmetszetű **profilt** (tagozatot, díszítő formát) alakít ki. A profil lehet ív, horony, ferdék, gyöngy, tojásléc, stb.

Definíció. A **díszléc** olyan hosszú, keskeny alkatrész, amelynek teljes hosszában azonos a keresztmetszete és azon a maróval kialakított profil fut. A **párkány** nagyobb keresztmetszetű díszléc, gyakran több profil összeépítése.

Definíció. A **nútolás** és **falcolás** marással kialakított horony vagy lépcső megmunkálása. A **nút** (horony) keskeny, párhuzamos oldalfalú bemélyedés; a **falc** a munkadarab élén vagy szélén lévő derékszögű lépcső, amellyel például ajtólapot tokba illesztenek.

Definíció. A **vezetőgyűrű** (másológyűrű) a marótengely alatt, az asztal síkjába illeszkedő acélgyűrű, amely a **sablon** peremén vezeti a munkadarabot. A sablon a kívánt alakú, általában

rétegelt lemezből vagy MDF-ből készült negatív forma, amelyhez az alkatrészt ragasztószalaggal, csavarral vagy vákuummal rögzítik, majd együtt vezetik a gyűrűn.

Szabály. Az alsómarón a munkadarabot **mindig ellenirányú marással** kell előtolni, azaz a szerszám forgásirányával szemben. Ellenirányú marásnál a szerszám az előtolással szemben forgácsol, ezért nem rántja be a munkadarabot; a darabot a tolófával, nyomófésűvel vagy az előtolóval kell az asztalhoz és a vonalzóhoz szorítani. Egyirányú marás csak gépi előtolású, mechanikusan rögzített munkadarabnál és megfelelő védőberendezés mellett használható, de az alsómaró gyakorlatában a kézi előtolású ellenirányú marás a jellemző.

24.1.4. A marógép felépítése és beállítása

A gép fő részei:

- **Marótengely** – függőleges, felfelé álló, menetes vagy kúpos befogójú tengely. Magassága kézikerékkel vagy skálával állítható.
- **Maróasztal** – öntöttvas vagy acél, sík, gyakran a tengely körül kivehető betétgyűrűvel.
- **Ütközővonalzó** – két, külön-külön állítható vonalzó. A bemenő oldali vonalzót a szerszám körvonalához igazítják; teljes élt levevő marásnál a kimenő oldal a fogásmélységgel előbbre áll, részleges profilnál a két vonalzó egy síkban van.
- **Magasságállítás** – a tengelyt emelő vagy süllyesztő mechanika, amely a fogásmélységet állítja.
- **Védőburkolat** – a szerszám fölé hajtható, átlátszó, elszívócsonkkal ellátott.
- **Előtolóberendezés** – gumikerekes, motoros szerkezet, amely a munkadarabot az asztalhoz nyomja és egyenletesen továbbítja. Kézi előtolás esetén **tolófa** vagy **tolókocsi** használatos.
- **Vészleállító** – jól látható, kézzel elérhető kapcsoló.

Beállítás ütközővel, profilmaráshoz:

1. Válaszd ki a megfelelő marófejet, és ellenőrizd a D, z, $n_{\max}$ és MAN/MEC jelölést.
2. Áramtalanítsd a gépet, és szereld fel a szerszámot a gyártó előírása szerint.
3. Állítsd a **fogásmélységet**: a tengelymagassággal a szerszám kilógását úgy, hogy a profil a kívánt mélységben forgácsoljon.
4. Az **ütközővonalzót** állítsd be: a szerszám a profil mélységével álljon ki a vonalzó síkjából. A profilnak csak a munkadarab szélét szabad megmunkálnia; a vonalzó védi a marófej hátoldalát.
5. A **kimenő oldali vonalzót** állítsd be: ha a profil a darab élének csak egy részét munkálja, a két vonalzó egy síkban áll; ha a teljes élt levesszük, a kimenő vonalzót a fogásmélységgel előbbre hozzuk, hogy a megmunkált lapot vezesse, de ne szorítsa.
6. Helyezd fel az **előtolóberendezést**, vagy készíts **tolófát**. Ellenőrizd, hogy a munkadarab a teljes hosszon felfekszik az asztalra és a vonalzóra.
7. Kapcsold be az elszívást, majd próbajárassal ellenőrizd a gép rezgését és a szerszám egyenletes futását.
8. Végezz **próbamarást** hulladékdarabon, ellenőrizd a profilt, majd szükség esetén korrigálj.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd.

24.1.5. Szerszámok és fordulatszám-választás

A gyakori szerszámok:

- **Kétélű marófej cserélhető profilkésekkel** – a legelterjedtebb, jellemzően MAN jelöléssel kézi előtoláshoz.
- **Többélű marófej** – gépi előtoláshoz (MEC), simább felületet ad, de nagyobb a visszavágás kockázata kézi előtolásnál.
- **Nútoló marófej** vagy **tárcsás nútoló** – párhuzamos oldalú horony készítéséhez.
- **Falcoló marófej** – derékszögű lépcső megmunkálásához.
- **Vezetőgyűrű** – sablon szerinti maráshoz.

A fordulatszámot mindig a **gyártói adatlap** és a **szerszámra jelölt** $n_{\max}$ határozza meg. **Szabvány.** A faipari marószerszámokra vonatkozó biztonsági követelményeket az MSZ EN ISO 19085 sorozat (faipari gépek biztonsága – marógépek) és a szerszámgyártói előírások tartalmazzák (ellenőrizendő: pontos szabványszám és hatály). A gép tényleges fordulatszáma nem haladhatja meg a szerszám $n_{\max}$ értékét.

Összefüggés. A forgácsolási sebesség:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$$

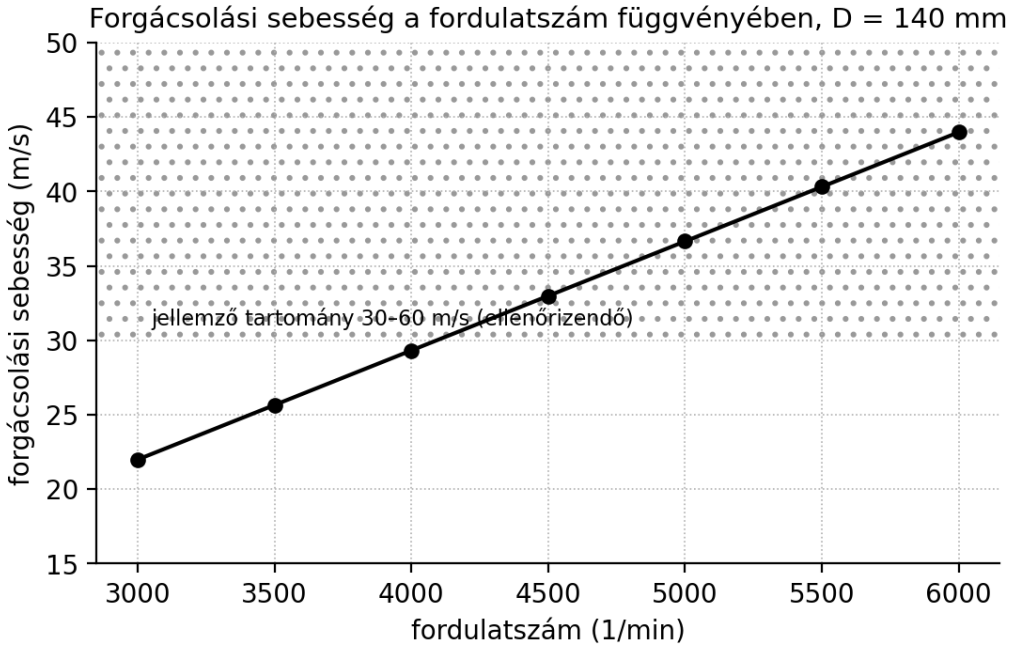
ahol D a szerszám külső átmérője mm-ben, n a fordulatszám 1/min-ben, v a forgácsolási sebesség m/s-ban.

Számítás. Egy 140 mm átmérőjű kétélű marófejet 4500 1/min fordulatszámon járatunk.

Adott: $D = 140\,\text{mm}$, $n = 4500\,\text{min}^{-1}$. Keresett: v.

$$v = \frac{140 \cdot 3{,}1416 \cdot 4500}{60\,000} = \frac{1\,979\,209}{60\,000} \approx 33{,}0\,\text{m/s}$$

Ellenőrzés: A fa és a faalapú lapok marásához a gyártók jellemzően 30–60 m/s közötti forgácsolási sebességet adnak meg (ellenőrizendő: konkrét szerszám adatlapja). A 33,0 m/s ezen belül van.



24.2. ábra. Forgácsolási sebesség a fordulatszám függvényében D = 140 mm marófejnél

Számítás. Ugyanannál a marófejnél mekkora az ajánlott legkisebb fordulatszám, ha a gyártó minimális forgácsolási sebessége 40 m/s?

Adott: $v_{\min} = 40\,\mathrm{m/s}$, $D = 140\,\mathrm{mm}$. Keresett: $n_{\min}$.

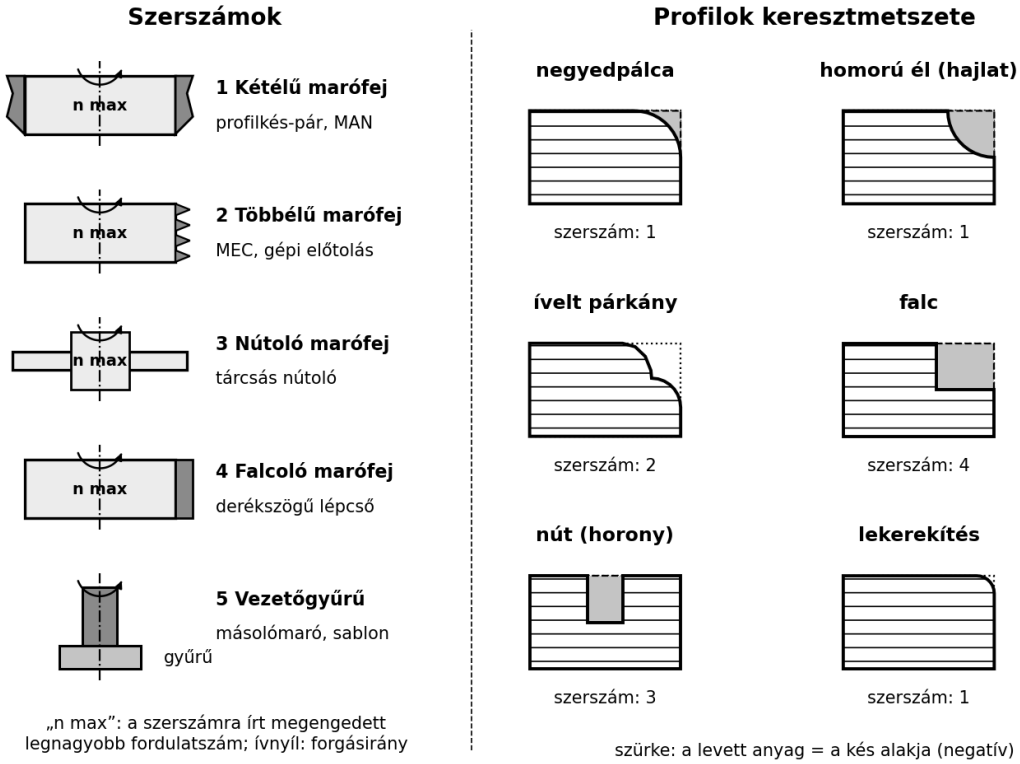
A képletből $n = \frac{v \cdot 60\,000}{D \cdot \pi}$.

$$n_{\min} = \frac{40 \cdot 60\,000}{140 \cdot 3{,}1416} \approx \frac{2\,400\,000}{439{,}82} \approx 5457\,\mathrm{min}^{-1}$$

Tehát legalább kb. 5500 1/min fordulatra van szükség (ellenőrizendő: a gép és a szerszám tényleges fordulatszám-tartománya).

24.1.6. Profilmarás, díszlécek és párkányok

A profilmarás leggyakoribb esete a **keretlécek élprofiljának kialakítása**. A munkadarab szélesebb, mint a profil mélysége, ezért ütközővel vezetjük a munkadarabot. A profil kialakításához a marófej csak a munkadarab egyik oldalán dolgozik.



24.3. ábra. Az alsómaró szerszámai és a jellegzetes léc- és élprofilok keresztmetszete

A bal oszlop a fejezetben említett szerszámokat mutatja (kétélű marófej profilkésekkel, többélű marófej, nútoló, falcoló marófej, vezetőgyűrű másolómaróval) a forgásiránnyal és a szerszámra írt $n_{\max}$ helyével. A jobb oldalon hat jellegzetes profil keresztmetszete látható; a szürke, levett rész éppen a kés alakja, a szám pedig a jellemzően használt szerszámot jelöli.

Eljárás díszléc készítéséhez:

1. A fűrészelt lécméretet hagyd a profil mélységének megfelelő ráhagyással.

2. Először gyaluld a lécet derékszögűre, egyik lapját és élét jelöld be **bázislapnak** és **bázisélnek**.
3. A marógépben állítsd a vonalzót, hogy a profil a kívánt helyre kerüljön.
4. A lécet a bázislappal az asztalon, a báziséllel a vonalzó elé fektesd, és egyenletes, folyamatos előtolással vezesd át a szerszámon.
5. A profilozott darabot méretre vágd, a végén a profilt lezárni (pl. 45°-os sarokillesztésnél) a későbbi kötéssel.
6. Ha a léc keskeny, használj **tolófát**, és az ujjaid ne kerüljenek a szerszám 120 mm-es veszélyes zónájába.

Nútolás és falcolás:

A **nút** készíthető egyetlen marófejjel, ha a nút szélessége megegyezik a marószerszám vágószélességével, vagy több fogással, ha a nút szélesebb. A nút mélységét a tengely magasságával állítjuk. A **falc** hasonló, de a munkadarab szélén, a vonalzóhoz támasztott él mentén. Mindkét műveletben a munkadarabot erősen az asztalhoz kell nyomni, mert a marófej felfelé is húzhat.

Sablon szerinti marás vezetőgyűrűvel

Az alsómarón a sablonmarást a marótengelyre szerelt, golyóscsapágyas **felfutógyűrűvel** végezzük, amely a sablon peremén fut; a bevezetést bevezetőtüskénél vagy bevezető ívnél kezdjük. Ha a gyűrű átmérője megegyezik a szerszám vágóátmérőjével, az alkatrész a sablonnal azonos; ha a gyűrű kisebb, az alkatrész oldalanként $(D_{\text{szerszám}} - D_{\text{gyűrű}})/2$-vel kisebb a sablonnál. Az alábbi, másolóhüvelyes (gyűrű nagyobb a szerszámnál) elrendezés a felsőmarós gyakorlathoz is használható; a méretviszonyokat ott is próbadarabon ellenőrizd.

Íves alkatrész (pl. ívelt láb, fiókbetét, ajtóbetét) esetén a munkadarabot a **sablonra** rögzítjük. A sablon a kívánt kontúrt követi, és a marótengely aljára szerelt **vezetőgyűrű** fut a sablon peremén.

A méretviszony:

A megmunkált alkatrész kontúrja eltér a sablonétól, mert a vezetőgyűrű külső átmérője ($D_{\text{gyűrű}}$) és a szerszám vágóátmérője ($D_{\text{szerszám}}$) különbsége miatt a tengely a sablon peremétől bizonyos távolságra kerül. Ha a marófej a vezetőgyűrű alatt, azzal koncentrikusan dolgozik, akkor az alkatrész eltérése:

$$e = \frac{D_{\text{gyűrű}} - D_{\text{szerszám}}}{2}$$

Ha a szerszám átmérője kisebb, mint a gyűrűé, a vágás a sablon peremétől e távolságra esik. Külső kontúrnál (a gyűrű a sablon külső peremén fut) a kész alkatrész a sablonnál minden oldalon e-vel nagyobb, ezért a sablont a kész mérethez képest minden oldalon e-vel kisebbre (teljes méretben $2e$-vel kisebbre) kell készíteni. Belső kontúrnál (a gyűrű a sablon nyílásában fut) a kivágás a sablon nyílásánál minden oldalon e-vel kisebb, ezért a sablon nyílása minden oldalon e-vel nagyobb. Összefoglalva: külső kontúr: sablon = kész méret $- 2e$; belső kontúr: sablon = kész méret $+ 2e$.

Példa. Vezetőgyűrű átmérője 30 mm, a másolómaró szerszám átmérője 12 mm. Ekkor:

$$e = \frac{30 - 12}{2} = 9\,\text{mm}$$

Külső kontúrnál a sablon minden oldalon 9 mm-rel kisebb a kívánt alkatrésznél (teljes méretben 18 mm-rel); belső kontúrnál minden oldalon 9 mm-rel nagyobb. Ezt próbadarabon ellenőrizni kell.

Ütközőnél kezdett marás veszélye

Amennyiben a munkadarabot közvetlenül az ütköző elé, a forgó szerszám mellé helyezed, és úgy indítod el, a szerszám bekaphatja a munkadarab sarkát, ami visszavágódást okozhat. **Szabály.** A marást mindig a munkadarab oldalsó élének folyamatos bevezetésével kezdd, ne az ütközőnél, a forgó szerszámnál kezdett darabbal. A szerszámot soha ne állítsd meg úgy, hogy a munkadarab a forgó szerszám és az ütköző közé szoruljon. Megszakított (nem végigmenő) marásnál a vonalzóra a bemenő oldalon hátsó ütközőhasábot (és a kimenő oldalon elülső ütközőt) szerelünk; a munkadarabot a hátsó ütközőhöz támasztva fordítjuk a szerszámra, és az elülső ütközőig toljuk. Tanuló csak oktatói bemutatás után, felügyelettel végezheti (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085-6). Rövid szakaszhoz használj sablont vagy gépi előtolást, és a munkadarabot rögzítsd.

24.1.7. Technológiai lap

24.1.7.1. Profilmarás alsómarón ütközővel

Cél: 80 mm széles, 20 mm vastag tölgyfa lécek hosszanti élén félkör profil kialakítása.

Anyagok: gyalult tölgyfa léc, hulladék próbadarab.

Szerszámok és gépek: asztalos marógép, félkör profilú kétélű marófej, ütközővonalzó, tolófa, elszívás.

Egyéni védőeszközök: védőszemüveg, hallásvédő, légzésvédő (FFP2, ha az elszívás nem elegendő – ellenőrizendő: pormérés szerint), munkavédelmi cipő, testhezálló ruha, hosszú haj összekötve. Kesztyűt ne viselj.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd.

Indítás előtti ellenőrzés: - Szerszám ép, nincs repedés, késél éles, befogó rögzítve, szerszám jelölése MAN, $n_{\max}$ megfelelő. - Védőburkolat fent, elszívás bekapcsolva. - Ütközővonalzók tiszták, bemenő vonalzó a szerszám elülső éléhez igazítva, kimenő vonalzó egy hajszállal hátrébb. - A munkadarabon nincs szeg, laza göcs, repedés; a munkadarab legalább 400 mm hosszú (ellenőrizendő: gépkönyv szerinti minimális darabhossz). - A gép asztala tiszta, vészleállító elérhető.

Lépések:

1. Állítsd be a marófej magasságát a kívánt profil mélységre. – ellenőrzés: a próbadarabon a profil mélysége tolómérővel, ±0,2 mm tűréssel (tájékoztató).
2. Állítsd a bemenő oldali vonalzót a profil hátvonalával egybe. – ellenőrzés: a léc élét a vonalzóhoz téve a szerszám éppen a kívánt részt munkálja meg.
3. A kimenő oldali vonalzót igazítsd úgy, hogy a kész profil éppen hozzáférjen, de ne szoruljon. – ellenőrzés: a próbadarab egyenletes ellenállással, szorulás nélkül átvezethető.
4. Próbajárasd a gépet 10 másodpercig. – ellenőrzés: nincs rendellenes zaj, erős rezgés, bűz.
5. Végezz próbamarást hulladékon. – ellenőrzés: a profil folytonos, a felület egyenletes, nincs égésnyom, szálkásodás.
6. A munkadarabot a bázislappal az asztalra, bázisélével a bemenő vonalzó elé tedd. Tolófával vezesd egyenletes előtolással. – ellenőrzés: a munkadarab folyamatosan halad, a profil mélysége és szélessége állandó.
7. A lefelé szorítást a tolófával és a kézzel úgy végezd, hogy az ujjaid legalább 120 mm-re legyenek a szerszámtól. – ellenőrzés: a kezed mindig a védőburkolaton kívül van.

8. A marás után rakd félre a darabot, és nézd át a profilt. – ellenőrzés: a profil tiszta, a méret megfelel, nincs visszavágás nyoma.

Dokumentálás: A munkanaplóban rögzítsd a használt szerszámot, a fordulatszámot, az előtolást, a munkadarab anyagát és méretét, valamint a beállítási értékeket.

24.1.8. Minőségellenőrzés

- **Méretpontosság:** a profil mélysége tolómérővel vagy idomszerrel mérve, a megadott tűrés szerint (pl. ±0,3 mm, tájékoztató).
- **Felületminőség:** a marás felülete sima, egyenletes, nincs hullámosság, égésnyom, szálkásodás, tépett felület.
- **Profilpontosság:** a keresztmetszet a sablon vagy etalonprofilhoz illeszkedik, a sarkok és a görbületek megfelelnek.
- **Sablonos marásnál:** az alkatrész kontúrja a rajznak megfelel, a rögzítés nyoma nem látható, az e méret eltérése a számítotthoz képest elfogadható.

Eltérésnél: ha a profil mélysége kicsi, a tengelymagasságot emeld, ha nagy, süllyeszd, és újra próbamarást végezz. Ha a felület égett, csökkentsd a fordulatszámot, vagy növeld az előtolást, és ellenőrizd a szerszám élességét. Ha a sablonos darab mérete eltér, ellenőrizd a gyűrű és a szerszám átmérőjét, és a sablont mérd meg.

24.1.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A marás felülete ég és sötét foltok jelennek meg. **Ok.** Túl kicsi az előtolás, vagy a szerszám tompa, esetleg a fordulatszám túl nagy. **Javítás.** Élezd meg a szerszámot, növeld az előtolást, és válassz a gyártó szerinti fordulatszámot.

Hiba. A munkadarab a marás közben visszavágódott, kirepült. **Ok.** Egyirányú marás, rosszul beállított ütköző, életlen szerszám, rövid darab, vagy a munkadarab szabad vége beakadt. **Javítás.** Mindig ellenirányú marással dolgozz, használj tolófát, vezesd a munkadarabot a teljes hosszon, és ne marj rövid, bizonytalan darabokat.

Hiba. A profil hullámos, egyenetlen mélységű. **Ok.** A munkadarab nem fekszik teljesen az asztalra, az ütközővonalzó nem párhuzamos, a fogásmélység túl nagy, vagy az előtolás nem egyenletes. **Javítás.** Ellenőrizd a munkadarab síkosságát, a vonalzó párhuzamosságát, csökkentsd a fogásmélységet, és egyenletesebb előtolást alkalmazz, esetleg gépi előtolóval.

Hiba. A nút nem párhuzamos az éllel, vagy a szélessége nem állandó. **Ok.** A munkadarab elmozdult, a vezetővonalzó nem megfelelő, vagy a marófej kúpos. **Javítás.** Szorítsd a munkadarabot a vonalzóhoz, állítsd be a vonalzót pontosan, ellenőrizd a szerszámot.

Hiba. Vezetőgyűrűs sablonmarásnál az alkatrész mérete nem stimmel. **Ok.** A gyűrű és a szerszám átmérője eltér a számítotthoz képest, vagy a sablon mérete rossz. **Javítás.** Mérd meg a gyűrűt és a szerszámot, számold ki az e-t, és korrigáltasd a sablont.

24.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben tömör tölgyfa asztallap élére profilozott szegélyt kellett készíteni. A tanuló a megfelelő félgömb profilú marófejet választotta, de a fordulatszámot a gép maximális, 6000 1/min értékére állította. A próbadarabon a felület égett, füstölt. A szakoktató megkérte, hogy számolja ki a forgácsolási sebességet. A szerszám átmérője 100 mm volt, így $v = 100 \cdot 3{,}14 \cdot 6000/60\,000 \approx 31{,}4\,\text{m/s}$. Ez önmagában nem lett volna túl magas, de a késél tompa volt, és a lassú, óvatos előtolás miatt a szerszám hosszan dörzsölte a fát. A tanuló lecserélte a kést élesre, 4500 1/min-re állította a gépet, és bátrabb, egyenletes előtolással dolgozott. A profil sima lett, égés nélkül. A tapasztalat: nem elég a fordulatszám, az éles szerszám és a megfelelő előtolás is legalább annyira fontos.

24.1.11. Önellenőrzés

1. Mit nevezünk alsómarónak, és miért veszélyes gép?
2. Mi az ellenirányú marás, és miért azt használjuk az alsómarón?
3. Mekkora a forgácsolási sebesség, ha D = 120 mm és n = 4000 1/min?
4. Vezetőgyűrű 40 mm, szerszám 16 mm. Mennyi az e eltérés?
5. Miért tilos kesztyűt viselni az alsómarón?
6. Mi a teendő, ha a marás felülete ég?

24.1.12. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel az asztalos marógép fő részeit, és röviden írd le a szerepüket.

2. feladat (A) Mennyi a forgácsolási sebesség, ha a marófej átmérője 160 mm, a fordulatszám 3000 1/min?

3. feladat (B) Vezetőgyűrűvel és 12 mm-es másolómaróval készítesz egy íves alkatrészt. A gyűrű átmérője 35 mm. A sablon kontúrja 450 mm hosszú, 120 mm széles. Mekkora lesz a lemart alkatrész hossza és szélessége, ha külső vezetést használsz?

4. feladat (B) Egy díszlécet 20 mm mély, 10 mm széles profillal kell elkészíteni. A nyers léc 60 mm széles és 30 mm vastag. Rajzold le szövegesen (nézet + metszet) a léc keresztmetszetét a profil kialakítása után, és add meg, hogy a lécből mennyi anyag távozik el a profilból (mm²-ben), ha a profil a 60 mm széles lap közepén futó, 10 mm széles, 20 mm mély U-horony félköríves fenékkel.

5. feladat (C) Miért nem szabad a munkadarabot közvetlenül az ütközőnél, a forgó szerszám előtt elhelyezve elkezdeni a marást? Írd le, mi történhet, és mi a helyes eljárás.

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy 1500 mm hosszú, 90 mm széles, 18 mm vastag bükkfa ajtókeret-léc élprofiljának marásához. Részletezd a gépet, szerszámot, beállításokat, egyéni védőeszközöket, indítás előtti ellenőrzést és a lépéseket.

24.1.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Az alsómaró függőleges tengelyű, marótengelyű, helyhez kötött gép. Veszélyessége a nagy fordulatszámú, nyitott szerszámból, a munkadarab visszavágódásából és a kéz sérülésének kockázatából adódik.

2. Az ellenirányú marás a munkadarab előtolása a szerszám forgásával szemben. A szerszám így nem rántja be a darabot, a darabot a tolófa/előtoló szorítja az asztalhoz és a vonalzóhoz; csökkenti a visszavágás esélyét.
3. $v = \frac{120 \cdot 3{,}1416 \cdot 4000}{60\,000} \approx 25{,}1\,\text{m/s}$.
4. $e = \frac{40-16}{2} = 12\,\text{mm}$.
5. Mert a kesztyű behúzhatja a kezet a forgó szerszámba; az alsómarón tilos kesztyűt viselni.
6. Ellenőrizd a szerszám élességét, növeld az előtolást, és szükség esetén csökkentsd a fordulatszámot a gyártói tartományon belül.

1. feladat (A) Fő részek: marótengely (szerszámot tartja, forgatja), gépasztal (munkadarab támasza), ütközővonalzó (egyenes vezetés), magasságállítás (fogásmélység), védőburkolat (szerszám lefedése), előtolóberendezés (egyenletes gépi előtolás), vészleállító.

2. feladat (A) $v = \frac{160 \cdot 3{,}1416 \cdot 3000}{60\,000} = \frac{1\,507\,968}{60\,000} \approx 25{,}1\,\text{m/s}$.

3. feladat (B) e = (35-12)/2 = 11,5 mm. Külső vezetésnél az alkatrész a sablonnál minden oldalon e-vel nagyobb, ezért a lemart méret hossza: $450 + 2 \cdot 11{,}5 = 473$ mm, szélessége: $120 + 2 \cdot 11{,}5 = 143$ mm. Feltéve, hogy a maró a gyűrűvel koncentrikus.

4. feladat (B) A léc keresztmetszete: 60 mm széles, 30 mm vastag téglalap. A profilt a 60 mm széles lap közepén, az egyik oldalról kell kialakítani: 10 mm széles, 20 mm mély U-horony félköríves fenékkel. Nézet: a lap felülnézetében egy 10 mm széles hosszanti sáv; metszet: 60 × 30 mm-es téglalap, közepén 10 mm széles, 20 mm mély bevágás, alján félkörrel. Kivett terület: téglalap rész $10 \cdot (20-5) = 150\,\text{mm}^2$ és félkör $\frac{1}{2}\pi \cdot 5^2 \approx 39{,}27\,\text{mm}^2$, összesen $189{,}27\,\text{mm}^2$. A maradék keresztmetszet: $60 \cdot 30 - 189{,}27 = 1610{,}73\,\text{mm}^2$.

5. feladat (C) Az ütközőnél kezdett marásnál a munkadarab sarka a forgó szerszám és az ütköző közé szorul, a szerszám bekaphatja a darabot, és az erő visszavágódást, kirepülést okozhat. A munkadarabot a szerszám mellől, folyamatos oldalirányú bevezetéssel kell indítani, és soha nem szabad a szerszámot a munkadarabbal leállítani. Rövid darabot sablonnal vagy gépi előtolással kell marni.

6. feladat (D) Technológiai lap – ajtókeret-léc élprofilmarása. Cél: 1500 × 90 × 18 mm-es bükk léc élprofiljának marása alsómarón. **Anyag:** bükk, 1500 × 90 × 18 mm. **Szerszám:** MAN jelölésű profilmarófej, $D = 140$ mm, $n = 4500$ 1/min (ellenőrizendő: $n_{\max}$ a szerszámon); $v = \frac{140 \cdot \pi \cdot 4500}{60\,000} \approx 33{,}0$ m/s, a 30–60 m/s tartományban van.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, hallásvédő, porálarc (FFP2), testhezálló ruha, hosszú haj összekötve; kesztyű tilos.

Indítás előtti ellenőrzés: szerszám sértetlen, $n_{\max}$ nagyobb a beállított fordulatszámnál; védőburkolat és elszívás a helyén; vészleállító elérhető; a léc egyenes, szegmentes, göcsmentes; előtolóberendezés beállítva.

Lépések: 1. Szerszám felszerelése áramtalanított gépen. – ellenőrzés: szoros befogás, kézzel körbeforgatva szabadon fut. 2. Magasságállítás a profil mélységére. – ellenőrzés: próbadarabon tolómérővel ±0,3 mm. 3. Vonalzók beállítása (bemenő a szerszám profilmélységével kiállva, kimenő a fogásmélységgel előbbre). – ellenőrzés: a próbadarab szorulás nélkül átvezethető. 4. Előtolóberendezés beállítása (hosszú léc), görgős alátámasztás a kimenő oldalon. 5. Próbajárás 10 s, majd próbamarás hulladékon. – ellenőrzés: nincs rezgés, égésnyom, a profil folytonos. 6. A léc ellenirányú előtolása az előtolóval, egyenletesen. – ellenőrzés: a profil mélysége és szélessége állandó. 7. Gép kikapcsolása, várakozás a leállásig, ellenőrzés és takarítás.

24.1.14. Rövid összefoglaló

Az **asztalos marógép (alsómaró)** függőleges tengelyű, nagy fordulatszámú, helyhez kötött gép. Fő részei: marótengely, gépasztal, ütközővonalzó, magasságállítás, védőburkolat, előtolóberendezés. A munkadarabot **ellenirányú marással** kell tolni, így a szerszám nem rántja be a darabot. A marófej kiválasztásánál ellenőrizni kell a D, z, $n_{\max}$ és MAN/MEC jelölést. A forgácsolási sebesség képlete: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$. A profilmarás ütközővel készül, a díszlécek és párkányok hosszában azonos keresztmetszetet kapnak. A nútolás és falcolás hornyok és lépcsők kialakítása. A sablon szerinti marásnál vezetőgyűrűt használunk, a méreteltérés $e = (D_{\text{gyűrű}} - D_{\text{szerszám}})/2$. A gép az egyik legveszélyesebb faipari gép, ezért védőburkolat, tolófa, elszívás és megfelelő betanítás szükséges. Tilos kesztyűt viselni, és tilos a marást az ütközőnél, a forgó szerszámnál kezdeni. **Továbbvitt eredmény.** A profil- és sablonmarás beállításait, szerszámait és biztonsági szabályait alkalmazzuk a csapozó- és láncmarógépnél (Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen), a CNC-megmunkálásnál (CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés), az íves alkatrészeket igénylő székgyártásnál (Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás), az ajtógyártásnál (Ajtók gyártástechnológiája gépekkel) és az ablakgyártásnál (Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás).

24.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat, különösen a marógépekre vonatkozó rész (ellenőrizendő: pontos szabványszámok, hatály).
- A gépkönyv az adott típushoz (fordulatszám-fokozatok, minimális darabhossz, beállítási adatok – ellenőrizendő).
- Marószerszám-gyártók műszaki adatlapjai (megengedett $n_{\max}$, ajánlott forgácsolási sebesség, profilgeometria – ellenőrizendő).
- Munkavédelmi előírások: egyéni védőeszközök, porszint, zajexpozíció (ellenőrizendő: határértékek és rendeletek).
- A feltüntetett sebesség- és méretértékek tájékoztató jellegűek, nem tervezési vagy kivitelezési előírások.

24.2. Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen

24.2.1. Motiváció

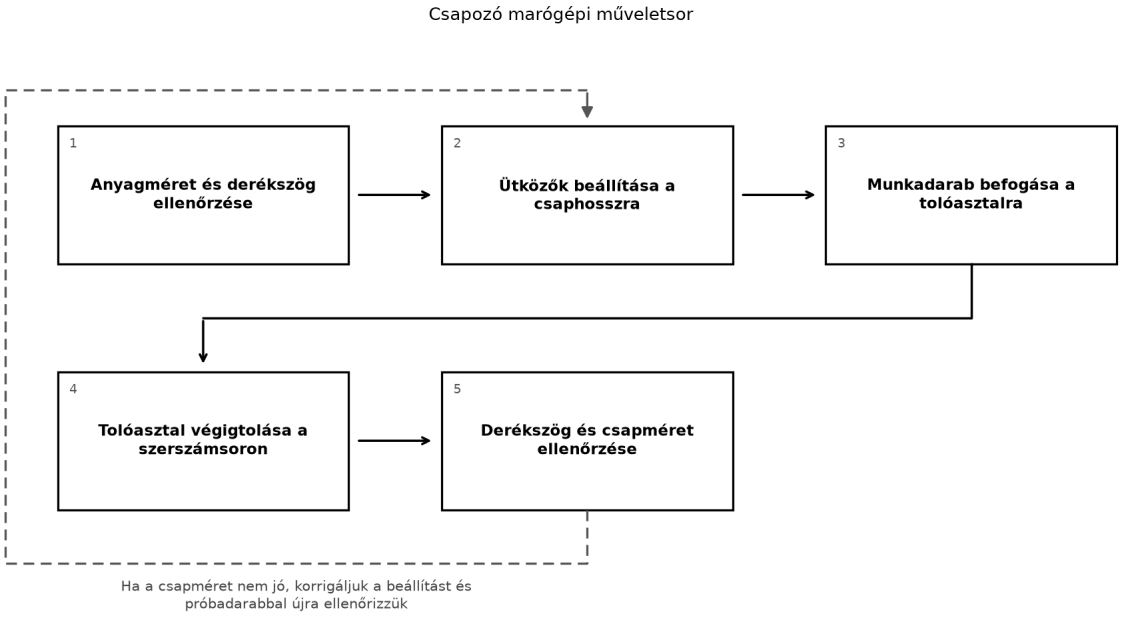
Egy műhelyben húsz darab beltéri ajtószárnyat kell legyártani. Minden ajtókeret sarkát vésett csapozással készítjük el. Ha ezt kézzel, fűrésszel és vésővel csinálnánk, a csapok és a fészkek mérete darabonként kicsit eltérne, a munka pedig napokig tartana. A cél az, hogy minden csap ugyanolyan legyen, és minden fészek pontosan oda illeszkedjen. Erre a feladatra nem az általános asztalos marógépet vagy a kézi vésőt használjuk, hanem a szerkezeti kötések két célgépét: a **csapozó marógépet** és a **láncmarógépet**. Az egyik a csapot, a másik a csaplyukat készíti el gyorsan, pontosan és ismételhetően.

24.2.2. Szemléletes kép

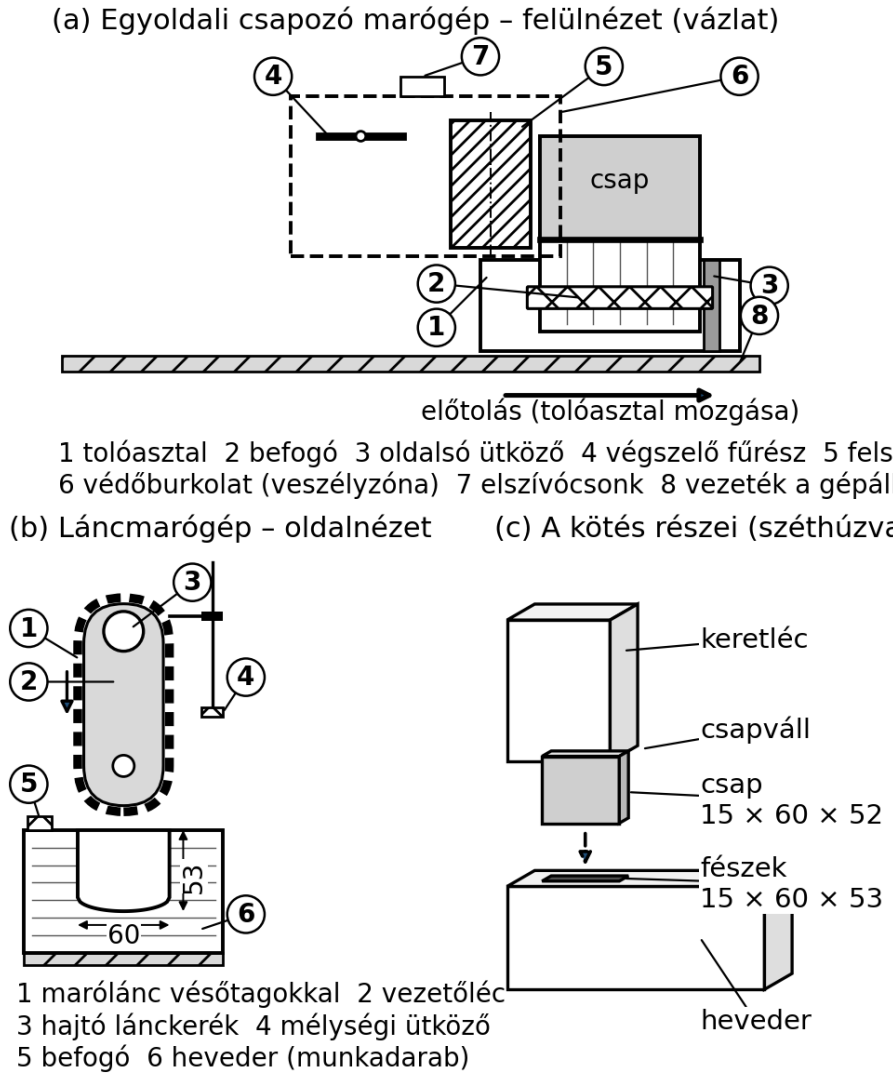
Képzelj el egy ajtókeret-elemet, egy 70 mm széles és 45 mm vastag tölgyfa lécet. A csapozó marógépen a lécet egy tolóasztalra fekteted be, rögzíted, majd az asztalt végigtolod egy szerszámsor előtt. A gép egyszerre lemunkálja a csap két oldalát, a csapvállakat és a csap hosszát. Néhány másodperc alatt kész a csap, amelynek vastagsága pontosan 15 mm. A csaplyukat a

láncmarógépen készíted el: a megjelölt helyre egy mozgó, vésőtagokból álló lánc süllyed le, és téglalap alakú, tiszta falú fészket mar a fába. A csap és a fészek illesztése szárazon is szoros, ragasztóval pedig teljesen zárt.

A gépi csapozás folyamatát az alábbi ábra mutatja:



24.4. ábra. Csapozó marógépi műveletsor - Egyoldali csapozó marógép fő lépései a csap kimunkálásához. A beállítást mindig próbadarabbal ellenőrizzük.



24.5. ábra. Az egyoldali csapozó marógép felülnézete a szerszámsorral (a), a láncmarógép oldalnézete (b) és a kész csapos kötés részei (c). Sematikus vázlat; a szerszámsor sorrendje gépenként eltérhet (ellenőrizendő: gépkönyv).

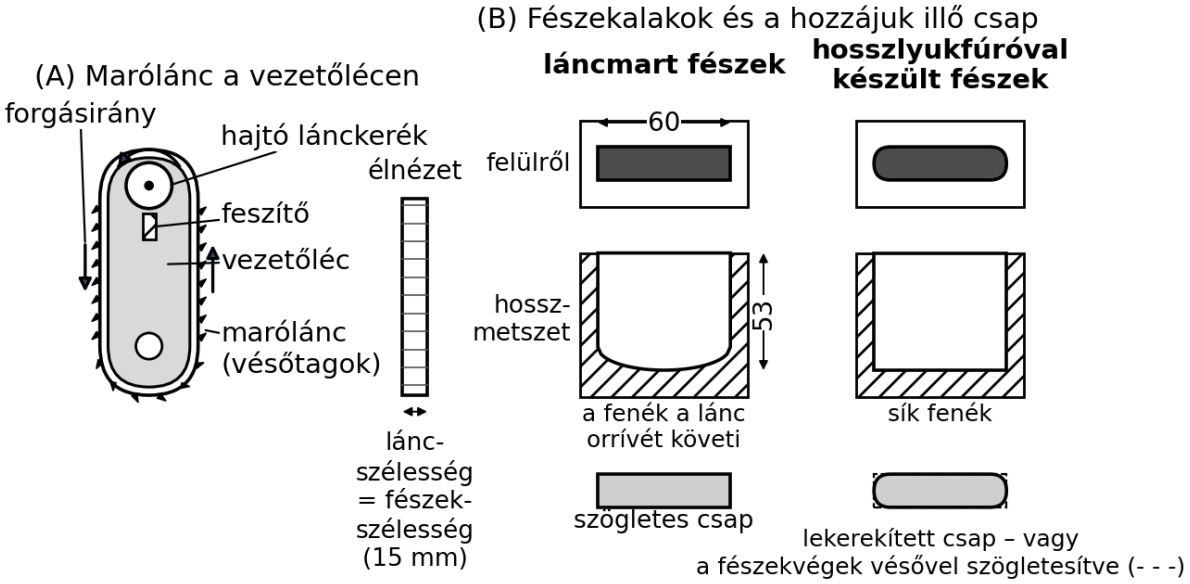
Az ábra (a) része felülről mutatja a gépet: a 80 × 45 mm-es léc a tolóasztalon fekszik, a befogó leszorítja, az oldalsó ütköző igazítja. Az asztal a védőburkolat alatti szerszámsor előtt halad el: a végszelő fűrész méretre vágja a léc végét, a felső és alsó csapozó marófej kialakítja a csap két oldalát és a vállakat. A (b) részen a marólánc a vezetőléccel együtt süllyed a hevederbe, amíg a mélységi ütköző 53 mm-nél meg nem állítja. A HTML-kiadásban a folyamat lépésenként lejátszható.

24.2.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **csapozó marógép** olyan faipari megmunkálógép, amely keretszerkezeti elemek végén a **csapot** és a **csapvállakat** készíti el. A munkadarabot egy mozgó **tolóasztalra** fogjuk fel, és az asztalt végigtoljuk egy **szerszámsoron**. A szerszámsor több marófejből vagy maróorsóból áll, amelyek a csap különböző felületeit egy menetben munkálják meg.

Definíció. A **láncmarógép** olyan fúró-maró gép, amely **marólánccal** készít téglalap keresztmetszetű fészket, azaz hagyományos **csaplyukat**. A marólánc egy vezetőlécen futó, vésőtagokból

álló lánc. A lánc a vezetőléc orrán lévő lánckeréken fordul meg, és a forgása közben a vésőtagok a faanyagból apró forgácsot vágnak ki. A gép a láncot vezetőlábbal együtt függőlegesen süllyeszti a munkadarabba, így a fészek alja párhuzamos a munkadarab felületével.



24.6. ábra. A marólánc a vezetőlécen (A) és a két fészekalak (B): a láncmart fészek szögletes, a fenekét a lánc orríve alakítja; a hosszlyukfúróval készült fészek vége lekerekített. A fészek szélessége a lánc szélessége.

A Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek elve gépen ugyanaz, mint kézzel: a **csap** belemegy a **fészekbe**, a **csapvállak** a hevederfelületekre támaszkodnak, a ragasztó pedig a csap oldalfelületein és a vállakon köt. A különbség a kivitelezés sebessége, pontossága és ismételhetősége.

24.2.4. Szerkezeti kötések kialakítása gépeken

Szabály. A gépi csapozás előtt a munkadarabokat méretre kell gyalulni. A csapozó marógép abból indul ki, hogy a munkadarab szélessége és vastagsága pontos, a lapjai párhuzamosak, az élei derékszögűek. Ha a gyalulás pontatlan, a gép sem tud jó csapot marni.

A gépi csapozás tipikus menete:

1. **Csapozó marógép beállítása.** A csap hosszát a végütközővel, a csap vastagságát a marófejek magasságának vagy a szerszámtengelyek egymáshoz viszonyított helyzetének állításával határozzuk meg. A csapvállak mélységét a szerszám előtolási mélysége adja.
2. **Befogás.** A munkadarabot a tolóasztalra fektetjük, és mechanikus vagy pneumatikus befogóval rögzítjük. A befogó megakadályozza, hogy a maróerő a darabot elmozdítsa.
3. **Végigtolás.** A tolóasztalt egyenletes sebességgel, ütközésig végigtoljuk a szerszámsoron. A kézi előtolású gépen a darabot mindig a tolóasztalnál fogva, a szerszámtól biztonságos távolságban vezetjük.
4. **Csaplyuk készítése láncmarógépen.** A csaplyuk helyét előrajzoljuk, vagy a gépen lévő ütközővel pozícionáljuk. A munkadarabot a gépasztalra szorítjuk, a fészek középvonalát a vezetőléchez igazítjuk, majd a láncot egyenletes előtolással a kívánt mélységig süllyesztjük.

5. **Illesztés.** A csapot és a fészket szárazon próbáljuk. A csapnak kézi nyomással, de szorosan kell bemennie. Ha túl szoros, a csapot finoman le kell vékonyítani; ha lötyög, a beállítást kell javítani.

Szerkezeti megmunkálások más gépeken.

- **Asztalos marógépen** a csap vagy a csaplyuk készíthető egyedi marószerszámmal, de a csaplyuk itt gyakran csak lekerekített sarkú, mert a maró kör keresztmetszete nem tud éles sarkot vágni. A láncmaró viszont éles, derékszögű sarkot ad.
- **Felsőmarógépen** sablonnal vagy vezetőléc mentén lehet csapokat és fészkeket marni, elsősorban egyedi vagy kis sorozatú munkáknál.
- **Csapozó marógépen** nagy sorozatú ajtó- vagy ablakgyártásnál a leghatékonyabb a munkavégzés. A kétoldali csapozó marógép a munkadarab mindkét végét egy menetben csapozza meg, így a hosszméret és a csapok párhuzamossága is pontosan tartható.

24.2.5. Számítási példák

1. Számítás. Csap és fészek méretezése gépi megmunkáláshoz.

Adott egy asztalláb felső keretléce: szélessége $b = 80\,\text{mm}$, vastagsága $v = 40\,\text{mm}$. A vésett csapozás szabálya szerint a csapvastagság a lécvastagság körülbelül egyharmada. Keresett: a csap vastagsága v_{csap} és a fészek mélysége $h_{\text{fészek}}$.

Képlet és behelyettesítés:

$$v_{\text{csap}} \approx \frac{v}{3} = \frac{40\,\text{mm}}{3} \approx 13{,}3\,\text{mm}$$

A gépi beállításhoz a csapvastagságot célszerű tizedmilliméterre, lehetőség szerint 0,1 mm pontossággal megadni. A fészek szélessége a marólánc szélessége (a lánc nem állítható szélességű szerszám), ezért a csapvastagságot a meglévő láncszélességekhez kerekítjük: vegyünk fel **13 mm**-es láncot (a gyártói láncszélesség-sor ellenőrizendő), és a csapozó gépet próbadarabon erre a láncra illesztve állítjuk be.

A fészek mélysége a szélesség kétharmada körül legyen:

$$h_{\text{fészek}} \approx \frac{2}{3} \cdot b = \frac{2}{3} \cdot 80\,\text{mm} \approx 53{,}3\,\text{mm}$$

A csap hosszát ennél 1–2 mm-rel kisebbre választjuk, hogy a ragasztó és az illesztés ne feszüljön a fészek alján. Legyen a csap hossza **52,0 mm**, a láncmaró fészekmélysége pedig **53,0 mm**.

Ellenőrzés: a csapvastagság 13 mm a 40 mm-es anyagnak közel a harmada, tehát a csap mellett mindkét oldalon közel 13,5 mm-es heveder marad. Ez a kézi csapozásban bevált arány. ∎

2. Számítás. Láncmaró forgácsolási sebessége.

Adott: a láncmaró hajtó lánckerekének átmérője $D = 90\,\text{mm}$, fordulatszáma $n = 2800\,\text{min}^{-1}$. Keresett: a lánc mozgásának kerületi sebessége v (m/s).

Képlet:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$$

Behelyettesítés:

$$v = \frac{90 \cdot 3{,}14 \cdot 2800}{60\,000} \approx \frac{791\,280}{60\,000} \approx 13{,}2\,\text{m/s}$$

Ellenőrzés: a faipari marószerszámokra jellemző forgácsolási sebesség 10–80 m/s tartományban van, tehát a 13,2 m/s reális. A pontos értéket azonban mindig a gépkönyv és a láncgyártó adatlapja szerint kell beállítani. ∎

Megjegyzés. A láncmaró előtolását a gépkezelő kézzel szabályozza. A túl gyors előtolás túlterheli a láncot, a túl lassú előtolás égeti a fát. Az optimális előtolás anyagtól, fészekmélységtől és a lánc állapotától függ **(ellenőrizendő: gépkönyv és gyártói adatlap)**.

24.2.6. Gépbiztonság és egészségvédelem

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd.

A csapozó marógép és a láncmarógép nagy fordulatszámú, motoros hajtású szerszámokkal dolgozik. A legfontosabb védőberendezések:

- **Csapozó marógép:** a szerszámsort teljesen lefedő, állítható védőburkolat, a tolóasztal melletti oldalvédő, a munkadarabot rögzítő befogó és a vészleállító. A visszavágódás ellen a tolóasztalon lévő ütközők és a rögzítőelemek védenek.
- **Láncmarógép:** a lánc és a vezetőléc körüli, a gépasztalig leengedhető védőburkolat, a munkadarabot szorító befogó, a fészekmélységet korlátozó ütköző és a vészleállító.

Tilos.

- Tilos a marófejeket vagy a marólláncot burkolat nélkül, megemelt védőernyővel üzemeltetni.
- Tilos a munkadarabot kézzel, befogó nélkül megvezetni a csapozó marógépen.
- Tilos a láncmaró láncát kézzel fékezni, tisztítani vagy beállítani, amíg a gép le nem állt és áramtalanításra nem került.
- Tilos a gépen laza ruházatban, ékszerrel, kibontott hosszú hajjal dolgozni.
- Tilos a por- és forgácselszívást kikapcsolva üzemeltetni a gépeket. A keményfa-por, például tölgyből és bükkből, belélegezve egészségkárosító. A géphez tartozó elszívást mindig be kell kapcsolni, és szükség esetén légzésvédőt kell viselni **(ellenőrizendő: aktuális fapor-expozíciós határérték)**.

24.2.7. Technológiai lap

Technológiai lap. Keretlécek csapozása csapozó marógépen és láncmarógépen.

Termék: beltéri ajtószárny középkeretléce, 70 × 45 mm, tölgy.

Anyagok: méretre gyalult tölgyfa léc, ragasztó: beltéri ajtóhoz D2, nedves helyiségbe D3 (MSZ EN 204 – ellenőrizendő: termékadatlap), ragasztófelesleg-törlő.

Gépek és szerszámok: egyoldali csapozó marógép, láncmarógép, mérőszalag, tolómérő, derékszögelő, próbadarab, előrajzoló ceruza.

Gépbiztonság és egyéni védőeszközök: védőszemüveg, hallásvédő, porvédő légzésvédelem (FFP2 vagy a gépkönyv előírása szerint), szorosra gombolt vagy húzott munkaruha. A gépeket csak betanított, felügyelt tanuló kezeli, védőberendezés nélkül soha.

Indítás előtti ellenőrzés:

1. A csapozó marógép szerszámsora éles, sérülésmentes, a marófejek rögzítései meg vannak húzva.
2. A védőburkolat lezárt állapotban van, a tolóasztal egyenesen fut, a befogó működik.
3. Az elszívó be van kapcsolva.
4. A munkadarabon nincs szeg, csavar, szennyeződés.
5. A vészleállító elérhető.

Lépések:

1. **Csaphossz beállítása.** A csap hosszát 52 mm-re állítjuk a végütközővel – ellenőrzés: mérőszalaggal lemért távolság a szerszámsortól.
2. **Csapvastagság beállítása.** A marófejek magasságát úgy állítjuk, hogy a csap vastagsága 13 mm legyen – ellenőrzés: próbadarab marása és tolómérővel mérés, a méret 12,9–13,1 mm között legyen (tájékoztató tűrés).
3. **Derékszög ellenőrzés.** A csapvállakat úgy állítjuk, hogy azok a léc élére merőlegesek legyenek – ellenőrzés: próbadarabon derékszögelővel, 0,2 mm-es résnél nem nagyobb eltérés.
4. **Csapozás.** A munkadarabot a tolóasztalra fektetjük, befogjuk, majd az asztalt egyenletesen végigtoljuk. A csapot készre marjuk – ellenőrzés: méret és derékszög.
5. **Fészek előrajzolása.** A csaplyuk helyét a másik lécen előrajzoljuk: a fészek középvonala a léc szélességi középvonalára essen – ellenőrzés: a középvonal mindkét oldalon azonos távolságra van a léc élétől.
6. **Láncmaró beállítása.** Szereld fel a 13 mm széles láncot (áramtalanítva), a láncmaró mélységi ütközőjét 53 mm-re állítjuk, a láncot a fészek középvonalához igazítjuk – ellenőrzés: próbafészek szélessége 13,0–13,2 mm, 53 mm mély, a fészek fala tiszta, éles sarkú.
7. **Fészekmarás.** A munkadarabot befogjuk, a láncot a jelölt helyre állítjuk, majd egyenletes, lassú előtolással a mélységi ütközőig süllyesztjük. A láncot ezután kiemeljük – ellenőrzés: a fészek mérete és mélysége, a fenék párhuzamossága.
8. **Száraz próba.** A csapot a fészekbe illesztjük. A csap kézi nyomással, de szorosan illeszkedjen – ellenőrzés: a csap nem ferdül el, a csapvállak körben felfekszenek.
9. **Dokumentálás.** A beállítási méreteket és a próbadarab ellenőrzési eredményeit a munkanaplóba bejegyezzük.

24.2.8. Minőségellenőrzés

A gépi csapozás után a következőket ellenőrizzük:

- **Csapméret.** A csap vastagsága tolómérővel mérve a fészek szélességétől legfeljebb 0,1–0,2 mm-rel térjen el (tájékoztató, a ragasztási hézag 0,1 mm körüli legyen).
- **Csaphossz és fészekmélység.** A csap 1–2 mm-rel rövidebb legyen a fészekmélységnél, hogy a ragasztófelesleg elférjen.
- **Derékszög.** A csapváll és a léc élének szöge 90° legyen. Eltérésnél a kötés elhúz, a keret vetemedik.
- **Felületek.** A csap és a fészek felülete sima, égett vagy kiszakadt részek nélküli. A láncmaró lánca ne hagyjon szálkás, bolyhos falat.
- **Illesztés.** Száraz próbán a csap nem lötyög, nem szorul meg túlságosan, a csapvállak körben felfekszenek.

Eltérésnél a beállítást korrigálni kell, és új próbadarabot kell marni.

24.2.9. Tipikus hibák és okaik

1. **A csap kiszakadt vagy a váll égett.** Ok: tompa marószerszám, túl nagy fogásvétel, nem megfelelő a szerszám anyaga vagy a fordulatszám. Helyes gyakorlat: éles szerszámot használunk, a gyártó előírása szerinti fordulatszámon, és a csapot nem túl nagy egy menetben vesszük ki.
2. **A csap és a fészek nem illeszkedik, a csap lötyög.** Ok: a gépbeállítás nem pontos, a marófejek vagy a lánc vezetése kopott. Helyes gyakorlat: minden sorozat előtt próbadarabot marunk, a méretet tolómérővel ellenőrizzük.
3. **A fészek a láncmarón ferde vagy a fala szálkás.** Ok: a munkadarab nincs megfelelően rögzítve, a lánc tompa, vagy az előtolás nem egyenletes. Helyes gyakorlat: a befogót mindig meg kell húzni, a láncot időben életztetni kell, és az előtolást lassan, egyenletesen végezni.
4. **A csapváll körül rést látunk a keret összeállítása után.** Ok: a csapváll nem derékszögű, vagy a fészek mélysége változott. Helyes gyakorlat: a csapozó gépen a vállszerszámot derékszögbe kell állítani, és a fészket pontos mélységi ütközővel kell marni.

24.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben húsz darab beltéri ajtószárny keretlécét kell legyártani. A régi, kézi vésési módszerrel a munka nyolc napot venne igénybe, és a keresztmetszetek nem lennének egyformák. A műhelyben egyoldali csapozó marógép és láncmarógép áll. A beállító próbadarabok után a gépek sorban készítik a csapokat és a fészkeket. A gyártás során az egyik lécen a láncmaró fészke kissé ferde lett. Az asztalos azonnal megállította a gépet, ellenőrizte a befogót, és újrahúzta a szorítót. A következő próbadarabon a fészek már tökéletes volt. Így a sorozat két nap alatt elkészült, és az ajtószárnyak keretei szárazpróbán mindenhol zártak és derékszögűek lettek. A tanulság: a gépek sebessége csak akkor érvényesül, ha a beállítás, a próbadarab és a minőségellenőrzés nem marad el.

24.2.11. Önellenőrzés

1. Milyen géppel készítünk éles sarkú, téglalap keresztmetszetű csaplyukat?
2. Miért előnyös a csapozó marógép a kézi csapozással szemben sorozatgyártásban?
3. Igaz-e, hogy a csap vastagságát a léc vastagságának harmadához közeli értékre választjuk? Indokold!
4. Mi a teendő, ha a csap a fészekben lötyög?
5. Miért kell a láncmarón a munkadarabot befogóval rögzíteni?

24.2.12. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a csapozó marógép legfontosabb részeit, és magyarázd el, mi a tolóasztal szerepe!

2. feladat (A). Írd le röviden, mi a különbség a csapozó marógép és a láncmarógép között a késztermék szempontjából!

3. feladat (B). Számítsd ki a csap vastagságát és a fészek mélységét egy 60 mm széles, 36 mm vastag léc esetén! A csap vastagságát 0,5 mm-re kerekítsd, és a csap hosszát 1 mm-rel rövidebbre válaszd a fészekmélységnél!

4. feladat (B). Egy láncmaró lánckerekének átmérője 75 mm, fordulatszáma 3200 1/min. Számítsd ki a lánc kerületi sebességét!

5. feladat (C). Egy műhelyben keretléceket csapoznak. A csapok mérete a sorozat gyártása közben fokozatosan egyre vastagabb lesz. Mi lehet az ok, és milyen ellenőrzést kellene végezni?

6. feladat (D). Válassz ki egy 80 mm széles, 45 mm vastag tölgyfa lécet, és készíts hozzá gépi csapozási tervet! Add meg a csap, a fészek méreteit és a láncmaró beállítási mélységét! Rajzold le szövegesen a csap oldalát és a fészek metszetét!

24.2.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Láncmarógéppel.
2. Nagy sorozatnál minden csap egyforma, a munka sokkal gyorsabb és kevésbé fárasztó, mint kézzel, és a csapvállak pontosan derékszögben készíthetők.
3. Igen, a kézi és gépi csapozásnál is a lécvastagság egyharmada körüli csapvastagság adja a legjobb egyensúlyt a csap szilárdsága és a hevederek megmaradó anyaga között.
4. A gépbeállítást ellenőrizni kell, a csapvastagságot a fészekhez kell igazítani, vagy új, pontosabb csapot/új fészket kell készíteni.
5. Mert a láncmaró hatalmas előtoló erőt fejt ki; befogó nélkül a munkadarab elcsúszhat, ferde fészek keletkezik, és a kezünk is a lánc közelébe kerülhet.

1. feladat megoldása. A csapozó marógép részei: gépállvány, vízszintes munkafelület, szerszámsor (marófejek), védőburkolat, befogó, tolóasztal, ütközők, elszívócsonk. A tolóasztal szerepe: a munkadarabot ezen rögzítjük, és az asztalt a szerszámsor előtt végigtolva a marófejek a csapot kialakítják.

2. feladat megoldása. A csapozó marógép a csapot és a csapvállakat készíti; a láncmarógép a csaphoz illeszkedő, éles, derékszögű sarkú fészket (csaplyukat) készít. A csapozó marógép a keretléc végét, a láncmarógép a keretléc oldalát munkálja meg.

3. feladat megoldása. Adott: $b = 60\,\text{mm}$, $v = 36\,\text{mm}$. Csapvastagság: $v/3 = 36/3 = 12\,\text{mm}$. Fészekmélység: $2/3 \cdot b = 2/3 \cdot 60 = 40\,\text{mm}$. Csaphossz: $40 - 1 = 39\,\text{mm}$. A láncmaró mélységi ütközőjét 40 mm-re, a csapozó gép csaphosszát 39 mm-re állítjuk.

4. feladat megoldása. Adott: $D = 75\,\text{mm}$, $n = 3200\,\text{min}^{-1}$. $v = (D \cdot \pi \cdot n)/60\,000 = (75 \cdot 3{,}14 \cdot 3200)/60\,000 \approx 12{,}6\,\text{m/s}$. A kerületi sebesség körülbelül 12,6 m/s.

5. feladat megoldása. A fokozatos méretnövekedés oka lehet a marófejek meglazulása, a szerszám vagy a gép felmelegedése, vagy a beállító csavar elmozdulása. A beállítást le kell állítani, a szerszámrögzítést ellenőrizni, és új próbadarabot marni. Ha a méret továbbra is növekszik, a gép szervizelését kell kérni.

6. feladat megoldása. Adott: $b = 80\,\text{mm}$, $v = 45\,\text{mm}$. Csapvastagság: $45/3 = 15\,\text{mm}$. Fészekmélység: $2/3 \cdot 80 \approx 53{,}3\,\text{mm}$, kerekítve 53 mm. Csaphossz: 52 mm. Láncmaró beállítási mélysége: 53 mm. A csap: hossza 52 mm (a lécvégtől), vastagsága 15 mm, szélessége 60 mm (két 10 mm-es szakállal, tájékoztató); a vállak a léc élére merőlegesek. A fészek: 15 mm széles, 60 mm hosszú, 53 mm mély, alja párhuzamos a léc lapjával; ha a lánc 40 mm hosszú vágást ad, két egymás melletti fogással készül (ellenőrizendő: láncméret).

24.2.14. Rövid összefoglaló

A **csapozó marógép** a keretszerkezeti elemek végén a csapot és a csapvállakat készíti el egy **szerszámsoron**. A munkadarabot **tolóasztalra** fogjuk be, és az asztalt egyenletesen a marófejek elé toljuk. A **láncmarógép** ezzel szemben a fészket, azaz a csaplyukat munkálja meg **marólánccal**, amely éles, derékszögű sarkú, tiszta falú lyukat hagy. A gépi csapozás mindig a Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek elvén alapul: a csap, a csapváll és a fészek geometriája azonos, csak a kivitelezés gyorsabb és pontosabb. A csap vastagságát a léc vastagságának közel harmadára, a fészek mélységét a léc szélességének közel kétharmadára választjuk, a csap hossza 1–2 mm-rel rövidebb. **Gépbiztonság:** faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet, védőberendezés nélkül soha; a csapozó gépen a szerszámsort burkolat, a láncmarón a láncot védőbúra fedje, a munkadarabot mindig befogó rögzítse, és az elszívást be kell kapcsolni. **Továbbvitt eredmény.** A gépi csapozást használjuk a Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek, a Ajtók gyártástechnológiája gépekkel és a Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás alfejezetekben, mert a keretes ajtók, ablakok, asztalok és székek sorozatgyártása ezen a csap-fészek kötésen és a csapozó-láncmaró géppáron alapul.

24.2.15. Források és ellenőrzési hiányok

- A faipari gépek biztonságára vonatkozó szabványok (pl. csapozó marógépek, láncmarógépek biztonsága – MSZ EN ISO 19085 sorozat, a pontos részek ellenőrizendők).
- A forgácsolási sebességre, előtolásra, szerszámbefogásra vonatkozó gyártói gépkönyvek és szerszámkatalógusok adatai (ellenőrizendő: konkrét gép- és lánctípus).
- A fapor-expozícióra vonatkozó hazai munkahelyi határértékek és a fapor rákkeltő besorolása (ellenőrizendő: hatályos rendelet).
- A csapozás méretezéséhez használt hagyományos asztalosipari arányszámok, amelyek táblázatból vagy gyártói utasításból pontosan ellenőrizhetők.
- A mintaértékek (csapméret, fészekmélység, fordulatszám) tanulási példák, sorozatgyártás előtt a műszaki rajz és a gépkönyv az irányadó.

24.3. Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek

24.3.1. Motiváció

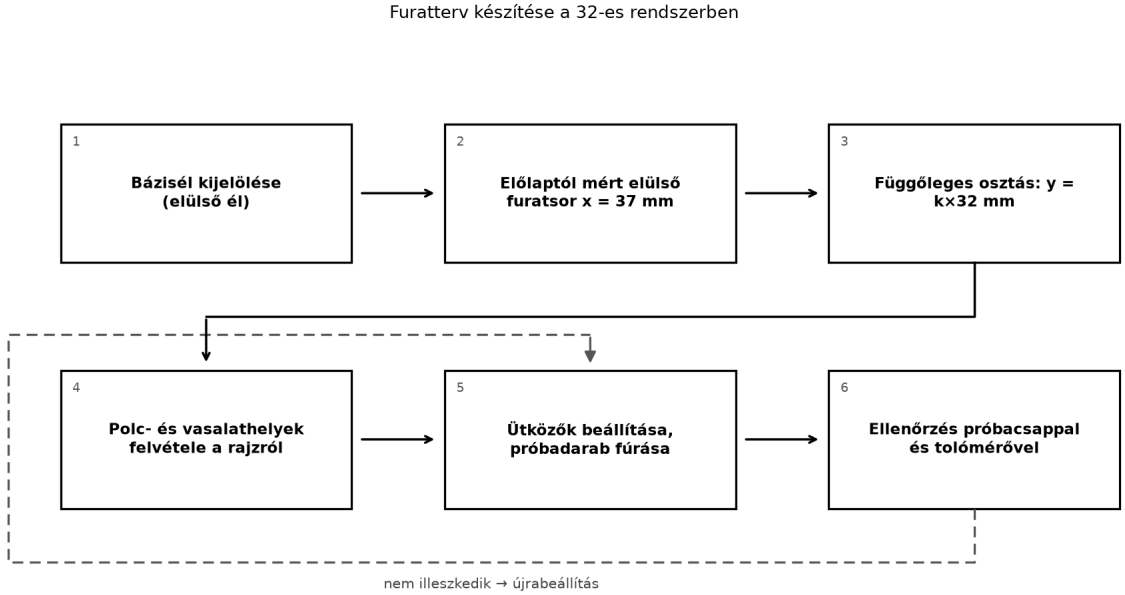
Egy konyhaszekrény korpuszát gyártod. Az oldallapokba polctartó furatokat kell fúrnod, az ajtólapra pedig csészés pántnak kell fészket süllyeszteni. Ha a furatkép nem pontos, a polcok billegnek, a pánt nem illeszkedik, az ajtó ferde lesz. A szekrények, fiókos elemek és beépített bútorok gyártása ezért nemcsak jó fűrészelést, hanem pontos, rendszerbe foglalt fúrást is kíván. Ebben az alfejezetben a **hosszlyukfúró** és a **sorozatfúró** gépet, valamint a bútoriparban elterjedt **32-es furatrendszert** tanulod meg: hogyan állíts be furatképet, hogyan számold ki a polctartó- és pántfuratok helyét, és hogyan dolgozz biztonságosan.

24.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el a sorozatfúró gépet: egy vízszintes gépasztalon mozgó munkadarab-szorító kocsi, fölötte egy függőleges tengelyű fúrófej-sor, amelyben több fúróorsó van egymás alatt pontosan 32

mm-enként. Az asztalos a méretre szabott oldallapot a báziséléhez ütközteti, a fúrófejeket a lap széléhez állítja, majd egy pedállal vagy karral a fúrószerszámot a lapba süllyeszti. A hosszlyukfúró ezzel szemben egy hosszúkás, késes-száras fúróval ellipszis alakú fészket vagy hosszlyukat készít – például köldökcsap vagy hosszlyukazott kötés számára. Mindkét gép pontossága a **bázisél** és az **ütközők** következetes használatán múlik.

A furatterv készítésének lépéseit szemlélteti az alábbi folyamatábra:



24.7. ábra. Furatterv készítése a 32-es rendszerben - Szemléltető folyamat: a rajz és a vasalatgyártói adatok alapján a furatkép rácsa 32 mm-es; minden méretet ellenőrizni kell a gyártói dokumentációban.

24.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **hosszlyukfúró gép** olyan faipari fúrógép, amely forgó, két élű hosszlyukmaró szárral és az asztal oldalirányú ingamozgásával lekerekített végű, egyenes oldalú **hosszlyukat** készít. A munkadarabot befogó asztal oldalirányban és előre-hátra mozog, a szerszám forgómozgást végez (ütőmozgás nincs), a hosszlyuk hosszát ütközők határolják.

Definíció. A **sorozatfúró gép** olyan, több fúróorsóval felszerelt fúrógép, amely egy munkadarabon egyidejűleg több, egymástól meghatározott távolságra lévő furatot készít. A furatok távolsága a fúróorsók rögzítésétől vagy a fúrófejek cseréjétől függ.

Definíció. A **32-es rendszer** a bútoriparban elterjedt **furatosztási rendszer**: a furatok függőlegesen 32 mm-enként követik egymást, a furatsor a munkadarab bázisélétől jellemzően **37 mm**-re van (ellenőrizendő: ez a gyártói rendszerektől függő, nem általános nemzetközi szabvány). A rendszer azért praktikus, mert a polc-, fiók- és vasalathelyek könnyen egymáshoz illeszthetők, a bútorlapok és vasalatok nagy része ehhez igazodik.

Definíció. A **pántfészek** a csészés pánt (zsanér) csészéjének süllyesztett furata. A leggyakoribb bútorpánt csészeátmérője **35 mm**, a fészek mélysége a pánttól függően jellemzően **11–13 mm** (ellenőrizendő: gyártói adat).

Definíció. A **szerelvényhely** a vasalat, polctartó, fiókvezető, csavar vagy segédanyag számára előírt furat, fészek vagy horony. A szerelvényhelyek helyét a rajz és a vasalatgyártó műszaki adatlapja adja meg.

Szabály. Fúrás előtt mindig jelöld ki a munkadarab **bázislapját** és **bázisélét**. A furatkép koordinátáit ettől a bázistól mérd. A bázisél legyen a termék elülső vagy alsó éle, amely a rajzon is rögzített; a műhelyben minden munkadarabon ugyanazt az élt használd.

Összefüggés. A 32-es rendszer függőleges furatkoordinátája az alsó bázistól:

$$y = k \cdot 32\,\text{mm},$$

ahol k egész szám (0, 1, 2, …), a furat középpontjának távolsága az alsó éltől. Az elülső furatsor távolsága a bázistől:

$$x = 37\,\text{mm}$$

a 32-es rendszerű gyakorlat szerint (ellenőrizendő: vasalatgyártói táblázat). A pántfészek középpontjának távolsága az ajtó felső vagy alsó élétől a gyakorlatban 80–150 mm (ellenőrizendő: pánt gyártója), az ajtó éltől pedig 21–22 mm (ellenőrizendő).

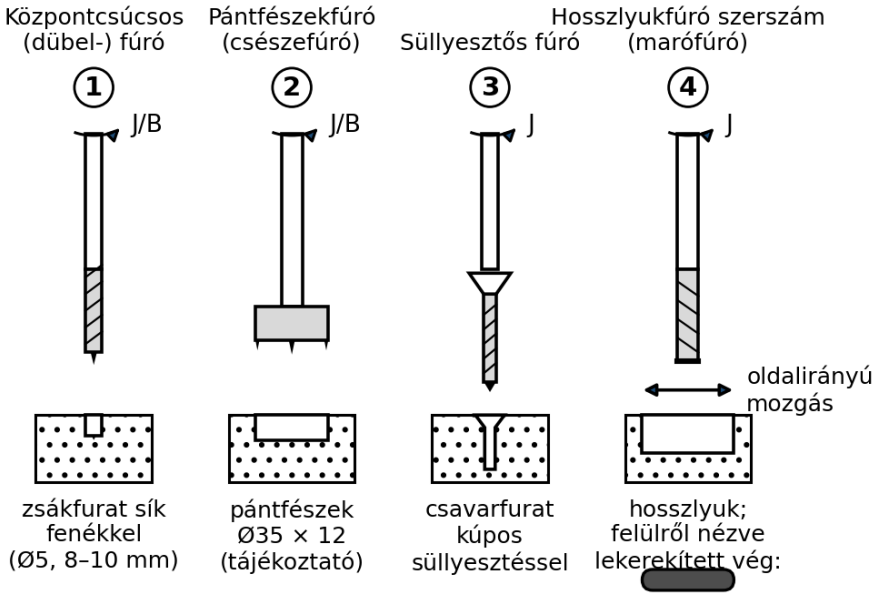
24.3.4. Technológia és eljárás

24.3.4.1. Hosszlyukfúró alkalmazása

A hosszlyukfúróval vésett csapozás fészkeit (lekerekített csappal vagy a csap élének lekerekítésével), idegencsapos (lapos, lekerekített) kötések fészkeit, valamint hosszú, keskeny hornyokat készíthetsz. A köldökcsap furata sorozatfúróval vagy fúrógéppel, a lamelló fészke lamellózó géppel (tárcsás horonymaróval) készül. A gép a fúrószerszámot forgatja, a munkadarabot az asztal mozgatja. A furat alakja a **fúrószár** kialakításától függ: a hosszlyukfúró szerszám hengeres, hosszúkás, kettős élű, amely oldalirányban is forgácsol.

A munkadarabot **feszes szorítóval** rögzítsd a gépasztalra. A furat helyét **oldalütközővel** és **mélységütközővel** állítsd be. A furat hosszát a gép előtolási úthossza határozza meg. A furatmélység a fúrószerszám kiemelkedéséből adódik.

A hosszlyukfúró előnye, hogy egy fészekben pontos, hengeres csapfészek kialakítását teszi lehetővé, és a fészek hossza nemcsak kör, hanem hosszúkás is lehet – ezért alkalmas **idegencsapos kötésekhez** és vésett csapozáshoz.



J = jobbos, B = balos forgásirány: a sorozatfúró szomszédos orsói felváltva forognak, ezért ugyanabból a fúróból jobbos és balos változat kell (a szár jelölése szerint).

24.8. ábra. A szerelvényhelyek fúrószerszámai oldalnézetben és a velük készült furat metszete: (1) központcsúcsos (dübel-) fúró, (2) pántfészekfúró, (3) süllyesztős fúró, (4) hosszlyukfúró szerszám. Sematikus rajz, a méretek tájékoztatók.

24.3.4.2. Sorozatfúrógép alkalmazása

A sorozatfúró gép **fúrófejek**ből, **fúróorsók**ból és **ütközőlécek**ből áll. A fúrófejek egy vagy két sorban helyezkednek el, egymástól a fúróorsók kiosztása szerint. A hagyományos 32-es rendszerű gépen a fúróorsók 32 mm-enként vannak rögzítve, de a fúrófejek elforgatásával vagy ütközők beállításával más osztás is elérhető.

A sorozatfúróval jellemzően:

- **polctartó furatokat** fúrsz (5 mm átmérő, 8–10 mm mélység; ellenőrizendő),
- **csavarozó furatokat** készítesz,
- **zsákfuratokat** fúrsz a vasalatoknak,
- **pántfészket** készíthetsz különleges, süllyesztő fúrófejjel,
- **32-es rendszerű furatképeket** alakítasz ki.

A munkadarabot a gép asztalára fektetve toldd a **hosszütköző**ig, majd oldalütközővel rögzítsd. A fúrófejek helyét a gép beállítólécei vagy gyorsbefogói szerint állítsd. A fúrás előtt **próbadarabot** fúrj, és ellenőrizd a furatkiosztást.

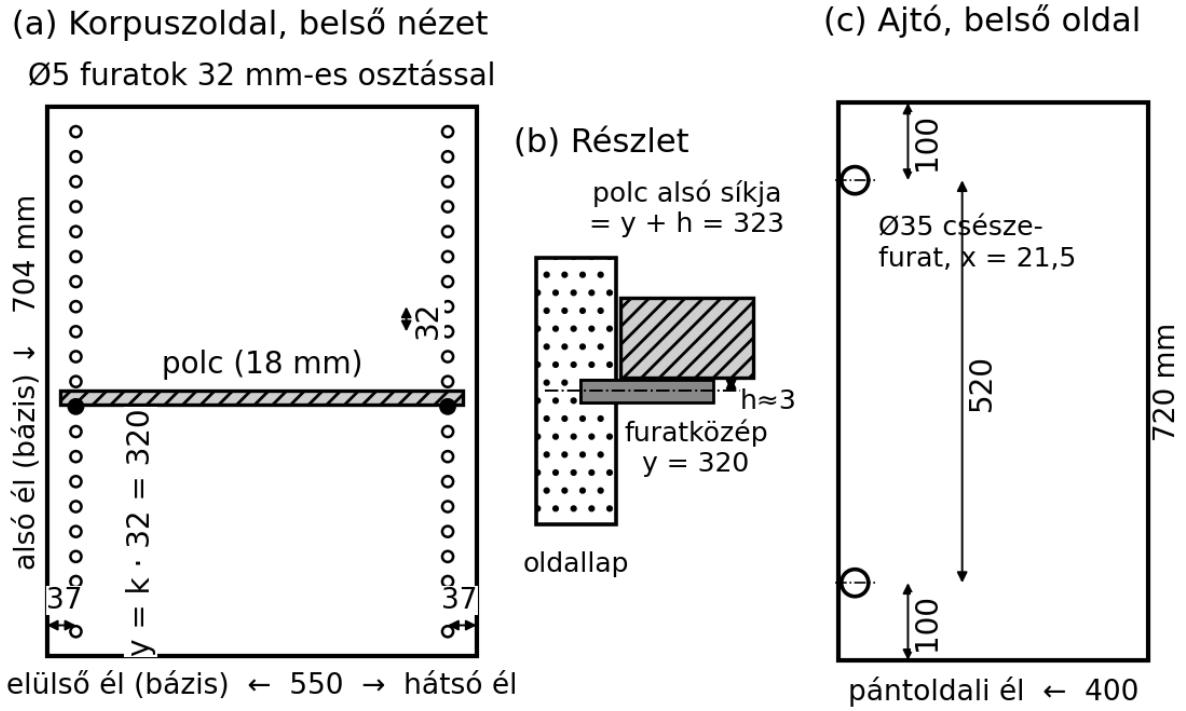
24.3.4.3. A 32-es rendszer gyakorlati használata

A 32-es rendszer lényege, hogy a szekrényoldalak furatai függőlegesen 32 mm-es lépésekben követik egymást. Így a polcokat bármelyik rácsvonalra helyezheted, és a polctartó, fiókvezető vagy vasalat illeszkedik. A furatsor a lap elülső élétől **37 mm**-re van a hagyományos rendszerekben (ellenőrizendő). A hátsó furatsor a lap hátsó élétől szintén 37 mm-re, vagy a korpusz mélységétől függően a gyártói táblázat szerint készül.

A **szerelvényhelyek** fúrásánál a vasalatgyártó rajza a mérvadó: a rajz megadja a furat átmérőjét, mélységét és a bázistól mért távolságot. A furatkép a **rajz–anyag–művelet hármas**ból következik: a rajz mondja meg a helyet, az anyag a furatátmérőt, a művelet a gépet és a beállítást.

24.3.5. Számítás és furatterv

A furatkoordináták számítása egyszerű: az alsó bázisélből indulunk, a kívánt polc vagy vasalat magasságát 32-es raszterre kerekítjük, és a fúrófejeket ennek megfelelően állítjuk. A polctartó csap a furatból kiálló fémcsap, amelyre a polc ráfekszik: a furat középpontja a polc alsó síkja alatt van a polctartó gyártói rajzán megadott h távolsággal (pl. 5 mm-es csapnál kb. 2,5–4 mm; ellenőrizendő). A kívánt polcmagassághoz (a polc **alsó síkja**) ezért a legközelebbi, alatta lévő rácsvonalat választjuk: $y = k \cdot 32 + y_0$, ahol y_0 a rendszer kezdő eltolása (gyártói adat; az alábbi példákban $y_0 = 0$). A pántfészeknél a csésze középpontja az ajtó élétől **x**, az ajtó felső vagy alsó élétől **y** távolságra van.



24.9. ábra. A korpuszoldal 32-es furatképe (a): furatsorok 37 mm-re az elülső és a hátsó éltől, 32 mm-es osztással; a polc a 320 mm-es furatba tett polctartó csapra fekszik (b). Az ajtón (c) két Ø35 mm-es csészefurat 100 mm-re a felső és az alsó éltől. A polctartó adata (h ≈ 3 mm) és a pántadatok tájékoztatók, ellenőrizendők.

Az ábrán látszik, hogy a polc nem a furat közepén, hanem a polctartó csapon fekszik: alsó síkja a furatközép fölött van (a példában 320 mm + kb. 3 mm = 323 mm). A HTML-kiadás kalkulátorában a kívánt polcmagasságból kiolvasható a rácsvonal sorszáma (k), a furat helye és a polc tényleges helyzete, az ajtómagasságból pedig a két csészefurat helye.

24.3.5.1. Kidolgozott példa 1: polctartó furat a 32-es rendszerben

Adott: korpuszoldal magasság $H = 704\,\text{mm}$. A polc alsó síkja az alsó éltől $y_{\text{polc}} = 323\,\text{mm}$, a polctartó csap furatközéptől mért magassága $h = 3\,\text{mm}$ (tájékoztató, ellenőrizendő). A furatok a 32-es raszteren legyenek.

Keresett: a polctartó furat függőleges koordinátája a 32-es rendszerben, és a furat sorszáma.

Képlet: $y = k \cdot 32\,\text{mm}$.

Behelyettesítés: a furatközép $323 - 3 = 320\,\text{mm}$, $k = \frac{320}{32} = 10$, tehát

$$y = 10 \cdot 32\,\text{mm} = 320\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: $10 \times 32 = 320$, a furatközép kerek 32-es lépés. A polc alsó síkja $320 + 3 = 323\,\text{mm}$, **felső síkja** a 18 mm-es polcvastagsággal számolva:

$$y_{\text{polcfelső}} = 323\,\text{mm} + 18\,\text{mm} = 341\,\text{mm}.$$

A polc a csapra fekszik, ezért a csap a polc anyagába nem kerül.

∎

24.3.5.2. Kidolgozott példa 2: pántfészek furat helye

Adott: ajtólap magasság $H_{\text{ajtó}} = 720\,\text{mm}$, szélesség $B_{\text{ajtó}} = 400\,\text{mm}$. A felső és alsó csészefurat középpontja az ajtó felső, illetve alsó élétől $y = 100\,\text{mm}$-re, a pántoldali függőleges éltől $x = 21{,}5\,\text{mm}$-re (tájékoztató, ellenőrizendő a pánt gyártójánál). A csésze átmérője $D = 35\,\text{mm}$, a fészek mélysége $h = 12\,\text{mm}$.

Keresett: a felső és alsó csészefurat középpontjának koordinátája.

Felső csésze:

$$x_1 = 21{,}5\,\text{mm}, \quad y_1 = 100\,\text{mm}.$$

Alsó csésze: az ajtó alsó élétől is 100 mm-re:

$$y_2 = 720\,\text{mm} - 100\,\text{mm} = 620\,\text{mm}.$$

A furat középpontja a pántoldali éltől mindkét esetben 21,5 mm (tájékoztató).

Ellenőrzés: a csésze széle az ajtó élétől $21{,}5 - 35/2 = 4\,\text{mm}$-re van (furattávolság), tehát nem lóg ki. Az éltávolság (100 mm) a 80–150 mm-es tájékoztató tartományban van. A felső és alsó furat (a két pánt) távolsága az ajtó magasságából:

$$y_2 - y_1 = 620\,\text{mm} - 100\,\text{mm} = 520\,\text{mm}.$$

A két pánt távolsága tehát 520 mm. ∎

24.3.6. Szabvány

Szabvány. A faipari fúrógépek biztonsági követelményeit az MSZ EN ISO 19085 sorozat vonatkozó részei tartalmazzák (ellenőrizendő: a konkrét részek a hosszlyukfúróra és sorozatfúróra). A gép használata előtt a gyártó használati utasításában megadott biztonsági előírásokat kell alkalmazni. A fúrás porképző művelet, ezért az elszívás és a fapor-expozíció határértéke is szabályozott (ellenőrizendő: az aktuális munkahelyi levegő porra vonatkozó határérték). A bútorvasalatok műszaki követelményeit a vasalatgyártói adatlapok, a gyártmány- és minőségi követelményeket a vonatkozó termékszabványok adják meg (ellenőrizendő).

24.3.7. Technológiai lap

Technológiai lap. Korpuszoldal polctartó furatkép fúrása sorozatfúrógépen.

Cél: szekrényoldal polctartó furatainak fúrása a 32-es rendszerben.

Anyag: laminált forgácslap, 16 mm vastag, méretre szabott oldal (pl. 704×550 mm, vastagság 16 mm).

Gépek és szerszámok: sorozatfúrógép, 5 mm-es fúrófejek, 8 mm mélységállító, tolómérő, próbacsap, derékszög, vonalzó.

Gépbiztonság. A műveletet betanított, felügyelt tanuló végezheti; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. A sorozatfúrón a fúrófejeket burkolat takarja, a gépet vészleállítóval és elszívással kell ellátni. Használj védőszemüveget, hallásvédőt, és zárt, testhezálló ruhát. A munkadarabot **szorítóval** rögzítsd, ne tartsd kézzel fúrás közben. Tilos a védőburkolat eltávolítása, a kézzel ellentartás, a laza haj vagy ékszer.

Indítás előtti ellenőrzés:

1. Ellenőrizd, hogy a fúrófejek élesek, sérülésmentesek, megfelelően be vannak fogva.
2. A fúrófejek tengelye merőleges a gépasztalra; a burkolat zárt.
3. A fúrási mélység és az osztás be van állítva.
4. Az elszívó be van kapcsolva, a munkaterület szabad.
5. A vészleállító elérhető; a munkadarab nem tartalmaz csavart, szeget.

Műveleti lépések:

1. **Bázisél meghatározása.** A korpuszoldal elülső élét jelöld bázisélként; a rajzon ezt rögzítsd. – ellenőrzés: az él egyenes, rajz szerint az elülső élt használod.
2. **Furatsor beállítása.** Állítsd a fúrófejeket a lap elülső élétől 37 mm-re (ellenőrizendő a vasalat rendszere szerint). A fúrófejeket a fúróorsókba rögzítsd. – ellenőrzés: tolómérővel mérd a báziséltől a fúróhegy távolságát, $37 \pm 0{,}5$ mm.
3. **Függőleges osztás ellenőrzése.** A fúrófejek egymástól 32 mm-re legyenek. Ellenőrizd a gépen lévő osztásjelölést vagy mérd le tolómérővel. – ellenőrzés: minden szomszédos fúrófej között $32 \pm 0{,}3$ mm (tájékoztató).
4. **Mélység beállítása.** Állítsd a furatmélységet 8 mm-re (tájékoztató; polctartótól függ). – ellenőrzés: próbadarabon mérd meg a furatmélységet mélységtolómérővel.
5. **Ütközők és szorító beállítása.** Helyezd a munkadarabot a gépasztalra, toldd a hossz-ütközőig, majd rögzítsd oldalszorítóval. – ellenőrzés: a lap nem mozdul el, a bázisél az ütközőn fekszik.
6. **Próbafúrás.** Fúrd ki egy próbadarabon ugyanazt a furatképet. – ellenőrzés: a furatok a bázistól 37 mm-re, az osztás 32 mm, a mélység 8 mm.

7. **A munkadarab fúrása.** A beállított helyzetben fúrd ki a furatsorokat a teljes oldalon. – ellenőrzés: minden furat tiszta szélű, a laminált felület nem szakadt fel.
8. **Tisztítás és dokumentálás.** A gép kikapcsolása után, a fúró megállását követően távolítsd el a forgácsot. Jegyezd fel a munkanaplóba a beállítást és a próbadarab ellenőrzési eredményét. – ellenőrzés: a munkaterület tiszta, az adatok rögzítve.

24.3.8. Minőségellenőrzés

A furatok minőségét **tolómérővel**, **mélységtolómérővel**, **derékszöggel** és **próbacsappal** ellenőrizd. A tájékoztató tűrések: az osztás $32 \pm 0{,}3\,\text{mm}$, a bázistávolság $37 \pm 0{,}5\,\text{mm}$, a furatmélység $8 \pm 0{,}5\,\text{mm}$ (ellenőrizendő: a vasalat- és gépgyártó adata). A furat átmérője a csapnál 0,1–0,3 mm-rel nagyobb lehet, hogy a csap könnyen, de szorosan illeszkedjen (tájékoztató). A pántfészek csészeátmérője 35 mm; a fészekmélység a pánt adatlapja szerint legyen. Eltérésnél ne erőltesd a vasalatot: újra kell fúrni vagy a furatot javítani, a hibás furatú munkadarabot jelöld meg.

24.3.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Elcsúszott furatkép.** A munkadarab nincs eléggé leszorítva, vagy az ütköző meglazult. A fúró a lapban elmozdul, a furat nem a rajz szerinti helyen lesz. **Ok:** elégtelen szorítás, kopott ütköző. **Helyes gyakorlat:** minden munkadarabot külön szorítóval rögzíts, az ütközőt rendszeresen ellenőrizd, és használj próbadarabot.

2. **Rossz bázisél.** A furatkép az egyik munkadarabon az elülső élből indul, a másikon a hátsó élből. A polcok és vasalatok nem illeszkednek, mert a furatok tükörképbe kerülnek. **Ok:** a rajzon és a műhelyben eltérő él volt bázis. **Helyes gyakorlat:** minden munkadarabon ugyanazt a bázis élt használd, jelöld be, és a rajzon a furatképet a bázistól megadva tüntesd fel.

3. **Túl mély furat, átfúrt lap.** A mélységütközőt rosszul állították be, a fúró áthalad a laminált lapon. **Ok:** a fúró hosszabb mint a lap vastagsága, vagy a mélységhatároló elmozdult. **Helyes gyakorlat:** a fúrás előtt ellenőrizd a fúrószár hosszát, állítsd a mélységet, és próbadarabon mérd meg.

4. **A polctartó nem illeszkedik.** A furat átmérője túl szűk vagy túl bő, a csap kiesik vagy nem megy be. **Ok:** rossz fúróátmérő, kopott fúró, nem a polctartóhoz illő fúró. **Helyes gyakorlat:** használj a polctartó gyártója által megadott fúróátmérőt; a fúrót élezd vagy cseréld, a kopott élt ne erőltesd.

24.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben gardróbszekrény-toldatot gyártottak. Az oldallapokra sorozatfúróval fúrták a polctartó furatokat. A próbadarabot az asztalos lefúrta, de csak az elülső furatsort ellenőrizte. A hátsó fúrófejet egy korábbi beállításból elfelejtette visszaállítani, így az 31 mm-re került a 32 mm helyett. A vevő a helyszínen próbálta behelyezni a polcot, de a polc a hátsó két csapon nem feküdt fel, ezért billegni kezdett. A reklamáció során derült ki, hogy a hátsó furatsor osztása hibás. A műhely a teljes oldalsort újrafúrta. Tanulság: a próbadarabon **mindig az összes furatsort** ellenőrizni kell, nemcsak az elsőt; a fúrófejek beállítását mérőeszközzel, nem szemmértékkel kell rögzíteni.

24.3.11. Önellenőrzés

1. Mit nevezünk 32-es rendszernek?
2. Milyen átmérőjű a leggyakoribb csészés pánt fészke, és hány milliméteres a fészekmélység (tájékoztató)?
3. Miért kell a fúrás előtt bázisélt kijelölni?
4. Milyen védőberendezéseket kell használni a sorozatfúrón?
5. Miért fontos a próbadarab fúrása?
6. Hogyan ellenőrzöd a furatmélységet?

A válaszok a Megoldások elején találhatók.

24.3.12. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg, mi a különbség a hosszlyukfúró és a sorozatfúró gép között.

2. feladat (A). Számold ki, melyik 32-es rácsvonalra esik a 256 mm-es polcmagasság, ha a furatkoordináta $y = k \cdot 32\,\text{mm}$.

3. feladat (B). Egy korpuszoldal magassága 672 mm. A polcok alsó síkja az alsó éltől 227 mm és 451 mm legyen (a polctartó csap $h = 3\,\text{mm}$). Add meg a polctartó furatok k sorszámait és y koordinátáit a 32-es rendszerben.

4. feladat (B). Egy ajtólap magassága 600 mm. A felső és alsó pántfészek középpontja az ajtó élétől 120 mm-re legyen. Számítsd ki a két csészefurat függőleges koordinátáját. A csésze átmérője 35 mm, az x távolság 22 mm (tájékoztató). Rajzold le szövegesen a furatképet.

5. feladat (C). Az egyik konyhaszekrény oldalán a polctartó furatok nem illeszkednek: a polctartó csapok csak az elülső sorban mennek be, a hátsó sorban nem. Mi lehet az ok, és hogyan előzheted meg?

6. feladat (D). Készíts technológiai lapot a fenti gardrób oldallap polctartó furatainak fúrására, és számold ki a furatok koordinátáit a 32-es rendszerben, ha az oldalmagasság 704 mm, a polcok alsó síkja pedig 195 mm, 323 mm és 451 mm (a polctartó csap $h = 3\,\text{mm}$).

24.3.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A 32-es rendszer a bútoripari furatkiosztás rendszere: a furatok egymástól 32 mm-re, a bázis éltől jellemzően 37 mm-re vannak.
2. A csészefurat átmérője 35 mm, a fészekmélység 11–13 mm (tájékoztató, gyártói adat ellenőrizendő).
3. A bázisél biztosítja, hogy a furatkép minden munkadarabon ugyanoda kerüljön, és a polcok, vasalatok illeszkedjenek.
4. Védőburkolat, vészleállító, elszívás, védőszemüveg, hallásvédő, szorítók.
5. A próbadarabon ellenőrizheted a fúrófejek távolságát, a mélységet és a bázistávolságot, mielőtt az éles darabot fúrnád.
6. Mélységtolómérővel a furat aljáig, vagy próbacsappal: a csapnak a megadott mélységig kell beérni.

1. feladat. A hosszlyukfúró hosszúkás fészket, hosszlyukat készít, a munkadarabot az asztal mozgatja. A sorozatfúró több fúróorsóval egyidejűleg több, egymástól meghatározott távolságú furatot fúr, jellemzően 32 mm-es osztással.

2. feladat. $k = \frac{256}{32} = 8$, tehát $y = 8 \cdot 32 = 256\,\text{mm}$.

3. feladat. A 672 mm magasság 32-es osztása: $\frac{672}{32} = 21$. A polcok sorszáma:

- A furatközép $227 - 3 = 224\,\text{mm}$: $k_1 = \frac{224}{32} = 7$, így $y_1 = 224\,\text{mm}$.
- $k_2 = \frac{448}{32} = 14$, így $y_2 = 448\,\text{mm}$.

A polctartó furatok koordinátái: elülső sor $x = 37\,\text{mm}$ (ellenőrizendő), $y = 224\,\text{mm}$ és $y = 448\,\text{mm}$.

4. feladat. Felső csésze: $y_1 = 120\,\text{mm}$; alsó csésze: $y_2 = 600 - 120 = 480\,\text{mm}$. Rajzleírás: az ajtólap elülső (külső) éltől 22 mm-re, a felső éltől 120 mm-re fúrj egy 35 mm átmérőjű, 12 mm mély csészefészket; az alsó éltől 120 mm-re tükrözve. A csavarozó furatok a pánt alaplemezén, a gyártói rajz szerint.

5. feladat. A hiba oka valószínűleg a hátsó fúrófej elállítása: a hátsó sor osztása nem 32 mm, vagy a fúrófej nem párhuzamos az elülső sorral. Megelőzés: a próbadarabon **mindkét sort** ellenőrizni kell tolómérővel, a fúrófejek befogását kulccsal ellenőrizni, és a beállítást csak ezután rögzíteni.

6. feladat. A három polc furatközépének koordinátája (alsó sík mínusz $h = 3$ mm):

- $y_1 = 192\,\text{mm} = 6 \cdot 32$, $k_1 = 6$.
- $y_2 = 320\,\text{mm} = 10 \cdot 32$, $k_2 = 10$.
- $y_3 = 448\,\text{mm} = 14 \cdot 32$, $k_3 = 14$.

A furatképet az alsó bázistól mérve ezeken a koordinátákon, az elülső éltől 37 mm-re fúrjuk (ellenőrizendő). A hátsó sor az oldal hátsó élétől 37 mm-re, vagy a korpusz mélységétől függően a gyártói táblázat szerint. A technológiai lapot a fenti gyakorlati útmutató szerint kell elkészíteni: bázisél kijelölése, fúrófejek beállítása, mélység 8 mm (tájékoztató), próbafúrás, ellenőrzés.

24.3.14. Rövid összefoglaló

A **hosszlyukfúró** hosszúkás fészket, hosszlyukat készít – idegencsapos és lamellós kötésekhez használjuk. A **sorozatfúró** több fúróorsóval egyszerre több furatot fúr, a függőleges osztás a **32-es rendszerben** jellemzően 32 mm. A furatkoordináta $y = k \cdot 32\,\text{mm}$, az elülső furatsor távolsága a bázistól 37 mm (ellenőrizendő: gyártói rendszer). A polctartó furatot a polc alsó síkja alatt h távolsággal, a legközelebbi rácsvonalra tesszük, a pántfészket a csésze 35 mm-es átmérőjéhez, a fészek mélysége 11–13 mm (tájékoztató). A furatkép pontossága a **bázisél**, az **ütközők** és a **próbadarab** ellenőrzésén múlik. **Továbbvitt eredmény:** a furatkép és a 32-es rendszer a korpuszbútorok gyártásában, a vasalatok szerelésében és a CNC-fúrás programozásában is megjelenik; használjuk a CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés, a lapszerkezetű termékek teljes gyártási folyamata és a Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek alfejezetekben.

24.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari gépkönyvek (hosszlyukfúró, sorozatfúró), a bútorvasalatok gyártóinak katalógusai és műszaki adatlapjai, az MSZ EN ISO 19085 sorozat faipari gépek biztonságára vonatkozó részei, valamint a fapor-expozícióra vonatkozó munkahelyi előírások. Ellenőrizendő: a 32-es rendszer előlaptól mért 37 mm-es furattávolsága, a polctartó furat átmérője és mélysége, a csészés pánt pontos fészekméretei, a sorozatfúrógép fúrófej-távolságának tűrése, a fúrógépek aktuális biztonsági szabványrészei. A megadott méretek tanulási célú, tájékoztató értékek; éles gyártásban a vasalatgyártói és gépgyártói adatlap az irányadó.

24.4. Faesztergálás: gépek, szerszámok, alapműveletek

24.4.1. A faesztergálás anyaga, értelme és biztonsági alapelvei

Amikor egy szék hátsó lábát, egy asztal középső tartóoszlopát, függönykarnis-véget vagy egy korlátorsót kell készítened, a munkadarabot faesztergagépen forgatod meg, és éles vésőkkel alakítod ki a hengeres vagy profilált formát. Az esztergálás az egyik legősibb faipari művelet; a kézműves jellege miatt sok asztalos számára a legélvezetesebb gépi munka, de a gyorsan forgó munkadarab és a nyitott szerszámzóna miatt a **faipari gépek között kiemelt baleseti kockázatú**.

Szemléletes kép. Képzelj el egy vízszintes tengelyű gépet, amelynek bal oldalán a hajtómű (orsószekrény, régi műhelyi nevén „fejállvány”), jobb oldalán a csúcsszekrény („hátsó szekrény”) van. A kettő közé fogod be a hosszú, előgyalult darabot. A darab előtt, a kezelő felőli oldalon egy vízszintes támasztóasztal (szerszámtámasz) van, amely a szerszám alátámasztására szolgál. A gép orsója a darabot forgatja; te a támaszon vezetett esztergavésőkkel veszed le a felesleges anyagot. A forgács szalagszerűen vagy apró darabokban hullik, a fa „megnyílik” és ilyenkor szinte mindenki meglátja, mennyire szép anyaggal dolgozik.

Figyelem. A faesztergagép nyitott forgó munkaterű gép. **Gépbiztonság.** A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Védőberendezések: a munkadarab fölé hajtható átlátszó védőernyő, vészleállító, fék, zárt hajtásburkolat; a csúcsszekrény és a szerszámtámasz rögzítése. A hosszú haj, a laza ruhaujj, a nyakban lógó fülhallgató vagy a kesztyű felcsavarodhat a forgó darabra. Minden gépbeállításnál olvasd el a gépkönyvet.

Továbbvitt eredmény. Az itt készített esztergált alkatrész – hengeres vagy profilált láb, oszlop, korlátorsó, fogantyú – a későbbi Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás és az épületasztalos korlát- és oszlopelemek alapja; a méretpontosság, a szálirány és a tisztára esztergált felület ott közvetlenül befolyásolja a ragasztást, a csiszolást és a felületkezelést.

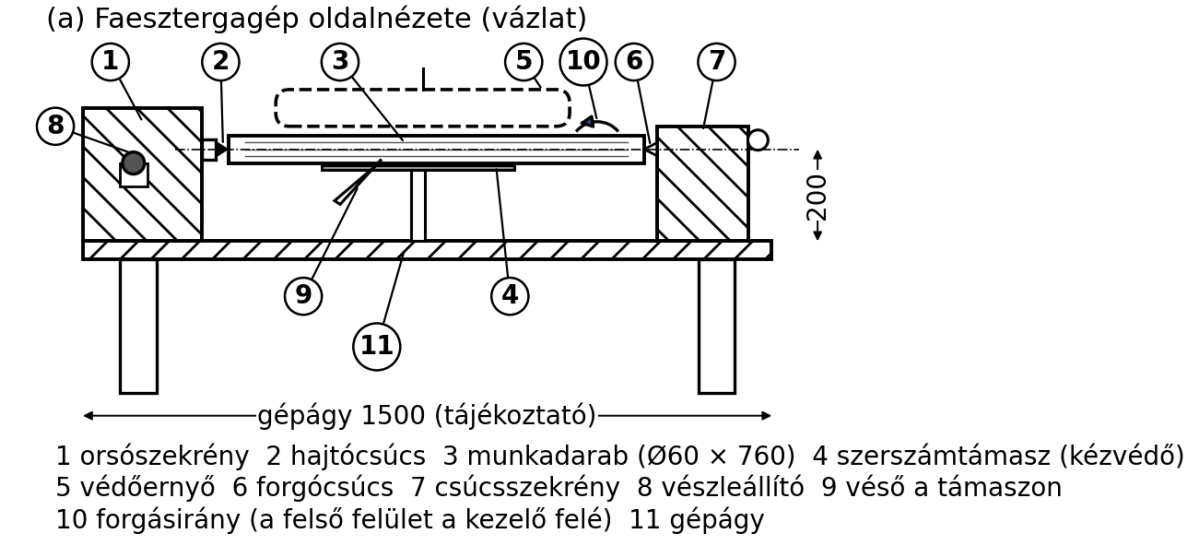
24.4.2. A faesztergagépek alaptípusai

Definíció. A **faesztergálás** forgácsoló megmunkálás, amelynél a munkadarab forog, a szerszám pedig álló, kézzel vezetett vagy gépi előtolású. A forgás és a szerszámél közötti relatív mozgás választja le a forgácsot.

A gépeket a munkadarab befogása és a megmunkálás módja szerint csoportosítjuk.

- **Csúcsesztergálás (hosszesztergálás).** A munkadarab hossztengelye a gép tengelyével párhuzamos. A darabot két csúcs közé fogjuk be; a bal oldali a meghajtott hajtócsúcs, a jobb oldali a csúcsközpont (kúpos, álló vagy futó). A fa száliránya a tengellyel közel párhuzamos. Ez alkalmas lábakhoz, oszlopokhoz, korlátorsókhoz, fogantyúkhoz.

- **Tányéresztergálás (keresztesztergálás).** A munkadarabot a gép orsójára szerelt **esztergatányérra** csavarozzuk vagy ragasztjuk, vagy tokmányba fogjuk. A fa száliránya a tengelyre közel merőleges. Így készülnek tálak, dobozfedelek, kisebb kerek lapok, világítótest-fejek. Sok modernebb gép váltakozva használható mindkét módra.
- **Másoló eszterga.** A gépen egy sablon vagy mesterpéldány van, a szerszám egy követőgörgő segítségével „lejárja” a mintát, és a darabon egy-egy másolatot készít. Sorozatgyártáshoz, például sok azonos korlátorsóhoz használják. A sablonváltás miatt rugalmas.
- **CNC-eszterga.** A darabot és a szerszámot vezérlőprogram mozgatja. Egyszerre készíthető rajta tengelyirányú és a tengely körüli, akár bútorcsavar-menet szerű vagy térbeli forma is. Programozása a CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés alfejezetre épül, itt csak a típus megnevezése a cél.



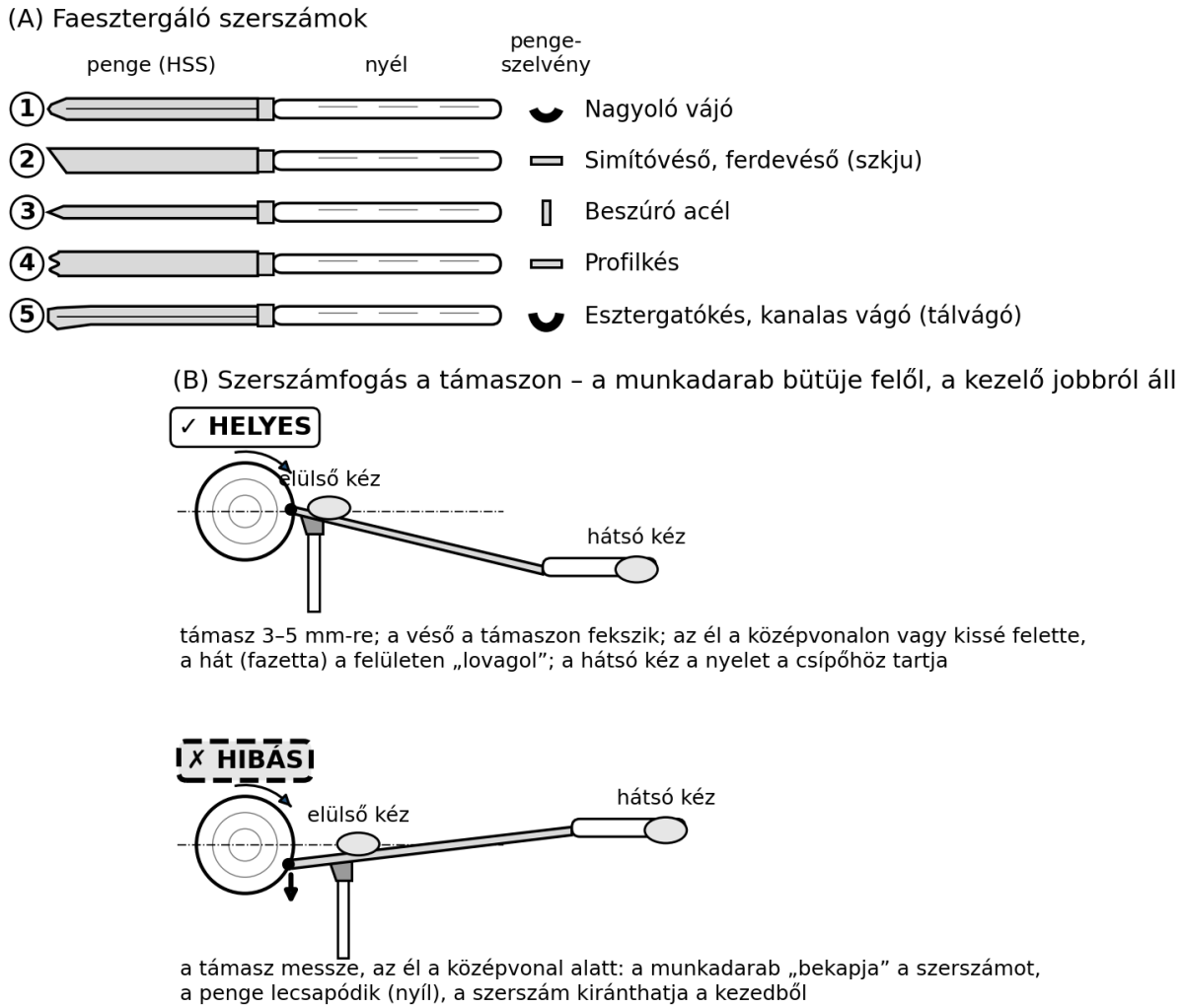
24.10. ábra. A faesztergagép oldalnézete a fő részekkel, a védőernyővel és a vészleállítóval (a); a szerszámtámasz és a vágási pont helyes és hibás helyzete keresztmetszetben (b). Sematikus vázlat, a méretek tájékoztatók.

Az ábra (a) részén a munkadarab a bal oldali hajtócsúcs és a jobb oldali forgócsúcs között forog, alatta a kezelő felőli oldalon a szerszámtámasz, fölötte a nyitható védőernyő van; a vészleállító kézközelben. A (b) rész a munkadarab bütüje felől mutatja, hogy a támasz legfeljebb 3–5 mm-re legyen, és a véső éle a középvonalon vagy kissé felette vágjon; ha a támasz messze van és az él a középvonal alá kerül, a szerszám bekap. A HTML-kiadásban a támasz helyzete csúszkával állítható, és a fordulatszám is kiszámolható.

24.4.3. Esztergaszerszámok: formák, élek, felhasználás

Az esztergaszerszámok hosszú nyéllel – jellemzően 200–300 mm pengehossz és 200–400 mm nyél – készülnek, hogy a támaszon biztonságosan, két kézzel vezethetőek legyenek. A penge leggyakrabban gyorsacél (HSS) vagy szerszámacél; a hosszú nyél fa vagy műanyag. A leggyakoribb hazai műhelyi elnevezéseket is megadom.

- **Nagyoló vájó.** Félkör (U) vagy mélyebb csatorna alakú él. Durva, nagy tört forgáccsal gyorsan hengeresre munkálja a szögletes vagy nyolcszögletű darabot. A nagyoló vájóval nem csinálunk sima, kész felületet.
- **Simítóvéső, ferdevéső (angolul: skew chisel).** Egyenes, ferde élű, lapos penge. Az élét mindkét oldalról köszörülik, a vágást az él középső–alsó része végzi. A kész, sima hengeres felületet, gömböt, hosszú éles sarkot ezzel vágják. Visszavágásra érzékeny, ezért a pontos vezetést gyakorolni kell.
- **Beszúró acél.** Keskeny, merev, kétoldalt éles, egyenes vagy íves penge. A hengeres darabon mély, keskeny hornyot (gyűrűt, beszúrást) készít; a munkadarab végeinek lemunkálásához is használják.
- **Profilkések.** Olyan alakos kések, amelyek egy-egy ívet, gömböt, élet, gyöngygörbét, hornyot visznek fel. A legegyszerűbbeket maga az asztalos is profilköszörűvel vagy kézi köszörűvel alakítja ki; a készen vásárolt formakések adott rátéttel dolgoznak.
- **Esztergatókés, kanalas vágó (tálvágó).** Tányéresztergáláshoz, belső öblök kimunkálásához való, hosszú, hajlított vagy kanalas acél.



24.11. ábra. A faesztergáló szerszámok nézete és pengeszelvénye (A); a helyes és a hibás szerszámfogás a támaszon a munkadarab bütüje felől (B). Sematikus vonalrajz.

A szerszámélek kialakítása hasonlít a kézi vésőkhöz: hátszög, ékszög, homlokszög. Az esztergavéső élszöge a fa keménységétől függ, jellemzően 20–45° között van; a tölgyhöz, bükkhöz nagyobb, a lucfenyőhöz kisebb ékszög kell (tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói ajánlás).

24.4.4. Munkadarab-előkészítés, befogás és fordulatszám-választás

A faesztergálás minősége már a gép előtt eldől: **csak egészséges, repedésmentes, száraz faanyagot** fogj be. A repedt darab a forgás közben szétrepülhet; a laza göcs kirepülhet. A darabot úgy válaszd ki, hogy a szálirány a leendő tengellyel minél párhuzamosabb legyen, hogy a kés nem tépje fel a rostokat.

Hosszú, hengeres darab esztergálásának műhelyi szabálya: a szögletes anyagot először nyolcszögletűre gyaluljuk. A síkgyaluval vagy egyengető-vastagsági gyalugéppel kialakított nyolcszög jelentősen csökkenti a nagyoló vájó okozta ütéseket és a rezgést. A darab hosszához mindkét végén adj 20–30 mm ráhagyást a befogási behúzódások és az esetleges repedésveszély miatt (tájékoztató).

Definíció. A **hajtócsúcs** (villás csúcs, négyszögű meghajtó) adja át a forgást a darab bal oldali végének; a **csúcsközpont** a jobb oldali végén támaszt. A csúcsok közötti befogást a

csúcsszekrény hátra mozgatásával, majd a kézikerékkel finoman meghúzva végezd. A darabnak forognia kell, de nem szabad a hosszirányú nyomástól kihajlania.

A **fordulatszámot az átmérő és a fa keménysége** határozza meg. A kerületi sebesség a kiinduló képlet:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000},$$

ahol v a forgácsoló sebesség (m/s), D a munkadarab átmérője (mm), n a fordulatszám (1/min). Ebből az n-t kifejezve:

$$n = \frac{v \cdot 60\,000}{D \cdot \pi}.$$

Tájékoztató célértékek: nagyoláshoz kb. 4–6 m/s, simításhoz kb. 8–12 m/s (ellenőrizendő: gépkönyv, szakkönyvi táblázat). Minél nagyobb a darab átmérője, annál kisebb fordulatszám kell.

Szabály. Indítás előtt állítsd a gépet a legkisebb fordulatszámra; szögletes vagy kiegyensúlyozatlan darabnál a fordulatszámot az átlóhoz (70 × 70 mm → kb. 99 mm) válaszd, és csak hengeresítés után növeld. A fordulatszámot biztonsági okból lefelé kerekítjük a gépen beállítható értékre.

Példa. Egy 70 × 70 mm-es szögletes nyersdarab átlója kb. 99 mm; nagyolásához 5 m/s sebességet veszünk az átlóra:

$$n = \frac{5 \cdot 60\,000}{99 \cdot 3{,}14} \approx \frac{300\,000}{311} \approx 965\,\frac{1}{\text{min}},$$

tehát kb. 900–1000 1/min-ről indulunk. Hengeresítés után, a 60 mm átmérőjű bükk lábon simításhoz 10 m/s mellett

$$n = \frac{10 \cdot 60\,000}{60 \cdot 3{,}14} \approx \frac{600\,000}{188} \approx 3\,180\,\frac{1}{\text{min}}.$$

Ha a gépen a legközelebbi választható érték 3000 1/min, azzal dolgozz (lefelé kerekítve; tájékoztató). Egy 250 mm-es tányérnál ugyanezzel a képlettel már csak kb. 760 1/min érték lenne a megfelelő, tehát a gép fordulatszámát mindig az aktuális átmérőhöz kell választani.

24.4.5. Az alapműveletek sorrendje

Hengeresítés. A nyolcszögletű anyagot nagyoló vájóval, a szerszámtámaszra támasztva, a homlokoldalt enyhén a munkadarabhoz nyomva hengeresre munkáljuk. A vájót az él közepén, kissé a darab felé döntve vezesd. A nagyoló vájóval nem vágunk, hanem erős, kontrollált forgácsot választunk le.

Simítás. A hengeresítés után a ferdevésővel a felszín fényesre, simára vágjuk. A vésőt a hossztengelyre kb. 30–45°-ban tartjuk, az él alsó harmada vág; a ferdevésőt ne a lapjával nyomd; ha a ferdevéső hosszabb csúcsa a darabhoz ér, az él beakad („beránt”) és visszarúg – ezért mindig a rövidebb csúcs felőli alsó élrésszel vágj.

Profilozás. A rajz szerinti formát – golyó, horony, ív, gyűrű – profilkésekkel vagy a ferdevésővel alakítjuk ki. A formát sablonnal, körzővel és külső átmérőmérővel ellenőrizzük. A profilok közötti átmeneteket folyamatos mozdulattal, nem kapkodva kell kötni.

Beszúrás. Ahol éles sarkok vagy vállak kellenek, a beszúró acélt a munkadarabra merőlegesen, lassan nyomjuk be. A beszúró acél keskeny, ezért kevés anyagot vág; a vágási ponton a hő elvezetésére hagyj időt.

Csiszolás a gépen. A kész esztergált felületet a gépen, kézi csiszolószalaggal finomítjuk. A gép forog, a csiszolószalagot két kézzel, enyhe nyomással mozgatjuk. **Tilos kesztyűben csiszolni a forgó gépen.** A szalagot ne tekerd a dolgozó ujjadra, mert a forgó darab elkaphatja. A gépi csiszolás során is viselj arcvédőt és porálarcot; a keletkező finom fapor egészségkárosító lehet.

24.4.6. Szabvány

A faesztergagépekre a faipari gépek biztonsági szabványsorozata (MSZ EN ISO 19085 sorozat) vonatkozik; a konkrét szabványszám és a hatályos verzió ellenőrizendő. A védőburkolat, a szerszámtámasz, a munkadarab-befogás és a kiszolgálóhelyek kialakítása a gépkönyv szerint kötelező; az esztergagépnél a munkatér burkolása és a könnyen kezelhető vészleállító különösen fontos.

24.4.7. Technológiai lap

Cél. Hengeres, profilozott asztalláb készítése bükkfából.

Anyagok. Bükk fűrészáru, tájékoztató méretben 70 × 70 × 760 mm (kész méret: 60 × 60 × 700 mm + ráhagyások), csiszolószalag (pl. P100–P180).

Gépek és szerszámok. Faesztergagép, nagyoló vájó, ferdevéső, beszúró acél, profilkések, külső átmérőmérő, derékszögelő, sablon, csavarkulcs a befogáshoz.

Gépbiztonság és egyéni védőeszközök. Arcvédő vagy védőszemüveg, porálarc (FFP2 vagy jobb, ellenőrizendő: anyagbiztonsági adatlap), jól záródó munkaruha, hajháló vagy hajgumi. **Tilos** kesztyűt viselni forgó gép közelében. A szerszámtámaszt a munka megkezdése előtt ellenőrizd: a támasz és a munkadarab távolsága legfeljebb 3–5 mm, a támasz magassága a darab közepe alatti 1–2 mm (tájékoztató – ellenőrizendő: gépkönyv). A szerszámot mindig a támaszon fektesd, amikor a darabhoz érinted.

Indítás előtti ellenőrzés. 1. A gép ki van kapcsolva. 2. A munkadarab repedésmentes; a szálirány a tengellyel párhuzamos. 3. A hajtócsúcs és a csúcsközpont szilárdan rögzített. 4. A darabot megforgatva nem ér a támaszhoz. 5. A gép tápellátása, a vészleállító elérhető, a forgácselszívás működik (ha van). 6. A szerszámok élesek, a nyél repedésmentes. 7. A védőernyő a helyén; a fordulatszám a legkisebb fokozaton; tányérnál a csavarok húzottak.

Lépések.

1. A gép főkapcsolóját bekapcsolása nélkül ellenőrizd – ellenőrizd a támaszt, a befogást.
2. A fordulatszámot a legkisebbről indítsd; 70 mm-es szögletes darab nagyolásához kb. 1000 1/min (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv); hengeresítés után simításhoz emelhető.
3. Indítsd el a gépet, hagyd felgyorsulni.
4. A nagyoló vájóval, két kézzel a támaszon, a szögletes darabot hengeresre nagyolod – ellenőrizd: a darab felülete sima, hengeres, nem rezeg.
5. A ferdevésővel simítsd a felületet – ellenőrizd: fényes, tépésmentes felület.

6. A rajz szerinti átmérőt külső átmérőmérővel mérjed – ellenőrizd: több ponton a méret 0,5 mm-en belül (tájékoztató).
7. Jelöld be a profilok határát a felszínre körömmel vagy ceruzával.
8. A beszúró acéllal készítsd el a vállakat, gyűrűket, a profilkésekkel az íveket – ellenőrizd: a profil folyamatos, nincs éles lépcső.
9. Kapcsold ki a gépet, várd meg a teljes megállást, áramtalanítsd, majd csiszold a kész felületet a gépen alacsony fordulaton, a szerszámtámaszt elfordítva, a csiszolópapírt a darab alsó oldalán, ujjra tekerés nélkül (ellenőrizendő: gépkönyv).
10. Végül a darabot a gépről leemelve vágd le a befogási ráhagyásokat kézi fűrésszel, és a homlokfelületeket csiszold simára.

Dokumentálás. Rögzítsd a beállított fordulatszámot, az átmérőt, a felhasznált szerszámokat és a méretellenőrzés eredményét.

24.4.8. Minőségellenőrzés

Esztergálás után a darabot a gépből kivéve, megfelelő fényben ellenőrizd.

Mit ellenőrzünk?	Mivel?	Tűrés vagy szemrevételezési szempont (tájékoztató)
Hengeres átmérők	külső átmérőmérő, tolómérő	kész méret ± 0,5 mm
Profilforma	sablon, rajz	a sablon és a darab között max. 0,5–1 mm rés
Felületi érdesség	kéz, szem	nincs tépett, szálkás felület; gépi csiszolás után P120–P180
Befogási sérülés	szemrevételezés	a csúcsoknál keletkezett behúzódás a ráhagyáson belül
Repedés	szemrevételezés, néha kopogtatás	repedt darab nem kerülhet beépítésre

Eltérésnél a darabot csak akkor szabad újraesztergálni, ha a hibás rész a ráhagyáson belül van; ellenkező esetben a darabot le kell selejtezni, vagy a hibát a terv szerint javítani.

24.4.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Szálkás, tépett felület.** Oka: tompa szerszám, rossz szerszámbeállítás, vagy a szálirány nem párhuzamos a tengellyel. Helyes gyakorlat: éles véső, a ferdevéső lapos oldala vezeti a vágást, és a fa száliránya a tengellyel párhuzamos.
2. **Szerszám visszarúgás, lecsapás.** A véső élét a darab alá vagy túl meredeken nyomod, esetleg a támasz túl messze van. Helyes: a támasz 3–5 mm-re van a darabtól, a véső felfekszik a támaszon, és a vágási pont a darab középpontja körül van.
3. **A munkadarab kiesik a csúcsból.** Túl nagy a hosszirányú nyomás, vagy a csúcsszekrény nincs rögzítve. Helyes: a befogást finoman, próbakézzel fordítsd, és a szerszámot ne erőltesd, mert a fa elkaphatja és behúzhatja.
4. **Rezgés, hullámos felület.** A fordulatszám túl nagy, vagy az anyag nem elég merev, esetleg a darab nincs kiegyensúlyozva. Helyes: fordulatszámot az átmérőhöz választani, nyolcszögletű előalapot készíteni.
5. **Beszánt a szerszám a profilba.** A profilozáskor a vésőt egyszerre túl mélyen nyomod. Helyes: rétegenként, fokozatos fogásvétellel mélyítsd a formát.

24.4.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló korlátorsót készített. A faanyag kiosztásakor nem vette észre, hogy a lucfenyőben a csúcsfészek közelében egy hajszálrepedés fut. A darabot beforgatta, a repedés a forogva tágulni kezdett, és a darab a homlokoldalról lepattant. Szerencsére a gép melletti védőernyő felfogta a leváló darabot, és a tanuló viselt arcvédőt. A tanulság kettős: **minden egyes befogás előtt** szemrevételezéssel, hajlítással, kopogtatással kell keresni a repedést, és **a védőernyőt soha nem szabad letolni** – a faesztergagépen a védőernyő az utolsó védelmi vonal, ha a munkadarab vagy szerszám kirepül.

24.4.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A csúcsesztergalásnál a fa száliránya a forgástengellyel közel merőleges.
2. Sorold fel a négy fő esztergaszerszámot és mondd el, mire valók.
3. Minek a jele, ha a darab esztergálás közben sűrűn megáll, és a csúcsból hátracsúszik?
4. Egy 80 mm átmérőjű nyers darabot 12 m/s sebességgel nagyolsz. Mekkora fordulatszámot válassz? (Számítsd ki, majd kerekítsd lefelé a gépen beállítható 100-as értékre – biztonsági irány.)
5. Miért tilos kesztyűt viselni a faesztergagépen?
6. Mi a teendő, ha a kész darabon a profil nem illeszkedik a sablonra?

24.4.12. Feladatok

1. feladat (A) Nevezd meg a faesztergagép három fő részét, és magyarázd el egy-egy mondatban a feladatukat.

2. feladat (A) Írd le a hengeresítés műveletét a nagyoló vájóval, a szerszám fogását és a támasz szerepét.

3. feladat (B) Egy 60 mm-es kész átmérőjű tölgyfából készülő asztalláb nagyolásához 5 m/s, simításához 10 m/s forgácsolási sebesség ajánlott. Számítsd ki mindkét esetre a szükséges fordulatszámot (1/min). Használd a $n = \frac{v \cdot 60\,000}{D \cdot \pi}$ képletet.

4. feladat (B) A technológiai lap szerint a darab nyers mérete 70 × 70 × 760 mm. A kész átmérő 60 mm. Mennyi anyagot kell a forgácsolással eltávolítani? (Köbözd ki a nyers hasábot és a kész hengert, $V_{\text{hasáb}} = a \cdot b \cdot l$, $V_{\text{henger}} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot l$.)

5. feladat (C) Egy tanuló esztergálás közben úgy érzi, hogy a gép „ráz”, a felület hullámos. Írj fel három lehetséges okot, és mindegyikhez legalább egy vizsgálatot vagy megoldást.

6. feladat (D) Készíts egy korlátorsót 700 mm hosszú, 50 mm kész átmérőjű, a végétől 100 mm-re egy 10 mm mély és 15 mm széles beszúrással. Írd le a műveletsort, a szerszámokat és az ellenőrzési pontokat. (A beszúrás mélységét a kész átmérőhöz képest, a beszúrás szélességét a rajz szerint.)

24.4.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Csúcsesztergalásnál a szálirány a tengellyel közel párhuzamos; a merőleges szálirány a tányéresztergalásra jellemző.

2. **Nagyoló vájó** – nagy forgáccsal, gyorsan hengeresre munka; **simító- vagy ferdevéső** – sima, fényes kész felületet vág; **beszúró acél** – keskeny, mély hornyot, vállat készít; **profilkések** – íveket, golyókat, gyűrűket formáznak.
3. A csúcsközpont vagy a csúcsszekrény nincs eléggé meghúzva, a hosszirányú nyomás nagy, vagy a hajtócsúcs kopott. Meg kell állni, áramtalanítani, és a befogást utánállítani.
4. $n = \frac{12 \cdot 60\,000}{80 \cdot 3{,}14} \approx \frac{720\,000}{251} \approx 2\,868$ 1/min. Lefelé kerekítve: 2800 1/min.
5. A kesztyűt a forgó darab vagy a szerszám elkaphatja, ami ujjszakadást, kéz sérülést okozhat. Forogni készülő gépen soha ne viselj kesztyűt.
6. A darabot le kell emelni, a ráhagyást ellenőrizni. Ha a profilhiba a ráhagyáson belül van, újraesztergáljuk; ha nincs ráhagyás, a darabot javítani vagy selejtezni kell.

Feladatok megoldása

1. feladat (A) - Orsószekrény (fejállvány): a hajtócsúcsot forgatja, a teljesítményt és a fordulatszámot adja. - **Csúcsszekrény (hátsó szekrény):** a csúcsközpontot tartja, a munkadarab jobb végét támasztja, hosszirányban állítható. - **Szerszámtámasz:** a szerszám alátámasztására szolgál; a szerszámot soha nem szabad a levegőben, támasz nélkül tartani.

2. feladat (A) A nagyoló vájót két kézzel fogjuk, a pengét a szerszámtámaszra fektetjük. A vájó élét a homlokoldal mellé, kissé a darab felé döntve nyomjuk. A vájóval a forgó darab külső átmérőjén, hosszirányban haladva, vaskos, folyamatos forgácsot választunk le. A munka során a támasz 3–5 mm-re van a darabtól, így a szerszám nem tud becsapni.

3. feladat (B) Nagyolás:

$$n = \frac{5 \cdot 60\,000}{60 \cdot 3{,}14} \approx \frac{300\,000}{188} \approx 1\,592\,\frac{1}{\text{min}}.$$

Lefelé kerekítve: 1500 1/min. Simítás:

$$n = \frac{10 \cdot 60\,000}{60 \cdot 3{,}14} \approx \frac{600\,000}{188} \approx 3\,191\,\frac{1}{\text{min}}.$$

Lefelé kerekítve: 3100 1/min.

4. feladat (B) Nyers hasáb térfogata:

$$V_{\text{hasáb}} = 70 \cdot 70 \cdot 760 = 3\,724\,000\,\text{mm}^3 = 0{,}003\,724\,\text{m}^3.$$

Kész henger térfogata (60 mm átmérő, 760 mm hossz):

$$V_{\text{henger}} = \frac{60^2 \cdot \pi}{4} \cdot 760 \approx \frac{3\,600 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 760 = 2\,826 \cdot 760 = 2\,147\,760\,\text{mm}^3 \approx 0{,}002\,148\,\text{m}^3.$$

Eltávolított anyag:

$$\Delta V = 3\,724\,000 - 2\,147\,760 = 1\,576\,240\,\text{mm}^3 \approx 0{,}001\,576\,\text{m}^3.$$

Nagyságrendi ellenőrzés: a nyers anyag közel 40%-a hulladékként távozik (a gyakorlatban a forgácsolási veszteség 30–50% is lehet, tájékoztató adat).

5. feladat (C) Lehetséges okok: 1. **A fordulatszám túl nagy.** Vizsgálat: csökkentsd a fordulatszámot; ha a rezgés megszűnik, ez volt az ok. 2. **A munkadarab nincs jól befogva, vagy a csúcsszekrény nincs rögzítve.** Vizsgálat: áramtalanítás után próbáld kézzel elmozdítani a darabot; a csúcsszekrény szorítókarját húzd meg. 3. **A darab nem kellően kiegyensúlyozott vagy repedt.** Vizsgálat: kényszerítsd a darabot lassú forgásra (ha van ilyen mód), figyeld a dobogást; ellenőrizd a repedést.

6. feladat (D) Műveletsor korlátorsóhoz: 1. Anyagválasztás, repedés-ellenőrzés, szükség esetén nyolcszögletűre gyalulás (70 mm-es nyers oldal). 2. Befogás a hajtócsúcs és a csúcsközpont közé, a támasz beállítása. 3. Nagyoló vájóval hengeresre munkálás kb. 55 mm átmérőig. 4. Ferdevésővel simítás, közben külső átmérőmérővel 50 mm-re beállítás. 5. A végétől 100 mm-re a beszúrás helyét ceruzával jelöljük. 6. Beszúró acéllal 10 mm mély, 15 mm széles beszúrást készítünk; a vállak függőlegesek, az élük éles. 7. A felületet gépen P120–P180 csiszolószalaggal simítjuk. 8. Levesszük a darabot, levágjuk a ráhagyásokat. 9. Minőségellenőrzés: sablon, külső átmérőmérő, tolómérő. 10. Dokumentálás: a fordulatszám, a méretek és az ellenőrzés eredménye.

24.4.14. Rövid összefoglaló

A faesztergálás forgácsoló megmunkálás, amelynél a munkadarab forog, a szerszámot kézzel vezetjük a szerszámtámaszra támasztva. Két fő módja a csúcsesztergálás (hosszú, hengeres darabok) és a tányéresztergálás (tálak, kerek lapok). A fő esztergaszerszámok: nagyoló vájó, simító- vagy ferdevéső, beszúró acél és profilkések. A munkadarabot csak egészséges, repedésmentes fából, nyolcszögletű előgyalulás után, a hajtócsúcs és a csúcsközpont közé fogjuk be. A fordulatszámot az átmérőhöz kell választani: $n = \frac{v \cdot 60\,000}{D \cdot \pi}$, ahol D mm-ben, v m/s-ban. A műveleti sorrend: hengeresítés nagyoló vájóval, simítás ferdevésővel, profilozás és beszúrás, gépi csiszolás. A munka közben arcvédő, porálarc, jól záródó ruha kötelező; kesztyű tilos. A szerszámot mindig a támaszon kell vezetni, a támasz a munkadarabtól legfeljebb 3–5 mm-re lehet. A befogási és esztergálási lépéseket a technológiai lap rögzíti. **Továbbvitt eredmény.** Az itt készített hengeres és profilozott esztergált alkatrész a szék- és asztallábak, korlátorsók alapja; a Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás során ezt a darabot már csak ragasztással, csapozással kell a szerkezetbe illeszteni, a felületét pedig a Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés és a Felületkezelő anyagok és technológiák előírásai szerint kell tovább munkálni.

24.4.15. Források és ellenőrzési hiányok

A faesztergagépek biztonsági követelményeihez a hatályos MSZ EN ISO 19085 sorozat, a gépkönyv és a gyártói adatlap a mérvadó (a pontos szabványszám és verzió ellenőrizendő). A fordulatszám- és sebességértékek tájékoztató célértékek, az adott géphez, szerszámhoz és faanyaghoz képest ellenőrizendőek. A munkavédelmi előírások, az arcvédő és porálarc típusa, valamint a porhatárérték a hatályos magyar munkavédelmi jogszabályok szerint alkalmazandók. Az esztergagép kezelését a gyártó gépkönyve és a tanműhelyi oktató által meghatározott feltételek szerint szabad csak gyakorolni.

25 Gépi csiszolás és CNC-technika

25.1. Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók

25.1.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben bükk furnérral borított asztallapokat készítenek. A lap felülete a préselés után még egyenetlen, a furnér illesztéseinél apró ragasztófelesleg és enyhe lépcsők látszanak. A kézi csiszolás itt már lassú, fárasztó, és a felület könnyen hullámos lesz. A megrendelő magasfényű lakkozást kért, ami minden hibát felnagyít. A mester ezért gépi csiszolást választ: a furnérozott lapot széles szalagú csiszológépen készíti elő, a széleket tárcsás vagy élcsiszoló gépen dolgozza el, az ívelt díszlécet pedig szalagos csiszológéppel finomítja. Ebben az alfejezetben ezeket a gépeket, működésüket, a helyes technológiát és a jellemző hibákat tanulod meg.

25.1.2. Szemléletes kép

Képzeld el a műhelyt: balra egy nagy, zárt szekrényű gép áll, amelybe elöl betolsz egy 1200 mm széles bútorlapot. A gép belsejében széles csiszolószalag fut, alatta szállítószalag viszi a lapot. A gép hátulján elszívó cső, a kezelő oldalán egy vészleállító gomb és egy sebességkapcsoló látható. Jobbra egy állványos tárcsás csiszoló: a függőleges csiszolótárcsa mellett kis asztal, amelyen a munkadarabot vezeted. A fal mellett kézi szalagcsiszoló gép lóg egy elszívócsővel. A polcon különböző grádusú csiszolószalagok vannak címkézve: P80, P120, P150, P180. Ez a gépi csiszolás három alappillére: **megfelelő gép**, **megfelelő szemcsefinomság** és **megfelelő előtolás**.

25.1.3. A csiszológépek fogalma és csoportosítása

Definíció. A **faipari csiszológép** olyan forgácsoló gép, amely a munkadarab felületét csiszolószemcsékkel bevont szerszámmal – csiszolószalaggal, csiszolótárcsával vagy csiszolóhengerrel – nagyon finom forgácsok leválasztásával munkálja meg. A csiszológépek nem méretre munkáló gépek elsődlegesen, hanem **felületminőség-javító** és **kalibráló** gépek: eltávolítják a gyalulás, marás vagy préselés apró egyenetlenségeit, és előkészítik a felületet pácoláshoz, lakkozáshoz, olajozáshoz.

Csoportosítás a szerszám alakja szerint:

- **Szalagcsiszológép**: végtelenített csiszolószalag fut két vagy több tárcsán; lehet kézi vagy gépi előtolású.
- **Tárcsás csiszológép**: merev vagy félmerev tárcsára rögzített csiszolókorong; elsősorban élek, sarkok, kis felületek csiszolására alkalmas.
- **Hengercsiszológép**: hengerpalástra rögzített csiszolószalag vagy csiszolópapír; sík táblák vastagsági csiszolására használják.

- **Széles szalagú csiszológép**: széles (jellemzően 300–1350 mm) csiszolószalagot alkalmazó, gépi előtolású gép; táblásított, furnérozott lapok és tömörfa táblák nagyüzemi csiszolására való.
- **Különleges csiszológépek**: élcsiszoló, orsós csiszológép, profilcsiszoló, rezgő- és excentercsiszoló gép.

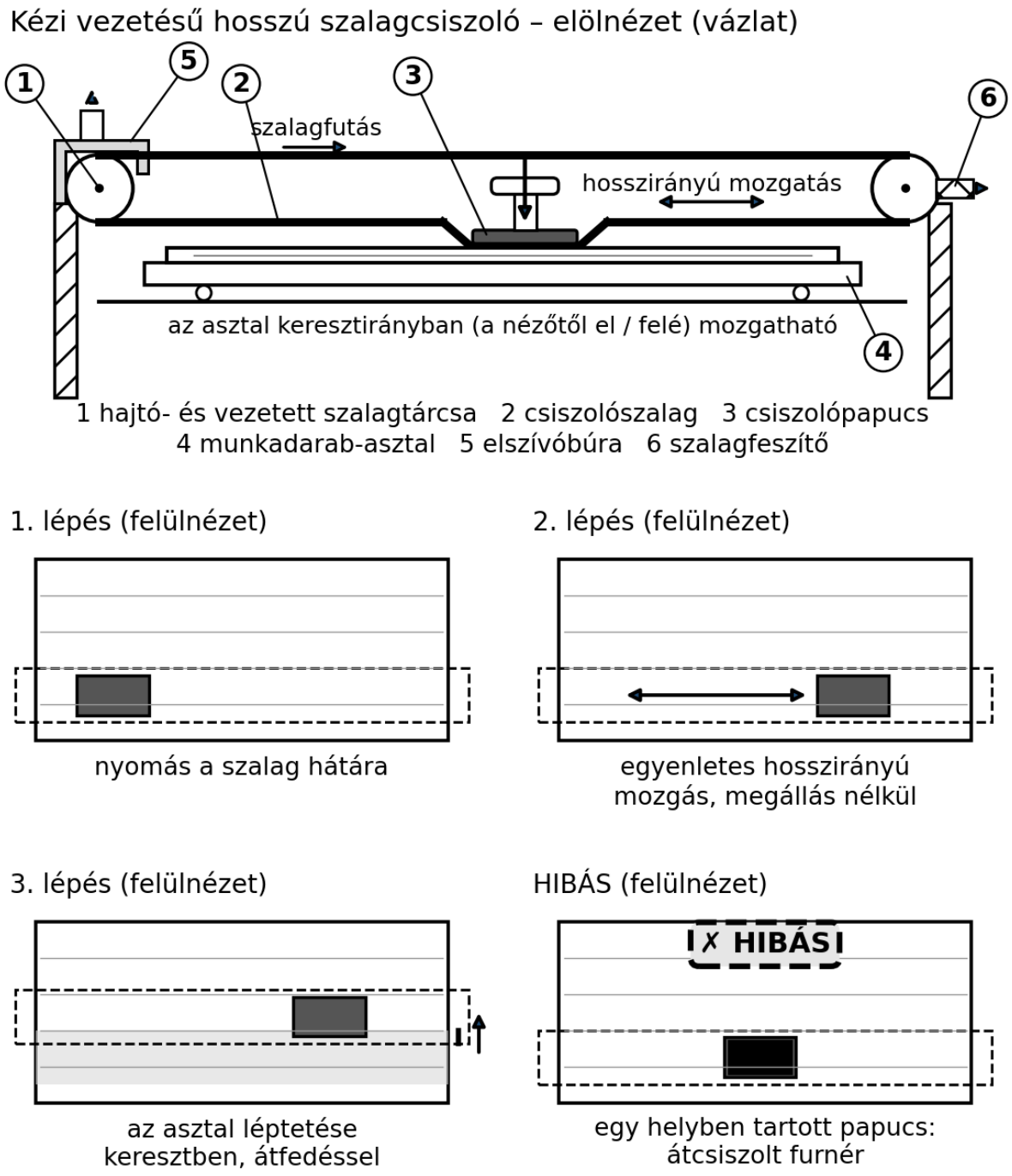
Szabály. Gépi csiszolásnál a csiszolószemcse a forgácsoló él. A csiszolási folyamatot a **szalagsebesség**, az **előtoló sebesség**, a **csiszolási nyomás**, a **szemcsenagyság (grádus)** és a **szerszám állapota** együtt határozza meg. A túl nagy nyomás vagy túl lassú előtolás túlmelegedést, égést és átcsiszolást okoz; a túl kicsi nyomás csak simít, de nem távolítja el az előző megmunkálás nyomait.

25.1.4. A főbb géptípusok szerkezete és működése

25.1.4.1. Szalagcsiszológép

A szalagcsiszológép egy fém- vagy öntöttvas állványból, hajtótárcsából, futótárcsából és a kettőre feszített **végtelenített csiszolószalagból** áll. A munkadarabot a szabad szalagszakaszon, egy állítható asztalon vagy munkaasztalon vezetik. A szalag futásirányát a tárcsák enyhe döntésével (szalagfutás-állítás) tartják középen. A gép lehet:

- **asztali szalagcsiszoló**: kisebb alkatrészekhez, gyakran függőleges vagy vízszintes szalaggal;
- **állványos szalagcsiszoló**: hosszabb, szélesebb szalaggal, ferde asztallal, íves és egyenes alkatrészekhez;
- **kézi szalagcsiszológép**: a szalagot kézi tolással vezeted; a csiszolószalag hátlapjára vagy csiszolópapucsra fekszik fel.



25.1. ábra. A kézi vezetésű hosszú szalagcsiszoló részei (elölnézet) és a papucsos csiszolás mozgásmintája felülnézetben: nyomás, egyenletes hosszirányú mozgatás, keresztirányú léptetés átfedéssel; a HIBÁS képen az egy helyben tartott papucs átcsiszolja a furnért. Sematikus vonalrajz.

Technológiai jellemzők: A szalagcsiszoló elsősorban **sík és enyhén ívelt felületek** csiszolására való. A csiszolószalag szemcsegrádusa a feladat szerint P80–P320 között változhat. Az előtolást a kezelő adja, ezért az egyenletes felületért **folyamatos, azonos sebességű mozgatás** szükséges. A gépen cserélhető a csiszolószalag; a szalag feszítését a gyártói értékre kell állítani (nem túl feszes, mert szakadhat, nem túl laza, mert csúszik).

Számítás. Egy szalagcsiszológép hajtótárcsája $D = 200\,\text{mm}$, fordulatszáma $n = 2800\,1/\text{min}$. Mennyi a csiszolószalag kerületi sebessége?

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000} = \frac{200\,\text{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 2800\,1/\text{min}}{60\,000} \approx 29{,}3\,\text{m/s}.$$

Ellenőrzés: a faipari szalagcsiszolók jellemző sebessége 10–30 m/s tartományba esik; a kapott érték reális (a pontos értéket a gépkönyv és a szerszámgyártó adatlapja szerint ellenőrizni kell). A csiszolószalag megengedett sebességét (a szalag címkéjén) a gép kerületi sebessége nem lépheti túl.

25.1.4.2. Henger- és kontaktcsiszolók

A **hengercsiszológép** egy vízszintes vagy függőleges tengelyű henger, amelyre csiszolószalagot vagy csiszolópapírt rögzítenek. A munkadarabot a henger alatt (vagy fölött) gépi vagy kézi előtolással vezetik. A leggyakoribb a **vastagsági csiszolóhenger**, amely a felület vastagsági egyengetését is elvégzi: a henger és az adagolóasztal közötti beállított magasság határozza meg az anyagleválasztást.

A **kontaktcsiszolás** azt jelenti, hogy a csiszolószalagot egy merev, hajlított vagy rugalmas **kontaktelem** – gyakran kontakthenger vagy csiszolópapucs – nyomja a munkadarabhoz. A kontaktcsiszolás a széles szalagú gépeknél is megjelenik:

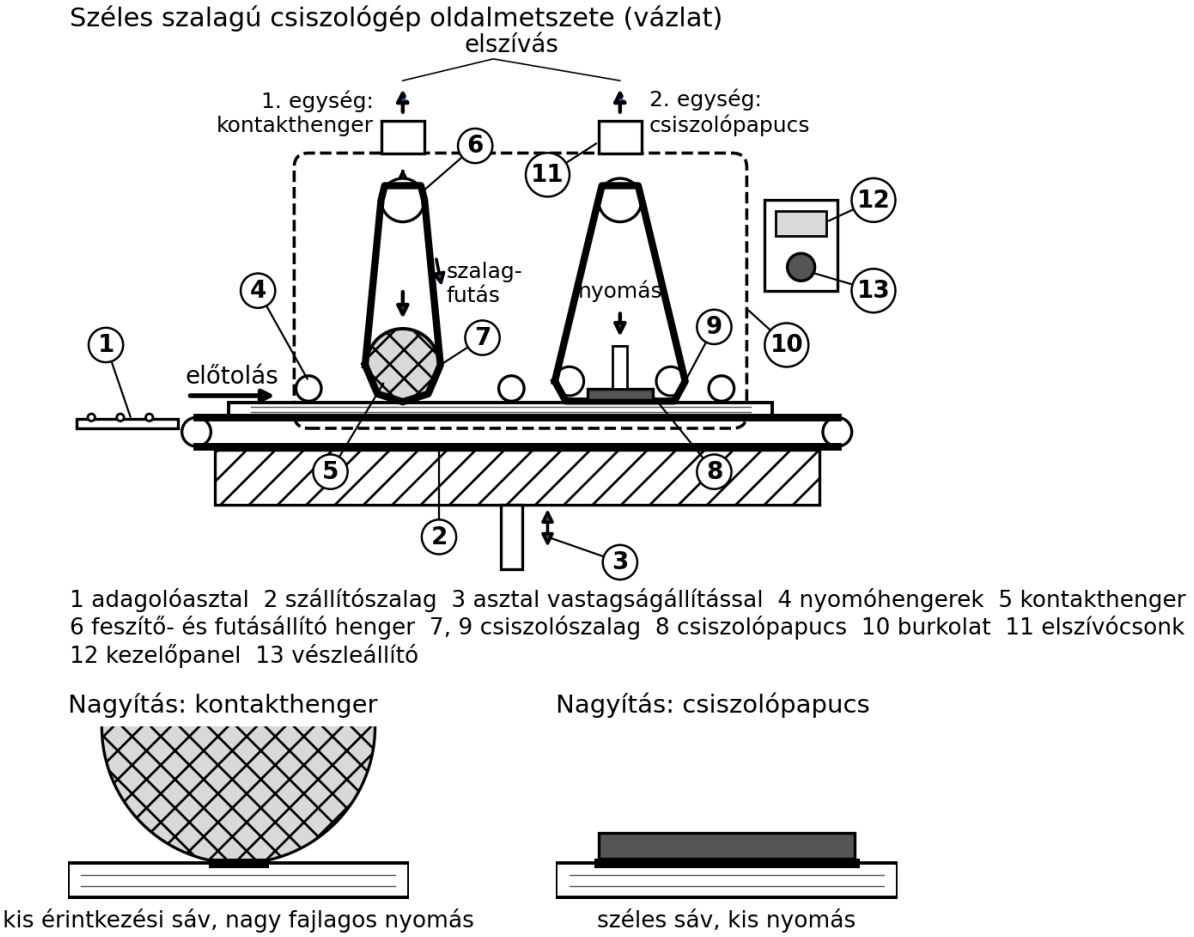
- **kontakthengeres egység**: a szalagot egy acél vagy gumibevonatú henger nyomja a felületre, erősebb anyagleválasztásra alkalmas;
- **csiszolópapucsos egység**: a szalagot egy sík, rugalmas papucs nyomja a felületre, így a felület finomabb, síkabb lesz.

A kontakt- és hengercsiszológépek a **kalibrálásra** is szolgálnak: például ragasztott tábláknál, furnérozott lapoknál az egyenletes vastagság elérése.

25.1.4.3. Széles szalagú csiszológép

A **széles szalagú csiszológép** a faipar legfontosabb gépi csiszolója. Jellemzői:

- a csiszolószalag szélessége akkora, hogy a teljes munkadarabot egy menetben átfogja (például 600, 900, 1100 vagy 1350 mm);
- a munkadarabot egy **szállítószalag** vagy görgősor továbbítja az egy vagy több csiszolóegység alatt;
- az előtoló sebesség és a csiszolóegységek nyomása állítható;
- a gép zárt burkolata alatt **elszívás** működik;
- az irányítás elektronikus vagy PLC-vezérlésű panelen történik.



25.2. ábra. A kombinált széles szalagú csiszológép oldalmetszete: a szállítószalag a lapot a kontakthengeres (1.) és a csiszolópapucsos (2.) egység alatt viszi át; alul a két egység érintkezési sávjának nagyítása. Sematikus vázlat, a méretek tájékoztatók.

Az ábrán látszik a két csiszolóegység különbsége: a kontakthenger keskeny sávon, nagy fajlagos nyomással érintkezik (erős anyagleválasztás, kalibrálás), a csiszolópapucs széles sávon, kis nyomással (finomcsiszolás). A HTML-kiadásban a gép részeire mutatva megjelenik a nevük és szerepük, a csúszkákkal pedig a menetidő ($t = l / v_e$) számolható.

A széles szalagú gép három alapfunkciója:

1. **Kalibrálás:** a ragasztott, préselt vagy fűrészelt lap vastagságát egyenletessé teszi; ehhez durvább szemcsét (P60–P100) és kontakthengert használnak.
2. **Előcsiszolás:** a felület megtisztítása a gyártási nyomoktól; P120–P150 szemcsével.
3. **Finomcsiszolás felületkezelés alá:** P150–P220 szemcsével, csiszolópapucsos egységgel, kisebb anyagleválasztással.

Fontos technológiai szabály: Furnérozott lapoknál a csiszolási leválasztás legfeljebb néhány tizedmilliméter lehet, mert a furnér vastagsága jellemzően 0,5–1,5 mm. A csiszolást tehát finom szemcsével, gyors előtolással, kis nyomással végezd. A furnér átcsiszolása visszafordíthatatlan hiba.

25.1.4.4. Tárcsás csiszológép

A **tárcsás csiszológép** egy függőleges vagy vízszintes tengelyű tárcsára rögzített csiszolókorongból és egy állítható munkaasztalból áll. A munkadarabot kézzel nyomjuk a tárcsához. A tárcsa fordulatszáma hajtja a csiszolókorongot, amelynek kerületi sebessége a tárcsa sugarával nő.

Előnye: gyors, egyszerű gép élek, sarkok, ívelt külső felületek és kisebb alkatrészek csiszolására. A tárcsás gép különösen alkalmas:

- élék tompítására, letörésére;
- sarokcsapok, tiplik hosszának igazítására;
- görbe vonalak külső oldalának csiszolására;
- kis felületű ragasztófeleslegek eltávolítására.

Hátránya: a tárcsa kerületi sebessége a középponttól kifelé nő. A munkadarabot a tárcsa **lefelé forgó felén** vezesd, mert ott a forgás a darabot az asztalra nyomja; a felfelé forgó oldalon felrántaná. A tárcsa közepén a sebesség kicsi, ott nem csiszolunk.

Gépbiztonság. A tárcsás csiszológép védőburkolata a korong hátsó és felső részét fedje; az elszívó csonk működjön. Forgó korongnál kesztyűt viselni tilos. A munkadarabot ne nyomd a koronghoz erőből, mert behúzhatja vagy visszavághatja. A csiszolókorongot a gyártó által megadott fordulatszámon használd; repedt, szakadt vagy eltömődött korongot cserélj.

25.1.4.5. Él- és különleges csiszológépek

Élcsiszoló gép keskeny, lassabban futó csiszolószalaggal dolgozik; a munkadarabot egy asztalon vezetik, vagy a szerszámot közelítik az alkatrész éléhez. Különösen alkalmas:

- egyenes és enyhén ívelt alkatrészek éleinek csiszolására;
- élzáró csíkok, oldallapok enyhe letörésére;
- furnérozott él és a lapfelület találkozásának finomítására.

Orsós csiszológép (oszcilláló orsós csiszoló): függőleges, kis átmérőjű, lengő mozgást végző csiszolóorsója van. Belső ívek, zárt görbék, lyukak csiszolására használják. Az orsó lengése megakadályozza a szemcse eltömődését és a túlmelegedést. Ez a gép a **különleges csiszológépek** közé tartozik, mert elsősorban sablonos, íves alkatrészek belső felületeit munkálja meg.

Profilcsiszoló gép vagy **állványos élcsiszoló** a mart profilok, díszlécek, keretlécek felületét csiszolja, gyakran a profilformának megfelelően kialakított csiszolószerszámmal.

25.1.5. Technológiai alapelvek

A gépi csiszolás eredményét négy beállítás határozza meg:

1. **Szemcsefinomság (grádus):** a durvábból a finomabb felé haladsz, soha nem ugorhatsz túl nagy lépést (például P60-ról P180-ra), mert a durva karcolásokat a finom szemcse nem távolítja el, csak „körülcsiszolja”.
2. **Előtoló sebesség:** gépi előtolásnál a sebesség növelése csökkenti az anyagleválasztást és az égést; a túl lassú előtolás megnöveli a hőterhelést.
3. **Csiszolási nyomás:** a kontakt- vagy papucsnyomás befolyásolja a leválasztást. Furnéroknál kis nyomást, tömörfánál nagyobb nyomást alkalmazhatsz.
4. **Csiszolószalag állapota és futása:** az eltömődött, kopott vagy nem középen futó szalag egyenetlen csiszolást és felületi hibákat okoz.

Összefüggés. A csiszolószalag kerületi sebessége:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000},$$

ahol D a hajtótárcsa (vagy henger) átmérője mm-ben, n a fordulatszáma 1/min-ben, v a kerületi sebesség m/s-ban.

A gépi előtolású gépnél a teljesítményt az **előtoló sebesség** v_e (m/min) és a munkadarab hossza l (m) határozza meg. Egy menet időtartama:

$$t = \frac{l}{v_e} \quad \text{(min)}.$$

Ez az összefüggés a gyártási idő becsléséhez és a gép kapacitásának tervezéséhez kell.

Számítás. Egy 2,5 m hosszú tölgy asztallap három csiszolási menetben halad át a széles szalagú gépen: P120, P150, P180 grádussal. Az előtoló sebesség minden menetben 8 m/min. Mennyi az összes csiszolási idő, ha az adagolási és megfordulási időt 0,2 perc/menetre becsüljük?

Egy menet tiszta csiszolási ideje:

$$t_1 = \frac{2{,}5\,\text{m}}{8\,\text{m/min}} = 0{,}3125\,\text{min} \approx 0{,}31\,\text{min}.$$

Három menet: $3 \cdot 0{,}3125 = 0{,}94\,\text{min}$. Az adagolási idő $3 \cdot 0{,}2 = 0{,}6\,\text{min}$. Az összes idő:

$$t_{\text{össz}} \approx 0{,}94 + 0{,}6 = 1{,}54\,\text{min}.$$

Ez gépi sorozatgyártásban nagyon gyors; kézi csiszolással ugyanez több óra lehetne.

25.1.6. Gépbiztonság és egészségvédelem

Gépbiztonság. A gépi csiszolást csak **betanított, felügyelt tanuló** végezheti, a gépkönyv szerint. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan soha ne dolgozz. A csiszológépek fő veszélyei:

- **behúzás a forgó szalag, tárcsa vagy henger és az asztal közé**;
- **kirepülő munkadarab** a hibás vezetés vagy a rossz nyomás miatt;
- **csiszolószalag szakadása**;
- **finom fa- és csiszolópor**, amely belélegezve egészségkárosító, a keményfa-por rákkeltő lehet (ellenőrizendő hatályos besorolás és határérték);
- **zaj**;
- **tűzveszély** az eltömődött szerszám súrlódási hője miatt.

Kötelező védőberendezések és egyéni védőeszközök:

- a csiszolószalag és a tárcsa minden szabad része **védőburkolattal** legyen fedett, kivéve a munkához szükséges érintkezési szakaszt;
- a gépet **elszívó berendezéshez** kell csatlakoztatni, és az elszívást a gép indítása előtt be kell kapcsolni;
- viselj **védőszemüveget**, **hallásvédőt** és a gépkönyv, illetve a biztonsági adatlap szerint **légzésvédőt** (porelszívás mellett is indokolt lehet, különösen zárt térben);
- **tilos kesztyűt viselni** forgó csiszolószerszámnál, mert a kesztyűt behúzhatja;

- a laza ruhát, ékszert, hosszú hajat mindig rögzíteni kell;
- a gépet indítás előtt ellenőrizd: a szalag fut, a feszesség megfelelő, a védőburkolat a helyén van, az elszívás működik, a munkaterület szabad.

25.1.7. Technológiai lap

Termék/alkatrész: furnérozott bútorlap (méret 1000 × 600 mm, bükk furnér, MDF hordozó) előkészítése lakkozás alá.

Anyagok: P150, P180 (szükség esetén P220) szemcsefinomságú széles csiszolószalag; csiszolószalag-tisztító (gumibetét); tiszta szűrőbetét a légzésvédőhöz.

Gépek és szerszámok: széles szalagú csiszológép (legalább 600 mm hasznos szélesség), elszívóberendezés, gépkönyv, tolólap, védőszemüveg, hallásvédő, légzésvédő.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A gépen a csiszolószalagok védőburkolata, a szállítószalag, a vészleállító és az elszívás rendeltetésszerű állapotú legyen.

Indítás előtti ellenőrzés: 1. A gép feszültségmentes állapotban legyen; az előtolás és a csiszolóegységek burkolatát ellenőrizd. 2. A csiszolószalag feszítése, futása és a grádusfelirat ellenőrzése. 3. Az elszívócső csatlakoztatása és az elszívó indítása. 4. A munkadarabon nincs szeg, laza göcs, ragasztócsomó. 5. A vészleállító elérhető, a munkaterület szabad.

Számozott lépések:

1. Állítsd be az 1. menetben az első csiszolóegységhez a P150-es szalagot (kontakthenger kis nyomással vagy papucs), a második egységhez a P180-ast (papucs); a 2. menet csak szükség esetén P220 (tájékoztató, ellenőrizendő: furnérvastagság, gépkönyv). – ellenőrzés: a szalag futásiránya a feliraton megjelölt irányba mutat, a feszítés egyenletes.
2. Állítsd az előtoló sebességet 8–12 m/min értékre (a gépkönyv szerint; ellenőrizendő). – ellenőrzés: a kijelzőn vagy a kapcsolón a kívánt tartomány látszik.
3. Indítsd a gépet, várj a szalagok teljes felpörgésére, majd helyezd a lapot a szállítószalagra. – ellenőrzés: a szalag nem csúszik, a lap egyenesen fekszik.
4. A lapot folyamatosan, egyenletesen engedd át; ne tartsd vissza, ne nyomd le kézzel. – ellenőrzés: a lap a gép túloldalán teljes egészében kijön, nincs megakadás.
5. Szükség esetén végezd el a 2. menetet P220-szal, kis nyomással. – ellenőrzés: minden menet után ellenőrizd a furnér épségét a széleken és az illesztéseknél, tapintással és melegedést.
6. A gépet leállítsd, várd meg a szerszámok megállását, majd áramtalanítás után cseréld a szalagot vagy takaríts. – ellenőrzés: az elszívás még jár, amíg por száll.

Dokumentálás: a munkanaplóban rögzítsd a tételt, a grádusokat, az előtoló sebességet és a menetek számát.

25.1.8. Minőségellenőrzés

A gépi csiszolás után a felületet **szemrevételezéssel**, **tapintással** és szükség esetén **vastagságméréssel** ellenőrizzük.

- A felületen ne legyenek mély karcolások, égésnyomok, hullámok vagy fényes, síkossá tömörödött foltok.
- A furnérozott lapon az átcsiszolás jeleként a furnér alatti hordozó színe áttűnik; ez elfogadhatatlan hiba.

- Az élek egyenletesen legyenek letörve, a sarkokon nincs felpattogzás.
- A vastagság mérése tolómérővel vagy vastagságmérővel több ponton; tájékoztató tűrés lapoknál a teljes felületen ±0,2 mm lehet, furnérozott lapnál ez a furnér vastagságától függ (ellenőrizendő gépkönyv és minőségi előírás).

Ha a felület eltérést mutat, a hibát meg kell keresni a szalag állapotában, a gép beállításában vagy az előtolásban, és a javítás után újra kell csiszolni.

25.1.9. Csiszolási hibák és javításuk

1. Hiba: átcsiszolt furnér – a hordozó anyag áttűnik a furnéron. Oka: túl durva szemcse, túl nagy csiszolási nyomás, túl lassú előtolás, több menet a szükségesnél. Javítás: az alkatrészt újra furnérozni kell, vagy ha kis felületen történt, javítófurnér betéttel és gondos lakkozással takarni. Megelőzés: finom szemcse (P150 vagy finomabb), kis nyomás, gyors előtolás, a leválasztás ellenőrzése.

2. Hiba: hullámos felület, „nyomvályúk”. Oka: egyenetlen adagolás, elhasznált vagy eltömődött csiszolószalag, rossz szalagfeszítés, nem megfelelően beállított szalagfutás. Javítás: cseréld a csiszolószalagot, tisztítsd meg, állítsd vissza a futást, majd egyenletes előtolással csiszold újra a felületet.

3. Hiba: égésnyomok, sötét, fényes foltok. Oka: eltömődött szalag, túl nagy nyomás, túl nagy szalagsebesség vagy túl lassú előtolás (megállt munkadarab a szalag alatt). Javítás: az égett réteget finom szemcsével, enyhe nyomással távolítsd el; szükség esetén cseréld vagy tisztítsd a szalagot, csökkentsd a nyomást, és növeld (vagy tartsd egyenletesen) az előtolást; a munkadarab ne álljon meg a szalag alatt. Megelőzés: a csiszolószalagot rendszeresen tisztítsd, ne engedd, hogy a munkadarab egy helyben maradjon.

4. Hiba: a szélek lekerekítettek, a lap közepén megmaradt a nyers felület. Oka: helytelen kézi vezetés, túl nagy nyomás a széleken, a gépi előtolásnál a szállítószalag kopott vagy nem sík. Javítás: ellenőrizd a szállítószalagot, használj egyenletes nyomást a teljes felületen, szükség esetén szélesebb csiszolószalagot vagy másik gépet.

25.1.10. Hibaelemzési eset

Tünet: egy bükkfurnéros MDF lap felületén, a lakkozás előtti utolsó csiszolás után, foltos, fényes, tömörödött foltok jelentek meg. A darabot a mester azzal a panasszal kapja vissza, hogy a lakk nem terjed egyenletesen, és „foltos” a felület.

Lehetséges okok: - a csiszolószalag eltömődött, ezért a szemcsék nem vágnak, hanem súrolnak; - a gépi csiszolásnál a csiszolóegység nyomása túl nagy volt, a felület „bezsírosodott”; - a munkadarab előtolása nem volt egyenletes.

Vizsgálat: A gépet leállítják, áramtalanítják, majd a szalagot cserélik, és egy próbadarabot csiszolnak P150-es szalaggal, 10 m/min előtolással. A próbadarab felülete egyenletes lesz, a foltok eltűnnek. A korábbi szalagon látható, hogy a szemcsék közötti hézagok feltöltődtek finom porral.

Valódi ok: Az eltömődött szalag miatt a csiszolószemcse nem forgácsolt, hanem dörzsölte a felületet. A súrlódási hőtől a fafelület egyes pontokon tömörödött, eltömítette a pórusokat, ezért a lakk később nem tudott egyenletesen beszívódni.

Javítás és megelőzés: A tömörödött réteget éles P180-as szalaggal, kis nyomással, egyenletes előtolással eltávolították; a lakk egyenletes felvételét próbadarabon előbb ellenőrizték. A megelőzés: a csiszolószalagot rendszeresen tisztítani kell, a leválasztást próbadarabon ellenőrizni, és az elszívást mindig üzemeltetni.

25.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis bútorműhelyben a tulajdonos azt tapasztalta, hogy a tömör bükk asztallapok csiszolása kézi géppel sok időt vesz igénybe, és a felület minősége nem egyenletes. A megrendelők egyre többször kértek pácolt, olajozott felületet, amihez a felületnek hibátlannak kell lennie. A műhely ezért bérmunkában egy széles szalagú csiszológépen csiszoltatta a lapokat.

Az első szállítmánynál a lapok szélei le voltak csiszolva, de a közepükön megmaradtak a gyalulási nyomok. A hiba vizsgálatakor kiderült, hogy a bérmunkát végző gép szállítószalagja kopott volt, ezért a lap közepén a szalag nem feküdt fel rendesen a csiszolóhengerre. A szalag cseréje és a gép kalibrálása után a felület egyenletes lett. A műhely ezután minden bérmunka előtt próbadarabot kért, és rendszeresen ellenőrizte a vastagságot és a felületminőséget.

25.1.12. Gépválasztás a felület alakja szerint

A következő ábra négy felülettípushoz rendeli a hozzá illő csiszológépeket. A négy sor egymás melletti választási lehetőség, nem egymás utáni műveletsor:



25.3. ábra. Csiszológép kiválasztása a felület alakja szerint - Szemléltető eligazítás: a négy sor négy különálló választás (felület → gép), nem lépéssor. Az ábra nem helyettesíti a gépkönyvet és a szerszámgyártó adatait.

Az ábra rögzíti, hogy nincs egyetlen univerzális csiszológép: a felület alakja, a hozzáférhetőség és a megmunkálási irány határozza meg a gépet.

25.1.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A széles szalagú csiszológép alkalmas furnérozott lapok durva kalibrálására is, ha a szalag nagyon durva.
2. Miért tilos kesztyűt viselni forgó csiszolószalag mellett?
3. Egy szalagcsiszológép hajtótárcsája 300 mm, fordulatszáma 1450 1/min. Mennyi a szalag sebessége?
4. Melyik gépet választod egy ívelt karfás szék belső görbületének csiszolásához?
5. Mit jelent a „kontaktcsiszolás”?
6. Hogyan előzöd meg a furnér átcsiszolását?

25.1.14. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a faipari csiszológépek három fő típusát a szerszám alakja szerint, és mindegyikhez adj egy példát a felhasználásra.

2. feladat (A) Egy tárcsás csiszológép tárcsaátmérője 250 mm, fordulatszáma 1400 1/min. Számítsd ki a tárcsa kerületi sebességét m/s-ban a legnagyobb átmérőn.

3. feladat (B) Egy széles szalagú gépen egy 3 m hosszú furnérozott lapot csiszolsz. Az előtoló sebesség 10 m/min. A menetek száma 3 (P120, P150, P180), az adagolási idő menetenként 0,3 perc. Mennyi az összes csiszolási idő?

4. feladat (B) Ismertesse a széles szalagú csiszológép kétféle csiszolóegységét: a kontakthengerest és a csiszolópapucsost. Melyiket használnád furnérozott lap finomcsiszolására, és miért?

5. feladat (C) A műhelyben egy 1200 mm széles bükk tömörfa asztallap felülete a kézi gyalulás után még egyenetlen. Az asztallap vastagsága 28 mm, a cél felület lakkozás alá való. Javasolj gépet és csiszolási sorrendet (grádusok), és indokold a választást a csiszolási elvek alapján.

6. feladat (D) Készíts technológiai lépéssort egy élcsiszoló géphez: a feladat egy ívelt oldalú, furnérozott MDF lap élének letörése és csiszolása lakkozás előtt. Add meg a beállításokat, a védőeszközöket és az ellenőrzési pontokat.

25.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A furnérozott lap durva kalibrálásához nem használhatsz nagyon durva szemcsét, mert azonnal átcsiszolod a furnért; a kalibrálást csak a hordozó anyagon, furnér nélkül, vagy furnér előtt lehet durva szemcsével végezni.
2. Mert a kesztyűt a forgó szalag vagy tárcsa behúzhatja, és a kezed is beszorulhat; ez súlyos kézsérülést okozhat.
3. $v = \frac{300 \cdot 3{,}14 \cdot 1450}{60\,000} \approx 22{,}8\,\text{m/s}$.
4. Orsós csiszológépet (oszcilláló orsós csiszolót), mert a kis átmérőjű, lengő orsó bejut a belső ívekbe.
5. A kontaktcsiszolás azt jelenti, hogy a csiszolószalagot egy merev vagy rugalmas elem (kontakthenger vagy csiszolópapucs) nyomja a munkadarabhoz.
6. Finom szemcsét (P150–P220) választasz, kis csiszolási nyomást állítasz be, gyors előtolást használsz, és folyamatosan ellenőrzöd, hogy a furnér nem vékonyodik el.

1. feladat (A) A három fő típus: szalagcsiszológép (pl. sík felületek, enyhe ívek), tárcsás csiszológép (élek, sarkok), henger- vagy széles szalagú csiszológép (táblásított lapok).

2. feladat (A)

$$v = \frac{250\,\text{mm} \cdot 3{,}14 \cdot 1400\,1/\text{min}}{60\,000} \approx 18{,}3\,\text{m/s}.$$

3. feladat (B) Egy menet ideje: $t_1 = \frac{3\,\text{m}}{10\,\text{m/min}} = 0{,}3\,\text{min}$. Három menet csiszolási ideje: $3 \cdot 0{,}3 = 0{,}9\,\text{min}$. Adagolási idő: $3 \cdot 0{,}3 = 0{,}9\,\text{min}$. Összes: $0{,}9 + 0{,}9 = 1{,}8\,\text{min}$.

4. feladat (B) A kontakthengeres egység egy merev hengerrel nyomja a csiszolószalagot a felületre, így erősebb anyagleválasztás érhető el; kalibrálásra, tömörfa előcsiszolásra alkalmas. A csiszolópapucsos egység sík, rugalmas nyomóelemet alkalmaz, így a felület finomabb, egyenletesebb lesz; furnérozott lapok finomcsiszolására való, mert kisebb a helyi nyomás és a leválasztás. Furnérozott lap finomcsiszolásához csiszolópapucsos egységet használsz.

5. feladat (C) A 1200 mm széles bükk asztallaphoz széles szalagú csiszológép alkalmas, mert a teljes szélességet átfogja. Csiszolási sorrend: P100 vagy P120 durva előcsiszolás a gyalulási nyomok eltávolítására, majd P150 közepes, végül P180 finom szemcse a lakkozás alá. Az előtolást közepes értéken (8–12 m/min) tartjuk; a nyomást fokozatosan csökkentjük a finomabb meneteknél. Indoklás: a csiszolási sort fokozatosan finomítjuk, a durvább szemcse karcolását a következő finomabb szemcse teljesen eltünteti; a túl durva ugrás hibás felületet ad.

6. feladat (D) Technológiai lépéssor élcsiszoló géphez: 1. Ellenőrizd az élcsiszoló szalag állapotát, a védőburkolatot és az elszívást. 2. Állítsd be a szalag futását, a szalag sebességét a gépkönyv szerint (jellemzően 8–15 m/s, ellenőrizendő). 3. Válaszd ki a csiszolószalagot: P150-es grádust a letöréshez, majd P220-ast a simításhoz. 4. Helyezd az ívelt lapot az asztalra, és a gép bekapcsolása után folyamatosan vezesd végig az élet a szalag mentén, a munkadarabot enyhe, egyenletes nyomással tartva. – ellenőrzés: az él egyenletesen csiszolt, nincs kiugró sarok. 5. Ellenőrizd a letörés szélességét (tájékoztató érték: 0,5–1 mm) és a felület simaságát tapintással. 6. Kapcsold ki a gépet, várd meg a szalag megállását, majd takaríts. Védőeszközök: védőszemüveg, hallásvédő, légzésvédő, szoros munkaruha. Tilos kesztyű.

25.1.16. Rövid összefoglaló

A faipari csiszológépek a csiszolószemcsékkel bevont szerszámmal finom forgácsolást végeznek, és a felületet előkészítik a felületkezelésre. A gépeket a szerszám alakja szerint szalag-, tárcsás, henger- és széles szalagú csoportba soroljuk; ezeken kívül élcsiszoló, orsós és profilcsiszoló gépeket használunk. A szalagcsiszológép kézi előtolással sík és ívelt felületet csiszol; a henger- és széles szalagú gép gépi előtolással kalibrál és simít; a tárcsás és élcsiszoló gépek az éleket, sarkokat munkálják meg. A csiszolási sebességet a $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$ képlet adja; a gépi előtolású menetidő $t = \frac{l}{v_e}$. A legfontosabb technológiai szabály: a csiszolási sort fokozatosan finomítsd (például P120 → P150 → P180), furnérozott lapnál finom szemcsét, kis nyomást és gyors előtolást használj, hogy a furnért ne csiszold át. A gépi csiszolás biztonsága a védőburkolaton, az elszíváson, a megfelelő védőeszközökön és a tiltott kesztyűviselésen alapul. A jellemző hibák – átcsiszolás, hullámosság, égés, szélek lekerekítése – mind a szerszám, a beállítás vagy az előtolás hibájára vezethetők vissza. **Továbbvitt eredmény.** A gépi csiszolás itt tanult elvei a furnérozott lapok, az élzárás és a felületkezelés előkészítése során hasznosulnak, különösen a Lapszerkezetű termékek teljes gyártási folyamata és az Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás alfejezetekben.

25.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: a Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás és a Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések alfejezetek, csiszológépek gépkönyvei, csiszolóanyaggyártói műszaki adatlapok, MSZ EN ISO 6344 (csiszolóanyagok jelölése, ellenőrizendő), MSZ EN ISO 19085 sorozat (faipari gépek biztonsága, ellenőrizendő), a munkahelyi por- és zajexpozíció jogszabályai (ellenőrizendő). A megadott sebesség-, grádus- és előtolási értékek, tűrések és a gépfelépítési leírások tájékoztató jellegűek; a konkrét gépen a gépkönyv, a szerszámgyártó engedélye és a vonatkozó biztonsági szabvány az irányadó. Az árajánlati, bérmunka- és időadatok mintaadatok, nem valós piaci költségek.

25.2. CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés

A CNC-megmunkálóközpont a lapszerkezetű bútorgyártás egyik leggyorsabb és legpontosabb gépe. A hagyományos alsómarón vagy fúrógépen minden furatot, hornyot és kontúrt külön, sablonnal, ütközőkkel, gyakran hosszadalmasan állítunk be. A CNC-gép ezt a munkát egyetlen rögzítéssel, számítógépes program alapján, ismételhető pontossággal végzi el. Ha egy vevő korpuszbútort vagy konyhaszekrényt rendel, a furatkiosztásnak milliméterre illeszkednie kell a vasalatokhoz. Itt jön be a CNC: a gép a programban megadott koordinátákra mozog, és a megfelelő szerszámmal dolgozik.

25.2.1. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy sík bútorlapot, például egy 720 mm széles, 500 mm magas szekrényoldalt. A lap a CNC-asztalra fekszik. A gép a lap bal alsó sarkától méri a koordinátákat. A vízszintes tengely az **X**, a mélységi tengely az **Y**, a függőleges, főorsó-irányú tengely a **Z**. Amikor a program azt mondja, hogy „menj X = 81 mm, Y = 37 mm pontra, és fúrj 5 mm mélyre (Z = −5 mm)”, a gép oda mozdul, leengedi a fúrót, és készíti a tiplifuratot. Ugyanezt a mozgást több százszor, pontosan ismétli.

25.2.2. NC és CNC fogalma

Definíció. Az **NC** (numerikus vezérlés, numerical control) olyan gépvezérlés, amely számokkal megadott mozgáspályát hajt végre, program alapján. A régebbi NC gépek lyukszalagról vagy egyszerű elektronikáról olvasták a programot. A **CNC** (computer numerical control) már számítógépes vezérlőegységgel dolgozik, amely tárolja, megjeleníti, szimulálja és futtathatóvá teszi a programot. Ma a faiparban gyakorlatilag CNC-gépeket használunk.

Megjegyzés. A „CNC” kifejezést a műhelyben gyakran a teljes gépre is értik: CNC-megmunkálóközpont, CNC-maró. A programot többnyire **CAM**-rendszerrel készítik, vagy egyszerű esetben kézzel írják, vezérlőtől függő kódokkal.

25.2.3. Koordináta-rendszer és tengelyek

A CNC-gép munkaterét **derékszögű koordináta-rendszerben** írjuk le. A faipari megmunkálóközpontoknál a leggyakoribb a **jobbsodrású** rendszer:

- **X**: hosszirányú mozgás, többnyire balról jobbra.

- **Y**: keresztirányú mozgás, elölről hátra. A portálos gépeken a portál és a főorsó-egység mozog, az asztal áll.
- **Z**: a főorsó tengelye; a +Z felfelé, a munkadarabtól el mutat, a munkadarabba hatolás negatív Z (ha a munkadarab-nullpont a lap felső síkján van).

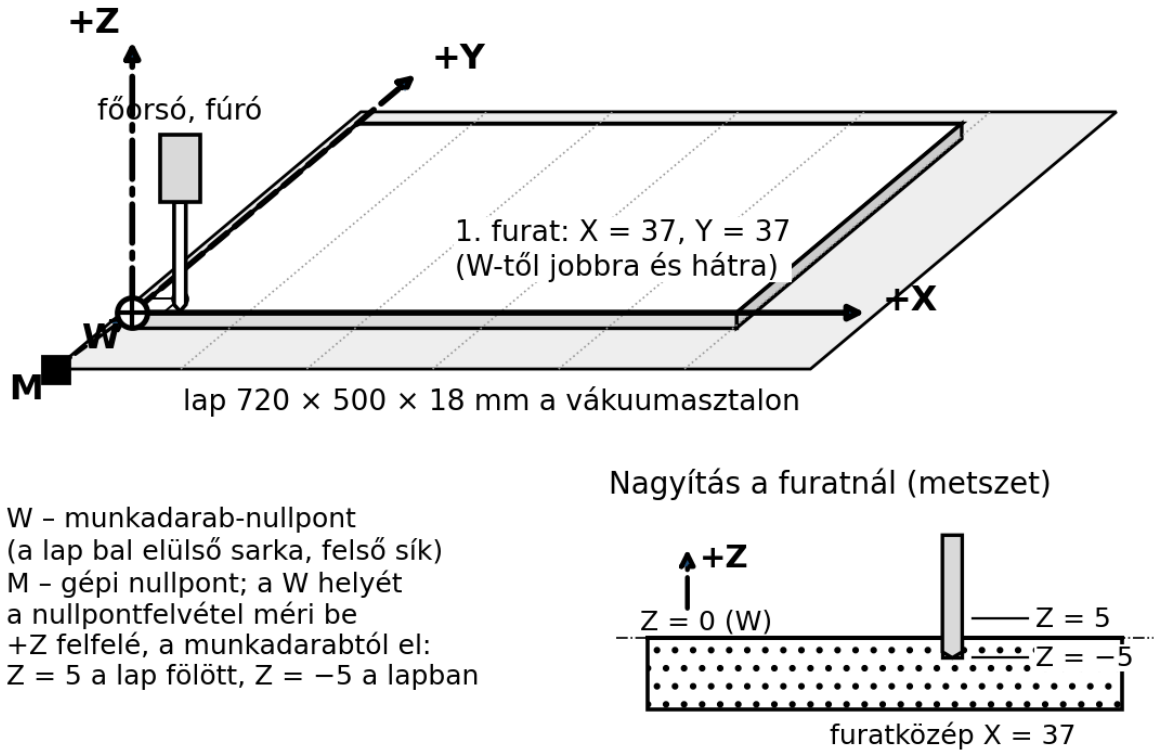
A koordináták **mm**-ben értendők. A forgástengelyeket (A, B, C) ebben a könyvben nem részletezzük, mert a síklap-megmunkálás általában 3 tengellyel történik.

Definíció. A **gépi nullpont** a gép referenciapontja, amelyhez a gép a bekapcsolás utáni referenciamenet során viszonyítja a tengelyeket. A **munkadarab-nullpont** (gyakran W-nullpont) a munkadarabon kijelölt pont, amelyből a program koordinátáit mérjük.

A faiparban a munkadarab-nullpontot gyakran a **lap bal alsó sarkába**, a felső felületre vagy a vákuumasztal tetejére helyezzük. A program X, Y, Z koordinátái ehhez a nullponthoz képest értendők.

Példa. Egy szekrényoldalon a nullpont a bal alsó sarok. Az első tiplifurat középpontja **X=37 mm, Y=37 mm**. A gép a nullpontból 37 mm-t jobbra, 37 mm-t hátrafelé mozog, majd lefúr.

A gép kezelőjének a **nullpontfelvétel** során meg kell mérnie és be kell állítania, hogy a munkadarab-nullpont a gépi koordináta-rendszerben hol helyezkedik el. Ez gépenként eltérő lehet, és a munkadarab befogása után mindig újra ellenőrizendő.



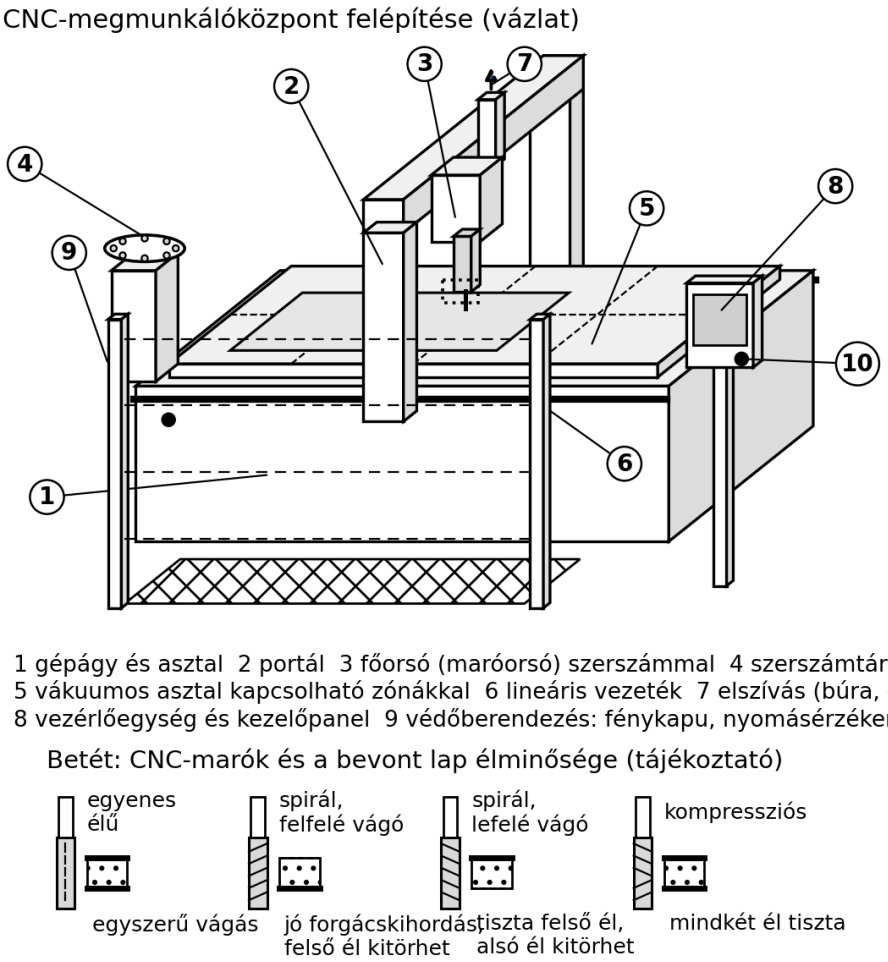
25.4. ábra. A CNC-asztalon fekvő 720 × 500 × 18 mm-es lap a munkadarab-nullponttal (W, a lap bal elülső sarka a felső síkon), a gépi nullponttal (M) és a tengelyekkel: +X jobbra, +Y hátra, +Z felfelé, a munkadarabtól el. A nagyításon a fúró Z = 5 (a lap fölött) és Z = −5 (a lapban) helyzete.

Az ábra szerint az első furat X = 37 mm-re jobbra és Y = 37 mm-re hátra van a W-nullponttól. A programrészlet `Z5` mondata a lap felső síkja fölé, a `Z-5` mondata a lapba viszi a szerszámot, ezért a +Z irány felfelé, a munkadarabtól el mutat. A HTML-kiadásban a lenti programrészlet N40–N70 mondatai lépésenként lejátszhatók.

25.2.4. Megmunkálóközpont felépítése

A faipari CNC-megmunkálóközpont fő részei:

- **Ágy és asztal**: merev alapszerkezet; a munkadarabot ezen rögzítjük.
- **Vákuumos asztal**: a lapokat vákuumtérrel szívja le. A vákuumzónák kapcsolhatók, így a kisebb munkadarabhoz kevesebb zóna is elég.
- **Portál vagy gém**: az X-Y mozgást biztosítja.
- **Főorsó (maróorsó)**: a forgó szerszámot hajtja. Gyakran 12 000–24 000 min^{-1} fordulatszám-tartományban dolgozik (tájékoztató, gépkönyv szerint).
- **Szerszámtár**: a gyakran használt maró- és fúrószerszámokat tárolja. A gép a program szerint cseréli a szerszámokat a főorsóban.
- **Lineáris vezetékek, golyósorsók**: a pontos mozgatásért felelősek.
- **Vezérlőegység és kezelőpanel**: a program betöltését, szimulációját és futtatását végzi.
- **Elszívás**: a por és forgács elszívása a szerszám közeléből.



25.5. ábra. A faipari CNC-megmunkálóközpont fő részei számozva: gépágy és asztal, portál, főorsó, szerszámtár, vákuumos asztal, lineáris vezeték, elszívás, vezérlőegység, védőberendezések (fénykapu, nyomásérzékeny szőnyeg) és vészleállító; alul a CNC-marók élalakja (tájékoztató). Sematikus vonalrajz.

A munkadarab befogása faipari CNC-n:

- **Vákuum**: lapoknál a leggyorsabb. A lap alá tömítőgumik vagy vákuumzónák kerülnek.
- **Mechanikus szorítás**: kis alkatrésznél, íves darabnál, vagy ha a vákuum nem elég, szorítótalpak, csavarok.
- **Kombinált**: vákuum + mechanikus biztosítás.

Gépbiztonság. A CNC-gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A védőburkolatot, vészleállítót, fénykaput vagy nyomásérzékeny szőnyeget (ha van) soha ne iktasd ki. A gép automatikus szerszámcseréjét, mozgását mindig a védőtérből, lecsukott ajtó mellett figyeld. A forgó szerszámhoz ne nyúlj, amíg a főorsó teljesen meg nem állt.

25.2.5. CNC-program felépítése

A CNC-program **mondatokból** (blokkokból) áll. Egy mondat egy mozgást vagy kapcsolási utasítást ír le. A mondat elején gyakran **N** sorszám áll, majd a **G** (előkészítő) és **M** (kiegészítő) kódok, koordináták, előtolás, fordulatszám és szerszámadatok.

A G- és M-kódok **vezérlőfüggők**, azaz a konkrét gépkönyvben ellenőrizni kell őket. A faiparban gyakori alapparancsok (tájékoztató, nem szabvány):

- **G0**: gyorsjárat pozicionálás.
- **G1**: egyenes interpoláció, munkasebességgel.
- **G2/G3**: körinterpoláció, óramutatóval egyező/ellentétes.
- **G90**: abszolút méretmegadás (a nullponthoz képest).
- **G91**: relatív (növekményes) méretmegadás.
- **M3**: főorsó indítás óramutató szerint.
- **M5**: főorsó leállítás.
- **M30**: program vége, visszaállás.

A faipari vezérlők gyakran **saját egyszerűbb nyelvet** is használnak (pl. párbeszédes felület, furatminták), ezért a kódokat mindig az adott géphez kell igazítani.

Szerszámkorrekció. A program a **szerszámhossz-korrekcióval** veszi figyelembe, hogy a főorsóba fogott szerszám milyen hosszú. A **szerszámátmérő-korrekciót** a maró kontúr melletti pályájánál használjuk. A korrekciós értéket a szerszámtáblázatban adjuk meg. A CAM-program ezt automatikusan kezeli, de a kezelőnek ellenőriznie kell, hogy a szerszámtáblázat a ténylegesen befogott szerszámhoz tartozik.

Példa programrészlet (text, vezérlőfüggő):

```
N10 G90 (abszolút méret)
N20 T1 M6 (1. szerszám befogása)
N30 S18000 M3 (18 000 min^-1, forgás)
N40 G0 X37 Y37 (gyorsjárat a furat fölé)
N50 G0 Z5 (5 mm-rel a felület fölé)
N60 G1 Z-5 F1200 (fúrás 5 mm-re, előtolás)
N70 G0 Z10 (felemelés)
N80 M5 (főorsó leállítás)
N90 M30 (program vége)
```

Ez a részlet csak **szemléltető példa**, nem valós gépkód; a tényleges utasítások a célgép programozási kézikönyvéből valók.

25.2.6. CAD/CAM és adatátvitel

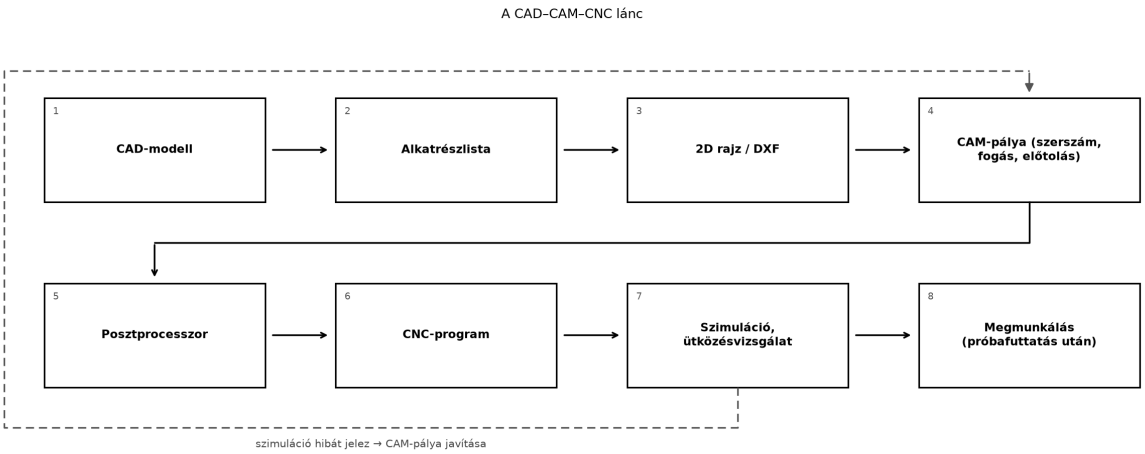
A faipari CNC-program leggyakrabban **CAD/CAM-láncból** készül, ahogyan a CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel alfejezetben láttuk.

A folyamat:

1. **CAD**: megtervezzük az alkatrész kontúrját, furatait.
2. **CAM**: kiválasztjuk a szerszámot, megadjuk a fogásmélységeket, előtolást, és a szoftver legenerálja a szerszámpályát.
3. **Posztprocesszor**: a CAM-program a pályát a célgép által értelmezhető vezérlőnyelvre alakítja.
4. **Adatátvitel**: a CNC-programot USB-n, hálózaton vagy közvetlen kábeles kapcsolaton juttatjuk el a géphez.
5. **Gépi betöltés és szimuláció**: a program megtekintése, ütközésvizsgálat, majd próbafuttatás.

A gyakori adatátviteli formátum a **DXF** a kontúrokhoz, de a fúrási és marási program már a gép saját formátuma. A CAM-rendszer **posztprocesszora** biztosítja a helyes kimenetet.

A CAD–CAM–CNC lánc lépéseit az alábbi folyamatábra foglalja össze:



25.6. ábra. A CAD–CAM–CNC lánc - Ha a szimuláció hibát jelez (ütközés, rossz szerszám, átmarás), a CAM-pályát kell javítani, majd újra posztprocesszálni. Szemléltető lépéssor; a formátumok vezérlőfüggők.

25.2.7. Koordináta- és furatkiosztás számítása

A CNC megmunkálás előtt a furatokat, hornyokat a munkadarabon pontosan meg kell határozni. Jellemző a **32-es rendszer**: a bútorlapokon a vasalatok, tiplik, fiókvezetők furatai gyakran 32 mm-es raszterben helyezkednek el. A CNC könnyen kezeli ezt, mert a programban a koordinátákat 32-es vagy 16-os osztással adjuk meg.

Számítási példa 1: Kerületi (forgácsolási) sebesség

Adott egy 12 mm átmérőjű CNC-maró, a főorsó fordulatszáma 18 000 min^{-1}. Mennyi a forgácsolási sebesség?

Összefüggés. $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$, ahol D mm, n 1/min, v m/s.

Behelyettesítve:

$$v = \frac{12 \cdot \pi \cdot 18\,000}{60\,000} = \frac{12 \cdot 3{,}1416 \cdot 18\,000}{60\,000} \approx 11{,}31\,\text{m/s}.$$

Ellenőrzés: 12 mm-es maró 18 000 min^{-1} fordulattal 11–12 m/s körüli sebességet ad, ez a faipari marásban elfogadható, de a gyártó adatlapját ellenőrizni kell.

Számítási példa 2: Előtoló sebesség

Ugyanaz a maró, két élű (z = 2). A gyártói ajánlás szerint fogankénti előtolás $e_z = 0{,}3$ mm. Mekkora lesz az előtoló sebesség v_e m/min-ben?

Összefüggés. $v_e = e_z \cdot z \cdot n$ mm/min, majd átváltás m/min-re.

Behelyettesítve:

$$v_e = 0{,}3\,\text{mm} \cdot 2 \cdot 18\,000\,\text{min}^{-1} = 10\,800\,\text{mm/min} = 10{,}8\,\text{m/min}.$$

Ellenőrzés: kisméretű, gyorsan forgó marónál 10 m/min körüli előtolás jellemző, de gépkönyv és adatlap szerint változhat.

Számítási példa 3: Szerelvényhelyek koordinátái a 32-es rendszerben

Egy szekrényoldal magassága 720 mm. A furatsor az élétől 37 mm-re húzódik. A furatok 32 mm-es raszterben kezdődnek; a függőleges raszter $y_k = y_0 + k \cdot 32$, ahol az y_0 kezdőeltolást a vasalat- vagy rendszergyártó adja (ellenőrizendő); ebben a példában $y_0 = 37$ mm. A polctartó csapok furatait fúrjuk. Adjuk meg az első három furat Y-koordinátáját, ha az X fix 37 mm.

A nullpont a lap alsó széle. A furatok függőleges középpontjai:

- Első furat: $Y_1 = 37\,\text{mm}$
- Második: $Y_2 = 37 + 32 = 69\,\text{mm}$
- Harmadik: $Y_3 = 37 + 2 \cdot 32 = 101\,\text{mm}$

Általánosan: $Y_k = 37 + (k-1) \cdot 32$ mm, ahol k a furat sorszáma.

Ellenőrzés: 37, 69, 101 mm mind 32 mm távolságra vannak, a legalsó 37 mm-re az élétől. A program ezeket a koordinátákat használja.

25.2.8. CNC-technológiai lap: lapalkatrész fúrása, marása

Megmunkálandó: 720 × 500 × 18 mm-es MDF lap, polctartó furatsor 32-es rendszerben, valamint a szekrényoldal szerelőtalp-furatai (vasalatgyártói rajz szerint); a csészés pánt fészke az ajtólapba kerül, 35 mm-es, 12 mm mély (tájékoztató, ellenőrizendő).

Anyag: MDF lap, a furatokhoz 5 mm-es csigafúró, a pántfészekhez Ø 35 mm-es pántfúró (Forstner-fúró).

Gépek és eszközök: CNC-megmunkálóközpont vákuumos asztallal, elszívóberendezés, védőburkolat, vészleállító, derékszögelő, tolómérő.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Viselj védőszemüveget, hallásvédőt és ha szükséges, FFP porálarcot. Ne nyúlj a munkatérbe, amíg a főorsó forog, és soha ne kapcsold ki a védőburkolat-reteszt.

Indítás előtti ellenőrzés:

1. A szerszám befogása szorosan, a befogópatron tiszta és sértetlen.
2. A szerszám hossza és átmérője megegyezik a szerszámtáblázattal.
3. A vákuumzónák a munkadarab méretéhez igazítva működnek; a lap stabilan leszívható.
4. A védőburkolat zárt, a vészleállító működik.
5. A program szimulációja lefutott, nincs ütközésjelzés.
6. Az elszívó bekapcsolva.

Lépések:

1. Helyezd a lapot a vákuumasztalra, igazd a nullponthoz. – Ellenőrzés: a lap sarka egybeesik a nullpontütközővel, derékszög a derékszögelővel.
2. Kapcsold be a vákuumot, ellenőrizd a szívást. – A lapot oldalirányú nyomással próbáld meg elmozdítani; nem szabad elcsúsznia.
3. Vedd fel a nullpontot és ellenőrizd a szerszámhosszt a szerszámkorrekcióval. – A gépkönyv szerinti nullpontfelvételi eljárást használd, ne becsüld.
4. Töltsd be a programot a vezérlőbe. – A képernyőn megjelenő alkatrésznév, méret egyezzen a munkadarabbal.

5. Futtasd a szimulációt. – A pálya a munkadarabon belül marad, nincs túlfutás.
6. Indítsd a programot, először csökkentett előtolással, próbafuttatással. – Figyeld az első furat pozícióját; ha eltér, állj le.
7. A próbafuttatás után ellenőrizd a furatok méretét és pozícióját. – Tolómérővel ellenőrizd az első furat átmérőjét és a perem távolságát.
8. Futtasd le a teljes programot a normál paraméterekkel. – A gépet ne hagyd felügyelet nélkül; a vészleállító legyen kéznél.
9. Várd meg a program végét (M5, M30) és a főorsó teljes megállását, áramtalanítás után tisztítsd meg a munkateret. – A port és forgácsot elszívóval és kefével távolítsd el, soha ne kézzel a forgó szerszám közeléből.

Dokumentálás: munka- vagy gépnaplóban rögzítsd a program nevét, a munkadarab darabszámát, a beállított nullpontot, a szerszámokat, és az észlelt rendellenességeket.

25.2.9. Minőségellenőrzés

- **Furatpozíció:** tolómérővel mérjük a furat középpontjának távolságát a lap éleitől; a tűrés általában ±0,3–0,5 mm (tájékoztató, a rajz szerint).
- **Furatátmérő:** 5 mm-es polctartó furatnál 5,0–5,1 mm (tájékoztató, vasalatfüggő).
- **Furatmélység:** mélységmérővel ellenőrizhető; a rajz szerint kell teljesíteni.
- **Zsanérfészek:** átmérő, mélység és pozíció a zsanér műszaki adatlapjához kötött.
- **Felület:** a kontúrok széle roncsolásmentes, nem szakadt ki, nincs égésnyom.
- **Eltérésnél:** ellenőrizzük a nullpontot, a szerszámkorrekciót, a munkadarab befogását és a programot. A hibás darabot ne javítsuk utólag a gépen, amíg az okot meg nem találtuk.

25.2.10. Tipikus hibák és okaik

1. **A furat a várt pozíciótól elcsúszik.** Ok: rossz munkadarab-nullpont, elmozdult lap, hibás szerszámkorrekció. Javítás: nullpont újra felvétele, vákuum ellenőrzése, szerszámtáblázat frissítése.
2. **A marószerszám túl mélyre süllyed, átmegy a lapon.** Ok: rossz Z-nullpont, hibás szerszámhossz, programozott fogásmélység hiba. Veszélyes gépkár vagy anyaghiba. Javítás: Z-nullpont ellenőrzése, szerszámhosszmérés, szimuláció.
3. **A munkadarab elmozdul megmunkálás közben.** Ok: kevés vákuum, nincs elegendő zóna, sérült tömítőgumi, túl nagy előtolás. Javítás: zónák bekapcsolása, tömítés ellenőrzése, kisebb fogásmélység vagy előtolás.
4. **Égés vagy szakadt él a marásnál.** Ok: életlen szerszám, túl magas fordulatszám/alacsony előtolás, rossz forgácselszívás. Javítás: szerszámcsere, előtolás növelése, elszívás javítása.
5. **A gép nem találja a szerszámot, vagy rossz szerszámot cserél.** Ok: a szerszámtáblázat és a tárban lévő szerszám nem egyezik. Javítás: szerszámtár ellenőrzése, táblázat frissítése.

25.2.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy műhelyben korpuszbútor-oldalakat fúrtak CNC-n. A megrendelő reklamált, mert a fiókvezető furatai nem illeszkedtek a vasalathoz. A vizsgálat kiderítette, hogy a kezelő a programban a raszter kezdőpontját egy osztással feljebb adta meg, ezért minden furat 32 mm-rel eltolódott (a rossz élhez vett nullpont ennél nagyobb, a lapméret és az éltávolságok különbségével tükrözött/eltolt furatképet adna). A hibát a próbafuttatásnál nem ellenőrizték. A tanulság: a nullpont és az

első furat ellenőrzése kötelező, mielőtt a teljes sorozat legyártásra kerül. A selejtet újra kellett gyártani, ami anyag- és időveszteséggel járt.

25.2.12. Önellenőrzés

1. Mi a különbség az NC és a CNC között?
2. Melyik tengely a főorsó tengelye, és merre pozitív?
3. Mi a funkciója a szerszámhossz-korrekciónak?
4. Miért kell a CNC-programot szimulálni a valós futtatás előtt?
5. Mit jelent a vákuumasztal célja, és mikor lehet szükség mechanikus szorításra is?
6. Miért ellenőrizzük a 32-es rendszerű furatoknál az első furat pozícióját?

25.2.13. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg egy 16 mm átmérőjű CNC-maróval, 16 000 min^{-1} fordulatszámon elérhető forgácsolási sebességet m/s-ban!

2. feladat (A) Egy kétélű marónál fogankénti előtolás 0,25 mm, fordulatszám 15 000 min^{-1}. Mennyi az előtoló sebesség m/min-ben?

3. feladat (B) Egy 800 mm magas szekrényoldalon a furatsor a lap alsó szélétől 37 mm-re kezdődik, 32 mm-es raszterben. Add meg az első öt furat Y-koordinátáját! Mekkora a legfelső furat távolsága az alsó éltől?

4. feladat (B) Magyarázd el, mi a különbség a gépi nullpont és a munkadarab-nullpont között, és miért kell mindkettőt ismerni a CNC-gépen!

5. feladat (C) Egy CNC-programban az egyik furat után a gép váratlanul gyorsjáratban a lap széléhez megy. Milyen hibalehetőségeket keresnél a programban, a szerszámbeállításban vagy a munkadarab befogásában?

6. feladat (D) Készíts rövid ellenőrzőlistát a CNC-gép indításához, amelyet a műhelyben ki lehet függeszteni! Tartalmazzon legalább hat pontot.

25.2.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:

1. Az NC hagyományos, programot futtató vezérlés, gyakran lyukszalagról; a CNC számítógépes vezérlővel rendelkezik, amely programot tárol, szimulál és szerkeszt.
2. A Z; felfelé, a munkadarabtól el.
3. A szerszámhossz-korrekció azt adja meg a vezérlőnek, hogy a befogott szerszám a főorsó homlokától mérve milyen hosszú, így a Z-pozíciók a szerszámcsúcsra pontosan érvényesek.
4. A szimuláció a pályát vizuálisan és ütközés szempontjából ellenőrzi, még mielőtt a gép mozogna, így elkerülhető a szerszámtörés és a hibás munkadarab.
5. A vákuumasztal a sík lapokat szívja le a megmunkáláshoz; ha a lap kicsi, görbe vagy a vákuum nem elég, mechanikus szorítást is alkalmazunk, hogy a munkadarab ne mozduljon el.
6. Az első furat pozíciója igazolja, hogy a nullpont, a raszter és a szerszámkorrekció együttesen helyes; ha az első jó, a sor többi furata is jó lesz.

Feladatok megoldása:

1. feladat. Képlet: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$. Behelyettesítve: $v = \frac{16 \cdot \pi \cdot 16\,000}{60\,000} \approx 13{,}40\,\text{m/s}$. Ellenőrzés: 16 mm maró 16 000 min^{-1} fordulattal 13–14 m/s, ami faipari maráshoz jellemző (tájékoztató).

2. feladat. $v_e = e_z \cdot z \cdot n = 0{,}25 \cdot 2 \cdot 15\,000 = 7\,500\,\text{mm/min} = 7{,}5\,\text{m/min}$.

3. feladat. Az Y-koordináták: 37 mm; 69 mm; 101 mm; 133 mm; 165 mm. A legfelső, ötödik furat távolsága az alsó éltől 165 mm. (Általában: $Y_k = 37 + (k-1) \cdot 32$ mm.)

4. feladat. A gépi nullpont a gép referenciapontja, amelyhez a tengelyek a bekapcsolás utáni referenciamenet során viszonyulnak. A munkadarab-nullpont a munkadarabon van, a program ennek a koordinátáit használja. Ismernünk kell mindkettőt, mert a vezérlő a belső gépi koordinátákból számítja ki a munkadarab-nullponthoz viszonyított pozíciókat; ha bármelyik hibás, a megmunkálás eltolódik.

5. feladat. Lehetséges okok: (a) a programban rossz koordináta szerepel (pl. elmaradt G90, ezért G91-es relatív mozgásként értelmezi); (b) a munkadarab-nullpont nem a tényleges sarkon van; (c) a munkadarab elmozdult, ezért a sarkhoz képest a pálya a levegőbe vagy a lap szélére fut; (d) a szerszámkorrekció hibás, és a gép a pótlólagos mozgással kompenzál. A helyes sorrend: program szimulálása, nullpont ellenőrzése, befogás ellenőrzése, próbafuttatás csökkentett sebességgel.

6. feladat. Ellenőrzőlista (példa):

1. Védőburkolat zárt, reteszelt.
2. Vészleállító működik, elérhető.
3. Szerszám befogva, éles, a szerszámtáblázat egyezik.
4. Vákuum/szorítás stabil, munkadarab nem mozdul.
5. Program betöltve, szimulálva, nincs ütközés.
6. Nullpont és szerszámhossz beállítva, elszívó működik.

25.2.15. Rövid összefoglaló

A CNC-megmunkálóközpont a faipari lapszerkezet-gyártás kulcsgépe. A gép három tengellyel (X, Y, Z) dolgozik, és a munkadarabon kijelölt **munkadarab-nullponttól** mért mm-koordinátákra mozog. A **gépi nullpont** a gép referenciapontja, a **szerszámkorrekció** a befogott szerszám hosszát és átmérőjét juttatja érvényre. A CNC-program mondatokból áll, vezérlőfüggő **G- és M-kódokkal**, amelyek a mozgást, előtolást, fordulatszámot és szerszámcserét írják le. A programot CAM-rendszer készíti, posztprocesszor alakítja a célgép nyelvére, majd a gép szimulációval és próbafuttatással ellenőrzi. A biztonsági szabályok központi eleme a védőtér, a vészleállító, a vákuumos vagy mechanikus befogás, valamint a szerszám megállása előtti tiltott beavatkozás. **Továbbvitt eredmény:** a CNC-program elve, a nullpont, a szerszámkorrekció és a furatkiosztás arra való, hogy a Lapszerkezetű termékek teljes gyártási folyamata alfejezetben a korpuszbútorok és lapszerkezetű alkatrészek megmunkálását lépésről lépésre megtervezzük.

25.2.16. Források és ellenőrzési hiányok

Ez az alfejezet az általános faipari CNC-technológiai alapelvekre, a hazai felnőttképzési gyakorlatra és a gépkönyvek felépítésére támaszkodik. **Ellenőrizendő:** a faipari CNC-gépek biztonságára vonatkozó MSZ EN ISO 19085 sorozat hatályos, CNC-re alkalmazandó része; a munkavédelemre és egyéni védőeszközökre vonatkozó jogszabályok; a használt fordulatszám-, előtolás-, fogankénti előtolás és szerszám adatok mindig a szerszámgyártó és a gépkönyv szerint; a G- és M-kódok konkrét jelentése a célgép vezérlőkönyvéből; a 32-es rendszerű furatkiosztás és a polctartó vasalatok

tényleges méretei. A példaként megadott programrészlet és a számítási értékek **tanulási példák**, nem kivitelezési előírások.

VI. RÉSZ – Lapszerkezetek, ragasztás és felületkezelés

26 Ragasztás

26.1. A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok

26.1.1. Motiváció

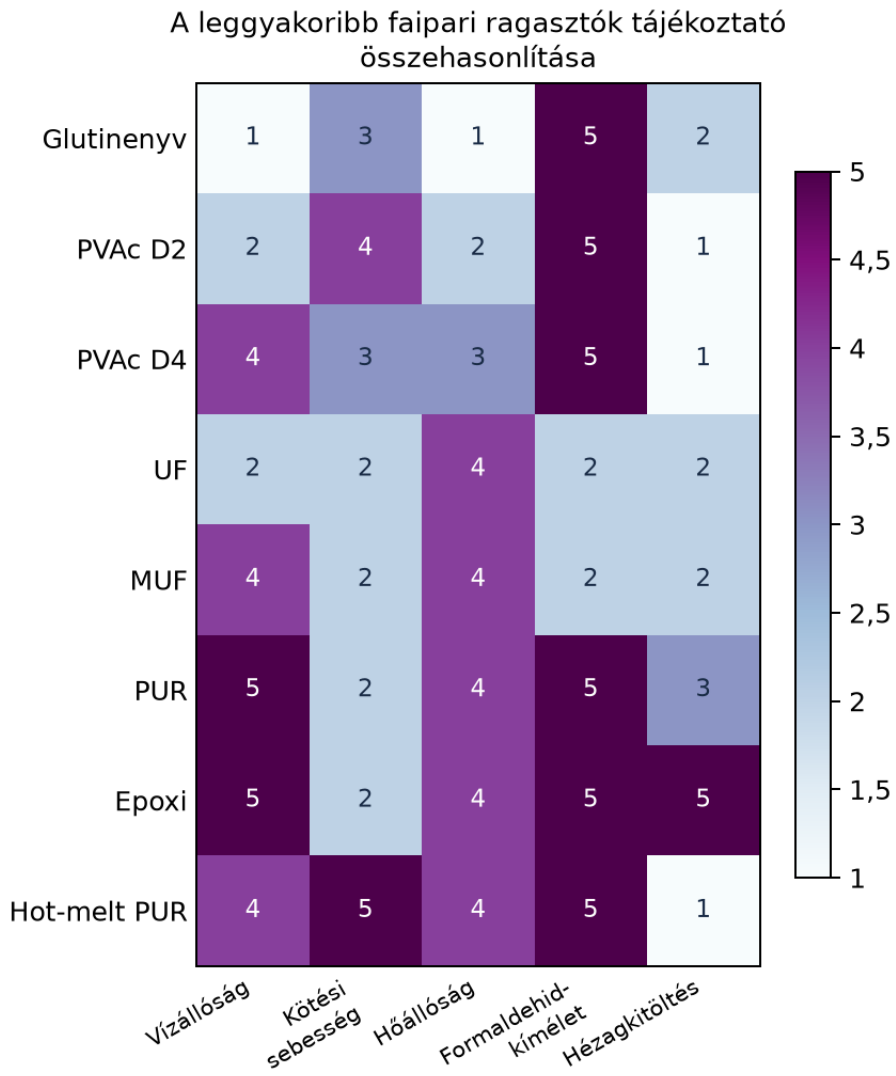
A műhelyben a ragasztás a leggyakoribb kötési mód, mégis sok hiba nem a ragasztáskor, hanem a ragasztó kiválasztásakor keletkezik. Ha egy konyhabútor élére rossz ragasztót viszünk fel, az élzárás felválik; ha egy kültéri spalettát beltéri D2-es ragasztóval készítünk, az első esős évben szétnyílik a kötés. A ragasztó nem „csak egy anyag”, hanem egy **rendszer**: a faanyag felülete, a ragasztóréteg, a présnyomás és az idő együtt dolgozik. Ebben az alfejezetben megtanulod, miért tapad a ragasztó, milyen ragasztófajták vannak, és melyik paraméter mit jelent a műszaki adatlapon.

A fa nedvességtartalmának szerepét a A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás alfejezetben tanultad; a ragasztók biztonsági adatlapjának olvasását a Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap alfejezet alapozta meg. **Továbbvitt eredmény.** Az itt bemutatott ragasztófajtákat, D-osztályokat és időparamétereket használjuk a ragasztási technológiában, a furnérozásnál, az élzárásnál, a szerelésnél és a padlóburkolatok ragasztásánál.

26.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el két, egymásra préselt tölgydeszkát. A ragasztó vékony filmje a két felület között van. A ragasztó egyrészt **behatol** a fa pórusaiba, másrészt **nedvesíti** a fa felületét, harmadrészt saját anyagában megszilárdul. Ha a két deszka szétválik, az elválás helye sokat elárul: ha a ragasztórétegben válik el, a ragasztó belső szilárdsága (kohézió) volt gyenge; ha a fa és a ragasztó határán, akkor a tapadás (adhézió) hiányzott; ha a fa rostrétegében szakad, akkor a ragasztás erősebb volt, mint maga a fa.

Az alábbi ábra a gyakori faipari ragasztófajtákat hasonlítja össze tájékoztató pontszámokkal. A pontszámok 1–5 skálán szemléltetnek, és minden oszlopban a magasabb pont (sötétebb cella) a kedvezőbb tulajdonság; a formaldehid-oszlop ezért az alacsony emissziót (formaldehid-kíméletességet) pontozza. Az értékek terméktől függenek, ezért a gyártói adatlapot mindig ellenőrizd.



26.1. ábra. A leggyakoribb faipari ragasztók tájékoztató összehasonlítása - A pontszámok 1–5 skálán szemléltetnek; minden oszlopban a magasabb pont a kedvezőbb (a formaldehid-oszlopban: alacsonyabb emisszió). Az értékek terméktől függenek, ellenőrizendő a gyártói adatlapon.

26.1.3. A ragasztás alapfogalmai

Adhézió a ragasztó és a fa felülete közötti tapadási erő. Akkor jó, ha a ragasztó jól **nedvesíti** a fa felületét, vagyis vékony, összefüggő filmet képez rajta, nem gyöngyözik vissza.

Kohézió a ragasztó saját anyagán belüli szilárdság. Ha a ragasztóréteg törékeny vagy puha, a kötés akkor is gyenge lehet, ha az adhézió kiváló.

Nedvesítés azt jelenti, hogy a folyékony ragasztó szétterül a fa felületén. A por, zsír, gyanta vagy túl magas fanedvesség rontja a nedvesítést.

Behatolás a ragasztó bejutása a fa pórusaiba, sejtüregeibe. A túl sűrű ragasztó nem hatol be, a túl híg pedig felszívódik, és „kiéheztetett” ragasztóréteget hagy.

Kötésmechanizmus lehet fizikai vagy kémiai. Fizikai kötésnél a ragasztó megszárad, lehűl vagy oldószert veszít (pl. PVAc, glutinenyv, oldószeres kontaktragasztó). Kémiai kötésnél térhálósodás,

polimerizáció vagy nedvességre kötés megy végbe (pl. PUR, epoxi, UF/MUF). Sok ragasztóban a két mechanizmus keveredik.

26.1.4. Ragasztóanyagok fajtái

26.1.4.1. Glutinenyv (csontenyv, bőrenyv)

Régi, természetes fehérjealapú ragasztó. Vízben melegítve oldható, lehűlve kocsonyásodik, száradva kemény lesz. Előnye, hogy hővel újra lágyítható, ezért a restaurálásban használják. Nem vízálló, ma már a tömegtermelésben ritka.

26.1.4.2. PVAc diszperziós ragasztó

A leggyakoribb **fehér faragasztó**. Vizes diszperzió, a víz elpárolog vagy a fa beszívja, a polimer film összeáll. Beltéri bútorokhoz, székekhez, keretkötésekhez jó. Létezik D2, D3 és D4 osztályú változat. A D4-es PVAc kültéri, vízálló. Előnye: könnyen kezelhető, jól csiszolható, rugalmas. Hátránya: nem hézagkitöltő, hosszú présidőt igényel, fagyérzékeny.

26.1.4.3. Karbamid-formaldehid (UF) és melamin-karbamid (MUF) gyanta

Hőre keményedő, térhálósodó ragasztók. Az UF olcsó, kemény, de formaldehidet tartalmazhat, és vízállósága korlátozott. A MUF jobb hő- és vízállóságú, furnérozásra, rétegelt lemez gyártására, hajlított rétegelt alkatrészekhez használják. A préseléshez általában hő és idő kell.

26.1.4.4. PUR (poliuretán) ragasztó

Egykomponensű, **nedvességre kötő** ragasztó. A levegő vagy a fa nedvességtartalmának hatására térhálósodik. Kiváló vízállóság, rugalmasság, D4 osztály. Használják kültéri asztalosipari termékekhez, élzáráshoz, szerkezeti ragasztáshoz. Hátránya: nedvességre érzékeny, tárolásnál levegőtől elzárva kell tartani, kikeményedése lassabb lehet, a bőrre kerülve nehezen távolítható el.

26.1.4.5. Epoxi ragasztó

Kétkomponensű, nagyon nagy szilárdságú, jó hézagkitöltő. Akkor használjuk, ha a kötés terhelt, vagy ha a rést ki kell tölteni. Vízálló, vegyszerálló, de drágább, és a keverési arányt pontosan kell tartani.

26.1.4.6. Kontaktragasztó

Oldószeres vagy vizes diszperziós ragasztó, amelyet **mindkét felületre** fel kell hordani, majd a ragasztó nyitott ideje alatt hagyni kell levegőzni, és a két felületet egymáshoz nyomni. Azonnal tapad, de nem hézagkitöltő, és a ragasztott felületek nem igazíthatók. Laminátum, furnér, padlóburkolat ragasztására használják.

26.1.4.7. Hot-melt (olvadékragasztó)

Hőre lágyuló ragasztó, amelyet olvasztva visznek fel, majd lehűlve megköt. Az **EVA hot-melt** gyors, élzáró gépeken gyakori, de hő- és vízállósága korlátozott. A **PUR hot-melt** nedvességre térhálósodik, így a kezdeti gyors kötés után a végső szilárdság és hőállóság jobb; konyhabútor-élzáráshoz, magas igényű bútorlapokhoz használják.

26.1.5. A ragasztóválasztás jellemző paraméterei

A ragasztó műszaki adatlapján az alábbiakat kell keresni:

- **Nyitott idő:** az az időtartam, amíg a felhordott ragasztóréteg nyitott marad, és a másik felület hozzápréselhető. Ha letelik, a ragasztó bőrösödik, és a kötés gyenge lesz.
- **Zárt idő:** az az idő, amely a két felület összeillesztése és a présnyomás felépülése között eltelhet. Értékét a gyártó adja meg; gyakran rövidebb a nyitott időnél, de ez ragasztófüggő.
- **Préselési idő:** az az idő, amíg a ragasztott alkatrészt présnyomás alatt kell tartani. Függ a ragasztótól, a fa nedvességétől és a hőmérséklettől.
- **Fazékidő:** a kikevert vagy felhasználásra kész ragasztó bedolgozhatóságának ideje. Két-komponensű ragasztónál különösen fontos.
- **Kötési hőmérséklet:** az a hőmérséklet-tartomány, amelyben a ragasztó megfelelően köt. Hideg műhelyben a PVAc lassabban köt, PUR-nál a túl alacsony hőmérséklet lassítja a reakciót.
- **Vízállóság:** D1–D4 osztály, amely a kész kötés vízzel szembeni ellenállását mutatja.

26.1.6. Vízállósági osztályok

Szabvány. A faipari ragasztók vízállóságát az MSZ EN 204 szerint D1–D4 osztályba sorolják; a D-osztály a ragasztási kötés vizsgálati osztálya. A D1 beltéri, száraz környezetre való; a D2 beltéri, rövid idejű, alkalmi nedvességnek vagy magas páratartalomnak ellenálló; a D3 gyakori, rövid idejű vízterhelést vagy magas páratartalmat bír, időjárásnak közvetlenül nem kitett kültéri helyre (pl. fedett előtető, bejárati ajtó belső oldala) is megfelel; a D4 gyakori víznek és időjárásnak kitett kültéri szerkezethez csak akkor alkalmas, ha a felületet megfelelő bevonat védi. A pontos vizsgálati feltételeket a szabvány tartalmazza. **(A D-osztályok pontos feltételei ellenőrizendő az aktuális szabványban.)**

Példa: beltéri szekrénykerethez D2 is elegendő, de fürdőszobai tükörkerethez inkább D3; kültéri ablakhoz D4 szükséges, felületvédelemmel (bevonattal) ellátva, mert a D4 kötés is csak védett felülettel időjárásálló (ellenőrizendő: MSZ EN 204 aktuális kiadása).

26.1.7. Formaldehid és egészségvédelem

Az UF, MUF és egyes régebbi ragasztók szabad **formaldehidet** tartalmazhatnak, vagy tárolás közben felszabadíthatnak. A formaldehid szúrós szagú anyag; a CLP-rendelet szerint rákkeltő (Carc. 1B) és bőrérzékenyítő **(ellenőrizendő: aktuális harmonizált besorolás)**. A faalapú lapoknál, ragasztóknál a gyártó megadja a formaldehid-kibocsátási osztályt, gyakran E1 jelöléssel. A faalapú termékek és bútorok kibocsátását a REACH-rendelet korlátozza **(ellenőrizendő: (EU) 2023/1464 és határértéke)**; az E1 jelölés ma már csak minimumszintnek tekinthető. **Az E1 határérték és az aktuális osztályozás ellenőrizendő.** A ragasztó kiválasztásakor beltérben előnyben részesítjük az alacsony emissziójú termékeket, és a munkahelyen elszívással, szellőztetéssel csökkentjük a gőzterhelést.

Egészségvédelem. A ragasztóanyagokkal végzett munka során a biztonsági adatlap az irányadó: szellőztess, viselj a gyártó által előírt kesztyűt, védőszemüveget, indokolt esetben légzésvédőt (pl. PUR, epoxi, formaldehid-tartalmú ragasztó gőzénél, csiszolásakor). Tilos a ragasztót lefolyóba önteni, tilos a lejárt, fagyott vagy kicsapódott keveréket felhasználni, és tilos az oldószeres ragasztót nyílt láng közelében használni. A hézagkitöltő PUR hab nem azonos a PUR faszerkezeti ragasztóval – ne cseréld fel. A keletkező hulladék a biztonsági adatlap szerint veszélyes hulladék lehet.

26.1.8. Tárolás, eltarthatóság, fagyérzékenység

- **PVAc diszperziók** fagyérzékenyek. Ha megfagynak, kicsapódnak, és a ragasztó tönkremegy. Tárolás: fagymentes, általában +5 °C és +25 °C közötti helyiségben. A felbontott edényt jól zárjuk le, hogy ne száradjon be.
- **PUR ragasztók** nedvességre érzékenyek. A felbontott csomagolást légmentesen zárjuk, mert a levegő páratartalma idő előtt beindítja a kikeményedést. Tárolás: hűvös, száraz, fénytől védett helyen.
- **UF/MUF gyanták** eltarthatósága korlátozott, tárolási hőmérsékletük is szabályozott; a besűrűsödött, kicsapódott gyantát ne használjuk.
- **Glutinenyv** szárazon, por alakban jól tárolható; feloldva rövid időn belül felhasználandó, mert bomlik.
- **Kétkomponensű ragasztók** komponensei egymástól elkülönítve tárolandók; a kikevert anyag fazékidején belül dolgozandó be.

26.1.9. A ragasztóválasztás lépései

1. Határozd meg a termék használati helyét: beltéri száraz, beltéri párás, kültéri védett, kültéri kitett.
2. Válaszd meg a szükséges D-osztályt: D2, D3 vagy D4.
3. Ellenőrizd a fa vagy lapanyag fajtáját, nedvességtartalmát és a ragasztandó felület minőségét.
4. Nézd meg a gyártó adatlapján a ragasztó ajánlott felhasználási területét, nyitott idejét, présidejét, hőmérsékletét, formaldehid-emisszióját.
5. Válaszd ki a munkahelyi körülményekhez illő ragasztót: van-e prés, mennyi idő áll rendelkezésre, mekkora sorozat.
6. A kiválasztott ragasztóhoz tervezd meg a felhordási és préselési technológiát; ezt a A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák alfejezetben dolgozzuk ki.

26.1.10. Kidolgozott példák

26.1.10.1. 1. példa – Kétkomponensű epoxi kikeverése

Egy asztalosnövendék 300 g epoxigyantát mér ki. A gyártó adatlapja szerint a keverési arány tömegrészben 100 : 50 (gyanta : térhálósító). Mennyi térhálósítót mérjen hozzá?

Megoldás. A tömegarány szerint:

$$m_{\text{térhálósító}} = m_{\text{gyanta}} \cdot \frac{50}{100}$$

$$m_{\text{térhálósító}} = 300\,\text{g} \cdot 0{,}5 = 150\,\text{g}$$

A kikevert összes tömeg:

$$m_{\text{összes}} = 300\,\text{g} + 150\,\text{g} = 450\,\text{g}$$

Ellenőrzés. A 450 g össztömegben a gyanta részaránya $\frac{300}{450} = \frac{2}{3}$, a térhálósítóé $\frac{1}{3}$, ami 2:1 arányt ad. ∎

26.1.10.2. 2. példa – Nyitott idő és munkaszervezés

Egy PVAc ragasztó nyitott ideje 8 perc, zárt ideje 5 perc. A munkás 20 db keretsarok kenését 15 perc alatt tudja elvégezni. Elég-e mind a 20 db-ot egyszerre bekenni, ha a prés zárása a kenés befejezése után 2 perccel történik?

Megoldás. A kenés kezdetétől a prés zárásáig legfeljebb a nyitott + zárt idő telhet el:

$$t_{\max} = 8\,\text{perc} + 5\,\text{perc} = 13\,\text{perc}$$

A tényleges idő a kenés 15 perce plusz a zárás 2 perce:

$$t_{\text{tényleges}} = 15\,\text{perc} + 2\,\text{perc} = 17\,\text{perc}$$

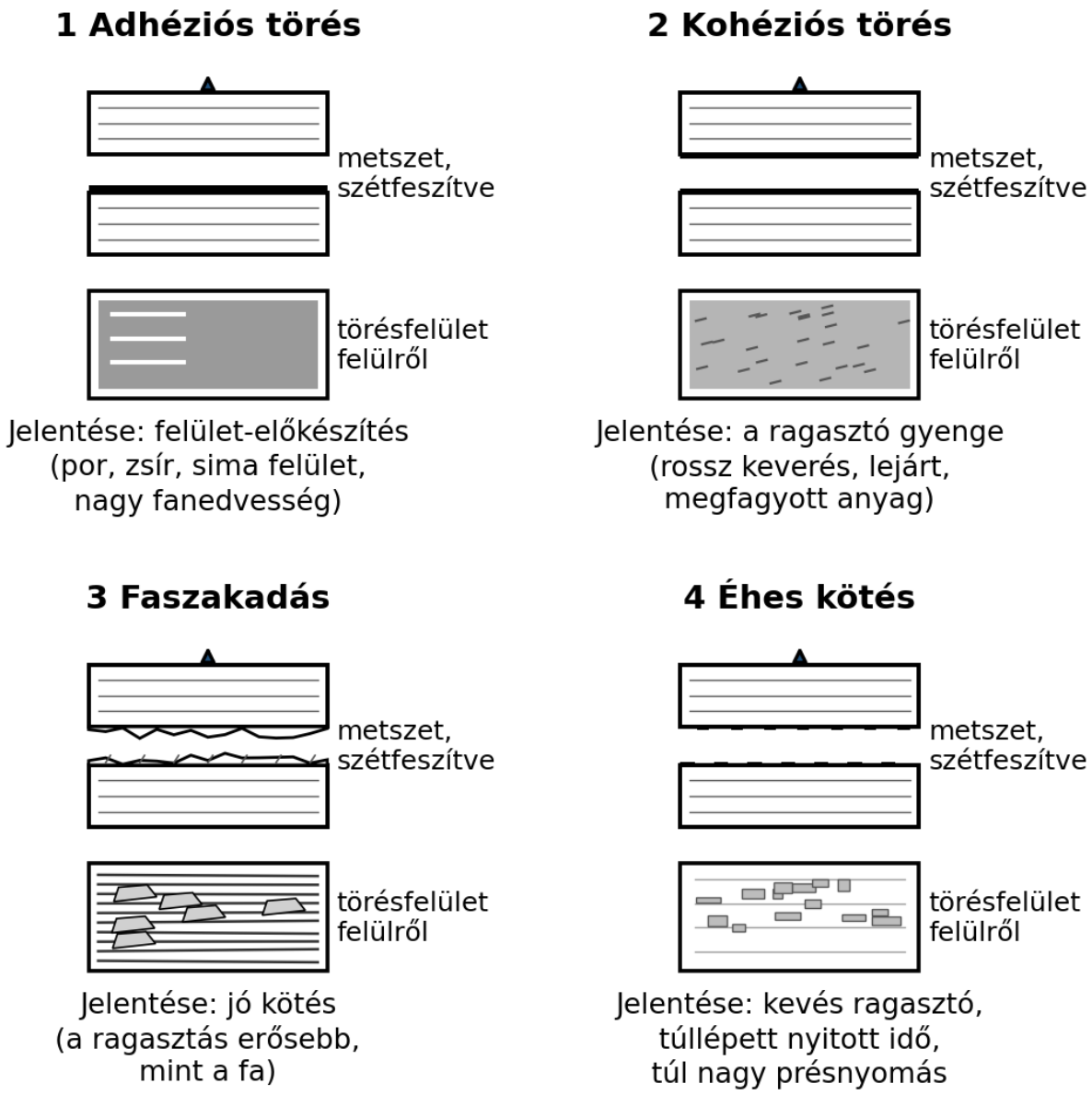
Mivel $17\,\text{perc} > 13\,\text{perc}$, az első darabok ragasztója már bőrösödik, mire a prés zár. A 20 db-ot két adagban kell kenni, vagy párhuzamosan kell dolgozni. ∎

26.1.11. Minőségellenőrzés

Beérkezéskor: ellenőrizzük a termék azonosítóját, a gyártói adatlapot, a lejárati időt, a csomagolás sértetlenségét és a tárolási hőmérsékletet. PVAc-nál ellenőrizzük, hogy nem fagyott-e meg; PUR-nál, hogy nem volt-e levegőnek kitéve.

Felhasználás előtt: a ragasztót szemrevételezéssel és tapintással ellenőrizzük. A kicsapódott, csomós, bőrösödött, erősen besűrűsödött anyagot ne használjuk. Kétkomponensű ragasztónál mérleggel ellenőrizzük a keverési arányt.

Próbakötés: bizonytalan esetben készítsünk próbadarabot, és a kötés megszilárdulása után vizsgáljuk a szilárdságot és a törésképet. A törésképből következtethetünk adhéziós vagy kohéziós hibára.



26.2. ábra. Szétfeszített próbakötések törésképe metszetben és felülnézetben: (1) adhéziós törés, (2) kohéziós törés, (3) faszakadás, (4) éhes kötés, alattuk a jelentésük. Sematikus rajz; a valós megjelenés fotóval kiegészíthető.

26.1.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
Gyenge kötés, a ragasztó a fáról leválik	Poros, zsíros, túl nedves felület	Felületet csiszolni, portalanítani, fanedvességet ellenőrizni
A kötés a ragasztórétegben szakad	Túl vastag ragasztóréteg, lejárt vagy fagyott ragasztó	Megfelelő felhordás, friss ragasztó, előírt hőmérséklet
Kültéri alkatrész szétnyílik	D2-es ragasztó használata	D4-es ragasztó választása

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
Élzárás felválik	Nem megfelelő hot-melt, túl alacsony hőmérséklet	PUR hot-melt vagy megfelelő EVA, előírt olvasztási hőmérséklet
Fejfájás, szúrós szag	Formaldehid-tartalmú ragasztó szellőzés nélkül	Elszívás, szellőztetés, alacsony emissziójú termék
Kétkomponensű ragasztó nem köt meg	Rossz keverési arány, lejárt komponens	Adatlap szerinti tömegarány mérése, friss komponens

26.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalostanuló kültéri spalettát készített. A műhelyben kapott D2-es PVAc fehér ragasztót használt, mert az volt kéznél. A spaletta szépen összeállt, de az első őszi eső után a keretsarkoknál a ragasztóréteg felpuhult, a csapok megindultak. A reklamáció kivizsgálásakor kiderült: a ragasztó adatlapján D2 osztály szerepelt, tehát csak beltéri, száraz környezetre volt alkalmas. A hiba tanulsága: a ragasztóválasztás nem a ragasztó színétől vagy a doboz méretétől függ, hanem a **használati helytől és a D-osztálytól**. Javításhoz D4-es PVAc vagy PUR ragasztót kell használni, a régi ragasztóréteget pedig maradéktalanul el kell távolítani.

26.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz-e? A D4 osztályú ragasztó alkalmas kültéri, gyakori víznek kitett kötésre.

2. Mi a különbség adhézió és kohézió között?

3. Melyik ragasztófajták tartalmazhatnak szabad formaldehidet?

4. Mi történik, ha a PVAc diszperzió megfagy?

5. Miért nem használunk D2 ragasztót kültéri ablakhoz?

6. Mit jelent a fazékidő?

26.1.15. Feladatok

1. feladat (A) Sorold be a ragasztókat aszerint, hogy fizikai vagy kémiai kötésűek: PVAc, glutinenyv, PUR, epoxi, EVA hot-melt.

2. feladat (A) Párosítsd a D-osztályokat a felhasználási hellyel: D1, D2, D3, D4 – beltéri száraz, beltéri alkalmi nedvesség, gyakori rövid vízterhelés, kültéri időjárás.

3. feladat (B) Egy ragasztó műszaki adatlapján ezt látod: nyitott idő 10 perc, zárt idő 6 perc, préselési idő 20 perc, fazékidő 45 perc. Értelmezd, mit jelentenek ezek a munkaszervezésben.

4. feladat (B) Válassz ragasztót a következő helyzetekhez indoklással: (a) beltéri bútorlap élzárása; (b) kültéri ablak sarokcsapozása; (c) laminált padlóhoz szegély ragasztása.

5. feladat (C) Egy konyhai munkalap élzáró PUR hot-melt ragasztóját a felbontás után nyitva hagyták egy hétig. Milyen hiba várható, és miért?

6. feladat (D) Egy epoxi ragasztó keverési aránya 100 : 40. A tanuló 500 g gyantát mér ki. Számítsd ki a szükséges térhálósító tömegét, az összes kikevert mennyiséget, és ellenőrizd az arányt.

26.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz.; 2. Az adhézió a ragasztó és a fa közötti tapadás, a kohézió a ragasztó saját anyagán belüli szilárdság.; 3. Az UF és MUF, esetenként régebbi karbamidos ragasztók.; 4. Kicsapódik, csomós lesz, a ragasztófilm tönkremegy.; 5. Mert nem vízálló, a nedvesség tönkreteszi.; 6. A kikevert vagy felhasználásra kész ragasztó bedolgozhatóságának ideje.

1. feladat megoldása. Fizikai: PVAc (víz eltávozik), glutinenyv (víz eltávozik, hűl), EVA hot-melt (lehűl). Kémiai: PUR (nedvességre térhálósodik), epoxi (térhálósodás).

2. feladat megoldása. D1 – beltéri száraz; D2 – beltéri alkalmi nedvesség; D3 – gyakori rövid vízterhelés; D4 – kültéri időjárás.

3. feladat megoldása. Nyitott idő 10 perc: a felhordott ragasztónak 10 percen belül érintkeznie kell a másik felülettel. Zárt idő 6 perc: az összeillesztés után 6 percen belül présnyomást kell kifejteni. Préselési idő 20 perc: a présben ennyi ideig kell tartani. Fazékidő 45 perc: a kikevert ragasztót 45 percen belül fel kell használni. A munkaszervezésben ezek adják a ciklusidőt.

4. feladat megoldása. (a) PUR hot-melt vagy EVA hot-melt; PUR hot-melt a jobb hő- és nedvességállóság miatt. (b) D4-es PVAc vagy PUR; kültér miatt vízálló ragasztó kell. (c) Kontaktragasztó vagy megfelelő diszperziós padlóragasztó; a kontaktragasztó azonnali tapadása miatt praktikus.

5. feladat megoldása. A PUR hot-melt nedvességre kötő ragasztó. A nyitva hagyott csomagolásban a levegő páratartalma beindítja a térhálósodást, ezért a ragasztó besűrűsödik, bőrösödik, és az élzáró gépben már nem dolgozható megfelelően. A kötés minősége is romlik.

6. feladat megoldása.

$$m_{\text{térhálósító}} = 500\,\text{g} \cdot \frac{40}{100} = 200\,\text{g}$$

$$m_{\text{összes}} = 500\,\text{g} + 200\,\text{g} = 700\,\text{g}$$

Ellenőrzés: a gyanta aránya $\frac{500}{700} = \frac{5}{7}$, a térhálósítóé $\frac{200}{700} = \frac{2}{7}$, ami 5:2 = 2,5:1, azaz 100:40 arány. ∎

26.1.17. Rövid összefoglaló

A ragasztás alapja a **nedvesítés**, a **behatolás**, az **adhézió** és a **kohézió**. A ragasztó köthet fizikai úton (víz- vagy oldószer-elpárolgás, lehűlés) vagy kémiai úton (térhálósodás, nedvességre kötés). A leggyakoribb faipari ragasztók a PVAc diszperzió, a glutinenyv, az UF/MUF gyanták, a PUR, az epoxi, a kontaktragasztó és a hot-melt (EVA, PUR). A ragasztóválasztásnál a használati helyhez tartozó **D-osztályt** kell nézni: D1 beltéri száraz, D2 beltéri alkalmi nedvesség, D3 gyakori rövid vízterhelés, D4 kültéri. A műszaki adatlapról ki kell olvasni a **nyitott időt, zárt időt, préselési időt, fazékidőt, kötési hőmérsékletet**. Az UF/MUF formaldehid-kibocsátására, a PUR és epoxi egészségvédelmére, a PVAc fagyérzékenységére és a PUR nedvességérzékenységére különösen

figyelni kell. **Továbbvitt eredmény.** A ragasztófajták, D-osztályok és időparaméterek ismeretét a ragasztási technológiában, a furnérozásban, az élzárásban, a szerelésben és a padlóburkolatok ragasztásánál használjuk fel.

26.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

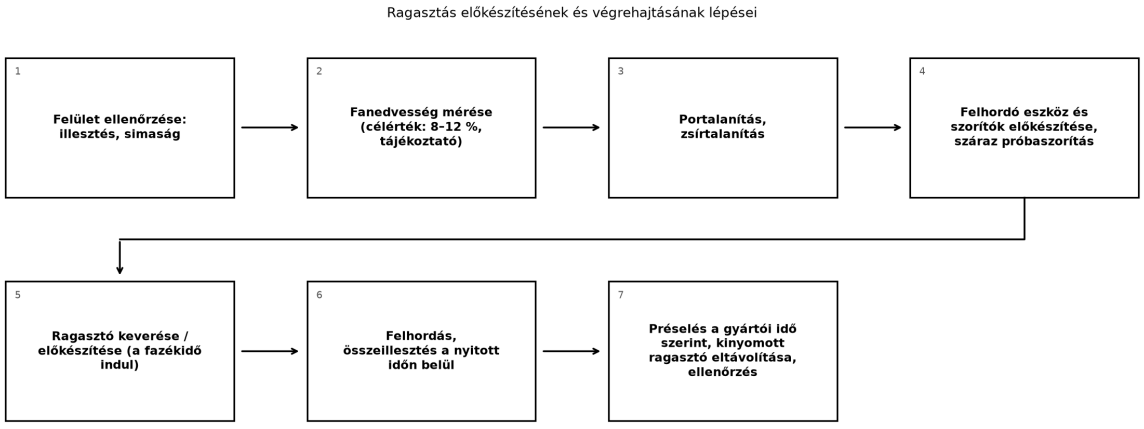
Forrástípusok: MSZ EN 204 (ragasztók vízállósági osztályai), MSZ EN 205 (ragasztási kötések vizsgálata, ellenőrizendő), faipari szakkönyvek, ragasztógyártók műszaki adatlapjai és biztonsági adatlapjai, CLP- és REACH-rendelet, faalapú lapok formaldehid-emissziós szabványai.

Ellenőrizendő: a D1–D4 osztályok pontos vizsgálati feltételei, az aktuális formaldehid-határérték és emissziós osztály, a gyártói nyitott/zárt/preselési idők és hőmérsékleti tartományok, valamint a jogszabályszámok. A táblázatbeli tájékoztató pontszámok terméktől függenek, nem szabványértékek.

26.2. A ragasztandó felület és a ragasztóanyag előkészítése, a ragasztás eszközei

Képzeld el, hogy egy tölgyfa asztallapot ragasztasz szélesítő toldással. A deszkákat szépen összegyaluztad, a ragasztó is ott van, de a felület poros, és a fa nedvességtartalmát senki nem mérte meg. Ha így préseled össze, a kötés lehet, hogy megfog, de néhány hét múlva, a fűtött lakásban megnyílik a ragasztóhézag. Miért? A ragasztó csak akkor tud tartós kötést adni, ha a fa nedvessége, a felület tisztasága és az illesztés pontossága együtt megfelelő.

A ragasztási munka nagy része nem a préselés, hanem az **előkészítés**. Ha ez kimarad, a legjobb ragasztó sem segít. Az alábbi folyamatábra a ragasztás előtti helyes sorrendet mutatja.



26.3. ábra. Ragasztás előkészítésének és végrehajtásának lépései - A szorítókat, a felhordó eszközt és a száraz próbaszorítást a ragasztó bekeverése ELŐTT készítjük elő, mert kétkomponensű ragasztónál a fazékidő a keveréssel indul. A gyártói adatlap ettől eltérhet (ellenőrizendő).

Az ábrán az is látható, hogy a ragasztóanyag bekeverése előtt először a faanyag oldalát kell rendbe tenni, és a szorítókat, a felhordó eszközt is elő kell készíteni egy ragasztó nélküli próbaszorítással – a bekeverés után már a fazékidő fogy. A ragasztó és a fa találkozásának minőségén múlik minden.

26.2.1. A ragasztandó felület előkészítése

Definíció. A **ragasztandó felület** az a faanyagfelület, amelyet közvetlenül ragasztóval kenünk be, és amely a másik alkatrészhez vagy réteghez kapcsolódik. A felület előkészítése azt jelenti, hogy a fát nedvesség, tisztaság, síkbeliség és érdesség szempontjából alkalmassá tesszük a ragasztó befogadására.

A fa ragasztásakor a ragasztó nem „folyik bele” mélyen a fába, hanem a felület közeli sejtekben és a határrétegben alakít ki tapadást. Ezért a felületnek jól hozzáférhetőnek, tisztának és megfelelő nedvességűnek kell lennie. A kritikus pontok:

- **Fanedvesség.** A ragasztandó fa nedvességtartalmának a későbbi használati környezethez kell közelítenie. Tömörfa ragasztásához általában **8–12 %** közötti fanedvesség ajánlott beltéri bútoroknál (ellenőrizendő: a konkrét érték a termék és a ragasztó gyártói adatlapjától, valamint a beépítési környezet egyensúlyi fanedvességétől függ). Ha a fa túl nedves, a ragasztó lassabban köt, a későbbi zsugorodás pedig feszültséget ébreszt a kötésben. Ha túl száraz, a fa gyorsan „elszívja” a ragasztó vizét, és a ragasztófilm nem tud megfelelően elterülni.
- **Frissen gyalult vagy csiszolt felület.** A gyalult vagy frissen csiszolt felület tiszta és nyitott pórusú, ezért jobban nedvesíthető, mint a régi, oxidált vagy elszennyeződött felület. Fa ragasztásánál a megmunkálás után közvetlenül, legfeljebb néhány órán belül érdemes ragasztani; a túl sokáig álló, „fáradt” felületet újra le kell gyalulni vagy csiszolni. A csiszolásnál ne használj túl finom, polírozó szemcsét (pl. P400 felett), mert a felület „bezárulhat”, és a ragasztó kevésbé tud kapcsolódni (ellenőrizendő: a ragasztógyártó ajánlása szerint).
- **Por- és zsírmentesség.** A felületről el kell távolítani a fűrészport, csiszolóport, gyantát, olajat, viaszt, kéznyomokat, jelölőceruza nyomait. A port sűrített levegővel, porszívóval vagy tiszta, száraz ecsettel lehet eltávolítani. Zsíros, olajos szennyeződést oldószeres, tiszta ronggyal kell letörölni (pl. aceton vagy hígító, a ragasztógyártó ajánlása szerint – ellenőrizendő). A rongyból ne kerüljön szösz a felületre.
- **Olajos trópusi fák.** Egyes trópusi fafajok (pl. teak, iroko, afzélia) természetes olajokat, gyantákat tartalmaznak. Ezek a felületen vékony, vizes ragasztót taszító réteget képezhetnek. Ilyenkor a ragasztás előtt közvetlenül a felületet oldószerrel le kell törölni, majd frissen csiszolni vagy gyalulni, és a ragasztót rögtön felhordani. Az olajos fákhoz a PUR vagy epoxi ragasztó jobban tapadhat, de mindig a gyártói adatlap szerint válasszunk.

26.2.2. A ragasztóanyag előkészítése

Definíció. A ragasztóanyag előkészítése az a műveletsor, amelynek során a ragasztót – szükség szerint hígítva, megfelelő hőmérsékletre hozva, többkomponensű ragasztó esetén a megadott arányban összekeverve – felhordásra alkalmassá tesszük.

A ragasztókat mindig a **gyártói adatlap** szerint kell előkészíteni. A következő szempontok minden ragasztónál fontosak:

- **Hígítás.** Vizes bázisú ragasztókat (PVAc, diszperziós ragasztó, karbamid- és melaminragasztók) általában vízzel lehet hígítani, de a hígítás csökkenti a szárazanyag-tartalmat és a kötési szilárdságot. Csak annyi vizet adj hozzá, amennyit a gyártó megenged, és a felhordás módjához igazítva. Oldószeres ragasztókhoz a megjelölt oldószer vagy hígító használható.
- **Keverés.** Ülepítő, többfázisú ragasztókat felhasználás előtt alaposan fel kell keverni, hogy az anyag egynemű legyen. Kézi keverőpálcával vagy lassú fordulatú keverőfejjel dolgozz, ne keverj levegőt a ragasztóba.

- **Edző (térhálósító).** A kétkomponensű ragasztóknál (pl. PVAc + edző, poliuretán, epoxi, rezorcin-formaldehid) a komponenseket a gyártó által megadott tömeg- vagy térfogatarányban kell összekeverni. A keverési arányt pontosan be kell tartani: ha kevesebb az edző, a kötés lágy marad; ha több, a kötés rideg lehet, és a fazékidő is lerövidül.
- **Fazékidő.** A **fazékidő** az az időtartam, amíg a bekevert ragasztó felhordható marad. A fazékidő függ a ragasztó típusától, a keverési aránytól és a hőmérséklettől: magasabb hőmérsékleten a fazékidő rövidül. Mindig csak annyi ragasztót keverj be, amennyit a fazékidőn belül fel tudsz hordani.
- **Hőmérséklet.** A ragasztó és a fa hőmérséklete befolyásolja a bekeverhetőséget, a felhordást és a kötési időt. Ne használd a ragasztót a gyártó által megadott legalacsonyabb feldolgozási hőmérséklet alatt (PVAc-nál ez jellemzően kb. +5…+10 °C, ellenőrizendő), mert sűrű lesz, rosszul terül, és a kötés is lelassul. A ragasztót, a fát és a műhely levegőjét is a gyártó által megadott hőmérsékleti tartományba kell hozni. A meleg ragasztó (pl. 20–25 °C) könnyebben terül, és a kötési idő rövidebb lehet (ellenőrizendő).

Példa. Egy kétkomponensű PVAc ragasztó keverési aránya 100 tömegrész gyanta : 20 tömegrész edző. Ha 450 g gyantát mérsz ki, mennyi edzőt kell hozzáadnod, és mennyi lesz a kész keverék?

A számítás menete: az arány 5:1, tehát 450 g gyantához 450 / 5 = 90 g edző tartozik. Az összes keverék 450 g + 90 g = 540 g. Ellenőrzés: 90 g / 450 g = 0,2, azaz 20 %.

26.2.3. A ragasztás szerszámai és eszközei

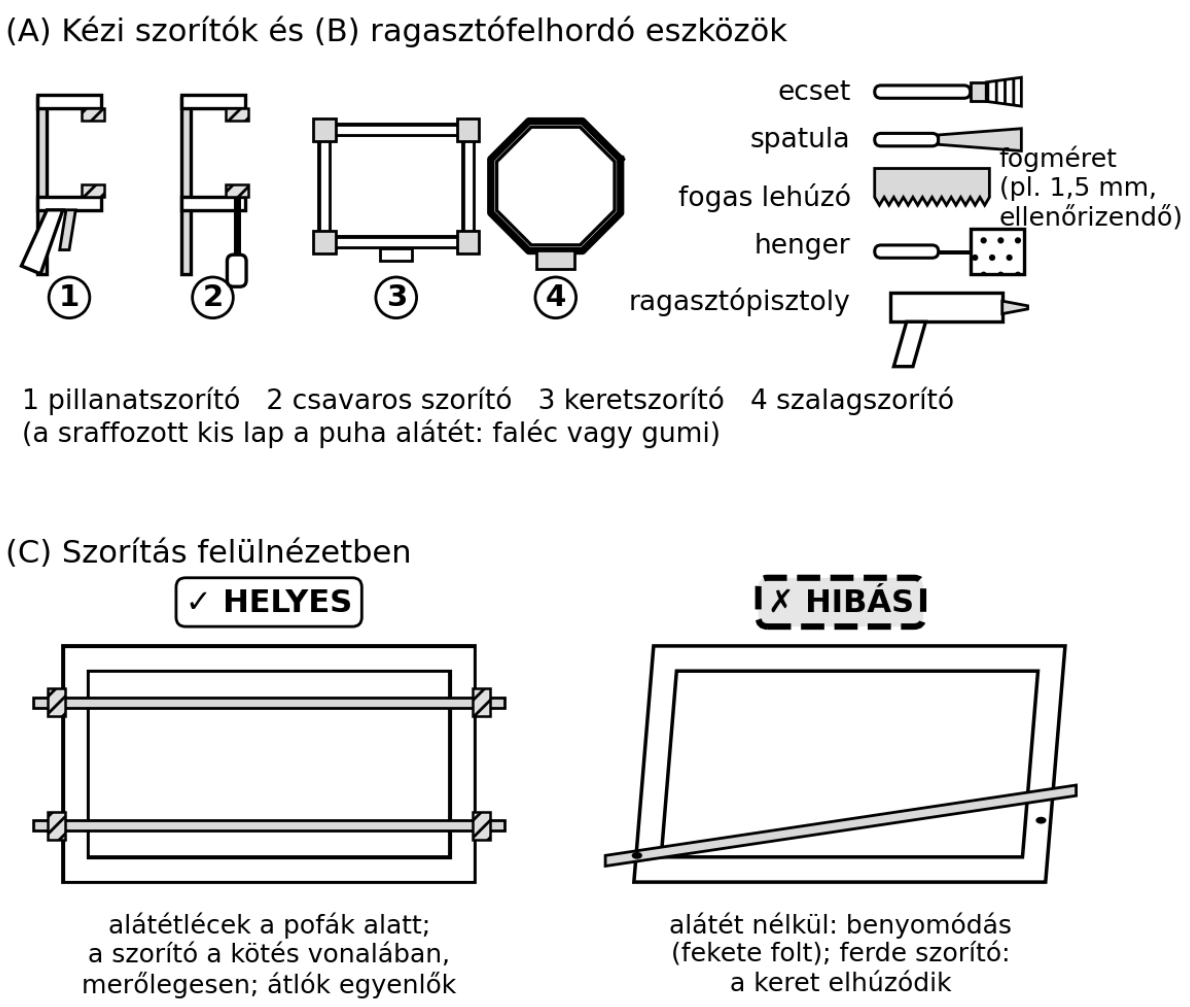
A felhordóeszközt a ragasztó fajtája, a felület nagysága és a ragasztóhézag alakja szerint választjuk ki. A leggyakoribb kézi eszközök:

- **Ecset.** Kisebb felületekhez, sarkokhoz, csapok és fészkek kenésére alkalmas. Vizes ragasztóhoz műanyag sörtéjű vagy lakkecset használható; oldószeres ragasztóhoz oldószerálló ecset kell. Az ecsetet használat után azonnal ki kell mosni a gyártó szerinti oldószerrel vagy vízzel.
- **Spatula.** Vékony, hajlékony acéllapocska. Tömörfa ragasztásánál a ragasztó egyenletes eloszlatására, kis felületek kenésére alkalmas. A fogazott spatula (lásd lejjebb) a vastagabb ragasztóréteg kialakításához kell.
- **Fogas lehúzó (fogazott spatula).** Lapragasztáshoz, furnérozáshoz és rétegelt lemezekhez használják. A fogak mérete határozza meg a felhordott ragasztómennyiséget (pl. 1,5 mm-es fog, ellenőrizendő: a ragasztógyártó ajánlása szerint). A fogakkal egyenletes, bordázott ragasztófilmet lehet kialakítani, amely a préselés alatt jól elterül.
- **Henger (ragasztóhenger).** Nagyobb, sík felületek (pl. lapragasztás, furnérfelhordás) gyors, egyenletes kenésére alkalmas. A hengert a ragasztó típusához kell választani, és használat után tisztán kell tartani.
- **Ragasztópisztoly.** Patronos vagy töltött, hőre olvadó ragasztóhoz (hotmelt) és egyes egykomponensű ragasztókhoz használható. Kétkomponensű ragasztóhoz keverőfejes pisztolyt is alkalmaznak, amely a két komponenst a keverőcsőben egyesíti. A pisztolynál mindig a gyártó által megadott hőmérsékletet és előtolási sebességet kell beállítani.

26.2.4. Kézi szorítóeszközök

A ragasztott kötést préselés közben rögzíteni kell, amíg a ragasztó eléri a megfelelő kezdeti szilárdságot. A szorítóeszköz kiválasztása a munkadarab méretétől, alakjától és a szükséges présnyomástól függ.

- **Pillanatszorító (gyorsszorító, egykezes szorító).** Gyors, kis és közepes alkatrészek rögzítésére alkalmas. Karral vagy rugóval szorít. Beállítása pillanatok alatt elvégezhető, de a szorítóerő kisebb, mint a csavaros szorítónál.
- **Csavaros szorító (fa- vagy fémszorító, asztalos satu).** Erős, állítható, nagy szorítóerőt ad. A pofák közé puha alátétet (pl. faléc, gumi) kell tenni, hogy ne nyomja be a fa felületét. A szorítóerő a csavarorsóval egyenletesen adagolható.
- **Keretszorító.** Négy sarokelemmel vagy keretszerkezettel a keret alkatrészeit derékszögben, egyidejűleg szorítja össze. Ajtó- és ablakkeretek, keretbetétek ragasztásához nélkülözhetetlen. A szorító felállításakor a keret átlóit is ellenőrizni kell, hogy a szerkezet ne torzuljon.
- **Szalagszorító.** Különböző, akár szabálytalan alakú alkatrészek körbefogására, kör vagy íves keretek, sokszögű szerkezetek rögzítésére használják. A heveder vagy szalag egyenletes nyomást ad, de a szorítóerő kisebb, mint a csavaros szorítóké.



26.4. ábra. A kézi szorítóeszközök (A) és a ragasztófelhordó eszközök (B) a fejezet neveivel; (C) helyes szorítás alátétlécekkel, a kötés vonalában, és hibás szorítás alátét nélkül, ferdén. Sematikus vonalrajz.

A szorítókat úgy kell elhelyezni, hogy a présnyomás a ragasztóhézagra merőlegesen hasson. A túl erős szorítás kinyomhatja a ragasztót a hézagból, ami úgynevezett „éhes kötéshez” vezet; a túl gyenge szorítás nem zárja a hézagot. A présnyomás tájékoztató értéke puhafához és PVAc ragasztóhoz kb. 0,2–0,5 N/mm² (ellenőrizendő: a ragasztógyártó és a munkadarab anyagától

függően). A szorítás idejét a ragasztó adatlapja adja meg.

26.2.5. Munkahely-előkészítés és biztonság

Szabály. A ragasztási munkához tiszta, sík, jól megvilágított munkaasztalra van szükség. A munkafelületről a port, forgácsot, régi ragasztócseppeket el kell távolítani, mert a frissen kent ragasztóba kerülve hibát okoznak. A helyiség hőmérséklete és szellőzése legyen megfelelő a ragasztógyártó előírása szerint.

Egészségvédelem. A ragasztók vegyi anyagok, ezért mindig olvasd el a **biztonsági adatlapot** és a **műszaki adatlapot**. A leggyakoribb védőfelszerelések:

- **Bőrvédelem:** oldószeres vagy allergén ragasztóknál oldószerálló kesztyű (pl. nitril), PVAc-nál is ajánlott a kézvédelem.
- **Szemvédelem:** védőszemüveg, különösen keverésnél és szórásnál.
- **Légzésvédelem:** oldószergőzöknél vagy poros csiszolásnál légzésvédő (FFP2/FFP3, a kockázattól függően – ellenőrizendő).
- **Szellőzés:** oldószeres ragasztókat csak jól szellőző helyen, elszívás mellett használj.
- **Tűzvédelem:** oldószeres ragasztók gyúlékonyak lehetnek, ezért tilos nyílt láng, szikra és dohányzás közelében dolgozni.

Tilos. Ragasztót, edzőt, oldószert lefolyóba önteni, vagy maradékát összegyűrve, rosszul szellőző helyen tárolni. A felhasznált ragasztós rongyokat, edényeket a biztonsági adatlap szerint kell kezelni.

26.2.6. Technológiai lap

Cél: két tölgyfa alkatrész szélesbítő toldásának ragasztása PVAc D3-as ragasztóval (ellenőrizendő: a D3 osztály beltéri, időszakosan nedves környezetre utal; a gyártói adatlap a mérvadó).

Anyagok, szerszámok, eszközök:

- tölgyfa léc 2 db, kész méret: 900 mm × 80 mm × 20 mm
- D3 PVAc ragasztó, egykomponensű
- nedvességmérő, tolómérő, derékszög, acélvonalzó
- ragasztóadagoló flakon vagy keskeny henger, tiszta rongy
- 3 db csavaros szorító, alátét falécek (a szorítófej ne nyomja be a tölgyet)
- védőkesztyű, védőszemüveg

Biztonság. A művelet kézi, nem gépi, de a ragasztóval való érintkezés bőr- és szemirritációt okozhat. Használj védőkesztyűt és védőszemüveget, szellőztess, és tartsd kéznél a biztonsági adatlapot. Tilos a ragasztót étellel-itallal együtt tárolni. Szorításkor alátétlécet használj, és a lapot tartsd síkban, hogy ne vetemedjen.

Lépések:

1. Ellenőrizd a nedvességtartalmat. A fa nedvessége legyen 8–12 % között (tájékoztató célérték). – ellenőrzés: a nedvességmérő értéke a cél tartományban van.
2. Ellenőrizd az illesztést. Helyezd a két alkatrészt egymás mellé; a hézag legfeljebb 0,2 mm lehet egyenletesen (tájékoztató). – ellenőrzés: fényhézag szemrevételezése vagy 0,1 mm-es hézagmérő lemezzel.
3. Tisztítsd meg a felületet. Távolítsd el a port és a zsíros kéznyomokat száraz ronggyal vagy enyhén acetonos ronggyal (ellenőrizendő). – ellenőrzés: tiszta, matt, pormentes felület.

4. Készítsd elő a ragasztót. Egykomponensű ragasztó esetén alaposan keverd fel. – ellenőrzés: a ragasztó egynemű, nincs leülepedett réteg.
5. Válaszd ki a felhordó eszközt. Élragasztáshoz ragasztóadagoló flakont vagy keskeny hengert használj. – ellenőrzés: az eszköz tiszta, nincs rajta megszáradt ragasztó.
6. Hordd fel a ragasztót a két felület egyikére. A flakonból vékony csíkban adagold, majd a keskeny hengerrel egyenletes rétegbe simítsd; a széleknél ne legyen vastag felrakódás. – ellenőrzés: a réteg egyenletes, a felület kb. 90–100 %-ban fedve van.
7. Illeszd össze a léceket, helyezd fel a 3 szorítót váltakozva alul–felül, alátétlécekkel; húzd meg egyenletesen, amíg a hézag mentén folyamatos, vékony ragasztókibuggyanás látszik. – ellenőrzés: a lap sík (acélvonalzó), az illesztés zárt.
8. A préselési időt a gyártói adatlap szerint tartsd be; a kinyomott ragasztót félig megkötve vésővel vagy spatulával távolítsd el. – ellenőrzés: a szorítók levétele után a hézag zárt.

A teljes lépéssort a következő táblázat foglalja össze.

Sorszám	Művelet	Eszköz	Ellenőrzés
1	Nedvességmérés	nedvességmérő	8–12 % (tájékoztató)
2	Illesztés ellenőrzése	hézagoló vagy fényhézag	≤0,2 mm
3	Tisztítás	rongy, oldószer (engedélyezett)	por- és zsírmentes
4	Ragasztó keverése	keverőpálca	egynemű anyag
5	Felhordóeszköz kiválasztása	ragasztóadagoló flakon, keskeny henger	tiszta eszköz
6	Ragasztó felhordása	flakon, keskeny henger	egyenletes réteg
7	Összeillesztés, szorítás	csavaros szorítók	egyenletes hézag, derékszög
8	Préselés ideje, majd kinyomott ragasztó eltávolítása	óra	gyártói idő betartása

26.2.7. Minőségellenőrzés

Mit ellenőrzünk? A ragasztási előkészítés után, a préselés előtt az alábbiakat kell ellenőrizni:

- **Fanedvesség:** nedvességmérővel mérve, tájékoztató célérték 8–12 %.
- **Illesztés:** a két csatlakozó felület síkban van, a hézag ≤0,2 mm, az élek derékszögűek.
- **Tisztaság:** por, zsír, olaj nincs a felületen.
- **Ragasztó állapota:** a keverési arány a gyártói előírás szerinti; a ragasztó hőmérséklete megfelelő; a fazékidő még nem járt le.
- **Felhordás:** a ragasztóréteg egyenletes, a széleknél nem vastagodik fel, a felületfedés megfelelő.
- **Szorítás:** a szorítóeszközök a ragasztóhézagra merőlegesen állnak; a szorítóerő egyenletes; a présnyomás a gyártói tartományban van.

Ha bármelyik pont eltér, a préselést ne kezdd el; javítsd az eltérést (pl. szárítás, tisztítás, újra keverés, szorító áthelyezés).

26.2.8. Tipikus hibák és okaik

1. **A ragasztóhézag a préselés után nyitva marad.** Ok: a felület nem volt sík, vagy a szorítóerő túl kicsi volt, esetleg a ragasztó túl sűrű volt. Helyes gyakorlat: az illesztést előzetesen próbanyomással, ragasztó nélkül ellenőrizd; állítsd be a szorítókat, és a ragasztót a gyártói állag szerint készítsd elő.
2. **A préselés után alig látható ragasztó, a kötés mégis gyenge.** Ok: túl erős szorítás kinyomta a ragasztót a hézagból („éhes (ragasztószegény) kötés”), vagy a felület poros volt. Helyes gyakorlat: csak mérsékelt présnyomást alkalmazz, a ragasztót fogas lehúzóval, a gyártói mennyiségben hordd fel, és a felületet tisztán tartsd.
3. **A kevert kétkomponensű ragasztó hamar besűrűsödik, nem lehet felhordni.** Ok: túl magas műhelyhőmérséklet, túl nagy bekevert mennyiség vagy a rossz keverési arány. Helyes gyakorlat: kis adagot keverj, figyeld a fazékidőt, és tartsd a ragasztót a gyártó által megadott hőmérsékleten.
4. **A ragasztás után a fa vetemedik, a hézag megnyílik.** Ok: a fa nedvességtartalma túl magas volt, és a beépítés után száradt. Helyes gyakorlat: a ragasztás előtt mérd meg a nedvességet, és a fát a későbbi helyiség klímájához igazítsd.
5. **A trópusi fa ragasztása nem fogja meg a felületet.** Ok: olajos, gyantás felület és vizes ragasztó együttese. Helyes gyakorlat: oldószeres tisztítás, friss felület kialakítása, szükség esetén PUR vagy epoxi ragasztó választása a gyártói ajánlás szerint.

26.2.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben tölgyfa asztallapot ragasztottak szélesbítő toldással. A ragasztás után a lap szép lett, de a lakásban, a fűtési szezonban az egyik ragasztóhézag hajszálvékonyan megnyílt. A műhelyben újra mérték a fa nedvességtartalmát: a ragasztáskor 14 % volt, mert a deszkákat nem akklimatizálták a fűtött helyiséghez. A vevő reklamációja miatt a lapot újra kellett készíteni. A tanulság: minden ragasztás előtt mérni kell a fanedvességet, és a faanyagot a későbbi beépítési környezetnek megfelelő egyensúlyi nedvességre kell hozni. A nedvességmérő és a türelem olcsóbb, mint a selejt.

26.2.10. Önellenőrzés

1. Mi a fazékidő, és miért fontos?
2. Miért kell a ragasztandó fafelületet frissen gyalulni vagy csiszolni?
3. Milyen célérték a fanedvesség beltéri tömörfa ragasztásánál? (tájékoztató, ellenőrizendő)
4. Mit jelent a 100 : 20 keverési arány, és hány gramm edző kell 800 g gyantához?
5. Miért tilos a ragasztóhézagot túl erősen összepréselni?
6. Melyik szorítót választod keretszerkezet ragasztásához, és miért?

26.2.11. Feladatok

1. feladat (A) Magyarázd meg, mi a különbség a fazékidő és a nyitott idő között, és mi történik, ha a fazékidő lejár.

2. feladat (A) Számítsd ki, mennyi edzőt kell adni 300 g gyantához, ha a keverési arány 100 : 25 tömegrész.

3. feladat (B) Egy 1200 mm × 150 mm-es lapfelületre egyoldali PVAc ragasztófelhordást tervezel. A fajlagos felhordás 180 g/m². Mennyi ragasztóra van szükség, ha 10 % anyagveszteséggel is számolsz?

4. feladat (B) Válaszd ki a megfelelő szorítóeszközt egy 600 mm × 400 mm-es keret ragasztásához, és indokold a választásodat. Milyen ellenőrzést végzel a préselés előtt?

5. feladat (C) Egy teakfa alkatrészt PVAc ragasztóval próbálnak ragasztani, de a próbadarabon a kötés nem fog. Mi lehet az ok, és milyen lépésekkel javítanád a ragasztást?

6. feladat (D) Töltsd ki a technológiai lap ellenőrzőlistáját egy képzeletbeli tölgyfa toldás ragasztásához: sorold fel, mit mérsz, milyen értéket vársz, és mi a teendő, ha eltérés van.

26.2.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A fazékidő az az idő, amíg a bekevert ragasztó felhordható marad. Ha lejár, a ragasztó besűrűsödik vagy kocsonyásodik, és nem lehet egyenletesen felhordani; ilyenkor a keveréket ki kell dobni.
2. A frissen gyalult vagy csiszolt felület tiszta, nyitott pórusú, ezért a ragasztó jól nedvesíti és jobban tapad. A régi, oxidált vagy elszennyeződött felület gyenge kötést ad.
3. Beltéri tömörfa ragasztásánál általában 8–12 % fanedvesség ajánlott (tájékoztató, ellenőrizendő).
4. A 100 : 20 arány azt jelenti, hogy 100 tömegrész gyantához 20 tömegrész edző szükséges. 800 g gyantához 800 × 0,2 = 160 g edző kell.
5. Túl erős préselésnél a ragasztó kinyomódik a hézagból, ezért a kötés éhezik, azaz túl kevés ragasztó marad a kapcsolódási felületen.
6. Keretszorítót, mert a keret sarkait derékszögben, egyidejűleg rögzíti, és a próbanyomással ellenőrizhető az átlók egyenlősége.

Feladatok – megoldások

1. feladat (A) A fazékidő a bekevert ragasztó felhordhatósági ideje; a nyitott idő az az idő, ami a felhordás és az összepréselés között megengedett, hogy a ragasztó ne képezzen bőrt és ne veszítse el a nedvesíthetőségét. Ha a fazékidő lejár, a ragasztó kémiailag előrehalad, sűrűbbé válik, és már nem terül jól; a kötés minősége romlik.

2. feladat (A) 100 : 25 arány = 1 : 0,25, tehát 300 g gyantához 300 × 0,25 = 75 g edző kell.

3. feladat (B) A felület területe: $A = 1{,}2\,\text{m} \times 0{,}15\,\text{m} = 0{,}18\,\text{m}^2$. A ragasztómennyiség veszteség nélkül: $m = q \cdot A = 180\,\text{g/m}^2 \times 0{,}18\,\text{m}^2 = 32{,}4\,\text{g}$. 10 % veszteséggel: $32{,}4\,\text{g} \times 1{,}1 = 35{,}64\,\text{g} \approx 36\,\text{g}$.

4. feladat (B) Keretszorítót választok, mert a négy sarok derékszögét egyszerre tudja tartani, és az átlók azonos hosszát is ellenőrizni lehet. Préselés előtt ellenőrzöm: a keret átlói egyenlők, a sarkok 90°-osak, a csapok és fészkek száraz próbával illeszkednek, és a ragasztó a gyártói fazékidőn belül van.

5. feladat (C) A teakfa természetes olajokat tartalmaz, amelyek taszíthatják a vizes bázisú PVAc ragasztót. Javítás: a felületet oldószerrel (pl. aceton, a gyártói ajánlás szerint) le kell törölni, majd közvetlenül előtte frissen csiszolni vagy gyalulni, és a ragasztót azonnal felhordani. Ha ez nem elég, poliuretán (PUR) vagy epoxi ragasztóra érdemes váltani, mert ezek jobban tapadnak az olajos fákhoz.

6. feladat (D) Például ellenőrzőlista:

- Nedvesség: mért érték 10 % (célérték 8–12 %) → megfelel.
- Illesztés: hézag 0,1 mm (≤0,2 mm) → megfelel.
- Tisztaság: por- és zsírmentes → megfelel.
- Ragasztó: egykomponensű D3 PVAc, felkeverve, egynemű, lejárati időn belül, nem fagyott → megfelel.
- Felhordás: flakonnal és keskeny hengerrel, egyenletes réteg → megfelel.
- Szorítók: 3 db csavaros szorító, alátétekkel, egyenletes nyomás → megfelel.

Ha eltérés lenne, pl. a nedvesség 14 %, akkor szárítani kell, amíg a célértékre nem csökken; ha a hézag 0,4 mm, újra kell gyalulni az illesztést.

26.2.13. Rövid összefoglaló

A ragasztandó felület előkészítése és a ragasztóanyag helyes kezelése a tartós kötés alapja. A fafelület legyen frissen gyalult vagy csiszolt, por- és zsírmentes, és a fanedvessége a későbbi használati környezethez illő (beltéri tömörfánál tájékoztató célérték 8–12 %, ellenőrizendő). Az olajos trópusi fák felületét oldószerrel tisztítani kell, majd frissen megmunkálni. A kétkomponensű ragasztókat pontosan a gyártói tömegarányban kell bekeverni, figyelve a fazékidőre és a hőmérsékletre. A felhordóeszközt (ecset, spatula, fogas lehúzó, henger, ragasztópisztoly) a ragasztó és a felület jellege szerint választjuk. A kézi szorítók (pillanatszorító, csavaros, keret-, szalagszorító) a ragasztóhézagra merőleges nyomást adjanak; a présnyomás és préselési idő a gyártói adatok szerint tartandó. A túl erős szorítás éhes kötést hozhat létre; a túl gyenge hézagot hagy. **Továbbvitt eredmény.** Ezek az előkészítési szabályok közvetlenül szükségesek a ragasztás technológiájához, a hibakereséshez és a furnérozás előkészítéséhez is.

26.2.14. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a magyarországi és európai szabályozás keretében mozog. A ragasztók osztályozása az MSZ EN 204 szerint D1–D4; a fanedvesség mérése az MSZ EN 13183 szerint lehetséges (ellenőrizendő). A gyártói adatlapok és a biztonsági adatlapok minden konkrét ragasztó esetén kötelezően ellenőrizendők. A fanedvesség célérték, a présnyomás, a fazékidő hőmérsékletfüggése, a fogas lehúzó fogmérete, a trópusi fák tisztítási módja, valamint a keverési arányok a szövegben jelölve tájékoztató példák; ezeket a felhasználás előtt a mindenkori gyártói adatlap és a hatályos szabvány alapján ellenőrizni kell. A biztonsági előírásoknál a vegyi anyagokra vonatkozó CLP és REACH szerinti besorolást és az aktuális munkavédelmi előírásokat szintén ellenőrizni kell.

26.3. A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák

A ragasztás akkor lesz jó kötés, ha nemcsak a ragasztóanyagot választjuk meg, hanem betartjuk a ragasztó gyártója által megadott **felhordási mennyiséget**, **nyitott időt**, **préselési nyomást**, **préselési időt** és **pihentetési időt**. Ha ezek közül bármelyik elmarad vagy túlzott, a ragasztási kötés elvileg „összeáll”, de a bútor később recseg, részes lesz, vagy a csap kiesik a fészekből.

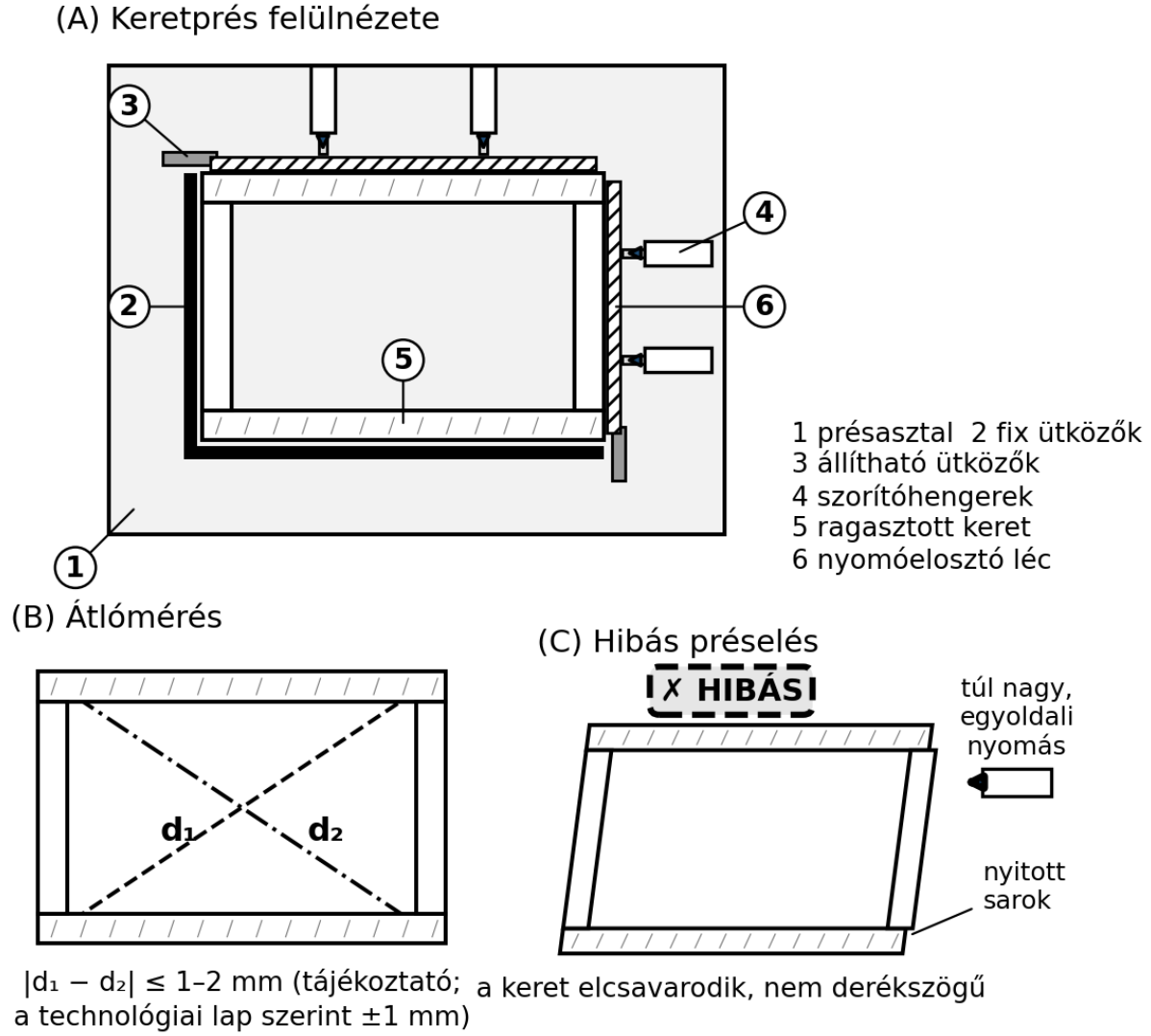
26.3.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben tömörfa szék keretét ragasztják. A tanuló a ragasztót mindkét csapra felviszi, a keretet összeállítja, beteszi a keretprésbe, és meghúzza a prést. Néhány óra múlva kiveszi, de a kötéseknél alig látszik ragasztómaradvány, a csapok pedig könnyen mozognak a

fészekben. A hiba oka nem feltétlenül a ragasztóanyag, hanem az, hogy a ragasztó túl sokáig állt a levegőn, mielőtt összeállították, vagy a présnyomás túl kicsi volt. Ebben az alfejezetben ezt a folyamatot tanuljuk meg: hogyan kell a ragasztót felhordani, milyen gépekkel, milyen présekkel, és melyek a jellemző ragasztási hibák.

26.3.2. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy **keretprést**: egy vízszintes, merev asztal, amelyen négy, egymásra merőleges, állítható ütköző és több pneumatikus vagy csavaros szorítóhenger van. A keret elemeit a présbe fektetjük, a sarkokat az ütközőhöz szorítjuk, és átlósan megmérjük a keret két-két szemközti sarkát. Ha a két átló hossza egyenlő, a keret derékszögű. Ez a ragasztási folyamat legfontosabb ellenőrzése.



26.5. ábra. A keretprés felülnézete (A): a keret a fix és az állítható ütközők között fekszik, a szorítóhengerek nyomóelosztó lécen át két irányból nyomják; (B) átlómérés; (C) a túl nagy, egyoldali nyomás elcsavarja a keretet. Sematikus vonalrajz.

26.3.3. Definíciók és szabályok

A ragasztás technológiai lépéseit a ragasztó gyártójának adatlapján megadott idő- és nyomásértékek szerint kell végrehajtani. Az értékeket mindig az adott ragasztóra és a ragasztandó anyagra vonatkoztatva kell értelmezni.

Definíció. A **nyitott idő** az az időtartam, amely a ragasztó felhordásától a ragasztandó felületek összeillesztéséig eltelhet úgy, hogy a ragasztó még megfelelően köt. A **zárt idő** az összeillesztéstől a teljes présnyomás eléréséig eltelhető idő (lásd 26.1). Ha ezeket túllépjük, a ragasztó felületén bőrréteg képződik: **bőrösödött, előkötött ragasztó** marad, a kötés gyenge. Ez más hiba, mint az **éhes (ragasztószegény) kötés**, amelynél túl kevés ragasztó marad a hézagban (kevés felhordás, túl nagy présnyomás, erősen szívó felület).

Definíció. A **préselési idő** az az időtartam, ameddig a ragasztott szerkezetet a présben, a megadott nyomáson tartani kell ahhoz, hogy a ragasztó elérje a kezelési szilárdságot. Ez után a présből kivehető, de a teljes terhelhetőség kialakulásához további **pihentetési idő** kell.

Definíció. A **présnyomás** a ragasztórétegre merőlegesen kifejtett, egységnyi felületre jutó erő:

$$p = \frac{F}{A},$$

ahol p a présnyomás ($\mathrm{N/mm^2} = \mathrm{MPa}$), F a préselő erő (N), A a préselt felület ($\mathrm{mm^2}$). A faipari présnyomás értéke jellemzően 0,2–1,2 $\mathrm{N/mm^2}$ tartományban van, a ragasztótól és a szerkezettől függően (tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói adatlap).

Szabály. A ragasztó felhordása lehet **egyoldali** vagy **kétoldali**. Kétoldali felhordásnál a ragasztót mindkét illesztendő felületre felviszik, ami biztonságosabb, különösen nedvszívó, érdes felületeknél. Egyoldali felhordás akkor elegendő, ha a ragasztó mennyisége és a présnyomás biztosítja a teljes felületi átnedvesítést, például sima, jól előkészített felületeknél.

Szabály. A ragasztó felhordásának egyenletesnek és megfelelő vastagságúnak kell lennie. Túl kevés ragasztó esetén **éhes (ragasztószegény) kötés** alakul ki; túl sok ragasztó esetén vastag ragasztóréteg marad, ami gyengíti a kötést, és a ragasztó kinyomódhat, ami foltokat okozhat.

26.3.4. A ragasztás technológiai lépései

A ragasztási folyamatot mindig azonos sorrendben hajtsuk végre. Ez a sorrend a **ragasztási recept**, amelyet az asztalos munkanaplóban is rögzíthetünk.

Recept. Keretragasztás hideg présben

1. **Előkészítés.** A ragasztandó felületeket előzőleg csiszoltuk, portól és zsírtól mentesek. A ragasztóanyagot a gyártói adat szerint kikevertük, a fazékidőt ellenőriztük.

2. **Felhordás.** A ragasztót egyenletesen felvisszük a csapra és a fészek belső felületére (kétoldali felhordás) ecsettel, ragasztóhengerrel vagy gépi felhordóval.

3. **Nyitott idő betartása.** A felhordás után a lehető leggyorsabban összeállítjuk a szerkezetet, de legkésőbb a gyártó által megadott nyitott időn belül.

4. **Összeállítás.** A csapot a fészekbe illesztjük, enyhe ütögetéssel ütközésig toljuk, közben a derékszöget ellenőrizzük.

5. **Préselés.** A keretet a présbe helyezzük, az ütközőket beállítjuk, a préshengereket fokozatosan megnyomjuk a megadott présnyomásra. Préselés közben ismét átlóméréssel ellenőrizzük a derékszöget.

6. **Préselési idő letelte.** A présen hagyjuk a megadott ideig, nem nyitjuk ki előbb.

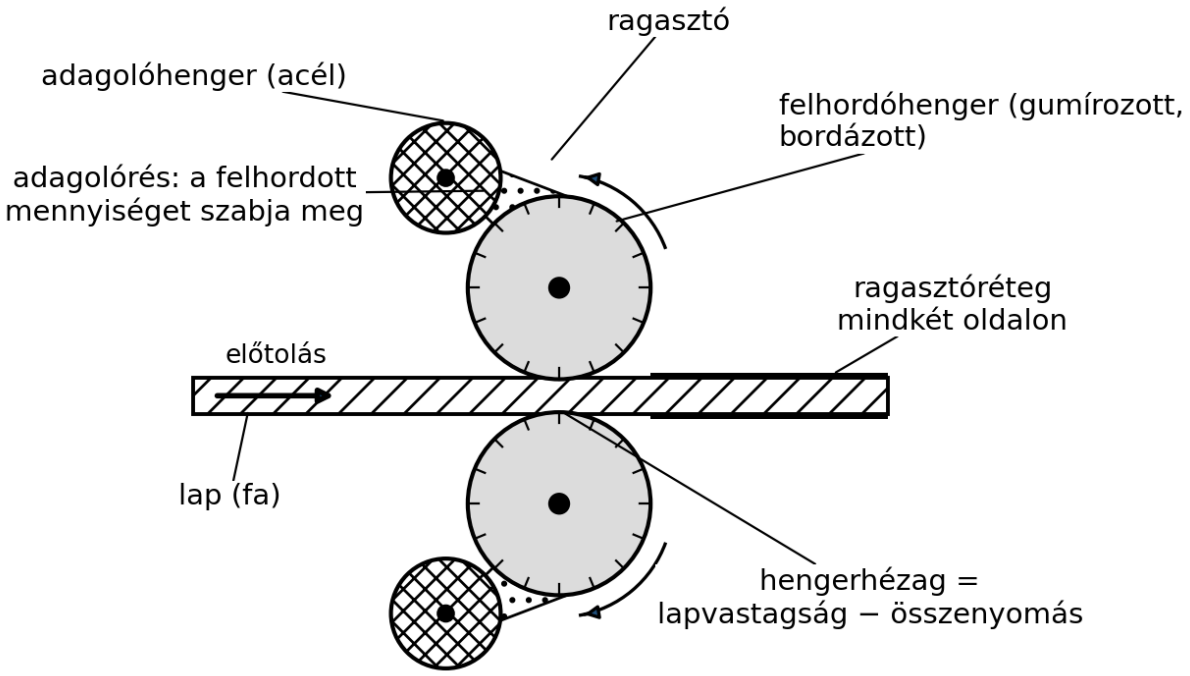
7. **Kivétel és pihentetés.** A présből kivett darabot sík felületre, alátétekre helyezzük, és a gyártói adat szerint pihentetjük, amíg a ragasztó teljesen kikeményedik és a feszültségek kiegyenlítődnek.

8. **Megmunkálhatóság ellenőrzése.** A pihentetési idő után a ragasztóréteg már csiszolható, fúrható, marható anélkül, hogy a ragasztó kenődne vagy a kötés meglágyulna.

26.3.5. Ragasztófelhordó gép: hengeres ragasztófelhordó

Lap- és furnérragasztásnál, valamint nagyobb sorozatnál a ragasztót **hengeres ragasztófelhordó géppel** visszük fel. A gép két vagy több, egymással szemben forgó, állítható hézagú hengerpárból áll. A ragasztó az adagoló (acél) henger és a felhordóhenger közötti résben áll, a lap vagy furnér pedig a felső és az alsó felhordóhenger között halad át, és mindkét oldalán egyenletes ragasztóréteget kap.

A hengeres felhordó előnye az egyenletes, szabályozható mennyiségű ragasztó, a gyors munka és a kisebb anyagveszteség. A gép beállításánál a hengerhézaggal és a hengerfordulatszámmal szabályozzuk a felhordott ragasztó mennyiségét. A hézagot a munkadarab vastagságához és a kívánt ragasztóréteghez állítjuk. A gépet használat után azonnal tisztítani kell, mert a megszáradt ragasztó a hengereken lerakódik, és a következő munkadarabon egyenetlen felhordást okoz.



26.6. ábra. Kétoldalas hengeres ragasztófelhordó gép oldalnézeti metszete: a lap a két felhordóhenger között halad; a ragasztó az adagolóhenger és a felhordóhenger közötti résben van, a felhordott mennyiséget az adagolórés szabja meg. Sematikus metszet.

A HTML-kiadásban csúszkával állítható az adagolórés, a lapvastagság és az összenyomás; a lap kiírja a hengerhézagot (lapvastagság − összenyomás) és a felhordás szemléltető becslését.

26.3.6. Prések a faiparban

Keretprés. A keretprés a keretszerkezetek (ajtókeret, képkeret, székváz) ragasztására való. Állítható ütközőkkel és szorítóhengerekkel rendelkezik, amelyek a keret elemeit oldalról és felülről is szorítják. A keretprésen a derékszöget a préselés közben is ellenőrizhetjük.

Lapprés (furnérprés). A lapprés sík lapok (furnérozott lap, szélesbített tömörfa lap) ragasztására való, két sík préslap között; a nyomás a teljes préselt felületre hat.

Korpuszprés. A korpuszprés nagyobb, lapjellegű elemek (korpuszoldalak, fedlapok, hátfalak) ragasztására szolgál. A préslapok vagy préshengerek nagy felületen fejtenek ki egyenletes nyomást. A korpuszprés lehet csavarorsós, pneumatikus vagy hidraulikus működtetésű.

Hidraulikus hőprés. A hőprés a hideg préssel szemben fűtött préslapokkal dolgozik, így a ragasztó kötési ideje jelentősen lerövidül. A hőprésben a hőmérsékletet, a présnyomást és a préselési időt a ragasztó és a munkadarab szerint állítjuk be. Hőprésben használt ragasztók például a karbamid-formaldehid, a melamin-formaldehid vagy a hőre keményedő PVAc (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

26.3.7. Préselési paraméterek meghatározása

A préselési paramétereket mindig a ragasztó gyártója adja meg. Tájékoztató értékek:

Paraméter	Tájékoztató tartomány	Megjegyzés
Présnyomás PVAc-hoz	0,2–0,8 N/mm^2	keményfánál nagyobb, puhafánál kisebb (ellenőrizendő)
Présnyomás PUR-hoz	0,1–0,5 N/mm^2	a habosodás miatt a nyomást a teljes préselési idő alatt fenn kell tartani; érték a gyártói adatlap szerint (ellenőrizendő)
Préselési idő hideg PVAc-nál	10–60 min	anyagtól, hőmérséklettől függ (ellenőrizendő)
Préselési idő hőprésben	1–10 min	90–120 °C lapoknál (ellenőrizendő)
Nyitott idő PVAc-nál	5–15 min	hőmérséklettől és páratartalomtól függ (ellenőrizendő)

A táblázatban szereplő értékek **tanulási példák**, nem kivitelezési előírások. A pontos értékeket a ragasztó műszaki adatlapjáról kell leolvasni.

Számítás. Présnyomás és préselő erő

Egy lapprés (furnérprés) préslapjának mérete 2000 mm × 800 mm. (Keretprésnél a présnyomás a csapvállak ragasztott felületére vonatkozik: pl. $4 \cdot 40 \cdot 20 = 3\,200\,\text{mm}^2$ és 0,6 N/mm^2 esetén $F = 1\,920\,\text{N} \approx 1{,}9\,\text{kN}$.) A ragasztóhoz előírt présnyomás 0,4 N/mm^2. Mekkora préselő erőt kell kifejteni a préslapnak?

Adott:
$l = 2000\,\text{mm}$, $b = 800\,\text{mm}$, $p = 0{,}4\,\text{N/mm}^2$.

Keresett: F (N, kN).

Képlet:

$$p = \frac{F}{A} \quad \Rightarrow \quad F = p \cdot A.$$

Behelyettesítés:
A présfelület:

$$A = l \cdot b = 2000\,\text{mm} \cdot 800\,\text{mm} = 1\,600\,000\,\text{mm}^2.$$

Az erő:

$$F = 0{,}4\,\text{N/mm}^2 \cdot 1\,600\,000\,\text{mm}^2 = 640\,000\,\text{N} = 640\,\text{kN}.$$

Ellenőrzés: A préslap felülete 1,6 m^2, a nyomás 0,4 MPa, ami 1 m^2-en 400 kN erőt jelent; 1,6-szoros felületre 640 kN reális. ∎

Számítás. Préshenger ereje

Egy hidraulikus préshenger dugattyúátmérője $D = 100\,\text{mm}$, az olajnyomás $p_{\text{olaj}} = 10\,\text{MPa}$. Mekkora préselő erőt fejt ki a henger?

Adott:
$D = 100\,\text{mm}$, $p_{\text{olaj}} = 10\,\text{N/mm}^2$.

Keresett: F (kN).

Képlet:
A dugattyúfelület:

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}.$$

Az erő:

$$F = p_{\text{olaj}} \cdot A.$$

Behelyettesítés:

$$A = \frac{(100\,\text{mm})^2 \cdot 3{,}1416}{4} = \frac{10\,000\,\text{mm}^2 \cdot 3{,}1416}{4} \approx 7\,854\,\text{mm}^2.$$

$$F = 10\,\text{N/mm}^2 \cdot 7\,854\,\text{mm}^2 = 78\,540\,\text{N} \approx 78{,}5\,\text{kN}.$$

Ellenőrzés: $A = \pi \cdot 50^2 \approx 7\,854\,\text{mm}^2$ ($\approx 78{,}5\,\text{cm}^2$); $p = 10\,\text{MPa} = 10\,\text{N/mm}^2$, ezért $F = p \cdot A = 10\,\text{N/mm}^2 \cdot 7\,854\,\text{mm}^2 = 78\,540\,\text{N} \approx 78{,}5\,\text{kN}$. Ez egy asztalos prés hidraulikus hengeréhez képest közepes érték. ∎

26.3.8. Szabvány

Szabvány. A ragasztók vízállósági osztályait az MSZ EN 204 sorozat szerint D1–D4 osztályokba sorolják. A faipari ragasztók vizsgálati módszereit az MSZ EN 205 szabvány írja le (ellenőrizendő: a hatályos szabványszám). A préselési nyomás, a nyitott idő, a fazékidő és a préselési idő értékei nem szabványban, hanem a ragasztó gyártójának műszaki adatlapján szerepelnek; azokat mindig onnan kell leolvasni.

26.3.9. Technológiai lap

Technológiai lap. Keretragasztás keretprésben

Cél: Tömörfa keret négy sarkának ragasztása ollós csapozással vagy vésett csapozással, derékszögű kivitelben.

Anyagok: bükk vagy tölgy keretlécek (fűrészelt, gyalult, csapozott), PVAc D3 vagy D4 ragasztó (ellenőrizendő), nedves törlőkendő.

Gépek és szerszámok: keretprés, ragasztófelhordó ecset vagy henger, derékszögelő, mérőszalag, átlómérő, kalapács, alátétfák, tisztítószerszám.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A keretprés használata előtt ellenőrizd a préshengerek és a csatlakozó levegővezetékek állapotát, a vészleállítót, a védőburkolatokat. Ragasztó felhordásakor viselj a

biztonsági adatlap szerinti vegyszerálló kesztyűt. A prés zárásakor a kezed legyen a szorítóhengerek és az ütközők zónáján kívül; a hengereket csak akkor indítsd, ha a munkadarabot már nem tartod kézzel (kétkezes vezérlés esetén mindkét kezeddel a kezelőn) **(ellenőrizendő: a prés gépkönyve)**. Viselj munkaruhát, zárt cipőt, és ha a ragasztó gőze vagy csiszolási por keletkezik, megfelelő szellőzést vagy légzésvédőt.

Indítás előtti ellenőrzés: a prés ütközői tiszták, a szorítóhengerek működnek, a vészleállító elérhető, a munkadarabok csapjai és fészkei tiszták és illeszkednek.

Lépések:

1. **Felület-ellenőrzés.** A csapok és fészkek felülete sima, portól mentes, zsírtalan. – ellenőrzés: kézzel és szemrevételezéssel.

2. **Ragasztófelhordás.** A ragasztót a gyártói előírás szerint keverd be. Ecsettel vidd fel a csap mindkét oldalára és a fészek belső falára. – ellenőrzés: vékony, egyenletes ragasztófilm.

3. **Összeállítás.** Illeszd a csapot a fészekbe, ütögesd finoman ütközésig. Ellenőrizd derékszöggel a sarkot. – ellenőrzés: a rés legfeljebb 0,2 mm (tájékoztató).

4. **Présbe helyezés.** A keretet tedd a keretprésbe, az ütközőkhöz igazítsd. Fokozatosan nyomd meg a szorítóhengereket. – ellenőrzés: az átlómérés két átlója egyenlő ± 1 mm-en belül (tájékoztató).

5. **Préselés.** Állítsd be a présnyomást a gyártói adat szerint. Tartsd a préselési időt. – ellenőrzés: óra, jegyzőkönyv.

6. **Kivétel és tisztítás.** A préselési idő letelte után nyisd ki a prést. A kinyomódott ragasztót nedves ruhával töröld le. – ellenőrzés: a ragasztó nem kenődik el.

7. **Pihentetés.** A keretet sík felületre, alátétekre helyezd, és a gyártói előírás szerint pihentesd. – ellenőrzés: a pihentetési idő letelt.

Dokumentálás: A munkanaplóba rögzítsd a ragasztó típusát, keverési arányát, a présnyomást és a préselési időt.

26.3.10. Minőségellenőrzés

A ragasztott kötést a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

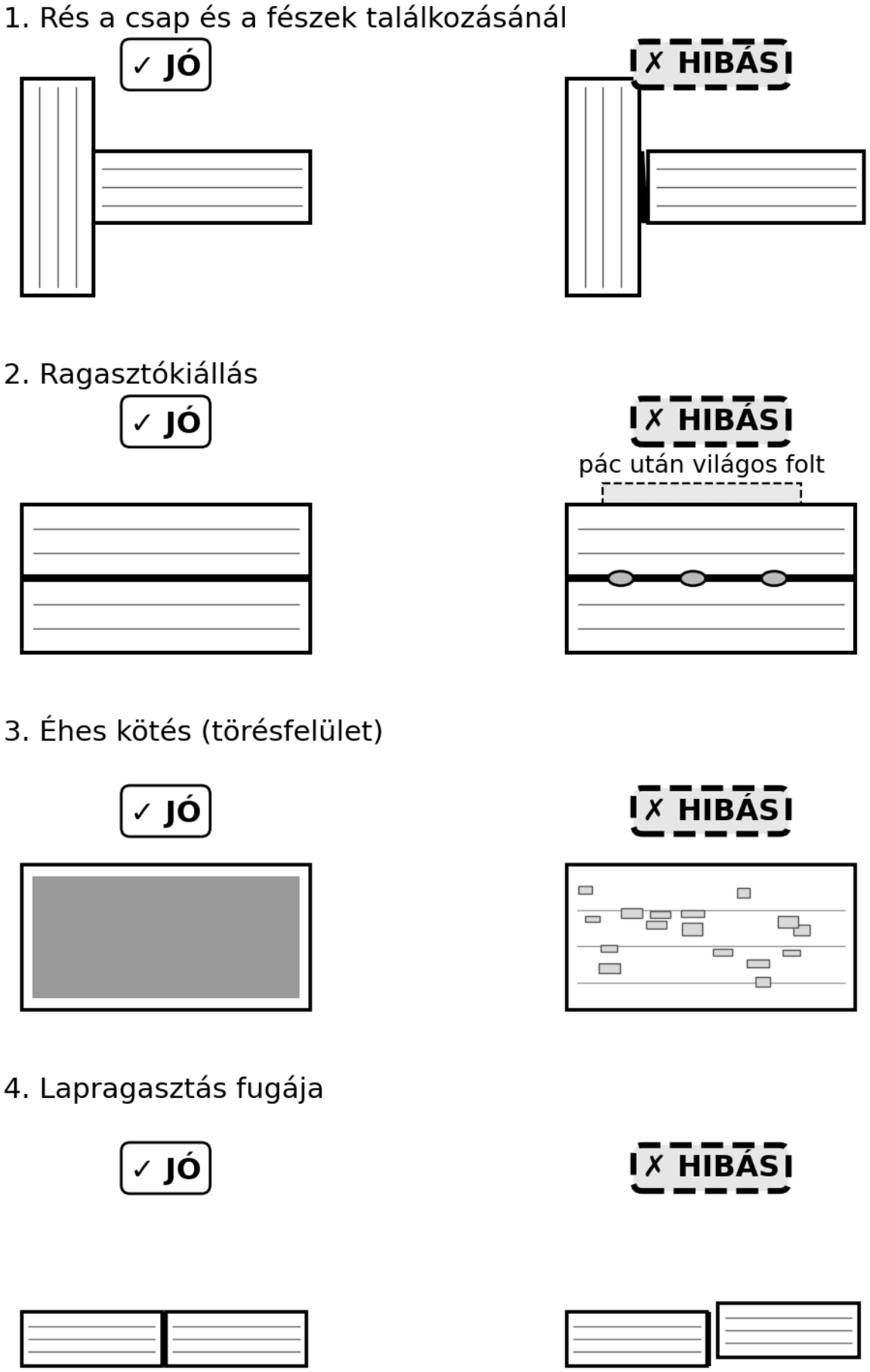
- **Derékszög.** A keret átlóit mérőszalaggal vagy átlómérővel mérjük. A két átló különbsége legfeljebb 1–2 mm lehet (tájékoztató, a termék tűrésétől függ).

- **Résmentesség.** A csap és a fészek találkozásánál nem lehet látható rés. A ragasztóréteg nem lehet vastag, nem lehetnek benne üregek.

- **Ragasztókiállás.** A préselés után a ragasztó ne álljon ki gyöngyszerűen; ha kinyomódott, nedvesen le kell törölni, mert megszáradva csiszolni kell, és foltot hagyhat.

- **Tapadás.** A préselési és pihentetési idő letelte után a kötésnek merevnek kell lennie; a csap nem mozoghat a fészekben. Szúrópróbaszerűen megkocogtatva a szerkezet nem adhat tompa, recsegő hangot.

Ha eltérést találunk, a hibát meg kell keresni (lásd a következő részt), és a darabot javítani vagy selejtezni kell.



26.7. ábra. Négy ragasztási hiba jó és hibás változatban: (1) rés a csap és a fészek találkozásánál, (2) ragasztókiállás és a pác utáni folt, (3) éhes kötés törésfelülete, (4) nyitott, elcsúszott fuga. Sematikus rajz.

26.3.11. Tipikus hibák és okaik

A ragasztási hibák leggyakrabban az időzítésből, a nyomásból vagy a felület-előkészítésből adódnak.

Éhes kötés. Tünet: a ragasztóréteg hiányos, a ragasztó nem nedvesítette be a felületet, a csap és a fészek közötti ragasztóréteg szakadozott. Okok: túl kevés ragasztó, erősen szívó vagy poros felület, túl nagy présnyomás, ami kinyomta a ragasztót. Megelőzés: megfelelő mennyiségű ragasztó, nyitott idő betartása, felület csiszolása és portalanítása, a présnyomás helyes beállítása.

Vastag ragasztóréteg, kinyomódott ragasztó. Tünet: a ragasztó vastagon áll ki a kötésből, a réteg párnázó hatást kelt. Okok: túl sok ragasztó, túl kicsi présnyomás, nem megfelelően illeszkedő csap-fészek. Megelőzés: a gyártó által előírt felhordási mennyiség, pontos csapozás, megfelelő présnyomás. A kinyomódott ragasztót nedvesen kell letörölni.

Átütés, foltok. Tünet: a felületkezelés után a ragasztó foltként jelenik meg, mert a ragasztó beivódott a fába vagy a furnérba. Okok: a ragasztó túl híg, a felület túl nedvszívó, a ragasztó kinyomódott és beleszáradt a pórusokba. Megelőzés: a felhordási mennyiség csökkentése, alapozás, a kinyomódott ragasztó azonnali eltávolítása.

Elcsúszás. Tünet: a préselés közben a csap elmozdul, a keret nem derékszögű, a csap és a fészek eltolódott. Okok: a prés ütközői nem voltak beállítva, a munkadarab nem feküdt síkon, túl nagy nyomás hirtelen rátétele. Megelőzés: a prés ütközőit pontosan beállítani, a nyomást fokozatosan növelni, a derékszöget préselés közben ellenőrizni.

Csavarodás. Tünet: a ragasztott keret vagy lap préselés után síkból kifordul. Okok: a préslap nem sík, a munkadarab nem volt egyenletes vastagságú, a présnyomás egyenetlen, a nedvességkülönbség a faanyagban. Megelőzés: sík présfelület, egyenletes vastagságú alkatrészek, azonos nedvességtartalmú fa, fokozatos és egyenletes nyomás.

Hibaelemzés. Kieső csap a székkeretben

- **Tünet:** A székkeret ragasztása után a csap könnyen kihúzható a fészekből, a ragasztóréteg szakadozott, fehéres.

- **Lehetséges okok:** túl hosszú nyitott idő, kevés ragasztó, nedvességes vagy zsíros felület, hibás présnyomás.

- **Vizsgálat:** Megnézzük a törésfelületet. Ha a ragasztó egyenletesen eloszlott, de a felület nem nedvesedett át, a nyitott idő vagy a felület-előkészítés lehet a hiba. Ha a ragasztó csak a csap hegyén van, túl gyorsan préseltük, és a ragasztó kinyomódott. Ha a ragasztó poros, a felület nem volt tiszta.

- **Valódi ok:** A tanuló a ragasztót felhordta, de a keretet nem azonnal állította össze, hanem közben más munkát végzett, így a ragasztó bőrösödött. A présnyomás rendben volt.

- **Javítás:** A hibás kötést szét kell szedni, a megszáradt ragasztót le kell csiszolni vagy leélezni, a felületet meg kell tisztítani, majd új ragasztóval ismételni a folyamatot.

- **Megelőzés:** A nyitott időt mindig tartsuk be; a ragasztó felhordása után azonnal következzen az összeállítás. A folyamatot egy munkafázisban végezzük el.

26.3.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben konyhaajtó-betétlapokat furnéroztak lapprésben. A présből kivett darabokon a furnér alatt apró, kemény ragasztódudorok látszottak, amelyeket csak csiszolással lehetett eltüntetni, de a furnér vékony volt, és több helyen átdörzsölték. A reklamáció miatt a művezető visszakerestette a munkalapot: kiderült, hogy a hengeres ragasztófelhordó gép hengerhézagát rosszul állították be, és túl vastag ragasztóréteget vitt fel. Az anyagnorma szerinti mennyiséget nem ellenőrizték. A javítás az volt, hogy a gépet újra beállították, és a felhordott ragasztó mennyiségét próbadarabon felületi tömegméréssel ellenőrizték. A tanulság: a gépi felhordásnál is rendszeresen ellenőrizni kell a felhordott mennyiséget, nem elég a gépet „ránézésre” beállítani.

26.3.13. Önellenőrzés

1. Mi a nyitott idő, és mi történik, ha túllépjük?

2. Mi a préselési idő és mi a pihentetési idő közötti különbség?

3. Hogyan ellenőrizzük a keret derékszögét a présben?

4. Mi az éhes kötés, és milyen okai lehetnek?

5. Mekkora erőt kell kifejteni egy $400\,\text{mm} \times 300\,\text{mm}$ felületű préslapon, ha a présnyomás $0{,}6\,\text{N/mm}^2$?

6. Miért kell a kezet a keretprés szorítási zónáján kívül tartani zárás közben?

26.3.14. Feladatok

1. feladat (A) Sorolj fel három ragasztási hibát, és mindegyikhez adj egy megelőzési módot.

2. feladat (A) Számítsd ki a présnyomást, ha a préshenger által kifejtett erő $45\,000\,\text{N}$, a préselt felület pedig $900\,\text{cm}^2$.

3. feladat (B) Egy lapprés préslapja $1800\,\text{mm} \times 600\,\text{mm}$. A ragasztó gyártója $0{,}3\,\text{N/mm}^2$ présnyomást ír elő. Mekkora erőt kell a préslapnak kifejteni? Add meg kN-ban is.

4. feladat (B) Egy hidraulikus munkahenger dugattyúátmérője $80\,\text{mm}$. Az olajnyomás $8\,\text{MPa}$. Mekkora a henger által kifejtett préselő erő? Hány ilyen henger kell egy $1200\,\text{mm} \times 800\,\text{mm}$ felületű préslaphoz, ha a présnyomás $0{,}4\,\text{N/mm}^2$?

5. feladat (C) Adott egy ragasztott keret, amelynek átlói $1000\,\text{mm}$ és $1005\,\text{mm}$. Elfogadható-e a derékszög, ha a tűrés $\pm 1\,\text{mm}$? Indokold! Mi lehet az eltérés oka?

6. feladat (D) Készíts technológiai lépéssort (receptet) egy tömörfa asztallap szélesítő toldásához hideg présben, a szükséges ellenőrzési pontokkal együtt. Jelöld, hogy melyik lépésnél mit mérsz, és mi a megengedett eltérés.

26.3.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A nyitott idő a ragasztó felhordása és az összeillesztés között eltelhető idő; túllépésekor a ragasztó felülete bőrösödik (előkötött ragasztó), és a kötés gyenge lesz.

2. A préselési idő az, amíg a ragasztott szerkezetet a présben tartjuk a megadott nyomáson; a pihentetési idő a présből kivétel után a teljes kikeményedésig és feszültségkiegyenlítődésig eltelt idő.

3. Két átlót mérünk mérőszalaggal; ha egyenlőek, a keret derékszögű.

4. Az éhes kötés olyan ragasztási hiba, ahol a ragasztóréteg hiányos, a felületet nem nedvesítette be; okai: kevés ragasztó, erősen szívó vagy poros felület, túl nagy présnyomás.

5. $A = 400 \cdot 300 = 120\,000\,\text{mm}^2$; $F = p \cdot A = 0{,}6 \cdot 120\,000 = 72\,000\,\text{N} = 72\,\text{kN}$.

6. A kéz becsípődhet a szorítóhenger és a munkadarab vagy az ütköző közé, súlyos kézsérülést okozva; ezért zárás közben a kéz a szorítási zónán kívül van. A ragasztó felhordásához viszont vegyszerálló kesztyű kell.

1. feladat (A) Például: éhes kötés – ok: kevés ragasztó, megelőzés: megfelelő mennyiség; elcsúszás – ok: prés ütközők rosszul állítva, megelőzés: pontos beállítás és derékszögmérés; csavarodás – ok: egyenetlen présnyomás, megelőzés: sík préslap és egyenletes nyomás. Más hibák is elfogadhatók.

2. feladat (A) Először átváltjuk: $900\,\text{cm}^2 = 90\,000\,\text{mm}^2$.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{45\,000\,\text{N}}{90\,000\,\text{mm}^2} = 0{,}5\,\text{N/mm}^2.$$

3. feladat (B)

$$A = 1800 \cdot 600 = 1\,080\,000\,\text{mm}^2.$$

$$F = p \cdot A = 0{,}3 \cdot 1\,080\,000 = 324\,000\,\text{N} = 324\,\text{kN}.$$

4. feladat (B) A henger dugattyúfelülete:

$$A_1 = \frac{D^2\pi}{4} = \frac{80^2 \cdot 3{,}1416}{4} = 5\,026{,}5\,\text{mm}^2.$$

Hengererő:

$$F_1 = p_{\text{olaj}} \cdot A_1 = 8 \cdot 5\,026{,}5 = 40\,212\,\text{N} \approx 40{,}2\,\text{kN}.$$

A préslap felülete:

$$A_{\text{lap}} = 1200 \cdot 800 = 960\,000\,\text{mm}^2.$$

Szükséges összerő:

$$F_{\text{lap}} = p \cdot A_{\text{lap}} = 0{,}4 \cdot 960\,000 = 384\,000\,\text{N} = 384\,\text{kN}.$$

Hengerszám:

$$n = \frac{F_{\text{lap}}}{F_1} = \frac{384{,}0}{40{,}2} \approx 9{,}55.$$

Tehát legalább 10 darab ilyen hengerre van szükség, felfelé kerekítve.

5. feladat (C) A két átló különbsége 5 mm, ami meghaladja a ± 1 mm tűrést, ezért nem elfogadható. Az ok lehet elcsúszás, rosszul beállított présütköző, vagy a keret nem volt derékszögű az összeállításkor. A derékszöget mindig a préselés előtt és közben ellenőrizni kell.

6. feladat (D) Például:
1. Deszkák széleinek gyalulása, derékszög és egyenesség ellenőrzése – mérés: derékszögelő, vonalzó.
2. Próbaillesztés: a deszkák élei fényrés nélkül záródnak – ellenőrzés: szemrevételezés.
3. Ragasztófelhordás mindkét élre ecsettel – ellenőrzés: egyenletes vékony réteg.
4. Összeállítás és présbe helyezés – ellenőrzés: a lap síkja megfelelő.
5. Présnyomás beállítása a gyártói értékre, derékszög és síkellenőrzés – mérés: présnyomásmérő, derékszögelő.
6. Préselési idő letelte, kivétel, ragasztó letörlése – ellenőrzés: a ragasztó nem keményedett meg a felületen.
7. Pihentetés sík felületen – ellenőrzés: pihentetési idő letelt.

26.3.16. Rövid összefoglaló

A ragasztás technológiája a felhordásból, a nyitott idő betartásából, az összeállításból, a préselésből és a pihentetésből áll. A ragasztót egy- vagy kétoldali módon, egyenletesen visszük fel; a nyitott idő túllépése bőrösödött, gyenge kötéshez, a kevés ragasztó éhes kötéshez vezet. A préselési nyomás $p = F/A$ képlettel számítható, ahol a préselő erőt a présfelület és a gyártói nyomásérték határozza meg. A faiparban keretprést, korpuszprést és hidraulikus hőprést használunk. A préselési idő, a hőmérséklet és a nyomás értékeit mindig a ragasztó gyártójának adatlapjáról kell leolvasni. A leggyakoribb hibák az éhes kötés, a kinyomódott ragasztó, az átütés, az elcsúszás és a csavarodás; mindegyik megelőzhető pontos felület-előkészítéssel, időzítéssel és présbeállítással. A préselés és a ragasztási hibák ismeretét a későbbi fejezetekben a furnérozásnál, a szerelésnél és a lapszerkezetű termékek gyártásánál használjuk fel.

26.3.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Ragasztó gyártói műszaki adatlapok, biztonsági adatlapok (a pontos nyitott idő, préselési idő, présnyomás, hőmérséklet forrása).
- MSZ EN 204, MSZ EN 205 szabványok (ragasztó osztályok, vizsgálatok – ellenőrizendő a hatályos szabványszám).
- A présnyomás, préselési idő, nyitott idő, dugattyúerő példaértékei tájékoztatók, ellenőrizendők a tényleges gépek és ragasztók adatlapjai alapján.

26.4. Ragasztással kapcsolatos számítások

26.4.1. Motiváció

A műhelyben furnérozol egy nagyobb sorozatot. A ragasztó keverési aránya fel van írva a kannára: **100 : 20**. Ha rosszul mérsz, a préselés után a furnér felválik, vagy a ragasztó napokig ragacsos marad. Ha túl sokat keveresz be, a **fazékidő** lejár, és a drága anyagot ki kell dobni. Ha túl keveset, a munka áll le anyaghiány miatt. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan számold ki pontosan a ragasztó összetételét, mennyiségét és költségét.

26.4.2. Szemléletes kép

Helyezz el egy tiszta műanyag edényt a műhelymérlegre. Tárázd le. A munkalap szerint 2,4 m² felületet ragasztasz, egyoldali felhordással, 120 g/m² fajlagos mennyiséggel. Számológéppel kiszámolod, hogy a felületre elméletben $2{,}4 \cdot 120 = 288\,\text{g}$ ragasztó kell. De a hengerből, a tálból és a széleknél marad veszteség, ezért 15%-kal többet, **331 g-ot** keveresz be. Ebből a keverékből 100 tömegrész a gyanta, 20 tömegrész az edző. A gyanta mennyisége $331 \cdot \frac{100}{120} = 275{,}8\,\text{g}$, az edzőé $331 \cdot \frac{20}{120} = 55{,}2\,\text{g}$. Ezt a két számot mérlegen méred ki, nem mérőpohárral.

26.4.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **keverési arány** két vagy több komponens egymáshoz viszonyított mennyiségét adja meg. Ragasztóknál leggyakrabban **tömegrészben** értjük. Például a „100 : 20” jelentése: 100 tömegrész gyanta és 20 tömegrész edző.

Definíció. A **fajlagos felhordás** (q) azt mondja meg, hány gramm ragasztó kerül 1 m² ragasztandó felületre. Jele a könyv jelölési rendszere szerint q, mértékegysége g/m^2.

Definíció. Egyoldali felhordásnál a ragasztót csak az egyik munkadarab-felületre visszük fel. **Kétoldali felhordásnál** mindkét darab ragasztandó felületére viszünk fel anyagot; a gyártó q értéke általában egy ragasztási fugára vonatkozik **(ellenőrizendő: gyártói műszaki adatlap)**.

Definíció. Egyoldalas borításnál a lapnak csak az egyik lapja kap furnért vagy laminátumot, a ragasztott felület A. **Kétoldalas borításnál** a lap mindkét lapja kap borítást, ezért két ragasztási fuga van, és a ragasztott felület $2 \cdot A$. Ez más fogalom, mint az egy- vagy kétoldali felhordás: a felületet a ragasztott fugák számával szorozzuk.

Szabály. Az alapösszefüggés a ragasztó tömegére:

$$m_{\text{elm}} = q \cdot A \quad \left(\text{g} = \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2\right)$$

ahol:

- m_{elm} – az elméleti ragasztószükséglet tömegben (g vagy kg)
- q – fajlagos felhordás (g/m^2)
- A – a ragasztandó felület (m^2)

Szabály. A **gyakorlati ragasztószükségletet** a veszteséggel növeljük. A veszteség a tárolóban, a felhordó szerszámban, a széleken és a préselés közben kinyomódó anyagveszteség. Tájékoztató veszteségtényező 5–20% **(ellenőrizendő: gyártói adatlap, üzemi mérés)**.

$$m_{\text{gyak}} = m_{\text{elm}} \cdot \left(1 + \frac{v}{100}\right)$$

ahol v a veszteség százalékban (például 15).

Megjegyzés. A százalékos veszteséget a képletben $v/100$-zal szerepeltetjük, mert a százalék a számolásban tizedestört formájában jelenik meg. Például $15\% = 0{,}15$.

26.4.4. Keverési arány számítása

A keverési arányt tömegrészben adjuk meg. A kétkomponensű ragasztó általános aránya:

$$a : b$$

ahol a a fő komponens (gyanta, ragasztó) tömegrésze, b az edző (vagy második komponens) tömegrésze.

Az összes tömegrész:

$$a + b$$

Ha adott a keverék össztömege $m_{\text{keverék}}$, akkor az egyes komponensek tömege:

$$m_a = m_{\text{keverék}} \cdot \frac{a}{a+b}$$

$$m_b = m_{\text{keverék}} \cdot \frac{b}{a+b}$$

Számítás. Készíteni kell 1 200 g keveréket $100 : 20$ arányban.

$$a = 100, \quad b = 20$$

$$m_{\text{gyanta}} = 1\,200\,\text{g} \cdot \frac{100}{100+20} = 1\,200\,\text{g} \cdot \frac{100}{120} = 1\,000\,\text{g}$$

$$m_{\text{edző}} = 1\,200\,\text{g} \cdot \frac{20}{120} = 200\,\text{g}$$

Ellenőrzés: $1\,000 + 200 = 1\,200\,\text{g}$ ∎

Figyelem. Ha töltőanyagot (például falisztet) vagy hígítót is használsz, az arányt általában a gyanta tömegrészéhez viszonyítva adják meg. Például: 100 tömegrész gyanta, 20 tömegrész edző, 5 tömegrész hígító. Az összes tömegrész így $100 + 20 + 5 = 125$. A hígító tömege a keverékből $m_{\text{hígító}} = m_{\text{keverék}} \cdot \frac{5}{125}$.

26.4.5. A felület számítása

A ragasztószükséglet alapja a ragasztott felület nagysága. Több darab esetén az egyes darabok felületeit összegezzük.

Szabály. Téglalap alakú lapra:

$$A = l \cdot b \quad (\mathrm{m}^2)$$

ahol l a hossz, b a szélesség méterben.

Példa. Ragasszunk össze egy kétrétegű lapot. A mag anyaga MDF, a borítás furnér. A furnér mérete $2{,}20\,\mathrm{m} \times 0{,}45\,\mathrm{m}$. A ragasztandó felület:

$$A = 2{,}20 \cdot 0{,}45 = 0{,}99\,\mathrm{m}^2$$

Ha egyoldali felhordást végzünk, akkor ez a teljes ragasztandó felület. Ha a mag mindkét lapját borítjuk (kétoldalas borítás), akkor minden lapra vonatkozóan kétszer kell számolnunk, mert a mag mindkét oldalán ragasztunk.

$$A_{\text{kétoldalas}} = 2 \cdot A_{\text{lap}} = 2 \cdot 0{,}99 = 1{,}98\,\mathrm{m}^2$$

Figyelem. A felületet mindig m^2-ben számoljuk, mert a fajlagos felhordás $\mathrm{g/m}^2$-ben adott. 1 cm = 0,01 m, ezért például 45 cm = 0,45 m.

26.4.6. Átváltás gramm, kilogramm és liter között

A ragasztó mennyiségét tömegben (g, kg) mérjük. A kereskedelmi kiszerelést viszont gyakran literben adják meg. Az átváltáshoz a sűrűség (ρ) kell.

Összefüggés. Az anyag tömege, térfogata és sűrűsége közötti kapcsolat:

$$m = \rho \cdot V$$

ahol:

- m – tömeg (kg)
- ρ – sűrűség (kg/l vagy $\mathrm{kg/m}^3$)
- V – térfogat (l vagy m^3)

A gyakorlatban a ragasztógyártók gyakran a sűrűséget kg/l-ben adják meg. A víz sűrűsége 1,0 kg/l, a legtöbb faipari ragasztó sűrűsége 1,05–1,25 kg/l közé esik **(tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói adatlap)**.

Számítás. A fenti 331 g keverék sűrűsége legyen $1{,}2\,\mathrm{kg/l}$. Mennyi a térfogata?

Először váltsuk át a tömeget kg-ra:

$$331\,\mathrm{g} = 0{,}331\,\mathrm{kg}$$

A térfogat:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0{,}331}{1{,}2} = 0{,}276\,\text{l}$$

Ellenőrzés: $0{,}276\,\text{l} \cdot 1{,}2\,\text{kg/l} = 0{,}331\,\text{kg}$ ∎

Egy mérőpoháron tehát kb. 276 ml-t kell kimérni.

26.4.7. Technológiai sorrend a keveréshez

A pontos keverés számítással kezdődik. A műveletsor:

1. **Olvasd le a műszaki adatlapról:** keverési arány, fazékidő, fajlagos felhordás, sűrűség.
2. **Számold ki a felületet** az adott ragasztási munkához.
3. **Számold ki az elméleti tömeget** $m_{\text{elm}} = q \cdot A$.
4. **Adj hozzá veszteséget** (5–20%, tájékoztató) és kerekíts fel.
5. **Számold ki a komponensek tömegét** a keverési arányból.
6. **Tárázd le az edényt**, majd mérjed be a komponenseket tömegre, ne térfogatra.
7. **Keverd el alaposan**, amíg homogén, csíkmentes állagot nem kapsz.
8. **Használd fel a fazékidőn belül**, különben a keverék kikeményedik a tálban.

Gépbiztonság. Ez a művelet nem gépi, de védőkesztyűt és védőszemüveget viselj az edző (keményítő) kezelésekor, mert bőr- és szemizgató lehet. Szellőztess, és olvasd el a biztonsági adatlapot.

26.4.8. Kidolgozott példa: furnérozási sorozat

Egy asztalosműhely 8 darab ajtóbetétet furnéroz. Minden betét mérete $0{,}90\,\text{m} \times 0{,}60\,\text{m}$. Edzett ragasztót használnak, keverési arány $100:15$, kétoldalas borítás (a mag mindkét lapja kap furnért), fajlagos felhordás $q = 140\,\text{g/m}^2$ fugánként, a bekevert (nedves) keverékre értve (tájékoztató). A veszteség 10%.

Megoldás lépésenként.

1. **Egy betét felülete:**

$$A_{\text{betét}} = 0{,}90 \cdot 0{,}60 = 0{,}54\,\text{m}^2$$

2. **Összes felület egyoldali értelemben** (8 betét):

$$A_{\text{összes}} = 8 \cdot 0{,}54 = 4{,}32\,\text{m}^2$$

3. **Kétoldalas borítás miatt a tényleges ragasztott felület** (két fuga):

$$A_{\text{kétoldalas}} = 2 \cdot 4{,}32 = 8{,}64\,\text{m}^2$$

4. **Elméleti ragasztószükséglet** (140 g/m²):

$$m_{\text{elm}} = 140 \cdot 8{,}64 = 1\,209{,}6\,\text{g} = 1{,}21\,\text{kg}$$

5. **Gyakorlati szükséglet 10% veszteséggel:**

$$m_{\text{gyak}} = 1{,}21 \cdot 1{,}10 = 1{,}331\,\text{kg}$$

6. **A komponensek tömege** 100 : 15 arányban:

$$m_{\text{gyanta}} = 1{,}331 \cdot \frac{100}{115} = 1{,}157\,\text{kg} \approx 1{,}16\,\text{kg}$$

$$m_{\text{edző}} = 1{,}331 \cdot \frac{15}{115} = 0{,}174\,\text{kg} \approx 174\,\text{g}$$

Ellenőrzés: $1{,}157 + 0{,}174 = 1{,}331\,\text{kg}$ ∎

26.4.9. Ragasztóigény egy szekrényre

Egy bútorlapból készült szekrény korpusznál élfurnérozást vagy teljes felületű borítást végzünk. A ragasztószükségletet a borítandó alkatrészek felületeiből számoljuk.

Számítás. Adott egy konyhaszekrény-ajtó, mérete $0{,}70\,\text{m} \times 0{,}45\,\text{m}$, két oldalán HPL-laminátot kap, PVAc ragasztóval. A fajlagos felhordás egy oldalra $120\,\text{g/m}^2$. A két oldalra összesen $2 \cdot 0{,}70 \cdot 0{,}45 = 0{,}63\,\text{m}^2$ felület jut. A gyakorlati szükséglet 10% veszteséggel:

$$m_{\text{gyak}} = 120 \cdot 0{,}63 \cdot 1{,}10 = 83{,}2\,\text{g}$$

26.4.10. Ragasztási költség számítása

A ragasztó költsége a bekevert anyagmennyiségből adódik. A ragasztófajták ára széles tartományban változik, ezért mindig **mintaárat** használunk.

Szabály. A ragasztóanyag költsége:

$$K_{\text{ragasztó}} = m_{\text{gyak}} \cdot \text{egységár}$$

ahol az egységár Ft/kg vagy Ft/l mértékegységben van.

Példa. A furnérozási sorozathoz használt keverékből a gyanta (A komponens) 1,16 kg. A gyanta mintaára 3 800 Ft/kg. Az edzőből 0,174 kg kell, az edző mintaára 5 500 Ft/kg.

A gyanta költsége:

$$K_{\text{gyanta}} = 1{,}16 \cdot 3\,800 = 4\,408\,\text{Ft}$$

Az edző költsége:

$$K_{\text{edző}} = 0{,}174 \cdot 5\,500 = 957\,\text{Ft}$$

A teljes ragasztóköltség:

$$K_{\text{összes}} = 4\,408 + 957 = 5\,365\,\text{Ft}$$

Megjegyzés. A mintaár csak a számítás menetét mutatja; az aktuális árat a beszerzési forrásból kell venni **(ellenőrizendő: beszerzési ár)**.

26.4.11. Költségtáblázat egy nagyobb gyártáshoz

Egy asztalosműhely 20 db tömörfa asztallapot ragaszt sikeresen. A lapok összes ragasztott felülete 12,50 m². A fajlagos felhordás 180 g/m², a veszteség 12%. A D3-as PVAc ragasztót használnak, mintaára 2 400 Ft/kg. A költségszámítás:

1. **Elméleti tömeg:**

$$m_{\text{elm}} = 180 \cdot 12{,}50 = 2\,250\,\text{g} = 2{,}25\,\text{kg}$$

2. **Gyakorlati tömeg 12% veszteséggel:**

$$m_{\text{gyak}} = 2{,}25 \cdot 1{,}12 = 2{,}52\,\text{kg}$$

3. **Költség:**

$$K = 2{,}52 \cdot 2\,400 = 6\,048\,\text{Ft}$$

Tétel	Mennyiség (kg)	Egységár (Ft/kg)	Érték (Ft)
D3 PVAc ragasztó	2,52	2 400 (mintaár)	6 048
Összesen			**6 048**

Ellenőrzés. A ragasztó költségét becsülhetjük úgy is: 180 g/m² + 12% ≈ 0,2 kg/m²; 0,2 kg/m² · 12,5 m² = 2,5 kg, tehát a számított 2,52 kg ésszerű. A költség 2,5 kg · 2 400 Ft/kg = 6 000 Ft, ehhez közeli a kapott 6 048 Ft ∎

26.4.12. Interaktív kalkulátor

A HTML-kiadásban interaktív kalkulátor számolja a ragasztószükségletet és a keveréket: megadod a ragasztott felületet (A, m²), az egy- vagy kétoldali felhordást, a fajlagos felhordást (q, g/m²), a veszteséget (%), a keverési arányt (tetszőleges $a:b$, például 100 : 15 vagy 100 : 25), a sűrűséget és az egységárakat. A kalkulátor lépésenként kiírja a felületet, az elméleti és a gyakorlati tömeget, a gyanta és az edző tömegét, a térfogatot és a költséget. A nyomtatott könyvben az alábbi táblázat a tartalék:

Egyoldali felhordás, q = 140 g/m², keverési arány 100 : 20 (tájékoztató adatok)

A (m²)	m_elm (g)	m_gyak (g) v = 10 %	gyanta (g) 100 részből	edző (g) 20 részből	térfogat (ml) ρ = 1,2 kg/l
0,5	70	77	64,2	12,8	64
1,0	140	154	128,3	25,7	128
2,0	280	308	256,7	51,3	257
4,0	560	616	513,3	102,7	513

26.8. ábra. Ragasztószükséglet és keverék egyoldali felhordásnál, $q = 140\,\mathrm{g/m^2}$, $v = 10\,\%$, 100 : 20 arány, $\rho = 1{,}2\,\mathrm{kg/l}$ (tájékoztató adatok).

26.4.13. Minőségellenőrzés

A ragasztási számításnál és a keverék elkészítésénél az alábbiakat ellenőrizd:

- A keverék össz tömege megfelel a mérleg szerint.
- A komponensek aránya a számításnak megfelel (nem térfogatra keverted).
- A felület mértékegysége m², a fajlagos felhordás mértékegysége g/m².
- A veszteségtényezőt hozzáadtad, és nem számoltál negatív vagy irreálisan nagy értékkel.
- A keverék állaga homogén, nincs benne csík vagy száraz rög.
- A fazékidőn belül felhasználtad az anyagot.

Minőségellenőrzés. Ha a mérleg szerinti tömeg 5%-nál többel eltér a számítottól, ellenőrizd a mérleget és a beállított tárát. Ha a keverék viszkozitása nem megfelelő, ellenőrizd a hígító és a töltő mennyiségét.

26.4.14. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
A ragasztó nem köt meg	Térfogatra mérted az edzőt tömegrész helyett, vagy rossz a keverési arány	Mindig műhelymérleget használj, számold ki a pontos tömegrészeket
A ragasztó idő előtt besűrűsödik a tálban	Túl nagy keveréket készítettél, a fazékidő lejár	Számold ki a szükséges mennyiséget, és ne keverj 20%-nál többet a szükségesnél
A préselés során túl sok ragasztó folyik ki	Helytelen fajlagos felhordás, vagy túl nagy a hengerhézag a felhordógépen	Ellenőrizd a technológiai lapot, a hengerhézagot, és tartsd be az ajánlott g/m² értéket
A ragasztó a munka végére elfogy	A veszteséget nem számoltad be	Mindig szorozz 1,05–1,20-es veszteségtényezővel

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
A ragasztófelület száraz, a furnér nem tapad	Egyoldali felhordást vagy egyoldalas borítást számoltál, de kétoldalit kellett volna	Kétoldali felhordásnál vagy kétoldalas borításnál a felületet szorozd a ragasztott felületek (fugák) számával

26.4.15. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhelyben egy tanuló 12 db szekrényajtót készített. A lapok mérete 0,75 × 0,50 m, összesen 4,5 m² felület. A fajlagos felhordás 150 g/m², a veszteség 10%. A tanuló kiszámolta:

$$m_{\text{gyak}} = 150 \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}10 = 742{,}5\,\text{g}$$

A keverékhez 100 : 20 arányban gyanta és edző kellett. A tanuló 742,5 g-ot felkerekítve 620 g gyantát és 124 g edzőt mért ki a mérlegen (összesen 744 g). Ez azonban a **kétoldalas borítást** nem tartalmazta, mert elfelejtette beszorozni a felületet kettővel (a mag mindkét lapja kap furnért). A szükséges gyakorlati mennyiség így 150 · 9 · 1,10 = 1 485 g keverék lett volna. Ajtónként 123,75 g keverék kell, ezért a 744 g csak 6 ajtóra volt elég (1 485 − 744 = 741 g ≈ 6 ajtó); a második hat ajtóhoz új keveréket kellett készíteni. A tanuló új keveréket készített, de a munka leállt, és a keverék kidobásra került a lejárt fazékidő miatt. A tanulság: a felület (A) kétszerese, ha kétoldalas a borítás, és a veszteség a bekevert mennyiségre vonatkozik.

26.4.16. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Ha a keverési arány 100 : 20, akkor 100 g edzőhöz 20 g gyantát kell keverni.
2. Mennyi a fajlagos felhordás mértékegysége?
3. Számold ki: 3,5 m² felületre, 120 g/m² fajlagos felhordással, 10% veszteséggel mennyi a gyakorlati ragasztószükséglet?
4. Mi a hiba abban, ha valaki 1000 g keverékhez 800 g gyantát és 200 g edzőt használ 100 : 15 arány előírása esetén?
5. Miért nem elég a ragasztószükségletet csak a borítandó furnér felületére számolni?

26.4.17. Feladatok

1. feladat (A)
Számítsd ki 2,0 kg keverék tömegét és a komponensek tömegét, ha a keverési arány 100 : 20.

2. feladat (A)
Egy 0,80 m²-es felületre 110 g/m² fajlagos felhordást ír elő a technológia. Számítsd ki az elméleti ragasztószükségletet grammban.

3. feladat (B)
Egy 2,40 m²-es kétoldali felületet ragasztasz 140 g/m² fajlagos felhordással. Számítsd ki a gyakorlati mennyiséget 15% veszteséggel. Mennyi ebből a gyanta és az edző 100 : 25 arány esetén?

4. feladat (B)
A fenti gyakorlati mennyiség sűrűsége 1,15 kg/l. Számítsd át a gyakorlati ragasztó teljes tömegét kg-ba, majd literbe.

5. feladat (C)
Egy asztalosműhely 15 db 0,90 m × 0,55 m méretű lapot furnéroz. Az egyoldali felületet veszik figyelembe, fajlagos felhordás 130 g/m², veszteség 12%. A ragasztó keverési aránya 100 : 15, a gyanta mintaára 3 500 Ft/kg, az edző 6 000 Ft/kg. Számítsd ki: a) az összes felületet, b) a gyakorlati ragasztószükségletet kg-ban, c) a komponensek tömegét, d) a teljes ragasztóköltséget forintban.

6. feladat (D)
Tervezz ragasztókeveréket a műhelymérlegre. Adott: 18 db polc, méret 1,20 m × 0,30 m. A lapokat egyoldalon ragasztják, fajlagos felhordás 150 g/m², veszteség 8%. A keverék 100 : 20 arányú. Írd le a számolást lépésenként, és add meg a bekeverendő gyanta és edző tömegét grammban. Milyen ellenőrzést végzel a mérlegen?

26.4.18. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A 100 : 20 arány 100 tömegrész gyantát és 20 tömegrész edzőt jelent.
2. gramm / négyzetméter, g/m².
3. $m_{\text{gyak}} = 3{,}5 \cdot 120 \cdot 1{,}10 = 462\,\text{g}$.
4. 100 : 15 arány esetén a teljes tömegrész 115, nem 100. 1000 g keverékből a gyanta $\frac{100}{115} \cdot 1000 = 869{,}6\,\text{g}$, az edző 130,4 g lenne. A 800 : 200 arány 100 : 25-nek felel meg, ami hibás.
5. Mert a ragasztó a ragasztandó felületek mindegyikére kerül. Kétoldali felhordásnál a furnér felületét kettővel kell szorozni, hacsak a technológia nem egyoldali felhordást ír elő.

1. feladat megoldása
Összes tömegrész: $100 + 20 = 120$.
Gyanta: $2{,}0 \cdot \frac{100}{120} = 1{,}667\,\text{kg}$.
Edző: $2{,}0 \cdot \frac{20}{120} = 0{,}333\,\text{kg}$.
Ellenőrzés: $1{,}667 + 0{,}333 = 2{,}0\,\text{kg}$ ∎

2. feladat megoldása

$$m = q \cdot A = 110 \cdot 0{,}80 = 88\,\text{g}$$

3. feladat megoldása
Összes felület kétoldalira: $A = 2 \cdot 2{,}40 = 4{,}80\,\text{m}^2$.
Elméleti: $140 \cdot 4{,}80 = 672\,\text{g}$.
Gyakorlati 15% veszteséggel: $672 \cdot 1{,}15 = 772{,}8\,\text{g}$.
Keverék 100 : 25 arányban:
Gyanta: $772{,}8 \cdot \frac{100}{125} = 618{,}24\,\text{g}$.
Edző: $772{,}8 \cdot \frac{25}{125} = 154{,}56\,\text{g}$. ∎

4. feladat megoldása
$m = 772{,}8\,\text{g} = 0{,}7728\,\text{kg}$.
Térfogat: $V = \frac{0{,}7728}{1{,}15} = 0{,}672\,\text{l} \approx 672\,\text{ml}$. ∎

5. feladat megoldása
a) Egy lap felülete: $0{,}90 \cdot 0{,}55 = 0{,}495\,\text{m}^2$.

Összes: $15 \cdot 0{,}495 = 7{,}425\,\mathrm{m}^2$.
b) Elméleti: $130 \cdot 7{,}425 = 965{,}25\,\mathrm{g}$.
Gyakorlati: $965{,}25 \cdot 1{,}12 = 1\,081{,}08\,\mathrm{g} = 1{,}08\,\mathrm{kg}$.
c) Teljes tömegrész: $100 + 15 = 115$.
Gyanta: $1\,081{,}08 \cdot \frac{100}{115} = 940{,}0\,\mathrm{g}$.
Edző: $1\,081{,}08 \cdot \frac{15}{115} = 141{,}0\,\mathrm{g}$.
d) Költség:
Gyanta: $0{,}940 \cdot 3\,500 = 3\,290\,\mathrm{Ft}$.
Edző: $0{,}141 \cdot 6\,000 = 846\,\mathrm{Ft}$.
Összes: $4\,136\,\mathrm{Ft}$. ∎

6. feladat megoldása
Egy polc felülete: $1{,}20 \cdot 0{,}30 = 0{,}36\,\mathrm{m}^2$.
Összes: $18 \cdot 0{,}36 = 6{,}48\,\mathrm{m}^2$.
Elméleti: $150 \cdot 6{,}48 = 972\,\mathrm{g}$.
Gyakorlati: $972 \cdot 1{,}08 = 1\,049{,}76\,\mathrm{g} \approx 1\,050\,\mathrm{g}$.
Gyanta: $1\,050 \cdot \frac{100}{120} = 875\,\mathrm{g}$.
Edző: $1\,050 \cdot \frac{20}{120} = 175\,\mathrm{g}$.
Ellenőrzés: a mérlegen a tára lenullázása után először a gyantát mérjük ki 875 g-ig, majd az edzőt 175 g-ig. A kettő összege 1 050 g. ∎

26.4.19. Rövid összefoglaló

A ragasztással kapcsolatos számítások alapja a fajlagos felhordás (q, g/m²) és a felület (A, m²). Az elméleti szükséglet $m_{\mathrm{elm}} = q \cdot A$. A gyakorlati mennyiségbe a veszteséget beszámítjuk: $m_{\mathrm{gyak}} = m_{\mathrm{elm}} \cdot (1 + v/100)$. Kétoldali felhordásnál a felület kétszeresét vesszük. A keverési arány tömegrészben adott. A komponenstömeg $m_a = m_{\mathrm{keverék}} \cdot a/(a+b)$. A keveréket tömegre mérjük, nem térfogatra. A ragasztó költsége a gyakorlati mennyiség és az egységár szorzata. **Továbbvitt eredmény.** A ragasztószükségletet az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alfejezetben használjuk fel, ahol a teljes termék anyagnormáját számoljuk, illetve az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő során a ragasztó anyagköltségét így visszük be a kalkulációba.

26.4.20. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** Faipari szakkönyvek ragasztástechnológiáról, ragasztógyártók műszaki adatlapjai, biztonsági adatlapok, üzemi mérési jegyzőkönyvek.
- **Ellenőrizendő:** A konkrét fajlagos felhordási értékek, fazékidők, keverési arányok és sűrűségadatok mindig a gyártói adatlapról származnak. A példákban használt 120–180 g/m², 1,05–1,25 kg/l értékek tájékoztató jellegűek. A D1–D4 osztályokhoz tartozó felhasználási előírásokat az MSZ EN 204 szabványsorozat tartalmazza **(jelölve: a pontos szabványszám és a hatályos kiadás ellenőrizendő)**. A mintaárak nem piaci adatok, csak a számítási menet gyakorlását szolgálják.

27 Lapszerkezetű termékek gyártása

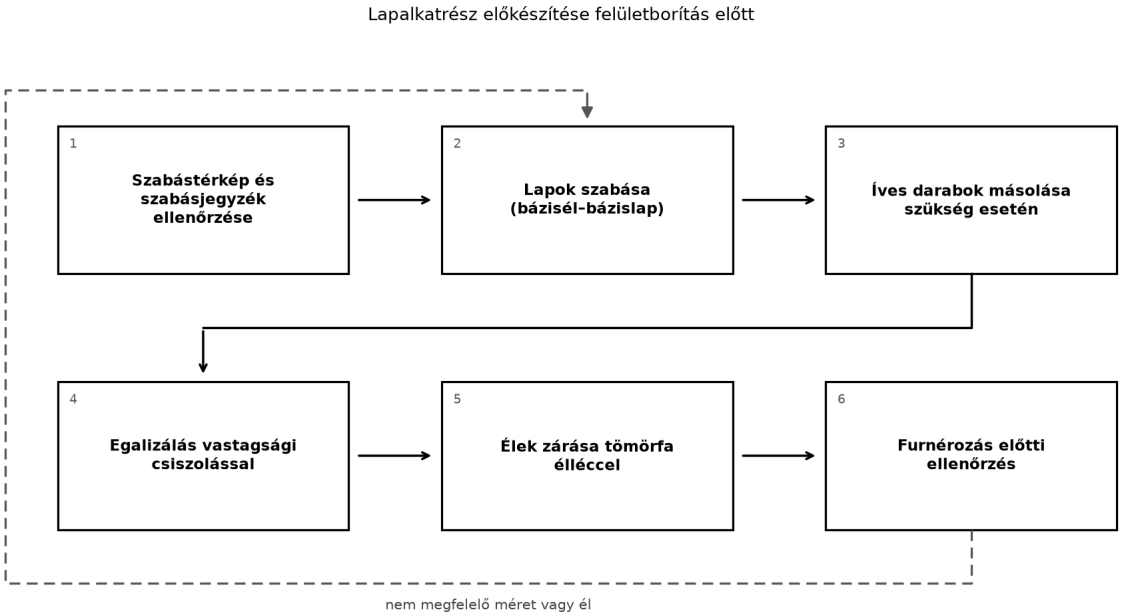
27.1. Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt

27.1.1. Motiváció

Egy megrendelő furnérozott irodai asztallapot kér, amelynek a szabad éle tölgyfurnérral borított. A műhelyben a munkatárs leszabja a nyers forgácslapot, de kihagyja az élzárást. A préseléskor a ragasztó beszívódik a porózus, szálkás forgácslapélbe, a furnér az élnél nem tapad, és felhólyagosodik. A reklamáció tanulsága: a lapalkatrészt nem elég leszabni, a felületborítás előtt egalizálni és az éleket lezárni is kell. Ebben az alfejezetben azt tanuljuk meg, hogyan kell a lapalkatrészeket a szabástérkép alapján, a szálirányt betartva szabni, a leszabott lapot egalizálni, majd az éleket felületborítás előtt tömörfa élléccel zárni.

27.1.2. Szemléletes kép

A gyártási folyamatot az alábbi ábra foglalja össze:



27.1. ábra. Lapalkatrész előkészítése felületborítás előtt - Szemléltető gyártási sorrend: a szabástérkép ellenőrzése után szabás, majd egalizálás és élzárás következik; ha az ellenőrzés hibát talál, vissza kell lépni.

A folyamat lényege: **rajz–anyag–művelet hármas**. A szabásjegyzékből tudjuk a kész méretet, a szabástérképből a szálirányt és a vágási sorrendet, a technológiai lapból pedig a gép beállításait.

Minden darabot úgy készítünk elő, hogy a furnérozásnál a felület sík, az él tömör és a ragasztó egyenletesen tudjon megkötni.

27.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Lapalkatrész-szabás: faalapú lapanyagból (forgácslap, MDF, bútorlap, rétegelt lemez, bevont lap) a szabásjegyzék szerinti méretre vágás, a szabástérképen megadott szálirány, vágásszélesség és szélezési ráhagyás betartásával.

Definíció. Egalizálás: a leszabott lap vastagsági csiszolása, amellyel a lap két oldalát egyenletes, sík felületűvé, a vastagságot pontos méretűvé tesszük a felületborítás előtt.

Definíció. Éllécezés: a lap élére tömörfa léc ragasztása, amely az élt tömörré, teherbíróvá teszi, és lehetővé teszi, hogy a furnér vagy fólia az élre ráfordulhasson.

Definíció. T-léc: olyan műanyag élzáró profil, amelynek keresztmetszete T alakú. A keskeny szára a lap élébe mart horonyba illeszkedik, a széles feje pedig az élt fedi le. Anyaga leggyakrabban PVC, ABS vagy PP. A feje a lap teljes vastagságát, a borítást is fedi, ezért **felületborítás után**, kész élzáróként kerül fel (pl. asztallap, munkalap); furnérozás előtt nem használható, mert a furnér nem fordulhat rá, és a ragasztó a műanyagon nem tapad.

Szabály. A lapalkatrészt mindig a **bázisél–bázislap** elv szerint méretezzük. Először kijelöljük a lap egyik egyenes, derékszögű sarkát, és onnan mérünk minden vágást. A szabásjegyzékben megadott méret a **kész méret**; a ráhagyást (szélezés, csiszolás, élzárás) a technológia szerint hozzáadjuk. A **bázisélt** a tábla hosszabbik, a gyártás során megmunkált egyenes éle adja, a **bázislap** a munkadarab kijelölt, sík referencia-felülete: a gépen ez fekszik az asztalon, ehhez igazítjuk a megmunkálást és a vastagság mérését.

Szabály. A **szálirányt** mindig a szabástérképen jelzett módon kell tartani. Bútorlapnál a lécbetét iránya, rétegelt lemeznél a felső furnérréteg rostiránya, dekorbevonatú lapnál a minta iránya a meghatározó. A hibásan forgatott alkatrész esztétikailag és mérettartás szempontjából is rossz.

27.1.4. Lapszabászati technológiák és a szálirány

A lapszabászat gépeit a Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák alfejezet már bemutatta. Itt a **lapalkatrészekre** alkalmazzuk: a cél nem csupán a méretre vágás, hanem az, hogy a darab készen álljon a furnérozásra, élzárásra.

A leggyakoribb technológiák:

- **Vízszintes táblafelosztó:** nagyméretű tábla sávokra vágása, majd a sávok keresztvágása. Elővágóval kitörésmentes él készül, a program a szabástérkép szerint dolgozik.
- **Függőleges lapszabász:** helytakarékos, kisebb szériához; a táblát állítva, függőlegesen vágja. A szálirányt a tábla befűzésekor kell kézzel ellenőrizni.
- **Asztalos körfűrészgép (formatizáló):** kisebb alkatrészek vagy egyedi darabok szabásához, jó minőségű éllel.
- **Kézi merülőfűrész vezetősínnel:** a táblát a műhelyben, munkalapon szabjuk; pontos, de a vágásszélességet mindig figyelembe kell venni.
- **CNC megmunkálóközpont:** íves és furatolt alkatrészek közvetlen kivágása a rajzprogramból, nagy ismétlési pontossággal.

Lécbetétes és felületkezelt lapok szabása. A **bútorlap** lécbetétes: középső rétege egymáshoz ragasztott tömörfa léc, felülete vékony furnér. A léc iránya a tábla hosszával párhuzamos. Az alkatrészt úgy kell szabni, hogy a **hosszabbik mérete essen a léc irányába**; így a lap síkjában a méretváltozás kisebb, és a szilárdság is jobb. A **rétegelt lemez** felületi furnérjai egymásra merőlegesek; a szabásjegyzékben általában a látható oldal rostiránya szerepel. A **felületkezelt (melaminbevonatú, HPL, CPL) lapoknál** a dekor iránya a döntő, hogy a futtatott faminta vagy a fény iránya minden látható felületen azonos legyen.

Faforgácslapok szabása. A forgácslapnak nincs hagyományos száliránya, de a felületi dekor és a gyártásból adódó belső szerkezet miatt a táblát a szabástérképen jelölt irányban kell megfogni. A forgácslap széle porózus, ezért az élzárásra különösen érzékeny. Vágásnál kötelező az **elővágó** használata, amely a felső rétegből vékony sávot vág le, és így a fő fűrészlap kitörésmentes élt ad. A tompa fűrészlap, a rosszul beállított elővágó az élen kagylós kitörést okoz, amit a ragasztó nem tud kitölteni.

Íves felületek méretre alakítása. Ha a lapalkatrész íves (pl. asztallap sarka, háttámla ívelt eleme), akkor először a külső befoglaló téglalapra szabjuk, majd a végleges ívet kialakítjuk. Az íves vágás módjai:

- **Felülmaró másológyűrűvel vagy csapágyas maróval:** a sablon anyaga MDF vagy rétegelt lemez, 8–15 mm vastag. A sablon a kész méretet adja. Ha **csapágyas marót** használunk, a csapágy a sablonon fut, és a darab a sablonnal azonos méretű lesz. Ha **másológyűrűt** (másolóhüvelyt) használunk, a sablont a gyűrű és a maró átmérőjének különbségéből számolt $e = (D_{\text{gyűrű}} - D_{\text{maró}})/2$ értékkel korrigálni kell: külső kontúrnál a sablon minden oldalon e-vel kisebb, belső kontúrnál e-vel nagyobb a kész mérethez képest. Példa: 17 mm-es gyűrű és 12 mm-es maró esetén $e = (17 - 12)/2 = 2{,}5\,\text{mm}$ oldalanként (befoglaló méretben 5 mm). A sablon készítésekor mindig a tényleges másolási módhoz igazítsuk a méretet.
- **CNC:** a rajzból generált program a kész kontúrt a szerszámkorrekcióval pontosan kivágja. A CNC-nél is fontos a megfelelő szerszám (pl. lefelé forgácsoló vagy – kétoldali bevonatnál – kompressziós maró) a kitörésmentes élhez.
- **Szalagfűrész vagy dekopír fűrész:** vastagabb vagy nehezen kezelhető anyagnál nagyoló vágáshoz, majd felsőmaróval tisztára másolunk.

A sablonos másolásnál a munkadarabot és a sablont gyorsszorítóval vagy kétoldalas ragasztóval rögzítjük, és a marót a sablon élére támasztva, egyenletes előtolással vezetjük. A forgácsolás iránya **ellenirányú legyen**, hogy a maró ne rántsa el a darabot.

27.1.5. Egalizálás

A leszabott lapalkatrész vastagsága gyártási tűrés miatt 0,2–0,5 mm-rel is eltérhet, a felülete pedig a tárolás, szállítás során enyhén hullámossá válhat. A furnérozás vagy fóliázás előtt a lapot **vastagsági csiszológéppel egalizáljuk**. A széles szalagú csiszológép a lap mindkét oldalát egyenletesen csiszolja, és a vastagságot a kívánt méretre hozza.

Technológiai lépések:

1. Mérjük meg a lap vastagságát több ponton, és határozzuk meg a legnagyobb eltérést.
2. Állítsuk be a csiszológép asztalát a célvastagságra, **két-három fogásban** haladva, oldalanként legfeljebb 0,1–0,15 mm-t levéve.
3. Először durvább csiszolószalaggal (pl. 80-as) dolgozzunk, majd finomabbal (pl. 120-as, 150-es) simítsunk.
4. Minden fogás után ellenőrizzük a vastagságot tolómérővel a lap közepén és a széleken.

5. A végén a felület legyen pormentes, sík és nyitott pórusú, hogy a ragasztó jól tapadjon.

Gépbiztonság. A vastagsági csiszológépet csak betanított tanuló, felügyelet mellett kezeli. Indítás előtt: elszívás be, a szalag feszessége és futása rendben, a vészleállító kipróbálva. A gépbe csak a gépkönyv szerinti legkisebb hossznál hosszabb darabot adj; a kezed ne kerüljön az előtoló szalag és a felső nyomópofa közé; a gép kifutási oldalán ne állj. Kesztyűt ne viselj. A porgyűjtőt rendszeresen ürítsd (tűz- és porrobbanás-veszély), viselj fülvédőt és porvédelmet **(ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085 vonatkozó része)**.

Megjegyzés (sorrend). Tömörfa éllécnél a ragasztás után a léc kissé kiáll a lap síkjából. Ipari gyakorlatban gyakori sorrend: szabás, éllécezés, egalizálás (kalibrálás), furnérozás; ebben az alfejezetben a lapot előbb egalizáljuk, a lécet pedig kézzel hozzuk síkba (kis műhely, nincs csiszológép az éllécezés után) **(ellenőrizendő: műhelyi gyakorlat)**. **Megjegyzés.** A vastagsági csiszológép beállítása gyártónként eltér; a fogásonkénti levétel, a szalagsebesség és az előtolás a gépkönyv és a csiszolószalag gyártói adatai szerint választandó **(ellenőrizendő: gépkönyv, szerszámkatalógus)**.

27.1.6. Élek zárása felületborítás előtt

Az egalizált lap élei továbbra is porózusak (főleg forgácslapnál). A felületborítás előtt az éleket le kell zárni, hogy a furnér vagy fólia ragasztója ne szívódjon be, és az él a késztermékeken is tartós, esztétikus legyen. Két alapvető megoldás:

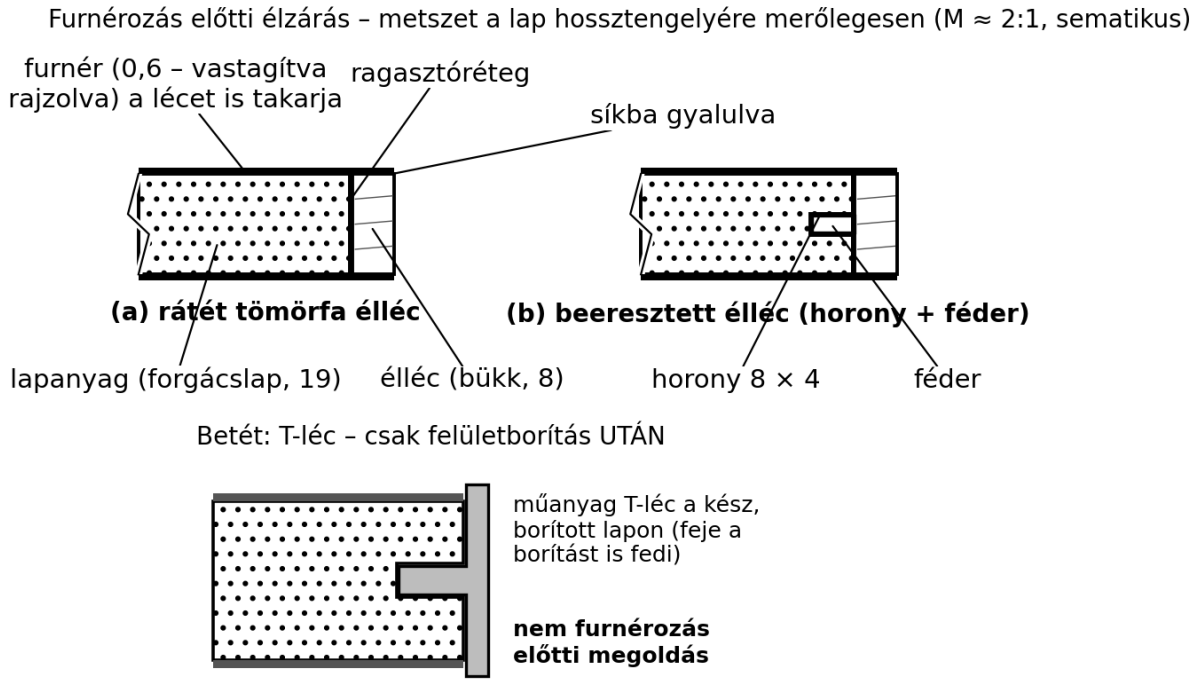
Éllécezés. Az élléc anyaga általában tömörfa (pl. bükk, tölgy, fenyő), mérete az alkatrész vastagságától függ (pl. 20 mm vastag laphoz 20 × 8 mm-es léc). A lépések:

1. Az élt simára csiszoljuk vagy gyaluljuk, hogy a ragasztó egyenletesen megfogja.
2. Az élre és a lécre vékony, egyenletes ragasztóréteget viszünk fel (PVAc ragasztó belső, PUR vagy EPI ragasztó nedves helyre).
3. A lécet az élre illesztjük, és **szorítókkal** vagy vákuumzsákkal rögzítjük.
4. A gyártói adatlap szerinti szorítási időt kivárjuk (általában 15–30 perc, de hőmérsékletfüggő).
5. Száradás után a lécet a lap síkjához munkáljuk: gyaluljuk, csiszoljuk, és az élt derékszögűre igazítjuk.

Beeresztett (horonyba illesztett) tömörfa élléc. Forgácslap, MDF vagy rétegelt lemez élére tömörfa lécet is beeresztünk: a lap élébe horony, a lécre féder kerül. Ez felületborítás előtt is alkalmas élzárás, mert a léc a lap síkjába gyalulható, és a furnér ráfordulhat. A lépések:

1. Az él közepébe **hornyot marunk** asztali vagy kézi felsőmaróval. A horony mélysége és szélessége a féder méretéhez igazodik (pl. horony 8 mm mély, 4 mm széles, ellenőrizendő a léc méretéhez).
2. A hornyot megtisztítjuk a portól.
3. A léc federét és a hornyot vékony ragasztóréteggel kenjük be.
4. A lécet a horonyba nyomjuk, és szorítókkal egyenletes nyomást fejtünk ki.
5. A ragasztó száradása után a lécet a lap síkjához igazítjuk (gyalu, csiszolás).
6. A kinyúló végeket levágjuk.

T-léc (felületborítás után). A műanyag T-lécet a kész, borított lap élére tesszük: a lapba mart horonyba (pl. 2 mm széles) nyomjuk vagy ragasztjuk, és a fejét a lap síkjához igazítjuk. Furnérozás előtti élzárásra nem alkalmas (lásd a 27.4 alfejezetet).



27.2. ábra. Furnérozás előtti élzárás metszetei: (a) rátét és (b) beeresztett (horony + féder) tömörfa élléc a forgácslap élén; a léc a lap síkjába gyalulva, a furnér mindkét oldalon a lécet is takarja. A betét a műanyag T-lécet mutatja, amely csak a felületborítás után, kész élzáróként kerül fel. Sematikus metszet, tájékoztató méretek.

Az ábra szerint a tömörfa élléc a furnér alá kerül: a lécet a lap síkjába gyaluljuk, és a furnér a lécet is takarja. A HTML-kiadásban a lépések (szabott lap, horonymarás, ragasztó, léc és szorítás, síkba gyalulás, furnérozás) egyenként lejátszhatók.

Figyelem. Az élzáráshoz használt ragasztóknál mindig a **biztonsági adatlap** az irányadó. A PUR ragasztó izocianátot tartalmazhat, ezért kesztyű, védőszemüveg és légzésvédelem szükséges; a PVAc ragasztó vizes, de a szorítási idő alatt a munkadarabot rögzíteni kell.

Szabály. Az éllécet (és a felületborítás utáni T-lécet) úgy kell illeszteni, hogy a ragasztó **folytonos** legyen, ne legyen hézag. A préselés után a kinyomódó felesleget azonnal töröljük le nedves ruhával (PVAc) vagy száraz ruhával (PUR, a gyártó szerint), mert a megkötött felesleg csiszolása bordát hagy.

27.1.7. Szabásjegyzék és szabástérkép ellenőrzése a gépnél

Minden gyártás előtt a gép mellett ellenőrizzük a szabásjegyzéket és a szabástérképet. Az ellenőrzőlista:

1. **Darabszám és méretek:** a szabásjegyzék sorai és a szabástérkép darabjai egyeznek-e; a kész méret mm-ben van-e megadva.
2. **Szálirány:** a térkép nyila megegyezik-e a tábla befűzési irányával.
3. **Ráhagyás:** a szabási méretbe be van-e kalkulálva a szélezés (amennyiben szükséges), az egalizálás és az élzárás vastagsága.
4. **Vágásszélesség:** a gépbe a tényleges fűrészlap-vágásszélességet állítottuk-e be.
5. **Maradék:** a tervben szereplő maradék méret nagyobb-e a legkisebb hasznosítási határnál.

6. **Jelölés:** minden darab egyértelmű jelet kap, hogy az egalizálásnál és a furnérozásnál azonosítható legyen.

27.1.8. Számítás

Példa 1 – Sávok száma és vágásszélesség.
Egy 2800 × 2070 mm-es forgácslaptáblából keresztirányban, a 2800 mm-es hossz mentén vágunk 300 mm széles (2070 mm hosszú) sávokat. A fűrészlap vágásszélessége 4 mm. Hány teljes sáv fér ki, és mennyi maradék keletkezik?

Megoldás.
Legyen a sávszélesség $b_{\text{sáv}} = 300\,\text{mm}$, a vágásszélesség $v = 4\,\text{mm}$. A tábla hossza $L = 2800\,\text{mm}$. Ha n sávot vágunk, és marad még maradék is, akkor minden sávot el kell választani a következőtől és a maradéktól is, tehát n vágás van:

$$n \cdot b_{\text{sáv}} + n \cdot v \le L.$$

Helyettesítsünk be:

$$300n + 4n \le 2800.$$

$$304n \le 2800.$$

$$n \le \frac{2800}{304} \approx 9{,}21.$$

Tehát legfeljebb $n = 9$ teljes sáv fér ki. A felhasznált szélesség:

$$9 \cdot 300 + 9 \cdot 4 = 2700 + 36 = 2736\,\text{mm}.$$

A maradék szélesség:

$$2800 - 2736 = 64\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: 9 sáv és 9 vágás összesen $2700 + 36 = 2736$ mm; 2800-ból marad 64 mm. **Megjegyzés.** Szélezés esetén a tábla mindkét végéből 5–10 mm-t levágunk (tájékoztató, ellenőrizendő), ami tovább csökkenti a maradékot. ∎

Példa 2 – Élzáró anyagszükséglet.
Egy irodai polc kész mérete 720 × 300 × 18 mm. A kész, borított polc mind a négy élét T-léccel zárjuk. Hány folyóméter T-léc kell 10 darabhoz, ha 5 % ráhagyással számolunk?

Megoldás.
Egy polc kerülete:

$$K = 2 \cdot (l + b) = 2 \cdot (720 + 300) = 2 \cdot 1020 = 2040\,\text{mm} = 2{,}04\,\text{fm}.$$

10 darabhoz:

$$L_{\text{él}} = 10 \cdot 2{,}04 = 20{,}4\,\text{fm}.$$

Ráhagyás 5 %:

$$L_{\text{rendelt}} = 20{,}4 \cdot 1{,}05 = 21{,}42\,\text{fm}.$$

Kerekítve 21,5 folyómétert érdemes rendelni.
Ellenőrzés: 10 polc egyenként 2 méter körüli él, az 20 m; a 21,5 m reális. ∎

Példa 3 – Egalizálás vastagsági mérete.
A nyers forgácslap vastagsága 19,2 mm, a kész polc vastagsága 18,6 mm. Mennyit kell csiszolni mindkét oldalról egyenletesen?

Megoldás.
A teljes levett vastagság:

$$19{,}2 - 18{,}6 = 0{,}6\,\text{mm}.$$

Mivel két oldalról egyformán csiszolunk, oldalanként:

$$\frac{0{,}6}{2} = 0{,}3\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: $2 \times 0{,}3 = 0{,}6$; $19{,}2 - 0{,}6 = 18{,}6$ mm. ∎

27.1.9. Szabvány

Szabvány. A lapszabászat, egalizálás és élzárás során az alábbi szabályozási területek érvényesek:

- Faipari gépek biztonsága: **MSZ EN ISO 19085 sorozat** (faipari gépek biztonsági követelményei – ellenőrizendő: a konkrét gép szabványa).
- Faalapú lapok követelményei: **MSZ EN 312** (forgácslap), **MSZ EN 622** (farostlemez, MDF), **MSZ EN 13986** (építési faalapú lemezek) – ellenőrizendő: a pontos szabványszámok.
- Formaldehid-kibocsátási osztályok: az E1 osztály határértéke a hatályos szabványban – ellenőrizendő.
- Vegyi anyagok (ragasztók, T-léc anyagok): **CLP-rendelet**, biztonsági adatlap.
- Fapor-egészségvédelem: keményfa-por expozíciós határérték, elszívás, **FFP2/FFP3 légzésvédelem** – ellenőrizendő: konkrét határérték.

27.1.10. Technológiai lap

Cím: Éllécezés felületborítás előtt – tömörfa élléc ragasztása forgácslap élére
Termék/alkatrész: 720 × 300 × 18 mm-es polclap, furnérozandó, mindkét hosszanti éle zárt.
Anyag: forgácslap P2, nyers vastagság 18,6 mm (kész vastagság 18,0 mm); élléc bükk 18 × 8 mm; PVAc ragasztó (D2) belső használatra.

Gépek és szerszámok: táblafelosztó vagy asztalos körfűrészgép, vastagsági csiszológép, egyengető gyalu (a léc simításához), szorítók, csiszolópapír 120-as, ragasztóterítő vagy fogazott spatula, mérőszalag, derékszög, tisztító kendő.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A gépeken a védőburkolat, elszívás, a fűrészlap/gyalukés állapota ellenőrzött. Kesztyűt forgó szerszámnál ne viselj; a ragasztáshoz azonban használj védőkesztyűt. Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, fülvédő, légzésvédelem (porképző műveletnél FFP2), munkaruha.

Indítás előtti ellenőrzés:
1. Szerszám állapota, rögzítése, megengedett fordulatszám.
2. Védőburkolatok, elszívás bekapcsolva.
3. A munkadarabon nincs szeg, csavar, laza göcs, repedés.
4. Vészleállító elérhető.

Számozott lépések:

1. **Szabás:** a lapot a szabástérkép szerint 720 × 284 mm-re szabjuk (kész szélesség 300 mm − 2 × 8 mm élléc), a szálirányt betartva. – Ellenőrzés: hossz és szélesség ±0,5 mm, derékszög 0,5 mm/500 mm-en belül.
2. **Egalizálás:** vastagsági csiszológéppel a lapot 18,6 mm-ről 18,0 mm-re hozzuk, mindkét oldalról 0,3 mm-t levéve. – Ellenőrzés: vastagság tolómérővel 18,0 ± 0,2 mm.
3. **Éllécek előkészítése:** a bükk léceket 18 mm × 9 mm-re gyaluljuk (8 mm kész vastagság + 1 mm síkba gyalulási ráhagyás); hosszuk 720 mm. – Ellenőrzés: a léc egyenes, a széle derékszögű.
4. **Ragasztó felhordása:** a lap hosszanti élére és a bükk léc belső oldalára vékony, egyenletes PVAc ragasztót viszünk fel. – Ellenőrzés: a ragasztóréteg folytonos, nincs csupasz folt.
5. **Illesztés és szorítás:** a lécet az élre illesztjük, és legalább 3–4 gyorsszorítóval, egyenletes nyomással rögzítjük; a kinyomódott ragasztót azonnal nedves ruhával letöröljük. – Ellenőrzés: a léc a lap síkjával egy vonalban, a szorítóerő mindenhol elegendő.
6. **Száradás:** a gyártói adatlap szerinti szorítási időt kivárjuk (pl. 30 perc 20 °C-on, tájékoztató). – Ellenőrzés: a ragasztó megkötött, a léc nem mozdul el.
7. **Síkba hozás:** a lécet a lap síkjához gyaluljuk (a lap szélessége így 300 mm lesz) és 120-as csiszolópapírral simítjuk. – Ellenőrzés: az él derékszögű, a felület sima, pormentes.
8. **Dokumentálás:** a munkanaplóba beírjuk a darabszámot, a ragasztó kódját, a szorítási időt. – Ellenőrzés: a bejegyzés olvasható, a kísérő dokumentumok egyeznek.

27.1.11. Minőségellenőrzés

Ellenőrzési pont	Módszer	Előírt/tájékoztató tűrés
Hossz, szélesség	mérőszalag, acélvonalzó	±0,5 mm (tájékoztató)
Vastagság	tolómérő 5 ponton	±0,2 mm (tájékoztató)
Derékszög	derékszög, átlómérés	átlóeltérés ≤1 mm 500 mm-en (tájékoztató)
Él egyenesség	acélvonalzó, résmérték	max. 0,2 mm hézag (tájékoztató)
Ragasztási hézag	szemrevételezés, hézagmérő	nincs folytonos hézag
Felület pormentessége	fehér kesztyű, ragasztószalag-teszt	pormentes, zsírmentes
Szálirány	összehasonlítás a szabástérképpel	megegyezik a rajzi jelöléssel

Eltérésnél: ha a méret túllépi a tűrést, a darabot újra kell szabni vagy korrigálni; ha az él hézagos, a ragasztást el kell távolítani, az élt újra simítani és ismét ragasztani.

27.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. Hiba: kitörés a fűrészelt élen.
Tünet: a lap élén kagylós, kihullott részek. Ok: tompa fűrészlap, rosszul beállított elővágó, túl gyors előtolás. Helyes gyakorlat: éles, megfelelő fogszámú fűrészlapot használjunk, az elővágót állítsuk be, lassítsuk az előtolást. A hibás élt gyalulni vagy tömíteni kell az élzárás előtt.

2. Hiba: az élléc lepattan vagy hézagos.
Tünet: a léc a lap éléről részben elválik, a ragasztóréteg megszakad. Ok: túl kevés ragasztó, túl rövid szorítási idő, zsíros vagy poros él. Helyes gyakorlat: az élt csiszoljuk, a ragasztót egyenletesen, a gyártói szorítási időt betartva dolgozzunk.

3. Hiba: a T-léc kinyúlik vagy beül a felület alá.
Tünet: a T-léc feje a lap síkjából kiemelkedik, vagy a horonyban ferde. Ok: rossz horonymélység, nem passzentos T-léc, egyenetlen nyomás a beillesztéskor. Helyes gyakorlat: a hornyot méretre marjuk, a T-léc lábát és fejét ellenőrizzük, a beillesztést egyenletes, a lap síkjára merőleges nyomással végezzük.

4. Hiba: a szálirány tévesztés.
Tünet: a furnér mintája oldalanként eltér, vagy a lap a szárítás után görbül. Ok: a szabástérkép jelölését figyelmen kívül hagyták, a táblát forgatták. Helyes gyakorlat: a gépnél a befűzés előtt meg kell egyeznie a tábla szálirányának és a térkép nyilának.

27.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis műhelyben egy megrendelő tölgy furnérral borított asztallapot kért, ahol az asztallap két hosszanti éle tömör tölgy élléccel készül. A munkatárs a forgácslapot leszabta, de az egalizálást kihagyta, és az éllécet közvetlenül a fűrészelt, porózus felületre ragasztotta. A furnér préselésekor az élléc mentén a furnér két helyen felhólyagosodott: a ragasztó a forgácslap élen nem tudott egyenletes filmet képezni, és a furnér alá levegő szorult. A reklamáció során a lapot vissza kellett bontani, az élt megtisztítani, a lapot egalizálni, majd új, szakszerűen ragasztott élléccel ellátni. A tanulság: az élzárás és az egalizálás nem választható el a szabástól; a felületborítás minősége az előkészítésen dől el.

27.1.14. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis?** A forgácslapnak nincs száliránya, ezért a szabástérképen nem kell irányt jelölni. Indokold!
2. **Gyors számolás:** Egy 800 × 600 mm-es ajtóbetét mind a négy élt élléccel zárjuk. Hány folyóméter éllécet kell vágni 3 darabhoz, 10 % ráhagyással?
3. **Hibakeresés:** A T-léc hornyot 6 mm mélyre martuk, de a T-léc lába 8 mm hosszú. Mi történik, és mit kell tennünk?
4. **Szabály:** Miért kötelező az elővágó használata bevont forgácslap vágásakor?
5. **Fogalom:** Mi a különbség a furnérozás előtti tömörfa élléc és a felületborítás utáni T-léc között?
6. **Technológia:** Milyen sorrendben végezzük a lap előkészítését a furnérozás előtt?

27.1.15. Feladatok

1. feladat (A)
Definiáld az **egalizálást** és az **élzárást felületborítás előtt**! Miért van szükségük forgácslap esetén?

2. feladat (A)
Egy lap 19,4 mm vastag nyers forgácslapból készül. A kész vastagság 18,4 mm. Mennyit kell oldalanként csiszolni, ha a két oldalról egyenlő mennyiséget veszünk le?

3. feladat (B)
Egy szabásjegyzékben az alábbi sor szerepel: „Ajtóbetét, 1 db, forgácslap P2, szabási méret 712 × 296 × 18 mm, kész méret 712 × 296 × 18 mm, két hosszanti élén 8 mm vastag élléccel.” Azonosítsd a hibát! Milyen szabási méretnek kellene szerepelnie?

4. feladat (B)
Készíts műveletsort egy íves asztalka „saroklemez” alkatrészének elkészítéséhez, ha a sablont már elkészítettük. Sorold fel a gépeket, szerszámokat és az ellenőrzési pontokat!

5. feladat (C)
Egy furnérozandó konyhai munkalap hátsó élét, a mosogató felőli nedves oldalon kell zárni. Válassz a tömörfa élléc és a műanyag T-léc között, és indokold: melyik és mikor kerülhet fel a furnérozás előtt, melyik után? Milyen ragasztót használnál?

6. feladat (D)
Tervezz meg egy ellenőrzési jegyzőkönyvet egy 1200 × 400 × 18 mm-es nyers forgácslap furnérozás előtti átvételéhez. A jegyzőkönyv tartalmazza a méreteket, derékszöget, élminőséget, felület tisztaságát, és határozd meg a tűréseket (tájékoztató).

27.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A forgácslapnak ugyan nincs természetes száliránya, de a felületkezelt lapokon a dekor, a bútorlapon a lécbetét iránya, a rétegelt lemezen a felső furnér iránya meghatározza a szálirány-jelölést. A szabástérképen mindig jelölni kell a befűzési irányt.

2. Egy ajtóbetét kerülete:

$$K = 2 \cdot (800 + 600) = 2800\,\text{mm} = 2{,}8\,\text{fm}.$$

   3 darabhoz: $3 \cdot 2{,}8 = 8{,}4\,\text{fm}$.
   10 % ráhagyással: $8{,}4 \cdot 1{,}10 = 9{,}24\,\text{fm}$.
   Kerekítve 9,3 fm éllécet kell előkészíteni.

3. A T-léc lába hosszabb, mint a horony mélysége. A T-léc feje nem fog felfeküdni az élre, kilóg, vagy a láb az aljába ütközik. A hornyot 8 mm mélyre kell martani vagy a T-lécet másik, rövidebb lábú típusra cserélni.

4. Az elővágó a bevonat felső rétegéből vékony sávot vág le, megakadályozva, hogy a fő fűrészlap felfelé kitörje a dekorréteget. Kitörés nélküli, tiszta élt ad, ami az élzárás és a furnérozás alapfeltétele.

5. Az élléc tömörfa léc, amelyet a lap élére ragasztunk vagy beeresztünk; furnérozás előtt kerül fel, a furnér ráfordulhat. A T-léc műanyag profil, amelyet a lap élébe mart horonyba illesztünk; a felületborítás után, kész élzáróként kerül fel, a furnér nem fordul rá.

6. A sorrend: szabástérkép ellenőrzése, lapok szabása, (szükség esetén íves másolás), egalizálás, élek zárása, furnérozás előtti ellenőrzés.

1. feladat (A)
Az **egalizálás** a leszabott lap vastagsági csiszolása, amely a lap két oldalát síkra, azonos vastagságra hozza. Az **élzárás felületborítás előtt** a lap élének lezárása tömörfa élléccel, mielőtt furnér vagy fólia kerül a felületre. Forgácslapnál azért szükséges, mert az él porózus, a ragasztót beszívja, a furnér nem tapad, és a lap sérülékeny.

2. feladat (A)
A teljes levett vastagság: $19{,}4 - 18{,}4 = 1{,}0\,\text{mm}$.
Oldalanként: $\frac{1{,}0}{2} = 0{,}5\,\text{mm}$.
Tehát oldalanként 0,5 mm-t kell csiszolni.

3. feladat (B)
A hiba: a szabási méretből nem vonták le az éllécet. A kész méret 712 × 296 mm, a két hosszanti élén 2 × 8 mm élléc kerül, ezért a lapot $712 \times (296 - 2 \cdot 8) = 712 \times 280$ mm-re kell szabni. A helyes sor: „Ajtóbetét, 1 db, forgácslap P2, szabási méret 712 × 280 × 18 mm, kész méret 712 × 296 × 18 mm, élléccel 2 × 8 mm”. A sorrend hossz × szélesség × vastagság.

4. feladat (B)
Műveletsor:

1. A táblát a befoglaló téglalapra szabjuk a táblafelosztón (pl. 400 × 400 mm, ha a saroklemez külső mérete ennyi).
2. A sablont a munkadarabra rögzítjük gyorsszorítóval vagy kétoldalas ragasztóval.
3. A felsőmaróba csapágyas másolómarót vagy másológyűrűt szerelünk; beállítjuk a fordulatszámot.
4. A külső ívet nagyoló vágással (szalagfűrész vagy dekopír) megközelítjük, 2–3 mm ráhagyással.
5. A felsőmaróval a sablonon vezetve, ellenirányú marással a kész ívet kialakítjuk.
6. Az élt csiszoljuk, méret- és derékszög-ellenőrzést végzünk.

Ellenőrzési pontok: a sablon rögzítése nem mozdul, a maró csapágya a sablonon fut, az ív sugara megegyezik a rajzzal, az él kitörésmentes.

5. feladat (C)
Furnérozás előtt csak tömörfa élléc jöhet szóba: a hátsó élre D3/D4 osztályú vagy PUR ragasztóval ragasztott tömörfa élléc kerül, amelyet a lap síkjába gyalulunk, majd a furnér vagy HPL ráfordul. A műanyag T-léc nem megfelelő furnérozás előtt: a feje kilóg a lap síkjából, a furnér nem fordulhat rá, és a ragasztó nem tapad rajta. Ha műanyag élzárást szeretnénk, a T-lécet a felületborítás után tesszük fel a kész élre; ragasztása PUR vagy nedvességálló PVAc (D3/D4) a gyártói adatlap szerint (ellenőrizendő).

6. feladat (D)
Ellenőrzési jegyzőkönyv (minta):

Ellenőrzési pont	Módszer	Előírt/tájékoztató tűrés	Megfelelőség
Hossz 1200 mm	mérőszalag	±0,5 mm	
Szélesség 400 mm	mérőszalag	±0,5 mm	
Vastagság 18 mm	tolómérő 5 ponton	±0,2 mm	

Ellenőrzési pont	Módszer	Előírt/tájékoztató tűrés	Megfelelőség
Derékszög	átlómérés	eltérés ≤1 mm	
Élek	szemrevételezés, acélvonalzó	egyenes, kitörésmentes, max. 0,2 mm hézag	
Felület	fehér kesztyű, ragasztószalag-teszt	pormentes, zsírmentes, sík	
Szálirány	összevetés a szabástérképpel	megegyezik a jelöléssel	

A jegyzőkönyv soronként kitöltendő, a megfelelő mezőbe pipa vagy „nem felel meg”. Eltérésnél a darabot félre kell tenni, és a technológiában meghatározott javítást elvégezni.

27.1.17. Rövid összefoglaló

A lapalkatrész-előkészítés a lapanyag szabásából, **egalizálásából** és az élek felületborítás előtti lezárásából áll. A szabást a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal elvei szerint, a **bázisél–bázislap** szabályt követve végezzük, a szálirányt a szabásjegyzékben és a szabástérképen megadottak szerint tartva. Forgácslapnál, bútorlapnál és bevont lapnál az él minősége kritikus, ezért **élővágót** használunk. A leszabott lapot **vastagsági csiszolással egalizáljuk**, hogy sík, pontos vastagságú, furnérozásra alkalmas felületet kapjunk. Végül az éleket furnérozás előtt **tömörfa élléccel** zárjuk (a műanyag **T-léc** a felületborítás utáni élzáró), hogy a felületborító anyag ragasztója ne szívódjon be, és a késztermék élén is tartós legyen. Az íves alkatrészeket sablonnal, felsőmaróval vagy CNC-vel alakítjuk ki. **Továbbvitt eredmény:** az itt előkészített lapokra kerül a furnér a Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték alfejezetben, ezért az élzárás és az egalizálás minősége közvetlenül meghatározza a furnérozott felület végeredményét.

27.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faalapú lapok szabványai (MSZ EN 312, MSZ EN 622, MSZ EN 13986), faipari gépek biztonsági előírásai (MSZ EN ISO 19085 sorozat), ragasztógyártók műszaki és biztonsági adatlapjai, élézáró profilok gyártói katalógusai, szakkönyvi táblázatok a szabási ráhagyásról és az élzárásról.
Ellenőrizendő pontok: a konkrét lapanyagok vastagsági tűrése; a táblafelosztó gép vágásszélessége; a vastagsági csiszológép fogásonkénti levételre vonatkozó adata; a T-léc horony mérete; a ragasztók vízállósági osztályai (D1–D4) és a szorítási idők; a faipari gépek biztonsági szabványainak aktuális száma; a por- és formaldehid-határértékek. Az összes technológiai paraméter tájékoztató jellegű, éles gyártásnál mindig a gépkönyv, a gyártói adatlap és a hatályos szabvány a mérvadó.

27.2. Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték

A furnérozott bútorlap minősége nagyrészt a préselés előtt eldől. Ha a furnérterítéket rossz sorrendben, görbe éllel vagy hibás ráhagyással fűzöd össze, a présgép már nem javítja ki: hullámos, feszes, tükrözetlen felületet kapsz, és a drága díszfurnér mehet a hulladékba. Ebben az

alfejezetben a borítóanyag szabását, illesztését és **furnérterítékké** való összeállítását tanulod meg, a furnérolló és a furnérfűző gép biztonságos használatával.

Képzeld el a furnérköteget úgy, mint egy kártyapaklit. A kötegben a lapok abból a sorrendből jönnek, ahogyan a rönkből lehámozták vagy lekésezték őket. Ha a lapokat kinyitod, mint egy könyvet, akkor két szomszédos lap egymás tükörképét adja: az egyik oldal „jobb”, a másik „bal” rajzolat. Ezt a tulajdonságot használjuk ki a tükrös furnérképhez. Egy 1200 mm × 600 mm kész méretű asztallap tetejéhez például körülbelül 5 db 145 mm széles és 1240 mm hosszú furnérsáv kell, ha oldalanként 20 mm ráhagyást számolunk.

27.2.1. Furnérteríték és a válogatás alapfogalmai

Definíció. A **furnérteríték** a furnérozandó lap színoldalára kerülő, egymáshoz illesztett és ideiglenesen összefűzött furnérlapok összessége, amelyet a préselés előtt készítünk el. A hátoldalra kerülő kiegyenlítő furnért **ellenfurnérnak** (hátoldali kiegyenlítő furnér) nevezzük, lásd a 27.3 alfejezetet, és sokszor ugyanabból a fafajból, de gyengébb minőségből választjuk.

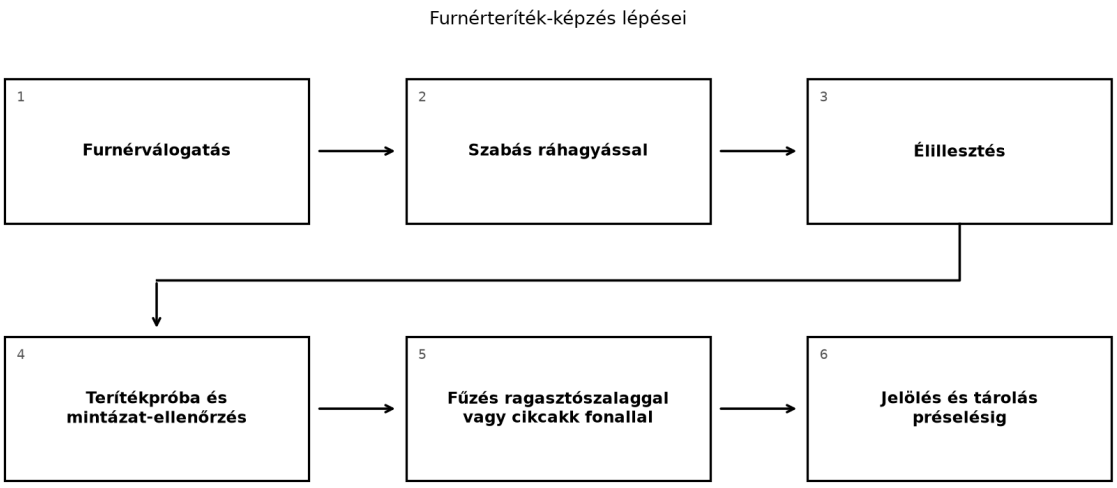
Furnérválogatás. A furnérkötegből dolgozunk: egy **köteg** azonos rönkből, folyamatos vágási sorrendben tartalmazza a lapokat. A válogatásnál figyelni kell a következőkre:

1. **Sorrend:** a lapok eredeti sorrendjét tartsd meg; a hátoldalon ceruzajellel vagy nyíllal jelöld a rostirányt és a sorszámot.
2. **Rajzolat:** a színoldalra kerülő lapok rajzolata legyen folyamatos, göcs-, repedés- és színhibától mentes.
3. **Szín:** a furnér színe a kötegen belül is változhat; a terítékhez egy színtartományból válassz.
4. **Párosítás:** tükrös mintához páros számú, azonos szélességű lapot válassz. A tükrös illesztésnél minden második lapot átfordítunk, ezért a lapok felváltva a két oldalukkal kerülnek felülre; ezt a csiszolásnál és a pácolásnál figyelembe kell venni (a két oldal eltérően veri vissza a fényt). A hátoldali ellenfurnért ne keverd a színoldali lapokkal.

Ráhagyás. A furnérteríték mindig nagyobb, mint a furnérozott alkatrész **kész mérete**. A többletet **ráhagyásnak** nevezzük. A ráhagyás arra való, hogy a préselés közbeni enyhe elmozdulást, a furnér enyhe dagadását vagy a szélek berepedezését a préselés utáni méretre vágásnál el tudjuk tüntetni. Tájékoztató érték oldalanként 15–30 mm; a pontos érték a préselés módjától, a furnér vastagságától és a műhely gyakorlatától függ **(ellenőrizendő: gyártói adat, műhelyi előírás)**.

Szabály. A furnérteríték rostiránya lehetőleg a furnérozott lap hosszirányával párhuzamos legyen, vagy a szerkezeti rajz szerint; a hátoldali ellenfurnér rostiránya és vastagsága egyezzen a színoldalival, hogy a nedvesség okozta feszültség ne húzza el a lapot.

27.2.2. Furnérteríték-képzés folyamata



27.3. ábra. Furnérteríték-képzés lépései - A furnérteríték a préselés előtt lépésekre bontható; a diagram a színoldali és hátoldali furnér együttes kezelését mutatja.

A folyamat minden lépését úgy végezd, hogy a színoldali és a hátoldali furnért **külön terítékként** készíted elő, de a méretet és a rostirányt egyezteted.

27.2.3. Furnér szabása késsel és furnérollóval

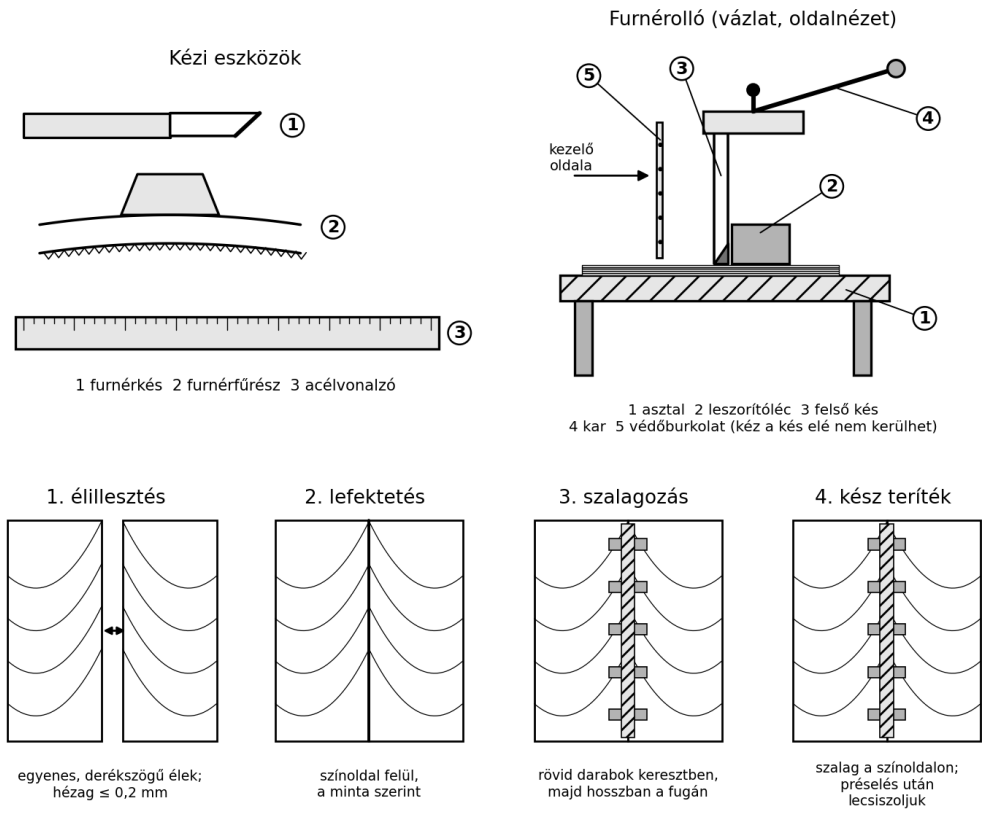
A furnérokat a teríték méreténél nagyobbra, az illesztési sávokra szabjuk. Két fő kézi/gépi módszer van.

27.2.3.1. Furnérvágás késsel

Furnérkéssel vékony, 0,3–0,6 mm vastag furnérokat vághatunk egyenes vonal mentén. A furnért sima, kemény alátétre fektetjük, acélvonalzót helyezünk a vágásvonalra, és a kést húzva, többszöri áthúzással vágjuk át. A kés pengéje mindig éles legyen; tompa késsel a furnér széle roncsolódik, és az illesztésnél hézag keletkezik. A vágásnál a furnér színoldala legyen felül, mert a kés a felső élt vágja tisztábban. A rostiránnyal párhuzamos vágás könnyebb, a rostirányra merőleges vágáshoz gyakran krétával jelöljük a vonalat, és óvatosabban vágunk.

27.2.3.2. Furnérolló

Furnérolló (más néven furnérvágó olló) hosszú, egyenes vágóélű gép. A furnért a gép asztalára fektetik, a vágásvonalat a felső kés alá igazítják, majd a kar lenyomásával a kés átvágja a furnért. A vágóél hossza gyakran több méter, ezért egyszerre több furnérlapot is szabhatunk. A furnérollóval csak egyenes vonalú vágást végzünk, és a vágás gyors, pontos, tiszta. Az ütköző beállításával azonos szélességű sávokat vághatunk. A furnérolló előnye, hogy a vágás közben a furnér nem csúszik el, és az élek párhuzamosak. A vágott él azonban nem mindig elég sima a közvetlen illesztéshez, ezért utána gyakran élillesztést végzünk.



27.4. ábra. A furnér szabásának eszközei (furnérkés, furnérfűrész, acélvonalzó, furnérolló vázlata) és a ragasztószalagos fűzés négy lépése

27.2.4. Élillesztés: fűrész, gyalu

A furnérsávok élei csak akkor zárnak hézagmentesen, ha az élek egyenesek és derékszögben állnak a furnér síkjára. A furnér éleit **furnérfűrésszel** vagy **furnérgyaluval** illesztjük.

- **Furnérfűrész:** finom fogazású, kis kézi fűrész, esetleg asztali furnérfűrészgép. A gyakorlatban több furnérlapot szorítólécek közé fogunk, és együtt fűrészeljük át, így a szomszédos élek egymáshoz illeszkednek.
- **Furnérgyalu:** hosszú, finom beállítású kézi gyalu, vagy asztali furnérél-gyalu gép. A furnért párhuzamos ütközőhöz szorítva, a gyalut az él mentén végighúzva pontosan derékszögű, sima élt kapunk.

Az illesztés után a sávokat szárazon egymás mellé téve szemrevételezzük: az éleknek szárazon, fény felé tartva is hézagmentesen kell záródniuk; látható fényrés nem megengedett **(ellenőrizendő: műhelyi minőségi előírás)**. A túl nagy hézagot a préselés után a csiszolás nem tünteti el, mert a furnér alól a ragasztó vagy a hordozó lap színe átlátszik.

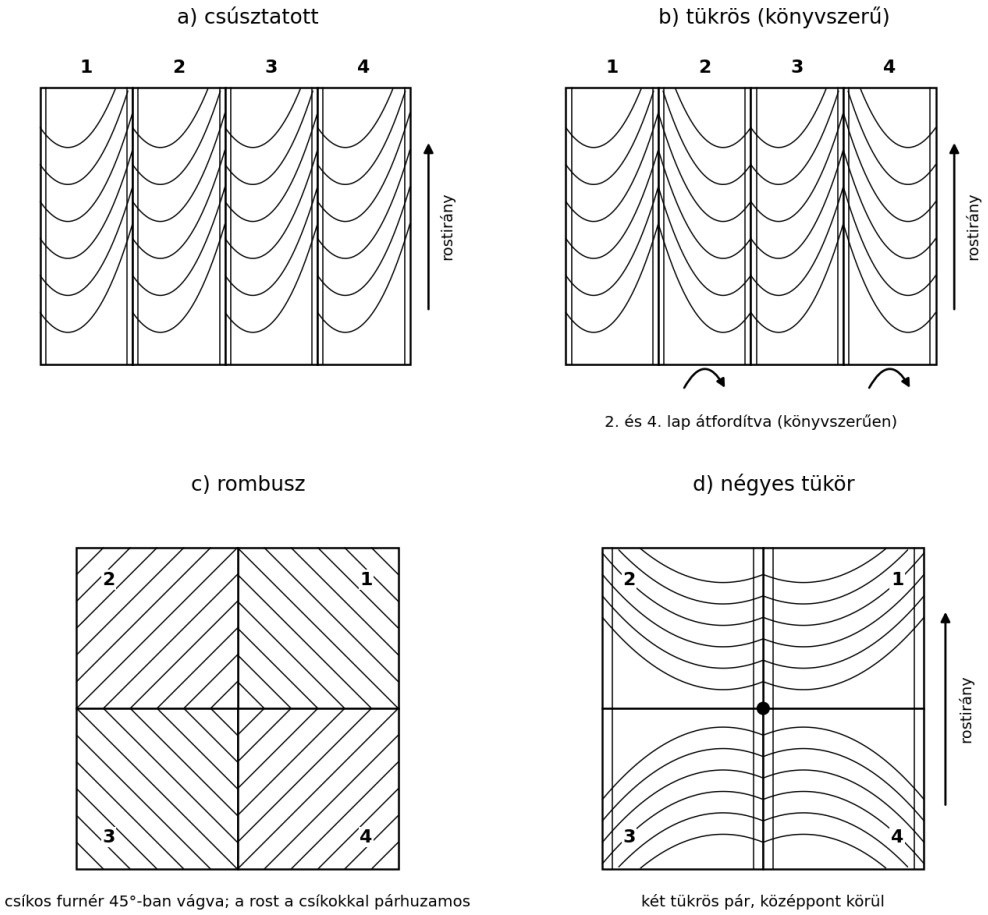
27.2.5. Illesztési minták

A furnérteríték mintázata a furnérsávok elrendezéséből adódik. Négy alapvető elrendezést használunk.

- **Csúsztatott illesztés.** A lapokat azonos irányban, az eredeti kötegsorrendben egymás mellé fektetjük. A rajzolat folytonosan halad; a szomszédos lapok nem tükörképei egymásnak. Hosszú, keskeny felületekre, szekrényoldalakra jó.
- **Tükrös (könyvszerű) illesztés.** Minden második lapot a hosszél mentén átfordítunk, mint egy könyv lapját; így a szomszédos sávok egymás tükörképei, és a lapok felváltva a két oldalukkal kerülnek felülre. Középtengelyre szimmetrikus képhez páros számú, azonos szélességű furnérsávra van szükség. A tükrös minta széles asztallapokon, ajtóbetéteken mutatós.
- **Rombusz illesztés.** A furnért 45°-os szögben vágjuk, és a sávokat úgy illesztjük, hogy a vágott élek rombusz alakú mezőket zárnak közre. A minta hangsúlyos, de sok hulladékkal jár, mert a ferde vágás miatt a szélső részek elvesznek.
- **Négyes tükör illesztés.** Négy, a kötegben egymást követő lapot hossz- és keresztirányban is tükrözünk, így a négy mező a középpontban szimmetrikusan találkozik; a rostirány minden mezőben azonos (vagy egy középpontból sugárirányú, ún. csillagminta). Asztallapok, dohányzóasztalok, reprezentatív bútorlapok közepén alkalmazzák.

Furnérteríték-mintázatok rajza. A rajzon a furnérterítéket felülnézetben ábrázoljuk, színoldal felől; a méreteket mm-ben, a rostirányt nyíllal adjuk meg. Egy 1200 mm × 600 mm-es furnérteríték rajzán a hosszirányú sávok 145 mm szélesek; a középső sáv teljes, a két-két oldalsó sáv tükröződik. A sávok találkozásánál vékony illesztési vonalat húzunk; a furnér anyagát a faipari szakrajz szerint rostirányú jelekkel, a furnér vastagságát metszeten vonalvastagsággal jelöljük. A rajz mellett anyagjegyzékben megadjuk a sávok számát, kész méretét és típusát.

A négy minta különbségét és a lapok kötegbeli sorrendjét az alábbi ábra mutatja; a tükrös és a négyes tükör mintában minden második lapot könyvlapként átfordítunk.



27.5. ábra. Négy furnérillesztési minta felülnézetben, színoldal felől: a) csúsztatott, b) tükrös, c) rombusz, d) négyes tükör (sematikus rajzolat)

27.2.6. Furnérteríték-képzés: ragasztószalag, cikcakk fűzés, fűzőgép

A kiválasztott, leszabott és élillesztett furnérsávokat a préselés előtt ideiglenesen össze kell fogni. Erre szolgál a **furnérteríték-képzés** befejező lépése, a fűzés.

27.2.6.1. Ragasztószalagos fűzés

A furnérsávokat a színoldalon felfelé, a mintának megfelelően egymás mellé fektetjük. Az illesztési hézagokra **ragasztószalagot**, leggyakrabban perforált vagy nedvesíthető papírszalagot fektetünk. A szalag nem lehet túl vastag, és préselés után csiszolással eltávolítjuk. A ragasztószalag előnye, hogy olcsó, gyors; hátránya, hogy a nedvesített szalag a furnér szélét megnedvesítheti, ezért a préselés előtt hagyni kell megszáradni, különben a furnér hullámosodik.

27.2.6.2. Cikcakk fűzés fűzőgéppel

A **furnérfűző gép** (fűzőgép) a furnérsávok találkozásánál **melegen olvadó ragasztófonalat** fektet cikcakk vonalban, és rányomja a furnérra. A gép a furnérterítéket görgők segítségével, egyenletes sebességgel továbbítja; a fonalat fűtött fej olvasztja meg. A cikcakk fonal **nem hagy**

vastag nyomot, mert a préseléskor a furnérba simul; a fonal anyaga hőre lágyuló műanyag (pontos típus a gyártó adata szerint, **ellenőrizendő**). A fűzés lehet kézi adagolású asztali gép, de nagyobb műhelyekben automatikus furnérfűző vonalak is előfordulnak.

A **fűzőgép** működtetésénél ügyelj a fonal hőmérsékletére, a fonal adagolására és a furnér előtolására. A fűzés fonala ne legyen túl feszes, mert összehúzhatja a sávokat és hullámot okoz; túl laza fűzésnél viszont a sávok szétnyílnak.

27.2.6.3. A furnérolló és a fűzőgép biztonsága

Gépbiztonság. A furnérollót és a furnérfűző gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőburkolat nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. A furnérolló hosszú vágókése éles; a vágás közben a kéznek a kés elé kerülnie tilos. A fűzőgép fűtött feje, ragasztófonala és előtoló görgői égési, becsípési sérülést okozhatnak; a burkolatot ne távolítsd el. Minden beállítás, takarítás előtt áramtalanítsd a gépet, és várd meg, amíg a fűtött részek lehűlnek.

27.2.7. Furnérválogatás ellenőrzőlista

Technológiai előkészítő. A furnérteríték készítésének megkezdése előtt:

1. Ellenőrizd a furnérozandó lap kész méretét és a szerkezeti rajz rostirányát.
2. Válaszd ki a furnérköteget; keress hibás, repedt, elszíneződött lapokat.
3. Határozd meg az illesztési mintát (csúsztatott, tükrös, rombusz, négyes tükör).
4. Számold ki a szükséges sávok számát a kész méret és a ráhagyás alapján.
5. Jelöld meg a furnér hátoldalán a sorszámot, rostirányt, vágásvonalat.
6. Készítsd elő a ragasztószalagot vagy a fűzőfonalat, és állítsd be a gépeket.

27.2.8. Számítások: furnérteríték méret és sávok száma

Számítás. Adott egy furnérozandó asztallap kész mérete 800 mm × 400 mm. A ráhagyás oldalanként 20 mm. A furnérteríték szabási mérete:

- Hossz: $l_{\text{szabás}} = 800 + 2 \cdot 20 = 840\,\text{mm}$
- Szélesség: $b_{\text{szabás}} = 400 + 2 \cdot 20 = 440\,\text{mm}$
- Terület: $A = 0{,}84 \cdot 0{,}44 = 0{,}3696\,\text{m}^2 \approx 0{,}37\,\text{m}^2$

A hátoldalra ugyanekkora területű ellenfurnért számolunk, így a teljes furnérteríték-szükséglet $\approx 2 \times 0{,}37 = 0{,}74$ m². Ez a terület nem a préselés utáni kész méret, hanem a ráhagyásos szabási méret; a ténylegesen felhasznált furnér a sávok méretéből és a fűzési hulladékból adódik.

Számítás. Egy 1200 mm × 600 mm kész méretű előlaphoz tükrös (könyvszerű) mintát akarunk készíteni. A ráhagyás oldalanként 25 mm. A szabási teríték mérete:

- Hossz: 1250 mm
- Szélesség: 650 mm

A rendelkezésre álló késelt furnérlapok hasznos szélessége 145 mm, hossza 1500 mm. A 650 mm szélességű terítékhez szükséges sávok száma:

$$n = \frac{b_{\text{szabás}}}{b_{\text{sáv}}} = \frac{650}{145} \approx 4{,}48 \Rightarrow 5\,\text{sáv}.$$

A tükrös mintához azonban páros sávszám kell, hogy minden sávnak meglegyen a tükörképe, ezért 6 sávot használunk (három tükrös pár). A színoldalra 6 sáv, a hátoldalra 6 ellenfurnér sáv kell, összesen 12 furnérsáv. A sávok hosszát a teríték hosszánál 1250 mm-re vágjuk; a 1500 mm hosszúságú furnérlapból sávonként 250 mm hulladék keletkezik. Ellenőrzés: 6×145 mm $= 870$ mm ≥ 650 mm, tehát a ráhagyásos szélesség megvan; a szélső sávokat és a felesleget a teríték méretére vágjuk (vagy a hat sávot egyenként $650/6 \approx 108$ mm szélesre szabjuk). ∎

27.2.9. Technológiai lap: tölgy furnérteríték készítése tükrös mintával

Cél: 800 mm × 400 mm kész méretű bútorlapra 0,6 mm vastag késelt tölgy furnérból tükrös furnérterítéket készíteni (szabási méret oldalanként 25 mm ráhagyással 850 × 450 mm); a hátoldalraz ellenfurnér kerül.

Anyagok: tölgy késelt furnér, tölgy ellenfurnér (gyengébb minőség, hasonló zsugorodású fafaj), furnérragasztószalag vagy cikcakk fonal, acélvonalzó, mérőeszközök.

Szerszámok, gépek: furnérolló, furnérfűrész vagy furnérgyalu, furnérfűző gép, derékszögelő, ragasztószalag-adagoló, csiszolólap finom szemcsével.

Gépbiztonság. A furnérollót és a fűzőgépet csak betanított, felügyelt tanuló használja; a vágókést és a fűtött fejet védőburkolat fedje. Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, a furnér mozgatásához kesztyű, a fűtött gép beállításánál hőálló kesztyű; porelszívás, ha furnérfűrészt használsz, és szükség esetén légzésvédő.

Indítás előtti ellenőrzés. A furnérolló kése éles és párhuzamos az ütközővel; a fűzőgép fonala fel van fűzve, a hőmérséklet a gyártó adata szerinti; a furnérokon nincs szeg, kő, fém; a munkaterület tiszta, a vészleállító elérhető.

Lépések:

1. **Válogatás.** Ell. a furnérsáv sorszám- és nyíljelölése, a rajzolat folyamatos. – ellenőrzés: a színoldali sávok száma 4, a hátoldali 4.
2. **Szabás.** A furnért a furnérollóval 850 mm hosszú, 145 mm széles sávokra vágd (4 sáv × 145 = 580 mm ≥ 450 mm). – ellenőrzés: a vágott él egyenes, a méret 850 mm ± 1 mm, a szélesség 145 mm ± 0,5 mm.
3. **Élillesztés.** A sávokat furnérfűrésszel vagy furnérgyaluval illeszd egyenesre; a szomszédos éleket egymáshoz próbáld. – ellenőrzés: hézagmentes illeszkedés, derékszög.
4. **Terítékpróba.** A színoldali sávokat tükrös mintával fektesd ki; nézd meg a rajzolatot és a színt. – ellenőrzés: két tükrös pár (1–2 és 3–4), a szomszédos sávok egymás tükörképei; a sávok széle párhuzamos.
5. **Fűzés.** A fűzőgép cikcakk fonalát az illesztési vonalak mentén vezesd végig; a szélső sávoknál is fűzz, hogy a teríték stabil legyen. – ellenőrzés: a fonal a hézagban van, nem csúszott a sávra.
6. **Hátoldali ellenfurnér.** Az ellenfurnért ugyanarra a méretre és rostiránnyal készítsd el; a teríték hátoldalán jelöld. – ellenőrzés: az ellenfurnér teríték mérete és rostiránya azonos.
7. **Dokumentálás.** A munkalapon rögzítsd a furnér fafaját, vastagságát, a mintázatot, a sávok számát és a fűzés módját. – ellenőrzés: a feljegyzett adatok a rajzzal egyeznek.

27.2.10. Minőségellenőrzés

A furnérterítéket préselés előtt mindig ellenőrizd.

- **Méret:** a teríték szabási mérete legalább a kész méret + oldalankénti ráhagyás; tűrés tájékoztatóan ± 1 mm hosszban, ± 0,5 mm sávszélességben.
- **Derékszög:** a sávok élei párhuzamosak, a sarkok derékszögűek; derékszögelővel vagy átlóméréssel.
- **Illesztés:** a sávok között nincs hézag, vagy a szárazon összetett élek hézagmentesek (látható fényrés nem megengedett); a fonal/szalag a hézagon fut, nem a furnér felületén.
- **Rajzolat, szín:** a minta folyamatos, tükrözésnél a párok azonos rajzolatúak; a színeltérés nem feltűnő.
- **Hátoldal:** az ellenfurnér mérete, vastagsága és rostiránya a színoldalival összhangban van.
- **Tárolás:** a furnérterítéket préselésig száraz, pormentes helyen, síkban tárold; jelöld a színoldalt.

Eltérésnél a hibás sávot cseréld, vagy az illesztést ismételd; a préselés előtt minden hibát javítani kell, mert utána a furnérteríték hibája a kész felületen is megjelenik.

27.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A furnérteríték préselés után hullámos, a sávok közötti vonal látszik.** Oka lehet rossz élillesztés: a furnér élek nem egyenesek, vagy nem derékszögben állnak; a fűzés fonala túl feszes, és összehúzza a sávokat. A helyes gyakorlat az élillesztés utáni száraz próba, és a fűzés feszességének ellenőrzése.

2. **A tükrözés nem pontos, az egyik oldal rajzolata „elcsúszott”.** Oka a furnérköteg sorrendjének keveredése, vagy a lapok rossz oldalról való megfordítása. A lapokat mindig a hátoldalon jelöld, és a köteg sorrendjét tartsd.

3. **A préselés után a furnér széle berepedt vagy kicsorbult, mert kevés volt a ráhagyás.** Oka a ráhagyás hibás számítása vagy a préselés közbeni elmozdulás. A ráhagyást a kész méretre és a préselési gyakorlatra méretezd, és a terítéket préselés előtt rögzítsd.

4. **A furnérteríték megégése, a fűzőfonal átolvasztása.** Oka a fűzőgép túl magas hőmérséklete, vagy az előtolás leállítása a fűtött fej alatt. A gép hőmérsékletét mindig a gyártó adata szerint állítsd be, és ha megállsz, húzd ki a furnért a fűtőzónából.

Hibaelemzési eset.

Tünet: A préselés után egy 600 mm × 400 mm-es furnérozott előlap színoldalán az egyik tükrös sáv hullámos, a préselés során a furnér felpúposodott, és a felületkezelés után a hiba felerősödött.

Lehetséges okok: a furnér nedvességtartalma túl alacsony vagy túl magas; a fűzés nem rögzítette a sávot; a ragasztó nem terült; a présnyomás egyenetlen; a hátoldali ellenfurnér nem azonos rostirányú.

Vizsgálat: A műhelyben ellenőrizték a visszamaradt furnérokat: a nedvességtartalom 5 % alatt volt, a fűzés cikcakk fonala túl feszesen húzta a sávot, és a hátoldalon az ellenfurnér rostiránya 90°-kal eltért.

Valódi ok: A furnérokat nem kondicionálták préselés előtt; a fűzőgép fonala összehúzta a sávot; a hátoldali ellenfurnér rostiránya nem kompenzálta a színoldali furnér mozgását.

Javítás: A hibás terítéket le kellett csiszolni, és a lapot újra furnérozni; a kész bútorlap nem volt javítható.

Megelőzés: A furnérokat a műhely klímájához igazodó fanedvességre kondicionáljuk; a fűzés fonalának feszességét szabályozzuk; a hátoldali ellenfurnér rostirányát a színoldalival azonossá tesszük.

27.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhely dió furnéros étkezőasztalt készített. A furnért a megrendelő kérésére „tükrösen” kellett elrendezni. Az asztalos a furnérlapokat a kötegből nem a sorrend szerint válogatta, hanem egyszerűen egymás mellé tette a szebb rajzolatú lapokat. A préselés után az asztallap közepén a két oldal színe és rajzolata nem tükrözött: az egyik oldalon a sötét évgyűrűvonalak kifelé, a másikon befelé futottak, és a lap „mozgalmas” lett. A megrendelő nem vette át. A hibás furnért le kellett csiszolni, és a lapot újra kellett furnérozni; a darab csak ezzel a teljes újrafurnérozással volt menthető. A tanulság az, hogy a furnérteríték soha nem csak szabás és fűzés: a furnérköteg sorrendje, a színoldal, a rostirány és a minta kiválasztása együttesen minőségi tényező.

27.2.13. Önellenőrzés

1. Mi a furnérteríték, és miért kell a kész méretnél nagyobbra készíteni?
2. Igaz-e, hogy a középtengelyre szimmetrikus tükrös (könyvszerű) illesztéshez páratlan számú furnérsáv is elegendő?
3. Melyik gép alkalmas hosszú, párhuzamos egyenes furnérdarabok vágására?
4. Mi a különbség a ragasztószalagos fűzés és a cikcakk fonalas fűzés között?
5. Miért kell a hátoldalra is furnért ragasztani?

A válaszokat lásd a Megoldások elején.

27.2.14. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg röviden: mi a furnérteríték és mi a ráhagyás?

2. feladat (A). Egy furnéros lap kész mérete 600 mm × 300 mm. Oldalanként 20 mm ráhagyást számolva add meg a furnérteríték szabási méretét mm-ben és a teríték területét m^2-ben.

3. feladat (B). Erre a terítékre a hosszirányú sávokat 150 mm széles furnérból készíted. Hány sáv kell a színoldalra, ha a szabási szélesség 340 mm? Mennyi a színoldal és a hátoldal összes sávszáma, ha a hátoldalra ugyanannyi ellenfurnér sáv kell?

4. feladat (B). Ismert a furnérolló és a furnérfűző gép: sorold fel, milyen védőberendezéseket és egyéni védőeszközöket használnál a munkához, és miért tilos a vágókést burkolat nélkül üzemeltetni?

5. feladat (C). Egy préselés után a furnérteríték sávjai közötti illesztésnél a ragasztó alól a hordozó lap színe átlátszik. Mi lehet a hiba oka, és hogyan előzheted meg a következő gyártásnál? Vizsgáld meg a lehetséges okokat, és válaszd ki a legvalószínűbbet.

6. feladat (D). Tervezd meg egy 1000 mm × 500 mm kész méretű asztallap furnérteríték̀ét: válassz tükrös mintát, számold ki a szükséges furnérsávok számát 160 mm-es sávszélességgel, oldalanként 25 mm ráhagyással, és írd le a munkafolyamat lépéseit a válogatástól a préselésig. Jelöld, hol ellenőriznéd a minőséget.

27.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A furnérteríték a furnérozandó lap színoldalára kerülő, egymáshoz illesztett, ideiglenesen összefűzött furnérsávok összessége. Azért kell nagyobbra készíteni, hogy a préselés közbeni elmozdulást, dagadást és az esetleges szélrepedést a kész méretre vágásnál eltüntessük.
2. Hamis. A tükrös (könyvszerű) illesztéshez páros számú, azonos szélességű, a kötegből egymás mellé kerülő furnérsáv szükséges, hogy minden lapnak meglegyen a tükörképe.
3. A furnérolló.
4. A ragasztószalagos fűzés nedvesíthető papírszalagot használ, amelyet préselés után lecsiszolunk; a cikcakk fonalas fűzés melegen olvadó fonalat használ, amelyet a fűzőgép rányom a hézagra, és nem igényel utólagos szalageltávolítást.
5. A hátoldalra azért kell furnér, hogy a színoldali furnér nedvesség okozta zsugorodását-dagadását kiegyenlítse, és a lap ne húzódjon el.

1. feladat megoldása (A). A furnérteríték a színoldali furnérsávok préselésre előkészített együttese; a ráhagyás a kész méreten felüli többlet, amelyet préselés után vágnak le.

2. feladat megoldása (A). A szabási hossz $600 + 2 \cdot 20 = 640\,\text{mm}$; a szabási szélesség $300 + 2 \cdot 20 = 340\,\text{mm}$; a teríték területe $0{,}64 \cdot 0{,}34 = 0{,}2176\,\text{m}^2 \approx 0{,}22\,\text{m}^2$.

3. feladat megoldása (B). A szabási szélesség 340 mm; 150 mm-es sávokból: $340/150 \approx 2{,}27$, tehát 3 sáv kell. A színoldalra 3, a hátoldalra 3, összesen 6 sáv.

4. feladat megoldása (B). A furnérollónál a hosszú kést védőburkolat, ujjvédő és ütköző védi; a fűzőgépnél a fűtött fej és az előtoló görgők burkolata, vészleállító, elszívás. Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, kesztyű a furnér mozgatásához, hőálló kesztyű a fűzőgép beállításánál. A vágókést burkolat nélkül üzemeltetni tilos, mert a kéz becsúszhat, és súlyos vágási sérülés keletkezik.

5. feladat megoldása (C). A ragasztó alól átlátszó hordozó a sávok közötti hézagra utal. Ok lehet: nem egyenes élillesztés, a furnérgyalu/fűrész éle tompa, a fűzés nem húzta össze a sávokat, vagy a furnér élén a ragasztószalag benyomódott. Legvalószínűbb az élillesztés hibája, mert a fűzés nem tudja pótolni a görbe élt; a helyes gyakorlat az élek száraz illesztése és hézagmentes próba a préselés előtt.

6. feladat megoldása (D). A szabási méret: hossz $1000 + 2 \cdot 25 = 1050\,\text{mm}$; szélesség $500 + 2 \cdot 25 = 550\,\text{mm}$. A 160 mm széles sávokból: $550/160 \approx 3{,}44$, tehát 4 sáv. A tükrös minta: a négy sáv két tükrös pár (1-2 és 3-4), vagy 2+2 páros elrendezés. A színoldalra 4, a hátoldalra 4 sáv kell, összesen 8 sáv. Lépések: válogatás, szabás 1050×160 mm-es sávokra, élillesztés, száraz terítékpróba tükrözés, fűzés a hézagok mentén, hátoldali ellenfurnér előkészítése, préselésig jelölés és sík tárolás. Ellenőrzés: a szabási méret, a sávok egyenlő szélessége, a hézagok záródása, a fűzés feszessége, és a hátoldali furnér méret/rostirány azonossága.

27.2.16. Rövid összefoglaló

A furnérteríték a préselésre előkészített, színoldali furnérsávok összessége, amelyet a faipari gyakorlatban a furnérválogatás, szabás, élillesztés és fűzés lépéseivel alakítunk ki. A furnért úgy kell szabni, hogy a kész méretnél oldalanként **ráhagyással** nagyobb legyen; a hátoldalra azonos vastagságú, azonos rostirányú ellenfurnér kerül. A furnérolló hosszú, párhuzamos vágásra alkalmas; a fűzőgép cikcakk ragasztófonalat fektet az illesztési hézagokra. Az illesztési minták: csúsztatott, tükrös, rombusz, négyes tükör; a tükrös mintához páros számú, azonos szélességű, a furnérköteg sorrendjéből származó sáv kell. A préselés előtti ellenőrzés feltárja a hézagot, a fűzési hibát és a mérettűrést; préselés után a terítékhiba már csak teljes újrafurnérozással javítható.

Továbbvitt eredmény: az így elkészített furnérterítéket préseljük rá a hordozó lapra a Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása alfejezetben; ott a fűzés és a ráhagyás szerepe a préselési technológiában folytatódik.

27.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN 635 furnér-osztályozási szabványsorozat – pontos szám, kiadás, hatály ellenőrizendő.
- Fűrészelt/késelt furnérok nedvességtartalom-célértéke préselés előtt – gyártói adat; a 8–10 % tájékoztató, ellenőrizendő.
- Ráhagyás értéke (15–30 mm) – műhelyi gyakorlat, ellenőrizendő.
- Fűzőfonal termékleírása, hőmérséklet, előtolási sebesség – gyártói adat, ellenőrizendő.
- Furnérfűző gépek biztonsági előírásai – MSZ EN ISO 19085 sorozat (faipari gépek biztonsága), pontos szabványrész ellenőrizendő.

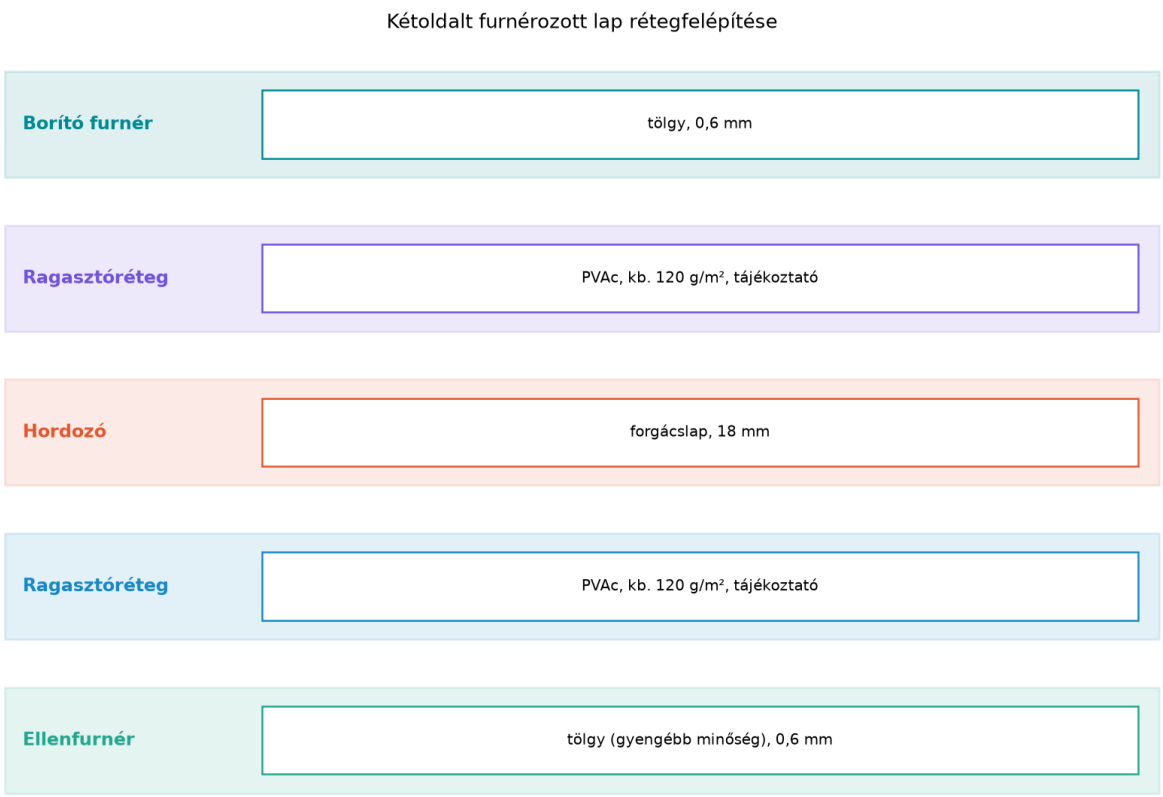
27.3. Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása

27.3.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben konyhaajtó-frontokat gyártanak. A vevő tölgy furnérral borított, 18 mm vastag forgácslapból készült ajtót rendel. A munkadarabra egyoldalasan ragasztják fel a tölgy furnért, mert „úgysem látszik a másik oldala”. Néhány nap múlva az elkészült ajtólap meggörbül, a széle felpöndörödik, a felületén repedések jelennek meg. A vevő reklamál. A hibát az okozta, hogy a furnérozott lap rétegei nem voltak szimmetrikusak: a felső furnér a nedvességváltozásra zsugorodott, a hátoldal üres maradt, így a lap meghajlott. Ezért kell alaposan ismerni a furnérozás technológiáját, a kétoldali borítás szerepét, a préselés paramétereit és a préselés utáni műveleteket.

27.3.2. Szemléletes kép

A furnérozott lap rétegeit az alábbi rétegfelépítés mutatja. A középső forgácslap a hordozó, erre mindkét oldalt ragasztóréteg, majd furnér kerül. A felső, látható furnér a **borító furnér**, az alsó, nem látható furnér az **ellenfurnér**. Az ellenfurnér kiegyensúlyozza a felső furnér nedvesség okozta méretváltozását.



27.6. ábra. Kétoldalt furnérozott lap rétegfelépítése - Szemléltető rétegsor: hordozó, mindkét oldalán ragasztóréteg, majd furnér. Az ellenfurnér ugyanolyan vagy kisebb értékű, de hasonló zsugorodású furnér, mint a borító furnér. A pontos anyagok és vastagságok tájékoztatók, ellenőrizendők. Hőprésben a lap felett és alatt hátfólia vagy elválasztó papír védi a préslemezt.

27.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Furnérozásnak nevezzük azt a felületborítási eljárást, amikor vékony falemezeket (furnérokat) ragasztunk egy hordozóra, például forgácslapra, MDF-re vagy rétegelt lemezre. A ragasztás történhet sík lapra vagy íves felületre.

Definíció. Borító furnérnak nevezzük a késztermék látható oldalára kerülő, esztétikailag értékes, megfelelő mintázatú furnért. **Ellenfurnérnak** nevezzük a hátoldalra kerülő, nem látható, kiegyensúlyozó szerepű furnért.

Szabály. Kétoldali borítás és szimmetria. A furnérozott lapot mindig két oldalról kell furnérozni. Az ellenfurnért úgy kell megválasztani, hogy zsugorodási-dagadási tulajdonsága és vastagsága közel azonos legyen a borító furnérral. Ellenkező esetben a nedvességváltozás során a két oldal eltérően mozog, a lap meggörbül, vetemedik, és a felületén repedések keletkezhetnek.

Szabvány. Ragasztók osztályozása vízállóság szerint. A furnérozáshoz használt ragasztók vízállósági osztálya az MSZ EN 204 szerint D1–D4 (ellenőrizendő: a szabvány pontos hivatkozása). Beltéri bútorlapokhoz legalább D2, nedves helyiségbe D3 vagy D4 osztályú ragasztót választunk. A pontos választást a gyártói adatlap és a termék rendeltetése határozza meg.

27.3.4. Ragasztóanyag előkészítése és felhordása

A furnérozás minősége elsősorban a ragasztóanyag megfelelő előkészítésén és egyenletes felhordásán múlik. A leggyakoribb ragasztóanyagok:

- **PVAc ragasztó (fehér ragasztó):** egyszerűen használható, vízbázisú, hidegen vagy melegen (50–90 °C, tájékoztató) préselhető, D2–D4 osztályok közül választható.
- **UF ragasztó (karbamid-formaldehid):** meleg préseléshez, rövid présidővel, de formaldehid-kibocsátást is figyelembe kell venni.
- **PUR ragasztó:** nedvességre köt, nagyon jó vízállóságú, de speciális felhordást és védőfelszerelést igényel.

Eljárás. Ragasztóanyag előkészítése PVAc ragasztó esetén.

1. Ellenőrizd a ragasztó műszaki adatlapját: az ajánlott felhordási mennyiség, nyitott idő, préselési hőmérséklet, idő és nyomás.
2. Keverd fel a ragasztót a gyártó utasítása szerint, ha ülepedést vagy bőrösödést látsz (a PVAc általában már bekevert, de tárolás után felkeverést igényelhet).
3. A felhordás előtt állítsd be a viszkozitást: ha szükséges, desztillált vízzel hígítható, de csak a gyártói ajánlás szerint.
4. Ellenőrizd a nyitott időt: a ragasztó felhordásától a préselés megkezdéséig terjedő idő ne haladja meg a nyitott időt, különben a ragasztófilm bőrt képez, és nem köt megfelelően.
5. A felhordás történhet kézi hengerrel, gumis simítólappal, kenőgéppel vagy szórással. A felhordás legyen egyenletes, csík- és kihagyásmentes.

27.3.5. Préselés hőpréssel

A furnérozott lapot **hidraulikus hőprésben** préseljük. A préselés három fő paramétere:

- **Préshőmérséklet:** PVAc ragasztónál általában 60–90 °C, UF ragasztónál 90–110 °C (tájékoztató, mindig a gyártói adatlap az irányadó).
- **Fajlagos présnyomás:** laminált furnérozásnál jellemzően 0,5–0,8 N/mm² (5–8 bar) (tájékoztató).
- **Préselési idő:** a hőmérséklettől és a ragasztótól függ, PVAc-nál meleg présben néhány perc, hideg présben több óra lehet (tájékoztató).

Szabály. A préselési paraméterek beállítása. A pontos hőmérséklet, nyomás és idő beállítása a ragasztóanyag műszaki adatlapján és a présgépkönyvben található. A könyvben megadott értékek csak tanulási példák, ellenőrizendők.

A préselés lépései hőpréssel:

1. Ellenőrizd a prés fűtött lemezeit, a hőmérsékletet, a nyomásbeállítást és a vészleállítót.
2. Helyezd a felragasztott furnérréteggel ellátott lapot a prés alsó asztalára.
3. Helyezz rá **hátfóliát** (vékony papír vagy műanyagfilm), hogy a kinyomódó ragasztómegmaradás ne szennyezze a préslemezt.
4. Zárd a prést, növeld a nyomást a beállított értékre.
5. Tartsd a nyomást és a hőmérsékletet a beállított préselési idő alatt.
6. Nyisd a prést, emeld ki a lapot, és ellenőrizd a felületet.

Gépbiztonság. A hőprés veszélyes üzem: égésveszély, becsípődésveszély, magas hőmérséklet és hidraulikus nyomás. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Viselj hőálló kesztyűt, védőszemüveget és zárt munkaruhát. A présen legyen kétkezes indítás, vészleállító, mozgó részek elburkolva. Soha ne nyúlj a préslemezek közé, amíg a prés zárva van, és soha ne húzd ki a biztonsági berendezéseket.

27.3.6. Préselés utáni műveletek

A préselés után a lap még nincs kész a további megmunkálásra. A következő műveleteket kell elvégezni:

1. **Kondicionálás:** a furnérozott lapot állványra helyezve, elválasztó lécekkel szellősen tároljuk legalább 24–48 órán át (tájékoztató, függ a ragasztótól és a környezeti klímától). Ez idő alatt a ragasztó teljesen kikeményedik, és a nedvességtartalom kiegyenlítődik. A lap közben ne legyen közvetlen napsütésnek vagy huzatnak kitéve.
2. **Szélezés:** a furnér túlnyúlik a hordozó szélén. Ezt a túlnyúlást körvágóval, kézi fűrésszel vagy élvágóval eltávolítjuk. A vágás legyen derékszögű és a hordozó élével egy síkban.
3. **Ragasztószalag eltávolítása:** ha a furnér illesztésénél ragasztószalagot használtunk (például furnércsíkok összeillesztésére), azt a préselés után csiszolással távolítsuk el. A ragasztószalag maradékát finom csiszolópapírral (például 180-as szemcseméretttel) óvatosan lecsiszoljuk, ügyelve, hogy a furnért ne csiszoljuk át.
4. **Csiszolás:** a felületet finom csiszolópapírral (180–240 szemcse) egyenletesen átcsiszoljuk, hogy eltávolítsuk a ragasztómaradványokat, a felhordási egyenetlenségeket és a préselésből származó apró hibákat. A csiszolás iránya lehetőleg a furnér rostirányával párhuzamos legyen. A csiszolás után a felület legyen sima, pormentes.

27.3.7. Számítások

A furnérozási technológiához két gyakori számítási feladat tartozik: a préselő erő meghatározása és a ragasztóanyag-szükséglet kiszámítása.

Számítás 1. Préselő erő meghatározása. A préselő erő a fajlagos présnyomás és a préselendő felület szorzata. Képlete:

$$F = p \cdot A$$

ahol F a préselő erő (N), p a fajlagos présnyomás (N/mm²), A a préselendő felület (mm²).

Adott: egy 1200 mm × 2500 mm méretű lapot 0,7 N/mm² fajlagos nyomással préselünk. Számítsuk ki a szükséges préselő erőt.

$$A = 1200\,\text{mm} \cdot 2500\,\text{mm} = 3\,000\,000\,\text{mm}^2$$

$$F = 0{,}7\,\text{N/mm}^2 \cdot 3\,000\,000\,\text{mm}^2 = 2\,100\,000\,\text{N} = 2100\,\text{kN}$$

Ellenőrzés: a hőprések jellemzően több ezer kN erőt fejtenek ki, tehát az eredmény nagyságrendje helyes. Egy 2100 kN-os préselő erőt a hidraulikus présnek biztosítania kell.

Számítás 2. Ragasztóanyag-szükséglet. A szükséges ragasztó tömegét a felhordandó mennyiség (g/m²) és a felület szorzata adja. Képlete:

$$m = q \cdot A_{\text{össz}}$$

ahol m a ragasztó tömege (g), q a fajlagos felhordás (g/m²), $A_{\text{össz}}$ a ragasztandó összfelület (m²).

Adott: egy 1,2 m × 2,0 m méretű lapot kétoldalt furnérozunk. A fajlagos ragasztófelhordás $q = 120\,\text{g/m}^2$ (tájékoztató érték PVAc ragasztóhoz). Számítsuk ki a szükséges ragasztómennyiséget.

A ragasztandó felület két oldalra:

$$A_{\text{össz}} = 2 \cdot (1{,}2\,\text{m} \cdot 2{,}0\,\text{m}) = 2 \cdot 2{,}4\,\text{m}^2 = 4{,}8\,\text{m}^2$$

$$m = 120\,\text{g/m}^2 \cdot 4{,}8\,\text{m}^2 = 576\,\text{g} \approx 0{,}6\,\text{kg}$$

Ellenőrzés: 0,12 kg/m² · 4,8 m² ≈ 0,58 kg; az 576 g ennek megfelel. A mintaérték tájékoztató, a gyártói adatlapon szereplő felhordási mennyiségtől függően változhat.

27.3.8. Technológiai lap

Technológiai lap. Kétoldali furnérozás hidraulikus hőprésben.

Cél: 18 mm vastag forgácslap kétoldali borítása 0,6 mm vastag tölgy furnérral (borító oldal) és 0,6 mm, gyengébb minőségű (B/C) tölgy furnérral (ellenfurnér; vagy a gyártói gyakorlat szerinti, hasonló zsugorodású fafaj – ellenőrizendő).

Anyagok: forgácslap 18 mm, tölgy borító furnér 0,6 mm, tölgy ellenfurnér 0,6 mm (B/C minőség), PVAc ragasztó (D3, vízálló, tájékoztató), hátfólia, ragasztószalag az illesztésekhez.

Szerszámok, gépek: hidraulikus hőprés, ragasztófelhordó henger vagy kenőgép, élvágó, csiszológép 180-as csiszolópapírral, derékszög, mérőszalag.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Viselj hőálló kesztyűt, védőszemüveget, zárt munkaruhát. A présen ellenőrizd a kétkezes indítást, a vészleállítót, a hőmérséklet- és nyomásjelzőt. A préslemezeket csak leállított, nyitott présnél tisztítsd, és várj, amíg lehűlnek.

Indítás előtti ellenőrzés: ragasztó adatlapjának ellenőrzése, prés hőmérsékletének ellenőrzése, présnyomás beállítás ellenőrzése, védőberendezések működése, munkadarab por- és zsírmentessége.

Lépések:

1. Készítsd elő a hordozó lapot: csiszold le a felületét, távolítsd el a port. – ellenőrzés: felület sima, pormentes.
2. Keverd fel a ragasztót, állítsd be a felhordási mennyiséget 120 g/m²-re (tájékoztató). – ellenőrzés: a felhordás egyenletes.
3. Vidd fel a ragasztót a hordozó mindkét oldalára. – ellenőrzés: a ragasztóréteg folytonos, nincsenek kihagyások.
4. Helyezd a borító furnért és az ellenfurnért a ragasztós felületre, igazítsd be a rostirányt. – ellenőrzés: a furnér pontosan fedi a hordozót, nincsenek elcsúszások.
5. Ha szükséges, rögzítsd az illesztéseket ragasztószalaggal. – ellenőrzés: a ragasztószalag nem kerül a préslemez alá.

6. Helyezd a lapot a présbe, takard le hátfóliával. – ellenőrzés: a hátfólia mindkét préslemezt védi.
7. Zárd a prést, állítsd be a hőmérsékletet 80 °C-ra, a nyomást 0,7 N/mm²-re, tartsd 5 percig (tájékoztató). – ellenőrzés: a prés a beállított értékeket tartja.
8. Nyisd a prést, emeld ki a furnérozott lapot. – ellenőrzés: a lap felülete sík, nincsenek kidudorodások.
9. Végezd el a préselés utáni műveleteket: kondicionálás, szélezés, ragasztószalag eltávolítása, csiszolás. – ellenőrzés: az él derékszögű, a felület sima.

Dokumentálás: a munkanaplóban rögzítsd a préselési paramétereket, a felhasznált ragasztó típusát és mennyiségét, a préselési időt, valamint a minőségellenőrzés eredményét.

27.3.9. Minőségellenőrzés

A préselés után és a préselés utáni műveletek során a következőket ellenőrizzük:

- **Síkság:** a furnérozott lapot élvonalzóval és derékszöggel ellenőrizzük. A lap legyen sík, a legnagyobb eltérés 1 mm/m alatt maradjon (tájékoztató).
- **Ragasztási hézag:** a furnér ne váljon el a hordozótól. Ezt kopogtatással (hólyagosodás keresése) és szemrevételezéssel végezzük.
- **Felületi hibák:** hólyag, repedés, átütés, elcsúszás, ragasztómaradvány nem megengedett.
- **Élek:** a szélezés után a furnér pontosan a hordozó élével egy síkban legyen, nincs letöredezés.
- **Méret:** a kész lap mérete feleljen meg a szabásjegyzék szerinti kész méretnek, a tűrés általában ±0,5 mm (tájékoztató).

Ha bármilyen eltérést tapasztalunk, a hibát az alábbiak szerint elemezzük és javítjuk.

27.3.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Hólyagosodás.** Tünet: a furnér kidudorodik, kopogtatva üres hang. Okai: levegőzárvány a ragasztóban, szennyezett felület, túl kevés ragasztó, túl rövid présidő, a furnér túl nedves. Helyes gyakorlat: a felület legyen por- és zsírmentes, a ragasztófelhordás elegendő, a présidő és nyomás betartása, a furnér nedvességtartalmának ellenőrzése.

2. **Átütés.** Tünet: a ragasztó átnyomódik a furnér pórusain, a felületen fényes, sötét foltok látszanak. Okai: túl sok ragasztó, túl vékony furnér, nagy pórusú furnér, túl magas présnyomás. Helyes gyakorlat: a felhordott mennyiség csökkentése, sűrű pórusú furnér választása, a présnyomás mérséklése.

3. **Repedés.** Tünet: a furnér felülete megreped, a repedések a rostirányban futnak. Okai: a furnér túl száraz, a hordozó és a furnér nedvességkülönbsége nagy, túl gyors szárítás, a préselés után a lap gyors hűtése. Helyes gyakorlat: a furnér nedvességtartalmát a hordozóhoz igazítani, a kondicionálási időt betartani.

4. **Elcsúszás.** Tünet: a furnér a felületen elmozdul, az illesztések nem záródnak. Okai: a furnér nincs rögzítve, a préselés megkezdésekor a furnér megcsúszik, a ragasztó túl csúszós. Helyes gyakorlat: a furnér előzetes rögzítése ragasztószalaggal vagy pontragasztással, gondos behelyezés a présbe.

27.3.11. Hibaelemzés: hólyagosodás a furnérozott lapon

Tünet: a préselés után egy nappal az ajtólap felületén több kidudorodás látható, a felület kopogtatva üres hangot ad.

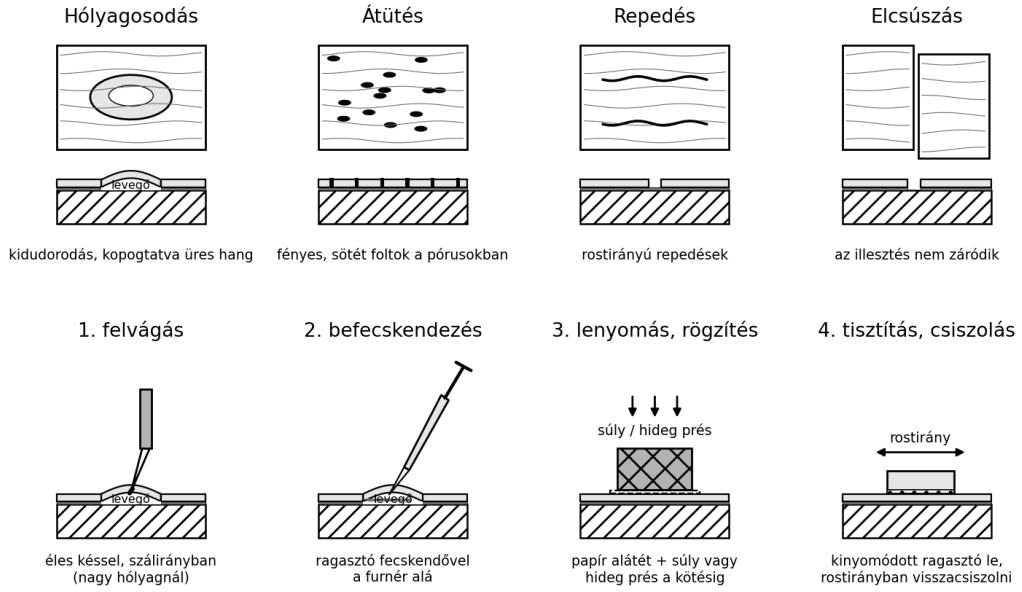
Lehetséges okok: a hordozó felülete poros volt, a ragasztófelhordás egyenetlen, a préselési idő túl rövid, vagy a furnér nedvességtartalma magas volt.

Vizsgálat: a lapot felvágjuk, a ragasztóréteget megvizsgáljuk. A hólyagok helyén a ragasztó hiányos, a ragasztófilm megszakadt. A hordozó felületén por található.

Valódi ok: a hordozó felületét nem tisztították meg, így a ragasztó nem tapadt meg egyenletesen, levegőzárványok maradtak.

Javítás: a hólyagokat éles késsel felvágjuk, a ragasztót fecskendővel befecskendezzük, a furnért visszanyomkodjuk, és a javított helyet hideg préssel vagy súllyal rögzítjük. Ha a hólyagok kiterjedtek, a furnért le kell csiszolni és újra furnérozni.

Megelőzés: a hordozó felületét mindig por- és zsírmentesre kell tisztítani, a ragasztófelhordást egyenletesre kell beállítani, és a préselési paramétereket be kell tartani.



27.7. ábra. Furnérozási hibák felülnézetben és metszetben (hólyagosodás, átütés, repedés, elcsúszás), alatta a hólyag javításának négy lépése

27.3.12. Íves felületek borítása

Az íves felületek furnérozására **vákuumprés** és **membránprés** használható.

Vákuumpréses borítás. A vákuumprés elve: az íves hordozót (például hajlítható MDF-et vagy előre hajlított rétegelt lemezt) a formára helyezzük, a furnérokat ráragasztjuk, majd az egészet rugalmas gumilepedővel vagy vákuumzsákkal fedjük le. A kamrából kiszívjuk a levegőt, így a légköri nyomás a lepedőt a rétegekre nyomja, és a furnért egyenletesen rászorítja az íves felületre; a forma csak megtámasztja a hordozót. A vákuum legfeljebb kb. 0,08–0,09 N/mm² nyomást ad (a légköri nyomásnál kisebb), ezért vékony, kis rugalmasságú furnérokhoz és jól illeszkedő formához alkalmas (ellenőrizendő).

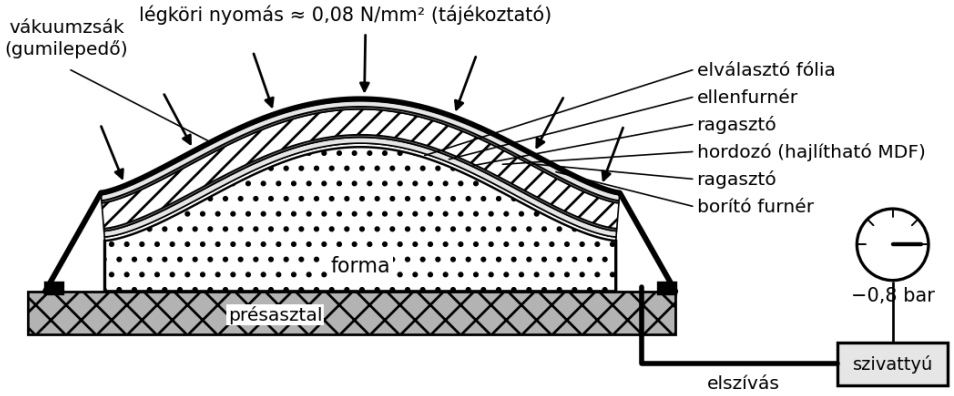
A vákuumpréses borítás lépései:

1. Készítsd el az íves **formát** (sablont) a hordozó ívéhez (például rétegelt lemezből, műanyagból vagy fából).
2. Csiszold le a formát, és tegyél rá elválasztó fóliát, hogy a ragasztó ne tapadjon hozzá. Illeszd a formára az íves hordozót.
3. Vidd fel a ragasztót a hordozó mindkét oldalára (vagy a furnérok hátoldalára).
4. Helyezd fel a borító furnért és az ellenfurnért, ha szükséges, rögzítsd ragasztószalaggal vagy pontragasztással.
5. Takard le gumilepedővel, zárj légmentesen, indítsd el a vákuumszivattyút.
6. Tartsd a vákuumot a ragasztó kötési idejéig (tájékoztató: PVAc-nál 30–60 perc, PUR-nál rövidebb).
7. Szüntesd meg a vákuumot, távolítsd el a lepedőt, és ellenőrizd a felületet.

Membránpréses borítás. A membránprés hasonló elvű, de felmelegített rugalmas membránnal dolgozik, így a furnér (vagy hőre lágyuló fólia) felmelegszik, könnyebben felveszi az ívet, és gyorsabban köt a ragasztó.

A membránprésnél a membránt gyakran **szilikon vagy gumi membrán** alkotja, amely hőálló és egyenletesen nyomja a furnért. A préskamra fűthető, a hőmérséklet 80–120 °C (tájékoztató, ellenőrizendő).

A görbe felületű bútoralkatrészek, például íves ajtóbetétek, ívelt oldalfalak vagy kávák gyártásánál a vákuumprés nélkülözhetetlen.



Sematikus metszet, a rétegvastagságok nem méretarányosak. A furnér a hordozón van, nem a formán.

27.8. ábra. Vákuumpréses íves borítás metszete: a formán elválasztó fólia, ellenfurnér, ragasztóval bevont íves hordozó és borító furnér; a vákuumzsákot a légköri nyomás nyomja a rétegekre (sematikus)

27.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos konyhabútor-frontokat gyártott. A megrendelő tölgy furnéros forgácslap ajtókat kért. Az asztalos a ragasztófelhordást kézi hengerrel végezte, de a felhordás során kihagyásokat hagyott. A préselés után a lapok felületén több hólyag jelent meg. A reklamációból tanulva az asztalos beszerezte a ragasztófelhordó kenőgépet, amely egyenletesen viszi fel a ragasztót. Emellett a préselés előtt minden hordozó felületét letörölte, és a préselési időt is meghosszabbította. A

következő gyártási sorozatnál a hólyagosodás megszűnt. A tanulság: a furnérozás minősége a felület-előkészítésen és az egyenletes ragasztófelhordáson múlik.

27.3.14. Önellenőrzés

1. Miért kell a furnérozott lapot kétoldalról borítani?
2. Mi az ellenfurnér?
3. Milyen préselési paramétereket kell betartani a hőprésnél?
4. Mi a teendő, ha a préselés után hólyagosodást tapasztalunk?
5. Mi a vákuumpréses borítás elve?

Önellenőrzés – válaszok:

1. A kétoldali borítás szimmetrikus rétegfelépítést biztosít, hogy a furnérok nedvesség okozta mozgása kiegyenlítse egymást, és a lap ne görbüljön.
2. Az ellenfurnér a hátoldalra kerülő, kiegyensúlyozó szerepű furnér, amely hasonló zsugorodási tulajdonságú, mint a borító furnér.
3. Hőmérséklet (jellemzően 60–110 °C ragasztótól függően), fajlagos présnyomás (0,5–0,8 N/mm²) és préselési idő (néhány perctől óráig). Ezek tájékoztató értékek, a gyártói adatlap az irányadó.
4. A hólyagot felvágni, ragasztót befecskendezni, visszanyomni és rögzíteni; ha kiterjedt, újra furnérozni.
5. A vákuumprés a levegő kiszívása révén a légköri nyomást felhasználva a gumilepedőt a formára nyomja, így a furnért az íves felületre szorítja.

27.3.15. Feladatok

1. feladat (A). Definiáld a furnérozást és a borító furnért.

2. feladat (A). Számítsd ki a préselő erőt, ha egy 900 mm × 1800 mm méretű lapot 0,6 N/mm² fajlagos nyomással préselünk.

3. feladat (B). Egy 1,0 m × 2,2 m méretű lapot kétoldalt furnérozunk. A fajlagos ragasztófelhordás 100 g/m². Mennyi ragasztó szükséges?

4. feladat (B). Rendezd helyes sorrendbe a furnérozás lépéseit: préselés, ragasztófelhordás, felület-előkészítés, furnér felhelyezése, préselés utáni csiszolás, kondicionálás. Indokold a sorrendet.

5. feladat (C). Mi történik, ha egy 18 mm vastag forgácslapra csak az egyik oldalára ragasztanak tölgy furnért? Elemezd a fizikai okot és a következményt.

6. feladat (D). Készíts technológiai lapot egy íves (pl. félköríves) hordozó vákuumpréses furnérozására formán. Add meg az anyagokat, a ragasztó típusát, a préselési időt (tájékoztató), az ellenőrzési pontokat.

27.3.16. Megoldások

1. feladat (A). A furnérozás vékony falemezek (furnérok) ragasztása hordozóra. A borító furnér a látható, esztétikai furnér, amely a késztermék felületét adja.

2. feladat (A). Adott: $p = 0{,}6\,\mathrm{N/mm^2}$, $A = 900\,\mathrm{mm} \cdot 1800\,\mathrm{mm} = 1\,620\,000\,\mathrm{mm^2}$. Keresett: F. Képlet: $F = p \cdot A$. Behelyettesítés: $F = 0{,}6 \cdot 1\,620\,000 = 972\,000\,\mathrm{N} = 972\,\mathrm{kN}$. Ellenőrzés: a préselő erő közel 100 tonnának felel meg, ami reális hőprésnél.

3. feladat (B). Adott: $q = 100\,\mathrm{g/m^2}$, lapméret 1,0 m × 2,2 m. Keresett: m. A ragasztandó összfelület: $A_{\text{össz}} = 2 \cdot (1{,}0 \cdot 2{,}2) = 2 \cdot 2{,}2 = 4{,}4\,\mathrm{m^2}$. $m = 100 \cdot 4{,}4 = 440\,\mathrm{g}$. Ellenőrzés: 0,1 kg/m² · 4,4 m² = 0,44 kg.

4. feladat (B). Helyes sorrend: 1. felület-előkészítés, 2. ragasztófelhordás, 3. furnér felhelyezése, 4. préselés, 5. kondicionálás, 6. préselés utáni csiszolás. Indoklás: először a hordozót kell tisztítani, hogy a ragasztó tapadjon, majd a ragasztót felvinni, a furnért ráhelyezni, préselni. A préselés után a ragasztónak kötnie kell (kondicionálás), végül a felület simításra szorul.

5. feladat (C). Ha csak egyik oldalra ragasztjuk a furnért, a furnér a nedvességváltozásra zsugorodik vagy dagad, a hordozó ezt a mozgást nem tudja kiegyensúlyozni. A lap aszimmetrikus feszültséget kap, ezért meggörbül, a furnér oldala homorú vagy domború lesz, és a furnér megrepedhet. Ezért szükséges az ellenfurnér alkalmazása.

6. feladat (D). Technológiai lap (vázlat):

- **Cél:** félköríves, hajlított rétegelt lemez hordozó furnérozása formán.
- **Anyagok:** íves hordozó (hajlított rétegelt lemez) és rétegelt lemez forma, elválasztó fólia, tölgy borító furnér és ellenfurnér 0,6 mm, PVAc D3 ragasztó (tájékoztató).
- **Szerszámok:** vákuumprés, gumilepedő, ragasztófelhordó henger, csiszológép.
- **Lépések:** 1) A forma felületének csiszolása, elválasztó fólia, az íves hordozó ráhelyezése. 2) Ragasztó felhordása a hordozóra 120 g/m²-re (mindkét oldalra). 3) Borító furnér és ellenfurnér ráhelyezése és illesztése. 4) Gumilepedő ráterítése. 5) Vákuum bekapcsolása, 0,08 N/mm² nyomástartás (tájékoztató). 6) Kötési idő 40 perc (tájékoztató). 7) Vákuum leállítása, lepedő eltávolítása. 8) Ellenőrzés: a furnér nem válik el, nincs ránc.
- **Gépbiztonság:** a vákuumszivattyú védőburkolattal, a lepedő sérülésmentes, a vákuumkamra zárva.

27.3.17. Rövid összefoglaló

A lapok furnérozása vékony furnérok ragasztását jelenti hordozóra, hőpréssel vagy vákuumpréssel. A furnérozott lapot mindig két oldalról kell borítani: a borító furnér mellé ellenfurnért kell ragasztani, hogy a rétegfelépítés szimmetrikus legyen, és a nedvesség okozta zsugorodás-dagadás ne görbítse a lapot. A ragasztóanyagot (PVAc, UF, PUR) a műszaki adatlap szerint kell előkészíteni, a felhordást egyenletesen kell elvégezni. A hőpréselés három paramétere: hőmérséklet (60–110 °C ragasztótól függően), fajlagos présnyomás (0,5–0,8 N/mm²) és préselési idő; ezek tájékoztató értékek, ellenőrizendők. Préselés után a lapot kondicionálni kell, a túlnyúló furnért leszélezni, ragasztószalagot eltávolítani, és a felületet csiszolni. A leggyakoribb hibák: hólyagosodás, átütés, repedés, elcsúszás; ezeket a felület-előkészítés, a felhordási mennyiség és a préselési paraméterek betartásával lehet megelőzni. Íves felületek borítására vákuumprés vagy membránprés használható, ahol a légköri nyomás gumilepedő segítségével nyomja a furnért a formára. **Továbbvitt eredmény.** A kész furnérozott lap az Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás alfejezetben kap élzárást, a felületkezelési fejezetekben bevonatot, az Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók alfejezetben szerkezeti elemként használjuk.

27.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

A szakmai alapelvek és technológiai sorrend a faipari furnérozási gyakorlatból származnak. Az MSZ EN 204 ragasztó-vízállósági osztály és az MSZ EN ISO 19085 faipari gépek biztonsági követelményei hivatkozások általános jelleggel szerepelnek, a pontos szabványszám és szakasz ellenőrizendő: MSZ EN 204, MSZ EN ISO 19085 sorozat (a jelenlegi kiadás és hatály ellenőrizendő). A préselési paraméterek (hőmérséklet, nyomás, idő), a ragasztófelhordási mennyiség (120 g/m²), a vákuumpréses nyomás (0,08 N/mm²) és a préselési idők tájékoztató példák, a gyártói adatlapon vagy a gépkönyvben kell ellenőrizni. A furnér nedvességtartalmára, a préselési hőmérsékletre és a kondicionálási időre vonatkozó konkrét értékek anyagfüggők, gyártói és szabványos előírásoktól függenek. Nem szerepelnek jogszabályi paragrafusok vagy pontos határértékek, ezek a későbbi kiadás előtt ellenőrizendők.

27.4. Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás

27.4.1. Motiváció

Egy megrendelő konyhaszekrényt rendel. A korpusz lapjait fehér forgácslapból szabtad, a látható felületeket lefurnéroztad, és most a lapélek csupaszok. A csupasz forgácslapél nemcsak csúnya, hanem a nedvességtől és a mechanikai hatásoktól gyorsan tönkremegy. A szekrény akkor lesz esztétikus és tartós, ha az éleket szakszerűen lezárod.

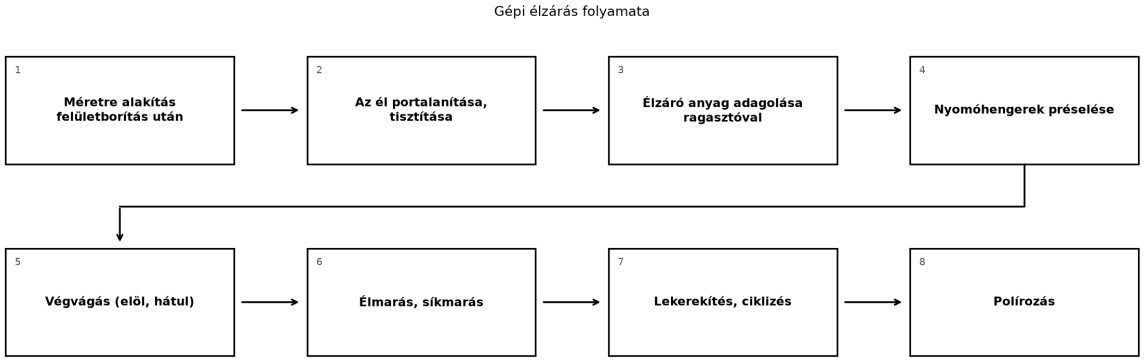
Az **élzárás** a felületborítás utáni legfontosabb lépés a lapszerkezetű bútoroknál. Az élzáró anyag megvédi a lap szélét, esztétikailag lezárja a rétegfelépítést, és kellemes fogást ad az alkatrésznek. Ha az élzárás rossz, a bútor azonnal „olcsó” benyomást kelt, és a reklamáció szinte biztos.

Továbbvitt eredmény. Az itt megtanult élzáró-fm számítást és élzáróanyag-választást használjuk a Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája alfejezetben, valamint az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alfejezetben.

27.4.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy 19 mm vastag fehér, laminált forgácslapból készült szekrényoldalt. A nagy felületeket fehér laminátum borítja, de a 19 mm-es szélén a forgácslap belső szerkezete látszik. A lap fölé helyezett 22 mm széles fehér élfólia ráolvad a szélre, és a ráfolyó 1–2 mm-es túllógást speciális maró vágja le. Az eredmény: a szél pontosan síkban van a lapfelülettel, a sarok enyhén le van kerekítve, a szín azonos a felület színével.

Az alábbi folyamatábra a gépi élzárás tipikus lépéseit mutatja:



27.9. ábra. Gépi élzárás folyamata - Szemléltető folyamatábra, technológiai sorrend. A tényleges gépbeállítások a gépkönyvtől és az élzáró anyag gyártói adataitól függnek (ellenőrizendő).

27.4.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Az **élzárás** az a technológiai művelet, amellyel a faalapú lap (forgácslap, MDF, rétegelt lemez, bútorlap) szélét vékony élzáró anyaggal – furnérral, élfóliával, élléccel vagy profilozott éllel – ragasztással lezárjuk.

Definíció. Élzáró anyagok a lapélek lezárására szolgáló, kis szélességű, tekercsben vagy csíkban szállított anyagok. Gyakori típusaik:

- **Furnér élzáró**: vékony (0,5–1,0 mm) valódi fafurnér csík, előragasztott réteggel vagy külön ragasztóval. Előnye a természetes fa megjelenés. Hátránya, hogy a legkevésbé ütésálló és a nedvességre érzékenyebb.
- **Élfólia**: hőre lágyuló műanyag (jellemzően PVC, ABS, PP vagy akril) szalag, tekercsben. Színe, mintázata a laminátumhoz vagy a furnérhoz illeszkedhet. Az **ABS** (akrilnitril-butadién-sztirol) ütésálló, kopásálló, jól élmarható. A **PP** (polipropilén) környezetbarátabb, de kissé rugalmasabb. Az **akril** élek átlátszóak vagy színezettek, nagy fényt adnak.
- **Élléc (tömörfa él)**: valódi fából készült, általában 2–20 mm vastag csík, amelyet a lap szélére ragasztanak. Ezt akkor használjuk, ha a lap vastagabb tömörfa karaktert kap, vagy ha profilt akarunk marni az élbe.
- **Előragasztott él**: a hátoldalán már felvitt, hőre olvadó ragasztóréteggel ellátott élzáró anyag. Melegítésre (vasaló, éllezáró gép) a ragasztó megolvad és a laphoz köt.

Szabály. Az élzáró anyag szélességét a lap vastagságánál mindig nagyobbra választjuk. A túllógó részt, az ún. **ráhagyást**, a felragasztás után levágjuk vagy lemarjuk. A ráhagyás tipikusan **1–2 mm oldalanként** (összesen 2–4 mm), de profilos élmarásnál ettől eltérhet (ellenőrizendő: gép és élzáró anyag gyártói ajánlása).

Definíció. A **méretre alakítás felületborítás után** azt jelenti, hogy a lapalkatrész pontos, végleges szélességét és hosszát a furnérozás vagy laminálás után, elővágós körfűrésszel vagy alsómarógéppel alakítjuk ki. Így a felületborítás esetleges túllógó vagy elcsúszott széleitől megszabadulunk, és az élzárás tiszta, derékszögű alapra kerül.

Szabály. Az élzáró anyag ragasztása előtt az él felületét portalanítani kell. A por, a viasz vagy a gyantamaradék gyengíti a ragasztókötést. A ragasztófelhordás módja lehet: **hot-melt** (hőre olvadó ragasztó olvasztva, majd préselés) vagy **PUR** (poliuretán, nedvességre térhálósodó ragasztó). A PUR erősebb, víz- és hőállóbb, de drágább és nedvességre érzékeny, ezért légmentesen zárt olvasztó és gondos géptisztítás kell; izocianát-tartalma miatt a biztonsági adatlap szerinti védelem szükséges (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

27.4.4. Technológiai eljárás

27.4.4.1. 1. Méretre alakítás felületborítás után

A lapalkatrész felületborítását (furnérozás, laminálás) követően az élzárás előtt pontos méretre kell vágni a darabot. Erre jellemzően **elővágó körfűrészgépet** (formátumfűrészt) használunk, de alkalmas az **alsómaró gép** is.

Lépések elővágós körfűrészen: 1. Ellenőrizd a lap méreteit: a végleges hossz és szélesség mellett a derékszögűséget is. 2. Állítsd be a párhuzamvezetőt a kívánt méretre, és rögzítsd. 3. Az elővágó fűrészlap a lap alsó oldalán 1–2 mm mélyen előbemetsz; vágásszélessége oldalanként kb. 0,1 mm-rel nagyobb a főfűrészlapénál, és vele egy vonalban fut **(ellenőrizendő: gépkönyv)**. Így a főfűrészlap kilépő fogai nem törik ki a bevonatot, a felületborítás nem pattog le. 4. A darabot a báziséllel a vezetőhöz szorítva, egyenletes előtolással vágd le. Használj tolófát a kéz védelmére. 5. Ha a lap mindkét szélét vágni kell, először az egyik bázisélt, majd abból a másikat derékszögben vágd meg.

Gépbiztonság. Az elővágó körfűrészen az elővágó és a fő fűrészlapot is burkolat fedi. A párhuzamvezetőt és a fűrészlapot soha ne használd darabolóütközővel kombinálva, ha a levágott darab a lap és az ütköző közé szorulhat. Az előtoláshoz tolófát, a nagy lapokhoz tolókocsit használj. Az elszívást mindig kapcsold be.

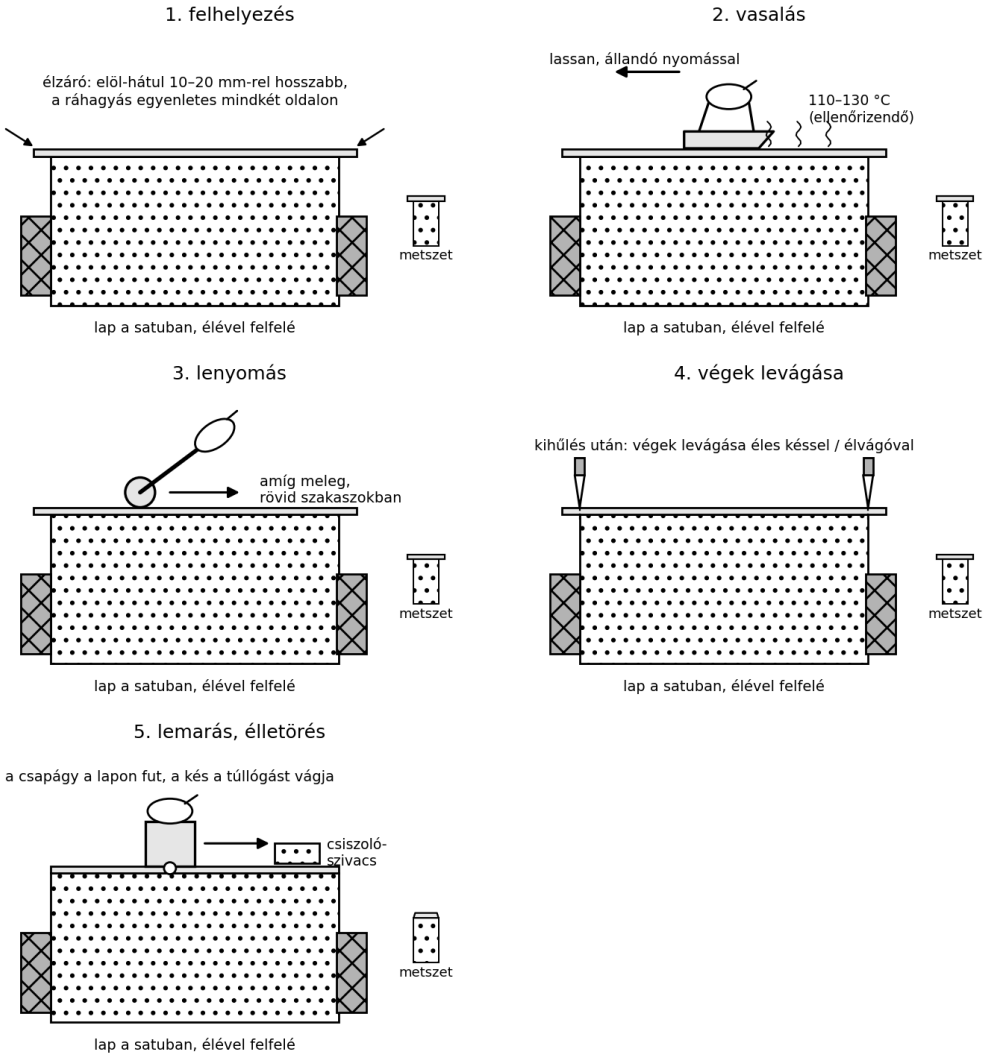
Gépbiztonság (formatizáló körfűrész). A gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezeli. Indítás előtt: a hasítóék a fűrészlaphoz beállítva, a felső védőburkolat a munkadarab vastagságára engedve, elszívás be, vészleállító kipróbálva. Forgó fűrészlapnál kesztyűt ne viselj. Ne állj a fűrészlap síkjában (visszarúgás veszélye). A levágott kis darabot csak a fűrészlap leállása után vedd el **(ellenőrizendő: MSZ EN ISO 19085 vonatkozó része, gépkönyv)**.

27.4.4.2. 2. Kézi élzárás vasalóval és élmarással

A kisebb műhelyekben vagy javításoknál gyakran kézi élzárást alkalmazunk.

Anyagok: előragasztott élfólia vagy furnér, vasaló (vagy hőlégfúvó), sima falapocska, taposóhenger, élmaró, csiszolószivacs.

Lépések: 1. Vágd le az élzáró csíkot a lap élének hosszánál 10–20 mm-rel hosszabbra. 2. A lap élt portalanítsd, szükség esetén enyhén csiszold meg és töröld le. 3. Melegítsd a vasalót közepes hőfokra (jellemzően 110–130 °C, ellenőrizendő: a ragasztó gyártói adatlapja). 4. Fektesd az élzárót az élre, a ráhagyást egyenletesen oszd el mindkét oldalra. 5. A vasalót lassan, állandó nyomással vezesd végig a csíkon. A hő megolvasztja a hátoldali ragasztót. 6. Azonnal, amíg a ragasztó meleg, nyomd le a taposóhengerrel vagy egy sima falapkával. Dolgozz rövid szakaszokban. 7. Hagyd kihűlni. A kihűlés után a végeket vágd le éles késsel vagy vágóval. 8. A túllógó éleket **élmaróval** mard le. Az élmaró csapágya a lap felületén fut, a kés az élszalag túllógását vágja. 9. Csiszold le a marás után a marási sorját és az él szélét finom csiszolószivaccsal.



Sematikus vonalrajz; a ráhagyás a jobb láthatóság kedvéért nagyítva. Hőmérséklet: a ragasztó gyártói adatlapja szerint.

27.10. ábra. Kézi élzárás öt lépésben: élzáró felhelyezése ráhagyással, vasalás, lenyomás taposóhengerrel, a végek levágása, a túllógás lemarása és élletörés (sematikus)

Minőségellenőrzés. A kész élzárásnak teljes hosszon réseket nem szabad mutatnia. A ragasztó nem csuroghat ki a hézagból. Az él széle egyenletesen, sorja nélkül illeszkedjen a lapfelülethez.

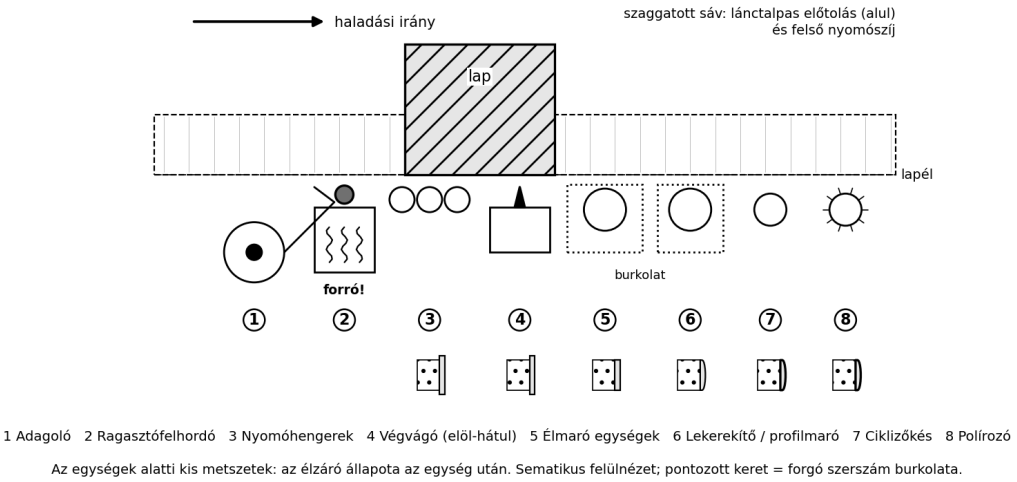
27.4.4.3. 3. Gépi élzárás éllezáró gépen

A sorozatgyártásban és az egyedi bútorgyártásban is **éllezáró gépet** használunk. A gép az élzáró anyagot tekercsből adagolja, ragasztót visz fel, rányomja a lap élére, majd levágja a végeket és simára munkálja az élt.

Az éllezáró gép fő egységei és működésük:

- **Adagoló:** az élzáró tekercset tartja, és az anyagot vezeti.
- **Ragasztófelhordó:** az élt vagy az élzáró hátoldalát olvasztott ragasztóval vonja be. A ragasztó típusa **hot-melt** EVA (etil-vinil-acetát) vagy **PUR**. A PUR tartályát védőgáz alatt tartják, mert a levegő nedvességtartalma megindítja a térhálósodást.

- **Nyomóhengerek:** az élzárót a lap éléhez szorítják, amíg a ragasztó megköt és a hézag megszilárdul.
- **Végvágó (elöl-hátul):** a lap elején és végén túllógó élszalagvégeket levágja.
- **Élmaró egységek:** a felesleges élanyagot a lap síkjához marják. Két maró dolgozik: egy a felső, egy az alsó túllógást távolítja el.
- **Lekerekítő vagy profilmaró:** a lap éleit enyhén letöri, profilozza, hogy a sarok ne legyen éles.
- **Cikliz˝okés:** a marás után visszamaradó apró sorját, lépcsőt eltávolítja. A ciklizés sima, egyenletes felületű élt ad.
- **Polírozó:** a kész élt kefével, filccel fényesíti.

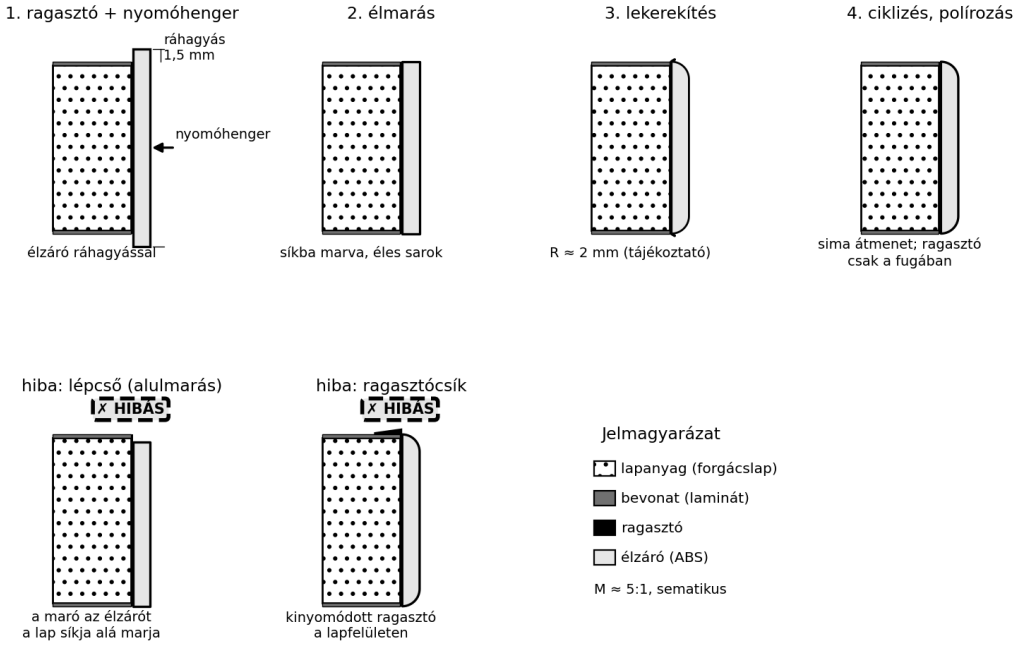


1 Adagoló 2 Ragasztófelhordó 3 Nyomóhengerek 4 Végvágó (elöl-hátul) 5 Élmaró egységek 6 Lekerekítő / profilmaró 7 Ciklizőkés 8 Polírozó

Az egységek alatti kis metszetek: az élzáró állapota az egység után. Sematikus felülnézet; pontozott keret = forgó szerszám burkolata.

27.11. ábra. Az éllezáró gép egységeinek sora felülnézetben; az egységek alatt az élzáró állapota az adott egység után (sematikus)

Az él keresztmetszete egységről egységre változik: a ráhagyásos élzáróból síkba mart, majd lekerekített és ciklizett él lesz. A két jellegzetes hiba, a lépcső és a ragasztócsík, ugyanitt keletkezik.



A 19 mm-es lap széle 22 mm-es élfóliával; méretek és sugár tájékoztatók (ellenőrizendő: gépkönyv, élzáró adatlapja).

27.12. ábra. Az élzárás keresztmetszete a megmunkálási lépések szerint (ráhagyás, élmarás, lekerekítés, ciklizés) és két jellegzetes hiba

Gépbiztonság. Az éllezáró gépen a ragasztóolvasztó és a ragasztófelhordó erősen felhevül: égési sérülést okozhat. A maró- és vágóegységek gyorsan forgó szerszámok; a védőburkolatokat soha ne távolítsd el. A gép a munkadarabot automatikusan továbbítja, de a kéz bevezető nyílásba nyúlása tilos. A meleg ragasztóból felszálló gőzök elszívásáról gondoskodni kell. A gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti.

27.4.5. Számítás: élzáró-szükséglet

Adott. Egy konyhaszekrény-oldal méretei: hossz $l = 720\,\text{mm}$, szélesség $b = 560\,\text{mm}$, vastagság $v = 18\,\text{mm}$. A látható elülső függőleges élt (720 mm) és a felső vízszintes élt (560 mm) szeretnénk 19 mm széles előragasztott ABS élzáróval lezárni.

Keresett. Mennyi élzáró anyag kell folyóméterben (fm) egy oldallapra, ha a ráhagyás miatt minden élre 5 mm-t hozzáadunk, és a vágási veszteséget is beleszámítjuk?

Számítás. 1. Az élzáró hossza élenként: - Elülső él: $720\,\text{mm} + 5\,\text{mm} = 725\,\text{mm} = 0{,}725\,\text{m}$ - Felső él: $560\,\text{mm} + 5\,\text{mm} = 565\,\text{mm} = 0{,}565\,\text{m}$ 2. Egy oldallapra összesen: $0{,}725\,\text{m} + 0{,}565\,\text{m} = 1{,}290\,\text{m}$ 3. Ennyit kell levágni az élzáró tekercsből. Ha a gép automatikusan vág, a leállásnál a végvágó 2–3 mm-t vág le, de ezt a ráhagyás már tartalmazza. 4. Az eredmény: **1,29 fm** élzáró kell egy oldallapra.

Ellenőrzés. A lap kerületéből legalább a lezárt élek hosszát kell lefednünk. A lezárt élek összege: $720 + 560 = 1280\,\text{mm} = 1{,}28\,\text{m}$. A hozzáadott 5-5 mm ráhagyás: $1{,}28 + 0{,}01 = 1{,}29\,\text{m}$. A számítás reális.

Második példa. Egy szekrény sorozatgyártásához 40 darab oldallapot készítünk. Minden oldallapon két hosszú élt zárunk le: a hossz 700 mm, a ráhagyás 5 mm. A vastagság 18 mm, az élzáró 19 mm széles.

Keresett. Mennyi élzáró anyag szükséges összesen fm-ben?

Számítás. 1. Egy él hossza: $700 + 5 = 705\,\text{mm} = 0{,}705\,\text{m}$. 2. Egy oldallapon két ilyen él van: $2 \cdot 0{,}705 = 1{,}410\,\text{m}$. 3. 40 oldallapra: $40 \cdot 1{,}410 = 56{,}4\,\text{m}$. 4. Rendelési mennyiség: a tekercs hossza általában 50, 100 vagy 200 m (jellemzően, ellenőrizendő). Itt legalább 60 m kell, ezért egy 100 m-es tekercset rendelünk (a maradék a következő sorozathoz használható), hogy a selejt és a gép beállítási vesztesége is beleférjen.

Ellenőrzés. A nettó élhossz: $40 \cdot 2 \cdot 0{,}700 = 56{,}0\,\text{m}$. A ráhagyás $40 \cdot 2 \cdot 0{,}005 = 0{,}4$ m. A teljes szükséglet 56,4 m, ami reális. A vásárlásnál a tekercs hosszától függően felfelé kerekítünk.

27.4.6. Technológiai lap: gépi élzárás ABS élfóliával

Cél: 18 mm vastag laminált forgácslap oldallemez szélének lezárása 19 mm széles ABS élfóliával, majd az él megmunkálása.

Anyagok: laminált forgácslap alkatrész, 19 mm széles ABS élzáró tekercs, hot-melt EVA ragasztó (vagy PUR), tisztítókendő.

Gépek, szerszámok: éllezáró gép, ellenőrző mérőeszközök (mérőszalag, tolómérő), védőkesztyű a meleg alkatrészhez, védőszemüveg, légzésvédő (elszívás mellett).

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Az éllezáró gép ragasztóolvasztója forró (jellemzően 180–200 °C, ellenőrizendő). A maró- és vágóegységek forgó szerszámai súlyos sérülést okozhatnak. A védőburkolatoknak, a vészleállítónak és az elszívásnak működnie kell.

Indítás előtti ellenőrzés: - Az élzáró tekercs anyaga, szélessége és iránya megfelelő. - A ragasztó szintje a tartályban elégséges, a hőmérséklet elérte a beállított értéket. - A ragasztófelhordó henger tiszta, a hőmérséklet egyenletes. - A nyomóhengerek szívó- vagy nyomásereje a beállításnak megfelelő. - A végvágó kés éles és a hosszütközők a lap hosszúságához vannak igazítva. - Az élmaró egységek kései élesek, a csapágyak szabadon futnak. - A darab mérete és derékszögűsége ellenőrzött. - A munkaterület tiszta, az elszívás bekapcsolva.

Számozott lépések: 1. Kapcsold be a gépet, és várd meg, amíg a ragasztó eléri az üzemi hőmérsékletet. – ellenőrzés: a gép kijelzője mutatja a hőmérsékletet. 2. Helyezd az alkatrészt a bevezető asztalra, a báziséllel az ütközőhöz szorítva. – ellenőrzés: a lap stabilan fekszik, a széle párhuzamos a vezetővel. 3. Engedd be a darabot a gépbe. A gép automatikusan továbbítja. – ellenőrzés: az egyenletes előtolást a gép végzi, a kezed ne érjen a szerszámhoz. 4. Az élzáró ragasztóval rá kerül a lap élére, a nyomóhengerek préselik. – ellenőrzés: a végén a ragasztó egyenletesen, kihagyás nélkül oszlik el. 5. A gép először a végeket vágja le. – ellenőrzés: a levágott vég 0,5 mm-en belül egyenes (tájékoztató). 6. A felső és alsó élmaró eltávolítja a túllógó élzárást. – ellenőrzés: az élzáró síkban van a lapfelülettel. 7. A lekerekítő profilmaró enyhén letöri az éleket. – ellenőrzés: a sarok egyenletes, sorja nélküli. 8. A ciklizőkés és a polírozó egység simítja és fényesíti az élt. – ellenőrzés: a felület tiszta, ragasztócsík nélküli. 9. Vedd ki a kész darabot a kimeneti asztalon, és ellenőrizd. – ellenőrzés: lásd a minőségellenőrzést.

Dokumentálás. A munkanaplóban rögzítsd a gép beállításait (hőmérséklet, előtolás, élzáró anyag típusa, ragasztó) és az elvégzett ellenőrzések eredményét.

27.4.7. Minőségellenőrzés

Az élzáró ellenőrzését közvetlenül a megmunkálás után, a darab kihűlése után végezzük.

Mit ellenőrzünk? - **Ragasztási hézag:** az élzáró és a lapél között ne legyen látható rés. A rést szemrevételezéssel, erős fénynél nézzük. - **Ragasztócsík:** a lapfelületre kifolyt ragasztó nem elfogadható. A ragasztónak csak a hézagban szabad lennie. - **Sorja, lépcső:** az élzáró síkja pontosan a lapfelület síkjában legyen. A túlmarás vagy az alulmarás lépcsőt hoz létre. - **Szín és minta:** az élzáró színe és felületi mintázata illeszkedjen a lapfelülethez. - **Lekerekítés egyenletessége:** a profilmarás nyoma egyenletesen fusson végig, ne legyen hullámos.

Mérőeszközök: tolómérő a vastagság ellenőrzésére, derékszögelő, szemrevételezés erős fényben. A tűrés általában ±0,1 mm a lépcsőre, de ez függ a termék minőségi osztályától (ellenőrizendő).

Eltérésnél: ha a rés csekély (0,1 mm alatt), a lap még elfogadható lehet, de ha a rés látható, az alkatrész javítandó. A ragasztócsíkot le kell tisztítani, a lépcsőt után kell marni vagy csiszolni.

27.4.8. Tipikus hibák és okaik

1. Hiba: Látható rés az élzáró és a lap él között. - **Ok:** a lap éle nem volt egyenes vagy szennyezett (por, viasz), a ragasztó mennyisége kevés volt, a nyomás nem volt egyenletes. - **Helyes gyakorlat:** a lapélt élővágóval vagy maróval egyenesre kell munkálni, portalanítani, a ragasztómennyiséget és a nyomást a gyártó szerint beállítani.

2. Hiba: Az élzáró leválik a végeknél, sarkoknál. - **Ok:** a végvágó kés életlen, a ragasztó nem érte el a lap végét, vagy a hőmérséklet nem volt megfelelő. - **Helyes gyakorlat:** a kést rendszeresen cserélni, a ragasztó hőmérsékletét ellenőrizni, és a nyomóhengert a teljes hosszon működtetni.

3. Hiba: A lapfelületen ragasztócsík látszik. - **Ok:** túl sok ragasztó, a ciklizőkés életlen vagy rosszul beállított, a maró nem vágta le a ragasztót. - **Helyes gyakorlat:** a ragasztófelhordás csökkentése, a ciklizőkés élezése és utánállítása, szükség esetén kézi tisztítás.

4. Hiba: Az élzáró széle sorjás, hullámos. - **Ok:** a marószerszám életlen vagy rosszul rögzített, a gép előtolása túl gyors. - **Helyes gyakorlat:** a szerszám cseréje, az előtolás csökkentése, a gép rezgésének ellenőrzése.

Hibaelemzési eset. Egy asztalosműhelyben az ABS élzáró több lapon is levált a sarkoknál. Az ellenőrzés azt mutatta, hogy a végvágó kés életlen volt, és a lap végét 1–2 mm-rel beljebb vágta, ezért a ragasztó nem ért a szélére. A hiba javítása: a kést kicserélték, a levágási hosszt pontosították, és a leváló éleket PUR ragasztóval visszaragasztották. A megelőzés: a végvágó kést rendszeres időközönként ellenőrzik, és a beállítást minden sorozat elején próbadarabbal tesztelik.

27.4.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy bútorgyártó üzem irodabútorokat gyárt 18 mm vastag, melaminnal bevont forgácslapból. A korábbi kézi élzárás lassú volt, és a minőség ingadozott. A cég beruházott egy automata éllezáró gépre, amely 25 m/min sebességgel dolgozik (ellenőrizendő: gépadat). Az első sorozatnál azonban a vevő reklamált: az élek több helyen megszíneződtek, és a sarkoknál repedeztek. A hibaelemzés szerint a hot-melt ragasztó hőmérséklete a gyártói tartományon (pl. 170–200 °C, ellenőrizendő) belül is túl magasra volt állítva, és az ABS élanyag kezdte meglágyulni a ciklizés előtti meleg szakaszon. A megoldás: a ragasztó hőmérsékletét a gyártói tartomány alsó részére, 175 °C-ra

állították, és az előtolást csökkentették. A következő sorozatnál a hiba megszűnt. Tanulság: minden gyártói értéket ellenőrizni kell, és a beállításokat próbadarabbal kell tesztelni.

27.4.10. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a furnér élzáró és az ABS élfólia között?
2. Miért választjuk az élzáró anyagot a lap vastagságánál szélesebbre?
3. Mi a PUR ragasztó előnye a hot-melt EVA-val szemben?
4. Miért kell a felületborítás után még egyszer méretre alakítani a lapot?
5. Milyen veszélyei vannak az éllezáró gépnek?

Önellenőrzés – válaszok

1. A furnér élzáró valódi fa furnér, természetes hatású, de kevésbé ütésálló és nedvességre érzékenyebb. Az ABS élfólia műanyag, ütésálló, kopásálló, sokféle színben kapható.
2. Azért, hogy a felragasztás után a túllógó részt le lehessen marni; a túllógás a ráhagyás, ami kompenzálja a ragasztás közbeni esetleg elmozdulást.
3. A PUR ragasztó erősebb, víz- és hőállóbb kötést ad, de drágább és nedvességre érzékeny, ezért légmentesen zárt olvasztót és gondos géptisztítást igényel.
4. Mert a felületborítás (furnérozás, laminálás) után a szélek már nem tökéletesen egyenesek, és az élzárásnak tiszta, derékszögű alapra van szüksége.
5. Forró ragasztóolvasztó (égési sérülés), forgó maró- és vágószerszámok (vágási sérülés), meleg gőzök (belégzés), zaj, por. A gépet védőburkolattal, elszívással, vészleállítóval és egyéni védőeszközökkel használjuk.

27.4.11. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel az éllezáró gép fő egységeit és mondd el egy mondatban, mi a feladatuk.

2. feladat (A) Milyen széles élzárót rendelj 16 mm vastag laphoz, ha a ráhagyás oldalanként 1,5 mm?

3. feladat (B) Egy 600 mm hosszú és 350 mm széles, 18 mm vastag forgácslap polclap mind a négy szélét 19 mm széles ABS éllel kell lezárni. Számold ki, mennyi élzáró anyag szükséges fm-ben, ha minden élre 5 mm ráhagyást adunk.

4. feladat (B) Egy szekrény oldallapja 720 mm magas, 500 mm széles, 18 mm vastag. Az elülső és a felső éleket zárjuk le. Minden élre 5 mm ráhagyást adunk, és a gép beállításához minden élzáró csíkból további 10 mm-t le kell vágni a beállító darabhoz. Mennyi élzárót használ el a gép 10 oldallap elkészítésekor?

5. feladat (C) A ragasztócsík-hiba elemzése: Egy éllezáró gépről kikerülő lapokon mindig vékony ragasztócsík látszik a felső felület és az élzáró találkozásánál. Mi lehet az ok? Hogyan vizsgálnád, és mit javítanál?

6. feladat (D) Állíts össze rövid műveleti utasítást kézi élzáráshoz, ha egy megrendelő konyhai munkalap élére 30 mm széles, 8 mm vastag tömörfa éllécet kell ragasztani. A lépések tartalmazzák a biztonsági utasításokat is. A munkalap vastagsága 30 mm.

27.4.12. Megoldások

1. feladat megoldása. - **Adagoló:** az élzáró tekercset tartja, vezeti. - **Ragasztófelhordó:** olvasztott ragasztót visz fel az élre vagy az élzáró hátára. - **Nyomóhengerek:** az élzárót a laphoz préselik, amíg a ragasztó köt. - **Végvágó:** az élzáró végeket levágja. - **Élmarók:** a túllógó élzárót a lap síkjához marják. - **Lekerekítő/profilmaró:** az éleket letöri, profilozza. - **Ciklizőkés:** simítja, eltávolítja a sorját. - **Polírozó:** fényesíti az élt.

2. feladat megoldása. A vastagság 16 mm. A ráhagyás oldalanként 1,5 mm, tehát összesen 3 mm. A szükséges élzáró szélesség: $16 + 3 = 19\,\text{mm}$. 19 mm széles élzárót rendelünk.

3. feladat megoldása. - Polc hossza: 600 mm, szélessége: 350 mm. - Kerületi élek: $2 \cdot (600 + 350) = 1900\,\text{mm}$. - Ráhagyás: $4 \cdot 5 = 20\,\text{mm}$. - Teljes élzáró hossz: $1900 + 20 = 1920\,\text{mm} = 1{,}920\,\text{m}$. - A polclap mind a négy széléhez **1,92 fm** élzáró kell.

Ellenőrzés: A kerület 1,9 m, a ráhagyás 0,02 m, az összeg 1,92 m. Reális.

4. feladat megoldása. - Elülső él: 720 mm + 5 mm ráhagyás = 725 mm. - Felső él: 500 mm + 5 mm ráhagyás = 505 mm. - Egy oldallapra: $725 + 505 = 1230\,\text{mm} = 1{,}230\,\text{m}$. - 10 oldallapra: $10 \cdot 1{,}230 = 12{,}300\,\text{m}$. - Beállító darab: minden élzáró csíkból 10 mm. Mivel oldallaponként 2 él van, egy oldallapnál 20 mm-t, 10 oldallapnál $10 \cdot 20 = 200\,\text{mm} = 0{,}200\,\text{m}$. - Összesen: $12{,}300 + 0{,}200 = 12{,}500\,\text{m}$.

Ellenőrzés: A nettó élhossz $10 \cdot (0{,}720 + 0{,}500) = 12{,}2\,\text{m}$. A ráhagyás $10 \cdot 2 \cdot 0{,}005 = 0{,}1\,\text{m}$. A beállítási veszteség 0,2 m. Az összeg: $12{,}2 + 0{,}1 + 0{,}2 = 12{,}5\,\text{m}$. A számítás helyes.

5. feladat megoldása (hibaelemzés). - **Tünet:** vékony ragasztócsík a lap felső felülete és az élzáró között. - **Lehetséges okok:** túl sok ragasztófelhordás, életlen vagy rosszul beállított élmaró, ciklizőkés nem dolgozik, a ragasztó hőmérséklete túl alacsony (nem olvad el teljesen), a maróegység csapágya nem fut a lap síkján. - **Vizsgálat:** mérd meg a ragasztómennyiséget, ellenőrizd a marók és a ciklizőkés állapotát, nézd meg a ragasztó hőmérsékletét, és végezz próbadarabot. - **Valódi ok:** a ciklizőkés életlen volt, és a felső maró is kissé magasan állt. A ciklizőkés nem távolította el a maradék ragasztócsíkot. - **Javítás:** a ciklizőkés cseréje és a felső maró beállítása a lap síkjához. - **Megelőzés:** rendszeres szerszámkarbantartás, a beállítások ellenőrzése próbadarabbal minden sorozat előtt.

6. feladat megoldása (műveleti utasítás). - **Cél:** 30 mm vastag konyhai munkalap élének lezárása 30 mm széles, 8 mm vastag tömörfa élléccel. - **Anyagok:** bükk élléc, vízálló D3-as ragasztó (ellenőrizendő: MSZ EN 204 szerinti osztály), szorítók, csiszolópapír. - **Egyéni védőeszközök:** munkakesztyű, védőszemüveg. - **Lépések:** 1. A munkalap élét kézi gyaluval vagy alsómaróval simítsd egyenesre. – ellenőrzés: derékszögelővel, hézag nélkül. 2. Az éllécet vágd a munkalap hosszánál 10–15 mm-rel hosszabbra. 3. Portalanítsd mindkét ragasztandó felületet. 4. Hordj fel egyenletesen vízálló ragasztót az élléc hátoldalára. 5. Helyezd az éllécet a munkalap élére, igazítsd meg úgy, hogy a túllógás egyenletesen oszoljon el. 6. Szorítsd le több, jól elhelyezett szorítóval. – ellenőrzés: a ragasztó mindenhol kinyomódik a hézagból. 7. Távolítsd el a kinyomódott ragasztót nedves ronggyal, mielőtt megköt. 8. Hagyd a ragasztót a gyártói utasítás szerint kötni (jellemzően 4–8 óra, ellenőrizendő). 9. A végeket vágd le, a túllógó éllécet kézi gyaluval vagy élmaróval munkáld síkba. 10. Csiszold át az élt 120, majd 180 szemcsefinomságú csiszolópapírral.

27.4.13. Rövid összefoglaló

Az élzárás célja, hogy a faalapú lap szélét védő, esztétikus, a felülethez illeszkedő anyaggal zárjuk le. Az élzáró anyag lehet furnér, élfólia (ABS, PP, akril) vagy élléc, jellemzően előragasztott

kivitelben. A gyakori ragasztók: hot-melt EVA és PUR. A felületborítás után a lapot elővágó körfűrésszel vagy alsómaróval kell pontos méretre alakítani, hogy az élzárás tiszta alapra kerüljön. A gépi éllezáró gép a ragasztófelhordás, préselés, végvágás, élmarás, lekerekítés, ciklizés és polírozás lépéseit automatikusan elvégzi. A kézi élzárás vasalóval és élmaróval kis szériák, javítások esetén használatos. A szükséges élzáró mennyiséget folyóméterben számoljuk: a lezárt élek hosszához ráhagyást adunk (jellemzően 5–10 mm/él), és a teljes mennyiséget felfelé kerekítjük. A minőségi élzárás erős, résmentes, ragasztócsík nélküli, sík és sorjamentes. Az élzáró gépen a legnagyobb veszély a forró ragasztó, a forgó marók és a vonóhengerek; a gépet védőburkolattal, elszívással, vészleállítóval és betanított kezelővel szabad üzemeltetni.

27.4.14. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: - Faipari szakkönyvek, tankönyvek (az élzáró anyagok és éllezáró gép felépítésének általános leírása). - Faipari gépek gépkönyvei (éllezáró gépek biztonsági és üzemeltetési utasításai). - Gyártói műszaki adatlapok (élzáró anyagok, ragasztók hőmérsékleti és felhordási adatai). - Szabványok az anyagokra és ragasztókra (MSZ EN 204 – ragasztók vízállósági osztálya; MSZ EN 12765 – ragasztók osztályozása; lapanyagokra vonatkozó szabványok, ellenőrizendő).

Ellenőrizendő hiányok: - A jellemző ragasztóhőmérsékletek, előtoló sebességek és marási tűrések esetében a gépkönyv és a gyártói adatlap mérvadó (jelen szövegben tájékoztató értékek). - A PUR ragasztó védőgázas tárolásának és a gépi felhordás részleteinek pontos paraméterei. - Az MSZ EN szabványok pontos számai és hatályos verziói (jelölve a szövegben). - Az élzáró anyagok vonatkozó európai szabványai és teljesítményjellemzői (ellenőrizendő).

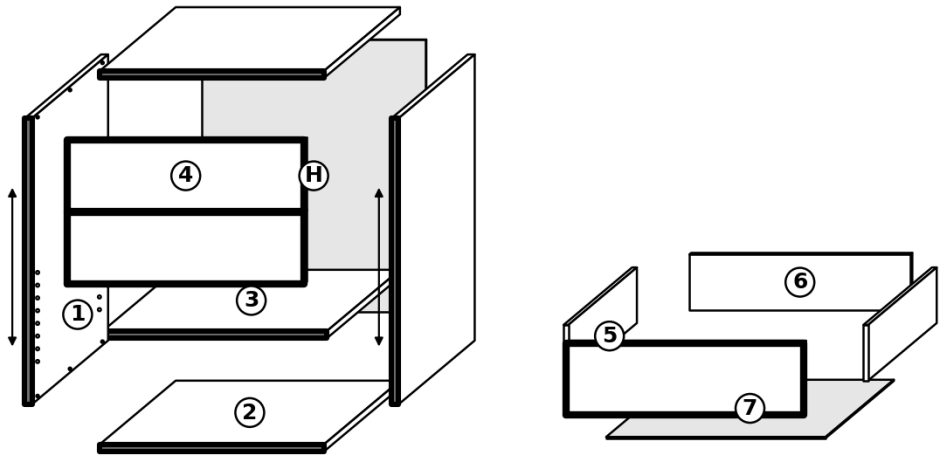
27.5. Lapszerkezetű termékek teljes gyártási folyamata

Műhelyhelyzet: a megrendelő két fiókos, laminált lapból készülő előszobaszekrényt kért. A rajz, a szabásjegyzék és a szabástérkép már elkészült, az anyag megérkezett a műhelybe. A tanuló feladata az, hogy a lapokból méretpontos alkatrészeket gyártson, az alkatrészekből pedig összeszerelhető, pontosan járó fiókos korpuszt készítsen elő.

Ha a folyamat elején hibázol – például rossz a szabásjegyzék vagy elcsúszik a furatkép –, a hiba a korpusz összeállításánál, a fiókok járásánál és a vevőnél csak később jelentkezik. Ezért ezt a fejezetet úgy építjük fel, mint egy **gyártási átvezetést**: a dokumentációtól a csomagolásig végigmegyünk a valós műveleti sorrenden.

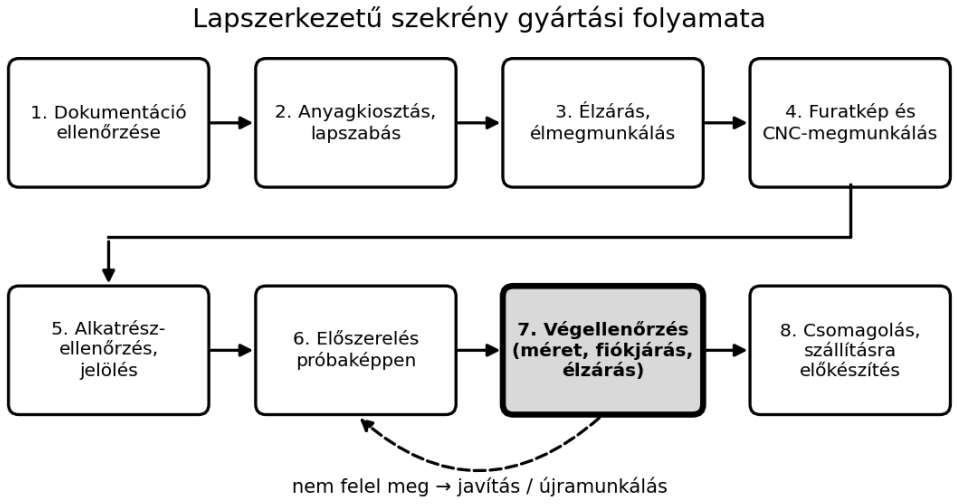
27.5.1. Szemléletes kép: egy kis fiókos szekrény alkatrészei

A bemutatott szekrény mérete: 600 mm széles, 500 mm mély, 720 mm magas. A korpusz két oldallapból, tető- és fenéklapból, hátlapból, egy polcból és két fiókból áll. Az anyag 18 mm-es laminált forgácslap, a hátlap és fiókfenék 3 mm-es HDF. A látható élek 1 mm-es ABS élzárót kapnak.



27.13. ábra. Kis fiókos korpuszszekrény robbantott ábrája a szabásjegyzék tételszámaival; az élzárt élek kiemelve, a kötőelemek és a polctartó furatok pontokkal (sematikus)

A gyártás fő műveleti sorrendjét a következő folyamatábra mutatja. A végellenőrzés a csomagolás előtt áll: ha a termék nem felel meg, az előszereléshez lépünk vissza, és nem kell a becsomagolt terméket kibontani.



27.14. ábra. A lapszerkezetű szekrény gyártási folyamata: a végellenőrzés a csomagolás előtt áll, hiba esetén visszalépés az előszereléshez

Definíció. A **lapszerkezetű termék** olyan bútoripari termék, amelynek fő szerkezeti elemeit faalapú lapok – leggyakrabban laminált forgácslap, MDF vagy bútorlap – alkotják. A **korpusz** a szekrény dobozszerű váza: két oldallap, tető- és fenéklap, hátlap, valamint a belső elosztó elemek.

Szabály. Rajz–anyag–művelet hármas. A rajzból készül a szabásjegyzék, a szabásjegyzékből az anyagkiosztás, az anyagkiosztásból pedig a műveleti sorrend. Ha bármelyik dokumentum nem egyezik a másikkal, azonnal meg kell állni, és tisztázni kell az eltérést.

Továbbvitt eredmény. A most felépített gyártási folyamat az alapja a későbbi Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája alfejezetnek, valamint a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés gyártási dokumentációjának. Itt tanulod meg, hogyan kell a rajzot alkatrészlistává és műveletsorrá alakítani.

27.5.2. Szabásjegyzék és szabástérkép, lapszabás

A gyártás első állomása a papír alapú vagy táblázatkezelős **szabásjegyzék** ellenőrzése. A jegyzék minden alkatrészt tételesen felsorol, megadja a darabszámot, az anyagot és a kész méretet. A méretek sorrendje: **hossz × szélesség × vastagság**, mm-ben, a rajzon mm-t nem írunk ki.

Szabásjegyzék-kivonat a bemutatott fiókos szekrényhez

Tétel	Db	Anyag	Kész méret (h × sz × v, mm)	Élzárás (fm)	Megjegyzés
1. Oldallap	2	18 mm laminált forgácslap, fehér	720 × 500 × 18	2 × 0,72 = 1,44	elülső él zárva
2. Tető- és fenéklap	2	18 mm laminált forgácslap, fehér	564 × 500 × 18	2 × 0,564 = 1,128	elülső él zárva
3. Polc	1	18 mm laminált forgácslap, fehér	564 × 480 × 18	1 × 0,564 = 0,564	elülső él zárva
4. Fiókelőlap	2	18 mm laminált forgácslap, fehér	596 × 180 × 18	2 × 1,552 = 3,104	mind a 4 él zárva
5. Fiók oldallap	4	12 mm laminált forgácslap, fehér	450 × 140 × 12	–	fészek a hátlaphoz
6. Fiók hátlap	2	12 mm laminált forgácslap, fehér	515 × 140 × 12	–	az oldalak közé illesztve ($539 - 2 \cdot 12$)

Tétel	Db	Anyag	Kész méret (h × sz × v, mm)	Élzárás (fm)	Megjegyzés
7. Fiókfenék	2	3 mm HDF, fehér	531 × 446 × 3	–	4 mm-es nútba ül (8 mm nútmélység)
8. Hátlap	1	3 mm HDF, fehér	712 × 592 × 3	–	rátett, szegezett

Megjegyzés. A korpusz belső szélessége $600 - 2 \cdot 18 = 564$ mm; oldalra szerelt fiókcsúszónál oldalanként kb. 12,5 mm hézagot feltételezve (ellenőrizendő: csúszógyártó) a fiókváz szélessége $564 - 25 = 539$ mm. A pontos méretek a vasalatrendszertől, az élzáró vastagságtól és az illesztési hézagtól függenek, ezért mindig a termék rajza és a gyártói adatlap az irányadó. Az alábbi számok **tanulási példák**.

A **szabástérkép** azt mutatja meg, hogy az egyes alkatrészek hogyan helyezhetők el az adott táblaméreten. A példában a 18 mm-es alkatrészeket egy 2800×2070 mm-es táblára tervezzük. A hosszanti szabásnál először egy 500 mm széles sávot választunk le. Ebből készül a két oldallap (2×720 mm hossz) és a tető-/fenéklap (2×564 mm hossz). A maradék táblarészből szabjuk a polcot és a fiókelőlapokat; a fiók 12 mm-es alkatrészei (oldalak, hátlapok) külön táblából készülnek.

A táblaszabást **lapszabászgépen** vagy **táblafelosztó körfűrészen** végezzük. A lapszabás lényege a derékszögű, párhuzamos méret, ezért a bázisél fogalma itt döntő. **Bázisél** az a lapél, amelyhez minden további méretet mérünk. Minden alkatrésznél jelöljük ki ugyanazt a bázisoldalt, például az elülső élt.

Számítás. A 18 mm-es tábla területe:

$$A_{\text{tábla}} = 2{,}800\,\text{m} \times 2{,}070\,\text{m} = 5{,}796\,\text{m}^2$$

A felhasznált 18 mm-es alkatrészek területe a táblázatból számolható. A példában ez a 18 mm-es sorokból: oldallap 0,720 + tető/fenék 0,564 + polc 0,271 + fiókelőlap 0,215, összesen $1{,}769\,\text{m}^2$, így a felületi kihozatal:

$$\eta_a = \frac{1{,}769\,\text{m}^2}{5{,}796\,\text{m}^2} \cdot 100\,\% \approx 30{,}5\,\%$$

Ez alacsonynak tűnhet, de egyetlen tábláról való önálló darabolásnál és kis darabszámnál elfogadható. Valós gyártásban több méretű táblát és optimalizáló szoftvert használunk a jobb kihozatalért. **(Ellenőrizendő: a tényleges kihozatal a szabástérkép-optimalizáló beállításától függ.)**

27.5.3. Élzárás és élmegmunkálás

A laminált forgácslap vágott éle érzékeny a nedvességre és mechanikailag is sérülékeny. A látható éleket ezért **élzáróval** borítjuk. A példában 1 mm vastag ABS élzárót használunk, amelyet forró ragasztóval viszünk fel. Nagyobb sorozatnál **éllezáró gépet** használunk, kis műhelyben kézi vasalóval és nyomógörgővel is lehet dolgozni.

A folyamat lépései:

1. Az alkatrész élét portól és zsírtól mentesre töröljük.
2. Az élzárót a gép adagolója vagy a kézi élzáró sablon szerinti oldalra illesztjük.
3. A gépi éllezáró felolvasztja a PUR vagy EVA ragasztót, nyomógörgőkkel rászorítja az élt, majd levágja a túllógó végeket.
4. A gép letisztázza a felesleges ragasztót, lekerekíti az éleket.
5. Kézi megmunkálásnál a felragasztott él túllógó részét élduplóval vagy maróval távolítjuk el.

A látható élek hosszát szabás előtt meg kell állapítani, mert ez adja az élzáró anyagszükségletet. A példában:

$$\text{élzáró} = 1{,}44 + 1{,}128 + 0{,}564 + 3{,}104 = 6{,}236\,\text{fm}$$

Ehhez célszerű 5–10% hulladékot számolni, ezért kb. 6,6–6,9 fm anyagot rendelünk.

27.5.4. Furatkép, 32-es rendszer és vasalatfuratok

A lapszerkezetű bútorok összeállítása nagyrészt **idegencsapos** és **vasalatos** kötésekkel történik. A furatok akkor illenek össze, ha a furatkép pontos, vagyis minden furat a rajz szerinti koordinátán van.

A bútorgyártásban széles körben használt **32-es rendszer** szerint a függőleges furatosztás 32 mm. A polctartó furatok átmérője jellemzően 5 mm, mélységük kb. 8–10 mm. A furatok elülső sorát a bázistól 37 mm-re fúrjuk. Ez az érték a vasalat rendszerétől függ, ezért mindig a katalógus szerint kell beállítani. **(Ellenőrizendő: a pontos 37 mm-es és 32 mm-es érték az adott vasalatgyártó rendszerére vonatkozik.)**

A 8 mm-es **köldökcsapfuratok** mélysége 18 mm-es lapnál a lapsíkban kb. 10–12 mm, a lapélben kb. 25–30 mm; a kettő összege a csaphossz + 1–2 mm **(ellenőrizendő: csap- és gépgyártói adat)**. A lapsíkba fúrt furat mélységét mindig a lapvastagsághoz mérd: legalább 5–6 mm anyag maradjon. A fúrást **sorozatfúrógéppel** vagy hosszlyukfúróval végezzük. A fiókcsúszók furatait a gyártó által megadott furatkép szerint készítjük. A csészés pánt fészke például 35 mm átmérőjű, 11–13 mm mély, de ez pánttípusonként változik.

Ha az alkatrészen többféle furat és marás van, célszerű **CNC-megmunkálóközpontot** használni. A CNC-vel a munkadarab-nullpontból kiindulva programozott koordinátákra fúrunk, marunk, és akár a zsebeket is kimunkáljuk. A programot szimulációval ellenőrizzük, az első darabot próbadarabnak tekintjük. A munkadarabot vákuumos vagy mechanikus befogással rögzítjük.

27.5.5. Alkatrészek jelölése, csomagolása és előszerelése

A legyártott alkatrészeket azonnal, de felületkímélő módon meg kell jelölni. A jelöléshez ceruzát vagy eltávolítható címkét használunk, és a jegyzék tételszámát írjuk fel. A látható felületre ne írjunk, mert a grafit vagy ragasztómaradvány a felületkezelés alatt meglátszhat.

Az **előszerelés** során a korpuszt még nem ragasztjuk véglegesen, hanem köldökcsapokkal és csavarokkal lazán összeállítjuk. Ellenőrizzük a derékszöget, a hátlap helyét, a polctartó furatok egyezését, majd a fiókokat próbára becsúsztatjuk. Ha minden illeszkedik, a kész szekrényt szétszedve vagy összeszerelve csomagoljuk.

A csomagolásnál a sarkokat habfóliával vagy kartonvédővel óvjuk, a fedlapokat zsugorfóliába tekerjük, és a csomagoláson feltüntetjük a termék nevét, a szállítási címet és a törékeny jelzést. A vasalatokat külön zacskóban, címkézve mellékeljük, hogy a helyszíni szerelésnél ne keveredjenek.

27.5.6. Gyártásközi ellenőrzés és dokumentálás

A gyártásközi ellenőrzés nem a gyártás végén történik, hanem minden művelet után. A szabás után azonnal mérjük a hosszt, szélességet, vastagságot és derékszöget. Az élzárás után a ragasztási vonalat, a letisztázott élt és a túllógó ragasztót ellenőrizzük. A furatképnél egy 8 mm-es próbacsap és egy 5 mm-es polctartó segítségével ellenőrizzük a furatátmérőt és mélységet.

A mért adatokat **gyártásközi ellenőrzőlapra** rögzítjük. A lapon szerepel a gyártási szám, az alkatrész tételszáma, a mért érték, a mérőeszköz, a tűrés és az ellenőrzést végző neve. Így egy későbbi reklamációnál visszakereshető, hol történt a hiba.

27.5.7. Technológiai lap – fiókos korpuszszekrény gyártása

Termék: kétfiókos, 600 × 500 × 720 mm-es előszobaszekrény laminált lapból.

Anyagok: 18 mm-es laminált forgácslap, 3 mm-es HDF, 1 mm-es ABS élzáró, PUR/EVA élzáró ragasztó, 8 mm-es köldökcsap, 5 mm-es polctartó, fiókcsúszó pár, facsavarok, fogantyúk.

Gépek és szerszámok: lapszabászgép, éllezáró gép (vagy kézi élzáró vasaló), sorozatfúrógép vagy CNC-megmunkálóközpont, akkus csavarozó, derékszög, mérőszalag, tolómérő, próbacsapok, fúró- és marószerszámok.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Lapszabászgépnél hasítóék, fűrészlapvédő, tolófogantyú és elszívás kötelező. Élzáró gépnél a forró ragasztó megégethet, ezért hosszú ujjú ruhát és védőszemüveget viselj. A CNC-gép védőterében bekapcsolt gépnél tilos tartózkodni. Szerszámcsere és beállítás előtt áramtalaníts.

Indítás előtti ellenőrzés: a fűrészlap éles, repedésmentes, a hasítóék a laphézaghoz igazított; az elszívás működik; a munkadarabon nincs fém, kő vagy laza göcs; a gép vészleállítója elérhető; a fúró- és marószerszámok rögzítése megfelelő.

Lépések:

1. **Dokumentáció-ellenőrzés.** Hasonlítsd össze a rajzot, a szabásjegyzéket és a szabástérképet. Minden tétel darabszáma és mérete egyezzen. – *Ellenőrzés: rajz szerinti méret, tételszám, anyagjelölés.*
2. **Anyagkiosztás.** A táblán jelöld be a szabásvonalakat, a bázisélt és a tételszámot. – *Ellenőrzés: derékszög és párhuzamosság a bázisélhez.*
3. **Lapszabás.** Szabd ki az alkatrészeket a szabástérkép szerint. – *Ellenőrzés: hossz ±0,5 mm, szélesség ±0,5 mm, derékszög 0,5 mm-en belül, tájékoztató tűrések.*
4. **Élzárás.** A látható élekre ragaszd fel az ABS élzárót, tisztítsd le a túllógó ragasztót, kerekítsd le az éleket. – *Ellenőrzés: nincs élmenti rés, az él nem ég meg, a sarokrádiusz egyenletes.*
5. **Furatkép elkészítése.** Fúrd ki a polctartó, köldökcsap- és fiókcsúszó-furatokat a rajz szerint. – *Ellenőrzés: furatátmérő 5/8 mm, mélység jegyzék szerint, 32 mm-es osztás a soron egyenletes.*
6. **CNC-megmunkálás (ha van).** Futtasd a szimulált programot a próbadarabon, majd a sorozaton. – *Ellenőrzés: nullpont, szerszámkorrekció, vákuum, védőtér.*

7. **Alkatrész-jelölés.** Minden alkatrészt tételszám szerint jelölj meg, nem látható felületen. – *Ellenőrzés: jegyzék és jelölés egyezik.*
8. **Előszerelés.** Állítsd össze a korpuszt köldökcsapokkal, csavarozd lazán, próbáld be a fiókokat. – *Ellenőrzés: derékszög, fiókjárás, hátlap illeszkedése.*
9. **Végellenőrzés.** Ellenőrizd a terméket a minőségellenőrzési pontok szerint (méret, derékszög, élzárás, furatkép, fiókjárás). – *Ellenőrzés: minden pont megfelel; eltérésnél javítás vagy újramunkálás, csomagolás csak ezután.*
10. **Csomagolás.** A kipróbált alkatrészeket védőfóliával és sarokvédővel csomagold. – *Ellenőrzés: csomagoláson tételszám, tartalom és „törékeny” jelölés.*

27.5.8. Minőségellenőrzés

A korpusz minőségét a következő pontokon ellenőrizzük:

- **Méretpontosság:** a kész alkatrészek mérete a rajz szerinti, a tűrés ±0,5 mm (tájékoztató, a gyártási tűrést a dokumentáció adja).
- **Derékszög:** a lapok két éle derékszögű, a szemben lévő oldalak párhuzamosak. A derékszögelő alatt nem lehet fényrés.
- **Élzárás:** a ragasztási hézag nem látszik, az él nem pattan le, a saroktúllógás nem érezhető.
- **Furatkép:** a furatok nem kúposak, nem szakadtak, a 8 mm-es próbacsap szorulás nélkül illeszkedik.
- **Fiókjárás:** a fiókok akadás nélkül, egyenletesen csúsznak, a homlokrések egyenletesek.

Ha eltérést találunk, az alkatrészt ne szereljük tovább erővel. Kis mérethibánál utánmunkálható a darab, nagy hibánál selejtezzük, és új darabot gyártunk.

27.5.9. Tipikus hibák és okaik

1. A fiókelőlap beszorul az oldallapok közé.
Ok: a fűrészvágás nem volt derékszögű, ezért az alkatrész trapéz alakú lett.
Helyes gyakorlat: szabás után azonnal mérd meg mindkét átlót, és ha az átlók nem egyeznek, állítsd be a párhuzamvezetőt.

2. Az élzáró alól ragasztó nyomódik ki.
Ok: túl sok ragasztó, túl magas ragasztási hőmérséklet vagy rossz nyomógörgő.
Helyes gyakorlat: a gépi beállítást a gyártói adatlap szerint válaszd, tesztdarabon ellenőrizd, és a felesleget azonnal tisztítsd le.

3. A polctartó furatok nem egy vonalban vannak.
Ok: az alkatrész nem feküdt fel az ütközőn, vagy a fúrótengely elmozdult.
Helyes gyakorlat: minden sorozat előtt bázisélet válassz, a sorozatfúrót próbadarabon ellenőrizd, és a furatkiosztást sablonnal vagy mérőórával mérd.

4. A hátlap nem ül a nútba.
Ok: a nútot nem a hátlap vastagságához igazították, vagy a hátlap mérete nem egyezik a nút külső méretével.
Helyes gyakorlat: a nútot a ténylegesen beszabott hátlap vastagságához igazítsd, és a hátlapot a korpusz próbaösszeállításakor illeszd be.

27.5.10. Hibaelemzési eset

Tünet: az előszerelt korpuszban a fiók bal oldalon szép réssel jár, a jobb oldalon viszont 2,5 mm-rel nagyobb a hézag, és a fióklap sarka elhúzza a jobb oldallapot.

Lehetséges okok: 1) a jobb oldallap nem párhuzamos, 2) a fiókváz átlói nem egyeznek, 3) a fúrás elcsúszott, 4) a jobb oldali fiókcsúszó furata nem a rajz szerinti koordinátán van.

Vizsgálat: mérőszalaggal és derékszöggel ellenőrizzük a korpusz átlóit, a fiók átlóit, majd a fiókcsúszó furatok helyét a báziséltől. Kiderül, hogy a jobb oldallapon a fiókcsúszó furatsora 2,5 mm-rel magasabbra került, mert az alkatrész nem feküdt fel a sorozatfúró ütközőjén; ezért a fiók ferdén fut, és az előlap oldalt elmozdul.

Valódi ok: a furatkiosztásnál az alkatrész elmozdult az ütközőtől, így a fúrás nem a bázisélhez igazodott.

Javítás: a hibás furatsort 8 mm-es tömítőcsappal vagy műanyag furattömítővel bezárjuk, és a pontos helyre új furatot fúrunk. Ha ez a vasalat miatt nem lehetséges, az oldallapot újra kell szabni.

Megelőzés: a furatképet közvetlenül a fúrás után sablonnal vagy tolómérővel ellenőrizni kell, és a sorozatot csak hibátlan próbadarab után indítani.

27.5.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A szabásjegyzékben a méret sorrendje vastagság × szélesség × hossz.
2. Igaz vagy hamis? A 32-es rendszerben a furatosztás 32 mm, de ez bármilyen bútorra automatikusan érvényes, gyártói katalógus nélkül is.
3. Mennyi a példában a látható élek élzáró-szükséglete?
4. Miért kell a fűrészlap hasítékot illetve hasítóéket ellenőrizni lapszabás előtt?
5. Milyen ellenőrzést végzel el a fiók előszerelésekor?
6. Mi a teendő, ha a szabás után az alkatrész átlói 1 mm-rel eltérnek?

27.5.12. Feladatok

1. feladat (A) Készítsd el egy 500 mm széles, 400 mm mély, 600 mm magas kétajtós szekrény korpuszának egyszerűsített szabásjegyzékét. Az oldallapok mérete legyen teljes magasságú, a tető- és fenéklap az oldallapok közé kerüljön, a hátlap 3 mm-es HDF. Add meg a darabszámot, anyagot és kész méreteket.

2. feladat (A) Számítsd ki, hány folyóméter élzáró szükséges a példa 1 mm-es ABS éleihez, ha a látható élek: 2 oldallap elülső éle (720 mm), 2 tető/fenéklap elülső éle (564 mm), 1 polc elülső éle (564 mm) és 2 fiókelőlap mind a 4 éle (596 × 180 mm). A hulladék 6%-kal számolj.

3. feladat (B) Egy 18 mm-es laminált lap táblamérete 2800 × 2070 mm. A szabásjegyzék szerint az alkatrészek összes területe 1,769 m². Mennyi a kihozatal? Miért nem elég önmagában ez a mutató a gazdaságosság megítéléséhez?

4. feladat (B) Az előszerelésnél a fiók jobb oldali hézag 2,0 mm-rel nagyobb. Sorold fel legalább három lehetséges okot és a hozzá tartozó vizsgálatot.

5. feladat (C) A CNC-programban a munkadarab-nullpont a lap bal első sarkán van. A fúrószerszám korrekciója 15,4 mm-rel hosszabb a programozottnál. Magyarázd el, miért fontos a szerszámkorrekció bevitele, és mi történhet, ha elmarad.

6. feladat (D) Tervezz meg egy gyártásközi ellenőrzőlap-mintát a fenti szekrény lapszabásához. A lapon szerepeljen legalább 5 ellenőrzési pont, a mérőeszköz, a tűrés és a rögzítendő érték. Az ellenőrzőlapot táblázatosan add meg.

27.5.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A sorrend hossz × szélesség × vastagság.
2. Hamis. A 32 mm-es osztás gyakori, de a pontos furatkoordinátákat mindig a vasalatgyártó előírása adja.
3. A látható élek összege 1,44 + 1,128 + 0,564 + 3,104 = 6,236 fm.
4. A hasítóék megakadályozza a vágási rés záródását és a visszavágódást; ha hiányzik vagy rosszul áll, a munkadarab visszacsapódhat.
5. Ellenőrzöm a fiók oldalhézagait, csúszását, a fiók elülső síkját és a fogantyú furatait, valamint a fűrészelt fiókfelek derékszögét.
6. Ha az átlók nem egyeznek, az alkatrész nem derékszögű, ezért újra kell szabni vagy utánigazítani, miután a gép párhuzamvezetőjét beállítottuk.

1. feladat (A)
Például: 600 mm magas, 500 mm széles, 400 mm mély szekrény; oldallap 2 db, 600 × 400 × 18; tető/fenéklap 2 db, 464 × 400 × 18; hátlap 1 db, 600 × 464 × 3. A méretek a belső hézagtól és a nút kialakításától függenek.

2. feladat (A)
Az élek összege: $2\cdot 0{,}72 + 2\cdot 0{,}564 + 1\cdot 0{,}564 + 2\cdot(0{,}596+0{,}180)\cdot 2 = 1{,}44+1{,}128+0{,}564+3{,}104 = 6{,}236\,\text{fm}$.
Hulladékkal: $6{,}236 \cdot 1{,}06 = 6{,}610\,\text{fm} \approx 6{,}7\,\text{fm}$.

3. feladat (B)
A tábla területe $2{,}8 \cdot 2{,}07 = 5{,}796\,\text{m}^2$. A kihozatal $\frac{1{,}769}{5{,}796}\cdot 100 \approx 30{,}5\%$. Ez önmagában nem elég, mert a hulladék mérete, a szabási idő, a szerszámkopás és a megvásárolt táblák száma is költséget jelent.

4. feladat (B)
Lehetséges okok: (1) a fiók átlói nem egyeznek – mérjük a fiók két átlóját; (2) az oldallap fúrása elcsúszott – mérjük a furatok távolságát a báziséltől; (3) a fiókcsúszó nincs párhuzamosan felszerelve – vízmértékkel és mérőszalaggal ellenőrizzük; (4) a korpusz nem derékszögű – mérjük a korpusz átlóit.

5. feladat (C)
A szerszámkorrekció a befogott szerszám tényleges hosszát és átmérőjét adja meg a CNC-nek. Ha a program a tervezett hosszhoz képest 15,4 mm-rel rövidebb szerszámot feltételez, a gép valójában 15,4 mm-rel mélyebbre fúrhat, ami átfúrhatja a lapot vagy beszorulhat a szerszám. Emiatt minden szerszámcsere után mérőórával vagy próbadarabbal ellenőrizni kell a korrekciót.

6. feladat (D)
Példa ellenőrzőlapra:

Ellenőrzési pont	Mérőeszköz	Tűrés (mm)	Mért érték (mm)	OK/NEM
Hossz	mérőszalag	±0,5		
Szélesség	tolómérő	±0,5		
Vastagság	tolómérő	±0,3		

Ellenőrzési pont	Mérőeszköz	Tűrés (mm)	Mért érték (mm)	OK/NEM
Derékszög	derékszögelő	0,5 mm/500 mm		
Élminőség	szemrevételezés	nincs szakadt él	–	

27.5.14. Rövid összefoglaló

A lapszerkezetű termék gyártása a dokumentáció ellenőrzésével kezdődik. A szabásjegyzék minden alkatrész darabszámát, anyagát és kész méretét tartalmazza, a szabástérkép pedig a táblán való elhelyezést mutatja. A lapszabásnál a bázisélhez igazított derékszögű, párhuzamos méretek a legfontosabbak. Az élezárás a látható éleket védi, a furatkép a 32-es rendszer szerint készül, és a vasalat gyártói előírásához igazodik. A CNC-megmunkálásnál a munkadarab-nullpont és a szerszámkorrekció adja a pontosságot. Az alkatrészeket jelölni kell, előszereléssel ellenőrizni, majd védőcsomagolással előkészíteni. A gyártásközi ellenőrzőlap dokumentálja a mért értékeket, és visszakereshetővé teszi a hibákat. **Továbbvitt eredmény:** ez a folyamat az alapja a korpuszbútorok gyártástechnológiájának és a vizsgaremek dokumentációjának.

27.5.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari gépkönyvek (lapszabász, éllezáró, sorozatfúró, CNC), bútorvasalat-gyártók katalógusai, a faipari gépbiztonsági szabványok (MSZ EN ISO 19085 sorozat), valamint a fapor-expozíció és munkavédelem előírásai. **Ellenőrizendő:** a 32-es rendszer pontos 37 mm-es bázistávolsága és a polctartó furatok mérete az adott vasalathoz, a fiókcsúszók furatképe, a példában használt táblaméretek és árak, valamint a pontos gép- és anyagparaméterek a használt géptípushoz.

28 Felület-előkészítés és pácolás

28.1. A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás

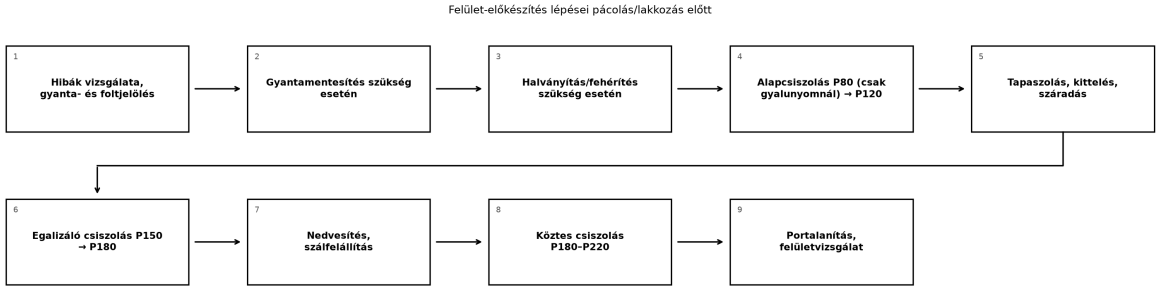
28.1.1. Motiváció

Egy megrendelő tölgyfa asztallapot kér pácolva és lakkozva, de az alkatrészen sötét foltok, egy göcsrepedés és halvány gyaluélnyomok látszanak. Egy másik munka lucfenyő ablakpárkány: a felülete gyantás, a gyanta ragad, és a lakk nem tapadna meg egyenletesen. Ha ilyenkor azonnal pácot vagy lakkot viszünk fel, a hiba átüt, a bevonat foltos vagy lepattogzó lesz. A felületkezelés minősége tehát nem a lakknál kezdődik, hanem a felület **előkészítésénél**: foltokat halványítunk, gyantát eltávolítunk, repedéseket betapaszolunk, a szálat felállítjuk, és a felületet fokozatosan finomítjuk. Ebben az alfejezetben ezeket a műveleteket tanuljuk meg.

28.1.2. Szemléletes kép

Képzeld el a fa felületét nagyító alatt: gyalulás után a rostok megnyílnak, a pórusok mélyülnek, a gyanta a gyantajáratokban ül, a göcs körül repedés tátong. A felületkezelő anyag csak akkor tud egyenletes, jól tapadó réteget képezni, ha a felület tiszta, sík, a pórusok nyitottak vagy megfelelően tömítettek, és nincs por, zsír, gyanta vagy lazán kötődő szál.

A felület-előkészítés tipikus műveleti sorát az alábbi folyamatábra mutatja egy pácolandó, lakkozandó tömörfa alkatrészen. A sorrend azért fontos, mert a vegyi műveletek (gyantamentesítés, halványítás) után keletkező felületi egyenetlenséget csak ezután szabad tapaszolni és csiszolni; a csiszolási sor: P80 (csak ha gyalunyom van) → P120 → tapaszolás → P150 → P180 → nedvesítés → köztes csiszolás P180–P220 → portalanítás (tájékoztató, ellenőrizendő: pác- és lakkgyártó ajánlása). A nedvesítés közvetlenül a finom csiszolás után, a köztes csiszolás előtt következik, hogy a felállított szálat el lehessen távolítani.



28.1. ábra. Felület-előkészítés lépései pácolás/lakkozás előtt - Tájékoztató műveletsor; a konkrét termékhez és anyaghoz igazítjuk.

A fa oldalán a rostok irányát mindig jelöljük, mert a csiszolást rostirányban végezzük. A felületvizsgálatnál a **rajz–anyag–művelet hármas** elvét követjük: a rajzról tudjuk, melyik felület lesz látható, az anyagból tudjuk, hogy gyantás vagy pórusos, a műveletből pedig, hogy pácolás vagy fedőlakkozás következik.

28.1.3. Fogalmak, anyagok és biztonsági alapok

Definíció. A **felület-előkészítés** mindazoknak a műveleteknek az összessége, amelyek a nyers, gyalult vagy csiszolt fa felületét alkalmassá teszik a tervezett felületkezelő anyag egyenletes felhordására, tapadására és megjelenésére. Ebbe tartozik a felület tisztítása, a hibák kijavítása, a színkiegyenlítés, a szálfelállítás és a fokozatos csiszolás.

Szabály. A felület-előkészítés anyagait mindig a felületkezelő rendszerhez választjuk. Más az igény egy natúr olajos, pácolott-lakkozott vagy fedőmázas felületnél. Az anyagok gyártói műszaki adatlapja és biztonsági adatlapja (SDS) a mérvadó; a könyvben szereplő keverési arányok és mennyiségek tanulási példák.

A felület-előkészítés anyagai:

- **Gyantamentesítő oldószer:** például nitrohígító, aceton vagy terpentin (művész/ipari tisztaságú). A gyantát oldja, de tűzveszélyes és szellőzést igényel.
- **Lúgos gyantamentesítő:** hígított nátrium-hidroxid- vagy kálium-hidroxid-oldat. A gyantát elszappanosítja; maró hatású, ezért védőkesztyű és védőszemüveg kell. **(ellenőrizendő: konkrét töménység a gyártói adatlapon)**
- **Halványító (fehérítő) oldat:** gyakran hidrogén-peroxid vizes oldata, esetleg ammóniával kiegészítve. A sötét foltokat, vizesedésnyomokat, egyenetlen színt halványítja. A tömény ($\geq$ 30 %) oldat maró hatású, súlyos szemsérülést okoz, erős oxidálószer **(ellenőrizendő: a termék biztonsági adatlapja, H-mondatok)**.
- **Faipari tapasz:** színezett, oldószeres vagy vizes pigmentált paszta, amelyet repedések, szeglyukak, kisebb göcsök kitöltésére használunk. Száradás után csiszolni kell.
- **Kitt:** többnyire kétkomponensű, kémiailag keményedő töltőanyag, amely nagyobb hibák, élkitörések pótlására alkalmas; csiszolás után kemény, tartós felületet ad.
- **Pórustömítő:** híg, gyorsan száradó, a nyitott pórusokat (tölgy, kőris, dió) kitöltő réteg, amelyet pác nélküli lakkozásnál az alapozás előtt, pácolt felületnél a pác száradása után, a lakkozás előtt hordunk fel (vagy a pác színével egyező, színezett pórustömítőt használunk), majd visszacsiszolunk **(ellenőrizendő: a felületkezelő rendszer adatlapja)**.
- **Nedvesítő víz:** tiszta, lehetőleg desztillált vagy forralt csapvíz; a szál felállítására használjuk.
- **Portalanító anyagok:** finom porzsákos porszívó, enyhén nedves, szöszmentes rongy, esetleg antisztatikus törlőkendő.

Gépbiztonság és egészségvédelem. Minden vegyi anyagot (oldószer, lúg, hidrogén-peroxid, tapasz, pác) csak a biztonsági adatlap ismerete után szabad használni. A fa csiszolása közben por keletkezik; a keményfa-por (például tölgy, bükk, kőris) rákkeltő hatású lehet, ezért elszívással és légzésvédővel dolgozz. Az oldószergőz és a lúgmarás ellen szellőzés, latex/nitril védőkesztyű, védőszemüveg, hosszú ujjú munkaruha szükséges. A halványító oldatot ne keverd ismeretlen anyagokkal, mert hő, gáz vagy fröccsenés keletkezhet. A felület-előkészítési munkáknál a gépi csiszológép csak betanított, felügyelt tanuló által kezelhető, a védőburkolat és az elszívó rács nélkül soha.

Tilos. Oldószert, lúgot, halványító maradékot a lefolyóba önteni. Az olajos, oldószeres rongyot nem szabad összegyűrve tárolni, mert öngyulladhat; fém, fedeles, tűzálló konténerbe kell tenni. A

csiszolóporral teli zsákot nyílt láng közelében üríteni tilos, mert a finom fa-légkeverék porrobbanást okozhat.

28.1.4. A felületvizsgálat és a műveletsor

Szabály. A felület-előkészítés előtt vizsgáld meg a felületet: milyen fafaj, milyen hibák (gyanta, folt, repedés, göcs, kitört él, gyalu- vagy csiszolási nyom), milyen a szálirány, mennyire poros, zsíros, és mi lesz a következő művelet (pácolás, lakkozás, olajozás). A sorrendet a kémiai folyamatok és a csiszolási finomság határozza meg: előbb a vegyi kezelések, utána a mechanikai javítások, végül a finom csiszolás.

28.1.4.1. Gyantamentesítés

Definíció. A **gyantamentesítés** a fenyőfélék (luc, erdei, vörösfenyő, Douglas-fenyő) felületén megjelenő gyanta eltávolítása vagy semlegesítése, hogy a későbbi pácolás és lakkozás ne foltosodjon, és a bevonat meg tudjon tapadni.

Eljárás oldószerrel. A gyantás foltot jelöld meg krétával. Tiszta pamutrongyot vagy vattát nedvesíts be nitrohígítóval vagy acetonnal, és a gyantás felületet alaposan dörzsöld át. A gyanta feloldódik, vagy a rongy felszedi. A műveletet ismételd, amíg a rongy tiszta, illetve a felület nem ragad. Szárítás után ellenőrizd tapintással: a felület hűvös, de nem ragacsos. Az oldószert mindig jól szellőző helyen, nyílt lángtól távol használd.

Eljárás lúgos szerrel. A gyantás foltra híg lúgoldatot kenünk fel, amely a gyantát elszappanosítja. Rövid hatásidő után tiszta, nedves ronggyal letöröljük, majd a felületet semleges folyadékkal (például hígított ecettel) áttöröljük, és tiszta vízzel leöblítjük. **Figyelem.** A lúg a fa színét sötétítheti, ezért először próbadarabon ellenőrizd. A töménység és a hatásidő a gyártói adatlaptól függ; a könyvben ne kísérletezz ismeretlen aránnyal. **(ellenőrizendő: a termék adatlapja)** A lúgos kezelés után mindig teljesen meg kell szárítani a fát, és ellenőrizni kell a felület pH-ját, mert a maradék lúg a lakkot, pácot tönkreteheti.

Tipp. A gyantás fenyőt már a gyalulás előtt érdemes ellenőrizni, mert a gyanta a késszárnyat is szennyezheti. A gyantás fűrészáru tárolásánál a hő hatására a gyanta megfolyik; ezért ne tárold tűző napon.

28.1.4.2. Halványítás (fehérítés)

Definíció. A **halványítás** vagy **fehérítés** a faanyag természetes színének világosítása, sötét foltok, elszíneződések (például vizesedésnyom, vas-folt, penészfolt) eltüntetése vagy az egész felület színének kiegyenlítése. A halványítás oxidáló vagy redukáló kémiai reakcióval bontja le a színt adó anyagokat.

Recept: hidrogén-peroxidos halványítás tájékoztató lépései.

1. **Előkészítés:** viselj zárt védőszemüveget vagy arcvédőt, vegyszerálló (nitril vagy butil) kesztyűt, használj műanyag (nem fém) edényt, és dolgozz szellőző helyen. A tömény oldatot csak az oktató hígíthatja. A felület legyen tiszta, portalanított, gyantamentes.
2. **Próbadarab:** próbáld ki a halványítót hulladékdarabon, mert minden fafaj más mértékben reagál.

3. **Felhordás:** a hígított hidrogén-peroxid-oldatot szivaccsal, ecsettel vagy tiszta ronggyal egyenletesen hordd fel a foltra vagy a teljes felületre. Koncentráció és hatásidő: gyártói adatlap szerint; tanulási példaként gyakran hígított, 10–30 %-os oldatot használnak. **(ellenőrizendő: a tényleges töménység, hatásidő)**
4. **Hatásidő:** figyeld a felület színváltozását; ha elérte a kívánt világosságot, töröld át tiszta, nedves ronggyal.
5. **Semlegesítés:** a gyártó szerint semlegesítheted enyhe savval, majd tiszta vízzel öblíts; a maradék oxidálószert el kell távolítani.
6. **Szárítás:** legalább a gyártó által megadott ideig szárítsd, mielőtt pácolnál vagy lakkoznál.
7. **Csiszolás:** a száradás után enyhén megemelkedett szálat finoman, rostirányban csiszold vissza.

Megjegyzés. A halványítás nem pótolja a gyalulást, és nem varázsol el minden foltot. A kékes csersavfolt vasreakció esetén más kezelést, például oxálsavas oldatot használnak; ezt csak megfelelő ismerettel és biztonsági adatlap alapján végezd, mert mérgező. **(ellenőrizendő: a kezelőanyag és a munkavédelmi előírások)** A halványítás után a fa néha túl világos, egyenetlen, ezért utólagos pácolással színezhetjük vissza.

28.1.4.3. Tapaszolás, pórustömítés, kittelés

Definíció. A **tapaszolás** kisebb hibák (göcsrepedés, szeglyuk, hajszálrepedés, kisebb kitörés) kitöltése tapasszal, hogy a felület sík és egységes legyen. A **pórustömítés** a nyitott pórusú fafajok (tölgy, kőris, dió, mahagóni) pórusainak kitöltése, hogy a lakk ne „süppedjen” bele, és a pácolás egyenletes legyen. A **kittelés** nagyobb, mélyebb hibák pótlása kétkomponensű kittel, amely száradás után kemény, jól csiszolható.

Eljárás lépésenként:

1. **Válaszd ki a tapaszt.** Színe a faanyaghoz illeszkedjen, de a pácolt végső színhez igazodjon. A tapasz száradás után általában sötétedik vagy világosodik, ezért próbadarabon ellenőrizd.
2. **Készítsd elő a repedést.** Finom hegyű vésővel vagy tapasztókéssel kapard ki a laza, porló részt; sűrített levegővel vagy porszívóval távolítsd el a port.
3. **Hordd fel a tapaszt.** Tapasztókéssel vagy spatulával nyomd be a repedésbe, kissé túltöltve, mert a tapasz száradás közben zsugorodik.
4. **Szárítás.** A gyártói adatlap szerint várj; az oldószeres tapasz rövidebb, a vizes vagy kétkomponensű hosszabb időt igényel.
5. **Csiszold vissza.** Száradás után a tapaszt a fa síkjával egy szintben, rostirányban csiszold; először durvább (P150), majd finomabb (P180) papirossal.
6. **Ellenőrizd tapintással és fényben.** A tapasz ne emelkedjen ki, ne legyen mélyedés, és a színe ne üssön el túl erősen.

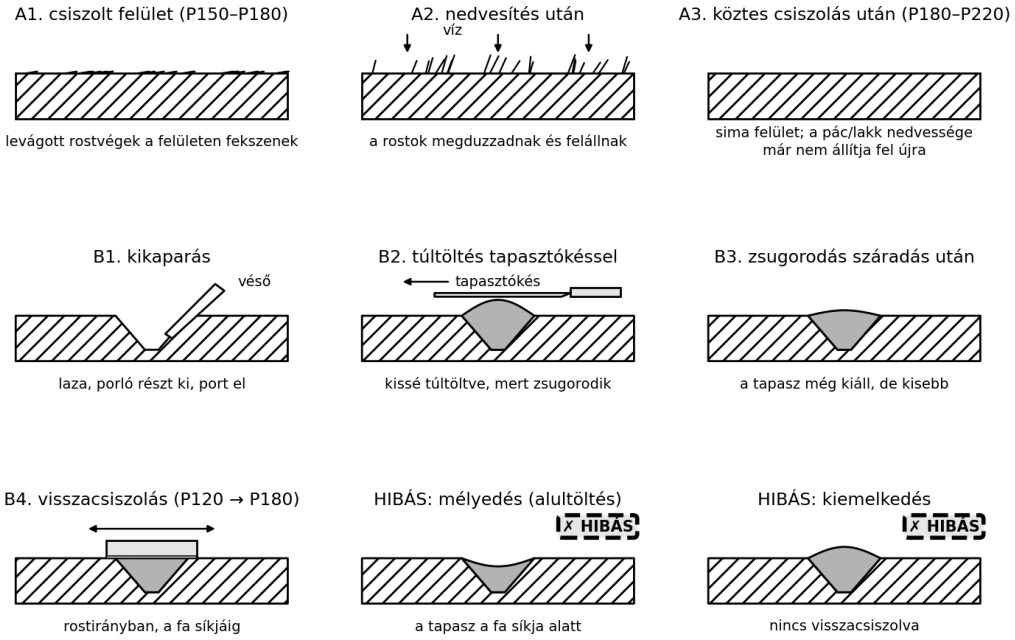
Pórustömítés. Pácolandó nyitott pórusú fánál (tölgy, kőris) a pórustömítőt a pác száradása után, a lakkozás előtt hordjuk fel, vagy a pác színével egyező, színezett pórustömítőt használunk; pác nélküli lakkozásnál az alapozás előtt jön. A pórustömítőt a gyártói hígítás után hordd fel; a felesleget gumilappal vagy spatulával húzd le a felületről; a felület száradása után finoman csiszold vissza, hogy a tömítőanyag csak a pórusokban maradjon. **Megjegyzés.** Nem minden fafaj igényel pórustömítést; a zárt pórusú bükk, juhar, cseresznye, gyertyán esetén gyakran felesleges.

28.1.4.4. Nedvesítés (szálfelállítás) és köztes csiszolás

Definíció. A **nedvesítés** a csiszolt fa felületének vízzel való megnedvesítése, hogy a fa felszínén fekvő, levágott rostdarabkák megduzzadjanak és felálljanak. A **köztes csiszolás** a nedvesítés után felállt, kiálló szálak eltávolítása, hogy a pácolás vagy lakkfelhordás után ne váljék érdes felületűvé a fa.

Eljárás. A P150–P180 csiszolás után enyhén nedvesítsd be a felületet tiszta vízzel; ne áztasd el, csak nedvesítsd. Hagyd megszáradni. A felállt szálat finom csiszolóvászonnal (P180–P220) rostirányban, kézzel vagy excentercsiszolóval távolítsd el. A felületet portalanítsd, és ha szükséges, ismételd meg a nedvesítés–csiszolás ciklust. Különösen fontos ez pácolás előtt, mert a pác a felállt szálakat jobban kiemelné, és a száraz csiszolás után ismét érdes lehet.

Miért így? A fa a nedvesség hatására mindig dagad, a rostok megduzzadnak. Ha az első nedvesítés után eltávolítjuk a felállt szálat, a későbbi pácolás vagy lakk nedvessége nem fog újabb, nagyobb mértékű szálfelállást okozni. Ez a „a fa mozog” elv alkalmazása a felület-előkészítésben.



Felső sor: szálfelállítás (A); középső és alsó sor: repedés tapaszolása (B) és két hibás eredmény. Sematikus, nagyított metszet.

28.2. ábra. Szálfelállítás nedvesítéssel és köztes csiszolás (A), valamint egy repedés tapaszolása túltöltéssel és visszacsiszolással, két hibás eredménnyel (B) – nagyított, sematikus metszet

28.1.4.5. Egalizáló csiszolás, portalanítás és felületvizsgálat

Definíció. Az **egalizáló csiszolás** a felület egyenletes, azonos finomságúra csiszolása a teljes látható felületen, hogy a tapasz, a pórustömítő és a halványítás utáni egyenetlenségek kiegyenlítődjenek. A **portalanítás** a felületről és a pórusokból a finom csiszolópor eltávolítása, hogy az ne keveredjék a páccal, lakkal, és ne okozzon érdes bevonatot.

Eljárás. A csiszolás finomsága a felületkezelő rendszertől függ: natúr olajos, viaszos felületnél P150–P180 is elég; pácolt-lakkozott felületnél P180 (köztes csiszolásnál P220), mázolt felületnél P150–P180 **(ellenőrizendő: pác- és lakkgyártó ajánlása)**. A csiszolást rostirányban végezd;

a sarkokat, éleket enyhén törd le, hogy a lakkfilm ne folyjon le, és ne képződjön éles él. A gép mozgatása legyen folyamatos; ne maradj egy helyen, mert mélyedést csiszolsz. A sarokba, profilba kézi csiszolótömböt használj.

Portalanítás. Porszívóval, puha kefével, enyhén nedves, szöszmentes ronggyal távolítsd el a port. A felület tiszta, tapintásra pormentes legyen. A levegőből leülepedő port a pác/lakk előtt utoljára töröld le.

Felületvizsgálat. Ellenőrizd a felületet fényben, szemrevételezéssel és tapintással: legyen egyenletes színű, sík, pormentes, gyantamentes, a tapaszok ne üssenek el túl erősen, a szál ne álljon fel. Ha eltérést tapasztalsz, javítsd, mielőtt továbbmennél.

28.1.5. Számítási példák

A felület-előkészítésnél is szükség van kis számításokra, például a tapasz mennyiségének becslésére és a halványító oldat hígítására.

Példa 1. Tapaszmennyiség göcsrepedésbe. Egy tölgy asztallap göcsénél a repedés hossza $l = 25\,\mathrm{mm}$, szélessége $b = 6\,\mathrm{mm}$, mélysége $v = 4\,\mathrm{mm}$. Milyen térfogatú tapaszt kell benyomni? Adjunk rá 20 % ráhagyást a zsugorodásra és a tömörítésre.

Számítás. A repedés térfogata:

$$V = l \cdot b \cdot v = 25\,\mathrm{mm} \cdot 6\,\mathrm{mm} \cdot 4\,\mathrm{mm} = 600\,\mathrm{mm}^3$$

Átváltva: $600\,\mathrm{mm}^3 = 0{,}6\,\mathrm{cm}^3$. Ráhagyással:

$$V_{\text{szükséges}} = 0{,}6\,\mathrm{cm}^3 \cdot 1{,}2 = 0{,}72\,\mathrm{cm}^3$$

Tehát kb. $0{,}7\,\mathrm{cm}^3$ tapasz szükséges. **Ellenőrzés:** egy 0,7 cm³-es adag kb. egy mogyorószemnyi; nagyságrendileg elfogadható, mert a repedés is kicsi. A gyakorlatban inkább kis tubusból, gombócnyi adagot vegyél, mert a veszteség és a csiszolás miatt több fogy.

Példa 2. Halványító oldat hígítása. Van 30 %-os hidrogén-peroxid-oldatunk, és 10 %-os oldatot szeretnénk készíteni belőle. Hány gramm víz kell 100 g 30 %-os oldathoz?

Számítás. A hígítási képlet: $c_1 \cdot m_1 = c_2 \cdot m_2$, ahol c a tömegszázalék, m az oldat tömege. A 30 %-os oldatban a hatóanyag tömege:

$$m_{\text{hatóanyag}} = 100\,\mathrm{g} \cdot 0{,}30 = 30\,\mathrm{g}$$

A 10 %-os oldat össztömege legyen m_2. Ekkor:

$$30\,\mathrm{g} = 0{,}10 \cdot m_2 \quad \Rightarrow \quad m_2 = \frac{30\,\mathrm{g}}{0{,}10} = 300\,\mathrm{g}$$

A hozzáadandó víz:

$$m_{\text{víz}} = 300\,\mathrm{g} - 100\,\mathrm{g} = 200\,\mathrm{g}$$

Tehát 100 g 30 %-os oldathoz 200 g vizet kell adni, hogy 10 %-os oldatot kapjunk. **Ellenőrzés:** az össztömeg 300 g, a hatóanyag 30 g, ez éppen 10 %. A keverést mindig a vízhez öntve,

óvatosan, kevergetve végezzük, nem fordítva. A tömény oldattal tanuló csak felügyelet mellett dolgozhat (zárt védőszemüveg vagy arcvédő, vegyszerálló kesztyű, műanyag edény); a rongyot és a maradékot ne tedd szerves hulladékkal egy edénybe.

A pontos felhasználható koncentrációt és hőmérsékletet a termék adatlapja határozza meg; ez a példa csak a hígítási logikát mutatja. **(ellenőrizendő: a tényleges keverési arány a gyártói adatlapon)**

28.1.6. Szabvány és munkavédelem

Szabvány. A felületkezelő anyagok, ragasztók, tapaszok, halványítószerek kémiai biztonsága a CLP-rendelet és a REACH-rendelet hatálya alá tartozik; a termékeken H-mondatok és piktogramok jelzik a veszélyeket. **(ellenőrizendő: a rendeletek pontos száma)** A faipari gépek és a csiszológépek biztonsági követelményeire az MSZ EN ISO 19085 sorozat vonatkozik; a gépkönyv és a termék adatlapja mindig mérvadó. **(ellenőrizendő: a szabvány és a géposztályok aktuális jelölése)** A keményfa-por munkahelyi expozíciós határértéke jogszabályban rögzített, a csiszolásnál elszívást és légzésvédőt kell alkalmazni. **(ellenőrizendő: a hatályos határérték és védőeszköz-besorolás)**

28.1.7. Technológiai lap

Technológiai lap. Gyantás lucfenyő ablakpárkány felület-előkészítése pácolás és lakkos felületkezelés előtt.

Cél: a felület legyen gyantamentes, tiszta, száraz, a gyalu- és csiszolási nyomok P180 szemcsenagyságúra finomítva, a felállt szál eltávolítva.

Anyag: lucfenyő ablakpárkány $l = 1200\,\mathrm{mm}$, $b = 150\,\mathrm{mm}$, $v = 20\,\mathrm{mm}$, gyalult, gyantás foltokkal. **(mintaadat)**

Anyagok és szerszámok: gyantamentesítő oldószer (nitrohígító), tiszta pamutrongy, tapasz, tapasztókés, csiszolóvászon P80 → P120 → P150 → P180 (köztes P220), excentercsiszoló (vagy kézi csiszolótömb), nedves rongy, porszívó, derékszögelő, vonalzó, védőkesztyű, védőszemüveg, légzésvédő (FFP2/FFP3 – jelölés ellenőrizendő).

Beállítási adatok: excentercsiszoló fordulatszám a gépkönyv szerint; csiszolókorong tépőzáras, P80–P220; a gép porgyűjtőjét vagy elszívását csatlakoztasd. **(ellenőrizendő: a gépkönyv és a csiszolóanyag adatlapja)**

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Az excentercsiszolót csak a gépkönyv szerint, a gyártó által előírt koronggal szabad használni. A csiszológép burkolatát, elszívását tilos eltávolítani. A gépet indítás előtt ellenőrizd: a korong ép, jól rögzített, a gép nem rezeg, a csatlakozó és a kábel ép. Forgó csiszolótalpnál kesztyűt ne viselj (behúzás veszélye). A szálkás munkadarab mozgatásához a gép álló állapotában használhatsz munkakesztyűt. A gépet fogva, stabilan mozgasd.

Lépések:

1. **Felületvizsgálat és jelölés.** Keresd meg a gyantás foltokat, jelöld krétával; ellenőrizd a gyalult felület hibáit, repedéseket. – ellenőrzés: minden hibát megjelöltél.
2. **Gyantamentesítés.** A gyantás foltokat tiszta ronggyal, nitrohígítóval dörzsöld át; ismételd, amíg a rongy tiszta. Szárítsd meg. – ellenőrzés: a felület hűvös, nem ragacsos.

3. **Alapcsiszolás.** Csiszold a felületet P80, majd P120 csiszolóvászonnal rostirányban, gép vagy kézi tömb segítségével. – ellenőrzés: a gyalulási nyomok eltűntek, a felület egyenletesen matt.
4. **Tapaszolás.** A repedéseket, hajszálrepedéseket töltsd ki faipari tapasszal; hagyd megszáradni. – ellenőrzés: a tapasz túltöltésben van, nem esett ki.
5. **Egalizáló csiszolás.** A tapaszt P150, majd P180 papírral csiszold a felülettel egy síkba. – ellenőrzés: a tapasz nem látszik, tapintásra nem érződik.
6. **Nedvesítés.** Enyhén nedves ronggyal húzd át a felületet; hagyd megszáradni. – ellenőrzés: a felület nedvességtartalma egyenletes, nem ázott.
7. **Köztes csiszolás.** Csiszold a felállt szálat P180–P220-as csiszolóvászonnal rostirányban, finoman. – ellenőrzés: a felület finom, egyenletes tapintású.
8. **Portalanítás.** Porszívóval, majd enyhén nedves ronggyal távolítsd el a port; várj a pácolásig. – ellenőrzés: a felület tiszta, pormentes, száraz.

Dokumentálás: rögzítsd a faanyagot, a használt anyagokat, a csiszolási sort, a nedvesítés idejét, a felületvizsgálat eredményét a műhelynaplóban.

28.1.8. Minőségellenőrzés

A felület-előkészítés után ellenőrizd:

- **Szemrevételezéssel:** nincs gyantafolt, nincs sötét folt, nincs repedés, kitörés, nincs látható tapaszmaradék, a szín egyenletes.
- **Tapintással:** a felület selymes, nem érdes, a szál nem áll fel; a tapasz nem dudorodik.
- **Méréssel:** a felület sík, a derékszögű élek mentén nincs lecsúszás; a csiszolási finomság a P180-as papír nyomának felel meg (szemrevételezéses becslés).
- **Portalanítással:** fehér ronggyal áthúzva nem marad por.

Ha eltérést találsz, a hibát azonosítsd, és a megfelelő lépést ismételd (például újragyantamentesítés, újracsiszolás, nedvesítés–csiszolás). A felületkezelés előtt a felület ne legyen vizes, zsíros, poros.

28.1.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: a lakk alatt gyantafolt üt át. Tünet: a lakkozás után sárga, ragacsos foltok jelennek meg, a lakk nem tapad. Oka: nem gyantamentesítettük a fenyőt, vagy a gyanta a szárítás után újra kifolyt. Javítás: a lakkréteg eltávolítása után oldószeres gyantamentesítés, majd újra felület-előkészítés. Megelőzés: mindig vizsgáld meg a fenyő gyantatartalmát, és próbadarabon ellenőrizd a kezelést.

Hiba 2: a tapasz kilazul vagy elüt a színe. Tünet: száradás után a tapasz kiesik, repedezik, vagy sötétebb folt marad. Oka: nem tisztítottuk ki a repedést, nem nyomtuk be eléggé, vagy rossz színű tapaszt választottunk; a tapasz nem a pácolt végső színhez illik. Javítás: a kilazult tapaszt kaparjuk ki, tisztítsuk meg, és új tapasszal töltsük ki; a színt próbadarabon pácolva ellenőrizzük. Megelőzés: a tapasz színét mindig a tervezett pác után ellenőrizd, és a felületet alaposan portalanítsd.

Hiba 3: a felület az első pác után érdes. Tünet: a pác felhordása után a felület érdes, bár csiszoltunk. Oka: a fa szálfelállása a nedvességtől; nem nedvesítettünk és nem csiszoltunk közben. Javítás: a pác után óvatosan, finoman csiszold vissza a felállt szálat, majd portalaníts; de a gyakori megoldás a pácolás előtti nedvesítés–csiszolás. Megelőzés: a csiszolási sort mindig nedvesítéssel és köztes csiszolással zárd, ha pácolás vagy lazúrozás következik.

Hiba 4: a felület poros, a lakk érdes, halvány. Tünet: a lakk száradása után apró szemcsék, por, homályos felület. Oka: a portalanítás elmaradt, vagy a lakkozás előtt a levegőből por ült a felületre. Javítás: a lakkréteg finom csiszolása és újra lakkozás. Megelőzés: portalaníts porszívóval és enyhén nedves ronggyal; a lakkozás előtt ne porszívózz a felület közelében.

28.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos megrendelést kapott: egy tölgyfa étkezőasztal lapját kellett természetes páccal és PU-lakkal felületkezelni. A felület enyhén gyalult, néhány sötét vízfolttal és egy göcsrepedéssel. A tanuló először a csiszolással kezdte, majd rögtön pácot vitt fel. Az eredmény: a vízfoltok helyén a pác sötétebb maradt, a göcsrepedés megtelt páccal és fekete lett, a felület pedig érdes, mert a szál felállt. A reklamáció során a mester újra csiszolta a lapot, a foltot halványító szerrel kezelte, a repedést betapasztotta, nedvesítéssel szálfelállítást végzett, majd újra pácolt. A végeredmény egyenletes, selymes lett. A tanulság: a felület-előkészítés lépései nem foszthatók meg egymástól, és a sorrend kötelező.

28.1.11. Önellenőrzés

1. Miért kell a gyantás fenyőt a lakk előtt gyantamentesíteni?
2. Mi a különbség a tapasz, a kitt és a pórustömítő között?
3. Milyen lépéssel akadályozhatod meg, hogy a pác alatt felálljon a szál?
4. Miért tilos az oldószeres rongyot összegyűrve a munkapadon hagyni?
5. Egy csiszolási sor $80 \rightarrow 120 \rightarrow 180$. Miért nem elég rögtön 180-assal csiszolni?
6. Hogyan ellenőrzöd, hogy a felület pormentes?

28.1.11.1. Megoldások – Önellenőrzés

1. A gyanta nem engedi a lakk tapadását, és sárga, ragacsos foltot okoz; oldószerrel vagy lúggal eltávolítjuk, és próbadarabon ellenőrizzük.
2. A tapasz kisebb hibákhoz, a kitt nagyobb, keményebb pótláshoz, a pórustömítő a nyitott pórusok kitöltésére szolgál.
3. A nedvesítés és köztes csiszolás: a vizetől felállt szálat finoman eltávolítjuk, így a pác nedvessége már nem okoz érdesedést.
4. Az olajos, oldószeres rongy öngyulladhat; fém, fedeles, tűzálló konténerbe kell tenni.
5. A durvább szemcsék távolítják el a gyalulási nyomot és az egyenetlenséget, a finomabbak csak finomítanak; ha rögtön 180-assal dolgozunk, a felület nem lesz sík, és a papír gyorsan megtelik.
6. Fehér ronggyal áthúzom; ha por marad rajta, porszívóval és enyhén nedves ronggyal újra portalanítom.

28.1.12. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a felület-előkészítés fő lépéseit egy gyantás lucfenyő pácolás előtt, a sorrenddel együtt.

2. feladat (A) Egy göcsrepedés méretei: $l = 30\,\text{mm}$, $b = 5\,\text{mm}$, $v = 6\,\text{mm}$. Mennyi tapasz kell 25 % ráhagyással? Add meg a térfogatot cm^3-ben.

3. feladat (B) Van 20 %-os hidrogén-peroxid-oldat. Mennyi vizet kell adni 150 g oldathoz, hogy 8 %-os oldatot kapjunk? (Tömegszázalékkal számolj.)

4. feladat (B) Egy tölgy asztallap felülete pórusos. Melyik anyagot használod a pórusok kitöltésére, és milyen sorrendben végzed a pácolás előtt? Indokold meg.

5. feladat (C) A gyantamentesítéshez lúgos oldatot használtál. A felületen fehéres, sós kivirágzás maradt. Mi lehet az oka, és mit teszel?

6. feladat (D) Képzeld el, hogy egy 1,2 m²-es tölgy étkezőasztal lapot kell előkészíteni természetes pácolásra. Készítsd el a technológiai lap lépéseit, az ellenőrzési pontokkal, a szükséges anyagokkal és a biztonsági előírásokkal. A gépi csiszoló használatára térj ki.

28.1.12.1. Megoldások

1. feladat (A) A sorrend: 1. felületvizsgálat, 2. gyantamentesítés, 3. halványítás/fehérítés ha szükséges, 4. tapaszolás/kittelés (alapcsiszolás P120 után), 5. alapcsiszolás P80 (ha gyalunyom van) → P120, tapaszolás, majd egalizáló csiszolás P150 → P180, 6. nedvesítés, szálfelállítás, 7. köztes csiszolás P180–P220, 8. portalanítás és felületvizsgálat. A vegyi kezelések a mechanikai javítások előtt vannak; a nedvesítés a finom csiszolás előtt.

2. feladat (A) Adott: $l = 30\,\text{mm}$, $b = 5\,\text{mm}$, $v = 6\,\text{mm}$, ráhagyás 25 %. Keresett: $V_{\text{szükséges}}$.

$$V = l \cdot b \cdot v = 30 \cdot 5 \cdot 6 = 900\,\text{mm}^3 = 0{,}9\,\text{cm}^3.$$

Ráhagyással:

$$V_{\text{szükséges}} = 0{,}9 \cdot 1{,}25 = 1{,}13\,\text{cm}^3.$$

Tehát kb. 1,1 cm³ tapasz kell.

3. feladat (B) Adott: $c_1 = 20\,\%$, $m_1 = 150\,\text{g}$, $c_2 = 8\,\%$. Keresett: $m_{\text{víz}}$. A hatóanyag:

$$m_{\text{hatóanyag}} = 150 \cdot 0{,}20 = 30\,\text{g}.$$

A céloldat tömege:

$$m_2 = \frac{30}{0{,}08} = 375\,\text{g}.$$

A hozzáadott víz:

$$m_{\text{víz}} = 375 - 150 = 225\,\text{g}.$$

Tehát 225 g vizet kell adni. Ellenőrzés: 30 g hatóanyag / 375 g = 8 %.

4. feladat (B) A pórusok kitöltésére pórustömítőt használok. A sorrend pácolt tölgynél: tiszta, gyantamentes, pormentes felület; pácolás; a pác száradása után pórustömítő (vagy a pác színével egyező, színezett pórustömítő) felhordása, felesleg lehúzása; száradás; visszacsiszolás P180–P220, hogy a tömítő csak a pórusokban maradjon; portalanítás; lakkozás. Ha a pórustömítőt pácolás előtt, színtelenül vinnénk fel, a pác nem jutna be a pórusokba, és a tölgy jellegzetes rajzolata eltűnne. A tölgy nyitott pórusú, ezért a pórustömítés fontos, különben a lakk egyenetlenül szívódik be **(ellenőrizendő: a felületkezelő rendszer adatlapja)**.

5. feladat (C) A fehéres sós kivirágzás oka: a lúgos oldat nem távozott teljesen, és a felületen lúgsó maradt; esetleg a semlegesítés/öblítés elmaradt. Teendő: a felületet tiszta, nedves ronggyal alaposan lemosni, majd hígított ecetes vízzel semlegesíteni, tiszta vízzel leöblíteni, megszárítani; próbadarabon ellenőrizni. Maradék lúg esetén a lakk/pác hibás lesz.

6. feladat (D) Lásd a fenti Technológiai lap mintáját; a tölgy asztallapra: a csiszolás excentercsiszolóval, P80 → P120 → P180, a göcsrepedést tapaszold, a pórusokat tömítsd, nedvesítés és köztes csiszolás P180–P220, portalanítás. A gép használatánál: gépkönyv, védőburkolat, elszívás, légzésvédő; csiszológépen kesztyűt tilos viselni. A halványítást csak foltkezelésnél használd. A lépéseknél mindig ellenőrizd: a felület egyenletes, pormentes, a tapasz nem üt el.

28.1.13. Rövid összefoglaló

A felület-előkészítés célja, hogy a fa felülete a pácolás, lakkozás vagy olajozás előtt tiszta, sík, gyantamentes, pormentes és a megfelelő finomságra csiszolt legyen. A fő műveletsor: felületvizsgálat; gyantamentesítés oldószerrel vagy lúggal; halványítás hidrogén-peroxiddal, ha szükséges; tapaszolás, kittelés, pórustömítés; csiszolás 80 → 120 → (tapaszolás) → 150 → 180 grádussal; nedvesítés szálfelállításhoz; köztes csiszolás a felállt szál eltávolítására; portalanítás és végső felületvizsgálat. A sorrend azért kötött, mert a vegyi kezelések előkészítik a felületet, a mechanikai javítások után pedig a nedvesítés–csiszolás akadályozza meg a szálfelállást. A tapaszt színben és keménységben a fafajhoz és a páchoz kell igazítani; próbadarabon mindig ellenőrizd. A vegyi anyagok és a por ellen a biztonsági adatlap, szellőzés, védőkesztyű, védőszemüveg, légzésvédő és az olajos rongyok tűzbiztos tárolása kötelező. **Továbbvitt eredmény.** Az így előkészített felület a Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák alfejezetben használt alap: a pác egyenletesen szívódik be, a színfelvétel egyenletes, és a lakkréteg jól tapad. A csiszolási finomság és a portalanítás hiánya azonnal látható hibát okoz a kész bevonaton.

28.1.14. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: a Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés csiszolási technológia, a Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap biztonsági adatlap-kezelés, felületkezelő anyagok gyártói műszaki adatlapjai és biztonsági adatlapjai, csiszológép gépkönyve, MSZ EN ISO 19085 faipari gépek biztonsága (ellenőrizendő), CLP-rendelet és REACH-rendelet (ellenőrizendő pontos szám), a keményfa-por expozíciós határértékére vonatkozó hazai rendelet (ellenőrizendő), csiszolóanyag-gyártói táblázatok. A megadott töménységek, hígítási arányok, tapaszmennyiségek és csiszolási fokozatok tájékoztató jellegűek; éles munkánál a gyártói adatlap, a gépkönyv és a hatályos szabályozás az irányadó.

28.2. Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák

28.2.1. Miért kell pácolni? – A vevő nem festeni akar, hanem „fát” látni

Egy asztalosműhelyben a vevő gyakran azt kéri: „Ez a tölgyfa asztallap legyen sötét dió árnyalatú, de a fa erezete maradjon látható.” Ilyenkor **nem festék** kell, hanem **pácolás**. A pácolás olyan színváltoztatás, amely a fa természetes felületét, pórusait és rajzolatát megtartja, de a színét megváltoztatja. A rosszul pácolt felület foltos, csíkos, a bütük túl sötétek, a szín pedig eltér a mintadarabtól. Ezért a pácolás nem „odakenés”, hanem pontosan előkészített, próbadarabon ellenőrzött, tiszta műveletsor.

Képzelj el egy világos tölgyfa ajtólapot, amelynek a felét áthúzzák egy vizes páccal, a másik felét pedig egy szeszes pácfolttal. Az első egyenletesen, de a rostok mentén kissé megemelt felületet ad; a második gyorsan szárad, de könnyen foltos lehet, ha lassan dolgozol. Ebben az alfejezetben ezt a választást tanulod meg tudatosan irányítani.

28.2.2. Fogalmak és a pácok fajtái

Definíció. A **pác** olyan híg folyadék, amely színezőanyagot (festékpigmentet, oldott színezőanyagot vagy vegyi reakcióval színt adó anyagot) tartalmaz, és a fába behatolva megváltoztatja a felület színét, közben a fa rajzolatát nem fedi el. A **pácolás** a pác felhordása, törlése, szárítása és a szín ellenőrzése.

A pácok csoportosítása többféle lehet. A leggyakoribb, hogy az oldószer vagy hígító alapján különböztetjük meg őket:

- **Vizes pác:** a színezőanyagot víz oldja vagy hordozza. A vizes pác **vízzel hígítható**, és vízzel mosható le a szerszámról, edényről. Előnye, hogy olcsó, gyakorlatilag szagtalan, nem tűzveszélyes, és a felület kémiai szempontból semleges marad. Hátránya, hogy a fa **megdagad** tőle: a rostok felé emelkednek, „bársonyossá” válik a felület, ezért a pácolás után gyakran újra kell csiszolni. Tájékoztató jellemző: a vizes pác száradási ideje 20 °C-on általában 1–3 óra, de ez nagyban függ a szellőzéstől, a fa nedvességtartalmától és a felhordott mennyiségtől **(ellenőrizendő: mindig a termék műszaki adatlapja szerint)**.
- **Oldószeres pác:** a színezőanyag oldószert (például lakkbenzint, nitro- vagy egyéb oldószert) tartalmaz. A fában gyorsan beszívódik, és a rostokat kevésbé emeli fel. Hígításkor és tisztításkor csak a gyártó által megadott hígítót és **jól szellőző helyiséget** kell használni. A legtöbb oldószeres pác **tűzveszélyes**, a gőze pedig egészségkárosító, ezért nyílt láng közelében tilos.
- **Szeszes pác:** ez is oldószeres, de oldószere alkohol. Nagyon gyorsan szárad, ezért a felhordást gyorsan, egyenletes mozdulattal kell végezni. A szeszes pác foltossága abból adódik, hogy a pác egy része már a felhordás közben megszárad, mielőtt törölni tudnád. Szellőzés és tűzvédelem itt is kötelező.
- **Pozitív (rusztikus) pác:** olyan pác, amely a nagy pórusokat erősen beszínezi, a későbbi csiszoláskor vagy pórustömítővel való kezeléskor pedig nem tűnik el. Ezt nevezik „pozitívnak”, mert a pórusok sötétek maradnak, ami hangsúlyozza a fa rusztikus jellegét. A tölgy, a kőris és a dió pórusai különösen jól mutatják ezt a hatást. A rusztikus pác tehát nem egyszerűen egy szín, hanem egy szándékos technológiai megoldás.
- **Vegyi pác:** a vegyi pác nem oldott színezőanyagot tartalmaz, hanem olyan vegyületet, amely a fában lévő csersavval vagy más anyaggal reakcióba lépve alakít ki színt. Például **ammóniás gőzölés** hatására a tölgy, amely nemesített vagy gőzölt, mély sötétbarna árnyalatot kap, mert az ammónia a fa csersavtartalmával reagál. A **füstölés** is hasonló elvű: a faanyagot ammóniagőzben kezelik. **Figyelem:** az ammónia maró, izgató gáz, a műveletet csak elszívó berendezés alatt, légzésvédővel és védőkesztyűben szabad végezni; a pontos koncentrációt és időtartamot a gyártó vagy a technológiai utasítás adja meg **(ellenőrizendő: aktuális vegyi biztonsági előírások)**.
- **Színezőpác:** ez egy gyűjtőfogalom a cél színt adó pácokra; bármely oldószerű pác lehet színezett típus. A színkeverés lehetőségét a gyártó színkártyája vagy színezék adaléka biztosítja.

A pácok között vannak **pigmentált pácok** is, amelyek finom színes részecskéket tartalmaznak; ezek hajlamosak a pórusokban festékanyagot hagyni, ez pedig a pozitív hatást erősítheti, de rossz keveréskor „színes porosságot” adhat.

28.2.3. Pácok előkészítése: hígítás, színkeverés és mintadarab

Szabály. Pácot soha ne hígíts vagy keverj a gyártó által megadott hígító nélkül, és mindig készíts **próbadarabot** ugyanabból a fából, ugyanolyan csiszoltsági fokkal, ugyanazzal a felületi előkészítéssel, mint a későbbi munkadarab.

Az előkészítés lépései:

1. **Nézd meg a pác műszaki adatlapját.** Ott találod a hígítót (víz, lakkbenzin, alkohol), a hígítási arányt és a keverés módját.
2. **Keverd fel a pácot.** A festékanyag sokszor leülepszik az edény aljára. Keverés előtt **ne rázd erősen**, mert légbuborékok keletkeznek; inkább keverőpálcával, alulról felfelé, nyugodt mozdulattal dolgozz.
3. **Hígíts.** Pácból vizes pác esetén például a gyártó megadhatja, hogy 1 liter páchoz legfeljebb 10–20% vizet tehetsz (ebben a könyvben a „100 : 10” 100 térfogatrész pác + 10 térfogatrész víz) **(ez csak tanulási példa, az érvényes arányt az adatlap adja meg)**. A hígítást mindig fokozatosan végezd, mert a túl híg pác gyenge színt ad, a túl tömény pedig foltossá válhat.
4. **Keverj újra.** A hígítás után is alaposan keverd el.
5. **Készíts mintadarabot.** Vágj le a tényleges anyagból egy darabot, csiszold ugyanazzal a szemcsesorral, mint a terméket, és hordd fel a pácot ugyanazzal az eszközzel. A mintadarabot hagyd megszáradni, majd döntsd el, hogy a szín megfelel-e. Ha nem, módosítsd a hígítást vagy keverj más színt, és ismét próbálj.
6. **Jegyezd fel a keverési arányt.** A műhelynaplóba vagy a pác bekeverési lapjára írd fel, hogy mennyi pácot, mennyi hígítót, milyen színkeverést használtál. Így a reklamáció vagy a javítás esetén visszakereshető.

Számítás – hígítási arány. Ha 1,5 liter pácolóoldatot szeretnél készíteni, és a gyártó szerint a bekevert pác 100 térfogatrész páchoz 20 térfogatrész vizet igényel, akkor az arány 100:20, azaz összesen 120 rész. Az 1,5 liter = 1500 ml. Egy rész térfogata: $1500\,\text{ml}/120 = 12{,}5\,\text{ml}$. Tehát a pác mennyisége: $100 \cdot 12{,}5\,\text{ml} = 1250\,\text{ml}$, a vízé: $20 \cdot 12{,}5\,\text{ml} = 250\,\text{ml}$. Ellenőrzés: $1250 + 250 = 1500\,\text{ml}$. ∎

Megjegyzés: a térfogatszázalékos hígítás helyett tömegrészben is megadhatják; ilyenkor mérlegen dolgozz, ne mérőpohárral.

28.2.4. Felhordás: ecset, szivacs, szórás, pácfelhordó eszközök

A pác felhordható kézzel vagy géppel. A cél mindig a **teljes felület egyenletes, összefolyó benedvesítése és a felesleg gyors, nyom nélküli letörlése**.

28.2.4.1. Kézi felhordás

- **Ecset:** nagy, puha, sűrű szőrű ecsetet használj, amely sok pácot vesz fel, de nem csöpög. Az ecsetet mindig a rostokkal párhuzamosan vezesd, hogy a pác a rostok közé be tudjon szívódni. A széleken ne állj meg, mert ott sötét vonal keletkezik.
- **Szivacs:** vizes páchoz jól használható, mert a szivacs egyenletesen nedvesíti a felületet, és a felesleget is felveszi. A szivacsot tartsd tisztán, mert a pácban lévő lerakódás csíkokat okozhat.
- **Rongy (vászon vagy géz):** a törléshez és a felhordáshoz is használható; a törléshez legyen bolyhos-szálmentes, tiszta rongy.

- **Törlés:** a felhordott pácot a munka után azonnal, de legalább 1–3 percen belül tiszta ronggyal le kell törölni a felületről. A törlés iránya a rostirány legyen; a bütükön és az éleken óvatosan, de határozottan törölj, hogy ne maradjon sötét, vastag pácréteg.

28.2.4.2. Pácfelhordó eszközök és gépek

- **Párnacskendő (pácfelhordó párna):** nagyobb felületeknél a pácot gézből vagy vászonból becsomagolt vattatömbbel viszik fel. Ez egyenletesen adagolja az anyagot, és elkerülhető az ecsetcsík.
- **Szórás:** a pácfelhordó szórópisztollyal vagy alacsony nyomású (HVLP) pisztollyal is történhet. Ez gyors, főleg széles lapokon. Szórásnál a pácot a gyártó által megadott hígítással és nyomással fújják; a szórásköd elleni védőmaszk és a szórófülke kötelező. A szórt réteg vékony, ezért a törlés még fontosabb: ha nem törlöd le, a pác foltosan beéghet.
- **Pácfelhordó henger:** rövid szőrű habhenger vizes páchoz alkalmazható, de gyorsan szárad, és a hengeren lévő száradó pác csíkokat okozhat.

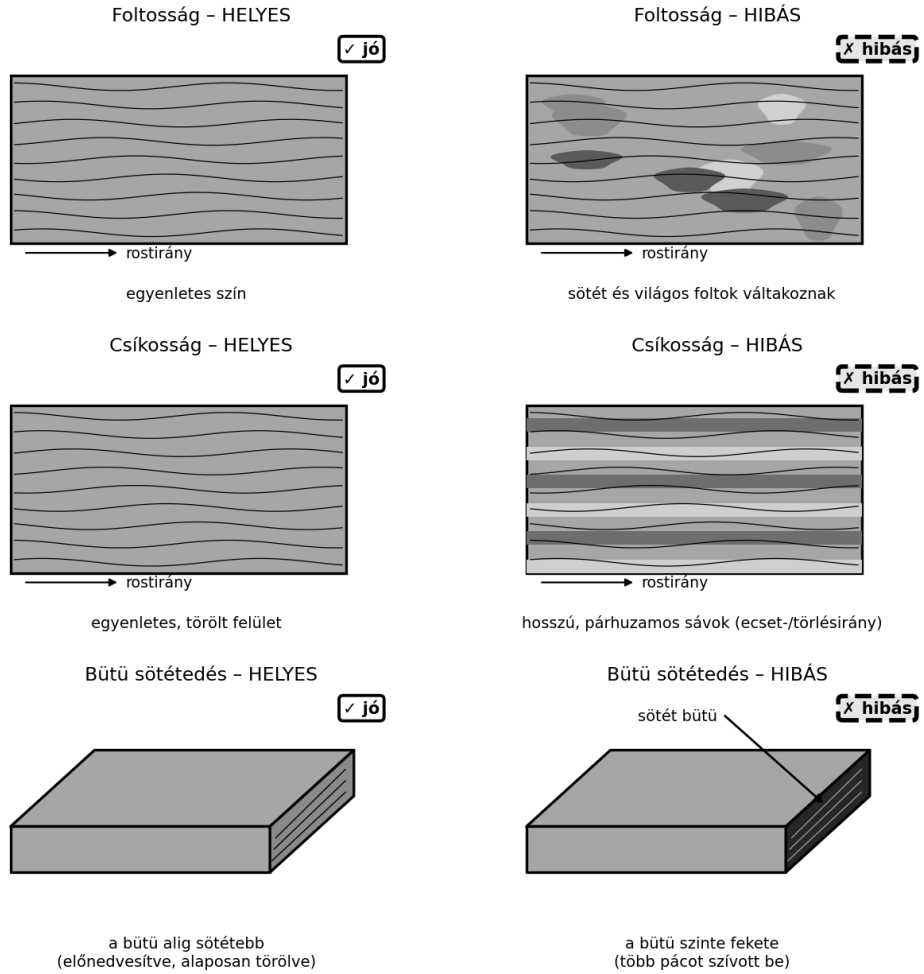
A felhordásnál mindig **próbadarabon** állítsd be az eszközt, a színt és a törlési időt, különösen akkor, ha új pácot használsz.

28.2.5. Száradás és köztes csiszolás

A pácolt felületet a gyártó által megadott ideig kell száradni hagyni. Vizes pácoknál a száradás után a felület **gyakran érdes, mert a rostok felálltak**. Ilyenkor finom csiszolóvászonnal (például P180–P240, **tájékoztató, a tényleges szemcse a pác és a fa függvénye**) **szárazon**, a rostok irányában, igen könnyű kézzel át kell csiszolni. A csiszolás után a port **teljesen el kell távolítani**, mert a por a következő lakkréteg alatt fehér vagy sötét pöttyöket okoz. A csiszolás előtt győződj meg arról, hogy a pác valóban megszáradt; a nedves pác felkenődik a csiszolóanyagra, és foltossá teszi a felületet.

28.2.6. Pácolási hibák, javításuk és megelőzésük

A pácolás leggyakoribb hibái a foltosság, a csíkosság és a bütü sötétedése. Ezeket az alábbi táblázat foglalja össze.



28.3. ábra. Pácolási hibák jó és hibás mintadarab-párokban: foltosság, csíkosság, bütü sötétedés (sematikus, szürke tónusokkal)

Hiba tünete	Lehetséges ok	Megelőzés	Javítás
Foltosság – a felület színe szabálytalan, sötét és világos foltok váltakoznak	nem keverték fel a pácot, a fa pórusai egyenetlenek, a felület nem volt egyenletesen csiszolva, a hígítás nem megfelelő	alapos keverés, egyenletes csiszolás, próbadarab, megfelelő hígítás	a felületet csiszolással világosítani kell, majd újra pácolni, vagy a foltot helyileg pácoldani és azonnal törölni
Csíkosság – a felületen hosszú, párhuzamos sávok láthatók, gyakran az ecset vagy a törlés irányában	a törlőrongy nem volt tiszta, a pác túl gyorsan száradt, az ecsetet nem vezették egyenletesen	tiszta rongy, gyors törlés, szükség esetén lassabban száradó pác	a csíkokat a friss, még meg nem száradt pácból azonnal törölni kell; ha már száraz, a teljes felületet finoman át kell csiszolni és újra pácolni

Hiba tünete	Lehetséges ok	Megelőzés	Javítás
Bütü sötétedés – a fafelület végein, a rostok végénél sötétebb, szinte fekete tónus	a bütü több pácot szív be, mint a hosszanti felület; a törlés nem érte el a széleket	a bütüt előzetesen hígított páccal, vagy tiszta hígítóval enyhén meg kell nedvesíteni; a bütüt a felülettel együtt, de alaposan le kell törölni	ha a bütü túl sötét, a száraz felületet nagyon finom csiszolóval világosítani lehet, de a legbiztosabb a teljes újracsiszolás és újrapácolás

Hibaelemzés. Vegyünk egy konkrét hibát: egy tölgyfa asztallap pácolás után több helyen világos foltos maradt. A tünet: a lapon áttetsző, fehéres, világos foltok látszanak, mintha a pác nem fogta volna meg a fát. Lehetséges okok: a felületen **ragasztócsepp vagy olajos kézlenyomat** maradt, amely elzárta a pác behatolását; a pácot nem keverték fel, így a színezőanyag az edény alján maradt; a felületet túl finomra csiszolták, és a pác nem tudott beszívódni. Vizsgálat: ellenőrizd a felületet ferde fényben, nézz rá nagyítóval, és ha van, keress ragasztónyomot. Valódi ok: a lapon ragasztócsepp volt a szél illesztésénél, amelyet nem távolítottak el csiszolás előtt. Javítás: a foltos részt száraz, finom csiszolóval le kell venni, a teljes felületet újra elő kell készíteni, majd újra pácolni. Megelőzés: a felület-előkészítésnél mindig ellenőrizd a ragasztómaradékot, és csiszold el; a pác bekeverésekor mindig alaposan keverd fel; használj próbadarabot.

28.2.7. Biztonság a pácolásnál

Gépbiztonság és egészségvédelem. A pácolás nem gép, de a pácok és oldószerek **vegyi anyagok**, ezért a következő szabályok érvényesek:

- **Védőfelszerelés:** a pác típusától függően **nitril védőkesztyű**, **védőszemüveg**, hosszú ujjú munkaruha. A bőrre került pácot azonnal, a biztonsági adatlapnak megfelelően le kell mosni. Ha a pác oldószert tartalmaz, a védőkesztyű anyaga legyen vegyszerálló (például nitril).
- **Légzésvédelem:** oldószeres és szeszes pácoknál, valamint szórásnál **szervesgőz-szűrővel ellátott légzésvédő** szükséges, ha a szellőzés nem elegendő. Vizes pácoknál a szellőzés is elegendő lehet, de a porképződés nélküli tiszta tér itt is fontos.
- **Tűzvédelem:** az oldószeres pácok és az alkohol tűzveszélyesek. Nyílt láng, szikra, dohányzás tilos. A pácot erre kijelölt, hűvös, szellőző, tűzveszélyes anyagok tárolására alkalmas helyen tárold.
- **Tilos** a pácot és az oldószert lefolyóba önteni; a maradékot veszélyes hulladékként kell gyűjteni, a jelölt tárolóedényben.
- **Kémiai biztonság:** minden páchoz tartozik **biztonsági adatlap (SDS)**, amely megadja az összetevőket, a veszélyességi osztályt, a H-mondatokat és a védőintézkedéseket. A pác használata előtt olvasd el az adatlapot. **(A konkrét H-mondatok, határértékek és szimbólumok a termékhez tartozó biztonsági adatlap szerint változnak; ellenőrizendő.)**

28.2.8. Anyagszükséglet-számítás pácoláshoz

A pácolás anyagszükségletét a felület nagysága és a pác fajlagos felhordása alapján lehet kiszámolni. A fajlagos felhordást a gyártó adja meg, gyakran gramm/m²-ben vagy ml/m²-ben. Az érték **tájékoztató**, mert függ a fa pórusosságától és a felhordás módjától.

Összefüggés. A szükséges pác mennyisége: $Q = A \cdot q$, ahol Q a pác mennyisége (g vagy ml), A a pácolandó felület (m²), q a fajlagos felhordás (g/m² vagy ml/m²). A hígított oldat mennyiségének kiszámításához a hígítási arányt is figyelembe kell venni.

Példa – szekrényajtó pácolása. Egy tömör tölgyfa ajtólap mérete 600 mm × 800 mm, az egyik oldalát pácoljuk. A felület: $A = 0{,}6\,\text{m} \cdot 0{,}8\,\text{m} = 0{,}48\,\text{m}^2$. Ha a pác fajlagos felhordása ecsettel, vizes pácból $80\,\text{ml/m}^2$ **(tájékoztató, a gyártó adatlapjáról ellenőrizendő)**, akkor a felhordandó kész (már hígított) oldat mennyisége: $Q = 0{,}48\,\text{m}^2 \cdot 80\,\text{ml/m}^2 = 38{,}4\,\text{ml}$. Kerekítve 40 ml kész oldatot kell bekeverni, hogy a kis edényből kényelmesen lehessen dolgozni. Ell.: mivel 0,48 m² kb. fél négyzetméter, 80 ml/m²-nél 40 ml reális. ∎

Példa – hígított oldat szükséglete. A fenti 40 ml kész oldatot 100 : 10 arányban (100 térfogatrész pác + 10 térfogatrész víz) hígítjuk **(mintaérték, a pontos arányt az adatlap adja meg)**. Összesen 110 rész van: a pác $40\,\text{ml} \cdot \frac{100}{110} \approx 36{,}4\,\text{ml}$, a víz $40\,\text{ml} \cdot \frac{10}{110} \approx 3{,}6\,\text{ml}$. Ellenőrzés: $36{,}4 + 3{,}6 = 40\,\text{ml}$. ∎

Megjegyzés: a fenti számítás csak a felhordáshoz szükséges mennyiség. A gyakorlatban mindig készíts valamennyi többletet, mert a törlőrongy, az ecset és a szivacs is felszív pácot, és a próbadarab is igényel. A szükséges mennyiség 10–20 %-kal való növelése ésszerű.

28.2.9. Technológiai lap – pácolás vizes páccal, tölgyfa asztallap

Cél: Egy tömör tölgyfa asztallap (1200 mm × 600 mm × 25 mm) egyenletes, középtónusú dió színre pácolása, folt- és csíkmentesen, lakkozásra előkészítve.

Anyagok: tölgyfa asztallap, csiszolóvászon (P150, P180, P240 – tájékoztató), vizes pác (dió, gyártói színkártya szerint), tiszta víz, tiszta, szálmentes rongy, ecset vagy szivacs, mérőedény, keverőpálca, pácbekeverő edény, nitril kesztyű.

Szerszámok, gépek: kézi vagy excenter csiszológép (opcionális, elszívással), derékszögelő, vonalzó, jó megvilágítás, hőmérő, páratartalom mérő (opcionális), mérleg.

Gépbiztonság: A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A csiszológépet védőburkolat nélkül használni tilos; az elszívás legyen bekapcsolva. A pácokkal dolgozva mindig viselj nitril kesztyűt, és jól szellőztess.

Indítás előtti ellenőrzés (ha gépet használsz): a csiszológép kábele, csiszolótányér és elszívócsatlakozó sértetlen; a pác edénye tiszta; a helyiség szellőzése működik; a tűzvédelmi előírásoknak megfelelően nincs nyílt láng.

Lépések:

1. **Felület előkészítése:** A lapot már előzőleg csiszold végig P150, majd P180 szemcsével; a bütüket is csiszold tisztára, és ne hagyj ragasztócseppet. – *Ellenőrzés:* a felület ferde fényben egyenletes, nincs fényes ragasztófolt, nem érdes.
2. **Portalanítás:** A csiszolási port sűrű sörtéjű kefével, majd enyhén benedvesített tiszta ronggyal távolítsd el. Várd meg, amíg a felület megszárad. – *Ellenőrzés:* tiszta, száraz felület, pormentes.
3. **Pác előkészítése:** A pácot alaposan keverd fel, majd a gyártó utasítása szerint hígítsd (ha kell), és készíts belőle annyit, amennyi a lapteljes felületre + próbadarabra elég (számolj 10–20% többletet). – *Ellenőrzés:* a kikevert pác egyenletes, üledék nélküli; a hígítási arány a jegyzeten rögzítve.
4. **Próbadarab:** Ugyanabból a tölgyfa anyagból készült próbán hordd fel a pácot a választott eszközzel, töröld le, és hagyd megszáradni. Értékeld a színt. – *Ellenőrzés:* a próba színe megfelel a kívánt dióárnyalatnak; ha nem, hígíts vagy keverj más színt, és ismételd.

5. **Pác felhordása:** Az asztallapot helyezd vízszintes, tiszta, kármentes munkafelületre. Ecsettel vagy szivaccsal, **rostirányban**, egyenletesen vidd fel a pácot, ne hagyj száraz foltot, de ne is csöpögtess. A sarkokat és az éleket is fesd be. – *Ellenőrzés:* a frissen nedves felület egyenletes sötét tónusú, nincs száraz sziget, nincs vastag pácfolt.
6. **Törlés:** A felhordás után **azonnal** (vizes pác esetén 1–3 percen belül, de az adatlap szerint) tiszta, szálmentes ronggyal, rostirányban töröld le a felesleges pácot. A bütükön és az éleken különösen alaposan törölj, hogy ne sötétedjenek el. – *Ellenőrzés:* a felület egységes színű, a törlőrongyon már nincs sok festék, a bütü nem láthatóan sötétebb.
7. **Száradás:** A pácolt lapot száradni tedd pormentes, szellőző helyre. A száradási idő a gyártó adata szerint, vizes pác esetén jellemzően 1–3 óra **(ellenőrizendő)**. – *Ellenőrzés:* a felület tapintásra száraz, ujjlenyomat nélkül, a szín stabil.
8. **Köztes csiszolás:** A felállt rostok miatt a felület finoman, P240-es csiszolóvászonnal, rostirányban, nagyon könnyű nyomással csiszold át. – *Ellenőrzés:* a felület újra sima, de a szín nem kopott le; portalanítsd újra.
9. **Dokumentálás:** Jegyezd fel a pác nevét, színét, hígítási arányát, felhordás módját, időpontját, a próbadarab eredményét. Ezt tedd a munkanaplóba vagy a műhelynaplóba. – *Ellenőrzés:* a feljegyzés olvasható, a későbbi lakkozáshoz is használható.

28.2.10. Minőségellenőrzés

A pácolt felületet **ferde fényben**, legalább két irányból nézve ellenőrizd:

- A szín egyenletes, nincs folt, csík, ecsetnyom.
- A bütü színe nem sötétebb a hosszfánál (ha igen, az hiba).
- A felület tapintása egyenletesen sima, nincs felállt rost (köztes csiszolás után).
- A szín a próbadarabbal összehasonlítva elfogadható.
- A pác nem hagyott vékony, ragadós filmet; a felület nem tapad.

Eltérésnél: ha a hiba friss és a pác még nedves, azonnal töröld át, vagy vidd fel újra a pácot a hibás helyre, és töröld. Ha a pác már megszáradt, a hibás felületet finoman csiszold le, portalanítsd, és a teljes felületet újra pácold, ne csak a foltot, mert a javítás határai látszani fognak.

28.2.11. Tipikus hibák és okaik – összefoglaló

A pácolásnál a leggyakoribb hibaforrás a **felkészületlenség**: nincs próbadarab, a pácot nem keverik fel, a törlést elhalogatják, a törlőrongy koszos, vagy a bütüt nem kezelik előre. Mindegyik hiba a „ha sietsz, kétszer csinálod” esete. Ha a pácolt felület hibás, a javítás általában csiszolást és újrapácolást jelent, ami extra munkaidőt, anyagot és port okoz. Ezért a próbadarab, az ellenőrzés és a tiszta, nyugodt munkatempó kifizetődik.

28.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben egy vevő világos kőrisfa könyvespolcokat rendelt, sötét dió színre pácolva. Az asztalos tanuló a pácolást a megrendelés utolsó napján, sietve végezte el, mert a határidő közel volt. A pácot nem keverte fel, a bütüket nem nedvesítette be, és a törléshez egy korábban vizes, de már szennyezett rongyot használt. Az eredmény: a polcokon foltok, a bütükön sötét, szinte fekete szegélyek, a felületen csíkok. A vevő reklamált. A polcelemeket vissza kellett csiszolni és újra pácolni, ami kétszer annyi időt vett igénybe, mint a szabályos pácolás. Tanulság: a pácolás nem a sietős művelet; a próbadarab, a tiszta eszközök és a bütü előkezelése minden megrendelésnél kötelező.

28.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: a vizes pác mindig gyorsabban szárad, mint a szeszes pác. Indokold!
2. Mi a különbség a pozitív pác és a hagyományos színezőpác között?
3. Miért kell a bütüt pácolás előtt hígított páccal vagy tiszta hígítóval megnedvesíteni?
4. Számítsd ki: egy 900 mm × 500 mm-es furnérozott lap egyik oldalát pácolod, a fajlagos felhordás 70 ml/m². Mennyi pác szükséges?
5. Mi a teendő, ha a pácolt felület a száradás után foltos?
6. Miért tilos a pácot és az oldószert lefolyóba önteni?

28.2.14. Feladatok

28.2.14.1. 1. feladat (A)

Sorold fel a pácok fajtáit oldószerük szerint, és mindegyikhez írd le, hogy milyen jellemző előnye vagy hátránya van!

28.2.14.2. 2. feladat (A)

Milyen védőfelszerelést viselj oldószeres pác ecsettel való felhordásakor, és miért?

28.2.14.3. 3. feladat (B)

Egy tölgyfa ajtókeret pácolásához 0,6 liter kész vizes pácoldatot kell készíteni. A gyártó szerint a pácot 100:20 arányban kell hígítani vízzel. Számítsd ki, mennyi pác és mennyi víz szükséges! Add meg az eredményt milliliterben és literben is!

28.2.14.4. 4. feladat (B)

Egy 2,4 m²-es felületet pácolsz szórásos eljárással. A pác fajlagos felhordása szóráskor 120 ml/m². Számítsd ki, hány liter pácra van szükség! Ha a pácot 10% tömegű veszteséggel (törlőrongy, készülék) kell számolni, mennyit kell összesen kiönteni?

28.2.14.5. 5. feladat (C)

Két asztalos ugyanazt a tölgyfa lapot pácolja ugyanazzal a vizes páccal. Az első lapon a szín egyenletes, a bütük alig sötétebbek; a másodikon csíkok és sötét bütük látszanak. Adj legalább négy lehetséges okot a különbségre, és írd le mindegyikhez a megelőzést!

28.2.14.6. 6. feladat (D)

Készíts technológiai lapot egy 600 mm × 400 mm-es kőrisfa doboztető pácolásához vizes pácból, középbarna színre. A lapot lakkozni fogják. A technológiai lap tartalmazza az anyagokat, szerszámokat, védőfelszerelést, a lépéseket (felület-előkészítéstől a köztes csiszolásig) és az ellenőrzési pontokat!

28.2.15. Megoldások

28.2.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A vizes pác lassabban szárad, mint a szeszes pác, mert a víz párolgása lassabb, mint az alkoholé.
2. A pozitív (rusztikus) pác a nagy pórusokat erősen beszínezi, és a pórusok a későbbiekben is sötétek maradnak. A hagyományos színezőpác általában egyenletesen színezi a felületet, és a pórusok nem feltétlenül lesznek hangsúlyosak.
3. A bütü sokkal több pácot szív be, mint a hosszanti felület. Ha előzetesen megnedvesítjük, a bütü telítődik, és nem tud annyi színezőanyagot felvenni, így kevésbé sötétedik el.
4. A felület: $A = 0{,}9\,\mathrm{m} \cdot 0{,}5\,\mathrm{m} = 0{,}45\,\mathrm{m}^2$. Szükséges pác: $Q = 0{,}45\,\mathrm{m}^2 \cdot 70\,\mathrm{ml/m}^2 = 31{,}5\,\mathrm{ml}$. Kerekítve 32 ml.
5. Ha a felület már megszáradt, a foltokat finom csiszolóvászonnal le kell csiszolni, portalanítani, majd a teljes felületet újra pácolni. Ha a pác még nedves, azonnal töröljük át a hibás részt.
6. Mert a pác és az oldószer veszélyes anyag és szennyezheti a vizet, a talajt. A maradékot veszélyes hulladékként kell gyűjteni és leadni.

28.2.15.2. 1. feladat megoldása

Pácok oldószer szerint: - Vizes pác – vízzel hígítható; előnye: nem tűzveszélyes, olcsó, szagtalan; hátránya: felállítja a rostokat, lassabban szárad. - Oldószeres pác – szerves oldószert tartalmaz; előnye: kevésbé szívódik be egyenetlenül, nem emeli a rostot; hátránya: tűzveszélyes, gőze egészségkárosító. - Szeszes pác – alkohollal hígítható; előnye: nagyon gyors száradás; hátránya: foltosság, ha nem gyorsan törlik. - Pozitív (rusztikus) pác – hangsúlyozza a pórusokat; előnye: karakteres, mély felület; hátránya: a hibák (pl. csíkosság) feltűnőbbek lehetnek. - Vegyi pác – vegyi reakcióval színez; előnye: természetes hatás, mély szín; hátránya: egészségügyi kockázat, speciális elszívás kell.

28.2.15.3. 2. feladat megoldása

Oldószeres pác ecsetes felhordásakor: - nitril védőkesztyű, hogy az oldószer ne jusson a bőrre; - védőszemüveg, hogy a fröccsenő pác ne kerüljön a szembe; - hosszú ujjú munkaruha és esetleg kötény; - jól szellőző helyiség, vagy szervesgőz-szűrős légzésvédő, mert az oldószergőz belélegezve mérgező; - zárt cipő, mert a kiömlött pác csúszásveszélyes és oldószeres.

28.2.15.4. 3. feladat megoldása

0,6 liter = 600 ml. Arány: 100 rész pác + 20 rész víz = 120 rész összesen. Egy rész térfogata: $600/120 = 5\,\mathrm{ml}$. Pác: $100 \cdot 5 = 500\,\mathrm{ml} = 0{,}5\,\mathrm{l}$. Víz: $20 \cdot 5 = 100\,\mathrm{ml} = 0{,}1\,\mathrm{l}$. Tehát 0,5 liter pác és 0,1 liter víz kell. ∎

28.2.15.5. 4. feladat megoldása

Felület: $A = 2{,}4\,\mathrm{m}^2$. Fajlagos felhordás: $q = 120\,\mathrm{ml/m}^2$. Alapmennyiség: $Q = 2{,}4 \cdot 120 = 288\,\mathrm{ml} = 0{,}288\,\mathrm{l}$. 10% veszteséggel: $Q_{\text{össz}} = 288 \cdot 1{,}1 = 316{,}8\,\mathrm{ml}$, kerekítve $317\,\mathrm{ml} = 0{,}317\,\mathrm{l}$. Mivel kis mennyiség, érdemes legalább 350 ml-t kiönteni a kényelmes szóráshoz. ∎

28.2.15.6. 5. feladat megoldása

Lehetséges okok: 1. A második asztalos nem keverte fel a pácot – a színezőanyag leülepedett, ezért az ecset gyengébb színt vitt fel, majd erősebbet – megelőzés: alapos keverés minden használat előtt. 2. A második törlőrongya koszos vagy vizes volt – a szennyeződés csíkokat húzott – megelőzés: tiszta rongyot használni, és nem keverni a pácot más anyaggal. 3. A második asztalos a bütüt nem nedvesítette be pác előtt – a bütü túl sok pácot szívott be, és sötét lett – megelőzés: bütü előnedvesítése hígítóval vagy hígított páccal. 4. A második asztalos lassan dolgozott, és a pác már a törlés előtt megszáradt – ez csíkosságot okoz – megelőzés: gyors felhordás és azonnali törlés; ha kell, lassabban száradó pác.

28.2.15.7. 6. feladat megoldása

Technológiai lap kőrisfa doboztető pácolásához (a feladatban leírtakhoz hasonló, de itt kisebb a méret: 600 mm × 400 mm). A szerkezetet a fenti „Technológiai lap – pácolás vizes páccal” mintára kell felépíteni, a következő konkrét adatokkal: - **Cél:** kőrisfa doboztető (600 × 400 × 12 mm) egyenletes középbarna pácolása, lakkozás előkészítése. - **Anyagok:** kőrislap, csiszolóvászon P180, P240, vizes pác (dió vagy középbarna), tiszta víz, tiszta rongy, szivacs, mérőedény, keverőpálca, nitril kesztyű. - **Szerszámok:** excenter csiszológép (elszívással), tiszta asztalfelület, pácos edények (kármentővel). - **Gépbiztonság:** csiszológép védőburkolattal, elszívás bekapcsolva; pácvegyes anyagokhoz nitril kesztyű. - **Lépések:** (1) csiszolás P180, portalanítás; (2) pác bekeverése, hígítás; (3) próbadarab; (4) felhordás szivaccsal, rostirányban; (5) azonnali törlés; (6) száradás; (7) köztes csiszolás P240; (8) portalanítás; (9) dokumentálás. - **Ellenőrzés:** minden lépés után ferde fényben nézve, a bütüt is ellenőrizve.

28.2.16. Rövid összefoglaló

A pácolás a fa felületének színváltoztatása anélkül, hogy a rajzolatot elfedné. A pácok oldószerük szerint lehetnek **vizes**, **oldószeres**, **szeszes**, **pozitív (rusztikus)** és **vegyi** (ammóniás, füstölés) típusúak. A pácot mindig a gyártó adatlapja szerint hígítjuk, alaposan felkeverjük, és minden munkadarab előtt **próbadarabon** ellenőrizzük a színt. A felhordás történhet ecsettel, szivaccsal, ronggyal, szórással vagy pácfelhordó hengerrel; a felhordás után a felesleget **rostirányban** le kell törölni. A bütüt pácolás előtt elő kell nedvesíteni, hogy ne sötétedjen el. A száradás után a vizes pác felállítja a rostokat, ezért finom csiszolóvászonnal köztes csiszolás szükséges, majd portalanítás. A pácolási hibák leggyakoribb okai a nem felkevert pác, a koszos törlőrongy, a lassú törlés és a bütü elhanyagolása. A hibás felület javítása csiszolás és újrapácolás. A pác vegyi és egészségügyi kockázatai miatt védőkesztyű, védőszemüveg és szükség esetén légzésvédő kötelező; az oldószerek tűzveszélyesek, a maradékot veszélyes hulladékként kell gyűjteni.

Továbbvitt eredmény. A pácolt felület az alapja a lakkozásnak és a többi felületkezelő rétegnek. A pácolt felület állapota, a szín egyenletessége és a pórusok festékviselkedése közvetlenül befolyásolja a lakk tapadását és végső megjelenését, ezért ezt használjuk a A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok és a Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások alfejezetekben. A pácolás anyagszükséglet-számítását a Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások alfejezetben általánosítjuk.

28.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Felhasznált forrástípusok: faipari szakkönyvek, pácok gyártói műszaki adatlapjai és biztonsági adatlapjai, szakmai tananyagok, a kerettanterv témakörei.

- Ellenőrizendő pontok: a pácok gyártói hígítási arányai, a fajlagos felhordás értékei (g/m² vagy ml/m²), a száradási idők, a csiszolóanyag-szemcsék, a vegyi pácok (ammónia) alkalmazási paraméterei, a betiltott vagy korlátozott pácszínezékek aktuális listája, a veszélyes anyagokra vonatkozó hatályos H- és P-mondatok, a munkavédelem és tűzvédelem konkrét előírásai. A gyártó termékneveket nem adtam meg, azok a beszállítói katalógusokból ellenőrizendők.

29 Felületkezelő anyagok és technológiák

29.1. A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok

29.1.1. Motiváció: miért kell lakkrendszert választani?

Egy megrendelő étkezőasztalt készíttet. Azt kérdezi: „Ne sárguljon be, bírja a forró tányért, és ne foltosodjon a víztől.” A műhelyben háromféle lakk van: gyorsan száradó **NC-lakk**, kétkomponensű **PU-lakk** és **vizes diszperziós lakk**. Ha rossz rendszert választasz, a felület egy év múlva repedezik, sárgul vagy lepereg. Ebben az alfejezetben a lakkok csoportosítását tanulod meg, hogy a termékhez és a műhelyhez illő rendszert válassz.

29.1.2. Szemléletes kép: műszaki adatlap a műhelyben

Képzelj el egy lakkozott fiókfronthoz tartozó műszaki adatlapot:

Adatlap-mező	Példaérték (tájékoztató)
Termék	Kétkomponensű poliuretán fedőlakk
Keverési arány A : B	100 : 20 tömegrész
Fazékidő 20 °C-on	2 óra
Felhordás szórással	120–140 g/m² nedves réteg
Pormentes	30 perc
Átkenhető	4 óra
Teljes kikeményedés	7 nap

Ezek a számok azt mondják meg, mennyit keverj, mennyi időd van felhasználni, mennyit hordj fel, és mikor dolgozhatsz tovább a felületen. A pontos értékeket mindig a **gyártói műszaki adatlap** adja meg.

29.1.3. A felületkezelő lakk és a lakkrendszer fogalma

Definíció. A **lakk** folyékony bevonatképző anyag, amely a felületen megszilárdulva vékony, összefüggő, védő és esztétikai réteget képez. A szaknyelvben a **lakk** áttetsző, a **festék** pigmentált bevonat, a **lazúr** pedig kevés pigmentet tartalmaz.

Definíció. A **lakkrendszer** az egymásra épülő, egymáshoz illesztett rétegek sora. Jellemzően három szerepű réteget különböztetünk meg:

- **Alapozó:** biztosítja a tapadást, elzárja a gyantát és a nedvességet.
- **Töltőalapozó:** feltölti a pórusokat, csiszolható, egyenletes alapot ad a fedőrétegnek.
- **Fedőlakk:** adja a végső megjelenést, fényt, keménységet, vegyszer- és kopásállóságot.

A lakkrendszerben nem mindegy, hogy az alapozó és a fedőlakk ugyanabból a családból való-e. A rétegeknek kémiailag illeszkedniük kell, különben lepereg a bevonat.

29.1.4. A lakkok összetevői

A folyékony felületkezelő anyag fő összetevői:

- **Kötőanyag (filmképző anyag):** ez adja a megszáradt film vázát. A kötőanyag típusa határozza meg a lakkrendszer fő tulajdonságait.
- **Oldószer vagy hígító:** az anyagot feldolgozhatóvá teszi, szabályozza a viszkozitást. Az oldószer valóban oldja a gyantát, a hígító csak a viszkozitást állítja be. A diszperziós lakkoknál a hordozóközeg víz.
- **Pigment, színezőpaszta:** átlátszatlan színt ad. Lakkokban általában nincs, vagy csak kevés, mert a lakk áttetsző marad.
- **Adalékanyag:** mattító, síkosító, nedvesítő, UV-stabilizátor, viszkozitás-szabályozó, tapadásjavító stb.

Definíció. A **VOC** (illékony szerves vegyületek) a lakk felhordásakor és száradásakor a levegőbe jutó szerves oldószerek csoportja. A VOC-tartalmat jellemzően g/l-ben adják meg. A vizes lakkok VOC-tartalma lényegesen kisebb, mint az oldószeres lakkoké.

29.1.5. Szárazanyag-tartalom

Definíció. A **szárazanyag-tartalom** a lakkban lévő, a száradás után is megmaradó bevonatképző anyagok tömegszázaléka.

Képletben:

$$\text{szárazanyag-tartalom} = \frac{m_{\text{száraz}}}{m_{\text{folyékony}}} \cdot 100\,\%$$

ahol:

- $m_{\text{száraz}}$ a megszáradt film tömege,
- $m_{\text{folyékony}}$ a folyékony lakk tömege.

Példa. Ha 1,0 kg folyékony lakkból 0,35 kg megszáradt film marad, akkor a szárazanyag-tartalom:

$$\frac{0{,}35}{1{,}0} \cdot 100\,\% = 35\,\%.$$

A magas szárazanyag-tartalom azt jelenti, hogy kevesebb oldószer párolog el, így azonos felhordási tömegnél vastagabb, tartósabb film képződhet.

29.1.6. A lakkok csoportosítása kötőanyag és kötésmód szerint

A faipari lakkokat a **kötőanyag** és a **kötésmód** szerint csoportosítjuk. A kötés lehet fizikai száradás (oldószer elpárolgás), kémiai térhálósodás (edző, katalizátor) vagy sugárzásos keményedés (UV).

29.1.6.1. NC-lakk (nitrocellulóz lakk)

A kötőanyag **nitrocellulóz** gyanta, az oldószer erős szerves oldószer. A film fizikai száradással, az oldószer elpárolgásával képződik.

- Előny: nagyon gyors száradás, jól csiszolható, könnyen javítható.
- Hátrány: magas VOC-kibocsátás, gyenge víz- és vegyszerállóság, erős sárgulás.
- Jellemző felhasználás: belső bútor, hangszer, gyors javítás, rusztikus felület.

29.1.6.2. PE-lakk (poliészter lakk)

A kötőanyag **telítetlen poliészter** gyanta, amelyet reaktív hígítóként **sztirol** tesz feldolgozhatóvá; a sztirol a térhálósodáskor beépül a filmbe, ezért nagy a szárazanyag-tartalom. A lakhoz katalizátort (peroxidot) kevernek, és a film kémiai térhálósodással keményedik. A régebbi rendszerekben **paraffin/viasz** is van, amely a levegőt elzárja a felszínen.

- Előny: magas szárazanyag-tartalom, nagyon kemény, vastag, tükörfényes film.
- Hátrány: rideg, sárgulhat, javítani nehéz, a sztirol szagú és tűzveszélyes.
- Jellemző felhasználás: fényes asztallapok, zongora, magasfényű bútor.

29.1.6.3. PU-lakk (poliuretán lakk)

A kötőanyag **poliuretán** gyanta. Lehet egykomponensű (1K) vagy kétkomponensű (2K). A kétkomponensű formánál az **A** komponenshez **B** edzőt keverünk, és a film kémiai térhálósodással keményedik.

- Előny: nagyon jó keménység **és** rugalmasság együtt; kiváló kémiai, víz- és kopásállóság; kevésbé sárgul, ha alifás poliuretánon alapul.
- Hátrány: az oldószeres változat VOC-tartalma magas; a keveréknek korlátozott a fazékideje; a nem megfelelő keverés hibás filmet ad.
- Jellemző felhasználás: étkezőasztal, konyhabútor, ajtó, parketta, nagy igénybevételű bútorok.

29.1.6.4. SK-lakk (savkatalizált lakk)

A kötőanyag **savval térhálósított aminogyanta** (karbamid- vagy melamin-formaldehid, alkiddal kombinálva). A film kémiai térhálósodással, savas edző hatására keményedik.

- Előny: gyors, kemény, jó kémiai ellenállás.
- Hátrány: **formaldehid-kibocsátás**, sárgulás, ridegség; sok országban a bútoriparban visszaszorult.
- Jellemző felhasználás: régebbi magyar bútoriparban gyakori; ma inkább csak ott, ahol erősen elszívott, engedélyezett technológia van.

29.1.6.5. Diszperziós (vizes) lakk

A kötőanyag **polimer diszperzió** (például akril vagy poliuretán/akril), a hordozóközeg **víz**. A film a víz elpárolgása és a polimer részecskék összeolvadása során képződik.

- Előny: alacsony VOC-tartalom, gyenge szag, kevésbé tűzveszélyes, kellemes munka.
- Hátrány: a víz megduzzasztja a fa rostjait, ezért **szálfelhúzódás** jelentkezik; a száradás lassabb; a lakk fagyérzékeny; a film általában puhább, mint a 2K PU.
- Jellemző felhasználás: gyerekbútor, belső bútor, játék, alacsony emissziójú rendszerek.

29.1.6.6. UV-lakk

Az **UV-lakk** akrilátgyanták és fotoiniciátorok keveréke. UV-fény hatására nagyon gyorsan, másodpercek alatt keményedik.

- Előny: 100% szárazanyag-tartalom is lehet; nagyon kemény, kémiailag ellenálló; rendkívül gyors.
- Hátrány: csak jól megvilágítható, általában sík felület; nagy beruházást igényel; a folyékony anyag bőrre, szemre irritáló lehet.
- Jellemző felhasználás: bútoripari sorokon, lapalkatrészek, parketta, gyorsipari bevonatok.

29.1.7. Fényes vagy matt?

A felület fényességét **60°-os fényességmérővel** mérik, az eredményt **GU** (gloss unit) egységben adják meg. A tájékoztató sávok:

- **fényes:** jellemzően 70 GU felett,
- **selyemfényű vagy félmatt:** 20–70 GU,
- **matt:** 20 GU alatt.

A matt lakkok **mattító adalékot** tartalmaznak. A matt felület jobban elrejti a karcokat, de a mélyebb matt réteg gyakran kevésbé dörzsölhető, mint a fényes. A fényesség pontosan az adatlapon és a vizsgálati jegyzőkönyvben szerepel.

29.1.8. Alapozó, töltőalapozó, fedőlakk

A **rendszer** akkor működik, ha a rétegek szerepe és sorrendje helyes.

1. **Alapozó:** vékony réteg, mélyen beivódik, lezárja a gyantát, javítja a következő réteg tapadását.
2. **Töltőalapozó:** nagyobb szárazanyag-tartalmú, a pórusokat feltölti, csiszolás után sima alapot ad.
3. **Fedőlakk:** a tényleges védőréteg; több rétegben is felvihető.

Nem mindegy, hogy a pórustöltő réteg alá milyen alapozó kerül. A gyártó a termék adatlapján rendszerben írja elő: „alapozó X, töltő Y, fedő Z”.

29.1.9. Rendszerszemlélet

A lakkok kiválasztása nem egyetlen termék kiválasztása, hanem **rendszer kiválasztása**. Ugyanannak a családnak az alapozóját és fedőlakkját használd, a gyártó előírása szerint. Ha például NC-lakkra PU fedőlakkot viszel fel, a réteg lepereghet, mert a fedőlakk oldószere meglágyítja az alatta lévő gyenge réteget.

Szabály. A felületkezelő lakkrendszert a gyártó műszaki adatlapja szerint, az előírt alapozó–töltő–fedő kombinációval kell alkalmazni. A keverési arány, a fazékidő, a felhordási mennyiség és a száradási idő a termékre és a műhely hőmérsékletére vonatkozik. Minden értéket a gyártói adatlapon kell ellenőrizni.

29.1.10. Lakkrendszer-választás lépésről lépésre

1. Határozd meg a használati igénybevételt: belső vagy kültéri, nedvesség, hő, vegyszer, kopás.
2. Válaszd ki a filmtulajdonságokat: keménység, rugalmasság, fény, színtartás, sárgulásmentesség.
3. Ellenőrizd a műhely lehetőségeit: szórófülke, hőmérséklet, páratartalom, szellőzés, képzettség, esetleg UV-sor.
4. Nézd meg a gyártó műszaki adatlapján a **rendszer-előírást**: alapozó, töltő, fedőlakk.
5. Olvasd ki a keverési arányt, a fazékidőt, a felhordási mennyiséget, a száradási időket, a hígítót és a VOC-t.
6. Készíts **próbadarabot**; ellenőrizd a színt, fényt, tapadást, csiszolhatóságot.
7. Csak ezután dolgozz a terméken, és tartsd be az egészségvédelmi előírásokat.
8. Játékhoz és gyerekbútorhoz olyan lakkot válassz, amelynek adatlapja igazolja a megfelelést a játékbiztonsági szabványnak (pl. MSZ EN 71-3, ellenőrizendő: hatályos kiadás), és száradás után nyálálló (ellenőrizendő: DIN 53160 vagy azzal egyenértékű vizsgálat).

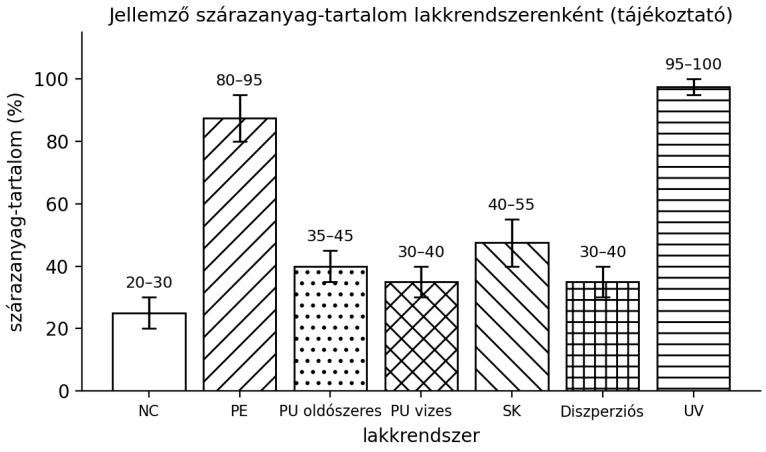
Továbbvitt eredmény. A lakkrendszer-választás és az adatlap-olvasás alapját képezi a Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás alfejezetben tárgyalt alternatív bevonatok összehasonlításának, a Felületbevonások: fóliázás és laminálás alfejezetben tárgyalt gyári bevonatoknak, valamint a Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés alfejezetben tárgyalt felhordási technológiáknak. A rendszerben gondolkodva később tudod majd a felhordási mennyiséget átszámolni anyagszükségletté, és a hibát a rétegszerkezetben azonosítani.

29.1.11. Választási segédtáblázat

Lakkrendszer	Szárazanyag (tájékoztató, %)	Keménység/kopás	Vegyi ellenállás	Rugalmasság	Sárgulás	VOC	Jellemző felhasználás
NC	20–30	közepes	gyenge	jó	erős	magas	gyors belső munkák, hangszer
PE	80–95	nagyon kemény	jó	rideg	erős	magas	fényes asztallap, zongora

Lakkrendszer	Szárazanyag (tájékoztató, %)	Keménység/kopás	Vegyi ellenállás	Rugalmasság	Sárgulás	VOC	Jellemző felhasználás
PU oldószeres	35–45	nagyon jó	kiváló	jó	változó	magas	étkezőasztal, konyhabútor
PU vizes	30–40	nagyon jó	jó	jó	alacsony	kicsi	bútor, ahol alacsonyabb VOC kell
SK	40–55	kemény	jó	rideg	erős	magas	régebbi bútoripar, ma korlátozott
Diszperziós	30–40	jó	közepes-jó	jó	alacsony	kicsi	gyerekbútor, belső bútor
UV	95–100	nagyon kemény	kiváló	kevésbé rugalmas	alacsony	minimális	sík lapok, ipari sor

A táblázat értékei **tájékoztató tartományok**, terméktől függenek. A pontos érték a gyártó műszaki adatlapjáról olvasható le.



29.1. ábra. Jellemző szárazanyag-tartalom lakkrendszerenként: a segédtáblázat hét rendszere, oszlop a tartomány közepe, hibasáv a tájékoztató tartomány

29.1.12. Kidolgozott számítási példák

29.1.12.1. 1. példa: szárazanyag-tartalom

Adott:

- folyékony lakk tömege: 1,2 kg,

- megszáradt film tömege: 0,42 kg.

Keresett: szárazanyag-tartalom.

Képlet és behelyettesítés:

$$\text{szárazanyag-tartalom} = \frac{m_{\text{száraz}}}{m_{\text{folyékony}}} \cdot 100\,\% = \frac{0{,}42}{1{,}2} \cdot 100\,\%$$

Eredmény: 35%.

Ellenőrzés: 0,42 / 1,2 = 0,35, tehát a film a folyékony tömeg 35%-a.

29.1.12.2. 2. példa: keverési arány és anyagszükséglet

Adott:

- felület: 2,0 m²,
- rétegszám: 2,
- fajlagos felhordás: 120 g/m²,
- veszteség-ráhagyás: 10%.

Keresett: a bekeverendő lakk tömege, valamint az A és B komponens tömege, ha a keverési arány A : B = 100 : 20.

Képlet:

$$m_{\text{keverék}} = q \cdot A \cdot n \cdot \left(1 + \frac{r}{100}\right)$$

Behelyettesítve:

$$m_{\text{keverék}} = 120\,\text{g/m}^2 \cdot 2{,}0\,\text{m}^2 \cdot 2 \cdot 1{,}10 = 528\,\text{g}.$$

Az arány 100 : 20 összesen 120 rész. Egy rész tömege:

$$\frac{528\,\text{g}}{120} = 4{,}4\,\text{g}.$$

A komponens: 100 rész = 440 g, B komponens: 20 rész = 88 g.

Ellenőrzés: 440 g + 88 g = 528 g.

Megjegyzés. A ráhagyás egyszerű százalékos növelés. Pontosabb számításnál a veszteséget a felületre ténylegesen felhordott anyagból számoljuk, de a gyakorlatban a ráhagyásos szorzás is használható. A pontos számítást a Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások alfejezetben tanulod meg.

29.1.13. Szabvány és szabályozás

Szabvány. A lakkok forgalomba hozatalát és veszélyességük közlését az EU CLP-rendelete (1272/2008/EK) és a REACH-rendelet szabályozza. A termékhez **biztonsági adatlap** és **műszaki adatlap** tartozik. A VOC-kibocsátást uniós és hazai előírások korlátozzák; a pontos termékkategória-határértékeket és a hatályos rendelet számát a kiadás előtt ellenőrizni kell. A bútorfelületek műszaki teljesítményét szabványos vizsgálatokkal minősítik (ellenőrizendő: karcállóság, vegyszerállóság, nedves dörzsölhetőség, fényességmérés jelzetei). Gyerekbútorhoz alacsony kibocsátású, az adott célra alkalmas rendszert válassz; az alkalmasságot tanúsítvány vagy gyártói nyilatkozat igazolja.

29.1.14. Egészségvédelem és biztonság

Egészségvédelem és biztonság. A lakkok szerves oldószer-gőze, a por és az edzők bőr- és szemizgató, egyes anyagok érzékenyítő hatásúak. A keverést, felhordást és szárítást **szellőzés mellett vagy elszívott szórófülkében** végezd. Használj a biztonsági adatlapon előírt **védőkesztyűt, védőszemüveget és légzésvédőt**; szóráskor a szűrő típusát a biztonsági adatlap határozza meg (ellenőrizendő: pl. A/P2 kombinált szűrő). **Tilos.** nyílt láng vagy szikraforrás oldószeres lakk közelében; oldószeres rongyot összegyűrve tárolni; a maradékot lefolyóba önteni. A hulladék külön gyűjtendő. Ne dohányozz a lakkfeldolgozás helyén. A VOC-tartalom és a veszélyességi besorolás a biztonsági adatlapból olvasható ki.

Rendszerspecifikus veszélyek. PE-lakk: a peroxidot és a gyorsítót soha ne keverd közvetlenül egymással (robbanásveszély); mindkettőt külön, a gyártó sorrendjében keverd a gyantába, a peroxidot hőtől távol tárold. **2K PU:** az edző diizocianátot tartalmazhat, amely légúti és bőrallergiát okoz; használatához az uniós előírás szerinti képzés kellhet (ellenőrizendő: REACH XVII. melléklet 74. bejegyzés, pontos feltételek). **UV-lakk:** az akrilátgyanta bőrérzékenyítő; az UV-szárító burkolatát üzem közben ne nyisd, a sugárzás szem- és bőrkárosító.

29.1.15. Minőségellenőrzés

A felületkezelő lakkrendszer minőségét a felhordás után és a vásárlói átadás előtt is ellenőrizni kell.

Ellenőrzés	Módszer	Tájékoztató követelmény
Szín, fény	mintadarabbal összehasonlítás	az elfogadott színmintának megfelelő
Rétegvastagság	felületi mérőeszköz, száraz réteg	gyártói előírás (jellemzően 60–120 µm)
Tapadás	ragasztószalagos letépés (gyártói előírás szerint)	nincs kihúzódás, lepergés
Por, zárvány	szemrevételezés	nem maradhat szemcsés szennyeződés
Sárgulás	fehér próbadarab 24 h után	a fehér felület nem sárgulhat

A tűrések tájékoztató jellegűek; a termék műszaki adatlapja és a vevővel egyeztetett mintadarab a mérvadó.

29.1.16. Tipikus hibák és okaik

1. **Sárgulás fehér felületen.** Oka: NC-, SK- vagy aromás PU-rendszer, vagy UV-stabilizátor nélküli fedőlakk. Helyes: alifás PU, megfelelő vizes rendszer, vagy világos felületre alkalmas UV-lakk.
2. **Rétegek közötti lepergés.** Oka: nem illő alapozó/fedő kombináció, rossz csiszolás vagy nedves, olajos felület. Helyes: a gyártó által rendszerbe állított rétegek, köztes csiszolás.
3. **Buborékok a lakkban.** Oka: túl vastag réteg, nem odavaló hígító, túl magas hőmérséklet vagy nem megfelelő szóróbeállítás. Helyes: előírt rétegvastagság, hígítás az adatlap szerint.
4. **Fazékidő túllépése.** Oka: a bekevert PU-, PE- vagy SK-anyagot már sűrűsödve hordják fel. Helyes: annyit keverni, amennyi a fazékidőn belül felhordható.
5. **Fehéres, tejesködös felület.** Oka: magas páratartalom, túl vastag réteg, vagy nem megfelelő szellőzés. Helyes: a gyártó által megadott hőmérséklet és páratartalom betartása.

29.1.17. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelyben egy család konyhafrontját készítették. A műhelyben korábban NC-lakkot használtak, mert gyorsan száradt és könnyű volt javítani. A megrendelő szerint a fehér konyhafront egy év alatt megsárgult, és a zsírtól foltos lett. A hiba oka az volt, hogy az NC-lakk sárgul, és a konyhai zsír, víz és vegyszer gyengíti a filmet. A megoldás: a felületet alaposan átcsiszolták, majd a gyártó előírása szerint izoláló alapozót és kétkomponensű PU fedőlakkot vittek fel. A tanulság: a lakkot a használati igénybevétel, nem a műhely kényelme szerint kell kiválasztani.

29.1.18. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis?** A vizes diszperziós lakk VOC-tartalma általában magas.
2. Mi a **fazékidő**?
3. Melyik lakkrendszer keményedik UV-fényre?
4. **Igaz vagy hamis?** A 80 GU fényességű bevonat fényesnek számít.
5. Miért sárgulhat be a fehér konyhafront NC-lakkal fényezve?
6. Számítsd ki a szárazanyag-tartalmat, ha 1,6 kg lakkból 0,56 kg film marad.

29.1.19. Feladatok

1. feladat (A) Sorolj fel három lakkrendszert, és mondd meg, melyik mire jellemző.

2. feladat (A) Írd le a szárazanyag-tartalom képletét, és magyarázd el a benne szereplő mennyiségeket.

3. feladat (B) Egy műhelyben 1,5 m² ajtólapot kell fedőlakkozni. A fajlagos felhordás 120 g/m², a rétegszám 2, a ráhagyás 10%. Mennyi keveréket kell bekeverni?

4. feladat (B) Egy PU-lakk keverési aránya A : B = 100 : 25. Ha 500 g keverékre van szükség, mennyi A és B komponenst kell kimérni?

5. feladat (C) Egy fehér konyhafrontot NC-lakkal fedtek, és egy év alatt megsárgult. Hogyan javítsd ki? Milyen rendszerrel fesd át, és miért?

6. feladat (D) Tervezz lakkrendszert egy gyerekjáték-tároló ládához. Válaszd ki a lakkrendszert, add meg a rétegsort, és sorold fel, mit ellenőrzöl az adatlapon és a biztonsági adatlapon.

29.1.20. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A vizes diszperziós lakk VOC-tartalma általában alacsony, mert a hordozóközeg víz.
2. A fazékidő a kétkomponensű anyag összekeverése utáni **feldolgozhatósági idő**.
3. Az UV-lakk.
4. **Igaz.** A 70 GU feletti érték jellemzően fényes.
5. Az NC-lakk sárgul, mert a nitrocellulóz és az oldószeres rendszer idővel elszíneződik.
6. $\frac{0{,}56}{1{,}6} \cdot 100\,\% = 35\,\%$.

1. feladat megoldása
Például: NC-lakk – gyors belső munka; PU-lakk – étkezőasztal, konyhabútor; diszperziós lakk – gyerekbútor. A felsorolás akkor jó, ha a felhasználás megfelel a tulajdonságnak.

2. feladat megoldása
A szárazanyag-tartalom:

$$\text{szárazanyag-tartalom} = \frac{m_{\text{száraz}}}{m_{\text{folyékony}}} \cdot 100\,\%.$$

Ahol $m_{\text{száraz}}$ a megszáradt film tömege, $m_{\text{folyékony}}$ a folyékony lakk tömege.

3. feladat megoldása
Képlet: $m_{\text{keverék}} = q \cdot A \cdot n \cdot (1 + r/100)$.
Behelyettesítve: $120 \cdot 1{,}5 \cdot 2 \cdot 1{,}10 = 396\,\text{g}$.
Tehát 396 g keveréket kell bekeverni.

4. feladat megoldása
Összesen 100 + 25 = 125 rész. Egy rész: 500 / 125 = 4 g.
A komponens: 100 × 4 g = 400 g.
B komponens: 25 × 4 g = 100 g.
Ellenőrzés: 400 g + 100 g = 500 g.

5. feladat megoldása
A sárgult NC-felületet először le kell csiszolni, majd izoláló alapozóval át kell vonni, hogy a régi réteg ne színezze át az újat. Ezután kétkomponensű PU fedőlakkot kell felvinni, mert kemény, vegyszerálló és kevésbé sárgul. A régi NC-lakkot nem szabad csak átfedni, mert az új fedőlakk oldószere meglágyíthatja, és lepereg.

6. feladat megoldása
Gyerekjáték-tároló ládához vizes diszperziós lakkrendszer javasolt. Rétegsor: vizes alapozó, vizes töltőalapozó, vizes fedőlakk. Az adatlapon ellenőrizni kell: keverési arány (ha 2K), hígítás, felhordási mennyiség, száradási idő, rétegvastagság, fényesség. A biztonsági adatlapon ellenőrizni kell: VOC-tartalom, veszélyességi besorolás, egyéni védőeszköz, hulladékkezelés. Az alkalmasságot gyártói tanúsítással kell igazolni: az adatlapon a játékbiztonsági megfelelést (pl. MSZ EN 71-3, ellenőrizendő: hatályos kiadás) és a nyálállóságot (ellenőrizendő) keressük.

29.1.21. Rövid összefoglaló

A faipari lakkokat a **kötőanyag** és a **kötésmód** szerint csoportosítjuk: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV. A **lakkrendszer** egymásra épülő rétegekből áll: **alapozó, töltőalapozó, fedőlakk**. Az **NC** gyors, de sárgul és magas VOC-tartalmú; a **PE** nagyon kemény, de rideg; a **PU** kemény és rugalmas, jó vegyi ellenállású; az **SK** formaldehid-kibocsátással jár; a **diszperziós** alacsony VOC-tartalmú, gyerekbútorhoz jó; az **UV** gyors ipari rendszer. A **szárazanyag-tartalom** a megszáradt film tömegszázaléka: $m_{\text{száraz}}/m_{\text{folyékony}} \cdot 100\,\%$. A felhordási anyagszükséglet $m = q \cdot A \cdot n$, ahol a ráhagyást is hozzáadjuk. A keverési arányból az A és B komponens tömege aránypárral számítható. Mindig a **gyártói műszaki adatlap** és a **biztonsági adatlap** a mérvadó. **Továbbvitt eredmény:** a lakkrendszer-választást és az adatlap-olvasást használjuk a Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás, a Felületbevonások: fóliázás és laminálás és a Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés alfejezetekben.

29.1.22. Források és ellenőrzési hiányok

- A lakkok műszaki adatait a gyártói **műszaki adatlap** és **biztonsági adatlap** tartalmazza; az itt szereplő értékek tájékoztatók.
- A vegyi anyagok szabályozása: EU CLP-rendelet (1272/2008/EK), REACH-rendelet – a pontos hatályt a kiadás előtt ellenőrizni kell.
- A VOC-kibocsátást korlátozó uniós és hazai rendelet számát, kategóriáit és határértékeit ellenőrizni kell.
- A bútorfelületek vizsgálati szabványainak pontos jelzeteit (karcállóság, vegyszerállóság, nedves dörzsölhetőség, fényességmérés) ellenőrizni kell.
- A szárazanyag-tartalom, a felhordási mennyiség, a fazékidő és a száradási idő terméktől függ; a feladatokban tanulási példaértékek.
- A gyermekbútorra vonatkozó alkalmassági igazolások és kibocsátási határértékek ellenőrizendők a hatályos szabványok és tanúsítások szerint.

29.2. Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás

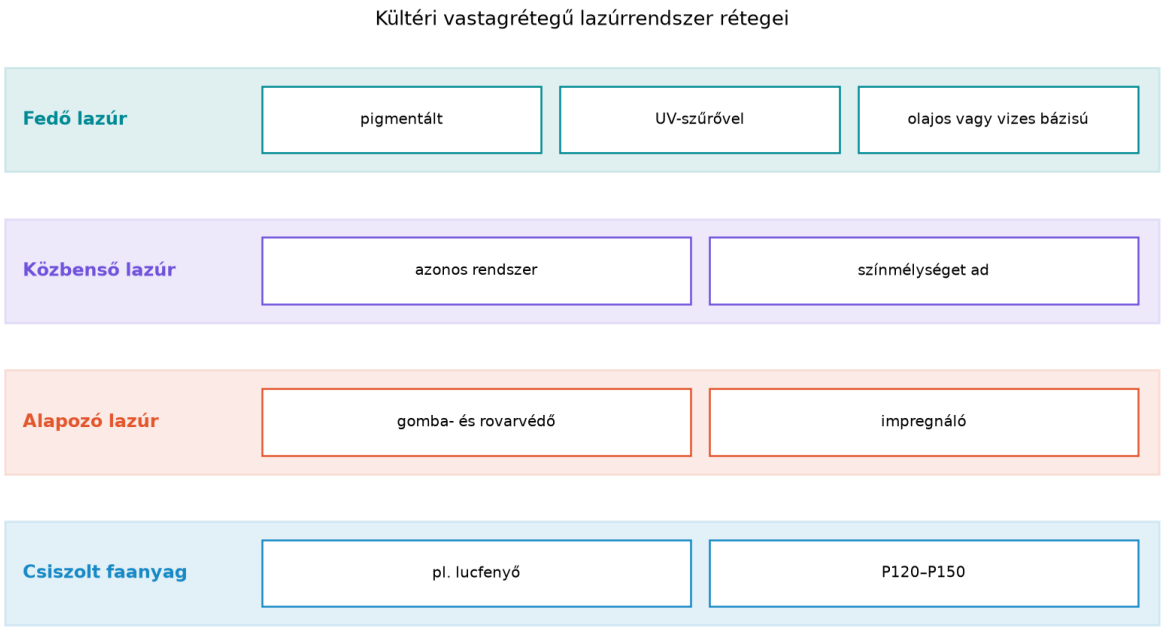
29.2.1. Miért érdemes a lazúrokat, olajokat, viaszokat és a politúrt megismerned?

A vevő kerti bútort, faablakot vagy régi asztalt hoz. Azt kéri, hogy a fa erezete látszódjon, a felület természetes maradjon, és a bútor karbantartható legyen. A zárt filmréteget adó lakkok mellett ugyanis létezik egy másik felületkezelő család: a lazúrok, olajok és viaszok. Ha ezeket nem ismered, rossz anyagot választasz, ragacsos vagy foltos lesz a felület, a kültéri fa néhány év alatt elszürkül, korhadni kezd. A politúrozás pedig a hagyományos, magasfényű, „mélységi” fa felület készítésének alaptechnikája, amelyet a restaurálásban is használnak.

Ebben az alfejezetben először a lazúrokat, utána az olajokat, a viaszokat, a bio felületkezelőket és a politúrozást tanulod meg. Az elmélet mellett konkrét felhordási technológiát, ellenőrzési pontokat, tipikus hibákat és karbantartási tanácsokat kapsz.

29.2.2. Szemléletes kép: a nyitott pórusú felület és a rétegrend

Képzeld el egy kerti pad tölgyfa ülőlapját. A felületén a pórusok nyitva vannak, ezért az esővíz és a pára be tud hatolni. Egy jó kültéri lazúrrendszer három vékony rétegből áll:



29.2. ábra. Kültéri vastagrétegű lazúrrendszer rétegei - Szemléltető rétegfelépítés. A gyártói rendszerek rétegszáma, jelölése és felhordási mennyisége eltérhet; mindig a termék műszaki adatlapja a mérvadó (ellenőrizendő).

Az ábra felülről lefelé mutatja a rétegeket. A legalsó réteg maga a fa, amelyet a lazúrozás előtt megcsiszoltál. Fölötte az alapozó lazúr védi a fát a gombák és rovarok ellen, a középső réteg adja a színmélységet, a fedő réteg pedig véd a napsütéstől és az esőtől. Ez a rétegrend gyakoribb a kültéri fa védelménél, mint egyetlen vastag lakkréteg.

29.2.3. Alapfogalmak és rendszerbe sorolás

Definíció. A **lazúr** olyan híg, pigmentált vagy színezett bevonat, amely vékony réteget képez, és a fa erezetét láthatóvá hagyja. A pigmentek a színt és az UV-védelmet adják, a kötőanyag (gyanta, olaj, diszperzió) pedig a felületet védi. A lazúr lehet **vékony rétegű** vagy **vastag rétegű**.

A **vékony rétegű lazúr** beszívódik a fába, alig képez filmet, gyorsan felhordható, de rövidebb ideig véd. A **vastag rétegű lazúr** kissé vastagabb réteget hagy, jobban véd, de idővel lepattoghat, ha túl vastagon hordod fel. A kettő közötti határ nem éles, a gyártói elnevezések eltérhetnek. **Felhasználási szabály:** méretpontos kültéri szerkezethez (ablak, ajtó) vastag rétegű lazúr ajánlott, mert a film korlátozza a nedvességfelvételt és a vetemedést; a vékony rétegű lazúr

nem méretpontos elemekhez (kerítés, pergola, burkolat) való, ahol a könnyű felújítás fontosabb (ellenőrizendő: gyártói rendszerleírás).

A **vizes lazúr** vizes bázisú, szaga enyhébb, szerszámai vízzel tisztíthatók. Az **oldószeres lazúr** oldószeres bázisú, mélyebben behatol a gyantás, tömör fába is, de erős szagú, tűzveszélyesebb, és a hulladékot veszélyes anyagként kell kezelni (ellenőrizendő: a termék biztonsági adatlapja).

Definíció. Az **olajozás** olyan felületkezelés, amelynél természetes vagy mesterséges olajat (lenolaj, tungolaj, kemény viaszolaj) viszünk fel, amely beszívódik a fa rostjai közé, és ott köt meg. A felület nyitott marad, javítható és utánolajozható. A kemény viaszolaj olaj és viasz keveréke, amely a beszívódás mellett vékony, tapintható védőréteget is ad.

Definíció. A **viaszolás** viasz (méhviasz, karnaubaviasz, szintetikus viasz) vékony felhordása, amely bársonyos fényt ad, nem zár teljesen, és gyakran bútorok belső felületén, antik darabokon vagy politúr utáni ápolásra használják. A viasz nem ellenálló vízzel és vegyszerekkel szemben, ezért kültéren önállóan ritkán alkalmazzák.

Definíció. A **politúrozás** hagyományos, magasfényű felületkezelés, amely sellak (természetes gyanta) alkoholos oldatából (politúr) készül, olajos kenéssel és polírlabdával (párnával) felhordva. Vékony rétegek sokaságából áll össze, ezért „mélységi” felületként is emlegetik.

29.2.4. Lazúrok: tulajdonságok és felhordási technológia

A lazúrok a fa természetes szépségét hangsúlyozzák. A kültéri lazúrok pigmentet vagy UV-abszorbert tartalmaznak, hogy a napfény ne szürkítse el a fa felületét. Beltéri lazúroknál elegendő lehet a színezőanyag, mert nincs közvetlen UV-terhelés.

Szabály. A kültéri lazúrrendszert mindig azonos gyártó azonos rendszeréből válaszd. Az alapozó, a közbenső és a fedő réteg kémiailag úgy van összehangolva, hogy ne váljanak el egymástól, és együtt adják a védelmet. Különböző gyártók termékeinek keverése rétegleválást, foltosodást vagy elégtelen védelmet okozhat (ellenőrizendő: gyártói rendszerleírás).

A kültéri lazúrozás lépései röviden:

1. Szárítsd a fát a céljának megfelelő nedvességtartalomra. Kültéri faanyagnál a gyártók gyakran 15–18% alatti nedvességet írnak elő (tájékoztató érték, ellenőrizendő egy adott termék adatlapján).
2. Csiszold a felületet a gyártó által megadott szemcseméretre, jellemzően P120–P150 (tájékoztató érték). Távolítsd el a port.
3. Vidd fel az alapozó lazúrt ecsettel vagy szivaccsal, a szálirányban, vékonyan. Az alapozó a fát védi a gombáktól és rovaroktól.
4. Hagyd megszáradni a gyártói idő szerint. Enyhe köztes csiszolás P240–P320 (tájékoztató) lehet szükséges.
5. Hordd fel a közbenső lazúrt, majd a fedő lazúrt ugyanígy, mindig a megadott réteg- és száradási időkkel.
6. A legtöbb kültéri lazúr felújítható: idővel a fedő réteget újra kell hordani, de a teljes csiszolás csak akkor szükséges, ha a réteg lepergett.

Karbantartás kültéren. A lazúrozott felületet évente egyszer tiszta vízzel, enyhe mosószerrel tisztítsd, és ellenőrizd a felület állapotát. Ha a víz már nem gyöngyözik, vagy a felület szürkül, a fedő lazúrréteget újítani kell. A termék karbantartási ciklusát a gyártó adja meg (jellemzően 1–3 év, ellenőrizendő).

29.2.5. Olajozás: lenolaj, kemény viaszolaj és felhordásuk

Az olajozás a legszerethetőbb természetes felületkezelés: a fa tapintása meleg marad, a sérülések helyben javíthatók, a felület légáteresztő. Népszerű konyhai munkalapokon, vágódeszkákon, kerti bútorokon és játékokon.

A lenolaj. A nyers lenolaj nagyon lassan szárad, ezért főtt lenolajat vagy lenolajkencét használnak, amely szikkatív anyagot tartalmaz (ellenőrizendő: gyártói adatlap, mert a fém-szikkatív tartalom eltérhet). A lenolaj besötétíti a fát, meleg árnyalatot ad, és idővel kissé sárgulhat. Vízállósága közepes.

A kemény viaszolaj. A kemény viaszolaj általában természetes olajok (lenolaj, tungolaj) és viaszok (karnauba, méhviasz) keveréke, oldószerrel hígítva. Bedörzsölés után a felesleget le kell törölni, mert a felületen maradt olaj ragacsos, poros réteget ad.

Az olajozás technológiai lépései (felhasználási példa: konyhai tölgyfa munkalap):

1. Csiszold a felületet fokozatosan, jellemzően P120-ig, majd P180-ig (tájékoztató). Portalaníts.
2. Alaposan keverd fel az olajat, mert a viasz és a pigment leülepedhet.
3. Első rétegben bőségesen hordd fel az olajat ecsettel, szivaccsal vagy szöszmentes ronggyal, szálirányban.
4. Hagyd beszívódni a gyártói idő szerint (jellemzően 10–30 perc, ellenőrizendő), majd töröld le a fel nem szívódott felesleget tiszta, szöszmentes ronggyal.
5. Csiszold át finoman P320–P400 (tájékoztató), portalaníts.
6. Hordj fel egy második, vékonyabb réteget, majd ismét töröld le a felesleget.
7. Hagyd a felületet jól átszáradni, és az első napokban ne terheld erősen, ne önts rá vizet (ellenőrizendő: gyártói száradási és terhelhetőségi idő).

Figyelem. Az olajjal átitatott rongy, szivacs vagy csiszolópor **öngyulladást** okozhat. Az olaj száradása közben hő termelődik, és ha a rongyot összegyűrve, zárt helyen tárolod, a hő nem tud eltávozni, a rongy meggyulladhat. **Tilos** az olajos rongyot összegyűrve a szemetesbe dobni vagy a műhelyben hagyni. Helyes gyakorlat: a rongyot tűzbiztos fémtálcán, egy rétegben kiterítve hagyd megszáradni, majd vízzel átitatva, lezárt fémdobozba tedd, és veszélyes hulladékként kezeld (ellenőrizendő: helyi hulladékgazdálkodási előírás).

Karbantartás olajozott felületen. Az olajozott munkalapot rendszeresen, jellemzően 3–6 havonta (használattól függően) vékonyan újra kell olajozni. Karcok helyben, csiszolás után újraolajozással javíthatók. Ne használj erős lúgos tisztítószert, mert az kiszívja az olajat.

29.2.6. Viaszolás: anyagok és módszerek

A viaszolás egyszerű, de karbantartásigényes felületkezelés. A viasz nem képez zárt filmet, ezért beltéri bútoroknál, antik daraboknál, faragványoknál és politúr ápolására használják. Kültéren csak akkor, ha időjárástól védett helyen van a tárgy.

Anyagok és jellemzőik.

- **Méhviasz:** természetes, puha, kellemes illatú, védőhatása kicsi.
- **Karnaubaviasz:** kemény, magas fényre polírozható, növényi viasz.
- **Szintetikus viasz:** keverékekben, könnyen felhordható, egyenletes tulajdonságú.
- **Keményviasz-olaj:** olaj és viasz kombináció, a gyakorlatban sok bútorra ezt választják.

A viaszolás technológiája:

1. Csiszold a felületet finomra, jellemzően P180–P240 (tájékoztató), portalaníts.
2. A viaszt (pasztát vagy folyékony viaszt) vékonyan, szálirányban hordd fel ronggyal, szivaccsal vagy ecsettel.
3. Hagyd a felületet kissé megszikkadni (a gyártói idő szerint, gyakran 5–15 perc, ellenőrizendő).
4. Polírozd a felületet tiszta, szöszmentes ronggyal vagy puha kefével, amíg egyenletes, bársonyos fényt nem kapsz.
5. Szükség esetén ismételd meg a felhordást, a rétegek közötti csiszolást kerüld, mert a viaszréteg feltapad.

Tipikus hiba. A viasz túl vastag felhordása ragacsos, foltos felületet ad. Ha ezt tapasztalod, töröld le a felesleget, és polírozd újra. Ha a felület már megszáradt, enyhén melegítheted (például hajszárítóval óvatosan, tűzveszélyt elkerülve), hogy a viasz ismét kenhetővé váljon.

29.2.7. Bio felületkezelő anyagok: ha a vevő természetes terméket kér

A „bio” vagy „természetes” felületkezelőkre nincs egységes, kötelező minősítés, ezért a gyártói adatlapot mindig ellenőrizni kell. Az ilyen termékek általában növényi olajokból, természetes gyantákból, méhviaszból és növényi oldószerekből állnak, és gyakran alacsony illékony szerves anyag (VOC) kibocsátásúak (ellenőrizendő: a termék műszaki adatlapja és biztonsági adatlapja, valamint a hatályos VOC-előírás). Léteznek tanúsított, beltéri levegő szempontjából vizsgált termékek, de a jelölés terméktől és országtól függ (ellenőrizendő: aktuális tanúsítvány).

A bio olajok és viaszok technológiája hasonló a hagyományos olajokéhoz: vékonyan felhord, beszívódást vár, felesleget letöröl, közbecsiszol, majd második réteg. Fontos, hogy a száradási idő hosszabb lehet, és a felület karbantartása gyakoribb. Ha a vevő étellel érintkező felületre kér bevonatot, ellenőrizd, hogy a termék élelmiszer-biztonsági szempontból megfelel-e (például játékokra, vágódeszkára jelölt termék).

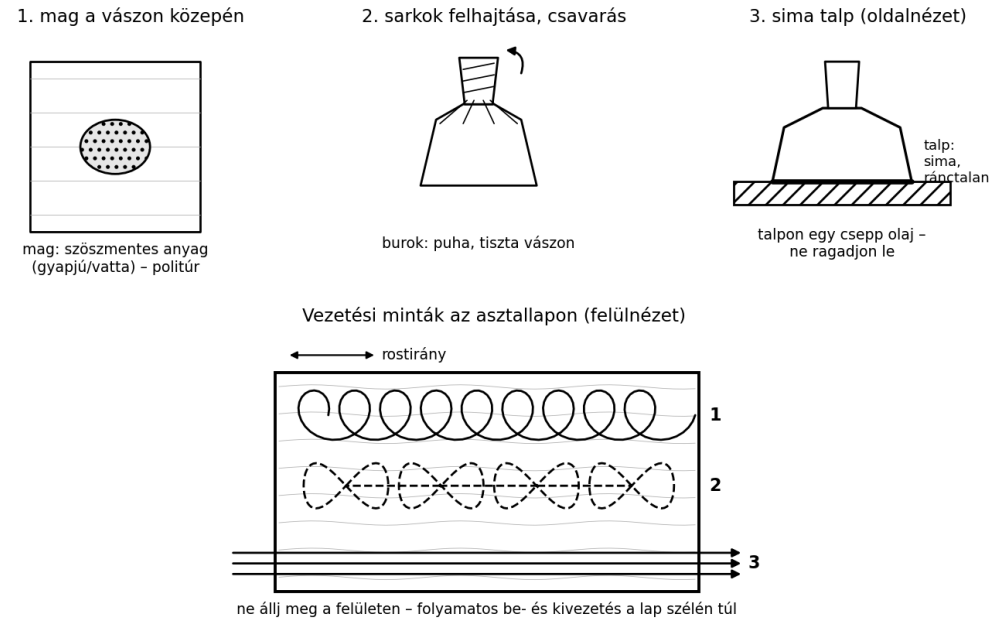
29.2.8. Politúrozás: anyagok és technológia

A politúrozás a faipar klasszikus magasfényű felületkezelése. A **sellak** egy Indiában és Délkelet-Ázsiában élő rovar (lakktetű) által kiválasztott gyanta, amelyet alkoholban oldanak. Az alkohol elpárolog, a sellak vékony, kemény, fényes réteget hagy hátra. A politúr a sellak és a denaturált szesz (alkohol) oldata; a felhordáshoz olajat (például lenolajat) használnak kenőanyagként, hogy a polírlabda ne ragadjon le.

Politúrozási alaplépések (tömörfa asztallapon):

1. **Csiszolás.** A felületet fokozatosan csiszold P180-ig, majd P240–P320-ig (tájékoztató), hogy teljesen sima legyen. Portalaníts.
2. **Alapozás.** Hígított politúrt hordj fel ecsettel vagy párnával, hogy a pórusok telítődjenek. Várj a száradásra, majd csiszold finomra P400–P600 (tájékoztató).
3. **Politúrozás párnával.** A polírlabda (párna) belső magja szöszmentes anyag, külső burka puha, tiszta vászon. A magba csepegtess politúrt, a külsejére olajat. Körkörös vagy nyolcas mozdulatokkal, nagyon vékonyan hordd fel a politúrt. Minden mozdulat után vékony sellakréteg marad.
4. **Szárítás és rétegelés.** Az egyes rétegek között hagyj időt a száradásra. A rétegek száma gyakran 10–30 vagy több (tájékoztató, a kívánt vastagságtól függ). Az olaj megakadályozza, hogy a párna leragadjon.
5. **Csiszolás a rétegek között.** Időnként finom csiszolópapírral vagy acélgyapottal (0000) simítsd a felületet, hogy eltűnjenek a párna nyomai.

6. **Végső polír.** Az utolsó rétegek után a felületet tiszta párnával, kevés alkohollal átsimítod, hogy a zsíros film eltűnjön.



29.3. ábra. A politúrpárna elkészítése három lépésben és a vezetési minták az asztallapon: körök, nyolcasok, végül egyenes húzások rostirányban (sematikus)

Megjegyzés. A politúrozás kézi munkája lassú, gyakorlatot igényel. A teljes, múzeumi szintű restaurálás meghaladja ennek a könyvnek a kereteit; itt a hagyományos eljárás alaplépéseit tanulod meg, hogy kisebb felületeket, javításokat el tudj végezni.

Restaurálás röviden. A régi politúrozott felületek javításánál először tisztítsd a felületet, vizsgáld meg a károsodást. Kisebb karcolásoknál a sellakot alkohollal oldva, vékonyan visszapolírozhatod. Ha a felület lepattogzott, a sérült részt tisztítsd, csiszold, majd a környező réteggel megegyező sellakkal építsd vissza. A történeti bútoroknál a teljes restaurálást szakember végzi, mert az érték megőrzése külön ismereteket igényel.

29.2.9. Felhordási mennyiség számítása

A felületkezelő anyag mennyiségét a felület és a gyártói fajlagos felhordás alapján számolod.

Összefüggés. A szükséges anyagmennyiség:

$$m = A \cdot q \cdot n$$

ahol:

- m a szükséges anyag tömege (g vagy kg),
- A a kezelendő felület (m^2),
- q a fajlagos felhordás ($\mathrm{g/m}^2$),
- n a rétegek száma.

Számítás. Egy kerti pad ülőlapja és támlája összesen $A = 1{,}8\,\mathrm{m}^2$ felület. A kiválasztott kültéri lazúr fajlagos felhordása $q = 80\,\mathrm{g/m}^2$ rétegenként. Két réteget viszel fel. Mennyi lazúrra van szükség?

$$m = 1{,}8\,\mathrm{m}^2 \cdot 80\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^2} \cdot 2 = 288\,\mathrm{g}$$

Tehát körülbelül 288 gramm lazúrt használsz fel. A gyakorlatban a veszteséget is számold bele (például 10–15%), és a kiadósságot a gyártói adatlapon ellenőrizd (ellenőrizendő).

29.2.10. Technológiai lap: Kültéri fa kerti pad lazúrozása

Cél. Időjárásálló, a fa erezetét mutató felület kialakítása kültéri fenyőpadon.

Anyagok.

- Kültéri lazúrrendszer (alapozó, közbenső, fedő) – gyártói rendszer szerint
- Csiszolóanyag P80, P120, P240 (tájékoztató)
- Portörlő kendő
- Ecset vagy szivacs, esetleg szórópisztoly (a termékhez)

Gépek és szerszámok.

- Kézi csiszológép (ha gépi csiszolást végzel)
- Ecset, keverőpálca, cseppentő kendő

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. A csiszológépet csak a burkolattal, a porgyűjtővel és a gépkönyv szerint használd. Viselj légzésvédőt (FFP2, ha porképződés várható), védőszemüveget, és a vegyszerhez kesztyűt, hosszú ujjú ruhát; oldószeres lazúrnál biztosíts szellőzést, tilos a nyílt láng és a dohányzás.

Lépések ellenőrzési pontokkal.

1. Ellenőrizd a pad faanyagát: ne legyen laza göcs, repedés, szeg. Csiszold P80, majd P120 (legfeljebb P150) szemcsével, rostirányban (tájékoztató, ellenőrizendő: lazúrgyártó). – Ellenőrzés: a felület sima, portalanított.
2. Keverd fel az alapozó lazúrt, majd vékonyan hordd fel ecsettel szálirányban. – Ellenőrzés: nincs vastag, lecsorgó réteg, a végek is be vannak kenve.
3. Várd meg a gyártói száradási időt (ellenőrizendő a termék adatlapján). – Ellenőrzés: a felület tapintásra száraz, nem ragad.
4. Finoman csiszold át a felületet P240 vagy finomabb anyaggal, majd portalanítsd. – Ellenőrzés: nincs durva szemcse, a port eltávolítottad.
5. Hordd fel a közbenső lazúrt hasonló módon. – Ellenőrzés: egyenletes szín, a sarkok és élek le vannak fedve.
6. Száradás után hordd fel a fedő lazúrt. – Ellenőrzés: a felület egységes, nincs folt, lecsorgás.
7. Dokumentáld a felhasznált terméket, a rétegszámot és a száradási időt. – Ellenőrzés: a munkalap vagy munkanapló kitöltve.

29.2.11. Minőségellenőrzés

A lazúrozott felületet szemrevételezéssel ellenőrizd.

- A szín egyenletes, nincs foltosodás, lecsorgás, ecsetnyom.
- A felület tapintásra sima, nem ragad.
- A fa erezete látható, nem temette be vastag film.
- A sarkok, élek, csavarok környéke be van kenve.
- A száradási időt betartottad.

Ha eltérést találsz, a hibát a következő réteg előtt javítsd: foltnál csiszold vissza és kend át, csorgásnál töröld le és dolgozd el.

29.2.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A felület néhány hónap után lepereg. **Ok:** Túl vastagon felhordott vastagrétegű lazúr, vagy nem azonos rendszerű rétegek. **Helyes gyakorlat:** Vékony rétegekben hordj fel, a gyártói rendszert tartsd meg.
2. **Hiba:** A felület ragacsos marad. **Ok:** Olajozásnál a felesleget nem törölted le időben. **Helyes gyakorlat:** Beszívódás után a maradékot mindig töröld le.
3. **Hiba:** A viaszolt felület foltos, fénytelen. **Ok:** Túl sok viaszt hordtál fel, vagy a rétegek között nem políroztál. **Helyes gyakorlat:** Vékonyan hordd fel, és alaposan polírozd.
4. **Hiba:** A politúr fehéres, matt foltos. **Ok:** Nedves felület, párás levegő vagy túl sok olaj a párnán. **Helyes gyakorlat:** Száraz, meleg helyiségben dolgozz, az olajat csak vékonyan használd.

29.2.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelybe bejött egy vevő, akinek a konyhai tölgyfa munkalapja elszürkült és foltos lett. A vizsgálat során kiderült, hogy a felületet korábban egyszerű növényi olajjal kenték, és a karbantartást évekig elhagyták. A helyes megoldás az volt, hogy a munkalapot P120, majd P180 szemcseméretű csiszolóanyaggal visszacsiszolták, a port eltávolították, majd két réteg, konyhai munkalapra szánt kemény viaszolajat hordtak fel. Az első réteg beszívódása után a felesleget letörölték, másnap finom csiszolással (P320) simították, és a második réteget is felhordták. A vevőt megtanították arra, hogy 3–6 havonta vékonyan olajozni kell, és a munkalapot ne érje hosszú ideig álló víz. A hiba tanulsága: a természetes felületkezelés nem egyszeri, hanem ciklikus karbantartást igényel.

29.2.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A vékony rétegű lazúr mindig vastag filmet képez, amely lepattoghat.
2. Sorold fel a kültéri lazúrrendszer tipikus rétegeit alulról felfelé.
3. Miért tilos az olajos rongyot összegyűrve tárolni?
4. Melyik anyag ad bársonyos fényt, de rossz vízállóságú?
5. Mi a sellak oldószere?
6. Egy 2,0 m²-es felületet olajozol, a fajlagos felhordás 60 g/m² rétegenként, két réteget viszel fel. Mennyi olajra van szükség?

29.2.15. Feladatok

1. feladat (A)
Határozd meg röviden: mi a különbség a vékony és vastag rétegű lazúr között? Melyiket választanád kültéri ablakra (méretpontos szerkezet), és melyiket kerítésre?

2. feladat (A)
Igaz vagy hamis? Indokold is. a) A vizes lazúr csak vízzel hígítható, az oldószeres pedig hígítóval. b) A viasz kiváló kültéri önálló bevonat. c) A politúrozás gyors, egyrétegű felületkezelés.

3. feladat (B)
Egy beltéri fenyőpolc felülete 1,2 m². A gyártó szerint a kemény viaszolaj fajlagos felhordása 70 g/m² rétegenként. Három réteget tervezel. A termék kiszerelése 500 ml, sűrűsége 0,9 kg/l (tájékoztató). Számítsd ki, mennyi anyag szükséges (tömegben), és állapítsd meg, elég-e egy doboz?

4. feladat (B)
Írj rövid technológiai tervet egy kültéri lucfenyő kerti szék lazúrozásához: sorold fel a csiszolási lépéseket, a rétegeket és a száradási ellenőrzést.

5. feladat (C)
Hibaelemzés: egy viaszolt diófa komód felülete ragacsos, foltos. Milyen hibalehetőségeket vizsgálnál meg, és mi a legvalószínűbb ok? Mi a megoldás?

6. feladat (D)
Egy régi, politúrozott asztallap egyik sarkán a felület lepattogzott. Írj gyakorlati javítási tervet: milyen anyagokat készítesz elő, milyen lépésekkel állítod helyre a felületet, és milyen biztonsági előírásokat tartasz be?

29.2.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A vékony rétegű lazúr beszívódik, alig képez filmet; éppen a vastag rétegű lazúr hajlamos vastag rétegben lepattogni.
2. Alulról felfelé: csiszolt fa, alapozó lazúr, közbenső lazúr, fedő lazúr.
3. Mert az olaj száradása hőt termel, és az összegyűrt rongyban a hő nem tud eltávozni, ezért öngyulladás következhet be.
4. A viasz.
5. A sellakot alkoholban (denaturált szeszben) oldják.
6. $m = 2{,}0 \cdot 60 \cdot 2 = 240\,\text{g}$.

1. feladat (A)
A vékony rétegű lazúr beszívódik, alig képez filmet, a fa erezete teljesen látható; felújítása egyszerű, de rövidebb karbantartási ciklusú. A vastag rétegű lazúr vékony filmet képez, jobban véd, de vastagon felhordva lepattoghat. Kültéri ablakra – méretpontos szerkezet – vastag rétegű lazúrrendszert választanék (a film korlátozza a nedvességfelvételt, így az ablak nem vetemedik, nem szorul be); vékony rétegű lazúrt nem méretpontos elemekhez (kerítés, burkolat, pergola) választanék, ahol a könnyű felújítás a fontosabb (ellenőrizendő: gyártói rendszerleírás).

2. feladat (A)
a) Hamis. A vizes lazúr általában vízzel hígítható, az oldószeres lazúr a gyártói hígítóval; de a mondat fordítva is téves lehet, mert mindig a termék adatlapján kell ellenőrizni. b) Hamis. A

viasz rossz vízállóságú, ezért kültéren önállóan ritkán alkalmazzák. c) Hamis. A politúrozás sok vékony réteg felhordása, lassú, kézi munka.

3. feladat (B)
Szükséges anyag tömegben:

$$m = 1{,}2\,\mathrm{m}^2 \cdot 70\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^2} \cdot 3 = 252\,\mathrm{g}$$

Az 500 ml-es doboz tömege a sűrűségből:

$$m_{\mathrm{doboz}} = 0{,}5\,\mathrm{l} \cdot 0{,}9\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{l}} = 0{,}45\,\mathrm{kg} = 450\,\mathrm{g}$$

Mivel 252 g $<$ 450 g, egy doboz elég, de a gyakorlatban számolj veszteséget is (például 10–15%), így is belefér. (Az adatok tájékoztatók, ellenőrizendő a gyártói adatlapon.)

4. feladat (B)
Terv röviden:

- Megvizsgálom a fa nedvességét és hibáit.
- Csiszolás P80, majd P120 (legfeljebb P150) (tájékoztató, ellenőrizendő: lazúrgyártó), portalanítás.
- Alapozó lazúr felhordása ecsettel, vékonyan; száradás a gyártói idő szerint.
- Köztes csiszolás P240, portalanítás.
- Közbenső lazúr, száradás.
- Fedő lazúr, száradás.
- Ellenőrzés: a felület nem ragad, egyenletes, nincs lecsorgás.

5. feladat (C)
Vizsgálnám a viasz mennyiségét, a felhordás módját és a polírozást. Legvalószínűbb ok: túl vastagon felhordott viasz, amelyet nem políroztak ki időben, vagy a rétegek között nem hagytak száradási időt. Megoldás: a felesleget tiszta ronggyal letörölni, a felületet enyhén melegítve újrapolírozni; ha nagyon vastag, akkor finoman visszacsiszolni, portalanítani, majd vékonyan újra viaszolni.

6. feladat (D)
Anyagok: sellak, denaturált szesz, lenolaj, finom csiszolóanyag P400–P600, acélgyapot 0000, tiszta pamutrongyok, polírlabda. Lépések:

1. Tisztítsd meg a sérült sarkot, távolítsd el a laza részeket.
2. Csiszold a sérült területet és a környezetét finomra, portalaníts.
3. Készíts hígított politúrt sellakból és szeszből, és ecsettel alapozd meg a csupasz fafelületet.
4. Száradás után csiszold simára, majd polírlabdával, vékony rétegekben építsd vissza a sellakfilmet, olajos kenéssel.
5. A rétegek között hagyj száradási időt, szükség esetén finoman csiszold.
6. Az utolsó rétegek után tiszta párnával, kevés szesszel átsimítod a felületet, hogy eltávolítsd az olajos filmet.

Biztonság: szellőztetés, kesztyű, tűzveszély miatt nyílt láng tilos, az olajos rongyot kiterítve tárold, majd zárt fémdobozban gyűjtsd veszélyes hulladékként.

29.2.17. Rövid összefoglaló

A lazúrok, olajok, viaszok és a politúr a fa természetes felületkezelői. A **lazúr** vékony vagy vastag rétegű, vizes vagy oldószeres bázisú; kültéren rendszerben, alapozó, közbenső és fedő réteggel hordd fel, a gyártói utasítás szerint. A **vékony rétegű lazúr** beszívódik, a **vastag rétegű** vékony filmet képez. A kültéri lazúrozott felületet évente ellenőrizni és szükség szerint újítani kell. Az **olajozás** (lenolaj, kemény viaszolaj) nyitott pórusú, javítható felületet ad; a felesleget mindig le kell törölni. Az **olajos rongy öngyulladását** úgy előzöd meg, hogy kiterítve szárítod, majd zárt fémdobozban tárolod. A **viaszolás** bársonyos fényt ad, de rossz vízállóságú, ezért inkább beltéri. A **bio felületkezelők** természetes alapanyagúak, de a jelölést és a tanúsítványt ellenőrizni kell. A **politúrozás** sellak alkoholos oldatából, sok vékony rétegben, polírlabdával és olajkenéssel készül; restauráláshoz is használják. **Továbbvitt eredmény.** A természetes felületkezelések (lazúr, olaj, viasz, politúr) karbantartási ciklusát és hibáit használjuk a Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások alfejezetben, ahol a felületkezelési rendszereket és anyagszükségletet együtt számoljuk.

29.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok. Gyártói műszaki adatlapok és biztonsági adatlapok, faipari szakkönyvek (felületkezelés, restaurálás), hatályos magyar és európai előírások a VOC-kibocsátásról, vegyi anyagokról (CLP, REACH), tűzvédelemről és hulladékkezelésről.

Ellenőrizendő pontok. A kültéri lazúrok ajánlott fanedvességi tartománya, csiszolóanyag-szemcseméretek, felhordási mennyiségek, száradási idők, karbantartási ciklusok; a bio termékek tanúsítási jelölései; az olajos rongy tárolására vonatkozó helyi előírások; a politúr sellak–szesz aránya és a rétegszám. A megadott számértékek tájékoztatók, nem kivitelezési előírások; mindig a gyártói adatlap és a hatályos szabályozás a mérvadó.

29.3. Felületbevonások: fóliázás és laminálás

Egy konyhabútornál a vevő matt fehér, ujjlenyomat-tűrő frontot szeretne, a munkalapnak pedig bírnia kell a vizet, a forró edényt és a napi tisztítást. Az asztalos két ajtót mutat: az egyik **melaminbevonatú forgácslap**, a másik **membránpréses fóliázott MDF**. A felületek hasonlóan néznek ki, mégis más a felépítésük, az áruk és a hibalehetőségük. Ebben az alfejezetben a **fóliázást** és a **laminálást** tanulod meg: miből készülnek, milyen géppel dolgozunk, mire használjuk, és mi okozza a leggyakoribb hibákat.

29.3.1. Szemléletes kép: rétegfelépítés

A bevont lap úgy viselkedik, mint egy szendvics: felül a dekoratív, erős réteg, alatta a ragasztó, középen a hordozó lap, hátul pedig ellenoldali kiegyenlítő réteg. Az alábbi diagram a fóliázott vagy HPL-laminált lap elvi felépítését mutatja.



29.4. ábra. Fóliázott és HPL-laminált lap szerkezete - Szemléltető rétegfelépítés; a rétegek vastagsága nem méretarányos. A ragasztóréteg lehet PVAc vagy PUR.

A rajz lényege: ha csak az egyik oldalra kerül erős bevonat, a lap **elhúzódhat**, tehát a hátsó oldalra is ragasztunk hasonló réteget.

29.3.2. Definíciók és anyagok

Definíció. A **felületbevonás** olyan gyártási művelet, amelyben a faalapú lapra vagy tömör fára gyárilag készített, önálló réteget viszünk fel ragasztással vagy hővel. A bevonat lehet papíralapú, műanyag fólia vagy nagynyomású laminátum.

A leggyakoribb bevonóanyagok:

- **Dekorpapír:** nyomtatott, melamingyantával impregnált papír. A melaminbevonatú lapnál ezt közvetlenül a forgácslapra vagy MDF-re préselik hő alatt. A réteg vékony, ezért inkább sík felületre való.
- **Finish-fólia:** vékony, cellulóz- vagy műanyagalapú, nyomtatott fólia. Sík préselésre és membránpréses borításra is használják; olcsó, de kevésbé hő- és karcálló, ezért elsősorban belső, függőleges felületekre való.
- **PVC-, PP- és PET-fólia:** hőre lágyuló műanyag fólia. **PVC** (poli(vinil-klorid)) rugalmas, jól mélyhúzható, de hőérzékeny. **PP** (polipropilén) környezetbarátabb, könnyű, **PET** (poli(etilén-tereftalát)) szívós és újrahasznosítható. A membránpréses 3D fóliázás leggyakrabban ilyen fóliákkal dolgozik.
- **HPL laminátum: High Pressure Laminate**, azaz nagynyomású dekoratív réteg. Több melamingyantával impregnált papírrétegből 5–10 MPa nyomáson, 140–160 °C-on préselik (tájékoztató, gyártófüggő, ellenőrizendő). A HPL vastagabb, keményebb, hő- és vízállóbb, mint a fólia, ezért **munkalapokhoz, ajtólapokhoz** és erős igénybevételű felületekhez ideális.

A **laminálás** szót itt a HPL ráragasztására használjuk; a **fóliázás** a vékonyabb, hajlékony fóliák felvitelét jelenti. A kettőt a műhelyben sokan keverik, de a technológia eltér.

29.3.3. Fóliázási technológiák

29.3.3.1. Síkfóliázás

A síkfóliázásnál a fóliát hengerek vagy síkprés viszi fel a lap felületére. Először a hordozót csiszolják és portalanítják, majd a ragasztót hengerrel vagy szórással hordják fel. A fóliát fűtött hengersor nyomja a lapra, a ragasztó hő hatására megköt. Az eljárás gyors, de csak **sík, nem marott** felületeket boríthat.

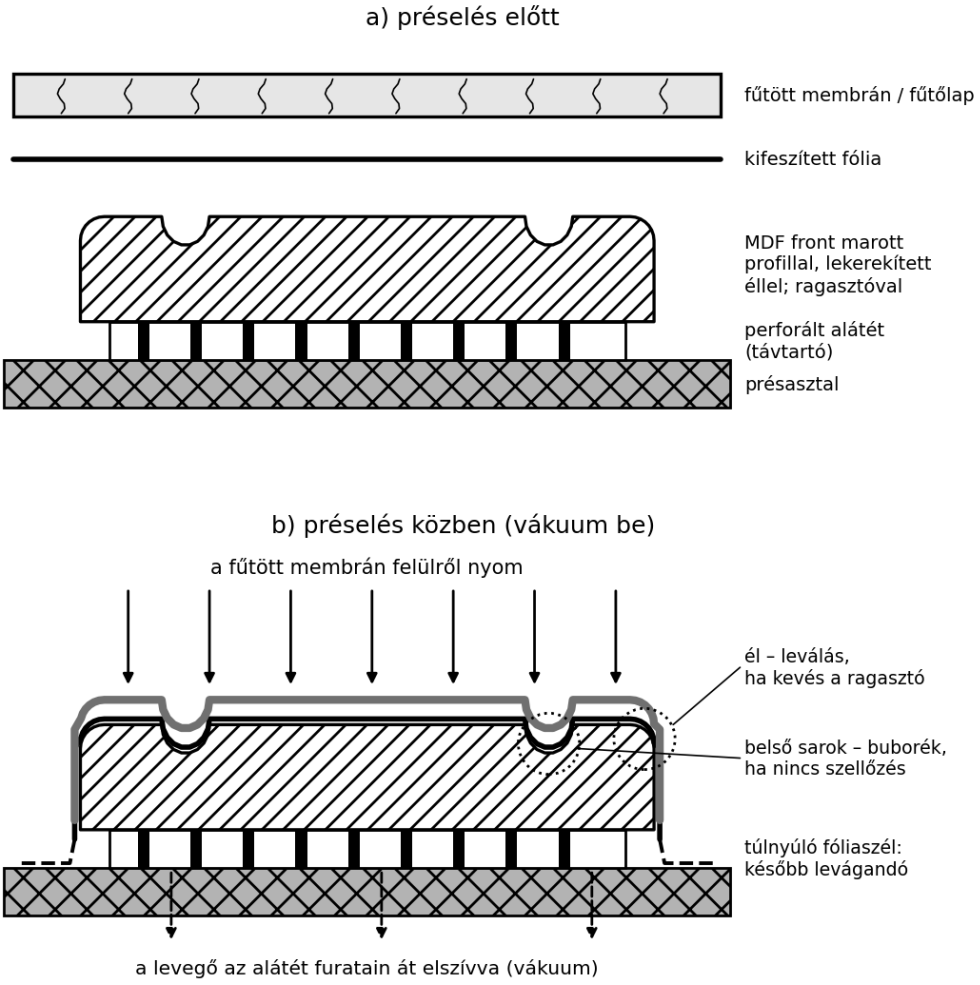
29.3.3.2. Profilburkolás

A **profilburkolás** során díszléc, élprofil vagy keskeny alkatrész köré fóliát tekercselnek. A gépet **profilburkoló gép**nek nevezik. A ragasztóval bevont fóliát fűtött levegővel lágyítják, majd gumihengerek nyomják a profilra. Ez a művelet egyszerűbb a membránpréses fóliázásnál, de csak állandó keresztmetszetű, hosszú profilokra alkalmas, sík felületű frontra nem.

29.3.3.3. Membránpréses (3D) fóliázás

A **membránpréses fóliázás** a legrugalmasabb: a fólia a marott, profilozott frontot is pontosan követi. A hőre lágyuló fólia felmelegszik, majd vákuummal rásimul a munkadarabra.

Eljárás – Membránpréses fóliázás lépései. 1. Az MDF frontot lemarjuk, élét lekerekítjük, csiszoljuk, majd sűrített levegővel portalanítjuk. – ellenőrzés: nincs por, zsír, ujjlenyomat. 2. A ragasztót (többnyire diszperziós ragasztó, esetenként PUR) a munkadarab felületére egyenletesen felhordjuk. – ellenőrzés: a ragasztómennyiség a gyártói adatlap szerinti. 3. A munkadarabot a présasztalra helyezzük, a profilon megfelelő betéteket, szellőző réteget használunk, hogy a levegő távozhasson. – ellenőrzés: nincs elmozdulás. 4. A fóliát kifeszítjük, felfűtjük a membránt és a fóliát, majd vákuumot kapcsolunk. – ellenőrzés: a vákuum értéke eléri a gépkönyvben megadott tartományt. 5. A préselési idő letelte után a munkadarabot hagyjuk hűlni, majd kivesszük. – ellenőrzés: a fólia nem válik el, a szín egyenletes. 6. A túlnyúló fóliát élmaróval vagy késsel eltávolítjuk, az éleket letisztítjuk. – ellenőrzés: nincs éles sorja, az élzárás folytonos.



Sematikus metszet, nem méretarányos; a fólia vastag vonal, a membrán szürke vastag vonal.

29.5. ábra. Membránpréses fóliázás elvi metszete préselés előtt és közben: a vákuum a perforált alátéten át szívja el a levegőt, a fűtött membrán a fóliát a marott frontra simítja; jelölt hibahelyek (sematikus)

Gépbiztonság. A membránprés, a fűtött hengerek és az élmaró betanított, felügyelt tanuló kezelésére való; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz. A prés forró felülete miatt védőkesztyű csak ott használható, ahol mozgó szerszám nem érhet bele; a ragasztógőzök miatt elszívás és légzésvédelem ajánlott. A gépet csak a gépkönyv szerint szabad üzemeltetni.

29.3.4. Laminálás: HPL ragasztása lapra

A HPL kész, önálló lemezként érkezik (nagynyomású présben gyártják), ezért ragasztással visszük a hordozóra. A műhelyben két út van:

- **Hideg vagy meleg préses ragasztás:** a hordozóra ragasztót viszünk fel, ráfektetjük a HPL-t, majd síkpréssel összenyomjuk. A ragasztó lehet PVAc, PUR vagy kontaktragasztó. A PUR rugalmasabb, jobban bírja a nedvességet, de gyorsabban köt.
- **Vákuumpréses ragasztás:** az alkatrészt zsákba helyezik, a vákuum egyenletesen nyomja a laminátumot a lapra. Íves felületre is alkalmas.

Ellenoldali kiegyenlítés. Ha a lap egyik oldalára HPL-t ragasztunk, a másik oldalra is ragasztani kell egy hasonló réteget, különben a lap elhúzódik, vetemedik. Ezt a réteget **ellenoldali kiegyenlítő réteg**nek hívjuk. Általában ugyanolyan vastagságú HPL-t vagy olcsóbb kiegyenlítő laminátot teszünk hátulra.

Eljárás – HPL laminálás lépései. 1. A hordozólapot és a HPL-t méretre vágjuk, a HPL-t kb. 5–10 mm-rel nagyobbra hagyjuk, mint a kész méret. – ellenőrzés: a szélek párhuzamosak. 2. A ragasztandó felületeket portalanítjuk, zsírtalanítjuk. – ellenőrzés: nincs por. 3. A ragasztót a gyártó előírása szerint felhordjuk a hordozóra és a laminátumra is. – ellenőrzés: egyenletes, csepegésmentes réteg. 4. A rétegeket összefektetjük, a présbe helyezzük, és a megadott nyomáson, időn keresztül préseljük. – ellenőrzés: nyomás, hőmérséklet, idő. 5. A túllógó HPL-t élmaróval lemunkáljuk, az éleket csiszoljuk. – ellenőrzés: a munkadarab derékszögű, élek simák.

29.3.5. Számítási példa

A fólia- és laminátumszükséglet egyszerű felületszámítás. **Példa.** Konyhafront kész mérete 600×400 mm. A membránpréses fólia ráhagyása oldalanként 40 mm, mert a fólia a profilt le kell, hogy fedje. A fólia szükséges elvi mérete:

$$l_{\mathrm{f}} = 600 + 2 \cdot 40 = 680 \text{ mm}, \quad b_{\mathrm{f}} = 400 + 2 \cdot 40 = 480 \text{ mm},$$

$$A_{\mathrm{f}} = 0{,}68 \text{ m} \times 0{,}48 \text{ m} = 0{,}3264 \text{ m}^2 \approx 0{,}33 \text{ m}^2.$$

Tehát egy frontra kb. 0,33 m^2 fólia kell. A hulladékot a tekercs szabása dönti el; 10 %-os gyakorlati ráhagyással 0,36 m^2 a beszerzendő mennyiség.

Második példa – ragasztófelhordás. HPL laminálásnál a ragasztó fajlagos felhordása $q = 120$ g/m^2 (tájékoztató, a ragasztó adatlapja szerint ellenőrizendő). Egy front felülete 0,24 m^2. A front mindkét oldalára (dekor HPL és ellenoldali réteg) ragasztunk, ezért két ragasztási fuga van, és a ragasztott felület $2 \cdot 0{,}24 = 0{,}48$ m^2 (a q értéke fugánként értendő). A szükséges ragasztó tömeg:

$$m = q \times A = 120 \text{ g/m}^2 \times 0{,}48 \text{ m}^2 = 57{,}6 \text{ g}.$$

Ha a gyártó mindkét felületre külön felhordást ír elő, a q értékét a két felület összegeként kell értelmezni **(ellenőrizendő: ragasztó adatlapja)**. 10–15 % veszteséggel kb. 65 g ragasztót készítsünk elő.

29.3.6. Minőségellenőrzés

Minőségellenőrzés. A fóliázott és laminált felületeket szemrevételezéssel, kézzel és egyszerű mérőeszközökkel ellenőrizzük:

- **Tapadás:** az élnél féméremmel vagy körömmel nem szabad a bevonatot felszedni (tájékoztató; üzemi vizsgálatnál szabványos rácsos vágás).
- **Felület:** nincs buborék, felválás, gyűrődés, fényes csík, karc.
- **Méret és él:** a ráhagyás után méretre munkált él párhuzamos, nincs sorja, a front derékszögű.
- **Szín és minta:** a szériában a fólia/laminátum színe egyezik a referenciával.
- **Hátoldal:** az ellenoldali réteg jelen van, nem hullámos a lap.

Ha eltérést találunk, először a ragasztó, a por vagy a prés beállítását vizsgáljuk.

29.3.7. Tipikus hibák és okaik

Hiba – leválás. A fólia vagy HPL a szélén, később középen elválik a laptól. **Ok:** poros, zsíros felület; kevés ragasztó; túl hideg prés; túl rövid préselési idő; nedves hordozó. **Megelőzés:** portalanítás, frissen csiszolt felület, ragasztómennyiség és présidő betartása.

Hiba – buborék. A bevonat alatt levegő- vagy gőzzárvány látszik. **Ok:** a ragasztóból távozó oldószer; levegő beszorulása; egyenetlen ragasztófelvitel; túl gyors felfűtés. **Megelőzés:** szellőző csatorna a présben, fokozatos vákuum, a ragasztó nyitott idejének betartása.

Hiba – ragasztóátütés. A vékony fólián a ragasztó sárgás foltot, áttetsző csíkot okoz. **Ok:** túl sok ragasztó; túl magas hőmérséklet; a fólia túl vékony. **Megelőzés:** a gyártó által megadott felhordási mennyiség; alacsonyabb prés hőmérséklet; megfelelő fóliavastagság.

29.3.8. Hibaelemzés: buborék a HPL munkalapon

Tünet. Egy 2400×600 mm-es konyhai munkalap közepén, a HPL alatt 30 mm átmérőjű daganat látszik. A széleken a tapadás jó.

Lehetséges okok: por a hordozón; ragasztóhiány; a hordozó nedvességtartalma túl magas; a présnyomás egyenetlen; a ragasztó nem volt bekeverve.

Vizsgálat. Megkopogtatjuk a felületet: a hiba tompa hangot ad, a jó terület éleset. A munkalap vastagságát tolómérővel mérjük: a buborék környékén 0,2 mm vastagabb. A gyártási lap szerint a ragasztó bekeverése után 40 perccel készült a prés, ami meghaladta a fazékidőt (ellenőrizendő: a ragasztó adatlapja).

Valódi ok. A ragasztó fazékideje lejárt, ezért a középső részen nem kötött meg rendesen, és a préselés után gőz szorult a rétegek közé.

Javítás. A munkalap nem javítható esztétikusan; a hibás lapot ki kell cserélni vagy újra laminálni. Kisebb hibánál PUR ragasztó injektálható a buborék alá, de a szín és a síkosság nem garantált.

Megelőzés. A ragasztót mindig a fazékidőn belül használjuk fel, a préselést ütemezzük, és a ragasztó keverését, időpontját dokumentáljuk.

29.3.9. Valós életbeli alkalmazás

- **Konyhafront.** A membránpréses MDF front marással, profilozással készül. A fólia a mintát és a fogantyúmart mélyedését is befedi, ezért a front könnyen takarítható.
- **Munkalap.** A HPL-laminált forgácslap munkalap vízálló, hőálló, a napi tisztítószereket bírja. A hátsó oldalra kiegyenlítő réteg kerül, hogy ne púposodjon.
- **Irodabútor.** A fiók homloklapok és az asztallapok nagy szériában PVC/PET fóliával vagy HPL-lel készülnek; a fólia egységes színt ad, javítható felületet, és a sérült darabok cseréje egyszerű.

Továbbvitt eredmény. A fóliázott és laminált felületek fogalmait, rétegfelépítését és hibáit használjuk a felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások, valamint a Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálógépek alfejezetben.

29.3.10. Önellenőrzés

Kérdések. 1. Igaz-e, hogy a HPL ugyanaz, mint a melaminbevonatú forgácslap felülete? 2. Igaz-e, hogy a membránpréses fóliázás csak sík felületen használható? 3. Miért kell ellenoldali kiegyenlítő réteg a HPL-laminált munkalap hátoldalára? 4. Egy 500×700 mm-es front fóliázásakor mennyi a fólia elvi mérete, ha oldalanként 50 mm ráhagyással számolunk? 5. Milyen hiba látszik, ha a ragasztó átüt a vékony fólián? 6. Hogyan ellenőrzöd a laminált élének tapadását?

Megoldások – Önellenőrzés. 1. Hamis: a HPL külön gyártott, nagynyomású réteg, amelyet utólag ragasztanak a lapra. 2. Hamis: a membránpréses fóliázás 3D-s, marott profilt is borít. 3. Hogy a lap ne húzódjon el a nedvességváltozás hatására. 4. $l_\mathrm{f} = 500 + 2 \cdot 50 = 600$ mm, $b_\mathrm{f} = 700 + 2 \cdot 50 = 800$ mm, tehát 600×800 mm. 5. Ragasztóátütés. 6. Az él mentén körömmel vagy féméremmel próbáljuk felszedni; nem szabad elválnia.

29.3.11. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel, miben különbözik a finish-fólia, a PVC-fólia és a HPL.

2. feladat (A). Egy ajtófront 400×600 mm. Számítsd ki a felületét m^2-ben.

3. feladat (B). Nyolc darab, egyenként 500×700 mm-es konyhafront membránpréses fóliázásához mennyi fóliát kell beszerezni, ha a ráhagyás oldalanként 45 mm, a tekercs szabási vesztesége pedig 10 %?

4. feladat (B). Írd le a membránpréses fóliázás számozott lépéseit, és minden lépésnél adj meg egy ellenőrzési pontot.

5. feladat (C). Egy HPL-laminált munkalap közepén buborék keletkezett. Írj le három lehetséges okot és a vizsgálat menetét.

6. feladat (D). Készíts próbadarabot: 300×300 mm-es MDF-re fóliát vagy HPL-t ragassz. A feladat előtt írd le a műveletsort, a ragasztó fajtáját, a préselési nyomást, hőmérsékletet és időt a műszaki adatlap alapján. A kész darabon ellenőrizd a tapadást, a síkosságot és az él munkáját.

29.3.12. Megoldások

1. feladat. A finish-fólia vékony, olcsó, sík felületre való. A PVC-fólia hőre lágyuló, membránpréses mélyhúzásra alkalmas. A HPL nagynyomású, vastag, kopásálló réteg utólagos ragasztásra.

2. feladat. $A = 0{,}4\ \mathrm{m} \times 0{,}6\ \mathrm{m} = 0{,}24\ \mathrm{m}^2$.

3. feladat. Egy front fóliamérete: $l_\mathrm{f} = 500 + 2 \cdot 45 = 590$ mm, $b_\mathrm{f} = 700 + 2 \cdot 45 = 790$ mm. Egy front fóliaterülete: $0{,}59 \times 0{,}79 = 0{,}4661\ \mathrm{m}^2$. Nyolc frontra: $8 \times 0{,}4661 = 3{,}7288\ \mathrm{m}^2$. 10 % veszteséggel: $3{,}7288 \times 1{,}1 = 4{,}1017 \approx 4{,}10\ \mathrm{m}^2$. Tehát kb. $4{,}1\ \mathrm{m}^2$ fólia kell.

4. feladat. Lásd a fenti `**Eljárás - Membránpréses fóliázás lépései**` pontot; az ellenőrzési pontok: portalanítás, ragasztómennyiség, vákuum, présidő, élek.

5. feladat. Lehetséges okok: por a hordozón; ragasztó fazékidejének lejárta; egyenetlen présnyomás. Vizsgálat: kopogtatás, vastagságmérés, ragasztó keverési idejének ellenőrzése, a présnapló átnézése.

6. feladat. A műveletsort a tanuló a gyártói adatlap alapján írja meg; minimálisan tartalmaznia kell: portalanítás, ragasztó felhordása, rétegezés, préselés, túllógó anyag eltávolítása, tapadás ellenőrzése.

29.3.13. Rövid összefoglaló

A fóliázás és a laminálás a faalapú lapok felületbevonása. A dekorpapír, finish-fólia, PVC/PP/PET fólia és HPL laminátum különböző teljesítményű rétegek. A síkfóliázás sík, a profilburkolás profilos, a membránpréses fóliázás pedig marott, 3D felületet borít. A membránpréses fóliázás lépései: portalanítás, ragasztófelhordás, préselés, hűlés, élmunkálás. A HPL-t utólag ragasztjuk a hordozóra; a hátoldalra ellenoldali kiegyenlítő réteg kell, különben a lap elhúzódik. A leggyakoribb hibák: leválás, buborék és ragasztóátütés. Ellenőrzéskor a tapadást, a buborékmentes felületet és az élmunkát vizsgáljuk. A bevont felületeket a konyhabútoroknál, munkalapoknál és irodabútoroknál alkalmazzuk.

29.3.14. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: gyártói műszaki adatlapok; szabványok a HPL-ről (MSZ EN 438 – ellenőrizendő) és a faalapú lapokról (MSZ EN 312, MSZ EN 622 – ellenőrizendő); ragasztógyártói adatlapok; gépkönyvek.
Ellenőrizendő pontok: a HPL préselési nyomása és hőmérséklete; a fólia minimális vastagsága; a ragasztó fajlagos felhordása és fazékideje; a membránprés vákuumtartománya; a fóliák pontos szabványjelölése és környezetvédelmi besorolása.

29.4. Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások

29.4.1. Motiváció

A műhelyben az egyik legkellemetlenebb pillanat, amikor a gondosan előkészített, lecsiszolt, pácolt bútorlapot bevonod lakkal, és száradás után **folyásnyomokat**, **krátereket**, **narancsbőrt** vagy **fehéres fátyolt** látsz rajta. A hiba nemcsak esztétikai: a rosszul kialakult lakkréteg gyengébb védelmet ad, hamarabb kopik, pattogzik, sárgul. A hibák javítása sokszor többe kerül, mint a felületkezelés újrakezdése, ezért az asztalosnak előre kell gondolkodnia: mi okozhatja a hibát, hogyan előzhető meg, és ha mégis bekövetkezik, hogyan javítható szakszerűen.

Ugyanilyen fontos az **anyagszükséglet számítása**. Ha véletlenszerűen vásárolsz lakkot, hígítót vagy olajat, akkor vagy anyaghiány miatt áll le a munka, vagy feleslegesen sok anyag marad a polcon, ami pénzben és hulladékban is veszteség. A felületkezelési számításokkal kiszámítható, mennyi anyagot kell rendelni, mekkora lesz a kiadósság, és mennyibe kerül egy termék bevonása.

29.4.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy **600 mm × 400 mm méretű tömör bükk kávás tálca** felületét kell lelakkozni. A tálca alja 600 × 400 mm, a káva 50 mm magas (tájékoztató feltevés), és mindkét oldalát lakkozzuk. Az alja kétoldalt $2 \cdot 0{,}24 = 0{,}48\,\mathrm{m}^2$, a káva kétoldalt $2 \cdot 2 \cdot (0{,}6 + 0{,}4) \cdot 0{,}05 = 0{,}20\,\mathrm{m}^2$, a teljes felület tehát $\approx 0{,}68\,\mathrm{m}^2$. Ha a kiválasztott lakk ajánlott **fajlagos felhordási mennyisége** $q = 120\,\mathrm{g/m}^2$ rétegenként, és **három réteget** viszel fel, akkor a szükséges folyékony lakk mennyisége megközelítőleg $m = A \cdot q \cdot n = 0{,}68 \cdot 120 \cdot 3 \approx 245\,\mathrm{g}$. Ehhez jön a hígítás és a szórási veszteség. Ez a kis példa mutatja, hogy a számítás nem bonyolult, de a **mértékegységekre** és a **veszteségre** mindig figyelni kell.

29.4.3. Definíció és alapösszefüggések

Felületkezelési hiba alatt a bevonat olyan rendellenességét értjük, amely rontja a megjelenést, a tapadást, a védőképességet vagy az élettartamot. A hiba lehet azonnal látható (folyás, kráter, porzárvány), vagy később jelentkező (fehéredés, hólyagosodás, repedés, rossz tapadás). A hiba okát mindig a **felületkezelő anyag + felület + körülmények + technológia** rendszerben kell keresni.

Definíció. A **fajlagos felhordási mennyiség** (q) azt adja meg, hogy egy négyzetméter felületre egy rétegben hány gramm folyékony anyagot viszünk fel. Mértékegysége általában $\mathrm{g/m^2}$ vagy ritkábban $\mathrm{l/m^2}$.

Definíció. A **kiadósság** azt mutatja meg, hogy egy liter folyékony festék, lakk, olaj vagy pác hány négyzetméter felületre elegendő a kívánt rétegvastagság és felhordási technológia mellett. Mértékegysége $\mathrm{m^2/l}$.

A két mennyiség akkor kapcsolható össze, ha ismerjük a folyékony anyag **sűrűségét** (ρ, $\mathrm{kg/m^3}$ vagy $\mathrm{g/cm^3}$). Ha a kiadósságot K-val jelöljük, akkor

$$K = \frac{1000}{q} \quad \text{ha } q \text{ mértékegysége } \mathrm{g/m^2}, \text{ az anyag sűrűségét pedig 1 } \mathrm{g/cm^3}\text{-nek közelítjük.}$$

Ez a képlet a vízszerű anyagokra ad gyors becslést; lakkoknál az oldószer és a szárazanyag sűrűsége eltérhet, ezért pontos számításhoz gyártói adat kell.

Szabály. A felhordandó folyékony anyag tömege rétegenként:

$$m = A \cdot q \cdot n$$

ahol A a bevonandó felület ($\mathrm{m^2}$), q a fajlagos felhordás ($\mathrm{g/m^2}$), n a rétegszám. A végeredményt g-ban kapjuk; a gyakorlatban általában **kg**-ra vagy **literre** váltjuk át.

Összefüggés. A **szárazanyag-tartalom** (szárazanyag, % tömegben) és a **szárazrétegvastagság** (s_s) egymással összefügg. A felvitt nedves réteg vastagsága s_n, a felhordott folyékony lakk tömege m, a bevont felület A, a folyékony lakk sűrűsége ρ. Ekkor egy beállítási esetre:

$$s_\mathrm{s} \approx \frac{m \cdot szrazanyag}{A \cdot \rho_\mathrm{s}} \quad \text{(mintaformula, ahol a veszteséget és a hígítást külön kell figyelembe venni)}$$

ahol ρ_s a száradt lakkréteg sűrűsége. Ez szemléltető összefüggés, nem pontos gyártási képlet, mert a száradás során az anyag zsugorodik, oldószert enged el, és a kémiai kötés is változtatja a szerkezetet.

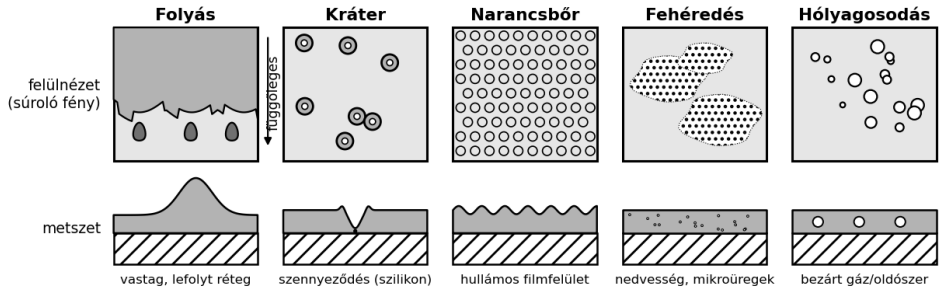
Megjegyzés. A felületkezelő anyagok tényleges adatait – kiadósság, ajánlott rétegszám, hígítási arány, száradási idő, fajlagos felhordás – mindig a **gyártói műszaki adatlap** és a **biztonsági adatlap** szerint kell meghatározni. Az itt használt értékek **tanulási példák** (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

29.4.4. Felületkezelési hibák, okok és javításuk

A felületkezelési hibákat az alábbi táblázat rendszerezi. A táblázatban szereplő hőmérséklet- és páratartalom-tartományok tájékoztató jellegűek (ellenőrizendő: a gyártói adatlap és a felhasználási körülmények).

Hiba	Jellemző megjelenés	Gyakori okok	Javítás és megelőzés
Folyás	Függőleges csíkok, cseppek, vastag szélek	Túl sok anyag, túl lassú hígító, hideg felület, rossz szórópisztoly-beállítás	Vékonyabb réteg, gyorsabb hígító, a felület hőmérséklete a gyártó által megadott tartományban; megszáradva csiszolás és új réteg
Kráter	Kis kerek mélyedések a friss bevonatban	Szilikon-, olaj-, viasz-, zsírszennyezés a felületen vagy a levegőből	A felület alapos tisztítása, szerszámok és edények ellenőrzése; kráteres réteget csiszolni, tisztítani, újra bevonni
Narancsbőr	Narancshéjszerű, egyenetlen felület	Nem megfelelő viszkozitás, rossz szórótávolság, túl gyors elpárolgás, levegőbe keveredett szennyezés	A gyártói hígítás betartása, a szórópisztoly beállítása, a hőmérséklet és a páratartalom ellenőrzése
Fehéredés (blushing)	Fehéres, opálos fátyol a lakkban	Magas páratartalom, hideg felület, víz bejutása a rétegbe, nem megfelelő hígító	Szárítás alacsonyabb páratartalomnál, a felület fűtése, a gyártói hígító használata; enyhe esetben gyors hígítóval vagy utólagos réteggel javítható, súlyos esetben csiszolás
Hólyagosodás	Apró vagy nagyobb buborékok, hólyagok a réteg alatt	Levegő, oldószergőz vagy gőz csapdája; túl vastag réteg; nem megfelelő köztes száradás	Vékonyabb rétegek, hosszabb köztes száradás, a gyártói rétegszám betartása; hólyagos felületet csiszolni, majd újra bevonni

Hiba	Jellemző megjelenés	Gyakori okok	Javítás és megelőzés
Rossz tapadás	A bevonat lepattogzik, lemezesen leválik	Túl csiszolt, zsíros, szilikonos, poros felület; nem megfelelő alapozó; eltérő anyagrétegek	A rétegek közötti csiszolás, az előírt alapozó és hígító használata, a gyártói rendszer betartása; leváló bevonatot csiszolni, tisztítani, új alapozást készíteni
Porzárvány	Szemcsék, pöttyök a száraz felületen	Poros műhely, nem megfelelő elszívás, hosszú szórási idő	Tiszta szórótér, a felület leszívatása, a szórófülke rendben tartása; megszáradva finom csiszolás és új réteg
Repedés	Hajszálrepedések, mikrorepedések, nagyobb repedések	Túl vastag réteg, rugalmatlan bevonat a mozgó faanyagon, hő- és nedvességmozgás	A faanyag nedvességtartalmának ellenőrzése, rugalmas bevonat kiválasztása, a rétegvastagság korlátozása; repedt felületet csiszolni, javítani, újra bevonni



Felső sor: felülnézet súroló fényben; alsó sor: nagyított metszet (szürke: bevonat, sraffozott: hordozó). Sematikus rajz; fotóval kiegészíthető.

29.6. ábra. Lakkhibák képtára a hibatáblázat soraihoz: folyás, kráter, narancsbőr, fehéredés, hólyagosodás – felülnézet súroló fényben és nagyított metszet (sematikus)

29.4.5. Hibaelemzési eset

Valós eset. Egy asztalos konyhai bükk munkalapot lazúrozott. A lazúr száradása után a felület helyenként **fehéres fátyolt** mutatott. Az asztalos első gondolata az volt, hogy a lazúr hibás. A helyszínen kiderült, hogy a munkalapot egy hideg, párás raktárban tárolták, a felület hőmérséklete 12 °C alatt volt, a relatív páratartalom pedig 75 % feletti (tájékoztató érték, ellenőrizendő: gyártói adatlap). A lazúr hígítója túl lassú volt erre a környezetre, ezért a felület hosszan nedves maradt, és a lecsapódó nedvesség fehéredést okozott. A javítás az volt, hogy a felületet beszállították egy fűtött, szellőztetett helyiségbe, finoman csiszolták, majd a gyártó által javasolt hígítóval

új lazúrréteget vittek fel. A tanulság: **a felületkezelés nem csak anyagválasztás, hanem hőmérséklet- és páratartalom-ellenőrzés is**.

29.4.6. Számszerű példák

29.4.6.1. Példa 1: Lakkmennyiség számítása

Adott: Egy szekrényajtó felülete kétoldalt $A = 0{,}8\,\mathrm{m}^2$. A választott lakk fajlagos felhordási mennyisége $q = 150\,\mathrm{g/m}^2$ rétegenként. Rétegszám $n = 3$.

Keresett: A szükséges folyékony lakk tömege m grammban és kilogrammban.

Megoldás:

$$m = A \cdot q \cdot n = 0{,}8 \cdot 150 \cdot 3 = 360\,\mathrm{g} = 0{,}36\,\mathrm{kg}$$

Ellenőrzés: Ha a lakk sűrűsége körülbelül $1{,}0\,\mathrm{kg/l}$, akkor a térfogat $V \approx \frac{0{,}36}{1{,}0} = 0{,}36\,\mathrm{l}$. Ez egy ajtóra reálisnak tűnik.

29.4.6.2. Példa 2: Kiadósság számítása

Adott: Egy szórt lakk kiadóssága $K = 12\,\mathrm{m}^2/\mathrm{l}$. A festendő felület $A = 6\,\mathrm{m}^2$. A rétegszám $n = 2$.

Keresett: A kívánt bevonathoz szükséges lakkmennyiség literben.

Megoldás:

$$V = \frac{A \cdot n}{K} = \frac{6 \cdot 2}{12} = \frac{12}{12} = 1{,}0\,\mathrm{l}$$

Ellenőrzés: A kiadósság azt jelenti, hogy 1 liter lakk 12 m²-re elég egy rétegben. Két réteghez 2 liter kell 12 m²-re; itt a felület fele, tehát 1 liter a szükséges mennyiség.

29.4.6.3. Példa 3: Szórási veszteség figyelembevétele

Adott: Egy szórásos felhordásnál a gyártó által megadott fajlagos felhordás $q = 120\,\mathrm{g/m}^2$. A szórópisztoly miatt a **veszteség** (a környezetbe porlasztott anyag) a felhordott mennyiség 30 %-a. A bevonandó felület $A = 2{,}5\,\mathrm{m}^2$, rétegszám $n = 2$.

Keresett: A ténylegesen megvásárolandó folyékony lakk tömege.

Megoldás:

Először számítsuk ki az elméleti tömeget:

$$m_{\text{elméleti}} = A \cdot q \cdot n = 2{,}5 \cdot 120 \cdot 2 = 600\,\mathrm{g}$$

A veszteség miatt:

$$m_{\text{szükséges}} = m_{\text{elméleti}} \cdot (1 + 0{,}30) = 600 \cdot 1{,}30 = 780\,\mathrm{g}$$

Ellenőrzés: A veszteség 180 g, a hasznos anyag 600 g, így az összes 780 g. Ez a szórási technológiánál reális.

29.4.6.4. Példa 4: Szárazanyag-tartalom és szárazrétegvastagság

Adott: Egy felületre $s_{\mathrm{n}} = 300\,\mu\mathrm{m}$ nedves rétegvastagságú lakkot viszünk fel. A lakk szárazanyag-tartalma 45 %. A száradt lakkréteg sűrűsége $\rho_{\mathrm{s}} = 1{,}1\,\mathrm{g/cm^3}$ (tájékoztató adat, ellenőrizendő). A folyékony lakk sűrűsége $\rho_{\mathrm{n}} = 0{,}9\,\mathrm{g/cm^3}$. A veszteséget és a zsugorodást itt elhanyagoljuk, hogy a szemléletet bemutassuk.

Keresett: A szárazrétegvastagság s_{s} közelítő értéke.

Megoldás:

A folyékony réteg tömege $1\,\mathrm{m^2}$-en:

$$m_n = A \cdot s_{\mathrm{n}} \cdot \rho_{\mathrm{n}} = 1\,\mathrm{m^2} \cdot 300 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{m} \cdot 900\,\mathrm{kg/m^3} = 0{,}27\,\mathrm{kg}$$

A szárazanyag tömege:

$$m_{\mathrm{s}} = m_n \cdot 0{,}45 = 0{,}27 \cdot 0{,}45 = 0{,}1215\,\mathrm{kg}$$

A száraz réteg térfogata és vastagsága:

$$V_{\mathrm{s}} = \frac{m_{\mathrm{s}}}{\rho_{\mathrm{s}}} = \frac{0{,}1215}{1100} = 0{,}0001105\,\mathrm{m^3}$$

$$s_{\mathrm{s}} = \frac{V_{\mathrm{s}}}{A} = \frac{0{,}0001105}{1} = 0{,}0001105\,\mathrm{m} \approx 110\,\mu\mathrm{m}$$

Ellenőrzés: A szárazanyag-tartalom kb. fele, és a sűrűség is kicsit nagyobb, ezért a szárazrétegvastagság (110 µm) kisebb. Azonos sűrűségnél a szárazréteg 0,45 · 300 µm = 135 µm lenne; a száraz film sűrűbb (1,1 vs. 0,9 g/cm³), ezért 135 · 0,9/1,1 ≈ 110 µm. A nagyságrend tehát hihető.

Ezt a számítást a gyakorlatban a gyártói adatlapok **rétegvastagság-tartománya** és **kiadósság** adatai helyettesítik; a pontos számításhoz a gyártói technológiai utasítást kell követni.

29.4.7. Költségszámítás felületkezelésre

29.4.7.1. Kalkuláció egy sorozatra

Adott: Egy asztalosüzemben 20 db fenyő **polclap** felületkezelését tervezik. A polcok mérete darabonként $800 \times 250 \times 18\,\mathrm{mm}$. A felületet **kétoldalt** és az éleket is bevonjuk. Az élzárás nélküli, lakkozandó felület darabonként:

A két nagy lapfelület:

$$A_{\mathrm{lap}} = 2 \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}25) = 2 \cdot 0{,}2 = 0{,}4\,\mathrm{m^2}$$

Az élek területe (a 18 mm-es vastagságot is figyelembe véve; a hossz- és az él hosszúságok összege):

$$A_{\text{él}} = 2 \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}018) + 2 \cdot (0{,}25 \cdot 0{,}018) = 0{,}0288 + 0{,}009 = 0{,}0378\,\text{m}^2$$

$$A_{\text{összes/db}} = 0{,}4 + 0{,}0378 = 0{,}4378\,\text{m}^2$$

$$A_{\text{összes}} = 20 \cdot 0{,}4378 \approx 8{,}8\,\text{m}^2$$

A lakk fajlagos felhordása $q = 120\,\text{g/m}^2$, rétegszám $n = 3$. A szórási veszteség 25 %. A lakk ára **mintaár:** 4 800 Ft/kg (ellenőrizendő: aktuális gyártói/kereskedői ár). A hígító szükséges mennyisége a lakk tömegének 10 %-a, ára **mintaár:** 1 800 Ft/l (ellenőrizendő). A hígító sűrűsége 0,8 kg/l.

Keresett: A lakk- és hígítómennyiség, valamint a felületkezelő anyagköltség.

Megoldás:

A tiszta lakk elméleti tömege:

$$m_{\text{elméleti}} = 8{,}8 \cdot 120 \cdot 3 = 3168\,\text{g} \approx 3{,}17\,\text{kg}$$

A szórási veszteség miatt a megvásárolandó mennyiség:

$$m_{\text{szükséges}} = 3{,}17 \cdot 1{,}25 = 3{,}96\,\text{kg}$$

A hígító mennyisége:

$$m_{\text{hígító}} = 3{,}96 \cdot 0{,}10 = 0{,}396\,\text{kg}$$

A hígító térfogata:

$$V_{\text{hígító}} = \frac{m_{\text{hígító}}}{\rho_{\text{hígító}}} = \frac{0{,}396}{0{,}8} = 0{,}495\,\text{l}$$

A költségek:

Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Lakk	3,96	kg	4 800	19 008
Hígító	0,495	l	1 800	891
Összes anyagköltség				**19 899**

Ellenőrzés: A lakk anyagköltsége kb. 20 000 Ft, ami húsz kisebb polclap lakkozásához reális **mintaár**. A hígító költsége kis tétel, de a számításban mindig külön kell szerepeltetni, mert a szórásnál a hígító is veszteségbe kerül.

Polclapok felületkezelése: 20 db 800 × 250 × 18 mm, kétoldalt + élek (mintaárak)

tétel	számítás	eredmény
felület	A = 20 · 0,4378 m²	≈ 8,8 m²
elméleti lakk	m = A · q · n = 8,8 · 120 · 3	3,168 kg
veszteséggel (25 %)	m · 1,25	3,96 kg
hígító (10 %)	3,96 · 0,10 kg ÷ 0,8 kg/l	0,495 l
lakk költsége	3,96 kg · 4800 Ft/kg	19 008 Ft
hígító költsége	0,495 l · 1800 Ft/l	891 Ft
összes anyagköltség		**19 899 Ft**

q = 120 g/m², n = 3, szórási veszteség 25 %, hígító a lakk tömegének 10 %-a (sűrűsége 0,8 kg/l); árak: mintaárak (ellenőrizendő).

29.7. ábra. A polclap-kalkuláció lépései és eredménye; a HTML-kiadásban kalkulátor, amelyben a felület, a felhordás vagy kiadósság, a rétegszám, a veszteség, a hígító és az árak változtathatók

29.4.8. Technológiai lap

Technológiai lap. Cél: Egy kétoldalas, 20 db fenyő polclap háromrétegű lakkozásának hibamentes előkészítése és a szükséges anyagmennyiség megrendelése.

Anyagok: Csiszolt fenyő polclapok, a gyártó által ajánlott alapozó lakk, fedőlakk, hígító, tapadófok, finom csiszolóanyag (pl. P240-es, tájékoztató érték), portalanító kendő.

Szerszámok, gépek: Szórópisztoly vagy hengerlő, szórófülke vagy jól szellőző tiszta helyiség, csiszológép vagy kézi csiszoló, keverőpálca, mérleg, mérőkancsó, viszkozitásmérő (ha a gyártó előírja), elszívás.

Gépbiztonság. A felületkezelő anyagok oldószert, gyantát, izocianátot vagy más éghető, irritáló, esetleg túlérzékenyítő komponenseket tartalmazhatnak. **A tanuló csak a biztonsági adatlap és a gyártói utasítás ismerete után, oktatói felügyelet mellett dolgozhat.** Védőszemüveg, oldószerálló védőkesztyű, a gyártó által előírt légzésvédő (pl. A és P osztályú szűrőbetéttel ellátott félálarc, ahol szükséges), jól szellőző munkahely és működő elszívás kötelező. Tilos oldószeres anyaggal zárt, szellőzés nélküli helyiségben dolgozni, tüzet, szikrát gyújtani, a maradékot a lefolyóba önteni.

Indítás előtti ellenőrzés: Ellenőrizd a szórófülke elszívását, a levegő hőmérsékletét (jellemzően 18–25 °C, tájékoztató érték) és relatív páratartalmát (jellemzően 40–65 %, tájékoztató érték). Győződj meg róla, hogy a felület pormentes, zsírmentes és csiszolt, a lakk a gyártói adatlap szerint hígított, és a szórópisztoly tiszta.

Lépések: 1. Mérd meg a polcok méreteit, és számítsd ki a bevonandó felületet – ellenőrzés: a számított 8,8 m^2 összhangban van a darabszámmal. 2. A gyártói adatlapból vedd ki a fajlagos felhordást, a rétegszámot, a hígítási arányt és a kiadósságot – ellenőrzés: a gyártói adatlapnak a termék nevével egyeznie kell. 3. Számítsd ki a szükséges lakk- és hígítómennyiséget, és rendeld meg **veszteséggel együtt** – ellenőrzés: a megrendelt mennyiség nagyobb, mint az elméleti. 4. A felületet finoman csiszold, portalanítsd, majd az első réteget vidd fel – ellenőrzés: a réteg vékony, egyenletes, nincs folyás. 5. A köztes száradási idő letelte után a gyártói csiszolási fokozattal enyhén csiszold a réteget, portalanítsd – ellenőrzés: a felület matt, sima, nincs lepergő por. 6. A második és harmadik réteg felhordása előtt ellenőrizd a felület hőmérsékletét és a környezetet – ellenőrzés: nincs fehéredésre utaló páratartalom. 7. Az utolsó réteg után a száradási idő letelte után ellenőrizd a felületet – ellenőrzés: nincs folyás, kráter, narancsbőr, portartalom.

29.4.9. Minőségellenőrzés

A kész felületet **oldalról, súrlófényben** nézd meg, hogy a folyásnyomok, kráterek, hullámosság, narancsbőr és porzárványok jól láthatóak legyenek. Tapintással ellenőrizd a simaságot: a felület ne legyen ragacsos, szemcsés vagy érdes, hacsak az nem a kívánt jelleg (pl. matt, strukturált). A **tapadást** ragasztószalagos próbával is ellenőrizheted: erős szalagot nyomj fel, hirtelen húzd le; a túlzott leválás rossz tapadást jelez (a próba tájékoztató jellegű, ellenőrizendő a vonatkozó eljárás). A rétegvastagságot rétegvastagságmérővel mérd, ha a gyártó előírja; az eredményt hasonlítsd a gyártói tartományhoz. A színt és fényt a megadott mintával vess össze, természetes és mesterséges fényben is.

29.4.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Folyás a függőleges felületen.** *Ok:* túl sok lakk, túl lassú hígító, túl közel tartott szórópisztoly, hideg felület. *Javítás:* a megszáradt felületet csiszolni, majd vékonyabb, az ajánlott hígítójú réteget felhordani.
2. **Fehéredés a lakkban.** *Ok:* magas páratartalom, hideg felület, víz a rétegben. *Javítás:* a környezet ellenőrzése, a felület bemelegítése, a gyártói hígító alkalmazása; súlyos esetben csiszolás és újrarétegzés.
3. **Narancsbőr.** *Ok:* a viszkozitás nem megfelelő, rossz szórótávolság, nem megfelelő hígító. *Javítás:* a gyártói előírás szerint beállítani a hígítást, a szórópisztoly nyomását és távolságát; a felületet csiszolni, majd új réteget felvinni.
4. **Kráterezés.** *Ok:* szilikon- vagy olajszennyezés a felületen, a levegőben, az edényben. *Javítás:* a felületet gondosan tisztítani, a műhelyben szilikontartalmú szereket elkülönítve tárolni, a kész felületet csiszolni, tisztítani és újra bevonni.
5. **Rossz tapadás, lepattogzás.** *Ok:* túl finomra csiszolt felület, por, zsír, hibás alapozás, a rétegek nem megfelelő kötése. *Javítás:* a leváló réteget csiszolni, a felületet tisztítani, az ajánlott alapozót és fedőanyagot használni, a köztes csiszolást elvégezni.

29.4.11. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a fajlagos felhordási mennyiség és a kiadósság között?
2. Milyen környezeti tényezők okozhatnak fehéredést?
3. Mi a kráterezés leggyakoribb oka?
4. Számítsd ki: $A = 1{,}2\,\mathrm{m}^2$, $q = 150\,\mathrm{g/m}^2$, $n = 2$. Mennyi a tiszta elméleti lakkmennyiség?
5. Miért kell a szórt felhordásnál veszteséget számolni?
6. Mi a teendő, ha a kész lakkréteg erősen folyásos?

29.4.12. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg a következő fogalmakat: folyás, kráter, narancsbőr, fehéredés.

2. feladat (A). Egy ajtólap felülete $1{,}8\,\mathrm{m}^2$. A lakk kiadóssága $10\,\mathrm{m}^2/\mathrm{l}$. Két réteg kell. Hány liter lakkot vásároljunk elméletileg?

3. feladat (B). Egy asztallap felülete $A = 1{,}1\,\mathrm{m}^2$. A lakk fajlagos felhordása $q = 130\,\mathrm{g/m}^2$. Rétegszám 3. A szórási veszteség 35 %. A lakk sűrűsége $0{,}95\,\mathrm{kg/l}$. Mennyi a ténylegesen szükséges lakk tömege és térfogata?

4. feladat (B). Egy lakk szárazanyag-tartalma 50 %. A felhordott nedves réteg vastagsága 200 μm. A folyékony lakk sűrűsége 0,9 g/cm^3, a száradt lakkrétegé 1,0 g/cm^3. A veszteségtől eltekintünk. Kb. hány mikrométer lesz a szárazréteg vastagsága?

5. feladat (C). Egy konyhabútor eleje 4 m^2, a hátlapja 1,5 m^2, az oldallapok és a polcok együttesen 6 m^2. A felületet vízbázisú lakkal kezelik, amelynek kiadóssága 12 m^2/l rétegenként. Az ajánlott rétegszám 2. A szórási veszteség 20 %. Mennyi lakkot kell vásárolni, és milyen szempontokat kell a megrendelésnél figyelembe venni?

6. feladat (D). Készíts költségkalkulációt a következő esetre: $A = 10\,\mathrm{m}^2$, $q = 120\,\mathrm{g/m}^2$, $n = 3$, szórási veszteség 25 %. A lakk ára 5 000 Ft/kg, a hígító ára 1 500 Ft/l, sűrűsége 0,8 kg/l, adagolása a lakk tömegének 10 %-a. Add meg a teljes anyagköltséget táblázatban.

29.4.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok 1. A fajlagos felhordási mennyiség az egységnyi felületre felvitt anyag tömege (g/m²); a kiadósság az 1 liter anyaggal bevonható felület (m²/l). 2. Magas relatív páratartalom, alacsony hőmérséklet, hideg felület. 3. Szilikon-, olaj-, zsírszennyezés a felületen vagy a berendezésben. 4. $m = 1{,}2 \cdot 150 \cdot 2 = 360\,\mathrm{g} = 0{,}36\,\mathrm{kg}$. 5. A szórás során a köd egy része nem a felületre, hanem a levegőbe, a fülkébe kerül. 6. Megszáradás után csiszolni kell, majd vékonyabb réteget felhordani.

1. feladat megoldása. Lásd a hibák táblázatát.

2. feladat megoldása.

$$V = \frac{A \cdot n}{K} = \frac{1{,}8 \cdot 2}{10} = 0{,}36\,\mathrm{l}$$

3. feladat megoldása.

$$m_{\text{elméleti}} = 1{,}1 \cdot 130 \cdot 3 = 429\,\mathrm{g}$$

$$m_{\text{szükséges}} = 429 \cdot 1{,}35 = 579{,}15\,\mathrm{g}$$

A térfogat:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{579{,}15}{0{,}95} \approx 609{,}6\,\mathrm{ml} \approx 0{,}61\,\mathrm{l}$$

4. feladat megoldása.

A nedves réteg tömege 1 m²-re:

$$m_n = 1 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot 900 = 0{,}18\,\mathrm{kg}$$

A szárazanyag:

$$m_s = 0{,}18 \cdot 0{,}50 = 0{,}09\,\mathrm{kg}$$

A száraz térfogat:

$$V_s = \frac{0{,}09}{1000} = 0{,}00009\,\mathrm{m}^3$$

A szárazrétegvastagság:

$$s_s = \frac{0{,}00009}{1} = 0{,}00009\,\mathrm{m} = 90\,\mu\mathrm{m}$$

5. feladat megoldása.

Összes felület: $A_{\text{összes}} = 4 + 1{,}5 + 6 = 11{,}5\,\mathrm{m}^2$. A veszteség miatt:

$$V = \frac{A \cdot n}{K} \cdot (1 + 0{,}20) = \frac{11{,}5 \cdot 2}{12} \cdot 1{,}2 = \frac{23}{12} \cdot 1{,}2 = 1{,}9167 \cdot 1{,}2 \approx 2{,}3\,\mathrm{l}$$

Megrendelésnél figyelembe kell venni, hogy a kiadósság a gyártói adatlapból való, a rétegszámot a kívánt védelem határozza meg, a veszteség a szórótechnológiától függ, és célszerű némi tartalékot is rendelni.

6. feladat megoldása.

Elméleti lakkmennyiség:

$$m_{\text{elméleti}} = 10 \cdot 120 \cdot 3 = 3600\,\mathrm{g} = 3{,}6\,\mathrm{kg}$$

Szükséges mennyiség:

$$m_{\text{szükséges}} = 3{,}6 \cdot 1{,}25 = 4{,}5\,\mathrm{kg}$$

Hígító tömege:

$$m_{\text{hígító}} = 4{,}5 \cdot 0{,}10 = 0{,}45\,\mathrm{kg}$$

Hígító térfogata:

$$V_{\text{hígító}} = \frac{0{,}45}{0{,}8} = 0{,}5625\,\mathrm{l}$$

Költségek:

Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Lakk	4,5	kg	5 000	22 500
Hígító	0,5625	l	1 500	843,75
Összes				**23 343,75**

Kerekítve: **23 344 Ft** (mintaárak, ellenőrizendő).

29.4.14. Rövid összefoglaló

A felületkezelési hibák zömét **megelőzés szempontjából** kell tanulmányozni. A folyás, kráter, narancsbőr, fehéredés, hólyagosodás, rossz tapadás, porzárvány és repedés mind visszavezethető **a felület előkészítésére, a gyártói előírások betartására, a környezeti feltételekre (hőmérséklet, páratartalom, tisztaság)** és a **rétegvastagságra**. A hibás bevonatot általában csiszolással és új rétegezéssel lehet javítani, de a helyes technológia olcsóbb, mint a javítás.

A felületkezelési számítások alapja a **fajlagos felhordási mennyiség**, a **kiadósság** és a **rétegszám**. Az anyagszükségletet a

$$m = A \cdot q \cdot n$$

képlet adja. A szórásos felhordásnál **veszteséget** kell számolni, mert a porlasztott anyag egy része nem a felületre kerül. A szárazanyag-tartalom és a nedves rétegvastagság alapján a szárazrétegvastagság közelítőleg becsülhető. A költségkalkulációban az anyag mennyiségét, egységárát és a hígító tételét is külön sorban kell szerepeltetni.

Továbbvitt eredmény. A felületkezelési anyagszükséglet számítása – a $m = A \cdot q \cdot n$ képlet, a kiadósság és a szórási veszteség kezelése – közvetlenül felhasználható az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő, a Asztalosipari termékek hibajavítása és felújítása és a A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok alfejezetekben, ahol a teljes termék költségvetését és a felület beépítését kell elkészíteni.

29.4.15. Források és ellenőrzési hiányok

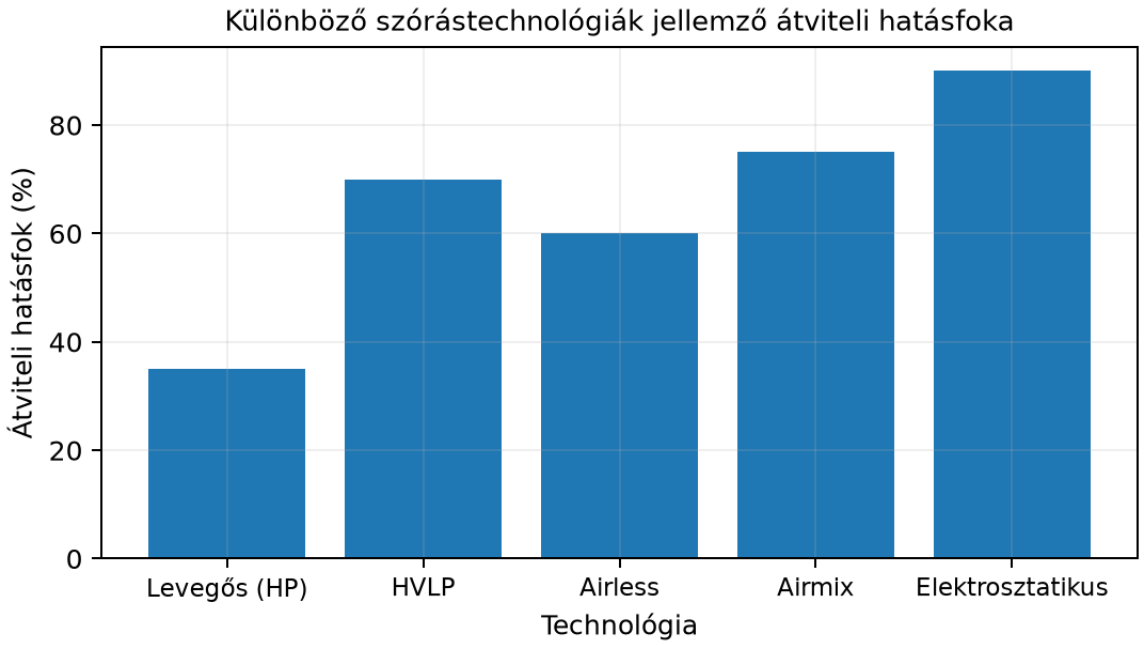
A fejezetben szereplő fajlagos felhordási mennyiségek, kiadósságok, hígítási arányok, hőmérséklet- és páratartalom-tartományok **tájékoztató, tanulási adatok** (ellenőrizendő: a felhasznált termék gyártói műszaki adatlapja és biztonsági adatlapja). A szabványi minőségbesorolások, a rétegvastagság- és tapadásvizsgálati módszerek pontos leírására az aktuális európai szabványokat kell alkalmazni (jelölve: MSZ EN sorozat – ellenőrizendő). A kalkulációban szereplő árak **mintaárak**, nem aktuális piaci adatok (ellenőrizendő: beszerzési árak).

30 A felületkezelés gépei és biztonsága

30.1. Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés

Motiváció: Az asztalos a műhelyben gyakran találkozik azzal a helyzettel, hogy egy elkészített bútort vagy belsőépítészeti elemet felületkezelni kell. A felületkezelő anyag felhordása nem mindegy: a jó felhordási mód egyenletes, folyamatos, anyagtakarékos és egészséges körülményeket biztosító, míg a rossz választás vagy beállítás narancsbőrös, csepegős, porszemcsés felületet, sok anyagpazarlást és egészségkárosodást okozhat. Ebben az alfejezetben a felületkezelő anyagok felhordásának módjait, kézi és gépi eszközeit, a szórástechnológiákat és a szórási gyakorlatot tanuljuk meg.

Szemléletes kép: Egy bútorlap lakkozásakor a szórópisztollyal dolgozó asztalos a lapot függőlegesen rögzíti, és oldalirányú, egyenletes sávokban, meghatározott átfedéssel vezeti a pisztolyt. A permetkúp széles legyezőt alkot, amelynek közepén nagyobb a folyadékmennyiség, szélein kevesebb. A jó minta szabályos, egységes legyező, nem csepeg, és az átfedő sávok egyenletes réteget adnak. Az alábbi oszlopdiagram a különböző szórástechnológiák hozzávetőleges anyagátviteli hatásfokát mutatja – vagyis azt, hogy a kiszórt anyag mekkora hányada kerül ténylegesen a munkadarabra.



30.1. ábra. Különböző szórástechnológiák jellemző átviteli hatásfoka - Szemléltető, tájékoztató értékek; a tényleges hatásfok függ a beállítástól, az anyagtól és a munkadarab alakjától (ellenőrizendő: gyártói adatok).

A diagram jól mutatja, hogy a levegős nagynyomású (HP) szórás hatásfoka alacsony, míg az elektrosztatikus rendszeré kiemelkedő, de az utóbbi drágább és speciális anyagot igényel.

30.1.1. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **felhordás** a felületkezelő anyag (pác, lakk, lazúr, olaj) egyenletes eloszlatása a munkadarab felületén meghatározott rétegvastagságban. A felhordás lehet kézi (ecset, henger, tampon) vagy gépi (mártás, hengerlés, öntés, szórás).

Definíció. A **szórás** olyan felhordási mód, amelynél a felületkezelő anyagot sűrített levegő vagy nyomás segítségével apró cseppekre porlasztjuk, és a cseppeket irányítottan a munkadarab felületére juttatjuk. A szóróberendezés fő részei: anyagtartály, szivattyú vagy nyomásközeg, tömlő, szórópisztoly, fúvóka.

Definíció. A **viszkozitás** a folyadék belső súrlódásának mértéke; gyakorlatilag azt fejezi ki, hogy a folyadék milyen „sűrűn” folyik. A szórható viszkozitás biztosítása hígítással történik. A faipari gyakorlatban a viszkozitást **kifolyópohárral** mérjük: a pohárba töltött anyag kifolyási idejét másodpercben adjuk meg (pl. „20 s, 4 mm-es pohár”). A gyártói adatlapon megadott értékhez (például 18–22 s) hígítunk.

Definíció. A **szórásminta** a szórópisztolyból kilépő permet keresztmetszeti alakja, amely lehet kerek vagy lapos (legyező). A mintát a fúvóka és a levegősapka állítja be, és próbalapon ellenőrizzük: a lapos legyező hosszúkás, egyenletesen kitöltött, szélei nem csipkézettek.

Szabály. A **szórási távolság** a fúvóka és a munkadarab közötti távolság. Tipikus értéke kézi szórásnál 150–250 mm (ellenőrizendő: a gyártó ajánlása). Túl közelről szórva csepegés, folyás keletkezik; túl távolról száraz, porszáraz permet, rossz terülés, alacsony hatásfok. A pisztolyt mindig merőlegesen, a felülettől azonos távolságban vezessük.

Definíció. Az **átviteli hatásfok** a ténylegesen a munkadarabra kerülő anyagmennyiség aránya a teljes kiszórt anyagmennyiséghez képest, százalékban kifejezve. A diagramon látható értékek tájékoztató jellegűek, mert függenek a munkadarab méretétől, alakjától és a dolgozó technikájától.

30.1.2. Kézi felhordás: ecset, henger, tampon

A kézi felhordás egyszerű, kis beruházást igényel, de lassú, és az egyenletesség nagyon függ a gyakorlattól. Főleg kis felületek, javítások, pácok, olajok és lazúrok felhordására használjuk, ahol a vékony réteg és a jó bedörzsölés fontos.

Ecset. Lapos vagy kerek ecsettel dolgozunk. A felületkezelő anyagot vékony, egyenletes rétegben, a szálirányt követve hordjuk fel. Ügyeljünk arra, hogy ne hordjunk fel túl vastagon, mert az ecsetnyomok megmaradnak. Pácolásnál az ecsetet a szálirányban, határozott mozdulatokkal vezessük, és a felesleget tiszta ronggyal töröljük le.

Henger. Nagyobb sík felületek (asztallap, bútorlap) alapozására, lazúrozására alkalmas. A rövid szőrű, habszivacs vagy plüss henger egyenletes réteget visz fel. A hengert egyenletesen telítjük, majd a lap szélétől indulva, párhuzamos sávokban, átfedéssel dolgozunk. A hengerrel felvitt réteg vastagabb lehet, ezért gyorsan kell dolgozni, hogy a szélek ne száradjanak be.

Tampon. Politúrozáshoz, olajozáshoz, viaszoláshoz használt, textilbe csavart vatta- vagy szivacsgombolyag. A tampont körkörös vagy nyolcas mozdulatokkal, vékony rétegekben dolgozzuk a felületbe. A tamponozás különösen a sellakpolitúr és az olajfelületek kialakításánál fontos; a rétegek között száradási időt hagyunk (ellenőrizendő: a gyártó előírása).

30.1.3. Mártás, hengeres felhordás, öntés

A gépi felhordás sorozatgyártásban, nagyobb darabszámnál vagy nagyon egyenletes rétegigénynél előnyös. A leggyakoribb gépi eljárások:

Mártás (mártó eljárás). A munkadarabot meghatározott sebességgel leengedjük a felületkezelő anyaggal töltött kádba, majd kiemeljük, és a felesleget lecsepegtetjük. A rétegvastagság függ az anyag viszkozitásától, a kiemelési sebességtől és a csepegési időtől. A mártás jól használható lécszerű, kis alkatrészek, fogantyúk, díszlécek alapozására vagy lakkozására. Hátránya, hogy a kádban az oldószer párolog, ezért a viszkozitást folyamatosan ellenőrizni kell (ellenőrizendő: a berendezés gyártójának adatai).

Hengeres felhordás (hengerlakkozó gép). A gép egy vagy több adagolóhengerrel viszi fel a felületkezelő anyagot a vízszintesen áthaladó lapra. A lapot szállítóhenger vagy szalag mozgatja, a felhordóhenger egyenletes réteget húz a felületre. A rétegvastagság a hengerhézag, a viszkozitás és az előtolási sebesség együttes hatása. Ez az eljárás kiváló sík lapok, furnérozott bútorlapok alapozására és fedőlakkozására; nagyon termelékeny és anyagtakarékos, de inflexibilis vastagság- vagy mintázatváltásnál.

Öntés (függönyöntő gép). A függönyöntő gépben a felületkezelő anyagot egy vékony résen keresztül folyamatos „függönyként” engedik lefelé, és a vízszintesen áthaladó munkadarabot ez a folyadékfüggöny fedi be. Az anyagfelesleget visszavezetik. Az eljárás nagyon egyenletes, nagy teljesítményű, és anyagtakarékos, mert a visszavezetett anyag újra felhasználható. Különösen alkalmas sík lapok, ajtólapok, bútorfrontok fedőlakkozására. A függönyöntő érzékeny a viszkozitásingadozásra és a porra, ezért stabil anyaghőmérsékletet és tiszta környezetet igényel (ellenőrizendő: a gépkönyv előírásai).

30.1.4. Szórástechnológiák

A szórás a legrugalmasabb felhordási mód, mert formás, íves, profilozott felületeken is alkalmazható, és gyorsan átállítható más anyagra vagy színre. A levegő felhasználása és a nyomásviszonyok alapján több alapelvet különböztetünk meg.

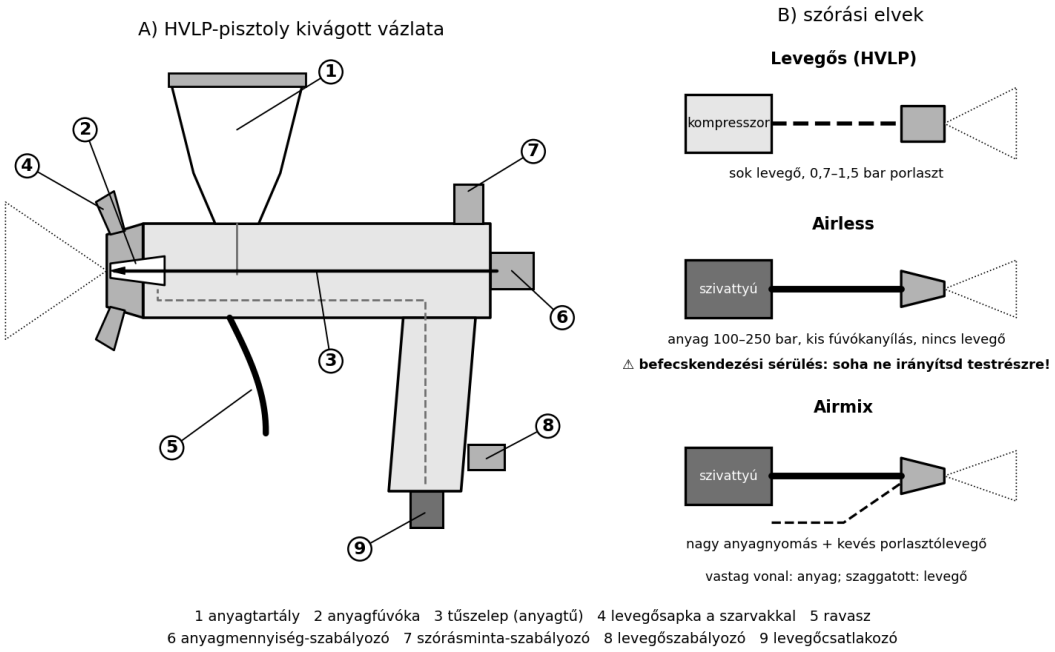
Levegős nagynyomású (HP, high pressure) szórás. A felületkezelő anyagot sűrített levegő (jellemzően 2–4 bar) porlasztja a szórópisztoly fúvókájában. A levegő a fúvókán nagy sebességgel áramlik ki, és a folyadékot apró cseppekre bontja. Előnye az egyszerű felépítés, az olcsó berendezés, a jó porlasztás. Hátránya az alacsony átviteli hatásfok (30–45%), a nagy anyagköd- és oldószergőz-képződés, ezért jól szellőző szórófülkét igényel. A levegős szórásnál a festékköd visszacsapódik, és sok anyag a levegőbe kerül.

HVLP (High Volume Low Pressure, nagy légmennyiség, alacsony nyomás). A porlasztó levegő nyomása alacsony, jellemzően 0,7–1,5 bar, de a levegőmennyiség nagy. A lágyabb légáram kevesebb anyagot fúj el, ezért az átviteli hatásfok 65–80%-ra nő. A HVLP pisztolyok alkalmasak a legtöbb pác, lakk és lazúr felhordására; a felület minősége egyenletes, a permetkúp lágy. Hátránya, hogy nagyobb levegőmennyiséget igényel (kompresszor teljesítménye), és a viszkozitást gondosan be kell állítani (ellenőrizendő: a gyártó adatai).

Airless (levegő nélküli) szórás. A felületkezelő anyagot nem levegő porlasztja, hanem egy nagynyomású szivattyú (akár 100–250 bar) a fúvókán átpréselve apró cseppekre bontja. Nincs porlasztó levegő, ezért a porlasztott anyag kevésbé keveredik levegővel, a hatásfok 50–70%. Előnye a nagy munkasebesség és a vastagabb réteg felhordása egy menetben. Hátránya a durvább szórásminta, a nehezebb szabályozás, a vastagság- vagy mintázatváltáskor kevéssé rugalmas beállítás, és a nagy nyomás miatt fokozott balesetveszély (befecskendezéses sérülés). Az airless pisztolynál a fúvóka eltömődése esetén a nyomásmentesítés előtt soha ne nyúljunk a fúvókához.

Tilos. Az airless/airmix fúvókát kézzel, ujjal letakarni vagy a sugár elé nyúlni; a pisztolyt szünetben ravaszbiztosítóval rögzítsd, fúvókavédő nélkül ne használd. Befecskendezéses sérülésnél – akkor is, ha csak apró szúrásnak látszik – azonnal orvoshoz kell menni, és meg kell mondani, milyen anyag került a bőrbe (biztonsági adatlap).

Airmix (levegős rásegítésű airless). Az airless szivattyú préseli az anyagot, de a fúvókánál egy kis mennyiségű, alacsony nyomású levegő segíti a porlasztást. Az airmix ötvözi az airless nagy hatékonyságát és a levegős szórás finom porlasztását; a hatásfok 70–80%. A szóráskép egyenletes, a porlasztás lágy, és a felhordási sebesség nagy. A gyakorlatban sok bútorlakkozó airmix pisztollyal dolgozik.



30.2. ábra. Felső tartályos HVLP-szórópisztoly kivágott vázlata számozott részekkel, mellette a levegős (HVLP), az airless és az airmix szórás elvi vázlata (sematikus)

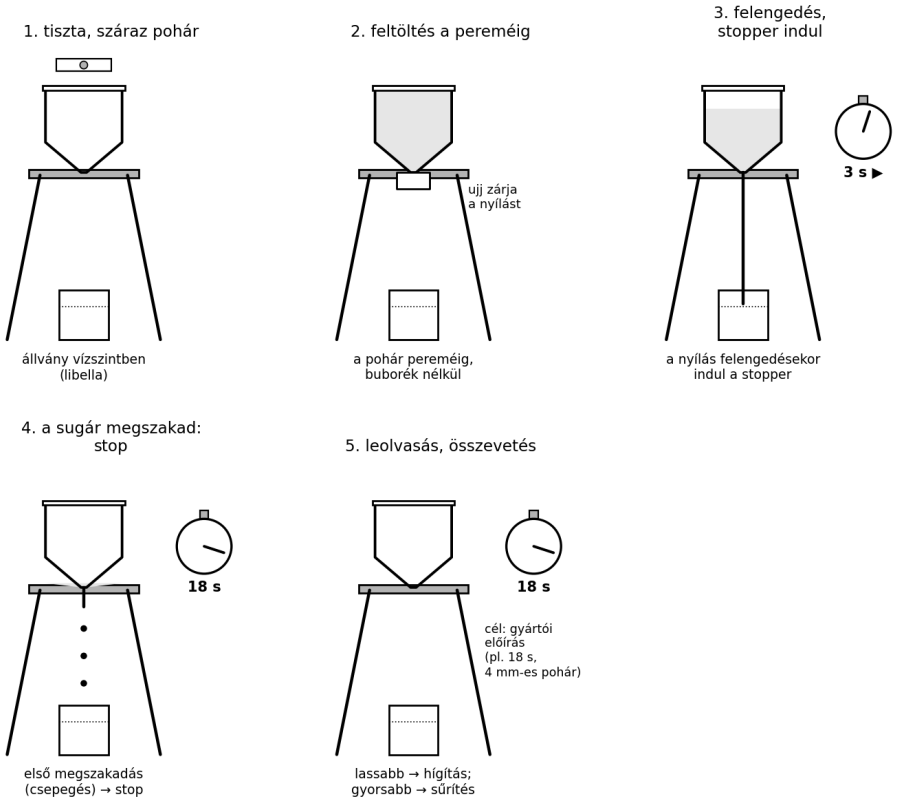
Elektrosztatikus szórás. A szórófej nagyfeszültségű elektromos teret hoz létre, és a permetcseppeket elektrosztatikusan feltölti. A földelt munkadarab a cseppeket magához vonzza, így a szórt anyag nagy része a felületre kerül (85–95% hatásfok). Az eljárás különösen előnyös rácsos, csöves, karfás szerkezeteknél, ahol a hagyományos szórás sok anyagot pazarolna. Hátránya a magas beruházási költség, az elektrosztatikus szórásra alkalmas (megfelelő ellenállású) lakk szükségessége, és a földelés, valamint a villamos biztonság szigorú betartása (ellenőrizendő: a berendezés gépkönyve). Fán csak akkor alkalmazható, ha a munkadarab felülete vezetőképes (elegendő fanedvesség vagy vezető alapozó) és földelt; a lakk elektromos ellenállása feleljen meg a berendezés előírásának (ellenőrizendő: gépkönyv, lakk adatlapja). A száraz fa rossz vezető, ezért a 85–95% hatásfok csak ilyen feltételekkel érhető el.

Szabály. A szórómunkához a felületkezelő anyagot a gyártói adatlap szerint kell előkészíteni. A hígítás mértékét a kifolyópohárral mért viszkozitás alapján állítjuk be. A leggyakoribb célérték kézi levegős szórásnál 18–25 s (4 mm-es pohárnál), HVLP-nél 15–20 s, airlessnél 20–30 s lehet (tájékoztató értékek, ellenőrizendő: a termék műszaki adatlapja). A hígítót fokozatosan, keverés közben adjuk hozzá, és minden hozzáadás után újra mérjük a viszkozitást.

30.1.5. Viszkozitásmérés, hígítás és szórásminta

Viszkozitásmérés kifolyópohárral. A mérés lépései:

1. A kifolyópoharat alaposan tisztítsuk meg, és szárítsuk meg.
2. A nyílást ujjal befogva töltsük tele a felületkezelő anyaggal a pohár pereméig, a felesleget húzzuk le a perem fölött; az anyag és a pohár hőmérséklete a gyártói adatlap szerinti (jellemzően 20 °C, ellenőrizendő) legyen.
3. Indítsuk el a stoppert, és hagyjuk, hogy az anyag a pohár alján lévő nyíláson kifolyjon.
4. Állítsuk meg a stoppert, amikor a folyadéksugár megszakad (első csepegés).
5. Az eredményt másodpercben olvassuk le, és hasonlítsuk össze a gyártói előírással.



Sematikus vonalrajz. A célérték és a pohár mérete a termék műszaki adatlapja szerint (tájékoztató). Jegyezd fel a hőmérsékletet is.

30.3. ábra. Viszkozitásmérés kifolyópohárral öt lépésben (sematikus)

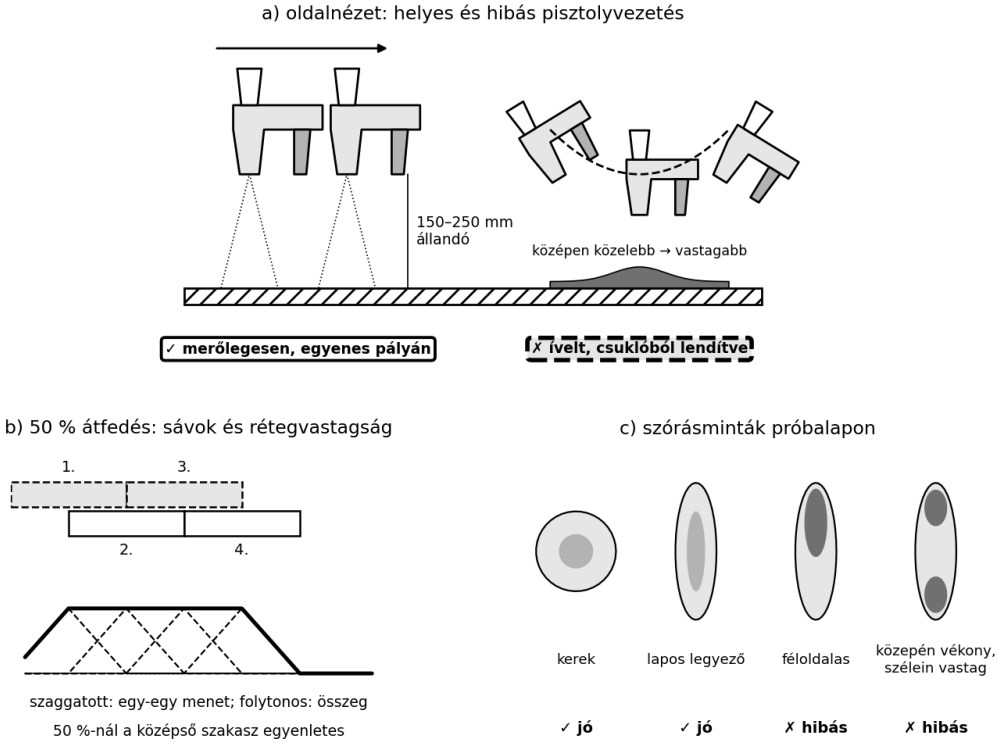
Ha az anyag viszkozitása túl magas (túl lassan folyik), hígítóval csökkentjük. Ha túl alacsony, akkor sűríteni kell (például több alapanyag hozzáadásával, vagy a gyártó által ajánlott adalékkal – ellenőrizendő).

Szabály. A hígításkor mindig a hígítót az anyaghoz adjuk, soha fordítva. A hígítót kis adagokban, folyamatos keverés mellett adjuk hozzá. Keverés után várjunk 1–2 percet, hogy a légbuborékok távozzanak, majd mérjük újra a viszkozitást. A túlzott hígítás rontja a fedőképességet, a réteg lefolyik, és a száradási idő megnőhet.

A **szórásminta beállítása** a pisztolyon a levegősapkán és a tű mozgásának szabályozásával történik. A legyező szélessége állítható: széles, lapos minta nagyobb felületekhez, keskeny minta sarkokhoz, élekhez. A minta beállítása után próbalapon ellenőrizzük:

- A legyező szimmetrikus, nincs benne folytonossági hiány.
- A permet közepén kissé vastagabb, a széleken vékonyabb, de nincs csepegés.
- A felület nedves, tükörsima, de nem folyik le.

A szórásmenet geometriáját – merőleges pisztoly, állandó távolság, 50 %-os sávátfedés – és az ívelt, csuklóból lendített mozgás hibáját az alábbi ábra mutatja.



30.4. ábra. Szórási technika: a pisztoly merőleges, egyenes pályán, állandó 150–250 mm távolságban vezetése, az ívelt mozgás hibája, az 50 %-os átfedés rétegvastagság-profilja és a helyes és hibás szórásminták (szemléltető modell)

30.1.6. Számítási példák

Számítás. 1,5 liter 2K lakkot keverünk ki, a gyártó keverési aránya 100 : 20 (lakk : edző). Mennyi edzőt kell adagolni?

Adott: lakk térfogata $V_{\text{lakk}} = 1{,}5\,\text{l} = 1500\,\text{ml}$; arány $100 : 20$, tehát az edző térfogata a lakk 20%-a.

Keresett: $V_{\text{edző}}$.

Képlet: $V_{\text{edző}} = V_{\text{lakk}} \cdot \frac{20}{100} = 1500\,\text{ml} \cdot 0{,}20 = 300\,\text{ml}$.

Tehát 300 ml edzőt adunk az 1,5 l lakkhoz. A keverék összesen $1500 + 300 = 1800\,\text{ml}$.

Ellenőrzés. A keverési arány: $1500 : 300 = 5 : 1 = 100 : 20$, tehát helyes.

Számítás. A kikevert lakkot 10% hígítóval kell hígítani (a teljes keverékre vonatkoztatva). Mennyi hígító szükséges?

Adott: keverék $V_{\text{keverék}} = 1800\,\text{ml}$; hígítás $p = 10\%$.

Keresett: $V_{\text{hígító}}$.

Képlet: $V_{\text{hígító}} = V_{\text{keverék}} \cdot \frac{p}{100} = 1800\,\text{ml} \cdot 0{,}10 = 180\,\text{ml}$.

A szórásra kész anyag teljes térfogata $1800 + 180 = 1980\,\text{ml}$.

Ellenőrzés. A hígított anyagban a hígító aránya: $\frac{180}{1980} \approx 9{,}1\%$, ami a keverékre vonatkoztatott 10%-nak felel meg.

Megjegyzés. A fenti százalékok és keverési arányok tájékoztató példák; a tényleges értékeket mindig a gyártói műszaki adatlapról olvassuk le.

30.1.7. Szabvány

Szabvány. A szórómunkák során keletkező oldószergőzök, festékköd és a felhasznált anyagok kémiai biztonsági követelményeit a hatályos munkavédelmi, tűzvédelmi és környezetvédelmi jogszabályok, a CLP- és REACH-rendelet, valamint a gyártó biztonsági adatlapja határozza meg. A szórófülkék és elszívó berendezések kialakítására az MSZ EN 12215, a szórópisztolyok biztonságára a gépekre vonatkozó előírások érvényesek (ellenőrizendő: a hatályos szabvány számai). A felületkezelő anyagok VOC-tartalmára vonatkozó határértékek az európai irányelvekben találhatók: a termékek VOC-tartalmát a 2004/42/EK irányelv, az üzemi oldószer-kibocsátást a 2010/75/EU ipari kibocsátási irányelv és a hazai végrehajtó rendeletek szabályozzák, és időről időre változhatnak (ellenőrizendő: hatályos szöveg és hazai rendeletszám).

30.1.8. Technológiai lap

Technológiai lap. Kézi szórás gyakorlata próbalapra

- **Cél:** próbalapon a szórásminta, a viszkozitás, a rétegvastagság és a technika ellenőrzése; egyenletes, folyásmentes lakkfelület kialakítása.
- **Anyagok:** kikevert, megfelelően hígított felületkezelő anyag (pl. PU-lakk, tájékoztató), hígító, tisztító oldószer.
- **Szerszámok, gépek:** szórópisztoly (levegős vagy HVLP), kompresszor, levegőszűrő-nyomáscsökkentő, légtömlő, kifolyópohár, stopper, keverőpálca, próbalap (lehetőleg a tényleges munkadarab anyagából).
- **Egyéni védőeszközök:** légzésvédő (a gyártói adatlap szerint, például A2-P2 szűrőbetét, ellenőrizendő), védőszemüveg, védőruha, oldószerálló kesztyű, hallásvédelem a kompresszor zajától függően.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés (elszívás, légzésvédő) nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A szórópisztoly nagynyomású része, a levegős rendszer és az oldószergőzök veszélyesek. Tilos a szórópisztolyt emberre vagy állatra irányítani, nyílt láng vagy hőforrás közelében szórni, és a nyomás alatt álló rendszert megbontani.

Indítás előtti ellenőrzés: 1. A kompresszor és a tömlők épek, a csatlakozók szivárgásmentesek. 2. A szórópisztoly tiszta, a fúvóka és a tű nem sérült, a levegősapka rögzítve van. 3. A levegőszűrőben nincs víz vagy olaj. 4. Az elszívó berendezés bekapcsolt, a szórófülke levegőcseréje megfelelő. 5. A viszkozitás beállítva, az anyag megszűrve (festékszűrővel). 6. A munkadarab és a próbalap tiszta, pormentes, a környezet rendezett.

Lépések: 1. Keverd fel alaposan a felületkezelő anyagot, majd mérd meg a viszkozitást (cél: gyártói előírás, például 18 s, 4 mm-es pohár). Ha szükséges, hígítsd fokozatosan. – ellenőrzés:

a kifolyási idő a célértéken belül van. 2. Állítsd be a kompresszor kimenő nyomását a pisztoly gyártójának ajánlása szerint (például 2,0 bar, tájékoztató). – ellenőrzés: a nyomásmérő stabil. 3. Állítsd a pisztolyon a legyező szélességét és az anyagmennyiséget közepes értékre. – ellenőrzés: a szórt minta próbalapon szimmetrikus, teljes legyező. 4. Tartsd a pisztolyt 150–200 mm távolságra, merőlegesen a próbalapra, és egyenletes sebességgel vezess végig rajta. Az átfedés a legyező szélességének 50%-a legyen. – ellenőrzés: a réteg egyenletesen nedves, nem folyik le. 5. Szórj több vékony réteget a száradási idő betartásával (a gyártói adatlap szerint). – ellenőrzés: az előző réteg pormentesen száraz, tapadóképes. 6. Az utolsó réteg után tisztítsd meg a pisztolyt a gyártó utasítása szerint. – ellenőrzés: a fúvókán nem maradt anyag, a pisztoly szárazon és tisztán tárolható.

Dokumentálás: jegyezd fel a műszakilapra a felhasznált anyagot, a hígítási arányt, a viszkozitást, a nyomást, a szórási távolságot, a rétegszámot és az észlelt hibákat.

30.1.9. Minőségellenőrzés

A felhordott réteg minőségét a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

- **Egyenletesség:** a felületen nincs vastagabb vagy vékonyabb sáv, a nedves rétegvastagság rétegenként, nedvesfilm-fésűvel mérve a kívánt tűrésen belül (például 80–120 µm, tájékoztató, ellenőrizendő: a gyártó adata).
- **Folyásmentesség:** a függőleges felületeken nem indult meg a lakk, nincs csepegés, „könnycsepp” a sarkokban.
- **Narancsbőr:** a felület nem rücskös, hanem sima, tükörszerű (a kívánt fényességtől függően).
- **Szálirány és szórási átfedés:** a réteg nem mutat keresztsávokat vagy kihagyott foltokat.
- **Száradás után:** a felület nem ragad, nincs porszemcse, hólyag, kráter.
- **Szín és fényesség:** a kikeményedett réteg színe és fénye egyenletes, megfelel a mintadarabnak.

Ha eltérést találunk, a hibát azonnal meg kell határozni, és a beállításon vagy az anyag előkészítésén korrigálni; szükség esetén a réteget csiszolás után újra felhordani.

30.1.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A szórt lakkfelület narancsbőrös (aprón rücskös, nem terül el).

Lehetséges okok: túl viszkózus anyag (kevés hígító), túl alacsony szórási nyomás, túl nagy szórási távolság, túl magas hőmérséklet vagy túl gyors oldószervesztés, rossz fúvóka.

Vizsgálat: mérd meg a viszkozitást; ellenőrizd a nyomást és a szórási távolságot; próbalapon teszteld új beállításokkal.

Valódi ok és javítás: ha az anyag túl sűrű, hígítsd a gyártói előírás szerint, és növeld kissé a nyomást. Ha a hőmérséklet magas, használj lassabb párolgású hígítót (ellenőrizendő).

Megelőzés: minden új anyagot először próbalapon szórj le, és jegyezd fel a beállításokat.

Hiba. Csepegés, folyás a függőleges felületen.

Oka: túl híg anyag, túl vastag réteg egy menetben, túl közelről szórás, túl lassú mozgatás.

Javítás: hígítás csökkentése vagy sűrűbb anyag; vékonyabb rétegek, nagyobb szórási távolság vagy gyorsabb mozgatás.

Hiba. Matt foltok vagy egyenetlen fényesség.

Oka: egyenetlen rétegvastagság, a felület zsíros vagy viaszos maradéka, páralecsapódás, rossz átfedés.

Javítás: a felület előkészítés (csiszolás, zsírtalanítás) megismétlése, a szórási technika javítása, megfelelő átfedés.

Hiba. Porszemcsék, szennyeződés a lakkon.

Oka: poros munkakörnyezet, nem szűrt anyag, rossz elszívás, nem megfelelő védőruha.

Javítás: a környezet portalanítása, az anyag szűrése, az elszívás ellenőrzése, a szórófülke tisztasága.

30.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben a tulajdonos sokáig ecsettel lakkozta az ajtólapokat, de a vevők panaszkodtak az ecsetnyomokra és az egyenetlen fényre. A mester áttért HVLP szórópisztolyra, és először próbalapokon gyakorolta be a viszkozitást, a nyomást és a szórási távolságot. Azt tapasztalta, hogy a lakkot a gyártói előírásnál kissé jobban kellett hígítani (házi viszonyok miatt), és a szórási távolságot 180 mm-re állította. Az új eljárással az ajtók felülete egyenletes, sima lett, és az anyagfelhasználás is csökkent. A festékködből adódó egészségkockázatot egy használt, de jól karbantartott szórófülke és A2-P2 szűrőbetétes félálarc csökkentette. Tanulság: a szórás gyorsan megtérül, de csak gondos beállítással és betanulással.

30.1.12. Önellenőrzés

Válaszolj a kérdésekre!

1. Igaz vagy hamis? A HVLP szórás átviteli hatásfoka jellemzően nagyobb, mint a hagyományos levegős nagynyomású szórásé. Indokold!
2. Melyik felhordási mód a legalkalmasabb nagy sorozatú, sík bútorlapok fedőlakkozására: ecset, mártás, függönyöntő vagy tampon?
3. Egy lakk viszkozitása 28 s (4 mm-es pohár). A gyártó előírása 20 s. Mit teszel?
4. Mi a teendő, ha a szórópisztoly szórásmintája nem szimmetrikus?
5. Sorolj fel három biztonsági szabályt a szórómunkához!

30.1.13. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg, mennyi hígítót kell adni 2,0 liter kikevert lakkhoz, ha a hígítási arány 15%!

2. feladat (A) Mi a különbség az airless és az airmix szórás között? Melyiknek jobb a porlasztása?

3. feladat (B) Egy szórópisztollyal 30 másodperc alatt egy 0,5 m²-es próbalapra 60 g lakkot viszünk fel. Számítsd ki a fajlagos felhordást g/m²-ben! Mennyi anyag kell 4 m² felülethez?

4. feladat (B) Egy kifolyópohárral mért viszkozitás 22 s. A gyártó szerint a szóráshoz 18–20 s szükséges. Milyen módszerrel állítod be a célt? Írd le a lépéseket röviden!

5. feladat (C) Válassz szórástechnológiát egy sorozatgyártású, rácsos karfás székhez, ahol az anyagpazarlást minimalizálni kell, és a felület minősége fontos. Indokold a választást!

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy ajtólap levegős szórással történő lakkozására (anyag: PU-lakk, HVLP pisztoly). A lap tartalmazza a beállításokat, a rétegszámot és a minőségellenőrzési pontokat!

30.1.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A HVLP-nél az alacsony porlasztó nyomás miatt kevesebb anyag képződik festékköddé, így több jut a munkadarabra (65–80% a 30–45%-kal szemben, tájékoztató).
2. Függönyöntő, mert nagy sorozatnál egyenletes réteget ad, és az anyagfelesleg visszavezethető.
3. Hígítót adsz hozzá fokozatosan, keverés közben, majd újra mérj; addig ismételd, amíg a viszkozitás 20 s körül nem lesz.
4. Ellenőrizd a fúvókát és a levegősapkát: lehet, hogy sérült vagy szennyezett. Tisztítsd meg, vagy cseréld ki; ellenőrizd a levegőnyílásokat is.
5. Szórás csak elszívással; légzésvédő és védőszemüveg; nyílt lángtól távol; a pisztolyt soha ne irányítsd emberre; a nyomásmentesítés előtt ne bontsd a rendszert.

Feladatok megoldásai

1. $V_{\text{keverék}} = 2{,}0\,\text{l} = 2000\,\text{ml}$; hígító $= 2000 \cdot 0{,}15 = 300\,\text{ml}$. Tehát 300 ml hígító szükséges.
2. Az airless szórásnál a folyadékot nagynyomású szivattyú porlasztja levegő nélkül; az airmix ezt kombinálja egy kis, alacsony nyomású porlasztó levegővel. Az airmix finomabb porlasztást és egyenletesebb szórásmintát ad, mint a tisztán airless.
3. Fajlagos felhordás $q = \frac{m}{A} = \frac{60\,\text{g}}{0{,}5\,\text{m}^2} = 120\,\text{g/m}^2$. 4 m²-hez $120 \cdot 4 = 480\,\text{g}$ anyag szükséges.
4. A lépések: (1) mérj meg a viszkozitást; (2) adj hozzá kis adag hígítót; (3) keverd alaposan; (4) mérd újra; (5) ismételd, amíg 18–20 s közé nem kerül. Jegyezd fel a hígítási arányt!
5. Az elektrosztatikus szórás a legjobb, mert a permetcseppek a földelt munkadarabra vonzódnak, így a hatásfok 85–95%, minimális anyagpazarlás, és a rácsos szerkezet minden oldala bevonható – feltéve, hogy a széket vezető alapozóval kezelik és földelik; ennek hiányában airmix vagy HVLP a reális választás. Hátránya a magas beruházási költség és a speciális anyagigény.
6. A technológiai lap tartalma (lépésenként):

   - Cél: ajtólap PU-lakkozása HVLP pisztollyal.
   - Anyagok: PU-lakk, edző, hígító, tisztító oldószer.
   - Gépbiztonság és indítás előtti ellenőrzés (lásd fent).
   - Viszkozitás beállítása 18–20 s-ra; nyomás 1,2 bar (tájékoztató).
   - Szórási távolság 180 mm, legyező szélessége közepes.
   - Első réteg: vékony alapozó lakkozás; száradás 30 perc (tájékoztató); közbenső csiszolás P320–P400.
   - Második réteg: fedőlakkozás; száradás.
   - Minőségellenőrzés: egyenletes réteg, nincs narancsbőr, csepegés, por.
   - Pisztoly tisztítása oldószerrel.

30.1.15. Rövid összefoglaló

A felületkezelő anyagok felhordása lehet kézi (ecset, henger, tampon) vagy gépi (mártás, hengerlés, öntés, szórás). A szórás a legrugalmasabb, és több alapelve van: hagyományos levegős (HP), HVLP, airless, airmix és elektrosztatikus. A hatásfok a HP-nél 30–45%, a HVLP-nél 65–80%, az airlessnél 50–70%, az airmixnél 70–80%, az elektrosztatikusnál 85–95% (tájékoztató értékek). A szórás előtt a viszkozitást kifolyópohárral mérik, és hígítással állítják a gyártói előírás szerint. A pisztoly szórásmintáját próbalapon ellenőrzik; a szórási távolság 150–250 mm, az átfedés 50% (tájékoztató). A szórómunkánál elengedhetetlen az elszívás, a légzésvédő, a védőszemüveg és a nyílt láng tilalma. A helyes beállítás megelőzi a narancsbőrt, a csepegést és a porszemcséket. **Továbbvitt eredmény:** A szórási technológia (anyag-előkészítés, beállítás, szórópisztoly-kezelés) az alapja a Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálló gépek alfejezetnek, ahol a szóróhelyiség, a szárítás és a felületkezelési hibák elhárítása kerül sorra.

30.1.16. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: felületkezelő anyagok gyártói műszaki adatlapjai és biztonsági adatlapjai; szórópisztolyok és szóróberendezések gépkönyvei; munkavédelmi és tűzvédelmi jogszabályok; szabványok (MSZ EN 12215, CLP, REACH – ellenőrizendő a hatályos szám).

Ellenőrizendő pontok: a megadott nyomás- és viszkozitásértékek, a hatásfok-tartományok, a keverési és hígítási arányok, a szórási távolság és átfedés értékei, a szabványszámok és jogszabályi hivatkozások, valamint az egyéni védőeszközök szűrőtípusa. A példákban szereplő anyagok és beállítások tájékoztató jellegűek.

30.2. Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálló gépek

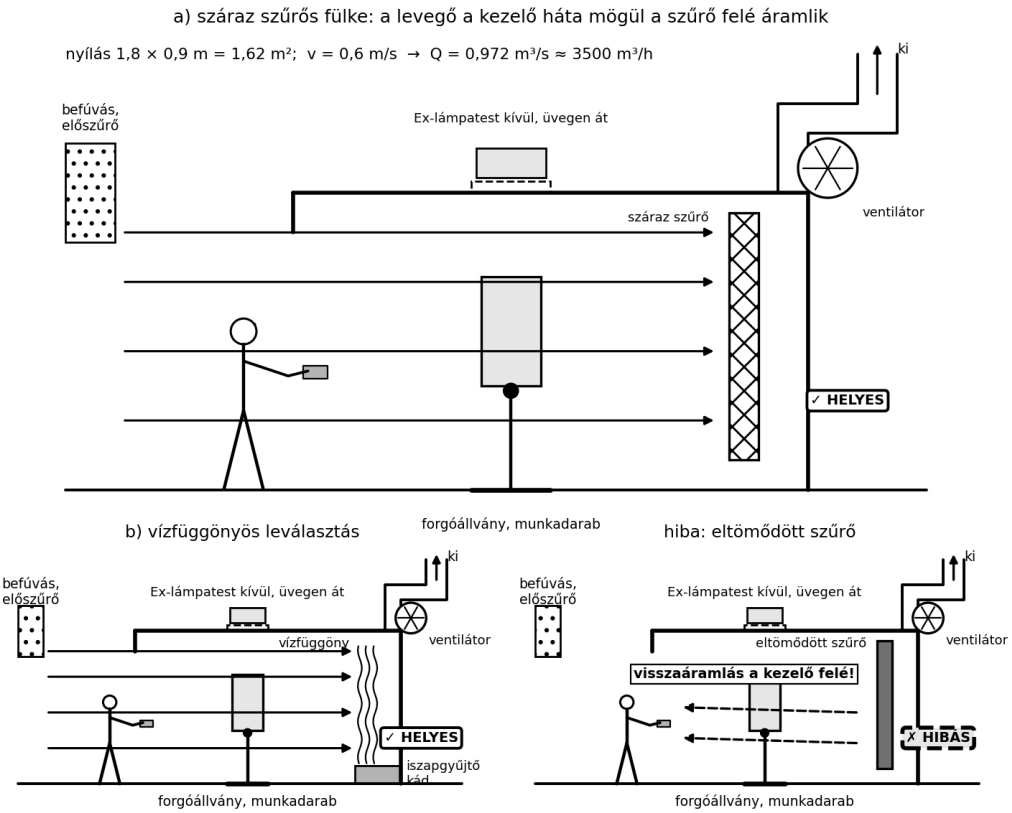
30.2.1. Motiváció

Egy asztalosműhelyben gyakori jelenet: a frissen csiszolt konyhabútor-ajtót le kell lakkozni. Ha ezt a gépműhely közepén, nyitott ajtó mellett végezzük, a por beágyazódik a lakkba, az oldószergőz szétterjed a műhelyben, és a szóróköd a gépekre, a padlóra és a tárolt anyagokra is ráül. A szórófülke ezt a munkát egy ellenőrzött, elszívott, megvilágított, tűzvédelmi szempontból kialakított helyre zárja. A felületkezelés akkor lesz egyenletes és gyorsan tovább dolgozható, ha a fülke után a száradást, a fóliázást és a laminálást is gépekkel, szabályozott hőmérsékleten és páratartalom mellett végezzük.

Ebben az alfejezetben a felületkezelés üzemi berendezéseit ismerjük meg: a szórófülkéket, a szárítóberendezéseket, valamint a fóliázó és laminálló gépeket. A cél nem az, hogy minden gépet kezelni tudj, hanem az, hogy értsd a működésüket, tudd ellenőrizni az állapotukat munka előtt, és felismerd a helytelen beállításból vagy karbantartásból eredő hibákat.

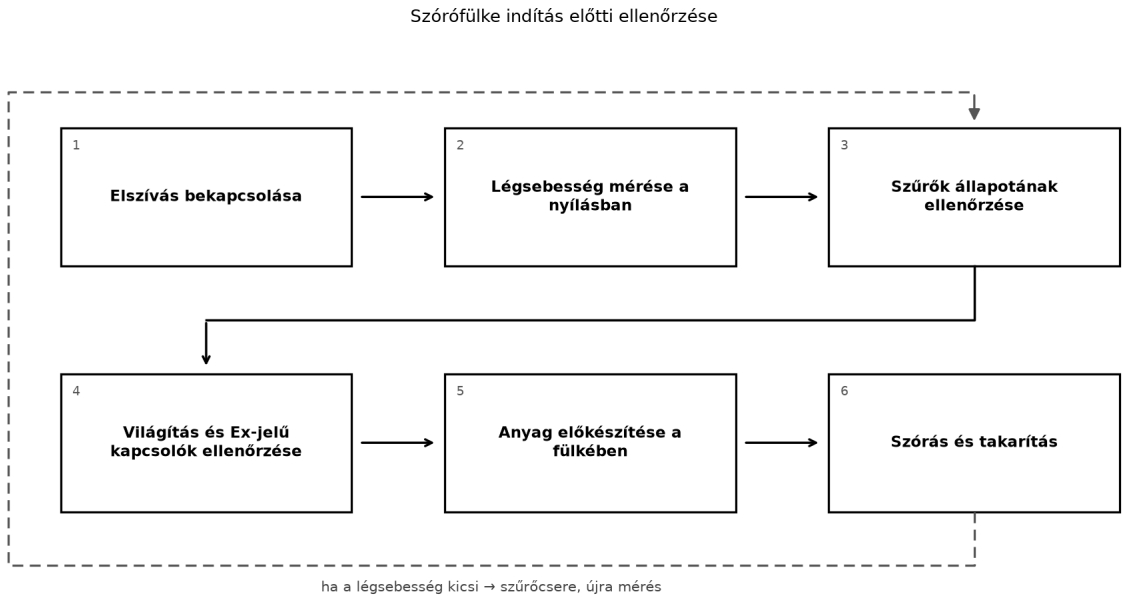
30.2.2. Szemléletes kép

Képzeld el a szórófülkét úgy, mint egy nagy, elöl nyitott dobozt. A munkadarab a fülke belsejében lévő forgatható állványon áll. A fülke hátsó fala felé erős légáramlás halad: a tiszta levegő elölről, a kezelő háta mögül érkezik, átáramlik a munkatéren, magával viszi a szóróködöt és az oldószergőzt, majd a hátsó szűrőn vagy vízfüggönyön át távozik. A kezelő tehát a friss levegő felőli oldalon áll, és nem a szennyezett levegőben dolgozik. A fülke belsejét kívülről, robbanásbiztos lámpatesteken át világítják meg, hogy a frissen felvitt lakkréteg nedves fényét jól lásd.



30.5. ábra. A szórófülke oldalmetszete: a levegő a kezelő háta mögül a munkadarabon át a hátsó leválasztó (a: száraz szűrő, b: vízfüggöny) felé áramlik; eltömődött szűrőnél visszaáramlás a kezelő felé (sematikus)

Az alábbi folyamatábra a munka előtti ellenőrzés fő lépéseit mutatja:



30.6. ábra. Szórófülke indítás előtti ellenőrzése - Szemléltető technológiai ellenőrző sorrend; a konkrét gépkönyv és az üzemeltetői utasítás a mérvadó.

30.2.3. Definíciók és alapszabályok

Definíció. Szórófülke: olyan, általában elöl nyitott, zárt oldalfalakkal és tetővel rendelkező munkahely, amely a szórással keletkező festékködöt, oldószergőzt és port elszívja, leválasztja, és a kezelőt a friss levegő felőli oldalon tartja. A szórófülke lehet **száraz szűrős** vagy **vízfüggönyös** kivitelű.

Definíció. Száraz szűrős szórófülke: a levegőből a festékrészecskéket cserélhető szűrőbetétek (általában papír, üvegszál vagy szintetikus szálas szűrő) választják le. A szűrő fokozatosan telítődik, ezért cserélni kell.

Definíció. Vízfüggönyös szórófülke: a szóróködöt egy függőleges vízfüggönyön vagy vízpermettel átmosott felületen választják le. A víz megköti a festékszemcséket, az iszap a fülke alján gyűlik össze, és ülepítés vagy vegyszeres kezelés után kell eltávolítani.

Szabály. A szórófülke elszívásának a munkanyílás teljes felületén egyenletes, a kezelőtől a munkadarabon át az elszívófal felé irányuló légáramlást kell biztosítania. A nyílásban mért légsebesség tájékoztató értéke száraz fülkéknél kb. 0,5–1,0 m/s, vízfüggönyös fülkéknél ennél is nagyobb lehet **(ellenőrizendő: gépkönyv és üzemeltetési utasítás)**. Ha a sebesség túl kicsi, a szóróköd visszacsapódik a kezelő felé; ha túl nagy, a frissen felvitt bevonatot is megfújhatja, és a fólia vagy lakk felülete hullámossá válhat.

Összefüggés. Az elszívott térfogatáramot a nyílásfelület és a légsebesség szorzataként számoljuk:

$$Q = v \cdot A$$

ahol Q a térfogatáram (m³/s), v a légsebesség (m/s), A pedig a szabad nyílásfelület (m²).

Szabály. A szórófülke villamos berendezéseit, világítását, kapcsolóit, motorjait **robbanásbiztos kivitelben** kell kialakítani, mert a szóróköd és az oldószergőz gyúlékony elegyet alkothat. A készülékeken **Ex-jelölés** és zónabesorolás található (pl. 1. vagy 2. zóna, gáz- vagy porrobbanás elleni védelem). A pontos besorolást a telepítési hely és az alkalmazott anyag biztonsági adatlapja alapján kell meghatározni **(ellenőrizendő: hatályos ATEX-szabályozás és a fülke dokumentációja)**. Az Ex-jelű berendezést csak szakember szerelheti és javíthatja.

Definíció. Szárítókamra: zárt, hőmérséklet- és gyakran páratartalom-szabályozott tér, amelyben a lakkozott vagy ragasztott munkadarabokat meleg levegő keringtetésével szárítjuk. A kamra lehet szakaszos üzemű (zsilipezhető, kocsis) vagy folyamatos alagútrendszerű.

Definíció. Meleglevegős szárító: a levegőt fűtőregiszteren át melegítik, ventilátorral keringtetik, és a bevonat oldószerének vagy vízének elpárolgását gyorsítja. A hőmérsékletet és a levegőcserét a bevonat típusához kell igazítani.

Definíció. Infravörös (IR) szárító: hősugárzó panelekkel közvetlenül a bevont felületet melegíti fel. A sugárzás a réteget belülről kifelé szárítja, ezért vastagabb rétegeknél is hatékony, de a túl erős besugárzás buborékot vagy felületi hibát okozhat.

Definíció. UV-szárító: ultraibolya lámpákkal térhálósítja a speciális, fotoiniciátort tartalmazó UV-lakkot vagy UV-festéket. A száradás nem elpárolgás, hanem kémiai térhálósodás, ezért nagyon gyors, másodpercek alatt lejátszódik. Csak UV-sugárzásra érzékeny bevonatokhoz használható.

Definíció. Membránprés: rugalmas membránnal ellátott prés, amely hővel és vákuummal (vagy túlnyomással) fóliát vagy furnért présel a marott, profilozott vagy 3D felületű lapra. A fólia felmelegítve lágyul, és a vákuum a membránon keresztül a munkadarab felületére szorítja.

Definíció. Kasírozó gép: sík lapok folyamatos, görgős vagy szalagos felületborítására szolgáló gép. A hordozóra ragasztót visz fel, majd a tekercsből adagolt fóliát, papírt vagy furnért hengerpárok nyomják rá, és a felesleget levágják.

30.2.4. Technológia és működés

30.2.4.1. A szórófülke működése

A szórófülke mindig három fő részből áll: **befúvás**, **munkatér**, **elszívás és leválasztás**. A befúvott levegőt előszűrőn át vezetik be, hogy a műhelyből ne kerüljön por a friss lakkrétegbe. A munkatérben a levegő egyenletes, lehetőleg örvénymentes áramlását terelőlemezek és a hátsó elszívófelület biztosítja. A szennyezett levegő ezután a száraz szűrőn vagy vízfüggönyön halad át, ahol a festékrészecskék leválnak, majd a ventilátor a szabadba vagy visszakeverő rendszerbe továbbítja a tisztított levegőt.

Gépbiztonság. A szórófülkét csak betanított, az üzemeltetési utasítást ismerő dolgozó használhatja. A munkavégzés során viselj a bevonatrendszerhez előírt légzésvédőt (általában aktív szénbetétes vagy ellenőrzött tömítésű félálarc, illetve túlnyomásos frisslevegős rendszer), védőszemüveget és oldószerálló kesztyűt. Tilos a szórófülkében nyílt lángot, szikrát keltő eszközt használni, a villamos berendezést megbontani, vagy a szűrőket eltávolítva dolgozni. A fülke ajtaját vagy elszívását kikapcsolva szórni tilos. A szórófülkében keletkező oldószeres, festékes hulladékot zárt, erre a célra rendszeresített edényben kell gyűjteni, nem a kommunális hulladékba dobni.

Recept. Szórófülke ellenőrzése munka előtt.

1. Kapcsold be az elszívást, és várd meg a névleges légáram beállását.

2. Mérd meg vagy ellenőriztesd a légsebességet a munkanyílás több pontján; a mért érték ne legyen a gépkönyvben megadott tartomány alatt.
3. Nézd meg a száraz szűrő állapotát: erős elszíneződés vagy felületi feltapadás esetén cserét igényel. Vízfüggönyös fülkénél ellenőrizd a vízszintet és a víz eloszlását.
4. Ellenőrizd a világítást: minden lámpatest működjön, a burkolat ép legyen, az Ex-jelölés látható és a készülék sérülésmentes legyen.
5. Győződj meg arról, hogy a munkaterület tiszta, a padlózat nem csúszós, a fülkében nincs felesleges papír, rongy vagy gyúlékony anyag.
6. Készítsd elő a bevonatot és a munkadarabokat; a szórást csak ezután kezdd el.

A légszállítást a nyílásméretből ellenőrizni is tudod. Ha a nyílás 1,8 m széles és 0,9 m magas, a nyílásfelület 1,62 m². $v = 0{,}6\,\mathrm{m/s}$ sebességnél:

$$Q = 0{,}6 \cdot 1{,}62 \approx 0{,}972\,\mathrm{m^3/s}$$

Ezt átszámítva:

$$Q \approx 0{,}972 \times 3600 \approx 3500\,\mathrm{m^3/h}$$

Tehát a fülke elszívó rendszerének körülbelül 3500 m³/h légszállításúnak kell lennie ehhez a nyíláshoz és sebességhez. A pontos értéket a gépkönyv adja meg, a fenti számolás a működés ellenőrzésére való.

30.2.4.2. Szárítóberendezések működése

A szárítóberendezések közös feladata, hogy a bevonatból az oldószert vagy a vizet biztonságos sebességgel eltávolítsák, illetve a reaktív bevonatokat térhálósítsák. A fő különbségek a hőátadás módjában és a szárítás sebességében vannak.

- **Levegős (szobahőmérsékletű) száradás:** lassú, a hőmérséklet és a páratartalom erősen befolyásolja. Előnye az egyszerűség és a kíméletes száradás, hátránya a hosszú idő és a porbeesés veszélye.
- **Meleglevegős kamra:** a levegő hőmérsékletét 30–60 °C közé állítják, a levegőt keringtetik, és friss levegőt kevernek hozzá. Az oldószeres bevonatoknál a robbanásveszély miatt a levegőben tartott oldószergőz-koncentrációt az alsó robbanási határ alatt kell tartani, ezért folyamatos frisslevegő-betáplálás kell.
- **Alagútszárító:** folyamatos gyártásnál a munkadarabok szállítópályán haladnak át a fűtött zónákon. A hőmérséklet és a szállítási sebesség állandó, így a száradási idő jól ismételhető.
- **Infravörös szárító:** gyorsan felmelegíti a bevonatot; különösen jól használható vastagabb, vízbázisú rétegeknél vagy ha a hordozó érzékeny a hosszú hőterhelésre. Tipikus hiba a túlzott teljesítmény miatti felületi buborék.
- **UV-szárító:** az UV-lámpa hullámhosszának és a bevonat fotoiniciátorának illeszkednie kell. A lámpa teljesítménye idővel csökken, ezért a lámpaélettartamot nyilvántartják, és rendszeres időközönként cserélik.

A hőmérséklet és a relatív páratartalom szabályozása akkor is fontos, ha nem fűtött kamrában, hanem a műhely légterében szárad a munkadarab. A vízbázisú lakkok lassan száradnak hideg, párás helyiségben, a pára lecsapódhat, ami matt felületi foltokat okoz. Az oldószeres bevonatoknál a túl gyors hőmérséklet-emelkedés felforrást, buborékokat idézhet elő.

Összefüggés. A szárítókamra levegőcseréjét a kamra térfogatából és az előírt légcsere-számból becsülhetjük:

$$Q = n \cdot V$$

ahol Q a friss levegő térfogatárama (m³/h), n a légcsere-szám (1/h), V a kamra térfogata (m³).

Példa. Egy meleglevegős szárítókamra belmérete 4 m hosszú, 2 m széles, 2,2 m magas. A térfogata $V = 4 \times 2 \times 2{,}2 = 17{,}6\,\mathrm{m}^3$. Ha óránként 8-szoros légcserét írunk elő, akkor $Q = 8 \cdot 17{,}6 = 140{,}8 \approx 141\,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}$ friss levegőt kell bevezetni. Ez a számítás a szellőzés méretezéséhez ad kiindulási értéket; a pontos légmennyiséget az oldószergőz-koncentráció és a hőterhelés is befolyásolja **(ellenőrizendő: a bevonat biztonsági adatlapja és a kamra gépkönyve)**.

30.2.4.3. Fóliázó és laminálló gépi berendezések

A fóliázás és laminálás gépei két fő csoportra oszlanak: **síkfelületű** és **profilfelületű** borítás.

- **Kasírozó gép:** sík lapokra ragaszt fel tekercses anyagot (pl. finish-fólia, papír, vékony furnér). A gép ragasztófelhordó egysége egyenletes réteget visz fel, majd hengerpár préseli a borítót a lapra. A hőmérséklet, a ragasztófelhordás és a hengernyomás együtt határozza meg a tapadást. A fölösleges anyagot élvágó kések távolítják el.
- **Membránprés:** 3D felületekhez, marott frontokhoz használják. A ragasztóval bevont lapra ráfektetik a fóliát, a membrán alatt vákuumot hoznak létre, és a fóliát hővel lágyítják. A vákuum a membránt a lap minden profiljára rásimítja. A préselési idő, a hőmérséklet és a vákuumszint a fólia típusától függ (tájékoztató értékek: 80–120 °C, 5–15 perc; **ellenőrizendő: fólia- és ragasztógyártói adatlap**).
- **Profilburkoló gép:** keskeny élekre, lécekre, profilos keretekre visz fel tekercses fóliát vagy furnért. A profil görgőkkel követi az alkatrész keresztmetszetét, és rápréseli a borítót. A gyártás közben a ragasztó hőmérsékletét, a nyomást és a sebességet kell ellenőrizni.
- **Laminálás (rövid ciklusú prés).** A melamingyantával telített dekorpapírt fűtött présben (jellemzően 160–200 °C, néhány tíz másodperc; ellenőrizendő: gyártói adat) préselik a forgácslapra vagy MDF-re; a gyanta megolvad és kikeményedik, külön ragasztó nem kell. A HPL-lapot ezzel szemben ragasztóval, hideg vagy meleg présben ragasztják a hordozóra. Fogalmak: a **fóliázás** vékony fólia (pl. PVC, finish-fólia) felvitele, a **kasírozás** ennek folyamatos, hengeres gépi módja, a **laminálás** pedig melaminpapír vagy HPL felvitele présben.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Kasírozó és profilburkoló gép: a hengerpár behúzási pontjához menet közben nyúlni tilos, a védőburkolat és a vészleállító (húzózsinór) legyen működőképes; laza ruha, kesztyű a behúzási pontnál tilos. Membránprés: forró felület – hővédő kesztyű csak a nem forgó részek kezelésénél; a fedél záródási terébe benyúlni tilos. Élvágó kés cseréje csak áramtalanítva. UV-szárító: a lámpa árnyékolását nem szabad megbontani, a sugárzásba nézni tilos; UV-lakkot bőrre ne juttass (nitrilkesztyű). (ellenőrizendő: gépkönyv)

A gépi fóliázás előtt a lapnak pormentesnek, síknak, éleinek záróképesnek kell lennie. A ragasztófelhordás egyenletességét próbadarabon ellenőrzik, mert a hiányos ragasztóréteg leválást, a túl sok ragasztó pedig átütést okoz.

30.2.5. Minőségellenőrzés

A szórófülke, szárító és fóliázó gépeknél a minőségellenőrzés három szintre oszlik: a gép állapota, a bevonat felhordása és a kikeményedett felület tulajdonságai.

- **Légsebesség és szűrő:** a nyílásban több ponton mért légsebesség ne térjen el a gépkönyvi értéktől 10–15 %-nál jobban (tájékoztató). A szűrő elszíneződése vagy eldugulása szűrőcserét igényel. Vízfüggönyös fülkénél a vízszint és a vízpermetszórók állapota legyen megfelelő.
- **Hőmérséklet és páratartalom:** szárítókamrában hőmérővel és páratartalom-mérővel ellenőrizd a beállított értékeket; a rögzítő műszer adatait naplózd. UV-szárítónál a lámpateljesítményt és a besugárzási időt rendszeresen UV-dózismérővel kell mérni, ellenőriztetni.
- **Fóliázott felület:** vizsgáld a tapadást (pl. próbadarabon keresztvágásos vagy lehúzásos teszttel, a bevonatrendszer előírása szerint), a buborékmentességet, az élek záródását és a méretpontosságot. A fóliának nem szabad leválnia a profiloknál.
- **Dokumentálás:** a gépnaplóba kerüljön a szűrőcsere, a lámpacsere, a hőmérséklet- és páratartalom-érték, valamint a próbadarab eredménye.

30.2.6. Tipikus hibák és okaik

1. **Gyenge elszívás, a fülkéből festékköd csap vissza.** Ok: eltömődött száraz szűrő, alacsony vízszint a vízfüggönyös fülkénél, vagy a ventilátor ékszíja megcsúszott. Helyes gyakorlat: munka előtt ellenőrizd a szűrőt és a vízellátást, és rendszeresen tartsd karban a ventilátort.
2. **Buborékok a lakkon vagy a fólián.** Ok: a meleglevegős szárításnál túl magas hőmérséklet, az IR-szárítónál túl erős besugárzás, vagy a fóliázásnál a ragasztóban lévő nedvesség hirtelen gőzzé alakul. Helyes gyakorlat: a gyártó által megadott hőmérsékleti programot használj, és a fóliát, ragasztót előírt páratartalom mellett tárold.
3. **A UV-lakk nem köt ki teljesen, ragacsos marad.** Ok: elöregedett UV-lámpa, nem megfelelő hullámhossz, vagy túl gyors szállítósebesség. Helyes gyakorlat: a lámpa üzemóráját naplózd, a besugárzást időszakosan ellenőriztesd, és próbadarabon teszteld a kötést.
4. **A fólia leválik a marott élről.** Ok: a membránprés vákuuma túl alacsony, a fólia nem melegedett fel eléggé, vagy a ragasztó száradt be a préselés előtt. Helyes gyakorlat: a préselési hőmérsékletet és vákuumot a fólia adatlapja szerint állítsd be, és a ragasztó nyitott idejét ne lépd túl.
5. **Pöttyös, matt foltok a levegőn száradt bevonaton.** Ok: a műhely levegője túl párás, vagy a felületre csapódott pára. Helyes gyakorlat: tartsd a helyiség hőmérsékletét 18–25 °C-on, a relatív páratartalmat kb. 45–65 % között (tájékoztató, a bevonat adatlapja szerint), és a frissen lakkozott darabot ne állítsd hideg huzatba.

30.2.7. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben sorozatban készítettek MDF-frontos konyhaajtókat, és vízbázisú lakkal szórták őket. A szórófülke száraz szűrős volt, de a szűrőcserét több hétig halogatták. A dolgozó azt tapasztalta, hogy a lakkozott felületeken egyre több porszem és apró festékköd-csepp jelent meg, a fülke előtti padló pedig ragacsossá vált. A légsebességmérés a nyílásban a korábbi 0,7 m/s helyett csak 0,25 m/s-ot mutatott. A szűrőbetét szinte teljesen eltömődött, ezért a szennyezett levegő egy része visszaáramlott a műhelybe. A hiba megszüntetése után a szűrőt kicserélték, a fülkét kitakarították, és bevezették a heti szűrőellenőrzést. A tapasztalat: a szórófülke csak

akkor védi a terméket és a dolgozót, ha a szűrőt és a légáramlást rendszeresen ellenőrzik, nemcsak akkor, amikor a hiba már látható.

30.2.8. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A száraz szűrős szórófülkében a szűrő eltömődése növeli a légsebességet, ezért jobb pormentes felületet ad.
2. Melyik szárítási mód térhálósítja kémiai reakcióval a bevonatot másodpercek alatt?
3. Milyen villamos kivitelűek legyenek a szórófülke világítótestei és kapcsolói?
4. Mi a különbség a kasírozó gép és a membránprés között?
5. Mekkora légmennyiséget kell elszívni abból a fülkéből, amelynek nyílása 2,0 m széles és 0,8 m magas, ha a megkívánt légsebesség 0,6 m/s? (Számold ki m³/h-ban is.)
6. Miért fontos a relatív páratartalom szabályozása a vízbázisú lakkok szárításakor?

30.2.9. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a szórófülke indítás előtti ellenőrzésének legalább négy lépését, és indokold meg mindegyiknél, miért fontos.

2. feladat (A) Határozd meg, mi a különbség a levegős, a meleglevegős és az infravörös szárítás hőátadása között. Melyik alkalmas vastagabb bevonat gyors szárítására, és miért?

3. feladat (B) Egy szárítókamra belső mérete 5,0 m hosszú, 2,4 m széles, 2,5 m magas. A kamra óránként 10-szeres légcserét igényel. Számítsd ki a szükséges friss levegő térfogatáramát m³/h-ban. Ellenőrizd a nagyságrendet!

4. feladat (B) Egy membránpréssel MDF-frontot fóliáznak. A próbadarabon a fólia a sík felületen jól tapad, de a marott profil 2 mm-es belső ívénél felválik. Nevezz meg legalább három lehetséges okot, és mindegyikre adj vizsgálati vagy javítási javaslatot.

5. feladat (C) Tervezd meg egy kis műhely szórófülkéjének karbantartási rendjét! Vedd figyelembe a száraz szűrő cseréjét, a világítás és az Ex-jelű berendezések ellenőrzését, a ventilátor és az elszívó csatorna tisztítását, valamint a hulladék gyűjtését. Add meg, milyen gyakorisággal és milyen felelős végezze az egyes ellenőrzéseket, és milyen dokumentáció készüljön.

6. feladat (D) Készíts rövid ellenőrző adatlapot a szórófülkéhez! Tartalmazza a mérési pontokat (nyílás szélessége, magassága, légsebesség, szűrő állapota, vízszint ha szükséges, világítás, Ex-jelű készülékek állapota), a mért értékek oszlopát, a megengedett tájékoztató értékeket, és az „intézkedés” rovatot.

30.2.10. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A szűrő eltömődése csökkenti a légsebességet, a szóróköd visszacsapódhat, és több por kerül a friss bevonatba.
2. Az UV-szárító.
3. Robbanásbiztos, Ex-jelölésű kivitelben.
4. A kasírozó sík lapokra, tekercses anyagból dolgozik folyamatosan; a membránprés 3D, profilozott felületekre préseli a fóliát vákuummal és hővel.
5. $A = 2{,}0 \cdot 0{,}8 = 1{,}6\,\mathrm{m}^2$; $Q = 0{,}6 \cdot 1{,}6 = 0{,}96\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$; átszámítva $0{,}96 \times 3600 = 3456 \approx 3450\,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}$.

6. A magas páratartalom lassítja a víz elpárolgását, páralecsapódást és matt foltokat okozhat; a túl alacsony páratartalom pedig túl gyors bőrképződést, feszültséget okozhat.

1. feladat megoldása

Lehetséges lépések: (1) elszívás bekapcsolása – a légáramlás védi a kezelőt és a felületet; (2) légsebesség mérése – ha túl kicsi, szóróköd csapódik vissza; (3) szűrő ellenőrzése – telített szűrővel romlik a leválasztás; (4) világítás és Ex-jelű kapcsolók ellenőrzése – a robbanásbiztos kivitel sérülése gyújtóforrást jelenthet; (5) munkaterület tisztasága – a felesleges hulladék növeli a tűz- és balesetveszélyt.

2. feladat megoldása

A levegős szárításnál a környező levegő adja át a hőt, lassú és páratartalom-függő. A meleglevegős szárítás kényszeráramú, fűtött levegővel gyorsít, a hőátadás konvekciós. Az infravörös szárítás sugárzással közvetlenül a bevonatot melegíti, ezért vastagabb rétegeknél is gyors, de túlmelegedésre hajlamos. Vastagabb bevonathoz az IR-szárító alkalmas, mert a sugárzás a réteg belsejébe is behatol.

3. feladat megoldása

A kamra térfogata:

$$V = 5{,}0 \cdot 2{,}4 \cdot 2{,}5 = 30{,}0\,\mathrm{m}^3$$

A légcsere-szám $n = 10\,1/\mathrm{h}$, így:

$$Q = 10 \cdot 30{,}0 = 300\,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}$$

Ez egy kisebb kamránál reális érték; nagyobb kamráknál ennél több levegő kell.

4. feladat megoldása

Lehetséges okok: (1) a fólia hőmérséklete a préselés során túl alacsony volt, ezért a profilnál nem lágyult meg eléggé – javítás: emeld a préselési hőmérsékletet a fólia adatlapja szerint, és hosszabbítsd a felmelegítési időt; (2) a vákuum túl alacsony volt, így a membrán nem szorította a fóliát a mélyedésbe – javítás: ellenőrizd a vákuumtömítést és a szivattyút, állítsd be az előírt vákuumszintet; (3) a ragasztóréteg a profilnál túl vékony vagy beszáradt volt – javítás: ellenőrizd a ragasztófelhordást, a nyitott időt, és próbadarabon vizsgáld a rétegvastagságot.

5. feladat megoldása

A karbantartási rend tartalmazza: naponta a szórófülke padlójának letakarítása, a szűrőfelület szemrevételezése, a vízszint ellenőrzése vízfüggönyös fülkénél; hetente a szűrőbetét nyomásesésének vagy elszíneződésének vizsgálata, csere ha szükséges, a világítás és az Ex-jelű készülékek szemrevételezése; havonta a ventilátor ékszíjának, rezgésének és a csatorna lerakódásának ellenőrzése, a zsíros, festékes lerakódások tisztítása; negyedévente a villamos biztonsági felülvizsgálat szakemberrel, az Ex-jelű készülékek dokumentált ellenőrzése. A hulladékot minden műszak végén zárt, címkézett edénybe kell gyűjteni. A felelős lehet a műhelyvezető vagy a betanított gépkezelő; a dokumentáció a gépnapló vagy karbantartási karton.

6. feladat megoldása

Az adatlap minta:

Ellenőrzési pont	Mért érték	Megengedett tájékoztató érték	Intézkedés
Nyílás szélessége (mm)	1800	–	–
Nyílás magassága (mm)	900	–	–
Légsebesség a nyílásban (m/s)	0,55	0,5–1,0	Ha kisebb, szűrőcsere
Száraz szűrő állapota	erősen elszíneződött	tiszta vagy enyhén színes	Csere
Vízszint (vízfüggönyös)	–	gyártói jelölésig	Feltöltés
Világítás	működik	minden lámpa működőképes	Izzócsere
Ex-jelű kapcsolók	épek	ép, sérülésmentes	Szakemberrel javíttatás

A mért értékeket minden műszak előtt fel kell jegyezni, és eltérésnél a munkát tilos elkezdeni, amíg a hibát meg nem szüntetik.

30.2.11. Rövid összefoglaló

A szórófülke a felületkezelés biztonságos munkahelye: elszívással távolítja el a festékködöt és az oldószergőzt, miközben a kezelőt a friss levegő felőli oldalon tartja. A fülke lehet száraz szűrős vagy vízfüggönyös; a szűrőt, a légsebességet és az Ex-jelű villamos berendezéseket minden műszak előtt ellenőrizni kell. A szárítás lehet levegős, meleglevegős, infravörös vagy UV-s; a módszer kiválasztása a bevonat típusától függ. A fóliázás és laminálás gépei közül a kasírozó sík lapot, a membránprés 3D felületet borít. A karbantartás kulcsa a szűrőcsere, a hőmérséklet- és páratartalom-szabályozás, valamint a lámpák és ventilátorok rendszeres ellenőrzése.

Továbbvitt eredmény. A szórófülke rendje – azaz a munka előtti szűrő- és légsebesség-ellenőrzés, az Ex-jelű berendezések épségének vizsgálata, a tiszta munkatér és a hulladék zárt gyűjtése – a felületkezelés teljes biztonsági szemléletének alapja. Ezt használjuk a A felületkezelés egészségvédelmi, tűz- és környezetvédelmi előírásai alfejezetben, ahol a fülke üzemeltetését a kémiai biztonsági és tűzvédelmi előírásokkal együtt értelmezzük.

30.2.12. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: szórófülke- és szárítóberendezés-gyártói gépkönyvek, üzemeltetési utasítások; a bevonat- és fóliagyártók műszaki adatlapjai és biztonsági adatlapjai; robbanásbiztos villamos berendezésekre vonatkozó ATEX-jogszabályok és szabványok; faipari gépek biztonsági szabványai (MSZ EN ISO 19085 sorozat – ellenőrizendő); VOC-kibocsátásra és tűzvédelemre vonatkozó előírások (OTSZ – ellenőrizendő).
Ellenőrizendő pontok: a nyílásban mért ajánlott légsebesség-tartomány; a szárítókamra hőmérséklet- és légcsere-értékei; a membránprés hőmérséklet- és vákuumtartománya; az UV-szárító lámpateljesítmény- és hullámhossz-adatai; az Ex-jelű berendezések zónabesorolása és felülvizsgálati gyakorisága.

30.3. A felületkezelés egészségvédelmi, tűz- és környezetvédelmi előírásai

30.3.1. Miért kell ezt tudnod?

A felületkezelő anyagok nem egyszerűen „festékek”. Sok lakk, pác, oldószer, hígító és mosófolyadék éghető, belélegezve mérgező, bőrrel érintkezve maró vagy allergizáló. Ha az asztalos ezeket nem ismeri, a műhely levegője percek alatt robbanóképes eleggyé válhat, a bőrén lassan gyógyuló ekcéma alakulhat ki, a tüdejében pedig olyan túlérzékenység, amely miatt soha többé nem dolgozhat poliuretán lakkal. A felületkezelés egészség-, tűz- és környezetvédelme azért tartozik ide, mert az asztalos tanuló nemcsak a saját egészségét, hanem a műhelyben dolgozókét és a környezetet is védi. A vevő pedig joggal várja el, hogy a lakkozott bútort olyan helyen készítsék, ahol senki nem betegszik meg, és a hulladék nem a csatornába kerül.

30.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy kis felületkezelő helyiséget a műhely sarkában. A fal mellett szóróasztal, fölötte elszívófal. A levegőben enyhe oldószerillat, a padlón cseppek, a polcon nyitott lakkosdobozok, a sarokban összegyűrt rongyok. A szórópisztoly mellett egy munkás dolgozik: félálarcot visel, de a szűrőbetét régi, a kesztyűje szakadt. A másik sarokban egy hősugárzó működik, mert hűvös van. Ha a hőmérséklet emelkedik, az oldószergőzök koncentrációja nő. Egyetlen elektromos szikra, egy leeső fémtárgy, vagy a padlón meggyűlt lakkban lévő melegedő rongy elegendő a tűzhöz. Ez a kép mutatja, hogy a biztonság nem egyetlen eszközön múlik, hanem a szellőzés, a tárolás, a védőfelszerelés és a gyújtóforrások együttes kezelésén.

30.3.3. Alapfogalmak és veszélyforrások

Definíció. Veszélyes anyag minden olyan anyag vagy keverék, amely fizikai, egészségi vagy környezeti veszélyt jelenthet. A felületkezelésben leggyakrabban oldószerek, izocianátok, gyanták, savas pácolószerek, lúgos lemosók, valamint a csiszolási por veszélyes.

Definíció. VOC (Volatile Organic Compounds, illékony szerves vegyületek) azok a szerves anyagok, amelyek szobahőmérsékleten könnyen párolognak. A lakkok, hígítók, mosóoldószerek nagy része VOC. A VOC-kibocsátás nemcsak a műhely levegőjét szennyezi, hanem a szabad levegőben ózonképződéshez vezethet (ellenőrizendő: aktuális jogszabályi VOC-kibocsátási határértékek és termékkategóriák).

Definíció. Izocianát olyan reakcióképes vegyületcsoport, amelyet kétkomponensű poliuretán (PU) lakkok és ragasztók térhálósítójaként használnak. Az izocianátok belélegezve és bőrrel érintkezve **túlérzékenységet (szenzibilizációt)** okozhatnak: a szervezet egy idő után már nagyon kis mennyiségre is asztmás tünetekkel, bőrgyulladással reagál (ellenőrizendő: az adott izocianát vegyület osztályozása a biztonsági adatlapon).

Definíció. Expozíciós határérték az a munkahelyi levegőben megengedett anyagkoncentráció, amelyet a munkavállaló egészségkárosodás nélkül – általában napi 8 órás munkaidőre számítva – belélegezhet. A konkrét határértékek anyagonként eltérők, és jogszabályban szerepelnek (ellenőrizendő: a hatályos magyar rendeletben megadott határértékek).

A felületkezelés során három fő veszélyforrás-csoporttal kell számolnod: - **Belégzés:** oldószergőzök, izocianátgőz, szilárd részecskék (lakkcsepp, csiszolópor). - **Bőr- és szemkontaktus:** folyékony anyagok, fröccsenés, pára. - **Tűz és robbanás:** éghető gőzök, porok, valamint a melegedő anyagok (olajos rongy) öngyulladása.

Figyelem. A felületkezelő anyagok biztonságos kezeléséhez soha ne a szaglásra vagy a „régi gyakorlatra” hagyatkozz, hanem a termék **biztonsági adatlapjára** (SDS – Safety Data Sheet). A biztonsági adatlap a gyártó által kötelezően megadott dokumentum, amely 16 szakaszban ismerteti az anyag veszélyeit, az egyéni védőeszközöket, a tűzoltást, a tárolást, az elsősegélyt és a hulladékkezelést (ellenőrizendő: a REACH-rendelet szerinti biztonsági adatlap formai követelményei).

Szabvány. A vegyi anyagok besorolását, címkézését és biztonsági adatlapját a CLP-rendelet (1272/2008/EK) és a REACH-rendelet (1907/2006/EK) szabályozza; a kémiai kóroki tényezőkre és a határértékekre a hazai munkavédelmi rendelet (tudomásunk szerint 5/2020. (VI. 24.) ITM rendelet), a tűzvédelemre az OTSZ (54/2014. BM rendelet), a veszélyes hulladékra a 225/2015. Korm. rendelet, a hulladékjegyzékre a 72/2013. VM rendelet vonatkozik (mindegyik: ellenőrizendő: hatályos szöveg). A 0,1 tömeg% feletti diizocianát-tartalmú termékeket (pl. 2K PU-lakk edzője) foglalkozásszerűen csak az uniós előírás szerinti képzés elvégzése után szabad használni; a termék címkéjén erre külön figyelmeztetés áll, és a képzést időszakosan meg kell ismételni (ellenőrizendő: REACH XVII. melléklet 74. bejegyzése, (EU) 2020/1149 rendelet; a hatálybalépés és az ismétlés ideje).

30.3.4. Egészségvédelem

Az oldószerek leggyakoribb hatása a **központi idegrendszeri tünet**: fejfájás, szédülés, fáradtság, koncentrációzavar. Hosszabb távon máj- és vesekárosodást, bőrgyulladást okozhatnak. A munkahelyi levegőben lévő oldószergőz-koncentrációt az elszívás és a zárt edényzet csökkenti.

Az izocianátok – különösen a poliuretán lakkok térhálósító komponense – belélegezve **asztmás tüneteket** válthat ki, és szenzibilizálhat. A tünet gyakran késve, a munka után órákkal jelentkezik: köhögés, nehézlégzés, szorító mellkas. A bőrre kerülve kontakt dermatitiszt okoz. Ha valaki egyszer szenzibilizálódott, a legkisebb expozíció is rohamot válthat ki, ezért a PU-anyagoknál kiemelten fontos a teljes bőrvédelem és a megfelelő szűrőbetéttel ellátott légzésvédő.

A csiszolási por – különösen a keményfa-por (tölgy, bükk) – **rákkeltő hatású** (ellenőrizendő: a jelenleg hatályos besorolás és munkahelyi határérték). A felületkezelés előtti csiszolás során nagy mennyiségű finom por keletkezik, amely a szervezetbe jutva károsíthatja a légutakat. A gépi csiszológépet, kézi csiszolót mindig elszívással és FFP3 osztályú részecskeszűrő félálarccal használd, ahogy az Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai alfejezet is előírja (ellenőrizendő: kockázatértékelés, MSZ EN 149). A keményfapor rákkeltő; az uniós kötelező határérték tudomásunk szerint 2 mg/m³ (ellenőrizendő: 2004/37/EK irányelv módosításai és a hazai rendelet).

Egészségvédelem. A felületkezelő munkához az alábbi egyéni védőeszközöket (EVE) használd: - **Légzésvédő:** szerves gőzök ellen „A” jelű szűrőbetét, részecskék ellen „P” jelű szűrőbetét. Kombinált szűrőbetét: „A1P2” vagy „A2P2” jelölés (a szám a szűrőkapacitást jelöli; ellenőrizendő: a gyártó által megadott osztály). Izocianátos (2K PU) szórásnál a biztonsági adatlap szerinti légzésvédőt kell használni; ez gyakran külső levegős (túlnyomásos) készülék. Szűrős álarc csak akkor, ha az adatlap megengedi, rögzített (nem szag szerinti) betétcserével (ellenőrizendő: biztonsági adatlap 8. szakasza). Egyéb szórásnál félálarc vagy teljes álarc, nagy koncentrációnál túlnyomásos légzésvédő készülék szükséges. A szűrőbetétet a gyártói adatlap szerint meghatározott időnként cserélni kell, és a használati időt dokumentálni kell. - **Védőkesztyű:** a lakk, oldószer, hígító anyagának ellenálló anyag, pl. nitril vagy butil kesztyű (a pontos típus a biztonsági adatlapon szerepel; ellenőrizendő). A kesztyű nem lyukadhat ki, és nem szabad hosszú ideig viselni, mert a bőr felázik. - **Szemvédő:** fröccsenés ellen védő szemüveg vagy arcvédő. - **Védőruha:** lakkálló kötény vagy overall, amely nem szívja magába az oldószert.

A munka közben tilos enni, inni, dohányozni. A munkaterületet naponta nedvesen kell takarítani (a száraz seprés felkavarja a port), és a védőeszközöket a munka végén le kell venni, meg kell tisztítani, külön tárolni.

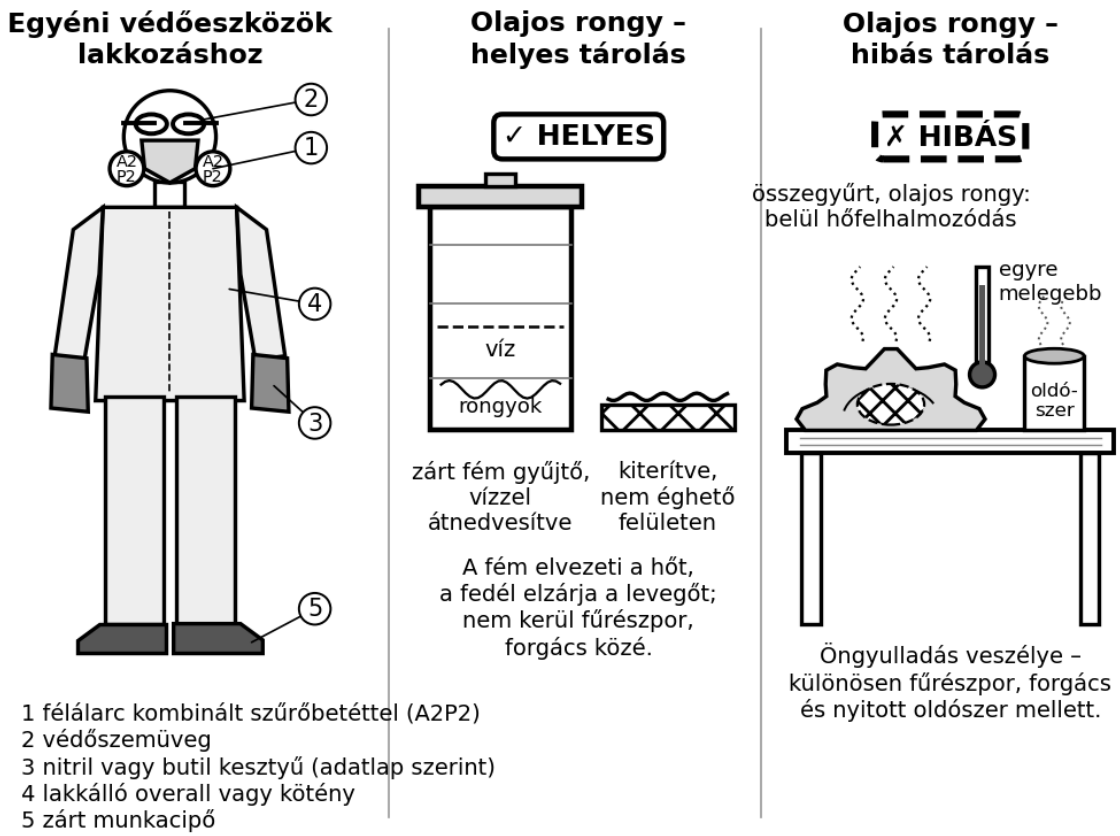
30.3.5. Tűz- és robbanásvédelem

A felületkezelő anyagok többsége **éghető folyadék**. Az éghető folyadékoknak van **lobbanáspontja**: az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyen a folyadék felszíne felett keletkező gőz a levegővel gyúlékony elegyet képez, és gyújtóforrás hatására meggyullad. A lobbanáspont alatti hőmérsékleten a folyadék gőzei nem gyulladnak meg, de a felületkezelő helyiség hőmérséklete gyakran magasabb, ezért a gőzökkel mindig számolni kell (ellenőrizendő: az adott anyag lobbanáspontja).

A gőzök a levegővel meghatározott koncentrációtartományban, az **alsó és felső robbanási határ** között robbanóképes elegyet alkotnak. Ha az anyag gőzkoncentrációja túl alacsony, nem ég, ha túl magas, nincs elég oxigén. A műhelyben azonban a szellőzés hiánya vagy a nyitott edényzet miatt a koncentráció elérheti a robbanási tartományt.

Figyelem. A felületkezelő helyiségben tilos a nyílt láng, a dohányzás, a hegesztés, a csiszolás szikraképződéssel, és minden olyan elektromos berendezés, amely nem robbanásbiztos kivitelű. A kapcsolók, csatlakozók, világítótestek, szellőzőmotorok a felületkezelő zónában csak megfelelő védettséggel üzemelhetnek (ellenőrizendő: a hatályos tűzvédelmi előírások és a zónabesorolás). A hősugárzó, a hagyományos izzó, a kefés (kommutátoros) villanymotor – pl. kézi csiszológép, porszívó – szikrája is gyújtóforrás lehet. Robbanásveszélyes zónában csak Ex-jelölésű eszköz használható. Oldószer áttöltésekor a fém edényeket földeld, kösd össze; műanyag tölcsér és kanna sztatikus feltöltődést okozhat, ami szintén gyújtóforrás.

Az **olajos rongyok öngyulladása** különösen alattomos veszély. A lenolajos, pácolajos, természetes olajos rongyok lassan oxidálódnak, és ha összegyűrve tárolják őket, a keletkező hő nem tud eltávozni, ezért a rongy meggyulladhat. Ezt a valós esetben részletesen megvizsgáljuk.



30.7. ábra. Egyéni védőeszközök lakkozáshoz (1–5) és az olajos rongy helyes, illetve hibás tárolása (sematikus vonalrajz)

Az ábra bal oldalán a lakkozáshoz szükséges egyéni védőeszközök láthatók számozva; jobbra a helyes tárolás (zárt fémedény vízzel, vagy kiterítés nem éghető felületen) és a hibás, összegyűrt rongykupac, amelynek belsejében felhalmozódik a hő.

Szabály. A felületkezelő munkaterületen az éghető anyagok tárolt mennyiségét a lehető legkisebbre kell csökkenteni. Csak az aznapi munkához szükséges mennyiséget tárold a munkaasztalnál. A tartalék anyagokat külön, tűzálló festékraktárban, vagy abban a kijelölt, elzárt helyen tartsd (ellenőrizendő: a tűzvédelmi szabályzatban megadott legnagyobb tárolható mennyiség és tárolási követelmények).

A tűzoltó anyagokról és a tűz esetén követendő lépésekről a Tűzoltó anyagok és eszközök, tennivalók tűz esetén alfejezetben olvashatsz. Itt elegendő annyit rögzíteni: a felületkezelő területen csak az oltóanyaggal összeegyeztethető, feszültségmentesített környezetben szabad oltani, és a tűz jelzését azonnal meg kell tenni.

30.3.6. Tárolás

A felületkezelő anyagok tárolására külön helyiség vagy tűzgátló szekrény szolgál. A követelmények: - A tároló helyiség **szellőztetett** legyen, lehetőleg mesterséges elszívással. - Az edények **zártak**, címkézettek, és a címkén a veszély szimbóluma és a biztonsági mondatok is szerepelnek. - A padló **folyadékzáró**, úgy, hogy egy kiömlött anyag ne folyhasson a csatornába vagy a talajba. - A tárolóban **nem lehet gyújtóforrás**, és a világítás robbanásbiztos kivitelű (ellenőrizendő: a

zónabesorolás szerint). - A savas és lúgos anyagokat, valamint az oxidálószereket **elkülönítve** kell tárolni, mert egymással reakcióba léphetnek.

A felületkezelő anyagokat **eredeti edényzetükben**, vagy arra alkalmas, feliratozott, zárható tárolóedényben tartsd. Soha ne öntsd át őket élelmiszeres flakonba vagy címke nélküli kannába, mert a későbbi felhasználó nem tudja azonosítani a tartalmat, és a gyermekek számára is veszélyes lehet.

30.3.7. Környezetvédelem

A felületkezelés során a környezetre három fő úton kerülhet anyag: - **Levegőbe:** VOC-kibocsátás, oldószergőz, por. Ezt a szórófülkék elszívórendszere és a szűrők csökkentik, de a szűrt levegő is tartalmazhat maradék VOC-t (ellenőrizendő: a levegőbe kibocsátható VOC- és pormennyiség határértékei). - **Vízbe:** ha a lakkot, hígítót, mosóvizet a lefolyóba öntik. Ez tilos. A mosóoldószert is veszélyes hulladékként kell gyűjteni, nem szabad a csatornába engedni. - **Talajba:** ha a kiömlött anyagot nem itatják fel, hanem a földbe szivárog.

Szabály. A felületkezelés során keletkező **veszélyes hulladék** – festékes edény, üres lakkosdoboz, oldószeres rongy, szűrőbetét, mosóoldószer, csiszolóporral telt porzsák – nem kerülhet a kommunális hulladék közé. Az ilyen hulladékot külön, feliratozott, zárható edényzetben kell gyűjteni, és hulladékkezelőnek átadni (ellenőrizendő: a veszélyes hulladékok azonosító kódjai és a hulladékgazdálkodási rendelet).

A **mosóoldószer** – amelyben a szórópisztolyt tisztítják – veszélyes hulladék. A pisztolyt úgy tisztítsd, hogy a mosófolyadék egy gyűjtőedénybe folyjon, ne a padlóra vagy a lefolyóba. Az edényt lezárva tárold, és a hulladékkezelőnek add át.

30.3.8. Elsősegély vegyi expozíciónál

Ha valaki bőrére, szemébe, légutaiba vagy gyomrába kerül a felületkezelő anyag, a biztonsági adatlap elsősegély- szakasza az irányadó. Általános teendők:

- **Szembe kerülés:** azonnal, legalább 15 percig bő vízzel öblíteni, a szemhéjat nyitva tartva. Utána orvoshoz kell fordulni.
- **Bőrre kerülés:** a szennyezett ruházatot le kell venni, a bőrt bő vízzel és szappannal lemosni. Ha bőrpír, hólyag vagy fájdalom jelentkezik, orvoshoz kell fordulni.
- **Belégzés:** a sérültet friss levegőre kell vinni, nyugalomba helyezni, és ha nehézlégzés vagy köhögés jelentkezik, azonnal orvost kell hívni.
- **Lenyelés:** a szájat ki kell öblíteni, hánytatni tilos (kivéve, ha az adatlap vagy a méregügyi központ ezt mondja). Azonnal orvost kell hívni, és a termék címkéjét vagy biztonsági adatlapját meg kell mutatni.

A műhelyben legyen **szemmosó palack** és **elsősegélydoboz**, és a dolgozók ismerjék a mentőhívó számot (112).

30.3.9. Ellenőrzőlista: kétkomponensű PU-lakkozás munkahelyi szabályai

1. **Biztonsági adatlap** beszerzése és elolvasása a munka megkezdése előtt; ellenőrizd az anyag veszélyjeleit, az előírt egyéni védőeszközöket és a megengedett levegőkoncentrációt.
2. **Munkahelyi szellőzés** ellenőrzése: az elszívóberendezés működik, a szűrők nincsenek eldugulva, a frisslevegő-utánpótlás biztosított.

3. **Egyéni védőeszközök** felvétele: a biztonsági adatlap szerinti légzésvédő (2K PU szórásnál gyakran külső levegős készülék; szűrős álarc csak az adatlap engedélyével, A2P2 vagy a gyártó által előírt kombinált szűrőbetéttel), nitril kesztyű, védőszemüveg, lakkálló kötény.
4. **A munkaterület előkészítése:** a padlóra fólia vagy tálca, a szerszámok kéznél, a gyújtóforrások megszüntetve.
5. **A két komponens keverése** a gyártói arányban, tiszta edényben, mérlegen; az izocianátos edényt használat után azonnal zárni.
6. **A lakkozás** az elszívás felé fordulva, rövid mozdulatokkal, a szórópisztolyt mindig a munkadarabra irányítva; közben a helyiségben nem tartózkodhat védőeszköz nélküli személy.
7. **Leállítás, tisztítás:** a szórópisztolyt a mosóoldószerben tisztítani, a mosófolyadékot zárt gyűjtőedénybe önteni; a szerszámokat letenni, a maradék lakkot zárt edénybe tenni.
8. **Takarítás:** a padlóról az anyagot felitató kendővel felszedni, a kendőt a veszélyeshulladék-gyűjtőbe tenni; a helyiséget rövid ideig szellőztetni.
9. **Dokumentálás:** a munka időpontja, a felhasznált anyag, a szűrőbetét használati ideje, a hulladék mennyisége a munkanaplóban.

30.3.10. Számítási példák

1. példa: VOC-tartalom számítása a felhasznált lakkmennyiségből.
Egy asztalos 2,5 kg nitrohígítót használ. A hígító adatlapja szerint a VOC-tartalom 95 tömegszázalék (tájékoztató érték, ellenőrizendő a termék adatlapján). Mennyi VOC kerül a levegőbe (a műhelybe, vagy elszívással a szabadba)?

Adott: $m_{\text{hígító}} = 2{,}5\,\text{kg}$, VOC-tartalom $= 95\,\%$.
Keresett: a VOC tömege m_{VOC}.

$$m_{\text{VOC}} = m_{\text{hígító}} \cdot \frac{95}{100} = 2{,}5\,\text{kg} \cdot 0{,}95 = 2{,}375\,\text{kg}$$

Ellenőrzés: a hígító nagy része VOC, tehát a 2,5 kg-ból kb. 2,4 kg VOC a reális. Az elszívás a dolgozót védi, a kibocsátott VOC mennyiségét nem csökkenti; ehhez kevesebb oldószert tartalmazó (pl. vízbázisú) anyag vagy leválasztó berendezés kell. ∎

2. példa: Légsebesség ellenőrzése a szórófülke nyílásában.
Egy nyitott szórófülke nyílása $1{,}8\,\text{m} \times 0{,}9\,\text{m}$. Az elszívóventilátor percenként $18\,\text{m}^3$ levegőt szállít. Elegendő-e az elszívás, ha a nyílásbeli légsebesség tájékoztató alsó határa $0{,}5\,\text{m/s}$ (lásd: Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálógépek)?

Adott: $A = 1{,}8 \cdot 0{,}9 = 1{,}62\,\text{m}^2$, $Q = 18\,\text{m}^3/\text{min} = 0{,}3\,\text{m}^3/\text{s}$.
Keresett: a nyílásbeli légsebesség v.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}3\,\text{m}^3/\text{s}}{1{,}62\,\text{m}^2} \approx 0{,}19\,\text{m/s}$$

Ellenőrzés: $0{,}19\,\text{m/s} < 0{,}5\,\text{m/s}$, tehát az elszívás **elégtelen**; a festékköd visszacsapódhat a kezelő felé. A szükséges legkisebb légszállítás $Q_{\min} = 0{,}5 \cdot 1{,}62 = 0{,}81\,\text{m}^3/\text{s} \approx 49\,\text{m}^3/\text{min}$ (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv és üzemeltetési utasítás). ∎

30.3.11. Minőségellenőrzés a munkavédelmi gyakorlatban

A felületkezelő munkahelyen nem a lakkréteg vastagságát, hanem a munkakörnyezet biztonságát is ellenőrizni kell. Naponta, a munka megkezdése előtt ellenőrizd:

- **Elszívóberendezés:** a jelzőlámpa működik, a légáramlás érezhető, a szűrők nem telítettek (ellenőrizendő: a nyomáskülönbség-mérő értéke a gépkönyv szerint).
- **Védőeszközök:** a légzésvédő álarc tömít, a szűrőbetét nem járt le, a kesztyű nem szakadt.
- **Tárolóedények:** minden doboz, kanna zárt, a címkék olvashatók, nincs kifolyás.
- **Gyújtóforrás-mentesség:** a helyiségben nincs hősugárzó, hosszabbító, dohányzásra utaló jel.
- **Hulladékgyűjtők:** a veszélyes hulladék gyűjtőedénye megfelelően feliratozott, zárt, és nem ömlött ki belőle anyag.
- **Olajos rongyok:** a természetes olajos rongyokat **nem** összegyűrve tárolják, hanem vízzel megnedvesített, zárt fémtárolóban vagy kijelölt, tűzálló edényben.

Eltérés esetén a munkát nem szabad elkezdeni, és a hibát jelenteni kell az oktatónak vagy a munkavezetőnek.

30.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A dolgozó nem cseréli a szűrőbetétet, mert „nem érzi a szagot”.
   Ok: Az orr hozzászokik, a szűrőbetét telítődik, és a szaghiány nem jelenti azt, hogy nincs veszélyes gőz.
   Helyes gyakorlat: A szűrőbetétet a gyártói adatlap szerint, vagy az előírt időközönként cserélni kell, és a cserét dokumentálni kell.

2. **Hiba:** A padlóra kiömlött lakkot felitatják, de a rongyot a kommunális hulladékba dobják.
   Ok: Nem ismerik a veszélyes hulladék szabályait.
   Helyes gyakorlat: A szennyezett rongyot, kendőt veszélyes hulladékként, feliratozott, zárt gyűjtőedényben kell tárolni, és veszélyeshulladék-kezelőnek átadni.

3. **Hiba:** A munkás kesztyű nélkül dolgozik, mert „a kesztyűben izzad a keze”.
   Ok: A rövid kényelem miatt elhanyagolja a bőrvédelmet.
   Helyes gyakorlat: Az oldószerek és izocianátok bőrön át is felszívódnak, ezért a megfelelő anyagú védőkesztyű kötelező. A kesztyű alá pamut alsókesztyűt lehet viselni, de a külső, vegyszerálló réteget nem szabad elhagyni.

30.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Esemény. Egy asztalosműhelyben a munkás olajos rongyot hagyott a munkaasztal sarkán. A rongy lenolajos páccal volt átitatva. A munkás a munka végén a rongyot összegyűrte, és bedobta a fűrészporos hulladékgyűjtőbe, amelyben faforgács is volt. Néhány óra múlva a műhelyben füstszagot éreztek. A hulladékgyűjtő belsejében izzott a rongy, a hő hatására a forgács lassan meggyulladt. A tüzet a gondnok porral oltóval elfojtotta, mielőtt átterjedt volna a közelben tárolt lakkszóró kellékekre.

Mi történt? A lenolaj – és sok más természetes, oxidatívan száradó olaj – a levegő oxigénjével lassan reakcióba lép, és közben hőt termel. Ha a rongyot összegyűrik, a hő nem tud eltávozni, ezért a hőmérséklet emelkedik, amíg el nem éri az öngyulladási hőmérsékletet. A fűrészpor és forgács még növeli a tűz kockázatát, mert éghető anyagot és oxigént tárol.

Tanulság. A pácolajos, lenolajos, természetes olajos rongyokat mindig **vízzel átnedvesítve**, kiterítve, vagy **zárt fémtárolóban** kell gyűjteni. A fémtároló megakadályozza az oxigénbejutást, és a keletkező hőt elvezeti. A rongyok soha ne kerüljenek fűrészpor vagy forgács közé, mert ott az öngyulladás kockázata megnő. Az esemény azt is mutatja: a tűzoltó készülék közelsége és a porral oltó használata életet és vagyont menthet, de a legjobb a megelőzés.

30.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az A2P2 szűrőbetét csak szerves gőzök ellen véd, részecskék ellen nem. Indokold!
2. Miért tilos az olajos rongyot összegyűrve a fűrészporos gyűjtőbe dobni?
3. Milyen jelek utalnak arra, hogy egy szűrőbetétet cserélni kell? Sorolj fel legalább kettőt!
4. Mi a teendő, ha lakk kerül a dolgozó szemébe?
5. Melyik hulladékgyűjtőbe kerül a szórópisztoly tisztításából származó mosóoldószer?

30.3.15. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel azt a három fő veszélyforrás-csoportot, amelyekkel a felületkezelés során számolnod kell!

2. feladat (A)
Egy nitrohígító biztonsági adatlapján a VOC-tartalom 90 tömegszázalék. Mennyi VOC kerül a levegőbe, ha 1,5 kg hígítót használsz el?

3. feladat (B)
Egy nyitott szórófülke nyílása 1,5 m × 0,8 m. Az elszívóventilátor percenként 24 m³ levegőt szállít. Számold ki a nyílásbeli légsebességet! Értékeld az eredményt a 0,5 m/s tájékoztató alsó határ alapján, és add meg a szükséges legkisebb légszállítást!

4. feladat (B)
Egy dolgozó poliuretán lakkot készül szórni. Milyen egyéni védőeszközöket kell viselnie, és milyen szűrőbetétet válasszon? Indokold a választ!

5. feladat (C)
Egy műhelyben a felületkezelő munkás a nap végén a lenolajos rongyot összegyűri, és egy műanyag vödörbe teszi, amit a fűrészporos hulladékgyűjtő mellé állít. Másnap a vödörben barna foltot és meleget érez. Mit kellett volna másként tennie? Magyarázd el a veszélyt és a helyes gyakorlatot!

6. feladat (D)
Készíts egy rövid ellenőrzőlistát egy kétkomponensű PU-lakkozás munkahelyi szabályaihoz! Legalább hat pontot tartalmazzon, és mindegyiknél tüntesd fel, mit kell ellenőrizni! (A fenti ellenőrzőlistától eltérően, saját szavakkal is lehet.)

30.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Az A2P2 kombinált szűrő: az „A” rész szerves gőzöket, a „P” rész részecskéket szűr. Tehát mindkettő ellen véd.
2. Mert az olajos rongy öngyulladásra hajlamos: a lassú oxidáció hőt termel, és a fűrészporban a hő nem tud eltávozni, így tűz keletkezhet.

3. A gyártó által megadott használati idő vagy műszakszám letelt, a betét sérült vagy nedves, a szűrőbetét elszennyeződött, a légzési ellenállás megnőtt, vagy a használati idő elérte az előírt cserét.
4. Azonnal, legalább 15 percig bő vízzel öblíteni, a szemhéjat nyitva tartva, majd orvoshoz fordulni.
5. Veszélyes hulladék gyűjtőedénybe, nem a lefolyóba, nem a kommunális hulladékba.

1. feladat (A)
A három fő veszélyforrás-csoport:
- Belégzés (oldószergőzök, izocianátgőz, por).
- Bőr- és szemkontaktus (folyékony anyag, fröccsenés).
- Tűz és robbanás (éghető gőzök, porok, öngyulladó rongyok).

2. feladat (A)
Adott: $m_{\text{hígító}} = 1{,}5\,\text{kg}$, VOC-tartalom $= 90\,\%$.
Keresett: m_{VOC}.

$$m_{\text{VOC}} = 1{,}5\,\text{kg} \cdot 0{,}90 = 1{,}35\,\text{kg}$$

Ellenőrzés: 1,5 kg 90%-a valóban 1,35 kg. ∎

3. feladat (B)
Adott: $A = 1{,}5 \cdot 0{,}8 = 1{,}2\,\text{m}^2$, $Q = 24\,\text{m}^3/\text{min} = 0{,}4\,\text{m}^3/\text{s}$.
Keresett: v és $Q_{\min}$.

$$v = \frac{0{,}4\,\text{m}^3/\text{s}}{1{,}2\,\text{m}^2} \approx 0{,}33\,\text{m/s}$$

Értékelés: $0{,}33\,\text{m/s} < 0{,}5\,\text{m/s}$, az elszívás elégtelen. $Q_{\min} = 0{,}5 \cdot 1{,}2 = 0{,}6\,\text{m}^3/\text{s} = 36\,\text{m}^3/\text{min}$ (tájékoztató, ellenőrizendő). ∎

4. feladat (B)
A poliuretán lakk szórásához a dolgozónak viselnie kell:
- A biztonsági adatlap szerinti légzésvédőt: izocianátos (2K PU) szórásnál ez gyakran külső levegős (túlnyomásos) készülék; szűrős félálarcot (A2P2 vagy a gyártó által előírt kombinált szűrőbetéttel) csak akkor, ha az adatlap megengedi, rögzített, nem szag szerinti betétcserével (ellenőrizendő: biztonsági adatlap 8. szakasza).
- Nitril (vagy az adatlapon megadott) védőkesztyűt, mert az izocianát és oldószerek bőrön át is felszívódnak.
- Védőszemüveget vagy arcvédőt a fröccsenés ellen.
- Lakkálló kötényt vagy overallt.

Indoklás: az izocianát komponens szenzibilizáló hatású, ezért a bőr és a légutak teljes védelme szükséges.

5. feladat (C)
A munkás hibája, hogy az olajos rongyot összegyűrte, és éghető anyag (fűrészpor) közelében tárolta. A lenolaj lassú oxidációja hőt termel, a gyűrt rongyban a hő nem tud eltávozni, ezért a hőmérséklet emelkedik, és a rongy öngyulladhat. A műanyag vödör nem alkalmas a hő elvezetésére, és a fűrészpor közelében tovább nő a tűz kockázata. Helyes gyakorlat: a rongyot vízzel átnedvesítve, kiterítve, vagy zárt, fémből készült, feliratozott veszélyeshulladék-gyűjtőben kell tárolni. A fémtároló megakadályozza az oxigénbejutást és elvezeti a hőt.

6. feladat (D)
Példa ellenőrzőlista (legalább hat pont):

1. Biztonsági adatlap elolvasása – ellenőrizd a veszélyjeleket és az előírt EVE-ket.
2. Elszívás bekapcsolása – ellenőrizd, hogy a légáramlás érezhető, a szűrők nem telítettek.
3. EVE felvétele – A2P2 álarc, nitrilkesztyű, védőszemüveg, kötény; ellenőrizd a szűrőbetét állapotát.
4. Gyújtóforrás-mentesség – nincs nyílt láng, hősugárzó, dohányzás; az elektromos eszközök robbanásbiztosak.
5. Anyagok előkészítése – csak az aznapi mennyiség, a keverés zárt edényben, az izocianátos edényt azonnal visszazárni.
6. Tisztítás – a mosóoldószert zárt gyűjtőedénybe önteni, a szennyezett rongyot veszélyeshulladék-gyűjtőbe tenni.
7. Dokumentálás – a felhasznált anyag, a szűrőbetét használati ideje, a hulladék mennyisége a munkanaplóban.

30.3.17. Rövid összefoglaló

A felületkezelés egészség-, tűz- és környezetvédelmi szabályai az asztalos mindennapi munkájának részei, nem külön „elmélet”. Az oldószergőzök, izocianátok és a csiszolási por belélegezve, bőrre kerülve súlyos egészségkárosodást okozhatnak; a poliuretán lakkok izocianát komponense szenzibilizálhat, ezért a biztonsági adatlap szerinti légzésvédő (szórásnál gyakran külső levegős készülék, ill. A2P2 jelű szűrőbetét az adatlap engedélyével; ellenőrizendő) és a vegyszerálló kesztyű kötelező. A felületkezelő anyagok többsége éghető folyadék: a gőzök a levegővel robbanóképes elegyet alkothatnak, ezért a munkaterületen gyújtóforrás nem lehet, a szellőzésnek és a tárolt mennyiség korlátozásának elsődleges szerepe van. A természetes olajos rongyok öngyulladásra hajlamosak, ezért vízzel átnedvesítve vagy zárt fémtárolóban kell őket gyűjteni. A felületkezelés hulladékai – mosóoldószer, szennyezett rongy, üres doboz – veszélyes hulladékok, nem kerülhetnek a kommunális hulladékba vagy a lefolyóba. Elsősegélynél a szem és a bőr bő vizes öblítése, friss levegő, és azonnali orvosi segítség szükséges. A biztonsági adatlap az első és legfontosabb forrás, minden anyag kezelése előtt olvasni kell. **Továbbvitt eredmény.** Ez az ismeret alapozza meg a vizsgaremek és a vizsga biztonsági kérdéseit, valamint minden olyan későbbi műhelymunkát, ahol lakkal, páccal, olajjal vagy oldószerrel dolgoznak.

Továbbvitt eredmény. A felületkezelés egészség-, tűz- és környezetvédelmi szabályainak ismerete minden későbbi felületkezelési gyakorlatban, a vizsgaremek készítésekor és a vizsga biztonsági kérdéseinél alapkövetelmény. Ezt az anyagot a Vizsgafelkészülés fejezet feladatai is visszakérdezik, és a műhelyben dolgozó asztalos mindaddig használja, amíg festékkel, lakkal, oldószerrel vagy olajjal dolgozik.

30.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet olyan általános, stabil szakmai ismeretekre épül, mint az oldószerek, izocianátok, VOC, expozíciós határértékek, tűzvédelmi elvek és veszélyes hulladékok kezelésének alapjai. A konkrét jogszabályi számokat, határértékeket, a szűrőbetétek pontos jelölését, a lobbanáspont- és VOC-adatokat nem ellenőriztük, azok tanulási példaként szerepelnek. A következőket kell a kiadás előtt lektoráltatni és a hatályos követelményekkel pontosítani:

- A CLP-, REACH-rendeletek és a magyar munkahelyi vegyi anyagokra vonatkozó rendeletek aktuális száma és tartalma.
- A munkahelyi expozíciós határértékek (különösen izocianátok, oldószerek, fapor) aktuális értékei.
- A felületkezelő területek tűzveszélyességi osztályba sorolása és a zónabesorolás követelményei.

- A veszélyes hulladékok azonosító kódjai és a hulladékkezelésre vonatkozó aktuális előírások.
- A VOC-kibocsátási határértékek és a termékkategóriákra vonatkozó jogszabályi követelmények.
- A légzésvédő szűrőbetétek osztályozása és a cserére vonatkozó gyártói ajánlások.
- A felületkezelő fülkékre jellemző légcsereszámok és szellőzési követelmények (aktuális szabványok és gépkönyvek szerint).

VII. RÉSZ – Bútorasztalos termékek

31 Bútorasztalos alapismeretek

31.1. A bútor fogalma, rendeltetése, csoportosítása és funkcionális méretei

31.1.1. Motiváció: miért kell ismerned a bútort és a méreteit?

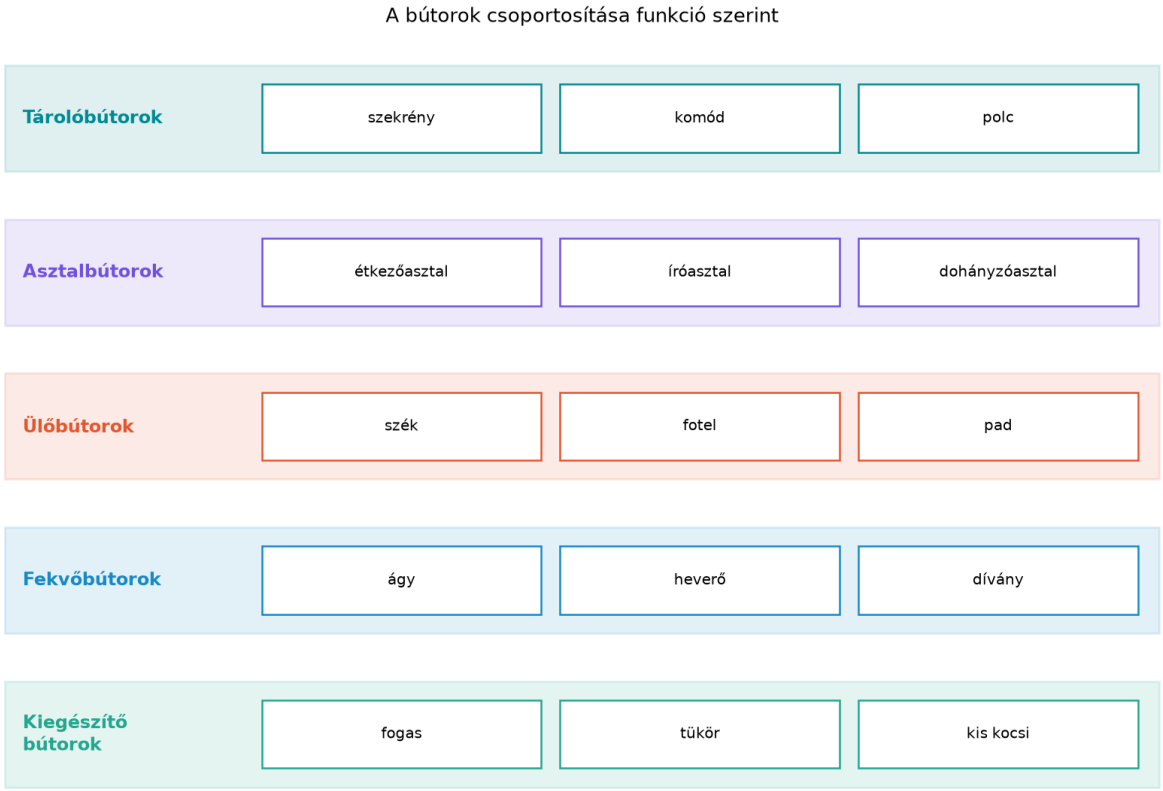
Egy vevő azzal keres meg, hogy konyhabútort szeretne. Elmondja, hogy a felesége alacsonyabb, ő viszont magas, és szeretné, ha nem fájdulna meg a hátuk a főzéstől. Egy másik megrendelő komódot kér az előszobába, de kisgyerek is van a lakásban. Az asztalosnak ilyenkor nem elég szépen rajzolni és pontosan megmunkálni: ismernie kell, mire való a bútor, milyen emberi testméretekhez kell igazítani, milyen szerkezetből lesz stabil, és mikor kell a falhoz rögzíteni.

A bútor nem csak „valami fából”. Olyan használati tárgy, amely az ember testéhez, mozgásához és tárgyaihoz illeszkedik. Ha rossz a magassága, kényelmetlen; ha rossz a szerkezete, lötyög vagy felborul; ha rossz az anyaga, hamar tönkremegy. Ezért ebben az alfejezetben először a bútor fogalmát, rendeltetését és csoportosítását tanulod meg, majd a legfontosabb ergonómiai és funkcionális méreteket.

31.1.2. Szemléletes kép: a bútor, mint rendszer

Képzeld el a következő helyzetet a tanműhelyben: egy szoba berendezését tervezed. Egymás mellett áll egy gardróbszekrény, egy íróasztal székkel, mellette polc, az ágy mellett éjjeliszekrény, a bejáratnál fogas. Mindegyik más feladatot lát el, de együtt kell működniük az emberrel és a térrel.

A bútorokat legkönnyebben funkciójuk szerint csoportosíthatjuk. Ezt mutatja az alábbi rétegábra.



31.1. ábra. A bútorok csoportosítása funkció szerint - Szemléltető felosztás, nem léptékhelyes ábra.

A rétegek nem azt jelentik, hogy a bútorok egymásra épülnek, hanem azt, hogy a tervezésnél minden bútort a saját csoportjában érdemes vizsgálni. A tárolóbútorok a tárgyaknak adnak helyet, az asztalbútorok a különböző tevékenységek munkafelületét adják, az ülőbútorok a testet támasztják meg, a fekvőbútorok a pihenést szolgálják, a kiegészítő bútorok pedig kisebb, de hasznos feladatokat látnak el.

31.1.3. A bútor fogalma és rendeltetése

Definíció. A **bútor** olyan berendezési tárgy, amely az ember testi kényelmét, testhelyzetét, tevékenységét vagy a tárgyak tárolását szolgálja, és az épített környezet – lakás, munkahely, középület – használhatóságát javítja. A bútor lehet szabadon álló vagy beépített, hordozható vagy rögzített, készen vásárolt vagy egyedi gyártású.

A bútor rendeltetése három nagy területre bontható:

1. **Testi rendeltetés.** A bútor megtámasztja a testet ülés, fekvés, támaszkodás közben, és a testméretnek megfelelő magasságot biztosít a munkához, étkezéshez, pihenéshez.
2. **Tároló rendeltetés.** A bútor elzárja, rendszerezi, védi a ruhát, könyvet, edényt, szerszámot, élelmiszert vagy más tárgyat.
3. **Tér- és hangulati rendeltetés.** A bútor tagolja a teret, meghatározza a közlekedési utakat, otthonosságot, hivatalosságot vagy éppen munkahelyi jelleget ad a helyiségnek.

Egy bútor gyakran egyszerre több rendeltetést is ellát. Például az íróasztal munkafelületet ad, fiókjaiban tárol, és a szoba képét is alakítja.

31.1.4. Bútorasztalos alapismeretek

Az asztalos szakmában **bútorasztalosnak** nevezzük azt a szakembert, aki elsősorban bútorokat – szekrényeket, asztalokat, ülő- és fekvőbútorokat, beépített bútorokat – tervez, gyárt, szerel és javít. A bútorasztalos munkája eltér az épületasztalostól, aki ajtókat, ablakokat, lépcsőket készít, bár a két terület sokszor összeér.

A bútorasztalos alapismeretek közé tartozik:

- a bútorok csoportosítása és szerkezeti felépítése,
- az emberi testméretek (ergonómia) ismerete,
- a bútoroknál használt anyagok, vasalatok, kötések,
- a bútorrajzok, szerelési és gyártási dokumentációk,
- a stabilitási, biztonsági és minőségi követelmények.

Ezeket az ismereteket a későbbi fejezetek – például a szekrények, asztalok, ülő- és fekvőbútorok tervezése és gyártása – használják fel.

31.1.5. A bútorok csoportosítása

31.1.5.1. Csoportosítás funkció szerint

Ez a legfontosabb felosztás a mindennapi munkában.

- **Tárolóbútorok:** szekrény, komód, polc, vitrin, gardrób, konyhaszekrény, íróasztal tárolórésszel. Feladatuk a tárgyak rendezett, védett, könnyen elérhető tárolása.
- **Asztalbútorok:** étkezőasztal, íróasztal, dohányzóasztal, konferenciaasztal, konyhai munkalap. Feladatuk a különböző tevékenységek – étkezés, írás, számítógépes munka, társalgás – sík, megfelelő magasságú felületének biztosítása.
- **Ülőbútorok:** szék, karosszék, fotel, pad, támlás szék, hokedli. Feladatuk a test kényelmes, egészséges megtámasztása ülés közben.
- **Fekvőbútorok:** ágy, heverő, dívány, kanapé, gyermekágy. Feladatuk a pihenéshez, alváshoz megfelelő fekvőfelület biztosítása.
- **Kiegészítő bútorok:** fogas, tükör, éjjeliszekrény, virágállvány, dohányzóasztal-készlethez tartozó kis elem, cipősszekrény előszobába. Feladatuk kisebb, de a lakás használatához szükséges kényelmi funkciók ellátása.

31.1.5.2. Csoportosítás szerkezet szerint

Ezt a felosztást a Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet alfejezetben már megismerted. A bútorok jellemzően a négy alapszerkezet valamelyikéből vagy ezek kombinációjából épülnek fel.

- **Lapszerkezetű bútor:** a fő elemek lapokból állnak, például polcos szekrény, oldallapos komód, bútorlapból készült konyhaszekrény.
- **Keretszerkezetű bútor:** oszlop- és keresztlécekből álló váz, amelybe betétet helyeznek; például keretes ajtó a szekrényen, tömörfa asztalláb-keret.
- **Kávaszerkezetű bútor:** dobozszerű, zárt oldalú elem, például fiók, szekrénykorpusz, ládaszerű éjjeliszekrény.
- **Állványszerkezetű bútor:** lábakból és kötőlécekből álló váz, például asztalállvány, székállvány, padlóra támaszkodó polcállvány.

Sok bútor **összetett szerkezetű**: például egy íróasztal teteje lapszerkezet, fiókjai kávaszerkezet, lába pedig állványszerkezet.

31.1.5.3. Csoportosítás anyag szerint

- **Tömörfa bútor:** fő elemei tömör fából készülnek; jellemzője a fa természetes rajzolata, melegsége, javíthatósága, de a fa mozgását figyelembe kell venni.
- **Faalapú lapbútor:** forgácslapból, MDF-ből, rétegelt lemezből, bútorlapból készül; jellemzője az egyenletes méret, a jó megmunkálhatóság, a kedvező ár.
- **Furnérozott bútor:** a lapanyag felületére vékony fafurnért ragasztanak, így tömörfa megjelenést kap, miközben a lapanyag stabilitása megmarad.
- **Fém, műanyag, üveg, kő kombinációjú bútor:** például fémvázas asztal üveglappal, műanyag fiókbetétek, kőlapos konyhai munkalap.
- **Kárpitozott bútor:** a vázra párnázat és textil- vagy bőrbevonat kerül; például fotel, kanapé, fejtámlás ágy.

31.1.5.4. Csoportosítás elhelyezés szerint

- **Szabadon álló bútor:** önállóan, a térben elhelyezhető; átmozgatható, áthelyezhető.
- **Beépített bútor:** a falhoz, fülkéhez, padlóhoz vagy mennyezethez rögzítve készül; például beépített gardrób, konyhabútor, folyosószekrény. Előnye, hogy pontosan a helyiség méretéhez illeszkedik, és gyakran jobban kihasználja a teret.

A gyakorlatban a vevő és a terv dönti el, hogy szabadon álló vagy beépített bútort készítünk. A beépített bútornál a helyszíni felmérés, a falak, padló és mennyezet egyenetlenségeinek figyelembevétele különösen fontos.

31.1.6. A bútorok jellemzői: funkció, szerkezet, anyag, forma, ár

Egy bútor kiválasztásánál vagy tervezésénél mindig öt alapvető jellemzőt vizsgálunk.

1. **Funkció:** mire használjuk a bútort? Hány ember használja egyszerre? Milyen gyakran? Milyen terhelést kell elviselnie?
2. **Szerkezet:** milyen szerkezeti elven épül fel? Kell-e mozgó alkatrész, például ajtó, fiók? Mennyire merev, mennyire bontható?
3. **Anyag:** milyen alapanyagból készül? Milyen a kopásállósága, nedvességállósága, javíthatósága? A gyártási technológia ebből következik.
4. **Forma:** hogyan néz ki a bútor? Illeszkedik-e a lakás stílusához, a használó ízléséhez? A forma és a funkció nem lehet ellentétben.
5. **Ár:** mennyibe kerül az anyag, a munka, a vasalat, a felületkezelés? Az árnak arányban kell lennie a minőséggel és a vevő elvárásával.

Ezeket a jellemzőket mindig együtt kell gondolkodni. Például egy olcsó forgácslapból készült gardrób lehet funkcionális, de rövid élettartamú; egy tömör tölgy szekrény drágább, de javítható és hosszú évtizedekig szolgál.

31.1.7. Ergonómia és funkcionális méretek

Az **ergonómia** az ember és a használati tárgy, a munkakörnyezet kölcsönhatását vizsgálja. A bútor tervezésénél az emberi testméreteket, a mozgástartományokat és a használat módját kell alapul venni.

Az itt megadott méretek **tájékoztató értékek, nem tervezési előírások.** A pontos adatot mindig a felhasználó testmérete, a termék rendeltetése, a gyártó adatlapja és a hatályos szabvány dönti el. Például egy irodabútorra szigorúbb előírások vonatkoznak, mint egy alkalmi dohányzóasztalra.

31.1.7.1. Legfontosabb ergonómiai méretek

Bútor vagy helyzet	Jellemző méret (mm)	Tájékoztató tartomány (mm)
Étkezőszék ülésmagassága	450	430–470
Íróasztal munkamagassága	740	720–760
Étkezőasztal magassága	750	720–760
Konyhai munkalap magassága	900	850–920
Dohányzóasztal magassága	450	400–500
Éjjeliszekrény magassága	600	550–650
Könyvespolc mélysége	280	250–300
Ruhás gardrób mélysége	550	500–600
Fogas alsó akasztómagassága	1100	1000–1200
Magas tárolóbútor (komód, szekrény) felső fiókjának fogantyúja – álló használat	1150	1000–1200

A táblázatban a méretek **mm-ben** értendők. A rajzon a mm-t nem írjuk ki, de a táblázatban a félreértés elkerülése miatt feltüntettük.

31.1.7.2. Néhány fontos összefüggés

Az **ülésmagasság** egy széknél elsősorban a térdhajlat belső magasságától függ. Ez függőlegesen a talajtól a térdhajlatig mért távolság. Az ülésmagasság a (mezítláb mért) térdhajlat-magasság plusz a cipő vastagsága (kb. 2–3 cm), mínusz egy kis ráhagyás, hogy az ülés éle a comb alsó felét ne nyomja (kb. 2–3 cm). A két korrekció nagyjából kiegyenlíti egymást, ezért tanulási példaként a tájékoztató becslőképlet (cipőráhagyással, ellenőrizendő: ergonómiai táblázat):

$$h_{\text{ülés}} \approx h_{\text{popliteális}} + 2\,\text{cm},$$

ahol a popliteális magasságot közelíthetjük a testmagasság arányával, például:

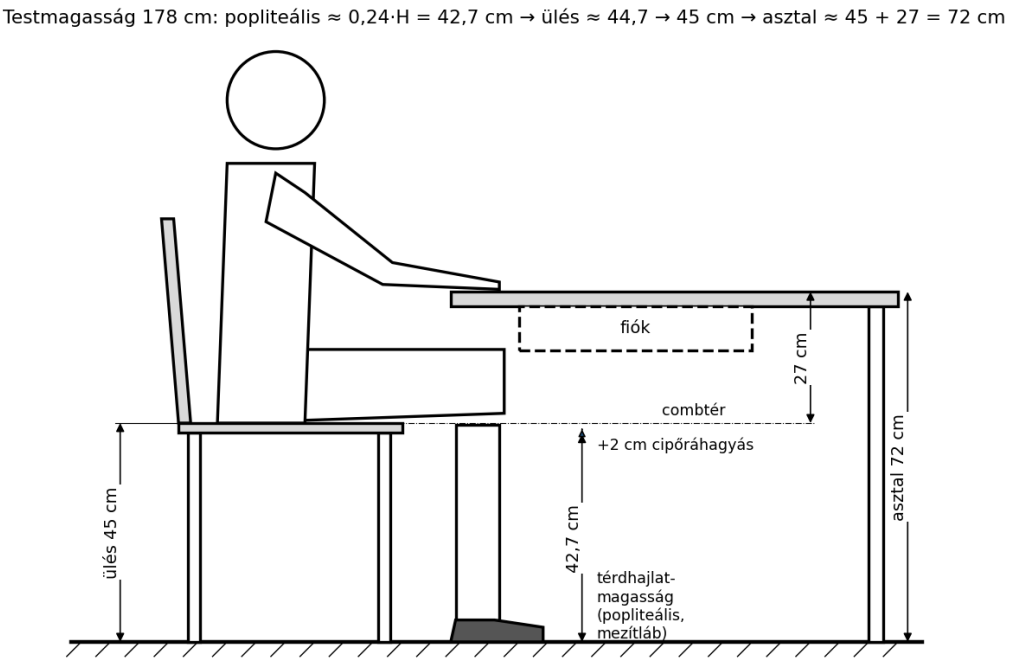
$$h_{\text{popliteális}} \approx 0{,}24 \cdot H_{\text{test}}.$$

Ezek az összefüggések **tanulási példák**, az arányszámokat és a pontos korrekciókat mindig az aktuális ergonómiai táblázatból vagy szabványból kell ellenőrizni (ellenőrizendő).

Az **asztalmagasság** ülőmunkánál az ülésmagasságtól függ. Íróasztalnál a munkalap körülbelül 27–30 cm-rel legyen a szék ülőfelülete felett, ahogy az alábbi képlet is mutatja:

$$h_{\text{asztal}} \approx h_{\text{ülés}} + 27\,\text{cm}.$$

Ismét hangsúlyozzuk: ez tájékoztató érték, a pontos asztalmagasság a felhasználó testarányaitól, a feladat jellegétől és a szabványtól függ.



31.2. ábra. Ülésmagasság és asztalmagasság levezetése a testmagasságból (178 cm-es példa; tájékoztató becslőképletek)

Az ábrán a méretvonalak egymásra épülnek: a térdhajlat-magasságból a cipőráhagyással lesz ülésmagasság, ehhez adódik a 27 cm-es asztal–ülés különbség. Az interaktív változatban a testmagasság csúszkával állítható; a táblázat tartományán kívül eső érték figyelmeztetést kap.

A **polcmélység** a tárolt tárgy mélységétől függ. Könyvekhez 250–300 mm elegendő, ruhákhoz 500–600 mm kell, konyhai felsőszekrényhez 300–350 mm a gyakori, íróasztal polcához pedig 250–300 mm. A túl mély polc hátránya, hogy a hátsó sor nehezen elérhető, és a polc hajlamosabb a belógásra.

A **fogantyúmagasság** az ajtók és fiókok kényelmes nyitását szolgálja. Álló használatú tárolóbútoron (komód, szekrény) a leggyakoribb tartomány 850–1200 mm közötti; az ülve használt íróasztal fiókja a lap alatt van, fogantyúja ennél jóval alacsonyabban. A felső fiók fogantyúja ne kerüljön 1200 mm fölé, az alsó fiók pedig ne legyen 300 mm-nél alacsonyabban, mert akkor már mélyen le kell hajolni (tájékoztató).

A **fekvőfelület hossza** ágyaknál a testmagasságnál legalább 100–150 mm-rel nagyobb legyen. Például egy 180 cm magas embernek 190–200 cm hosszú fekvőfelület javasolt (tájékoztató).

Ezekből az adatokból látszik, hogy a bútor méreteit nem találomra vesszük fel, hanem a használó testméreteiből és a tevékenységből vezetjük le. Ilyenkor mindig a **használati oldalt** nézzük: hol áll, ül, hajol, nyújtózik az ember, és mennyi hely kell a mozgáshoz.

31.1.8. Minőségi és biztonsági követelmények

Szabvány. A lakossági bútorokra vonatkozó európai szabványok – például a tárolóbútorokra az MSZ EN 14749, az asztalokra az MSZ EN 12521, az ülőbútorokra az MSZ EN 12520, az irodai munkaasztal és -szék méreteire az MSZ EN 527-1 és az MSZ EN 1335-1, a gyermekágyakra az MSZ EN 716 (ellenőrizendő: hatályos kiadás és pontos cím) – stabilitási, szilárdsági és mechanikai biztonsági követelményeket írnak elő. Az alacsony, gyermekek által is használt bútoroknál a borulásveszély miatt a magas szekrényeket, komódokat, polcokat a falhoz vagy más szerkezethez kell rögzíteni, ha magasságuk, mélységük és súlyeloszlásuk ezt indokolja. A pontos határértékek gyártótól, termékszabványtól és a bútor rendeltetésétől függenek (ellenőrizendő).

A bútorok minőségi követelményei:

- **Stabilitás:** a bútor használat közben nem billenhet le, nem csúszhat el, és a kihúzott fiókok, nyitott ajtók nem boríthatják fel.
- **Teherbírás:** a polcok, asztallapok, ülőfelületek az előírt terhelést maradandó alakváltozás és törés nélkül viseljék.
- **Él- és sarokkiképzés:** a használat során elérhető élek, sarkok legyenek sorjamentesek; gyermekbútoroknál gyakran lekerekítettek.
- **Mozgó alkatrészek:** az ajtók, fiókok csendesen, akadásmentesen működjenek; a fiókok ne tudjanak kicsúszni, a zsanérok ne csípjék meg az ujjat.
- **Felület:** a felület legyen sima, könnyen tisztítható, és ne váljon le, ne karcolódjon a normál használat során.
- **Egészségvédelem:** az anyagokból ne párologjanak el káros anyagok a használat során. A faalapú lapoknál a formaldehid-kibocsátást jelölni és korlátozni kell (ellenőrizendő: hatályos előírás).

A **borulás elleni rögzítés** például magas komódoknál, könyvespolcoknál, cipősszekrényeknél kötelező biztonsági elem. A rögzítőelem lehet fali heveder, sarokvas, csavar és dűbel. Ennek felszerelését a szerelési útmutatónak tartalmaznia kell, és a helyszíni szerelésnél is ellenőrizni kell.

31.1.9. Kidolgozott példa: íróasztal és szék mérete 178 cm-es használóhoz

Egy vevő 178 cm testmagasságú, otthoni irodájába íróasztalt és hozzá illő széket kér. A feladat: határozd meg a szék ülőmagasságát, az íróasztal lapmagasságát, egy hozzá tartozó polc mélységét és a leggyakrabban használt fiók fogantyújának magasságát (az íróasztal lapja alatt).

Adott: - testmagasság $H_{\text{test}} = 178\,\text{cm}$, - tájékoztató becslőképlet popliteális magasságra, - tájékoztató hozzáadások az ülőfelülethez, asztalmagassághoz.

Keresett: - ülőmagasság, - íróasztal magassága, - polcmélység, - felső fiók fogantyúmagassága.

Megoldás lépésenként:

1. Becsüljük a popliteális magasságot:

$$h_{\text{popliteális}} \approx 0{,}24 \cdot 178\,\text{cm} = 42{,}7\,\text{cm}.$$

2. Az ülőmagasságot a cipő magasságának figyelembevételével és a kényelmes combhelyzet miatt 2 cm-rel növeljük:

$$h_{\text{ülés}} \approx 42{,}7 + 2 = 44{,}7\,\text{cm}.$$

3. A szabadpiacon kapható székeknél jellemzően 45 cm-es ülőmagasságot választunk, mert ez a legközelebbi érték. Ez a méret illeszkedik a táblázatunk 430–470 mm-es tartományába.

4. Az íróasztal magasságát az ülőmagasságból számítjuk:

$$h_{\text{asztal}} \approx h_{\text{ülés}} + 27\,\text{cm} = 45 + 27 = 72\,\text{cm}.$$

Tehát 72 cm magas munkalapot tervezünk. A táblázatunk szerint 720–760 mm közötti érték, tehát megfelelő.

5. A polc mélységét a rendeltetésből határozzuk meg. Az íróasztal fölötti polcra dokumentumok, mappák, könyvek kerülnek. Jó választás a **300 mm** mélység, mert elég nagy a mappáknak, de a hátsó sor is elérhető.

6. Az íróasztal fiókja a lap alatt van, ezért a fogantyút a lap alatt kb. 80–120 mm-rel helyezzük el: **kb. 620 mm** magasságban (a 720 mm-es lapnál). Ülve így kényelmesen elérhető. (Az 1000–1200 mm-es fogantyúzóna az álló használatú magas komódokra és szekrényekre érvényes, nem az íróasztalra.)

Ellenőrzés. Minden méret a táblázatunk tájékoztató tartományában van (a fiók fogantyúja a lap alatt, ülve elérhető), és a 178 cm-es testmagassághoz illeszkedik. A pontos értékeket a gyártó szék- és asztaltípusa, valamint az adott szabvány pontosítja. ∎

Ez a példa azt is megmutatja, hogy a méreteket nem felvesszük, hanem a használó testméreteiből vezetjük le. Ugyanez a gondolatmenet kell később a szekrények, asztalok, ülő- és fekvőbútorok tervezésénél.

31.1.10. Minőségellenőrzés

A bútor készítése vagy szerelése után a következőket ellenőrizzük:

- **Méretezés.** Mérjük meg a fő méreteket – magasság, szélesség, mélység – és hasonlítsuk a rajzhoz. A tájékoztató tűrés legfeljebb ±1 mm az alkatrésznél, a teljes bútornál ±2–3 mm (ellenőrizendő: a termékszabvány).
- **Stabilitás.** Állítsuk a bútort a végleges helyére, terheljük próbával, nyissuk ki az ajtókat és fiókokat. A bútor nem billenhet, nem inoghat.
- **Fali rögzítés.** Ellenőrizzük, hogy a borulás elleni rögzítőelem felszerelt, a csavar a falban tartósan ül, és a heveder nincs lazán.
- **Élek és felület.** Húzzuk végig a kezünket az éleken; sorja, szálka, éles sarok nem maradhat. A felület ne legyen ragacsos, foltos, karcolt.
- **Mozgó alkatrészek.** Az ajtók bárhol nyitva maradnak, a fiókok csúsznak, nem akadnak, a vasalatok nem lötyögnek.

Ha eltérést találunk, a bútort ne adjuk át. Javítsuk a hibát, vagy ha nem javítható, jelöljük meg, és tájékoztassuk a megrendelőt.

31.1.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba: az íróasztal túl magas vagy túl alacsony.**
   Oka: nem mértük meg a használó testmagasságát, vagy „megszokásból” 760 mm-t választottunk.
   Helyes gyakorlat: kérdezzük meg a használó magasságát, és a becslőképlet szerint, vagy állítható asztallal dolgozzunk.
2. **Hiba: a magas komód nincs a falhoz rögzítve.**
   Oka: spórolás, figyelmetlenség, vagy a szerelési útmutató figyelmen kívül hagyása.
   Helyes gyakorlat: minden borulékony bútornál rögzítőelemet szereljünk fel, és ezt ellenőrizzük a helyszíni szerelésnél.
3. **Hiba: a polc túl mély, ezért a hátsó tárgyak elérhetetlenek.**
   Oka: a polcot a hely rendelkezésre álló mélységéhez terveztük, nem a tárolt tárgy mélységéhez.
   Helyes gyakorlat: először a tárgy méretét, majd a polc mélységét határozzuk meg.
4. **Hiba: a fogantyú 1300 mm magasan van, ezért alacsonyabb ember nem éri el.**
   Oka: a frontfelületre „szépnek” tűnő helyre tettük a fogantyút, nem a használó kézmagasságához.
   Helyes gyakorlat: álló használatú tárolóbútoron a leggyakrabban használt fogantyú 850–1200 mm között legyen.
5. **Hiba: a szék ülőmagassága fix, de a család tagjai között 20 cm különbség van.**
   Oka: egy méretet választottunk mindenkinek.
   Helyes gyakorlat: állítható magasságú széket, vagy több, eltérő ülőmagasságú széket tervezzünk.

31.1.12. Valós életbeli alkalmazás: beépített gardrób két testmagassággal

Egy családi házban beépített gardróbot tervezünk. A férj 192 cm, a feleség 158 cm. A gardrób szekrényteste 2300 mm magas, és a vevő szeretné, ha mindketten kényelmesen elérnék a ruháikat.

Megoldásunk:

- A gardróbot **két oszlopra** osztjuk. A feleség oszlopában a rúd 1600 mm magasan van, fölötte polc 1900 mm-en, így a feleség kényelmesen eléri a ruháit. A férj oszlopában a rúd 1900 mm-en van (hosszú ruháknak), fölötte polc 2050 mm körül (tájékoztató). Egy oszlopban két rúd csak rövid ruhákhoz, kb. 1000 mm-es osztással (pl. 1000 és 2000 mm) helyezhető el, mert a lógó ruha kb. 1000 mm helyet igényel.
- A legfelső polcokra ritkán használt tárgyak kerülnek; a feleség fellépőt használ hozzá.
- Az alsó fiókok magassága 800 mm körül van, a felső fiókok fogantyúja 1100 mm, így mindkettő eléri anélkül, hogy mélyen le kellene hajolni.
- A gardróbajtók tolóajtók, mert így kinyitott állapotban sem foglalnak helyet a közlekedőben.

Ebből a példából is látszik, hogy a bútor tervezésekor a testméretek és a használat szokásai együtt határozzák meg a belső beosztást.

31.1.13. Önellenőrzés

Válaszolj a kérdésekre! A válaszokat a Megoldások elején találod.

1. Igaz vagy hamis? A bútor kizárólag tárolásra szolgál. Indokold.
2. Sorolj fel legalább négy bútorcsoportot funkció szerint.
3. Egy használó 165 cm testmagasságú. A becslőképlet szerint mennyi a popliteális magassága, és mekkora ülőmagasságot választanál?
4. Miért kell a magas komódot a falhoz rögzíteni?
5. Melyik polcmélység indokolt egy könyvespolcnál? Miért nem jó a 600 mm-es mélység?
6. Sorolj fel három minőségi követelményt, amelyet egy elkészült szekrénynél ellenőrzöl.

31.1.14. Feladatok

31.1.14.1. 1. feladat (A)

Fogalmazd meg saját szavaiddal, mit jelent az, hogy egy bútor „ergonomikus”. Adj egy példát arra, amikor egy bútor ergonómiailag rossz.

31.1.14.2. 2. feladat (A)

Az alábbi bútorokat sorold be funkció és szerkezet szerint: gardróbszekrény, étkezőszék, ágy, dohányzóasztal, cipősszekrény.

31.1.14.3. 3. feladat (B)

Egy 165 cm testmagasságú embernek íróasztalt tervezel. A becslőképletek alapján számítsd ki: - a popliteális magasságot, - a választott ülőmagasságot, - az íróasztal magasságát.

Indokold, miért ezeket az értékeket választottad.

31.1.14.4. 4. feladat (B)

Tervezd meg egy íróasztal fiókjának fogantyúmagasságát és egy felette lévő könyvespolc mélységét. A használó 160 cm magas. Válaszd ki a tájékoztató tartományból a megfelelő értékeket, és indokold.

31.1.14.5. 5. feladat (C)

Egy családi gardrób tervezésénél a férj 190 cm, a feleség 160 cm. Hogyan osztanád be az akasztórudak, polcok és fiókok magasságát? Készíts rövid méretlistát (mm-ben), és indokold a zónarendszert.

31.1.14.6. 6. feladat (D)

Egy 1200 mm magas, 400 mm mély, 900 mm széles komódot készítünk gyerekszobába. Milyen biztonsági vizsgálatot végeznél átadás előtt? Írj ellenőrző listát legalább öt ponttal, amely tartalmazza a stabilitásvizsgálatot és a borulás elleni rögzítést is.

31.1.15. Megoldások

31.1.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A bútor nem csak tárolásra szolgál; rendeltetése a test megtámasztása, a tevékenység segítése és a tér alakítása is.
2. **Tároló-, asztal-, ülő-, fekvő- és kiegészítő bútorok.** Például szekrény, íróasztal, szék, ágy, fogas.
3. **Popliteális magasság:** $0{,}24 \cdot 165 = 39{,}6\,\text{cm}$. Az ülőmagasság körülbelül $39{,}6 + 2 = 41{,}6\,\text{cm}$, tehát praktikusan **42 cm**-t választunk.
4. **Mert a magas, keskeny komód felborulhat**, ha a gyerek vagy a felnőtt meghúzza, rátámaszkodik, vagy egyszerre kinyitja a fiókokat. A fali rögzítés megakadályozza a balesetet.
5. **Könyvespolc mélysége:** körülbelül 250–300 mm. A 600 mm túl mély, mert a hátsó sor könyvei nehezen elérhetők, és a polc jobban belóg.
6. **Például:** stabilitás próbaterheléssel; méretek ellenőrzése; ajtók, fiókok akadásmentessége; élek sorjamentessége; felületi minőség ellenőrzése.

31.1.15.2. 1. feladat (A)

Az ergonomikus bútor az emberi testméretekhez, mozgáshoz és használathoz igazodik. Például egy túl magas íróasztal ergonómiailag rossz, mert a használó felhúzott vállal dolgozik, ami nyak- és vállfájást okoz.

31.1.15.3. 2. feladat (A)

- Gardróbszekrény: funkció szerint tárolóbútor; szerkezet szerint tipikusan kávaszerkezet (korpusz) vagy keretszerkezet.
- Étkezőszék: funkció szerint ülőbútor; szerkezet szerint állványszerkezet (lábak és kötőlécek) vagy keretszerkezet.
- Ágy: funkció szerint fekvőbútor; szerkezet szerint állványszerkezet (ágyváz) vagy kávaszerkezet.
- Dohányzóasztal: funkció szerint asztalbútor; szerkezet szerint állványszerkezet (lábak és keret) összetett, gyakran lapszerkezetű lappal.
- Cipősszekrény: funkció szerint tároló- és kiegészítő bútor is lehet; szerkezet szerint kávaszerkezet.

31.1.15.4. 3. feladat (B)

Adott: $H_{\text{test}} = 165\,\text{cm}$.
Popliteális magasság: $h_{\text{popliteális}} \approx 0{,}24 \cdot 165 = 39{,}6\,\text{cm}$.
Választott ülőmagasság: $h_{\text{ülés}} \approx 39{,}6 + 2 = 41{,}6\,\text{cm}$, kerekítve **42 cm**.
Íróasztal magassága: $h_{\text{asztal}} \approx 42 + 27 = 69\,\text{cm}$.

A 42 cm-es ülőmagasság a szokásos 430–470 mm-es tartomány alatt van; alacsony használónál ez indokolt, de egyedi méret vagy állítható szék szükséges. A 69 cm-es asztalmagasság is a 720–760 mm-es táblázati tartományon kívül esik, ezért egyedi méret (**690 mm**), mert a 720–760 mm a magasabb felhasználókhoz illik. Ezzel a használó válla lazán marad írás közben.

31.1.15.5. 4. feladat (B)

Egy 160 cm magas használóhoz illeszkedő íróasztal: - Ülőmagasság a 3. feladat logikájából: $0{,}24 \cdot 160 + 2 = 40{,}4\,\text{cm} \approx 40\,\text{cm}$. (Itt nincs szükség a pontos asztal magasságra, csak a fogantyúra és polcra.) - Fogantyúmagasság: az íróasztal fiókja a lap alatt van; a kb. 690 mm-es lap alatt 80–120 mm-rel a fogantyú **kb. 590 mm** magasan van, ülve kényelmesen elérhető. (A 850–1200 mm-es zóna álló használatú tárolóbútorra érvényes.) - Könyvespolc mélysége: **250 mm**, mert a használó kisebb termetű, és a polc fölött lévő tárgyakat könnyebben elérje; a 300 mm is elfogadható, de a 250 mm elég könyveknek és kevésbé nyúlik előre.

31.1.15.6. 5. feladat (C)

Rövid méretlista a családi gardróbhoz:

- Feleség oszlopa: akasztórúd 1550 mm – a 160 cm-es feleség kényelmesen eléri; fölötte polc 1900 mm-en (fellépővel).
- Férj oszlopa: akasztórúd 1900 mm – a 190 cm-es férj hosszú ingei, kabátai elférnek, és ő eléri; fölötte polc kb. 2050 mm-en (fellépővel).
- Két rúd egy oszlopban csak rövid ruhákhoz, kb. 1000 mm-es osztással.
- Fiókok: alsó fiók 800 mm, felső fiók fogantyúja 1050 mm – mindkét ember kényelmesen húzza.
- Cipőspolc alul: 200–300 mm – könnyen elérhető.

Indoklás: a zónarendszer a gyakoriság és a testmagasság szerint osztja el a tárolókat. A gyakran használt dolgok 800–1600 mm között, a ritkábban használtak alul-felülkapnak helyet.

31.1.15.7. 6. feladat (D)

Ellenőrző lista a 1200 × 400 × 900 mm-es komódhoz gyerekszobában:

1. **Stabilitás üresen:** a komód szilárdan álljon, ne inogjon.
2. **Stabilitás nyitott fiókokkal:** nyissuk ki az összes fiókot, és terheljük próbával (például 5–10 kg fiókonként, tájékoztató); a bútor nem billenhet.
3. **Fali rögzítőelem megléte:** a hátlapon lévő rögzítő elem, heveder vagy sarokvas fel legyen szerelve; a falhoz rögzítő csavar és dűbel megfelelő anyagú falban.
4. **Fiók kicsúszásgátló:** a fiókok ne lehessenek teljesen kihúzhatóak teleszkópos sín nélkül; gyermekbiztos kiegészítő nem szükséges, de a fiók ne essen ki.
5. **Élek és sarkok:** a gyerekszobában a sarkok legyenek lekerekítettek; a felület sorjamentes.
6. **Figyelmeztetés:** a szerelési útmutatóban szerepeljen a fali rögzítés szükségessége; ezt a vevőnek is elmondjuk.

31.1.16. Rövid összefoglaló

A **bútor** olyan berendezési tárgy, amely az ember testi kényelmét, tevékenységét és a tárgyak tárolását szolgálja. Funkció szerint tároló-, asztal-, ülő-, fekvő- és kiegészítő bútorokra osztjuk. A bútor lehet szabadon álló vagy beépített, készülhet tömörfából, faalapú lapból, furnérozott lapból, fémből, műanyagból, és szerkezete lehet lap-, keret-, káva- vagy állványszerkezet, illetve ezek kombinációja. A bútor tervezésénél a funkció, szerkezet, anyag, forma és ár mellett az **ergonómiai méreteket** is figyelembe kell venni: ülésmagasság, asztalmagasság, polcmélység, fogantyúmagasság. A megadott értékek tájékoztatók, a pontos méret a használó testméreteitől és

a szabványtól függ. A bútorokra stabilitási, teherbírási, élességi és egészségvédelmi követelmények vonatkoznak; a magas, keskeny tárolókat borulás ellen rögzíteni kell. **Továbbvitt eredmény.** A funkcionális méretek és a csoportosítás alapján tervezzük a történelmi bútorstílusok formajegyeit, a szekrényeket, asztalokat, ülő- és fekvőbútorokat A történelmi bútorstílusok ismertetőjegyei, Szekrények jellemző típusai és szerkezetei, Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája, Asztalok jellemző típusai és szerkezetei és Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza alfejezetekben.

31.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

Az alfejezet a faipari bútorasztalos szakmai ismeretekre és a hazai szakgyakorlatra épül. A funkcionális méretek táblázata tájékoztató jellegű, az értékek a szokásos ergonómiai ajánlásokból származnak, de a pontos adatokat a hatályos MSZ EN szabványok és ergonómiai táblázatok pontosítják. **Ellenőrizendő:** a lakossági bútorokra vonatkozó szabvány pontos száma és biztonsági követelményei (például MSZ EN 14749 sorozat), a popliteális magasság becslőképletének érvényessége és a megadott arányszám, a formaldehid-kibocsátási határértékek, valamint a gyermekbútorokra vonatkozó speciális biztonsági előírások. Gyártás előtt mindig a konkrét termékszabványt, a gyártói adatlapot és a vasalatgyártó utasításait kell követni.

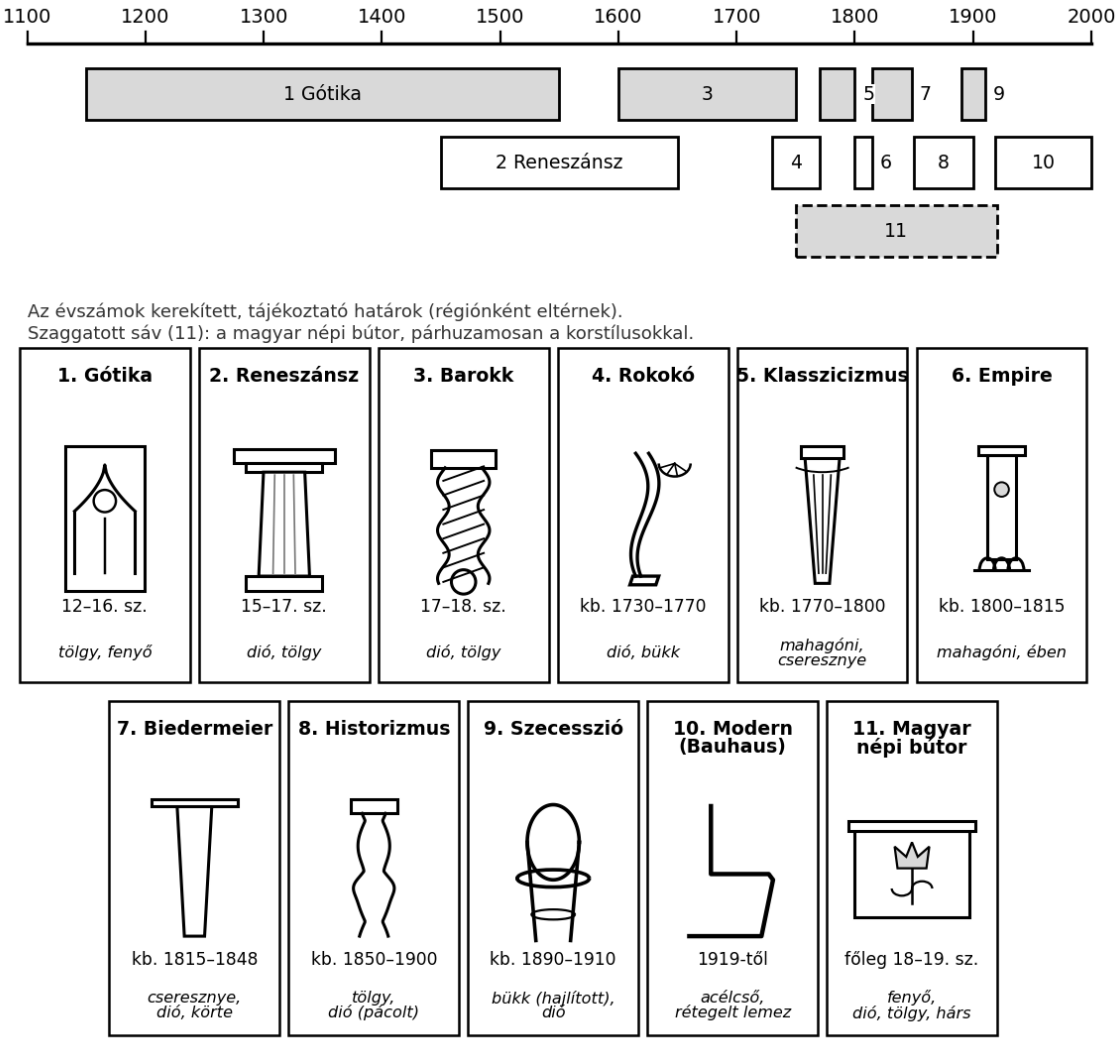
31.2. A történelmi bútorstílusok ismertetőjegyei

31.2.1. Motiváció

Egy asztalosműhelybe behoznak egy régi, fiókos szekrényt: a vevő csak annyit tud, hogy „nagymama ládája” volt. A feladat nem csupán a felújítás: az asztalosnak előbb fel kell ismernie, milyen **stíluskörbe** tartozik. Ha gót vagy reneszánsz utánzat, a tömörfa- és faragáspótlás másképp készül, mint egy biedermeier furnérozott felületnél vagy egy szecessziós hajlított elemnél. Más az illeszték, más a vasalat, más a felületkezelés. A stílusjegyek ismerete tehát nem csak művészettörténeti műveltség: napi gyakorlati eszköz a vevő tájékoztatásához, a javítás módjának meghatározásához és a korhű pótláshoz.

31.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el két egymás melletti ládát. Az első **gótikus** hatású: magas, táblás szerkezet, egyenes vonalú, mértani ácsolt keret, kiemelkedő vasalás és vas pántok, kevés faragás, inkább erőteljes, zárt forma. A második **rokokó** hatású: alacsonyabb, ívelt lábak, hullámzó előlap, domború fiókok, virágos **furnérberakás** és aranyozott bronzveret. Ha az asztalos ezt a két alapkaraktert felismeri, a felújítás iránya is eldől: az elsőnél a szerkezetet, a másodiknál a furnért és az ívelt elemeket kell kiemelten vizsgálnia.



31.3. ábra. Bútorstílusok időszalagja jellegzetes láb- és díszformákkal (sematikus piktogramok; az évszámok kerekített, tájékoztató korszakhatárok)

Az időszalag megmutatja, hogy a stílusok egymásba érnek (például a barokk és a rokokó), a magyar népi bútor pedig a korstílusokkal párhuzamosan él. A kártyák a felismeréshez legfontosabb formát mutatják; az interaktív változatban a stílus kártyája rámutatásra kibomlik, és felismerő kvíz is van.

31.2.3. A bútorstílus, a stílusjegy és a stíluskör fogalma

Definíció.
A **bútorstílus** egy adott korban és régióban uralkodó, egységes formai, szerkezeti, anyaghasználati és díszítési sajátosságok összessége, amely a bútoron felismerhető. A **stílusjegy** az a jellemző külső vagy szerkezeti elem, amely egy bútoron megjelenve segíti az azonosítást (pl. a szakállas vésett csap, az intarzia, az ívelt láb, a hajlított hátlap, a csúcsíves áttörés). A **stíluskör** vagy **stílusirányzat** nagyobb csoport: ide tartoznak az egyes korstílusok és azok regionális változatai.

A stílusfelismeréskor mindig a következő jegyeket vizsgáljuk együtt, nem egyenként:
1. a bútor **funkciója** és alaptípusa (láda, szekrény, komód, ülőbútor, asztal);

2. a **szerkezet** (tömörfa, furnérozott korpusz, keretbetétes, hajlított);
3. a fő **anyag** (tölgy, dió, cseresznye, mahagóni, bükk, puha fenyő);
4. a **díszítés** (faragás, intarzia, festés, profilozás, vasalatok);
5. a **felületkezelés** nyoma (lakk, sellak, viasz, pácolás, festés).

Továbbvitt eredmény.
Ezeket a stílusjegyeket használjuk a Formatervezés és a formaterv készítése alfejezetben, amikor egy új bútort kell tudatosan valamely hagyományos stílus ihletésével megtervezni, vagy a felújítás során a korhű megjelenést visszaállítani. A stílusjegyek tehát nem öncélú címkék, hanem tervezési és restaurálási döntések alapjai.

31.2.4. A fontosabb bútorstílusok ismertetőjegyei

31.2.4.1. Gótika

A gótikus bútorok a 12–16. században terjedtek el (pontos korszakhatárok régióként eltérnek, ellenőrizendő). A bútor **függőleges irányba tör**, csúcsíves, ácsolt szerkezetű, gyakran keretbetétes táblás. A fő anyag a tölgy, esetenként fenyő. A díszítésre a **mértani áttörés**, a mérműves áttörés, a redőzött (szalagdíszes) faragás, a csúcsív, a halhólyag (németesen „Fischblase”) forma jellemző. A vasalatok látszó, nagy vas pántok. Jellemző típus a **láda**, a nyitott polcos tálaló, a díszes karosszék (pl. stallszerű támla). A szerkezetet az ácsolt keretek, a vésett csapok és a fészkes illesztés jellemzi; a bútor még nem furnérozott, hanem tömörfából készül. A gót stílusban a láda és a szekrény eleje gyakran táblás, a betét síkja a keret síkjából kiemelkedik vagy bemélyed.

31.2.4.2. Reneszánsz

A reneszánsz bútor Itáliában a 15. században bontakozott ki, Közép-Európában a 16–17. században terjedt el. A gótikával szemben **vízszintes hangsúlyú**, nyugodtabb, arányosabb, építészeti elemeket (oszlopok, párkányok, lizénák) idéz. Megjelenik a **láda** mellett a **kredenc**, a **kabinet** és az **asztal** is. A díszítésben gyakori a **faragott akantusz**, a gyümölcsfüzér, a rozetta, a domborműves bibliai jelenet és az **intarzia** (a tömör alapba vésett mélyedésekbe illesztett más színű fa, csont vagy fém berakás; ezzel szemben a **marketéria** különböző színű furnérokból összeillesztett, a teljes felületet borító furnérkép). A fő anyag a dió, a tölgy, később a cseresznye. A reneszánsz bútor főleg tömörfából készül, a díszt faragás és intarzia adja; a furnérozás csak a késő reneszánszban kezd terjedni. A keretbetétes szerkezetet finom profilokkal kombinálja. A vasalatok sárgarézből készülnek, és dekoratív szerepet kapnak.

31.2.4.3. Barokk

A barokk a 17–18. században uralkodik. A bútor **súlyos, monumentális, ívelt**, dinamikus. A formát a hullámos és csavart lábak, a felfelé szélesedő, domború előlapok, a nagy párkányok jellemzik. A fő anyag: **dió**, **mahagóni** (később), **tölgy**, **cseresznye**. A **furnérozás** és a **marketéria** (színes furnérokból összeillesztett, a teljes felületet borító furnérkép; különbsége az intarziától: lásd alább) magas szinten jelenik meg. A díszítés további eleme az aranyozott bronzveret, az intarzia, a teknősbékahéj-utánzat. A barokk bútoron a fény-árnyék hatás fontos: a mély profilok, a domború formák és a gazdag díszítés együtt adják a plasztikus megjelenést. Jellemző típus a **komód**, a **szekreter**, a **karosszék** magas támlával.

31.2.4.4. Rokokó

A rokokó a 18. század közepén a barokk könnyedebb, játékosabb továbbfejlődése. A forma **kifinomult, aszimmetrikus, hajlított**: a bútorlábak S vagy C alakúak, az előlapok hullámosak, a sarkok lekerekítettek. A díszítésre a **kagylómotívum**, a virágfüzér, a kagylós díszítésű keret, a finom faragás jellemző. A **furnérozás** továbbra is meghatározó, de a felület gyakran világosabb, púderes hatású (pl. pasztellre festett). A fő anyag mellett a bükkfa is gyakori, mert jól faragható és hajlítható. Jellemző bútor: a **toalett tükörrel**, a **vitrines szekrény**, a **kagylós szék**, a **kanapé** (kétüléses kárpitozott). A rokokó bútoron a merev szimmetria oldódik, a formák könnyedek, a vasalatok aprók, finomak.

31.2.4.5. Klasszicizmus

A klasszicizmus a 18. század vége felé a barokk és rokokó ellen reakcióként jelenik meg, az antik görög-római formákhoz tér vissza. A bútor **egyenes vonalú, mértéktartó, nyugodt**. A jellemző elem a **kannelúrázott láb**, a **girland**, az **indás-lapos faragás**. A fő anyag a **mahagóni**, a **cseresznye**, a **dió**; a felületet gyakran fényesre csiszolják és viasszal kezelik. A **furnérozás** szintén fontos, a **marketéria** visszafogottabb. Jellemző típus: a **hengeres szekreter** (hengerfallal), a **vitrines szekrény**, a **klasszicista komód**.

31.2.4.6. Empire

Az empire (császárstílus) a 19. század elején, Napóleon korában virágzott. A bútor **ünnepélyes, hangsúlyozottan építészeti**, szimmetrikus, a formák egyenesek vagy enyhén íveltek. A jellemző díszítés az **aranyozott bronzveret**, a **győzelmi koszorú**, a **griff**, a **szfinx**, a **hattyú**, a **líra**, a **palmetta**, a **csillag** (ellenőrizendő: bútorstílus-kézikönyv). A fő anyag a **mahagóni**, gyakran ébenfával kombinálva. A bútor nagyméretű, a lágy vonalak eltűnnek, a szerkezet hangsúlyos. Jellemző darab a **pszichés** (álló tükör), a **kanapé**, az **empire komód** márvány lappal. A **furnérozás** finom, a mahagóni erezete hangsúlyosan látszik.

31.2.4.7. Biedermeier

A biedermeier a polgári lakáskultúra stílusa a 19. század első felében. A bútor **kényelmes, otthonos, áttekinthető**, visszafogott méretű. A formák egyszerűek, lekerekítettek, a felület sima. A fő anyag a **cseresznye**, a **dió**, a **körte**, a **bükk** – gyakran **furnér**ként alkalmazva. A díszítés visszafogott: gyakran csak a furnér erezete és a finom profilok hatnak. Jellemző bútor: a **fiókos szekrény**, a **szekreter**, a **kerek asztal** központi lábbal, a **kanapé** és a **karosszék**. A **bútor polgári**: a kényelem és a világos, barátságos megjelenés fontosabb a reprezentációnál. A biedermeier bútor felújításakor kiemelt figyelmet kap a **furnér sérüléseinek** pótlása.

31.2.4.8. Historizmus

A historizmus a 19. század második felében a korábbi stílusok (gót, reneszánsz, barokk) elemeit eleveníti fel gyakran keverve. A bútor **eklektikus**, díszes, a forma a választott történelmi mintától függ. A szerkezet a nagyipari gyártás felé mutat: a furnérozott lapok, a gyárilag maró díszek, a tömegtermeléssel készült vasalatok jellemzők. A fő anyag a **tölgy**, a **dió**, a **mahagóni**; gyakori a **sötét pácolás** és a **polírozott felület**. A bútoron egyszerre lehet gót csúcsív és reneszánsz oszlop, ezért a felismerés a kevert jegyek alapján történik. Jellemző típus: a **neoreneszánsz tálaló**, a **neogót könyvszekrény**, a **neobarokk hálószobabútor**.

31.2.4.9. Szecesszió

A szecesszió (Jugendstil, Art Nouveau) a 19–20. század fordulóján bontakozik ki. A bútor **organikus, hullámzó vonalú**, a természeti formákat (indák, virágok, liliom) stilizálja. A formatervezésben megjelenik a **hajlított bútor** (a Thonet-féle bükkhajlítás a 19. század közepétől), a **hullámos előlap**, a réz vagy kovácsoltvas, növényi motívumú vasalat. A fő anyag a **bükk**, a **dió**, a **mahagóni**, de gyakori a festett bútor is. A díszítésre a **szecessziós ornamentika** jellemző: hosszú, kígyózó vonalak, stilizált növények. Jellemző típus: a **hajlított szék**, a **vitrines szekrény** ólomüveggel, a **szalonbútor**. A szecesszió sokszor művészileg egyedi darabokat hoz, nem tömeggyártást.

31.2.4.10. Modern (Bauhaus) és kortárs

A modern bútor a 20. század elején, a Bauhaus és a funkcionalizmus nyomán szakít a történelmi formákkal. A bútor **funkcióközpontú, egyszerű, geometrikus**, a díszítés helyett az anyag, a szerkezet és a gyárthatóság kap hangsúlyt. Jellemző anyag: **hajlított acélcső**, **rétegelt lemez**, **formázott rétegelt lemez**, később **műanyag**, **MDF**, **forgácslap**. A szerkezetet a **látható csapolás**, a **csavarozott vagy ragasztott lapkötések**, a **fém váz** jellemzi. A kárpitozás fontos szerephez jut. A **kortárs bútor** stílusa nem egységes: az egyszerű, letisztult formák, a környezettudatos anyagok, a moduláris építés, a CNC-gyártás és az egyedi tervezés mind jelen van. A mai asztalos számára a modern-kortárs forma leggyakrabban lapalapú szerkezetet és rejtett vasalatokat jelent.

31.2.4.11. Magyar népi bútor

A magyar népi bútor a paraszti háztartásban alakult ki, és **regionálisan erősen változik**. A legismertebb darab a **tulipános láda**, a **festett menyasszonyi láda**, az ácsolt (szuszékos) láda, a **karos pad**, a **festett szék**. A fő anyag a **fenyő**, a **dió**, a **tölgy**, a **hárs** (faragáshoz). A díszítés **virágos festés** (tulipán, rozmaring, gránátalma), **mértani faragás**, **karcolt minta**, **spanyolozás** (színes pecsétviasz berakás a faragott mélyedésekbe), ónberakás. A szerkezet egyszerű, gyakran **szélesbítő toldással** és **vésett csapokkal** készül. A tulipános láda felújításakor a festés alatti festékrétegek és a fa nedvességreakciója fokozott figyelmet igényel.

31.2.5. Minőségellenőrzés

A stílusfelismerést is ellenőrizni kell, mint az anyagminőséget. A gyakorlatban egy beazonosító lapot készíthetünk: feljegyezzük a főanyagot, a szerkezetet, a díszítési elemeket és a tipikus bútortípust. Ha az adatok egy irányba mutatnak, a stílus nagy valószínűséggel helyes. Ha ellentmondás van (pl. gót csúcsív és műanyag fogantyú), akkor vagy későbbi beavatkozásról, vagy eklektikus darabról, esetleg historizáló utánzatról van szó. A bizonytalan azonosítást jelezzük a vevőnek, és ha szükséges, konzultáljunk művészettörténésszel vagy restaurátorral.

A stílusfelismerés nem helyettesíti a **restaurátori szakvéleményt**. Ha a bútor muzeális értékűnek tűnik, a felújításhoz csak szakrestaurátor bevonásával kezdjünk.

31.2.6. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A biedermeier furnéros felületet tömörfa bútorként kezelik, és lecsiszolják a vékony furnért. **Ok:** a stílus anyagjegyeinek figyelmen kívül hagyása; **a helyes gyakorlat:** a biedermeier darabokon mindig furnérral számoljunk, a csiszolás előtt ellenőrizzük a rétegvastagságot, és inkább kézi csiszolással dolgozzunk.
2. **Hiba:** A gót vagy reneszánsz forma alapján rossz anyagot választanak pótlásra (pl. bükköt tölgy helyett). **Ok:** a stílus tipikus anyagának nem ismerete; **a helyes gyakorlat:** a stílusjegyek listájában ellenőrizzük a gyakori anyagot, és ha bizonytalan, végezzünk faanyagvizsgálatot.
3. **Hiba:** A rokokó ívelt láb javításakor egyenes, hajlított elem nélküli pótlást alkalmaznak. **Ok:** a stílus formatani jegyének figyelmen kívül hagyása; **a helyes gyakorlat:** az ívelt elemeket hajlítással, rétegelt lemez formázásával vagy sablon szerinti marással pótoljuk, nem egyenes alkatrésszel.
4. **Hiba:** A régi festett népi bútort lecsiszolják csupasz fára, megsemmisítve a ritka festésréteget. **Ok:** a restaurálási etika hiánya; **a helyes gyakorlat:** a festett bútoron először rétegvizsgálatot kell végeztetni, és lehetőleg csak tisztítani, konzerválni, nem átfesteni.

31.2.7. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalosműhelybe biedermeiernek tűnő, egyenes vonalú, cseresznyefurnéros komódot hoznak. A vevő azt szeretné, ha „leszednék a régi lakkot és lefestenék fehérre”. Az asztalos megvizsgálja a darabot: a fiókok előlapján cseresznye furnér, a sarokillesztések fecskefarkú fogazással készültek, a lábak egyszerű, enyhén kúposodó hasábok, a fiókokon fa gombfogantyú. Ezek együtt biedermeier darabra utalnak. Az asztalos elmagyarázza a vevőnek, hogy a bútor valószínűleg eredeti, és a fehérre festés tönkretenné a furnér szépségét és az értéket. Javaslatot tesz: a felületet csak finoman tisztítják, a sérült furnért pótolják, a vasalatokat korhű módon felújítják, és viasszal vagy sellakkal kezelik. Ha a vevő ragaszkodik a festéshez, az asztalos írásban rögzíti, hogy a beavatkozás értékcsökkentő, és csak akkor vállalja, ha a vevő ezt tudomásul veszi. Ez a **restaurálás és felújítás etikája**: a lehető legkevesebb visszafordíthatatlan változtatást végezzük, és a vevőt tájékoztassuk a következményekről.

31.2.8. Önellenőrzés

1. Melyik stílusra jellemző a csúcsíves áttörés, a láda, a tölgy és az ácsolt keretbetétes szerkezet?
2. Miben tér el a barokk a rokokótól a formákban és a hangulatban?
3. Melyik polgári stílusra jellemző a cseresznye- és diófurnér, a kerek asztal, a kényelmes, sima felület?
4. Mi a különbség az intarzia és a marketéria között?
5. Miért kell ragaszkodni a restaurálási etikához egy festett népi ládánál?
6. Sorold fel a stílusfelismerés három legfontosabb vizsgálati pontját!

A válaszok a későbbi megoldások részben találhatók.

31.2.9. Feladatok

1. **(A)** Párosítsd a stílust a tipikus anyaggal: gótika – tölgy, rokokó – bükk, biedermeier – cseresznye, empire – mahagóni.
2. **(A)** Nevezd meg azt a stílust, amelyik a 19. század második felében a korábbi stílusokat vegyítette, és gyakran neostílusokkal találkozunk.
3. **(B)** Egy bútoron hullámos előlapot, kagylómotívumos faragást, aranyozott bronzveretet látsz. Melyik stíluskörbe tartozik, és milyen további jegyeket keresnél a megerősítéshez?
4. **(B)** Készíts táblázatot a gótika, a biedermeier és a Bauhaus-modern bútorok fő szerkezeti különbségeiről: anyag, díszítés, jellegzetes bútortípus.
5. **(C)** Egy ügyfél behoz egy „ősi ládát”, amelyen csúcsíves áttörés és kagylómotívum egyszerre szerepel. Mi lehet a darab? Indokold a lehetséges stílusbesorolást, és mondd el, milyen további vizsgálatot végeznél.
6. **(D)** Válassz ki egy stílust (pl. biedermeier), és írj rövid, öt pontból álló felújítási tervet a stílusjegyek megőrzésére: anyagvizsgálat, felületkezelés, vasalatok, szerkezeti javítás, dokumentáció.

31.2.10. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:
1. gótika;
2. a barokk súlyos, monumentális, szimmetrikus, a rokokó könnyed, játékos, aszimmetrikus, hajlított;
3. biedermeier;
4. az intarzia a tömör alapba vésett mélyedésekbe illesztett más színű fa (csont, fém) berakás; a marketéria különböző színű furnérokból összeillesztett, a teljes felületet borító furnérkép (furnérmozaik) – a különbség a technológia, nem a színek száma;
5. mert a festés rétegei történeti és művészeti értéket hordozhatnak, a lecsiszolás visszafordíthatatlan;
6. funkció, szerkezet, anyag (és díszítés, felületkezelés).

Feladatok megoldása:
1. gótika–tölgy; rokokó–bükk (gyakori faragott, hajlított elem); biedermeier–cseresznye; empire–mahagóni.
2. historizmus.
3. rokokó (esetleg barokk, de a kagylómotívum és a hullámzó előlap a rokokó felé mutat). Megerősítéshez keresnék aszimmetrikus formákat, világosabb felületet, finom kis vasalatokat.
4. Táblázat (rövid: gótika – tölgy, keretbetétes ácsolt szerkezet, csúcsíves áttörés, láda; biedermeier – cseresznye/dió furnér, sima lapok, finom profilok, fiókos szekrény, kerek asztal; Bauhaus – acélcső, rétegelt lemez, funkcionális, csavart lapkötés, modern szék).
5. A darab valószínűleg historizáló (eklektikus) vagy későbbi összeállítás, mert a gót és a rokokó jegyek keveredése nem jellemző egyetlen korstílusra. Vizsgálat: a szerkezet és vasalatok kormeghatározása, a faanyag, a szálirány, a csapozások, az esetleges felületrétegek elemzése.
6. Öt pont: 1) a furnér vastagságának és sérüléseinek felmérése; 2) a cseresznyefurnér színazonos pótlása; 3) a felület tisztítása, viasszal vagy sellakkal történő kezelés; 4) a fiókvasalatok korhű típusúra cseréje vagy felújítása; 5) a beavatkozások dokumentálása fényképekkel és anyagleírással.

31.2.11. Rövid összefoglaló

A bútorstílus egy adott korra és régióra jellemző formai, szerkezeti, anyag- és díszítési sajátosságok egysége. A gótika tölgyből készült, csúcsíves, ácsolt keretbetétes; a reneszánsz arányos, építészeti, intarziás; a barokk súlyos, ívelt, furnérozott és marketériás; a rokokó könnyed, hajlított, kagylós; a klasszicizmus egyenes, antikos, mahagónis; az empire ünnepélyes, aranyozott bronzveretes; a biedermeier polgári, cseresznye- és diófurnéros; a historizmus korábbi stílusokat vegyítő, neostílusú; a szecesszió organikus, hullámzó, gyakran hajlított; a modern Bauhaus funkcióközpontú, geometrikus, acélcsővel, rétegelt lemezzel; a kortárs lapalapú, moduláris, CNC-barát; a magyar népi bútor festett, faragott, regionális, legismertebb a tulipános láda. A stílusjegyek felismerése a felújítás során döntő, és a **továbbvitt eredményt** – a stílusjegyeket a formatervezés és a felújítás során – a Formatervezés és a formaterv készítése alfejezet használja fel. A restaurálás etikája: minél kisebb, visszafordítható beavatkozás, a vevő tájékoztatásával.

31.2.12. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a faipari szakiskolai tananyag stabil, hagyományos stílusismeretére épül. A korszakhatárok, a stílusok regionális elnevezései, az anyaghasználati arányok tájékoztató jellegűek; pontos művészettörténeti adatokhoz ellenőrizendő: magyar és európai bútorstílus-kézikönyvek, múzeumi katalógusok, restaurátori szakirodalom. Szabvány, jogszabály nem szükséges ehhez a témához, de a felújításra vonatkozó etikai irányelvek restaurátori etikai kódexből származnak (ellenőrizendő: az aktuális etikai kódex megnevezése). A faanyag- és felületkezelési utalások a könyv más fejezeteiben tanultakból építkeznek.

31.3. Formatervezés és a formaterv készítése

31.3.1. Motiváció

A vevő gyakran úgy érkezik a műhelybe, hogy „láttam egy képet, nagyjából ilyet szeretnék, de kicsit keskenyebb legyen, és lehetőleg világosabb”. Ha ilyenkor azonnal anyagot rendelünk és fűrészelni kezdünk, a végén szinte biztos a félreértés: más a méret, más a szín, más a fiókelrendezés, mint amit a vevő elképzelt. Ezt a kockázatot csökkenti a **formatervezés**. A formaterv nem fölösleges rajzolgatás, hanem a megrendelő és az asztalos közös nyelve: rögzíti, hogy mit készítünk, mielőtt drága anyagot vágunk. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan kell vevői igényt felmérni, arányos, esztétikus bútort tervezni, és hogyan kell olyan formatervet készíteni, amely a későbbi műszaki dokumentáció és a vizsgaremek alapja.

31.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy keskeny előszobát, ahová a megrendelő cipőtároló szekrényt szeretne. A fal mellett 820 mm széles hely van, a belmagasság 2500 mm, a villanykapcsoló közepe 1300 mm magasan található. A vevő azt mondja: „legyen kicsi, keskeny, meleg hangulatú”. Ha most rajzolunk két-három vázlatot – az egyik tömör, magas ajtós, a másik alacsony, ferde homloklapos, a harmadik ülőkével kombinált –, a vevő azonnal látja, melyik illik az előszobához. A formaterv ezeket a vázlatokat teszi rendezetté, méretezetté és eldönthetővé.

Definíció. A **formatervezés** olyan tervezői tevékenység, amely a bútor funkciójából, a rendelkezésre álló helyből, az anyagból, a gyárthatóságból és a vevő ízléséből kiindulva alakítja ki a tárgy formáját, arányait, színeit és felületét. A **formaterv** a formatervezés eredménye: döntési

és bemutatási célú rajz, amely nézetekben és szemléltető ábrán mutatja a bútort, feltünteti a fő méreteket, az anyagokat, a színeket és a felületkezelést. A formaterv még nem gyártási rajz, nem tartalmaz minden csomópontot és tűrést; azt a műszaki dokumentáció készítésekor dolgozzuk ki.

Szabály. A formatervezés négy pillére: **funkció** (mire való, ki használja, hogyan), **forma** (milyen arányú, milyen tömegű, milyen irányú), **szerkezet** (miből áll össze, hogyan gyártható, szerelhető), és **anyag** (fa, lap, vasalat, felület). A jó bútorban ez a négy pillér egységben van: a forma nem díszíti túl a szerkezetet, az anyag nem harcol a funkcióval. Például egy gyerekszobai játékdoboz legyen stabil, lekerekített élű, könnyen nyitható, ugyanakkor a színe és a fogantyúja is a gyerek léptékéhez igazodjon.

31.3.3. Arányok, aranymetszés, ritmus, szimmetria

A formatervezés egyik legfontosabb eszköze az **arány**. Az arány azt mondja meg, hogyan viszonyulnak egymáshoz a részméretek: a front magassága a szélességhez, az egyik fiók magassága a másikéhoz, a lábak a testhez. Ha minden elem egyforma, a bútor unalmas; ha minden elem véletlenszerű, nyugtalan.

Definíció. Az **aranymetszés** (φ) olyan osztási arány, amelynél a kisebb rész úgy aránylik a nagyobbhoz, mint a nagyobb az egészhez. Az arány értéke:

$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1{,}618$$

A gyakorlatban a teljes méret **körülbelül 38,2 % és 61,8 %** arányban oszlik meg. Ez az emberi szemnek általában harmonikus, ezért a bútorfrontok, ajtómezők, fiók- és lábazati osztások tervezésekor gyakran használják. Ha a teljes magasság például 600 mm, a nagyobb mező kb. 371 mm, a kisebb kb. 229 mm.

Definíció. A **ritmus** azonos vagy hasonló elemek szabályos ismétlődése a bútoron: például három fiók egymás alatt, egyre növekvő magassággal; vagy egy polcsor, amelyben a nyílások azonos távolságra ismétlődnek. A **szimmetria** a forma tükörképszerű egyensúlya: az elölnézet bal és jobb oldala azonos felépítésű. A szimmetria nyugodt, ünnepélyes hatást ad; az aszimmetria feszültséget, mozgalmasságot vihet a formába, de nehezebb jól eltalálni.

Példa. Egy 900 mm magas komód frontját úgy osztjuk, hogy a felső, fiókos sáv legyen a nagyobb mező, az alsó, ajtós sáv a kisebb. Ekkor a nagyobb mező magassága hozzávetőleg $900 \times 0{,}618 = 556$ mm, a kisebb $900 - 556 = 344$ mm. A két rész aránya $556 : 344 = 1{,}616$, ami gyakorlatilag az aranymetszés.

31.3.4. Számítási példák

1. feladat – Aranymetszés szerinti frontosztás. Adott egy 1200 mm teljes magasságú gardróbszekrény-elölnézet. Két nagy vízszintes osztást tervezünk: alsó tárolóajtós mező, felső polcos mező. Számítsd ki az aranymetszés szerinti mezőmagasságokat.

Megoldás. A nagyobb rész a teljes méret 61,8 %-a, a kisebb 38,2 %-a:

- nagyobb rész: $1200 \text{ mm} \times 0{,}618 = 741{,}6$ mm, kerekítve 742 mm;
- kisebb rész: $1200 \text{ mm} - 742 \text{ mm} = 458$ mm.

Ellenőrzés: 742 / 458 = 1,620, ami a φ értékéhez közeli, tehát az osztás elfogadható. A gyakorlatban természetesen a kerekítés és a vasalatok miatt az arány tájékoztató érték, nem szabad századmilliméterre erőltetni.

2. feladat – Méretarány a formaterven. A vevői formatervet M 1:10 méretarányban rajzoljuk. A bútor valós szélessége 820 mm. Mekkora méretet kell a rajzon mérnünk?

Megoldás. A rajzi méret = valós méret / méretarány második tagja:

- rajzi szélesség = 820 mm / 10 = 82 mm.

Ha a rajzon egy oldalnézet mélységét 35 mm-re mérjük, akkor a valós mélység 35 mm × 10 = 350 mm. A formaterven a fő méreteket azonban mindig ki is írjuk, mert a rajz kinyomtatva torzulhat.

31.3.5. Vevői igény felmérése: kérdőív, helyszín, költségkeret

A formaterv akkor lesz használható, ha előtte pontosan felmértük a vevő igényét. A felmérés három részből áll: **beszélgetés és kérdőív**, **helyszíni szemle és mérés**, valamint **költségkeret rögzítése**.

A kérdőív célja, hogy a megrendelő szavait tervezhető adatokká alakítsuk. Kérdezzünk rá:

1. Milyen helyiségbe készül a bútor?
2. Mi a fő funkciója (tárolás, ülés, fekvés, munka)?
3. Ki fogja használni (felnőtt, gyerek, idősebb személy)? Vannak-e speciális igények?
4. Mekkora hely áll rendelkezésre? Milyen a forgalmi útvonal, nyílászárók, kapcsolók?
5. Milyen stílust kedvel: modern, klasszikus, rusztikus?
6. Milyen anyagot és színt szeretne? Milyen felületet (pác, lakk, olaj, fólia)?
7. Mennyi a tervezett költségkeret?
8. Mikorra készüljön el, és szükséges-e szállítás, beépítés?

A **helyszíni szemle** során mindig mérjünk magunk is, ne csak a vevő adataira hagyatkozzunk. Mérjük meg a fal hosszát, a szoba magasságát, a nyílászárók helyét, a konnektorok, kapcsolók, radiátorok, fűtéscsövek helyét. Ellenőrizzük, hogy a kész bútor befér-e a bejárati ajtón, a lépcsőházon és a liftbe. Készítsünk fényképet és egyszerű felmérési vázlatot.

A **költségkeret** nem kínos téma: a vevőnek is érdeke, hogy ne tervezzünk megvalósíthatatlan megoldást, nekünk pedig az, hogy ne pazaroljunk időt olyan tervre, amelyet nem tud megfizetni. A keretet tartományban rögzítsük, és mondjuk el, hogy az anyag- és felületválasztás hogyan hat az árra. A pontos árat majd az árajánlatban számoljuk ki.

31.3.6. A formaterv tartalma: nézetek, axonometria, anyag, szín, felület, fő méretek

A formaterv egy **döntési dokumentum**. A vevő ebből érti meg a bútor formáját, ezért egyszerre kell pontosnak és jól áttekinthetőnek lennie. A formaterv tipikus tartalma:

- **Elölnézet** a fő méretekkel (szélesség, magasság, fő osztások),
- **oldalnézet** a mélység és a lábak, fogantyúk, ívelések ábrázolására,
- **felülnézet** a mélység és az elrendezés ellenőrzésére,
- **axonometrikus vagy perspektivikus látványkép**, amelyen a forma térben is megjelenik,
- **anyag- és színjelölés**: testanyag, előlapanyag, furnér, élzárás, felületkezelési mód,
- **fő működési jellemzők**: ajtók, fiókok, polcok, vasalat jellege,

- **méretarány és a vevő/tervező neve, dátum**.

A vetületi és axonometricus ábrázolás szabályait a Axonometrikus és perspektivikus ábrázolás alfejezetben már áttekintettük. A formaterven nem kell tűréseket, csomóponti rajzot vagy fűrészáru-listát feltüntetni; ezek a műszaki dokumentáció részei.

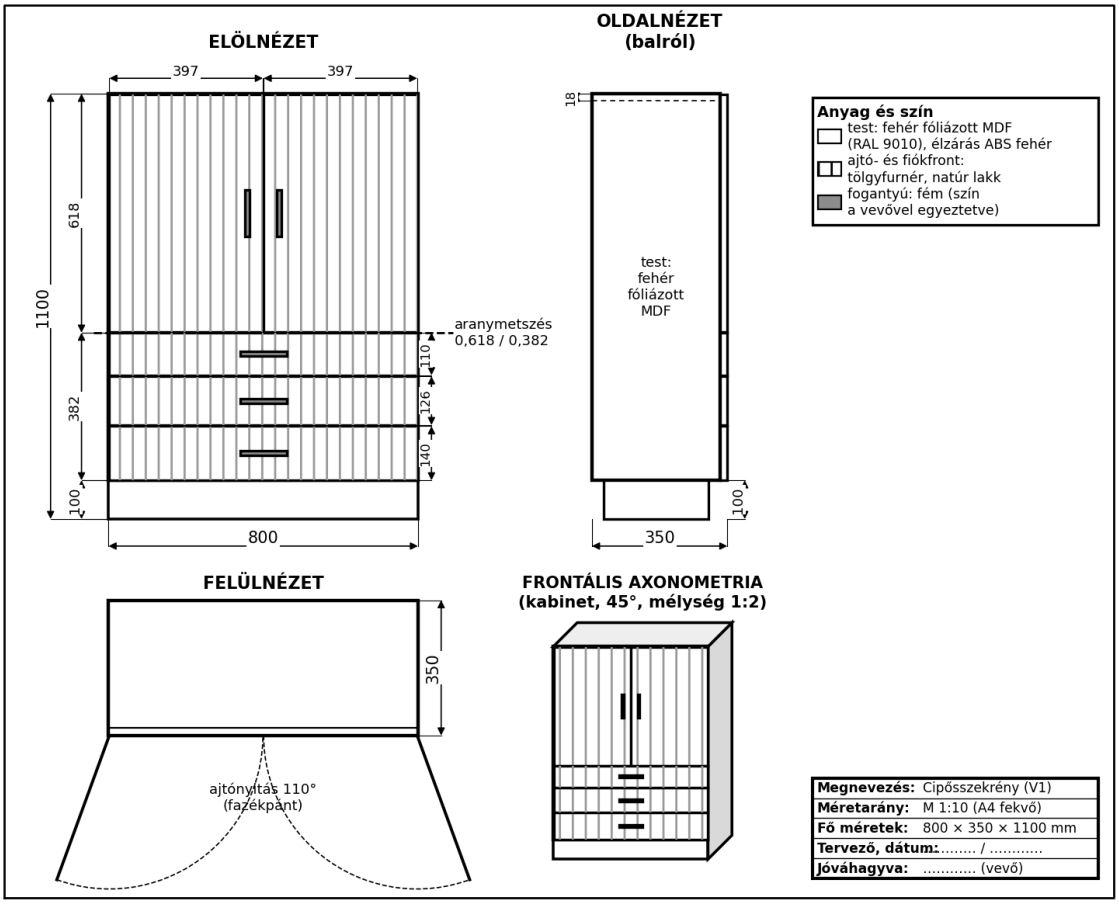
Szabvány. A rajz vonalfajtáira, méretmegadására és méretarányaira a rajzi szabványok vonatkoznak (MSZ EN ISO 128, MSZ EN ISO 5456 sorozat – az aktuális kiadás és jelzet ellenőrizendő). A bútor formaterven a méretet milliméterben adjuk meg, a mértékegységet a rajzon nem írjuk ki a méretszám után.

Továbbvitt eredmény. A jóváhagyott formaterv lesz a kiindulópontja a Szabásjegyzék és anyagnorma és a műszaki rajzok elkészítésének, valamint a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben készítendő vizsgaremek-dokumentációnak. A formaterven rögzített forma-, anyag- és színválasztás a későbbi árkalkuláció alapja is.

31.3.7. A formaterv rajza – pontos szöveges rajzleírás

Vegyünk egy konkrét példát: **előszobai cipősszekrény formaterv**. A rajzon a bútor elölnézete, oldalnézete, felülnézete és 45°-os frontális axonometricus látványképe szerepel, M 1:10 méretarányban.

- **Elölnézet:** a szekrény teljes szélessége 800 mm, teljes magassága 1100 mm. A front két vízszintes sávra oszlik. A lábazat (100 mm) fölött a front 1000 mm magas: a felső ajtós sáv 618 mm, az alsó fiókos sáv 382 mm (aranymetszés). A felső sávban két, egymás melletti ajtó látható, ajtónként 397 mm széles, a két ajtó között és a szélein 2 mm-es hézaggal ($2 \times 397 + 3 \times 2 = 800$ mm). Az alsó sávban három fiókfront helyezkedik el egymás alatt; a fiókfrontok magassága felülről lefelé 110 mm, 126 mm, 140 mm, közöttük 2×3 mm hézag ($110 + 126 + 140 + 6 = 382$ mm), tehát enyhe növekvő ritmus. Az ajtófrontokon keskeny, függőleges tömörfa keret fut körbe, a keretszélesség 60 mm.
- **Oldalnézet:** a szekrény mélysége 350 mm. A felső ajtós rész enyhén hátradöntött homlokú, az alsó fiókos rész függőleges. A lábazat magassága 100 mm, a tetőlap vastagsága 18 mm (a $100 + 618 + 382 = 1100$ mm teljes magasság része).
- **Felülnézet:** a test 350 mm mély, az ajtók fazékpánttal (kivetőpánttal) 110°-ban nyithatók, a fogantyúk az ajtó bal, illetve jobb szélén helyezkednek el.
- **Axonometrikus kép:** az elölnézetből kiindulva a mélységi élek a vízszintessel 45°-ot zárnak be, a mélységet 1:2 arányban rövidítjük. Ezen jól látszik a fiókok kihúzási iránya és az ajtók rétege.



31.4. ábra. Előszobai cipősszekrény formaterve négy képben (E vetületi rend, M 1:10): elölnézet, oldalnézet, felülnézet és frontális axonometria, anyag- és színjelöléssel

Az ábra a formaterv mintalapja: a négy kép E vetületi rendben áll (az oldalnézet az elölnézettől jobbra, a felülnézet alatta), a fronton szaggatott vonal jelöli az aranymetszés szerinti osztást, a jobb oldalon az anyag- és színdoboz, valamint a feliratmező látható. Az interaktív változatban a méretek, az anyagjelölés és a segédvonalak ki-be kapcsolhatók, és a V1–V3 változat vázlata is megnézhető.

31.3.8. Változatok és döntés

Ritkán elég egyetlen formaterv. A vevő akkor tud igazán dönteni, ha **két-három változatot** lát. A változatok ne csak színben térjenek el, hanem formai vagy funkcionális megoldásban is. Például a cipősszekrénynél:

- **V1:** magas, zárt ajtós szekrény, felső tárolóval, klasszikus fogantyús fronttal;
- **V2:** alacsonyabb, ülőkével kombinált, a tetején párnahellyel;
- **V3:** keskeny, ferde homloklapú, fiókos, modern vonalvezetésű.

A változatokat egységes léptékben, azonos nézetben rajzoljuk, hogy a vevő összehasonlíthassa. Minden változathoz rövid szöveget írunk, amelyben feltüntetjük az anyagot, a felületet, a fő méreteket, a nyitási módot és a becsült árszintet. A döntés során a vevő nemcsak a képet nézi, hanem a funkciót is: be tud-e férni a cipő, kényelmes-e az ülés, elfér-e a kapcsoló.

31.3.9. A formaterv átadása a vevőnek

A formaterv átadása nem egyszerűen egy rajz odaadása. Az átadás azt jelenti, hogy a vevővel közösen **végignézzük a rajzot**, és megbeszélünk minden méretet, anyagot, színt és felületet. A rajzon jelöljük, hogy a vevő melyik változatot választotta, és kérjünk írásos jóváhagyást (aláírás, e-mail visszaigazolás). A jóváhagyott formatervhez csatoljunk **anyag- és színmintát**: furnérminta, lakkpróba, fóliaminta. A színmintán szerepeljen a termék neve, a gyártó, a színkód – így később nincs vita arról, hogy „más lett a fehér”. A formatervet digitálisan és nyomtatott formában is adjuk át, és őrizzük meg a többi szerződéses dokumentummal együtt.

Figyelem. A formaterv a tervező szellemi alkotása, ezért szerzői jogi védelem alatt állhat (1999. évi LXXVI. törvény a szerzői jogról – ellenőrizendő a hatályos szöveg). A megrendelő a tervet a megrendelt bútor elkészítéséhez használhatja fel, de önkényesen nem másolhatja, nem adhatja át más asztalosnak a tervező engedélye nélkül. A tervező etikailag nem másolhatja le egy másik asztalos formatervét, és nem használhat fel védett dizájnt engedély nélkül. Egy bútor külső megjelenése formatervezési mintaoltalom alatt is állhat (a formatervezési minták oltalmáról szóló 2001. évi XLVIII. törvény; uniós formatervezési minta – ellenőrizendő: hatályos szöveg); ilyen terméket engedély nélkül nem szabad gyártani. Ha a vevő saját képet hoz, tisztázni kell, hogy milyen jogon használhatjuk fel.

31.3.10. Kidolgozott példa: előszobai cipősszekrény formaterv

Adott. Megrendelő: Kiss Katalin, társasházi lakás előszobája. Hely: fal melletti szabad szélesség 820 mm, a padlótól a kapcsoló közepéig 1300 mm. Igény: keskeny cipőtároló ülőkével. A vevő a **V2 változatot** választja: 800 mm széles, 350 mm mély szekrény; a bal oldalon 420 mm magas, fiókos ülőrész párnával (ülőmagasság a párnával kb. 450 mm), a jobb oldalon 1100 mm magas nyitott polcos rész, amely a kapcsoló alatt végződik, így a kapcsoló szabadon marad.

Formaterv. A rajz tartalma az előző rajzleírás szerint, de az elölnézet két részre oszlik: a bal (400 mm széles) ülőrész 420 mm magas, két fiókkal; a jobb (400 mm széles) rész 1100 mm magas, nyitott, polcos, a hátfal fehér. Anyag: test 18 mm MDF, fehér fóliázott, fiókfront tölgy furnér, natúr lakk; az ülőpárna szürke textil, levehető. Fő méretek: $800 \times 350 \times 1100$ mm. A bal oldali ülőrész: lábazat 100 mm, fölötte két fiókfront 157 mm magasan, 2 mm hézaggal ($100 + 2 \times 157 + 3 \times 2 = 420$ mm). Ellenőrzés: a magas rész teteje (1100 mm) a kapcsoló alsó széle (kb. 1260 mm) alatt van, a kapcsoló szabad.

Szín- és anyagjelölés. A rajzon a test fehér síkfelületét üresen hagyjuk, a fiókfrontokat függőleges faerezetű sraffozással, a párnát pontozott textiljelel jelöljük. A színterv külön dobozban: test RAL 9010 fehér, fiókfront natúr tölgy, párna világosszürke, fogantyú króm.

Vevői döntés. A vevő a rajzot kézhez kapja, a színmintát jóváhagyja. A formatervre ráírjuk: „Jóváhagyott formaterv – Kiss Katalin, 2025. …; a gyártás ez alapján indul.” A későbbi szabásjegyzékben a testméret $800 \times 350 \times 1100$ mm lesz, az ülőrész fiókfrontjai 2 db, egyenként 157 mm magasak.

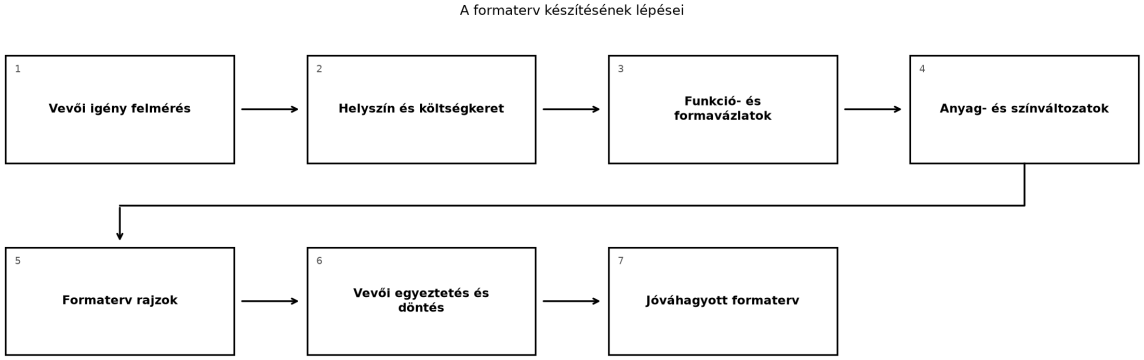
31.3.11. Vevői igényfelmérés – ellenőrzőlista

`recipe` jellegű, számozott lépések:

1. Kérdezd meg a bútor funkcióját és a felhasználók körét.
2. Mérd fel a helyszínt: falhossz, magasság, nyílások, kapcsolók, fűtés, padló- és falcsatlakozások.

3. Rögzítsd a fő méreteket: szélesség, magasság, mélység, belméreti igények (polc-, fiók-, rúdméret).
4. Kérdezz rá a stílusra, anyagra, színre és felületre, mutass mintákat.
5. Tisztázd a vasalatokat: fogantyú, pánt, fiókfutó, látható vagy rejtett.
6. Rögzítsd a költségkeretet és a határidőt.
7. Készítsd el a vázlatot és mérd fel még egyszer, ha bármi bizonytalan.
8. Készítsd el a formaterv két-három változatát, és egyeztesd a vevővel.
9. A döntést írásban rögzítsd, a jóváhagyott formatervet iktasd.

Alább a formaterv készítés folyamatát mutatja az ábra:



31.5. ábra. A formaterv készítésének lépései - Szemléltető folyamat a vevői igénytől a jóváhagyott formatervig;

31.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** a műhely rögtön gyártani kezd, formaterv nélkül. **Ok:** idő- vagy pénzszűke, „majd telefonon megbeszéljük” hozzáállás. **Következmény:** a vevő más méretet vagy színt várt, a kész bútor nem illik a helyére. **Helyes gyakorlat:** mindig készüljön legalább egy egyszerű formaterv, nézetekkel, fő méretekkel és színmintával.

2. **Hiba:** a front minden eleme azonos méretű, nincs arányrend. **Ok:** a tervező nem gondolja át a formai hierarchiát. **Következmény:** a bútor unalmas, a vevő elégedetlen az összhatással. **Helyes gyakorlat:** alkalmazzunk aranymetszést, ritmust vagy tudatos szimmetriát; a nagyobb funkciójú elem általában nagyobb felületet is kapjon.

3. **Hiba:** a formatervről hiányzik az anyag- és színjelölés, csak a körvonalak szerepelnek. **Ok:** a tervező magától értetődőnek gondolja az anyagot. **Következmény:** a vevő a fehér fóliát natúr faanyagnak képzeli, vita a végén. **Helyes gyakorlat:** a formaterv mindig tartalmazzon anyag- és színtervet, mintadarabbal.

4. **Hiba:** a vevői igényfelmérésből kimarad a költségkeret. **Ok:** kényes témának tartjuk. **Következmény:** drága terv készül, amelyet a vevő nem tud kifizetni, az idő elvész. **Helyes gyakorlat:** őszintén rögzíteni a keretet a tervezés előtt.

31.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos a következő esetet mesélte el. Egy megrendelő gardróbszekrényt kért, „fehér, magas, sok polccal”. A műhely készített egy formatervet három változattal: az egyik tolóajtós, a másik hagyományos nyíló ajtós, a harmadik félig nyitott, kosaras. A vevő a formaterv láttán jött rá,

hogy a tolóajtós változat az előszobában a konnektor előtt állna, és a bal oldali fülke mélysége nem elég a vállfás rúdnak. A közös rajzolvasás során a tervet úgy módosították, hogy a rúd a jobb oldalra kerüljön, a tolóajtó balra nyíljon. Így a bútor a helyszínre pontosan illeszkedett, és nem kellett a kész szekrényt átépíteni. A tanulság: a formaterv nemcsak esztétikai döntés, hanem a helyszíni hibák kiszűrésének olcsó eszköze.

31.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A formaterv egyben gyártási rajz is.
2. Mennyi az aranymetszés szerinti nagyobb rész 800 mm teljes hossz esetén?
3. Mi hiányzik abból a formatervből, amely csak elölnézetet tartalmaz?
4. Miért fontos a költségkeret rögzítése a tervezés előtt?
5. Melyik arányrendszert használjuk, ha a frontot 0,382 : 0,618 arányban osztjuk?
6. A vevő hoz egy másik asztalos által rajzolt tervet, és ugyanazt kéri tőlünk. Szabad-e lemásolni?

31.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg a formaterv fogalmát, és sorold fel legalább négy tartalmi elemét.

2. feladat (A) Számítsd ki az aranymetszés szerinti osztást 1000 mm teljes magasságnál. Mennyi a nagyobb és a kisebb rész?

3. feladat (B) Egy formaterv rajzán M 1:5 a méretarány. A rajzon a szekrény szélességét 160 mm-nek méred. Mekkora a valós szélesség?

4. feladat (B) Egy 600 mm magas fiókos frontot három vízszintes sávra osztunk. A magasságok számtani sorozatot alkotnak, a legkisebb 120 mm. Mennyi a második és a harmadik fiókmagasság?

5. feladat (C) Egy vevő szerint egy 700 mm magas komódfront „izgalmas” legyen, de ő mind a négy fiókot azonos magasságúra képzeli. Javasolj arányos osztást az aranymetszés vagy a ritmus alapján, és indokold röviden, miért jobb a megjelenés.

6. feladat (D) Készíts rövid formatervet egy fali kulcstartó polchoz: írd le a vevői igényt, a fő méreteket, a nézeteket (elöl-, oldal-, felülnézet, axonometricus), az anyagot, a színt és a felületet. A rajzot szövegesen írd le.

31.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A formaterv elsősorban döntési és bemutatási rajz, nem tartalmazza a gyártáshoz szükséges összes csomópontot, tűrést és anyagnormát.
2. A nagyobb rész 800 mm × 0,618 = 494,4 mm, kerekítve 494 mm.
3. Hiányzik az oldalnézet, a felülnézet, a mélységi méret, az anyag- és színjelölés, a felületkezelés, és célszerűen az axonometricus vagy perspektivikus látvány.
4. Mert a tervezésnek igazodnia kell a vevő pénzügyi lehetőségeihez; különben olyan terv születik, amelyet nem tudnak megvalósítani.
5. Az aranymetszést.

6. Nem. A rajz szerzői jogi védelem alatt állhat, így a másoláshoz a tervező engedélye szükséges; etikailag is kerülendő a másolt dizájn.

1. feladat
A formaterv a formatervezés eredménye: döntési és bemutatási célú rajz, amely nézetekben és szemléltető ábrán mutatja a bútort. Tartalma legalább: elölnézet, oldalnézet/felülnézet, axonometricus látvány, fő méretek, anyag- és színjelölés, felületkezelés, méretarány, azonosító adatok.

2. feladat
Nagyobb rész: 1000 mm × 0,618 = 618 mm. Kisebb rész: 1000 − 618 = 382 mm. Ellenőrzés: 618 : 382 = 1,618, tehát aranymetszés.

3. feladat
Valós szélesség = rajzi méret × 5 = 160 mm × 5 = 800 mm.

4. feladat
Három elem számtani sorozatban: a, a+d, a+2d. Összeg: 3a + 3d = 600 mm; a = 120 mm, ezért 360 + 3d = 600, d = 80 mm. A magasságok: 120 mm, 200 mm, 280 mm.

5. feladat
Négy fiók fokozódó ritmussal, állandó 1,2-es szorzóval: 1 : 1,2 : 1,44 : 1,728. 700 mm front esetén $a = 700/(1 + 1{,}2 + 1{,}44 + 1{,}728) = 700/5{,}368 \approx 130{,}4\,\text{mm}$, így a fiókfrontok kerekítve 130, 156, 188, 226 mm (összeg: 700 mm; az utolsó tag a kerekítési maradékot veszi fel). Indoklás: a lefelé növekvő fiók vizuálisan stabil, a nagyobb tárgyak alulra kerülnek, az egyformaság pedig unalmas. (Hézagokkal a frontmagasságokból 3 × 3 mm-t le kell vonni; ez a tervezési lépés része.)

6. feladat
Vevői igény: keskeny előszobafalra kulcstartó, apró tárgyaknak polc. Méretek: szélesség 300 mm, magasság 180 mm, mélység 80 mm. Nézetek: elölnézet 300 × 180 mm, felső 40 mm-es rejtett kampósorral; oldalnézet 80 mm mély, a hátlap 4 mm rétegelt; felülnézet 300 × 80 mm; axonometricus: 45°-os frontális kép, a mélység 1:2 rövidítéssel. Anyag: tölgy, natúr páccal; hátlap rétegelt lemez; kampók: sárgaréz. Felület: natúr olaj. A rajz leírása: elölnézetben a polc vízszintes, a kampos sor fölötte; anyagjelölés: faerezet sraffozással; méretarány M 1:2.

31.3.17. Rövid összefoglaló

A **formatervezés** a bútor funkcióját, formáját, szerkezetét és anyagát egyesítő tervezői munka. A **formaterv** döntési és bemutatási célú rajz, amely nézetekben (elöl-, oldal-, felülnézet), axonometricus vagy perspektivikus látványban mutatja a terméket, feltünteti a fő méreteket, az anyagokat, a színeket és a felületet. A jó arányok eszköze az **aranymetszés** (nagyobb rész ≈ 61,8 %, kisebb ≈ 38,2 %), a **ritmus** (elemek szabályos ismétlődése) és a **szimmetria**. A tervezés előtt fel kell mérni a vevői igényt: funkció, helyszíni méretek, stílus, anyag, szín, költségkeret, határidő. A formatervből több változatot készítünk, a döntést írásban rögzítjük, és a formatervet anyag- és színmintákkal együtt adjuk át. A rajz nem gyártási dokumentáció, de alapja a későbbi műszaki rajzoknak, szabásjegyzéknek és kalkulációnak. Szerzői jogi és etikai szempontból más terveit nem másolhatjuk le engedély nélkül.

Továbbvitt eredmény. A jóváhagyott formatervet felhasználjuk a műszaki dokumentáció készítésekor – például a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetben –, valamint a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben, ahol a vizsgaremek formatervét is ezen elvek szerint kell elkészíteni.

31.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: magyar és európai rajzi szabványok (MSZ EN ISO 128, MSZ EN ISO 5456 sorozat – ellenőrizendő a pontos jelzet, kiadás és hatály); bútorformatervezési szakkönyvek; a hazai asztalos műhelygyakorlat. Ellenőrizendő adatok: az aranymetszés gyakorlati kerekítései (tájékoztató érték), a szerzői jogi törvény hivatkozása (1999. évi LXXVI. törvény – hatályos szöveg ellenőrizendő), valamint a példákban szereplő méretek és arányok (a tényleges bútornál a helyszíni méretek és a vevői igény dönt). A szín- és anyagjelölések a gyártó aktuális adatlapjával és mintáival véglegesítendők.

32 Szekrények és tároló bútorok

32.1. Szekrények jellemző típusai és szerkezetei

32.1.1. Motiváció

A vevő szekrényt rendel. A férfi hosszú télikabátot szeretne akasztani, a gyerek játékait mély fiókokba tenné, a feleség szakácskönyvei viszont keskeny, könnyen átlátható polcokra valók. Ugyanaz a szaktudás mindegyikhez, mégis teljesen más szerkezetet fogunk választani. Ha rossz szerkezetet választunk, a szekrény púpos lesz, a polc belóg, a betét megreped, vagy a bútor egyszerűen elnehezedik és nem lehet mozgatni.

Ebben az alfejezetben a szekrényeket nem faanyag szerint, hanem **tartószerkezetük szerint** tanuljuk meg csoportosítani, és megtanuljuk kiválasztani a feladathoz illőt. Ez az alap ahhoz, hogy a következő alfejezetben (fiókok, ajtók) és a gyártástechnológiáknál pontosan tudjuk, mihez mit kell rögzíteni.

32.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el két szekrényt a műhely rajzasztalán.

Az első egy hagyományos, nagymama lakásából származó tömörfa ruhásszekrény. Ha belenézel az ajtaja mögé, nem tömör, vastag falú dobozt látsz, hanem egy vékonyabb fakeretből álló várat. A váz függőleges **oszlopokból** és vízszintes **kereszthevederekből** áll, a köztük lévő üres mezőkbe pedig vékonyabb **betétek** futnak be. Az egész könnyű, de merev.

A második egy modern, fehér konyhaszekrény. Itt nincs faoszlop és betét. A bútor 18 mm vastag, egyenletes felületű lapokból összeállított, zárt doboz (**korpusz**). Az oldalak, a tető, a fenék és a hátfal együtt adják a merevséget, a homlokzaton pedig szorosan illeszkedő ajtók és fiókok sorakoznak.

Ez a két kép a két fő szerkezeti világ: a **keretszerkezet** és a **kávaszerkezet**.

32.1.3. Szekrénytípusok és rendeltetésük

A szekrénytípusokat a tárolni kívánt tárgy és a helyiség funkciója határozza meg.

- **Állványpolc, polcrendszer:** Nyitott, elöl gyakran ajtó nélküli elem. Használható kamrában, garázsban, irodában, könyvtárban. Lényege a gyors hozzáférés és az állítható polclaruházat.
- **Könyvszekrény:** Rendszerint keskeny (250–300 mm mélység), mert a könyvek mérete ezt diktálja. Üvegezett ajtaja védi a könyveket a portól, a polcait rövidebb fesztávúra osztjuk, mert a könyvek nehezek.

- **Ruhásszekrény:** Mélysége 550–600 mm, mert a vállfára akasztott ruha ennyi helyet igényel. Belső kialakítása: akasztórúd, felső polc, esetleg belső fiókok vagy kosarak. Az akasztórúd magassága hosszú kabátokhoz a belső talptól mérve 1 700–1 800 mm, rövidebb ruhákhoz 900–1 100 mm (tájékoztató ergonómiai méret).
- **Beépített szekrény:** Nem önálló bútor, hanem a falnyílást vagy falfülkét tölti ki. Csak látható homlokzata van; oldala, teteje, alja gyakran maga a fal. A méretezés itt a helyszíni felmérésen múlik, és a hátfalat vagy a vakolt fal adja, vagy vékony burkolólap.
- **Iratszekrény:** Az irodai, fogas, dossziés tárolásra szolgál. Polcai vagy fiókjai a gyakori használathoz igazodnak.
- **Éjjeliszekrény:** Alacsony, kis mélységű, jellemzően fiókkal vagy ajtós rekesszel. Magassága az ágyhoz igazodik, tipikusan 450–600 mm.
- **Írószekrény:** Klasszikus, gyakran lehajtható lappal vagy fiókokkal épített darab. Kombinálja a tároló és az írófelület funkciót.
- **Fiókos szekrény:** Minden tárolószintje fiók. Jellemzően komód, fehérneműs- vagy szerszámos szekrény. A fiókok mélysége itt változó, de a szekrény mélysége a fióksínek hosszától függ.
- **Tálalószekrény:** Ebédlőbe való, alacsony, széles bútor; tetején tálalni is lehet, belsejében polcok és fiókok váltakoznak. Magassága a kényelmes tálaláshoz 800–900 mm.

Ezeket a típusokat a gyakorlatban e négy fő tartószerkezet valamelyikéből építjük fel: **keret**, **káva (korpusz)**, **állvány** vagy **vegyes szerkezet**.

32.1.4. Alapfogalmak és szerkezetek

Definíció. Keretszerkezet. Olyan tartószerkezet, amelyben a szekrény oldalát, ajtaját vagy hátát vékonyabb keresztmetszetű, összecsapozott vagy dűbelezett lécek – oszlopok, hevederek – alkotják. A mezőkbe keskenyebb horonyba vagy falcba engedett **betét** kerül. A betét nem ragasztva, hanem **mozgásbiztosan** rögzül, hogy a fa dolgozhasson.

Definíció. Kávaszerkezet (korpusz). Olyan dobozszerű szerkezet, amelyet sík lapokból – oldal, tető, fenék, hátfal – állítunk össze. A merevséget a lapok egymáshoz rögzítése (tiplik, lamelló, korpuszkötők, csavarok) és a hátfal adja. Modern, iparosított, anyagtakarékos és méretpontos gyártást tesz lehetővé.

Definíció. Állványszerkezet. A terhet a padlóra hordó, lábakra vagy lábazati elemekre állított polc- vagy tartórendszer. Oldala nem feltétlenül zárt; a merevséget gyakran hátsó keresztrács vagy feszítőelem biztosítja.

Definíció. Vegyes szerkezet. A fenti szerkezetek kombinációja. Például egy kávaszerkezetű korpuszra keretszerkezetű ajtót teszünk, vagy egy állványszerkezetű lábas asztalkához fiókos korpuszt rögzítünk.

32.1.5. Méretek és ergonómia

A szekrények méretei a felhasználóhoz és a tárolt dolgokhoz igazodnak. A rajzon és a szabásjegyzékben a méreteket **hossz × szélesség × vastagság (h × sz × v)** sorrendben, mm-ben adjuk meg. Az alábbi mintaértékek beépített, álló szekrényekre vonatkoznak, és tájékoztató jellegűek; egyedi bútoroknál a vevői igény és a helyszíni adottság dönt.

Szekrénytípus	Mélység (mm)	Magasság (mm)	Megjegyzés
Könyvszekrény	250–300 mm	1 800–2 200 mm	Polcfesztáv 600–900 mm

Szekrénytípus	Mélység (mm)	Magasság (mm)	Megjegyzés
Ruhásszekrény	550–600 mm	1 900–2 300 mm	Akasztórúdhoz mérve
Cipős szekrény	250–350 mm	900–1 200 mm	Döntött belső polcok
Éjjeliszekrény	350–450 mm	450–600 mm	Ágymagassághoz igazítva
Tálaló	400–500 mm	800–900 mm	Tálalási magassághoz igazítva
Konyhai alsó szekrény	550–600 mm	720–900 mm	Munkalap nélkül

Megjegyzés. A méretek kényelmi célokat szolgálnak, pontos szabványértéket a tervezés előtt a hatályos bútoripari előírásokban és a vevői specifikációban ellenőrizd.

32.1.6. Keretszerkezetű szekrények

A keretszerkezetű szekrény akkor a legjobb választás, ha **tömör fából** dolgozunk, és a bútor légies, könnyen javítható, ugyanakkor hosszú élettartamú legyen. Ilyen például egy klasszikus tölgy ruhásszekrény.

Felépítése:

1. **Oszlopok:** A függőleges teherhordó lécek. Befelé néző élükbe van marva a betét számára a horony. Méretük gyakran 40 × 40 mm vagy 50 × 30 mm (tájékoztató) a szekrény méretétől függően.
2. **Kereszthevederek:** Vízszintes, keresztdarabok. Az oszlopokkal ollós csappal, vésett csappal vagy lamellóval kötnek össze. A felső kereszthevéder hordja a tetőlapot, az alsó az alsó áthidalást adja.
3. **Betét:** A keretek közé fut be. Lehet tömörfa, betétes bútorlap, 4–8 mm-es rétegelt lemez vagy furnérozott lap. A betétet a keret horonyába 2–3 mm-es **játékkal** helyezzük el. Soha nem ragasztjuk be teljes kerületén! Ha a levegő nedvessége miatt a betét dagad, a játéknak köszönhetően nem feszíti szét a keretet. (Erről bővebben az Faipari alapszerkezetek: lap-, keret-, káva- és állványszerkezet alfejezetben tanultál.)
4. **Lábazat:** Alul egy külön keret vagy előre- és hátrafelé ugró elem, amely megemeli a szekrény testét a padlótól. Véd a nedvességtől és díszít. A keretszerkezethez legtöbbször egy alul vízszintesen futó, elöl nyitott lábazati keretet csavarozunk, vagy a szekrénytest alá állítható lábakat teszünk.

Miért jó? Ha a tömörfa oldal egyetlen széles lapból állna, zsugorodásnál megrepedne a merev rögzítés miatt. A keret és a mozgó betét viszont elnyeli a fa méretváltozását.

32.1.7. Kávaszerkezetű szekrények (korpuszbútorok)

A modern asztalosműhelyekben a leggyakoribb. Alapja a sík **bútorlap** – leggyakrabban 16–19 mm-es laminált forgácslap, MDF, rétegelt lemez vagy táblásított tömörfa lap. A munkadarabokat élére merőlegesen, derékszögben rögzítjük, így dobozt (korpuszt) kapunk.

Felépítése:

1. **Oldalak:** A jobb és bal oldali lapok. Furatozva vannak a polctartók vagy a vasalatok számára.
2. **Tető és fenék:** A korpusz felső és alsó zárólemezei. Gyakran az oldalak közé vannak fogva, vagy az oldalakon fekszenek.
3. **Hátfal:** Rendkívül fontos merevítő elem. Anyaga általában 3–8 mm vastag HDF, farostlemez vagy rétegelt lemez. Nútba vagy falcba van beültetve, és hátulról csavarozva.

4. **Lábazat:** Anyaga lehet tömör fenyő vagy bútorlap. A konyhaszekrények esetében gyakran állítható **műanyag bútorlábakat** pattintunk a gyártói tartóelembe. Az elülső lábazati takaróléc elrejti a lábakat.

Kötőelemek: A lapokat **korpuszkötő csavarral**, **tiplivel (köldökcsappal)** vagy **lamellóval** rögzítjük. A vasalatok típusát és furatkiosztását a Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek alfejezet tárgyalja.

Figyelem. A kávaszerkezetű korpusznál a **hátfal nem pusztán kozmetikai elem**. Ha a hátfalat kihagyjuk, vagy csak néhány ponton rögzítjük, a szekrény elöl-hátul **megdőlhet**, oldalra **elcsavarodhat**; nútba engedett vékony hátfalnál (pl. 3 mm HDF) a merevséget a teljes kerületen való rögzítés adja; a sarokkötések meglazulása miatt a szekrény „rombuszosodó” mozgást végez.

32.1.8. Állvány- és vegyes szerkezetű szekrények

Az **állványszerkezet** nyitott polcos elem. Ilyen a klasszikus műhely-polc, a kovácsoltvas-konzolos könyvespolc. Itt a teher a függőleges oszlopokra vagy lábakra hárul. A merevítést oldalsó átlós rács vagy a falra rögzített konzol adja.

A **vegyes szerkezet** a gyakorlatban a leggyakoribb. Például egy konyhaszekrénynél a korpusz kávaszerkezetű, a homlokzati ajtó keretezett (MDF vagy tömörfa keret közepén betéttel). Egy cipős szekrénynél gyakran állványszerkezetre kerül egy ferde polcokból álló, kávás fiókrész.

32.1.9. Polcok: fesztáv, lehajlás, polctartók

A polc a szekrény leggyakrabban túlterhelt része. A **fesztáv** a polc két alátámasztása közötti szabad távolság. Minél hosszabb a polc, annál jobban lehajlik.

Szabály. A polc akkor megfelelő, ha a lehajlása terhelés alatt a fesztáv 1/200-ánál, legfeljebb 1/150-énél nem nagyobb (tájékoztató érték; a pontos határ a bútoripari szabványban és a vevői elvárásban van). Például 800 mm-es polcnál a megengedett lehajlás 4,0 mm.

A faanyag mechanikai tulajdonságaiból (lásd a A fa mechanikai tulajdonságai és tartóssága alfejezetet) a lehajlás kéttámaszú, egyenletesen megoszló teherrel terhelt tartóként számolható:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

ahol: - f: lehajlás mm-ben, - q: a polcra jutó egyenletesen megoszló terhelés N/mm-ben, - l: a fesztáv mm-ben, - E: a polc anyagának rugalmassági modulusa N/mm²-ben, - I: a polckeresztmetszet inercianyomatéka mm⁴-ben.

Téglalap keresztmetszetre:

$$I = \frac{b \cdot v^3}{12}$$

ahol b a polc szélessége (mélysége), v a polc vastagsága mm-ben.

Fontos. A polc lehajlását a **vastagság (v) harmadik hatványa** határozza meg. Ezért egy vékony polc alá szerelt vastag élélc (fióknyelv, előlapi merevítő léc) drasztikusan növeli a merevséget.

32.1.10. Kidolgozott példa: polc lehajlásának számítása

Helyzet: Egy irodai polcrendszerbe 850 mm széles fülkébe MDF polcot készítünk. A polc teljes területére elosztva kb. 40 kg könyvet fognak tenni. Megfelel-e a 18 mm vastag, 300 mm mély MDF polc?

Adat: - Polc anyaga: MDF. Tájékoztató rugalmassági modulusa $E = 3\,000$ N/mm^2 (ellenőrizendő: gyártói adatlap). - Polc mélysége $b = 300$ mm. - Polc vastagsága $v = 18$ mm. - Fesztáv $l = 850$ mm.

1. lépés: A terhelés számítása. A 40 kg tömegű teher súlya: $F = m \cdot g = 40 \cdot 10 = 400$ N (a nehézségi gyorsulást 10 m/s^2-re kerekítjük). A fesztávra eső megoszló terhelés: $q = \frac{F}{l} = \frac{400\ \text{N}}{850\ \text{mm}} \approx 0{,}47$ N/mm.

2. lépés: A keresztmetszet inercianyomatéka.

$$I = \frac{b \cdot v^3}{12} = \frac{300 \cdot 18^3}{12} = \frac{300 \cdot 5832}{12} = 145\ 800\ \text{mm}^4$$

3. lépés: A lehajlás.

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}47 \cdot 850^4}{384 \cdot 3000 \cdot 145\ 800}$$

$850^4 = 522\,006\,250\,000$. A számláló: $5 \cdot 0{,}47 \cdot 522\,006\,250\,000 = 1\,226\,714\,687\,500$. A nevező: $384 \cdot 3000 \cdot 145\,800 = 167\,961\,600\,000$.

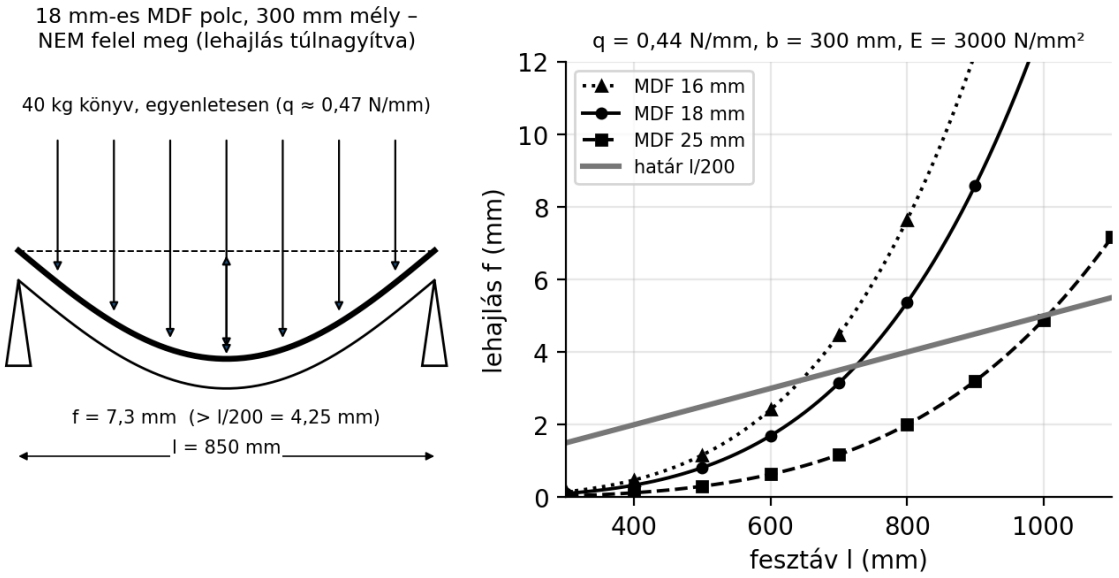
$$f = \frac{1\,226\,714\,687\,500}{167\,961\,600\,000} \approx 7{,}3\ \text{mm}$$

4. lépés: Ellenőrzés. A megengedett lehajlás $l/200$-hoz: $850/200 = 4{,}25$ mm. A számított $7{,}3$ mm $> 4{,}25$ mm. **A 18 mm-es MDF polc tehát NEM felel meg, túlságosan belóg.**

Megoldás variációk:

1. **Vastagabb anyag:** Válasszunk 25 mm-es MDF-et. Új inercianyomaték: $I = \frac{300 \cdot 25^3}{12} = 390\,625$ mm^4. Új lehajlás: $f = \frac{1\,226\,714\,687\,500}{384 \cdot 3000 \cdot 390\,625} \approx 2{,}72$ mm. $2{,}72 < 4{,}25$. **Megfelel!**
2. **Elöli-merevítő léc:** A polc elülső éle alá ragasztással és csavarral egy 15×30 mm-es tömörfa élce kerül. Ez gyakorlatilag úgy viselkedik, mintha a polc vastagabb lenne, és a polc csak hátul ül a polctartón, elöl a vasalat is fogja.

Számítási megjegyzés. A számítás becslés. A tényleges lehajlás függ a polc eloszló terhelésétől, az anyag időbeli kúszásától (főleg MDF-nél) és a polctartók megfogásától. Gyártás előtt a gyártói adatlap és a bútoripari méretezési előírás a mérvadó.



32.1. ábra. A kidolgozott példa polca túlnagyított lehajlással, és a lehajlás a fesztáv függvényében 16, 18 és 25 mm-es MDF polcra, az $l/200$ határvonallal

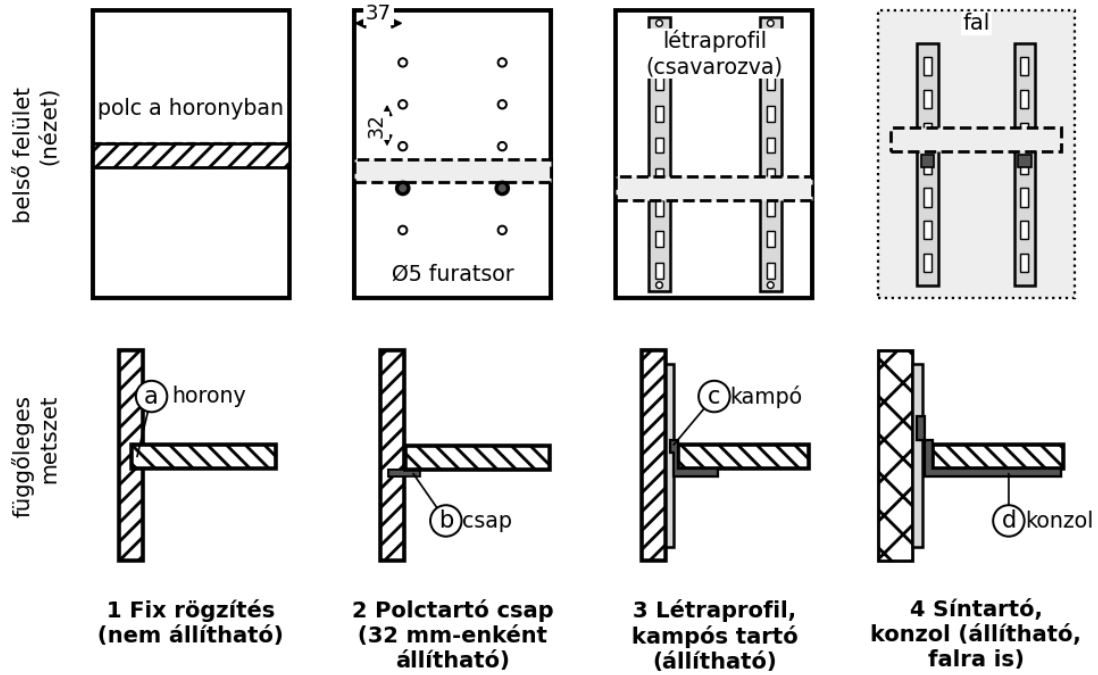
A jobb oldali görbéken jól látszik a vastagság harmadik hatványának hatása: a 25 mm-es polc ugyanakkora fesztávon a 18 mm-esnek alig több mint harmadát hajlik. Az interaktív kalkulátorban az anyag, a méretek, a teher, az elülső merevítő léc és a kúszás is állítható.

32.1.11. Polctartók

A polcok rögzítésének módja határozza meg az állíthatóságot.

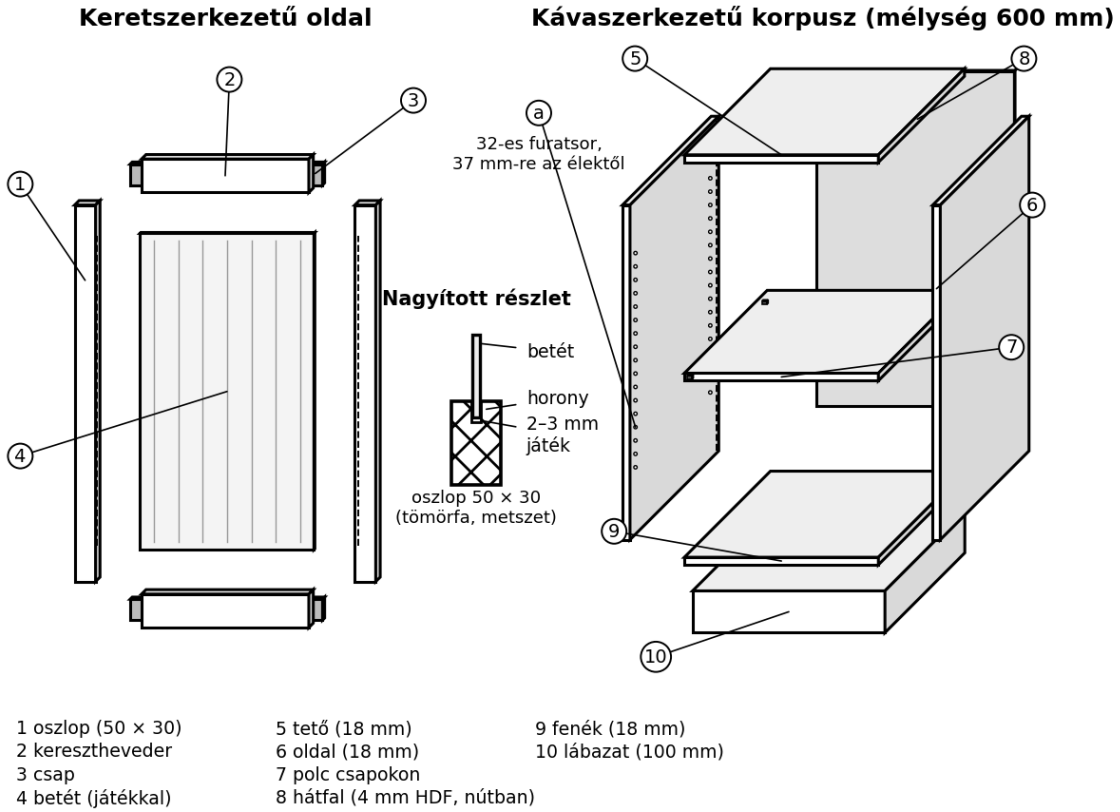
- **Fix rögzítés:** A polc a szekrény oldalához ragasztva, csavarozva, vagy hornyolt falcba ültetve. Erős, de nem állítható.
- **Állítható polctartó:** 5 mm-es furatrendszerbe illeszkedő **polctartó csapok**. Fém vagy műanyag kivitelben. Ezeket a Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek alfejezetben megismert furatkiosztással fúrjuk.
- **Létra- vagy létratartó:** A szekrény belső oldalára csavarozott függőleges létraprofilba kampós tartót akasztunk.
- **Síntartó:** Hosszú fém sínbe csavarozott konzol, amely a falra is szerelhető.

Az állítható furatrendszernél a sorok osztása általában 32 mm, az elülső fúrási sortengely a bútor elülső élétől 37 mm-re van (tájékoztató, 32-es rendszer). A polctartók beszerelésénél ügyelned kell, hogy az összes tartó ugyanabba a magassági sorba kerüljön, különben a polc billeg.



32.2. ábra. Négy polcrögzítés: fix (hornyba ültetett), polctartó csap a 32-es furatsorban, létraprofil kampós tartóval, síntartó konzollal – felül nézetben, alul függőleges metszetben (sematikus)

32.1.12. A két szerkezet robbantott ábrán

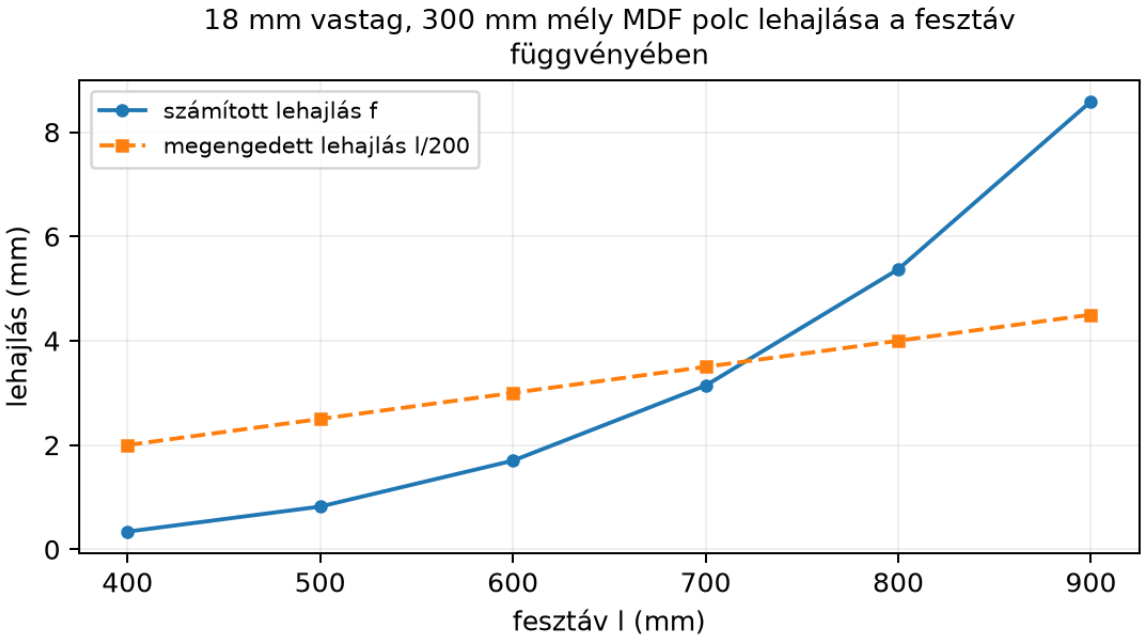


32.3. ábra. Keretszerkezetű szekrényoldal és kávaszerkezetű korpusz robbantott ábrája (kabinet-axonometria), nagyított részlettel a betét játékáról

Bal oldalon a keretszerkezet: a két oszlop (1) és a két kereszttheveder (2) csappal (3) kötődik, a betét (4) a horonyban játékkal ül. Jobb oldalon a korpusz lapjai: tető (5), oldalak (6) a furatsorral, polc (7), hátfal (8) a nútban, fenék (9) és lábazat (10). Az interaktív változatban a csúszkával szét- és összerakható a két szerkezet.

32.1.13. Szemléltető diagram

Az alábbi számított értékek azt mutatják, hogyan nő a lehajlás a fesztáv növelésével egy 18 mm vastag, 300 mm mély MDF polcnál.



32.4. ábra. 18 mm vastag, 300 mm mély MDF polc lehajlása a fesztáv függvényében - Szemléltető adat, a fenti képlettel számolva: E = 3000 N/mm², I = 145 800 mm⁴, q = 0,44 N/mm (állandó megoszló teher); a két vonal kb. 725 mm-nél metszi egymást. A tényleges érték a gyártói adatlap és a polctartók megfogása alapján ellenőrizendő.

A lehajlás görbéje meredeken emelkedik, mert a lehajlás a fesztáv **negyedik hatványával** arányos, a megengedett $l/200$ határ viszont csak egyenesen nő. A két vonal kb. 725 mm-nél metszi egymást: a metszéspont fölött a polc túlságosan belóg, ezért a 18 mm-es MDF polc ekkora terhelésnél 700 mm-es fesztávig felel meg, 800 mm-nél már nem. Ezért a hosszú polcokat feltétlenül alá kell támasztani, elöli merevítéssel ellátni, vagy vastagabb lapból készíteni.

32.1.14. Technológiai útmutató: polc méretre vágása és beépítése

Ez a rész a lapalkatrészek gépi szabása nélkül, a szerkezeti összeállításra koncentrál. A gépi szabás előtt tanulmányoznod kell a Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák és a Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai alfejezeteket.

1. **Méretvétel a műhelyrajzról:** Olvasd le a kész méretet és a vastagságot. (ellenőrzés: a rajz és a szabásjegyzék mérete egyezzen)
2. **Anyagkiosztás:** A nyers lapból a szálirány és mintairány szerint válaszd ki a pofát. (ellenőrzés: a furnérminta vagy dekorminta iránya függőlegesen fusson a kész bútoron)
3. **Szabás:** A lapot a megadott hosszra és szélességre darabold. Hagyj rá 2–3 mm-t az élének méretre munkálásához, ha a szabás nem formatizáló lapfűrésszel történt. (ellenőrzés: a lap élén nincs kitöredezett darab, a felső és alsó lamellák nem szakadtak ki)
4. **Élzárás:** A látszó élekre élzáró fóliát vagy tömörfa lécet vasalj/ragassz. (ellenőrzés: az élzáró nem áll túl a lap vastagságán, átmenete sík)
5. **Furatkiosztás:** A polctartók helyét a furatkiosztási rajz szerint fúrd meg. (ellenőrzés: a furat a lap élével párhuzamos, mélységi ütközőjét beállítottad)
6. **Szerelés:** A korpusz oldalait, tetőjét és fenekét dűbelezve vagy csavarozva rögzítsd. A hátfalat a bemarásba vagy a falcba helyezd. (ellenőrzés: a korpusz derékszögű, az átlók hossza megegyezik)

7. **Polcbepattintás:** A polctartókat a megfelelő magasságba helyezd, majd a polcot fektesd rájuk. (ellenőrzés: a polc nem billeg, elülső éle kissé hátra, a lábazat síkjától beljebb esik)

32.1.15. Minőségellenőrzés

A szekrény összeállítása után az alábbiakat ellenőrizd.

- **Derékszögűség:** Mérőszalaggal mérd meg a két átlót (bal alsó–jobb felső, jobb alsó–bal felső). Az eltérés 800 mm-es átlónál legfeljebb 1–2 mm legyen (tájékoztató).
- **Függőlegesség:** Vízmértékkel ellenőrizd az oldalakat és a homlokzatot.
- **Hátfal rögzítése:** Vizsgáld meg, hogy a hátfal ne légy feszített, és ne nyomja befelé a korpuszt. A hátfal széle hézag nélkül üljön a falcban.
- **Polctartó terhelés:** A polcra a tervezett súlyt ráhelyezve (vagy óvatosan lenyomva) figyeld, nincs-e ropogás, nagy behajlás.
- **Betét mozgása (keretszerkezet):** A betétet ujjal mozgatva apró játéknak kell lennie. Ha feszes, ki kell venni és pár tized mm-t le kell gyalulni.

32.1.16. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A tömörfa betét a keretben megreped. **Ok:** A betétnek nem hagytak mozgási játékot, vagy a betétet körbe beragasztották a horonyba. **Megoldás:** A betétet mindig szárazon, 2–3 mm-es játékkal helyezd a horonyba. Csak a betét közepén, egy ponton (pl. egy rejtett csappal) szabad rögzíteni, hogy a kiterjedése irányban el tudjon mozdulni.

2. **Hiba:** A polc középen belóg. **Ok:** A polc fesztávja túl nagy a terheléshez képest, vagy a lap túl vékony. **Megoldás:** Vastagabb lapot, erősebb anyagot (pl. MDF helyett rétegelt lemezt) válassz, vagy a polc elülső élére szerelj merevítő lécet/zártszelvényt. Ha a bútor belső kialakítása engedi, csökkentsd a fesztávot egy középső osztólappal.

3. **Hiba:** A szekrény a helyén „rombuszosodik”, az ajtók a sarkuknál összeérnek, a teteje nem zár. **Ok:** A hátfal hiánya vagy rossz rögzítése miatt a korpusz elvesztette a derékszögű merevségét. **Megoldás:** A hátfalat a korpusz teljes kerületén, legfeljebb 100–150 mm-es osztással (tájékoztató, ellenőrizendő: vasalat- és lapgyártói ajánlás) csavarral vagy facsavarral rögzíteni kell. A szekrényt a falhoz is ki lehet kötni, ha a stabilizálást fokozni kell.

32.1.17. Valós életbeli alkalmazás

Eset: Egy asztalos tanuló könyvespolcot készített a hálószobába. A fal hossza 2 200 mm volt, így a polcokat 2 000 mm-es fesztávval, 18 mm-es laminált forgácslapból méretre vágatta. A könyvek felrakása után néhány hét alatt a polcok középen látványosan belógtak, a széleken a könyvek befelé dőltek. A reklamáció során kiderült, hogy a vevő nemcsak díszkönyveket, hanem nehéz lexikonokat és fotóalbumokat tárolt ott. A műszaki ellenőrzés kimutatta, hogy a lehajlás meghaladta a 15 mm-t. A hibát a tanuló azzal követte el, hogy a polc hosszúságát az oldalfal hosszához igazította, és egyetlen középső alátámasztást sem tervezett. A tanulság: **a polc nem lehet tetszőlegesen hosszú**. A javítás úgy történt, hogy a polcrendszert függőleges osztólapokkal leosztották 600 mm-es szakaszokra, így a polcok lehajlása a tűréshatár alá került, és a könyvek is jobban elfértek.

32.1.18. Önellenőrzés

1. Melyik szerkezetet választanád egy modern, 600 mm mélységű beépített ruhásszekrényhez, ha a falnyílás mérete pontosan mérhető? Miért?
2. Igaz/hamis: A keretszerkezetű szekrény betétjének fixen a horonyban kell lennie, mert különben zörög.
3. Mennyi a megengedett lehajlás (mm-ben) egy 1 000 mm fesztávú polcnál, ha a $l/200$ határt alkalmazzuk?
4. Igaz/hamis: A kávaszerkezetű szekrény hátfalát nem muszáj rögzíteni, ha a polcok elég vastagok.
5. Mennyi az inercianyomatéka annak a polcnak, amelynek mélysége 350 mm, vastagsága 16 mm?
6. Mi a különbség az állvány- és a kávaszerkezet között a teherviselés szempontjából?

32.1.19. Feladatok

1. feladat (A) – Sorolj fel négy szekrénytípust, és írd mindegyik mellé a hozzá illő jellemző mélységet.

2. feladat (A) – Nevezd meg a keretszerkezetű szekrény három fő alkotóelemét, és írd le a betét helyes beépítését.

3. feladat (B) – Számítsd ki a polc lehajlását. Adott: MDF polc, $b = 300$ mm, $v = 16$ mm, $l = 700$ mm, $q = 0{,}35$ N/mm, $E = 3\,000$ N/mm^2.

4. feladat (B) – Az előző feladat eredménye alapján állapítsd meg, hogy megfelel-e a polc az $l/200$ lehajlási határnak. Ha nem, milyen vastagságú MDF-re cserélnéd a polcot?

5. feladat (C) – Egy megrendelő 1 800 mm széles, súlyos könyveket tároló könyvespolcot szeretne, de a helyiségbe nem fér be 25 mm-nél vastagabb polc. Javasolj szerkezeti megoldást, rugalmasan.

6. feladat (D) – Tervezz meg egy beépített, 600 mm mély, 800 mm széles konyhai alsó szekrényt: korpuszanyag, hátfal, lábazat, polc fesztávja és vastagsága. Ellenőrizd a 18 mm-es, 300 mm mély polc lehajlását 20 kg egyenletes teherre ($E = 3\,000$ N/mm^2), és foglald a szerkezetet 4–5 számozott lépésbe.

32.1.20. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Kávaszerkezetű korpuszt. A modern, iparosított gyártásnál a lapokból összeállított doboz gyorsan méretre szabható, a hátfallal beállítható, és a falnyíláshoz pontosan hozzáigazítható.
2. **Hamis.** A betétnek 2–3 mm-es játékkal kell ülnie, mert a fa dagad és zsugorodik. Csak egy ponton szabad rögzíteni.
3. $l/200 = 1000/200 = 5{,}0$ mm.
4. **Hamis.** A hátfal merevít. Ha nincs rögzítve, a szekrény elveszti derékszögű merevségét.
5. $I = \frac{b \cdot v^3}{12} = \frac{350 \cdot 16^3}{12} = \frac{350 \cdot 4096}{12} = 119\,466{,}7$ mm^4.
6. Az állványszerkezetnél a terhet a lábakra vagy az állványoszlopokra eresztjük le, a zárt korpusz (káva) viszont a lapok összességén és a hátfal merevségén keresztül visel terhet.

1. feladat (A) – Például: könyvszekrény (250–300 mm); ruhásszekrény (550–600 mm); konyhai alsó szekrény (550–600 mm); tálaló (400–500 mm). (Más ésszerű, indokolt típus is elfogadható.)

2. feladat (A) – Oszlopok, kereszthevederek, betét. A betétet a horonyba 2–3 mm-es játékkal, szárazon, csak egy ponton rögzítve kell beépíteni, hogy a fa mozoghasson.

3. feladat (B) – Adott: $b = 300$ mm, $v = 16$ mm, $l = 700$ mm, $q = 0{,}35$ N/mm, $E = 3\,000$ N/mm^2. Keresett: f. 1. $I = \frac{b \cdot v^3}{12} = \frac{300 \cdot 16^3}{12} = \frac{300 \cdot 4096}{12} = 102\,400$ mm^4. 2. $f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 0{,}35 \cdot 700^4}{384 \cdot 3000 \cdot 102\,400}$. $700^4 = 240\,100\,000\,000$. Számláló: $5 \cdot 0{,}35 \cdot 240\,100\,000\,000 = 420\,175\,000\,000$. Nevező: $384 \cdot 3000 \cdot 102\,400 = 117\,964\,800\,000$. $f = \frac{420\,175\,000\,000}{117\,964\,800\,000} \approx 3{,}56$ mm.

4. feladat (B) – A megengedett lehajlás: $l/200 = 700/200 = 3{,}5$ mm. $3{,}56$ mm $> 3{,}5$ mm, tehát nem felel meg. A legfeljebb 3,5 mm-es lehajláshoz nagyobb inercianyomaték kell. Ha $v = 18$ mm-re cseréljük: $I = \frac{300 \cdot 18^3}{12} = 145\,800$ mm^4. Új lehajlás: $f = \frac{420\,175\,000\,000}{384 \cdot 3000 \cdot 145\,800} \approx 2{,}5$ mm. Ez már megfelel. (Tehát a 18 mm vastag polc megfelel.)

5. feladat (C) – Ha a 25 mm-es vastagságot nem lehet növelni, a polc fesztávját csökkenteni kell. A javaslat: szereljünk be középen függőleges osztólapot vagy kettős könyöktartót, így a szabad fesztáv 900 mm alá csökken. Alternatívaként a polc elülső és hátsó élébe ragasztott, mélyebben futó fióknyelv merevítő léc is növeli az inercianyomatékot anélkül, hogy a látvány zavaró lenne.

6. feladat (D) – Minta a konyhaszekrényhez: korpusz 18 mm-es fóliázott forgácslap; hátfal 4 mm-es HDF (körben rögzítve); lábazat magassága 100 mm; polc 18 mm vastag. Belső fesztáv: $800 - 2 \cdot 18 = 764$ mm. Teher: $q = 200$ N/764 mm $\approx 0{,}26$ N/mm; $I = \frac{300 \cdot 18^3}{12} = 145\,800$ mm^4. $f = \frac{5 \cdot 0{,}26 \cdot 764^4}{384 \cdot 3000 \cdot 145\,800} \approx \frac{4{,}43 \cdot 10^{11}}{1{,}68 \cdot 10^{11}} \approx 2{,}7$ mm; a megengedett érték $l/200 = 764/200 \approx 3{,}8$ mm, tehát a polc megfelel (tájékoztató számítás). Lépések: 1. a homlokzati rajz alapján a korpusz kész méretének meghatározása; 2. a lapok szabása hosszra és szélességre; 3. élzárás; 4. a polctartó- és vasalatfuratok fúrása a 32-es rendszer szerint; 5. a korpusz összeszerelése, majd hátlapozás.

32.1.21. Rövid összefoglaló

A szekrényeket a tartószerkezetük szerint osztályozzuk. A **keretszerkezet** oszlopokból és kereszthevederekből áll, a mezőkbe mozgó betét kerül. Ez a tömörfa bútorok ideális szerkezete, mert elnyeli a fa dagadását és zsugorodását. A **kávaszerkezet** (korpusz) sík lapokból összeállított doboz. A merevségét a lapkapcsolatok és a hátfal adják. Az **állvány- és vegyes szerkezet** lábakra támaszkodó vagy más szerkezettel épített kombináció. A polcok méretezésénél a fesztáv és a lehajlás a döntő. A lehajlás kéttámaszú tartóval: $f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$, ahol $I = \frac{b \cdot v^3}{12}$. **Továbbvitt eredmény.** Ez a szerkezeti felosztás alapozza meg a fiókok és szekrényajtók szerkezetét Fiókok és szekrényajtók szerkezete; fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza, a korpuszbútorok gyártástechnológiáját Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája, és a szerkezetek szerelését Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések. A polcméretezésnél tanult lehajlási képletet a lépcsők méretezésénél is használjuk Falépcsők szerkesztése és készítése.

32.1.22. Források és ellenőrzési hiányok

Az alfejezet a faipari szerkezettan és a bútoripari gyártás általános szakmai gyakorlatán alapul. Az ergonómiai méretek (polcmélységek, magasságok, ruhaakasztó rúd magassága) tájékoztató értékek, a konkrét megrendelésnél a vevő méretei és a bútoripari szabványok az irányadók. A polc lehajlási képletének alkalmazásához használt rugalmassági modulus tájékoztató anyagjellemző, a pontos érték a lapgyártó műszaki adatlapjától és a faanyagfizikai táblázatoktól függ (ellenőrizendő: gyártói adatlap, aktuális EN szabvány a bútoripari terhelési követelményekhez). A $l/200$ határ a

gyakorlatban elterjedt tervezési irány, a pontos előírás a szerkezeti méretezési szabványban és a termékszabványban ellenőrizendő.

32.2. Fiókok és szekrényajtók szerkezete; fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza

32.2.1. Motiváció és szemléletes kép

Egy vevő reklamál: a fiók eleinte könnyen járt, mostanra szorul, az ajtó pedig lejjebb lóg, és a hézagok sem egyenletesek. A hibát csak akkor látod meg, ha rajzon és szerkezetben is érted, mi tartja a fiókot, milyen vasalat vezeti, mibe ütközik az ajtó, és melyik méretből milyen hézag következik.

Képzelj el egy éjjeliszekrényt. Felül egy fiók, alatta egy ajtós tárolórekesz. A fiók kihúzható doboz, az ajtó pedig elöl nyíló lap. A két elem nemcsak díszít: mindkettő pontos szerkezeti kapcsolatban van a korpusszal. A fiók és ajtó mérete, vezetése, ütközése, pántolása határozza meg, hogy csendesen, egyenletes hézaggal, megereszkedés nélkül működik-e.

32.2.2. A fiók fogalma, részei és kötései

Definíció. A **fiók** kihúzható tárolódoboz, amelyet elöl **fiókelőlap** (fiókhomlok), két oldalt **fiókoldallap**, hátul **fiókhátlap** határol, alul pedig **fiókfenék** zár.

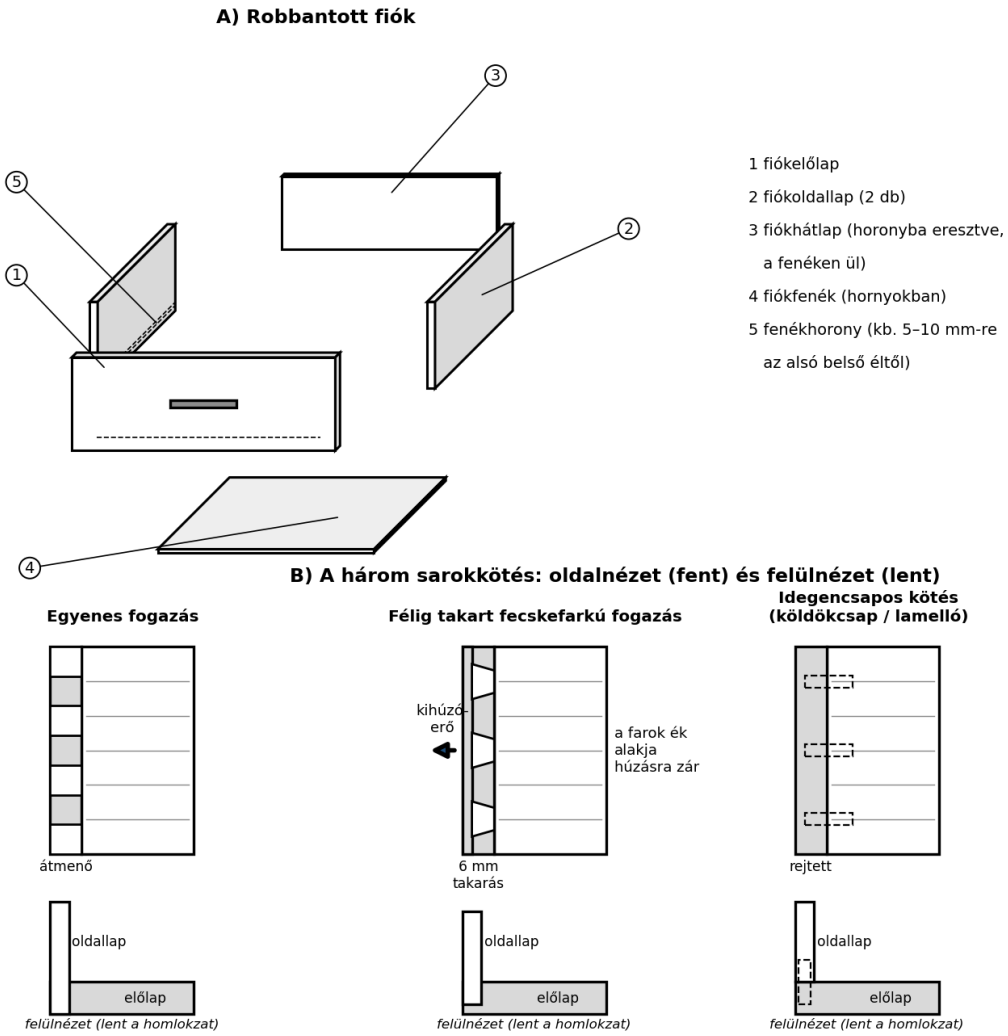
A hagyományos fiók részei:

- **Fiókelőlap:** a látható, vastagabb előlap; fogantyút vagy fiókzárat hordoz, és eltakarja a fiók és a korpusz közötti hézagokat.
- **Fiókoldallap:** a fiók két oldala; elöl az előlaphoz kötik, hátul a hátlapot fogja, alul a fenék hornyát tartalmazza.
- **Fiókhátlap:** a fiók hátsó, rendszerint vékonyabb fala; a fiók kihúzásakor hátul kifelé lezárja a dobozt.
- **Fiókfenék:** a fiók alja; leggyakrabban vékony rétegelt lemez vagy farostlemez, de kisebb fiókokban tömörfa betét is lehet.

A fiók sarkain a leggyakoribb kötések:

- **Egyenes fogazás:** a fiókelőlap és az oldallap kölcsönösen egymásba fogazott csapokkal kapcsolódik; egyszerű, erős, főleg rejtett vagy ráütődő előlapú fiókoknál.
- **Félig takart fecskefarkú fogazás:** a fiókelőlap oldalán a fogazás nem üt át a homlokzatra; a homlokzat tömör, a fog csak belülről látszik. Gyakori választás a tömörfa fiókelőlapnál.
- **Idegencsapos kötés:** például **lamelló** vagy **köldökcsap** a fiókelőlap és az oldallap között. Gyors, de kevésbé hagyományos; inkább sorozatgyártott fiók előszerelésnél használják (a rajzjelölésről a Kávakötések ábrázolása: beeresztések, fogazások, idegencsapos kötések alfejezetben).

A fiók hátlapja rendszerint **beeresztve** ül a két oldallap közötti horonyban, a fiókfenék pedig az oldallapok és a hátlap alsó hornyában. Az elülső fenékhornyot a fiókelőlap alsó belső élétől kb. 5–10 mm-re vezetik.



32.5. ábra. A hagyományos fiók robbantott ábrája számozott részekkel (A) és a három sarokkötés oldal- és felülnézetben (B); a fecskefark ék alakja a kihúzóerő ellen zár

Az ábra felső részén a fiók szétszedett részei láthatók; a hátlap az oldallapok közé eresztve a fenéken ül, a fenék a hornyokban fut. Az alsó sorban a három sarokkötés: az egyenes fogazás ujjai átmennek a homlokra, a félig takart fecskefark fogai csak belülről látszanak, az idegencsapos kötés csapjai rejtettek.

32.2.3. Fiókvezetés fán és vasalaton

Definíció. A **fiókvezetés** azoknak az elemeknek az összessége, amelyek a fiókot a kihúzás és betolás közben függőlegesen megtartják, oldalirányban vezetik, és a kihúzás hosszát behatárolják.

32.2.3.1. Fa fiókvezetés

A hagyományos **fa fiókvezetés** a korpusz belső oldalához rögzített vagy abba beeresztett **vezetőlécekből** (futólécek) és a fiók oldalán vagy alján kialakított **vezetőhoronyból** áll. A fiók oldallapja és a korpusz oldallapja közt tájékoztató hézag 1–2 mm oldalanként, hogy a

fa nedvességváltozásakor a fiók ne szoruljon. A fa vezetés előnye a hagyományos megjelenés; hátránya, hogy a fiók nem húzható ki teljesen, és idővel kophat.

32.2.3.2. Vasalatos fiókvezetés

A modern **fém fiókvasalatok** a korpuszra és a fiók oldalára csavarozott sínpárok. A leggyakoribbak:

- **Görgős fiókvezető:** olcsó, általában 3/4-es kihúzású; a fiók nem jön ki teljesen.
- **Golyós fiókvezető:** pontosabb, jobban terhelhető; létezik **teljes kihúzású** változata is, amikor a fiók teljes mélysége hozzáférhető.
- **Rejtett fiókvezető:** a fiók alá szerelik, a fiókoldal oldala sima marad.

A vasalatos vezetőhöz a fiók és a korpusz közé gyártónként eltérő oldalhézag szükséges, tájékoztató jelleggel 12–13 mm oldalanként (ellenőrizendő a kiválasztott vasalat adatlapja szerint).

A fiók részeinek térbeli kapcsolatát és a sarokkötéseket a fenti robbantott ábra mutatja.

32.2.4. Szekrényajtók típusai

Definíció. A **szekrényajtó** elforduló vagy eltolható szerkezeti elem, amely a szekrény nyílását lezárja, és hozzáférést biztosít a belső térhez.

A beépítés módja szerint megkülönböztetünk:

- **Ráütődő ajtó:** az ajtó a szekrény nyílása körüli homlokfelületre fekszik fel, tehát a nyílásnál nagyobb, és a korpusz elülső síkját részben takarja. Előnye, hogy eltakarja a korpusz éleit és a fúrásokat, valamint kisebb pontatlanságot is elrejt.
- **Befekvő ajtó:** az ajtó pontosan a nyílás belsejébe kerül, külső síkja a korpusz homlokával közel egy síkba esik. Pontosabb hézagot és egyenes éleket igényel.
- **Félig ráütődő ajtó:** a ráütődő és a befekvő között átmenet; az ajtó éle részben a korpusz elülső felületére támaszkodik, részben a nyílásba illeszkedik. Gyakori középső osztóléces vagy háromajtós szekrényekben.

Definíció. A **keretes ajtó** olyan ajtólap, amelyet négy keretdarab alkot: két **futó** (függőleges) és két **kávázó** (vízszintes), középen **betéttel**. A betét lehet tömörfa, rétegelt lemez, üveg vagy kárpitozott panel.

A **tömör ajtó** egy darab tömörfa lapból vagy faalapú lapból készül, keret nélkül.

A **keretes ajtó** betétje a keretfák hornyában ül, és kissé mozoghat, hogy a nedvességváltozás ne repessze meg a keretet.

32.2.5. Tolóajtó, ajtóütközés, pántolás és zárás

Definíció. A **tolóajtó** olyan ajtó, amely nem elfordul, hanem sínen, görgőn vagy műanyag futósoron vízszintesen eltolódik.

A tolóajtó lehet:

- a szekrény homlokzata előtt futó,
- a korpuszon belüli sínbe akasztott,
- két- vagy többpályás, egymás előtt eltolható.

A tolóajtó záródási helyzetét ütközők vagy sínvégek határozzák meg. Az éjjeliszekrény rajzán nyíló ajtót használunk, mert keskeny bútornál a tolóajtó elveszi a belső szélességet.

Definíció. Az **ajtóütközés** az a szerkezeti elem vagy felület, amely a záródó ajtó mozgását a kívánt helyzetben megállítja.

A ráütődő ajtó ütközhet a korpusz elülső homlokfelületére, vagy önálló **ütközőlécre**. Befekvő ajtónál az ajtó éle a nyílás belső síkjához, illetve az ütközőléchez ér. Ha az ajtó túlzottan az ütközőbe csapódik, a pánt meglazul és az ajtó megereszkedik, ezért az ütközőbe **filc** vagy műanyag ütközőpontot is raknak.

A **pántolás** az ajtó mozgatható csatlakoztatása a korpuszhoz. Hagyományosan fészkes **csuklós pántot**, modern bútoroknál **rejtett pántot** használunk. A rejtett pánt csészéje az ajtó hátoldalába fúrt **35 mm-es** süllyesztett furatba ül, tányérja pedig a korpuszra szerelhető (a fúrási rendszerről a Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek alfejezetben).

Az ajtó **zárása** lehet mágneses, görgős, golyós vagy kulcsos retesz. A bútorajtóknál leggyakrabban mágnest vagy golyós rögzítőt szerelnek az ajtó felső sarkához.

32.2.6. Fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza lépésenként

A rajz egy **500 mm magas, 400 mm széles, 380 mm mély** éjjeliszekrényt mutat, felül egy fiókkal, alatta egy ajtós rekesszel (a méretek a rajzon mm-ben szerepelnek, a rajzon a mm-t nem írjuk ki).

32.2.6.1. 1. lépés – Elölnézet

Az elölnézeten látjuk:

- a **fedőlapot**: 420 × 400 × 20 mm, mindkét oldalon 10 mm túlnyúlással;
- alatta 3 mm hézag;
- a **fiókelőlapot**: 396 × 140 × 20 mm, ráütődő kivitel, oldalt 2–2 mm hézag;
- alatta 3 mm hézag;
- a **válaszfalat**: 364 × 344 × 20 mm, elülső éle a korpusz homlokával egy síkban van (ütközőléc nincs: a ráütődő ajtó felső széle a válaszfal homlokára, oldalai az oldallapok homlokára ütköznek);
- alatta 3 mm hézag;
- a **keretes ajtót**: 388 × 290 × 20 mm (ráütődő, homlokzati oldalhézag 6–6 mm);
- alul 3 mm hézag, a korpusz alján 18 mm-es lábazati vagy fenékrész.

A fiók fogantyúja a fiókelőlap középvonalában, az ajtó fogantyúja az ajtó felső sávjában.

32.2.6.2. 2. lépés – Oldalnézet és felülnézet

Az **oldalnézeten** megjelenik a korpusz mélysége (380 mm), a fedőlap 400 mm-es mélysége, és a fiók kilógó vezetése. A **felülnézet** a fedőlap és a korpusz viszonyát mutatja.

32.2.6.3. 3. lépés – Függőleges metszet

A rajzon az **A–A metszősík** a szekrény középvonalán, a fiók közepén halad.

A metszeten látni kell:

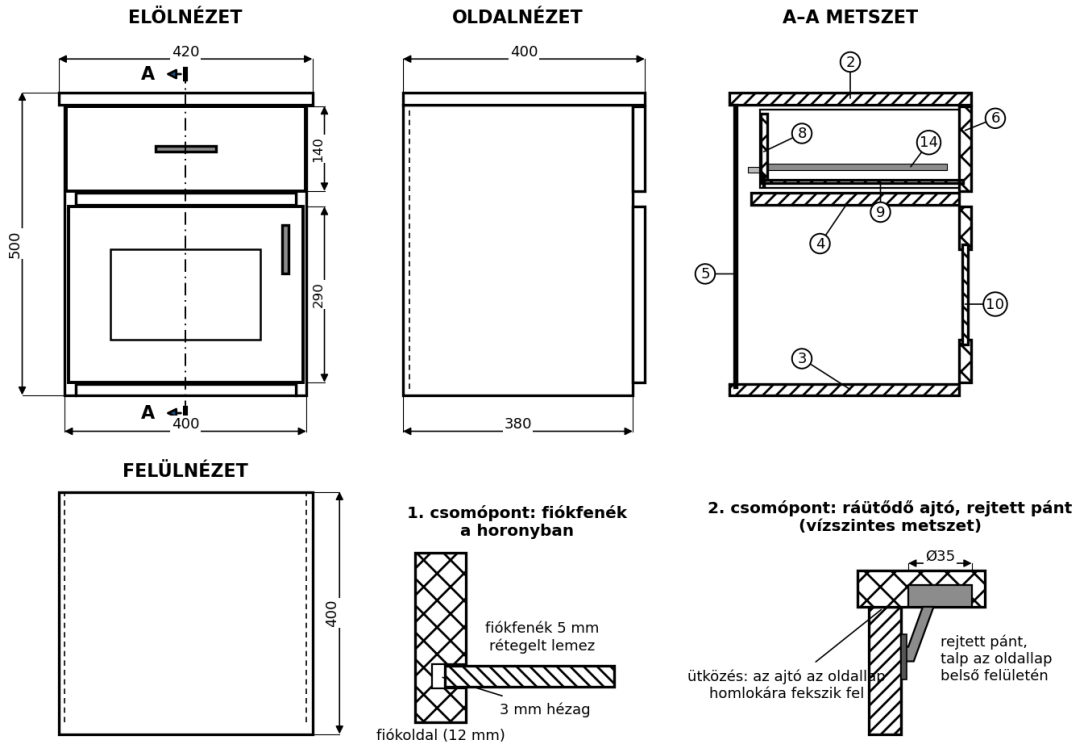
- a fedőlapot,
- a fiók előlapját és a fiókfeneket,
- a fiók hátlapját,
- a válaszfalat,
- az ajtót a korpusz homlokzati síkjában (a válaszfal elülső homlokára ütközik).

A **fiókelőlap–fiókoldallap sarok** metszetén a fogazást sraffozott anyaggal jelöljük. Az előlap fogazata kívülről nem látszik, mert félig takart.

32.2.6.4. 4. lépés – Csomópontok

A rajz jobb alsó sarkában két csomóponti rajz:

- **Fiókfenék csomópont:** a fiókoldallap alsó hornya, a fenék 5 mm-es rétegelt lemez beültetve, alul 3 mm-es szabad mozgás.
- **Ajtóütközés csomópont:** a ráütődő ajtó lapja felfekszik a válaszfal elülső homlokfelületére, mögötte rejtett pántot rajzolunk, a pánt csészéje az ajtóban.



Anyagjelölés (sematikus): //// MDF lapanyag · xx tömörfa metszet · \\\\ rétegelt lemez · szürke: 4 mm farost hátfal, fém vasalat sötét
Méretarány: M 1:5 (csomópontok nagyítva, kb. M 1:1)

32.6. ábra. A fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza: elölnézet, oldalnézet, felülnézet, A–A metszet és két csomópont (sematikus; a számok a darabjegyzék tételszámai)

A rajz a fenti négy lépést egy lapon mutatja: a magasságok sorrendje 20 + 3 + 140 + 3 + 20 + 3 + 290 + 3 + 18 = 500 mm. A metszeten a számok a darabjegyzék tételeit jelölik; az interaktív változatban a fiók kihúzható, és az alkatrészre mutatva megjelenik a darabjegyzék sora.

32.2.6.5. Darabjegyzék a rajzhoz

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
1	Korpusz oldallap	2	furnérozott MDF	480 × 380 × 18	elülső él zárva	480 magas
2	Fedőlap	1	furnérozott MDF	420 × 400 × 20	elülső él zárva	10 mm túlnyúlás
3	Fenéklap	1	furnérozott MDF	364 × 344 × 18	elülső él zárva	
4	Válaszfal	1	furnérozott MDF	364 × 344 × 20	elülső él zárva	elöl a korpusz homlokával egy síkban, ütköző
5	Hátfal	1	farostlemez	374 × 452 × 4	–	korpusz hátsó horonyba (364 + 2 × 5 = 374; 442 + 2 × 5 = 452)
6	Fiókelőlap	1	tömörfa	396 × 140 × 20	rost vízszintes	félig takart fogazás
7	Fiókoldal-lap	2	tömörfa	330 × 130 × 12	rost vízszintes	fenékho-ronnyal
8	Fiókhátlap	1	tömörfa	323 × 110 × 10	rost vízszintes	oldalak hornyába (315 + 2 × 4 = 323)
9	Fiókfenék	1	rétegelt lemez	325 × 322 × 5	furnérrost függőleges	hornyok-ban (315 + 2 × 5 = 325; 330 − 8 = 322)
10	Ajtó futó	2	tömörfa	290 × 70 × 20	rost függőleges	keret
11	Ajtó kávázó	2	tömörfa	308 × 70 × 20	rost vízszintes	keret; 248 + 2 × 30 mm csap (248 a vállméret)

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
12	Ajtóbetét	1	rétegelt lemez	264 × 166 × 9	furnérrost vegyes	keret horonyba (nyílás 248 × 150 + 2 × (10 − 2) mm; 10 mm horony, 2 mm játék)
13	Rejtett pánt	2	fém	gyártó szerint	–	35 mm csésze
14	Fiókvasalat	1 pár	fém	gyártó szerint	–	golyós futó

Továbbvitt eredmény. A fiók- és ajtószerkezet rajzi meghatározása, a fiókvezetés, az ajtótípus, az ütközés és a pántolás alapja a Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája, az Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája és a Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek alfejezeteknek.

32.2.7. Számítás: fiók- és ajtóméret meghatározása

Példa 1. – Fiókdoboz szélesség golyós fiókvezető esetén. Adott: korpusz belső szélesség $B_{\text{belső}} = 364\,\text{mm}$; a kiválasztott golyós fiókvasalat oldalankénti szerelési hézag $h_{\text{vez}} = 12{,}5\,\text{mm}$ (tájékoztató, gyártói adat). Keresett: a fiókdoboz külső szélessége B_{fk} (mm). Képlet: $B_{\text{fk}} = B_{\text{belső}} - 2 \cdot h_{\text{vez}}$. Behelyettesítés:

$$B_{\text{fk}} = 364 - 2 \cdot 12{,}5 = 364 - 25 = 339\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: a fiók oldalt 12–12 mm falvastagsággal belül $339 - 24 = 315\,\text{mm}$ belső szélességet ad, ami egy 315 mm széles tárolórekesznek megfelel.

Példa 2. – Fa vezetésű fiók és ráütődő előlap. Adott: korpusz belső szélesség 364 mm; korpusz külső szélesség 400 mm; fa fiókvezetésnél oldalhézag 1,5 mm oldalanként; a fiókelőlap kétoldali homlokzati hézag 2 mm. Keresett: a fiókdoboz külső szélessége fa vezetésnél, és a fiókelőlap szélessége.

Fiókdoboz külső szélesség:

$$B_{\text{fk}} = 364 - 2 \cdot 1{,}5 = 361\,\text{mm}.$$

Előlap szélesség:

$$B_{\text{homlok}} = 400 - 2 \cdot 2 = 396\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: a fiókoldalak külső síkja és a korpusz belső oldala között 1,5–1,5 mm hézag marad, az előlap pedig 2–2 mm homlokzati hézaggal takar.

Példa 3. – Ráütődő ajtó szélessége. Adott: a korpusz nyílása a szekrény belső szélességével 364 mm; a kívánt takarás oldalanként 12 mm. Keresett: az ajtó külső szélessége B_a.

$$B_a = 364 + 2 \cdot 12 = 388\,\text{mm}.$$

A korpusz külső szélessége 400 mm, így az ajtó mellett 6–6 mm marad, az ajtó nem takarja le teljesen a korpusz homlokát, de a fiókelőlap alatti válaszfaltól elváló vonal esztétikus.

32.2.8. A szerelés és a beállítás elvei

A gyártás során a fiókot először **előszerelve** ellenőrizzük: a fiók és a korpusz élei derékszögűek legyenek, a fogazott sarkok hézagmentesek. A fiókvasalatot először a fiókra szereljük, majd a korpuszra, és a fiókot próbamozgatással ellenőrizzük. Szorulás esetén nem az oldal vastagságát gyaluljuk le erőből, hanem a vasalat beállítási hézagát ellenőrizzük, vagy a fa vezetősínt igazítjuk.

Az ajtónál a rejtett pántokat a korpuszra és az ajtóra rögzítjük, majd az állítócsavarokkal:

1. beállítjuk az ajtó magasságát,
2. beállítjuk az oldalirányú takarást,
3. beállítjuk a mélységi hézagot, hogy az ajtó ne lógjon, és mindenhol 3 mm körüli legyen a homlokzati hézag.

A tolóajtót csak akkor választjuk, ha a nyílás széles és a bútor mély; az éjjeliszekrénynél ezért nyíló ajtóval dolgozunk.

32.2.9. Minőségellenőrzés

- A fiók **kihúzási úthosszát** és **terhelhetőségét** a vasalat adatlapja szerint ellenőrizzük (ellenőrizendő: gyártói adat).
- A fiók oldalhézagát 1,5–2 mm (fa vezetés) vagy 12–13 mm (vasalatos) tájékoztató értékkel mérjük.
- Az ajtó homlokzati hézagját résmérővel vagy hézagmérővel ellenőrizzük, tájékoztató célérték 2–4 mm.
- Az ajtó a záródáskor az ütközőhöz érjen, de ne csapódjon; a mágnes vagy a zárnyelv tartsa zárva.
- A fiók nyitott helyzetben ne billenjen meg, a fenék ne süppedjen.

32.2.10. Tipikus hibák és okaik

1. **A fiók szorul.** Ok: a fiókvezetés oldalhézaga kisebb, mint a fa nedvességmozgása, vagy a fiókvasalat beállítása hibás. A helyes gyakorlat: a fa fiókvezetésnél 1–2 mm oldalhézagot hagyunk, vasalatosnál a gyártói szerelési hézagot betartjuk.
2. **Az ajtó lelóg, a felső hézag nagyobb, az alsó kisebb.** Ok: a pánt nincs eléggé meghúzva, az ütköző túl mély, vagy a korpusz nem derékszögű. A helyes gyakorlat: a rejtett pánt magassági és mélységi csavarjával állítsunk, a korpusz derékszögét pedig átlóméréssel ellenőrizzük.
3. **A fiók előlapja nem illeszkedik a korpusz homlokához, oldalt eltérő hézag.** Ok: a fiókoldallapok nem azonos hosszúak, vagy az előlap fogazása nem derékszögű. A helyes gyakorlat: először a fiókdobozt derékszögre szereljük, majd az előlapot a dobozhoz igazítjuk.
4. **A ráütődő ajtó a záródáskor a korpuszhoz csapódik, és a pánt kilazul.** Ok: nincs ütköző vagy túl nagy a nyitási sebesség. A helyes gyakorlat: ütközőpontot, puhító betétet szerelünk, a pántot nyomatékra húzzuk.

32.2.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy megrendelő éjjeliszekrényt rendelt, de reklamált, hogy az ajtó a jobb alsó sarkánál nem zár, és a fiók is akad. Az asztalos megvizsgálta a bútort: az ajtó rejtett pántjának magassági csavarja kiengedett, ezért az ajtó a csukló felé esett; a fiók pedig azért szorult, mert a fiókvasalat oldalt nem a gyártói hézaggal lett felszerelve, és a két sín nem volt párhuzamos. A javítás a pánt beállítása és a fiókvasalat újra pozicionálása volt. A tanulság: a rajz nemcsak a gyártáshoz, hanem a beállításhoz is alapdokumentum – minden állítási pontnak rajzon is követhetőnek kell lennie.

32.2.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A befekvő ajtó a korpusz nyílása körüli homlokfelületre fekszik fel.
2. Melyik fiókkötés marad tömör a homlokzaton?
3. Mi a különbség a fa fiókvezetés és a golyós fiókvasalat oldalhézaga között?
4. Miért nem választunk tolóajtót a keskeny éjjeliszekrényhez?
5. Az éjjeliszekrény rajzán mekkora a fiókelőlap szélessége, ha a korpusz külső szélessége 400 mm, a homlokzati hézag 2 mm oldalanként?

32.2.13. Feladatok

1. feladat (A) Definiáld röviden a fiók négy szerkezeti elemét.

2. feladat (A) Sorold fel a szekrényajtók típusait a beépítés módja szerint, és mindegyikre írj egy jellemzőt.

3. feladat (B) Egy korpusz belső szélessége 400 mm, a kiválasztott golyós fiókvasalat szerelési hézag oldalanként 13 mm. Mekkora a fiókdoboz külső szélessége, és mekkora a belső szélessége, ha a fiókoldal 12 mm vastag?

4. feladat (B) Egy ráütődő ajtó nyílása 320 mm széles. A takarás oldalanként 15 mm. Mekkora az ajtó külső szélessége? Hány mm hézag marad az ajtó mellett, ha a korpusz külső szélessége 360 mm?

5. feladat (C) Miért kell a keretes ajtó betétjét a keret hornyaiban kis mozgási hézaggal beilleszteni? Indokold a fa nedvességmozgásával.

6. feladat (D) Rajzold le vagy írd le pontosan az A–A metszetet: fiókos éjjeliszekrény középső síkja a fiók és az ajtó előtt. Jelöld a fiókfenék hornyát, a fiókhátlapot, a válaszfalat és az ajtóütközést.

32.2.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A ráütődő ajtó fekszik fel a homlokfelületre; a befekvő a nyílásba illeszkedik.
2. A félig takart fecskefarkú fogazás.
3. Fa vezetésnél 1–2 mm oldalanként, golyós vasalatnál tájékoztató jelleggel 12–13 mm oldalanként (ellenőrizendő a vasalat adatlapja).
4. Mert a tolóajtó elvenné a belső szélességet, és a keskeny bútornál nem ad elegendő nyílást.
5. 396 mm.

Feladatok – megoldások

1. feladat. A fiókelőlap a látható, vastagabb elülső lap; a fiókoldallap a két oldalfal; a fiókhátlap a hátul lévő vékonyabb fal; a fiókfenék a doboz alja.

2. feladat. Ráütődő: a nyílás körüli homlokra fekszik; befekvő: a nyílásba illeszkedik; félig ráütődő: részben takar, részben a nyílásban ül.

3. feladat.

$$B_{\text{fk}} = 400 - 2 \cdot 13 = 374\,\text{mm}.$$

Belső szélesség:

$$374 - 2 \cdot 12 = 350\,\text{mm}.$$

4. feladat. Ajtó külső szélesség:

$$320 + 2 \cdot 15 = 350\,\text{mm}.$$

Korpusz külső 360 mm, tehát oldalt 5–5 mm hézag marad.

5. feladat. A tömörfa betét nedvességfelvételkor szélesedik. Ha a horonyban nincs mozgási hézag, a betét a keretet szétfeszíti, és a keretsarok megreped vagy kinyílik. A betétet ezért kicsit keskenyebbre készítjük, és a horonyban szabadon hagyjuk, a közepén egy rögzítőponttal.

6. feladat. Az A–A metszeten felülről lefelé: fedőlap (20 mm), alatta 3 mm hézag, fiókelőlap (20 mm), mögötte a fiók belső tere, a fiókfenék az oldallap hornyában, alatta a válaszfal (20 mm), attól 3 mm-rel lejjebb a ráütődő ajtó (20 mm). A fiókhátlap a fenék hátsó hornyában ül; az ajtó a válaszfal elülső homlokához ütközik. A metszősík a középső fogantyú vonalán halad.

32.2.15. Rövid összefoglaló

A fiók kihúzható tárolódoboz; részei az előlap, az oldallapok, a hátlap és a fenék. Az előlap-oldallap kötés lehet egyenes fogazás, félig takart fecskefarkú fogazás vagy idegencsapos kötés. A fiókvezetés lehet fa vezetősínes vagy fém vasalatos; a fa vezetésnél 1–2 mm, a golyós vasalatnál gyártónként 12–13 mm oldalhézag lehet (ellenőrizendő). A szekrényajtók lehetnek ráütődők, befekvők vagy félig ráütődők; keretes vagy tömör kivitelűek. A tolóajtó a nyílás előtt sínen fut, keskeny éjjeliszekrényhez általában nem választunk. Az ajtó ütközése, pántolása és zárása határozza meg a hézagokat és a megereszkedésmentes működést. A fiókos éjjeliszekrény rajzán a rajz–anyag–művelet hármas szerint a nézetek, a metszet és a darabjegyzék együtt adják a gyártási alapot. Ez a szerkezeti tudás közvetlenül épül be a korpuszbútorok és asztalok gyártástechnológiájába, valamint a vasalatválasztásba.

32.2.16. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari szakrajzi tankönyvek a fiók- és ajtószerkezetek rajzjelölésére (tájékoztató, ellenőrizendő az intézményi tananyag szerint).
- MSZ EN ISO 128, 129, 5455 a műszaki rajzok, metszetek és méretmegadás szabályaira (ellenőrizendő: pontos szám és hatályos verzió).
- Fiókvasalatok és rejtett pántok gyártói műszaki adatlapjai: szerelési hézag, teherbírás, fúrási méretek (ellenőrizendő a kiválasztott termék adatlapja).
- A 32 mm-es fúrási rendszer és a 35 mm-es pántcsésze méret tájékoztató érték (ellenőrizendő: aktuális vasalatkatalógus).

32.3. Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája

32.3.1. Motiváció

Egy vevő gardróbszekrényt rendel lapszerkezetű kivitelben, méretre a hálószobájába. A rajz elkészült, a szabásjegyzék is megvan. Két lehetőség áll előttünk: kisüzemben, néhány géppel legyártjuk, vagy nagyüzemi gépsoron futtatjuk le. A végeredménynek ugyanolyan pontosan szerelhetőnek, stabilnak és esztétikusnak kell lennie, de a munkafolyamat, a gépek és az ellenőrzési pontok eltérnek. Ebben az alfejezetben ezt a két utat hasonlítjuk össze, és lépésről lépésre felépítjük a korpuszbútor-gyártás technológiáját.

32.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy **korpuszszekrényt** lapra szerelt állapotban: két oldallap, egy fenék, egy fedlap (vagy felső korpuszösszekötő), egy hátfal, néhány polc, valamint ajtók és fiókok. A termék a műhelyben még lapokra bontva érkezik: az alkatrészeket csomagoljuk, a vevő vagy a szerelő a helyszínen csavarozza össze. A méretek például: magasság 2100 mm, szélesség 900 mm, mélység 520 mm. Anyaga 18 mm-es laminált forgácslap, éle 2 mm-es ABS, hátfala 8 mm-es HDF. A gyártás során minden alkatrésznek ugyanarra a bázisrendszerre kell készülnie, különben a 32-es rendszer furatai nem esnek egybe, és a bútor ferdén áll vagy a fiókok nem zárnak.

32.3.3. Definíciók és alapelvek

Definíció. A **korpuszbútor** olyan bútor, amelynek tartóvázát **lapanyagból készült vízszintes és függőleges lapok** alkotják, és ezeket mechanikus kötőelemekkel (pl. excenteres kötővasalatokkal) vagy ragasztással rögzítik egymáshoz. A leggyakoribb anyagok: laminált forgácslap, laminált MDF, rétegelt lemez, bútorlap.

Definíció. A **lapra szerelt bútor** (más néven KD: *knock down* – „szétszerelt állapotban szállított”) olyan korpuszbútor, amelyet a gyártó alkatrészeire bontva, csomagolva ad át, és a szerelést a felhasználó vagy a szakember a **szerelési útmutató** alapján, jellemzően kötőelemekkel végzi.

Definíció. A **bázisél és bázislap** a megmunkálás viszonyítási alapja. Minden méretet innen mérünk, és minden alkatrészre azonos irányban jelöljük. Ez biztosítja, hogy a furatkép, az élzárás és a szerelési méretek rendszert alkossanak.

Szabály. A korpuszgyártás során a műveleti sorrend mindig a következő fő lépésekből áll: a terv és dokumentáció ellenőrzése, szabás, méretellenőrzés, élzárás, élmegmunkálás, fúrás, vasalatszerelés, előszerelés, bontás, csomagolás, hibajavítás és dokumentálás.

Megjegyzés. A fenti sorrend a rajz–anyag–művelet hármas logikáját követi: a rajz alapján szabásjegyzék készül, a szabásjegyzékből szabás és további műveletek, a műveletek pedig visszahatnak a rajzra, ha hibát találunk.

32.3.4. A korpuszbútor-gyártás folyamata kisüzemben

32.3.4.1. 1. Terv és szabásjegyzék

A gyártás a A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet, a Szabásjegyzék és anyagnorma és a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal alfejezetek szerint indul. Ellenőrizzük:

- a kész méreteket és a darabszámot,
- az anyagot (laminált forgácslap, MDF, rétegelt lemez, bútorlap),
- az élzáró anyagot és az élzárás helyét,
- a furatképet és a vasalat pozícióját,
- a hátfal rögzítésének módját.

Példa. Kétszárnyú ruhásszekrény, külső méretei 2100 × 900 × 520 mm (magasság × szélesség × mélység). A szabásjegyzék kivonata:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Szabási méret h × sz × v (mm)	Élzárás
1	Oldallap	2	Lam. forgácslap 18	2100 × 520 × 18	2100 × 518 × 18	elülső hosszú él ABS 2
2	Fenék	1	Lam. forgácslap 18	864 × 500 × 18	864 × 498 × 18	elülső él ABS 2
3	Fedlap	1	Lam. forgácslap 18	864 × 500 × 18	864 × 498 × 18	elülső él ABS 2
4	Polc	2	Lam. forgácslap 18	864 × 480 × 18	864 × 478 × 18	elülső él ABS 2
5	Ajtólap	2	Lam. forgácslap 18	2046 × 445 × 18	2042 × 441 × 18	mind a 4 él ABS 2
6	Hátfal	1	HDF 8	2080 × 882 × 8	2080 × 882 × 8	nincs (nútban)

A szabásjegyzékben a kész és a szabási méret eltér, ha az élzárás vagy a későbbi megmunkálás miatt ráhagyást vagy levonást kell figyelembe venni. A kész méret az élzáróval együtt értendő: a 2 mm-es ABS élzáró a kész méretbe beletartozik, ezért a lapot az élzárt éleknél élenként 2 mm-rel kisebbre kell szabni (az ajtólapnál mind a négy élen: $2046 - 2 \times 2 = 2042$ és $445 - 2 \times 2 = 441$ mm). Ha az élzáró gép élezető marása is dolgozik, annak ráhagyását (gyakran kb. 0,5 mm élenként) a gépkönyv szerint hozzá kell adni (ellenőrizendő). A polc hossza kész méretben 864 mm, mert a 18 mm-es oldallapok belseje $900 - 2 \times 18 = 864$ mm-es nyílást ad; a polc mélysége 480 mm, mert a korpusz 520 mm mély, a hátfal nútja előtt 20 mm marad, és a polc elöl további 20 mm-rel hátrahúzott (ajtóütközés és pánt helye): $520 - 20 - 20 = 480$ mm. Az ajtólap szélessége a két ajtó közötti és a szélső hézagokkal: $(900 - 3 \times 3) / 2 = 445{,}5 \approx 445$ mm. A hátfal szélessége $864 + 2 \times (10 - 1) = 882$ mm (10 mm mély nút, 1 mm játék).

32.3.4.2. 2. Szabás

A szabást kisüzemben asztalos körfűrészgépen, formátumfűrészen vagy kézi merülőfűrésszel, vezetősínnel végezzük. A munkadarabot mindig a **bázisélhez** igazítjuk, derékszögű ütköző segítségével. A laminált lapot úgy fűrészeljük, hogy a látszó oldal ne pattogzzon ki (a fektetés irányát lásd a technológiai lap 3. lépésében), vagy olyan fűrészlapot használunk, amely csökkenti a kipattogzást.

Technológiai lap – lapszabás kisüzemben

- **Cél:** a szabásjegyzék szerinti alkatrészek méretre darabolása laminált forgácslapból.
- **Anyagok:** laminált forgácslap, 18 mm; élzáró anyag; jelölő kódok.
- **Szerszámok, gépek:** asztalos körfűrészgép (formátumfűrész), tolófa, szorító, elszívó, derékszögelő, mérőszalag, tolómérő.
- **Gépbiztonság.** A gépet betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Védőburkolat, hasítóék, tolófa/tolókocsi, védőszemüveg, fülvédő, porvédő álarc, elszívás bekapcsolva. **Tilos** a kesztyű a forgó fűrészlap közelében; a táblák mozgatásához viselt kesztyűt a vágás előtt vedd le. Laza ruha, ékszer, kibontott haj tilos.
- **Indítás előtt:** a fűrészlap sértetlen, a fő- és elővágó lap megfelelően illesztett, a párhuzamvezető és a derékszögű ütköző rögzített, az elszívó csatlakoztatva, a munkaterület szabad.

1. Ellenőrizd a lap méretét és a szabásjegyzéket.
2. Jelöld a bázisélt és a bázislapot.
3. Fektesd a lapot úgy, hogy asztali körfűrészen vagy formatizáló fűrészen a látszó (dekor) oldal legyen felül, kézi merülőfűrésznél pedig lefelé (ellenőrizendő: gépkönyv), hogy a látszó oldal ne pattogzzon ki.
4. Az elővágó lapot állítsd be: kb. 1–2 mm mélyen metsszen be az alsó fedőrétegbe, vágásszélessége a főlapénál kicsivel (oldalanként kb. 0,1–0,2 mm) nagyobb legyen (ellenőrizendő: gépkönyv); próbavágással ellenőrizd, hogy az alsó élen nincs kipattogzás.
5. Mérd le az első darabot, mielőtt folytatod (méret, derékszög).
6. A sorozatot jelöld ceruzával vagy címkével (pl. „bal oldallap”).

32.3.4.3. 3. Élzárás

Az élzárás a Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték és az Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás alfejezetek szerint történik. Kisüzemben éllezáró géppel vagy kézi élzárással (ragasztófóliás élzáróval, vasalóval) dolgozunk. Az élek anyaga leggyakrabban 0,4–2 mm vastag ABS vagy PP, esetleg melamin. Az élzárás célja a lap élmegmunkálásának védelme és a vizuális zárás.

Példa. A 18 mm-es laminált forgácslap éleit 2 mm-es ABS élzáróval zárjuk. Az ajtók, oldallapok, fenék és fedlap minden látható élét lezárjuk. A hátfal nútba csúsztatott oldalát nem kell élezni, ha a nútban rejtve marad. A felső és alsó él is zárható, ha a bútor magassága miatt az oldallapok élei látszódnak.

Az élzárás után az élmegmunkáló (trimmelő) egység levágja a felesleget, a saroklevágó lekerekíti a sarkokat, a kaparó egység simítja az élt, a polírozó adja a fényt. Kisüzemben ezt kézzel, maróval és élzáró szerszámokkal is elvégezhetjük.

32.3.4.4. 4. Fúrás: a 32-es rendszer

A korpusz- és tárolóbútorok legfontosabb fúrási rendszere a **32-es rendszer**, amelyet a Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek alfejezet ismertet. Minden furat távolsága 32 mm többszöröse, a báziséltől pedig jellemzően 37 mm (ez a széltől és a vasalattól függően változhat – ellenőrizendő: gyártói katalógus). A polctartó furatok 5 mm átmérőjűek, mélységük 8–10 mm, egymástól 32 mm-re sorakoznak. A zsanérfuratok 35 mm átmérőjűek, a csésze mélysége 10–12 mm (a zsanér típusától függően), és ugyancsak a 32-es rendszer osztásához igazodnak. A fúrást kisüzemben:

- hosszlyukfúróval a sorozatfuratokhoz,
- állványos fúrógéppel a 35 mm-es zsanérfuratokhoz,
- sorozatfuró géppel a nagyobb darabszámhoz.

Technológiai lap – fúrás kisüzemi korpuszhoz

- **Cél:** a korpusz oldallapjainak, ajtóinak és fiókelemezeinek furatképe a vasalatokhoz.
- **Anyagok:** laminált forgácslap, 18 mm; fúrók, sablonok; vasalat katalógus.
- **Szerszámok, gépek:** hosszlyukfúró, kézi fúrógép, sablon, mélységütköző, derékszögelő, mérőszalag.
- **Gépbiztonság.** A fúrógépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti. Védőburkolat, szorító, védőszemüveg, munkavédelmi cipő. A fúrót ne fogd kézzel, a szorítóval rögzítsd a munkadarabot.
- **Indítás előtt:** fúrók rögzítettek, mélységütköző beállítva, a furatkép a rajz szerint, elszívás bekapcsolva.

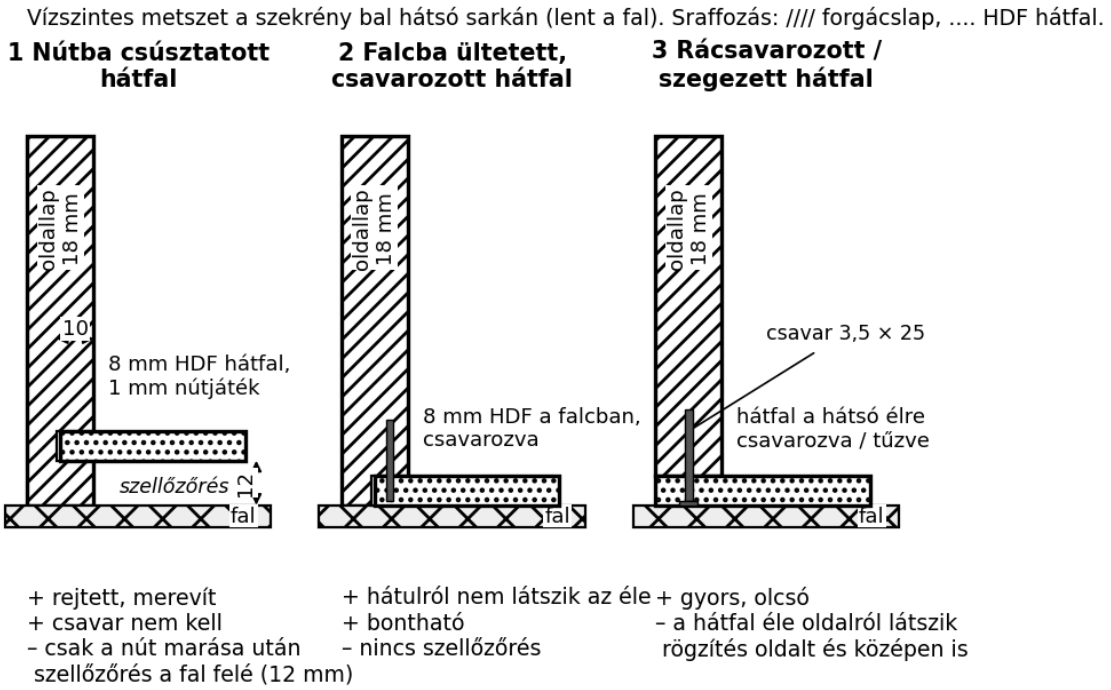
1. Ellenőrizd a rajzot és a vasalat katalógusát.
2. Határozd meg a bázisélt és a bázislapot.
3. Válaszd ki a fúró átmérőjét (pl. 5 mm, 35 mm).
4. Állítsd be a mélységütközőt (pl. 8 mm).
5. Fúrj egy próbadarabot, mérd meg a furatot és a pozíciót.
6. Csak ezután fúrd a sorozatot.

Fontos: A fúrás pontossága akkor lesz jó, ha minden alkatrész ugyanabból a bázisélből indul. Ha az egyik oldallap furatait felülről, a másikat alulról méred, a polcok ferdén állnak.

32.3.4.5. 5. Hátfal rögzítése

A hátfal rögzítésének leggyakoribb módjai:

- **Nútba csúsztatott hátfal:** az oldallapok, fenék és fedlap belső oldalába 8–10 mm-es nútot marunk, abba csúsztatjuk a 8 mm-es hátfalat. Ez rejtett, merevít, és nem igényel csavart.
- **Csavarozott hátfal:** a hátfalat a lap hátoldalához csavarozzuk (jellemzően 3,5 × 25 mm-es bútorcsavar). Ez gyors, de a hátfal széle látszódhat.
- **Tűzőkapoccsal vagy szeggel rögzített hátfal:** kisebb, könnyű bútoroknál.



32.7. ábra. A hátfal rögzítési módjai vízszintes metszetben: nútba csúsztatott, falcba ültetett és rácsavarozott hátfal (tájékoztató méretek)

Szabály. A hátfal rögzítése legyen annyira erős, hogy a korpusz ne tudjon elmozdulni (torzulás, keresztirányú elcsúszás), és a hátfal ne váljon le szállítás közben. Nagy és nehéz szekrényeknél a nútba csúsztatott hátfal a legjobb; csak csavarozott megoldásnál a hátfal mindkét oldalán és középen is rögzíteni kell.

32.3.4.6. 6. Előszerelés és vasalatszerelés

Az előszerelés (próbaszerelés) a leggazdaságosabb hibakereső módszer. Az alkatrészeket a furatokba helyezett vasalatokkal, kézzel, meghúzás nélkül összeállítjuk. Ellenőrizzük:

- a korpusz derékszögét,
- az ajtók és fiókok hézagait,
- a polcok befférnek-e,
- a hátfal nem feszül-e,
- a excenteres kötővasalatok illeszkedését.

Példa. A ruhásszekrény előszerelésekor az oldallapokba szerelt excenterházak és a fenékbe, fedlapba csavarozott csapfejek (vagy metrikus csavarral rögzített csap) illeszkedését próbáljuk. Az excentert 180°-os fordulattal húzzuk meg. Ha az előszerelés sikeres, a bútort bontjuk, csomagoljuk, és a helyszínen a szerelő újra összeállítja.

32.3.4.7. 7. Csomagolás és szerelési útmutató

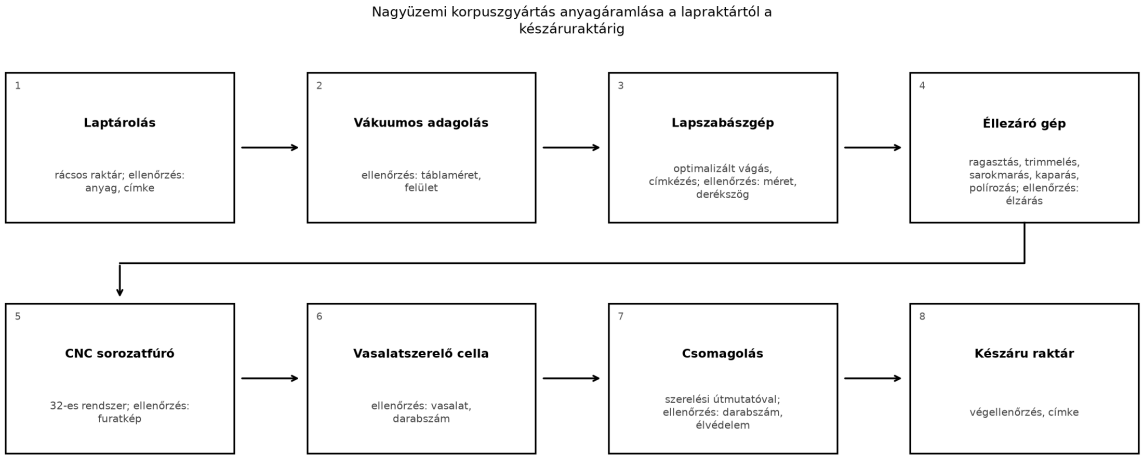
A csomagolt bútorhoz tartozik a **szerelési útmutató**, amely lépésről lépésre, számozott ábrákkal mutatja az összeállítást. Az útmutató a Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése alfejezetben részletesen tárgyalt. Minden alkatrészt és vasalatot

azonosító számmal jelölünk, a csomagolásban a vasalatokat elkülönítve, zacskóban adjuk. A csomagolás védje az éleket és a felületeket: élsarkokra habfólia, sarokerősítők, a csomagban az ütésre érzékeny hátfalat külön merevítéssel.

32.3.5. A korpuszbútor-gyártás folyamata nagyüzemben

A nagyüzemi gyártás ugyanazokat a lépéseket követi, de a szerszámgépek egymáshoz kapcsolódnak, az anyagmozgatás részben automatikus, és a darabszám nagy. A termékeket sorozatban, gyakran modulárisan, azonos furatképekkel és szabványosított élzáró anyagokkal gyártják.

Az alábbi folyamatábra a nagyüzemi gépsor anyagáramlását mutatja, lépésenként a gyártásközi ellenőrzési ponttal.



32.8. ábra. Nagyüzemi korpuszgyártás anyagáramlása a lapraktártól a készáruraktárig - Szemléltető folyamat; a gépsor hossza tájékoztató: 20–40 m. Minden lépés alatt az ellenőrzési pont áll. Kisüzemben ugyanezek a lépések különálló gépeken (körfűrész / lapszabász, kézi vagy kis élzáró, hosszlyuk- vagy sorozatfúró) zajlanak.

A nagyüzemi sor tipikus lépései:

1. **Laptárolás:** a lapokat méret és anyag szerint, függőlegesen vagy vízszintesen tárolják, címkével.
2. **Adagolás:** vákuumos emelővel vagy görgősorral adják a lapot a szabászgépre.
3. **Szabás:** a lapszabászgép a program szerint, optimalizálva vágja a táblákat. A szabástérkép és a vágási jegyzőkönyv automatikusan készül, az anyagkihozatalt a gép számolja.
4. **Élzárás:** az alkatrészeket görgősoron az éllezáró géphez továbbítják, a gép az élzárót felragasztja, levágja, élez, políroz.
5. **Fúrás:** a sorozatfuró gép a 32-es rendszer szerinti furatképet fúrja. A CNC vezérlésű sorozatfuró a furatokat automatikusan pozicionálja.
6. **Vasalatszerelés:** a vasalatokat kézzel vagy félautomata cellákban szerelik be.
7. **Csomagolás:** alkatrészenként, csomagolt egységenként, szerelési útmutatóval.
8. **Ellenőrzés:** minden állomáson gyártásközi ellenőrzés, a végén végellenőrzés.

Szabály. A nagyüzemi gyártás akkor gazdaságos, ha a termékek modulárisak, az alkatrészek méretei szabványosíthatók, és a sorozatnagyság elegendően nagy ahhoz, hogy az átállási idő és a gépköltség megtérüljön.

32.3.6. Gépsorok röviden

A korpuszbútor-gyártás három gépe a **lapszabászgép**, az **éllezáró gép** és a **sorozatfúró**. Kisüzemben ezek különálló gépek, nagyüzemben automatizált sorokká kapcsolhatók.

- **Lapszabászgép:** programozott, a táblát síkban, derékszögben vágja, optimalizálja a vágásképet.
- **Élzáró gép:** az élzáró anyagot ragasztóval viszi fel, majd a felesleget lemarja, csiszolja, polírozza. Kétoldali éllezáró gép egyszerre két élt zár.
- **Sorozatfúró:** egyszerre több furatot fúr, a furatkép 32 mm-es raszterben programozott.

Megjegyzés. A gépek paraméterei (előtolás, fúrási sebesség, ragasztó hőmérséklete) a gépkönyvből és a gyártó adatlapjából állapíthatók meg, és üzemenként, termékenként változnak.

32.3.7. Lapanyag- és élzáró-választás

A korpuszbútorok leggyakoribb alapanyaga a **laminált forgácslap** (18 mm, 16 mm), melyet 1, 2 vagy 0,5 mm vastag **ABS/PP élzáróval** zárunk. A választás szempontjai:

- **Vastagság:** 18 mm az általános; 16 mm könnyű, de kevésbé merev; 25 mm erős, de nehéz.
- **Fedőréteg:** melamin, akril, PET, lakkozott, furnérozott.
- **Élzáró:** az élek színben és textúrában illeszkedjenek a lap felületéhez; ABS rugalmas, ütésálló; PP vegyszerállóbb; melamin olcsó, de ridegebb.
- **Nedvesség:** konyhabútoroknál nedvességálló kötésű lapot válasszunk (pl. V100 jelű forgácslap, ellenőrizendő a gyártói besorolás).
- **Formaldehid:** a lakótérbe szánt lapoknál ellenőrizd a formaldehid-kibocsátási osztályt (pl. E1 – jelölve: a hatályos EN szabvány szerinti osztály).
- **Hátfal:** 3–8 mm HDF, rétegelt lemez vagy farostlemez, a korpusz merevítésére.

Példa. A ruhásszekrényhez válasszunk 18 mm laminált forgácslapot, fehér melamin felülettel, éleit 2 mm fehér ABS élzáróval zárjuk. Az ajtók azonos anyagúak, a hátfal 8 mm HDF, fehér, nútba csúsztatva. A fiókok 16 mm-es laminált forgácslapból készülnek, 1,5 mm ABS élzáróval.

32.3.8. Gyártási példa: kisüzemi korpusz művelettervvel és kalkulációval

32.3.8.1. Kiindulási adatok

Készítsünk egy 2100 × 900 × 520 mm-es ruhásszekrényt. Az anyagárak **mintaárak**:

Anyag	Egység	Egységár (Ft)
Lam. forgácslap 18 mm	m²	7 000
HDF 8 mm	m²	4 500
ABS élzáró 2 mm	fm	120
Excenter kötővasalat	db	80
Zsanér	db	500
Polctartó	db	60
Csavar	doboz	800

Számítás – szabásjegyzék és anyagnorma. A szükséges lapanyagot m²-ben és táblában is meghatározzuk. Egy 2800 × 2070 mm-es tábla területe: $A = 2{,}8 \cdot 2{,}07 = 5{,}796\,\mathrm{m}^2$. A fenti bútor alkatrészeinek területe:

- oldallapok: 2 db × (2,100 × 0,520) = 2 × 1,092 m² = 2,184 m²
- fenék és fedlap: 2 db × (0,864 × 0,500) = 2 × 0,432 m² = 0,864 m²
- polcok: 2 db × (0,864 × 0,480) = 2 × 0,4147 m² = 0,829 m²
- ajtók: 2 db × (2,046 × 0,445) = 2 × 0,9105 m² = 1,821 m²

Összesen: 2,184 + 0,864 + 0,829 + 1,821 = 5,698 m². Ehhez jön a szabási ráhagyás, a hibakiejtés és a vágási veszteség, például +10–15%. Legyen a ráhagyással növelt, felhasznált anyagmennyiség 6,3 m² (5,698 · 1,10 ≈ 6,27 m²). A szabástérkép szerint a 4 hosszú alkatrész egy 2800 × 2070 mm-es táblán elfér, de a maradék sávba a 864 mm hosszú alkatrészek nem, ezért **két táblát kell vásárolni** (2 × 5,796 = 11,592 m², 11,592 · 7 000 ≈ 81 144 Ft); a felhasznált rész (6,3 m²) költsége 44 100 Ft, a maradék (kb. 5,3 m²) raktárra kerül, és a következő munkában hasznosul. A költségtáblában a felhasznált részt számoljuk. A hátfal: 2,08 × 0,882 = 1,83 m², egy 8 mm-es HDF táblából (jellemzően 2,8 × 2,07 m = 5,8 m²) kijön. Az élzáró hosszát az élek hossza adja: oldallapoknál 4 él × 2,1 m + 4 él × 0,52 m, stb. A pontos mennyiséget a szabásjegyzékből összesítjük.

Költségszámítás (mintaadatok)

Költségsor	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Lam. forgácslap	6,3	m²	7 000	44 100
HDF hátfal	1,83	m²	4 500	8 235
ABS élzáró	24,5	fm	120	2 940
Excenter kötővasalat	16	db	80	1 280
Zsanér	6	db	500	3 000
Polctartó	16	db	60	960
Csavar	1	doboz	800	800
Anyagköltség összesen				**61 315**

Az anyagköltséghez jön a munkabér, annak járuléka, az energia, a géphasználat és az általános költség. A teljes önköltség számítását az Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció alfejezetben mutatjuk be. A lapanyag 6,3 m²-e már tartalmazza a 10–15 % szabási ráhagyást és veszteséget, ezért a ráhagyást ne számítsd még egyszer; a végső árnál a mintaárakat frissíteni kell.

Műveletterv. A következő táblázat a műveleti sorrendet és az ellenőrzési pontokat mutatja.

Ssz.	Művelet	Gép / szerszám	Ellenőrzés
1.	Terv és szabásjegyzék átvétele	Íróasztal, rajz	méretek, anyagok
2.	Szabás	Körfűrész, formátumfűrész	méret, derékszög
3.	Élzárás	Élzáró gép / kézi	zárás, szín, illesztés
4.	Élmegmunkálás	Trimmelő, saroklevágó	élek simák, sarkok záródnak
5.	Fúrás	Hosszlyukfúró, állványos fúró	furatkép, mélység, pozíció
6.	Hátfal nút marása	Felsőmarógép	nút mérete, párhuzam
7.	Előszerelés	Kézi szerszámok	derékszög, hézagok, vasalatok
8.	Bontás, élek védelme	Csomagoló	alkatrészlista, védőcsomagolás

Ssz.	Művelet	Gép / szerszám	Ellenőrzés
9.	Vasalatok csomagolása	Címkéző	darabjegyzék, útmutató
10.	Végellenőrzés	Mérőeszközök, lista	minden tétel megvan

32.3.9. Minőségellenőrzés

A korpuszbútor gyártásánál az alábbi szempontokat ellenőrizzük:

- **Méretpontosság:** a hossz, szélesség, vastagság a rajz szerint; tűrés általában ±0,5 mm (tájékoztató, a termék és a gépsor függvényében).
- **Derékszög:** a lapok sarkai 90°-osak; az oldallapok párhuzamosak.
- **Élzárás:** nincs elálló ragasztó, nincs kipattogzás, az él színe és felülete illeszkedik.
- **Furatkép:** a furatok a 32-es rendszer szerint, a bázistól 37 mm-re (ellenőrizendő a vasalat típusához), a mélység egyenletes.
- **Előszerelés:** a korpusz derékszögű, az ajtók és fiókok hézagai egyenletesek, a hátfal nem feszül.
- **Csomagolás:** minden alkatrész és vasalat megvan, a szerelési útmutató mellékelve.

Az eltéréseket a Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció alfejezet szerint jelöljük, és a hibás alkatrészt javítjuk vagy cseréljük.

32.3.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Az oldallapok furatai nem tükörképesek.** Ok: a fúrást nem ugyanabból a bázisélből indították. Eredmény: a polcok ferdén állnak, a zsanérok nem illeszkednek. Helyes megoldás: mindkét oldallapot azonos, jelölt bázisélen fúrjuk.
2. **Az élzáró elválik az éltől.** Ok: a lap éle poros vagy zsíros, a ragasztó hőmérséklete alacsony, az élzáró anyag feszül. Helyes megoldás: az élt csiszoljuk, tisztítsuk, a gép hőmérsékletét állítsuk be.
3. **A hátfal nem csúszik be a nútba.** Ok: a nút mérete nem illeszkedik a hátfal vastagságához, vagy a nút nem egyenletes. Helyes megoldás: a nútot próbadarabbal ellenőrizzük, a hátfalat a nútba próbáljuk.
4. **A korpusz nem derékszögű az előszereléskor.** Ok: az anyagok vetemedettek, a vasalatok furatai nem pontosak, a meghúzási sorrend rossz. Helyes megoldás: a lapokat sík asztalon tároljuk, a vasalatok furatait kalibráljuk, a derékszöget szerelés előtt és közben is mérjük.
5. **A csomagban hiányzik egy alkatrész.** Ok: a csomagolási lista nincs ellenőrizve, az alkatrészeket keverik. Helyes megoldás: minden csomaghoz tételes csomagolási lista tartozik, és a végellenőrzés a lista alapján történik.

32.3.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos kisüzemben kétajtós gardróbot gyártott. Az oldallapok fúrását hosszlyukfúróval végezte, de az egyik oldallapot megfordította, a bázisél a másik oldalra esett. Az előszereléskor a polcok ferdén álltak, a zsanérok nem csukódtak rendesen. A hiba kiderült, az oldallapot újra kellett fúrni, ami anyag- és időveszteség volt. Tanulság: a bázisél jelölése és a fúrási sorrend rögzítése nem formalitás, hanem a gyárthatóság feltétele. A fúrósablon a bázisélből induló furatképpel és a „bal/jobb” jelöléssel megelőzi a hibát.

Egy másik esetben a nagyüzemi gyártó a szabászgép optimalizáló programjában rosszul adta meg az élzáró anyag vastagságát. A program a kész méretet vágta, de az élzárás után a lap 1,5 mm-rel nagyobb lett. A fúrási furatok ezért nem illeszkedtek. A megoldás az volt, hogy a szabászgép méretét a kész méret és az élezárás vastagságának különbségére programozták, és minden anyagváltásnál próbadarabot vágtak.

32.3.12. Önellenőrzés

1. Mit nevezünk korpuszbútornak?
2. Miért fontos a bázisél és bázislap megjelölése a fúrásnál?
3. Sorold fel a korpuszgyártás fő lépéseit!
4. Milyen két hátfal-rögzítési módot ismersz, és mikor választod őket?
5. Mi a 32-es rendszer lényege?
6. Mi a baj, ha az oldallapok furatai nem tükörképesek?

32.3.12.1. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Olyan bútor, amelynek tartóvázát lapanyagból készült vízszintes és függőleges lapok alkotják, és ezeket kötőelemekkel vagy ragasztással rögzítik.
2. Mert minden furat és méret innen indul, így a két oldallap azonos furatképet kap, a polcok és zsanérok pontosak.
3. Terv, szabás, élzárás, fúrás, vasalatszerelés, előszerelés, bontás, csomagolás, ellenőrzés.
4. Nútba csúsztatott hátfal (merev, rejtett) és csavarozott hátfal (gyors, de látható). A nehéz szekrényeknél a nútba csúsztatott a jobb.
5. A furatok 32 mm-es raszterben helyezkednek el, a báziséltől jellemzően 37 mm-re (a vasalat szerint), így a vasalatok és polcok modulárisan szerelhetők.
6. A polcok ferdén állnak, a zsanérok nem illeszkednek, a bútor nem szerelhető pontosan.

32.3.13. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a korpuszbútor-gyártás öt legfontosabb gépi műveletét, és írd le, mit csinál az éllezáró gép.

2. feladat (A) Mi a különbség a lapra szerelt bútor és a helyszínen, ragasztással szerelt bútor között? Adj egy-egy példát.

3. feladat (B) Egy szekrény oldallapján a polctartó furatok sorát fúrod. Az oldallap magassága 1800 mm. Hány polctartó furat fúrható, ha a felső és alsó széltől 100 mm-re nem fúrunk, és a raszter 32 mm? Számold ki a furatok számát és az első furat helyét.

4. feladat (B) A 18 mm-es oldallapok közti belső szélesség 864 mm; a hátfal 8 mm vastag, a nút 10 mm mély, és a hátsó éltől 12 mm-re van. Mekkora a hátfal szélessége (1 mm-es nútjátékkal), és mennyi a hasznos belső mélység 520 mm-es oldallapnál?

5. feladat (C) Miért nem elég csak a szabásjegyzéket átadni a szabászgépnek a nagyüzemi gyártásban? Mi mindent kell még megadni a szabászgép programjához?

6. feladat (D) Készíts művelettervet a fenti kétajtós ruhásszekrényhez, és jelöld meg az ellenőrzési pontokat. A művelettervben legalább 8 lépést szerepeltess, és minden lépés után add meg az ellenőrzés módját.

32.3.13.1. Megoldások a feladatokhoz

1. feladat Az öt legfontosabb gépi művelet: szabás, élzárás, élmegmunkálás, fúrás, csomagolás (vagy vasalatszerelés). Az éllezáró gép az élzáró anyagot ragasztóval felviszi a lap élére, majd a felesleget levágja, lemarja, csiszolja, és a sarkokat lekerekíti vagy lesimítja.

2. feladat A lapra szerelt bútort a gyártó alkatrészekre bontva, csomagolva szállítja, és a vevő vagy a szerelő a helyszínen, kötőelemekkel szereli össze; példa: konyhaszekrény, gardrób. A ragasztással szerelt bútort a gyártó egyben, ragasztással és szorítással állandó kötéssel készíti el, a helyszínen jellemzően csak elhelyezik; példa: tömörfa komód.

3. feladat A furatok a felső széltől 100 mm és az alsó széltől 100 mm közötti tartományba esnek. A furatos sáv magassága: $1800 - 100 - 100 = 1600$ mm. A furatok száma = $(1600 \,/\, 32) + 1 = 50 + 1 = 51$ furat. Az első furat helye a felső széltől: 100 mm (ha a bázis a felső él). Ha a bázist alulról vesszük, az első furat alulról 100 mm.

4. feladat A hátfal szélessége: $b_{\text{hátfal}} = 864 + 2 \cdot (10 - 1) = 882\,\text{mm}$. A hasznos belső mélység: $520 - 12 - 8 = 500\,\text{mm}$ (a hátsó éltől mért nút-távolság és a hátfal vastagsága csökkenti). Ellenőrzés: a hátfal mindkét oldalon 9 mm-t ül a nútban, 1 mm játékkal.

5. feladat A szabászgép programjához a szabásjegyzéken túl meg kell adni: a tábla méretét és anyagát, a szabásirányt (a fedőréteg iránya), a vágási ráhagyást, az élzárás vastagságát, a fűrészlap vágási szélességét, a vágási sorrendet és az optimalizálás célját (pl. maximális anyagkihozatal), valamint a címkézési és azonosító adatokat.

6. feladat Például:

Ssz.	Művelet	Gép	Ellenőrzés
1	Rajzdokumentáció és szabásjegyzék átvétele	Íróasztal	méret, anyag, darabszám
2	Táblafelosztás	Körfűrész	méret, derékszög
3	Élzárás	Élzáró gép	él színe, zárási pontosság
4	Élmegmunkálás	Trimmelő, saroklevágó	él sima, sarok zárt
5	Hátfal nút marása	Felsőmarógép	nút mélység, szélesség, párhuzam
6	Fúrás – oldallapok	Hosszlyukfúró	32-es raszter, báziséltől 37 mm (ell.)
7	Fúrás – ajtók	Állványos fúrógép	zsanérfuratok mérete, helye
8	Vasalatszerelés	Kézi szerszám	excenterek, zsanérok illeszkedése
9	Előszerelés	Kézi szerszám	derékszög, hézagok, hátfal
10	Bontás, csomagolás	Csomagoló	alkatrészlista, védőcsomagolás

32.3.14. Rövid összefoglaló

A korpuszbútor-gyártás technológiája a terv és szabásjegyzék ellenőrzésével kezdődik. A fő műveletek: szabás, élzárás, élmegmunkálás, fúrás, vasalatszerelés, előszerelés, bontás, csomagolás

és ellenőrzés. A **szabásjegyzék** a rajz alapján készül, és a **bázisél-bázislap** rendszer a mérés és fúrás viszonyítási alapja. A **32-es rendszer** a furatok moduláris, 32 mm-es raszterét jelenti, a báziséltől jellemzően 37 mm-re (ellenőrizendő a vasalathoz). A hátfal rögzíthető nútba csúsztatva vagy csavarozva; a nútba csúsztatott hátfal merevíti a korpuszt. A kisüzemi gyártásban az egyes gépeket kézi anyagmozgatással, a nagyüzemi gyártásban gépsorral kapcsoljuk össze (lapszabászgép, éllezáró, sorozatfúró). A csomagolt bútorhoz mindig tartozik szerelési útmutató és csomagolási lista. A gyártásközi és végellenőrzés biztosítja, hogy a termék szerelhető, méretpontos és esztétikus legyen. **Továbbvitt eredmény:** ez a gyártási folyamat az alapja a tömörfa szekrénygyártásnak, a beépített és konyhabútoroknak, a szerelési dokumentációnak és a gyártástervezésnek.

32.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: faipari gépkönyvek (lapszabászgép, éllezáró, sorozatfúró, hosszlyukfúró), bútorvasalat-gyártók katalógusai (excenter, zsanér, polctartó, fiókcsúszók), a faipari gépbiztonsági szabványok (MSZ EN ISO 19085 sorozat), a lapszerkezetű bútorokra vonatkozó műszaki előírások, és a fapor-expozícióra vonatkozó munkavédelmi szabályok. **Ellenőrizendő:** a 32-es rendszer pontos bázistávolsága (37 mm) az adott vasalathoz, a zsanérfurat mérete és mélysége a zsanér típusához, a példában használt táblaméretek, anyagárak és anyagkihozatal, a formaldehid-kibocsátási osztály jelölése, valamint a pontos gép- és anyagparaméterek (ragasztó hőmérséklete, előtolás, élzáró vastagság) a használt géptípushoz.

32.4. Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása

A tömörfa szekrény nem egyszerűen „deszkából összecsavarozott doboz”. A fa élő anyag: nedvesség hatására mozog, ezért a szekrény szerkezete úgy épül, hogy a zsugorodást és dagadást láthatatlanul, feszültség nélkül felvegye. Ezt a gondolatot gyakoroljuk most egy keretszerkezetű, egy kávaszerkezetű és egy vegyes szerkezetű szekrény gyártásán keresztül.

32.4.1. Szemléletes kép: egy tömörfa szekrény robbantva

Képzelj el egy kétajtós, kétfiókos, 900 × 480 × 1800 mm-es tömörfa szekrényt. A robbantott ábrán a két oldal nem tömör tábla, hanem **keretes oldalelem**: függőleges és vízszintes keretlécek alkotják a keretet, közöttük **betét** (panel) helyezkedik el. A betét a keret belső nútjában ül, kis mozgási hézaggal. A szekrény fiókjai **kávaszerkezetűek**: oldalaik, előlapjuk, hátlapjuk és fenekük deszkából készül, a sarkokon **fogazva** vagy **idegencsappal**. A hátfal vékony rétegelt lemez, amelyet a korpusz hátsó élébe mart nútba tolnak, nem ragasztanak be. Így a fa szabadon dolgozhat, és a szekrény mégsem vetemedik szét.

32.4.2. Alapfogalmak és szerkezeti döntések

Definíció. A **keretszerkezet** olyan táblaszerű elem, amelyben merev, keskeny keretlécek (álló és fekvő lécek) hordozzák a terhelést, a köztük lévő **betét** pedig kitöltő felület. A betét lehet tömörfa panel, rétegelt lemez vagy furnérozott lap. A betétet a keret nútjába illesztik, de **nem ragasztják be**, mert a fa nedvesség hatására mozog.

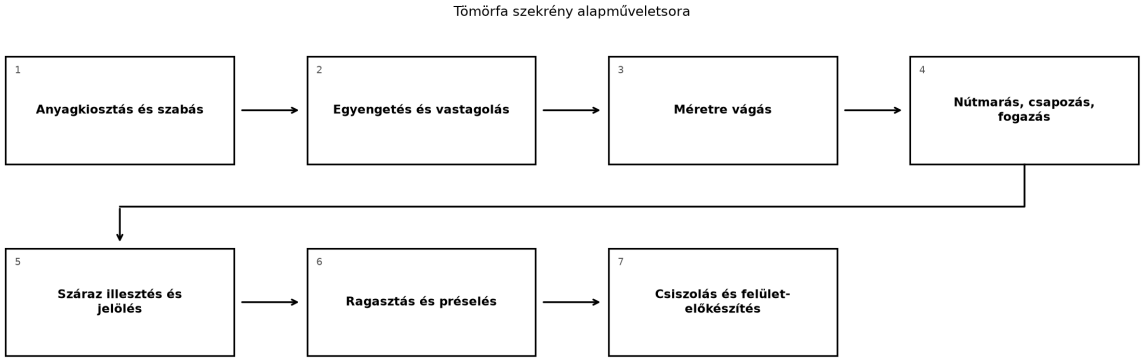
Definíció. A **kávaszerkezet** olyan dobozszerű szerkezet, amelyben a lapok (oldalak, fenék, tető, fiókelő, fiókhát, fiókfenék) egymással élükön kapcsolódnak. A sarkok leggyakrabban **egyenes fogazással** vagy **fecskefarkú fogazással** készülnek, de lehetnek **köldökcsapos** (tiplizett) vagy **lamellós** kötések is.

Definíció. Az **állványszerkezet** függőleges oszlopokból, lábakból és vízszintes hevederekből álló váz, amelyhez táblákat, betéteket, ajtókat és fiókokat rögzítünk. A **vegyes szerkezet** a fenti megoldásokat ötvözi: például keretes oldalak, kávás fiókok, keretes ajtó, állványlábak.

Miért nem tömör tábla az oldal? Egy 480 mm széles tömör bükk tábla a páratartalom változásakor akár 3–5 mm-t is mozoghat szélességében. Ha ezt a táblát mereven körberagasztanánk vagy csavaroznánk, a szekrény elvetemedne, az illesztések szétnyílnának. A keret keskeny lécei alig mozognak, a betét viszont a nútban szabadon tágulhat, ezért a szerkezet stabil marad.

32.4.3. Műveletsor és gépek

A pontos műveletsort a műszaki rajz és a szabásjegyzék határozza meg. A **rajz–anyag–művelet hármas** elvét követve előbb a rajzon rögzítjük a méreteket, abból jegyzéket készítünk, majd a jegyzékből műveletsort. A gyártási folyamatot az alábbi diagram mutatja.



32.9. ábra. Tömörfa szekrény alapműveletsora - Szemléltető; a konkrét sorrend a termék rajzától, anyagától és gépkészletétől függ.

A keretszerkezetű oldal készítésekor a keretléceket **nútmarás előtt** méretre gyaluljuk, mert a nút pontos helyzete a kész keresztmetszethez igazodik. A nútot a keret belső élébe marjuk, jellemzően a betét vastagságának megfelelő szélességgel (például 6 mm, a lécvastagság kb. negyede) és kb. 10 mm mélységgel (tájékoztató érték, ellenőrizendő: a betét és a szerszám szerint). Ezután készítjük a **vésett csapozást** a sarkokon. A nút és a csap együtt dolgozik: a csapvállnak a nút vonalához kell esnie, hogy a betét a keret középvonalában üljön.

A kávaszerkezetű oldal készítésekor a deszkákat előbb táblásítjuk, vagy eleve széles, szárított, vetemedésmentes fűrészáruból alakítjuk ki. A táblákat derékszögbe és méretre munkáljuk, majd a sarkokat **fogazással** vagy **lamellóval** kapcsoljuk. Fogazásnál a fog hossza a deszka vastagságával egyenlő; a fogazógép vagy a sablonos felsőmaró pontos, azonos osztású fogakat készít.

Gépbiztonság. Minden gépi művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz! A faipari gépekre vonatkozó biztonsági követelményeket az MSZ EN ISO 19085 sorozat tárgyalja (ellenőrizendő: hatályos verzió és a gépkönyv). A porképző műveletnél elszívást és légzésvédőt használj, mert a keményfa-por rákkeltő anyag (ellenőrizendő: aktuális határérték és besorolás).

32.4.4. Számítás: anyagszükséglet és kalkuláció

Tervezzünk egy **keretszerkezetű oldalelemet**, amelynek kész külső mérete 480 × 1800 mm. A keretlécek szélessége 60 mm, a betét vastagsága 6 mm, a nút mélysége 10 mm, a mozgási hézag 2 mm oldalanként. A betét kész szélességét így számoljuk:

$$B_{\text{betét}} = A_{\text{keret}} - 2 \cdot b_{\text{keretléc}} + 2 \cdot t_{\text{nút}} - 2 \cdot h_{\text{hézag}}$$

ahol A_{keret} a keret külső szélessége, $b_{\text{keretléc}}$ a keretléc szélessége, $t_{\text{nút}}$ a nút mélysége, $h_{\text{hézag}}$ az oldalankénti mozgási hézag.

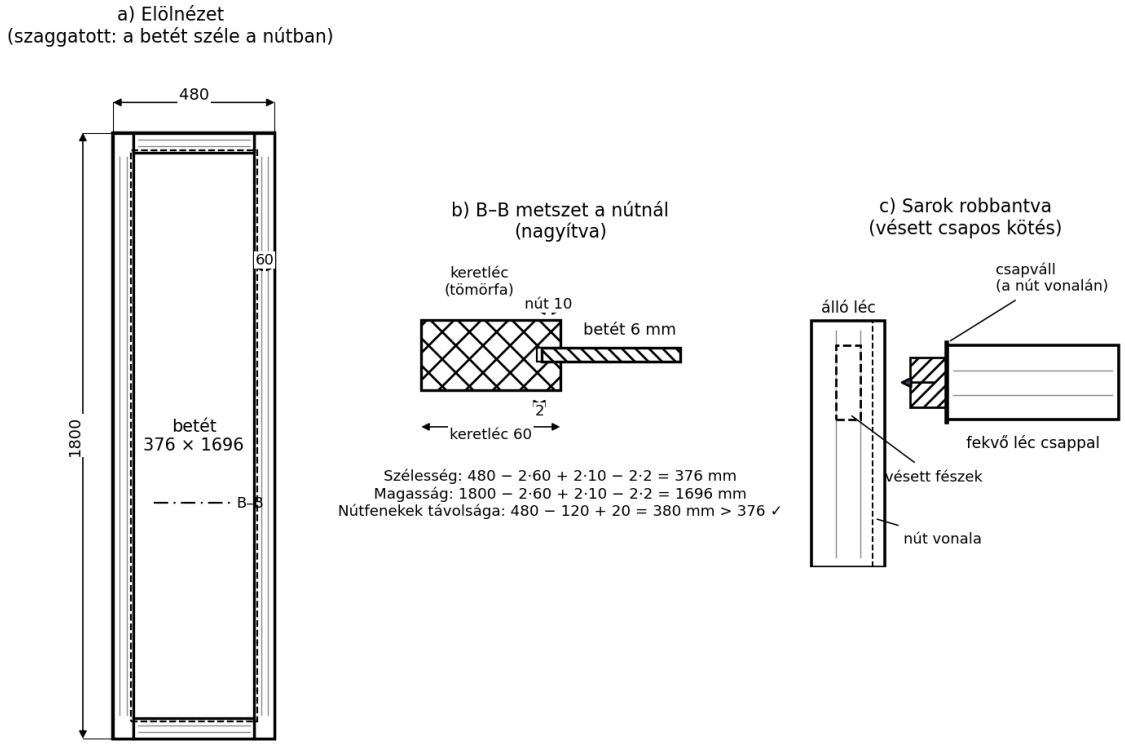
Behelyettesítve:

$$B_{\text{betét}} = 480 - 2 \cdot 60 + 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 376\,\text{mm}$$

A betét magassága hasonlóan:

$$H_{\text{betét}} = 1800 - 2 \cdot 60 + 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 1696\,\text{mm}$$

Ellenőrzés. A betét szélessége kisebb kell legyen a nútfenekek közötti távolságnál, tehát kisebb mint $480 - 120 + 20 = 380$ mm. Az eredmény 376 mm, ami jó, mert 4 mm-es össz-mozgási hézagot ad.



32.10. ábra. Keretes oldalelem (480 × 1800 mm, 60 mm-es keretléc) a betét méretével, a nútmetszet a 2 mm-es hézaggal és a sarok vésett csapos kötése robbantva

Az interaktív változat betétméret-számító: a keret méreteit, a lécszélességet, a nútmélységet és a hézagot állítva a rajz és a betétméret élőben változik, és figyelmeztet, ha a betét nem fér el a nútban.

A kalkulációhoz készítsünk mintatáblázatot egy 900 × 480 × 1800 mm-es, keretes oldalú, kávás fiókos, tömör bükk szekrényre. Az árak **mintaárak**, a számítás menetét mutatják.

Tétel	Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (mintaár, Ft)	Érték (Ft)
1.	Tömör bükk fűrészáru (szárított)	0,13	m^3	320 000	41 600
2.	Rétegelt hátfal, 4 mm	1,9	m^2	5 200	9 880
3.	PVAc ragasztó, D3	0,6	kg	3 200	1 920
4.	Csiszoló-anyag, P120–P240	1,5	m^2	2 800	4 200
5.	PU lakk, matt	1,2	l	8 500	10 200
Összes közvetlen anyagköltség					**67 800**

Ellenőrző becslés. A tömör fűrészáru köbméterenkénti ára a legnagyobb tétel; 0,13 m^3 × 320 000 Ft/m^3 ≈ 41 600 Ft. A többi anyag együttesen körülbelül 26 000 Ft, így a végösszeg nagyságrendje reális. Az anyagkihozatalt és a vágási veszteséget a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezet szerint kell felszorozni (tipikusan 10–20% ráhagyás).

32.4.5. Technológiai lap: keretszerkezetű oldalelem gyártása

Cél. Egy 480 × 1800 mm kész méretű, keretes oldalelem elkészítése tömör bükk keretlécekből és 6 mm-es tömörfa betétből.

Anyagok. Szárított, hibamentes bükk keretléc nyers méretben kb. 65 × 28 mm (kész: 60 × 24 mm; tájékoztató ráhagyás); bükk betétpanel 6 mm; D3 PVAc ragasztó.

Szerszámok és gépek. Asztalos körfűrészgép, szalagfűrészgép, egyengető gyalugép, vastagsági gyalugép, alsómaró nútmaróval, hosszlyukfúró vagy csapozó marógép, derékszögelő, tolómérő, acélvonalzó, ragasztó ecset, szorítók.

Gépbiztonság és egyéni védőeszközök. Faipari gépet csak betanított, felügyelt tanuló kezelhet. Viselj védőszemüveget, fülvédőt, munkaruhát; porképző műveletnél kapcsold be az elszívást és viselj FFP3 (keményfapor) légzésvédőt (ellenőrizendő: kockázatértékelés). A körfűrész hasítóéke, védőburkolata és a tolófa mindig legyen a helyén. Tilos kesztyűben forgó szerszám közelében dolgozni.

Indítás előtti ellenőrzés. Ellenőrizd a szerszámok rögzítését, a védőburkolatokat, a nútmaró átmérőjét és forgásirányát, az elszívást, a munkadarab szeg- és repedésmentességét, a munkaterület szabad voltát és a vészleállító elérhetőségét.

Lépések.

1. **Anyagkiosztás.** A rajz alapján jelöld ki a keretlécek és a betét helyét; a rostirány mindig a keret hosszával párhuzamos legyen. Hibás, vetemedett anyagot ne használj. – Ellenőrzés: a szálirány minden lécen egyező.
2. **Szabás.** A keretléceket hosszban darabold 30–50 mm ráhagyással; a betétet 20 mm ráhagyással. – Ellenőrzés: a darabok számozva, ráhagyással.
3. **Egyengetés.** A keretlécek egyik lapját és élét egyengesd a gyalugépen. – Ellenőrzés: a bázislap és bázisél sík, derékszögben.
4. **Vastagolás.** A vastagsági gyalun munkáld a léceket 28 mm-ről 24 mm kész vastagságra, majd szélességre 65 mm-ről 60 mm-re. – Ellenőrzés: tolómérővel mérd, a teljes hosszon egyenletes.
5. **Méretre darabolás.** A körfűrészen vágd a függőleges léceket 1800 mm-re, a vízszintes léceket a vállméret ($480 - 2 \cdot 60 = 360$ mm) + 2 × csaphossz hosszra (pl. 40 mm-es zsákcsapnál 440 mm). – Ellenőrzés: derékszögelővel és mérőszalaggal; a sarokvágás 90°.
6. **Nútmarás.** Az alsómarón mard be a 6 mm széles, 10 mm mély nútot a keretlécek belső élébe. – Ellenőrzés: a nút a léc középvonalában fut, a betét beilleszthető, de nem lötyög.
7. **Csapozás.** A vízszintes lécek végeire készíts vésett csapot, a függőleges lécekbe csaplyukat (fészket) a Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek szerint. – Ellenőrzés: a csap szárazon enyhén szorul, a váll a nút vonalához illeszkedik.
8. **Betét előkészítése.** A betétet összeállítás előtt csiszold készre (P120, majd P150), és – különösen pácolás esetén – kezeld le az első réteggel, hogy zsugorodáskor ne látsszon kezeletlen csík. – Ellenőrzés: a betét sima, a felület kezelt.
9. **Száraz illesztés.** Illeszd össze a keretet ragasztó nélkül, majd mérd az átlókat. – Ellenőrzés: a két átló különbsége legfeljebb 1 mm (tájékoztató), a sarkok derékszögűek.
10. **Ragasztás.** Vékonyan, egyenletesen vidd fel a D3 ragasztót a csapokra és a fészkek belső felületére. A nútba **ne** tegyél ragasztót a betét teljes szélességében, mert a betét mozoghat; legfeljebb a betét középső harmadában egy kis pontot használhatsz rögzítésre. – Ellenőrzés: a ragasztó nem folyik a nútba.
11. **Préselés.** Derékszögű szorítóval vagy hevederprésben szorítsd össze a keretet. – Ellenőrzés: ellenőrizd a derékszöget és az átlókat préselés közben; korrigálj azonnal.
12. **Csiszolás.** A száradás után a keretet csiszold P120, majd P150 szemcsével; a betét felületét csak ellenőrizd. – Ellenőrzés: a keret sima, a betét kezelt felületét nem csiszoltad át.

32.4.6. Technológiai lap: kávaszerkezetű fiók gyártása

Cél. Egy 400 × 220 × 420 mm kész méretű, tömör bükk fiók kávás szerkezettel, fecskefarkú fogazással.

Anyagok. 15 mm vastag bükk oldal- és előlapanyag, 6 mm rétegelt fiókfenék, D3 ragasztó.

Szerszámok és gépek. Körfűrész, egyengető és vastagsági gyalu, fogazógép vagy sablonos felsőmaró, alsómaró fenéknút-maróval, derékszögelő, szorítók.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Védőberendezések: egyengető és vastagsági gyalu – késtengely-védő; körfűrész – védőburkolat, hasítóék, tolófa; alsómaró – védőburkolat, leszorító; fogazógép – leszorító, védőburkolat; a munkadarabot a leszorítóval és a tolóval vezesd, soha ne nyúlj a szerszám felé, amíg a gép forog. Egyéni védőeszköz: védőszemüveg, fülvédő, FFP3 légzésvédő (bükkpor), kesztyű forgó szerszám közelében tilos. A szerszámon jelölt legnagyobb megengedett fordulatszámot ne lépd túl (ellenőrizendő: gyártói adatlap).

Indítás előtti ellenőrzés. Szerszámok rögzítése és állapota, védőburkolatok, elszívás bekapcsolva, a munkadarab szeg- és repedésmentes, a munkaterület szabad, a vészleállító elérhető.

Lépések.

1. A deszkákat egyengesd és vastagold 15 mm-re. – Ellenőrzés: egyenletes vastagság.
2. Vágd méretre a fiók elejét, hátát és két oldalát; a fiókfenék hornyát mard be az alsó él közelébe. – Ellenőrzés: a nút minden káván azonos magasságban van.
3. Készítsd el a fecskefarkú fogazást a Egyenes és fecskefarkú fogazás kézzel és géppel szerint: előbb a farokdarabot, arról rajzolj át a csapdarabra. – Ellenőrzés: a fogak szárazon enyhén szorulnak, a jelölővonal a hulladék oldalán maradt.
4. Szárazon illeszd össze a négy kávát, helyezd a feneket a nútba. – Ellenőrzés: a fiók derékszögű, a fenék nem feszít.
5. Ragaszd a fogazásokat, és préseld a fiókot. – Ellenőrzés: az átlók egyeznek, a sarkok zártak.
6. Csiszold a külső és belső felületeket P120, majd P150 szemcsével. – Ellenőrzés: a felület sima, élek letompítva.

32.4.7. Minőségellenőrzés

A kész szekrényrészeket a szerelés előtt és után is ellenőrizd.

- **Derékszög.** A sarkokat derékszögelővel vagy átlóméréssel ellenőrizd. A keret, káva és fiók átlóinak eltérése legfeljebb 1 mm (tájékoztató, az adott termék tűrése szerint).
- **Síkfekvés.** Az oldalelemeket egyenes felületre fektetve szemrevételezd; nincs csavarodás, a sarkok nem emelkednek fel.
- **Illesztések.** A csapok válla zárt, a fogazott sarkokon nincs 0,2 mm-nél nagyobb rés (tájékoztató). A betét a nútban mozgatható, de nem lötyög.
- **Csiszolás.** A felületen nincs mély karc, szálfelverődés, átégett folt; az élek tompítottak.
- **Dokumentálás.** A munkanaplóban rögzítsd a műveleteket, a mért értékeket és az esetleges javításokat.

32.4.8. Tipikus hibák és okaik

1. **A keret betétje túl szoros, a keret szétnyílik vagy elvetemedik.** Ok: nem hagytak mozgási hézagot, vagy a betétet körben leragasztották. Helyes gyakorlat: a betét oldalanként 2–3 mm-es hézagot kap, és nem ragasztják be.
2. **A fogazott sarok illesztése laza, ragasztás után rés marad.** Ok: a fog túl mélyre mart, vagy a munkadarab elmozdult a sablonon. Helyes: a próbadarabon ellenőrizd a beállítást, a fog szárazon enyhén szoruljon.
3. **A préselt keret átlója eltér, a derékszög romlik.** Ok: a préselés közben nem ellenőrizték az átlókat, vagy a szorítók egyenlőtlenül húztak. Helyes: előbb az átlókat mérd, majd derékszögű szorítóval, fokozatosan préselj.
4. **A csiszolt felületen keresztirányú karcok, felhőfoltok látszanak.** Ok: túl durva csiszolóanyag, vagy a csiszológépet nem a rostirányban mozgatták. Helyes: fokozatos szemcseváltás, rostirányban csiszolás.

32.4.9. Valós életbeli alkalmazás: hibaelemzés, amikor a szekrényajtó vetemedik

Tünet. Egy megrendelő néhány hét után visszajelzi, hogy a tömörfa szekrény ajtaja nem záródik, a függőleges élénél 2–3 mm-es rés látható. Az ajtókeret látszólag elcsavarodott.

Lehetséges okok. (1) A betét túl széles, dagadáskor feszítette a keretet. (2) A betétet körben ragasztották a nútba. (3) Az ajtókeret lécei még tartalmazhattak feszültséget, mert nedves vagy rosszul szárított anyagból készültek. (4) A beépítéskor az ajtót túlzottan meghúzó vasalat húzta el.

Vizsgálat. Mérjük meg a betét szélességét és a nútfenék távolságot. Ha a betét szélessége a hézag levonása nélkül a nútfenék távolsággal közel egyenlő, akkor dagadt. Ellenőrizzük a ragasztás nyomait a nútban. Mérjük a fa nedvességtartalmát: ha 12% feletti, a környezet magas páratartalma is okozhatta.

Valódi ok. A betét kész méretét nem a mozgási hézaggal számolták, hanem a nútfenék távolsággal egyenlőre vágták. Szárazon még jól illett, de magasabb páratartalomnál a betét megdagadt, a nútban megfeszült, és a vékony keretsarok csapozását elcsavarta.

Javítás. Az ajtót szét kell szerelni vagy legalább a betétet kicsavarni a nútból; a betét szélességéből 4–6 mm-t le kell venni, az éleket újra csiszolni, majd a betétet visszailleszteni. Ha a keret már maradandóan csavarodott, a keretléceket újra kell készíteni. A vasalatot is ellenőrizni kell.

Megelőzés. A betét méretét mindig a mozgási hézaggal számoljuk, a betétet nem ragasztjuk körbe, és a késztermeket a felhasználási hely páratartalmához közeli állapotra szárított faanyagból készítjük.

32.4.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A keretbetétet a kerettel együtt körben ragasztani kell, hogy stabil legyen. Indokold!
2. Miért hagyunk hézagot a betét szélességénél a nútban?
3. Számítsd ki a betét kész szélességét, ha a keret külső szélessége 600 mm, a keretléc szélessége 70 mm, a nút mélysége 10 mm, a mozgási hézag oldalanként 2 mm.
4. Nevezz meg két tömörfa kávasarkot készítő fakötést!
5. Mi a helyes technológiai sorrend: előbb a nútot marjuk, vagy előbb a csapot készítjük? Indokold!
6. Milyen egyéni védőeszközt viseljünk a fogazógépen végzett munka során?

32.4.11. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg saját szavaiddal, mi a különbség a keretszerkezet és a kávaszerkezet között! Miért használunk keretszerkezetet tömörfa szekrény oldalakhoz?

2. feladat (A). Rajzold le (szövegesen) egy keretes oldalelem sarokkötését: jelöld a függőleges lécet, vízszintes lécet, nútot, betétet, csapot és fészket! Írd le, milyen a helyes csap- és fészekillesztés.

3. feladat (B). Számítsd ki egy 620 × 1850 mm-es keretes oldalelem betétjének kész szélességét és magasságát, ha a keretlécek szélessége 65 mm, a nút mélysége 10 mm, a mozgási hézag oldalanként 2 mm!

4. feladat (B). Készítsd el egy fogazott kávás fiók műveletsorát! Sorold fel, milyen gépet használnál az egyes lépésekhez, és milyen ellenőrzést végeznél!

5. feladat (C). Egy megrendelő tömör kőrisből készült szekrényt szeretne. A kőris is jelentősen dolgozik (húrirányú zsugorodás kb. 8 %, ellenőrizendő: faanyagtani táblázat). Milyen szerkezeti

megoldást javasolnál: tömör tábla vagy keret-betét oldalt? Indokold a választ, és írd le, milyen hézagot hagynál a betétnél!

6. feladat (D). Készítsd el az alábbi anyaglista alapján az anyagköltség-kalkulációt! Mennyiség és egységár: tömör kőris 0,15 m³ (360 000 Ft/m³), rétegelt hátfal 2,0 m² (5 000 Ft/m²), ragasztó 0,7 kg (3 400 Ft/kg), csiszolóanyag 2,0 m² (2 600 Ft/m²), lakk 1,3 l (9 000 Ft/l). Mennyi a közvetlen anyagköltség? Ellenőrizd a nagyságrendet!

32.4.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A betétet nem ragasztjuk körbe, mert a fa nedvesség hatására mozog; a nútban szabadon kell tágulnia.
2. A mozgási hézag biztosítja, hogy a betét dagadáskor ne feszítse szét a keretet, zsugorodáskor ne keletkezzen rés.
3. $B_{\text{betét}} = 600 - 2 \cdot 70 + 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 476\,\text{mm}$
4. Egyenes fogazás, fecskefarkú fogazás, köldökcsapos (tiplizett) vagy lamellós kötés.
5. Előbb a nútot marjuk, mert a nút helyzete a kész keretléc belső éléhez igazodik; a csapvállnak a nút vonalához kell illeszkednie.
6. Védőszemüveg, fülvédő, munkaruha, elszívás, FFP3 légzésvédő poros műveletnél; soha kesztyű a forgó szerszám közelében.

1. feladat megoldása. A keretszerkezet merev lécekből áll, amelyek a terhelést hordozzák, a betét csak kitöltő elem, és a nútban mozoghat. A kávaszerkezet táblákból összeépített doboz, ahol az élek kapcsolódnak. Tömörfa oldal keretszerkezettel készül, mert a széles tömör tábla zsugorodás-dagadása elcsavarná a korpuszt.

2. feladat megoldása. A szöveges rajz: a függőleges lécbe fészket vésünk, a vízszintes léc végén csapot alakítunk ki; mindkét léc belső élében nút fut. A betét a nútba csúszik. A csap a fészekben szárazon enyhén szorul, válla zárt, a csap hossza 1–2 mm-rel rövidebb a fészekmélységnél.

3. feladat megoldása.

$$B_{\text{betét}} = 620 - 2 \cdot 65 + 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 506\,\text{mm}$$

$$H_{\text{betét}} = 1850 - 2 \cdot 65 + 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 1736\,\text{mm}$$

Ezután adhatunk még szerszámráhagyást a csiszoláshoz, de a kész méretet így számoljuk.

4. feladat megoldása. A fiók műveletsora: (1) egyengetés, (2) vastagolás 15 mm-re, (3) méretre vágás, (4) fenéknút marása, (5) fogazás sablonos felsőmaróval vagy fogazógéppel, (6) száraz illesztés a fenékkel, (7) ragasztás, préselés (a fenék a nútban van, nincs beragasztva), (8) csiszolás. Gép: egyengető gyalu, vastagsági gyalu, körfűrész, fogazó gép/felsőmaró, alsómaró, szorítók. Ellenőrzés: derékszög, átlók, foghézag, csiszolt felület.

Gépi műveletnél a fogazógépen a munkadarabot leszorítóval fogjuk, a szerszám forgása közben nem nyúlunk a vágáshoz, elszívást használunk.

5. feladat megoldása. Keret-betét oldalt javasoljunk, mert a kőris is jelentősen dolgozik. A betét mozgási hézagja oldalanként 2–3 mm, a betétet nem ragasztjuk körbe. Ezzel elkerüljük a vetemedést.

6. feladat megoldása. A kalkuláció:

- Kőris: $0{,}15 \cdot 360\,000 = 54\,000\,\text{Ft}$
- Hátfal: $2{,}0 \cdot 5\,000 = 10\,000\,\text{Ft}$
- Ragasztó: $0{,}7 \cdot 3\,400 = 2\,380\,\text{Ft}$
- Csiszolóanyag: $2{,}0 \cdot 2\,600 = 5\,200\,\text{Ft}$
- Lakk: $1{,}3 \cdot 9\,000 = 11\,700\,\text{Ft}$

Összesen: $54\,000 + 10\,000 + 2\,380 + 5\,200 + 11\,700 = 83\,280\,\text{Ft}$

Ellenőrzés: a tömör kőris a legnagyobb tétel, a többi összege kb. 29 000 Ft, így a 83 280 Ft reális, mintaár.

32.4.13. Rövid összefoglaló

A tömörfa szekrényeket **keretszerkezet**ben, **kávaszerkezet**ben, **állványszerkezet**ben vagy vegyesen építjük. A keretes oldal keskeny keretlécekből és a köztük mozgó **betétből** áll; a betétet a nútba nem ragasztjuk, hanem oldalanként 2–3 mm mozgási hézagot adunk. A betét kész szélességét a keret külső méretéből, a keretléc szélességéből, a nút mélységéből és a hézagból számoljuk. A kávasarkokat **fogazással** vagy **idegencsappal** készítjük. A gyártás lépései: anyagkiosztás, szabás, egyengetés, vastagolás, méretre vágás, nútmarás, csapozás/fogazás, száraz illesztés, ragasztás, préselés, csiszolás. **Gépbiztonság:** fapor ellen elszívás és FFP3 légzésvédő, forgó szerszám közelében tilos kesztyű. A kész elemet derékszög, átló, síkfekvés és illesztési hézag szerint ellenőrizzük. **Továbbvitt eredmény.** A tömörfa szekrény gyártásának teljes műveletsorát a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés témában használjuk fel, mert a vizsgaremek gyakran keret- vagy kávaszerkezetű tömörfa bútor.

32.4.14. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN ISO 19085 faipari gépek biztonsági szabványai (ellenőrizendő: hatályos verzió).
- MSZ EN 204 ragasztó-vízállósági osztályok, D3 (ellenőrizendő: a kiválasztott ragasztó adatlapja szerint).
- Faanyag nedvességmozgásra vonatkozó szakkönyvi táblázatok, keményfa-por expozíciós határérték (ellenőrizendő: aktuális jogszabály).
- A betét mozgási hézag 2–3 mm és a keretléc, nút méretek tájékoztató értékek (ellenőrizendő: a termék szerkezete és a használt anyag szerint).
- A mintaárak és a kalkuláció kizárólag a számítás menetét szemléltetik, nem piaci árak.

33 Asztalok

33.1. Asztalok jellemző típusai és szerkezetei

33.1.1. Motiváció

Egy vevő kis lakásba kér tömörfa étkezőasztalt. Azt mondja: „Hétköznap ketten használjuk, de vasárnap hatan ebédelünk.” Az asztalosnak ebből a két mondatból kell kiválasztania a megfelelő asztaltípust, szerkezetet és nagyobbító mechanizmust. Ha rosszul választ, az asztal lehet túl nagy, túl kicsi, lötyögő, nyikorgó, vagy épp a tömörfa lap megreped a rossz laprögzítés miatt. Ebben az alfejezetben megismerjük az asztalok jellemző típusait, szerkezeti részeit, a nagyobbítható mechanizmusokat és az asztallap mozgásbiztos rögzítését.

33.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy hagyományos, négy lábú fából készült étkezőasztalt. Alulról fölfelé haladva a következő fő részeket látod: a **lábak** viselik a terhelést, a **kávák** vízszintesen összekötik a lábakat, és ezekre támaszkodik a nagy, sík **asztallap**. A lábak és a kávák csapozott keretszerkezetet alkotnak. A lap nincs mereven a kerethez ragasztva, mert a fa nedvességváltozáskor dolgozik. A lapot ezért oldható vagy mozgást engedő kötéssel rögzítjük. Ez a kép lesz az asztalok szerkezeti alapja.

33.1.3. Az asztal fogalma és csoportosítása

Definíció. Az **asztal** olyan bútor, amely egy vízszintes vagy közel vízszintes munkafelületből, az **asztallapból**, valamint az azt alátámasztó **állványszerkezetből** áll. Rendeltetése étkezés, munkavégzés, tárgyalás, tárolás vagy kiállítás.

Az asztalokat többféleképpen csoportosíthatjuk.

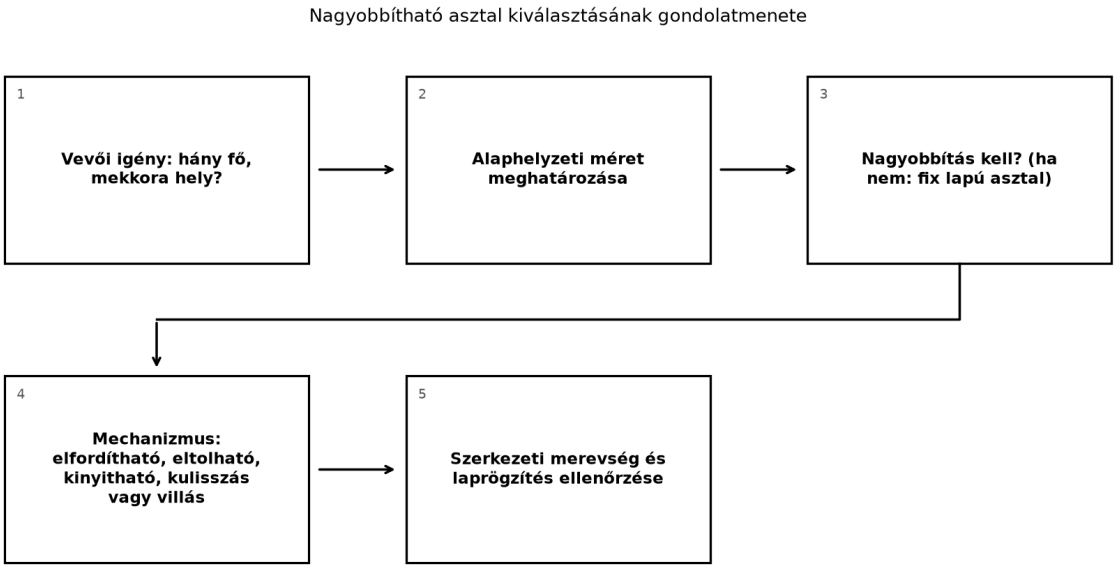
Rendeltetés szerint: étkezőasztal, konyhaasztal, íróasztal, tárgyalóasztal, dohányzóasztal, kávézó- és kerti asztal, munkaasztal.

Szerkezet szerint: láb–káva szerkezetű asztal, állványos asztal, tálcás asztal, konzolos asztal, korpuszos asztal.

A lap alakja szerint: négyszögletes, kerek, ovális, sokszögű, lekerekített sarkú, nagyobbítható vagy fix lapú.

A nagyobbíthatóság szerint: fix lapú asztal, elfordítható lapú, eltolható lapú, kinyitható lapú, kulisszás nagyobbítható, villás kihúzós asztal.

Az asztal kiválasztásánál mindig a rendeltetésből, a rendelkezésre álló helyből és a felhasználók számából indulunk ki.



33.1. ábra. Nagyobbítható asztal kiválasztásának gondolatmenete - Szemléltető döntési lépéssor; a konkrét méreteket a megrendelés, a helyszín és a gyártói szerelvények határozzák meg.

A diagram a tervezés döntési lépéseit mutatja. A következő szakaszokban az egyes szerkezettípusokat részletezzük.

33.1.4. Láb–káva szerkezet, állványos és tálcás asztal

Láb–káva szerkezet. A legelterjedtebb asztalszerkezet. Négy láb alkotja a álló elemeket, a lábakat felül **kávák** kötik össze. A káva lehet felső káva, amelyre a lap közvetlenül támaszkodik, és lehet alsó **lábösszekötő** is, amely a lábak alsó harmadát merevíti. A lábak a kávákkal jellemzően **vésett csapozással** kapcsolódnak, amit a Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek alfejezetben tanultunk. A csap és a heveder méretezése adja a keret merevségét.

Állványos asztal. A lapot nem négy láb, hanem egy központi oszlop vagy két oldalt elhelyezett **állvány** tartja. Gyakori a kerek és ovális asztaloknál. Előnye, hogy a lap alatt nincs zavaró láb a sarkokban, így kényelmesebb a székek elhelyezése. Hátránya, hogy az állvány nagyobb csavaró- és billenő terhelést kap, ezért az oszlop és a talp merevítése fontos.

Tálcás asztal. A lapot egy keretszerű **tálca** veszi körbe, és a tálcakerethez csatlakoznak alul a lábak vagy az állvány. A tálca lehet a lap alatti díszes, keskenyebb keret, amely megfogja a lapot. Tálcás asztalnál a lap gyakran betétként ül a keretben, és a széle nem terhelhető túlzottan. A tálca merevíti a szerkezetet, de a lap mozgását itt is biztosítani kell.

Definíció. A **felső káva** az a vízszintes keretelem, amely a lábak felső részét egymással összeköti, és a lap alátámasztására szolgál. Az **alsó lábösszekötő** a lábak alsó részét merevíti. A **tálca** a lap alatt futó, keretszerű díszelem vagy szerkezeti elem.

Mindhárom szerkezetnél a káva és a láb derékszögben áll, a kötések résektől mentesek, a keret átlói egyenlők. A kész keretet utána illesztjük az asztallaphoz.

33.1.5. Nagyobbítható asztalok

A nagyobbítható asztalok akkor hasznosak, ha a napi használat kisebb, de alkalmanként nagyobb lapfelületre van szükség. A mechanizmus mindig a **lap elmozdításával** és/vagy **betétlapok behelyezésével** dolgozik.

Elfordítható lapú asztal. A két fél lapot középen csuklósan, elfordíthatóan rögzítik. Alaphelyzetben a lapok egymásra hajtva fekszenek, a látható lap fél méretű. Nagyobbításkor az egymásra hajtott lapok elfordulnak, és a két fél lap egymás mellé kerül. A megoldás gyors, de a hajtogatott lap vastagabb lehet, és a csuklószerkezetnek nagy terhelést kell kibírnia.

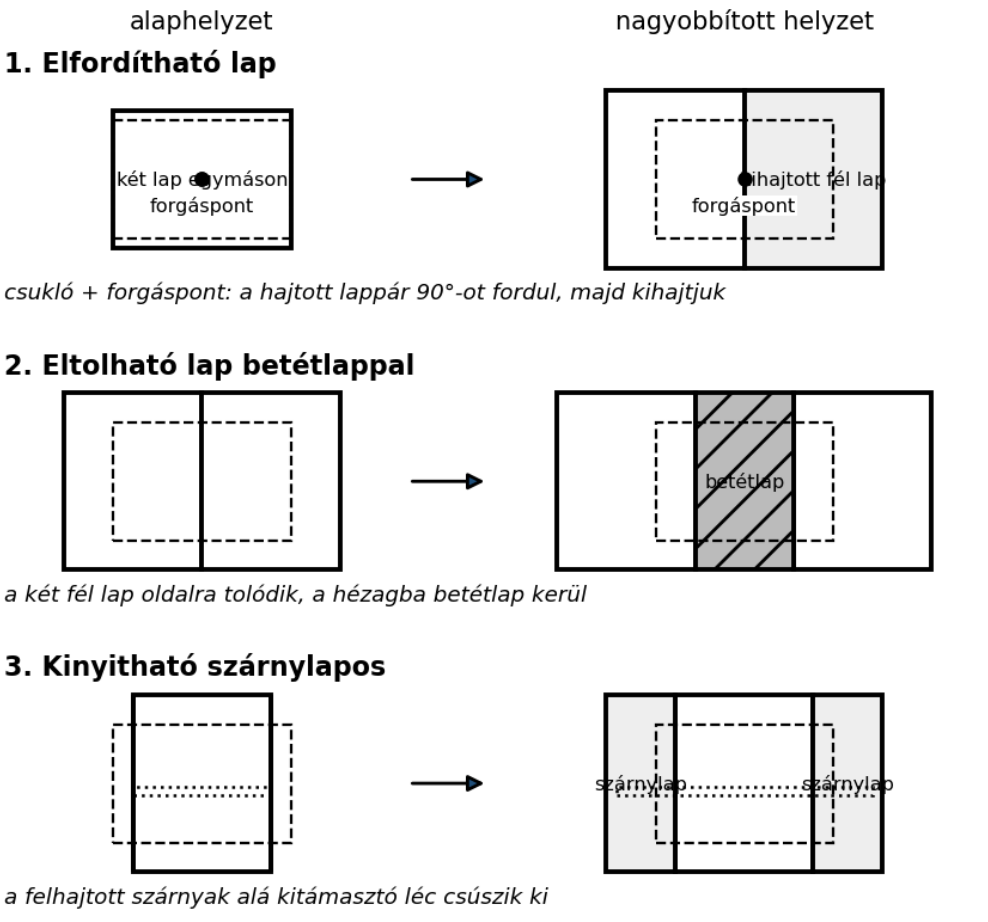
Eltolható lapú asztal. A két fő lapot oldalirányban el lehet tolni. A két lap közé a megnyitott hézagba **betétlap** kerül. A betét lehet az asztal alatt tárolt, azonos anyagú lap. A mechanizmus egyszerű, de a betét illesztésének pontosnak kell lennie.

Kinyitható lapú asztal. A kisebb alapasztal két oldalán csuklósan felfelé hajtható **szárnylapok** vannak. Amikor felhajtjuk a szárnyakat, a szárnyak alá mozgatható **kitámasztó léc** vagy konzol kerül. A kinyitott szárny megnöveli a hasznos felületet. A szárnyak alátámasztását a kihúzott léc, a kihúzható fiókbetét vagy a kiforduló támasz adhatja.

Kulisszás nagyobbítható asztal. A legelterjedtebb nagyobbítható mechanizmus. A két fél lapot alul **kulisszák**, azaz párhuzamos vezetősínek tartják. A kulisszák a kávakeretben futó hornyokon csúsznak. Nagyobbításkor a két fél lapot széthúzzuk, a középső nyílásba betétlapot vagy betétlapokat helyezünk, majd a lapokat visszacsúsztatjuk, és a betétek a helyükre zárnak. A kulisszás asztal a legelterjedtebb megoldás nagy, 6–10 személyes étkezőasztaloknál.

Villás kihúzós asztal. A lap alatt **villaszerű** kihúzószerkezet van, amely a lapok alatti párhuzamos **csúszólécekből** áll. A kihúzás során a két lap szétnyílik, középre egy vagy több betét kerül, majd a villa visszatolódik és megfeszül. A villás szerkezet előnye, hogy több betét behelyezésével jelentős hossznövekedést érhetünk el.

Minden nagyobbítható asztalnál a mozgó részeket **viasszal, száraz szappannal vagy műanyag csúszóbetéttel** kell könnyű járásúvá tenni, és a fém vezetősíneket a gyártó előírása szerint kell felszerelni (ellenőrizendő: szerelvénygyártói adatlap).



33.2. ábra. Öt nagyobbítható asztalmechanizmus felülnézetben, alap- és nagyobbított helyzetben (sematikus; szaggatott: a lap alatti vezetőelemek)

Az interaktív változatban a mechanizmus kiválasztható, és a nyit/zár csúszkával lépésenként követhető a lapok mozgása.

33.1.6. Íróasztalok: fiókos, konténeres, korpuszos

Az íróasztaloknál a lap alatt tárolóelemek is vannak, ezért a szerkezet eltér az étkezőasztalétól.

Fiókos íróasztal. A lap alatt egy vagy több **fiókos oldal** helyezkedik el. A fiókok a homlokfelületre merőlegesen futnak ki, és a fiókos oldalakat kávák vagy válaszfalak kötik össze. A fiókos oldalak merevítik a szerkezetet.

Konténeres íróasztal. Az íróasztal alá különálló, görgős vagy lábakon álló **konténer** kerül. A konténer lehet fiókos, ajtós vagy vegyes tároló. Előnye, hogy a konténer szabadon mozgatható, a munkafelület alatt nagyobb lábtér marad.

Korpuszos íróasztal. A lap alatt oldalsó **korpuszok** (szekrénytestek) állnak, amelyek fiókokat, ajtókat vagy polcokat tartalmaznak. A korpuszos változat nagyon stabil, de a lábtér korlátozott. Irodai használatra gyakori.

Az íróasztalnál a **munkalap** lehet tömörfa, bútorlap, MDF vagy laminált forgácslap. A tömörfa lap mozgását itt is figyelembe kell venni.

33.1.7. Asztallap rögzítése: fémkapocs, hosszlyukas csavarozás, fecskefarkú heveder

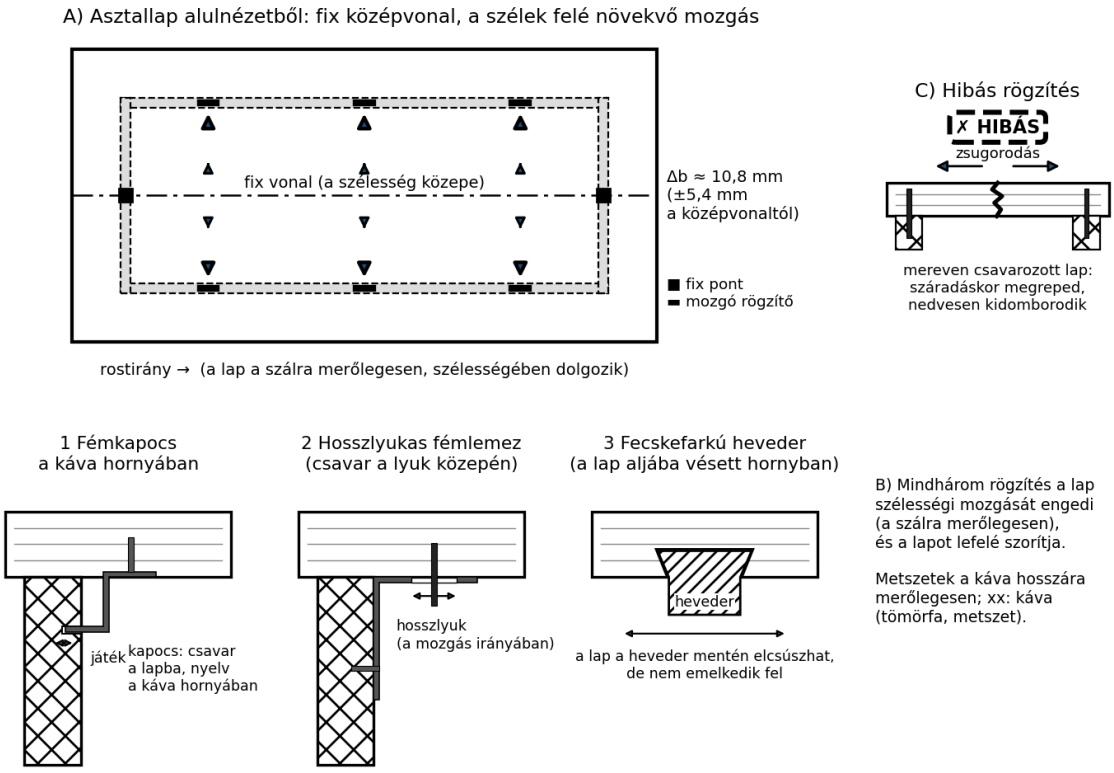
A tömörfa asztallap a nedvességváltozás hatására szélességében jelentősen mozog. Ezt a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” alfejezetben tanultuk. Ha a lapot mereven ragasztjuk vagy csavarozzuk a kávakerethez, a zsugorodáskor a lap megrepedhet. Ezért a laprögzítés mindig **mozgásbiztos** legyen.

Fémkapocs. A káva belső oldalára csavarozott **fém laprögzítő kapocs** a lapba mart horonyba nyúlik. A kapocs nem ragasztott, és a horonyban kis játékot enged. A csavarok a káván rögzítenek, a lap csak felfekszik. A horony mélységét a kapocs méretéhez igazítjuk.

Hosszlyukas csavarozás. A kávafuratok helyett a lap aljára **hosszlyukas fémlemez** kerül. A lemez a laphoz csavarozva, a kávához oldhatóan csavarozva. A hosszlyuk hosszirányban megengedi a lap szélességi mozgását, de a lapot lefelé szorítja. A hosszlyuk hossza legalább akkora legyen, mint a lap várható maximális méretváltozása.

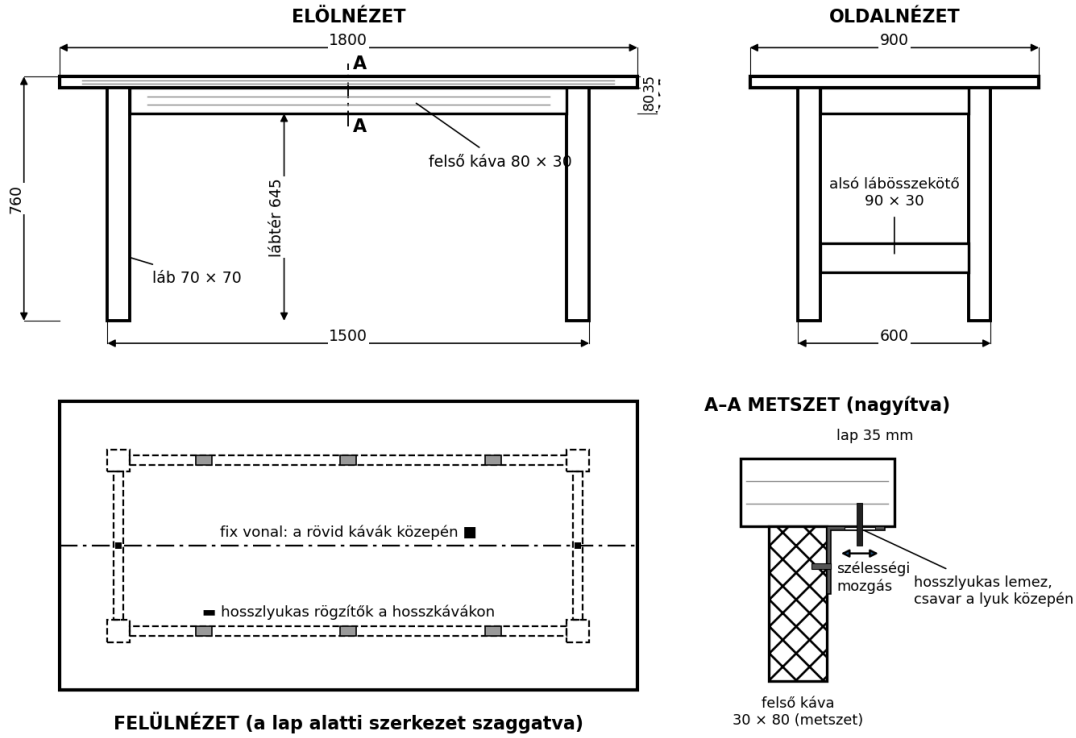
Fecskefarkú heveder. A lap aljára mart, fecskefark alakú **hornyok** befogadják a kávára szerelt, ferde élű **hevedereket**. A heveder a horonyban elcsúszhat, így a lap szabadon mozog, de nem emelkedik fel. Ezt a hagyományos megoldást nagyobb tömörfa lapoknál alkalmazzák.

Szabály. A tömörfa asztallapot a szélesség közepén (a rövid kávák közepénél) rögzítjük fixen, a többi rögzítőpont **mozgást enged**; így a lap a középvonaltól kétfelé dolgozik. A hosszlyuk hossza a rögzítési vonaltól mért távolsággal arányos, a csavart a hosszlyuk közepébe tesszük, mert a lap dagadhat és zsugorodhat is (tájékoztató: 900 mm-es lap szélén kb. ±6 mm). A rögzítőelemek száma és kiosztása a lap méretétől és a fa mozgásától függ.



33.3. ábra. A tömörfa asztallap mozgása és a három mozgásbiztos rögzítés: fix középvonal alulnézetben, fémkapocs, hosszlyukas lemez és fecskefarkú heveder metszetben, valamint a hibás, mereven csavarozott lap

Az ábrán a fix rögzítés a lap szélességének közepén, a rövid kávák közepénél van, így a lap a középvonaltól kétfelé dolgozik, és a széleken a legnagyobb a mozgás. Az interaktív változatban a fanedvesség csúszkával változtatható; a merev csavarozást bekapcsolva látszik, hogyan reped meg vagy domborodik ki a lap.



Méretek mm-ben. Felső káva 80 × 30 (a lábtér 760 − 35 − 80 = 645 mm ≥ 620 mm). Sematikus, nem méretarányos részletek.

33.4. ábra. Négylábú étkezőasztal láb–káva szerkezete: elölnézet, oldalnézet, felülnézet és A–A metszet a hosszkáván, hosszlyukas laprögzítéssel

Az ábra az étkezőasztal szerkezetét mutatja: a felső káva 80 mm magas, így a lábtér 760 − 35 − 80 = 645 mm. A felülnézeten a fix rögzítés a rövid kávák közepén van, a hosszkávákon hosszlyukas rögzítők engedik a lap szélességi mozgását; az A–A metszet a hosszlyukas lemezt nagyítva mutatja.

33.1.8. Méretek és ergonómia

Az asztal méreteit az emberi testméretekből és a használat módjából vezetjük le. A következő értékek tájékoztatók, és a bútortervezési gyakorlatban, szabványokban, katalógusokban pontosítják őket (ellenőrizendő: aktuális szabvány, ergonómiai táblázat).

Asztaltípus	Jellemző magasság (mm)	Jellemző lábtér vagy szabad nyílás (mm)	Megjegyzés
Étkezőasztal	740–760	térdtér alatt legalább 620–650 magasság	lap vastagsága 25–40 mm
Konyhaasztal / munkapult asztal	850–900	lábtér a használattól függ	álló munkánál magasabb
Íróasztal	720–750	térdnyílás szélesség 500–600, mélység 500–600	tájékoztató érték
Dohányzó / dohányzó- és kávézóasztal	400–550	–	ülő vagy alacsony használat

A négyszögletes étkezőasztaloknál egy főre körülbelül 550–650 mm hossz és 320–380 mm szélesség jut, a támlás szék kényelmes használatához a lap széle és a fal vagy más bútor között legalább 700–800 mm szabad tér kell (tájékoztató, ellenőrizendő). A nagyobbítható asztalnál a nagyobbított állapotban is biztosítani kell a közlekedést.

Figyelem. A fa mozgását az asztallapnál nem lehet elhagyni. A túl merev csavarozás a nedvesebb nyári időszakban a lap kidomborodását vagy szétrepedését okozhatja.

33.1.9. Kidolgozott példa: hat személyes nagyobbítható étkezőasztal

Példa. A vevő 6 főre szeretne nagyobbítható étkezőasztalt tömör tölgyből. Alaphelyzetben 4 fő használja, nagyobbítva 6–8 fő. A szoba hossza 4,2 m, a szélessége 3,5 m. Válasszunk kulisszás nagyobbítható szerkezetet.

Megoldás.

1. **Méretek.** Alaphelyzetben a lap legyen 1400 × 900 mm, ez 4 személyre kényelmes. Nagyobbításhoz a két fél lap széthúzásával 600 mm-es bővítést adunk, így a nagyobbított hossz 2000 mm. A szélesség marad 900 mm. A lap vastagsága 35 mm.

2. **Ergonómiai ellenőrzés.** A 900 mm szélesség mellett két szemben ülő személynek fejenként 450 mm mélység jut. Ez elegendő. A magasság 760 mm. A káva alsó éle a padlótól $760 - 35 - 80 = 645$ mm-re van, így a térdtér szabad (legalább 620–650 mm). A székekkel a 4,2 m hosszú szobában a 2,0 m hosszú asztal mellett is marad két oldalt kb. 1,1 m kijárat, ami elegendő.

3. **Zsugorodás számítása.** A tölgy lap húrirányú differenciális zsugorodása $\beta_{\text{húr}} = 0{,}30\,\%\,/\,\%$ (tájékoztató, ellenőrizendő). Tegyük fel, hogy a lap nedvességtartalma 8 %-ról 12 %-ra nő, tehát $\Delta u = 4\,\%$.

$$\Delta b = b \cdot \frac{\beta_{\text{húr}}}{100} \cdot \Delta u = 900\,\text{mm} \cdot \frac{0{,}30}{100} \cdot 4 = 10{,}8\,\text{mm}$$

A lap szélességi mozgása tehát körülbelül 11 mm. A hosszlyukas rögzítők hosszlyukját legalább 12–15 mm mozgási tartalékkal készítjük, a lapot pedig a szélesség közepén, a rövid kávák közepénél rögzítjük fixen, a hosszkávákon hosszlyukas rögzítők engedik a mozgást (a lap közepétől kétfelé kb. ±5–6 mm). A hosszirányú mozgás elhanyagolhatóan kicsi.

4. **Szerkezeti kialakítás.** A lábak 70 × 70 mm, a felső káva 80 × 30 mm (merevség: ellenőrizendő), az alsó lábösszekötő 90 × 30 mm. A káva és a lábak vésett csapozással készülnek. A kulisszás vezetősínek a felső kávára szerelhetők, a betétlapok 600 mm hosszúságúak, azonos anyagúak és azonos évgyűrűirányúak. A zsugorodást a betétlapok illesztésénél is figyelembe vesszük.

Ellenőrzés. A nagyobbított hossz 2000 mm, a szoba hossza 4200 mm, tehát marad 2200 mm, oldalanként 1100 mm. A lap magassága 760 mm, a lábtér 645 mm. A zsugorodási mozgás 11 mm, a hosszlyuk 15 mm-rel biztonságot ad. ∎

33.1.10. Minőségellenőrzés

Az asztal készítésekor az alábbiakat ellenőrizzük:

- A láb–káva keret átlói egyenlők, a lábak derékszögben állnak a laphoz képest. Mérés: mérőszalag, derékszögelő, vízmérték.
- A lábak végei egysíkban állnak, az asztal nem billeg. Ellenőrzés: sima munkaasztalon, a négy láb alá érzékelő papírlapot csúsztatunk.
- A nagyobbítható mechanizmus könnyen, akadozás nélkül jár. A betétek pontosan illeszkednek, a hézagok egyenletesek, jellemzően 0,2–0,5 mm (tájékoztató).
- A lap felfekvése egyenletes, a rögzítő elemek mozgást engednek, a lap nem feszül a kerethez.
- A felületi minőséget az adott felületkezelési alfejezet szerint ellenőrizzük.

Ha eltérést tapasztalunk, a hibás kötést csapozással, utánállítással vagy újraillesztéssel javítjuk. A mechanizmusnál a szerelvénygyártó beállítási adatait kell követni (ellenőrizendő).

33.1.11. Tipikus hibák és okaik

1. **Az asztal billeg, a lábak nem egysíkúak.** Az ok általában pontatlan csapozás vagy rossz ragasztási nyomás. A helyes gyakorlat: a keretet ragasztáskor sík asztalon, derékszögellenőrzéssel készítjük, a lábvégeket utána együtt gyaluljuk.

2. **A tömörfa lap szétreped a csavaroknál.** Az ok a merev rögzítés. A lapot hosszlyukas vagy fecskefarkú mozgó kötéssel kell rögzíteni, ahogyan fent leírtuk.

3. **A nagyobbítható asztal nehezen nyílik vagy lötyög.** A kulisszák és vezetősínek nincsenek párhuzamosan beállítva, vagy a futófelület nem megfelelő. A vezetősíneket párhuzamosra kell állítani, a csúszófelületeket tisztán és könnyen járóvá kell tenni.

4. **A betétlap színe vagy rajzolata elüt a fő lappal.** Ha nem azonos anyagból, nedvességből és évgyűrűállásból készül, a betét feltűnő lesz. A betétet a fő lappal azonos fafajból, lehetőleg azonos deszkából, azonos nedvességre szárítva kell elkészíteni.

33.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelybe reklamáció érkezett: a vevő új, tömör bükk étkezőasztalának lapján a káva felett hosszanti repedés jelent meg az első téli fűtési szezonban. A vizsgálatkor kiderült, hogy a lapot a kávákhoz minden oldalon merev, fém csavarral rögzítették, hosszlyuk nélkül. A fűtési szezonban a lakás relatív páratartalma lecsökkent, a fanedvesség kb. 3–4 %-kal csökkent, a 900 mm széles lap húrirányban kb. 8–10 mm-t zsugorodott. A merev csavarok nem engedték a mozgást, ezért a lap a leggyengébb ponton elrepedt. A javítás során a repedést megragasztották, a csavarokat hosszlyukas laprögzítőkre cserélték, és a lapot a káva hosszoldalához rögzítették. A tanulság: a fa mozgását mindig be kell építeni a szerkezetbe.

33.1.13. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a láb–káva szerkezet és az állványos asztal között?
2. Melyik nagyobbítható mechanizmusnál használunk villás kihúzószerkezetet?
3. Miért nem szabad a tömörfa asztallapot minden oldalon mereven csavarozni?
4. Mit mutat meg a hosszlyukas laprögzítő hosszlyukja?
5. Igaz vagy hamis: a tálcás asztalnál a lap mindig a tálcakeretre van ragasztva.
6. Mennyi a tájékoztató magassága egy étkezőasztalnak?

33.1.14. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a nagyobbítható asztalok öt jellemző mechanizmusát, és egy-egy mondattal jellemezd őket!

2. feladat (A) Egy tömör tölgy asztallap szélessége 850 mm. Húrirányú differenciális zsugorodása 0,30 %/%. A fanedvesség 7 %-ról 11 %-ra nő. Számítsd ki a lap szélességváltozását mm-ben!

3. feladat (B) Rajzolj le szövegesen egy eltolható lapú étkezőasztalt alaphelyzetben és nagyobbított állapotban! Milyen alkatrészekből áll, és hogyan működik a mechanizmus?

4. feladat (B) Egy vevő 4 fős alaphelyzetű, de 8 főre nagyobbítható étkezőasztalt kér tömör bükkből. Alaphelyzetben 1400 × 900 mm a lap. Válassz nagyobbítható mechanizmust, és határozd meg a nagyobbított hosszt úgy, hogy 8 fő kényelmesen elférjen! Ellenőrizd a mozgást is, ha a szélesség 900 mm, $\beta_\text{húr} = 0{,}28$ %/%, $\Delta u = 5$ %.

5. feladat (C) Hasonlítsd össze a fémkapocs, a hosszlyukas csavarozás és a fecskefarkú heveder laprögzítést! Melyiket mikor választanád? Indokold!

6. feladat (D) Készíts egy láb–káva szerkezetű, kisméretű dohányzóasztal rajzleírását és műveleti sorrendjét! A lap 500 × 500 mm, vastagság 25 mm, a lábak 50 × 50 mm, a felső káva 80 × 25 mm. Az 1. lépéstől a laprögzítésig írd le a műveleteket, és jelöld az ellenőrzési pontokat!

33.1.15. Megoldások

33.1.15.1. Önellenőrzés – válaszok

1. A láb–káva szerkezetnél négy (vagy több) láb és azokat összekötő kávák alkotják a tartószerkezetet; az állványosnál egy központi oszlop vagy két oldalsó állvány tartja a lapot.
2. A villás kihúzós asztalnál; a lap alatti villa szerkezet tolódik ki, középre betétek kerülnek.
3. Mert a tömörfa lap nedvességváltozáskor dolgozik, és a merev csavarozás megrepesztheti a lapot.
4. Azt, hogy a lap szélességi mozgása mekkora utat tehet meg a rögzítőelem megfeszülése nélkül.
5. Hamis; a tálcás asztalnál a lapot mozgást engedő módon kell a tálcához illeszteni, nem mereven ragasztva.
6. Jellemzően 740–760 mm (tájékoztató, ellenőrizendő).

33.1.15.2. 1. feladat megoldása

A öt nagyobbítható mechanizmus: **elfordítható lapú** – a fél lapok egymásra hajtva, elfordítva nyílnak ki; **eltolható lapú** – a két főlap szétnyílik, középre betétlap kerül; **kinyitható lapú** – az oldalsó szárnyak felhajthatók, kitámasztólécekkel; **kulisszás** – a lapok alatt kulisszák csúsznak, középre betétlap zár; **villás kihúzós** – a villa szerkezet húzódik ki, egy vagy több betétet befogadva.

33.1.15.3. 2. feladat megoldása

Adott: $b = 850\,\text{mm}$, $\Delta u = 11\,\% - 7\,\% = 4\,\%$, $\beta_{\text{húr}} = 0{,}30\,\%\,/\,\%$.

Keresett: Δb.

$$\Delta b = 850\,\text{mm} \cdot \frac{0{,}30}{100} \cdot 4 = 850 \cdot 0{,}003 \cdot 4 = 10{,}2\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: 4 % nedvességváltozás, 850 mm széles lapnál nagyjából 10 mm; nagyságrend helyes.

33.1.15.4. 3. feladat megoldása

Az **eltolható lapú asztal** két főlapból, egy vagy több betétlapból, valamint a főlapokat vezető, kihúzható sínből áll. Alaphelyzetben a két főlap egymás mellett van, a betét az asztal alatt tárolt. Nagyobbításkor a két főlapot oldalra húzzuk, a betétet a középső nyílásba helyezzük, majd a főlapokat visszaengedjük. A betét a főlapok közé zár, ezért a betét élét és a főlap élét pontosan kell illeszteni. A rajzon elölnézetben látható a zárt asztal, oldalnézetben a széthúzott lapok és a közéjük helyezett betét, felülnézetben a lapok szétnyitott helyzete. Jelölni kell a vezetősínt, a betétet, a főlapokat és a rögzítő reteszt.

33.1.15.5. 4. feladat megoldása

Válasszunk **kulisszás nagyobbítható** mechanizmust. Alaphelyzet 1400 mm hossz. A 8 fő a két hosszoldalon ül, oldalanként 4: $L = 4 \cdot 600\,\text{mm} = 2400\,\text{mm}$ (fejenként 600 mm, tájékoztató), ha a szélesség 900 mm. A nagyobbított hossz 2400 mm, a bővítés $2400 - 1400 = 1000$ mm. A bővítést két 500 mm-es betétlappal oldjuk meg.

Zsugorodási ellenőrzés a 900 mm szélességre: $\Delta u = 5\,\%$, $\beta_{\text{húr}} = 0{,}28\,\%\,/\,\%$,

$$\Delta b = 900 \cdot \frac{0{,}28}{100} \cdot 5 = 900 \cdot 0{,}0028 \cdot 5 = 12{,}6\,\text{mm}$$

A hosszlyukaknak legalább 14–15 mm mozgási tartalék kell. A lapot a szélesség közepén (a rövid kávák közepénél) rögzítjük fixen; a hosszkávákon hosszlyukas rögzítők engedik a mozgást, a csavart a hosszlyuk közepébe szereljük ($\pm 6{,}3$ mm a lap közepétől).

33.1.15.6. 5. feladat megoldása

- **Fémkapocs:** egyszerű, gyors, rejtett. Kisebb és közepes lapoknál jó, ahol a kapocs hornya elegendő mozgást enged.
- **Hosszlyukas csavarozás:** erős, lefelé szorít, a hosszlyuk nagyobb mozgást is megenged. Nagyobb lapoknál, vastagabb kávánál előnyös.
- **Fecskefarkú heveder:** hagyományos, nagyon erős, nem látszik, és nagy mozgást enged. Nehéz, pontos marást igényel, ezért inkább nagy, értékes tömörfa lapoknál választjuk.

A választás a lap nagyságától, vastagságától, a káva anyagától és a műhely felszereltségétől függ. Mindháromnál el kell kerülni a merev, minden oldali rögzítést.

33.1.15.7. 6. feladat megoldása

Rajzleírás: egy 500 × 500 mm-es, 25 mm vastag bükk lap; négy láb 50 × 50 mm, magasság 480 mm; felső káva 80 × 25 mm. A kávák végén csap van, a lábakban fészek. Felülnézet: a négy láb a sarkoknál, a láb külső síkja 30 mm-rel a lap széle mögött; a káva vállmérete $500 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 50 = 340$ mm, a csapokkal (2 × 25 mm) együtt 390 mm. Elölnézet: a lap 25 mm vastagsága, a káva 25 mm magassága, a lábak 480 mm. Metszet a káván: a lábfészek, a káva és a laprögzítő hosszlyuk.

Műveleti sorrend: 1. Anyagkiosztás, szabás a lábakra, kávákra és lapra – ellenőrzés: méretek mm-ben. 2. Lábak méretre gyalulása 50 × 50 mm-re – ellenőrzés: derékszög, párhuzamosság. 3. Kávaelemek méretre gyalulása 25 × 80 mm – ellenőrzés: hosszméret és derékszög. 4. A lábakba fészket vésünk, a kávák végére csapot alakítunk – ellenőrzés: csap-fészek illesztés száraz próbával. 5. Keret száraz összeállítása, derékszög ellenőrzése – ellenőrzés: átlók egyenlősége, rések. 6. Ragasztás, összeszorítás – ellenőrzés: derékszög, sík fekvés. 7. Lap méretre szabása és gyalulása – ellenőrzés: 500 × 500 × 25 mm, lap síkja. 8. Lap hosszlyukas rögzítőkkel a kerethez – ellenőrzés: hosszlyuk mozgási tartalék, a lap nem feszül. 9. Felületcsiszolás, felületkezelés – ellenőrzés: a felület egyenletes, por- és szennyeződésmentes.

Gépbiztonság: a szabás, gyalulás, csapozás gépi műveleteit csak betanított, felügyelt tanuló végezheti, védőberendezésekkel, elszívással.

33.1.16. Rövid összefoglaló

Az asztalok rendeltetés, szerkezet, lapforma és nagyobbíthatóság szerint csoportosíthatók. A leggyakoribb a **láb–káva szerkezet**, ahol négy láb és a kávakeret adja a merevséget, csapozással. Az **állványos asztal** központi oszlopot vagy oldalsó állványokat használ, a **tálcás asztal** a lap alatti tálcakerethez csatlakozik. A **nagyobbítható asztalok** közül ismerjük az elfordítható, eltolható, kinyitható, kulisszás és villás kihúzós megoldásokat. Az íróasztalok lehetnek fiókosak, konténeresek vagy korpuszosak. A **tömörfa asztallapot** mindig mozgásbiztosan kell rögzíteni: fémkapocs, hosszlyukas csavar vagy fecskefarkú heveder segítségével. A fa zsugorodását a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” képletével számítjuk; a hosszlyuk hosszát a várható méretváltozásnál nagyobbra kell venni. Az ergonómiai méretek tájékoztatók: étkezőasztal magassága 740–760 mm, íróasztal 720–750 mm. **Továbbvitt eredmény.** Az itt tanult asztalszerkezeteket, mechanizmusokat és laprögzítést használjuk a Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája alfejezetben, valamint a székek állványszerkezetének arányainál a Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza témakörben.

33.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Hagyományos asztalos szakkönyvek: asztalszerkezetek, kötések, nagyobbítható mechanizmusok leírása.
- Zsugorodási értékek: tölgy, bükk tájékoztató differenciális zsugorodás (0,20–0,35 %/%, ellenőrizendő szakkönyvi táblázat).
- Ergonomiai méretek: tájékoztató értékek, az aktuális bútorszabványok és ergonómiai táblázatok szerint ellenőrizendők.
- Nagyobbítható szerelvények: gyártói adatlapok és beállítási útmutatók (ellenőrizendő).
- A laprögzítő elemek méretezése: a gyártói katalógusok és a fa mozgásából számított értékek alapján (ellenőrizendő).
- A szabványos bútorvizsgálati és méretezési előírások: a konkrét szabványjelek és terhelési értékek a kivitelezés előtt ellenőrizendők.

33.2. Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája

33.2.1. Motiváció és előzmények

Egy megrendelő tömörfa, kétfiókos íróasztalt kér. Az asztal lapja bükk, a keret és a lábak is bükkből készülnek, a fiókok könnyen járjanak, és az asztallap ne repedjen meg az első fűtési szezonban. Ahhoz, hogy az asztal tartós és szép legyen, először papíron kell megtervezni: nézetrajz, metszetek, szabásjegyzék. A rajz után készül a műveletsor, és csak ezután jöhet a gépi munka.

Az Asztalok jellemző típusai és szerkezetei alfejezetben megismertük az asztalok fő szerkezeti csoportjait. A Fiókok és szekrényajtók szerkezete; fiókos éjjeliszekrény szerkezeti rajza alfejezetben a fiók részeit és méretezését tanultuk. Most ezt a két tudást kapcsoljuk össze egy konkrét, műhelyben legyártható asztalon.

33.2.2. Szemléletes kép: a kétfiókos asztal

Képzelj el egy **1100 mm széles, 700 mm mély** asztalkeretet, amelynek **laptetője 760 mm magasan** van. A lap alatt négy **láb** áll, mindegyik **70 × 70 mm** keresztmetszetű. A lábakat felül **kávák** kötik össze: hátul egy **hátsó káva**, két oldalt **oldalkáva** (mindkettő 100 mm magas), elöl pedig két keskeny **homoklécc**, egy felső és egy alsó. A két homoklécc között, a 100 mm-es kávasávban két **fióknyílás** van, középen egy függőleges **fiókosztó** választja el őket. Az asztallap (1160×760 mm) a kávákon fekszik, és mindenütt 30 mm-rel túlnyúlik a kereten, hogy szép árnyékéle legyen. Az 1100×700 mm tehát a keret mérete, nem a lapé. A káva alsó éle a padlótól $734 - 100 = 634$ mm-en van, így az íróasztal térdtere szabad (legalább 620 mm).

A fiókok **fecskefarkú fogazással** kapcsolódnak az elülső fiókhomlokhoz. A fiókok sekélyek (tolltartó- és irattartó fiókok); oldalai tömör bükkből, a fiókfenék **6 mm-es rétegelt lemezből** készül, mert a rétegelt lemez alig dolgozik a nedvesség hatására.

33.2.3. Definíciók: az asztal szerkezeti részei

Definíció.
A **fiókos asztal keretszerkezete** olyan állványszerkezet, amelyben a lábakat felül **elülső felső és alsó homoklécc, két oldalkáva és hátsó káva** köti össze. A kávák és a homoklécek **vésett csapozással** ülnek a lábak fészkeiben. A két homoklécc közötti nyílásban helyezkedik el a **fiók**, amelyet oldalt a fiókosztóra és az oldalkávára szerelt **futólécek** vezetnek.

Definíció.
A **középső fiókosztó** (műhelyi nevén: fiókosztó léc) a kétfiókos asztalban az elülső alsó homoklécc és a hátsó káva közé, elölről hátra, élével felfelé beépített elem, amely elválasztja a két fióknyílást, és két oldalán egy-egy futólécet hordoz a fiókok megvezetéséhez.

Definíció.
A **fiókhomlok** a fiók elülső, látható lapja. A **fiókoldal** a fiók két hosszanti eleme, a **fiókhát** a hátsó, keskenyebb elem. A **fiókfenék** a fiók alját záró, általában rétegelt lemezből készült lap.

Szabály.
A rajz–anyag–művelet hármas szerint először a rajzból készítünk **szabásjegyzéket**, abból **műveletterv**et, és csak ezután kezdünk gépet állítani. Így elkerüljük az anyaghiányt és a rossz műveleti sorrendből adódó hibákat.

33.2.4. Az egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza

A szerkezeti rajzot **európai (E) vetítési rendben** készítjük. Az elölnézet a fő nézet, alatta a felülnézet, bal oldalon az oldalnézet. A metszeteket mindig megnevezzük a metsződ betűjelével.

33.2.4.1. A rajz szöveges leírása

Elölnézet (a rajz fő nézete):
- A rajz bal oldalán és jobb oldalán egy-egy **láb** látható, 70 mm széles, 734 mm magas (a padlótól a káva felső síkjáig).
- A lábak között, a lábak elülső síkjával egy síkban két vízszintes **homoklléc** fut: a felső 20 mm, az alsó 20 mm magas, mindkettő 22 mm vastag; közöttük a $100 - 2 \cdot 20 = 60$ mm magas sávban a fióknyílások.
- A lábak közötti szabad szélesség $1100 - 2 \cdot 70 = 960$ mm. A középső **fiókosztó** 22 mm széles függőleges sáv, így az egy nyílás szélessége $(960 - 22) / 2 = 469$ mm. A fiókhomlokok befekvők, 465 mm szélesek és 56 mm magasak, 2 mm hézaggal körben.
- A felső homoklléc felső éle egy vonalban van a lábak tetejével; erre fekszik az **asztallap**, amelynek elülső kontúrja 26 mm vastag és 1160 mm széles. A lap mindkét oldalon 30 mm-rel túlnyúlik a lábak külső síkján.

Oldalnézet (jobbról balra nézve, azaz a jobb oldali láb elé nézve):
- Látható a **jobb oldali láb** teljes profilja (70×70 mm), mögötte a **hátsó láb** szaggatott vonallal, mert takarásban van.
- A két láb között az **oldalkáva** húzódik, 100 mm széles, 22 mm vastag.
- Az oldalkáva felső élére fekszik az asztallap oldalsó kontúrja, 26 mm vastag.
- A fiók oldala az oldalkáva belső oldalán csavarozott futólécen fut, a fiók elülső homloka felé; a fiókfenék szaggatott vonallal jelzi a fiók alját.

Felülnézet (a rajz alatt, az E vetítés szerint az elölnézet alatt):
- Az asztallap téglalapja 1160×760 mm.
- A kávák és a lábak a lap alatt szaggatott vonallal jelennek meg (a keret 1100×700 mm).
- A keret a lap szélétől mindenütt 30 mm-rel beljebb van.

A–A függőleges metszet (a metsződ a fiók közepén, az asztal mélység irányában, elölről hátra halad):
- A metszet mutatja a **fiók** felépítését: elülső fiókhomlok (20 mm vastag), a mögötte lévő fiókhát (12 mm vastag), a fiókfenék (6 mm rétegelt lemez) be van eresztve az oldalak hornyába.
- A fiók mellett, a háttérben látszik a **fiókosztó** a futólécekkel, amely az elülső alsó homoklléc és a hátsó káva között fut.
- A rajzon látszik a **fiók és a nyílás közötti 2 mm-es hézag**, amelyet méretmegadással jelölünk.

B–B vízszintes metszet (a metsződ a káva felső élénél, vízszintesen halad):
- A metszet a **lábak, az elülső felső homoklléc, a két oldalkáva és a hátsó káva** keresztmetszetét mutatja.
- A lábakban a kávák és a homoklécek **csapjai** láthatók, a rajzon a csap hossza 20 mm, a fészekmélység 20 mm.
- A középső **fiókosztó** az elülső alsó homoklléc és a hátsó káva közé csapolódik (12 mm-es csappal), és a fióknyílást két részre osztja.
- A metszetsraffozás a tömörfa rostirányát jelzi, a rétegelt lemez fiókfenéknél a rétegfelépítést.

Ábraigény.
Cél: a kétfiókos asztal szerkezeti rajza, amelyből a tanuló le tudja olvasni a fő méreteket, a csapozásokat és a fiók vezetését.
Ábrázolási mód: E vetítési rend, három nézet (elölnézet, oldalnézet, felülnézet) és két metszet (A–A függőleges, B–B vízszintes).
Elemek és méretek (kész méretek, mm; a csapok a hosszba beleértve): láb 734 × 70 × 70 (4 db); elülső felső és alsó homoklécc 1000 × 20 × 22 (vállméret 960 + 2 × 20 csap); oldalkáva 600 × 100 × 22 (2 db; vállméret 560 + 2 × 20 csap); hátsó káva 1000 × 100 × 22; fiókosztó 680 × 60 × 22 (vállméret 656 + 2 × 12 csap); futóléc 640 × 15 × 15 (4 db); fiókhomlok 465 × 56 × 20 (2 db); fiókoldal 500 × 46 × 12 (4 db); fiókhát 453 × 40 × 12 (2 db); fiókfenék 488 × 453 × 6 rétegelt lemez (2 db); asztallap 1160 × 760 × 26; laprögzítő kapocs 8 db.
Anyagjelölés: tömör bükk – rostirány a hossz mentén, metszetben sraffozás; rétegelt lemez – vékony rétegvonalak.
Feliratok és nyilak: a metszetek jelölése A–A, B–B; a fontos méretek milliméterben, a csapozásnál a csaphossz és a fészekmélység; a káva alsó éle a padlótól 634 mm.
Fekete-fehér nyomtatásban is olvasható: a sraffozás világos, a kontúrvonalak vastagabbak.
Alt-szöveg: Kétfiókos tömörfa asztal szerkezeti rajza: elölnézet, oldalnézet, felülnézet, A–A fiókmetszet és B–B kávametszet. A rajz a lábak, kávák, homoklécek, fiókosztó, fiókok és az asztallap kapcsolatát mutatja.

33.2.5. Szabásjegyzék

A szabásjegyzéket a szerkezeti rajz alapján készítjük. A **kész méret** a megmunkálás után elérendő méret, a **nyers méret** a fűrészelési ráhagyással növelt méret. A ráhagyás tájékoztató érték: hosszirányban 15 mm, szélességben 5–6 mm, vastagságban összesen 4–6 mm (oldalanként 2–3 mm), hogy legyen mit egyengetni és vastagságolni. A fiókfenékhez rétegelt lemezt használunk, amit nem kell gyalulni, csak szabni.

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
1	Láb	4	bükk tömör	734 × 70 × 70	750 × 75 × 75	hosszirányú	csapfészek a láb felső részében
2	Elülső felső homoklécc	1	bükk tömör	1000 × 20 × 22	1015 × 25 × 28	hosszirányú	vésett csap a végén; 960 + 2 × 20
3	Elülső alsó homoklécc	1	bükk tömör	1000 × 20 × 22	1015 × 25 × 28	hosszirányú	vésett csap a végén; 960 + 2 × 20

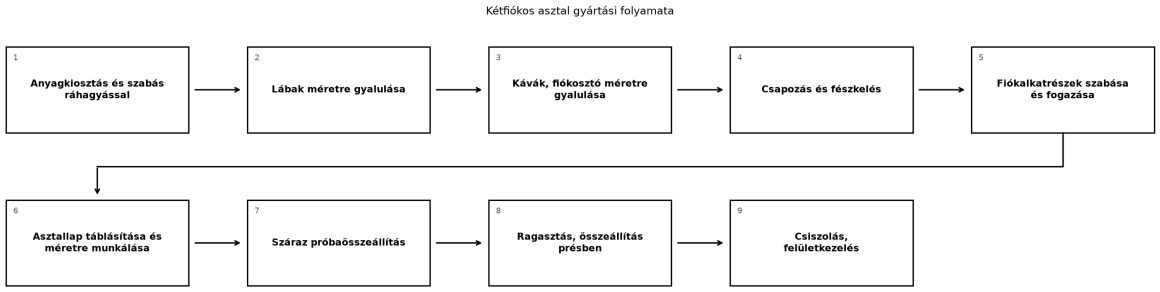
Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
4	Oldalkáva	2	bükk tömör	600 × 100 × 22	615 × 106 × 28	hosszirányú	vésett csap a végén; 560 + 2 × 20
5	Hátsó káva	1	bükk tömör	1000 × 100 × 22	1015 × 106 × 28	hosszirányú	vésett csap a végén; 960 + 2 × 20
6	Fiókosztó	1	bükk tömör	680 × 60 × 22	695 × 66 × 28	hosszirányú	656 + 2 × 12 csap; a fiókok közé
7	Futóléc	4	bükk tömör	640 × 15 × 15	655 × 20 × 20	hosszirányú	az osztóra és az oldalkávára csavarozva
8	Fiókhomlok	2	bükk tömör	465 × 56 × 20	475 × 61 × 24	hosszirányú	fecskefarkú fogazáshoz; befekvő, 2 mm hézag
9	Fiókoldal	4	bükk tömör	500 × 46 × 12	510 × 51 × 16	hosszirányú	horony a fenéknek
10	Fiókhát	2	bükk tömör	453 × 40 × 12	463 × 45 × 16	hosszirányú	441 + 2 × 6 (az oldalak hornyába)
11	Fiókfenék	2	rétegelt lemez	488 × 453 × 6	493 × 458 × 6	–	behornyolt; 441 + 2 × 6
12	Asztallap	1	bükk, táblásított	1160 × 760 × 26	1180 × 780 × 32	hosszirányú	mozgásbiztos rögzítés a kávákhoz
13	Laprögzítő kapocs	8	fém	gyártó szerint	–	–	Z-kapocs a kávák hornyába

A fiók külső szélessége 465 mm, az oldalak 12 mm vastagok, így a belső szélesség $465 - 24 = 441$

mm, a fenék a hornyokkal $441 + 2 \cdot 6 = 453$ mm széles. A szabásjegyzékben minden méret mm-ben értendő. A rajzon a mm-t nem írjuk ki, de a jegyzékben feltüntetjük. A **fa mozog** elv miatt a széles asztallapot nem egy darabból, hanem **táblásított**, keskeny lécekből ragasztjuk, mert a széles tömör lap erősen dolgozik.

33.2.6. Gyártástechnológiai műveletsor

A gyártás folyamata a rajz–anyag–művelet hármas szerint:



33.5. ábra. Kétfiókos asztal gyártási folyamata - Szemléltető műveleti sorrend; gépi műveleteknél a technológiai lap előírásait kell követni.

A műveletsor röviden:

1. **Anyagkiosztás.** A szabásjegyzékből kiválasztjuk a bükk deszkákat. Szemrevételezzük: repedés, nagy göcs, szeg ne legyen benne. A fanedvesség célértéke fűtött beltéri bútorhoz kb. 8 ± 2 % (ellenőrizendő: a könyv egyensúlyi fanedvesség-táblázata és a beépítés helye). A szabást ráhagyással végezzük.
2. **Lábak gyalulása.** Az egyengető gyalugéppel kialakítjuk a **bázislapot**, majd a **bázisélt** derékszögbe. Utána a vastagsági gyalugéppel 70×70 mm keresztmetszetre munkáljuk.
3. **Kávák, homoklécek, fiókosztó gyalulása.** Az oldalkávák és a hátsó káva szélességét 100 mm-re, a homoklécekét 20 mm-re, a fiókosztóét 60 mm-re, a vastagságot 22 mm-re munkáljuk. A hosszt a csapozás előtt nem vágjuk véglegesre, mert a csapozás után még igazítani kell.
4. **Csapozás és fészkelés.** A kávák végére **vésett csapot** készítünk, a lábakba **csapfészket** vésünk. A csaphossz 20 mm, a fészekmélység 20 mm. A fiókosztó 12 mm-es csapot kap, és az elülső alsó homokléc, illetve a hátsó káva belső oldalába fészket.
5. **Fiókalkatrészek.** A fiókhomlok és az oldalak **fecskefarkú fogazással** kapcsolódnak. A fiókoldalak belső felületére **hornyot** marunk a fiókfenék számára. A fiókhát kisebb magasságú, így a fiók hátulja fölött a por és a meleg levegő távozhat.
6. **Asztallap táblásítása.** A lapot keskeny bükk lécekből ragasztjuk. A lécek szélessége 80–100 mm, váltakozó évgyűrű-állással, hogy a lap kevésbé csavarodjon. A ragasztott lapot síkra gyaluljuk, méretre szabjuk, lekerekítjük az éleit.
7. **Próbaösszeállítás.** A keretet ragasztó nélkül összeállítjuk, a fiókokat behelyezzük. Ellenőrizzük a derékszöget, a fiókok járását, a lap felfekvését.
8. **Ragasztás.** A keretet D3 vízállóságú PVAc ragasztóval (MSZ EN 204 szerint, beltéri bútorhoz) ragasztjuk, présben, derékszög-ellenőrzéssel. A fiókokat is ragasztjuk, a fenék behornyolt, nem ragasztjuk be teljesen, hogy dolgozhasson.
9. **Laprögzítés.** Az asztallapot nem ragasztjuk és nem csavarozzuk mereven a kávákhoz: 8 db fém Z-kapoccsal rögzítjük, amelyek a kávák belső hornyába ülnek. A lap szélességi mozgása: $\Delta b = 760 \cdot \frac{0{,}30}{100} \cdot 4 \approx 9\,\text{mm}$ (ellenőrizendő: $\beta_{\text{húr}}$ és Δu), vagyis a lap középvonalától kétfelé

kb. ±5 mm; a kapocs ±6 mm-es mozgási tartalékot ad. A Asztalok jellemző típusai és szerkezetei alfejezet szerint a lapot a középvonalán két csavar tartja fixen az oldalkávákon.

10. **Csiszolás, felületkezelés.** A kész asztalt csiszoljuk, pórustömítjük, pácoljuk, majd olajjal vagy lakkal lezárjuk.

33.2.7. Technológiai lap

Technológiai lap.
Cél: kétfiókos, tömör bükk íróasztal elkészítése a szabásjegyzék szerint.

Anyagok: bükk fűrészáru, 6 mm rétegelt lemez, D3 PVAc ragasztó, csiszolóvászon, felületkezelő anyag (pl. bútorolaj vagy PU lakk – a gyártói adatlap szerint).
Gépek és szerszámok: asztalos körfűrészgép, egyengető gyalugép, vastagsági gyalugép, asztalos marógép (alsómaró), hosszlyukfúró, csapozó marógép vagy fűrész, szalagcsiszoló, derékszögelő, mérőszalag, tolófa, szorítók, laphámozó, ecset vagy szórópisztoly.

Gépbiztonság.
A gépi műveletet csak betanított, felügyelt tanuló végezheti. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz! A körfűrészen mindig használj hasítóéket, védőburkolatot és tolófát. Az egyengető gyalugépen a késtengelyt védőburkolat takarja, a kézvédőt mindig a munkadarab fölött vezesd. A marógép szerszámvédő burkolatát ne szereld le. Viselj védőszemüveget, hallásvédőt, és ha a porelszívás nem teljes, FFP3 (keményfapor) légzésvédőt (ellenőrizendő: kockázatértékelés). A hosszú, bő ruházat, ékszer, kesztyű a forgó szerszámnál tilos. A gépet mindig az indítás előtti ellenőrzéssel kezdd.

Indítás előtti ellenőrzőlista:
- A szerszám éles, repedésmentes, a rögzítőanya megfelelően meghúzva.
- A fordulatszám a szerszám gyártói előírásán belül van.
- A védőburkolatok, hasítóék, tolófa a helyén.
- Az elszívó berendezés bekapcsolt.
- A munkadarabon nincs szeg, kő, laza göcs.
- A munkaterület szabad, a vészleállító elérhető.

Lépések:

1. **Anyagkiosztás és szabás.** A szabásjegyzék alapján minden alkatrészt ráhagyással szabj ki a körfűrészen. – Ellenőrzés: minden darabon legalább 5 mm ráhagyás szélességben, 15 mm hosszban.
2. **Lábak gyalulása.** Először az egyengetőn a **bázislapot**, majd a derékszögbe állított ütközőn a **bázisélt** készítsd el. Utána a vastagsági gyalugéppel munkáld 70 × 70 mm-re. – Ellenőrzés: derékszög a láb élén, eltérés legfeljebb 0,3 mm 100 mm-en (tájékoztató érték).
3. **Kávák, homoklécek, fiókosztó gyalulása.** Az oldalkávák és a hátsó káva szélességét 100 mm-re, a homoklécekét 20 mm-re, a fiókosztóét 60 mm-re, a vastagságot 22 mm-re munkáld. A hosszt hagyd meg ráhagyással. – Ellenőrzés: a darabok párhuzamosak, vastagságuk azonos.
4. **Csapozás.** A kávák és a homoklécek végére 20 mm hosszú vésett csapot, a fiókosztó végére 12 mm-es csapot készíts. A lábakba 20 mm, a homokléc és a hátsó káva belső oldalába 12 mm mély fészket fúrj és véss. – Ellenőrzés: a csap szorosan illeszkedik, de kézzel behelyezhető.
5. **Fiókalkatrészek készítése.** A fiókhomlok és oldalak **fecskefarkú fogazását** sablonnal vagy csapozó maróval készítsd. A fiókoldalakba 6 mm széles, 6 mm mély hornyot marj a fiókfenéknek. – Ellenőrzés: a fiókfenék könnyen becsúszik a horonyba.

6. **Asztallap táblásítása.** A bükk léceket ragasztóval kend meg, és szorítókkal préseld össze. A préselési idő a gyártói adatlap szerint (általában 30–60 perc, ellenőrizendő). Utána a lapot síkra gyaluld, méretre szabd, és az éleit finoman kerekítsd. – Ellenőrzés: a lap sík, a vastagsága 26 mm, az átlói egyformák.
7. **Próbaösszeállítás.** A keretet ragasztó nélkül állítsd össze. A fiókokat helyezd be, és ellenőrizd a járásukat. – Ellenőrzés: a két átló különbsége 1 mm-en belül (tájékoztató); a fiók oldala és a nyílás között 1–2 mm hézag.
8. **Ragasztás.** A csapokat és fészkeket vékonyan kend be D3 PVAc ragasztóval. A keretet préseld össze, közben derékszögelővel ellenőrizd. A fiókokat is ragaszd, a fiókfeneket ne ragaszd be, csak csúsztasd a horonyba. – Ellenőrzés: a prés alatt a derékszög megmarad.
9. **Csiszolás.** A ragasztó megkötése után a felületeket 120-as, majd 180-as csiszolóvászonnal csiszold. – Ellenőrzés: nincs ragasztófolyás, a felület karcolatmentes.
10. **Laprögzítés.** Szereld fel a 8 db Z-kapcsot a kávák hornyába, a lap középvonalán a két fix csavart az oldalkávákon. – Ellenőrzés: a lap kézzel nem emelhető, mozgás közben nem feszül, a kapcsok ±6 mm-t engednek.
11. **Felületkezelés.** A gyártói adatlap szerint olajjal vagy lakkal kezeld a felületet. Az első réteg után könnyű csiszolás, majd második réteg. – Ellenőrzés: a felület egyenletes, nincs csepegés, a színárnyalat azonos.

A kész asztalt 24 órán át hagyd száradni, mielőtt megterhelnéd.

33.2.8. Minőségellenőrzés

A kész asztalt a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

Ellenőrzési pont	Módszer / eszköz	Tájékoztató tűrés
A keret derékszöge	derékszögelő, átlómérés	átlók eltérése ≤ 1 mm
A lábak síkban állnak	sima asztallapra állítás	nem billeghet, rés ≤ 0,5 mm
A fiók járása	kézi mozgatás	egyenletes, akadás nélkül, oldalhézag 1–2 mm
A fiók homlok illeszkedése	szemrevételezés, hézagmérő	a rés a fiók körül egyenletes, ≤ 2 mm
Az asztallap síkossága	egyenes vonalzó	maximális eltérés 0,3 mm 500 mm-en (tájékoztató)
A lap rögzítése	kézi nyomás	a lap kissé dolgozhat, a csavarok nem feszülnek
A felület minősége	szemrevételezés, tapintás	nincs csepegés, folyás, matt folt

Ha eltérést találsz, a hibát a felületkezelés előtt javítsd: a szoruló fiókot gyaluld utána, a ragasztófolyást csiszold le, a billegő lábat igazítsd meg.

33.2.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A fiók szorul, nehezen jár.
Ok. A fiók oldala és a káva között nincs elég hézag, vagy a fa a nedvesség hatására megdagadt.
Helyes gyakorlat. A fiók oldalait a szélességben és a magasságban is 1–2 mm-rel kisebbre készítjük (a magasságban 2–3 mm hézag), a futófelületet viaszoljuk vagy szappanozzuk.

Hiba. Az asztallap megreped a fűtési szezonban.
Ok. Az asztallapot mereven, több csavarral rögzítették a kávákhoz, és a fa zsugorodásakor nem tudott mozogni.
Helyes gyakorlat. A lapot **mozgásbiztosan** kell rögzíteni: fém Z-kapoccsal a kávák hornyába, a lap középvonalán fix ponttal, a többi ponton mozgást engedve (lásd: Asztalok jellemző típusai és szerkezetei). Így a lap dolgozhat.

Hiba. A keret csavarodott, az asztal billeg.
Ok. A préseléskor nem ellenőrizték a derékszöget, vagy a lábak nem egy hosszúak.
Helyes gyakorlat. A lábakat pontosan egy méretre gyaluljuk, préseléskor a két átlót megmérjük.

Hiba. A fecskefarkú fogazásnál a csapok nem illeszkednek, rések látszanak.
Ok. A sablon beállítása pontatlan volt, vagy a marószár nem merőleges a munkadarabra.
Helyes gyakorlat. A beállítást **próbadarabon** ellenőrizzük, mielőtt a tényleges alkatrészt marjuk.

33.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló kétfiókos asztalt készített vizsgaremeknek. A próbaösszeállításkor minden illeszkedett, de a kész asztalnál a fiókok nyáron szorultak. A hiba oka az volt, hogy a tömör bükk fiókoldal és -homlok magassága (rostra merőleges irány) nyáron megdagadt, és a fiók a nyílásban függőlegesen beszorult; a fiókot nem a beépítés helyének egyensúlyi nedvességére szárított fából készítette. A javításkor a fiók magasságát 2 mm-rel csökkentette, a futófelületet viaszolta. A tanulság: a fióknál a magasságban is hagyjunk 2–3 mm hézagot, és számoljunk a fa mozgásával a rostra merőleges irányban.

33.2.11. Számítási példa: anyagszükséglet és kalkuláció

Számítás.
Készítsük el a kétfiókos asztal anyagszükségletét és önköltségét. A mintaárak tájékoztató jellegűek, a tényleges árakat a beszerzéskor kell ellenőrizni.

33.2.11.1. 1. Tömörfa anyagmennyiség

A szabásjegyzék nyers méreteiből számolunk. A térfogat:

$$V = l \cdot b \cdot v \quad (\mathrm{m}^3)$$

ahol a méreteket méterben helyettesítjük be.

- Lábak: $4 \cdot 0{,}750 \cdot 0{,}075 \cdot 0{,}075 = 4 \cdot 0{,}00421875 = 0{,}016875\,\mathrm{m}^3$
- Elülső homoklécek: $2 \cdot 1{,}015 \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}028 = 2 \cdot 0{,}000710 = 0{,}001421\,\mathrm{m}^3$
- Oldalkávák: $2 \cdot 0{,}615 \cdot 0{,}106 \cdot 0{,}028 = 2 \cdot 0{,}001825 = 0{,}003651\,\mathrm{m}^3$
- Hátsó káva: $1{,}015 \cdot 0{,}106 \cdot 0{,}028 = 0{,}003013\,\mathrm{m}^3$
- Fiókosztó: $0{,}695 \cdot 0{,}066 \cdot 0{,}028 = 0{,}001284\,\mathrm{m}^3$
- Futólécek: $4 \cdot 0{,}655 \cdot 0{,}020 \cdot 0{,}020 = 0{,}001048\,\mathrm{m}^3$
- Fiókhomlokok: $2 \cdot 0{,}475 \cdot 0{,}061 \cdot 0{,}024 = 2 \cdot 0{,}000695 = 0{,}001391\,\mathrm{m}^3$
- Fiókoldalak: $4 \cdot 0{,}510 \cdot 0{,}051 \cdot 0{,}016 = 4 \cdot 0{,}000416 = 0{,}001665\,\mathrm{m}^3$
- Fiókhátak: $2 \cdot 0{,}463 \cdot 0{,}045 \cdot 0{,}016 = 2 \cdot 0{,}000333 = 0{,}000667\,\mathrm{m}^3$

- Asztallap (táblásított, nyers): $1 \cdot 1{,}180 \cdot 0{,}780 \cdot 0{,}032 = 0{,}029453\,\mathrm{m}^3$

A tömör bükk összesen:

$$V_{\text{összes}} = 0{,}016875+0{,}001421+0{,}003651+0{,}003013+0{,}001284+0{,}001048+0{,}001391+0{,}001665+0{,}000667+0{,}02945$$

Kerekítve: kb. $0{,}0605\,\mathrm{m}^3$.

Ellenőrzés: a lábak és a lap adják a legnagyobb térfogatot; a kapott érték reálisan 60 liter körüli faanyag.

33.2.11.2. 2. Lapanyag

A fiókfenék rétegelt lemezből készül, nyers méret: $2 \cdot 0{,}493 \cdot 0{,}458 = 0{,}4516\,\mathrm{m}^2$, kerekítve $0{,}45\,\mathrm{m}^2$.

33.2.11.3. 3. Anyagköltség

Minta egységárak (mintaár, a beszerzés előtt ellenőrizendő):

- Bükk fűrészáru: $320\,000\,\mathrm{Ft/m}^3$
- Rétegelt lemez 6 mm: $9\,000\,\mathrm{Ft/m}^2$
- D3 PVAc ragasztó: $3\,500\,\mathrm{Ft/kg}$, szükséglet kb. $0{,}4\,\mathrm{kg}$
- Felületkezelő olaj/lakk: $7\,000\,\mathrm{Ft/l}$, szükséglet kb. $0{,}6\,\mathrm{l}$
- Csiszolóanyag, csavarok, tiplik: $2\,500\,\mathrm{Ft}$ átalány
- Laprögzítő Z-kapocs: $150\,\mathrm{Ft/db}$ (mintaár), 8 db

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft/egység, minta)	Érték (Ft)
Bükk fűrészáru	0,0605	m³	320 000	19 360
Rétegelt lemez 6 mm	0,45	m²	9 000	4 050
D3 PVAc ragasztó	0,4	kg	3 500	1 400
Felületkezelő anyag	0,6	l	7 000	4 200
Csiszolóanyag, vasalat	1	csomag	2 500	2 500
Laprögzítő Z-kapocs	8	db	150	1 200
Közvetlen anyagköltség				**32 710**

33.2.11.4. 4. Munkadíj és önköltség

A gyártási idő becslése 14 óra (tájékoztató érték, a tanuló gyakorlottságától függ). A minta órabér 5 000 Ft/óra.

- Közvetlen bérköltség: $14 \cdot 5\,000 = 70\,000\,\text{Ft}$
- Bérjárulék (szociális hozzájárulás, ellenőrizendő: aktuális mérték, itt 13%): $70\,000 \cdot 0{,}13 = 9\,100\,\text{Ft}$
- Egyéb közvetlen költség (gépköltség, energia, elszívás): 3 000 Ft átalány

A közvetlen költségek összesen:

$$32\,710 + 70\,000 + 9\,100 + 3\,000 = 114\,810\,\text{Ft}$$

Az általános (rezsi) költség a közvetlen bérköltség 18%-a (mintaadat):

$$70\,000 \cdot 0{,}18 = 12\,600\,\text{Ft}$$

Az önköltség:

$$114\,810 + 12\,600 = 127\,410\,\text{Ft}$$

33.2.11.5. 5. Árajánlat

A vállalkozó 12% nyereséget szeretne (mintaadat):

$$127\,410 \cdot 0{,}12 = 15\,289\,\text{Ft}$$

A termelési (nettó) ár:

$$127\,410 + 15\,289 = 142\,699\,\text{Ft}$$

ÁFA (27%, ellenőrizendő):

$$142\,699 \cdot 0{,}27 = 38\,529\,\text{Ft}$$

A bruttó eladási ár:

$$142\,699 + 38\,529 = 181\,228\,\text{Ft}$$

Ellenőrzés: az anyagköltség kb. 33 ezer Ft, a bér 70 ezer Ft; a rezsi és nyereség együttesen kb. 27 ezer Ft; az ár nagyságrendileg reális egy egyedi tömörfa asztalnál.

33.2.12. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy az asztallapot mereven hozzá kell csavarozni a kávákhoz? Indokold!

2. Mi a szerepe a középső fiókosztónak a kétfiókos asztalban?

3. Számold ki egy láb nyers térfogatát, ha a mérete $750 \times 75 \times 75\,\text{mm}$.

4. Miért kell a fiók oldala és a nyílás között 1–2 mm hézag?

5. Sorold fel, melyik gépen készíted el a kávák vésett csapját, és milyen védőberendezést használsz.

33.2.13. Feladatok

1. feladat (A)
Nevezd meg a kétfiókos asztal szerkezeti részeit a szabásjegyzék alapján!

2. feladat (A)
Milyen anyagból készítenéd a fiókfeneket? Indokold a választásod a fa mozgása és a méretstabilitás szempontjából.

3. feladat (B)
Számítsd ki a két oldalkáva és a hátsó káva összes tömörfa-térfogatát m^3-ben! A nyers méretek: oldalkáva $2 \cdot 615 \times 106 \times 28\,\text{mm}$, hátsó káva $1015 \times 106 \times 28\,\text{mm}$.

4. feladat (B)
A szabásjegyzékben a fiókhomlok kész mérete $465 \times 56 \times 20\,\text{mm}$, nyers mérete $475 \times 61 \times 24\,\text{mm}$. Mennyi a ráhagyás hosszban, szélességben és vastagságban? Miért van szükség rá?

5. feladat (C)
Tervezd meg a fiók vezetését! Válassz a fa futósín és a fém golyós sín közül egy tömörfa íróasztalhoz, és indokold a választásod 3–4 mondatban.

6. feladat (D)
Készíts műveletsort a fiók elkészítéséhez a következő lépésekből, helyes sorrendben: csapozás, csiszolás, anyagkiosztás, ragasztás, horonymarás a fenéknek, próbaösszeállítás. Minden gépi művelethez írd oda, melyik védőberendezést használod.

33.2.14. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A fa nedvesség hatására zsugorodik és dagad. A lapot mozgásbiztosan kell rögzíteni, hogy mozoghasson, különben megreped.
2. A középső fiókosztó elválasztja a két fióknyílást, megtámasztja a fiókok belső oldalát, és merevíti a keretet.
3. $V = 0{,}750 \cdot 0{,}075 \cdot 0{,}075 = 0{,}00421875\,\text{m}^3 \approx 0{,}00422\,\text{m}^3$.
4. Az 1–2 mm hézag biztosítja, hogy a fiók akkor is járjon, ha a fa a nedvesség hatására kissé megdagad.
5. A vésett csap a **csapozó marógépen** vagy **asztalos marógépen** készíthető. Védőberendezés: a marószerszám védőburkolata, elszívás, védőszemüveg, hallásvédő, tolófa. A csapozó marógépen a szerszám feletti védőburkolatnak mindig zárva kell lennie.

1. feladat megoldása
A részek: lábak (4 db), elülső felső és alsó homokléc, két oldalkáva, hátsó káva, középső fiókosztó, futólécek, fiókhomlokok (2 db), fiókoldalak (4 db), fiókhátak (2 db), fiókfenekek (2 db), asztallap, laprögzítő kapcsok (8 db).

2. feladat megoldása
A fiókfeneket **6 mm-es rétegelt lemezből** készítjük, mert a rétegelt lemez a páratartalom változására alig dolgozik, így a fiók nem szorul, és a fenék nem hullámosodik. Tömörfa fenék esetén a dagadás miatt a fiók beszorulhat.

3. feladat megoldása
Oldalkávák: $2 \cdot 0{,}615 \cdot 0{,}106 \cdot 0{,}028 = 2 \cdot 0{,}00182532 = 0{,}00365064\,\mathrm{m}^3$.
Hátsó káva: $1 \cdot 1{,}015 \cdot 0{,}106 \cdot 0{,}028 = 0{,}00301252\,\mathrm{m}^3$.
Összesen: $0{,}00365064 + 0{,}00301252 = 0{,}00666316\,\mathrm{m}^3 \approx 0{,}00666\,\mathrm{m}^3$.

4. feladat megoldása
Hossz: $475 - 465 = 10\,\mathrm{mm}$ (5 mm mindkét végén).
Szélesség: $61 - 56 = 5\,\mathrm{mm}$ (2,5 mm oldalanként).
Vastagság: $24 - 20 = 4\,\mathrm{mm}$ (összesen, 2 mm laponként).
A ráhagyás azért kell, hogy a gyalulás és szabás során a pontatlan fűrészvágást és a fa esetleges vetemedését korrigálni lehessen, és a végső méret pontos legyen.

5. feladat megoldása
Tömörfa íróasztalhoz **fa futósín** vezetést választok, mert:
- esztétikailag illeszkedik a tömörfa bútorhoz;
- nem kell fém alkatrész, ami zöröghet;
- a fa futósín jól csúszik viaszolás után;
- a fiók teljes kihúzását nem igényli, és a hagyományos asztalos szerkezethez jobban illik.

A fém golyós sín akkor lenne jobb, ha nagy terhelésű, gyakran teljesen kihúzott fiók kellene.

6. feladat megoldása
Helyes sorrend:
1. Anyagkiosztás (körfűrész – hasítóék, védőburkolat, tolófa).
2. Csapozás (csapozó maró – szerszámvédő burkolat, elszívás).
3. Horonymarás a fenéknek (asztalos marógép – védőburkolat, elszívás).
4. Próbaösszeállítás (kézi szerszámok – nincs gépi művelet).
5. Ragasztás (prés, szorítók – vegyszeres kesztyű, szellőzés).
6. Csiszolás (szalagcsiszoló – porelszívás, FFP3 maszk).

33.2.15. Rövid összefoglaló

Ebben az alfejezetben a fiókos asztal szerkezeti rajzát és gyártástechnológiáját tanultuk meg. A **kétfiókos asztal** fő részei: lábak, elülső homoklécek, oldalsó és hátsó kávák, középső fiókosztó, fiókok és az asztallap. A kávák és a homoklécek vésett csappal csatlakoznak a lábakba, a fiókhomlokokat fecskefarkú fogazással kapcsoljuk a fiókoldalakhoz. A fiókfenék rétegelt lemezből készül, hogy ne dolgozzon. Az asztallapot táblásítjuk, és Z-kapoccsal mozgásbiztosan rögzítjük a kávákhoz, különben a fa mozgása repedést okoz. A gyártás sorrendje: szabás, gyalulás, csapozás, fészkelés, fiókgyártás, lap táblásítása, próbaösszeállítás, ragasztás, csiszolás, felületkezelés. A szabásjegyzékből anyagmennyiséget és költséget számolunk. **Továbbvitt eredmény.** Ezt a műveletsort, anyagnormát és időbecslést használjuk fel a A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés alfejezetben, ahol a teljes gyártást előkalkuláljuk.

33.2.16. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: faipari szakrajzi és technológiai szakkönyvek, gyakorlati műhelytapasztalatok, MSZ EN 204 ragasztó-vízállósági osztályok, faanyag-szárítási ajánlások, gyártói adatlapok.
Ellenőrizendő pontok: a D3 ragasztó beltéri asztalhoz való megfelelősége (MSZ EN 204 szerint), a fanedvesség célértéke (8 ± 2 %), a fiók oldalhézag pontos értéke, a szociális hozzájárulási adó aktuális mértéke, az ÁFA kulcsa, a mintaárak és a felületkezelő anyag gyártói előírásai.

34 Ülő- és fekvőbútorok

34.1. Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza

A vevő új étkezőszékeket rendel a konyhájába. Elmondja, hogy a régi széken fél óra után fájt a dereka, és a lába is elgémberedett. Az asztalos nemcsak szép fát választ, hanem megméri a vevő testmagasságát, a pult magasságát, és úgy tervezi meg a szék ülésmagasságát, ülésmélységét, támladőlését. A szék ezért nem csupán „négy láb egy ülőlappal”, hanem **ergonómiailag méretezett, jól merevített állványszerkezet**.

Képzelj el egy tömörfából készült támlás széket a műhelyben. Elölnézetből két mellső láb, két káva és az ülőlap látszik; oldalnézetből a hátsó láb a támlával együtt hátrafelé dől. Az asztalos a derékszögelőt és a hajlásszögmérőt használja. A rajzon a méretek mm-ben szerepelnek, mm kiírása nélkül. A szerkezetet úgy rajzoljuk meg, hogy a csomópontok is látszódjanak.

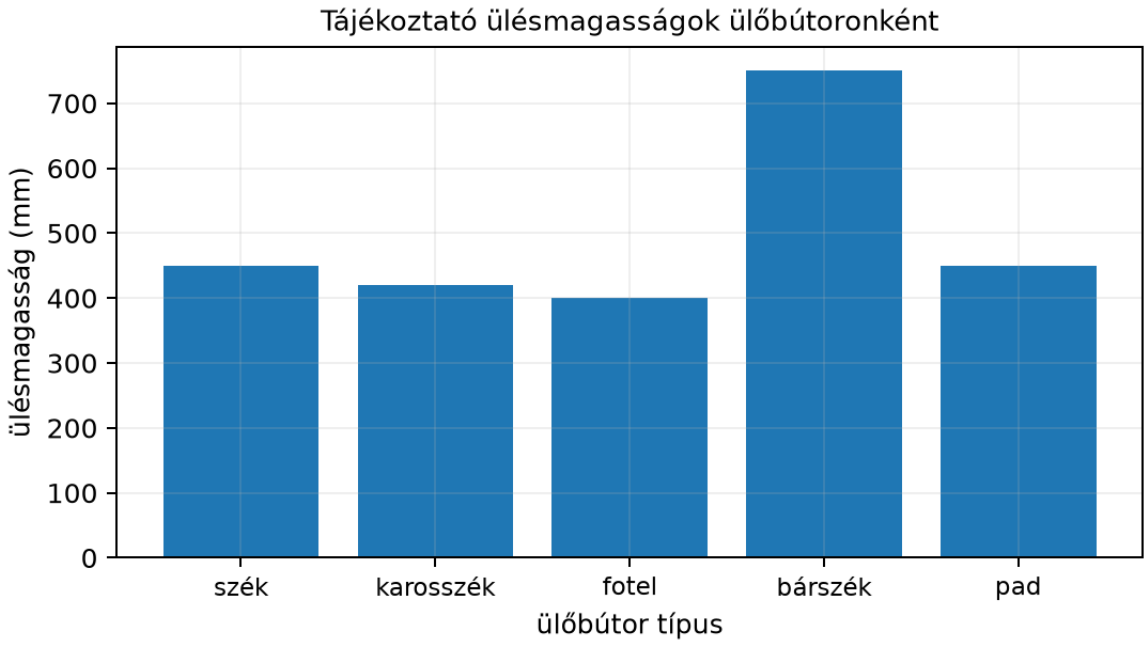
34.1.1. Ülőbútor-típusok

Definíció. Az **ülőbútor** olyan bútor, amely az ember ülő testhelyzetben való megtartására szolgál. Fő részei az ülőlap vagy ülőfelület, a teherhordó állványszerkezet és a támla vagy annak hiánya.

Az ülőbútorok jellemző típusai:

- **Szék:** általában négy lábon álló, támlával (vagy ritkán támla nélkül) ellátott ülőbútor. Étkezőszék, konyhaszék, iskolaszék, tárgyalószék.
- **Karosszék:** szélesebb, kényelmesebb ülőfelületű, **könyöklővel** (karfával) és magasabb támlával ellátott ülőbútor. Gyakran párnázott.
- **Fotel:** mély, párnázott, kényelmes ülőbútor, hosszabb pihenésre. A kettő közötti határ fokozatos; a fotel általában nagyobb és puhább.
- **Pad:** több személy egyidejű ülésére szolgáló, hosszúkás ülőbútor, támlával vagy anélkül. Lehet asztalhoz tartozó (étkezőpad) vagy önálló (előszobapad, kerti pad).
- **Bárszék:** magas ülésmagasságú, általában lábtámasszal ellátott szék, magas pultokhoz, bárpultokhoz.

Megjegyzés. A zsámoly (támla nélküli alacsony ülőke) és a hokedli szintén ülőbútor, de állványszerkezetük egyszerűbb: nincs támla, gyakran nincs káva.



34.1. ábra. Tájékoztató ülésmagasságok ülőbútoronként - Szemléltető értékek, mm-ben. A valós méretet a felhasználó testméreteihez és a pult/asztal magasságához kell igazítani (ellenőrizendő: ergonómiai szabványok, gyártói ajánlások).

34.1.2. Állványszerkezet: lábak, kávák, keresztmerevítők, támla

Definíció. Az ülőbútor **állványszerkezete** a teherhordó vázelemek együttese: a lábak, a kávák (keretlécek), a keresztmerevítők és a támla merevítő elemei. Az ülőlap általában erre szerelhető, vagy maga is része a merevítésnek.

Az állványszerkezet fő részei egy hagyományos támlás asztalos széken:

- **Lábak:** függőleges vagy enyhén ferde oszlopok, általában négyszögletes keresztmetszettel (pl. 40×40 mm). A mellső lábak többnyire közel függőlegesek; a hátsó lábak gyakran hátrafelé dőlnek, és belőlük alakul ki a támla oszlopa.
- **Elülső káva:** a két mellső lábat köti össze, az ülésmagasság közelében. Hajlító és nyíró igénybevételeknek ellenáll.
- **Oldalsó kávák:** a mellső és a hátsó lábat kötik össze mindkét oldalon. Fontos szerepük a lábak szétnyílásának megakadályozása.
- **Hátsó káva:** a két hátsó lábat fogja össze, gyakran a támla alsó merevítője.
- **Keresztmerevítők:** két, egymást keresztező vagy átlós merevítő léc a lábak között, például az oldalsó kávák alatt. Növelik a szerkezet **keresztmerevségét**: megakadályozzák, hogy a szék oldalirányban „kifordduljon”.
- **Támla:** a hát megtámasztására szolgáló elem. Részei lehetnek a támlaoszlopok (gyakran a hátsó lábak felfelé meghosszabbítva), a felső támlaléc, az alsó támlaléc és esetleg a vízszintes vagy függőleges **támlarudak** (szálas rács).

Szabály. A lábak soha ne álljanak egyetlen csomópontban, hajlékonyan. Az oldalsó kávák és a keresztmerevítők háromszögeléssel teszik merevvé az állványszerkezetet. Minél magasabb a terhelés és minél lágyabb a fa, annál nagyobb keresztmetszet vagy több merevítés szükséges.

34.1.3. Erőjáték

Amikor valaki leül a székre, a következő erőhatások lépnek fel (egyszerűsítve):

- **Függőleges erő** – a test súlya az ülőlapra, onnan a kávákra és a lábakra adódik át. A lábakra főleg **nyomóerő** hat.
- **Hátradőléskor vízszintes erő** – a támla hátrafelé nyomódik. Ez a hátsó lábakat **hajlításra** veszi igénybe, és a széket hátrafelé akarja billenteni.
- **Oldalirányú erő** – amikor valaki oldalra dől vagy fél lábon ül, az oldalsó kávák és a keresztmerevítők nyíró- és hajlítóerőt kapnak.
- **Csavaró hatás** – ha a széket egyenetlen felületen használják, vagy ha a test elfordul, a keret elcsavarodhat. Ezt a kávák és a merevítők harántirányú befogása akadályozza meg.

Szabály. A kötéseket úgy tervezzük, hogy a várható igénybevételre ne a ragasztóréteg egyedül, hanem a fa rostjai és a mechanikai kötés is dolgozzon. Például a lábat és a kávát csappal, lamellóval vagy köldökcsappal kötjük; a ragasztó csak a felületet rögzíti.

34.1.4. Ergonómia: ülésmagasság, ülésmélység, támladőlés

Definíció. Az **ergonómia** az emberi test méreteinek és mozgásának figyelembevétele a termék tervezésénél. Az ülőbútor akkor kényelmes és egészséges, ha csökkenti a gerinc és a láb terhelését.

A leggyakoribb tájékoztató méretek felnőtt, asztalhoz ülő emberre:

Méret	Tájékoztató érték (mm)	Megjegyzés
Ülésmagasság (az ülőlap felső síkja a padlótól)	420–480	Asztalhoz igazítva jellemzően 450–460
Ülésmélység (az ülőlap mélysége)	380–450	A combot nem szabad nyomnia
Ülésszélesség	380–450	Egy személy
Ülésdőlés (az ülőlap hátrafelé lejtése)	3–5°	Megakadályozza az előrecsúszást
Támladőlés az üléshez képest	100–110°	A derék támasztása
Támlamagasság (ülőlaptól a támla tetejéig)	300–400	Alacsony támla; magas támla a lapockáig
Karfa magassága (ülőlaptól)	200–260	Karosszéknél
Lábtartó magassága bárszéknél	ülésmagasság − 400–470	Lábfej és alsó lábszár megtámasztása; 750 mm-es bárszéknél kb. 280–350 mm

Figyelem. Ezek a számok **tájékoztató jellegűek**, nem szabvány előírások. A pontos méreteket a felhasználó testméreteihez, az asztal vagy pult magasságához és a rendeltetéshez igazítjuk. **(ellenőrizendő: aktuális ergonómiai szabványok, gyártói ajánlások; a lábtartó magassága a felhasználó térdhajlat-magasságából adódik, felnőttnél tájékoztatóan 400–480 mm)**

Szabály. Az ülésmagasság akkor megfelelő, ha a comb vízszintes vagy enyhén lejt, a talp teljes talppal a padlón van, és a térd nincs túl erősen behajlítva. Ha az ülés túl magas, a comb nyomódik; ha túl alacsony, a térd fárad.

Példa. Egy 165 cm magas és egy 185 cm magas személy nem feltétlenül érzi jól magát ugyanazon a 450 mm ülésmagasságú széken. A kisebb testalkatú ember lába nem ér kényelmesen talajt, a magasabb ember térde túl erősen behajlik. Ezért a bútor készítése előtt mindig kérdezzük meg a vevőt, vagy használjunk állítható magasságú széket.

34.1.5. Támlás szék szerkezeti rajza

Most készítsünk el egy hagyományos, tömörfából készült **étkezőszék** szerkezeti rajzát. A rajz európai (E) vetítési rendben készül. A méretek mm-ben értendők, a mm-t a rajzon nem írjuk ki.

A szék fő méretei (tájékoztató):

- Teljes magasság: 850 mm
- Ülésmagasság: 450 mm
- Ülőlap: 420 × 400 × 20 mm
- Mellső láb: 42 × 42 × 430 mm (430 mm láb + 20 mm ülőlap = 450 mm ülésmagasság)
- Hátsó láb (a támlaoszlopig): 45 × 45 × 850 mm, a támlarészen felfelé keskenyedő
- Elülső káva: 380 × 80 × 20 mm (a 340 mm-es belső lábtávolság + 2 × 20 mm csap)
- Oldalsó káva: 360 × 80 × 20 mm
- Hátsó káva: 380 × 80 × 20 mm (a hátsó lábak belső távolsága az ülés szintjén 340 mm, + 2 × 20 mm csap)
- Támla felső ív: ívelt léc, magassága 80 mm, legnagyobb ívelési magassága 25 mm
- Támlarudak: 3 db, 36 × 18 mm, függőleges állásban, a felső ív és a hátsó káva között

Elölnézet (E vetület: a néző szemből látja a széket):

- A két mellső láb függőleges, egymástól 340 mm távolságra (belső méret); a 20 mm-es csapokkal együtt az elülső káva 380 mm hosszú.
- Az elülső káva a lábak közé van csapozva, felső éle az ülőlap alsó síkjáig ér; az ülőlap a káva felső élén fekszik fel.
- Az ülőlap elölnézetből vékony téglalap, 420 mm széles és 20 mm vastag.
- A hátsó lábak alsó része takart (szaggatott vonal), a támlaoszlopok az ülőlap fölött látszanak.

Oldalnézet (E vetület: a néző a szék bal oldaláról nézi, a nézet az elölnézettől jobbra kerül; az elölnézethez közelebbi oldal a szék hátoldala, ezért a hátradőlő támla a rajz bal oldalán, a mellső láb jobb oldalán látszik):

- A mellső láb függőleges, magassága az ülésig 430 mm.
- A hátsó láb hátrafelé dől: a függőlegestől 10–12°-kal hátradől.
- A hátsó láb az ülésmagasságtól felfelé meghosszabbodik, és enyhén homorúan hajlik hátrafelé, ez a támlaoszlop.
- A felső támlaléc íves, hátrafelé dől, az üléshez képest a támla dőlésszöge (az ülőlap síkjához mérve) kb. 105°.
- Az oldalsó káva vízszintesen fut a mellső és a hátsó láb között, az ülőlap alatt.
- Keresztmerevítő látható az oldalsó káva alatt, átlósan: a mellső láb alsó szakaszáról a hátsó láb felsőbb részére fut.

Felülnézet (a szék tetején):

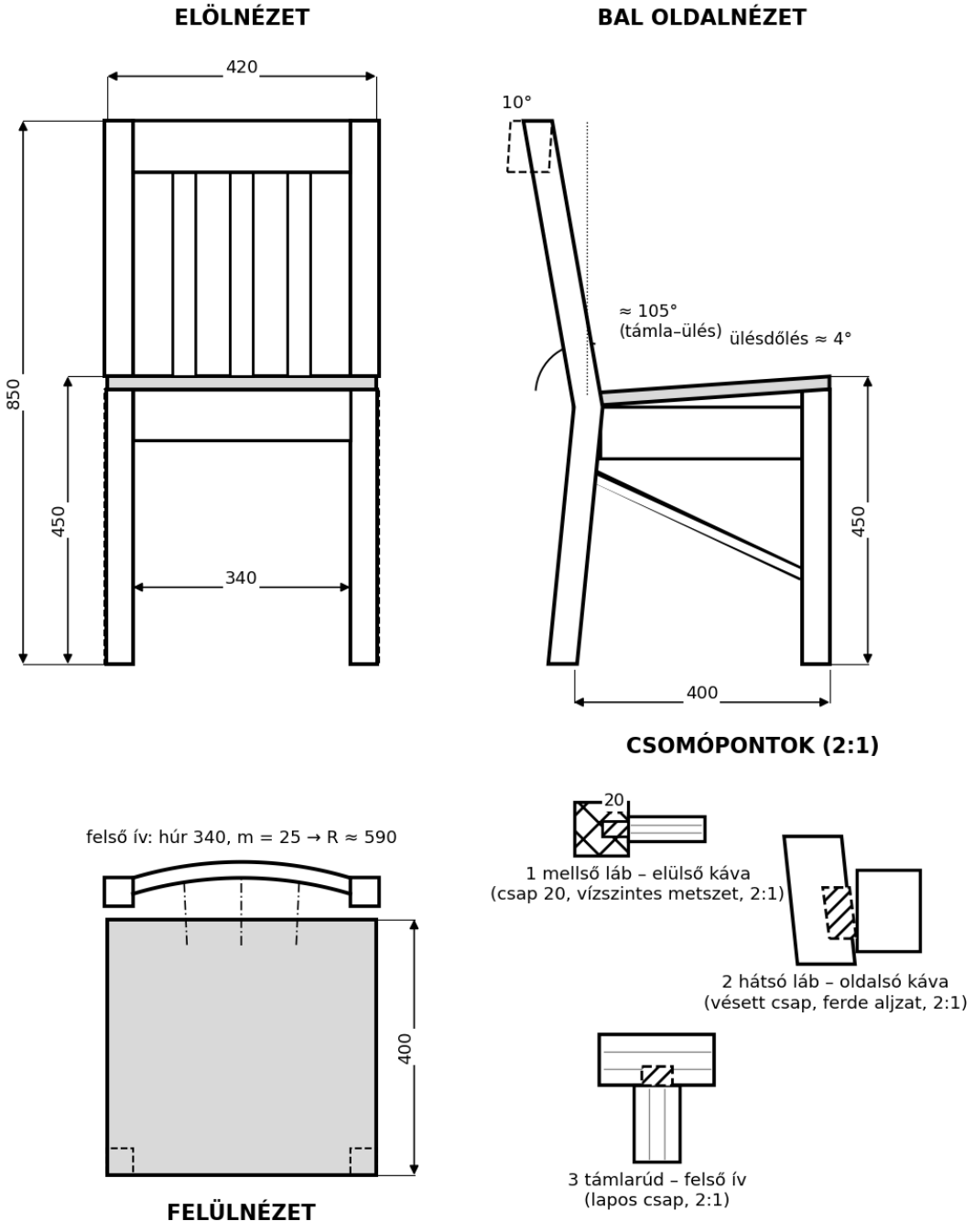
- Az ülőlap téglalap: 420 × 400 mm.
- A lábak négy sarkon látszanak; a mellső lábak elöl, a hátsó lábak hátul. A támlaoszlopok felfelé kissé szétállnak, ezért a felső támlaléc húrja (420 mm) nagyobb, mint a hátsó lábak belső távolsága az ülés szintjén.
- A két hátsó láb között a felső támlaléc ívelten fut; a radiális vonalak a támlarudak helyét mutatják.
- A felső ív legmagasabb pontja a szék középvonalában van.

Csomópontok (a legfontosabb szerkezeti metszetek):

1. **Elülső láb – elülső káva kapcsolata:** nyitott csapos kötés (ollós csap). A láb fészkébe a káva csapja illeszkedik, a csap hossza 20 mm. Az ülőlap a káva felső élén fekszik fel, és csavaros ülőlaprögzítővel kapcsolódik hozzá; az ülőlap széle és a lábak közé 2 mm hézagot hagyunk, hogy a fa nedvességtágulása ne feszítse szét.

2. **Hátsó láb – oldalsó káva kapcsolata:** vésett csap, ferde aljjal. A csapirány párhuzamos a káva irányával, az aljazás olyan szögben áll, hogy az oldalsó káva vízszintes maradjon. A hátsó láb ferdesége miatt a csap nem derékszögű, hanem ahhoz igazodik.

3. **Támlarudak és a felső ív:** a rudak végeit csúcsba faragjuk vagy lapos csappal beeresztjük a felső ívbe, illetve a hátsó kávába. Lépés: a rúd felső végét tompaszögűre vágjuk, hogy ráfeküdjön a felső ív belső ívére.



Támlás étkezőszék – tömör tölgy. Méretek mm-ben (T-J10-004 szerint egységesítve, tájékoztató). Szaggatott: takart él.

34.2. ábra. A támlás étkezőszék szerkezeti rajza E vetítési rendben: elölnézet, bal oldalnézet, felülnézet és három csomópont 2:1-ben (tájékoztató, egységesített méretek)

Az ábra a fenti rajzleírás képi megfelelője: az oldalnézet az elölnézettől jobbra, a felülnézet alatta áll, a csomópontok jobbra lent, 2:1-ben. Az interaktív változatban a csomópontok nagyítva is megnézhetők, és a méretek ki-be kapcsolhatók.

34.1.6. Íves alkatrészek szerkesztése

A szék támlájának felső íve és a hátsó lábak homorú-hátsó görbülete íves alkatrész. Ezeket a görbéket a Síkmértani szerkesztések az asztalos gyakorlatában alfejezetben tanult módszerekkel szerkesztjük.

Felső támlaléc szegmensíve:

- Adott a léc húrhossza $l = 420\,\text{mm}$ (a két támlaoszlop belső távolsága a léc magasságában; a támlaoszlopok felfelé kissé szétállnak, ezért itt a távolság nagyobb, mint a hátsó lábak 340 mm-es belső távolsága az ülés szintjén).
- Adott a húr feletti magasság (belógás vagy emelkedés) $m = 25\,\text{mm}$.
- A kör sugara a szegmensív képletéből:

$$R = \frac{f^2 + m^2}{2m}$$

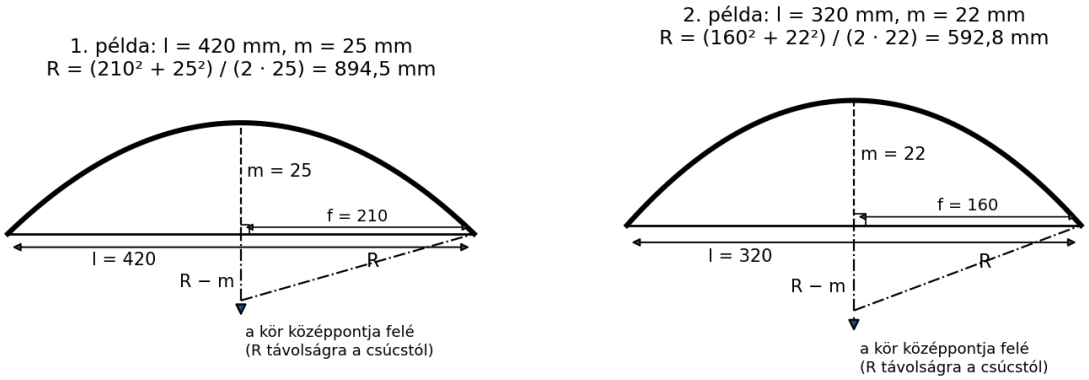
ahol f a húr hosszának fele, azaz $f = \frac{l}{2} = \frac{420}{2} = 210\,\text{mm}$. (Ugyanez a teljes húrhosszal: $R = \frac{l^2+4m^2}{8m}$. Figyelem: a $4m^2$-es alakba nem a fél húrt, hanem a teljes l húrt kell behelyettesíteni, különben a sugár négyszer kisebb lesz.)

Behelyettesítve:

$$R = \frac{210^2 + 25^2}{2 \cdot 25} = \frac{44\,100 + 625}{50} = 894{,}5\,\text{mm} \approx 895\,\text{mm}.$$

Visszaellenőrzés: $m = R - \sqrt{R^2 - f^2} = 894{,}5 - \sqrt{894{,}5^2 - 210^2} \approx 25\,\text{mm}$.

Szabály. Az ívet körzővel vagy léc-körzővel húzzuk meg. Az érintőleges átmenethez az ív közepén a sugár merőleges az alsó él vízszintesére. Az ív felső széle párhuzamos az alsóval, ezért kifelé eltoljuk a sugarat a léc vastagságával, például 25 mm-rel.



A magasság (m) a rajzon négyszeresen nagyítva; a derékszögű háromszög: (R − m)² + f² = R².

34.3. ábra. Szegmensív: a húr (l), a fél húr (f), az ívmagasság (m) és a sugár (R) kapcsolata; $R = \frac{f^2+m^2}{2m}$, két példával

Az ábrán a derékszögű háromszögből közvetlenül adódik az összefüggés: $(R-m)^2 + f^2 = R^2$, ebből $R = \frac{f^2+m^2}{2m}$. Az interaktív kalkulátorban a húr és a magasság csúszkával állítható, a sugár és a visszaellenőrzés élőben frissül.

Hátsó láb homorú hátgörbéje:

- A hátsó láb ferde egyenes, amely hátul homorúan hajlik hátrafelé, hogy a hátprofilhoz simuljon.
- A görbét két körív érintőleges összekapcsolásával alakítjuk ki (**kosárív**).
- Az alsó ív sugara nagyobb (pl. $R_1 = 900\,\text{mm}$), a felső ív kisebb (pl. $R_2 = 300\,\text{mm}$).
- Az érintkezési ponton a sugarak egy egyenesbe esnek, és a közös érintő merőleges a sugár irányára.

Gyakorlati tanács. A szerkesztett görbéből készítsünk **sablont** 3–4 mm vastag farostlemezből vagy keménypapírból. Ellenőrizzük a szimmetriát: a fél ív alakját hajtsuk tükörbe, és rajzoljuk le a másik oldalt. A sablont ezután a munkadarabra helyezzük, és finom ceruzával átrajzoljuk. A görbéket szalagfűrésszel vagy marógéppel, sablon szerint munkáljuk ki.

34.1.7. Szabásjegyzék

A szabásjegyzék a rajzból olvasott alkatrészlista. A méreteket **hossz × szélesség × vastagság** sorrendben adjuk meg, mm-ben. A nyers méretbe a ráhagyásokat is felszámítjuk.

Példaként a fenti támlás szék szabásjegyzéke (tömör tölgy, mintaanyag):

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
1	Mellső láb	2	tölgy	430 × 42 × 42	440 × 45 × 45	csapozásra +10 mm
2	Hátsó láb (támlaoszloppal)	2	tölgy	850 × 45 × 45	870 × 50 × 50	ferdén hajlított, ráhagyással
3	Elülső káva	1	tölgy	380 × 80 × 20	400 × 90 × 22	ollós csap
4	Oldalsó káva	2	tölgy	360 × 80 × 20	380 × 90 × 22	vésett csap, ferdén aljazott
5	Hátsó káva	1	tölgy	380 × 80 × 20	400 × 90 × 22	az ülés alatt, támlarudak alatt
6	Ülőlap	1	tölgy (vagy rétegelt lemez)	420 × 400 × 20	440 × 420 × 22	élzárás, váll

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
7	Felső támlaléc (ív)	1	tölgy	kb. 464 (ívhossz kb. 424 + 2 × 20 csap) × 80 × 25	470 × 90 × 55	szegmensívből fűrészelve, R ≈ 895 mm (vagy rétegelt hajlítással, akkor nyers vastagság 25 + ráhagyás)
8	Támlarúd	3	tölgy	300 × 36 × 18	320 × 40 × 20	felső csúccsal

Szabály. Íves, tömörből fűrészelt alkatrésznél a nyers vastagság = ívmagasság + kész vastagság + ráhagyás (itt 25 + 25 + 5 = 55 mm), a hossz pedig az ívhossz és a csapok hossza.

Szabály. A szabásjegyzékbe minden alkatrészt felveszünk. A nyers méret a kész méretnél nagyobb, mert a ráhagyás fűrészelésre, gyalulásra, csapozásra szolgál. A ráhagyás mértéke jellemzően 5–10 mm a hosszban és a szélességben, 2–4 mm a vastagságban, de függ az anyag fűrészelési és gyalulási minőségétől.

Továbbvitt eredmény. Ezt a székszerkezetet, az erőjátékot és a szabásjegyzéket fogjuk felhasználni a(z) Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás alfejezetben a gyártási technológia kidolgozásához, valamint a(z) Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai alfejezetben a kárpitozott ülőfelület és a szerkezet kapcsolatának megértéséhez.

34.1.8. Minőségellenőrzés

A rajz elkészítése után ellenőrizzük:

Mit ellenőrzünk?	Mivel?	Tűrés / elfogadási érték
A nézeti elhelyezkedés	E vetítési rend ismerete	bal oldalnézet az elölnézettől jobbra, felülnézet az elölnézet alatt
A fő méretek összhangja	tolómérő, vonalzó a rajzon	±1 mm a rajzon, méretlánc ellenőrzése
Szög és dőlés	hajlásszögmérő, szögmérő	támladőlés 100–110°, ülésdőlés 3–5°
Szabásjegyzék teljessége	darabjegyzék összevetése	minden alkatrész szerepel, db helyes
A csomópontok szerkezeti helyessége	csapozás, aljazás rajza	a nyitott csap és a vésett csap mélysége, ferdén aljazott csap szöge

Hiba esetén. Ha a méretlánc nem záródik, jelöljük meg a hiányzó méretet. Ha a csomópontban a csap hossza nem illeszkedik, javítsuk a rajzot a gyártás előtt.

34.1.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Az ülés túl magas vagy túl alacsony.** Ok: nem mértük le a vevő alsó lábszárát és az asztal magasságát. Helyes gyakorlat: személyre szabott méret; ha nincs mérés, 450 mm-es tájékoztató átlagérték.
2. **A hátsó láb és a támlaoszlop derékban meghajlik.** Ok: túl vékony keresztmetszet, gyenge kötés, nincs elegendő merevítés. Helyes gyakorlat: a hátsó láb vastagabb (min. 45×45 mm), a támlaoszlop és az ülés közötti sarok merev, a kávák szélesek.
3. **A szék „nyikorog”, idomulás után lötyög.** Ok: rosszul illesztett csapok, túl kevés ragasztó, a ragasztás előtt nem érlelt nedvességtartalom. Helyes gyakorlat: pontos csapfészek, D3/D4 ragasztó, a fa nedvességtartalma 8–12% (beltéri).
4. **A rajzon a támla görbülete nem szimmetrikus.** Ok: a görbét kézzel, sablon nélkül rajzolták. Helyes gyakorlat: sablon, tükörbe hajtás, ellenőrzés körzővel.

34.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos pár ülőpadot készített egy étterembe. A rendelés szerint az ülőpadok 480 mm magasak voltak. A vevő később reklamált: a vendégek kényelmetlennek érezték, mert a lábuk nem ért kényelmesen a padlóhoz. A hibát az okozta, hogy az étterem padlója enyhén lejtett, és a pult alatt lábdeszkát helyeztek el, ami miatt a térd magasabbra került. Az asztalos utánamért: az ülésmagasságot 435 mm-re csökkentette, és a pad elé lábtartót is szerelt. Tanulság: a helyszíni felméréskor nemcsak a padló magasságát, hanem a tényleges ülőhelyzetet is ellenőrizni kell.

34.1.11. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, indoklással vagy számolással.

1. Igaz-e: a hátsó láb gyakran a támlaoszlop szerepét is betölti?

2. Mennyi a kör sugara, ha egy támla felső ívének húrhossza 360 mm és a magassága 20 mm?

3. Miért döntjük meg az ülést 3–5°-kal hátrafelé?

4. Sorolj fel két elemet, amelyek a szék állványszerkezetének merevségét növelik.

5. Mi a baj azzal, ha az ülésmagasság egy 150 cm magas embernél 480 mm?

6. Milyen szerszámot vagy segédeszközt használjunk az íves támla görbéjének egyenletes megrajzolásához?

34.1.12. Feladatok

1. feladat (A)
Sorolja fel az ülőbútorok négy típusát, és mindegyikhez írjon egy-egy jellemzőt.

2. feladat (A)
Milyen elemekből áll a támlás szék állványszerkezete? Nevezze meg a lábakat összekötő fő részeket.

3. feladat (B)
Egy szék felső támlaléc szegmensívének húrhossza 320 mm, a húr feletti megemelkedés 22 mm. Számítsa ki az ív sugarát az $R = \frac{f^2+m^2}{2m}$ összefüggéssel, ahol f a fél húrhossz, m a magasság. (A méreteket mm-ben adja meg.)

4. feladat (B)
Adott a támlás szék szabásjegyzékéből hiányzó sor:
Mellső láb: Db = 2, kész méret 430 × 42 × 42 mm, a nyers méret hossza 10 mm-rel, szélessége 3 mm-rel, vastagsága 3 mm-rel nagyobb. Adja meg a nyers méretet mm-ben, h × sz × v sorrendben.
Mennyi a teljes anyagszükséglet a két lábra, ha $1\,\mathrm{m}^3$ tölgy fűrészáru mintaára 320 000 Ft? (Számoljon $1\,\mathrm{m}^3$ anyagból, a térfogatot m^3-ben 3 tizedes pontossággal.)

5. feladat (C)
Magyarázza el, miért növeli a keresztmerevítő a szék merevségét. Rajzban írja le, hová kerül a keresztmerevítő egy négylábú széken (szövegesen: mely lábak közé, milyen irányban). Mi történne a székkel, ha nem lenne keresztmerevítő?

6. feladat (D)
Tervezzen meg egy egyszerű, támla nélküli konyhai hokedlit. Adjon meg: ülésmagasság 450 mm, ülőlap 350 × 350 mm, láb 40 × 40 mm. Készítse el a szabásjegyzéket 4 lábra, 4 kávára (méreteket Ön választja, de reálisan), és számolja ki a tömörfa anyagszükségletet (térfogat) m^3-ben, ha az anyagfa nyers méreteit használja. A részletes megoldáshoz használja a fenti mintatáblázatot.

34.1.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:

1. **Igaz.** A hátsó láb gyakran felfelé meghosszabbodik, és támlaoszlopként szolgál, így a támla alsó része a lábból alakul ki.
2. $f = \frac{360}{2} = 180\,\mathrm{mm}$, $m = 20\,\mathrm{mm}$.
$$R = \frac{180^2 + 20^2}{2 \cdot 20} = \frac{32\,400 + 400}{40} = \frac{32\,800}{40} = 820\,\mathrm{mm}.$$
3. Az ülés enyhe hátradöntése (3–5°) megakadályozza, hogy a test előrecsússzon az ülőlapon, és a comb mentén csökkenti a nyomást, így a hát természetesebben támaszkodik a támlához.
4. Oldalsó kávák és keresztmerevítők (vagy az elülső és hátsó kávák) növelik a váz (állványszerkezet) merevségét, mert megakadályozzák a lábak szétnyílását és a keret elcsavarodását.
5. A 480 mm magas ülés egy 150 cm magas embernél túl magas. A lába nem ér kényelmesen a padlóhoz, a combját nyomja az ülés első éle, és a keringése is romolhat. Ezért az ülésmagasságot a felhasználó testmagasságához kell igazítani.

6. A görbe megrajzolásához használjunk kört, léc-körzőt vagy sablont. A szimmetrikus görbéhez a sablont hajtsuk tükörbe, és ellenőrizzük, hogy a két fél megegyezik.

Feladatok megoldásai:

1. feladat
Például szék (négy lábon áll, támla van), karosszék (könyöklő és magas támla), fotel (mély ülőfelület, párnázott), pad (hosszabb, több személyes). Bár az elfogadható, ha valaki a bárszéket is beírja.

2. feladat
Állványszerkezet elemei: lábak, elülső káva, oldalsó kávák, hátsó káva, keresztmerevítők, támla (támlaoszlop, felső támlaléc, támlarudak). A lábakat kávák kötik össze; az oldalsó és keresztmerevítők a ferde támaszok.

3. feladat
Adott: húrhossz $l = 320\,\text{mm}$, magasság $m = 22\,\text{mm}$. Fél húrhossz: $f = \frac{320}{2} = 160\,\text{mm}$.

$$R = \frac{160^2 + 22^2}{2 \cdot 22} = \frac{25\,600 + 484}{44} = \frac{26\,084}{44} \approx 592{,}8\,\text{mm} \approx 593\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: $R - \sqrt{R^2 - f^2} = 592{,}8 - \sqrt{592{,}8^2 - 160^2} \approx 22\,\text{mm}$, vagyis visszaadja a megadott magasságot.

4. feladat
Kész méret: $430 \times 42 \times 42$ mm.
Ráhagyás: hossz +10, szél +3, vastagság +3.
Nyers méret: $440 \times 45 \times 45$ mm.
Egy láb nyers térfogata:

$$V_{\text{láb}} = 440\,\text{mm} \cdot 45\,\text{mm} \cdot 45\,\text{mm} = 891\,000\,\text{mm}^3 = 0{,}000\,891\,\text{m}^3.$$

Két lábra: $2 \cdot 0{,}000\,891 = 0{,}001\,782\,\text{m}^3 \approx 0{,}002\,\text{m}^3$ (3 tizedes pontossággal).
Anyagköltség: $0{,}001\,782\,\text{m}^3 \cdot 320\,000\,\text{Ft/m}^3 \approx 570\,\text{Ft}$.
Tehát a két mellső láb nyersanyagköltsége kb. 570 Ft (mintaár).

5. feladat
A keresztmerevítő átlós vagy keresztezett lécek összessége, amely a lábak közötti téglalapot háromszögekké alakítja. A háromszög geometriailag merev, ezért a szék nem tud elcsavarodni vagy összecsuklani. Négylábú széken jellemzően az oldalsó kávák alatt, a mellső és a hátsó lábak között átlósan helyezzük el. Keresztmerevítő nélkül a szék oldalirányú terhelésre könnyen elcsavarodik, a lábak szétnyílnak, a csapok meglazulnak, és a bútor nyikorog, tönkremegy.

6. feladat
Példa megoldás.
Ülésmagasság 450 mm, az ülőlap vastagsága 20 mm, ezért a láb kész hossza $450 - 20 = 430$ mm.
Lábak (4 db): kész $430 \times 40 \times 40$ mm, nyers $440 \times 44 \times 44$ mm (ráhagyással).
Kávák (4 db): a lábak külső éle az ülőlap szélével egy síkban van, ezért a lábak belső távolsága $350 - 2 \cdot 40 = 270$ mm. Mindkét végén 15 mm csap jut, így a káva kész hossza $270 + 2 \cdot 15 = 300$ mm. Káva kész méret: $300 \times 60 \times 20$ mm, nyers méret: $310 \times 65 \times 22$ mm.
Lábak nyers térfogata: $4 \cdot 0{,}440\,\text{m} \cdot 0{,}044\,\text{m} \cdot 0{,}044\,\text{m} = 4 \cdot 0{,}000\,852 = 0{,}003\,407\,\text{m}^3$.
Kávák nyers térfogata: $4 \cdot 0{,}310\,\text{m} \cdot 0{,}065\,\text{m} \cdot 0{,}022\,\text{m} = 4 \cdot 0{,}000\,443 = 0{,}001\,773\,\text{m}^3$.
Összesen: $0{,}003\,407 + 0{,}001\,773 = 0{,}005\,180\,\text{m}^3 \approx 0{,}005\,\text{m}^3$ (3 tizedes).
(Az ülőlapot itt nem számoltuk, mert a feladat csak a vázelemekre kérdezett; ha az ülőlapot

is hozzáadjuk, annak nyers mérete 360 × 360 × 22 mm, térfogata 0,002 851 m^3, a végösszeg 0,008 m^3 körül alakul.)

34.1.14. Rövid összefoglaló

Az ülőbútor az ember ülő testhelyzetének megtartására szolgál. Fő típusai: szék, karosszék, fotel, pad, bárszék; a kettő közötti határok fokozatosak. A szék állványszerkezete lábakból, elülső és oldalsó kávákból, hátsó kávából, keresztmerevítőkből és támlából áll. A merevség a háromszögelés és a jó csapkötések révén jön létre. Ergonómiai szempontból a legfontosabb méretek: ülésmagasság 420–480 mm (tájékoztató), ülésmélység 380–450 mm, ülésdőlés 3–5°, támladőlés 100–110° az üléshez képest. A támlás szék szerkezeti rajzát E vetítési rendben, elölnézet, oldalnézet, felülnézet és csomópontok megadásával kell elkészíteni. Az íves alkatrészeket szegmensívből vagy kosárívből szerkesztjük, sablonnal. A szabásjegyzék minden alkatrészt tartalmaz, a kész méret és a nyers méret feltüntetésével. A továbbvitt eredmény: a székszerkezet és a szabásjegyzék alapozza meg a székgyártást (Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás) és a kárpitozott ülőbútorok szerkezetét (Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai).

34.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Az ergonómiai méretek tájékoztató jellegűek; az aktuális ergonómiai szabványok és a gyártói ajánlások szerint ellenőrizendők (ellenőrizendő: MSZ EN, ISO ergonómiai szabványok).
- A faanyag tömörfa fajtákra vonatkozó szilárdsági adatok tájékoztató jellegűek, szakkönyvi táblázatok szerint ellenőrizendők.
- A szerkezeti rajzok rajzi előírásai az MSZ EN ISO 128 sorozathoz igazodnak (ellenőrizendő: pontos szabványszám és hatályos kiadás).
- Az anyagköltség-számítások mintaadatokkal készültek, a tényleges árak és ráhagyások gyártónként és fafajonként változnak.

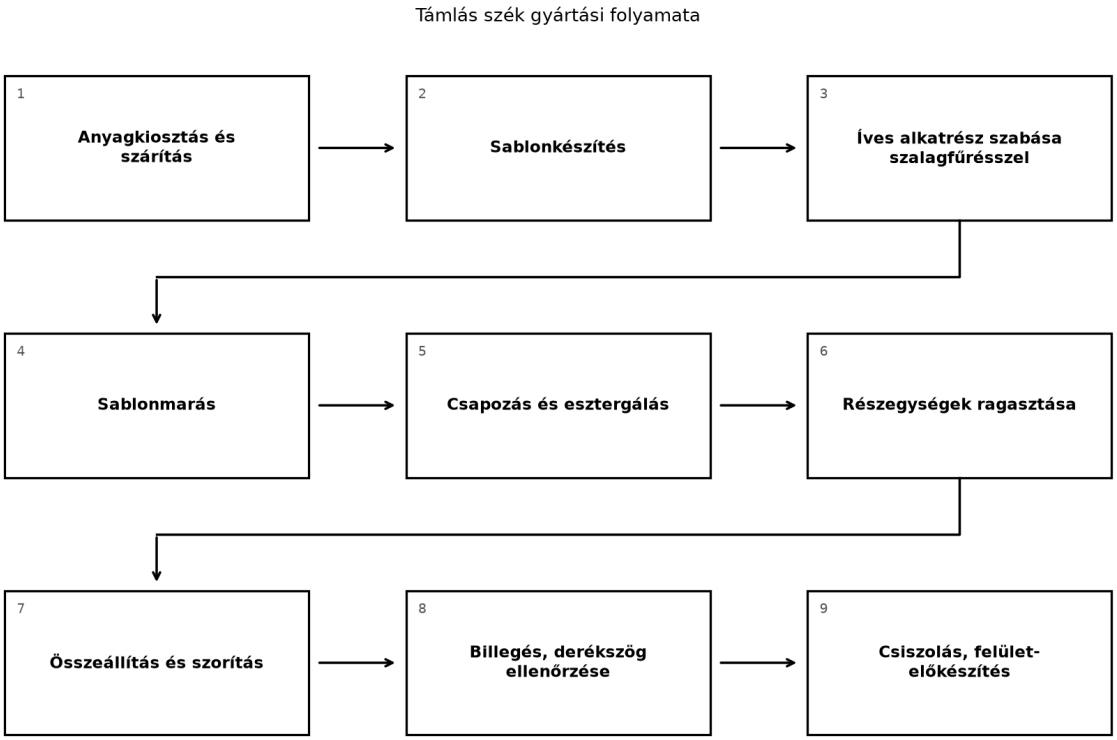
34.2. Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás

34.2.1. Miért éppen az íves alkatrész és a sablon a székgyártás kulcsa?

Egy vendéglő negyven darab azonos támlás széket rendel. A rajz szép: a hátsó lábak enyhén hátrafelé dőlnek, a támla ívelt, az első lábak esztergáltak. Ha az asztalos minden támlát kézzel, „érzésből” szab, a székek egymás mellett sem lesznek egyformák. A csapok nem illeszkednek pontosan, a szerkezet lötyög, a szék billeg. A sorozatgyártás csak úgy működik, ha a műhely **sablonokkal** dolgozik: a sablon viszi át a rajz kontúrját az anyagra, és a gépi megmunkálás is a sablont követi. Ebben az alfejezetben a támlás széket használjuk munkadarabnak, mert minden fontos technológia megtalálható benne: íves szabás, sablonmarás, hajlítás, csapozás, esztergálás, ragasztás és ellenőrzés.

34.2.2. Szemléletes kép: a szék mint részegységek lánca

A gyártás nem egyetlen nagy művelet, hanem részegységek sorozata. A támlás széknél először az elülső keretet (két első láb és elülső káva), majd a hátsó keretet (két hátsó láb és íves támla) ragasztjuk. Ezután jönnek az oldalsó kávák, az ülőkeret és a csapozott kötések. A folyamatot az alábbi ábra mutatja.



34.4. ábra. Támlás szék gyártási folyamata - Szemléltető vázlat; a lépések az adott termék és géppark szerint módosulhatnak.

34.2.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **sablon** olyan segédlemez, amely az alkatrész pontos körvonalát vagy furathelyeit adja meg. A sablon anyaga leggyakrabban rétegelt lemez, MDF vagy műanyag; az anyaga legyen méretállandó és kopásálló. A sablon nem a munkadarabbal azonos méretű, ha alsómarón **vezetőgyűrűt** használunk: a sablon a gyűrű és a marószerszám átmérőkülönbségének megfelelően eltér a kész kontúrtól: külső kontúrnál kisebb, belső kontúrnál nagyobb.

Definíció. A **sablon szerinti marás** az a művelet, amikor a munkadarabra rögzített sablon egy vezetőgyűrűn vagy másolócsapon fut, a forgó marószerszám pedig a sablon kontúrját a munkadarabra másolja. Ezt a módszert az alsómarónál a Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás alfejezet mutatta be részletesen.

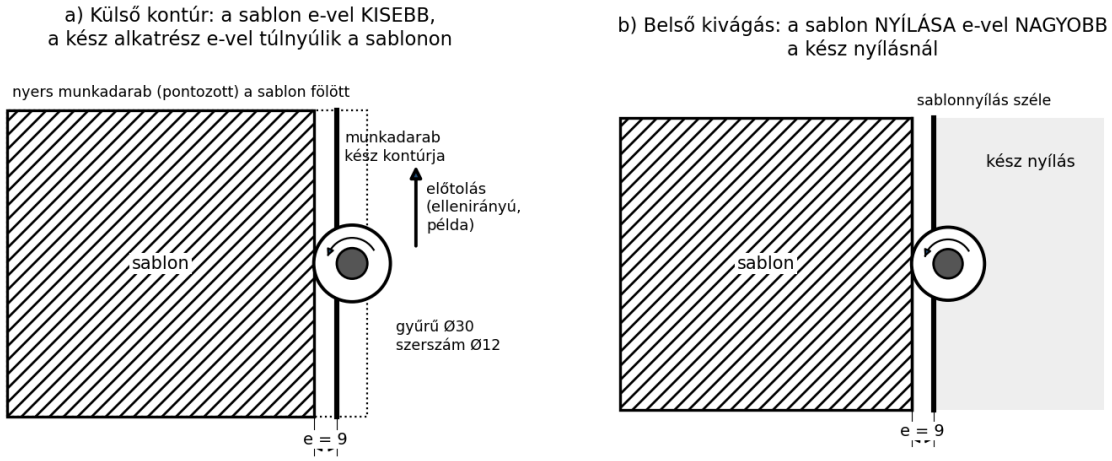
Definíció. A **gőzölt hajlítás** olyan alakadás, amelynél a tömörfa lécet forró, nedves gőzben felpuhítjuk, majd sablonra hajlítjuk. Lehűlés és szárítás után az alkatrész megtartja az ívet. A **rétegelt-ragasztott hajlítás** ezzel szemben vékony falemezeket ragasztóval, formára szorítva alakít ívessé; a rétegek a présben kötnek meg, így a visszarugózás kisebb.

Szabály. A csapozásnál a **csapváll** nem mindig derékszögű. Ha a hátsó láb a függőlegestől 10°-kal hátradől, a láb és a támla közötti csapváll szöge is ferde lesz. Ezt a szöget a szerkezeti rajz Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza alapján kell beállítani, nem „szemre”.

Összefüggés. A sablon eltérítése az alsómarónál:

$$e = \frac{D_{\text{gyűrű}} - D_{\text{szerszám}}}{2},$$

ahol $D_{\text{gyűrű}}$ a vezetőgyűrű külső átmérője, $D_{\text{szerszám}}$ a marószerszám átmérője, mindkettő mm-ben, e pedig az az érték, amennyivel a vágás a sablon peremétől eltér. Szabály: külső kontúrnál a sablon a kész mérethez képest minden oldalon e-vel kisebb (teljes méretben $2e$-vel), belső kontúrnál (kivágásnál) minden oldalon e-vel nagyobb.



34.5. ábra. Vezetőgyűrűs sablonmarás felülnézetben: külső kontúrnál a kész alkatrész e-vel túlnyúlik a sablonon (a sablon e-vel kisebb), belső kivágásnál a sablon nyílása e-vel nagyobb; $e = (30 - 12)/2 = 9$ mm

Az ábrán jól látszik, merre esik az eltérítés: a vezetőgyűrű a sablon peremén fut, a vágás pedig a gyűrű szélénél e-vel beljebb, a munkadarab felé esik. Az interaktív kalkulátorban a gyűrű és a szerszám átmérője, valamint a külső vagy belső kontúr választható, és a szükséges sablonméret élőben számolódik.

34.2.4. Gyártástechnológia lépésenként

34.2.4.1. 1. Anyagkiosztás, a hibák kiejtése

A székalkatrészeket mindig **egészséges, száraz** fából szabjuk. A kemény lombos fajok – bükk, tölgy, kőris, szil – állják a csapozást és a hajlítást, a lágy fenyő hajlamos a rostemelkedésre és a csapvállak benyomódására. A fa nedvességtartalma beltéri bútorhoz kb. 8–12% (tájékoztató, ellenőrizendő a fafaj és a fűtési környezet szerint). Vágás előtt minden darabon ki kell nézni a göcsöt, repedést, vetemedést. A rajz–anyag–művelet hármas szerint a rajzból szabáslistát készítünk, a szabáslistából pedig kiosztjuk az anyagot.

34.2.4.2. 2. Sablonkészítés

A sablont 1:1 méretarányú rajzról vagy a kész alkatrészről vesszük le. A kontúrt felrajzoljuk a sablonlemezre, majd szalagfűrésszel kivágjuk. A vágást a rajz külső oldalán vezetjük úgy, hogy a rajzvonal látható maradjon; a sablon pontos élét utána kézzel, reszelővel és csiszolóval

alakítjuk ki. A sablon élére mindig fel kell írni a termék nevét, az anyag vastagságát és a **bázisél** jelét, mert a sablon elfordítva már nem használható. A sablon pontossága közvetlenül a termék pontosságát adja; a kopott, repedt sablont ki kell selejtezni.

34.2.4.3. 3. Íves alkatrész szabása szalagfűrésszel

A sablonnal a kontúrt átrajzoljuk a munkadarabra. A szalagfűrészen a rajzvonalon kívül **3–5 mm ráhagyással** vágunk. A ráhagyás azért kell, mert a durva szalagfűrészvágás nem ad kész felületet, és az alsómaró csak kevés anyagot vesz le egyenletesen. A szalagszélességet az ív sugarához választjuk: minél szűkebb az ív, annál keskenyebb szalag kell. Egy 200 mm sugarú támlaívhez 10–15 mm széles szalag elegendő; egy 50 mm sugarú ívhez 6–8 mm-es szalag szükséges (tájékoztató, ellenőrizendő a szalaggyártói adattal). A gépet a Asztalos szalagfűrészgép alfejezetben tanultak szerint állítjuk be.

34.2.4.4. 4. Sablon szerinti marás alsómarón

A sablont a munkadarab alsó oldalára rögzítjük. A rögzítés lehet csavaros szorító, kétoldalas ragasztószalag vagy gyorskioldó szorító, de a sablon **ne mozduljon el** a marás közben. Az alsómaró tengelyére a vezetőgyűrűt és a marószerszámot szereljük. A marást mindig **ellenirányú marással** végezzük: a munkadarabot úgy kell tolni, hogy a szerszám az asztalra és az ütközőhöz szorítsa, ne húzza ki a kezünkből. A fogásmélység oldalazó sablonmarásnál általában legfeljebb 2–4 mm fogásonként (tájékoztató, ellenőrizendő a szerszám- és gépkönyv szerint). Az egyenletes előtolás és az éles szerszám miatt az ív felülete sima lesz; ha megállunk, beég a fa, ha tompa a szerszám, kirojtozza a rostot.

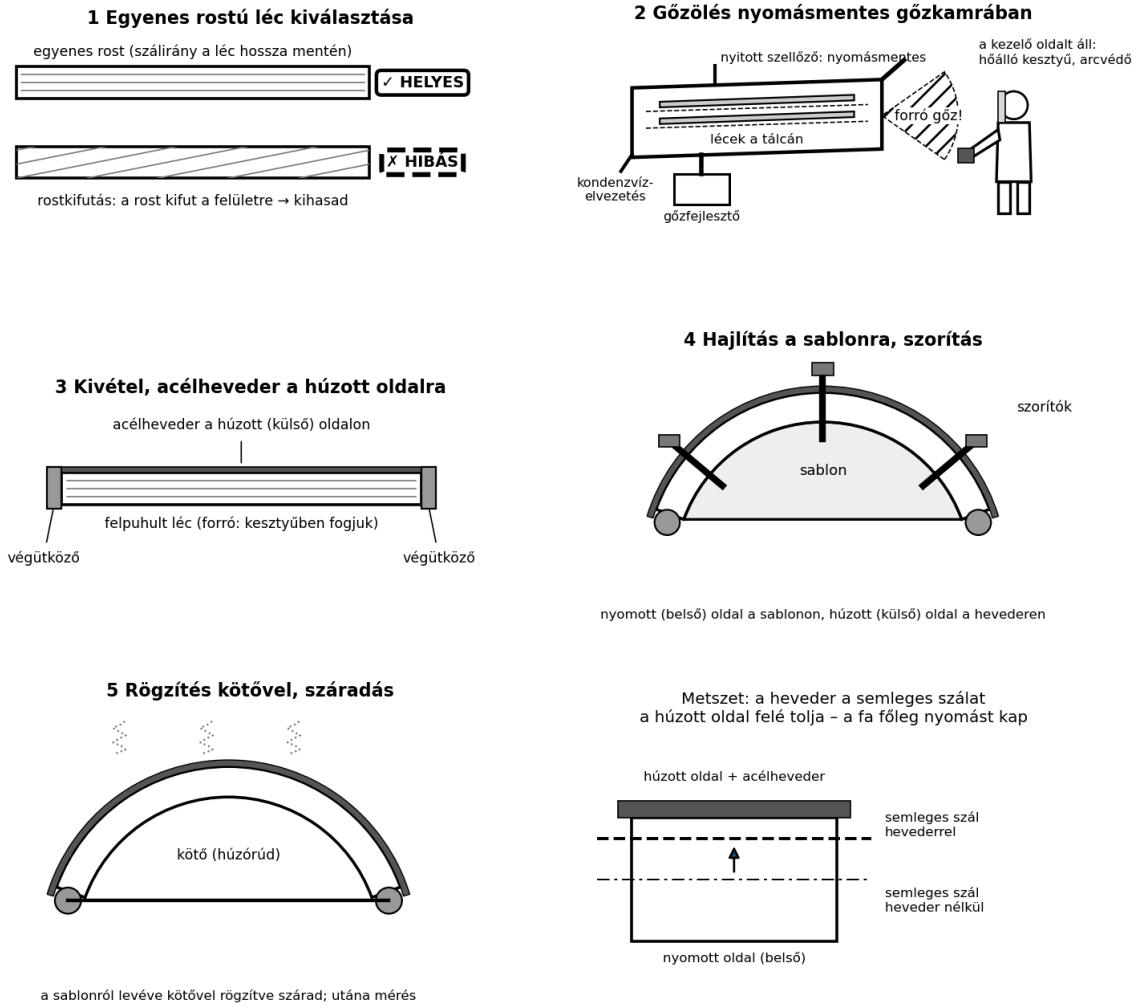
Gépbiztonság. A szalagfűrészt és az alsómarót csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezze. A szalagfűrészen a felső vezetőt a munkadarab vastagságához közel, kb. 3–5 mm-re állítjuk, a burkolatok zártak. Az alsómarón a marószerszám fölött védőburkolatot használunk, a munkadarabot tolófával vagy előtolóval toljuk, a kezünk soha ne kerüljön a szerszám fölé. Mindkét gépnél kötelező védőszemüveg, hallásvédelem, fapor elleni maszk; kesztyűt forgó szerszámnál tilos viselni, mert a szerszám behúzhatja. A szerszámcseréhez, beállításhoz mindig áramtalanítsunk, és várjuk meg, amíg a szerszám megáll.

34.2.4.5. 5. Gőzölt hajlítás – lépésről lépésre (recept)

A gőzölt hajlítást jól megválasztott fánál alkalmazzuk. A bükk, kőris, szil és a tölgy jól hajlítható; a luc és a fenyő rosszul. A hajlított lécek legyenek **egyenes rostúak**, göcs- és repedésmentesek. A művelet:

1. A lécet a kész méretnél kb. 2–5 mm-rel vastagabbra gyaluljuk.
2. A hajlító sablont elkészítjük, és legalább két rögzítőponttal ellátjuk.
3. A lécet a gőzkamrába helyezzük, ahol a telített gőz hőmérséklete kb. 100 °C. Tájékoztató gőzölési idő kb. 60 min / 25 mm vastagság (ellenőrizendő: fafaj, gőzölő berendezés és munkadarab-hossz szerint). **Figyelem.** A gőzkamra nyitásakor forró gőz áramlik ki: oldalt állunk, hőálló kesztyűt és arcvédőt viselünk.
4. A felpuhult lécet a húzott (külső) oldalán végütközős acélhevederrel együtt, gyorsan, de folyamatosan a sablonra hajlítjuk, és szorítókkal rögzítjük. A hajlítást hőálló kesztyűben végezzük, mert a darab forró.

5. A sablonon hagyjuk kihűlni és száradni. A fa a sablonon **visszarugózik**: a sablon ívét ezért valamivel erősebbre kell venni, mint a kész rajzi ív (a visszarugózás mértéke kb. 5–15%, fafajtól és sugártól függően, tájékoztató).
6. A kihűlt alkatrészt a sablonból kivéve megmérjük, és ha kell, a sablon ívén utólag korrigálunk, mert a hajlított darabot késsel nem „vissza lehet igazítani” törés nélkül.



34.6. ábra. A gőzölt hajlítás öt lépése: egyenes rostú léc kiválasztása, gőzölés nyomásmentes gőzkamrában, acélheveder a húzott oldalra, hajlítás a sablonra, rögzítés kötővel és száradás; mellette a semleges szál eltolódása metszetben

Az ábra a hevederes hajlítást mutatja: a végütközős acélheveder a léc húzott (külső) oldalára kerül, így a semleges szál a heveder felé tolódik, és a fa főleg nyomást kap. A gőzkamra nyitásakor kiáramló forró gőz miatt a kezelő oldalt áll, hőálló kesztyűt és arcvédőt visel. Az interaktív változatban a lépések egyenként léptethetők.

A rétegelt-ragasztott hajlításnál ezzel szemben 2–4 mm vastag lemezeket ragasztóval kennek, a rétegeket a formára préselik, és a ragasztó megkötése után alakul ki az ív. Ez a módszer méretpontosabb, de több anyagot és ragasztót igényel. A forma ugyanaz a sablon lehet, mint a tömörfa hajlításnál.

34.2.4.6. 6. Csapozás szöget bezáró alkatrészeknél

A támlás széknél a hátsó lábak és a támla közötti szög nem 90°. Például ha a hátsó láb 10°-kal hátradől, a támla vízszintes kivitelű, akkor a támla és a láb közötti csapváll egyik oldala 100°, a másik 80° (szemléltető érték). Ezt a szöget a rajzon a csapváll jelöli. A csapozás lépései:

1. Kimérjük a **vállvonalat** a derékszögű illesztéseknél; ferde illesztésnél először a ferde vállszöget állítjuk be egy állítható szögmérővel.
2. A csapvállak bevágását kézi fűrésszel, vagy asztali csapozó szerszámmal, láncmaróval végezzük. A ferde vállnál a vezetőt a kívánt szögbe kell állítani, és próbadarabon ellenőrizni.
3. A csap vastagságát a furat vagy a fészek méretéhez illesztjük. A csap ne legyen túl szoros, mert a ragasztóteret kinyomja, ne legyen túl laza, mert a kötés nem tart.
4. A csap fejét a beillesztés után síkba munkáljuk. A váll a rajzi szögben álljon (derékszögű kötésnél 90°, ferde kötésnél pl. 100°/80°), és a teljes szélességben egyenes legyen, hogy a csapváll minden ponton felfeküdjön.

Ferde csapozásnál a leggyakoribb hiba, hogy a csapváll párhuzamos a bázissal, de a csap szöge nem követi az illesztési szöget. Ezért a csapozást sablonnal vagy jelölő idommal érdemes végezni, nem szemre.

34.2.4.7. 7. Esztergált lábak előkészítése

Az esztergált lábaknál az első művelet a **nyolcszögletűre gyalulás**. A négyszögletes anyagot egyengető gyalun bázislappal és bázisével kialakítjuk, majd vastagsági gyalun a kész méretre munkáljuk. Az éleket letörjük, hogy a darab közel hengeres legyen, és a csúcsesztergán ne üssön. A befogást és az esztergálást a Faesztergálás: gépek, szerszámok, alapműveletek alfejezet szerint végezzük. A lábon a káva felé **csapot** hagyunk, amelyet a furatba illesztünk. A csap átmérőjét a furat átmérőjéhez kell igazítani, tűrése 0,1–0,2 mm alulméretezés a ragasztótér miatt (tájékoztató). A lábak alsó részét, a **lábfejet**, csak az összeszerelés után, síkból mérve igazítjuk, nehogy a végső lábhossz eltérjen.

34.2.4.8. 8. Összeállítás és ragasztás

Az összeállítás sorrendjét a részegységek szerkezete határozza meg. Először az elülső keretet ragasztjuk: két első láb és az elülső káva. A ragasztó megkötése után a hátsó keretet: két hátsó láb és az íves támla. Csak ezután illesztjük a két keretet az oldalsó kávákkal és az ülőkerettel. Ha az összes kötést egyszerre ragasztanánk, a szorítók nem tudnák a kereteket síkban tartani, a szék elcsavarodna.

Ragasztó. Beltéri székhez PVAc (fehér) ragasztót használunk, vízállósági osztálya D3, mert a szerkezet időnként nedves törlésnek lehet kitéve (MSZ EN 204 szerinti osztályok, ellenőrizendő). Kültéri székhez D4 osztályú ragasztót válasszunk. A ragasztót mindkét felületre egyenletesen, vékonyan hordjuk fel. A csapokat nem szabad „úszni hagyni” a ragasztóban, mert a felesleg kinyomódik, és a felületkezelésnél foltokat okoz.

Szorítás. A keretragasztáshoz hosszú cső- vagy hevederes szorítókat, sarokszorítókat használunk. A szorítás nyomása legyen egyenletes, de ne töressze be a csapvállakat. A szorító pofái és a fa közé papír- vagy falemez alátétet teszünk, hogy a felület ne sérüljön. A derékszöget és a síkbafekvést azonnal, még a ragasztó megkötése előtt ellenőrizzük. A ragasztó kinyomódó feleslegét nedves ruhával azonnal letöröljük.

34.2.4.9. 9. Felületkezelés előkészítése

A felületkezelés csak akkor lesz egyenletes, ha a csiszolás sorrendje és a portalanítás szabályos. A gépi marás és gyalulás nyomait először 80-as, majd 120-as, végül 180-as szemcseméretű csiszolóanyaggal dolgozzuk el. A csiszolást mindig **rostirányban** végezzük; a rostirányra merőleges karcolások a pácolás után feltűnőek. Az éles éleket enyhén letörjük, mert a lakk az élekről lepattog. A ragasztómaradványokat, rostemelkedést, gittet a pác előtt el kell távolítani. A csiszolási folyamatot a Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés alfejezet írja le részletesen.

34.2.5. Számítások

34.2.5.1. Kidolgozott példa: sablonéltérítés

Példa. Egy íves oldalkáva kész vastagsága 20 mm. Az alsómarón a vezetőgyűrű külső átmérője $D_{\text{gyűrű}} = 30\,\text{mm}$, a marószerszám átmérője $D_{\text{szerszám}} = 12\,\text{mm}$. Mennyivel tér el a sablon a kész kontúrtól külső, illetve belső kontúr esetén?

Számítás.

$$e = \frac{D_{\text{gyűrű}} - D_{\text{szerszám}}}{2} = \frac{30 - 12}{2} = 9\,\text{mm}.$$

Az íves oldalkáva külső kontúrjához a sablon minden oldalon 9 mm-rel kisebb a kész körvonalnál (teljes méretben 18 mm-rel); ha a sablon belső kivágás, minden oldalon 9 mm-rel nagyobb. ∎

Ellenőrzés: Ha a szerszám átmérője nagyobb, például 20 mm-es, akkor $e = (30-20)/2 = 5\,\text{mm}$, tehát nagyobb szerszámmal kisebb az eltérés, mert a vágás közelebb kerül a gyűrű széléhez. Ez a gyakorlati tapasztalattal egyezik.

34.2.5.2. Gőzölési idő és szalagválasztás

Számítás 1. Egy 30 mm vastag bükk lécet gőzölt hajlításhoz készítünk elő. Tájékoztató ökölszabály: kb. 60 min gőzölés 25 mm vastagságra. Mennyi a gőzölési idő?

$$t = \frac{30}{25} \cdot 60 = 72\,\text{min}.$$

Tehát a lécet kb. 72 percig gőzöljük (tájékoztató, ellenőrizendő). ∎

Számítás 2. A támla legszűkebb ívének belső sugara 80 mm. Tájékoztató gyártói adatok szerint a szalagfűrészlap legkisebb vágható sugara a szalagszélesség kb. 3–7-szerese (ellenőrizendő: szalaggyártói táblázat). Válasszunk 8 mm széles szalagot: minimális sugara kb. 25–50 mm, tehát a 80 mm-es ívet biztonsággal vágja. A 15 mm-es szalag minimális sugara kb. 80–110 mm, így a 80 mm-es ív már nem vágható vele. A keskenyebb szalag tehát biztonságosabb választás a szűk ívekhez, de egyenes vágáshoz kevésbé merev. ∎

34.2.6. Technológiai lap: íves támla szabása és sablonmarása

Cél: Íves támla készítése tömörfából sablon szerint, ráhagyás nélküli, kész kontúrral.

Anyag: 20 mm vastag bükk lap, 12 mm vastag rétegelt lemez sablon; a sablon rögzítése kétoldalas szalaggal, csavarral vagy gyorsszorítóval (ragasztóval nem, mert az végleges kötés).

Gépek és szerszámok: szalagfűrészgép, asztalba szerelt felsőmaró (sablonmarásra alkalmas marógép), vezetőgyűrű (30 mm), 12 mm átmérőjű, szárasmaró (sablonmaró), tolófa, szorítók, csiszolóvászon, mérőszalag, derékszögelő.

Beállítási adatok (tájékoztató, ellenőrizendő): szalagfűrész szalagsebesség kb. 10–20 m/s; felsőmaró fordulatszáma a 12 mm-es szerszámhoz kb. 18 000–22 000 min^{-1} (ellenőrizendő: a szerszámon és a gép adattábláján jelölt legnagyobb fordulatszám; alsómarón nagyobb átmérőjű sablonmaró fej és kisebb fordulatszám használatos); fogásmélység sablonmarásnál 2 mm fogásonként.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A szalagfűrészt a szalagvezetőkkel, a felső tárcsa burkolatával és a védőszemüveggel használjuk; kesztyű tilos. A felsőmarón a szerszám fölött védőburkolat, a munkadarabhoz tolófa vagy előtoló; a gépasztal elszívása legyen bekapcsolva. Indítás előtt ellenőrizni kell: a szerszám éles és megfelelően rögzített, a vezetőgyűrű nem laza, a védőburkolat zár, az elszívás működik, a munkadarabban nincs szeg, repedés vagy laza göcs.

Lépések:

1. A sablon kontúrját átrajzoljuk a munkadarabra – ellenőrzés: a rajzvonal látható, a rostirány a támla ívéhez simul.
2. A szalagfűrészen a vonal mellett 3–5 mm ráhagyással kivágjuk a támlát – ellenőrzés: a vágás nem lépi át a rajzvonalat.
3. A sablont a munkadarab alsó oldalára rögzítjük – ellenőrzés: a sablon és a munkadarab nem mozdul el.
4. A felsőmaróra felszereljük a vezetőgyűrűt és a 12 mm-es szerszámot; a sablon és a kész kontúr eltérésével ($e = 9$ mm) számolunk – ellenőrzés: a gyűrű középpontja a szerszám tengelyével egybeesik.
5. A felsőmarót bekapcsoljuk, és próbadarabon ellenőrizzük a kontúrt – ellenőrzés: a próbadarab éle sima, a méret a rajz szerinti.
6. A munkadarabot ellenirányú marással, egyenletes előtolással, tolófával vezetjük a gyűrűn – ellenőrzés: a marás nyomai egyenletesek, nincs beégés.
7. A kész alkatrészt a sablonnal együtt megmérjük, a sarkokat és az íveket szemrevételezzük – ellenőrzés: az él merőleges, a kontúr hibátlan.
8. A sablont eltávolítjuk; a marásból visszamaradt sorját 120-as csiszolóval rostirányban eltávolítjuk – ellenőrzés: a felület sima, a rajz méretei teljesülnek.

Dokumentálás: munkanaplóba beírjuk a beállításokat, a munkadarab méretét, a szerszám átmérőjét és a megfigyelt hibákat.

34.2.7. Minőségellenőrzés

A székgyártásnál a minőséget a részegységeknél és az összeszerelés után is ellenőrizni kell.

- **Sablon kontúrja:** a sablon a rajzvonaltól legfeljebb 0,3–0,5 mm-rel térhet el; a kopott, repedt sablon nem használható (tájékoztató).

- **Marás minősége:** az él sima, nincs beégés, rojt, lépcső. A méreteltérés a rajzhoz képest legfeljebb ±0,5 mm (tájékoztató).
- **Csapváll szög:** a ferde csapváll szöge a rajz szerint, ±0,5°-on belül (tájékoztató). A csapváll és a csap illeszkedése résmentes.
- **Lábhossz:** az összeszerelt szék lábainak alsó síkja 0,5 mm-en belül egyenletes; a szék ne billegjen (tájékoztató).
- **Derékszög és szimmetria:** az elülső keret derékszögű, átlóméret-különbség ≤1 mm (tájékoztató); a támla középvonala a hátsó lábak középvonalával egybeesik.
- **Ragasztás:** a kötésben nincs hézag, a kinyomódott ragasztó eltávolított.

Ha eltérést tapasztalunk, a hibás részegységet a ragasztás megkötése előtt javítjuk. Megkötött ragasztás után a szerkezetet csak fűrészeléssel, csiszolással vagy újra kötéssel lehet korrigálni.

34.2.8. Tipikus hibák és okaik

34.2.8.1. 1. A szék billeg

Tünet: a kész szék három lábon áll, a negyedik alatt hézag van.

Lehetséges okok: a lábak hossza eltér, a részegységek elcsúsztak a szorításnál, a csap nem ült be teljes mélységig, a padló egyenetlen.

Vizsgálat: sík lapra tesszük a széket, hézagmérővel mérünk. Megnézzük a lábak síkra simulását és a csapfészkek ülését.

Javítás: a hosszabb láb alját óvatosan, fokozatosan csiszolással igazítjuk a többiek szintjéhez. Ha a csap nem ült be, a kötést megbontani nem érdemes, de a láb alját síkba lehet venni.

Megelőzés: összeállító készülékben ragasztunk, a szorítás előtt a lábakat síkra állítjuk, a csapokat ellenőrzött mélységbe fúrjuk.

34.2.8.2. 2. A hajlított támla megreped

Tünet: a gőzölt alkatrész húzott oldalán repedés, vagy a sablonról lehűlés után törés.

Okok: a fa göcsös, a rostirány nem követi az ívet, a hajlítás sugara túl szűk a vastagsághoz képest, a gőzölés ideje rövid, a hajlítás hirtelen történt, heveder nélkül hajlítottunk.

Javítás: a repedt darab selejt. A megmaradt alkatrészeknél a sablont módosíthatjuk, ha a sugár túl szűk; a gőzölési időt növeljük.

Megelőzés: a hajlítandó lécet rostirány szerint válasszuk, hevederes hajlítással a húzott oldal szakadása megelőzhető; heveder nélkül a hajlítás sugara legyen legalább kb. 15–30-szorosa a vastagságnak, hevederrel ennél jóval kisebb sugár is elérhető (tájékoztató, ellenőrizendő: szakkönyvi adat), próbadarabon ellenőrizzük.

34.2.8.3. 3. Hullámos, „sírt” felület a marás után

Tünet: az ív felületén hullámok, beégések, rojtozott rostok.

Okok: az előtolás nem egyenletes, a marás iránya egy helyen megfordult, a szerszám tompa, túl nagy fogásmélység, a munkadarab elmozdult a sablonban.

Megelőzés: éles szerszám, kisebb fogásmélység, egyenletes előtolás, a sablon biztos rögzítése. Ha a hiba nagy, a darabot a sablonnal újra kell maratni.

34.2.8.4. 4. Ragasztófoltos, pácolás után foltos felület

Tünet: a felületkezelés után a csapozás környékén világosabb, zsíros foltok.

Okok: a kinyomódott ragasztót nem távolították el azonnal, a ragasztó beszívódott a fa pórusaiba, a csiszolás nem távolított el minden ragasztómaradékot.

Javítás: a ragasztófoltokat csiszolással teljesen el kell távolítani, mielőtt a pácot felvisszük. A megkeményedett ragasztó csiszolás nélkül nem pácolódik.

Megelőzés: a ragasztás után azonnal nedves ruhával törlünk, száradás után a kötés környékét alaposan megcsiszoljuk, próbapáccal ellenőrzünk.

34.2.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló első nagyobb megrendeléseként húsz darab étkezőszéket készített. A támlákat szalagfűrésszel, sablon nélkül vágta, mert a sablonkészítésre nem akart időt szánni. Az első öt darab még hasonlított egymásra, de a többinél a kézi szabás ráhagyása és az ív sugara eltért. Összeállítás után a székek egymás mellett nem voltak egy méretűek, a csapok nem illeszkedtek, néhány szék billegni kezdett. A megrendelő reklamált. A tanuló végül a teljes sorozatot újragyártotta, ezúttal sablonnal és csapozó idommal. A tanulság: a sablon nem fölösleges idő, hanem a sorozatgyártás alapja. Az íves alkatrészeknél a sablon és a próbadarab nélküli gyártás mindig kockázatos.

34.2.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: a szalagfűrészlap minél szélesebb, annál szűkebb ívű alkatrészt tudunk vele vágni.
2. Mennyivel tér el a sablon a munkadarabtól oldalanként, ha a vezetőgyűrű 35 mm, a marószerszám 14 mm? Külső kontúrnál nagyobb vagy kisebb a sablon?
3. Miért kell a gőzölt lécet a sablonon kihűlni és száradni hagyni?
4. Mi a teendő, ha az összeszerelt szék billeg?
5. Milyen ragasztóosztályt választanál beltéri székhez, és miért?

34.2.11. Feladatok

1. feladat (A) Definiáld a sablon szerepét az íves alkatrész gyártásában, és nevezz meg két alkalmas sablonanyagot.

2. feladat (A) Számítsd ki az e értéket, ha $D_{\text{gyűrű}} = 40\,\text{mm}$ és $D_{\text{szerszám}} = 16\,\text{mm}$.

3. feladat (B) Egy bükk támla léc vastagsága 20 mm. Tájékoztató gőzölési ökölszabály: 60 min / 25 mm vastagság (ellenőrizendő). Hány percig kell gőzölni a lécet?

4. feladat (B) Írd le szöveges rajzleírással a hátsó láb és a hátsó támla csapozását, ha a szerkezeti szög 100°. Milyen lesz a csapváll? Mit jelölsz be először?

5. feladat (C) Egy szék sorozatgyártásakor a gőzölt támlák egy része megreped. Sorolj fel három lehetséges okot, és mindegyikhez adj meg egy megelőző intézkedést.

6. feladat (D) Készíts ellenőrzőlistát a szék összeállítása után. Sorold fel legalább négy mérendő pontot, az eszközöket és a tájékoztató tűréseket (jelöld ellenőrizendőnek).

34.2.12. Megoldások

34.2.12.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A keskenyebb szalag vág szűkebb ívet; a széles szalag merevebb, egyenes vágáshoz való.
2. $e = (35 - 14)/2 = 10{,}5\,\text{mm}$ oldalanként; külső kontúrnál a sablon 10,5 mm-rel kisebb a munkadarabnál (teljes méretben 21 mm-rel), belső kontúrnál ugyanennyivel nagyobb.
3. Mert a fa visszarugózik; ha túl hamar kivesszük a sablonból, az ív kiegyenesedik.
4. Sík lapra teszem a széket, hézagmérővel megkeresem a rövid lábat vagy a hibás kötést, majd a hosszabb láb alját óvatosan síkba csiszolom; ellenőrzöm a csapüléseket is.
5. Beltéri székhez D3 osztályú PVAc ragasztót, mert elég nedves törlésre, és jól csiszolható; kültérhez D4 kell.

34.2.12.2. Feladatok megoldásai

1. (A) A sablon az alkatrész pontos körvonalát adja meg, és a sorozatgyártásban azonos alkatrészeket biztosít. Alkalmas anyag: rétegelt lemez, MDF, műanyag.

2. (A)

$$e = \frac{40 - 16}{2} = 12\,\text{mm}.$$

A sablon oldalanként 12 mm-rel tér el a kész kontúrtól: külső kontúrnál kisebb, belső kontúrnál nagyobb (teljes méretben $2e = 24$ mm).

3. (B)

$$t = \frac{20}{25} \cdot 60 = 48\,\text{min}.$$

A lécet kb. 48 percig gőzöljük.

4. (B) A hátsó láb a függőlegestől hátrafelé dől, így a láb és a vízszintes támla illesztési szöge 100°. A csapváll ferde lesz: az egyik oldalon 100°, a másikon 80°. Először a vállvonalat jelöljük

be az állítható szögmérővel, és próbadarabon ellenőrizzük, hogy a csapváll felfekvése teljes. A csap vastagsága a támla vastagságával egyező, és a csapot a ferde vállhoz igazítjuk.

5. (C) Lehetséges okok és megelőzés: - Göcs, repedés a lécben → csak egyenes rostú, egészséges anyagot válasszunk. - A hajlítás sugara túl szűk a vastagsághoz → növeljük a sugarat, vagy kisebb vastagságot válasszunk. - A gőzölés ideje rövid → a lécet a vastagságnak megfelelő ideig gőzöljük, próbadarabon ellenőrizzük. - A hajlítás hirtelen történt → a lécet folyamatosan, gyorsulás nélkül hajlítsuk a sablonra.

6. (D) Ellenőrzőlista a szék összeállítása után: - **Billegés:** sík lapon, hézagmérővel; tűrés legfeljebb 0,5 mm hézag (tájékoztató, ellenőrizendő). - **Derékszög és átlók:** a keret átlóinak különbsége legfeljebb 1 mm (tájékoztató). - **Lábhossz:** a négy láb alsó síkjának eltérése 0,5 mm-en belül (tájékoztató). - **Csapülések:** szemrevételezés, hézagmentesség; ragasztófilm a kötésben. - **Szimmetria:** a támla középvonala a hátsó lábak középvonalával egybeesik, az oldalsó kávák párhuzamosak.

34.2.13. Rövid összefoglaló

Az ülőbútorok gyártásában az íves alkatrészeket sablonnal szabjuk és alsómarón, vezetőgyűrűvel marjuk. A sablon a rajz kontúrját viszi át a munkadarabra, és a sorozat minden darabját azonossá teszi. A sablon eltérítése $e = (D_{\text{gyűrű}} - D_{\text{szerszám}})/2$. Az íves alkatrészek készülhetnek tömörfa szabással, gőzölt hajlítással vagy rétegelt-ragasztott hajlítással; a gőzölési időt a vastagság szerint becsüljük (kb. 60 min/25 mm, tájékoztató). A szöget bezáró csapozásnál a csapváll ferde, a szöget rajzról kell beállítani. Az esztergált lábakat nyolcszögletű előgyalulás után csúcsesztergán alakítjuk, a csapot a furathoz illesztjük. Az összeállítás sorrendje: elülső keret, hátsó keret, oldalsó kávák, ülőkeret. A ragasztást egyenletes szorítással, a derékszög és a sík ellenőrzésével végezzük. A kész szék nem billeghet, a lábak alsó síkját szükség esetén utólag igazítjuk. **Továbbvitt eredmény.** Az itt tanult íves alkatrészgyártás, sablonhasználat, csapozás és ellenőrzés közvetlenül felhasználható a vizsgaremek elkészítésében, annak gyártási dokumentációjában és minőségellenőrzésében.

34.2.14. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat, különösen a szalagfűrész- és marógépekre vonatkozó részek (ellenőrizendő: pontos szabványszámok, hatályos kiadás).
- Ragasztó vízállósági osztályok: MSZ EN 204 szerinti D1–D4 besorolás (ellenőrizendő: hatályos kiadás, a gyártói adatlappal összevetve).
- Fapor-expozíció határértéke keményfa pornál: a hatályos magyar jogszabály szerint (ellenőrizendő: rendelet, határérték).
- A gőzölési idő, a visszarugózás, a hajlítás minimális sugara és a szalagfűrészlap legkisebb vágható sugara tájékoztató szakkönyvi, gyártói adat (ellenőrizendő a konkrét fafaj, berendezés és szerszám szerint).
- A szerszámfordulatszámok, előtoló sebességek, fogásmélységek tájékoztató értékek; a pontos érték a gépkönyvből és a szerszámgyártó adatlapjából veendő.

34.3. Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai

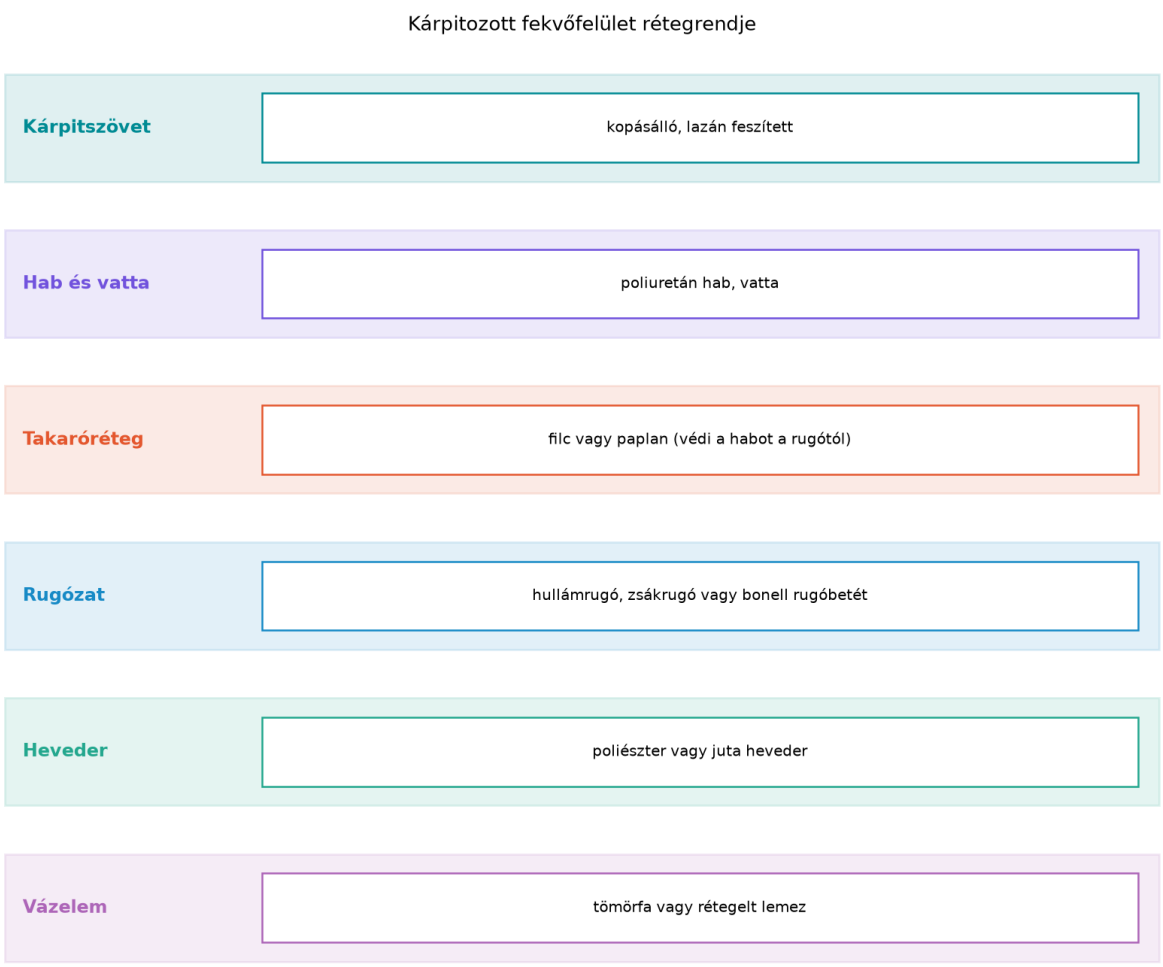
34.3.1. Motiváció

Egy megrendelő kétszemélyes ágyat szeretne keskeny lépcsőházú, régi lakásba. Az ajtó és a lépcsőforduló miatt az ágyat szét kell tudni szerelni, majd a hálószobában újra összeállítani. Ha a bútor egyben készül, a szállítás lehetetlen; ha rossz helyre kerül a vasalat, az ágy nyikorog, vagy szétesik. Ebben az alfejezetben a fekvőbútorok szerkezetét, a bontható ágyvasalatokat és a kárpitozás alaprétegeit tanuljuk meg úgy, hogy a vevőnek biztonságos, szállítható és kényelmes bútort tudjunk készíteni.

34.3.2. Szemléletes kép: egy kétszemélyes ágy felépítése

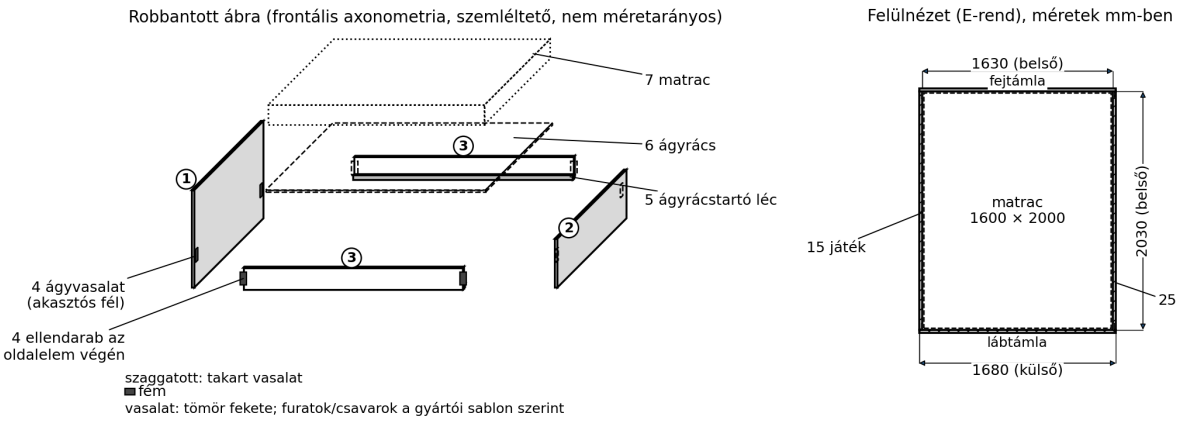
Képzelj el egy kétszemélyes ágyat. Két hosszanti oldalelem, egy fejtámla és egy lábtámla keretezi a fekvőfelületet. A keretbe **ágyrács** fekszik, arra **matrac** kerül. A sarkokban **bontható ágyvasalat** kapcsolja össze az oldalelemeket a fej- és lábtámlával. A keret alatt **ágyneműtartó** doboz lehet, amelynek alja lapanyag, oldalai pedig a kerethez csatlakoznak. Az ágy stabilitását a fejtámla szélessége és a sarkok merev, fészek nélküli kapcsolata adja.

Az alábbi rétegrend egy kárpitozott fekvőfelületet mutat: a fakeretre heveder, arra rugó, a rugóra filc vagy paplan, arra hab, majd kárpitszövet kerül. A pontos rétegrend termékenként és kárpitos együttműködésben változik.



34.7. ábra. Kárpitozott fekvőfelület rétegrendje - A kényelmet és a tartósságot a rétegek együtt adják. A rétegsor tájékoztató; a kárpitos mindig a kiválasztott anyagokhoz igazítja.

A bontható kétszemélyes ágykeret robbantott axonometrikus ábrája mellett E-rendű felülnézet adja a méretláncot: belső szélesség 1630 mm, belső hossz 2030 mm, oldalelem-vastagság 25 mm, külső szélesség 1680 mm (lásd az 1. példát). A sarkokban a fej- és lábtámlán az ágyvasalat akasztós fele, az oldalelem végén az ellendarabja ül; az ágyrácstartó léc az oldalelemek belső oldalán fut.



34.8. ábra. Bontható kétszemélyes ágykeret robbantott ábrája és felülnézete a belső méretekkel

34.3.3. Definíciók és csoportosítás

Definíció. A **fekvőbútor** olyan bútor, amelynek elsődleges rendeltetése a fekvő testhelyzet kényelmes megtámasztása és a pihenés, alvás. Jellemző típusai: az ágy, a heverő, a kanapé, a fotelágy és az emeletes ágy.

Csoportosítás.

- **Fix fekvőbútor:** fekvőfelülete nem változtatható; például egy hagyományos egyszemélyes ágy.
- **Nagyobbítható fekvőbútor:** a fekvőfelület bővíthető; például kihúzható heverő vagy bővíthető gyermekágy.
- **Átalakítható fekvőbútor:** nappali ülőbútorként és ágyként is használható; például kanapéágy, sarokágy, fotelágy.

A fekvőbútor méretezésénél mindig a **matracméretből** indulunk ki. A gyakori magyarországi matracméretek tájékoztató értékek, és termékcsaládonként eltérhetnek:

Megnevezés	Szélesség (mm)	Hossz (mm)
Egyszemélyes ágy	900	2000
Egyszemélyes, bővített	1200	2000
Kétszemélyes ágy	1400	2000
Kétszemélyes, nagy	1600	2000
Extra széles	1800	2000

A gyermekágyak hossza gyakran 1600–1800 mm, a junior ágyaké 1800–1900 mm; ezt a megrendelővel és a matracszállítóval kell egyeztetni **(ellenőrizendő: aktuális matracméretek)**.

34.3.4. Egy- és kétszemélyes ágy szerkezete

A legegyszerűbb fekvőbútor az **egyszemélyes ágy**. Váza lehet tömörfa keret, vagy lapanyagból készült korpusz. A teherviselő elemek:

- két oldalelem,
- fejtámla,

- lábtámla,
- ágyrács,
- matrac,
- esetleg ágyneműtartó.

A **kétszemélyes ágy** hasonló, de a keresztirányú merevség miatt a fejtámlát és a lábtámlát erősebb anyagból vagy szélesebb elemként készítjük. A nagyobb fekvőfelület miatt gyakran középen egy **keresztmerevítőt** vagy **lábközépsőt** helyeznek el. A lábak lehetnek különálló, állítható csavaros lábak, vagy a fej- és lábtámla hosszabbításai.

Szabály. Az ágy belső méretét mindig a matracméretből számoljuk. A belső szélesség a matrac szélessége plusz oldalanként 10–20 mm **játék**, hogy a matracot kényelmesen be lehessen tenni, de ne csúszkáljon. A belső hossz hasonlóan a matrac hossza plusz 10–20 mm játék. A túl nagy hézag beverheti a lepedőt, és pontatlan hatást kelt; a túl kicsi hézag megnehezíti az ágyhúzást.

Példa. 1600 × 2000 mm matrac esetén oldalanként 15 mm játékkal:

$$b_{\text{belső}} = 1600 + 2 \cdot 15 = 1630\,\text{mm},$$

$$l_{\text{belső}} = 2000 + 2 \cdot 15 = 2030\,\text{mm}.$$

A külső szélesség akkor 1630 mm + 2 · 25 mm oldalelemvastagság = 1680 mm, ha az oldalelemek vastagsága 25 mm.

Ágyrács. Az ágyrács felfekszik az oldalelemek belső oldalára szerelt lécre, vagy az oldalelemekbe mart **ágyrácstartó horonyba**. A rács lehet:

- **merev, léces rács:** olcsó, jól szellőzik, de kevésbé rugalmas;
- **rugós ágyrács:** hajlított furnérlécek vagy rugópántok sora, a matrac kényelmét növeli;
- **állítható ágyrács:** fejtámla- és lábtámla-rész dőlésszöge állítható.

A matrac alatt mindig legyen szellőzés. A zárt ágyneműtartó alja sem érhet közvetlenül a padlóhoz, mert a pára befullasztja a matracot.

Ágyneműtartó. Az ágy alatti dobozt gyakran bútorlapból készítjük. A doboz előlapja lehet felnyíló, fiókos vagy gázemelővel nyitható. A fiókok sínrendszere, a gázemelő teherbírása és a zsanérok száma a használati terheléstől függ **(ellenőrizendő: vasalatgyártói adatlap)**.

34.3.5. Heverők, kanapék szerkezete

A **heverő** olyan alacsony fekvőbútor, amely nappal ülésre is alkalmas, de a fekvőfelülete rendszerint fix. Kárpitozott keretből és oldaltámlákból áll. A belső váz általában tömörfa vagy rétegelt lemez, a fekvőfelület hevederezett, habosított, és szövettel borított. A heverőhöz gyakran ágyneműtartó tartozik.

A **kanapé** elsősorban ülőbútor, de az átalakítható változat ággyá nyitható. A kanapéágy mechanikája lehet:

- **kihúzható:** az ülés alól kihúzzuk a második fekvőfelületet, a háttámla lerakható;
- **berakható:** a háttámla és az ülés lapjai egymás mellé fektethetők;
- **fémvázas, harmonikás:** a váz fémcsuklókkal bontakozik ki.

A kanapé belső vázát úgy kell kialakítani, hogy a mechanizmus mozgása ne érjen a kárpitba; a vasalat furatkiosztása és a fellépő erők miatt a gyártói sablont be kell tartani **(ellenőrizendő: termékadatok)**.

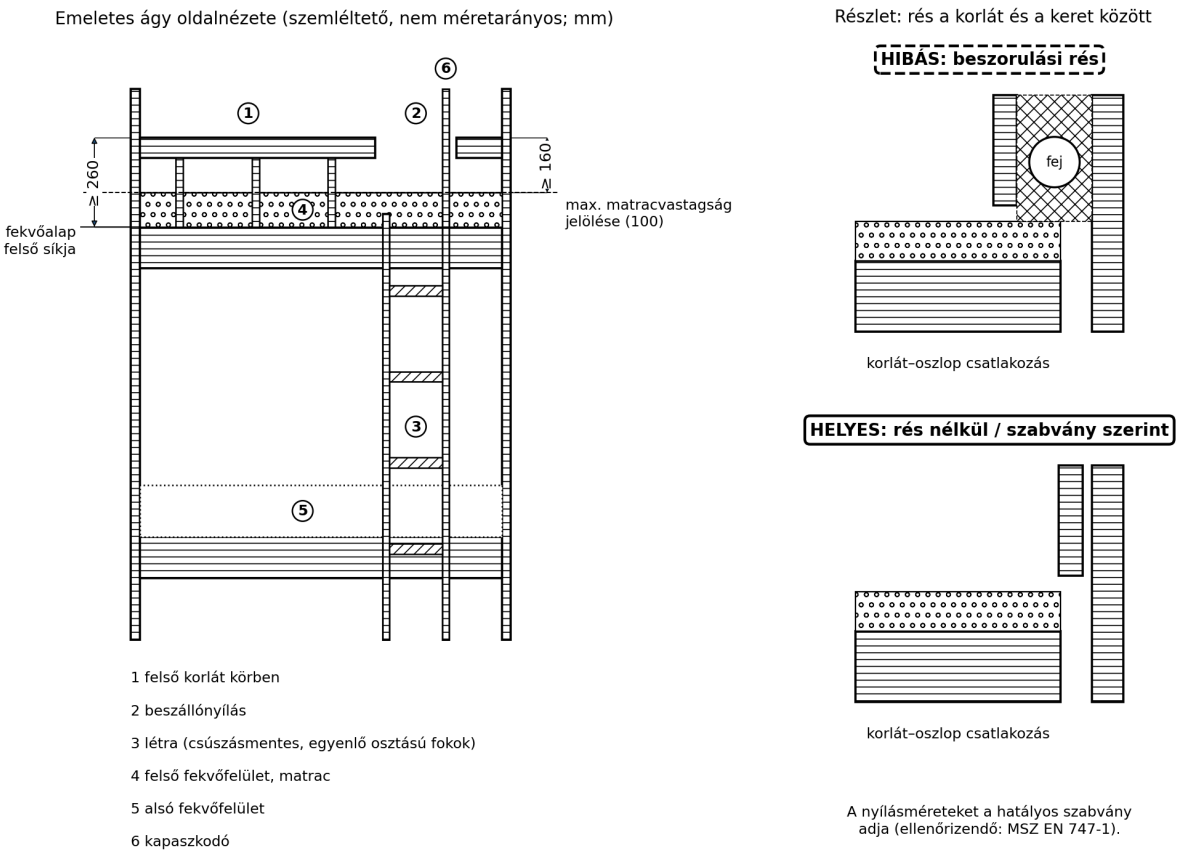
34.3.6. Emeletes ágy: korlát, létra, biztonsági követelmények

Az **emeletes ágy** két fekvőfelületet helyez egymás fölé. Alsó és felső matrac mérete gyakran azonos, de a felső ágy magassága miatt a balesetvédelem szigorú.

Szabvány. Az emeletes ágyakra és a magasított gyermekágyakra európai biztonsági szabvány vonatkozik (MSZ EN 747-1, az emeletes és magasított ágyak biztonsági követelményei) **(ellenőrizendő: a szabványszám és a hatályos kiadás, a határértékek)**. A gyakorlatban a következő pontokat kell figyelembe venni:

- **Felső korlát:** a korlát felső éle a fekvőalap (ágyrács) felső síkjától legalább 260 mm-re, a matrac tetejétől legalább 160 mm-re legyen, hogy a gyermek ne tudjon átfordulni. Ezért az ágyon jelölni kell a legnagyobb megengedett matracvastagságot, és vastagabb matracot nem szabad használni: a vastagabb matrac csökkenti a korlát hatásos magasságát **(ellenőrizendő: MSZ EN 747-1 hatályos kiadása, a határértékek)**.
- **Korláthézag:** a korlát és az ágykeret, illetve a korlát és a matracvégek között nem lehet beszorulást okozó rés. A fej- és nyakbeszorulást okozó nyílástartományokat kerülni kell **(ellenőrizendő: MSZ EN 747-1 nyílásméretei)**.
- **Létra:** a lépcsőfokok csúszásmentesek, egyenlő osztásúak legyenek; a létra kapcsolata az ágykerettel merev, oldalra nem hajolhat.
- **Stabilitás:** az ágyra ható vízszintes erővel szemben nem dőlhet meg; a felső szintre mászás közben fellépő oldalirányú terhelést is el kell viselnie.
- **Felület:** éles perem, sorja, kiálló csavar nem maradhat.
- **Figyelmeztető címke:** a felső ágy használatához ajánlott a korlátozó figyelmeztetés, például „6 éven aluli gyermek a felső ágyat ne használja” – ezt a vonatkozó szabvány és a gyártói útmutató pontosítja **(ellenőrizendő: követelmény és korhatár)**.

Az ábra a biztonsági elemek helyét mutatja: a korlát magasságát a fekvőalap (ágyrács) felső síkjától és a matrac tetejétől is mérjük, ezért az ágyon jelölni kell a legnagyobb megengedett matracvastagságot. A részlet a korlát vége és az oszlop között maradó, beszorulást okozó rést (HIBÁS) és a rés nélküli csatlakozást (HELYES) állítja szembe.



34.9. ábra. Emeletes ágy biztonsági elemei és a beszorulási rés részlete (határértékek: ellenőrizendő, MSZ EN 747-1)

Gépbiztonság. Az emeletes ágy alkatrészeinél is ugyanaz a szabály: gépi műveletet betanított, felügyelt tanuló végezhet; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozzon. A létrafokok és a korlátléc végeinek csiszolásánál a kerekítő marás, csiszolás a vonatkozó gépbiztonsági előírásokkal történjen.

34.3.7. Bontható ágyvasalatok

A szállíthatóság és a szerelhetőség miatt a fekvőbútorok kerete gyakran **bontható vasalattal** készül. A legelterjedtebb típusok:

- **Horonyvasalat:** két félből álló, egymásba akadó acélvasalat; egyik fele a fej- vagy lábtámlába, másik az oldalelembe kerül. A csavaros összekötő meghúzásakor a két elem húzza egymást, a kötés merev és nyikorgásmentes lesz.
- **Csavaros összekötő (betétcsavaros vasalat):** az egyik elembe hengeres anyát, a másikba csavart építenek; az összehúzás felületi nyomással tart.
- **Akasztóvasalat:** a fejtámla belső oldalára szerelt karmos vagy kampós elem, amelybe az oldalelem beakad; gyors, de a pontos felfekvő felület és a terhelés iránya dönt.
- **Sarokvasalat:** a sarkokba csavarozott, esetenként húzórúddal ellátott merevítő elem.

Szabály. A bontható kötés pontos furathelyet és **merőleges csatlakozófelületet** igényel. A vasalatot mindig a gyártó által megadott furatátmérővel, mélységgel és csavarmérettel szereljük. A túl mély furat gyengíti az anyagot, a túl sekély furat miatt a vasalat nem húz össze. A vasalatok

teherbírása eltér; a nagyobb ágyaknál válasszunk erre tervezett, fémből készült horonyvasalatot **(ellenőrizendő: gyártói teherbírási adat)**.

Technológiai sorrend bontható ágykerethez.

1. Rajz és szabásjegyzék; a vasalatok furathelyeit rajzon rögzítsd.
2. Szabás lapanyagból vagy tömör fából, élzárás, méretre munkálás.
3. A fej- és lábtámla összeállítása ragasztással.
4. A furatok fúrása sablonnal; a vasalatfészek kimarása alsómarón vagy fúrógépen.
5. A vasalatok próbaszerelése, a derékszög és a belső méret ellenőrzése.
6. Felületcsiszolás, felületkezelés.
7. Végső szerelés, vasalatok meghúzása, terhelési próba.

A vasalatok furatainak elkészítésénél használj **sablont**. A kézi előrajzolás kis eltérései miatt a keret nyikoroghat, vagy a matrac nem fekszik fel egyenletesen.

34.3.8. Fekvőbútorok gyártása

A gyártás anyagtól és darabszámtól függ. Tömörfa gyártásnál a keret alkatrészeit **szálirány szerint** jelöljük, gyaluljuk, csapozzuk. Lapanyagból történő gyártásnál a fő lépések:

1. lapszabás,
2. hossz- és keresztszabás méretre,
3. élzárás,
4. furatolás vasalatokhoz és szerelvényekhez,
5. csiszolás,
6. szerelés,
7. csomagolás.

A gyártási műveletek gépbiztonsága: a körfűrészgépen hasítóék, védőburkolat, tolófa használata; a fúrógépen szorító; az élzárásnál a kéz ne érintse a ragasztási zónát; a csiszológépnél elszívás és légzésvédelem. **Továbbvitt eredmény.** A fekvőbútorok vasalatai, furatkiosztása és gyártási gyakorlata a Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése, a Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és présekaz Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő és a vizsgafelkészítő részekben kerülnek elő újra. Az itt tanult belső méret- és vasalat-ellenőrzés a vizsgaremek kivitelezésénél is alapfeladat.

34.3.9. Kárpitozás alapjai: rugózás, hevederezés, töltőanyagok, huzat

A kárpitozott fekvőbútorokat gyakran asztalos és kárpitos együtt gyártja. Az asztalos készíti a fakeretet és a merev elemeket; a kárpitos végzi a hevederezést, a rugózást, a habosítást és a huzat elkészítését. Az alábbiakat azért kell ismernünk, hogy a váz mérete és formája a kárpitozásra alkalmas legyen.

Fakeret. A váznak fűrészelt, tömör vagy rétegelt lemez elemei legyenek. A kárpitos a hevedereket a vázelemek belső oldalára kapcsolja, ezért a sarkok nem lehetnek élesek, a felületet csiszolni kell. A váz legyen száraz; túl nedves fa később vetemedik, a huzat hullámos lesz.

Hevederezés. A fekvőfelület vagy ülés alapját **hevederek** alkotják. A heveder lehet juta, poliészter, gumi vagy vegyes anyagú. A hevedert feszítve, egymásra merőlegesen vagy átlósan szövik. A feszítés erőssége határozza meg a felület alátámasztását. A túl laza heveder besüpped, a túl feszes kényelmetlen.

Rugózás. A kárpitozás tartósságát a rugó adja. Gyakori típusok:

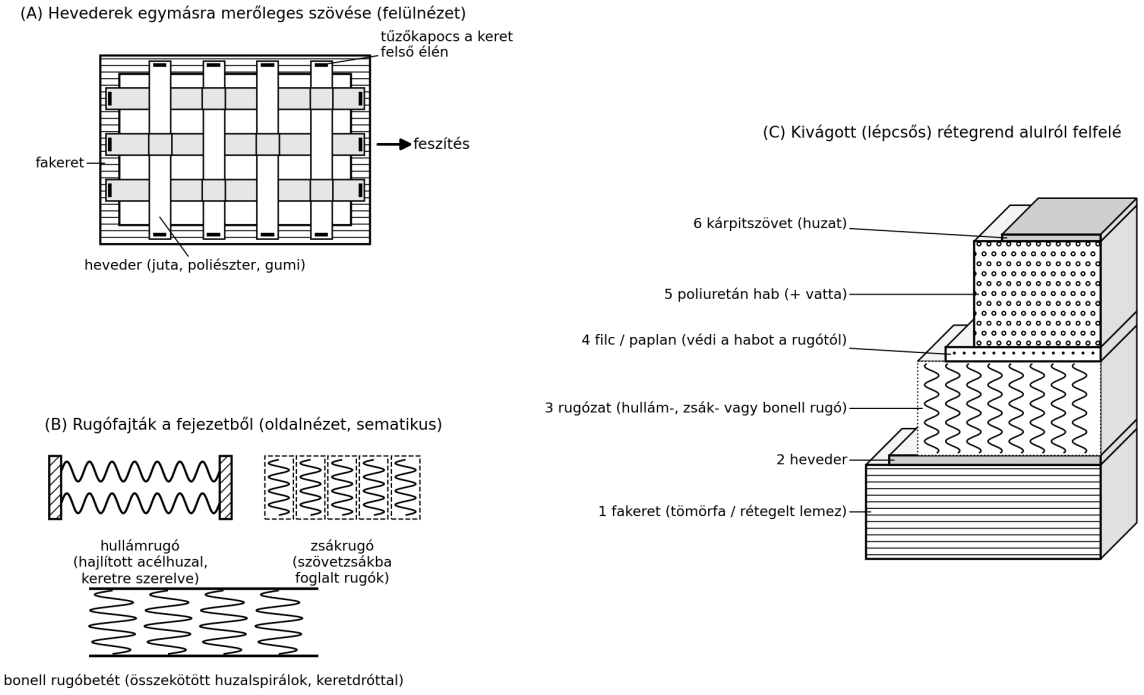
- **hullámrugó:** acélhuzalból hajlított, keretre szerelt hullámos szalag; olcsó, jól használható;
- **zsákrugó:** különálló, szövetbe vagy papírzsákba foglalt rugók; a bútor kényelmét javítja;
- **bonell rugó:** huzalspirálokból összekötött rugóbetét.

A kárpitos a rugókat filccel vagy paplananyaggal fedi, hogy a habot ne vágják el.

Töltőanyagok. A leggyakoribb töltőanyag a **poliuretán hab** (hideghab). Különböző sűrűségben kapható; ülőfelülethez nagyobb sűrűség, háttámlához kisebb sűrűség jellemző (tájékoztató tartomány: ülés 35–45 kg/m³, háttámla 25–35 kg/m³ – **ellenőrizendő: gyártói adat**). A habot vattaréteggel vagy filccel borítják, hogy a szövet ne csússzon, és a forma puhább legyen. A toll- és vattatöltet hagyományos, de karbantartást igényel.

Huzat. A kárpitszövet legyen kopásálló, tisztítható és színtartó. A huzatot lazán, de ráncmentesen feszítik. A varratok a sarkoknál és a párnatoldalnál megerősítettek. A szövet kiválasztásánál nemcsak a színt, hanem a **dörzsállóságot** (pl. Martindale-ciklusszám) és a fényállóságot is nézni kell **(ellenőrizendő: textilvizsgálati érték)**.

Az ábra az asztalos és a kárpitos munkájának határát mutatja: az asztalos a fakeretet készíti, erre kerül a szőtt heveder, a rugózat, a filc vagy paplan, a hab és végül a kárpitszövet.



34.10. ábra. Hevederszövés a fakereten, a rugófajták és a kárpitozott felület kivágott rétegrendje

Együttműködés a kárpitossal. Az asztalos adja meg a pontos vázméreteket, a kárpitos pedig a bevonat után a kész méreteket. A hab és a szövet vastagsága miatt a kész bútor mérete nő. Ezért a megrendelőnek a kész külső méretet és a fekvőfelület belméretét is egyeztetni kell. A kárpitosnak a fakeretbe nem szabad vakon kapocsgépelni; a csavarok, vasalatok és kábelek helyét meg kell jelölni.

34.3.10. Számítások fekvőbútoroknál

1. példa – Ágykeret belső méretének ellenőrzése. Adott egy 1600 × 2000 mm-es matrac. A tervező oldalanként 15 mm játékot szeretne. Mekkora legyen a keret belső szélessége és hossza? Mekkora a külső szélesség, ha az oldalelemek vastagsága 25 mm?

Megoldás. Belső szélesség:

$$b_{\text{belső}} = b_{\text{matrac}} + 2 \cdot j = 1600 + 2 \cdot 15 = 1630\,\text{mm}.$$

Belső hossz:

$$l_{\text{belső}} = l_{\text{matrac}} + 2 \cdot j = 2000 + 2 \cdot 15 = 2030\,\text{mm}.$$

Külső szélesség:

$$b_{\text{külső}} = b_{\text{belső}} + 2 \cdot v_{\text{oldal}} = 1630 + 2 \cdot 25 = 1680\,\text{mm}.$$

Ellenőrzés: külső szélesség = matrac + 2 · játék + 2 · oldalvastagság = 1600 + 30 + 50 = 1680 mm – egyezik. A belső méret 1630 mm > 1600 mm, tehát a matrac behelyezhető.

2. példa – Ágyneműtartó doboz lapanyagigénye. Egy ágy alá épített, nyitott doboz alja 1630 × 2030 mm-es, magassága 250 mm. Az anyag 18 mm vastag bútorlap. A doboz elemei: 1 db alj, 2 db hosszoldal, 2 db rövid oldal. Mekkora a nettó lapanyagfelület? Adjunk hozzá 15% szabási hulladékot, majd értékeljük, hány 2800 × 2070 mm-es tábla szükséges.

Megoldás. Az alj felülete:

$$A_{\text{alj}} = 1{,}630 \cdot 2{,}030 = 3{,}3089 \approx 3{,}309\,\text{m}^2.$$

Két hosszoldal:

$$A_{\text{hossz}} = 2 \cdot (2{,}030 \cdot 0{,}250) = 2 \cdot 0{,}5075 = 1{,}015\,\text{m}^2.$$

Két rövid oldal:

$$A_{\text{rövid}} = 2 \cdot (1{,}630 \cdot 0{,}250) = 2 \cdot 0{,}4075 = 0{,}815\,\text{m}^2.$$

Nettó felület:

$$A_{\text{nettó}} = 3{,}309 + 1{,}015 + 0{,}815 = 5{,}139\,\text{m}^2.$$

Hulladékkal 15%:

$$A_{\text{szükséges}} = 5{,}139 \cdot 1{,}15 = 5{,}910\,\text{m}^2.$$

Egy 2800 × 2070 mm-es tábla felülete:

$$A_{\text{tábla}} = 2{,}800 \cdot 2{,}070 = 5{,}796\,\text{m}^2.$$

Mivel 5,910 m² > 5,796 m², a nettó+15% hulladék alapján **kettő tábla** látszik szükségesnek. A valóságban a szabásterv dönt: ha a három nagylemez-elem nem fér el egy táblán a vágási ráhagyással, akkor is kettő tábla kell. Ezért a felületi számítás csak becslés, a tényleges táblaszámot a Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal szerint kell meghatározni.

34.3.11. Minőségellenőrzés

A fekvőbútor átadása előtt a következőket ellenőrizzük:

- A belső méretet legalább 1600 mm-es matrac esetén 1620–1640 mm között mérjük; a matrac ne szoruljon, de a játék ne haladja meg oldalanként a kb. 20 mm-t (tájékoztató).
- A sarkok derékszögét átlóméréssel ellenőrizzük; a két átló eltérése tűrése a bútor nagyságától függ, tájékoztató érték 2–3 mm-en belül **(ellenőrizendő: terméktűrés)**.

- A vasalatokat meg kell húzni; a csavarfejek nem állhatnak ki, a horonyvasalat húzásakor a két elemnek feszesen össze kell feküdnie.
- Az ágyrács lécei egyenletesen, elmozdulás nélkül feküdjenek fel; a rögzítőelemek ne érinthessék a matracot.
- Az emeletes ágy korlátja, létra és a felső matrac alatti szerkezet ne legyen éles; a korlátdarabok hajlítását és a hézagokat a szabvány szerint ellenőrizzük **(ellenőrizendő: szabványos vizsgálat)**.
- A kárpitozott részeken ne legyen hullám, a huzat sarkai feszüljenek, a kárpitkapcsok ne ütközzenek a fafelületbe.

34.3.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** az ágy nyikorog a használat során. **Ok:** a horonyvasalat furata nem pontos, a fej- és oldalelem összefekvő felülete nem sík. **Helyes gyakorlat:** sablonos furatkészítés, a felületek szorítása, a vasalat próbaszerelése.
2. **Hiba:** a matrac be sem fér, vagy oldalanként 30 mm-nél nagyobb hézag marad. **Ok:** a rajzon a játékot nem számolták, vagy a munkadarabokat rossz bázisélről mérték. **Helyes gyakorlat:** mindig a belső méretből kiindulva, bázisél–bázislap szerint dolgozz.
3. **Hiba:** az emeletes ágy korlátján átfér a matrac, vagy a gyermek beszoríthatja a karját. **Ok:** a korlát magassága vagy a lécek közötti távolság nem a biztonsági követelményhez igazodott. **Helyes gyakorlat:** a korlátmagasságot és a hézagokat a vonatkozó szabvány szerint állítsd be **(ellenőrizendő: pontos méretek)**.
4. **Hiba:** a kárpitozott heverő ülőfelülete hamar besüpped. **Ok:** túl vékony vagy kis sűrűségű hab, laza hevederezés. **Helyes gyakorlat:** a terhelésnek megfelelő habsűrűséget és hevederezési irányt válassz, a kárpitossal egyeztess.
5. **Hiba:** a ragasztott keret szétnyílik a szállítás közben. **Ok:** a keretet csak ragasztással, bontható vasalat nélkül építették, pedig a lépcsőház miatt szét kellett volna szerelni. **Helyes gyakorlat:** a szállítási útvonalat már a tervezésnél ismerni kell.

34.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos egyszemélyes ágyat készített, de a vevő az ágyat a lépcsőfordulóban nem tudta felvinni, mert a fejtámla egy darabból állt, 1000 mm széles és 1200 mm magas volt. A hibát az okozta, hogy a rendelésfelvételkor nem beszélték meg a szállítási útvonalat. A javítás során a fejtámlát ketté kellett vágni, vasalattal láthatatlanul összeépíteni, majd a sarkoknál horonyvasalatra cserélték a ragasztott kötést. A tanulság: a fekvőbútoroknál a bontható szerkezetet és a szállíthatóságot a tervezéskor kell eldönteni, nem a szerelés közben.

34.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A kétszemélyes ágy belső szélessége pontosan a matrac szélessége lehet, játék nélkül.
2. Igaz vagy hamis? A rugós ágyrács rugalmasabb alátámasztást ad, mint a merev léces rács.
3. Mi az oldalankénti játék értéke általában?
4. Az emeletes ágyon a felső korlát miért legyen magas?
5. Melyik vasalat bontható és rejtett?
6. Milyen rétegek vannak egy kárpitozott fekvőfelületben alulról felfelé?

34.3.15. Feladatok

1. feladat (A). Nevezd meg a fekvőbútorok négy típusát, és írd le, mi különbözteti meg az átalakítható bútort a fixtől.

2. feladat (A). Egy matrac 1400 × 1900 mm. Számítsd ki a belső szélességet és hosszt, ha oldalanként 12 mm játékot veszel.

3. feladat (B). Egy ágyneműtartó doboz belső mérete 1400 × 2000 mm, magassága 300 mm. Mennyi a nettó lapanyagfelület, ha az alj és a négy oldal 18 mm-es bútorlapból készül? Adj hozzá 10% hulladékot, és számold ki a szükséges felületet.

4. feladat (B). Sorolj fel legalább öt biztonsági ellenőrzőpontot egy emeletes ágy felső szintjén.

5. feladat (C). Válassz bontható ágyvasalatot egy 1800 × 2000 mm-es kétszemélyes ágyhoz, és indokold a választásodat. Mitől függ, hogy egy horonyvasalat megfelel-e?

6. feladat (D). Készíts vázlatos művelettervet egy 1600 × 2000 mm-es ágykerethez, amely bontható horonyvasalattal készül lapanyagból. A műveletterv legalább öt lépésből álljon; tüntesd fel az ellenőrzési pontokat.

34.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok: 1. hamis (játék kell); 2. igaz (a rugós ágyrács rugalmasabb alátámasztást ad); 3. 10–20 mm (tájékoztató); 4. hogy a gyermek ne fordulhasson át (balesetvédelem); 5. horonyvasalat; 6. váz, heveder, rugó, filc/paplan, hab, huzat.

1. feladat. Típusok: fix, nagyobbítható, átalakítható, emeletes. A fix bútor fekvőfelülete állandó; az átalakítható nappal ülőbútorként, éjjel ágyként használható.

2. feladat.

$$b_{\text{belső}} = 1400 + 2 \cdot 12 = 1424\,\text{mm},$$

$$l_{\text{belső}} = 1900 + 2 \cdot 12 = 1924\,\text{mm}.$$

3. feladat. Alj:

$$A_{\text{alj}} = 1{,}400 \cdot 2{,}000 = 2{,}800\,\text{m}^2.$$

Két hosszoldal:

$$2 \cdot (2{,}000 \cdot 0{,}300) = 1{,}200\,\text{m}^2.$$

Két rövid oldal:

$$2 \cdot (1{,}400 \cdot 0{,}300) = 0{,}840\,\text{m}^2.$$

Nettó:

$$2{,}800 + 1{,}200 + 0{,}840 = 4{,}840\,\text{m}^2.$$

Hulladékkal:

$$4{,}840 \cdot 1{,}10 = 5{,}324\,\text{m}^2.$$

4. feladat. Korlátmagasság, korláthézagok, létra merevsége és lépcsőosztása, stabilitás, éles peremek hiánya, figyelmeztető jelölés.

5. feladat. Horonyvasalat. Indok: rejtett, szerelhető, húzásra dolgozik, nagyméretű ágynál is megfelelő, ha a gyártói teherbírása elegendő. A furathelyek, a csavarok és a felfekvő felület pontossága a feltétel.

6. feladat. Műveletterv: 1. Lapszabás – ellenőrzés: méretek a szabásjegyzék szerint. 2. Élzárás – ellenőrzés: az élzáró feszes, nincs túllógás. 3. Vasalatfuratok fúrása sablonnal – ellenőrzés: furatmélység, furathelyek. 4. Próbaszerelés – ellenőrzés: derékszög, belső méretek, vasalatok feszesen ülnek. 5. Csiszolás – ellenőrzés: felület sima, él nem éles. 6. Végső szerelés és csomagolás – ellenőrzés: a bontható elemek külön egységben, vasalattal, szerelési útmutatóval.

34.3.17. Rövid összefoglaló

A fekvőbútorok a fix, nagyobbítható és átalakítható típusokba sorolhatók; közös jellemzőjük, hogy a fekvőfelületet a matracméret határozza meg. A keret belső méretét a matrac szélessége és hossza plusz oldalanként 10–20 mm játék adja. A bontható ágyvasalatok – elsősorban a horonyvasalat – pontos furathelyeket, sablonos furást és merőleges felületeket igényelnek. Az emeletes ágy felső szintjén a korlát magasságát, a hézagokat, a létra merevségét és az éles peremeket biztonsági követelmények szerint kell ellenőrizni. A kárpitozott fekvőbútor rétegrendje: váz, heveder, rugó, filc vagy paplan, hab, huzat. A hab sűrűsége és a hevederezés feszessége a kényelmet és a tartósságot határozza meg; a pontos értékeket gyártói adatlapról kell venni. **Továbbvitt eredmény:** a fekvőbútorok vasalatai, huzattal való egyeztetése és gyártási gyakorlata a későbbi szerelési, kalkulációs és vizsgafelkészítő alfejezetekben újra előkerül, mert a pontos furatkiosztás, a belső méret és a szállíthatóság a kivitelezés sikerének alapja.

34.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari tankönyvek és bútoripari technológiai összefoglalók a fekvőbútorok szerkezeteiről.
- Bútorvasalat-gyártók műszaki adatlapjai a horonyvasalatok teherbírásáról és furatképéről.
- Kárpitosipari szakmai összefoglalók a hevederezés, rugózás, hab- és szövetválasztás témakörében.
- **Ellenőrizendő:** az emeletes ágyakra és a gyermekágyakra vonatkozó hatályos európai szabványszám, a pontos korlátmagasság- és hézagkövetelmény, a korhatár-jelölés; a matracok aktuális szabványos méretei; a poliuretán habok sűrűségtartományai és a kárpitszövetek vizsgálati értékei; a vasalatok konkrét teherbírási adatai.

35 Beépített, irodai és kiegészítő bútorok

35.1. Beépített bútorok elhelyezése és gyártása: konyhabútor, gardrób

35.1.1. Motiváció

Beépített bútor tervezésekor az asztalos nem a műhelyrajz méreteihez, hanem egy valódi, hibákkal teli helyiséghez igazodik. A fal nem függőleges, a padló nem vízszintes, a sarok nem derékszög, a falban víz- és villanyvezetékek futnak. Ha a konyhabútor vagy a gardrób nem követte ezeket a tűréseket, az ügyfél szembesül a nem záródó ajtóval, a fal mellett hézaggal, vagy a felső szekrény lejtésével. A beépített bútor tehát nemcsak bútor, hanem **építészeti csatlakozású termék**. A méretezést, a gyártást és a szerelést egységben kell értelmeznünk. Ebben az alfejezetben két leggyakoribb beépített terméket mutatunk be: a konyhabútort és a gardróbszekrényt. A hangsúly a falakhoz, padlóhoz, mennyezethez, gépészeti kiállásokhoz való illesztésen, a gyártási méretek meghatározásán és a kalkuláción van.

35.1.2. A beépített bútor fogalma és elhelyezési szabályai

Definíció. A **beépített bútor** olyan egyedi vagy szériaméretű bútorelem, amely a helyiség méreteihez, csatlakozó felületeihez és gépészeti kiállásaihoz igazodik, ezért a helyszínen szerelik össze, és általában rögzítik a falhoz, padlóhoz vagy mennyezethez. A konyhabútor és a gardrób tipikus példa.

A beépített bútor soha nem feszül a falhoz, a mennyezethez vagy a padlóhoz. A fal eltéréseit takarólécekkel, illesztőléccel, lábazattal és hátsó szellőzőhézaggal dolgozzuk el. Ha a bútor közvetlenül feszül a falhoz, a fal egyenetlensége miatt megtekerheti a korpuszt, a munkalap hátsó éle eláll, az ajtók hézagai megváltoznak.

Szabály. A beépített bútor gyártási méreteit mindig a Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása során rögzített **legkisebb belső méret** alapján határozzuk meg. A bútor teljes befoglaló méretét a gyártási hézag és a takaróelemek szélessége szerint csökkentjük vagy növeljük. A hézagot a takaró léc vagy árnyékoló él fedi, hogy a kész termék esztétikus maradjon.

A tipikus gyártási rend:

1. A felmérési méretekből kiválasztjuk a legkisebb falhosszt, belmagasságot és nyílástávolságot.
2. A gyártási befoglaló méretet a nyílásméretnél **10–20 mm-rel kisebbre** vesszük (ellenőrizendő: terméktől és helytől függően).
3. Az oldalsó és felső réseket takarólécekkel, lábazattal vagy tömítőcsíkkal fedjük.
4. A bútor állítható lábain vagy éklécein a padló szintkülönbségeit kiegyenlítjük.

Példa. Egy konyhabútor falhossza a felmérés szerint bal oldalon 3 615 mm, középen 3 608 mm, jobb oldalon 3 622 mm. A bútor befoglaló hosszát a legkisebb mérethez igazítjuk, ezért 3 590 mm gyártási hossz mellett döntünk, a maradék 18 mm oldalanként takaróléccel osztható el. Számoljuk ki a maradékot: $3\,608 - 3\,590 = 18$ mm, azaz oldalanként 9 mm hézag.

35.1.3. Konyhabútor: alsó és felső elemek, munkalap

A **konyhabútor** a konyhai munkafolyamatokat kiszolgáló, egymáshoz illesztett alsó és felső korpuszokból, munkalapból, homlokzati elemekből és beépített gépekből áll. A korpuszokat a Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája szerint gyártjuk, de a beépített konyha esetében a szélességek a helyszínhez igazodnak.

A konyhabútor elemei:

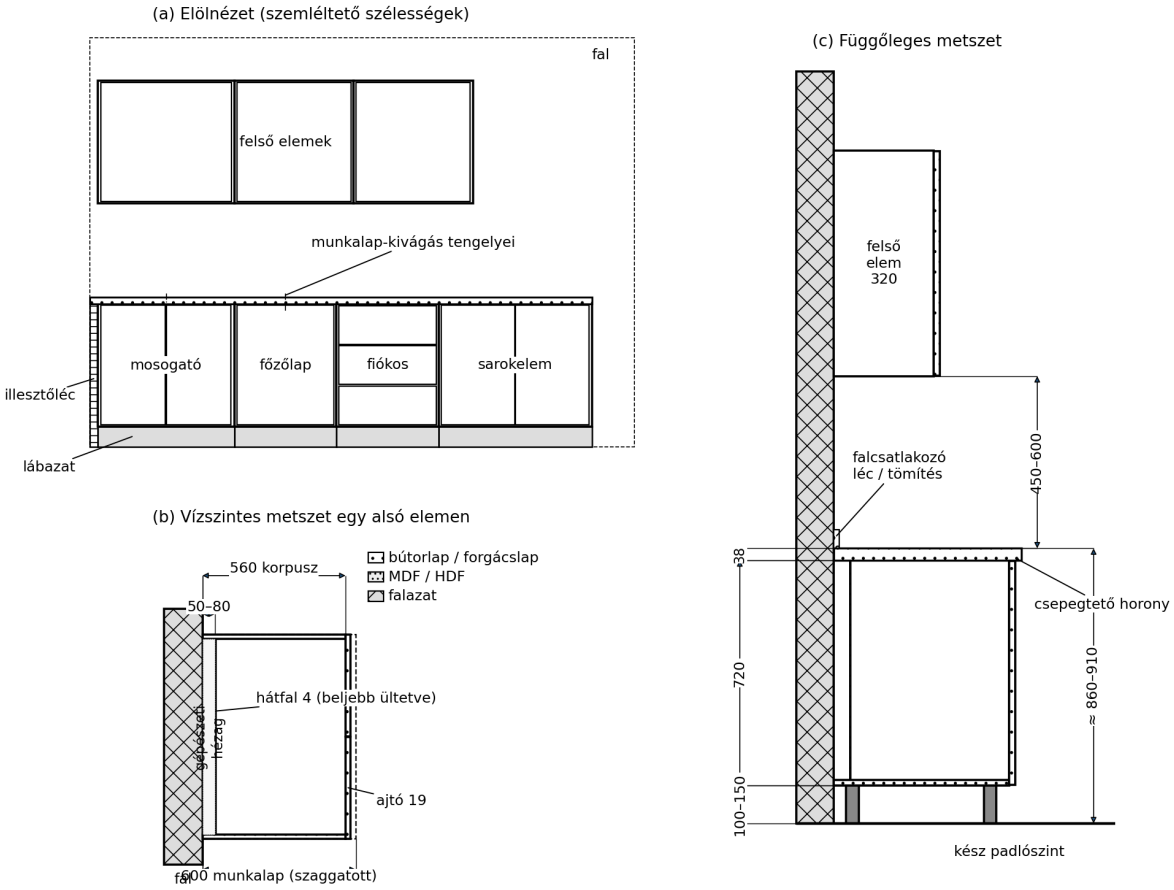
- **Alsó elem (álló szekrény)**: mélysége jellemzően 600 mm (ellenőrizendő: ajtóvastagságtól és munkalaptól függően); a magassága: korpusz kb. 720 mm + állítható láb/lábazat 100–150 mm + munkalap 38 mm ≈ 860–910 mm munkalapfelső (tájékoztató).
- **Felső elem**: mélysége jellemzően 300–350 mm, magassága 600–900 mm, a munkalap fölött 450–600 mm-es függőleges hézaggal.
- **Munkalap**: vastagsága 28–40 mm, anyaga nedvességálló forgácslap, HPL, kő vagy tömörfa. A munkalap elülső élének alsó oldalán csepegtető horony vezeti le a vizet, hogy ne folyjon a korpuszra; a munkalap és a fal csatlakozását falcsatlakozó léc vagy rugalmas tömítés zárja (ellenőrizendő: munkalapgyártói útmutató). Az elülső él lekerekített.

A konyhabútor funkciói szerint az elemek lehetnek: fiókos, ajtós, sütőalatti, mosogató alatti, főzőlap alatti, hűtő feletti, sarok elem. Az elemek sorrendjét a **konyhai munkaháromszög** (hűtő, mosogató, főzőlap) alapján tervezzük.

Rajz és méretmegadás.

A konyhabútor rajza alaprajzot, elölnézetet és csomóponti metszetet tartalmaz. A rajzon a gyártási méreteket mm-ben, a kivágások pozícióit az elem báziséleitől adjuk meg.

Az ábra a beépített konyhabútor fal-, padló- és gépészeti csatlakozását foglalja össze: (a) elölnézet az alsó sorral (mosogató-, főzőlap-, fiókos és sarokelem), a felső elemekkel, a falnál az illesztőléccel és a lábazattal; (b) vízszintes metszet, amelyen a hátfal mögött 50–80 mm gépészeti hézag marad, a korpusz 560 mm mély, az ajtó 19 mm, a munkalap 600 mm; (c) függőleges metszet a magassági méretlánccal: láb 100–150 mm + korpusz 720 mm + munkalap 38 mm ≈ 860–910 mm (tájékoztató), a munkalap elülső élén csepegtető horony, hátul falcsatlakozó léc vagy rugalmas tömítés.



35.1. ábra. Konyhabútor elölnézete, vízszintes és függőleges metszete (tájékoztató méretek, mm)

35.1.4. Mosogató és főzőlap kivágása

A **kivágás** a munkalapba vagy korpusz részbe marással vagy szúrófűrészeléssel készített nyílás, amelybe a beépítendő gép, mosogatótálca vagy főzőfelület illeszkedik.

Szabály. A kivágási méreteket és pozíciót mindig a beépítendő termék gyártói beépítési sablonja vagy műszaki adatlapja szerint állapítjuk meg. A kivágás kontúrját a munkalap alsó oldalán jelöljük. A főzőlap kivágásánál a munkalap elülső élétől és a hátfaltól megadott minimális távolságot be kell tartani. A mosogatótálca kivágásánál a tálca pereme körben legalább 10 mm-es felfekvést kapjon (ellenőrizendő: gyártói adat).

A kivágás műveleti lépései:

1. A munkalapot méretre vágjuk és az elhelyezési pozícióba fektetjük.
2. A bázisélből kimérjük a kivágás tengelyét és kontúrját.
3. A kontúr sarkait megfúrjuk fúróval, a szúrófűrészlap bevezetéséhez.
4. A kivágást a kontúr belső oldalán, a jelölővonalat megtartva fűrészeljük.
5. A vágott élet nedvességvédő éllel vagy tömítőanyaggal kezeljük a gyártói előírás szerint.

Példa. Egy mosogatótálca külső mérete $960 \times 500\,\text{mm}$, a gyártói sablon szerinti kivágási mérete $940 \times 480\,\text{mm}$. A munkalap 600 mm mély, a tálca középvonala a munkalap elülső élétől 300 mm-re van (így hátul és elöl is egyenlő peremet kapunk). A kivágás bal széle a munkalap bal bázisélétől 1 200 mm. A kivágás pontjai tehát: bal szél 1 200 mm, jobb szél $1\,200 + 940 = 2\,140\,\text{mm}$, elülső szél (az elülső éltől) $300 - 240 = 60\,\text{mm}$, hátsó szél $300 + 240 = 540\,\text{mm}$. A kivágás mögött

600−540 = 60 mm marad a munkalap hátsó széléig, ez elegendő a falcsatlakozásnak (ellenőrizendő: gyártói beépítési rajz). Megjegyzés: ha a középvonal 330 mm-re lenne, a hátsó perem csak 30 mm maradna, ami kevés.

35.1.5. Páratechnika és nedvességvédelem

A konyhában a főzés hőt és vízgőzt termel. A bútor anyagai **nedvességálló** kivitelűek legyenek:

- korpuszlap: P2 vagy P3 minősítésű forgácslap, nedvességálló MDF vagy rétegelt lemez (ellenőrizendő: panelgyártói besorolás);
- élzáró: zárt, vízhatlan ragasztóval rögzített él;
- munkalap kivágáséle: nedvességálló tömítéssel vagy élzáró anyaggal fedett;
- hátfal: legalább 3–5 mm nedvességálló farostlemez vagy rétegelt lemez;
- páraelszívó: a főzőlap felett elszívó berendezés, amely eltávolítja a párát és a zsíros gőzt; a zsírszűrőt tisztítani kell.

A felső elemek alján gyakran **páravédő lemez** vagy fóliaborítás van. A víz ne álljon meg a munkalap hátsó éle mögött; a munkalap és a fal csatlakozását falcsatlakozó léc vagy rugalmas tömítés zárja, az elülső él alsó oldalán pedig csepegtető horony vezeti le a vizet.

35.1.6. Gardrób és beépített szekrény

A **gardrób** teljes falméretet vagy térelválasztót kitöltő, egyedi méretű beépített szekrény, amely elsősorban ruhák, tárolók, polcok és tolóajtók rendszeréből áll.

A beépített gardrób tervezési szempontjai:

- **Tolóajtó vagy nyíló ajtó**: a tolóajtó előnye, hogy nem foglal el szabad teret, de a korpusz mélységéből elvisz a sínrendszer; a nyíló ajtó egyszerűbb, de nyitott állapotban helyet igényel.
- **Belső kialakítás**: rúd a vállfához, polcok, cipős polcok, fiókok, kosarak, függőleges osztók. A belső tér mélységét a rúd és a tolóajtó rendszer határozza meg.
- **Felső és alsó takarósáv**: a ferde fal- és padlócsatlakozást rejtő sáv, amely utólag méretre vágható.
- **Középső osztó**: a tolóajtó vezetősínjének rögzítését és a terhelés elosztását segíti.

A **tolóajtó** két vagy több ajtólapból áll, amelyek alsó és felső sínben gördülnek. A felső sín a tolóajtó súlyát vezeti, az alsó sín a kifordulás ellen rögzít. A síneket vízszintbe és párhuzamba kell állítani.

Szabály. Tolóajtós gardrób esetén a korpusz belső mérete legalább 100–120 mm-rel nagyobb a tolóajtó rendszer befoglaló méreténél, hogy a gépészeti hézag és a takarólécek elférjenek (ellenőrizendő: vasalatgyártó adatai).

35.1.7. Beépített bútorok gyártása

A beépített bútorokat jellemzően **lapszerkezetű** korpuszokból gyártjuk, helyszínen állítjuk össze és rögzítjük. A gyártási folyamat a Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája szerint zajlik, itt a beépítési specifikumokat emeljük ki.

A gyártás lépései:

1. **Felmérési adat ellenőrzése.** A rajz és a felmérési lap minden méretét összevetjük; ha eltérés van, az ügyfelet értesítjük.
2. **Szabásjegyzék készítése.** A korpuszok, ajtók, hátfalak és takarólécek kész méretéből nyers méretet számolunk.
3. **Szabás és élzárás.** A beépített elemeket a 32 mm-es fúróraszter szerint vagy bázisél rendszerben gyártjuk.
4. **Fúrások.** A polctartó-furatok, vasalati furatok, gépészeti kiállások furatait a szerelési rajz pozíciói szerint készítjük.
5. **Munkalap kivágás.** A mosogató és főzőlap kivágását a munkalapon gyártjuk, nem a helyszínen.
6. **Előszerelés.** A korpuszokat a műhelyben próba szereljük, a vasalatokat előszereljük, majd szállításra bontjuk.
7. **Szállítás és helyszíni szerelés.** A csomagolt elemeket védőanyaggal csomagoljuk, a helyszínen állítjuk be és rögzítjük.

35.1.8. Gépészeti kiállások

A konyhában és gardrób mögött villany-, víz-, gáz- és szellőző vezetékek haladhatnak. A bútor hátfalán vagy alján **kiállási nyílásokat** kell készíteni, ahol a gépészeti csatlakozók átérnek.

Figyelem. A gépészeti vezetékek szerelését, feszültségmentesítését, megbontását csak szakember végezheti. Az asztalos a bútoron csak a szerelési rajz alapján furatokat, kivágásokat készít, és a kész bútort a csatlakozási pontokhoz igazítja.

A gépészeti kiállások tervezése:

- A villanydugasz, sütő, főzőlap, elszívó, mosogató és mosogatógép csatlakozási méreteit a felmérési lap pozícióival rögzítjük.
- A bútor hátfalán a kiálláshoz egy körkivágás vagy téglalap nyílás készül, amely a gép mögötti szerelési zónát hagyja.
- A mosogató alatt a víz- és szennyvízcsatlakozásnak akadálymentes sávot biztosítunk.
- A hátfal mögött a faltól 50–80 mm-es gépészeti hézagot hagyunk (tájékoztató).

Számítás. Adott: a dugalj középpontja a padlótól 1 100 mm, a szekrénysor bal végétől 450 mm; a láb magassága 100 mm; a korpusz bal oldala a sor bal végétől 300 mm-re van. A hátfal kivágásának középpontja a korpusz aljától: $1\,100 - 100 = 1\,000$ mm, a korpusz bal oldallapjától: $450 - 300 = 150$ mm. Ez a két koordináta adja a kivágás helyét a hátfal síkjában. Mélységi ellenőrzés: a dugvilla és a kábel kb. 45 mm mély, a gépészeti hézag 60 mm, tehát elfér.

35.1.9. Rajz és szabásjegyzék

A beépített bútor rajzán a gyártási és beépítési méreteket külön szinten adjuk meg. Az alábbi példa egy konyhabútor alsó sora.

A rajz elrendezése:

- Elölnézet: az alsó elemek sorrendje, szélességek, ajtófugák, fiókmélységek.
- Vízszintes metszet: a korpuszok sorrendje, hátfal, gépészeti hézag, munkalap kivágási méretei.
- Függőleges metszet: lábazat, alsó elem, munkalap, felső elem, felső hézag.

Szabásjegyzék (minta, méretek mm-ben, tájékoztató; 736 mm széles korpusz, 2 db ajtó 2 mm fugával; a magasság: korpusz 720 + láb 100–150 + munkalap 38 mm ≈ 860–910 mm; ellenőrizendő: a választott vasalat- és lábrendszer):

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
1	Alsó korpusz oldallap	2	P2 forgácslap	720 × 560 × 18	724 × 564 × 18	hosszanti / elől 1 él	bázisél alul
2	Alsó korpusz fenék	1	P2 forgácslap	700 × 560 × 18	704 × 564 × 18	hosszanti / elől 1 él	szerelőfurat
3	Ajtó	2	MDF	716 × 365 × 19	720 × 369 × 19	– / körben élzárva	zsanér 32 mm
4	Hátfal	1	farostlemez	716 × 732 × 4	716 × 732 × 4	– / nincs élzárás	nútba csúsztatva
5	Munkalap	1	HPL	3 600 × 600 × 38	3 600 × 600 × 38	– / elöl-hát élzárva	kivágás készül

35.1.10. Kalkuláció: konyhabútor alsó elem anyagszükséglete

A kalkulációhoz mintaadatokat használunk. A számítás menetét mutatja be. A 3,6 m-es munkalapból csak az erre az egy elemre eső 0,736 m-t számoljuk az elemhez; a teljes konyhasor munkalapja külön tétel.

Mintaárak: forgácslap 12 000 Ft/m^2, MDF 15 000 Ft/m^2, farostlemez 3 000 Ft/m^2, élzáró 200 Ft/fm, HPL munkalap 45 000 Ft/fm. A vasalatok és szerelvények költségét átalányban 25 000 Ft vesszük.

Anyagszükséglet:

1. Oldallapok: 2 db × 0,720 × 0,560 = 0,806 m^2. Költség: 0,806 × 12 000 = 9 672 Ft.
2. Fenék: 1 db × 0,700 × 0,560 = 0,392 m^2. Költség: 0,392 × 12 000 = 4 704 Ft.
3. Ajtók: 2 db × 0,716 × 0,365 = 0,523 m^2. Költség: 0,523 × 15 000 = 7 845 Ft.
4. Hátfal: 0,716 × 0,732 = 0,524 m^2. Költség: 0,524 × 3 000 = 1 572 Ft.
5. Munkalap: az elemre eső 0,736 fm × 45 000 = 33 120 Ft.
6. Élzáró: korpusz elülső élek 2×0,720+0,700 = 2,14 fm; ajtók kerülete 2×(0,716+0,365)×2 = 4,324 fm; összesen 2,14 + 4,324 = 6,464 fm. Költség: 6,464 × 200 ≈ 1 293 Ft.

Költségtétel	Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Oldallap	forgácslap	0,806	m^2	12 000	9 672
Fenék	forgácslap	0,392	m^2	12 000	4 704
Ajtó	MDF	0,523	m^2	15 000	7 845
Hátfal	farostlemez	0,524	m^2	3 000	1 572

Költségtétel	Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Munkalap (az elemre eső rész)	HPL	0,736	fm	45 000	33 120
Élzáró	ABS	6,464	fm	200	1 293
Vasalat, szerelvény		1	csomag	25 000	25 000
Összes anyagköltség					**83 206**

A számítás ellenőrzése más úton, nagyságrendi becsléssel: a lapanyagok összes felülete kb. $0{,}806 + 0{,}392 + 0{,}523 + 0{,}524 = 2{,}245\,\mathrm{m}^2$; a három mintaár (forgácslap, MDF, farostlemez) átlaga kb. $10\,000\,\mathrm{Ft/m}^2$, így a lapanyag költsége kb. 22 500 Ft (a pontos számítás: $9\,672 + 4\,704 + 7\,845 + 1\,572 = 23\,793\,\mathrm{Ft}$, a becslés $\pm 10\,\%$-án belül). Az élzáró (1 293 Ft), a vasalat (25 000 Ft) és az elemre eső munkalap (33 120 Ft) hozzáadásával az összes anyagköltség $23\,793 + 1\,293 + 25\,000 + 33\,120 = 83\,206\,\mathrm{Ft}$.

35.1.11. Technológiai lap

Gyártmány: konyhai alsó elem sütő számára, munkalappal.

Cél: a korpusz összeállítása, előszerelése és a munkalap kivágásának gyártási ellenőrzése.

Anyagok: P2 forgácslap 18 mm, hátfal 4 mm farostlemez, ABS élzáró, excenteres vasalat, zsanérok, fiókpálya, szilikon tömítő (gyártói engedély esetén).

Gépek és szerszámok: lapszabászgép vagy kézi körfűrész vezetővel, éllezáró gép, fúrógép, csavarozó, szúrófűrész, kivágó fúró, derékszög, mérőszalag, mélységmérő.

Gépbiztonság. A gépi művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A körfűrészen a felső védőburkolat, hasítóék és tolófa használata kötelező; a szúrófűrészt és a fúrógépet csak stabilan rögzített munkadarabon használd. Légzésvédelem: fapor esetén FFP2 porvédő álarc, elszívás bekapcsolva. Szemüveg és hallásvédelem gépi műveletnél.

Indítás előtti ellenőrzés: a lapszabászgép szerszáma, fordulatszáma és védőburkolata, a munkadarab befogása, az elszívás, a vészleállító elérhetősége.

Lépések:

1. Ellenőrizd a szabásjegyzéket és a rajzot, a bázisméreteket. – Ellenőrzés: minden alkatrész nyers mérete a ráhagyásokkal együtt szerepel.
2. Szabd ki a korpusz alkatrészeit. – Ellenőrzés: a vágási élek derékszögűek, a befoglaló méret tűrése $\pm 0{,}5$ mm (tájékoztató).
3. Zárj le minden látszó élet. – Ellenőrzés: az él nincs rásülve, a ragasztóvonal zárt.
4. Fúrd ki a korpusz szerelési furatait. – Ellenőrzés: a 32 mm-es rendszer bázisés síkja a rajz szerint; a furatmélység pontos.
5. Szereld elő a korpuszt: oldalak, fenék, felső összekötő, hátfal nútba vagy csavarral. – Ellenőrzés: a korpusz derékszögű, átlója azonos (± 1 mm).
6. Helyezd a munkalapot a korpuszra, jelöld ki a sütő és a főzőlap kivágását. – Ellenőrzés: a kivágási tengelyek a rajz szerint, a minimális távolságok betartva.

7. Vágd ki a nyílást szúrófűrésszel, a sarkokat fúrd ki. – Ellenőrzés: a kivágás a jelölővonalon belül, a sarkok sugarasak, az élek tiszták.
8. Kezeld a kivágás éleit nedvességvédő tömítőanyaggal, ha a gyártó előírja. – Ellenőrzés: a tömítőanyag folytonos, hézagmentes.
9. Szereld be a vasalatokat, ajtókat, fiókokat, majd bontsd szállításhoz. – Ellenőrzés: az ajtók könnyen nyílnak, a fiókok stabilak.

Dokumentálás: a munkanaplóban rögzítsd a felhasznált anyagokat, gépi beállításokat, a méretellenőrzések eredményét és az esetleges eltéréseket.

35.1.12. Minőségellenőrzés

A beépített bútor kész méretének ellenőrzése a szerelés előtt és közben is fontos.

Ellenőrzési pontok:

- **Függőlegesség:** az oldallapok vízmértékkel ellenőrizve legfeljebb 1 mm/1 m eltérést mutathatnak (tájékoztató).
- **Vízszintesség:** a munkalap vízmértékkel minden keresztirányú ponton vízszintes; a lábakkal állítsunk.
- **Hézagok:** a takarólécek és a fal között egyenletes hézag, legfeljebb 3–5 mm.
- **Ajtók és fiókok:** a mozgó elemek ne súrlódjanak, a nyitási hézagok egyenletesek legyenek.
- **Kivágások:** a mosogató és főzőlap pereme teljes kerületén felfeküdjön, a gép ne billegjen.
- **Páravédelem:** a kivágott élek zártak, a munkalap és a fal között falcsatlakozó léc vagy tömítés van, az elülső élen csepegtető horony.

Eltérés esetén a beépítés során korrigálunk: lábakkal, alátétekkel, takarólécek utólagos méretre vágásával.

35.1.13. Tipikus hibák és okaik

1. **A bútor nem fér be a falméretbe.** Ok: a felmérés során a legnagyobb méretet vették figyelembe, nem a legkisebbet. Helyes gyakorlat: mindig a legkisebb belső méretet használjuk, és takaróleccel fedjük a hézagot.

2. **A munkalap kivágása rossz pozícióba kerül.** Ok: a kivágás a munkalap báziséleitől, nem a beépítendő gép szerelési zónájától van méretezve, vagy a sütő méretét nem ellenőrizték. Helyes gyakorlat: a gyártói beépítési rajzot és a gép helyét együtt ellenőrzni, majd a kivágást a munkalap alsó báziséléből jelölni.

3. **A gardrób tolóajtója megakad.** Ok: a felső és alsó sínek nem párhuzamosak, vagy a korpusz nincs függőlegben. Helyes gyakorlat: a síneket vízmértékkel és húzott zsinórral párhuzamba állítani, a korpusz függőlegességét beállítani.

4. **A munkalap hátsó éle felszívja a vizet.** Ok: hiányzó vagy sérült nedvességvédő él, a kivágás éle kezeletlen. Helyes gyakorlat: minden kivágásélet zárni, a munkalap és a fal közé falcsatlakozó lécet vagy rugalmas tömítést tenni, az elülső él alá csepegtető horonyt marni.

35.1.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos ügyfele konyhabútort rendelt. A felméréskor a hűtő mögötti vízcsapot és a szennyvízelvezetőt rögzítették, de a mosogató középhelyét nem egyeztették a mosogatógép csatlakozó dobozával. A műhelyben a munkalap kivágását a rajz szerint elkészítették. A helyszínen kiderült, hogy a mosogatótálca középvonala 45 mm-rel eltolódott a szennyvízcsatlakozóhoz képest, így a bútor hátfalán a kivágás nem illett a csőhöz. A javítás a hátfal újra vágása és a munkalap visszaszállítása volt. A tanulság: a gépészeti kiállások pozícióját **minden csatlakozási pontra** rajzban egyeztessük, a munkalap kivágást a bútor rajzán tüntessük fel, és a gyártás előtti ellenőrzésen a gépészeti méreteket ismét mérjük.

35.1.15. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Beépített bútornál a gyártási hossz a felmért legnagyobb falméretet veszi fel. Indokold!
2. Egy konyhai munkalap hossza 3 600 mm, a főzőlap kivágási hossza 560 mm. A kivágás bal széle a munkalap bal bázisélétől 1 500 mm. Számold ki a kivágás jobb szélét.
3. Mi a szerepe a gépészeti hézagnak a hátfal mögött?
4. Miért kell a gardrób tolóajtó sínjeit párhuzamosan és vízszintesen állítani?
5. Sorolj fel három páratechnikai megoldást a konyhabútorban.
6. Mi a teendő, ha a felmért falhossz három pontban eltérő?

35.1.16. Feladatok

1. feladat (A) Definiáld a beépített bútort, és nevezd meg a három leggyakoribb csatlakozási felületet.

2. feladat (A) Egy gardrób falméretét három magasságban mérik: bal oldalon 2 410 mm, középen 2 405 mm, jobb oldalon 2 412 mm. Mekkora legyen a gardrób befoglaló magassága, ha a gyártási hézagot 15 mm-re választjuk?

3. feladat (B) Konyhabútor alsó elemének szabásjegyzék szerint az oldallapok száma 2, méretük $720 \times 560 \times 18$ mm; a fenék mérete $700 \times 560 \times 18$ mm. A forgácslap ára 12 000 Ft/m^2. Számold ki a két alkatrész együttes anyagköltségét. Tételezd fel, hogy a nyers méretek megegyeznek a kész mérettel.

4. feladat (B) Rajzolj szövegesen egy munkalap felülnézetét a mosogató kivágással: a munkalap $3\,000 \times 600$ mm, a kivágás 940×480 mm. A kivágás bal széle a munkalap bal bázisélétől 1 200 mm, elülső széle az elülső éltől 60 mm. Add meg a kivágás mind a négy sarokpontjának koordinátáit a munkalap bal alsó sarkához viszonyítva, és írd le az ábraigényt.

5. feladat (C) Egy ügyfél konyhabútorában a főzőlapot a munkalap hátsó éle mellé kívánja. Miért nem tanácsos ezt engedélyezni? Ismertesd a figyelembe veendő szempontokat, és javasolj helyette megfelelő elrendezést.

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy gardrób tolóajtós részeként a belső polctartó furatok fúrásához: anyag, gépek, biztonság, lépések ellenőrzéssel. A polcok a 32 mm-es rendszerben helyezkednek el, a bázisél a gardrób alsó lemeze, a furatok a belső oldallapon.

35.1.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A gyártási hosszt a legkisebb falmérethez igazítjuk, hogy a bútor biztosan beférjen; a hézagot takarólécek fedik.
2. A kivágás jobb széle: $1\,500 + 560 = 2\,060\,\text{mm}$.
3. A gépészeti hézag a hátfal mögött teret ad a vezetékeknek, szellőzést biztosít, és elnyeli a fal egyenetlenségeit.
4. A sínek párhuzamossága és vízszintessége biztosítja, hogy a tolóajtó ne akadjon, ne ugorjon ki a sínből, és csendben járjon.
5. Például: páraelszívó, nedvességálló hátfal és élzáró, a munkalap kivágáséleinek tömítése, vízvető él, P3-as lapanyag.
6. A legkisebb méretet vesszük a gyártáshoz, a különbözetet takarólécekkel osztjuk el, és a bútort állítható lábakkal igazítjuk a szintkülönbségekhez.

1. feladat megoldása. A beépített bútor a helyiség méreteihez és csatlakozó felületeihez igazodó, helyszínen rögzített bútor. A három leggyakoribb csatlakozási felület: fal, padló, mennyezet.

2. feladat megoldása. A legkisebb belmagasság $2\,405\,\text{mm}$. A gyártási hézag $15\,\text{mm}$, ezért a gardrób befoglaló magassága $2\,405 - 15 = 2\,390\,\text{mm}$.

3. feladat megoldása. Oldallapok területe: $2 \times 0{,}720 \times 0{,}560 = 0{,}806\,\text{m}^2$. Fenék területe: $0{,}700 \times 0{,}560 = 0{,}392\,\text{m}^2$. Összes terület: $0{,}806 + 0{,}392 = 1{,}198\,\text{m}^2$. Költség: $1{,}198 \times 12\,000 \approx 14\,376\,\text{Ft}$.

4. feladat megoldása. A munkalap bal alsó sarka a kiindulópont $(0;0)$. A kivágás bal széle $1\,200\,\text{mm}$, jobb széle $1\,200 + 940 = 2\,140\,\text{mm}$. A kivágás elülső széle az elülső éltől $60\,\text{mm}$, hátsó széle $60 + 480 = 540\,\text{mm}$ (hátul $600 - 540 = 60\,\text{mm}$ marad). A négy sarokpont: bal elülső $(1\,200;60)$, jobb elülső $(2\,140;60)$, jobb hátsó $(2\,140;540)$, bal hátsó $(1\,200;540)$. **Ábraigény.** Cél: a munkalap felülnézete a kivágás pozíciójával. Ábrázolási mód: E vetítési rend, felülnézet, méretekkel. Elemek: munkalap $3\,000 \times 600\,\text{mm}$, kivágás $940 \times 480\,\text{mm}$, bázisél jelölés. Feliratok: „kivágás bal bázisélétől 1 200”, „munkalap elülső éltől 60”. Fekete-fehér kivitel. Alt-szöveg: „Munkalap felülnézet a mosogató kivágás méretével és pozíciójával.”

5. feladat megoldása. A főzőlapot nem helyezhetjük túl közel a hátsó falhoz, mert a hő tönkreteheti a hátfalat, a csempét vagy a bútor hátoldalát, és a biztonsági távolságot nem tudjuk tartani. A gyártó által megadott minimális távolságot be kell tartani (ellenőrizendő: főzőlap adatlap). Helyes elrendezés: a főzőlapot legalább 50–100 mm-re a munkalap hátsó élétől, a gyártói minimum betartásával helyezzük el; mögötte hőálló hátfal vagy csempe legyen.

6. feladat megoldása. Technológiai lap. Cél: belső polctartó furatok fúrása a gardrób oldallapján. Anyagok: 18 mm-es oldallap, polctartó csapszeg. Gépek, szerszámok: sorozatfúró gép vagy kézi fúró 32 mm-es raszterrel, 5 mm-es fúrószár, derékszög, mérőszalag. Gépbiztonság: a fúrógépet betanított felügyelt tanuló kezelheti; védőszemüveg, fapor esetén elszívás. Lépések: (1) Ellenőrizd az oldallap báziséleit és a rajzot. – Ellenőrzés: a bázisél megjelölése. (2) Állítsd be a fúrórasztert a 32 mm-es rendszer szerint. – Ellenőrzés: a furatok közötti távolság 32 mm legyen. (3) Fúrd ki a polctartó furatokat a megadott magassági sorban. – Ellenőrzés: a furatmélység 8–10 mm (tájékoztató), a furatok derékszögűek. (4) Ellenőrizd a furatok helyét a rajz alapján. – Ellenőrzés: a sorszámok és a magasságok egyeznek a szerelési rajzzal. (5) Távolítsd el a fúrási sorját. – Ellenőrzés: az oldallap felülete tiszta, a furatok éle sorjamentes.

35.1.18. Rövid összefoglaló

A beépített bútor a helyiség egyedi méreteihez és gépészeti csatlakozásaihoz igazodó, helyszínen szerelt bútor. A fal, padló, mennyezet eltéréseit takarólécekkel, állítható lábakkal és gyártási hézaggal kezeljük. A konyhabútor alsó és felső elemekből, munkalapból és beépített gépekből áll. A munkalap kivágásait a gyártói beépítési sablonok és a bútor bázisméretei szerint készítjük. A páratechnika része a nedvességálló lapanyag, élzáró, hátfal, páraelszívó és a kivágásélek tömítése. A gardrób elsősorban tolóajtóval vagy nyíló ajtóval készül, belső kialakítással. A gépészeti kiállásokat csak szakember szereli; az asztalos a bútoron nyílásokat, furatokat készít. A gyártás a korpuszgyártáson alapul, a felmérési méretekből kiindulva, a legkisebb belső méretet véve. A kalkuláció a lapanyagok, élzáró, vasalat és munkalap anyagköltségeit foglalja össze.

Továbbvitt eredmény. A beépített bútor bázisméretezése, gyártási hézagai és konyhai-gardrób szerelési szabályai a Irodai bútorok, belső terek burkolatai és berendezései, kiegészítő bútorok alfejezetben a belsőépítészeti elemek tervezését, a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése alfejezetben a helyszíni rögzítést és hibaelhárítást, valamint az Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetben az egyedi beépített termék árképzését alapozza meg.

35.1.19. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: a bútorlapok gyártói adatlapjai (P2/P3, nedvességálló MDF), konyhai és gardrób vasalatgyártók beépítési útmutatói, gépkönyvek (lapszabászgép, éllezáró, fúrógép), a faipari gépbiztonsági szabványok (MSZ EN ISO 19085 sorozat), a konyhai gépek és sütők beépítési rajzai, a hátfal- és munkalap gyártói termékleírások.

Ellenőrizendő: a konyhai elemek szabványos mélysége és magassága, a munkalap anyagok és a P2/P3 lapok jelölése, a kivágás perem alátámasztására megadott értékek, a tolóajtó rendszerek befoglaló méretei, a 32 mm-es rendszer bázistávolsága, a gyártási hézag és a takarólécek szélessége, valamint a mintaárak és a szerelési tűrések.

35.2. Irodai bútorok, belső terek burkolatai és berendezései, kiegészítő bútorok

35.2.1. Motiváció

Egy iroda berendezése során az asztalos gyakran találkozik látszólag egyszerű, ám szakmailag összetett feladatokkal: a megrendelő kér egy pultot a recepcióra, íróasztalt a munkaszobába, konténert a fiókoknak, és mindezt úgy, hogy a számítógép kábelei ne legyenek láthatók. A belsőépítészeti munkáknál a bútorok gyakran a falhoz, padlóhoz vagy álmennyezethez csatlakoznak, így a gyártás mellett a szerelés pontossága is hangsúlyos. Ha a méreteket rosszul veszi fel a tanuló, a pult nem fér a helyére, ha a kábelrendezőt kihagyja az íróasztalból, a munkahely áttekinthetetlen lesz, ha pedig a moduláris rendszert nem érti, a későbbi bővítés lehetetlenné válik. Ez az alfejezet az irodai és kiegészítő bútorok, a belső téri burkolatok, valamint a kis- és nagyüzemi gyártási logika alapjait mutatja be.

35.2.2. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy átlagos irodai munkahelyet. Az íróasztal munkalapja **740–760 mm** magasságban van, mert ülőmunkánál ez a testmagasságtól függően kényelmes csukló- és karszöget adó tartomány **(ellenőrizendő: vonatkozó ergonómiai ajánlás, MSZ EN 527)**. A munkalap alatt egy **konténer** gurul, amelyben három fiók van. A fiókok előtt egy **uprofil szerű kábelzsinór-csatorna** fut felfelé, hogy az asztali lámpa és a monitor vezetéke ne lógjon a térd felé. A szoba hátsó falán **falpanel** fut, amely mögött eltűnik a hálózati és adatkábel, a panel pedig rendelkezik szerelőnyílásokkal. Ez a három termék – íróasztal, konténer, falpanel – ugyanazt az elvet követi: **moduláris, bővíthető, kábelezésre tervezett, gyártás helyett összeszerelhető**. Ez az elv a modern belsőépítészet alapja.

35.2.3. Irodai bútorok: íróasztalok, konténerek, irattárolók, tárgyalóasztalok

Definíció. Az **irodai bútor** olyan, munkahelyi környezetbe tervezett bútor, amelynél a használati méretek, a kábelvezetés, a bővíthetőség és a helytakarékos tárolás együtt jelenik meg, és a termék jellemzően lapszerkezetű, nagyüzemi gyártástechnológiával készül.

Irodai íróasztal. A leggyakoribb típusok a **hagyományos asztal** két oldallappal, a **elemes asztal** (két tárolóelem közötti munkalappal) és a **magasított íróasztal** (állítható, gyakran elektromos emelőoszloppal). A munkalap általában **laminált forgácslap** (vastagság 25–38 mm), széles élén **PP vagy ABS élzáróval**. A **kábelvályú** a munkalap alá szerelhető, ill. **kábelátvezető fedél** a munkalapba mart nyílásba kerül.

Definíció. A **konténer** az irodai tárolás guruló, fiókos eleme. Általában **420 × 580 × 600 mm** (szélesség × mélység × magasság) külső méret körüli, hogy a 740 mm-es asztal munkalapja alá gördíthető legyen; ettől a gyártótól függően eltér (tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói rendszer). A konténer a mai rendszerekben gyakran **32 mm-es rendszer** szerint fúrt oldallappal készül, fiókjai **alul szerelt, görgős fiókvezetővel** futnak. Kiegészítője a **kulcsos zár** és az **ütközőperem**.

Definíció. Az **irattároló** irodai szekrény iratgyűjtő akasztóinak, dossziék vagy akták tárolására. Belső szélessége általában **a függő irattartó A4-es méretéhez** illeszkedik, kb. 430–450 mm; a polcok **32 mm-es lyuksorba** illeszkedő polctartókkal állíthatók. A leggyakoribb típus a **nyitott polcos**, a **félig üvegezett** vagy **fém-műanyag kiegészítőkkel** készülő szekrény.

Tárgyalóasztal. A tárgyalóasztal lényege a **nagy összefüggő felület** és a **stabil, keresztláb alatti szabad lábtér**. Hossza általában 1800–3600 mm, szélessége 900–1200 mm, magassága 740 mm. A munkalap több, egymáshoz illesztett lapból is készülhet; ilyenkor a lapok alatt **osztott vagy folytonos összekötő** fut, és a csatlakozásokat **toldóvasalat vagy mechanikus kötő** fogja össze. A kábeltartó **átmenő kábelcsatorna** lehet a lábakban vagy a munkalap alatt.

Szabvány és ergonómia. Az irodai munkaasztalokra vonatkozó **MSZ EN 527** a méreteket, az ergonómiai és biztonsági követelményeket, az **MSZ EN 14073** ill. **MSZ EN 14074** tárolóbútorokra vonatkozó biztonsági előírásokat fogalmaz meg **(ellenőrizendő: pontos szabványjel és hatály)**. A munkalapmagasság alsó határát és az ülésmagassággal való összefüggést az ergonómiai ajánlások rögzítik; a gyakorlatban 740 mm az általános, ami 175 cm testmagasság környékén megfelelő, de székállítással illeszthető. Fontos még a **térdfelület szabad magassága**, legalább 650 mm, valamint a **munkalap alatti szabad lábtér mélysége** és a **konténer visszahúzásakor fennmaradó mozgástér**.

35.2.4. Belső terek burkolatai és berendezései: pultok, recepció, falpanelek

Definíció. A **belsőépítészeti burkolat** a lakó- vagy középület belső felületére szerelt, tűzvédelmi, akusztikai, esztétikai és gyakran gépészeti funkciót is betöltő asztalosipari termék. Ide tartoznak a faltáblák, álmennyezetek, padlóbetétek, pultok, recepciós bútorok, takaróburkolatok és dekorációs lamellák.

Falpanel. Az irodai falpanel rendszerint laminált, furnérozott vagy kárpitozott lapokból áll, amelyet tartóvázzal vagy közvetlenül a falsíkra rögzítenek. A falpanel mögött **kábeltálca** futhat, a panelen **szerelőfedelek** és **szerelőnyílások** helyezkednek el a dugaljakhoz, kapcsolókhoz vagy adatcsatlakozókhoz. A panelek hátulján **rejtett rögzítő kampó** vagy **mágneses rögzítő** lehet, hogy a csavarok ne legyenek láthatók.

Pultok és recepció. A **pult** az ügyfélfogadás, recepció, kiállítási tér vagy üzlet pultja. Jellemzői: **munkaoldal** (kb. 900–1100 mm magas), **ügyféloldal** (kb. 1100–1200 mm), **2–3 szintű** kialakítás, mögötte **tárolószekrény** és **irattartó fiókok**, elöl **tömör elülső fal**, gyakran **megvilágított cégfelirat** vagy **LED szegély**. A pultok **moduláris elemekből** épülnek: alsó szekrénymodul + felső munkapult + homloklemez + oldallezáró. Az előlap **döntött** lehet, a belső élének lekerekítése fontos a kényelem és a biztonság miatt.

Belsőépítészeti burkolatok gyártása. A falpanelt és pultot gyakran **lapszerkezetből** készítik: laminált MDF vagy forgácslap, élzáró, hátfal, hátlap-hornyok, csatlakozó elemek. A helyszínen **pontosan vázolt és méretre vágott** szerkezetet szerelnek fel; a gyártásnál előszerelést alkalmaznak, de a végleges méretet a helyszínre szállítás előtt **próbaszereléssel** ellenőrzik. Tűzvédelmi szempontból a belsőépítészeti burkolatok anyagválasztása különösen fontos: középületekben gyakran **tűzvédő (B-s1, d0) minősítésű** lapra van szükség **(ellenőrizendő: OTSZ, tűzvédelmi osztályba sorolás)**.

35.2.5. Kiegészítő bútorok: polc, tükör, előszobafal, cipősszekrény

Polc. A **polc** a legáltalánosabb kiegészítő bútor: vízszintes teherhordó lapból és konzolból, polctartóból, illetve oldallapokból áll. A polc **maximális fesztávolságát** a terhelés és a lap vastagsága határozza meg; tájékoztató adat: 28 mm vastag laminált lapnál 800 mm támaszköz, 25 kg/m² hasznos terhelés elfogadható, de a konkrét értéket a gyártói adatlap adja **(ellenőrizendő: terhelési táblázat)**. A polcok az irodai bútorrendszerekben a 32 mm-es lyuksorba helyezhetők, így átszerelhetők.

Tükör. A **tükör** kiegészítő asztalos termék, melynél a keret fából készül, a tükörlap védőréteggel van hátul. A falra szerelt tükör keretét úgy kell méretezni, hogy a tükör széle nehogy megszoruljon; a tükör súlyát a keret és a falra rögzített **D-gyűrűk**, **fogasok** vagy **biztonsági kampó** viselje. Fontos a keret hátoldalán **gőzzáró fólia**, mert a fal nedvessége a tükör hátoldali ezüstrétegét (foncsorát) károsítja. A tükröt sosem ragasztjuk közvetlenül nedves falfelületre, hanem **rugalmas tömítővel** vagy párnával fogatjuk be.

Előszobafal. Az **előszobafal** a lakás bejáratánál elhelyezett, cipőtárolóval, ruhatartóval, tükörrel és ülőkével kombinált bútor. A leggyakoribb típusok: **belépő oldalában**, ha van cipősszekrénye, **kampós falpanel** és **ülőke**. Az előszobafal moduláris felépítésű: alsó cipős szekrény + felső kabáttartó panel + ülőke. A cipős szekrény belső polcai **döntöttek** vagy **kihúzhatók**; a cipőtároló ajtaján **szellőző rács** vagy rés jelentkezik a pára elvezetésére. A szekrény mélysége általában 350–400 mm, magassága 1000–1100 mm lehet, de az ergonómia és a hely függvénye.

Cipősszekrény. A **cipősszekrény** keskeny, 350–400 mm mély szekrény, amelyben a cipők **félpárban, hosszirányba fordítva** tárolhatók. A polcok **döntöttek 45–60°-ban**, így a cipő

nem csúszik előre. Az ajtó lehet **buktató**, hogy a belső tér jobban hozzáférhető legyen, vagy **kihúzható fiókos**, ahol a fiókokban mozgatható rekeszek vannak. A szekrény alján **csepptálca** vagy védőfelület gyűjti a nedvességet, a hátfalat **gőzelvezető réssel** vagy szellőző lyukkal kell ellátni, hogy a penész elkerülhető legyen.

35.2.6. Kis- és nagyüzemi gyártás

Kisüzemi gyártás. A kis üzemben az irodai és kiegészítő bútorokat jellemzően **egyedi méretre**, **változtatható szerkezettel**, kis sorozatban gyártják. Az asztalos a rajz alapján lapot szabat, élzárót ragaszt, majd kézi gépekkel függetlenítve **furatol, vezetősínt szerel, vasalatoz** és szerel. A pontosság itt is kulcs, de a **segédlet- és sablonhasználat** (furósablon, ütköző, élzáró sablon) fontos időmegtakarítás. A kisüzem rugalmas, de munkaigényes.

Nagyüzemi gyártás. Az irodai bútoroknál a **nagyüzemi gyártás** jellemzően **modulrendszerre** épül: a lapok **szabványos rácsba illeszkednek**, a furatok **32 mm-es lyukrendszer** szerint készülnek, az alkatrészek **CNC megmunkálóközponton** egyszerre szabják, marják, élzárják és fúrják. Jellemző a **szalagcsiszolás**, a **folyamatos élzáró**, az automata **zsugorfóliás csomagolás**. A bútorokat lapra szerelve szállítják, a vevő vagy a helyszíni szerelő **kampós csavaros vagy gyorskioldó** kötésekkel állítja össze. A nagyüzemi gyártásnál a tűrés jellemzően **±0,2–0,5 mm** az alkatrészeken, a furatok pozíciója **±0,3 mm**-nél jobb **(ellenőrizendő: a gép és a gyártói előírás szerint)**.

35.2.7. Moduláris rendszerek

Definíció. A **moduláris rendszer** olyan bútor- és burkolatcsalád, amely azonos alapmodulméretekre, azonos szerkezeti csatlakozásokra és szabványos furatkiosztásra épül. Az elemeket kombinálva különféle termékek – íróasztal, konténer, tároló, pult, falpanel – állíthatók össze, és később is bővíthetők.

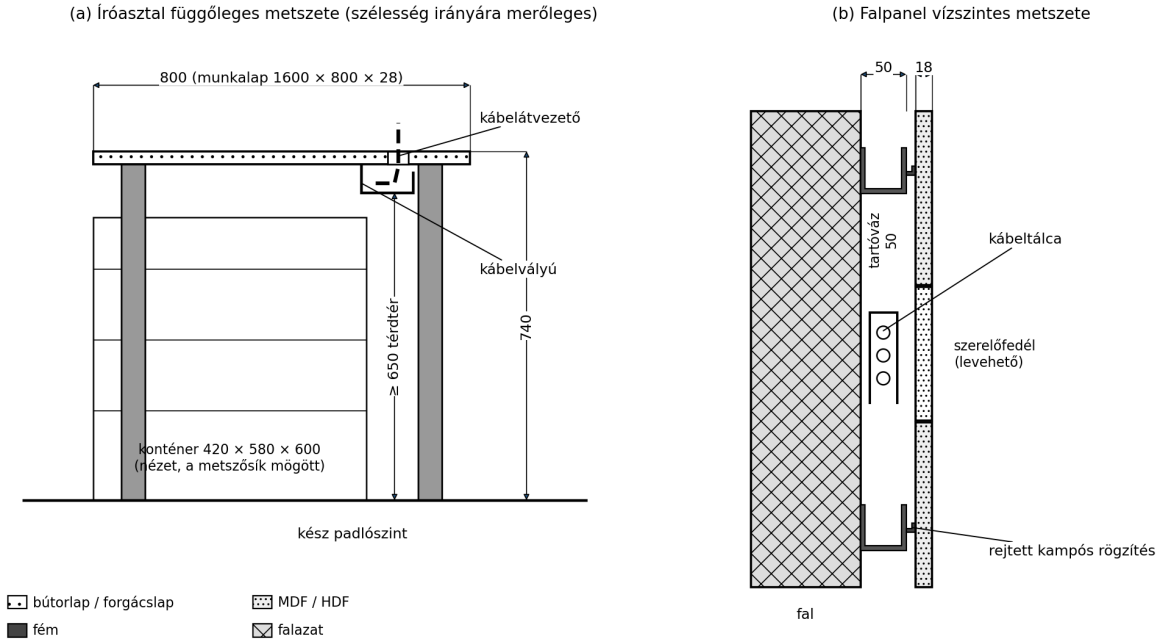
A modulos rendszer alapelvei:

1. **Szélességi modulok** például 600, 800, 1000, 1200 mm széles munkalapokra és szekrénytestekre.
2. **Magassági modulok** például 350 mm (asztal melletti alacsony elem), 720 mm (tároló), 1080 mm (magas szekrény), 1470 mm (ajtós gardrób).
3. **Mélységi modulok** például 350 mm (felső szekrény, cipős), 500 mm (alsó szekrény), 580 mm (irattartó).
4. **Furatrendszer**: a 32 mm osztású lyuksor az oldallapok elülső élétől **37 mm**-re kezdődik, és **32 mm raszterben** fut **(ellenőrizendő: gyártói specifikáció)**.
5. **Csatlakozó vasalatok**: a **kombi-zsanér** 35 mm-es furatokkal, a **polctartó** 5 mm-es furatokkal, a **kötőgyűrű** 8 mm-es furatokkal illeszthető.
6. **Kiegészítő áramellátó modul**: a munkalap alatti **dugaszmodul**, kábelvályú és adattávközlő csatlakozó egysége.

A moduláris rendszer előnye: időálló, csereszabatos alkatrészek, kevesebb raktározott tétel, gyors tervezés, bővíthetőség. Hátránya: a szabadságot a modulméretek korlátozzák, ezért egyedi belsőépítészeti feladatnál gyakran **vegyes megoldást** alkalmazunk: a standard testmodulokhoz egyedi, helyszíni kiegészítő elemeket gyártunk.

35.2.8. Ábra: moduláris irodai bútorrendszer és falpanel-szerkezet

A bal oldali függőleges metszet egy 1600 × 800 × 28 mm-es munkalapú, 740 mm magas íróasztalt mutat: a munkalap alatt hátul kábelvályú, a munkalapban kábelátvezető van, a térdtér szabad magassága legalább 650 mm, mellette a konténer áll. A jobb oldali vízszintes metszeten a falra 50 mm-es fém tartóváz kerül, benne kábeltálca fut, elöl 18 mm-es panelek ülnek rejtett kampós rögzítéssel, a kábeltálcához levehető szerelőfedél ad hozzáférést.



35.2. ábra. Íróasztal függőleges metszete és falpanel vízszintes metszete (tájékoztató méretek, mm)

35.2.9. Kidolgozott példa: moduláris íróasztal és falpanel méretezése

Példa. Egy irodaprojektben a megrendelő két darab íróasztalt kér a tárgyaló egyik falára, és egy falpanelt a mögötte lévő gépészet eltakarására. A rendelkezésre álló falfülke hossza **4800 mm**, a panel vastagságát itt nem vesszük figyelembe. Az íróasztalok moduláris rendszerből készülnek; a munkalap hosszát a modulok 800, 1200, 1600 mm-es szélességben teszik lehetővé. A rendelkezésre álló szabad falméret egy-egy íróasztalnál (a 420 mm-es konténerrel együtt) legfeljebb **1600 mm** munkalapmodul fér el. A falpanel mögötti gépészet miatt 6 db 800 mm hosszú panelmodul kell, azok **4 mm-es illesztési hézaggal** csatlakoznak. Számítsd ki, mennyi **kábelvályú-hossz** szükséges összesen, ha a kábelvályú egy íróasztal alatt a munkalap mindkét végétől 30 mm-re végződik.

Számítás.

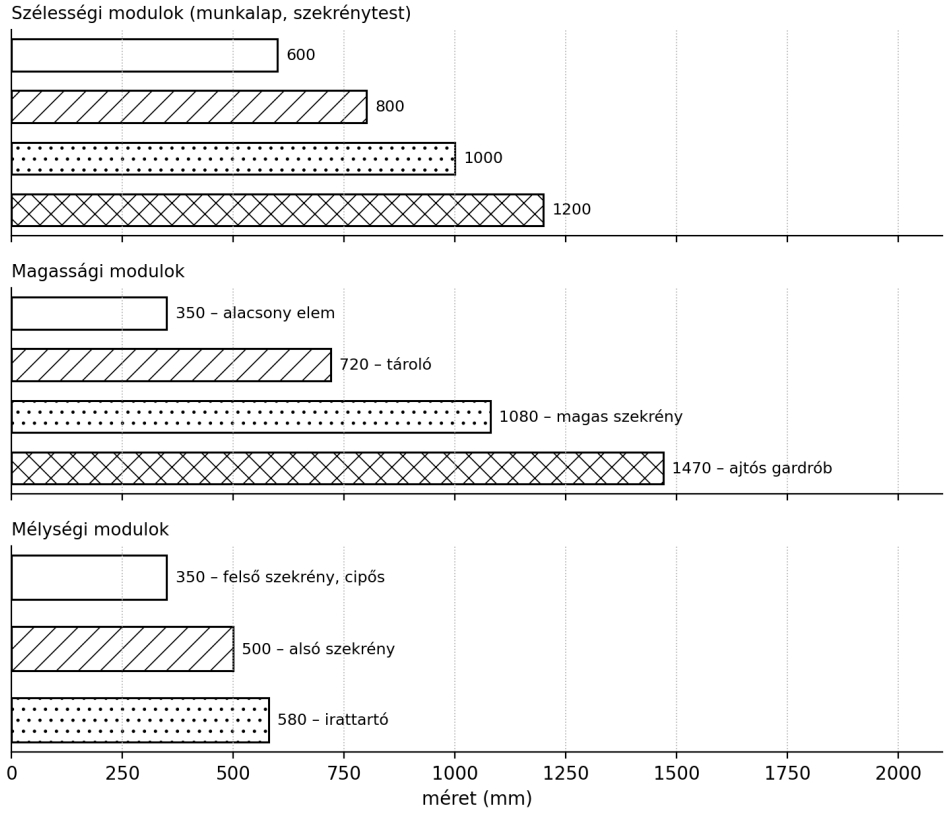
1. Íróasztal munkalap hossza: a legnagyobb rendszermodul 1600 mm, és ez a konténerrel együtt is elfér: $l_{\text{munkalap}} = 1600\,\text{mm}$.
2. Kábelvályú hossza így $1600 - 2 \times 30 = 1540\,\text{mm}$ (a vályú a munkalap mindkét végétől 30 mm-re végződik, hogy ne lógjon túl).
3. Két íróasztalhoz: $2 \times 1540 = 3080\,\text{mm}$.
4. Falpanel modulok: 6 db × 800 mm = 4800 mm összpanelhossz; illesztési hézag 5×4 mm $= 20$ mm, tehát a tényleges panelrendszer hossza $4800 + 20 = 4820\,\text{mm}$.

5. A panel hossza túlnyúlik a fülke hosszán: $4820 - 4800 = 20\,\text{mm}$ – ezt vágással vagy helyszíni takaróléccel kell kezelni. Ez mutatja, hogy a modulok méretezésénél a hézagot is be kell számítani.

Eredmény: kábelvályú hossz 3 080 mm; panel hossza 4 820 mm a hézagokkal, ami 20 mm-rel több a fülkénél. A gyakorlatban az utolsó modult 20 mm-rel szűkítik, vagy bütü-ütközést használnak hézag nélkül. ∎

35.2.10. Ábra: moduláris raszterek

Az ábra a modulrendszer három raszterét külön sávban mutatja, így egy sávon belül mindig ugyanazt a mennyiséget hasonlítjuk össze: szélességi modulok (600, 800, 1000, 1200 mm), magassági modulok (350, 720, 1080, 1470 mm) és mélységi modulok (350, 500, 580 mm).



Tájékoztató modulméretek; a konkrét gyártói rendszer adatai az irányadók (ellenőrizendő).

35.3. ábra. Moduláris szélességek, magasságok és mélységek (tájékoztató)

35.2.11. Szabvány és előírások

Szabvány. Az irodai bútorokra vonatkozó működési és biztonsági követelményeket elsősorban az **MSZ EN 527** (irodai munkaasztalok) és az **MSZ EN 14073/14074** (irodai tárolóbútorok) szabályozza **(ellenőrizendő: a hatályos szabványjel, a pontos tárgykör)**. A belsőépítészeti burkolatok tűzvédelmi követelményeit a **hatályos Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ)** és az építési termékek forgalmazásáról szóló rendelet szerint kell értelmezni **(ellenőrizendő)**. A falburkolatok tűzvédelmi és akusztikai követelményeit az OTSZ és a termék teljesítménynyilatkozata adja **(ellenőrizendő)**. A világítás és a kábelvezetés villamos követelményei az **MSZ HD 60364** kisfeszültségű villamos berendezések szabályaira és a munkavédelmi előírásokra

vonatkoznak **(ellenőrizendő)**. A bútorok emissziós (formaldehid) követelményei a lapanyagoknál korábban tárgyalt osztályozás szerint érvényesek; irodai bútoroknál gyakran **E1** vagy jobb osztály ajánlott **(ellenőrizendő)**.

35.2.12. Technológiai lap: moduláris irodai konténer gyártása és szerelése

Technológiai lap. Cél: háromfiókos, görgős irodai konténer készítése moduláris rendszerben. Anyagok: laminált forgácslap 18 mm (oldal, fedlap), 10 mm hátfal (HDF vagy laminált farostlemez), 18 mm fiókelőlap, acél fiókvezető, görgő, csavar, kötőelem. Gépek és szerszámok: lapszabászgép, éllezáró, CNC vagy oszlopos fúrógép, akkumulátoros csavarozó, ütközők, derékszögelő, mérőszalag.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A lapszabászon mindig védőburkolat, fűrészlap és hasítóék legyen a helyén; por- és forgácsszívás bekapcsolva; a munkadarabot tolófával told. A CNC gép kezelését a gépkönyv szerint, oktató felügyeletével végezd. Viselj védőszemüveget, munkavédelmi cipőt; kesztyűt a forgó szerszám közelében nem, de csomagoláskor viselj.

Indítás előtti ellenőrzés: furnér és lapok hibamentesek; szerszámok rögzítése megfelelő; élzáró gép hőmérséklete a gyártói értéken; a fúrók élesek; a munkaterület szabad; a vészleállító elérhető.

Számozott lépések:

1. **A rajz és a szabásjegyzék ellenőrzése.** Győződj meg arról, hogy a modulméretek (420 × 580 × 600 mm) és a fióknyílások összhangban vannak. – ellenőrzés: a szabásjegyzékben a kész méret és a szálirány rendben van.
2. **Lapszabás.** A testoldalt, fedlapot, fiókelőlapot és fiókoldalakat a szabásjegyzék szerint darabold; a fűrészről a védőburkolat le ne vegyük. – ellenőrzés: 0,5 mm-en belüli méretpontosság, derékszög.
3. **Élzárás.** Az összes látható élt PP vagy ABS éllel zárd le. A felesleges élt kaparóval vagy élzáró-gép marójával távolítsd el. – ellenőrzés: élzáró teljes felületen tapad; nincs túlnyúló ragasztó.
4. **Furatolás.** A 32 mm-es lyuksorba készítsd el a polctartó- és fiókvezető-furatokat. A fúrást sablonnal vagy CNC-programmal végezd. – ellenőrzés: furatátmérő 5 mm, középtávolság 32 mm, pozíciótűrés ±0,3 mm.
5. **A fiókok összeállítása.** A fiókfenéket az oldalak hornyába csúsztasd, a fiók homloklemezét csavarozd, a fiókvezető síneket szereld fel. – ellenőrzés: a fiók derékszögű, a sínek párhuzamosak, a fiók kihúzásakor nem akad.
6. **Test összeállítása.** Az oldallapokat a fedlapra és az aljzatra kötőelemekkel rögzítsd, hátfalat csúsztasd a horonyba, szerelj fel görgőket. – ellenőrzés: a konténer stabil, a görgők egy síkban, a fiókok könnyen futnak.
7. **Minőségellenőrzés.** A bútor ne billegjen, a fióknyílások egyenlők, az élzárók nem válnak el. – ellenőrzés: a konténert kb. 15 kg terheléssel próbáld ki (tájékoztató érték).
8. **Csomagolás, címke.** A bútorlapokat védőfóliába csomagold, a vasalatokat külön tasakba tedd. – ellenőrzés: a szállítólevél és a csomag tartalma megegyezik.

35.2.13. Minőségellenőrzés

Az irodai bútor legfontosabb ellenőrzési pontjai:

- **Méretpontosság:** a modul vastagsága, szélessége, magassága; tűrés jellemzően ±0,5 mm a kisüzemben, ±0,2 mm a CNC-gyártásnál **(ellenőrizendő: a gyártói előírás szerint)**.
- **Élzáró minősége:** szemrevételezéssel nincs felválás, habzás, túlnyúló ragasztó; az élzáró széle éles perem nélkül letört.
- **Furatrendszer:** a 32 mm-es lyuksor pontossága; a kombi-zsanér furat 35 mm-es, a polctartó 5 mm-es; a fúrásmélység a vasalat katalógusa szerint.
- **Fiók-kihúzó:** terhelés alatt is akadásmentes; a görgők nem ütnek fel.
- **Stabilitás:** a bútor ne boruljon; a konténer kb. 15 kg terhelésnél is nyugodt maradjon (tájékoztató).
- **Villamos kiegészítők:** a kábelvályúban a vezetékek nem feszülnek, a dugaszoló egység rögzített.

Eltérésnél a hibás alkatrészt ne erőltessük; a javítás módja az élzáró újraragasztása, a furat áthelyezése vagy a gyártásközi beállítás.

35.2.14. Tipikus hibák és okaik

1. **A konténer fiókjai nem egymás feletti magasságban futnak.** Oka: a furatokat rossz pozícióba fúrták, vagy a fiókvezető síneket nem a megfelelő résbe akasztották. Helyes gyakorlat: sablonos fúrás, a 32 mm-es raszter ellenőrzése, a fiókvezető gyártói beépítési méretének pontos betartása.
2. **Az íróasztal billeg.** Oka: a testoldalak nincsenek derékszögben, vagy a padlón egyenetlen a hely. Helyes gyakorlat: derékszögelővel ellenőrzött szerelés, állítható lábcsavarok, és a padlószint ellenőrzése.
3. **A falpanel mögötti kábelhiba nehezen hozzáférhető.** Oka: a szerelőfedél túl kicsire készült, vagy nem odakerült, ahol a kábelág van. Helyes gyakorlat: a kábelszereléssel egyeztetve, a dugalj- és adatpontok fölé szabadon nyitható, illesztett takarófedél tervezése.
4. **Az élzáró felválik a munkalap íves szélén.** Oka: az élzáró ragasztója nem bírja a hajlítást, vagy a lap hőmérséklete a felhordáskor nem volt egyenletes. Helyes gyakorlat: hajlítható élzáró (pl. speciális PP), megfelelő gépbeállítás, ívnél kézi vasalás utólagos nyomással.
5. **A bútor nem moduláris, ezért a későbbi bővítés nehéz.** Oka: a tervezésnél nem vették figyelembe a 32 mm-es rendszert és a szabványos modulokat. Helyes gyakorlat: a rendszerhez való csatlakozás feltételeit a tervezés elején rögzíteni.

35.2.15. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy recepciós pultot és íróasztalokat gyártó műhelyben az elkészült pult hátsó, ügyfél felőli oldala 1180 mm magas lett, de a megrendelő szerint az ügyfél oldalán álló, átlagos testmagasságú ember nem érte el kényelmesen az aláírandó dokumentumot. Utólag kiderült, hogy a pult alapszekrénye 920 mm magasra készült, a felső munkapult 40 mm vastag, és a homloklemez 220 mm-t hozzáépített. Az ügyféloldali magasság így 1180 mm lett, ami 80 mm-rel magasabb a kényelmes 1100 mm-nél. A hiba oka: a tervező a pult szerkezeti rajzán nem jelölte az **ügyféloldali magasságot**, és a gyártósablon alapján készült homloklemezt minden modulon alkalmazta. A javítás az volt, hogy a homloklemezt 80 mm-rel alacsonyabbra szabták, és a belső szerelőelemet áthelyezték; így a pult végül megfelelt. Tanulság: a belsőépítészeti terméknél a **használati magasságot mindig a rajzon fel kell tüntetni**, és a **próbaszerelésnél** a vevői oldalról is meg kell nézni a terméket.

35.2.16. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a hagyományos íróasztal és az elemes íróasztal között?
2. Mi a 32 mm-es rendszer szerepe a moduláris irodai bútoroknál?
3. Miért kell a cipősszekrény hátfalát gőzelvezető réssel ellátni?
4. Sorolj fel legalább három típust a kiegészítő bútorok közül!
5. Milyen ellenőrzést kell végezni a falpanel szerelése előtt a kábelekkel kapcsolatban?

Önellenőrzés – válaszok a `### Megoldások` elején.

35.2.17. Feladatok

35.2.17.1. 1. feladat (A)

Fogalmazd meg, mit jelent a “moduláris rendszer” az irodai bútoroknál, és sorolj fel legalább három előnyét!

35.2.17.2. 2. feladat (A)

Egy íróasztal munkalapja **1600 mm hosszú** és **800 mm széles**, vastagsága **28 mm**. A kábelvályú mindkét végén **25 mm-es** szabad hézagot kell hagyni. Mekkora a kábelvályú hossza?

35.2.17.3. 3. feladat (B)

Egy falpanel mögé 6 db 800 mm széles panelt terveznek, 4 mm-es illesztési hézagokkal. A rendelkezésre álló falfülke **5100 mm**. Hány panelmodul fér el, ha az egyes hézag sem hagyható el, és a szélső illesztésekhez plusz **8 mm** takarólemezt adnak? Kell-e vágni, és ha igen, mennyit?

35.2.17.4. 4. feladat (B)

Egy irodai konténer oldallapja 580 mm mély és 600 mm magas, a fúrások a 32 mm-es rendszer szerint készülnek. A furatsor az oldallap elülső élétől **37 mm**-re fut; az első furat az alsó éltől **64 mm**-re van, a többi 32 mm-enként. Hányadik furat esik az alsó éltől **288 mm**-re? Rajzold le a furatkiosztást vázlatosan, és jelöld a távolságokat.

35.2.17.5. 5. feladat (C)

Egy irodabútor-megrendelésben a pult ügyféloldali magassága **1120 mm**, a belső munkalap teteje **760 mm** magasan van. A homloklemez alsó éle 10 mm-rel a padló fölött van, teteje a pult fedőlapjának aljához zár. Milyen magas a homloklemez, ha a fedőlap vastagsága **40 mm**? Milyen szerkezeti megfontolást érdemes figyelembe venni a kábelezésnél?

35.2.17.6. 6. feladat (D)

Készíts **technológiai tervet** egy előszobafal cipős szekrényéhez. A szekrény befoglaló mérete (az ajtóval és a hátfallal együtt): szélesség 800 mm, magasság 1100 mm, mélység 360 mm. A polcok döntöttek, a hátfal 6 mm vastag. Írd le a szabásjegyzék fő sorait (anyag, kész méret, darabszám) és a gyártási sorrendet. A válaszban tüntesd fel, milyen gépekkel dolgoznál, és milyen ellenőrzést végeznél az élzárás után!

35.2.18. Megoldások

35.2.18.1. Önellenőrzés – válaszok

1. A hagyományos íróasztalnak két oldallapja van, az elemes íróasztalnak két tárolóeleme (konténere, szekrénye) tartja a munkalapot. Az utóbbi modulárisabb és több tárolót ad.
2. A 32 mm-es lyukrendszer szabványos távolságú furatokat jelent, amelyekbe polctartók, fiókvezetők, zsanérok és kötőelemek illeszthetők; ezáltal a bútor rugalmasan átszerelhető.
3. A cipőkből pára távozik, ami a zárt szekrényben penészt okozhat; a gőzelvezető rés szellőzést biztosít.
4. Polc, tükör, előszobafal, cipősszekrény (tetszőleges három).
5. Ellenőrizni kell a kábelnyomvonalakat, a dugaljak és adatpontok helyét, a kábelhosszt, a szerelőfedelek hozzáférhetőségét, és azt, hogy a panel rögzítői nem ütköznek gépészeti elemekkel.

35.2.18.2. 1. feladat (A) megoldása

A moduláris rendszer olyan bútorcsalád, amely azonos alapméretekre, furatkiosztásra és csatlakozó vasalatokra épül, így az elemek kombinálhatók és bővíthetők. Előnyök: gyors tervezés, csereszabatos alkatrészek, kevesebb raktározott tétel, egyszerűbb szerelés.

35.2.18.3. 2. feladat (A) megoldása

A kábelvályú hossza = munkalaphossz – 2 × szabad hézag = 1600 mm – 2 × 25 mm = 1550 mm. A vályú tehát 1 550 mm hosszú.

35.2.18.4. 3. feladat (B) megoldása

A fülke hossza: 5100 mm. A 6 db panel hossza 6 × 800 = 4800 mm. Az illesztési hézagok: 5 × 4 = 20 mm. A szélső takarólemez 2 × 8 = 16 mm. Összes hossz: 4800 + 20 + 16 = 4836 mm. A fülke 5100 mm, tehát marad 264 mm. Ezért nem kell vágni; a maradék területet takaróléccel vagy tömítéssel kell lezárni. Ha nem kívánunk hézagot, akkor a modulok mellé egy 264 mm-es passzpanelt is tervezhetünk.

35.2.18.5. 4. feladat (B) megoldása

A furatsor az elülső éltől 37 mm-re fut (ez a vízszintes távolság). Az első furat az alsó éltől 64 mm-re van, a többi 32 mm-enként: 64, 96, 128, …, $64 + (n-1) \cdot 32$. A keresett sorszám: $n = \frac{288-64}{32} + 1 = 7 + 1 = 8$. Vázlat: egy függőleges vonal mentén pontok az alsó éltől 64, 96, 128, 160, 192, 224, 256, 288 mm-re; a furatsor az elülső éltől 37 mm-re fut. A 32 mm-es rendszer raszterje fix.

35.2.18.6. 5. feladat (C) megoldása

A homloklemez teteje a fedőlap aljához illeszkedik. A fedőlap teteje 1120 mm, alja $1120 - 40 = 1080$ mm. A homloklemez alsó éle 10 mm-rel a padló fölött van, ezért a homloklemez magassága $1080 - 10 = 1070$ mm. Ellenőrzés: $10 + 1070 + 40 = 1120$ mm. A belső munkalap (760 mm) a homloklemez magasságát nem befolyásolja, csak a kábelek átvezetésénél számít. Szerkezeti megfontolás: a homloklemez mögött a kábelvályú és a szerelőnyílások úgy fussanak, hogy a takarólemez ne nyomja a vezetéket; a vezetékeket a szekrényen belül rögzíteni kell.

35.2.18.7. 6. feladat (D) megoldása

Anyag és szabásjegyzék fő sorai (kész méret h × sz × v mm, anyag: laminált forgácslap 18 mm, hátfal 6 mm HDF, hátulra rálapolva): a befoglaló mélység 360 mm = 336 (test) + 6 (hátfal) + 18 (ajtó); a szélesség 800 mm = 18 + 764 + 18.

- Oldallap: 1100 × 336 × 18 mm – 2 db
- Fedlap: 764 × 336 × 18 mm – 1 db (az oldalak közé)
- Alsó lap: 764 × 336 × 18 mm – 1 db (az oldalak közé)
- Ajtó: 1096 × 796 × 18 mm – 1 db (buktató)
- Polc (döntött): 762 × 300 × 18 mm – 2 db
- Hátfal: 1100 × 800 × 6 mm – 1 db

Gyártási sorrend: szabás – élzárás – fúrás (sorozatfúró vagy CNC) – döntött polctartó furatok – szerelés csavarokkal – hátfal felcsavarozása (rálapolva) – ajtó beállítása. Az élzárás után ellenőrizni kell, hogy az élzáró mindenütt tapad, nincs ragasztógyöngy, az élek letisztítottak, és a polctartó furatok a 32 mm-es rendszerben egyforma magasságban vannak.

35.2.19. Rövid összefoglaló

Az irodai és belsőépítészeti bútoroknál a **moduláris rendszer** az alap: szabványos méretek, 32 mm-es furatkiosztás, csereszabatos vasalatok. Az **íróasztal**, **konténer**, **irattartó** és **tárgyalóasztal** ergonómiai méretei szabványokból származnak, és a kábelrendezés mindegyiknél fontos. A **belső téri burkolatok** – pult, recepció, falpanel – nemcsak dekoráció, hanem gépészeti és tűzvédelmi szerepűek is; a falpanelek mögött kábelterek futnak, a szerelőnyílások hozzáférést biztosítanak. A **kiegészítő bútorok** (polc, tükör, előszobafal, cipősszekrény) jellemzően lap- és keretszerkezetből készülnek, és a nedvesség elleni védelemre itt is figyelni kell. A **kisüzemi gyártás** egyedi, sablonos, a **nagyüzemi** moduláris, CNC-vezérelt, élzáróval és vasalatokkal integrált. A továbbvitt eredmény: az irodai és belsőépítészeti termékeket a későbbi helyszíni szerelésnél, a gyártástervezésnél és a vizsgaremeknél ugyanazzal a moduláris logikával kell kezelni, mint itt; a méreteket, kábelteret, tűzvédelmi és ergonómiai szempontokat a rajzon és a technológiai lapon is rögzíteni kell.

35.2.20. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: szabványok (MSZ EN 527, MSZ EN 14073/14074, OTSZ, MSZ HD 60364 – a pontos hatályos jelzet ellenőrizendő), gyártói műszaki adatlapok (lapanyagok, vasalatok, kábelvályú, emelőoszlop), ergonómiai szakkönyvek, belsőépítészeti tervezési útmutatók. **Ellenőrizendő pontok:** a szabványszámok hatályos verziója, a munkalapmagasság és lábtér pontos ergonómiai adatai, a terhelési táblázatok, a tűzvédelmi osztályba sorolás, a 32 mm-es rendszer gyártói specifikációja, a nagyüzemi tűrésértékek. A számítások mintaadatokkal készültek; éles gyártásnál a gyártói és szabványadatok a mérvadók.

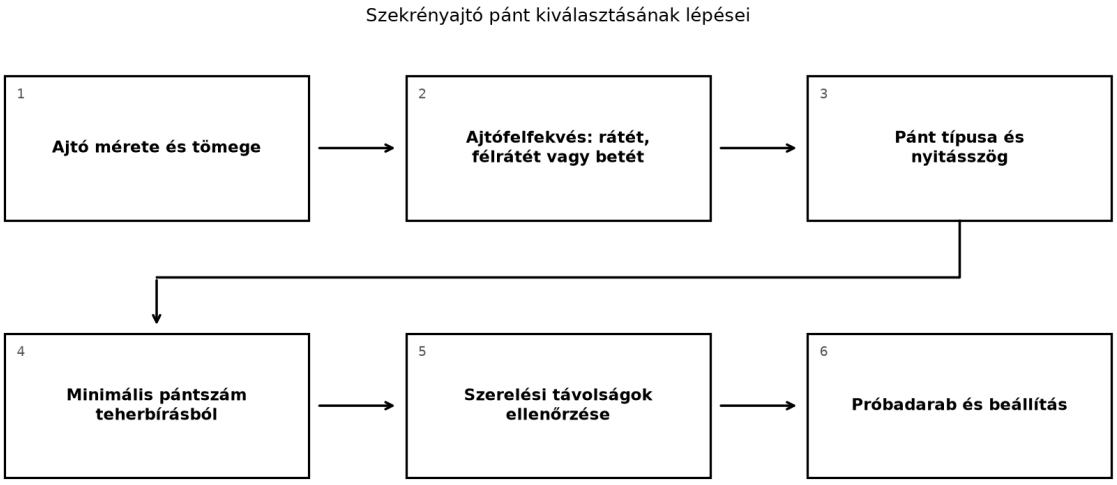
36 Vasalatok, szerelvények és rögzítéstechnika

36.1. Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek

A bútorvasalat nem csak „apró szerelvény”: az ajtó lógása, a fiók szorulása, a polc leszakadása vagy egy elülső él kitörése is gyakran vasalatválasztási hiba. Ebben az alfejezetben azt tanuljuk meg, hogyan válasszunk pántot, fiókcsúszót, fogantyút, zárat, polctartót és bontható kötővasalatot úgy, hogy a bútor stabil, halk és szerelhető legyen, és hogyan számoljuk a szükséges mennyiséget.

36.1.1. Szemléletes kép: döntési sor

Egy szekrényajtó vasalatának kiválasztása mindig ugyanazt az utat járja be:



36.1. ábra. Szekrényajtó pánt kiválasztásának lépései - Szemléltető döntési sor. A gyártói teherbírás, furatkép és beállítási tartomány mindig felülírja az itteni tanulási értékeket.

A sor eleje a termékből indul ki: először mindig a fa- vagy lapalkatrészt ismerjük, utána kérdezzük a vasalatot.

36.1.2. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **bútorvasalat** olyan – jellemzően fémből, műanyagból vagy kettő kombinációjából készülő – szerelvény, amely a bútor részeit mozgatja, zárja, megfogja, összeköti, megtámasztja vagy beállíthatóvá teszi. A vasalat lehet mozgó (pánt, fiókcsúszó, tolóajtó-görgő) vagy álló rögzítő (polctartó, láb, kötőelem).

Definíció. A **pánt** (műhelyi néven gyakran zsanér vagy csuklópánt) az ajtólapot a korpuszhoz vagy kerethez kapcsoló, csuklós nyitást adó vasalat. A korszerű bútorpánt általában **csészés pánt**:

az ajtó belső oldalába egy ∅35 mm-es, sekély csészefészket fúrunk, ebbe ül a pánt teste, a **kar** pedig az ajtóból kilépve a korpuszra szerelt **szerelőtalphoz** (pánttalp, alaplemez) kapcsolódik.

Definíció. A **fiókcsúszó** (fióksín) a fiók oldalára vagy aljára szerelt, egymásban futó sínpár, amely a fiókot vízszintesen vezeti, és meghatározza a kihúzhatóságot és a teherbírást.

Definíció. A **bontható kötővasalat** olyan mechanikai kötés, amely a korpusz- vagy keretelemeket oldható módon fogja össze. Ezzel a bútor szállításkor szétszedhető, a helyszínen újra összeszerelhető, és szükség esetén utánhúzható vagy javítható.

A vasalat kiválasztásakor három adatot mindig együtt kell nézni: **működési mód**, **teherbírás** és **beépítési méret/furatkép**. Ezt a hármast a katalógus műszaki adatlapja adja meg.

36.1.3. Pántok és csuklópántok

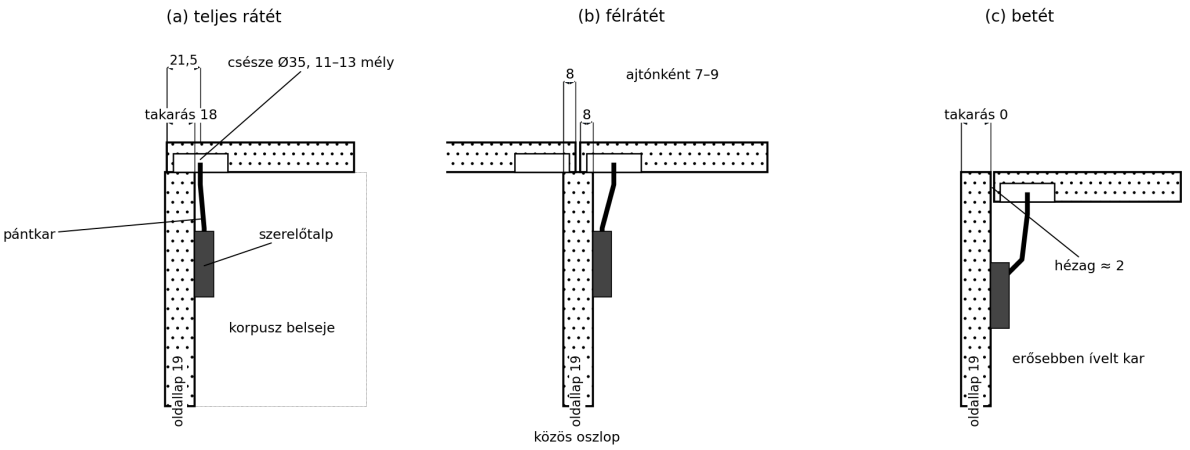
36.1.3.1. Csészés pánt: felfekvési változatok

A leggyakoribb bútorpánt a **35 mm-es csészés pánt**. A 35 mm a csésze furatátmérője; a fészekmélység 19 mm-es forgácslapnál jellemzően 11–13 mm, de mindig a termék adatlapja a mérvadó (ellenőrizendő). Három alapváltozat:

- **Teljes rátét (ráütődő) pánt:** az ajtó a korpusz oldalélére teljes szélességgel rátakar. Például 19 mm-es oldallapnál a takarás 16–19 mm körül állítható. Ez a leggyakoribb.
- **Félrátét pánt:** két szomszédos ajtó közös takarással csatlakozik ugyanahhoz a függőleges oszlophoz; az ajtónkénti takarás jellemzően 7–9 mm (tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói táblázat).
- **Betét (befekvő) pánt:** az ajtó a keret nyílásába simul, nem takarja a keretet. Ilyenkor a pánt karja erősebben ível, és a furatkép is eltérhet.

Egy régebbi katalógus a *fazettás* vagy *ráütődő* elnevezést is használhatja; a mai gyakorlatban a **rátét/félrátét/betét** megnevezés egyértelműbb (ellenőrizendő: az adott gyártó jelölése).

Az ábra a három változatot vízszintes metszetben mutatja: 19 mm-es oldallap és ajtó, az ajtó hátlapjában Ø35 mm-es, 11–13 mm mély csészefészek, a csésze közepe az ajtó élétől 21,5 mm-re; a pántkar a korpusz belső oldalára szerelt talphoz fut. Teljes rátétnél a takarás 16–19 mm, félrátétnél ajtónként 7–9 mm, betétnél 0 – a rossz pántváltozat így a takarásból felismerhető.



36.2. ábra. A csészés pánt felfekvési változatai: teljes rátét, félrátét és betét (tájékoztató, gyártói adatlap szerint)

36.1.3.2. Nyitásszög és beállítás

Szabály. A pántot a szekrény ajtaja és a környező bútor között szükséges nyitásszög alapján válaszd. Belső ajtónál 90°–110° általában elég; sarokszekrénynél vagy nagyobb hozzáférést kívánó belső fióknál 165°-os vagy nagyobb nyitás is kellhet.

A csészés pánt három irányban állítható:

1. **Magasság** – az ajtót fel-le mozgatja a talpon.
2. **Oldal** – a hézagot és az ajtó vízszintes helyzetét állítja.
3. **Mélység** – az ajtó és a korpusz elülső éle közötti síkot állítja.

A beállítás általában csillagcsavarhúzóval vagy 6 mm-es belső kulcsnyílású csavarral történik; a pontos szerszám a gyártói adatlapról olvasandó.

36.1.3.3. Pántok száma

Szabály (tájékoztató, gyártói adattal ellenőrizendő). A pántok számát a **tömeg** és a **magasság** együtt határozza meg. Egy pánt névleges teherbírása sok bútorpántnál 6–10 kg körül van; ezt a saját tömeghez és a napi használathoz képest is kell értékelni. Tájékoztató darabszám:

- ajtómagasság kb. 900 mm-ig: **2 pánt**;
- kb. 900–1600 mm között: **3 pánt**;
- kb. 1600–2400 mm között: **4 pánt**;
- efölött minden további 600–800 mm-re számoljunk további pántot.

Ezen felül a pántok száma a tömegből is ellenőrizhető:

$$n_{\min} = \frac{m_{\text{ajtó}}}{T_{\text{pánt}}}$$

ahol $m_{\text{ajtó}}$ a vasalatokkal együtt szerelt ajtó tömege (kg), $T_{\text{pánt}}$ egy pánt megengedett terhelése (kg), és az eredményt mindig felfelé kerekítjük. A puszta képlet azonban kevés, mert a magas ajtó stabilitása miatt a fenti darabszám-szabályt is be kell tartani.

36.1.3.4. Zsanér és zongorapánt

A **zsanér** hagyományos, egyszerű csuklópánt: két féllemeze van, amelyeket csap köt össze. Masszív, de síkban alig állítható, ezért ma inkább csak kiegészítő vagy stílusbútorokon használjuk. A **zongorapánt** hosszú, folyamatos fémcsukló, amely vékony, könnyű ajtókon, írólapokon, hajópadló-fedeleken osztja el a terhelést.

Megjegyzés. A csészés pánt beállíthatósága miatt a korpuszbútorokban jobban szerelhető, mint a hagyományos zsanér. A zsanér pontosabb előfúrást és pontos helyzetet igényel.

36.1.4. Fiókcsúszók

A fiók működésének nagy részét a sínpár határozza meg. A választás előtt tudnunk kell:

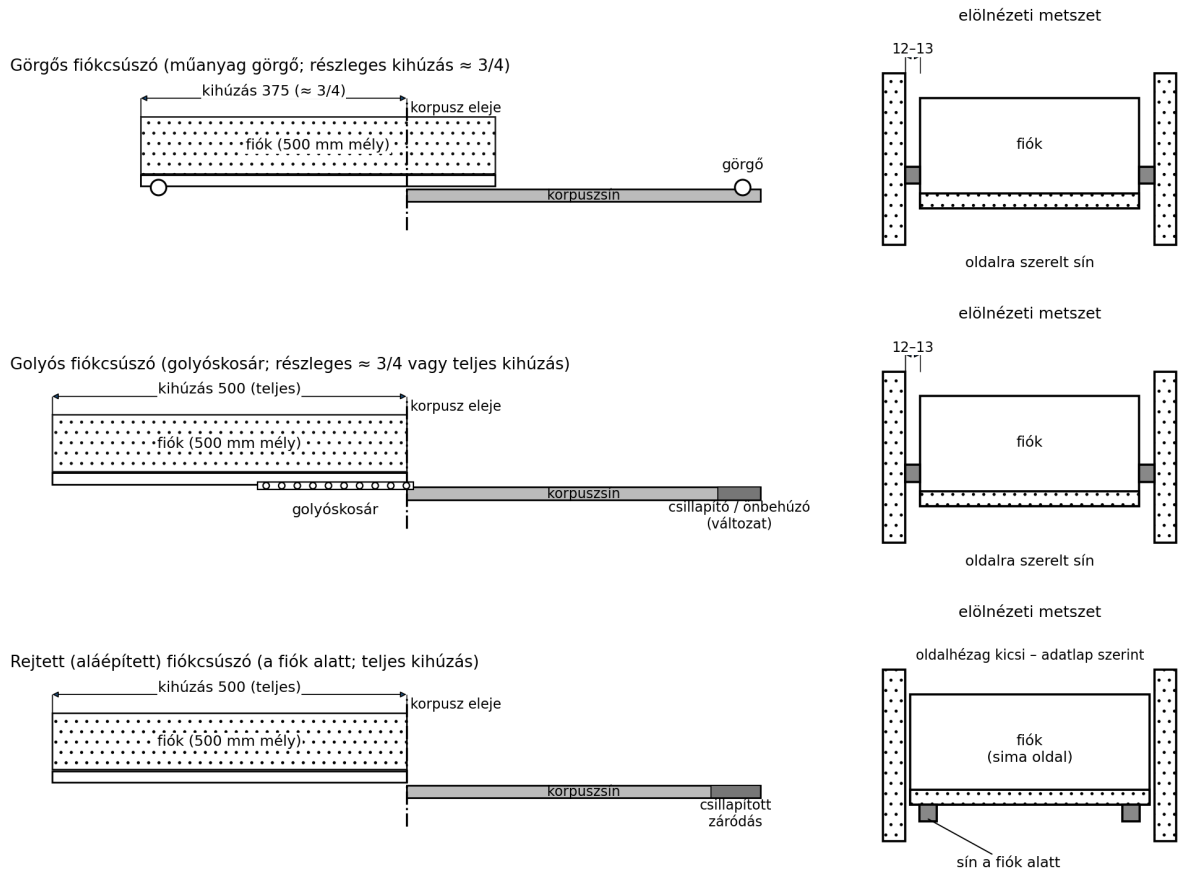
- a fiók **mélységi méretét** (kihúzás irányában);
- a fiók és a tartalom **együttes tömegét**;
- a beépítési **oldaltávolságot**;
- a kívánt kihúzási módot (részleges, teljes, önbehúzó, csillapított).

A fő típusok:

- **Görgős fiókcsúszó:** műanyag görgővel fut, egyszerű és olcsó, de korlátozott teherbírású és pontatlanabb. Kisebb, könnyű fiókokhoz alkalmas.
- **Golyós fiókcsúszó:** acélgolyós kosárban fut, sima járású, nagyobb teherbírású. Változata a **részleges kihúzású** (a fiók kb. 3/4 hosszig húzható ki) és a **teljes kihúzású** (a fiók teljes mélységben hozzáférhető).
- **Rejtett (aláépített) fiókcsúszó:** a fiók alá szerelik, ezért oldalról nem látható. Kiváló futáskultúrájú, beépítése pontos furatkezelést igényel, és általában drágább.
- **Önbehúzó változat:** a becsukás utolsó szakaszán rugó vagy más szerkezet húzza be a fiókot.
- **Csillapított (soft-close) változat:** a becsukódást olajos vagy gázos lengéscsillapító fékezi.

Szabály. A csúszó **névleges hossza** a fiók mélységéhez igazodjon. Például 500 mm mély fiókhoz 500 mm-es csúszópárt választunk, ha a korpusz belső mélysége is engedi. A csúszó tényleges beépítési hossza és furatképe gyártónként eltérhet, ezért a fúrást mindig az adatlapról kell venni.

Az ábra típusonként a sínpárt (korpuszsín, fióksín, görgő vagy golyóskosár), az elölnézeti beépítést és a kihúzás hosszát mutatja: oldalra szerelt sínnél a fiók és a korpuszoldal között tájékoztatóan 12–13 mm hézag marad (vasalat adatlapja szerint), a rejtett csúszó a fiók alatt fut, a fiókoldal sima. Egy 500 mm-es fiók részleges kihúzással kb. 375 mm-re, teljes kihúzással 500 mm-re húzható ki.



Sematikus vonalrajz, mm. A hézag és a furatkép a vasalat adatlapja szerint (ellenőrizendő); a csúszó névleges hossza a fiók mélységéhez igazodik.

36.3. ábra. Görgős, golyós és rejtett fiókcsúszó: sínpár, beépítési metszet és kihúzási hossz

36.1.5. Zárak, fogantyúk, lábak, polctartók, tolóajtó-vasalatok

- **Zárak:** bútorzár lehet **fiókzár**, **tolózár** (függőlegesen mozgó zárnyelv) vagy **hengerzár**. A fúrásmintát és a zárnyelv hosszát a lapvastagsághoz kell illeszteni. Íróasztal- vagy irodabútorzáraknál a zárnyelv iránya (függőleges, vízszintes) döntő.
- **Fogantyúk:** lehet **fogó** (két csavarponttal rögzített, ívelt vagy egyenes), **gomb** (egy központi csavarral), **élhúzó** (az ajtó élére csavarozott) vagy **rejtett élfogantyú**. A furattávolságot (tyúklépés) pontosan mérjük, mert utólag nehezen javítható.
- **Lábak:** leggyakoribb az **állítható műanyag láb**, amely a korpusz aljába szerelt menetes hüvelybe csavarodik, és néhány mm-t szintbe állíthat. Nehéz bútorhoz nagyobb lábtányér és megnövelt teherbírás kell.
- **Polctartók:** a **csapos polctartó** a 32-es rendszerű furatsorba illeszkedik, a **sínes rendszer** hosszú sínbe akasztható, és magasságban kis lépésekkel állítható. A polc hosszát és várható terhelését mindig ellenőrizni kell; a túl hosszú polc hajlik, a túl nagy terhelés kiszakíthatja a tartót.
- **Tolóajtó-vasalatok:** alsó görgős vagy felső függesztésű rendszer. A bútor tolóajtók általában **felső sínre függesztett** vagy **alsó görgős** kialakításúak; a súly, a sínprofil és a nyílásméret alapján választunk. A beállításnál a függőlegest és a párhuzamosságot ellenőrizzük.

36.1.6. Bontható kötővasalatok

A szekrénykorpusz oldallapjait és vízszintes elemeit, galériáit, fedőlapját gyakran bontható kötőelemekkel fogjuk össze.

- **Excenteres kötő (excenter + csap + hüvely):** a csapot az egyik lap lapjába csavarjuk, a másik lap belső furatába az **excentert** helyezzük, amely forgatással behúzza és zárja a csapot. A kötés rejtett, erős, és néhány szerszámmal oldható. A lap vastagsága, a fészek helye és a csap hossza pontosan össze kell hangolva legyen.
- **Csavaros kötőelem és hüvely:** az egyik oldalon menetes fémhüvely van, a másikon hengeres fejű vagy süllyesztett fejű csavar húz be. Ilyen kötést használunk ott is, ahol az excenter nem fér el, vagy a kötést gyakran kell bontani.
- **Keretkötéseknél** a bontható kötés ritkább; ott a ragasztott csapozás és az idegencsap a jellemző. A bontható megoldást leginkább **korpuszbútorokhoz** és **beépített szerkezetekhez** alkalmazzuk.

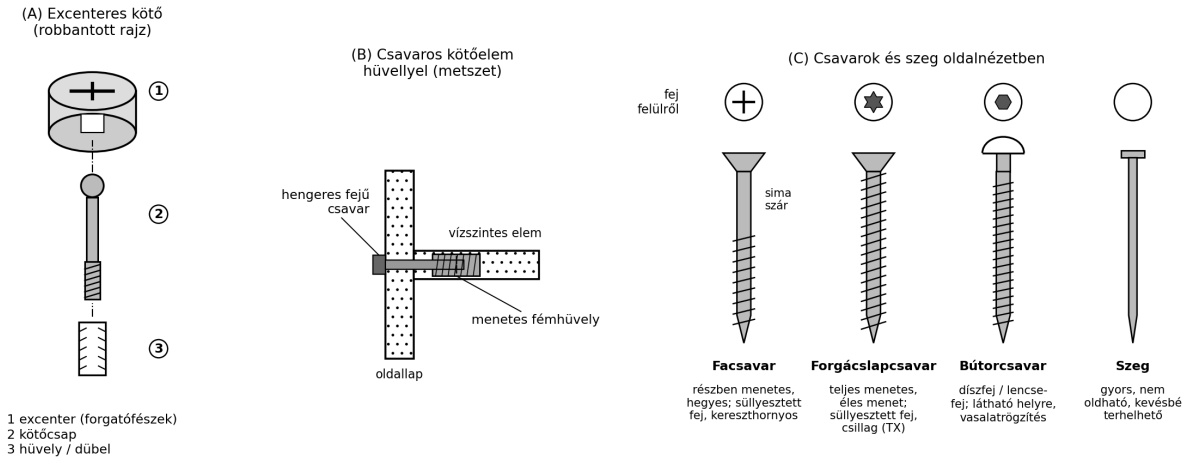
Figyelem. Az excenteres kötő akkor tart, ha a fészekmélység és a furatpozíció pontos. A túl mély fúrás az excenter alá kerül, a sekély fúrás megfeszíti a lapot, a gyenge lapanyagból pedig kiszakadhat. A pozíciót mindig a lap vastagságához és a gyártói adathoz igazítsuk.

36.1.7. Csavarok és kötőelemek

A faipari gyakorlat leggyakoribb csavarjai:

- **Facsavar:** hegyes, részben menetes csavar tömörfához. Előfúrás nélkül a keményfát megrepesztheti; keményfába mindig fúrjunk elő a csavarmag átmérőjéhez illő furatot.
- **Forgácslapcsavar:** teljes menetes, éles csavargeometriájú csavar, amely forgácslapban, MDF-ben, rétegelt lemezben jól tart. A fej lehet süllyesztett vagy lencsefejű. A forgácslapcsavar hossza úgy válasszuk meg, hogy ne fúrja át a lapot; jellemző szabály: a csavar behatolási hossza legalább a fogadó elem vastagságának 2/3-a legyen (ellenőrizendő: a konkrét kötéstechnikai adatlap).
- **Bútorcsavar:** kisebb, esztétikus fejű csavar, látható szerelési helyeken, vasalatrögzítéshez. Egyes típusai hüvellyel, csillaggal vagy hatlapfejjel készülnek.
- **Szeg:** gyors, de kevésbé terhelhető kötés. Csak olyan helyen alkalmazzuk, ahol a rögzítést nem kell oldani, és a szeg nem hasít.
- **Kapocs:** gépi kapcsozás, gyakran kárpitozáshoz, hátlapokhoz, díszlécekhez. A kapocs hossza és a fejszélesség a lövőgép típusához igazodik.

Az ábra a bontható kötővasalatok és a csavarok felismerését segíti: az excenteres kötő három része (excenter, kötőcsap, hüvely), a csavaros kötőelem menetes hüvellyel, valamint a facsavar, a forgácslapcsavar, a bútorcsavar és a szeg jellemző feje, hajtása és menete. Az excenter működését a Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok alfejezet mutatja.



36.4. ábra. Bontható kötővasalatok és csavarok képtára

Szabály. Csavarozás előtt a **csavar magátmérőjéhez** illesztett előfúrást készítünk, a fejhez pedig **süllyesztőt** használunk, ha a csavarfej a felülettel egy síkban üljön. Különösen forgácslapba történő csavarozásnál a túl nagy nyomaték kiszakítja a magot; a túl hosszú csavar kidudorodik a másik oldalon.

36.1.8. Szükséglet-számítás

A szükséglet-számítás menete a szokásos **rajz–anyag–művelet hármas**: a rajzról leolvassuk a nyílókat, fiókokat, polcokat; a jegyzékből a darabszámot; a művelettervből a szerelési sorrendet. Először mindig a **kész darabok** számát állapítjuk meg, utána a tartalékot.

Példa (kidolgozott). Készítsünk vasalat- és kötőelemmennyiséget egy 700 mm széles, 350 mm mély, 720 mm magas felső szekrényhez: 2 rátét ajtó, 2 polc, polconként 4 polctartó, ajtónként 2 pánt és 1 fogantyú (a pántokhoz 4 szerelőtalp tartozik). Az ajtók mérete $350 \times 720 \times 19$ mm, tömegük egyenként kb. 3,6 kg (forgácslap, vasalat nélkül), ezért 2 pánt elég. A szekrénykorpuszt 8 excenteres kötéssel szereljük. Minden pánthoz 2, a hozzá tartozó szerelőtalphoz további 2 rögzítőcsavart számolunk (adatlap szerint, ellenőrizendő); a fogantyúcsavar a fogantyúval együtt jár.

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Csészés pánt, rátét, 95°	4	db	850	3 400
Szerelőtalp	4	db	250	1 000
Fogantyú	2	db	1 200	2 400
Polctartó csap	8	db	120	960
Excenteres kötő	8	db	180	1 440
Forgácslap-csavar ∅4 × 16 mm	18	db	15	270
Összesen				**9 470**

A táblázatban szereplő árak **mintaárak**; a mennyiségeket a rajz és a gyártói adatlapok alapján kell ellenőrizni. A csavaroknál $4 \times (2+2) = 16$ db a szükséglet, plusz 10 % tartalék: $17{,}6 \Rightarrow 18$ db. A vasalatköltség ezután a bútor önköltségébe kerül.

Számítás. Ellenőrizzük a pántok számát teherbírás alapján is. Az ajtó tömege vasalattal együtt legyen $m_{\text{ajtó}} = 4{,}2\,\text{kg}$. A választott pánt teherbírása $T_{\text{pánt}} = 8\,\text{kg}$. Ekkor

$$n_{\min} = \frac{m_{\text{ajtó}}}{T_{\text{pánt}}} = \frac{4{,}2}{8} = 0{,}525 \Rightarrow n_{\text{pánt}} = 2.$$

Tehát a 2 pánt teherbírásra elegendő, és a 720 mm-es ajtómagasság miatt a magassági darabszám-szabály is érvényesül.

36.1.9. Szabvány

Szabvány. A bútorvasalatokra és a bútorok biztonságára vonatkozó követelményeket a vonatkozó magyar és európai szabványok, valamint a gyártói műszaki adatlapok tartalmazzák. A csészés pántok, fiókcsúszók és bontható kötővasalatok esetén a beépítési méretek, teherbírási és élettartamadatok gyártónként eltérhetnek; a katalógusjelölések és a 32-es rendszerű furatképek az MSZ EN 15570 / bútorvasalati termékszabványok környezetébe tartoznak (ellenőrizendő: pontos szám, hatály). Gyermekbútoroknál, irodabútoroknál és beépített termékeknél a biztonsági követelmények szigorúbbak lehetnek (ellenőrizendő: termékcsoport-szabvány).

36.1.10. Pántszerelési eljárás (technológiai előírás)

Technológiai előírás. A pántfészek készítése és a pánt állítása az alábbi lépésekkel végezhető. A fúrást furatkép-próbadarabon ellenőrizzük.

1. Az ajtólapot a **bázisélekhez** igazítva rögzítsük. A pánt a csukló oldalához közel kerül, ezért a bázisél a pántoldali él legyen.
2. Jelöljük a csésze középpontját: jellemzően az ajtóélétől 21,5 mm (ellenőrizendő: a pánt adatlapja), a 32 mm-es rendszerre igazítva.
3. Fúrjuk ki a **csészefészket** $\varnothing$35 mm-es, keményfém lapkás csészefúróval, 11–13 mm mélyre. Fúrás védőszemüvegben, elszívás mellett történjen.
4. Csavarozzuk a pánt testét az ajtóra. A csavarfej ne lógjon ki a csésze síkjából.
5. Szereljük a **szerelőtalpat** a korpusz belső oldallapjára. A talp távolságát a gyártói adatból, az ajtótakarás és a bázisél alapján kell számítani.
6. Akasszuk a pántot a szerelőtalpba, pattintsuk vagy a rögzítőcsavarral húzzuk be.
7. Állítsuk be a **magasságot**, **oldalhézagot** és **mélységet** úgy, hogy az ajtó hézagai egyenletesek legyenek. Tájékoztató hézag: 2–3 mm (ellenőrizendő: a bútor típusa és a gyártó ajánlása).
8. Próbanyitás után ellenőrizzük, hogy a pánt sehol nem ütközik, az ajtó nem csapódik, és a zárás teljes.

36.1.11. Minőségellenőrzés

Minőségellenőrzés. A vasalatszerelés ellenőrzését a következőkkel végezzük:

- **Ajtóhézag:** mérőhasábbal vagy tolómérővel az oldal- és felső hézagot. Tájékoztató tűrés: $\pm 0{,}5$ mm az egyenletes hézaghoz képest.

- **Pántfészekmélység:** a csésze ne álljon ki, a furat ne üsse át a lapot.
- **Fiókcsúszó párhuzamossága:** a fiók jobbra-balra ne szoruljon, kihúzva ne billegjen.
- **Kötővasalat zártsága:** az excenter teljesen behúzott állapotban legyen, a lapok hézagmentesen zárjanak.
- **Csavarmélység:** a csavar ne türemkedjen ki a szemközti oldalon, a fej a süllyesztőben üljön.

Eltérésnél először a furatpozíciót és a bázisélt ellenőrizzük, utána a vasalat típusát és a beállítási sorrendet.

36.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Az ajtó lelóg, hézag fent széles, lent szűk.** Ok: a pánt talpának magassága rossz, vagy túl kevés pántot szereltek. Javítás: pótszoros pánt, a magasságállító csavarral utánállítás, majd a szomszédos pántok újrahúzása.
2. **Az ajtó a korpusz élét nem takarja el egyenletesen.** Ok: rossz pántváltozat, például félrátét helyett teljes rátét. Javítás: a felfekvési típus cseréje, vagy oldalirányú talpállítás.
3. **A fiók kihúzható, de hátul beesik.** Ok: túl rövid vagy túl alacsony teherbírású csúszópár, nem egyenletes a beépítési magasság. Javítás: teljes kihúzású, megfelelő hosszúságú és teherbírású csúszó, majd párhuzamosság-ellenőrzés.
4. **Az excenteres kötés szorul, vagy nem zár hézagmentesen.** Ok: a fúrásmélység vagy a fészek oldaltávolsága nem pontos. Javítás: próbadarabon ellenőrzött fúrósablon, a csaphossz és az excenter helyzet ellenőrzése.
5. **A csavar kidudorodik a lap túloldalán.** Ok: túl hosszú csavar, vagy sekély előfúrás. Javítás: a fogadó vastagsághoz illesztett csavarhossz és magátmérő.

36.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy konyhabútor-felújításnál az asztalos azt tapasztalta, hogy a legalsó 900 mm széles, 500 mm mély fiók a kihúzás végén megszorul, és a két oldalsó, régi görgős sín alatt a forgácslap széle elkopott. A fiókban edények és konzervdobozok voltak, a teljes tömeg 25 kg körüli volt, de a görgős sín névleges teherbírása 15 kg volt (mintaadat). A javításhoz nem volt elég a sín cseréje: a szorulás miatt a furatok is kiszélesedtek. A tanuló a korpusz belső szélességét mérte, a fiók mélységét 500 mm-ben rögzítette, és **teljes kihúzású, golyós, 35 kg teherbírású, 500 mm-es** csúszópárt választott. A fúrást próbadarabon ellenőrizte, a sínt vízmértékkel párhuzamba állította, és a fiók szélességét a szükséges oldaltávolsággal csökkentette. A fiók ezután üresen is, terhelten is simán futott. Tanulság: a teherbírást mindig a **tényleges használati tömegből** kell megválasztani, és a sín hosszát a fiókmélységhez kell igazítani.

36.1.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A 35 mm-es csészés pánt fészke a pánt tömegére vonatkozik, nem az átmérőre.

2. Sorolj fel három állítási irányt a csészés pántnál.

3. Egy ajtó tömege vasalattal 14 kg. A pánt teherbírása 8 kg. Hány pánt kell teherbírásból?

4. Mi a különbség a teljes rátét és a betét ajtó között?

5. Miért rossz a túl hosszú csavar egy 16 mm-es forgácslapba?

36.1.15. Feladatok

1. feladat (A) Fogalmazd meg, mi a különbség a zsanér és a csészés pánt között, és mikor választanád a csészés pántot.

2. feladat (A) Sorold fel a fiókcsúszó három fontos kiválasztási adatát, és egy-egy szóval indokold, miért fontos.

3. feladat (B) Egy tömör bükk ajtó mérete $1800 \times 450 \times 22$ mm. A bükk sűrűsége $\rho \approx 680\,\mathrm{kg/m^3}$ (tájékoztató). A pántok teherbírása 8 kg. Számítsd ki az ajtó tömegét és a pántok minimális számát teherbírásból. Mit javasolsz a magasság alapján?

4. feladat (B) Egy fiók mélysége 450 mm, a korpusz belső szélessége 612 mm. A golyós fiókcsúszó beépítési oldaltávolsága 12,5 mm (tájékoztató). Hány mm hosszú csúszót válassz, és hány mm széles legyen a fiók, ha oldalanként 12,5 mm oldaltávolság kell?

5. feladat (C) Egy beépített szekrényben két, egyenként $2000 \times 500 \times 19$ mm-es, nehéz tölgy ajtó van. A pánt teherbírása 5 kg, a tölgy sűrűsége kb. $700\,\mathrm{kg/m^3}$ (tájékoztató), így egy ajtó tömege kb. $0{,}019 \cdot 700 \approx 13$ kg, és a teherbírási képlet szerint $13/5 = 2{,}6 \Rightarrow 3$ pánt elég lenne, de a magassági szabály 4 pántot javasol. Magyarázd meg, miért ne válasszuk a 3 pántot, még akkor sem, ha a tömegszámítás éppen megengedi.

6. feladat (D) Készíts vasalat-anyaglistát egy $500 \times 600 \times 350$ mm-es (szélesség × magasság × mélység) éjjeliszekrényhez: 1 felső fiók (fiókmélység 300 mm, előlap 150 mm magas), alatta 1 ajtó (500×446 mm), 2 polc, polconként 4 polctartó, 1 fogantyú a fiókon és 1 az ajtón. A korpuszt 8 excenterrel szereljük. Add meg a mennyiségeket; az árakat nem kell számolni.

36.1.16. Megoldások

36.1.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A 35 mm a csésze furatátmérője.

2. Magasság, oldal, mélység.

3. $n_{\min} = 14/8 = 1{,}75$, tehát legalább 2 pánt kell teherbírásból.

4. A teljes rátét ajtó rátakar a korpusz élére; a betét ajtó a keretnyílásba simul.

5. A túl hosszú csavar átszúrja a lapot, kidudorodik, és a rögzítőmagot is gyengíti.

36.1.16.2. Feladatok megoldása

1. feladat. A zsanér hagyományos csuklós pánt, amely két féllemezt és csapot tartalmaz, és alig állítható. A csészés pánt az ajtó belső oldalába fúrt ∅35 mm-es csészefészekbe ül, karral csatlakozik a szerelőtalpba, és három irányban állítható. Könnyen szerelhető, ezért sorozatgyártott korpuszbútoroknál ezt választjuk.

2. feladat. A fiókcsúszó kiválasztási adatai: **terhelhetőség** (a fiók és tartalom tömege), **hossz** (a fiók mélysége és a korpusz belső mélysége), **beépítési oldaltávolság** (a fiók szélességi mérete és a furatkép). Ezek nélkül a fiók szorul, beakad vagy túlterhelt lesz.

3. feladat. Térfogat: $V = 1{,}8 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}022 = 0{,}01782\,\mathrm{m}^3$. Tömeg: $m = V \cdot \rho = 0{,}01782 \cdot 680 = 12{,}12\,\mathrm{kg}$. Pántok teherbírásból: $n_{\min} = 12{,}12/8 = 1{,}51 \Rightarrow 2$ pánt. A 1800 mm-es magasság miatt azonban legalább **4 pánt** szükséges, mert a magas ajtó feszülése és stabilitása miatt nem elég a tömeg alapján számolt darab. A magassági szabályt is be kell tartani: 1600–2400 mm: 4 pánt.

4. feladat. A fiók mélysége 450 mm, ezért 450 mm hosszú csúszót választunk, ha a korpusz belső mélysége is legalább ennyi. A fiók szélessége: $b_{\text{fiók}} = 612 - 2 \times 12{,}5 = 587\,\mathrm{mm}$. Tehát a fiók kész szélessége 587 mm.

5. feladat. A magas ajtó nemcsak a pántokra ható függőleges terhet adja, hanem hosszú csuklóoldal mentén hajlító, feszítő mozgást is. Ha csak 3 pánt van, az ajtó középtáji része oszcillálhat, a csavarok kiszakadhatnak, a 19 mm-es anyagban a fészkek hamarabb fellazulnak. A 4 pánt elosztja a terhelést és a csuklóoldal merevségét növeli, ezért a magassági szabályt nem írja felül a puszta tömegszámítás.

6. feladat. Vasalatlista az éjjeliszekrényhez:

- Fiókcsúszó pár, teljes kihúzású vagy golyós, 300 mm (a 350 mm-es korpuszmélységbe befér): 1 pár.
- Fiókfogantyú: 1 db.
- Csészés pánt rátét vagy betét ajtóhoz: 2 db.
- Szerelőtalp: 2 db.
- Ajtófogantyú: 1 db.
- Polctartó: $2 \times 4 = 8$ db.
- Excenteres kötő: 8 db.
- Rögzítőcsavarok pántokhoz: $2 \times 2 = 4$ db.
- Fiókzár vagy ajtózár: 1 db, ha szükséges a funkció.
- Korpuszrögzítő csavarok a szerelőtalpakhoz: $2 \times 2 = 4$ db.

A konkrét furatképeket és a csavarhosszakat a választott vasalat adatlapja alapján kell felvenni.

36.1.17. Rövid összefoglaló

A **bútorvasalat** a bútor mozgó, záró, megfogó és bontható szerelvénye. A **csészés pánt** ⌀35 mm-es csészefészekbe ül, felfekvése lehet **teljes rátét**, **félrátét** vagy **betét**. A pántok számát az ajtó tömege és magassága együtt adja: $n_{\min} = m_{\text{ajtó}}/T_{\text{pánt}}$, és magassági tájékoztató szabály szerint kb. 900 mm-ig 2, 900–1600 mm-ig 3, 1600–2400 mm-ig 4 pánt szükséges. A pántot három irányban állítjuk: magasság, oldal, mélység. A **fiókcsúszó** teherbírását a fiók és a tartalom együttes tömegéből kell választani, hosszát a fiók mélységéhez igazítjuk; a golyós, rejtett, teljes kihúzású és önbehúzó változatok más-más futáskultúrát adnak. A **bontható kötővasalat** (excenter, csavaros hüvely) a korpusz oldható, szerelhető kötését szolgálja. A **csavarokat** anyaghoz és lapvastagsághoz választjuk; túl hosszú vagy túl nagy nyomatékú csavar tönkreteszi a fogadó lapot. **Továbbvitt eredmény.** A vasalatválasztás, a beállítási sorrend és a szükséglet-számítás a szerelésnél és a rögzítéstechnikánál is alap: használjuk a Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre és az Szereléshez szükséges megmunkálások pozicionálása, jelölése, beállítása alfejezetekben.

36.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: bútorvasalat-gyártók műszaki katalógusai és szerelési adatlapjai, a 32-es rendszerű furatkép-rendszerek leírásai, faipari szakkönyvek, az MSZ EN 15570 környezetébe tartozó bútorvasalati szabványok (ellenőrizendő: pontos szám, hatály), valamint a bútorok biztonságára vonatkozó termékszabványok. Ellenőrizendő: a csészefészek pontos átmérője, mélysége és az éltávolság, a pántok teherbírása, a fiókcsúszó oldaltávolsága, a 32 mm-es furatkép szerelőtávolsága, a csavarhossz ajánlása, a mintaárak és a pántszámra adott magassági határok.

36.2. Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre

Egy felső konyhaszekrény nem eshet le, és egy konzolos polc sem fordulhat ki a falból. A rögzítés akkor lesz biztonságos, ha ismered a fal anyagát, a dübel és a csavar működését, a teherbírási adatokat, és betartod a fúrás és szerelés sorrendjét.

Képzeld el, hogy a megrendelő konyhájában egy 36 kg-os, edényekkel megrakott felső szekrényt akasztunk fel. A fal tömör tégla, de látszólag kétséges, hogy a két kis fémakasztó megtartja-e. A fúrás előtt meg kell tudnod mondani: hány rögzítési pont kell, milyen mélységben, milyen dübel és csavar, és mi a teendő, ha a fúró hirtelen üreget talál. Ezt tanítja ez az alfejezet.

36.2.1. Falazatok és alapanyagok

A fal anyaga meghatározza, milyen rögzítőelem dolgozik benne. A leggyakoribb alapanyagok:

- **Beton**: kemény, homogén, nagy teherbírású; a fúrás közben az ellenállás állandó, a megfelelő dübel és csavar szorosan ül.

- **Tömör tégla**: a hagyományos kisméretű tömör tégla jól tart, de a fúró a hézagba is érhet; a dübel a téglatestben, nem a habarcshézagban tartson.

- **Üreges tégla** (pl. B30-as és más vázkerámia blokkok, nútféderes, perforált tégla): vékony bordákból és üregekből áll. Üreges téglában és pórusbetonban ütés nélkül (fúró üzemmódban) fúrunk, hogy a bordák ne törjenek ki (ellenőrizendő: dübelgyártói útmutató). Egy sima műanyag dübel könnyen „megpördül”, mert nincs elég felfekvő felület, ezért üreges falhoz való, kinyíló vagy átmenő dübel kell.

- **Pórusbeton** (pl. Ytong-jellegű anyag): puha, cellás szerkezetű; a hagyományos dübel kiszakadhat belőle, ezért pórusbetonhoz tervezett, nagyobb felületű dübelt vagy ragasztott horgonyrudat kell használni.

- **Gipszkarton**: vékony, könnyű falburkolat; önmagában csak könnyű terhelést tart. Nehéz tárgyhoz acél vázszerkezetre kell rögzíteni, vagy üreges falhoz való, kinyíló fémszerelvényt kell használni.

Definíció. A **rögzítéstechnika** az asztalosipari termék és az épületszerkezet (fal, padló, mennyezet) megbízható, oldható vagy nem oldható összekapcsolása. A rögzítés elemei: **alapanyag** (a tartó szerkezet), **rögzítőelem** (dübel, csavar, horgony, ragasztó), és **beépítési körülmény** (furatmélység, él- és tengelytávolság, hőmérséklet, nedvesség).

Összefüggés. A rögzítés akkor megfelelő, ha a **megengedett teherbírás** nagyobb, mint a **tényleges igénybevétel**, és a **biztonsági tényező** is beépült. A gyártói teherbírási táblázatok a

megengedett értéket már tartalmazzák; a táblázatok feltételeit (furatátmérő, mélység, alapanyag) pontosan be kell tartani.

Megjegyzés. A fal típusát a helyszíni felméréskor jegyezzük fel. A Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása alfejezetben rögzített vázlat és fotók pontosan megmutatják, hol fut cső, vezeték, hézag vagy elváltozás. A rögzítési pontokat erre a vázlatra rajzoljuk, és csak ezután fúrunk.

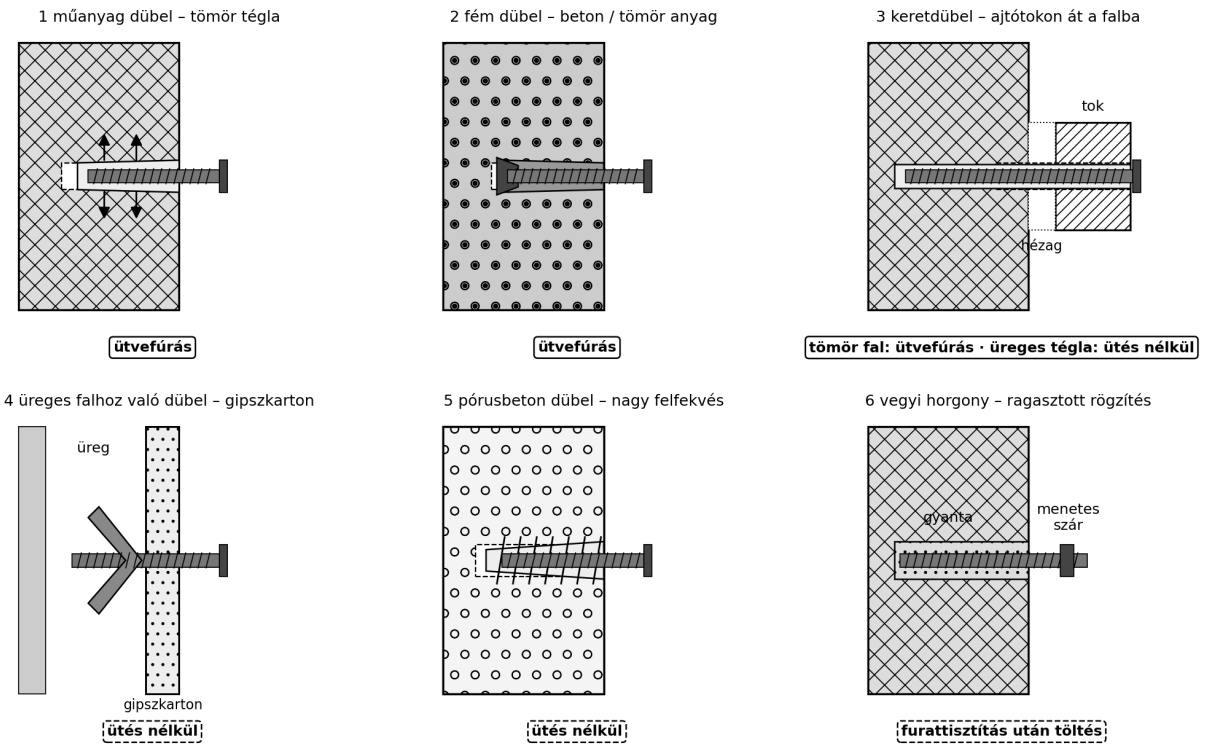
36.2.2. Rögzítőelemek

A leggyakoribb rögzítőelemek:

- **Műanyag dübel**: hüvely, amelyet a furatba ütünk, a csavar befordítva szétfeszíti; tömör téglához, betonhoz, könnyű terheléshez alkalmas.
- **Fém dübel**: erősebb hüvely, nagyobb húzó- és nyíróterhelésre; tömör anyagokban használható.
- **Keretdübel**: hosszú, nagyobb rögzítési mélységű dübel, például ajtótokok, nehéz szerkezetek falra rögzítéséhez. A keretdübel a tokfuraton át a falba ér, és a keretcsavar szorítja meg.
- **Üreges falhoz való dübel**: kinyíló, csomót vagy pillangót képező műanyag vagy fém elem, amely az üreg mögött terül szét.
- **Pórusbetonhoz való dübel**: nagyobb, recézett vagy csavarszerű hüvely, amely a puha anyagban is nagyobb felfekvő felületet ad.
- **Ragasztott rögzítés**: vegyi horgony vagy ragasztótömb; különösen puha alapanyagban, repedt falban vagy nagy teher esetén. A fúrt furatot kitisztítjuk, a ragasztót beletöltjük, majd a menetes rudat behelyezzük. A rögzítőelem csak a ragasztó kötési ideje után terhelhető.

Szabály. A dübel és a csavar átmérőjét, a furatmélységet, a csavarhosszt és a meghúzási nyomatékot mindig a gyártói adatlap adja meg. A megadott él- és tengelytávolságok be nem tartása a fal megrepedését vagy a dübel kiszakadását okozza. A csavar hossza legalább a dübel hossza plusz a rögzítendő elem vastagsága, de nem érhet túl messzire a falban rejlő cső vagy vezeték.

Az ábra a hat rögzítőelemet falmetszetben, a fenti felsorolás sorrendjében mutatja: a szétfeszülő műanyag és fém dübelt tömör falban, a tokon át a falba érő keretdübelt, a gipszkarton mögött szétnyíló dübelt, a nagy felfekvésű pórusbeton dübelt és a gyantába ágyazott menetes szárat. Mindegyiknél a furat mélyebb a dübelnél; üreges téglában, gipszkartonban és pórusbetonban ütés nélkül fúrunk (ellenőrizendő: dübelgyártói útmutató).



36.5. ábra. Dübelek és rögzítőelemek falmetszetben, a falazathoz illő fúrási móddal

36.2.3. Terhelés becslése

A rögzítőelemeket **húzóerő** (a falból kifelé húzó erő) és **nyíróerő** (a falfelülettel párhuzamosan csúsztató erő) terheli. A kettőt együtt is ki kell bírnia a dübelnek.

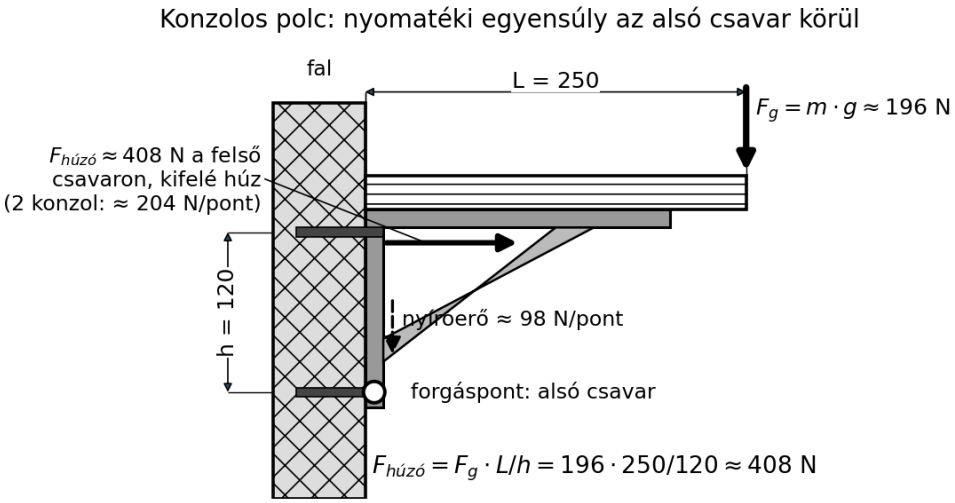
Definíció. A **biztonsági tényező** (n) az a szorzó, amellyel a várható legnagyobb üzemi terhelést megszorozzuk, hogy a becslési bizonytalanságot, a dinamikus hatásokat és az anyagminőség szórását lefedjük. A gyártói megengedett teherbírás általában már tartalmazza a szükséges biztonságot; a törőteher és a megengedett teher aránya a gyártói dokumentációban ellenőrizhető. A gyakorlatban 3–5-szörös arány is előfordul (ellenőrizendő: gyártói adat).

Számítás. Egy **konzolos polcot** két tartókonzollal rögzítünk. A polcra helyezett tömeg $m = 20\,\mathrm{kg}$, a súlyerő $F_g = m \cdot g = 20 \cdot 9{,}81 \approx 196\,\mathrm{N}$. A polc mélysége $L = 250\,\mathrm{mm}$, a konzol felső és alsó rögzítőcsavarja közötti függőleges távolság $h = 120\,\mathrm{mm}$. A felső csavart kihúzó erő az alsó csavar körüli nyomatékból becsülhető:

$$F_{\text{húzó}} = F_g \cdot \frac{L}{h} = 196\,\mathrm{N} \cdot \frac{250\,\mathrm{mm}}{120\,\mathrm{mm}} \approx 408\,\mathrm{N}.$$

Mivel két konzol van, egy-egy felső rögzítőpontra jó közelítéssel ennek fele, kb. 204 N húzóerő juthat. Ha a dübel megengedett húzóterhelése tömör téglában 0,4 kN (ellenőrizendő: gyártói táblázat), a becslés a biztonsági sávon belül van. A nyíróerő összesen 196 N, azaz pontonként kb. 98 N, ami szintén a megengedett alatt marad, ha a dübel adataiban a nyíróterhelés legalább 0,2 kN (ellenőrizendő).

Az ábra ugyanezt a nyomatéki egyensúlyt mutatja: a polc végén ható súlyerő az alsó csavar körül forgat, ezért a felső csavart a falból kifelé húzó erő terheli ($F_{\text{húzó}} = F_g \cdot L/h$). Minél mélyebb a polc és minél kisebb a csavarok távolsága, annál nagyobb a kihúzó erő.



36.6. ábra. Konzolos polc oldalnézetben: súlyerő, forgáspont és kihúzó erő

Számítás. Egy **felső konyhaszekrény** tömege üresen 45 kg, a betöltött edényekkel együtt $m = 75\,\text{kg}$, a súlyerő $F_g \approx 736\,\text{N}$. A szekrény mélysége $D = 330\,\text{mm}$, a súlypont a faltól kb. $D/2 = 165\,\text{mm}$. Az akasztóvasalat felső beakasztási pontja és az alsó, falhoz ütköző ütköző közötti távolság $h = 180\,\text{mm}$. A teljes kihúzó erő:

$$F_{\text{húzó}} = F_g \cdot \frac{D/2}{h} = 736\,\text{N} \cdot \frac{165}{180} \approx 675\,\text{N}.$$

Ha négy rögzítőpontot használunk, egy pontra kb. 169 N húzóerő és kb. 184 N nyíróerő jut. Ez a tömör téglába helyezett, megfelelő méretű műanyag vagy fém dübel tipikus megengedett tartományában lehet (a pontos érték a gyártói táblázatban, az adott falazathoz rendelve – ellenőrizendő). **Figyelem.** A felső szekrényeknél a megrendelő sokszor a szekrény aljára támaszkodik vagy a szélére akaszt; ezért a becsült terhelésbe legalább 30 kg edénytömeget érdemes felvenni, és nem szabad csak az üres tömeget nézni.

36.2.4. Felső szekrény akasztóvasalata

A felső szekrényt nem egyszerűen az oldallapján át a falba dugott csavarokkal rögzítjük, hanem **akasztóvasalattal**. Az akasztóvasalat két részből áll: a szekrény hátoldalán, rejtetten elhelyezett **akasztóelem**, és a falra szerelt **fali sín** vagy **kampós elem**. A beállító csavarokkal a szekrény oldalirányban és mélységben, valamint a magasságban finoman szabályozható. A szerelés sorrendje:

1. Kijelöljük a szekrény alsó élének magasságát lézeres szintezővel vagy vízmértékkel.

2. A fali sín furathelyeit megjelöljük, ügyelve a rejtett vezetékekre.

3. A fúrás mélységét mélységütközővel korlátozzuk; a furatot kifújjuk, kitisztítjuk.

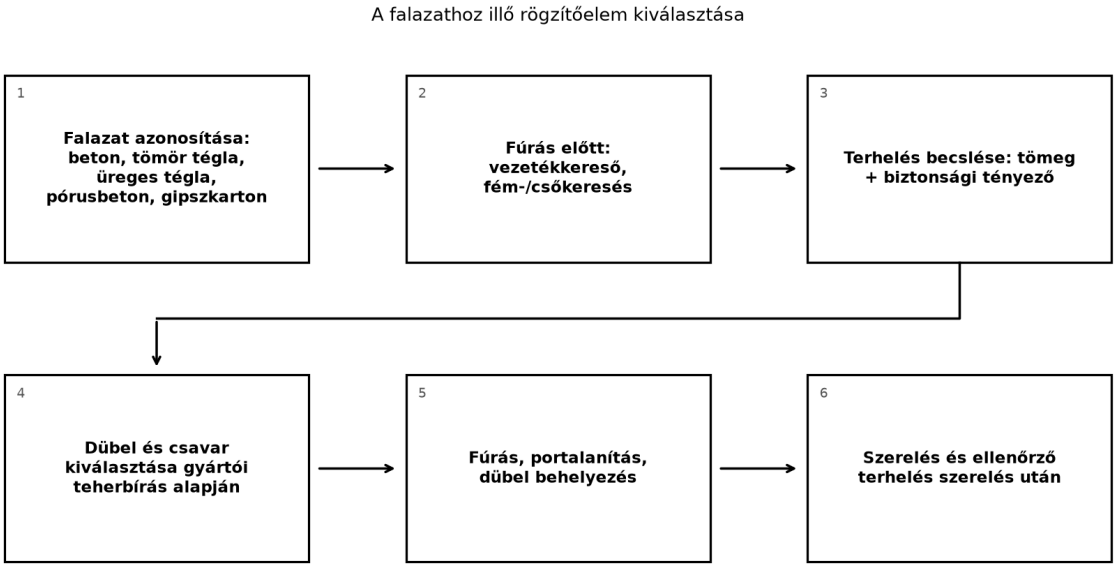
4. A dübeleket behelyezzük, a sínt csavarozzuk.

5. A szekrénybe szerelt akasztóelemeket beállítjuk, a szekrényt a sínre akasztjuk.

6. A szekrényt beállító csavarokkal függőlegessé, derékszögűvé és egy vonalba állítjuk.

7. Végül a megadott meghúzási nyomatékkal rögzítjük az akasztóelemeket.

A felső szekrényeknél a gyártói adatlap közli, mekkora megengedett terhelést ad az akasztóvasalat, és hány ponton kell a sínt a falba rögzíteni.



36.7. ábra. A falazathoz illő rögzítőelem kiválasztása - Tájékoztató döntési sorrend; a kiválasztáshoz mindig a gyártói adatlap és a falazat valós állapota a mérvadó.

36.2.5. Fúrás előtt: rejtett vezetékek és csövek

A falban villanyvezeték, vízcső, fűtéscső vagy gázcső futhat. A fúrás előtt mindig kockázatfelismerést végzünk.

1. **Szemrevételezés**: konnektor, kapcsoló, csaptelep, radiátor, elosztószekrény helyzete utalhat a vezetéknyomvonalra.

2. **Vezetékkereső műszer**: feszültség alatt lévő vezeték és fémcső közelítő helyét mutatja; a műszert a fal síkjában lassan mozgatjuk, és a jelzést a csomópontban, keresztezve ellenőrizzük.

3. **Fúró lassú indítása**: amikor a fúróhegy a vakolaton áthalad, csökkentett nyomással figyeljük az ellenállást; ha a fúrás hirtelen „beesik”, akkor üreghez vagy vezetékcsatornához értünk.

4. **Fúrás közbeni ellenőrzés**: a fúrót gyakran kihúzzuk, a furatport megnézzük; a tégla-, betonpor, a gipsz és a furatban látható fém vagy műanyag külön figyelmeztet.

Tilos a dugaszolóaljzatok, kapcsolók, elosztók függőleges és vízszintes tengelyvonalában, valamint a szerelési sávokban fúrni. A vezetékkereső csak kiegészítő eszköz: a feszültségmentes vezetéket és a műanyag csövet nem mindig jelzi (ellenőrizendő: a szerelési sávok szélessége, MSZ HD 60364 vonatkozó része). A hagyományos „majd csak elkerüljük” módszer életveszélyes, mert a fúró a fázisvezetővel érintkezve áramütést, a csővel érintkezve pedig vízkárt, gázszivárgást okozhat. A konkrét szerelési magasságban mindig a helyszíni felmérés és a műszeres keresés adatai a mérvadóak.

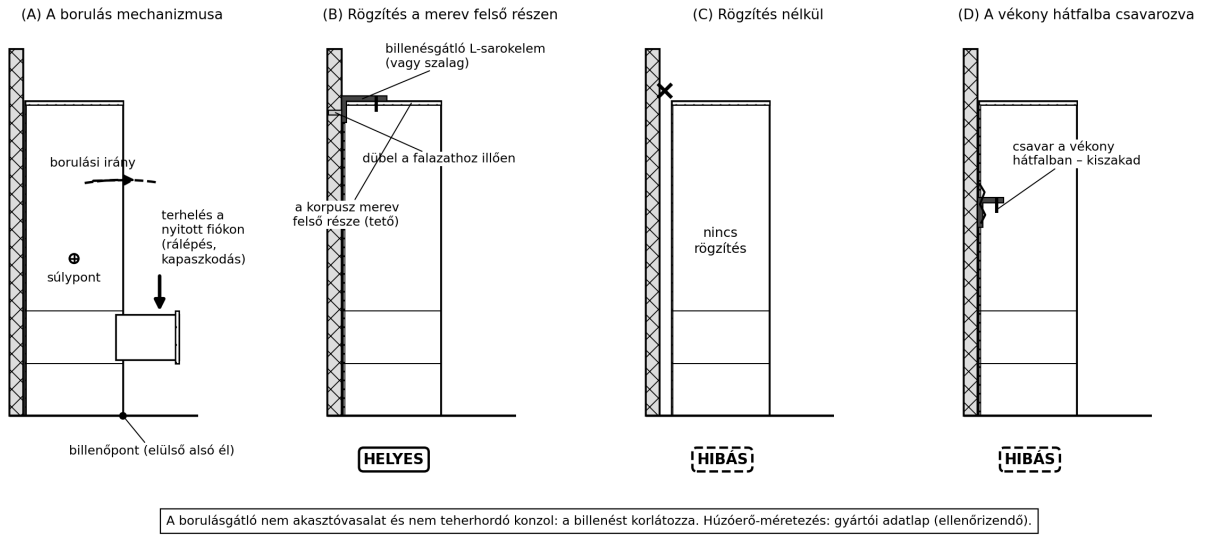
Ha a fúró vezetéket vagy csövet ér: engedd el a gépet, ne nyúlj a fúrószárhoz, kapcsoltasd le az áramkört, és hívj villanyszerelőt; vízcső esetén zárasd el a vizet; gázszagnál hagyd el a helyiséget, és értesítsd a gázszolgáltatót.

36.2.6. Borulás elleni rögzítés magas bútornál

Egy magas könyvespolc, gardrób vagy magas szekrény borulását a nyitott ajtó vagy fiók, a rá, illetve elé helyezett tárgy és a gyerek mászás is okozhatja. A borulás elleni rögzítés nem teherviselő felfüggesztés, hanem a bútor felső részét a falhoz kapcsoló, a billenést megakadályozó elem.

A legegyszerűbb megoldás egy **billenésgátló szalag** vagy **L alakú fém sarokelem**. A bútor felső hátoldalán, a korpusz merev részén rögzítjük, a másik végét a falba dübellel. A rögzítő elemet úgy kell beállítani, hogy a szalag vagy a furat hagyjon némi mozgást, de a borulás határán felfeküdjön. Az L-elem csavarjait a bútorban csak akkor húzzuk meg, ha az anyag megengedi (a forgácslapnál a csavar ne szakadjon ki), és a falcsavart a falazatnak megfelelő dübelbe tesszük.

Az ábra a borulás mechanizmusát (teher a nyitott fiókon, billenőpont az elülső alsó élen) és a rögzítés helyes, illetve hibás módját mutatja: helyes a korpusz merev felső részén fogó billenésgátló elem, hibás a rögzítés nélküli szekrény és a vékony hátfalba csavarozott elem.



36.8. ábra. Borulás elleni rögzítés magas bútornál: mechanizmus, helyes és hibás rögzítés

Szabály. A borulásgátló a bútort a falhoz rögzíti, de nem helyettesíti a felső szekrény akasztóvasalatát, és nem teherhordó konzol. A kettő feladata különböző: az akasztóvasalat a súlyerőt viszi át a falra, a billenésgátló a nyomatékot és a véletlen húzóerőt korlátozza. A gyártói adatlap közli, mekkora húzóerőre méretezték (ellenőrizendő).

36.2.7. Padló és mennyezet

Padló. Padlóba fúrás előtt a padlófűtés csöveit meg kell keresni: a tervdokumentáció vagy hőkamerás felvétel alapján jelöljük a csövek nyomvonalát, és a furatot attól távol, a gyártó szerinti furatmélységgel készítjük (ellenőrizendő: a padlóépítő előírása, a fűtéscső fedése). A födém típusát (monolit vasbeton, előregyártott üreges vagy feszített födém) azonosítani kell; előfeszített födémbe, bordába nem szabad fúrni a tervező, statikus hozzájárulása nélkül (ellenőrizendő).

Mennyezet. A mennyezetről függő vagy oda rögzített elem a rögzítőre tartósan húzóerőt visz; ezért csak a mennyezeti (húzásra engedélyezett) fém rögzítőelem használható, műanyag dübel nem (ellenőrizendő: gyártói ETA és a teherbírási tábla). Fej feletti fúrásnál védőszemüveg és porelszívós fúrófej kell, a por és a törmelék a szembe esik; stabil, billenésmentes fellépőt vagy állványt használj, létrán állva ne fúrj. A fúrás előtt itt is vezetékkeresővel és a tervvel ellenőrzünk (villanyvezeték, csővezeték, födémbordák).

36.2.8. Szabványok

Szabvány. A falba, betonba szerelt rögzítőelemek műszaki alkalmasságát a faipari termék beépítésekor a rögzítőelem gyártójának teljesítménynyilatkozata vagy európai műszaki értékelése (ETA) igazolja. A teherbírási adatok a megadott falazatra, furatátmérőre, furatmélységre, él- és tengelytávolságra, valamint a csavar típusára érvényesek. A beépítés után a rögzítőelem nem ellenőrizhető, ezért a szerelés közbeni beállítások és a felhasznált termékek azonosítóit rögzíteni kell a munkalapon (ellenőrizendő: hatályos ETA, gyártói beépítési útmutató). Az épületasztalos-ipari rögzítéseknél, például ajtótok vagy ablak beépítésénél, a beépítési csomópontra vonatkozó építőipari előírásokat is figyelembe kell venni (ellenőrizendő: vonatkozó építési termék szabályozás).

36.2.9. Technológiai lap

Technológiai lap: felső konyhaszekrény rögzítése tömör téglafalba

Cél: 1000 mm × 330 mm × 700 mm méretű felső konyhaszekrény biztonságos felfüggesztése akasztósínnel.

Anyagok: felső szekrény, gyártói akasztóvasalat és fali sín, a falazathoz illő dübel és csavar (pl. 10 mm-es műanyag vagy fém dübel, a gyártó táblázata szerint – ellenőrizendő), falcsavar.

Szerszámok és gépek: lézeres szintező vagy vízmérték, mérőszalag, ceruza, vezetékkereső, fúrógép, fúrószár a dübelhez, mélységütköző, ütvefúró a tömör téglához és betonhoz (üreges téglában és pórusbetonban ütésmentes fúró üzemmód), csavarhúzó, nyomatékkulcs vagy nyomatékbeállítós csavarozó, porszívó, védőszemüveg, FFP2 légzésvédő (ellenőrizendő: védőeszköz-osztály).

Gépbiztonság. A kézi fúrógépet betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Használj védőszemüveget és porvédő maszkot; rögzítsd a munkadarabot, a fúrógép fogantyúját két kézzel fogd. A fúrószár csak feszültségmentes, megállt és kihűlt állapotban cserélhető.

Indítás előtti ellenőrzés: a fúrógép kábele és csatlakozója ép; a fúrószár éles, a tokmány rögzített; a mélységütköző beállítása a dübel hosszának megfelel; a fúrási pont vezetékkeresővel vizsgált; a munkaterület szabad; a vészleállító vagy a fúrógép kapcsolója elérhető.

Lépések:

1. A szekrény alsó élének magasságát kijelölöd vízmértékkel. – *Ellenőrzés:* a jelölés vízszintes, eltérés 1000 mm-en legfeljebb 1 mm (tájékoztató).

2. A fali sín furathelyeit a szekrény akasztóelemeinek távolságával egyeztetve jelölöd. – *Ellenőrzés:* a furathelyek a szekrény akasztási pontjaival egybeesnek.

3. Minden furathelyen vezetékkeresővel keresztezett irányú ellenőrzést végzel. – *Ellenőrzés:* nincs vezeték- vagy csőjelzés a furat környezetében.

4. A fúrószárral, mélységütközővel kifúrod a furatot. – *Ellenőrzés:* a furatmélység a dübel hossza plusz 5–10 mm (tájékoztató, gyártói adat szerint).

5. A furatport kiporszívózod. – *Ellenőrzés:* a furat tiszta, a dübel nem úszik porban.

6. A dübelt ütőfával vagy gumikalapáccsal a furatba ütöd. – *Ellenőrzés:* a dübel pereme a falfelületre simul, nem forog a furatban.

7. A fali sínt a csavarokkal rögzíted. – *Ellenőrzés:* a sín szilárd, nem mozdul el kézi erőre.

8. A szekrényt a sínre akasztod, és az akasztóelemek beállító csavarjaival függőlegesre, egymáshoz igazítod. – *Ellenőrzés:* a szekrény függőleges, a szomszédos szekrények előlapja egy síkban van.

9. A beállító csavarokat a gyártói meghúzási nyomatékkal rögzíted. – *Ellenőrzés:* a csavarok meghúzva, a vasalat nem deformálódott.

10. A munkalapon rögzíted a dübel és csavar gyártói jelét, a furatmélységet és a húzási próba eredményét. – *Ellenőrzés:* a dokumentáció hiánytalan.

36.2.10. Minőségellenőrzés

A kész rögzítést a szerelés után kézi erővel és szemrevételezéssel ellenőrizzük. A dübel nem mozdulhat, a sín nem hajolhat, a szekrény nem billenhet. A felső szekrényt fokozatosan terheljük: először kézzel, majd kisebb súllyal, végül a gyártói megengedett terhelés egy részével. A beállító csavarokon nincs repedés, a csavarfej nem süllyedt be a falemezbe. A fúrt minta és a fúrópor is árulkodó: a tömör tégla furatpora vöröses, a betonpor szürke, a gipszkarton fehér.

Hiba. Ha a fúró a téglafalban váratlanul üreget talál, a sima műanyag dübel nem tarthat meg. Ilyenkor a furatot ki kell tisztítani, a fúrási pontot a gyártói minimális él- és tengelytávolság betartásával, lehetőleg a téglatestbe kell helyezni, és üreges falhoz való dübelt vagy hosszabb, jobban felfekvő elemet kell választani. A dübel nem toldható meg, a túl nagy furatba nem szabad ragasztópisztolyragasztót nyomni, mert az nem szerkezeti ragasztó.

36.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A dübel megpördül a furatban.** Oka: túl nagy furat, kopott fúró, üreges fal, ütvefúrás üreges falban (a bordák kitörnek), vagy poros furat. A dübel és a fúró átmérője nem illik össze; a furatport nem távolítottuk el. Helyes gyakorlat: a gyártó által megadott furatátmérőt és friss, éles fúrót használj, a furatot fújd ki és porszívózd.

2. **A felső szekrény a falhoz támaszkodik, az alja a faltól eláll.** Oka: az akasztósín magassága vagy a beállító csavarok nincsenek összehangolva. Helyes gyakorlat: a sínt vízmértékkel, a szekrény akasztóelemeit a gyártói beállítási sorrendben igazítsd; először a szekrény hátlapját, majd az oldalát, végül az előlapját ellenőrizd.

3. **A falból a kihúzóerő kiszakítja a dübelt.** Oka: rossz dübeltípus, túl kis átmérő, vagy a furat a téglahézagba került. Helyes gyakorlat: a falazat azonosítása, a teherbírási táblázat figyelembevétele, a fúrási pont tömör anyagba helyezése, és a megadott él-, tengelytávolság betartása.

4. **A fúró vezetékbe vagy csőbe fúr.** Oka: elmaradt vezetékkereső, a vezetékek nyomvonalát nem ellenőriztük. Helyes gyakorlat: a fúrás előtti műszeres vizsgálat (a szerelési sávokat így is elkerüljük), a fúrást kis nyomással kezdeni, és a fúróellenállás változásakor azonnal leállni. Ha a fúró vezetéket ér: a gépet elengedni, a fúrószárhoz nem nyúlni, az áramkört lekapcsoltatni, villanyszerelőt hívni; cső esetén elzáratni a vizet, gázszagnál elhagyni a helyiséget és értesíteni a gázszolgáltatót.

36.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy konyhabútor-szerelő a felső szekrényt tömör téglafalba akasztotta, de a szekrény két hét után elvált a faltól. A hiba okát keresve kiderült, hogy a fúrás közben az egyik furat a téglahézagba került, a hézagban lévő habarcs kiesett, és a dübel csak a vakolatban tartott. A helyes megoldás az volt, hogy a sín furathelyét a téglatestbe helyezte, a hibás furattól a gyártói tengelytávolságra, a hézagot elkerülte, és tömör téglához való dübelt használt. A tanulság: a dübel teherbírása csak akkor érvényes, ha az alapanyag a gyártói feltétel szerinti, és a fúrási ellenállás változását már a fúrás közben figyelni kell.

36.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Gipszkarton falban a nehéz tükröt közvetlenül, sima műanyag dübelbe csavarozva függeszthetjük. Indokold.

2. Milyen erő terheli a felső szekrény felső rögzítőpontját: húzó vagy nyíró erő?

3. Számítsd ki a kihúzó erőt egyetlen konzolnál, ha a terhelés 240 N, a polcmélység 300 mm, a csavartávolság 150 mm.

4. Miért nem szabad a fúrást a konnektor függőleges vonalában végezni?

5. Mi a különbség a felső szekrény akasztóvasalat és a magas bútor borulásgátlója között?

6. Mi a teendő, ha a fúró hirtelen beesik, és a furatban üreg nyílik?

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis: a gipszkarton önmagában nem tart nehéz terhet; acél vázhoz kell rögzíteni, vagy üreges falhoz való, kinyíló elemet kell használni, és a gyártói terhelési adatot be kell tartani.

2. A felső szekrény rögzítőpontja egyszerre szenved húzóerőt (a súlyerő a szekrény mélysége miatt kifelé húz) és nyíróerőt (a függőleges súlyerő lefelé, a falsíkkal párhuzamosan terheli a rögzítőt).

3. $F_{\text{húzó}} = 240\,\text{N} \cdot \frac{300\,\text{mm}}{150\,\text{mm}} = 480\,\text{N}$.

4. A konnektor vagy kapcsoló tengelyvonalában gyakran villanyvezeték fut; a fúró fázisvezetőt találhat, ami áramütést és tüzet okoz.

5. Az akasztóvasalat a szekrény súlyát viseli a falra; a borulásgátló a billenést akadályozza meg, és nem teherhordó konzol.

6. Le kell állni, a furatot ki kell tisztítani; a dübelt az üreges falazatnak megfelelő típusra kell cserélni, vagy a fúrási pontot a tömör téglatestbe kell helyezni.

36.2.14. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel, milyen falazatanyagokat különböztetünk meg a rögzítéstechnika szempontjából, és mindegyikhez nevezz meg egy megfelelő rögzítőelemet.

2. feladat (A) Magyarázd el a dübel és a csavar együttműködését tömör téglafalban. Miért kell a furatot portalanítani?

3. feladat (B) Egy fali polcot két konzollal rögzítünk. A polcra és az edényekre összesen 90 kg terhelést számolunk. A polc mélysége 280 mm, a konzol felső és alsó csavarja közötti távolság 140 mm. Becsüld meg a teljes kihúzóerőt és az egy felső rögzítőpontra jutó húzóerőt. A dübel gyártói megengedett húzóterhelése tömör téglában 0,30 kN (mintaadat – ellenőrizendő). Megfelelő-e a rögzítés? Indokold.

4. feladat (B) Egy felső szekrényre 80 kg össztömeget veszünk fel. A szekrény mélysége 350 mm, a súlypont a faltól 175 mm. Az akasztóvasalat eredő függőleges távolsága 190 mm. Határozd meg a kihúzóerőt. Ha 4 rögzítőpontot használunk, mekkora a pontonkénti húzóerő? Miért fontos a gyártói táblázat és nem csak egy átlagos érték használata?

5. feladat (C) Egy megrendelő polcot szeretne gipszkarton válaszfalra. A polc mélysége 250 mm, várható terhelése 25 kg. Milyen szempontok alapján választasz rögzítést? Miért nem elegendő a sima műanyag dübel? Írd le a döntési lépéseket.

6. feladat (D) Tervezd meg egy magas könyvespolc borulás elleni rögzítését. Adott: a szekrény magassága 2200 mm, mélysége 400 mm, anyaga 18 mm vastag MDF. Válassz rögzítőelemet, add meg a fúrás helyét, és írd le a szerelés lépéseit ellenőrzési pontokkal.

36.2.15. Megoldások

1. feladat

Beton – szinte minden dübel, jellemzően fém vagy erős műanyag dübel. Tömör tégla – műanyag dübel, fém dübel, keretdübel. Üreges tégla – üreges falhoz való, kinyíló vagy átmenő dübel. Pórusbeton – pórusbetonhoz tervezett, nagyobb recézett dübel vagy ragasztott rögzítés. Gipszkarton – acél vázra rögzítés, üreges falhoz való kinyíló dübel, könnyű terhet tartó gipszkarton-dübel.

2. feladat

A dübel hüvelyét a furatba ütjük, majd a csavar befordul a dübelbe, és szétfeszíti azt; a dübel a furat oldalához nyomódik, így a súrlódás és a felületi kapcsolat tartja a csavart. A furatpor csökkenti a dübel és a furat fala közötti súrlódást, a dübel megpördülhet, a csavar nem tud kellő szorítóerőt kifejteni; a furatot porszívóval tisztítjuk.

3. feladat

A súlyerő $F_g = 90 \cdot 9{,}81 \approx 883\,\text{N}$. A kihúzóerő összesen: $F_{\text{húzó}} = 883 \cdot \frac{280}{140} \approx 1766\,\text{N}$. Ha két konzol van, ez a két felső rögzítőpontra oszlik; pontonként kb. 883 N, azaz kb. 0,88 kN. Ha a dübel megengedett húzóterhelése 0,30 kN, akkor a rögzítés NEM megfelelő, mert a becsült terhelés jóval meghaladja a megengedettet; több rögzítőpont, nagyobb dübel, erősebb konzol vagy a falazathoz megfelelőbb rögzítés kell.

4. feladat

$F_g = 80 \cdot 9{,}81 \approx 785\,\text{N}$. $F_{\text{húzó}} = 785 \cdot \frac{175}{190} \approx 723\,\text{N}$. Négy ponton $723/4 \approx 181\,\text{N}$. A gyártói táblázat az adott falazatra, furatátmérőre, mélységre és a szerelési irányra ad eltérő megengedett értéket; egy átlagos érték használata félrevezető, mert a tömör és üreges falazat teherbírása nagyon különbözik, és a gyártó beépítési feltételei kötelezők.

5. feladat

Gipszkarton falnál először az acél vázszerkezet helyét kell megkeresni; ha a konzol a vázra esik, akkor a vázhoz csavarozunk. Ha a konzol a gipszkarton lapra esik, akkor csak olyan üreges falhoz való dübelt, például kinyíló fémlapos elemet használjunk, amely a lap mögött legalább 25–30 mm felfekvést ad. A sima műanyag dübel a puha gipszkartonban nem tud megtartani; a 25 kg terhelés a kar miatt nagy kihúzóerőt ébreszt. A gyártói terhelési adatot a gipszkarton vastagságához és a fúrt furathoz kell nézni (ellenőrizendő: gyártói táblázat). Ha a teher nem rögzíthető biztonságosan, akkor a polcot a falra szerelt fali sínre vagy alátámasztott konzolra kell tenni, és a terhelést csökkenteni.

6. feladat

A magas könyvespolc felső részén, a korpusz két oldalán vagy a felső hátlapján L alakú billenésgátló sarokelemet rögzítünk. A fal felőli oldalon vezetékkeresővel ellenőrizzük a fúrási pontot, majd a falazatnak megfelelő dübelt teszünk a falba; a bútorban a csavart az MDF anyagba, előfúrt furatba, alátéttel vagy a korpusz merevítő részébe rögzítjük. A lépések: 1) a bútor felső hátoldalán kijelöljük a pontot; 2) vezetékkereső; 3) falba fúrás, dübel; 4) az L-elem fal felőli rögzítése; 5) a bútor oldalán előfúrás; 6) az L-elem másik ágát a bútorhoz csavarozzuk; 7) ellenőrizzük, hogy a csavar nem húzza szét a lapot, és a bútor nem billen. Az ellenőrzési pont: a rögzítőelem a bútoron és a falon is szilárdan ül, kézi húzásra nem lazul.

36.2.16. Rövid összefoglaló

A falba, padlóba és mennyezetre szerelt asztalosipari termékek rögzítésénél először az **alapanyagot** kell azonosítani: beton, tömör tégla, üreges tégla, pórusbeton vagy gipszkarton. A rögzítőelem kiválasztása ehhez igazodik: műanyag dübel, fém dübel, keretdübel, üreges falhoz való dübel, pórusbetonhoz való dübel vagy ragasztott rögzítés. A **teherbírás** tényleges, gyártói adatlapból vett megengedett érték, amely a furatmélységre, átmérőre, él-, tengelytávolságra és falazatra vonatkozik. A fúrás előtt **vezetékkeresővel** kell megkeresni a rejtett villanyvezetékeket és csöveket. A felső szekrényt **akasztóvasalattal** kell felfüggeszteni, nem közvetlenül a falba fúrt csavarral; a magas bútort **borulásgátlóval** a falhoz kell biztosítani. A rögzítés ellenőrzése szerelés közben és után is szükséges.

Továbbvitt eredmény. A rögzítőelem kiválasztásának és a fúrás előtti ellenőrzésnek a menetét a Falburkolatok és álmennyezetek alfejezetben a falra szerelt elemeknél, valamint a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése és a Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése során is használjuk, mert a rögzítőelem és az alapanyag illesztése minden helyszíni szerelésnél az első biztonsági lépés.

36.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: a rögzítőelemek gyártói beépítési útmutatói és teherbírási táblázatai, a helyszíni felmérés műhelygyakorlata, a faipari szerelés szakképzési tananyaga. Ellenőrizendő: a dübelek és csavarok gyártói adataihoz tartozó hatályos európai műszaki értékelések (ETA) vagy termékszabványok; a teherbírási táblázatokban szereplő megengedett húzó- és nyíróerő; a gipszkartonhoz és pórusbetonhoz való rögzítők teherbírási határai; a vezetékkereső műszer kezelési előírásai; a fúró-, por- és zajvédelem hatályos védőeszköz-előírásai.

VIII. RÉSZ – Épületasztalos-ipari termékek

37 Épületasztalos alapismeretek és ajtótokok

37.1. Az építőipar és a faipar kapcsolata: falazatok, falnyílások, névleges méret

37.1.1. Miért kell az építőipar méreteivel dolgoznunk?

Egy beltéri ajtót rendel meg a vevő. Az építész rajzán a nyílás jele mellett az áll: **AJ-1 900 × 2100**. Ha az asztalos ezt a méretet gyártja le a tokra, a tok valószínűleg nem fér be, vagy körbe nagy, nehezen tömíthető hézag marad. A falazott nyílás valós mérete ugyanis mindig tér el a rajzon szereplő **névleges mérettől**: a kőműves munka tűrése, a vakolat és a padlószint eltérése miatt. Ezért az épületasztalos munka első lépése nem a gyártás, hanem a falnyílás értelmezése és a **tokméret** meghatározása.

Az építőipar és a faipar itt találkozik: a fa **tokot, ajtólapot, ablakot, lépcsőt, beépített bútort** gyárt, de ezeket mindig egy valós, épített térbe illeszti. A Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása alfejezetben tanult felmérést itt bővítjük ki a falnyílások és a nyílászárók méretlogikájával.

37.1.2. Szemléletes kép: a méretlánc

Képzelj el egy falnyílást szemből nézve. A nyílás szélessége a két oldalsó falkáva közötti méret, magassága a kész padlószint és az áthidaló alsó síkja közötti méret, mélysége pedig a falvastagság. A tok ebbe a nyílásba kerül, de nem feszülhet közvetlenül a falra: minden oldalon **szerelési hézagot** hagyunk. A tok külmérete ezért kisebb a falnyílásnál.

Ez a méretlánc:

$$B_{\text{tok}} = B_{\text{nyílás}} - 2 \cdot h_{\text{oldal}}$$

$$H_{\text{tok}} = H_{\text{nyílás}} - h_{\text{felső}}$$

ahol B_{tok} a tok külső szélessége, $B_{\text{nyílás}}$ a falnyílás szélessége, h_{oldal} az oldalankénti szerelési hézag, H_{tok} a tok külső magassága, $H_{\text{nyílás}}$ a nyílás magassága, $h_{\text{felső}}$ pedig a felső szerelési hézag. A képlet egyszerű, de a gyakorlatban a nyílás minden méretét ellenőrizni kell.

37.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Falnyílás vagy **építészeti nyílásméret**: a falban kialakított, a nyílászáró beépítésére szolgáló nyílás belső befoglaló mérete. Szélességét a két oldalsó falkáva, magasságát a kész padlószint és az áthidaló alsó síkja, mélységét a falvastagság adja.

Definíció. Névleges méret: a rajzon, konszignációban vagy megrendelőben használt kerek, azonosító méret, például **900 × 2100 mm**. Ez nem a valós gyártási méret, hanem a méretcsoportba sorolást és a beépítési hely azonosítását szolgálja.

Definíció. Szerelési hézag: a tok külső felülete és a falnyílás belső felülete közötti, beépítéskor megmaradó rés. Oldalt, fent és – külső nyílászárónál vagy küszöbös kivitelnél – alul is értelmezzük. A hézagot rögzítésre, hőszigetelő habra, pára- és légzáró szalagra használjuk.

Definíció. Tokméret vagy **gyártási tokméret**: a tok külső befoglaló mérete, vagyis az a méret, amely a falnyílásba beépül. A tok szélességi és magassági tokméretét a falnyílás valós méretéből számítjuk a szerelési hézag levonásával.

Definíció. Falkáva: a falnyílás oldalsó, belső felülete. A tok beépítésekor a rögzítés és a hézagkitöltés is ehhez a felülethez kapcsolódik. A falkáva lehet merőleges a homlokzatra, de régi épületekben gyakran ferde, ezért is kell a nyílást több ponton mérni.

Definíció. Áthidaló: a nyílás feletti szerkezeti elem vagy kiváltás, amely a felette lévő falazat terhét a nyílás két oldalán lévő falrészre viszi. Az áthidaló alsó síkja adja a nyílás felső magassági vonalát.

Definíció. Párkány: ablaknyílás alsó vízszintes lezárása; külső párkány vezeti el a csapadékvizet, belső párkány a helyiség felőli megjelenő felület. A párkány magassága és dőlése befolyásolja az ablak tok magasságát és a beépítési hézagot.

Szabály. A tok méretét **soha nem a rajz névleges méretéből**, hanem a helyszínen megmért falnyílásból számítjuk. A szerelési hézag tájékoztató érték; a pontos értéket a gyártói beépítési útmutató és a nyílászáró típusa adja **(ellenőrizendő: gyártói adatlap)**.

Szabály. A nyílást legalább **három ponton** kell mérni: alul, középen és felül a szélességet, valamint bal oldalon, középen és jobb oldalon a magasságot. A legkisebb valós méretből számolunk, így a tok biztosan beilleszthető, és a hézag sehol sem lesz nulla.

37.1.4. A falnyílás felmérésének lépései

1. Mérjük meg a nyílás szélességét alul, középen és felül.
2. Mérjük meg a nyílás magasságát a kész padlószinttől az áthidaló alsó síkjáig bal oldalon, középen és jobb oldalon. Ha a padlóburkolat még nincs kész, a magasságot az építkezés szintvonalától (pl. a kész padló felett 1,00 m-re húzott „méteres vonaltól”) mérjük, és abból számítjuk a kész padlószintet (ellenőrizendő: a kivitelezővel egyeztetett szintvonal). A tok alja a kész padlóhoz igazodik, nem a nyers aljzathoz.
3. Mérjük meg a falvastagságot a nyílásnál, legalább három pontban.
4. Ellenőrizzük a derékszöget derékszögelővel vagy lézeres vonalvetítővel: a falkáva és az áthidaló alsó síkja, valamint a padló síkja közötti viszonyt.
5. Rögzítsük a vakolat, a falhibák, a gépészeti kiállások és a padlóburkolat vastagságának helyét.
6. Vázlatrajzon írjuk fel a mért méreteket, és jelöljük meg a későbbi rögzítési pontokat.

Miért így? A falszerkezet és a vakolat sosem tökéletesen sík és derékszögű. Ha csak egyetlen méretet veszünk, a legkisebb vagy legnagyobb méretet nem ismerjük, ezért a tok beépítéskor beszorulhat vagy túl nagy hézag marad.

37.1.5. Számítás: tokméret meghatározása

Példa. Beltéri ajtó tokját szeretnénk legyártani. A felmérés során a falnyílás mért szélessége a legkisebb helyen **902 mm**, magassága a legkisebb helyen **2105 mm**. A beépítési útmutató szerint oldalt **10 mm**, felül **10 mm** szerelési hézagot kell hagyni; a tok oszlopai alul a kész padlószintre állnak, alul nincs falhézag.

Számítás.

- Tok külső szélessége:

$$B_{\text{tok}} = 902 - 2 \cdot 10 = 882\,\text{mm}$$

- Tok külső magassága:

$$H_{\text{tok}} = 2105 - 10 = 2095\,\text{mm}$$

A tok befoglaló mérete tehát **882 × 2095 mm**. A névleges rajzi méret például **900 × 2100 mm** volt, de a valós nyílás és a hézag miatt a gyártási tokméret eltér tőle.

Ellenőrzés. A tok szélessége a nyílásnál kisebb, oldalanként 10 mm hézag marad. A magasság a nyílásnál 10 mm-rel kisebb, felül marad a hézag, alul a tok a padlóhoz igazodik. Ha a tokot beépítjük, a befoglaló méret nem éri el a nyílás szélét.

37.1.6. Második példa: ablak tokmérete

Ablaknál alul is szerelési hézagot szokás hagyni, mert a tok alatt párkány, hőszigetelés és alátámasztó ék van. A falnyílás mért szélessége **1205 mm**, magassága **1512 mm**. A hézag oldalt **15 mm**, felül **15 mm**, alul **15 mm**.

Számítás.

$$B_{\text{tok}} = 1205 - 2 \cdot 15 = 1175\,\text{mm}$$

$$H_{\text{tok}} = 1512 - 15 - 15 = 1482\,\text{mm}$$

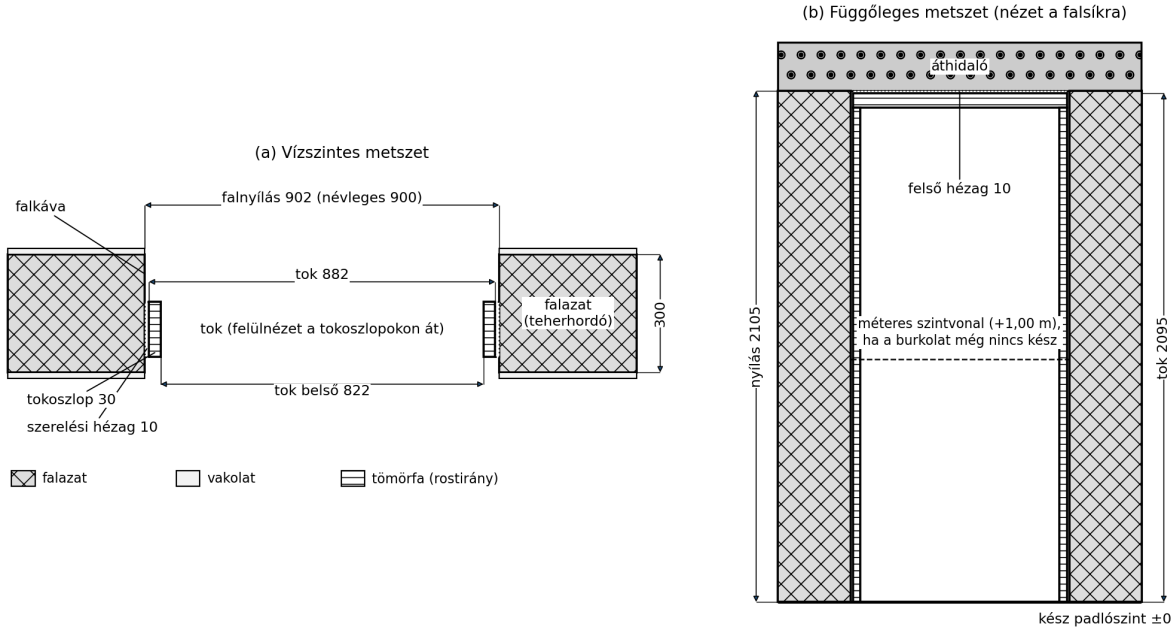
A gyártási tokméret **1175 × 1482 mm**. A rajz névleges nyílásmérete így **1200 × 1500 mm** lehet.

Megjegyzés. A szerelési hézag nem minden nyílászárónál azonos. A nagyobb, külső nyílászáróknál 15–20 mm is lehet, míg egy beltéri ajtónál gyakori a 10 mm körüli érték. Az érték **tájékoztató, ellenőrizendő a gyártói beépítési útmutatóban**.

37.1.7. Építészeti rajzi jelölések

Az építész rajzán a nyílászárót a falnyílásban elhelyezett **tok- és szárnyvonallal** jelölik. Az ajtónál alaprajzon a tokot vastagabb, a nyíló szárnyat vékony vonal mutatja; a nyitás irányát negyedkörívvel rajzolják. Az ablaknál a tok mellett a szárnykiosztást és a nyitásirányt is jelölik, homlokzati vagy nézeti rajzon. A nyílászáró azonosítója például **„AJ-1 900 × 2100”** vagy **„A1 900/2100”** lehet. Ebből a **900** a névleges nyílásszélesség, a **2100** a névleges nyílásmagasság. A valós gyártási méretet mindig külön kell meghatározni.

Az ábra a méretláncot két metszetben mutatja. A vízszintes metszeten a 902 mm-es (névlegesen 900 mm-es) falnyílásban oldalanként 10 mm szerelési hézag marad, a tok külső szélessége 882 mm, a 30 mm-es tokoszlopok között a tok belső szélessége $882 - 2 \cdot 30 = 822$ mm; a 300 mm-es falvastagság teherhordó falra jellemző (válaszfal általában vékonyabb). A függőleges metszeten a 2105 mm-es nyílásban felül 10 mm hézag marad, a 2095 mm magas tok a kész padlószintre áll; ha a burkolat még nincs kész, a magasságot a méteres szintvonalból számítjuk.



37.1. ábra. Falnyílás és tok vízszintes és függőleges metszete a szerelési hézaggal (mm)

37.1.8. Szabványok és építési termék

Szabvány. Az építési termékek forgalmazására az európai építési termék rendelet vonatkozik (CPR, 305/2011/EU; **ellenőrizendő: hatályos jogszabályi hivatkozás**). A harmonizált szabvány hatálya alá tartozó építési termékhez **teljesítménynyilatkozatot** kell készíteni, és a terméket CE-jelöléssel kell ellátni. A külső ablakokra és bejárati ajtókra jellemző harmonizált termékszabvány az **MSZ EN 14351-1** sorozat (**ellenőrizendő: szám, cím és hatály**). Belső ajtók esetében a CE-jelölési kötelezettség attól függ, hogy az adott termékkörre van-e hatályos harmonizált szabvány (**ellenőrizendő**).

Szabvány. A nyílászárók beépítési hézagának kialakítását a gyártói beépítési útmutató, az építési tervek rétegrendje és a vonatkozó építési előírások rögzítik. A használt méreteket az építész rajzok a szabványos jelölési rend szerint adják meg; a pontos rajzi szabály az építészeti rajzokra vonatkozó szabványsorozatban található (**ellenőrizendő: vonatkozó rajzi szabvány**).

37.1.9. Épületfizika röviden

A tok és a fal találkozása nemcsak méret, hanem **épületfizikai csomópont** is. A szerelési hézagot hőszigetelő hab tölti ki, hogy a nyílás ne legyen hőhíd. A belső oldalon **légzáró szalag**, a külső oldalon **UV-álló, páraáteresztő szalag** védi a hézagot. A belső oldal legyen párazáróbb, a külső oldal páraáteresztőbb, hogy a falszerkezetbe jutott nedvesség kifelé távozhasson. Ez különösen külső ablaknál és bejárati ajtónál fontos; a tok és a fal csatlakozásának hibája penészt és hőveszteséget okoz.

37.1.10. Minőségellenőrzés

A falnyílás mérésekor a szélességet és a magasságot három-három ponton mérjük, acél mérőszalaggal vagy lézeres távolságmérővel. A derékszöget a sarkoknál legalább 500 mm-es derékszögelővel vagy lézeres vonal ellenőrzésével vizsgáljuk. A tok legyártása után a tok derékszögét az átlók mérésével ellenőrizzük: a két átló eltérése jellemzően **2 mm-en belül** maradjon **(tájékoztató érték, ellenőrizendő a műhelyi előírásban)**. A tok külső méretét a falnyílás számított méretével összehasonlítva ellenőrizzük; eltérésnél a beépítés előtt javítani kell.

37.1.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a tok nem fér be a nyílásba. Oka: a rajz névleges méretéből dolgoztak, vagy a nyílás tényleges méretét nem a legkisebb ponton vették fel. A nyílás gyakran felül keskenyebb, mint alul. Helyes gyakorlat: a legkisebb mért méretből indulunk ki, és minden nyílást egyedileg mérünk.

Hiba: a tok beépítve lötyög, túl nagy a hézag. Oka: túl nagy szerelési hézaggal dolgoztak, vagy a tokot a legkisebb nyílásmérethez igazították, de a rögzítési pontokat nem a tényleges falhoz állították be. Helyes gyakorlat: a hézagot a gyártói útmutató szerint tartjuk, és a tokot ékekkel átmenetileg pontosan pozícionáljuk.

Hiba: a tok nem takar a falon, a falkáva egyenetlensége látszik. Oka: a falvastagságot nem a nyílásnál, vagy nem a vakolattal együtt mérték, vagy a tok mélysége nem illeszkedik a falvastagsághoz. Helyes gyakorlat: a tok mélységét a falvastagságból és a takaróprofilból számoljuk, és a falvastagságot is több ponton ellenőrizzük.

Hiba: a tok a nyers aljzatra lett méretezve. Oka: a felmérés idején a padlóburkolat még nem volt kész, és a kész padlószintet nem számították ki a szintvonalból. Helyes gyakorlat: a kész padlószintet a kivitelezővel egyeztetett szintvonalból számoljuk, és a tok magasságát ahhoz igazítjuk, különben a tok túl hosszú, vagy az ajtólap a burkolat alá szorul.

37.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy belső felújításnál három beltéri ajtót cseréltek. A kivitelező a rajzon szereplő **900 × 2100** méretre gyártotta le mind a három tokot. Az első ajtó nem fért be, mert a nyílás felül 897 mm-re szűkült. A másodiknál viszont összesen 18 mm (oldalanként 9 mm) hézag maradt, mert a nyílás 918 mm széles volt. A tanulság: a rajz névleges mérete csak azonosításra való; minden nyílást külön kell felmérni, és a legkisebb méretből kell a tokméretet meghatározni. A javítás során a tokokat újra kellett gyártani, a felmérést pedig lézeres távolságmérővel és derékszögelővel, nyílásonként dokumentálva végezték el.

37.1.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A névleges rajzi méretből közvetlenül legyártható a tok. Indokold!
2. Egy falnyílás szélessége alul 905 mm, felül 898 mm. Melyik méretből számoljuk a tokméretet, és miért?
3. Mit jelent a szerelési hézag, és mire szolgál?
4. Miért kell a falvastagságot a nyílásnál is mérni?
5. Mi a falkáva és az áthidaló szerepe a nyílászáró beépítésében?

37.1.14. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg egy beltéri ajtó tok külső méretét! A legkisebb mért falnyílás szélessége 902 mm, magassága 2108 mm. Az oldalsó hézag 10 mm, a felső hézag 10 mm, alul a tok a kész padlószintre áll.

2. feladat (A). Mit jelent a rajzon az **„AB-1 1200 × 1500”** jelölés? Milyen valós méretet kell még felmérni?

3. feladat (B). Egy ablak falnyílása 1210 mm széles és 1515 mm magas. A szerelési hézag oldalt 15 mm, felül 15 mm, alul 15 mm. Számítsd ki a tok külső befoglaló méretét! Rajzold le szövegesen a vízszintes és függőleges metszetet, és jelöld a méreteket!

4. feladat (B). Egy falnyílás szélességét három ponton mérted: 904 mm, 901 mm, 906 mm. A magasság: 2105 mm, 2102 mm, 2107 mm. Az oldalsó hézag 10 mm, a felső hézag 10 mm. Mi lesz a beltéri ajtó tokjának befoglaló mérete? Indokold a legkisebb méret választását!

5. feladat (C). Egy régi ajtó tokja beszorul a nyílásba, a beépítésnél a felső saroknál a vakolat megreped. Sorold fel a lehetséges okokat, és javasolj javítási módot a tok és a nyílás vonatkozásában!

6. feladat (D). Mérd meg a tanműhely egyik ajtajának falnyílását: szélesség három ponton, magasság három ponton, falvastagság a nyílásnál. Készíts szöveges felmérési vázlatot, és határozd meg a gyártási tokméretet a kapott adatokból, ha oldalt 10 mm, felül 10 mm hézagot veszel!

37.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A rajzi névleges méret csak azonosító; a tok mérete a helyszínen mért falnyílásból és a szerelési hézagok levonásából adódik.
2. A legkisebb méretből, azaz 898 mm-ből, hogy a tok biztosan beilleszthető legyen, és a hézag sehol se legyen nulla vagy negatív.
3. A szerelési hézag a tok és a fal közötti rés; rögzítésre, hőszigetelő habra, pára- és légzáró szalagra szolgál, és felveszi a fal egyenetlenségeit.
4. A falvastagság adja a tok mélységét és a takaróprofil méretét; ha nem mérjük, a tok nem takar a falon.
5. A falkáva a nyílás oldalsó belső felülete, a rögzítés és hézagkitöltés helye. Az áthidaló a nyílás feletti teherhordó elem, ami a falterhet a nyílás melletti falrészekre viszi.

1. feladat megoldása.

$$B_{\text{tok}} = 902 - 2 \cdot 10 = 882\,\text{mm}$$

$$H_{\text{tok}} = 2108 - 10 = 2098\,\text{mm}$$

A tok befoglaló mérete **882 × 2098 mm**.

2. feladat megoldása. A jelölés egy ablakot azonosít; a névleges nyílásszélesség **1200 mm**, a névleges nyílásmagasság **1500 mm**. A valós gyártáshoz fel kell mérni a nyílás tényleges szélességét, magasságát, falvastagságát, derékszögét, és meg kell határozni a szerelési hézagokat.

3. feladat megoldása.

$$B_{\text{tok}} = 1210 - 2 \cdot 15 = 1180\,\text{mm}$$

$$H_{\text{tok}} = 1515 - 15 - 15 = 1485\,\text{mm}$$

A tok befoglaló mérete **1180 × 1485 mm**. A szöveges rajzon a vízszintes metszetben a falnyílás 1210 mm, a tok 1180 mm, oldalt 15–15 mm hézag. A függőleges metszeten a nyílás 1515 mm, a tok 1485 mm, felül és alul 15–15 mm hézag.

4. feladat megoldása. A legkisebb szélesség **901 mm**, a legkisebb magasság **2102 mm**. A tokméretet ezekből számoljuk:

$$B_{\text{tok}} = 901 - 2 \cdot 10 = 881\,\text{mm}$$

$$H_{\text{tok}} = 2102 - 10 = 2092\,\text{mm}$$

A tok befoglaló mérete **881 × 2092 mm**. Azért a legkisebb méretből indulunk ki, mert így a tok a legszűkebb ponton is beilleszthető, a hézag pedig a többi ponton legfeljebb néhány mm-rel nagyobb, ami tömíthető.

5. feladat megoldása. Lehetséges okok: a nyílás nem derékszögű, a falkáva ferde; a tok mérete a nyílás legkisebb méreténél is nagyobb; a felső áthidaló alsó síkja nem vízszintes; a padlószint nem vízszintes; a szerelési hézagot nem vették figyelembe. Javítási mód: a nyílást újra felmérni, a tokot a legkisebb mérethez igazítani, a falkávát szükség szerint korrigálni, és a beépítésnél a tokot ékekkel, derékszög-ellenőrzéssel pozícionálni.

6. feladat megoldása. A feladat gyakorlati mérés; az eredmények a tanműhely tényleges adataitól függenek. A megoldás lépései: mérd meg a szélességet három ponton, a magasságot három ponton, a falvastagságot a nyílásnál; jelöld a legkisebb szélességet $B_{\min}$, a legkisebb magasságot $H_{\min}$; a tok szélessége $B_{\text{tok}} = B_{\min} - 20$, magassága $H_{\text{tok}} = H_{\min} - 10$; a vázlaton tüntesd fel a méreteket, a nyílás irányát és a rögzítési pontokat.

37.1.16. Rövid összefoglaló

Az épületasztalos munka alapja a falnyílás és a **tokméret** pontos megkülönböztetése. A **névleges méret** a rajzon szereplő kerek azonosító, például 900 × 2100 mm. A **falnyílás** valós méretét mindig a helyszínen mérjük, mert a kőműves, vakoló és padló munkák tűrései miatt a nyílás sosem pontosan névleges. A **szerelési hézag** a tok és a fal közötti rés; a hézagot a falnyílás legkisebb mért méretéből levonva kapjuk a **gyártási tokméretet**. A tok szélessége: $B_{\text{tok}} = B_{\text{nyílás}} - 2h_{\text{oldal}}$, magassága beltéri ajtónál: $H_{\text{tok}} = H_{\text{nyílás}} - h_{\text{felső}}$, ablaknál alul is hézagot vonunk le. A rajz nyílászáró jele, például „AJ-1 900 × 2100”, csak a névleges nyílásméretet mutatja; gyártáshoz a valós felmérés adatai kellenek. A falvastagság a tok mélységét adja. A beépítés épületfizikai csomópont: a hézagot hőszigetelő hab, belső légzáró szalag és külső páraáteresztő szalag zárja. A beépített bútorok méretét is a valós falsíkokhoz és padlószinthez kell igazítani, nem a rajz kerek méreteihez. **Továbbvitt eredmény.** A névleges méret és a falnyílás méretlogikáját használjuk az Ajtótokok fajtái és szerkezete, az Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek és a Falépcsők szerkesztése és készítése alfejezetekben.

37.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Építési termék rendelet: **305/2011/EU (CPR)** – a teljesítménynyilatkozat és CE-jelölés alapja; **ellenőrizendő: pontos jogszabályi hivatkozás és hatály**.
- Nyílászáró termékszabvány: **MSZ EN 14351-1** – külső ablakok és bejárati ajtók; **ellenőrizendő: pontos szám, cím, hatály és a belső ajtókra vonatkozó harmonizált szabvány**.
- Rajzi jelölés: építészeti rajzokra vonatkozó szabványsorozat; **ellenőrizendő: pontos szabványjel, például az építési rajzok nyílászáró jelölését rögzítő szabvány**.
- A beépítési hézag értéke: gyártói beépítési útmutató; **ellenőrizendő: konkrét termékre**.
- A falazott nyílás tűrése és a tokgyártási tűrés: műhelyi előírás; **tájékoztató érték, ellenőrizendő**.

37.2. Ajtótokok fajtái és szerkezete

37.2.1. Motiváció

Felújítasz egy lakást. A régi ajtó tokja megvetemedett, az ajtólap leér a padlón, a falsíkhoz képest ferdén áll. Új ajtót rendelnél, de a falnyílás nem pontos: alul 904 mm, felül 901 mm, jobb oldalon 2103 mm, bal oldalon 2106 mm. Ha nem ismered a tokszerkezeteket, hiába veszel gyönyörű ajtólapot: a tok vagy nem fér be, vagy lötyög, vagy a takaróléc nem takar. Ebben az alfejezetben megismered az **ajtótokok** fajtáit, részeit és rajzát, hogy új építésnél és felújításnál is a megfelelő szerkezetet válaszd.

37.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy függőleges metszetet a falra merőlegesen: a falnyílást két oldalról vakolt falazat határolja. A nyílásba illesztett **tokborda** áll. A tokborda belső élén lépcsős **ütközőfalc (geréb)** van (pl. 12–15 mm mély, az ajtólap falcához igazítva – tájékoztató, ellenőrizendő: ajtógyártói rendszer); ebbe a falcba ütközik a becsukott ajtólap, és ide kerül a tömítőprofil. A tok és a fal között oldalanként 10–15 mm (összesen 20–30 mm) tájékoztató **beépítési hézag** marad. Ezt a hézagot beépítéskor alátétekkel, majd rugalmas tömítéssel vagy purhabbal töltik ki. A fal két

oldalán **takarólécek** takarják el a tok és a fal közötti átmenetet. A méretláncot az alábbi sor foglalja össze.

A tok és a fal kapcsolata nem rétegrend, hanem vízszintes metszetben rajzolható méretlánc: falnyílás 900 mm → − 2 × 10 mm szerelési hézag → tok 880 mm → − 2 × 30 mm tokborda → szabad nyílás 820 mm → tompa (falc nélküli) ajtólapnál − 2 × 2,5 mm mozgási hézag → ajtólap 815 mm. Falcos ajtólapnál a lap szélesebb a szabad nyílásnál, mert a lap falcos pereme oldalanként rátakar a tok falcára. A takarólécek a falsíkon, a tok két oldalán ülnek; a tokfajták metszetét a „Szerkezeti rajz és darabjegyzék” szakasz ábrája mutatja.

Megjegyzés. A szemléltető rajzokon a méretarány nem pontos. A szabványos műszaki rajzon a méreteket méretvonalakkal kell megadni.

37.2.3. Definíciók és a tokfajták

Definíció. Az **ajtótok** az épület falnyílásába épített vagy utólag elhelyezett keretszerkezet, amely a falhoz rögzíti az ajtót, befogadja az ajtólapot, és a zsanér, zár, ütköző számára rögzítési felületet ad.

A tok függőleges eleme a **tokborda**, felső vízszintes eleme a **szemöldök**, alsó vízszintes eleme – ha van – a **küszöb**. A tokborda azon oldalát, amelyre a zsanérokat csavarozzák, **pántoldalnak**, a másik oldalt, ahová a zárszerkezet kerül, **zárlemez-oldalnak** nevezzük.

37.2.3.1. Ácstok

Definíció. Az **ácstok** egyszerű, rendszerint derékszögű, díszítés nélküli tok, amelyet a falazás közben vagy közvetlenül a falnyílás kialakításakor rögzítenek. Sarkai általában csapolt vagy csavarozott kötések.

Alkalmazás. Leginkább belső ajtóknál, pince- és mellékhelyiségeknél, ahol a tokot a vakolás előtt beépítik. Régi épületekben gyakran ilyen tokot találunk. Hátránya, hogy utólagos cseréje bontással járhat, és a fal egyenetlenségeit nehezebb eltakarni.

37.2.3.2. Gerébtok

Definíció. A **gerébtok** olyan tok, amelynek tokbordáján lépcsős ütközőél, **geréb** (ütközőfalc) fogadja az ajtólapot (ellenőrizendő: a hazai szakkönyvi definíció, pl. a falvastagságot átfogó változat). A sarkok illesztése lehet csapos vagy gérbe vágott (45°-os); a **gér** (a 45°-os sarokillesztés) nem azonos a gerebbel. A tokbordák és a szemöldök profilált élű; gérbe vágott sarkon a profilok a saroknál megtörnek és pontosan találkoznak.

Alkalmazás. Ez a leggyakoribb gyári tokszerkezet beltéri ajtókhoz. Utólag is beépíthető: a tokot a vakolat után a nyílásba helyezik, alátétekkel beállítják, rögzítik, majd takarólécekkel borítják. A gerébtok gyakran **borítóléces tok** kialakítású, vagyis a tokprofilhoz külön takaróléceket illesztenek.

37.2.3.3. Hevedertok

Definíció. A **hevedertok** olyan tok, amelyet nem egyetlen vastag pallóból, hanem több, keskenyebb, laposabb elem – **heveder** – összeépítésével alakítanak ki. A hevederek a tokot két oldalról átfoghatják, és borítóléc-funkciót is elláthatnak.

Alkalmazás. Akkor használjuk, ha a fal egyenetlen, a falvastagság nem pontosan ismert, vagy ha a tokot utólag kell a falhoz igazítani. A hevedertoknál a takarólécek szélesebbek, ezért nagyobb falvastagság-különbséget is elfednek. Régebbi, vastag falú épületeknél gyakori.

37.2.3.4. Pallótok

Definíció. A **pallótok** teljes keresztmetszetű, vastag, tömör fából készült tokszerkezet. A tokbordák 40–50 mm tájékoztató vastagságúak, és a tok falvastagsága a falnyílás teljes mélységét egy darabban fedi. Sarkait csapozással, csavarozva vagy gérbe illesztve kötik.

Alkalmazás. Bejárati ajtókhoz, nagy igénybevételű, fokozottan igénybe vett ajtókhoz, ahol a tokra nagy erő hat, vagy ahol masszív, tömör megjelenést vár a megrendelő. A pallótok önmagában is takar, ezért nem feltétlenül kell külön takaróléc, de kétoldali borítással is készülhet.

37.2.3.5. Utólag beépíthető tokszerkezetek

Felújításnál a falnyílás ritkán pontos, ezért a gyakorlatban fontosak a **rendezhető** és a **befogó** tokszerkezetek.

Definíció. Az **átfogó (borítóléces) tok** olyan utólag beépíthető tok, amelynek széles takarólécei a fal két oldalán rálapolnak, vagyis a tokbordához kapcsolódó borítólécek „átfogják” a falat. Ezzel a falsík pontatlanságát, a kisebb eltéréseket eltakarják.

Definíció. Az **állítható tok** olyan tok, amelynek tokbordája és tokpallója külön elem. A tokborda a falhoz rögzíthető, majd a tokpallót állítócsavarokkal, ékekkel vagy műanyag távtartókkal pontosan beállítják. Így a tok belső nyílásmérete és a derékszöge a fal hibái ellenére is pontos marad.

Szabály. A faipari tokot a felmérés alapján, a falnyílás méretéből kiindulva kell méretezni. A tok külső szélessége oldalanként 10–15 mm-rel (összesen 20–30 mm-rel) kisebb a legkisebb falnyílás-szélességnél, hogy be lehessen tenni és alátétekkel be lehessen állítani (tájékoztató, ellenőrizendő: aktuális beépítési útmutató).

37.2.4. A tok és a fal kapcsolata, méretlánc

A tok beépítésénél a méretlánc:

$$b_{\text{nyílás}} = b_{\text{tok külső}} + 2 \cdot h_{\text{hézag}},$$

ahol $b_{\text{nyílás}}$ a falnyílás szélessége mm-ben, $b_{\text{tok külső}}$ a tok külső szélessége mm-ben, $h_{\text{hézag}}$ a beépítési hézag mm-ben. A gyakorlatban a hézag tájékoztató értéke 10–15 mm (ellenőrizendő: a rögzítőhab és a gyártó előírása).

A tokbelső nyílás szélessége:

$$b_{\text{tok belső}} = b_{\text{tok külső}} - 2 \cdot v_{\text{tokborda}},$$

ahol v_{tokborda} a tokborda vastagsága a szélesség irányában. A tompa (falc nélküli) ajtólap szélessége a tokbelsőnél kisebb, hogy oldalanként 2–3 mm tájékoztató **mozgási hézag** maradjon: $b_{\text{lap}} = b_{\text{tok belső}} - 2 \cdot h_{\text{mozgási}}$. Falcos ajtólapnál a lap szélessége a tok falcos nyílásához igazodik, és a lap falcos pereme oldalanként rátakar a tokra (ellenőrizendő: az ajtógyártói rendszer falcmérete).

Hasonlóan a magassági méretláncban a tok külső magasságát a falnyílás legkisebb magasságához kell igazítani, a padló és a szemöldök közötti magasság figyelembevételével. A belső ajtók alatt általában 8–12 mm hézagot hagyunk a padló fölött, hogy a padlóburkolat és a szellőzés is elférjen.

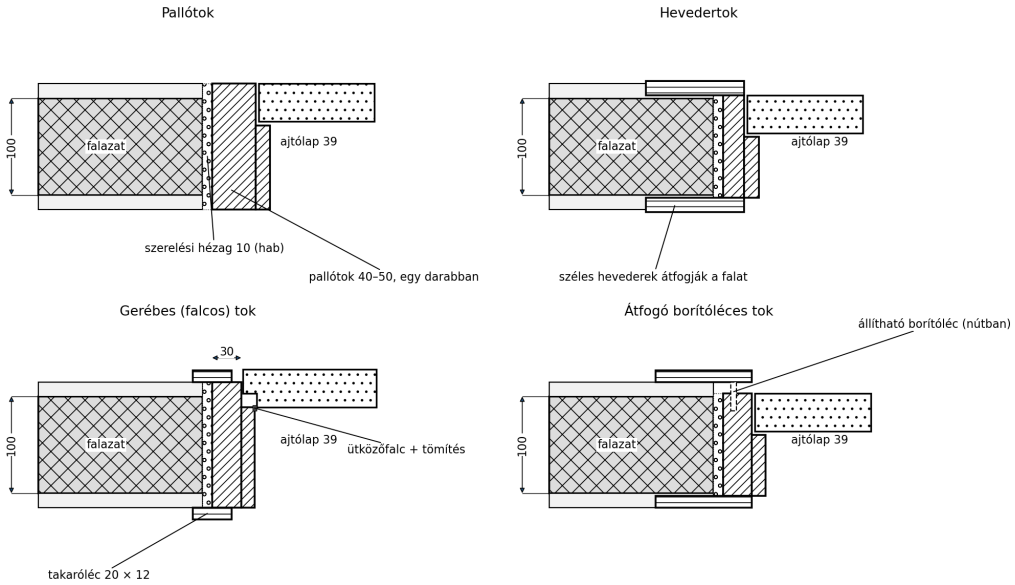
Összefüggés. A tok méretét mindig a falnyílásból, az ajtólapot a tok belső méretéből számoljuk, és a mozgási hézagot levonjuk. Ezt a méretláncot használjuk az Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók és a Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek alfejezetben; a tok beépítését az Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése alfejezet tárgyalja.

37.2.5. Szerkezeti rajz és darabjegyzék

Az alfejezet tanulási célja, hogy a tokfajtákat metszetben meg tudd különböztetni. A rajzon egy **gerébtok** oldalirányú metszetét kell elképzelni a tokbordára merőlegesen, a falnyílásban.

Rajzleírás. A metszet bal oldalán a falazat sraffozva látszik, vastagsága 100 mm. Jobbra, a falazattól 10 mm hézaggal, a tokborda téglalap keresztmetszete: 30 mm × 70 mm. A tokborda belső, az ajtólap felé eső élén lépcsős **ütközőfalc (geréb)** van, tájékoztatóan 12 mm széles és 25 mm hosszú lépcsővel (ellenőrizendő: ajtógyártói rendszer). A becsukott, 39 mm vastag ajtólap ebbe a falcba ütközik, a falcba tömítőprofil kerül; falcos ajtólapnál a lap falca rátakar a tokra. Az ajtólap és a tokborda belső éle között 2 mm oldalhézag marad. A tokborda külső, falazathoz közeli oldalán 20 mm széles, 12 mm vastag **takaróléc** simul a falra; a takaróléc a tokbordához élben illeszkedik. A metszet alján a méretvonalak a falvastagságot (100), a tokborda vastagságát (30), az ütközőfalc méretét (12 × 25) és az ajtólap vastagságát (39) adják meg mm-ben; a méretvonalak a mm-et nem írják ki. A metszet felett az ajtólap nyitási irányát nyíl mutatja. Az anyagjelölésnél a falazatot vonalkázás, a faanyagot a hazai szakrajzi gyakorlat szerinti rostirány-jelölés, az ajtólapkeresztmetszetet belső szerkezeti sraffozás jelzi.

Az ábra négy tokfajtát hasonlít össze vízszintes metszetben, a falnyílás bal oldalán: a pallótok egy darabban fedi a falvastagságot, a hevedertok széles hevederei átfogják a falat, a gerébes (falcos) tok ütközőfalcába tömítés kerül, és a falcos ajtólap a tokra takar, az átfogó borítóléces tok állítható borítóléce a falsíkhoz igazodik. Közös adatok: falvastagság 100 mm, szerelési hézag 10 mm, tokborda 30 mm, ajtólap 39 mm.



Méretlánc: nyílás 900 → − 2 × 10 hézag → tok 880 → − 2 × 30 tokborda → szabad nyílás 820 (mm). Pontozott: szerelési hézag habbal; falc- és tömítésméret: ajtógyártói rendszer szerint (ellenőrizendő).

37.2. ábra. Négy ajtótok-fajta vízszintes metszete: pallótok, hevedertok, gerébes tok és átfogó borítóléces tok

A darabjegyzék az alábbi kidolgozott példában szerepel.

37.2.6. Kidolgozott példa: gerébtok darabjegyzéke

Adott: Egy 900 mm széles és 2100 mm magas falnyílásba gerébtokot építünk. A falvastagság 100 mm. A tokborda vastagsága 30 mm, szélessége a falvastagsághoz igazodik, és a takarólécek kétoldali szélessége 20–20 mm. A tok külső szélessége a nyíláshoz igazítva $900 - 2 \cdot 10 = 880$ mm (oldalanként 10 mm hézag). A tokborda belső éle után a tok belső szabad nyílása:

$$b_{\text{tok belső}} = 880\,\text{mm} - 2 \cdot 30\,\text{mm} = 820\,\text{mm}.$$

A tompa (falc nélküli) ajtólap szélessége 815 mm, mert oldalanként 2,5 mm mozgási hézagot veszünk.

Keresett: A tok alkatrészeinek jegyzéke kész és nyers méretekkel.

Megoldás. A tok sarkait csapozással vagy gérvágással (45°) illesztjük. A tokbordák hossza a tok külső magassága: $2100 - 10 = 2090$ mm (10 mm felső hézag, a kész padlóra állítva); a küszöb nélküli belső ajtónál a tokborda a kész padlóig ér. A szemöldök külső hossza a tok külső szélessége: 880 mm. A takaróléceket a beépítés után méretre vágjuk, de a jegyzékbe nyers hosszal vesszük. A nyers méret 10–10 mm ráhagyást tartalmaz.

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
1	Tokborda	2	fenyő, osztályozott	2090 × 70 × 30	2100 × 72 × 31	álló szál	profil, ütközőfalc belül

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
2	Szemöldök	1	fenyő, osztályozott	880 × 70 × 30	890 × 72 × 31	álló szál	profil, ütközőfalc belül
3	Takaróléc, oldalsó	4	fenyő, ujjazott vagy tömör	2100 × 40 × 12	2110 × 42 × 13	álló szál	két oldali, gérbe illesztve
4	Takaróléc, felső	2	fenyő, ujjazott vagy tömör	920 × 40 × 12	930 × 42 × 13	álló szál	a borítólécek gérbe illesztve
5	Tokrögzítő fül	6	acél, horganyzott	—	—	—	tájékoztató: 10 mm távtartóval

Ellenőrzés. A tok külső szélessége 880 mm, a nyílás 900 mm, a hézag oldalanként 10 mm, ez a 10–15 mm-es tartományban van, a rögzítőfüleket és a habot a gyártó szerint kell kiválasztani (ellenőrizendő). A belső nyílás 820 mm, az ajtólap 815 mm, oldalanként 2,5 mm mozgási hézag. ∎

37.2.7. Szabványok és a tok méretezése

Szabvány. A falnyílások, nyílászárók és tokok méretbiztosítása az országos településrendezési és építési követelmények szerint (OTÉK – ellenőrizendő a hatályos szöveg) és az építési termékekre vonatkozó teljesítménynyilatkozati szabályok szerint történik. Az ajtótokokra, mint nyílászáró-szerkezetekre az MSZ EN 14351-1 alapján adhatnak teljesítménynyilatkozatot (a pontos szám és az alkalmazás ellenőrizendő). A faanyagú tokoknál a fűrészáru-osztályozást és a fanedvesség-tartományt a fűrészáru-szabványok tartalmazzák; a tűzgátló ajtók tokja minősített szerkezet, amelyet egyedi tanúsítás szerint kell beépíteni. A könyvben megadott hézag- és méretértékek tájékoztató jellegűek, a beépítés előtt a gyártói beépítési útmutatót kell ellenőrizni.

Figyelem. A tok méretét mindig több ponton, a legkisebb falnyílásméret alapján kell felvenni. Egyetlen mérésből nem szabad tokot gyártatni vagy rendelni.

37.2.8. Minőségellenőrzés

A tok legyártása vagy szállítása után a beépítés előtt az alábbiakat ellenőrizzük:

- **Derékszög:** a tok két átlója közötti eltérés legfeljebb 2–3 mm tájékoztató érték (ellenőrizendő).
- **Belső nyílásméret:** a tokborda belső szélességét felül, középen és alul mérjük; az eltérés legfeljebb 1–2 mm.

- **Ütközőfalc mérete:** a falc az ajtólap falcához igazodik (tájékoztató: 12 × 25 mm, ellenőrizendő: ajtógyártói rendszer); az ütköző felület sík és tiszta.

- **Profilok és ütközőfalcok:** a sarokillesztések (csapos vagy gérbe vágott) hézagmentesek, a profilok folytonosan találkoznak.

- **Fanedvesség:** beltéri toknál a faanyag nedvességtartalma a felhasználási helynek megfelelő legyen, jellemzően 8–12 % tájékoztató tartomány (ellenőrizendő).

Ha a belső nyílás vagy a derékszög nem felel meg, a beépítés nem segít: a hibás tokot vissza kell adni vagy javítani.

37.2.9. Tipikus hibák és okaik

1. **A tok szélességét a falnyílás legnagyobb méretéhez veszik fel.**
   Ok: egyetlen mérésből dolgoznak, vagy a legnagyobb értéket írják be.
   Helyes gyakorlat: mindig a legkisebb falnyílásméretből induljunk, és hagyjunk 10–15 mm beépítési hézagot.
2. **A tokot nem alátéttel, hanem csak purhabbal rögzítik.**
   Ok: gyorsaság, a hurkás hablelövés valójában nem tartja meg a tokot és el is húzhatja.
   Helyes gyakorlat: először fa vagy műanyag beállító ékekkel, alátétekkel rögzítsük a tokot a megfelelő helyzetben, majd a gyártó előírása szerint töltsük a hézagot.
3. **A takaróléceket a tokhoz ragasztják, mielőtt a fal és a tok közötti hézagot kellően tömítenék.**
   Ok: a hab vagy a tömítés még kidobja a takarólécet, vagy a takaróléc nem simul a falra.
   Helyes gyakorlat: a takaróléceket a hézag kitöltése és a hab megkötése után, mechanikusan is rögzítsük.
4. **A tokborda ütközőfalca karcos, vagy a falcban forgács, fűrészpor marad.**
   Ok: a profilmarás vagy a szállítás során a tokot nem védik, a falcban fűrészpor marad.
   Helyes gyakorlat: beépítés előtt a falcot tisztítsuk, a felületet védjük, az ajtólapot csak a zsanérok beállítása után illesszük be.

37.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy felújításnál a megrendelő régi, 910 mm széles ácstokot szeretett volna kicserélni. A falnyílás sarkaiban a vakolat 4–6 mm-rel kijjebb állt, a falvastagság 95 és 103 mm között változott. Az asztalos **átfogó borítóléces gerébtokot** választott. Először a nyílás minden sarkát bemérte, a tok külső szélességét a legkisebb mérethez igazította, a beépítési hézagot 12 mm-re vette. A tokot ékekkel és rögzítőfülekkel rögzítette, a hézagot purhabbal töltötte, majd a hab megkötése után a 40 mm széles takaróléceket rögzítette. Így a 8 mm-es falvastagság-különbséget a borítólécek eltakarták, az ajtólap a tokban pontosan állt. Tanulság: felújításnál nem a hagyományos, vakolás előtti ácstokot kell választani, hanem utólag beépíthető, borítóléces vagy állítható tokot.

37.2.11. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy az ácstokot a vakolás előtt, a falazással együtt építik be?

2. Melyik a függőleges tokelem: a szemöldök vagy a tokborda?

3. Mi a geréb, és mi a gér?

4. Miért előnyös az átfogó borítóléces tok felújításnál?

5. Számold ki a tok belső nyílásszélességét, ha a tok külső szélessége 800 mm, a tokborda vastagsága 28 mm.

6. Mi a beépítési hézag célszerű értéke, és miért hagyjuk meg?

37.2.12. Feladatok

1. feladat (A)
Nevezd meg a tok függőleges, felső vízszintes és alsó vízszintes elemeit.

2. feladat (A)
Egy falnyílás szélessége legalább 900 mm. A tokborda vastagsága 30 mm. Számítsd ki a tok maximális külső szélességét, ha 10 mm beépítési hézagot akarunk oldalanként.

3. feladat (B)
Egy tok külső magassága 2000 mm. A szemöldök vastagsága 30 mm. Az ajtólap felső mozgási hézaga 3 mm, az alsó mozgási hézaga 10 mm. Számold ki az ajtólap maximális magasságát.

4. feladat (B)
Rajzold le szövegesen egy átfogó borítóléces tok vízszintes metszetét. Nevezd meg a rétegeket belülről kifelé: ajtólap, ütközőfalc, tokborda, hézag, falazat, takarólécek.

5. feladat (C)
Egy régi lakásban a falnyílás oldalai 3 mm-t eltérnek, a falvastagság 102 és 115 mm között változik. Válassz tokszerkezetet, és indokold a választást a tok–fal kapcsolat és a takarólécek szempontjából.

6. feladat (D)
Készíts felmérési vázlatot egy képzeletbeli falnyílásról. Add meg a szélességet, magasságot, falvastagságot legalább három ponton, és számítsd ki a tok külső és belső méreteit, ha a tokborda vastagsága 28 mm, a beépítési hézag 10 mm, az ajtólap mozgási hézaga oldalanként 2,5 mm.

37.2.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igen, az ácstokot falazáskor vagy közvetlenül a vakolás előtt építik be.

2. A függőleges elem a **tokborda**; a szemöldök a felső vízszintes.

3. A geréb a tokbordán lévő lépcsős ütközőél (ütközőfalc), amelybe az ajtólap csukódik; a gér a 45°-os sarokillesztés. A kettő nem azonos.

4. Mert a széles takarólécek a falvastagság különbségeit és a falnyílás pontatlanságait eltakarják, így utólag is pontos tokot kapunk.

5. $800\,\text{mm} - 2 \cdot 28\,\text{mm} = 744\,\text{mm}$.

6. A beépítési hézag tájékoztató értéke 10–15 mm oldalanként; azért hagyjuk meg, hogy a tokot be lehessen illeszteni és alátétekkel, beállítócsavarokkal pontosan rögzíteni lehessen.

1. feladat megoldása (A)
A tok függőleges eleme a **tokborda**, a felső vízszintes a **szemöldök**, az alsó vízszintes a **küszöb** (belső ajtónál gyakran hiányzik, csak tokalj vagy tokváll van).

2. feladat megoldása (A)
Adott: $b_{\text{nyílás}} = 900\,\text{mm}$, $h_{\text{hézag}} = 10\,\text{mm}$. A tok külső szélessége:

$$b_{\text{tok külső}} = 900\,\text{mm} - 2 \cdot 10\,\text{mm} = 880\,\text{mm}.$$

3. feladat megoldása (B)
Adott: tok külső magassága 2000 mm, szemöldökvastagság 30 mm, felső mozgási hézag 3 mm, alsó mozgási hézag 10 mm. Az ajtólap maximális magassága:

$$h_{\text{lap}} = 2000\,\text{mm} - 30\,\text{mm} - 3\,\text{mm} - 10\,\text{mm} = 1957\,\text{mm}.$$

4. feladat megoldása (B)
Vízszintes metszetben belülről kifelé: a becsukott ajtólap a tokborda ütközőfalcába ütközik; a tokborda 30 mm vastag; a tokborda külső oldala és a falazat között 10 mm beépítési hézag; a falazat 100 mm; a fal két oldalán 20 mm széles takarólécek simulnak. A tokborda a borítóléccel együtt a falat „U” alakban körbefogja, így a tok két oldalról átfogja a falat.

5. feladat megoldása (C)
A legjobb választás az **átfogó borítóléces tok**, esetleg állítható tokpallóval. Az oldalanként 3 mm-es nyíláspontatlanságot a 10–15 mm beépítési hézag kiegyenlíti; a 13 mm-es falvastagság-különbséget a széles, 40–60 mm-es takarólécek eltakarják. Az állítható tok azért előnyös, mert a tokborda és a tokpalló közötti távtartókkal a tok belső nyílása pontosan beállítható.

6. feladat megoldása (D)
Példaválasztás: a falnyílás szélessége három ponton: 902, 905, 900 mm; a legkisebb 900 mm. A magasság: 2010, 2012, 2008 mm; a legkisebb 2008 mm. A falvastagság: 100, 102, 101 mm. A tok külső szélessége:

$$b_{\text{tok külső}} = 900\,\text{mm} - 2 \cdot 10\,\text{mm} = 880\,\text{mm}.$$

A tok belső szélessége:

$$b_{\text{tok belső}} = 880\,\text{mm} - 2 \cdot 28\,\text{mm} = 824\,\text{mm}.$$

Az ajtólap szélessége:

$$b_{\text{lap}} = 824\,\text{mm} - 2 \cdot 2{,}5\,\text{mm} = 819\,\text{mm}.$$

A vázlaton a falnyílás méreteit mindig három ponton jegyezzük fel, és a legkisebb méretet használjuk.

37.2.14. Rövid összefoglaló

Az ajtótok a falnyílás és az ajtólap közötti keretszerkezet, amelyet a falhoz rögzítenek, és amely az ajtólapot hordozza. A tok függőleges eleme a tokborda, felső vízszintes eleme a szemöldök, alsó eleme a küszöb, ha van. Megkülönböztetjük az ácstokot, gerébtokot, hevedertokot, pallótokot, valamint az utólag beépíthető átfogó borítóléces és állítható tokszerkezeteket. A gerébtok tokbordáján lépcsős ütközőél (geréb) fogadja az ajtólapot, a sarkok csapos vagy gérbe vágott (45°-os) illesztésűek; a hevedertok keskenyebb elemekből épül; a pallótok teljes keresztmetszetű, tömör. A tok és a fal között 10–15 mm beépítési hézagot kell hagyni, és takarólécekkel kell eltakarni a csatlakozást. A méretlánc: a tok külső szélessége a legkisebb falnyílásméret mínusz kétszer a hézag; a tok belső szélességéből az ajtólapot a mozgási hézag levonásával kapjuk. Ezt a tokszerkezeti alapot használjuk az Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók gyártási rajzainál és a Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek műveleteinél; a beépítést az Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése alfejezet tárgyalja.

37.2.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: az OTÉK és a nyílászárókra vonatkozó építési termék szabályozás (ellenőrizendő a hatályos jogszabály), az MSZ EN 14351-1 és a kapcsolódó beépítési szabványok (a pontos számok ellenőrizendők), gyártói beépítési útmutatók, hazai épületasztalos szakkönyvek. A megadott hézag- és méretértékek, fanedvesség- és nyers méretek tájékoztató jellegűek; a beépítés előtt a hatályos követelményeket és a gyártói adatlapokat ellenőrizni kell. A tűzgátló ajtók tokja minősített szerkezet, ennek kialakítását ez a könyv nem tárgyalja.

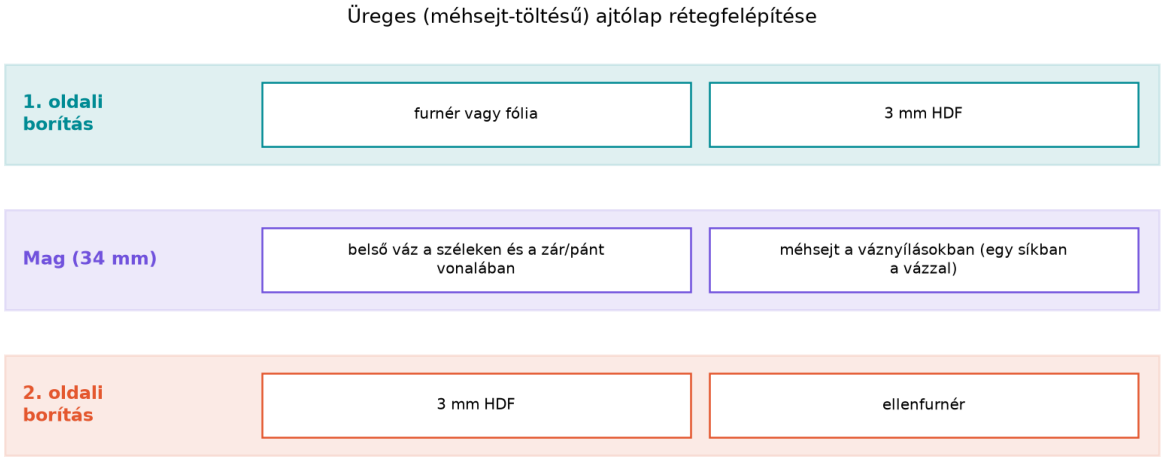
38 Ajtók, válaszfalak és térelválasztók

38.1. Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók

A megrendelő belép a műhelybe, és egy belső ajtót szeretne a fürdőszobába, egyet a hálószobába, és kér egyet a lakásbejárathoz is. A katalógusban sok hasonló ajtólap van, de az áruk nagyon eltérő. Ez a fejezet abban segít, hogy ne „egy szép lapot” lássunk, hanem a szerkezetet: mit tud, mennyire nehéz, milyen zaj- és hőszigetelést ad, és milyen pántot, zárat igényel. Az ajtólap a tokba illeszkedő mozgó szerkezet, amely nyitáskor-záráskor kilinccsel, pántokkal és zárral dolgozik. Ma a faiparban három fő ajtólapszerkezetet különböztetünk meg: a **vázkeretes (betétes)**, az **üreges (méhsejt-töltésű)** és a **tömör magú** ajtólapot.

38.1.1. Szemléletes kép: egy „ajtószendvics” háromféle töltéssel

Képzelj el egy vízszintes metszetet az ajtólapon, mintha felülről vágnánk ketté. Kívül mindig egy **borítóréteg** van (furnér, HDF, laminátum, fólia), belül pedig egy **mag**. A mag szerkezete dönti el, hogy az ajtót mennyire könnyű megmozdítani, hogyan vezeti a hangot, és mennyire áll ellen a vetemedésnek. A vázkeretes ajtónál a mag egy keret és benne egy betét. Az üregesnél a mag egy belső vázból és méhsejt-töltésből áll. A tömörnél a mag szinte teljesen kitölti a lapot. Az alábbi ábra az üreges ajtólap rétegfelépítését mutatja:



38.1. ábra. Üreges (méhsejt-töltésű) ajtólap rétegfelépítése - A belső váz adja a méretet és a vasalat fogását; a méhsejt a borításokat támasztja meg, hogy a lap síkban maradjon.

Ez a felépítés magyarázza, hogy az üreges ajtó miért könnyű: a tér nagy részét nem fa, hanem levegő és vékony papír/méhsejt falak töltik ki.

38.1.2. A vázkeretes (betétes) ajtólap

Motiváció. Tömörfa ajtóknál a fa dolgozik: nedves időben dagad, fűtési szezonban zsugorodik. Ha egy tömör fa táblát mereven beragasztanánk egy keretbe, a tábla szétrepesztené a keretet, vagy saját magán keletkezne repedés. Ezért kell a betétet „úszva” elhelyezni.

Definíció. A **vázkeretes (betétes) ajtólap** olyan szerkezet, amely két függőleges **keretoszlopból**, legalább két vízszintes **keresztkötőből** (felső és alsó), és az ezek közé illesztett **betétből** áll. A betét anyaga lehet:

- tömörfa lap (több darabból szélesbítve, de nem mereven ragasztva),
- rétegelt lemez,
- MDF vagy furnérozott MDF,
- üveg (ekkor üvegbetétről, üvegezett ajtóról beszélünk).

Szerkezeti szabály. A betét nem ragasztható be mereven a keretbe. A keret belső élébe **nútot** martak, a betét pedig ebbe a nútba illeszkedik, kis hézaggal (típustól függően kb. 3–6 mm mélységi hézag, tájékoztató, ellenőrizendő). A betétet középen rugalmas tömítőcsíkkal, filccel vagy pontszerű ragasztással rögzítjük, hogy a fa zsugorodása-dagadása ne feszítse szét a keretet. **Továbbvitt eredmény.** Ezt az „úszó betét” elvet használjuk a Válaszfalak, térelválasztók, tolóajtók és különleges épületasztalos termékek alfejezetben is.

Üvegezés. Az üvegbetétet az ajtólap belső oldalán **üvegléccel** fogjuk be. Az üveglécc csavarral vagy feszítővel rögzül, és a külső oldalát vékony tömítőcsík védi. Így az üveget cserélni lehet anélkül, hogy a teljes ajtót szétbontanánk.

38.1.3. Az üreges (méhsejt-töltésű) ajtólap

Motiváció. A lakótelepi és modern lakások belső ajtóinak nagy részét üreges lapként gyártják. A cél: kis tömeg, jó síkban való méretpontosság, alacsony ár.

Definíció. Az **üreges ajtólap** olyan szerkezet, amelynek belsejében egy **belső váz** adja a merevséget, a váznyílásokban pedig egy **méhsejt-töltés** (cellulóz papír vagy farost) támasztja meg a borításokat. A lapot két oldalról **borítólemez** (HDF, MDF vagy rétegelt lemez, vastagság gyakran 3 mm, tájékoztató, gyártói adat szerint) zárja le. A borítólemezeket furnérral, CPL-lel, HPL-lel vagy fóliával borítjuk. A borítási technológiáról a Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása alfejezetben tanultunk.

Belső váz kialakítása. A belső váz fenyőfűrészáru vagy MDF rudakból készül. Két helyen mindig legyen **teljes magasságú erősítés**:

- a pántok oldalán, hogy a csavarok és a pántok terhelését a pántfogadó blokk felvegye;
- a zár oldalán, hogy a zárbetét, a hevederzár vagy a mágnesezár testét bemarni lehessen.

A keresztirányú vázrudak a zárblokk és a pántblokk között futnak, esetleg a kilincs magasságában egy vízszintes erősítés is van. A méhsejtet a borítólemez és a váz közé ragasztózzák, majd a préselés alatt a váz és a méhsejt is a borításhoz köt.

Figyelem. Üreges ajtóból csak nagyon keveset szabad levágni. Ha alul levágnak 5–10 cm-t, a szerkezet elveszíti az alsó vázrudat (zárókeresztkötőt), a méhsejt kihullik, a borítások szétnyílnak, és a lap tönkremegy. A rövidítés mértékét mindig a gyártó adja meg (ellenőrizendő: gyártói katalógus).

38.1.4. A tömör ajtólap

Motiváció. Ahol nagyobb hangszigetelés, erősebb csavarozhatóság vagy nagyobb biztonság kell, ott üreges lap nem elég. Ilyenkor tömör magú lapot választunk.

Definíció. A **tömör ajtólap** olyan ajtólap, amelynek magja a teljes felületen, hézagmentesen vagy közel hézagmentesen kitölti a borítások közötti teret. Fontos különbség: **tömörfa ajtó** és **tömör magú ajtó**.

- **Tömörfa ajtólap.** A mag és a látható felület is tömör fűrészáruból készül. A mag hosszanti lécek ragasztásából (táblásításból) áll, amelyet esetleg keresztréteggel borítanak. A tömörfa ajtó nehéz, erős, jól faragható, de a fa mozgása miatt szerkezeti gondosságot igényel. A keret-betét elv vagy a keresztrétegezés itt is védelmet ad.
- **Tömör magú (nem tömörfa) ajtólap.** A mag MDF-ből, forgácslapból vagy kötőanyaggal préselt farostból készül. A felületet furnér, laminátum vagy fólia adja. Ez a típus méretpontosabb, síkban stabilabb, mint a tömörfa, és általában olcsóbban gyártható.

Belső bejárati ajtólapnak sokszor tömör magú lapot választunk, mert a lakás és a közös folyosó közötti hang- és illetéktelen behatolás elleni védelem fontosabb, mint a szobák közötti ajtónál.

38.1.5. Külső bejárati ajtólapok

A külső bejárati ajtólap és a belső ajtólap között a fő különbség a környezeti terhelés. A külső oldal csapóesőt, UV-sugárzást, hideget és meleget, a belső oldal fűtött lakóteret kap. **Szabály.** A külső bejárati ajtólapot úgy kell kialakítani, hogy a hőmérséklet- és párakülönbség ne okozzon vetemedést, rétegelválást vagy gombásodást; a szerkezet feleljen meg a gyártó által megadott időjárásállósági követelményeknek (ellenőrizendő: építési termékre vonatkozó teljesítménynyilatkozat, MSZ EN harmonizált szabvány szerint).

A külső bejárati ajtók jellemző felépítése:

- külső borítás (időjárásálló furnér, HPL, fémlemez, műanyag),
- merev keret vagy belső váz,
- hőszigetelő mag (poliuretánhab, ásványgyapot, nagyszilárdságú habosított mag),
- belső borítás,
- a külső oldalon gyakran **alumínium küszöb és cseppentőprofil** a csapóeső ellen.

Betörésvédelem. A bejárati ajtónál a lap mellett ugyanolyan fontos a tok, a vasalat, a zár és a falba építés. A betörésállósági osztályokat (például RC2, RC3) a teljes ajtórendszerre adják meg, nem külön a lapra (ellenőrizendő: aktuális MSZ EN betörésállósági szabvány). **Figyelem.** Ha a vevő biztonsági ajtót kér, nem elég erős lapot választani; a pántokat, zárat, tokot és rögzítést is a minősített rendszer szerint kell összeállítani.

38.1.6. Belső bejárati (lakásbejárati) ajtólapok

A belső bejárati ajtó a lakást választja el a lépcsőháztól vagy a közös folyosótól. Követelményei összetettek:

- **Hangszigetelés:** a társasházi folyosó zaja miatt. Tömör magú, megfelelő tömítéssel ellátott ajtó javasolt.
- **Tűzvédelem:** ha a lakásbejárat folyosóra, lépcsőházba nyílik, a társasházi tűzvédelmi előírások szerint gyakran tűzgátló ajtó szükséges (ellenőrizendő: OTSZ és társasházi tűzvédelmi követelmények).
- **Betörés elleni védelem:** legalább alapszintű védelem, hevederzár, esetleg biztonsági zár.

38.1.7. Különleges követelmények: tűzgátló és hanggátló ajtók

Figyelem. A tűzgátló és hanggátló ajtókat **csak tanúsított rendszerként** szabad gyártani és beépíteni. A tanúsítás a teljes rendszerre vonatkozik: ajtólap, tok, pántok, zár, tömítések, üvegezés, sőt a falba építés módja is. A gyártó által bevizsgált részeket nem szabad kicserélni, átalakítani vagy egyszerűen „hasonlóval” pótolni.

Tűzgátló ajtó. A tűzgátló ajtó feladata, hogy tűz esetén meghatározott ideig (például EI30, EI60 – 30 vagy 60 perc, ellenőrizendő) megakadályozza a tűz és a füst átterjedését. A mag hőálló anyagból készül (például ásványi mag, gipsz, vagy hő hatására vizet felszabadító lap), a tokban és az ajtólapon **hőre habosodó tömítés** zárja le a réseket. **Tilos.** Tűzgátló ajtót lefaragni, átfúrni, a tömítést eltávolítani vagy kicserélni. Minden módosítás a minősítés elvesztését jelenti.

Hanggátló ajtó. A hangszigetelés elsősorban a tömegen és a tömítésen múlik. Üreges ajtóval nem lehet komoly hanggátlást elérni. A hanggátló ajtólap nagyobb sűrűségű magot, nehéz borítást, a tokban és a lap élén pedig jól záró tömítést kap. A padlóhézagot is megfelelően kell méretezni.

38.1.8. Nyitásirány és a vasalat oldala

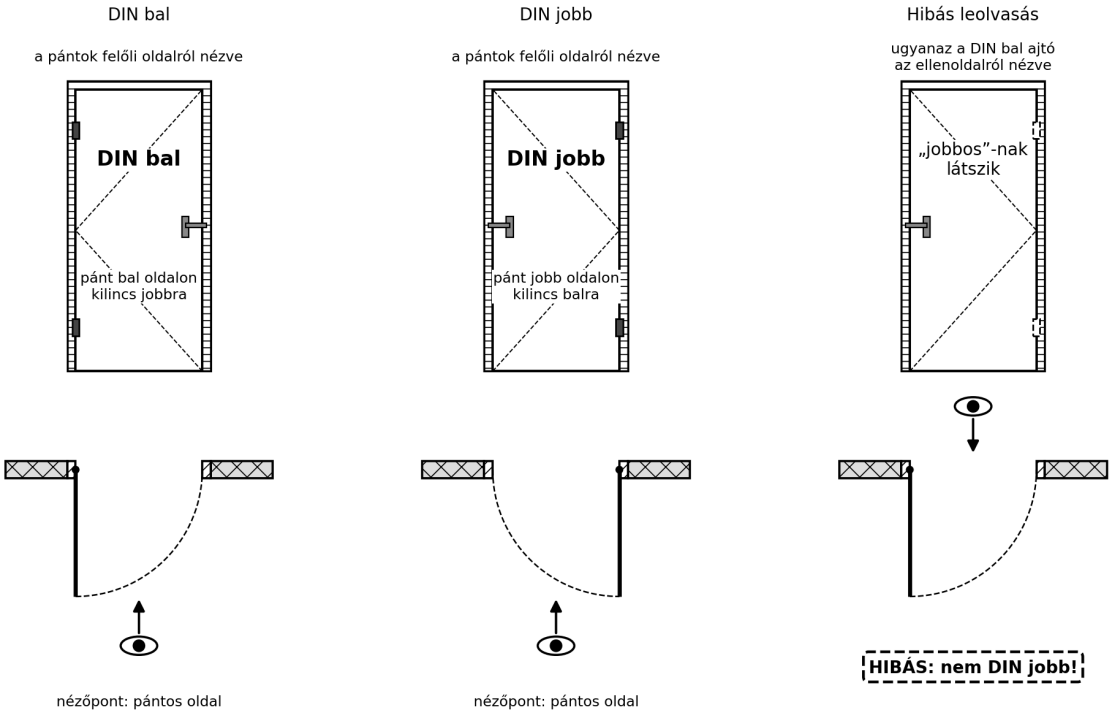
Motiváció. A vevő telefonon rendel: „Kérek egy belső ajtót, jobbra nyíljon.” A műhelyben ez a mondat félreértésekhez vezet, mert a „jobb” attól függ, honnan nézzük. Ha rossz oldalra kerül a zár, a kilincs vagy a pánt, a teljes lapot cserélni kell.

Szabály. A nyitásirányt a **pántok felőli oldalról nézve** határozzuk meg. **DIN bal** az ajtó, ha a pántok a bal oldalon találhatók; **DIN jobb**, ha a pántok a jobb oldalon vannak. Ez a hazai és európai gyakorlatban elterjedt jelölés (ellenőrizendő: aktuális ajtószabvány, gyártói jelölés).

Gyakorlati lépések:

1. Állj arra az oldalra, ahonnan a pántok látszanak.
2. Nézd meg, hogy a pánt a bal vagy a jobb oldalon van.
3. Ha a pánt bal oldalon van, akkor az ajtó **DIN bal**.
4. Ha a pánt jobb oldalon van, akkor az ajtó **DIN jobb**.

Az alábbi ábra a két esetet alaprajzzal együtt mutatja: a pántok felőli oldalról nézve a bal oldali pánt DIN bal, a jobb oldali pánt DIN jobb ajtót jelent, a szárny a néző felé nyílik. A harmadik kép a tipikus tévedést mutatja: ugyanaz a DIN bal ajtó az ellenoldalról nézve „jobbosnak” látszik, ezért a besorolást mindig a pántos oldalról végezzük.



Alul alaprajz: falnyílás, tok, nyitott szárny és nyitási ív; a fekete pont a pánt. A nyitásirányt mindig a pántok felőli oldalról olvassuk le (ellenőrizendő: gyártói jelölés).

38.2. ábra. DIN bal és DIN jobb ajtó a pántok felőli oldalról, alaprajzi nyitási ívvel; mellette a hibás leolvasás

A dokumentáción mindig jelölni kell:

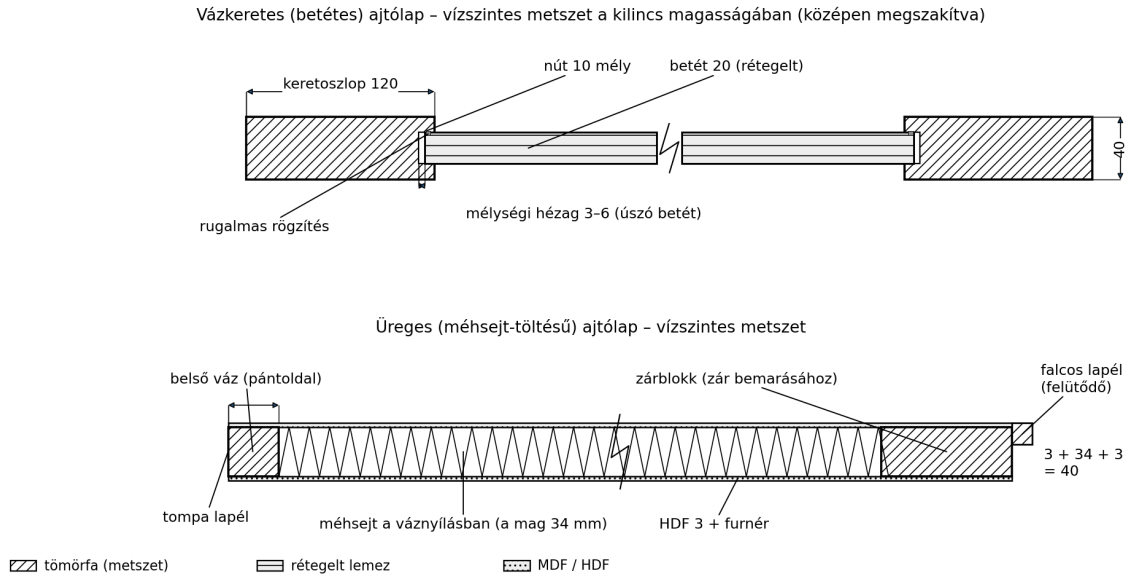
- a nyitásirányt (DIN bal / DIN jobb),
- a pánt oldalát,
- a kilincs oldalát,
- a nyitás irányát (befelé / kifelé),
- a beépítési magasságot.

Szabvány. Az ajtók méreteivel, jelölésével és terminológiájával kapcsolatos követelményeket harmonizált európai szabványok tartalmazzák (ellenőrizendő: a pontos szabványszám, például az MSZ EN 12519 és a kapcsolódó termékszabványok). A szabványos jelölés célja, hogy a megrendelést a műhelyben ne lehessen félreérteni.

38.1.9. Szakrajz: vázkeretes és üreges ajtólap metszete

Az ábra két vízszintes metszetet mutat a kilincs magasságában (lapméret 900 × 2000 × 40 mm). A vázkeretes lapnál a 120 mm széles keretoszlopok belső élébe 10 mm mély nút kerül, ebben úszik a 20 mm-es rétegelt betét 3–6 mm mélységi hézaggal, rugalmas rögzítéssel. Az üreges

lapnál 3 mm HDF + 34 mm mag + 3 mm HDF = 40 mm: a magban a széleken belső váz és zárblokk, a váznyílásokban méhsejt van. Az egyik lapél tompa, a másik falcos (felütődő) kivitelű. A keresztkötő a vízszintes metszetben nem látszik, csak függőleges metszetben.



Lapméret 900 × 2000 × 40 mm; a keresztkötő a vízszintes metszetben nem látszik. Hézag- és falcméret: tájékoztató, gyártói adat szerint (ellenőrizendő).

38.3. ábra. Vázkeretes és üreges ajtólap vízszintes metszete a kilincs magasságában

A metszetről leolvasható, hogy az üreges ajtónál a borítás a fő teherviselő, a váz a vasalat fogadására szolgál; a vázkeretesnél a keret adja a merevséget, a betét csak kitölt.

38.1.10. Falcos és tompa ajtólap

Az ajtólap a tokhoz kétféleképpen csatlakozhat, és ettől függ a lap mérete, a pánt típusa és a tok kialakítása.

Definíció. A **falcos (felütődő) ajtólap** élén körbefutó falc (lépcső) van, amely becsukott állapotban rátakar a tokra, és a tok ütközőfalcába ütközik; a résbe tömítőprofil kerül. A **tompa (síkban záródó) ajtólapnak** nincs falca: a lap a tok szabad nyílásába illeszkedik, és a tokkal egy síkban záródik; ehhez gyakran rejtett pántot használnak.

Lapméret a tok méretéből. A tok szabad nyílásából indulunk ki (az Ajtótokok fajtái és szerkezete példájában: tok külső szélessége 880 mm, tokborda 30 mm, szabad nyílás $880 - 2 \cdot 30 = 820$ mm).

- Tompa lap: $b_{\text{lap}} = 820 - 2 \cdot 2{,}5 = 815\,\text{mm}$ (oldalanként 2,5 mm mozgási hézag).
- Falcos lap: a lap szélesebb a szabad nyílásnál, mert a lap falcos pereme oldalanként rátakar a tokra: $b_{\text{lap}} = 820 + 2 \cdot (\text{falcátfedés} - \text{mozgási hézag})$; például 12 mm átfedéssel és 2,5 mm hézaggal $820 + 2 \cdot 9{,}5 = 839\,\text{mm}$ (a falcszélesség és -mélység tájékoztató érték, ellenőrizendő: gyártói rendszer).

Pánt. Falcos lapnál hagyományos falcos ajtópánt (csaplapos) vagy csavarozott pánt, tompa lapnál rejtett (süllyesztett) pánt használatos; a típust és a teherbírást a gyártói adatlap szerint választjuk (ellenőrizendő).

38.1.11. Számítás: mennyivel nehezebb a tömör ajtó?

Feladat. A vevő egy 900 mm széles, 2000 mm magas, 40 mm vastag ajtólapot rendel. Kiszámítjuk a tömegét üreges és tömör magú kivitelben. A sűrűségek tájékoztató értékek, gyártói adattól függenek.

Adott:

- $b = 0{,}9\,\mathrm{m}$ (szélesség)
- $h = 2{,}0\,\mathrm{m}$ (magasság)
- $v = 0{,}04\,\mathrm{m}$ (vastagság)
- $\rho_{\text{üreges}} \approx 250\,\mathrm{kg/m^3}$
- $\rho_{\text{tömör MDF}} \approx 720\,\mathrm{kg/m^3}$

Keresett: az ajtólap térfogata és tömege.

1. lépés: Térfogat számítása

$$V = b \cdot h \cdot v = 0{,}9 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}04 = 0{,}072\,\mathrm{m^3}$$

2. lépés: Tömeg számítása

$$m = V \cdot \rho$$

Üreges ajtónál:

$$m_{\text{üreges}} = 0{,}072 \cdot 250 = 18\,\mathrm{kg}$$

Tömör magú (MDF) ajtónál:

$$m_{\text{tömör}} = 0{,}072 \cdot 720 = 51{,}8\,\mathrm{kg}$$

Ellenőrzés. Az üreges ajtó tömege nagyjából a tömör ajtó harmada, ami megfelel a gyakorlati tapasztalatnak. ∎

Tanulság. A 18 kg-os üreges ajtót könnyű beépíteni, két pánt elég. Az 52 kg-os tömör ajtót már három pánttal kell felszerelni, és a tok rögzítését is erősebbre kell tervezni (a pántok számát és teherbírását a vasalat gyártójának adatai szerint kell választani – ellenőrizendő).

38.1.12. Minőségellenőrzés

Az ajtólap átvételekor a következőket ellenőrizzük:

1. **Méretpontosság:** szélesség, magasság, vastagság (mérőszalaggal, tolómérővel), tűrés a gyártó szerint, például $ \pm 1,\text{mm}$ (tájékoztató, ellenőrizendő).
2. **Derékszögűség:** az átlók eltérése legfeljebb 2–3 mm (tájékoztató).
3. **Síkosság:** a lap ne legyen csavarodott, homorú vagy domború. Hosszú, egyenes vonalzóval ellenőrizzük.
4. **Felületi hibák:** nincs-e élfelfutás, égésnyom, rétegválás, fóliafelválás, karcolás.
5. **Élzárás:** a zárás egyenletes, nincs nyitott él, ragasztófelesleg.
6. **Tűzgátló / hanggátló ajtónál:** a gyártói tanúsítvány, típustábla, beépítési utasítás megléte.

Ha eltérést találunk, a lapot ne vágjuk fel, ne csomagoljuk be; jelezzük a beszállítónak, és a reklamációhoz dokumentáljuk a hibát.

38.1.13. Tipikus hibák és okaik

1. **Üreges ajtó aljának túlzott levágása.** A gyártó által megengedettnél nagyobb méretet vágnak le, ezért az alsó záróváz megsérül, a méhsejt kihullik. *Helyes gyakorlat:* a rövidítés előtt ellenőrizni kell a gyártó által megadott maximális méretet.
2. **Vázkeretes ajtónál a betét merev beragasztása.** A betét zsugorodáskor vagy dagadáskor megrepeszti a keretet. *Helyes gyakorlat:* a betétet úszva, nútban, rugalmas tömítéssel kell elhelyezni.
3. **Rossz nyitásirány rendelése.** A vevő a kilincs felől mondja be az irányt, az asztalos a pánt felől jegyzi fel. *Helyes gyakorlat:* mindig a pánt felőli oldalról nézve, rajzon kell jelölni a DIN irányt.
4. **Tűzgátló ajtó utólagos átalakítása.** A zárat kicserélik, a tömítést levágják, a lapot átdrótozzák. *Helyes gyakorlat:* minden változtatás tilos, a minősített rendszer részeit nem szabad módosítani.
5. **Külső bejárati ajtó helyett egyszerű belső lap beépítése.** A belső lap borítása nedvességre felválik, a mag vetemedik. *Helyes gyakorlat:* külső ajtóhoz külső minősítésű lapot és tokot választunk.

38.1.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy társasházi lakás felújításakor a tulajdonos üreges belső ajtókat kért a hálószobába, mondván, hogy olcsóbb és könnyű. Az asztalos jelezte, hogy a szoba a lépcsőház mellett van, és a folyosóról behallatszik a beszéd. A tulajdonos mégis az üreges mellett döntött. A beépítés után a zaj zavaró lett. A javítás során az asztalos elmagyarázta, hogy a hanggátláshoz nagyobb tömeg kell, és a hang a padlóhézagon, a tok és a fal közötti résen is átjut. Végül tömör magú ajtólapot rendeltek, a tok környékét akusztikus habarcsba építették, és a tokra jól záró tömítést szereltek. Tanulság: a hanggátlás nemcsak a lapon, hanem a teljes beépítési rendszeren múlik.

38.1.15. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A tömör ajtólap mindig tömörfából készül. Indokold!
2. Sorold fel az üreges ajtólap belső vázának két kiemelten erősített pontját!
3. Melyik a DIN jobb ajtó: a pánt felőli oldalról nézve a pánt a jobb vagy a bal oldalon van?

4. Számítsd ki egy 0,85 m széles, 2,05 m magas, 0,042 m vastag üreges ajtólap tömegét, ha az átlagos sűrűsége 260 kg/m³!
5. Miért nem szabad üreges ajtóból nagy darabot levágni?

Válaszok az Önellenőrzéshez:

1. Hamis. A tömör ajtólap lehet MDF, forgácslap vagy habosított magú is. A „tömör” a mag kitöltésére utal, nem feltétlenül a tömörfa anyagra.
2. A pánt oldalán (pántfogadó blokk) és a zár oldalán (zárfogadó blokk).
3. A jobb oldalon.
4. $V = 0{,}85 \cdot 2{,}05 \cdot 0{,}042 = 0{,}0732\,\mathrm{m}^3$; $m = 0{,}0732 \cdot 260 = 19\,\mathrm{kg}$.
5. Mert elveszíti az alsó vázrudat (zárókeresztkötőt), a méhsejt kihullik, a borítások szétnyílnak.

38.1.16. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg egy mondatban, mi a különbség a tömörfa ajtólap és a tömör magú (MDF) ajtólap között!

2. feladat (A). Nevezd meg a vázkeretes ajtólap három fő szerkezeti elemét!

3. feladat (B). Számítsd ki egy 0,9 m széles, 2,1 m magas, 0,045 m vastag tömörfa (tölgy) ajtólap tömegét! A tölgy sűrűsége 750 kg/m³ (tájékoztató, ellenőrizendő).

4. feladat (B). Rajzold le szövegesen (nézet-metszet) egy üreges ajtólap vízszintes metszetét a kilincs magasságában! Nevezd meg a rétegeket kívülről befelé!

5. feladat (C). Egy vásárló biztonsági bejárati ajtót szeretne. Elég lenne-e csak egy tömör, erős ajtólapot venni, ha a tokot és a pántokat nem cserélik? Indokold!

6. feladat (D). Egy társasházi lakásbejárathoz tűzgátló ajtót kell választani. Sorold fel, mit kell ellenőrizned a megrendelésnél, és miért tilos a lapot utólag módosítani!

38.1.17. Megoldások

1. feladat. A tömörfa ajtólap anyaga és magja is tömör fűrészáruból készül; a tömör magú (MDF) ajtólap magja MDF-ből, forgácslapból vagy hasonló, kötőanyaggal préselt anyagból készül, és a felületét borítás adja.

2. feladat. Keretoszlop, keresztkötő, betét.

3. feladat. $V = 0{,}9 \cdot 2{,}1 \cdot 0{,}045 = 0{,}08505\,\mathrm{m}^3$. $m = 0{,}08505 \cdot 750 = 63{,}8\,\mathrm{kg}$.

4. feladat. Kívülről befelé: furnér vagy fólia, 3 mm HDF borítás, méhsejt-töltés, belső váz (fenyő vagy MDF) a széleken és a zár/pánt vonalában, 3 mm HDF borítás, ellenfurnér. A metszeten a méhsejt cellás rajzolattal, a borítás pontozott vagy fekete, a váz hosszanti rostsraffozással jelölhető.

5. feladat. Nem. A biztonsági bejárati ajtó a teljes rendszer: lap, tok, pántok, zár, tömítések és a falba építés. Ha csak a lapot cserélik, a gyenge pánton, tokon vagy a falnál keresztül is betörhetnek, így az ajtó nem adja a betörésvédelem szintjét.

6. feladat. Ellenőrizni kell: a gyártói tanúsítványt a teljes rendszerre (lap, tok, vasalat, tömítés, üvegezés); a beépítési utasítást; a típusazonosító táblát; a rendeltetést és a tűzvédelmi osztályt (például EI30). Tilos módosítani, mert a bevizsgált rendszer bármely része nem cserélhető, lefaragás, fúrás vagy más alkatrész beépítése a minősítés elvesztését jelenti.

38.1.18. Rövid összefoglaló

A vázkeretes, üreges és tömör ajtólapok a faipari ajtógyártás három alapvető szerkezetét adják. A vázkeretes ajtólapon a keret adja a merevséget, a betét úszva, nútban szabadon mozoghat, ezért a fa mozgása nem repeszti meg. Az üreges ajtólap belső vázból, méhsejt-töltésből és külső borításból áll: könnyű, síkban stabil, de rossz hangszigetelő és alulról alig rövidíthető. A tömör ajtólap magja hézagmentesen kitöltött, lehet tömörfa vagy MDF/forgácslap alapú; nagyobb tömeg, jobb hangszigetelés. A külső bejárati ajtónak hő- és csapóeső-állóságot, a lakásbejáratnak hang- és tűzvédelmet kell teljesítenie. A tűzgátló és hanggátló ajtókat csak tanúsított rendszerként szabad beépíteni és módosításuk tilos. A nyitásirányt a pánt felőli oldalról nézve jelöljük: DIN bal, ha a pánt bal oldalon, DIN jobb, ha a pánt jobb oldalon van. **Továbbvitt eredmény.** Az ajtólap-szerkezeteket a Ajtók gyártástechnológiája gépekkel alfejezetben építjük műhelygépeken, a vasalatok oldalát és a pántokat pedig a Válaszfalak, térelválasztók, tolóajtók és különleges épületasztalos termékek alfejezetben illesztjük a teljes szerkezethez.

38.1.19. Források és ellenőrzési hiányok

A szakmai alapelvek és a szerkezetek leírása a faipari ajtógyártási gyakorlatból, a korábbi alfejezetekben bemutatott anyagismereti és lapgyártási tananyagból származik. Az ajtókra vonatkozó harmonizált európai szabványok pontos száma, a betörésállósági osztályok és a tűzgátló ajtók teljesítményjelölése, a gyártói méretek és a rövidíthetőség határai, valamint a DIN szerinti jelölés szabványhivatkozása az adott gyártó és az aktuális szabvány szerint ellenőrizendő.

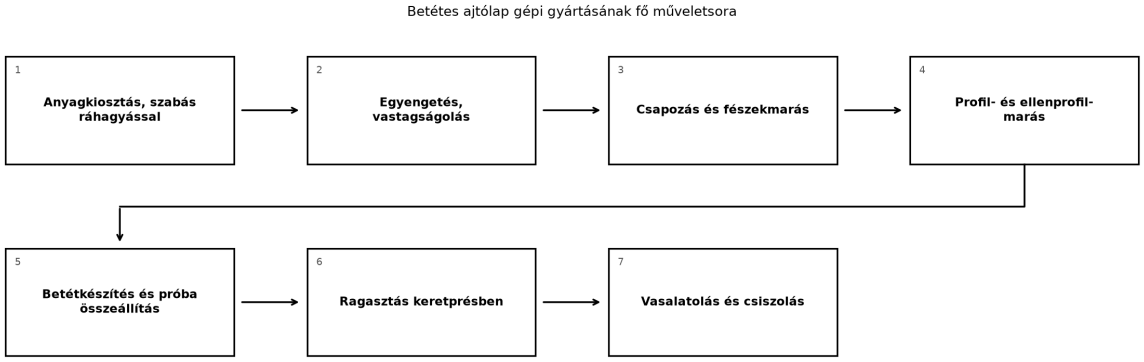
38.2. Ajtók gyártástechnológiája gépekkel

38.2.1. Motiváció

A megrendelő új, tömörfa keretes **betétes ajtólapot** kér a belső szobákra, meglévő tokba vagy teljesen új tokba. A rajz elkészült a Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók alfejezetben tanultak alapján, és a műhelyben most az a kérdés: milyen sorrendben, milyen gépekkel, milyen ellenőrzésekkel gyártjuk le úgy, hogy az ajtólap ne vetemedjen, a betét ne csörögjön, a csapok zárjanak, és a pántok pontosan illeszkedjenek? Ha a gépi műveletsort rosszul állítjuk össze, a végeredmény nem ajtó, hanem görbe, feszülő alkatrészhalmaz lesz.

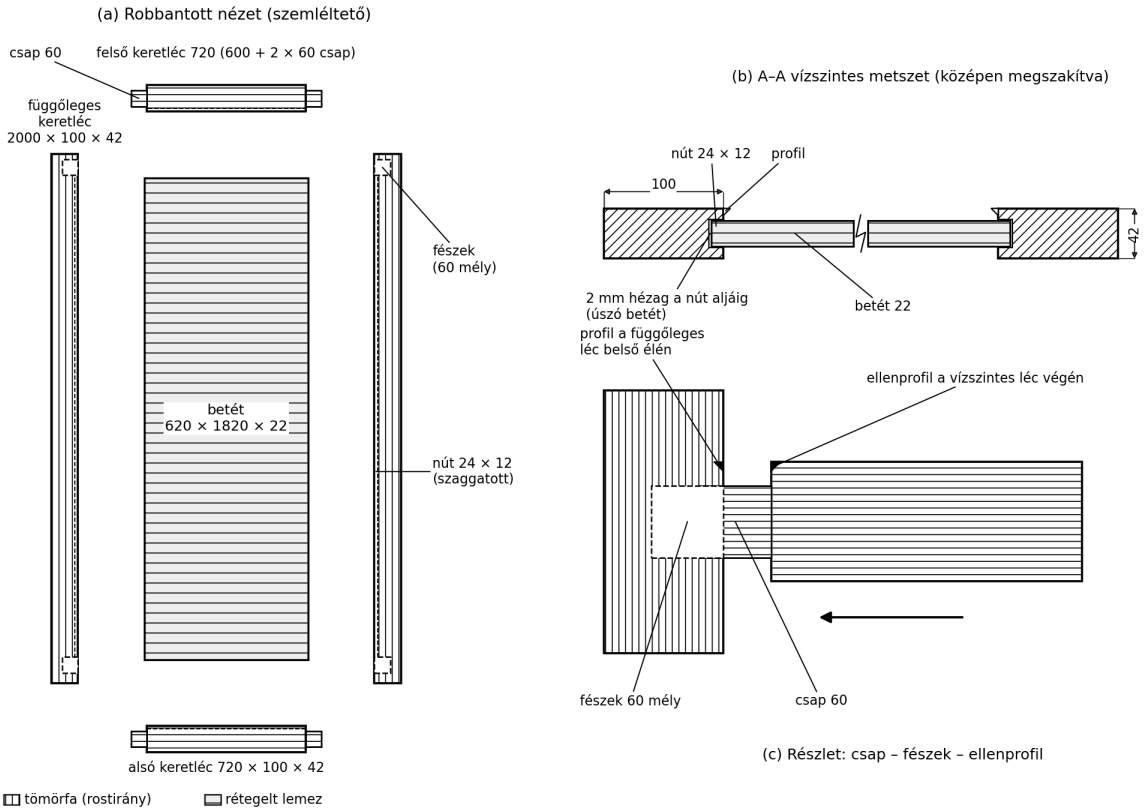
38.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy belső ajtólapot az asztalosműhelyben. A szerkezet öt fő elemből áll: két függőleges **keretléc**, két vízszintes **keretléc** és egy **betét**. A függőleges elemek hosszabbak, ezek adják a teljes magasságot. A vízszintes elemek közéjük csapozódnak. A keret belső élébe **nútot** martunk, ebbe ül a betét. A keret belső élén **profil** és nút fut; a vízszintes lécek végén ennek **ellenprofilja** (negatívja) van. A betét nem ragasztott körbe, hanem **úszik** a nútban, körben 2–3 mm mozgási hézaggal. Ez a szerkezet géppel gyártva akkor lesz jó, ha az alkatrészek derékszögűek, azonos vastagságúak, a fészek és a csap pontosan illeszkedik, és a keretet présben, átlók ellenőrzése mellett ragasztjuk.



38.4. ábra. Betétes ajtólap gépi gyártásának fő műveletsora - A vázlatos műveletsor a későbbi technológiai lap lépéseit rendezi sorba; a paraméterek gép- és anyagfüggők, a gyártói adatot ellenőrizni kell.

Az ábra a keret–csap–fészek–nút–úszó betét kapcsolatot egyben mutatja. A robbantott nézeten a két függőleges keretléc (2000 × 100 × 42 mm) fészkeket és belső élén nútot kap; a két vízszintes keretléc csappal együtt 720 mm hosszú (600 mm + 2 × 60 mm csap); középen a 620 × 1820 × 22 mm-es betét ül. Az A–A metszeten a 24 × 12 mm-es nútban a betét és a nút alja között 2 mm úszóhézag marad, a keret belső élén profil fut. A részlet a 60 mm-es csapot, a fészket és a vízszintes léc végére mart ellenprofilt mutatja.



38.5. ábra. Betétes ajtólap robbantott nézete, A–A vízszintes metszete és a csap–fészek–ellenprofil részlet

38.2.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **betétes ajtólap** olyan keretszerkezetű ajtólap, amelyben a külső keret négy keretlécből készül, a belső mezőt pedig egy külön **betét** tölti ki. A betét lehet tömörfa, furnérozott lap, rétegelt lemez vagy üveg. A betét a keret belső nútjában **úszik**, azaz nem ragasztjuk körbe, ezért a fa nedvességmozgása nem feszíti szét a keretet.

Szabály. A **rajz–anyag–művelet hármas** itt is kötelező: az ajtó rajzáról készíts szabásjegyzéket, a szabásjegyzékből pedig gépi műveletsort. Minden alkatrészhez írd oda a gép nevét, a beállítást, az ellenőrzési pontot és a biztonsági előírást.

Szabály. A keretelemeket mindig a **bázislap–bázisél** elve szerint munkáljuk meg. Először az egyik lapot és élt derékszögbe munkáljuk az egyengető gyaluval, majd ezek a bázisok vezetik a vastagsági gyalut, a csapozó gépet és a marógépet.

Szabály. A betét hőmozgási hézagát a betét anyaga határozza meg. Tömörfa betétnél oldalanként 3–4 mm, rétegelt lemez vagy furnérozott MDF betétnél 2–3 mm szükséges (tájékoztató érték, ellenőrizendő az adott anyag és klíma szerint). A betétet nem szabad körben beragasztani.

38.2.4. A betétes ajtólap és tok gépi műveletterve

A következő számozott recept a fő műveletsort adja meg. A részletes gépi biztonsági lépéseket a Technológiai lap részben ismertetem.

1. **Fűrészáru átvétele és nedvességellenőrzés.** A belső ajtóhoz felhasznált fűrészáru nedvességtartalma 10 ± 2 % legyen (tájékoztató, ellenőrizendő a gyártó és a termékszabvány szerint). A túl nedves anyag zsugorodása megfeszíti a keretet, a túl száraz anyag bedagadáskor repesztheti a kötést. Villamos nedvességmérővel több ponton mérj.

2. **Anyagkiosztás és szabás.** A keretléceket ráhagyással szabjuk a formatizáló körfűrészen. A kész keretléc keresztmetszetéhez (szélesség és vastagság) 6–8 mm, hosszhoz 20–30 mm ráhagyást adjunk, mert az egyengető és vastagsági gyalu elveszi a felső réteget. A betétet is ráhagyással szabjuk, például hosszban és szélességben 10–15 mm-rel nagyobbra.

3. **Egyengetés.** Az egyengető gyalun először az egyik lapot, majd az egyik élt egyengesük derékszögbe. Ez lesz a **bázislap** és a **bázisél**. A szerszámot és a késtartót mindig a védőburkolattal használjuk. A munkadarab végét tolóblokkal (tolófával) vezetjük; a gépkönyvben megadott legkisebb hossznál rövidebb darabot az egyengető gyalun nem munkálunk meg – azt hosszabb darabként gyaluljuk, és csak utána vágjuk méretre (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085 vonatkozó része).

4. **Vastagságolás.** A vastagsági gyalun a bázislap ellentétes oldalát párhuzamosra vesszük a kívánt vastagságig. A keretlécek végső vastagsága legyen azonos, általában 40–44 mm. A vastagsági gyalu csak a bázislapra merőleges vastagságot tudja adni, ezért az egyengetés nem hagyható ki.

5. **Szélességre vágás.** A bázisélt vezetve a keretléceket a körfűrészen kész szélességre szabjuk. A keretlécek szélessége a rajz szerint 90–120 mm között szokott lenni belső ajtóknál. Az alsó keretléc közel párhuzamos legyen a felsővel, a derékszögű végeket a csapozás adja meg.

6. **A keretcsapok és fészkek megmunkálása.** A vízszintes keretlécek végére a Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen készíti a csapot, míg a függőleges keretlécekbe a **láncmarógép** vagy a hosszlyukfúró a fészket. A csapváll legyen derékszögű, a csap hossza 1–2 mm-rel rövidebb a fészek mélységénél. Ha nem csap-fészkes, hanem

idegencsapos kötést használunk, akkor minden elembe hosszlyukat marunk, és a lamellót vagy köldökcsapot illesztjük be.

7. **Profil- és ellenprofil-marás.** A keret belső élén alsómarón alakítjuk ki a **profilt** és a betét **nútját**. A profil a keret belső, látható éle, a nút a betétet fogadó horony. Az **ellenprofil** a vízszintes keretlécek végére mart, a profil negatívját adó alak, amely a függőleges keretléc profiljára illeszkedik. Profil–ellenprofil szerszámpárral (vagy átállítható kombinált szerszámmal) készül; a beállítást próbadarabok összeillesztésével ellenőrizzük (ellenőrizendő: szerszámgyártói adatlap). A marófej fordulatszáma, előtoló sebessége és a szerszám megengedett fordulatszáma legyen összhangban a gépkönyvvel.

8. **A betét elkészítése.** A furnérlemez vagy tömörfa betétet méretre szabjuk, éleit lecsiszoljuk. Tömörfa betétnél a szélesség eléréséhez szükség lehet **szélesítő toldásra**. A betét vastagsága 20–24 mm, a nút szélessége ennél 1–2 mm-rel nagyobb legyen, hogy a betét ne szoruljon. A betétet addig próbáljuk, amíg a nútban kis kézzel tolva mozgatható, de nem lötyög.

9. **Próba összeállítás.** Ragasztó nélkül illesztjük össze a keretet, behelyezzük a betétet, és ellenőrizzük a derékszöget, a síkfekvést, a csapvállak zárását és a betét hőmozgási hézagát. Ha minden illeszkedik, bontsuk vissza, és előkészítjük a ragasztást.

10. **Ragasztás keretprésben.** A csapokat és fészkeket ragasztóval vékonyan, egyenletesen kenjük be. A betétet ne ragasszuk. A keretet keretprésben szorítjuk össze. A préselési nyomás és idő a ragasztó gyártói adatlapja szerint alakul; faipari D3/D4 ragasztónál gyakran 0,7–1,2 N/mm² nyomás és 15–60 perc présidő szükséges (tájékoztató, ellenőrizendő). A préselés alatt mérjük a két átlót, állítsuk derékszögbe.

11. **Vasalathelyek marása.** A pántok, a zár, a kilincs és a tokzár helyét sablonnal, felsőmaróval és fúróval munkáljuk meg. A pánt vastagságát teljes mélységben süllyesztjük, a zár előlapja egy síkban legyen az ajtó élfelületével. A vasalatok gyártói adatai alapján állítjuk a marómélységet.

12. **Csiszolás és felületkezelés előkészítése.** A ragasztó kinyomódott feleslegét eltávolítjuk, a felületet 120–150, majd 180-as szemcsemérettel csiszoljuk. A fapor ellen elszívást és légzésvédőt használj. Éles éleket élmentesítjük, a kitört szálakat, kisebb lyukakat tapasszal pótoljuk, ha a felületkezelő rendszer megengedi.

38.2.5. Kidolgozott példa: belső betétes ajtólap 800 × 2000 mm

Adott. Egy belső betétes ajtólap rajza szerint a kész ajtólap magassága `l = 2000 mm`, szélessége `b = 800 mm`. A keretlécek szélessége `b_k = 100 mm`, vastagsága `v_k = 42 mm`. A betét 22 mm vastag rétegelt lemez. A betétnút mélysége `t_n = 12 mm`, a betét oldalhézaga `h = 2 mm` mindkét oldalon.

Keresett. A betét kész mérete: `l_betét` és `b_betét`.

Megoldás lépései.

A betét mező belső méretei:

- belső magasság:

$$l_{\text{belső}} = l - 2 \cdot b_k = 2000 - 2 \cdot 100 = 1800\,\text{mm}$$

- belső szélesség:

$$b_{\text{belső}} = b - 2 \cdot b_k = 800 - 2 \cdot 100 = 600\,\text{mm}$$

A betét a nútba mindkét oldalon 12 mm-rel nyúlik be, a hézagot azonban levonjuk:

$$l_{\text{betét}} = l_{\text{belső}} + 2 \cdot t_n - 2 \cdot h = 1800 + 24 - 4 = 1820\,\text{mm}$$

$$b_{\text{betét}} = b_{\text{belső}} + 2 \cdot t_n - 2 \cdot h = 600 + 24 - 4 = 620\,\text{mm}$$

A betét kész mérete tehát **620 × 1820 mm**, a keret nútja pedig 12 mm mély. A betét hossza a nútban 2–2 mm mozgási hézagot kap. ∎

Anyagszükségleti ellenőrzés. A kerethez négy keretléc szükséges:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret l × b × v (mm)	Nyers méret l × b × v (mm)	Megjegyzés
1	Bal keretléc	1	fenyő tömörfa	2000 × 100 × 42	2030 × 108 × 50	ráhagyás gyaluláshoz
2	Jobb keretléc	1	fenyő tömörfa	2000 × 100 × 42	2030 × 108 × 50	ráhagyás gyaluláshoz
3	Felső keretléc	1	fenyő tömörfa	720 × 100 × 42 (600 + 2 × 60 mm csap)	745 × 108 × 50	csap 60 mm, ellenőrizendő a fészekmélységgel
4	Alsó keretléc	1	fenyő tömörfa	720 × 100 × 42 (600 + 2 × 60 mm csap)	745 × 108 × 50	csap 60 mm, ellenőrizendő a fészekmélységgel
5	Betét	1	rétegelt lemez	620 × 1820 × 22	640 × 1840 × 22	ráhagyás szabáshoz

A keretlécek kész térfogata:

$$V_{\text{keret}} = (2 \cdot 2{,}0 + 2 \cdot 0{,}72)\,\text{m} \cdot 0{,}1\,\text{m} \cdot 0{,}042\,\text{m} = 5{,}44 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}042 = 0{,}022\,85\,\text{m}^3 \approx 0{,}0228\,\text{m}^3.$$

Ez a ráhagyás nélküli, kész méretekből számított mennyiség. A szükséges ráhagyási anyagot és a hibakiejtést a Szabásjegyzék és anyagnorma módszerével kell hozzátenni. A mintaárakat a feladatok között számoljuk ki; a pontos egységárakat az aktuális beszerzéshez kell rögzíteni.

A tok készítésekor hasonlóan járunk el: a tokcsíkok szélességét a falvastagság és a szükséges falcméret határozza meg. Ha a tok belső szélessége az ajtólap szélessége plusz oldalanként 2–3 mm hézag, a tokot úgy választjuk meg, hogy az ajtólap pántolás után egyenletesen zárjon. A tok sarokkötése 45°-os gépi illesztéssel vagy csapos sarokkötéssel készülhet; a falcot alsómarón készítjük.

38.2.6. Technológiai lap

Cím. Betétes belső ajtólap és tok gépi gyártása
Termék/alkatrész. Keretes ajtólap 800 × 2000 mm, betét 620 × 1820 mm, tok a helyszíni felmérés szerint.
Anyag. Lucfenyő keretléc, rétegelt lemez betét, D3 vagy D4 faipari ragasztó.
Gépek és szerszámok. Formatizáló körfűrészgép, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, csapozó és láncmaró gép, alsómaró, felsőmaró, hosszlyukfúró, keretprés, szalagcsiszoló.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Minden gépen ellenőrizd a szerszám rögzítését, a megengedett fordulatszámot, a védőburkolatot, a hasítóéket, a tolófát és az elszívást. Porképző munkánál használj elszívást és légzésvédőt: keményfa-por esetén legalább **FFP2**, ajánlott **FFP3** (ellenőrizendő: hatályos rákkeltőanyag-rendelet és határérték). Forgó szerszámnál tilos kesztyűt viselni. A munkadarabot mindig tolófával, befogóval vagy előtolóval vezesd, kézzel soha ne nyúlj a szerszám közelébe.

Indítás előtti ellenőrzés.
- Védőberendezések zárva, hasítóék és tolófa a helyén.
- Szerszám éles, repedésmentes, a megengedett fordulatszám nagyobb, mint a gép fordulatszáma.
- Elszívás bekapcsolva, munkaterület szabad, vészleállító elérhető.
- A munkadarabon nincs szeg, csavar, laza göcs vagy repedés.
- Szerszámcsere, beállítás és takarítás előtt a gép áramtalanítva, a szerszám teljesen megállt.

Számozott lépések ellenőrzési pontokkal

1. **Fűrészáru átvétel és nedvességmérés.** Mérj villamos nedvességmérővel 10 ± 2 % tartományt. Ellenőrzés: több ponton, a keresztmetszetben is mérj; a szélső értéket jelöld fel.

2. **Szabás ráhagyással.** A formatizáló körfűrészen szabj a keretlécekből 4 darabot ráhagyással. Ellenőrzés: a szabás hossza a kész méret plusz 20–30 mm, a keresztmetszet +6–8 mm.

3. **Egyengetés.** Az egyengető gyaluval bázislapot és bázisélt készíts. Ellenőrzés: derékszögelővel 0,3 mm hézag alatt, tájékoztató érték.

4. **Vastagságolás.** Vedd a keretléceket 42 mm vastagra. Ellenőrzés: tolómérővel minden elem azonos vastagságú legyen.

5. **Szélességre szabás.** A bázisélt vezetve vágd 100 mm szélesre. Ellenőrzés: a lécek párhuzamosak, a szélesség 100 ± 0,3 mm.

6. **Csapozás és fészekmarás.** A vízszintes elemekre csapozz, a függőlegesekbe marj fészket. Ellenőrzés: a csapvállak szorosak, a csap hossza 1–2 mm-rel rövidebb a fészek mélységénél.

7. **Profil- és nútmarás.** Alsómarón munkáld a belső profilt és a nútot. Ellenőrzés: a betét próbadarabja könnyedén, de nem lötyögve illeszkedik a nútba.

8. **Betét szabása és illesztése.** A rétegelt lemezt szabd 640 × 1840 mm-re, majd próbáld be. Ellenőrzés: a betét kész mérete 620 × 1820 mm, a nútban 2–3 mm mozgási hézag.

9. **Próba összeállítás.** Ragasztó nélkül állítsd össze az ajtólapot. Ellenőrzés: a keret átlói egyenlőek, a csapvállak zárnak, a betét nem feszül.

10. **Ragasztás keretprésben.** Vigyél fel ragasztót a csapokra és a fészkekbe, a betétet ne ragaszd. Préseld a keretet a gyártói idő alatt. Ellenőrzés: préselés közben mérd az átlókat, a derékszög 0,5 mm/1000 mm-en belül, tájékoztató.

11. **Vasalathelyek marása.** A pánt, zár és kilincs helyét sablonnal, felsőmaróval készítsd el. Ellenőrzés: a pántlap a kerettel egy síkban legyen, a zár előlapja az élben üljön.

12. **Csiszolás, felületkezelés előkészítése.** Csiszold 120–150, majd 180-as szemcseméretig. Ellenőrzés: nincs szálkás, fényes csík, a felület pormentes.

Dokumentálás. A munkanaplóba jegyezd fel a felhasznált anyag adatait, a gépbeállításokat, a mért nedvességet, az átlók hosszát és a vasalatok típusát. Ha eltérést tapasztalsz, jelöld a rajzon és a gyártási naplón.

38.2.7. Minőségellenőrzés

Az ajtólap minőségét minden gyártási fázis után és a kész terméken is ellenőrizni kell.

- **Derékszög.** Mérjük a két átlót acélszalaggal. A kész ajtólapon az eltérés 1 mm alatt legyen (tájékoztató). Ha az átlók nem egyenlőek, a keret rombusz alakú.
- **Síkfekvés.** Helyezzünk az ajtólapra hosszú, egyenes vonalzót éllel, és mérjünk alá résmérővel. Tömörfa keretnél 0,5–1 mm alatti rés jellemző; nagyobb érték vetemedést jelent.
- **Hézagegyenletesség.** A betét és a keret belső éle közötti hézag legyen egyenletes, a betét ne szoruljon és ne lötyögjön. Az ajtólap és a tok közötti ajtóhézag mindkét oldalon 2–3 mm (tájékoztató, ellenőrizendő: vasalat- és tokgyártói adat).
- **Csapváll záródása.** Erős fénylámpa mögött nézzük a csapváll vonalat; ha fényrést látunk, a csap nem ül a fészek alján.
- **Vasalatok.** A pánt mélyedése egy síkban van a fa felülettel; a csavarok szorosan fogják a faanyagot; a zár előlapja nem áll ki az élből.
- **Felületi előkészítés.** Nincsenek ragasztófolyások, kitört szálak, mély karcolások; a csiszolás egyenletes.

38.2.8. Tipikus hibák és okaik

1. **A betét csörög, később megszorul, vagy a keret megvetemedik.** Oka: a betétet körben beragasztották, vagy a nút hézag nélkül készült. A fa a nedvességváltozás miatt dolgozik; ha a betét nem tud úszni, feszültség keletkezik. Helyes gyakorlat: a betét méretét a hézaggal számoljuk, ragasztást csak a középső ponton alkalmazzon az, aki rögzíteni akarja a betét elfordulás ellen.

2. **Az ajtólap egyik sarka süllyed, az ajtó lelóg.** Oka: a pántok zsanérhézagai nem egy vonalba esnek, a pántcsavarok meglazultak, vagy a tok nem függőleges. Helyes gyakorlat: pántolás előtt a tokot vízmértékkel, függővel állítsuk, a pánthelyeket sablonnal, azonos távolságra marjuk.

3. **A csapváll nem zár, a keret nem derékszögű.** Oka: a csap hosszabb a fészek mélységénél, a fészek nem elég mély, vagy a keretprésben nem ellenőriztük az átlókat. Helyes gyakorlat: a csapot 1–2 mm-rel rövidebbre készítjük, és préselés közben átlókat mérünk.

4. **A profil és az ellenprofil nem illeszkedik.** Oka: a maróbeállítás magassága vagy mélysége eltér, a profil és az ellenprofil szerszámpárját nem azonos beállítással használtuk. Helyes gyakorlat: próbadarabon állítsuk be a szerszámot, és minden elemet ugyanazon a bázislapon vezessünk.

5. **A keretlécek eltérő vastagságúak.** Oka: a vastagsági gyalulás előtt az egyengetést kihagyták, így a bázislap nem volt sík. Helyes gyakorlat: mindig készítsünk bázislapot az egyengetőn, mielőtt a vastagsági gyalu következik.

38.2.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos műhelyben egy belső betétes ajtót készítettek, és a kész ajtó a téli fűtési szezonban halk koppanó hangot adott, majd a keret belső élénél hajszálrepedések jelentek meg. A vállalkozó az ajtólapot megvizsgálta: a betétet körben PVAc ragasztóval rögzítették a nútban, hézag nélkül. A fűtés miatt a betét és a keret kiszáradt, a ragasztott betét nem tudott zsugorodni, így feszültség keletkezett. A betét elengedett, és a keret belső élén repedés indult meg.

Hibaelemzés. A tünet a hideg időben jelentkező reccsenő hang és a keret belső repedése volt. A vizsgálat szerint a betét mérete a számítottnál nagyobb, a nút széles és mély, de a betétet ragasztották. A javítás során az ajtólapot szétbontották, a ragasztómaradványt lecsiszolták, a betét méretét 2 mm-rel csökkentették, és a betétet csak középen rögzítették egy vékony, rugalmas tömítőanyagba ágyazott csappal. A megelőzés: minden betétet úszóra kell készíteni, és a rajzon fel kell tüntetni a hézagméretet.

38.2.10. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A betétet mindig körben ragasztjuk a nútba, hogy ne mozogjon. Indokold!

2. Mekkora betét kell egy 800 × 2000 mm-es ajtólapba, ha a keretléc szélessége 100 mm, a nút mélysége 12 mm, a hőmozgási hézag 2 mm?

3. Milyen sorrendben készül a keret: szabás, csapozás, vastagságolás, profilmarás, ragasztás? Írd fel a helyes sorrendet!

4. Melyik gép készíti a fészket a csapos keretkötésben?

5. Mit ellenőrzünk a keretprésben ragasztás közben?

6. Miért nem szabad a betétet túl szorosan a nút aljáig tolni?

38.2.11. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a betétes ajtólap öt fő szerkezeti elemét, és nevezd meg a betétet tartó hornyot!

2. feladat (A). Egy ajtólap mérete 700 × 1900 mm. A keretléc szélessége 90 mm, a nút mélysége 11 mm, a betét oldalhézaga 2 mm. Számítsd ki a betét kész méretét!

3. feladat (B). Az alábbi szabásjegyzékben a keretlécek nyers mérete hiányzik. Töltsd ki a táblázat hiányzó nyers méreteit úgy, hogy a kész keretléc 100 × 42 mm, a ráhagyás a keresztmetszetben 6–8 mm, hosszban pedig 20–30 mm legyen!

Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret (mm)	Nyers méret (mm)
1	Bal keretléc	1	2000 × 100 × 42	…
2	Felső keretléc	1	720 × 100 × 42	…

4. feladat (B). Egy tanuló ezt a sorrendet írta: szabás → vastagságolás → egyengetés → profilmarás → csapozás → próba összeállítás. Mi a hiba ebben a sorrendben? Írd fel a helyes sorrendet!

5. feladat (C). Miért kell rétegelt lemez betétnél kisebb hőmozgási hézag, mint tömörfa betétnél? Mi történik, ha a betétet mégis körben ragasztjuk?

6. feladat (C). Egy kész ajtólap a tokban a pánt felőli oldalon fent 3 mm, alul 8 mm hézagot mutat. Mi lehet a hiba, és hogyan javítható?

7. feladat (D). Készíts rövid művelettervet egy 600 × 1800 mm-es betétes ajtólap gyártására. Minden lépéshez írj legalább egy ellenőrzési pontot és a használt gépet!

8. feladat (D). A kidolgozott példa szerint a keret fűrészáru kész térfogata `0,0228 m³`. A fenyő fűrészáru minta egységára `145 000 Ft/m³`, a kiválasztási és megmunkálási ráhagyás 18 % anyagveszteséget okoz. Számítsd ki a kerethez szükséges tényleges anyagmennyiséget és annak költségét!

38.2.12. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A betétnek úsznia kell a nútban, mert a fa mozgása így nem feszíti szét a keretet.

2. Belső méret: 600 × 1800 mm. Betét mérete: szélesség `600 + 2·12 − 2·2 = 620 mm`, magasság `1800 + 24 − 4 = 1820 mm`.

3. Szabás ráhagyással → egyengetés → vastagságolás → szélességre vágás → csapozás/fészekmarás → profil- és ellenprofil-marás → betétkészítés → próba összeállítás → ragasztás keretprésben → vasalatozás → csiszolás.

4. A fészket **láncmarógép** vagy hosszlyukfúró készíti.

5. A két átlót, a csapvállak záródását, a síkfekvést és a présnyomást.

6. Mert a betét hőmozgása miatt a nút aljánál 2–3 mm hézag kell, különben a bedagadó betét szétfeszítheti a keretet.

1. feladat (A)

A betétes ajtólap öt fő eleme: **két függőleges keretléc**, **két vízszintes keretléc** és **egy betét**. A betétet tartó horony a **nút**.

2. feladat (A)

Belső méret:

$$b_{\text{belső}} = 700 - 2 \cdot 90 = 520\,\text{mm},$$

$$l_{\text{belső}} = 1900 - 2 \cdot 90 = 1720\,\text{mm}.$$

Betét mérete:

$$b_{\text{betét}} = 520 + 2 \cdot 11 - 2 \cdot 2 = 520 + 22 - 4 = 538\,\text{mm},$$

$$l_{\text{betét}} = 1720 + 22 - 4 = 1738\,\text{mm}.$$

A betét kész mérete **538 × 1738 mm**.

3. feladat (B)

A gyalulási ráhagyás miatt a keresztmetszeti nyers méret legyen **108 × 50 mm** (+8 mm), hosszban pedig 20–30 mm-rel több a kész méretnél.

Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret (mm)	Nyers méret (mm)
1	Bal keretléc	1	2000 × 100 × 42	2025 × 108 × 50
2	Felső keretléc	1	720 × 100 × 42	745 × 108 × 50

A pontos nyers méret a fűrészáru minőségétől és a gépbeállítástól függ, ezért a műhelyben a tényleges darabok szerint kell rögzíteni.

4. feladat (B)

A hibás sorrendben az **egyengetés** a **vastagságolás** után szerepel, és a **profilmarás** megelőzi a csapozást. A helyes sorrend:

1. Szabás ráhagyással
2. Egyengetés (bázislap, bázisél)
3. Vastagságolás
4. Szélességre vágás
5. Csapozás és fészekmarás
6. Profil- és ellenprofil-marás
7. Betétkészítés
8. Próba összeállítás
9. Ragasztás keretprésben
10. Vasalatozás, csiszolás

5. feladat (C)

A rétegelt lemez méretváltozása a nedvesség hatására kisebb, mert a furnérrétegek keresztirányban stabilizálják a lemezt. A tömörfa betét viszont húr- és sugárirányban jelentősen dagadhat, ezért nagyobb hézag kell. Ha a betétet körben ragasztjuk, az nem tud úszni, így a fa mozgása feszültséget okoz; a betét megrepedhet, vagy a keret belső élén repedés keletkezhet.

6. feladat (C)

Az ajtólap a pánt felőli oldalon alul nagyobb hézagot mutat. Ennek oka gyakran az, hogy a pántcsavarok lazultak meg, a pántok közepe nem egy függőleges vonalban van, vagy a tok nem

függőleges. Javítás: a tokot vízmértékkel állítsuk be, a pántokat húzzuk után, ellenőrizzük a pántorsó függőleges vonalát. Ha a pántcsavarok szükség szerint nem fognak, vastagabb vagy hosszabb csavart, esetleg tipikkel bélelt csavarfészket alkalmazzunk.

7. feladat (D)

Egy lehetséges műveletterv:

1. **Nedvességmérés** – villamos nedvességmérővel, cél 10 ± 2 %. Ellenőrzés: feljegyzett érték.
2. **Szabás ráhagyással** – formatizáló körfűrész. Ellenőrzés: hossz + 20–30 mm, keresztmetszet + 6–8 mm.
3. **Egyengetés** – egyengető gyalu. Ellenőrzés: derékszögelő, 0,3 mm alatt.
4. **Vastagságolás** – vastagsági gyalu. Ellenőrzés: tolómérő.
5. **Csapozás és fészekmarás** – csapozó és láncmaró. Ellenőrzés: csap hossza, váll záródása.
6. **Profilmarás** – alsómaró. Ellenőrzés: próbadarab a nútban.
7. **Betétkészítés** – szabás, csiszolás. Ellenőrzés: mozgási hézag.
8. **Próba összeállítás** – prés nélkül. Ellenőrzés: átlók.
9. **Ragasztás keretprésben** – PVAc ragasztó, présidő a gyártó szerint. Ellenőrzés: átlók préselés közben.
10. **Vasalatozás, csiszolás** – felsőmaró, fúró, csiszoló. Ellenőrzés: pánt- és zárhely mélysége.

8. feladat (D)

A tényleges anyagmennyiség:

$$V_{\text{tényleges}} = V_{\text{kész}} \cdot 1{,}18 = 0{,}0228 \cdot 1{,}18 = 0{,}0269\,\text{m}^3.$$

Költség:

$$K = 0{,}0269\,\text{m}^3 \cdot 145\,000\,\text{Ft/m}^3 \approx 3\,900\,\text{Ft}.$$

Ez mintaár, a feladat a számítás menetét mutatja; a tényleges árat a beszerzési árajánlat alapján kell rögzíteni.

38.2.13. Rövid összefoglaló

Az ajtógyártás gépi technológiája a **rajz–anyag–művelet** hármasra épül. A betétes ajtólap keretét négy keretléc alkotja; a vízszintes elemekre csapot, a függőlegesekbe fészket marunk. A csapozó és láncmaró gép a kézi vésett csapozás elvét követi, de pontosan és gyorsan dolgozik. A keret belső élébe az alsómaró nútját és profilját marjuk, a betétet 2–4 mm hőmozgási hézaggal **úszóra** készítjük, ezért nem szabad körben ragasztani. A keretet présben, átlóellenőrzéssel ragasztjuk. A vasalatokat és a tokot az ajtólaphoz kell illeszteni; a minőségellenőrzés az átlókat, a síkfekvést, a hézagokat és a vasalathelyeket vizsgálja. **Továbbvitt eredmény.** Az ajtógyártás

itt bemutatott műveleti sorrendjét, szabásjegyzékét és ellenőrzési szempontjait használjuk a Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése és a vizsgaremek dokumentációjának készítésekor.

38.2.14. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat, különösen a fűrész-, gyalu-, maró- és csapozó gépekre vonatkozó részek (ellenőrizendő: pontos szabványszámok és hatály).
- Faipari gépkönyvek és szerszámgyártói adatlapok (fordulatszám, előtolás, védőberendezések).
- Ragasztóanyag gyártói műszaki és biztonsági adatlap (D3/D4 osztály, nyitott idő, présnyomás, keverési arány, szellőzés).
- Fapor-expozícióval és keményfa-por rákkeltő hatásával kapcsolatos jogszabály és határérték (ellenőrizendő: aktuális magyar és uniós előírás).
- Belső ajtókra, tokokra és nyílászárókra vonatkozó termékszabványok, CE-jelölés és teljesítménynyilatkozat (ellenőrizendő: hatályos szabvány).
- Mintaárak és technológiai paraméterek: tanulási példa, a tényleges értékek beszerzéstől, géptől, anyagtól függnek.

38.3. Válaszfalak, térelválasztók, tolóajtók és különleges épületasztalos termékek

A válaszfal, a térelválasztó és a tolóajtó olyan belsőépítészeti szerkezet, amelyet az asztalos gyakran nem gyárban, hanem a helyszínen, meglévő falnyílásban, szabálytalan méretű térben szerel. Aki érti a vasalatokat, a súlyviszonyokat és a tűréseket, az elkerüli a leggyakoribb reklamációt: a nyikorgó, lengő, nehezen futó vagy leeső tolóajtót.

Képzelj el egy nappalit és egy dolgozósarkot: a két területet fa-üveg térelválasztóval választjuk el, rajta két felső sínre függesztett tolóajtóval. Az ajtók nyitva szinte eltűnnek a fal előtt, zárva vizuálisan és részben hangilag is elválasztanak. A szerkezet csak akkor marad évekig pontos, ha a sín vízszintes, a lapok függőlegesek, a rögzítési pontok teherbíró aljzatba kerülnek, és az alsó vezető nem hagyja oldalirányban lengeni a lapokat.

38.3.1. Válaszfal, térelválasztó, tolóajtó: alapfogalmak

Definíció. Válaszfalnak nevezzük az épületen belüli, nem teherhordó, függőleges elválasztó szerkezetet, amely két helyiséget, fülkét vagy funkcionális zónát alakít ki. **Térelválasztó** az a sokszor könnyű, helyhez kötött vagy mozgatható szerkezet, amely elsősorban vizuális, fény- vagy hangzónát hoz létre, és nem feltétlenül építőipari fal. **Tolóajtó** az ajtólap vízszintes sínben való eltolásával nyíló, nem forgópántra szerelt nyílászáró.

A válaszfal jellemzően rögzített szerkezet, a térelválasztó lehet részben áttört, üvegezett, tolható vagy bontható. A tolóajtó lehet önálló ajtó, de válaszfalon, térelválasztón, beépített szekrényen is megjelenik. Az asztalos feladata a szerkezet és a vasalat összehangolása.

38.3.2. Válaszfalak szerkezete, burkolata és üvegezése

A faipari válaszfal leggyakoribb alapszerkezete a **vázszerkezet**: gyalult, szárított fenyő vagy keményfa oszlopokból és keresztmerevítőkből álló keret, amelyre burkolólap, lambéria, üvegtábla vagy rétegelt lemez kerül. A váz nem teherhordó, ezért a fal- és födémcsatlakozásnál csak önsúlyt és használati terhelést visel, de a burkolatot és az üvegezést meg kell tudnia tartani.

Példa. Egy 3 000 mm széles, 2 600 mm magas térelválasztó váza 60 × 80 mm-es fenyő oszlopokból készülhet 600–800 mm-enként **(ellenőrizendő: a pontos osztás és keresztmetszet a terheléstől, a burkolat merevségétől és a statikai előírástól függ)**. A váz oszlopait a födémhez és a padlóhoz rögzítik, majd a burkolatot csavarozzák vagy rejtett kötőelemekkel szerelik.

Szabály. A válaszfalat úgy kell megtervezni, hogy a burkolat, az üvegezés és a vasalatok súlya mellett a fellépő oldalirányú erőket (például valaki nekitámaszkodik, ajtó becsapódik) is biztonságosan átadja a rögzítőelemeknek. A rögzítés mindig a teherbíró aljzatba történjen; gipszkartonba csak a vázszerkezeten, megfelelő üreges rögzítőelemmel, vagy teherbíró falba fúrt dűbellel **(ellenőrizendő: a gyártói terhelési adatok)**.

Az üvegezést a faipari gyakorlatban rögzített, tömített, esetleg cserélhető módon alakítják ki. A térelválasztókba **biztonsági üveg** (edzett vagy ragasztott biztonsági üveg) való, különösen akkor, ha a tábla padlótól indul, vagy tolóajtóban, mobil falban mozog **(ellenőrizendő: az üvegtípusra vonatkozó építési és bútoripari előírások)**. Az üvegtáblát a fa keretbe rugalmas alátéttel, takaróléccel vagy üvegező profillal rögzítik; az üveg nem érhet közvetlenül a fa hornyához.

38.3.3. Tolóajtók: függesztett és alsó görgős rendszer

A tolóajtó két alaprendszerét a teherviselés helye különbözteti meg.

Definíció. A **függesztett tolóajtó** felső sínen, görgős kocsikon függ; a görgők viselik az ajtólap teljes súlyát, az alsó vezető csak oldalirányú elmozdulás és kilengés ellen biztosít. Az **alsó görgős tolóajtó** súlyát az alsó sínen futó görgők viselik, felül pedig vezetőprofil tartja a lapot.

A belsőépítészetben a függesztett rendszer a gyakoribb, mert nincs padlóban futó sín, a padló egyenletes marad, és a por is kevésbé gyűlik össze. Az alsó görgős rendszert akkor választják, ha a mennyezet vagy a falszerkezet nem teherbíró, vagy ha a lap nagyon nehéz, mert az alsó sín közvetlenül a padlóra támaszkodik.

Figyelem. Mindig ellenőrizni kell a vasalat gyártója által megadott **maximális lapszélességet, lapsúlyt és görgőterhelést**. A túl nehéz lap lassan tönkreteszi a görgőket, a sínt és a rögzítési pontokat. A számítási példa a fejezet végén mutatja a lapsúly becslését.

38.3.4. Falon kívüli és falba futó (tokrendszerű) tolóajtó

A **falon kívüli tolóajtó** sínje látható vagy takaróprofillal fedett, az ajtólap pedig a fal előtt mozog. Előnye, hogy utólag is beépíthető, és a vasalat hozzáférhető; hátránya, hogy a fal előtt mindig kell szabad futósáv.

A **falba futó (tokrendszerű) tolóajtó** esetén az ajtólap nyitott állapotban a falban lévő tokba, „zsebbe” csúszik. A tokot előre beépítik a falszerkezetbe, a sínt a tok felső elemébe rejtik. Ennek a szerkezetnek a helyét és méretét már a fal vagy a válaszfal tervezésekor rögzíteni kell. A tok belső ürege nem lehet túl szűk, mert a kilengő lap folyamatosan hozzáér a belső felülethez, és karcos, zajos lesz.

Megjegyzés. A falba futó rendszer utólagos vasalatcseréje nehéz, ezért a tok eltávolítható takaró elemmel készüljön, vagy a vasalat hozzáférhetőségét szerelőnyílással oldják meg.

38.3.5. Harmonikaajtó és mobil fal

A **harmonikaajtó** több keskeny függőleges elemből vagy betétből álló, csuklósan összekapcsolt lapszerkezet, amely összecsukva oldalra rendeződik. Alsó és felső vezetősínen vagy csak felső sínre függesztett kocsikon fut. Kis nyílásokhoz, gardróbhoz, kamrához, szállodai térelválasztóhoz használják; hanggátlása és stabilitása kisebb, mint egy tömör tolóajtóé.

A **mobil fal** nagyobb, gyakran hanggátló elemekből álló, felső sínre függesztett térelválasztó. Az elemek egymáshoz reteszelhetők, oldalra vagy parkolóhelyre tolhatók. Mobil falnál a felső sínt teherbíró födémhez kell rögzíteni, az elemek alján és oldalán pedig tömítőprofilok zárják a réseket. A felső sínre jutó súly jóval nagyobb, mint egyszerű ajtónál, ezért a rögzítőelemek és a födém teherbírását minden esetben ellenőrizni kell **(ellenőrizendő: statikai és gyártói előírás)**.

38.3.6. Különleges épületasztalos termékek

Az asztalos találkozhat olyan különleges épületasztalos termékekkel is, amelyek a tolóajtó és térelválasztó elvén működnek, de a funkciójuk összetettebb:

- **hanggátló tolóajtó és mobil fal** tömített élekkel, nagy tömegű lappal,
- **üveg térelválasztó tolóajtókkal,** ahol a profilok és a vasalat látható vagy rejtett,
- **rejtett ajtó**, amely a falburkolattal egy síkban, takart zsanéron vagy tolóvasalaton fut,
- **íves tolóajtó**, amelynek felső sínje íves, a lapjai hajlított vagy szegmenselt szerkezetűek,
- **akusztikus falpanel**, amely burkolatként vagy mobil elemként csillapítja a helyiség zaját.

Ezeknél nem a faanyag, hanem a vasalat, a tömítés és a pontos beállítás dönt. A különleges terméknél a gyártói szerelési rajz és a műszaki adatlap mindig a mérvadó.

38.3.7. Vasalatok és beállítás

A tolóajtó vasalatok fő elemei:

- **futósín**: felső vagy alsó, gyakran eloxált alumíniumprofil,
- **görgős kocsi**: a felső sínben futó, csapágyazott görgő vagy görgősor,
- **függesztőcsavar, állítócsavar**: a lap magasságát és függőlegességét állítja,
- **alsó vezető**: talajban rögzített műanyag vagy fém vezető, ami a lap hornyában fut,
- **ütköző**: a véghelyzetet rögzíti,
- **lágy záródás**: a nyitást és zárást lassítja,
- **takaróprofil, sínburkolat**: esztétikai takarás,
- **kilincsek, süllyesztett húzók**: tolóajtóhoz való fogantyúk.

A beállítás sorrendje általában: sín vízszintbe állítása, görgők felszerelése a lapra, lap befüggesztése, függőlegesség állítása, alsó vezető beállítása, ütközők és zárás beállítása. A lap alja és a kész padló között jellemzően 6–10 mm hézagot hagyunk, a fal és a lap között 8–15 mm oldalhézagot **(tájékoztató érték, a vasalat és a gyártói rajz szerint ellenőrizendő)**.

Továbbvitt eredmény. A tolóajtó és térelválasztó szerelési sorrendjét, a rögzítési pontok ellenőrzését és a vasalatbeállítást a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése alfejezet építi tovább; a vizsgaremek helyszíni beépítési dokumentációjában is ezt a gondolkodást kell alkalmazni.

38.3.8. Kidolgozott példa: felső függesztett, kétlapos tolóajtós térelválasztó méretezése

Adott egy 1 800 mm széles, 2 400 mm magas nyílás. Felső függesztett, falon kívüli, kétlapos tolóajtót tervezünk. A lapok 19 mm vastag forgácslapból készülnek, sűrűségük $\rho = 650\,\mathrm{kg/m^3}$ **(tájékoztató anyagjellemző, ellenőrizendő a kiválasztott lap adatlapján)**. Az oldalsó takarás mindkét szélen 30 mm.

Számítás. A két ajtólap szélessége, ha középen találkoznak, és zárt állapotban a széleken 30–30 mm-t takarnak:

$$B_{\text{ajtó}} = \frac{B_{\text{nyílás}}}{2} + 30\,\mathrm{mm} = \frac{1\,800\,\mathrm{mm}}{2} + 30\,\mathrm{mm} = 930\,\mathrm{mm}.$$

A felső futósín minimális hossza, ha mindkét lap azonos oldalra vagy két oldalra kihúzható, és a nyílás fölé mindkét lapnak el kell férnie:

$$L_{\text{sín}} = B_{\text{nyílás}} + 2 \cdot B_{\text{ajtó}} = 1\,800\,\mathrm{mm} + 2 \cdot 930\,\mathrm{mm} = 3\,660\,\mathrm{mm}.$$

A kivitelezésnél legalább 3 700 mm hosszú sínt választunk, hogy a rögzítőelemek és az ütközők is elférjenek.

Egy ajtólap térfogata:

$$V = 0{,}930\,\mathrm{m} \cdot 2{,}400\,\mathrm{m} \cdot 0{,}019\,\mathrm{m} = 0{,}0424\,\mathrm{m^3}.$$

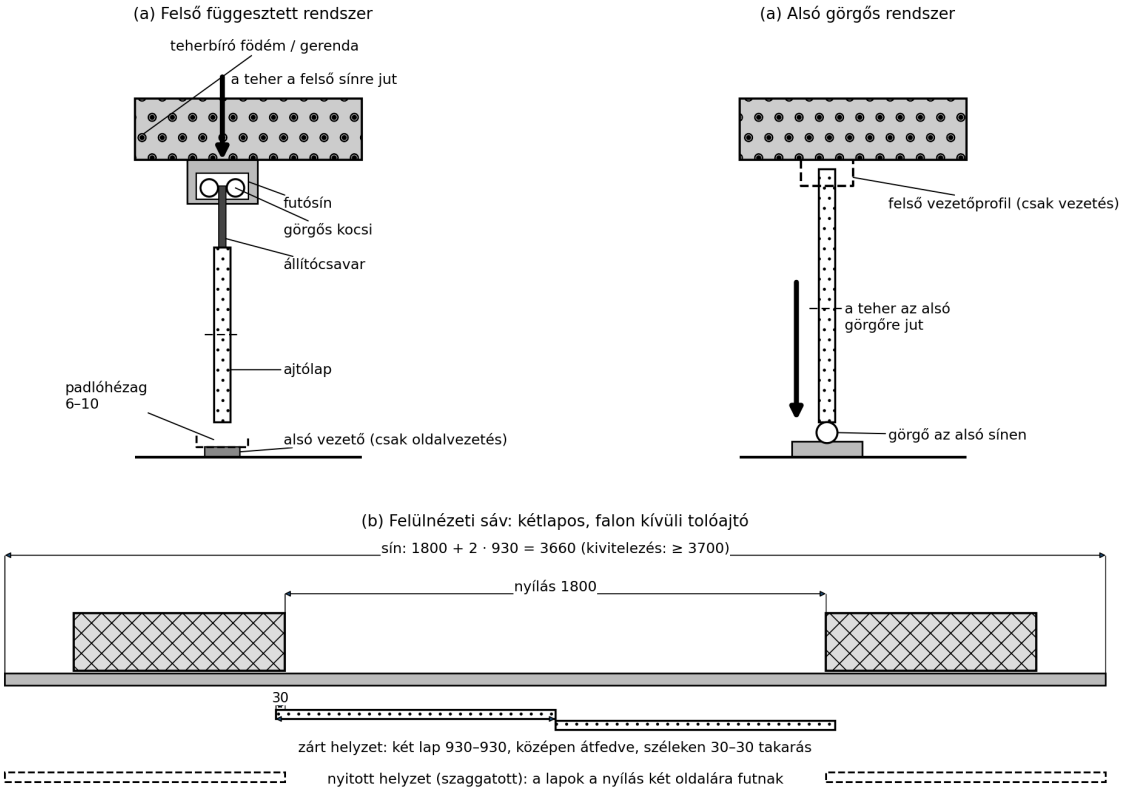
A tömege:

$$m = V \cdot \rho = 0{,}0424\,\mathrm{m^3} \cdot 650\,\mathrm{kg/m^3} = 27{,}6\,\mathrm{kg}.$$

A felső görgős kocsi teherbírása tehát laponként legalább 30 kg ajánlott, dinamikus terheléssel, a gyártói táblázat szerint **(ellenőrizendő: a pontos görgőterhelés a vasalat típusától függ)**. A sínt teherbíró födémhez, fa gerendához vagy betonhoz kell rögzíteni; a rögzítőelemek számát és típusát a teljes lapsúlyra méretezik.

Ez a példa mutatja, hogy a vasalatot nem elég a nyílásméretre kiválasztani: a lapsúly és a sínhossz is alapadat.

Az ábra a két rendszer különbségét és a példa méretláncát mutatja: a függesztett rendszernél a teher a felső sínre és a görgős kocsira jut, alul csak vezető van (padlóhézag 6–10 mm); az alsó görgős rendszernél a teher az alsó görgőn van, a felső profil csak vezet. A felülnézeten a két 930 mm-es lap zárt helyzetben 30–30 mm-rel takarja a nyílás széleit, nyitva a nyílás két oldalára fut, ezért a sín legalább $1800 + 2 \cdot 930 = 3660$ mm.



Vastag nyíl: teherviselés; szaggatott: vezetés. Görgőterhelés, lapszélesség és rögzítés: vasalatgyártói adat (ellenőrizendő). Nem méretarányos.

38.6. ábra. Felső függesztett és alsó görgős tolóajtó metszete; kétlapos tolóajtó felülnézete a sínhosszal

38.3.9. Szabvány

Szabvány. A tolóajtó vasalatokra és a belső ajtókra vonatkozó európai termékszabványok a tartóssági ciklusokat, a teherbírást és a biztonsági követelményeket írják elő **(ellenőrizendő: az aktuális MSZ EN ajtó- és vasalat-szabványok)**. Az üvegezett térelválasztókban alkalmazott biztonsági üveg kiválasztását a vonatkozó üvegszabványok és az adott beépítési hely előírásai határozzák meg **(ellenőrizendő: az aktuális üvegszabványok)**. A fapor és a gépi vágás munkahelyi határértékeit, a tűzvédelmi és menekülési követelményeket az adott épület tűzvédelmi előírásai szabják meg.

38.3.10. Technológiai lap

Felső függesztett, falon kívüli tolóajtó beépítése

Cél: a sín teherbíró rögzítése, a lap befüggesztése, az alsó vezető és az ütközők beállítása.

Anyagok: felső futósín, görgős kocsik, rögzítő csavarok és dűbelek, ajtólap, alsó vezető, ütköző, takaróprofil, tömítőprofilok.

Szerszámok és gépek: szintezőlézer vagy vízmérték, mérőszalag, ceruza, kézi fúrógép, csavarozó, fa- és fémfűrész, derékszög, porszívós elszívású kézi körfűrész vagy marógép a lap esetleges méretre vágásához.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A kézi körfűrésznél a munkadarabot rögzítsd, vezetősínnel vágj, és mindig használd a védőburkolatot; a fúrógépnél rögzítsd a munkadarabot, és viselj védőszemüveget, hallásvédőt, valamint por ellen FFP-osztályú légzésvédőt, ha a munka porral jár **(ellenőrizendő: az aktuális fapor-határérték és a védőeszköz osztálya)**.

1. Ellenőrizd a nyílás szélességét és magasságát több ponton; a csempézett, burkolt felületeken a legkritikusabb méretet vedd figyelembe. – ellenőrzés: a nyílás átlói egyenlők, a szélességek eltérése 5 mm-en belül marad (tájékoztató).
2. Jelöld ki a felső sín helyét a kész padlótól mért magassággal. – ellenőrzés: a jelölés vízszintes, 1 mm/m-en belül.
3. Ellenőrizd a sín rögzítőpontjainak aljzatát: fa gerenda, beton, teherbíró fal, vagy födém legyen. – ellenőrzés: a dűbel és csavar típusa a gyártói teherbírás szerint, nem porlik, nem üreges.
4. Fúrd ki a rögzítőpontokat, majd rögzítsd a sínt vízszintesen. – ellenőrzés: a sín nem hajlik, a csavarok nem lazulnak, a sín végein is megfelelő a támasz.
5. Szereld fel a görgős kocsikat az ajtólapra a gyártói rajz szerint, általában a lap felső élére szerelt furatokba vagy tartóprofilba. – ellenőrzés: minden görgő azonos magasságban áll, a csavarok rögzítve vannak.
6. Akaszd be az ajtólapot a sínbe, és állítsd a függőlegességét a kocsikon lévő állítócsavarokkal. – ellenőrzés: a lap mindkét éle függőleges, a padlótól mért hézag 6–10 mm.
7. Szereld fel az alsó vezetőt a lap hornyához vagy éléhez igazítva; a lapnak nem szabad oldalirányban kilengenie. – ellenőrzés: a lap kézzel meglökve egyenesen fut, nem ér a falhoz.
8. Szereld be az ütközőket és a lágy záródást. – ellenőrzés: a lap nyitáskor és záráskor puha, koppanásmentes.
9. Szereld fel a takaróprofilt és a kilincseket; takarítás után végezd el a teljes mozgatási próbát. – ellenőrzés: nincs búgás, akadás, a felület nem karcolódik.

38.3.11. Minőségellenőrzés

Ellenőrizd a sín vízszintességét, a lapok függőlegességét, a padlóhézag egyenletességét, a zárási és nyitási helyzetet, az ütközőket és a vasalat rögzítését. A hézagokat tolómérővel vagy hézagmérővel mérd; a vízszintességet és függőlegességet hosszú vízmértékkel vagy szintezőlézerrel. Az ajtó nyitásakor nem érhet hozzá a falhoz, a takaróprofilhoz; a görgők nem zöröghetnek. Eltérésnél először a sín, majd a lapfelfüggesztés, végül az alsó vezető állítását végezd el.

38.3.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a tolóajtó nehezen fut, vagy leesik. Ok: a felső sínt gipszkartonba rögzítették megfelelő váz vagy teherbíró aljzat nélkül; a lapsúly meghaladja a görgők teherbírását. Helyes gyakorlat: minden rögzítési pontot teherbíró aljzatba kell tenni, a lapsúlyt előre kell számolni.

Hiba: az ajtó zárva ferde, vagy az illesztési hézag nem egyenletes. Ok: a sín nincs vízszintbe állítva, a lap nincs befüggesztve, vagy a görgők nincsenek azonos magasságba állítva. Helyes gyakorlat: lézerrel, vízmértékkel dolgozz, az állítócsavarokat lassan, ellenőrzés mellett állítsd.

Hiba: a lap kileng, vagy a falat karcolja. Ok: hiányzik vagy rosszul van beállítva az alsó vezető, a lap túl vékony vagy túl széles, a vasalat nem oldalstabil. Helyes gyakorlat: az alsó vezetőt mindig a laphoz igazítva, a gyártói tűrés szerint rögzítsd, és ellenőrizd a lapszélesség és tömeg korlátait.

38.3.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy panellakásban a megrendelő két belső szobát szeretett volna üveg tolóajtóval elválasztani. A kivitelező a felső sínt csak gipszkarton mennyezeti sávba csavarozta, mert gyors volt. Néhány hét múlva a sín megsüllyedt, az ajtó kinyílt és megkarcolta a padlót. A javításkor a mennyezetet megbontották, a sínt teherbíró betonfödémbe dűbelezték, és a görgőket is a megadott súlyra cserélték. Tanulság: a sín rögzítési pontja éppolyan fontos, mint a vasalat minősége; látható, gyors szereléssel nem lehet kompenzálni a rossz aljzatot.

38.3.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A függesztett tolóajtó súlyát az alsó sín viseli.
2. Igaz vagy hamis? A falba futó tokrendszerű tolóajtó vasalatát utólag nehéz cserélni, ezért hozzáférést kell tervezni.
3. Számítsd ki egy $900 \times 2\,400$ mm-es, 19 mm vastag forgácslap tömegét $650\,\mathrm{kg/m^3}$ sűrűséggel!
4. Miért kell alsó vezető a felső sínre függesztett tolóajtóhoz?
5. Melyik rögzítési pont hibája okozhat sínleszakadást: díszléc, gipszkarton vagy teherbíró beton?

38.3.15. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg röviden a válaszfal és a térelválasztó közötti különbséget!

2. feladat (A) Egy 900 mm széles nyíláshoz egylapos, falon kívüli felső függesztett tolóajtót tervezünk, oldalsó takarás 50 mm. Mekkora a szükséges ajtólapszélesség és a minimális felső sínhossz?

3. feladat (B) Egy 1 600 mm széles nyíláshoz kétlapos felső függesztett tolóajtót tervezünk, oldalsó takarás 25 mm. Mekkora az egyes lapok szélessége, a sínhossz, és mekkora egy-egy lap tömege, ha az ajtólap 18 mm vastag, 700 kg/m³ sűrűségű lap?

4. feladat (B) Rajzleíráson ellenőrizd a hibát: „A felső sín a födémre van csavarozva, a lap két görgőn függ, nincs alsó vezető, a zárás ütközővel történik.” Mi hiányzik vagy téves?

5. feladat (C) Válassz szerkezetet egy kerti vendégház belső nyílásához! A padló egyenetlen, a mennyezet fa gerenda, az ajtólap tömör fenyőből készül. Függesztett vagy alsó görgős rendszert választanál? Indokold!

6. feladat (D) Készíts egy helyszíni szerelési ellenőrzőlistát felső függesztett tolóajtós térelválasztóhoz! A listában szerepeljen: aljzat ellenőrzése, sínrögzítés, lapbefüggesztés, alsó vezető, zárás.

38.3.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis: a függesztett tolóajtó súlyát a felső sín és a görgők viselik, az alsó vezető csak oldalirányban vezeti a lapot.
2. Igaz.
3. $V = 0{,}9 \cdot 2{,}4 \cdot 0{,}019 = 0{,}0410\,\mathrm{m^3}$; $m = 0{,}0410 \cdot 650 \approx 26{,}7\,\mathrm{kg}$.
4. Hogy a lap ne lengjen ki oldalirányban, és ne karcolja a falat.
5. A gipszkarton (és a díszléc): teherbíró aljzat nélkül a sín leszakadhat.

1. feladat A válaszfal rögzített, nem teherhordó, függőleges térelválasztó szerkezet; a térelválasztó lehet könnyű, áttört, mozgatható vagy vizuális-hangzónát kialakító szerkezet.

2. feladat Egylapos ajtónál mindkét szélen takar a lap: $B_{\text{ajtó}} = 900 + 2 \cdot 50 = 1\,000\,\text{mm}$. A lap zárva a nyílást 50–50 mm-rel takarja; nyitáskor 950 mm-t kell elmozdulnia, hogy a nyílás teljesen szabad legyen, ezért $L_{\text{sín}} \geq 1\,000 + 950 = 1\,950\,\text{mm}$; az ütközők miatt kb. 2 000 mm-es sínt választunk.

3. feladat $B_{\text{ajtó}} = \frac{1\,600}{2} + 25 = 825\,\text{mm}$. $L_{\text{sín}} = 1\,600 + 2 \cdot 825 = 3\,250\,\text{mm}$. Térfogat: $0{,}825 \cdot 2{,}4 \cdot 0{,}018 = 0{,}0356\,\text{m}^3$; tömeg: $0{,}0356 \cdot 700 = 24{,}9\,\text{kg}$.

4. feladat Hiányzik az alsó vezető, amely megakadályozza a lap oldalirányú kilengését. A felső sín rögzítésénél ellenőrizni kell a födém teherbírását, és az ütközők mellett a lap szélső helyzetét is be kell állítani.

5. feladat Függesztett rendszer indokolt, mert a mennyezet fa gerenda, teherbíró lehet, és az egyenetlen padlón nincs szükség alsó sínre; az alsó vezető rögzíthető pontszerűen. Az alsó görgős rendszer az egyenetlen padlón nehezebben fut, és a sín is akadályozhat.

6. feladat Ellenőrzőlista: aljzat teherbírása; furatok és dűbelek; sín vízszintessége; görgők és lap rögzítése; függőlegesség; padlóhézag; alsó vezető; ütközők; lágy zárás; takaróprofil; teljes mozgatási próba.

38.3.17. Rövid összefoglaló

A válaszfal rögzített, nem teherhordó térelhatároló; a térelválasztó könnyű, gyakran mozgatható szerkezet. A faipari válaszfal vázszerkezetből, burkolatból és üvegezésből áll, a rögzítés teherbíró aljzatba történik. A tolóajtó lehet felső függesztett, ahol a felső sín és a görgők viselik a súlyt, vagy alsó görgős, ahol az alsó sín viseli a terhelést. A falon kívüli rendszer utólag is beépíthető, a falba futó tokrendszer előre tervezett falvájatot igényel. A harmonikaajtó és a mobil fal a tolóajtó elvét módosítja, különleges vasalattal és tömítésekkel. A tervezésnél a lapszélesség, a sínhossz és a lapsúly meghatározása alapvető. A legfontosabb képletek: $B_{\text{ajtó}} = \frac{B_{\text{nyílás}}}{2} + \text{takarás}$, $L_{\text{sín}} = B_{\text{nyílás}} + 2 \cdot B_{\text{ajtó}}$ kétlapos, falon kívüli rendszernél; a lapsúly $m = V \cdot \rho$. A beállításnál a sín vízszintes, a lap függőleges, az alsó vezető oldalvezetése megfelelő kell legyen. Az ismeretek a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése alfejezetben folytatódnak.

38.3.18. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: európai ajtó- és vasalat-szabványok, gyártói műszaki adatlapok, építési termékekre vonatkozó teljesítménynyilatkozatok, biztonsági üvegekre vonatkozó szabványok, faanyag-sűrűség táblázatok. Ellenőrizendő: a tolóajtó vasalatok konkrét szabványszáma, a görgőteherbírás és a sínhosszra vonatkozó gyártói adatok, a faanyag-sűrűség és a forgácslap tulajdonságai, a biztonsági üveg pontos követelménye, a fapor- és zajhatárértékek, valamint a tűzvédelmi és menekülési előírások. A számítási példák tájékoztató jellegűek, éles kivitelezésnél a gyártói adatlap és a hatályos szabvány a mérvadó.

39 Ablakok

39.1. Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek

39.1.1. Miért kell ismerned az ablakszerkezeteket?

Egy megrendelő felújítja a házát, és új fa ablakokat szeretne. A műhelyben nem elég annyit tudni, hogy „ablak”: pontosan kell látnod, milyen tok és szárny illik a falnyílásba, hogyan nyílik, hol vannak a tömítések, és miért nem folyik be az esővíz. Ha az asztalos rossz szerkezetet, méretet vagy fafajt választ, az ablak huzatos lesz, beázik, bepárásodik, és a vevő jogosan reklamál.

39.1.2. Szemléletes kép: a hétköznapi ablak részei

Képzelj el egy utcai szobaablakot. Kívülről az **üveg** és a **keret** látszik, belülről a **kilincs** és a **vasalat**. Ha kinyitod, két fő elem mozdulhat:

- A **tok**: a falnyílásba beépített, rögzített keret.
- A **szárny**: a tokba illeszkedő, nyitható keret, amelyben az üveg van.

A kettő találkozásánál kell a jó **záródás**, a víz elvezetése és a **hőszigetelés**. Az alábbiakban végigmegyünk az ablakok rendeltetésén, csoportosításán, méretein, szerkezetein és a legfontosabb teljesítményjellemzőkön.

39.1.3. Az ablak rendeltetése és csoportosítása

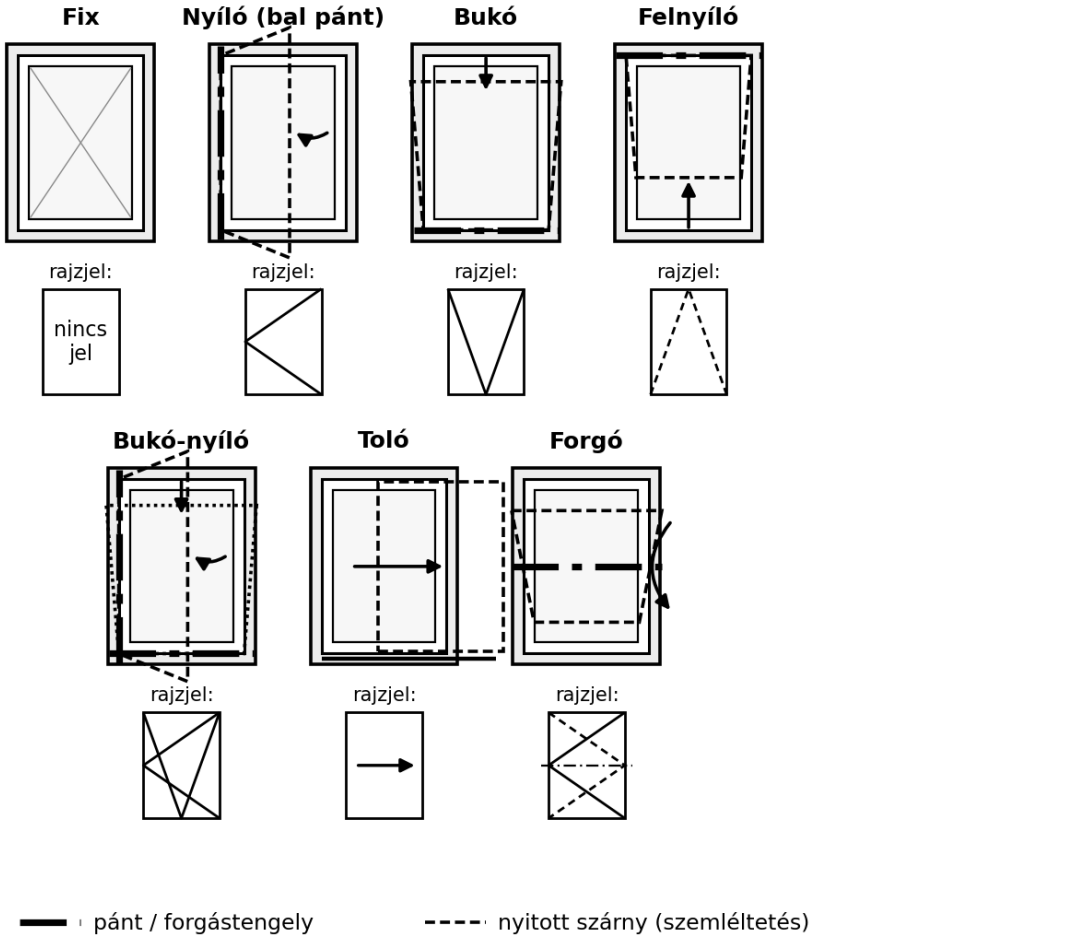
Definíció. Az **ablak** olyan épületszerkezeti elem, amely a külső vagy belső tér határoló nyílásában helyezkedik el. Elsődleges feladata a természetes fény beengedése, a levegő szabályozott cseréje és a kilátás biztosítása, valamint az időjárási hatásoktól (csapóeső, szél, hideg, meleg, zaj) való védelem.

A faipari gyakorlatban az ablakot többféleképpen csoportosíthatjuk:

39.1.3.1. Csoportosítás nyitásmód szerint

- **Fix ablak:** a szárnya nem nyitható, csak fényt enged be. Szerkezete egyszerű, de tisztítása és a szellőztetés korlátozott.
- **Nyíló ablak:** a szárny függőleges vagy vízszintes tengely körül fordul. Ilyen a hagyományos oldalra nyíló, illetve az alsó élénél felfüggesztett **bukó** vagy a felső élénél felfüggesztett **felnyíló** (billenő) ablak.
- **Bukó-nyíló ablak:** egyetlen vasalattal bukó állásban a szárny az alsó vízszintes éle körül fordul, felső éle 10–15 cm-re befelé billen; nyíló állásban függőleges tengely körül oldalra nyílik (ellenőrizendő: vasalatgyártó). Ez a ma leggyakoribb lakossági megoldás.
- **Tolóablak:** a szárny a tok síkjában vízszintesen vagy függőlegesen eltolható. Belsőépítészetben, térelválasztóknál és egyes kültéri helyeken fordul elő.

- **Forgóablak:** a szárny a vízszintes vagy függőleges középvonala körül elforgatható. Irodai, nagy belmagasságú vagy kirakat jellegű nyílászáróknál használatos.



39.1. ábra. Ablakok nyitásmódjai belső nézetben: a tengely (pontvonal), a nyitott szárny helyzete (szaggatott) és alatta a rajzi nyitásjelölés

A rajzi nyitásjelölésben a háromszög csúcsa a pánt, illetve a forgástengely oldala felé mutat; a folytonos vonal a befelé, a szaggatott a kifelé nyíló szárnyat jelöli (szemléltető; ellenőrizendő: MSZ EN ISO 7519 és a hazai szakrajzi gyakorlat).

39.1.3.2. Csoportosítás szárnyszám szerint

- **Egyszárnyú ablak:** egyetlen, általában keskeny nyíláshoz elegendő.
- **Kétszárnyú ablak:** a tokban két szárny találkozik, amelyek nyitását középen osztó elem (**félosztó**) vagy szerkezeti kialakítás választja el.
- **Többszárnyú vagy osztott ablak:** nagy nyílásokat több szárnyra bontunk; a szárnyak lehetnek fixek és nyílók kombinálva.

39.1.3.3. Csoportosítás a szerkezeti kialakítás szerint

A hagyományos faablakok a tok és a szárny kapcsolatában különböznek:

- **Gerébtokos ablak:** a falnyílás kávájába épített széles, dobozszerű **tok** (geréb), amelyben két szárnysík van: külső és belső szárny. A gerébtokos ablak lehet egyrétegű (egy szárnysor) vagy kapcsolt (két szárnysor, kapcsolóvassal egybekötve) (ellenőrizendő: asztalos szakkönyv, nyílászárók fejezet).
- **Egyesített szárnyú ablak:** a külső és a belső szárnyat egy szárnnyá egyesítik (két összecsavarozott szárnykeret, köztük légréteg), egyetlen, keskenyebb tokban. A panelkorszakban volt elterjedt.
- **Hőszigetelő üvegezésű (IV) ablak:** egyetlen szárny, zárt, hőszigetelő üvegtesttel. Az üvegezés nem egyetlen sík üveg, hanem legalább két, rendszerint három rétegű, zárt **üvegtest**.

39.1.4. Méretmegadás

Az ablak méretét a műhelyben mindig a **falnyílás** és a **megrendelői igény** alapján kell értelmezni. A rajzon az ablak mérete a **tok külső mérete**. A falnyílás és a tok külső mérete közé szerelési hézagot kell hagyni: ez általában 10–20 mm oldalanként (ellenőrizendő a beépítési utasításban). A rést purhabbal vagy tömítőszalaggal zárjuk.

Példa. Ha a falnyílás szélessége 1200 mm, és oldalanként 10 mm hézagot hagyunk, a tok külső szélessége $1200 - 2 \cdot 10 = 1180\,\text{mm}$. A tok külső magassága hasonlóan adódik: például 1500 mm nyílásnál $1500 - 2 \cdot 10 = 1480\,\text{mm}$.

Szabály. A szabásjegyzéken és a műszaki rajzon az ablak tokjának külső méretét **mm**-ben adjuk meg **szélesség** × **magasság** sorrendben. A rajzon a mm-t nem írjuk ki. Mindig tüntesd fel a szerkezeti típust is, például: *Ablak, 1180 × 1480, hőszigetelő üvegezésű, bukó-nyíló, 78 mm-es fenyő, háromrétegű üveggel.*

39.1.5. Egyrétegű és kapcsolt gerébtokos ablak

Egyrétegű gerébtokos ablak

Ez a legrégibb, mára csak műhelygyakorlatban vagy régi épületek felújításánál fontos típus. A **tok** a falba csatlakozik, és a **szárnyba** egyetlen réteg üveget helyeznek. A tok és a szárny találkozásánál az ütköző lépcsős **falc** adja a záródást. A szerkezet egyszerű, de:

- **nagy a hővesztesége** (az üvegen és a fán keresztül sok hő távozik);
- hideg időben az üveg belső oldala **párásodik**, mert ott alacsony a felületi hőmérséklet;
- a szél a falcokon át is bejuthat, ezért a légzárása rossz.

A felújításnál gyakran megtartják a tokot, de a szárnyat új, hőszigetelő üvegezésűre cserélik, ha a mélység engedi.

Kapcsolt gerébtokos ablak

A hagyományos „dupla” ablak. Egy közös tokban két párhuzamos szárny helyezkedik el:

- a külső és a belső szárny külön keretben ül, a két szárnysor egyazon tokban van;
- a két szárny azonos irányba, befelé nyílik.

A két szárnyat **kapcsolóvassal** lehet egymáshoz kötni, így együtt nyílnak; a kapcsolóvas nélkül a belső szárnyat külön is ki lehet nyitni. A szárnyak közötti légréteg adja a hő- és hangszigetelést. Előnyei:

- igen jó hőszigetelés kis üvegvastagsággal is;
- nagyon jó hanggátlás a nagy szárnytávolság miatt;
- hagyományos, szép megjelenés.

Hátrányai:

- nehéz tisztítani a két szárny belső felületeit;
- vastag a tok, több anyagot igényel;
- a vasalat bonyolultabb, a két szárny állítása igényes;
- a szárnyak közé beszivárgó nedvesség esetén párásodás léphet fel.

Továbbvitt eredmény. A gerébtokos szerkezetek itt megismert tok–szárny kapcsolatát az üvegezési és beépítési gyakorlatban (Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók) újra elővesszük, mert a megfelelő üvegtávolság és a vízelvezető furatok helye ezeken a metszeteken alapul.

39.1.6. Egyesített szárnyú ablak

Az **egyesített szárnyú ablak** a panelkorszak elterjedt típusa. Nevét onnan kapta, hogy a külső és a belső szárnyat egyetlen **szárnyszerkezetté** egyesítik: két összecsavarozott szárnykeret, köztük légréteg, egyetlen tokban. A tokba így egy szárnyegység illeszkedik, amely nyíló vagy bukó-nyíló vasalattal szerelhető. A mai, zárt üvegtesttel készülő típust a következő szakasz (hőszigetelő üvegezésű ablak) tárgyalja.

Jellemzői:

- a szárnykeretek **keresztmetszete** együtt mélyebb, mint a régi egyrétegű ablaké;
- a szárny a tokkal több ponton **átfed**, és a széleken **tömítések** futnak;
- a vasalat rejtett, a szárny általában három állású (zár, bukó, nyíló);
- a szerkezet könnyebben gyártható sorozatban, mint a kapcsolt gerébtokos.

Műhelyi gyakorlat. Az egyesített szárnyú ablaknál a szárnytengelyes vasalat illesztését, a tömítőhornyok és a vízelvezető nyílások marását pontosan a vezérlő rajz szerint végezd. A méreteltérés legfeljebb 0,5 mm lehet a vasalat furatainál (tájékoztató), különben a szárny lóg vagy szorul.

39.1.7. Hőszigetelő üvegezésű (szelvényes) ablakok

A mai faablakok többsége **hőszigetelő üvegezésű**. Az üveg nem egyetlen sík, hanem **üvegszerkezet** (kettő vagy három rétegű üvegtest), amelyet a széleken távtartó és nedvességmegkötő anyag zár le. A szelvényes ablak **faprofilját** a vastagabb üveghez és a háromlépcsős tömítéshez méretezik.

Szerkezeti felépítés

A hőszigetelő üvegezésű faablak **tok–szárny csomópontjában** kívülről befelé haladva a fő elemek:

1. **Külső tömítés** – a tok és a szárny között, a csapóeső és a szél ellen.
2. **Tok külső része** – a víz elvezetésére szolgáló lejtéssel.

3. **Központi (köztes) tömítés** – a vízelvezető kamra után a szélnyomás csökkentésére.
4. **Hőszigetelő üvegezés** – az **üvegszerkezet**.
5. **Belső tömítés** – a párazáró szint a beltér felől.
6. **Szárny és tok belső része** – a vasalatot és az üvegező lécet fogadja.

Tok- és szárnyvastagság

A gyakori vastagság **68–78 mm** (tájékoztató, ellenőrizendő: a pontos termékcsalád profilja). Minél vastagabb a profil, annál jobb a hőszigetelés, és annál nagyobb üvegvastagság fér bele. A 78 mm-es profilhoz jellemzően 36–44 mm-es háromrétegű üvegezés illik (pl. 4–14–4–14–4 = 40 mm); a 48 mm-es üveghez 88–92 mm-es profil szokásos (ellenőrizendő: profilrendszer és üveggyártó adatlapja). A szelvényen belül **üveglécet** rögzíti az üveget, és **tömítőprofilok** zárják a hézagokat.

Vízvetők

A **vízvető** (más néven vízorr vagy csepegtető) a szárny alsó élére szerelt, kívülről ferde, kiálló elem. Feladata, hogy az üvegen lefolyó esővíz ne a tok és a szárny közötti résbe jusson, hanem a homlokzaton csöpögjön le. Faablakoknál ez lehet:

- a szárnyfa alsó élébe mart **hornyos kialakítás**;
- külön **alumínium vízvető profil**, amelyet a szárnyra csavaroznak és tömítenek.

Tömítések

A tömítéseket a tokba vagy a szárnyba mart **horonyba** kell beilleszteni. Anyaguk általában EPDM vagy más időjárásálló gumiprofil. A sarokcsatlakozásnál a tömítéseket **szerelésnél rögzítjük**, nem ragasztjuk meg, hogy hőmozgáskor dolgozni tudjanak. A tömítés cserélhető legyen.

Ablakfa: ragasztott, toldott szelvény

A mai minőségi ablakgyártás **ragasztott, ujjazott szelvényt** használ; az ablakfa fafajait, a nedvességi követelményt (12–15%, ellenőrizendő: a gyártói előírás szerint) és az előnyöket lásd lejjebb, az „Az ablakfa és a ragasztott szelvény” szakaszban.

39.1.8. A tok–szárny csomópont rajza (hőszigetelő üvegezésű faablak)

Az alábbiakban pontosan leírjuk a rajzot, amelyet a műhelyben el kell tudnod készíteni.

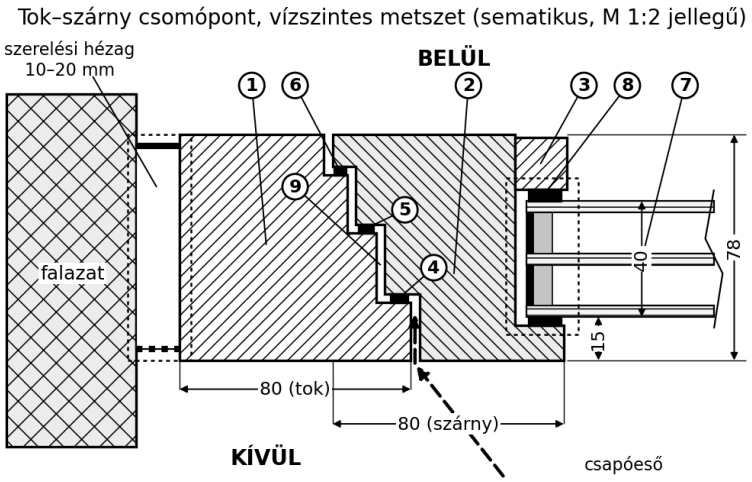
Szöveges rajzleírás

Készíts **vízszintes metszetet** a tok egyik oldali oszlopán és a szárny oldalán keresztül. A metszet nézete felülről nézve, a szárny csukott állapotában. A rajz 1:1 léptékű csomóponti rajz, vagy 1:2 kicsinyítésben.

- **Tok külső oldala:** balra, a fal felé néz. A tok vastagsága 78 mm. A külső oldali felületén hornyolt vízelvezető horony fut.
- **A tok és a szárny találkozása:** a szárny jobbra, 25 mm mélyen ütközik a tokba. A találkozásnál kettő, egymással párhuzamos **tömítőhorony** van: az első kívülről 12 mm-re, a másik belülről 18 mm-re a tok belső élétől.
- **Üvegtartó léc:** a szárny belső oldalán favázas **üveglécet** tartja a hőszigetelő üvegszerkezetet. Az üveglécet 18 × 18 mm, a vastagsága az üveghézaghoz igazodik.

- **Üvegszerkezet:** háromrétegű, vastagsága **40 mm** (4–14–4–14–4 mm, tájékoztató; ellenőrizendő: üveggyártó adatlapja). Az üveg külső üvegének síkja 15 mm-re van a szárny külső síkjától.
- **Belső oldal:** a tok belső síkja **12 mm**-rel beljebb van a fal belső síkjánál. A szárny belső oldala egy vonalban áll a tok belső élével.
- **Vasalat:** a kilincs helyét magassági mérettel add meg: a szárny alsó élétől mérve a szárnymagasság felénél (pl. 1200 mm magas szárnynál kb. 600 mm; ellenőrizendő: vasalatgyártó). Vízszintes metszetben csak a kilincs tengelyének síkja jelölhető.

A rajzon a faanyagot a szabványos metszetjelöléssel sraffozzuk, a tömítéseket feketével tömörre színezve, az üvegezést vékony párhuzamos vonalkázással. A méreteket mm-ben, zárójel nélkül kell feltüntetni.



1 tok · 2 szárny · 3 üvegléc 18 × 18 · 4 külső, 5 középső, 6 belső tömítés
7 háromrétegű üveg 4–14–4–14–4 · 8 üvegtömítés · 9 vízelvezető/nyomáskiegyenlítő kamra · szaggatott keret: hőhíd-érzékeny hely

39.2. ábra. Hőszigetelő üvegezésű faablak oldalsó tok–szárny csomópontja vízszintes metszetben (sematikus): 1 tok, 2 szárny, 3 üvegléc, 4–6 külső, középső és belső tömítés, 7 háromrétegű üveg, 8 üvegtömítés, 9 vízelvezető/nyomáskiegyenlítő kamra

Az ábra egységesített tanulási méretekkel készült: tok és szárny 78 × 80 mm, háromrétegű üveg 4–14–4–14–4 = 40 mm, üvegléc 18 × 18 mm (ellenőrizendő: profilrendszer és üveggyártó adatlapja). Kívülről befelé haladva a tömítési síkok sorrendje: külső tömítés, vízelvezető kamra, középső tömítés, belső (párazáró) tömítés. Az interaktív változatban a tömítések, a vízút és a hőhíd-érzékeny helyek külön kiemelhetők.

39.1.9. Hőátbocsátási tényező, légzárás, csapóeső-állóság

Definíció. A **hőátbocsátási tényező** (U érték) megmutatja, hogy 1 négyzetméter szerkezeten 1 kelvin hőmérséklet-különbség hatására másodpercenként mennyi hő távozik. Mértékegysége: $\mathrm{W/(m^2K)}$. Minél kisebb az érték, annál jobb a hőszigetelés.

Az egész ablak hőátbocsátási tényezőjét U_w-vel jelöljük, és az üveg (U_g), a tok (U_f) és a szegélyhatás (Ψ) együtteséből kell számítani. A régi egyrétegű ablak U_w értéke 5,0–6,0 $\mathrm{W/(m^2K)}$

körüli; a korszerű háromrétegű, 78 mm-es faablaké 0,8–1,0 W/(m^{2}K) (tájékoztató, ellenőrizendő: termékre vonatkozó nyilatkozat).

Összefüggés. Az ablak teljes hőátbocsátási tényezője az alábbi képlettel számítható (egyszerűsített, tájékoztató elv):

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

ahol:

- A_g az üvegezés látható felülete (m^2),
- A_f a tok és szárny felülete (m^2),
- U_g az üvegezés hőátbocsátási tényezője,
- U_f a tokszerkezet hőátbocsátási tényezője,
- l_g az üvegezés szélének hossza (m),
- Ψ_g a szegélyhatás (lineáris hőátbocsátás, W/(mK)).

Példa (kidolgozott számítás).
Adott egy 1180 × 1480 mm külméretű, háromrétegű üvegezésű faablak. Teljes (külméret szerinti) felülete $1{,}18 \cdot 1{,}48 = 1{,}746\,\text{m}^2$. Az üvegezés látható felülete $A_g = 1{,}20\,\text{m}^2$, a tok és szárny felülete $A_f = 1{,}746 - 1{,}20 = 0{,}546\,\text{m}^2$, az üvegszél hossza 4,60 m. Az $A_g + A_f$ mindig az ablak teljes felülete. Tegyük fel, hogy:

- $U_g = 0{,}60\,\text{W/(m}^2\text{K)}$,
- $U_f = 1{,}20\,\text{W/(m}^2\text{K)}$,
- $\Psi_g = 0{,}035\,\text{W/(mK)}$.

Kiszámítjuk a teljes ablak hőátbocsátási tényezőjét.

$$U_w = \frac{1{,}20 \cdot 0{,}60 + 0{,}546 \cdot 1{,}20 + 4{,}60 \cdot 0{,}035}{1{,}20 + 0{,}546}$$

A számláló:

$$1{,}20 \cdot 0{,}60 = 0{,}720; \quad 0{,}546 \cdot 1{,}20 = 0{,}655; \quad 4{,}60 \cdot 0{,}035 = 0{,}161.$$

Összegük: $0{,}720 + 0{,}655 + 0{,}161 = 1{,}536$.

A nevező: $1{,}20 + 0{,}546 = 1{,}746$.

Eredmény:

$$U_w = \frac{1{,}536}{1{,}746} = 0{,}880 \approx 0{,}88\,\text{W/(m}^2\text{K)}.$$

Tehát a választott szerkezet kiváló hőszigetelésű.

39.1.9.1. Légzárás

A **légzárás** az ablak azon képessége, hogy csukott állapotban mennyi levegőt enged át a szerkezeti hézagokon. A légáteresztés a huzatosság mellett a hőveszteséget is növeli. A légzárási osztályt szabványos vizsgálattal határozzák meg (jelölve: MSZ EN 12207 szerint). A jobb ablakok a legmagasabb osztályba tartoznak; ezt a gyártói nyilatkozatban vagy CE-jelölésen tüntetik fel.

A hőszigetelő üvegezésű, háromlépcsős tömítésű ablakoknál a tömítések:

- **külső tömítés:** a szélnyomást csökkenti, a vizet kivezeti;
- **középső tömítés:** a vízelvezető kamra után a légzárást adja;
- **belső tömítés:** a meleg beltéri pára lecsapódását akadályozza meg.

39.1.9.2. Csapóeső-állóság

A **csapóeső-állóság** azt fejezi ki, hogy az ablak milyen szélsebességgel kísért esőben nem engedi be a vizet. A vizsgálati osztályt szabvány szerint jelölik (jelölve: MSZ EN 12208 szerint). Az ablakoknál a tok alsó élében **vízelvezető és nyomáskiegyenlítő furatokat** kell készíteni, hogy a külső légnyomás és a belső légnyomás kiegyenlítődjön, nehogy a szél benyomja a vizet a tömítésen.

Szabvány.
Az ablakok hőátbocsátását, légzárását, csapóeső-állóságát és szilárdságát európai szabványok rögzítik. A vizsgálati módszerek: MSZ EN 12207 (légzárás), MSZ EN 12208 (csapóeső), MSZ EN 12210 (szélteher), MSZ EN ISO 10077 (hőátbocsátás), MSZ EN 14351-1 (nyílászárók teljesítménynyilatkozata). A pontos osztályok és a hatályos értékek **ellenőrizendők** a mindenkori szabvány szerint. Faipari gépekkel történő gyártásnál a nyílászárókra vonatkozó beépítési és teljesítményszabványok betartása a gyártó feladata.

39.1.10. Az ablakfa és a ragasztott szelvény

A **ragasztott, ujjazott szelvény** a mai minőségi faablakgyártás alapja. A faanyag nedvességváltozása miatt keletkező vetemedés és repedés csökkentésére a fát rövid, hibamentes darabokra vágják, majd **hosszabbító toldással** ujjazva toldják, és **lapragasztással** a szelvény vastagságát alakítják ki.

Ablakgyártáshoz használható fafajok:

- **Vörösfenyő:** kiváló tartósság, nagy szilárdság, gyantás, ezért gondos gyantamentesítés kell.
- **Tölgy:** igen tartós, nehéz, drága, de kültéren is nagyon jó.
- **Duglászfenyő:** jó szilárdság, kedvező megmunkálhatóság.
- **Erdei fenyő (geszt):** jó tartósság, könnyen megmunkálható, gyakori.

A ragasztott szelvény **vízálló ragasztót** igényel, mert kültéren csapóeső és magas pára is érheti. A D3 vagy D4 kötési osztályú ragasztókkal készült szerkezetek felelnek meg nyílászárókhoz (jelölve: MSZ EN 204 szerint; a pontos vízállósági osztály a felhasználási helytől függ).

39.1.11. Technológiai útmutató: a szelvény kiválasztása és ellenőrzése

Technológiai lap.

Cél. Hőszigetelő üvegezésű, 78 mm vastag fenyő ablak tok- és szárnyszelvényeinek előkészítése és válogatása.

Anyagok. Ragasztott, ujjazott vörösfenyő vagy erdei fenyő szelvény, faméret legalább 80 × 90 mm a 78 × 80 mm-es tok kialakításához. Belső tömítőhoronyhoz EPDM profil, üvegező léc 18 × 18 mm, háromrétegű üvegszerkezet 40 mm (4–14–4–14–4; ellenőrizendő: profilrendszer és üveggyártó adatlapja).

Gépek és szerszámok. Asztalos körfűrész, egyengető és vastagsági gyalu, asztalos marógép, hosszlyukfúró, csapozó marógép, kézi felsőmaró, derékszögelő, tolómérő, szalagcsiszoló.

Gépbiztonság.
A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A marógépnél mindig használd a védőbúrát, a körfűrésznél a hasíték éket és a tolófát. Viselj légzésvédőt, mert a fenyőpor belélegezve egészségkárosító lehet. Indítás előtt ellenőrizd: a szerszám éle ép, rögzítése biztos, az elszívás be van kapcsolva, a munkadarabon nincs szeg, laza göcs vagy repedés.

Számozott lépések:

1. **Anyagválogatás.** A szelvényeken ne legyen repedés, laza göcs, gyantatáska. – *Ellenőrzés: szemrevételezés, a szelvény oldalfelületein nincs 5 mm-nél nagyobb hibát okozó hiba.*
2. **Méretre darabolás.** Darabold le a tok hosszát a megrendelői méret + 20 mm ráhagyással. – *Ellenőrzés: mérőszalag, a vágás derékszögben, 90°-os szögben.*
3. **Keresztmetszeti gyalulás.** Egyengesd és vastagold a nyers szelvényt (legalább 80 × 90 mm), majd gyalulj a kész méretre: tok 78 × 80 mm, szárny a profilrendszer szerint (pl. 78 × 80 mm; ellenőrizendő: profilrendszer gyártói lapja). – *Ellenőrzés: tolómérő, a vastagság eltérése legfeljebb 0,3 mm (tájékoztató).*
4. **Tokprofil marása.** Marasd ki a tokban a szárnyfogadó hornyot és a három tömítőhornyot. – *Ellenőrzés: a horony mélysége a vasalat tervlapja szerint, ellenőrizd sablonnal.*
5. **Vízvető horony.** A tok alsó élében marasd ki a vízelvezető hornyot, és fúrd meg a nyomáskiegyenlítő furatokat kifelé. – *Ellenőrzés: a furat átmenő, a víz a belső kamrából kifelé folyik.*
6. **Üvegléc készítése.** Gyaluld le az üveglécet 18 × 18 mm-re, és vágd 45°-os gérbe a sarkoknál. – *Ellenőrzés: a sarokillesztés szorosan zár, 0,2 mm-nél kisebb hézag (tájékoztató).*
7. **Próbaillesztés.** Szárazon illeszd össze a tokot, a szárnyat és az üveglécet. – *Ellenőrzés: a derékszögelő mellett a két átló hossza közötti eltérés legfeljebb 1 mm (tájékoztató).*
8. **Csiszolás.** Csiszold a tok és szárny külső felületeit 120-as, majd 180-as szemcseméretű szalaggal. – *Ellenőrzés: a felület sima, éles sorjamentes, a gyanta nem üt át.*

39.1.12. Minőségellenőrzés

A kész szerkezetet az alábbiak szerint ellenőrizd:

- **Méret:** a tok külső mérete a rajz szerint, ± 1 mm tűréssel (tájékoztató).
- **Derékszög:** mind a tok, mind a szárny átlóinak hossza 1 mm-nél kisebb eltérést mutat.
- **Szelvényvastagság:** a tok 78 mm, a szárny a profilrendszer szerinti méret (pl. 78 mm) ± 0,5 mm (tájékoztató).
- **Tömítések:** a hornyokban egyenletesen rögzülnek, a sarokcsatlakozásnál folyamatosak, nem gyűrődnek.

- **Vízvető:** a külső alsó él nem lóg be a tok mögé, a furatok szabadon kivezetnek.
- **Üveg:** az üvegszerkezet a tokban és a szárnyban szorosan, de feszültségmentesen fekszik; az üvegléc rögzítő elemei nem nyomják az üvegszélt.

Ha a méret eltér, a gyártásba vissza kell küldeni a darabot, mert a vasalat és a beépítés szempontjából az 1 mm-nél nagyobb eltérés már beépítési hibát okozhat.

39.1.13. Tipikus hibák és okaik

1. hiba: Az ablak bepárásodik a szobában. *Ok:* az egyrétegű üvegezésnél az üveg belső felületi hőmérséklete túl alacsony, vagy a belső tömítés nem zár, és a pára a tokba jut.
Helyes gyakorlat: korszerű, hőszigetelő üvegezésű ablakot és belső oldalon párazáró tömítést alkalmazz.

2. hiba: Az esővíz befolyt a párkányra. *Ok:* hiányzik a vízvető, vagy a tok alsó élében nincs vízelvezető horony, és a nyomáskiegyenlítő furat eldugult.
Helyes gyakorlat: a szárny alsó élére szerelj vízvetőt, a tokba marj vízelvezető hornyot, és tartsd tisztán a furatokat.

3. hiba: Az ablak szorul, vagy nem zár rendesen. *Ok:* a szárny és a tok mérete eltér a rajztól, a vasalat furatai pontatlanok, vagy a száradás miatt a ragasztott szelvény csavarodott.
Helyes gyakorlat: a méreteket a rajz szerint 0,5 mm tűréssel kell tartani, a ragasztott szelvényt a gyártó utasítása szerint kell tárolni, kerüld a magas páratartalmú, fúvott szárítást.

4. hiba: Huzat a csukott ablaknál. *Ok:* hiányzik a közép- vagy belső tömítés, a sarokban a tömítés rövid, vagy a szárny nincs eléggé rászorítva a tokra.
Helyes gyakorlat: háromlépcsős tömítést építs be, a sarokba hajtott tömítést ne feszítsd, a vasalat záróerejét állítsd a gyártói előírás szerint.

39.1.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy panellakás felújításakor a vevő 1200 × 1400 mm falnyílásra kért új, bukó-nyíló faablakot. Az asztalos a helyszínen mér, és a tok külméretét 1180 × 1380 mm-re készíti, mert a szerelési hézagot 10 mm-re tervezi. A műhelyben 78 mm vastag ragasztott vörösfenyő szelvényből legyártja a tokot és a szárnyt. A szárnyba háromrétegű, 40 mm vastag üvegszerkezetet helyez. A beépítésnél a tok alsó éle alá párkánylemezt tesz, és a tokba fúrt nyomáskiegyenlítőket kívülről takarja.

A próbaüzem során a vevő nem érez huzatot, az üveg nem párásodik. Egy heves zivatar után a belső párkány száraz. A légzárást kézi füstceruzával ellenőrzik: a tömítéseknél a füst nem tér el, tehát a zárás jó.

Tanulság: a jó ablak nem egyetlen vastag fa, hanem a tok, szárny, üveg, tömítés és vízelvezetés pontos együttműködése.

39.1.15. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az ablak hőátbocsátási tényezőjét minél nagyobb érték jelzi, annál jobb a hőszigetelés.
2. Mi a **gerébtokos ablak**, és miben különbözik az egyesített szárnyú és a hőszigetelő üvegezésű (IV) ablaktól?
3. Mi a funkciója a **vízvetőnek**?

4. Mennyi a hőátbocsátási tényezője egy $1{,}50\,\mathrm{m}^2$-es ablaknak, ha az üveg $0{,}80\,\mathrm{m}^2$-en $0{,}50\,\mathrm{W/(m^2K)}$-nel, a tok-szárny $0{,}70\,\mathrm{m}^2$-en $1{,}10\,\mathrm{W/(m^2K)}$-nel szerepel, és a szegélyhatás $4{,}00\,\mathrm{m}$ hosszon $0{,}040\,\mathrm{W/(mK)}$?
5. Milyen fafajt, milyen ragasztással választanál kültéri ablakhoz?

39.1.16. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel az ablakok nyitásmód szerinti csoportjait, és mindegyikhez írj egy rövid példát a felhasználásra.

2. feladat (A). Egy falnyílás mérete 1800×1500 mm. Minden oldalon 12 mm szerelési hézagot hagyva számítsd ki a tok külső szélességét és magasságát.

3. feladat (B). Rajzold le szövegesen egy hőszigetelő üvegezésű faablak tok–szárny csomópontját, és nevezd meg a tömítések szerepét.

4. feladat (B). Számítsd ki az ablak U_w értékét, ha $A_g = 1{,}10\,\mathrm{m}^2$, $U_g = 0{,}55\,\mathrm{W/(m^2K)}$, $A_f = 0{,}40\,\mathrm{m}^2$, $U_f = 1{,}35\,\mathrm{W/(m^2K)}$, $l_g = 4{,}80\,\mathrm{m}$, $\Psi_g = 0{,}040\,\mathrm{W/(mK)}$.

5. feladat (C). Milyen hibát okozhat, ha a tok alsó élében elfelejtik a nyomáskiegyenlítő furatokat? Mi a fizikai magyarázata?

6. feladat (D). Tervezz meg egy 900×1200 mm külméretű, bukó-nyíló fenyő ablakot. Írd le a szabásjegyzékben a tok, a szárny, az üvegléc és a tömítés méreteit, és jelöld a vasalat helyét.

39.1.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Minél kisebb az U érték, annál jobb a hőszigetelés.
2. A gerébtokos ablak széles, dobozszerű tokja (geréb) két szárnysíkot fogad (külső és belső szárny); a kapcsolt változatban a két szárnyat kapcsolóvas köti össze. Az egyesített szárnyú ablakban a két szárnykeretet egy szárnnyá csavarozzák, egyetlen tokban; az IV ablak egyetlen szárny zárt hőszigetelő üvegtesttel.
3. A vízvető az esővizet az üvegről a homlokzatra vezeti, hogy ne jusson be a tokba.
4. $U_w = \frac{0{,}80\cdot 0{,}50 + 0{,}70\cdot 1{,}10 + 4{,}00\cdot 0{,}040}{1{,}50} = \frac{0{,}40 + 0{,}77 + 0{,}16}{1{,}50} = \frac{1{,}33}{1{,}50} = 0{,}89\,\mathrm{W/(m^2K)}$.
5. Vörösfenyőt vagy tölgyet, ragasztott, ujjazott szelvényt, D3 vagy D4 osztályú vízálló ragasztóval.

1. feladat (A). Fix (nem nyíló, pl. kirakat), nyíló (oldalra nyíló, hálószoba), bukó-nyíló (lakószobák, modern), toló (térelválasztó), forgó (irodaház).

2. feladat (A). Szélesség: $1800 - 2 \cdot 12 = 1776\,\mathrm{mm}$. Magasság: $1500 - 2 \cdot 12 = 1476\,\mathrm{mm}$.

3. feladat (B). Vízszintes metszet: tok külső oldalán tömítés, majd középső tömítés, hőszigetelő üveg, belső tömítés, belső üvegléc. A tömítések szerepe: külső – csapóeső és szél ellen; középső – légzárás; belső – párazárás.

4. feladat (B). $U_w = \frac{1{,}10\cdot 0{,}55 + 0{,}40\cdot 1{,}35 + 4{,}80\cdot 0{,}040}{1{,}50} = \frac{0{,}605 + 0{,}540 + 0{,}192}{1{,}50} = \frac{1{,}337}{1{,}50} = 0{,}89\,\mathrm{W/(m^2K)}$.

5. feladat (C). Csapóeső-állóság csökken, víz bejuthat. A furatok kiegyenlítik a nyomást a tok belső kamrája és a külső levegő között; ha nincsenek, a szél a tömítésen át benyomhatja a vizet.

6. feladat (D). Pl. tok: 2 db 900 mm és 2 db 1200 mm hosszú, 78×80 mm szelvény (külméret 900 × 1200; tok belső méret 740 × 1040 mm); szárny: 78×80 mm szelvény, külméret kb. 758 × 1058 mm (tok belső méret + 2 × 9 mm: 12 mm átfedés mínusz 3 mm hézag oldalanként; ellenőrizendő: profilrendszer); üvegléc: 4 db 18×18 mm, sarokra gérbe vágva; tömítés: három körbefutó sor, soronként kb. $2 \cdot (900 + 1200) = 4200$ mm, összesen kb. $3 \times 4{,}2$ m = 12,6 m + 5 % ráhagyás ≈ 13,2 m. Kilincs: a szárny alsó élétől mérve a szárnymagasság felénél, kb. 530 mm-nél (ellenőrizendő: vasalatgyártó).

39.1.18. Rövid összefoglaló

Az ablak a fény, levegő és kilátás szerkezete, egyben a legfontosabb hő- és időjárásvédő elem. A szerkezetet a tok és a szárny kapcsolata határozza meg; a hagyományos gerébtokos ablakoktól a korszerű, hőszigetelő üvegezésű, háromlépcsős tömítésű, ragasztott, ujjazott szelvényű ablakokig jutunk. A hőátbocsátási tényezőt U_w jelöli, és az üveg, a tok és a szegélyhatás együtteséből számítható; minél kisebb, annál jobb. A jó ablakhoz elengedhetetlen a vízvető, a nyomáskiegyenlítő furatok és a tömítések pontos beépítése. A gyártáshoz mindig a méretmegadás szabályait, a megrendelői igényt és a hatályos szabványokban megadott teljesítményosztályokat kell figyelembe venni.

39.1.19. Források és ellenőrzési hiányok

- MSZ EN 14351-1: nyílászárók teljesítménynyilatkozata – ellenőrizendő a jelenlegi kiadás.
- MSZ EN 12207, MSZ EN 12208, MSZ EN 12210 – légzárás, csapóeső, szélteher vizsgálata – ellenőrizendő.
- MSZ EN ISO 10077 – hőátbocsátási tényező számítása – ellenőrizendő.
- MSZ EN 204 – vízálló ragasztók osztályai – ellenőrizendő a D3/D4 pontos követelménye.
- A faablakprofilok vastagsága (68–78 mm), a háromrétegű üvegezés méretei (40 mm, illetve 48 mm 88–92 mm-es profilhoz), a tömítési hézagok és a vasalat tűrései tájékoztató, a termék műszaki adatlapján ellenőrizendők.

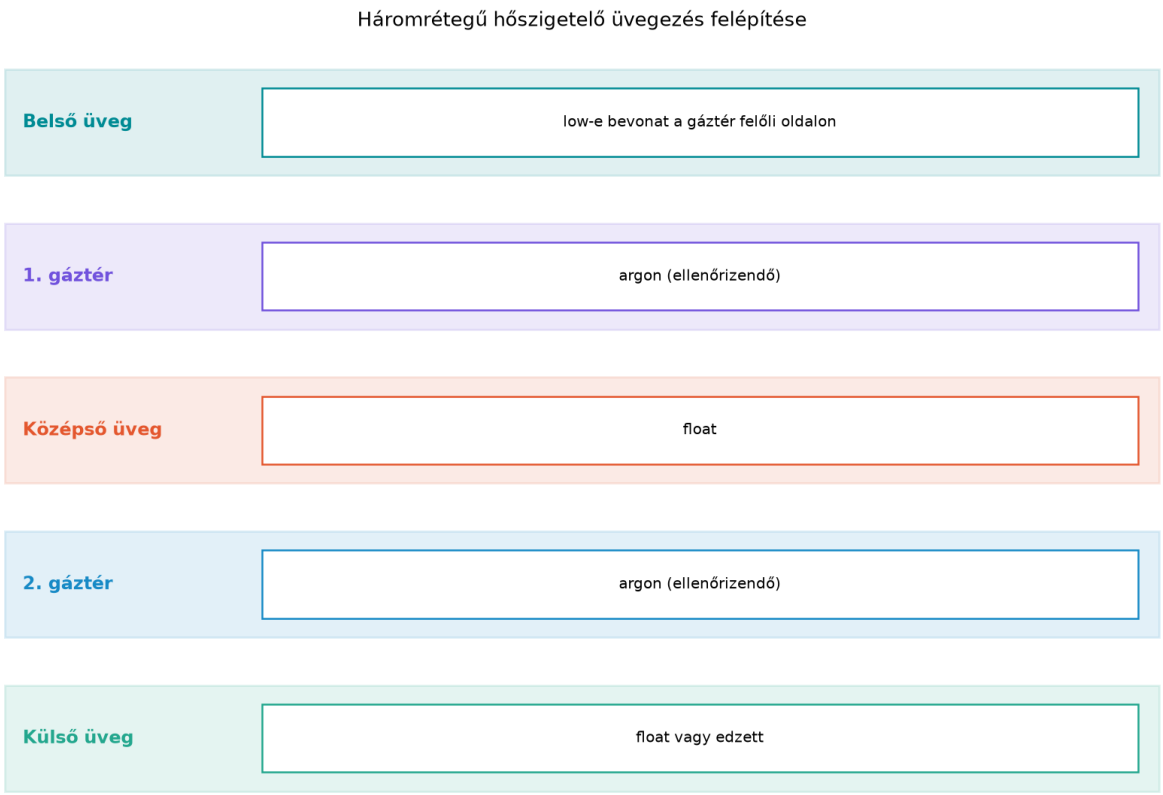
39.2. Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók

39.2.1. Motiváció

Az ablak nemcsak fényt enged be, hanem hőt, hangot és időjárást is kizár. Ha a tanuló régi, párásodó vagy beázott ablakszárnyat javít, vagy új, korszerű nyílászárót gyárt, akkor az üvegezés minősége dönti el, hogy a szerkezet hosszú távon jól működik-e. Egy rosszul méretezett üvegfalcból kitüremkedő üveg, egy elhagyott támasztóék miatt lecsúszó üvegtábla vagy egy helytelenül megválasztott biztonsági üveg balesetveszélyes és költséges hibát okoz.

39.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy korszerű, háromrétegű hőszigetelő üveget egy fa ablakszárnyban. Alul műanyag **támasztó ékek** tartják a súlyát, oldalt **távtartó ékek** biztosítják az egyenletes hézagot, a belső falsík és az üveg között rugalmas tömítőprofil van, kívülről pedig **üvegezőléc** tartja a helyén. A **falc** itt nem dísz, hanem az a lépcsős vályú, amelyben az üveg ül. Az alábbi rétegdiagram a többrétegű üvegezés felépítését mutatja.



39.3. ábra. Háromrétegű hőszigetelő üvegezés felépítése - Szemléltető sorrend belülről kifelé (fentről lefelé). A gáztereket a peremen körbefutó távtartó profil (molekulaszűrő, butil elsődleges és poliszulfid/szilikon másodlagos tömítés) zárja; a gáztöltet és a bevonat helye gyártói adat, ellenőrizendő.

Példa. Egy 1200 × 800 mm-es szárnyban 32 mm vastag betét helyett 42 mm-es betétet akar valaki beépíteni, mert jobb a hőszigetelése. Ha a falc csak 28 mm-es, az üvegezőléc nem rögzíthető, a tömítés kilátszik, és az üveg feszültség alá kerül. Ezért előbb a falcméretet kell ellenőrizni, és csak utána rendelni az üveget.

39.2.3. Üvegfajták és tulajdonságaik

Definíció. Float üveg: úsztatott, sík felületű alapüveg, amelyet az olvadt ón fürdőjén úsztatva gyártanak; a hagyományos ablaküvegek alapanyaga.

Definíció. Hőszigetelő üvegezés (üvegbetét): két vagy három üvegréteg, amelyet távtartó profil és tömítés fog össze, a rétegek között lezárt, száraz levegő vagy nemesgáz (argon, kripton) csökkenti a hőátadást.

Definíció. Low-e bevonat: vékony, hősugárzást visszaverő réteg az üveg felületén. A bevonat a hőt bent tartja, a fényt átengedi; a bevonat oldala és pozíciója a hőszigetelés és a gyártás szempontjából is meghatározó.

Definíció. Edzett biztonsági üveg (ESG): hőkezeléssel felületi nyomófeszültséget kapó üveg, amely töréskor apró morzsákra esik szét, csökkentve a súlyos vágási sérülést.

Definíció. Ragasztott biztonsági üveg (VSG): két vagy több üvegréteg, közte rugalmas fóliával (általában PVB), amely töréskor egyben tartja a darabokat, megakadályozva a lehullást.

Definíció. Hangcsillapító üveg: növelt hézagú vagy növelt rétegszámú, gyakran eltérő vastagságú üvegrétegekből összeépített betét, amely elhangolja a hanghullámokat és csökkenti a zajt.

A kiválasztásnál a következőket mérlegeljük:

1. **Helyszín és funkció:** belső üvegezésnél elég a float; utcafronti ablaknál 2–3 rétegű hőszigetelő betét; zajos útnál hangcsillapító betét.
2. **Biztonsági előírás:** ajtóban, padlóhoz közeli üvegezésnél, üvegfaltól számított bizonyos magasságig és zuhanyfalnál edzett vagy ragasztott biztonsági üveget kell használni.
3. **Tömeg:** a háromrétegű betét súlya elérheti a $30\,\mathrm{kg/m^2}$-t is, ezért a szárnyvasalatot, a pántot és a falcmélységet a nehezebb üveghez kell méretezni.

Szabvány. A biztonsági üvegezés követelményeit és a felhasználási helyeket az építési előírások és a vonatkozó üvegre vonatkozó MSZ EN termékszabványok határozzák meg (pl. az edzett és ragasztott üvegek termékszabványai). A pontos hatályos előírást, a térdmagasságot és a területeket a kivitelezés előtt ellenőrizni kell: **(ellenőrizendő: aktuális OTÉK és MSZ EN üveg termékszabványok, biztonsági üvegezési zónák).**

39.2.4. Üvegezési feladatok

A jó üvegezés lényege, hogy az üveg mechanikai feszültség nélkül, szárazon, a tömítésben rugalmasan üljön.

39.2.4.1. A falc méretezése

A falc az a lépcső, amelyben az üvegbetét ül. A falcnak **két** mérete van, ezeket ne keverd: a **falcszélesség** a szárnysíkra merőleges (a betét vastagsága irányú) méret, a **befogási mélység** a betét síkjában mért méret, vagyis az, hogy a falc mennyire takarja az üvegszélet.

1. **Üvegbetét vastagság** (pl. $v = 24\,\mathrm{mm}$, 32 mm, 42 mm).
2. **Belső hézag:** az üvegbetét minden oldalán legalább 3 mm, de legfeljebb 5 mm játék szükséges (zsugorodás, hőtágulás, szárnyfeszülés miatt).
3. **Falcszélesség:** a betét vastagsága + a két oldali tömítés + az üvegezőléc szélessége. **Befogási mélység:** a betétszél takarása (pl. 13–18 mm) + az ék magassága, illetve a hézag (3–5 mm) (ellenőrizendő: üveggyártói beépítési irányelv). Az ék magassága a betét síkjában számít, nem függ a betét vastagságától.
4. **Tömítés:** a betét belső oldalán tömítőprofil vagy semleges tömítőanyag, a falsíkra illesztett üvegezőléc alatt (a léc felőli oldalon) is tömítőprofil kerül.

Az üvegezőléc helye. Faablaknál az üvegezőléc rendszerint a belső oldalon van: így az üvegtartó rögzítés kívülről nem bontható (betörésvédelem), és a külső oldalon a falc a vizet kivezeti. Ha a profilrendszer kívülről üvegez, a külső falc tömítésére és vízelvezetésére fokozottan ügyelni kell (ellenőrizendő: profilrendszer). Ebben az alfejezetben és a 39.1-ben ugyanez a belső léchelyzet szerepel.

Szabály. Az üvegbetét nem érhet hozzá se a fa alsó falsíkjához, se az üvegezőléc belső éléhez. Ha érintkezik, a hőtágulás miatt a fa megfeszíti az üveget és az megrepedhet; a nedvesség pedig a kapilláris hézagban megállhat.

39.2.4.2. Ékelés: támasztó és távtartó ék

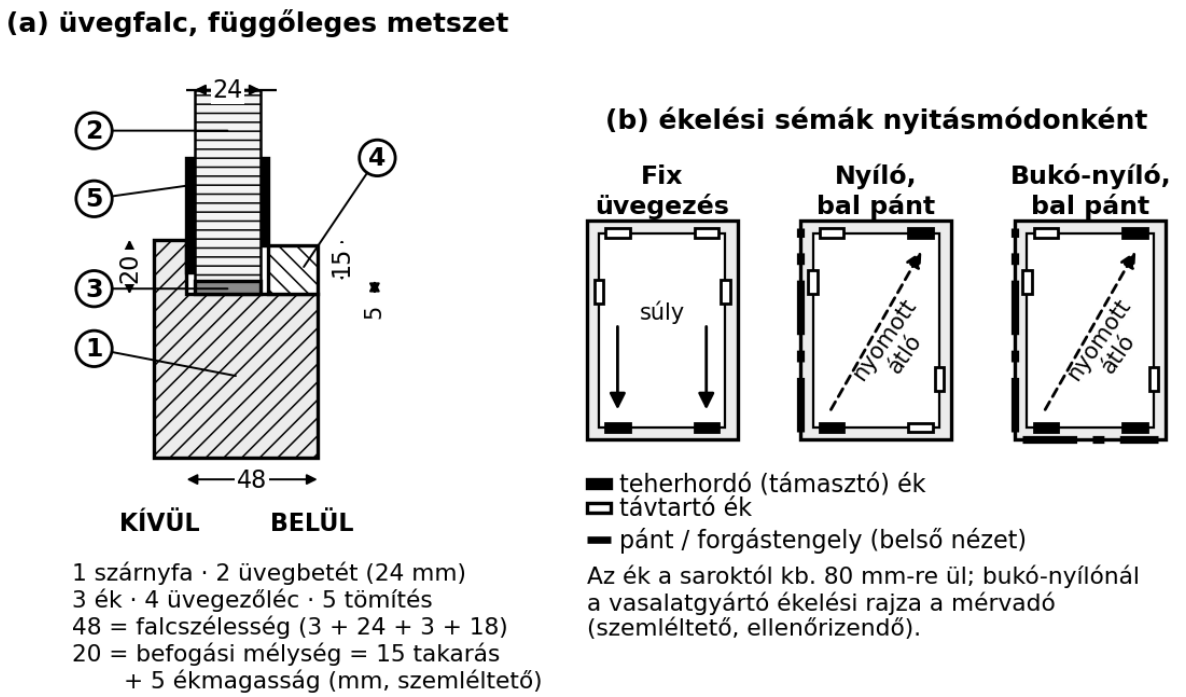
Definíció. Támasztó ék: az üvegbetét súlyát hordó, alul elhelyezett műanyag vagy keményfa ék, amely az üvegbetét alsó sarkaitól kb. 50–100 mm-re ül, és legalább olyan széles, mint az üvegbetét vastagsága, plusz a tömítés hézaga.

Definíció. Távtartó ék: az oldalsó és felső hézagot biztosító ék, amely megakadályozza, hogy az üvegbetét oldalra csússzon vagy beszoruljon.

Technológiai sorrend:

1. Tisztítsd meg a falcot a portól, régi ragasztótól és forgácstól.
2. Ellenőrizd a falc méretét tolómérővel és a szárny derékszögét.
3. Helyezd be a teherhordó éket a nyitásmód ékelési terve szerint: fix üvegezésnél két alsó ék, nyíló szárnynál a pántoldali alsó és a kilincsoldali felső sarokba (a sarkoktól kb. 50–100 mm-re); bukó-nyílónál a vasalatgyártó ékelési rajza szerint (ellenőrizendő: üveggyártói és vasalatgyártói ékelési irányelv).
4. A többi helyre helyezz be távtartó ékeket, hogy az üvegbetét mindenhol azonos hézaggal üljön.
5. Helyezd be a belső tömítőprofilt a falc belső élére, vagy a teljes belső falsíkra.
6. Emeld be az üvegbetétet, ültesd a támasztó ékekre.
7. Rögzítsd a külső tömítőprofilt az üvegezőléc falca alá.
8. Szegezd vagy csavarozd fel az üvegezőléceket, de ne feszítsd meg az üveget.
9. Ellenőrizd a hézagot: az üvegbetét körben ugyanannyi hézaggal üljön, és sehol ne érjen fához.

Megjegyzés. A tömítőprofil és a tömítőanyag kiválasztásánál mindig a gyártói adatlap a mérvadó. A szilikon, akril vagy butil tömítőanyag eltérő tulajdonságú, ezért nem mindegy, melyiket használjuk üvegbetéthez, fémhez vagy fához. **(ellenőrizendő: gyártói adatlap, kompatibilitás).**



39.4. ábra. Az üvegfalc két mérete és az ék helye (a), valamint az ékelési sémák nyitásmódonként (b): fekete a teherhordó, üres a távtartó ék

Az (a) metszeten a falc két mérete külön látszik: a **falcszélesség** (48 mm = 3 mm tömítés + 24 mm betét + 3 mm tömítés + 18 mm üvegezőléc) és a **befogási mélység** (20 mm = 15 mm takarás + 5 mm ék). (Az ékelés nyíló szárnynál azért átlós, mert így az üveg a szárny átlós merevítéséül is szolgál; különben a kilincsoldal leereszkedik, a szárny súrol és nem zár.) A (b) sémák szerint fix üvegezésnél a két alsó ék hordoz, nyíló szárnynál a teherhordó ékek átlósan, a pántoldalon alul és a kilincsoldalon felül ülnek (szemléltető; ellenőrizendő: üveggyártói és vasalatgyártói ékelési irányelv). Az interaktív változatban az „ékek nélkül” kapcsoló a szárny leereszkedését mutatja.

39.2.5. Fém-fa és műanyag-fa (kombinált) nyílászárók

A **kombinált nyílászáró** két anyag előnyét egyesíti: belül meleg, tartós, szép fa, kívül az időjárásnak ellenálló burkolat. A burkolat leggyakrabban alumínium (fém-fa vagy fa-alumínium ablak), ritkábban műanyag (műanyag-fa).

Szerkezet (kívülről befelé).

1. **Külső alumínium héj:** a csapóeső és a napsugárzás ellen véd; a fa szelvényre klipszekkel vagy csúszó rögzítőkkel kerül, nem közvetlen csavarozással vagy szilikonos ragasztással.
2. **Hátszellőző rés:** az alumínium és a fa között 5–8 mm légrés marad (ellenőrizendő: rendszergyártó szerelési útmutatója), hogy a kondenzvíz és a nedvesség el tudjon távozni, és a fa kiszáradjon.
3. **Vízelvezetés:** a héj alsó profiljában vízelvezető nyílások vannak, amelyek a réteg közé kerülő vizet kifelé engedik.

4. **Belső teherhordó fa szelvény:** ez viseli a terhelést és a vasalatot; ragasztott, ujjazott fa (lásd 39.1).
5. **Üvegezés, tömítések:** a hőszigetelő üvegbetét és a tömítések a fa szárnyban ülnek, ugyanúgy, mint a faablaknál.

A **műanyag-fa** változatban a külső héj műanyag (pl. PVC) profil; a szerkezeti elv ugyanez, de a műanyag hőtágulása nagyobb, ezért a rögzítés és a hézagok még fontosabbak.

Előnyök: a külső felület kevés karbantartást igényel; a fa védett az időjárástól; sok színben készülhet. **Hátrányok:** drágább, bonyolultabb gyártás; a héj és a fa eltérő hőtágulása miatt a rögzítés pontos kivitelezést igényel; a hátszellőzés elzáródása a fa károsodásához vezet.

Gyártási és szerelési sorrend:

1. Elkészül a fa tok és szárny, felületkezelve (a nem látható oldalakat is).
2. Felkerülnek a rögzítőklipszek a gyártói osztás szerint.
3. Felpattintják vagy ráhúzzák az alumínium héjat, a hőtágulási hézagokat (a hosszirányú rés) meghagyva.
4. A sarkokat a gyártó illesztő- és tömítőelemeivel zárják.
5. Utoljára kerül be az üvegbetét és a tömítés.

A **fa és a fém eltérő hőtágulását** a rögzítések csúszó vagy rugalmas kialakítása, a hosszirányú hézag és a rugalmas tömítés kezeli. Minden méretet és rögzítési pontot a rendszergyártó útmutatója ad meg (ellenőrizendő: rendszergyártó szerelési útmutatója). Ábraigény: a csomópont rétegei (fa szelvény, légrés, alumínium héj, klipsz, vízelvezetés).

39.2.6. Technológiai lap – Üvegbetét beépítése fa ablakszárnyba

Termék: egy nyíló fa ablakszárny, 28 mm-es hőszigetelő üvegbetéttel.

Anyagok: hőszigetelő üvegbetét, műanyag támasztó és távtartó ékek, belső és külső tömítőprofil, üvegezőléc (pl. 15 × 15 mm-es, sarokra gérbe vágva), sárgaréz vagy rozsdamentes üvegezőléc-szeg.

Szerszámok: kézi fogó, gérvágó láda, finom fűrész, kalapács, műanyag fejű kalapács, tolómérő, derékszögelő, alkoholos tisztítókendő, szilikon nélküli tömítőanyag (ha előírt).

Egyéni védőeszközök: vágásálló kesztyű, védőszemüveg, zárt cipő.

Gépbiztonság. A művelet kézi szerszámmal történik; az üvegbetétet tilos feldobni, egyedül nagy méretű (pl. 1000 × 2000 mm feletti) betétet mozgatni, és az üvegszéleket puszta kézzel megfogni. Tilos a betétet a sarkán támasztani kemény padlóra. Beépítés előtt az üvegbetétet vizsgáld meg repedésre, csorbulásra.

Lépések:

1. Az üvegezőléceket gérbe vágod 45°-ban, a falc belső méretére, pontosan (szükség esetén enyhe ráhagyással, hogy rápattanjon). – *Ellenőrzés: a lécek a falcban nem feszülnek, a sarokban a hézag legfeljebb* 0,5 *mm.*
2. A falcot megtisztítod, zsírtalanítod, a teherhordó ékeket az ékelési terv szerint behelyezed. – *Ellenőrzés: az ékek szilárdan, biztosan állnak, nem billegnek.*
3. A belső tömítőprofilt a falc belső élére, körbe illeszted. – *Ellenőrzés: a profil sarkaiban nem ráncosodik, a csatlakozásnál* 1–2 *mm átfedés.*
4. Az üvegbetétet a támasztó ékekre ülteted, majd két oldalt távtartó ékekkel beigazítod. – *Ellenőrzés: a betét felső éle párhuzamos a szárny felső élével, oldalt egyenletes a hézag.*

5. A külső tömítőprofilt az üvegezőléc falsíkjára illeszted, majd a léceket enyhén rányomod, és finoman rögzíted. – *Ellenőrzés: a léc nem nyomja el a betétet, a profil nem csúszott ki a léc alól.*
6. A léceket kis fejű szeggel vagy csavarral rögzíted. – *Ellenőrzés: a szeg/ csavar az üvegbetét közelében, de attól 2 mm-re halad, az üveghez nem ér.*
7. Szemrevételezéssel ellenőrzöd a kész üvegezést, a sarkokat, a tömítést. A betétet enyhén oldalirányban megnyomva ellenőrzöd, hogy nem mozog. – *Ellenőrzés: az üvegbetét rugalmasan, de biztosan ül.*

39.2.7. Minőségellenőrzés

Mit ellenőriz? Mivel? Eltérés esetén a lényeg.

- **Üvegbetét épsége:** a beépítés után tükröződő fényben nézd meg, nincs-e élcsorbulás, repedés, elmosódó folyadékfolt a rétegek között. Ha hibát látsz, a betétet cserélni kell.
- **Üvegezőléc illeszkedése:** a sarkok 45°-ban zárjanak, hézag ne legyen 0,5 mm-nél nagyobb. Ha nagyobb a hézag, a lécet újra kell gérbe vágni.
- **Tömítés:** a betét minden oldalán, a belső és külső falsíkban is folyamatos, hézagmentes tömítés legyen. Ha megszakad, a víz beszivároghat.
- **Hézag:** a betét és a falc közötti hézag körben legalább 3 mm, de legfeljebb 5 mm. Ha ennél kisebb, az üveg feszül; ha nagyobb, az üvegezőléc nem tartja meg.

39.2.8. Tipikus hibák és okaik

Hiba: az üvegbetét lecsúszik, az alsó él a falcba ér, a nyíló szárny leereszkedik.
Ok: hiányzó vagy rosszul elhelyezett támasztó ék, nyíló szárnynál az ékelési terv figyelmen kívül hagyása.
Helyes gyakorlat: fix üvegezésnél két alsó teherhordó ék, nyíló szárnynál átlós ékelés (pántoldalon alul, kilincsoldalon felül), a sarkoktól 50–100 mm-re.

Hiba: az üvegbetét párásodik, a rétegek között penész vagy vízfolt látható.
Ok: sérült a tömítés vagy a távtartó profil; a betét elvesztette a gáztöltetét, a nedvesség bejutott.
Helyes gyakorlat: az üvegbetétet a pereménél soha ne ütögessük, a támasztó éket ne a tömítésre tegyük; ha a betét párás, ki kell cserélni.

Hiba: a szárnyban az üvegezőléc elenged, a tömítőprofil kilátszik.
Ok: az üvegezőléc túl rövid vagy túl hosszú; a falcszélesség nem illeszkedik a betét vastagságához.
Helyes gyakorlat: a léceket a falc belső méretéhez igazítjuk, a vastagságot pedig a betét vastagsága + 2–3 mm hézaggal vesszük fel.

39.2.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy régi, 1970-es évekbeli fa ablakszárnyban egyrétegű, 4 mm-es üvegtábla volt, ami télen jéghideg volt, és a belső oldalon folyamatosan csepegett a pára. A megrendelő hőszigetelő, két rétegű, low-e bevonatú, 24 mm-es üvegbetétet szeretett volna. A tanuló a szárnyat kiszerelte, a falcot kimélyítette, mert az eredeti falc csak 18 mm-es volt; az új falcot 32 mm szélesre alakította ki, hogy a 24 mm-es betét körbe 4 mm hézaggal (tömítéssel) beférjen. A támasztó ékeket alulra tette, a belső oldalra tömítőprofilt, majd a betét behelyezése után a belső oldalon üvegezőléccel rögzítette. A kész szárnyban a betét nem érintkezett a fa falsíkkal, a vasalatot nem kellett cserélni, mert a szárny súlya csak 18 kg-ot növekedett, ami a pántok teherbírása alatt maradt.

A munka elvégzése közben a tanuló védőszemüveget és vágásálló kesztyűt viselt, és a betétet vákuumos emelővel tette a munkapadra.

39.2.10. Önellenőrzés

1. Milyen feladata van a támasztó éknek?
2. Mi a különbség az edzett és a ragasztott biztonsági üveg között?
3. Miért kell az üvegbetét és a falc közé legalább 3 mm-es hézag?
4. Mikor kell biztonsági üveget beépíteni?
5. Hogyan kerülhető el a fa–alumínium ablaknál a fa károsodása?
6. Miért kell az üvegbetétet vákuumos emelővel mozgatni?

Önellenőrzés – válaszok

1. A támasztó ék hordja az üvegbetét súlyát, és az alsó falsík fölött tartja, hogy a betét ne érjen a fához, és ne csússzon le.
2. Az edzett üveg hőkezeléssel felületi nyomófeszültséget kap, töréskor apró morzsákra esik szét. A ragasztott üveg közte fóliával van összeépítve, töréskor egyben marad.
3. Mert a fa zsugorodik és dagad, az üveg pedig hőtágul. A hézag nélküli beépítésnél a fa megfeszíti az üveget, ami megrepedhet.
4. A biztonsági üveg szükséges ajtókban, padlószinthez közeli üvegezéseknél, üvegfaltól számított bizonyos zónákban, zuhanyfalnál, és ahol a törés sérülést okozhat. A pontos zónát az építési előírásban ellenőrizni kell.
5. A fa–alumínium ablaknál a kívülre szerelt alumínium burkolatot nem szabad közvetlenül a fára, agresszív rögzítővel vagy szilikonnal szerelni, mert a fa nem tud szellőzni. A fa és az alumínium közé párazáró/szellőző réteget kell tenni, és a csatlakozást rugalmas tömítéssel lezárni. A helyes gyakorlat a gyártói rajz szerinti szerelés.
6. A nagy üvegbetét nehéz, éles, törékeny. A vákuumos emelő egyenletesen fogja meg a felületet, csökkenti a csorbulás, a repedés és a súlyos vágási sérülés kockázatát.

39.2.11. Feladatok

1. feladat (A)
Nevezd meg, mi a különbség a float üveg és a hőszigetelő üvegbetét között!

2. feladat (A)
Milyen anyagból készül a támasztó ék, és miért nem teszünk fém éket üveg alá?

3. feladat (B)
A falc befogási mélysége 20 mm, az ék 5 mm magas. Mennyi az üvegbetét üvegszélének takarása?

4. feladat (B)
Egy háromrétegű hőszigetelő üvegbetét tömege 35 kg/m^2. Mekkora tömege van egy 1200×800 mm-es betétnek? Kerekítsd két tizedesre.

5. feladat (C)
Egy belső ajtó üvegezéséhez a megrendelő olcsó float üveget kér. A tanuló szerint edzett biztonsági üveg szükséges. Érvelj: miért van igaza a tanulónak, és milyen biztonsági szabályt hozz fel?

6. feladat (D)
Írd le lépésenként, hogyan építenél be egy 800 × 600 mm-es, 24 mm-es hőszigetelő betétet egy fa ablakszárnyba, ha a falc szélessége 32 mm (a betét két oldalán 4–4 mm tömítés és hézag). Térj ki az ékelésre, a tömítésre és a lécek rögzítésére!

39.2.12. Megoldások

1. feladat
A float üveg egyrétegű, hagyományos úsztatott üveg. A hőszigetelő üvegbetét legalább két üvegrétegből, távtartó profilból és tömítésből áll, a rétegek között lezárt gáztérrel, ami csökkenti a hőátadást.

2. feladat
A támasztó ék műanyagból, keményfából vagy más szilárd, nem korrodálódó anyagból készül. Fémet nem teszünk alá, mert a fém pontszerűen terheli az üveget, karcolja a felületet, és hőhidat képezhet; emellett a fém merevsége miatt az üveg megrepedhet.

3. feladat
A befogási mélység = takarás + ék magassága, ezért a takarás: $20 - 5 = 15\,\text{mm}$. Ez a 13–18 mm-es tartományba esik.

4. feladat
A felület:

$$A = 1{,}2\,\text{m} \cdot 0{,}8\,\text{m} = 0{,}96\,\text{m}^2$$

Tömeg:

$$m = 0{,}96\,\text{m}^2 \cdot 35\,\text{kg/m}^2 = 33{,}6\,\text{kg}$$

Ellenőrzés: $0{,}96 \cdot 35 = 33{,}6$, ami reális egy $1200 \times 800\,\text{mm}$-es, háromrétegű betétnél.

5. feladat
A tanulónak igaza van, mert az ajtóüvegezésnél a törés kockázata magas: csapódás, gyerekek, huzat, szállítás során a hagyományos float üveg hosszú, éles szilánkokra törik, ami súlyos vágást okoz. A biztonsági üvegezés zónája és a kockázatértékelés alapján edzett vagy ragasztott biztonsági üveg szükséges. Az edzett üveg apró, tompább darabokra törik, a ragasztott üveg egyben marad. A szabályt a pontos biztonsági üvegezési előírás (OTÉK, MSZ EN termékszabvány) tartalmazza, ezért meg kell nézni az aktuális követelményt. **Figyelem.** A biztonsági üveg szükségességét mindig az adott beépítési helyre vonatkozó, hatályos előírás alapján kell eldönteni.

6. feladat
1. A szárny falcát megtisztítod, zsírtalanítod. 2. Fix üvegezésnél alulra, a saroktól kb. 60–80 mm-re két támasztó éket helyezel (nyíló szárnynál az ékelési terv szerint, átlósan). (A betét vastagsága 24 mm, a falcszélesség 32 mm, így oldalanként 4 mm tömítés és hézag marad.) 3. A belső falsíkra tömítőprofilt ragasz, körbe, a sarkoknál átfedéssel. 4. A betétet vákuumos emelővel vagy két emberrel beemeled, a támasztó ékekre ülteted. 5. Oldalt és felül távtartó ékekkel beállítod, hogy a betét körben 3–5 mm-es hézaggal üljön. 6. A külső falsíkra tömítőprofilt helyezel, majd az üvegezőléceket gérbe vágva, enyhén rányomva a falcba illeszted. 7. A léceket kis fejű szeggel vagy csavarral rögzíted, ügyelve arra, hogy az üveghez ne érjenek. 8. Végül ellenőrzöd a tömítés folyamatosságát, a betét rögzítettségét és a léc sarokhézagait.

39.2.13. Rövid összefoglaló

Az üveg az ablak legfontosabb funkcionális eleme; kiválasztása határozza meg a hő-, hang- és biztonsági teljesítményt. A float üveg az alapüveg, a hőszigetelő üvegbetét két vagy három réteget, távtartó profilt és lezárt gázteret tartalmaz. A low-e bevonat a hőt bent tartja. Az edzett (ESG)

és a ragasztott (VSG) biztonsági üveg töréskor csökkenti a sérülés kockázatát, ezért ajtókban és kritikus zónákban kötelező. A hangcsillapító üveg növelt hézaggal vagy eltérő vastagságú rétegekkel csillapítja a zajt. Az üvegezésnél a falcméret, a támasztó és távtartó ékek, a tömítés és az üvegezőléc biztosítják a feszültségmentes, száraz beépítést. A fa–alumínium ablakoknál a belső fa szerkezet, a külső alumínium burkolat és a köztük lévő szellőző/tömítő réteg adja a tartósságot. Az üvegbetétet mindig a súlyához illő eszközzel, védőkesztyűben kell mozgatni. **Továbbvitt eredmény.** Az itt tanult üvegezési eljárást az Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás alfejezetben használjuk, ahol a teljes szárny összeállítását és a vasalatok beállítását végezzük.

39.2.14. Források és ellenőrzési hiányok

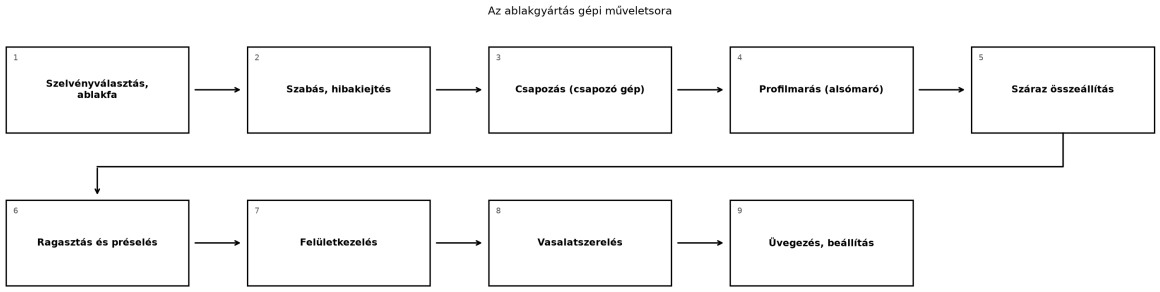
- Építési előírások (OTÉK) és az üvegre vonatkozó MSZ EN termékszabványok (float, ESG, VSG, hőszigetelő üvegezés). A pontos szabványszámot, a biztonsági üvegezési zónákat és a hatályos követelményeket ellenőrizni kell.
- Üvegbetét gyártói műszaki adatlapjai: vastagság, gáztöltet, low-e bevonat, tömeg, hézagméret, tömítési ajánlások (ellenőrizendő).
- Tömítőanyag- és profilgyártói adatlapok: kompatibilitás, felhordás, száradási idő (ellenőrizendő).
- Fa–alumínium rendszerű nyílászárók gyártói szerkezeti rajzai és szerelési útmutatói (ellenőrizendő).

39.3. Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás

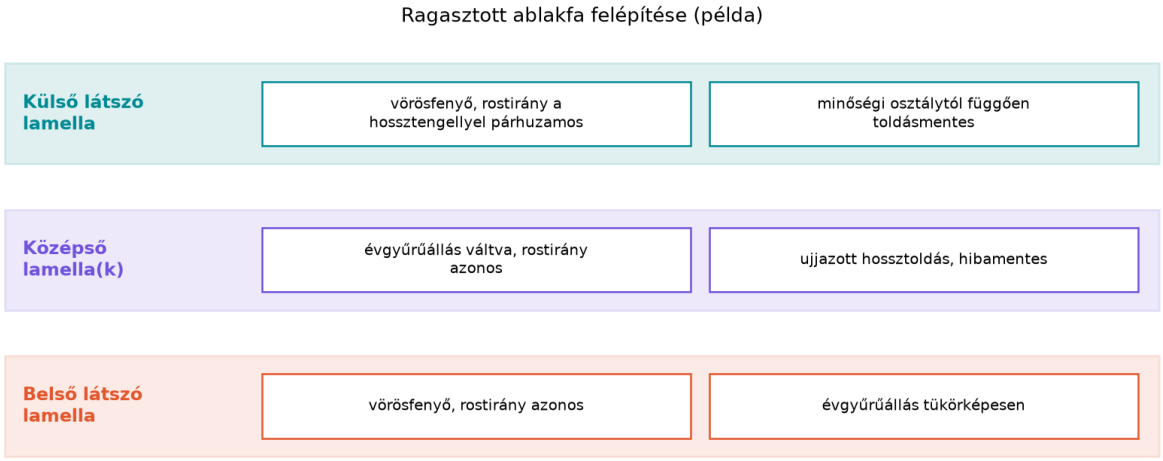
39.3.1. Motiváció és helyzetkép

Egy megrendelő 1200 mm széles, 1500 mm magas, egyszárnyú faablakot kér, amely **bukó-nyíló** mozgású: a kilincs középső állásában a szárny a függőleges pántokon befelé nyílik, a kilincs felső állásában pedig a felső széle kibillen, az alsó él a toknál marad. Az ablakot hőszigetelő üvegezéssel, külső oldalon lazúrfelülettel kell gyártani. A műhelyben a tanuló azt figyeli, ahogy az asztalos a gépeken dolgozik, és meg kell értenie, miért a csapozó marógép és az alsómaró a gyártás két kulcsgépe, miért ragasztott ablakfát használnak, és milyen vasalat-állítási pontokon múlik, hogy az ablak húzásra könnyen jár, mégis tömítsen.

A kész ablakot képzeljük el elölről: a **tok** a falnyílásban ül, belső peremén a **szárny** kerete, amely egy **hőszigetelő üveg** táblát fogad magába. A szárny és a tok között a vasalat elemei látszanak: két **sarokpánt** alul és felül, a zárás oldalán **zárópontok**, és egy **olló** a bukó mozgáshoz. A kilincs a szárny belső oldalán van, a tok kerületén pedig a zárócsapok fogadó elemei sorakoznak.



39.5. ábra. Az ablakgyártás gépi műveletsora - Szemléltető folyamatábra; a gépek beállítását a gépkönyv és a technológiai leírás adja (ellenőrizendő).



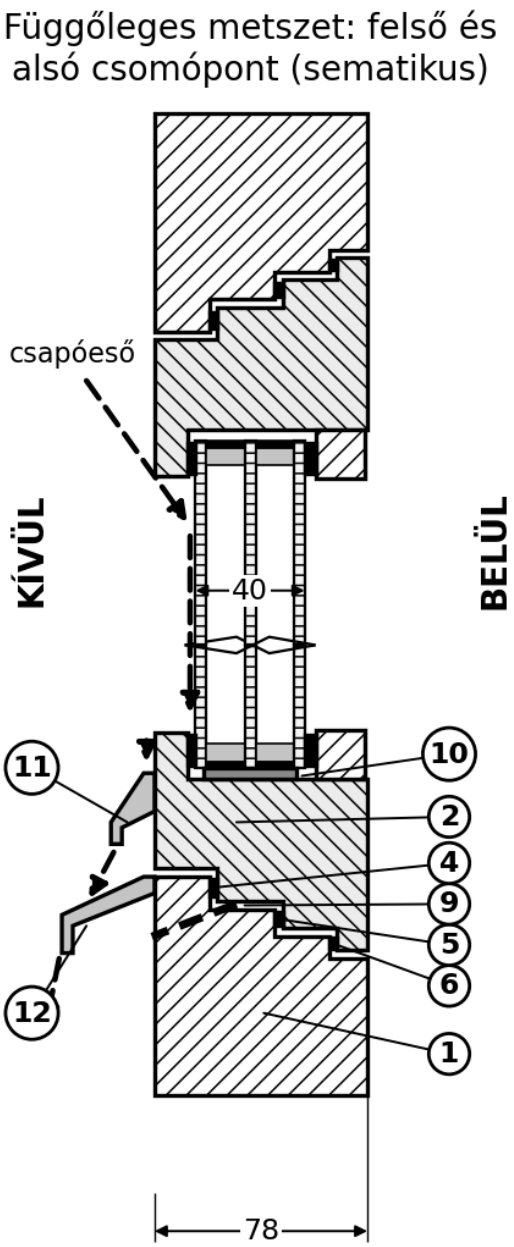
39.6. ábra. Ragasztott ablakfa felépítése (példa) - A lamellák rostiránya mind a hossztengellyel párhuzamos; a vetemedést az évgyűrűk váltakozó (tükörképes) állása csökkenti. A lamellák számát, vastagságát és anyagát az ablakfa gyártói adatlapja és a szabvány rögzíti (ellenőrizendő).

39.3.2. Szelvényválasztás és ragasztott ablakfa

Definíció. A **ragasztott ablakfa** olyan, 3 (vagy több) lamellából ragasztott profilanyag (ablakkantni), amelynek lamellái azonos, a hossztengellyel párhuzamos rostirányúak, de évgyűrűállásuk váltakozik (tükörképesen), így a lamellák vetemedése kiegyenlíti egymást; ezért a kész szelvény kevésbé vetemedik, mint a tömör fából egy darabból kimunkált profil. A lamellák ujjazott (fogazott) hossztoldással készülhetnek; a látszó külső lamella minőségi osztálytól függően toldásmentes is lehet (ellenőrizendő: gyártói adatlap). Az ablakgyártáshoz leggyakrabban vörösfenyőt, tölgyet vagy borovi fenyőt használnak, mert ezek jól tartják a csapozást, és a megfelelő felületkezeléssel időjárásállóak (ellenőrizendő: fafaj és tartóssági osztály a gyártói adatlap szerint).

Szabály. Az ablakfa nedvességtartalma feldolgozáskor jellemzően **12–15 %** (a száraz tömegre vonatkoztatva). A túl nedves fa beépítés után zsugorodik, a túl száraz dagadhat, ezért a fűrészárut a gyártóüzemben szárítják, majd a műhelyben 1–2 napig azonos klímán pihentetik a szelvényválasztás előtt (ellenőrizendő: a pontos érték a gyártói előírás és a szabvány szerint).

A **szelvény** az ablakállványok keresztmetszete. A **tok** profilja a falnyílás felé néz, a **szárny** profilja az üveg felé, az **üveglécc** pedig az üveget rögzíti a szárnyhornyában. A szelvényeken **falc**, **nút**, **csapváll** és **tömítőhorony** található. A pontos méreteket az ablak teljesítménykövetelményei (hőszigetelés, légzárás) és a beépítési méret határozza meg. A mai gépgyártásban a szelvényeket **szerszámkészlet** segítségével marják, amelyben minden felületet külön marófej vagy váltólapkéses késfej munkál meg.



39.7. ábra. Faablak függőleges metszete a felső és az alsó tok–szárny csomóponttal (sematikus): a szárny vízvetője a tok alumínium vízvető sínjére ejti a vizet, a kamrába jutott víz a vízelvezető furaton távozik

A függőleges metszet ugyanazt a profilt mutatja, mint a Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek (tok és szárny 78 × 80 mm, háromrétegű üveg 4–14–4–14–4 = 40 mm; tanulási méretek, ellenőrizendő: profilrendszer adatlapja). A tanulságos rész az alsó csomópont: a szárny alsó élén vízvető, a tokon alumínium vízvető sín, a külső és a középső tömítés közötti kamrából ferde vízelvezető és nyomáskiegyenlítő furat vezet ki, az üveg pedig támasztó ékre ül.

39.3.3. Csapozás és profilmarás gépeken

A keretszerkezet sarkait a Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen alfejezetben tanult gépekkel készítjük. Az ablakgyártásban a sarokkötés lehet:

- **vésett csapozás** (fészkes, szakállas csap), ha a szelvény széles és vastag;
- **kettős csap**, ha a csapot két keskenyebbre bontják, hogy a széles saroknak nagyobb legyen a ragasztófelülete;
- **szögcsap** (ujjazott csapozás), amely sok apró ék alakú csapból áll, gyakran nagy teljesítményű csapozó sorokon készül;
- **idegencsap** (köldökcsap, lamelló), ha a profilt úgy tervezték, hogy a saroknál a vállak találkoznak, és a csap külön betétként illeszkedik.

A csapozó marógép a léc végén a csapot és a csapvállakat alakítja ki. Az ablakgyártásnál gyakran **kétlépcsős gépsort** használnak: először egy **hosszmaró** vagy szélesztő körfűrész a csap hosszát és a vállakat, majd a csapozó gép a csapvastagságot munkálja meg. A csap hossza a szelvény szélességétől függ, a fészek mélysége pedig a léc szélességének körülbelül kétharmada. A fészek a névleges méretre készül (a szelvény vastagságának harmada, pl. 27,0 mm), a csapot pedig oldalanként 0,1–0,2 mm-rel **vastagabbra** marják (**préselési ráhagyás**: a csap ennyivel nagyobb a fészeknél, így szorító illesztést ad) (tájékoztató, ellenőrizendő: ragasztógyártó/gépkönyv).

Gépbiztonság. A csapozó marógépen a szerszámsort védőburkolat fedi, a munkadarabot befogó rögzíti, az elszívást be kell kapcsolni. Az alsómarón a profilmaráshoz használjunk **védőkeretet** és **tolófát**, kesztyűt tilos viselni. A szerszámok megengedett fordulatszámát a gyártói adatból ellenőrizzük: a profilmarók jellemzően $n_{\max} = 6000\text{–}9000\ \text{min}^{-1}$ (ellenőrizendő), de kizárólag a szerszámra írt érték a mérvadó.

A **profilmarás** az alsómarón vagy speciális ablakprofil-maró gépen történik. A profilmaró szerszámkészlet egymás után szerelt marófejekből áll, amelyek a tok, a szárny és az üvegléc hornyait, falcait egy vagy több menetben alakítják ki. A munkadarabot ütközőhöz szorítva, **ellenirányú marással** toljuk, ahogy az Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás alfejezetben tanultuk. A marás előtt a csapozott végekre **próbadarabbal** ellenőrizzük a szerszámbeállítást, mert a profil eltolódása esetén a tok és a szárny nem illeszkedik.

39.3.4. Ragasztás és felületkezelés

A tok- és szárnykeretek sarokkötéseit **D4 osztályú, vízálló** ragasztóval ragasztjuk (MSZ EN 204 szerint, ellenőrizendő). A ragasztót egyenletesen, vékony rétegben visszük fel a csap és a fészek felületére, majd a keretet **keretprésben** vagy **sarokprésben** rögzítjük. A préselési idő a gyártói adatlap szerint, például 10–30 perc, a présnyomás a ragasztott felületre vetítve tájékoztatóan puhafánál 0,1–0,5, keményfánál 0,5–1,0 N/mm²; ellenőrizendő: ragasztó műszaki adatlapja. Préselés után a csapolásnál kinyomódott ragasztót azonnal, még nedvesen le kell törölni, mert megszáradva elszínezi a felületet és gátolja a pácfelvételt.

A felületkezelés a A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok és a Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés alfejezetekben leírt lépéseket követi. Az ablakokat gyakran **bemártásos alapozóval** védik először: a keretet néhány másodpercre vékony, biocideket tartalmazó alapozó oldatba mártják, majd csöpögtetik (ellenőrizendő: a termék biztonsági adatlapja, száradási idő). Ez a módszer a csapolási és nútfelületekbe is bejuttatja a védőszert. Az alapozó után **közbenső csiszolás** következik, majd **lazúr**

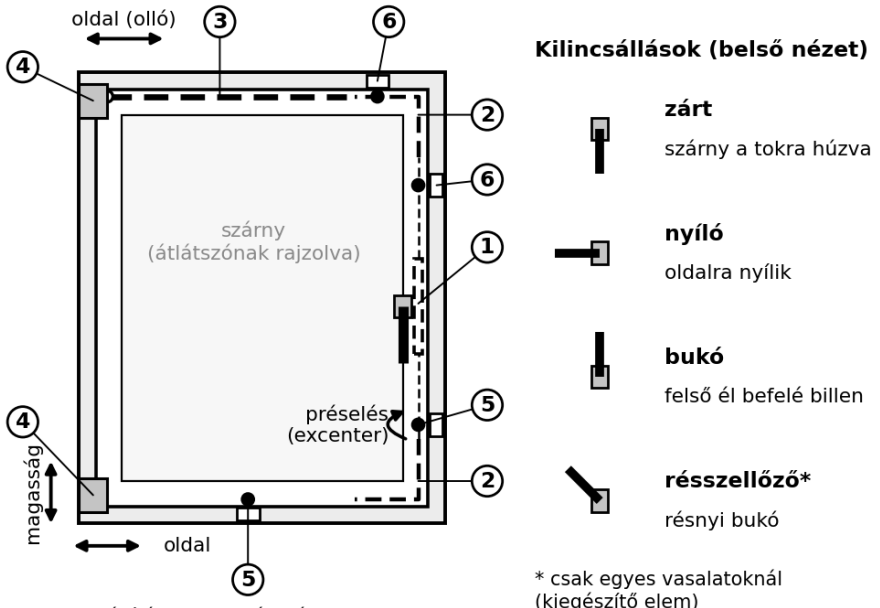
vagy **fedőfesték** felhordása szórópisztollyal. Kültéri ablakra **UV-álló, időjárásálló** bevonatot választunk, a rétegek száma a gyártói rendszer szerint, például 1 alapozó + 2 fedőréteg.

Figyelem. A felületkezelő anyagok VOC-tartalma, a szóráskép és a száradási idő gyártónként eltér. A szórófülkében légzésvédő (FFP-osztály a biztonsági adatlap szerint) és elszívás szükséges; a ragasztó és a bevonat keverési arányát a gyártói adatlap adja meg (ellenőrizendő).

39.3.5. Ablakvasalatok

Definíció. A **bukó-nyíló vasalat** olyan szerelvényrendszer, amely a szárnyat a kilincs három állásában irányítja: **zárt**, **nyíló** (forgó) és **bukó** (kibillenő); egyes vasalatokhoz résszellőző (fokozatos bukó) állás is tartozik. A vasalat fő elemei: **kilincs**, **sarokpánt**, **olló**, **zárócsapok** és **zárólemezek**, **részáró elemek** és **biztonsági zárócsap**. A pántok a szárny súlyát hordják, a zárócsapok a tokra húzzák a szárnyat, így tömítést adnak.

Faablaknál a vasalat a szárny kerületi falcába, a profilrendszer szerinti falchézaggal és tengelytávval kerül (ellenőrizendő: vasalatgyártó faablak-katalógusa); a vasalat elemei csavarokkal és csúszóbetétekkel állíthatóan rögzíthetők. A **zárópontok** száma a szárny méretétől függ: az 1200×1500 mm-es szárnyra jellemzően 4–6 zárócsap kerül (tájékoztató, a vasalatgyártó előírása). A zárópontokat a sarkokban és a hosszú oldalak mentén egyenletesen kell elhelyezni, mert a tokra való nyomás így oszlik el.



Nyilak: beállítási pontok és irányok (39.3.6).

1 hajtómű a kilincs alatt · 2 sarokátváltók · 3 olló · 4 ollócsapágy és sarokpánt · 5 zárócsapok · 6 zárólemezek a tokon

39.8. ábra. Bukó-nyíló vasalat elemei a szárny körül (szaggatott: a falcban futó elemek), a kilincsállások és a beállítási pontok (sematikus)

A rajzon a kilincs alatti hajtómű (1) a falcban futó rudakon és a sarokátváltókon (2) át mozgatja a zárócsapokat (5), amelyek a tokon lévő zárólemezekbe (6) fognak; a szárny súlyát a sarokpánt és az ollócsapágy (4) hordja, bukó állásban az olló (3) tartja. Beállítani az alsó sarokpántnál magasságban és oldalirányban, az ollónál oldalirányban, a zárócsapok excenterén préselésre lehet. Az alapállások: zárt, nyíló, bukó; a résszellőző állás csak egyes vasalatok kiegészítő eleme (ellenőrizendő: vasalatgyártó katalógusa).

39.3.6. Beállítás

A vasalat beállítása akkor szükséges, ha a szárny **szorul**, **nem zár** a kerületén, **leereszkedik** a kilincs oldalán, vagy a bukó állásban **kiakad**. A beállítás előtt ellenőrizzük a tok derékszögét, a pánt csavarjainak meghúzását és a zárólemezek rögzítését.

Technológiai utasítás – bukó-nyíló vasalat beállítása

1. **Nyitott szárnynál** keressük meg a beállító csavarokat: az alsó sarokpánton (sarokcsapágy) általában egy **magasságállító** és egy **oldalirányú** csavar van, a felső ollócsapágyon oldalirányú állítás, a zárópontoknál **nyomó** (ráhúzó) excenter. A felső pántnak jellemzően nincs magasságállítója. Egyes pántoknál imbuszkulccsal, másoknál Torx- vagy csavarhúzóval állíthatunk.

2. **Magasságállítás:** ha a szárny alja a tokhoz dörzsöl, az alsó sarokcsapágy magasságállító csavarjával emeljük meg a szárnyat; ha felül szorul és alul rés van, leengedjük (ellenőrizendő: vasalatgyártó beállítási útmutatója). Az állítás után ellenőrizzük, hogy a szárny alsó éle párhuzamos a tok alsó élével.

3. **Oldalirányú állítás:** ha a szárny a tok oldalához szorul, az oldalcsavart forgatva a szárnyat a pánt felé vagy ellenkező irányba mozgatjuk. Cél: egyenletes rés a tok és a szárny között (tájékoztató érték: 2–4 mm a záródáshoz, ellenőrizendő).

4. **Ráhúzási nyomás:** a zárópontok ellenlemezein található excenter vagy állítócsavar állításával a szárny a tokra szorítható. Kezdjük a sarkoknál, majd a középső pontoknál. A szárny zárásakor a kilincsnek enyhe ellenállást kell mutatnia, de ne legyen „ütős” zárás.

5. **Bukó állás ellenőrzése:** a kilincs felső állásába forgatva a szárny felső éle kibillen, az olló nem akad. Ha a bukó rés túl nagy, a felső sarokpántnál a bukóhatárolót állítjuk; ha túl kicsi, akkor az olló csúszkáját igazítjuk.

6. **Zárópróba:** zárjuk be, majd a szárny kerületén papírcsíkkal ellenőrizzük a nyomást (a papírt enyhe ellenállással lehessen kihúzni). A zárópontoknál nagyobb ellenállásnak kell lennie, mint a közöttes szakaszokon.

7. **Rögzítés:** minden beállító csavart húzzunk meg, de ne nyírjuk el a menetet. A vasalat mozgó részeit a gyártó által engedélyezett kenőanyaggal kenjük.

39.3.7. Üvegezés és tömítés

A **hőszigetelő üvegezés** két vagy több üvegtáblából áll, amelyek között **távtartó** és **nedvességmegkötő** van, a peremét pedig **szilikon vagy poliszulfid** tömítés zárja. A tábla felépítését az üvegszerkezet számsorával adják meg, például **4–16–4**: két darab 4 mm-es float üveg, közöttük 16 mm-es légrés. Az üveg tömegét a felületből és a fajlagos tömegből számítjuk: $\rho_{\text{üveg}} \approx 2500\ \text{kg/m}^3$, tehát egy 1,2 m × 1,0 m-es, 4 mm vastag üvegtábla tömege $A \cdot v \cdot \rho = 1{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}004 \cdot 2500 = 12\ \text{kg}$.

Az üvegezés menete: a szárnyhornyot megtisztítjuk, **támasztó ékeket** helyezünk alulra, oldalt és felül **távtartó ékeket**, hogy az üveg ne feküdjön a fa hornyában. Az üvegtáblát óvatosan a horonyba helyezzük, majd **tömítőprofilokat** (gumi vagy műanyag) sajtolunk a hornyokba. Faablaknál rendszerint a belső oldalon **üvegléc** rögzíti az üvegtáblát csavarokkal vagy klipekkel. A léc csavarjait nem szabad túlhúzni, és a külső-belső hornyokat **rugalmas, UV-álló tömítőanyaggal** zárhatjuk le (ellenőrizendő: a gyártói utasítás szerint). Az üvegezés után a

szárnyon **vízelvezető furatok** legyenek, hogy a csapadék a hornyokból kifolyjon (ellenőrizendő: az ablakrendszer előírása).

39.3.8. Minőségellenőrzés

Minőségellenőrzés. Az ablakgyártásban a következő pontokat mérjük vagy szemrevételezzük:

- **Méretpontosság:** a tok és a szárny külső méreteit acél mérőszalaggal, a szelvényvastagságokat tolómérővel ellenőrizzük. A nyílászáró átlóinak eltérése jellemzően legfeljebb 1–1,5 mm/m (tájékoztató, ellenőrizendő).
- **Derékszög:** a sarkoknál derékszögelővel vagy átlóméréssel ellenőrzünk.
- **Sík:** a keretet sík felületre fektetve megvizsgáljuk, nem csavarodott-e.
- **Ragasztás:** a szorítás után a ragasztó kinyomódását ellenőrizzük; a szakszerűtlen illesztésnél rés vagy üreg látszik.
- **Felület:** a lazúr vagy festék egyenletes, nincs folyás, horpadás, porszem.
- **Vasalat:** kilincs járása, zárópontok működése, bukó állás határolása.
- **Üvegezés:** tömítés folytonos, az üveg nem mozog, a lécek szorosan illeszkednek.

39.3.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A szárny a kilincs oldalán alacsonyabban lóg, záráskor a tok alsó éléhez dörzsöl.
   Ok: Az alsó sarokcsapágy magasságállítása elállítódott, vagy a csavarlyuk a faanyagban megkopott.
   Helyes gyakorlat: A szárnyat az alsó sarokcsapágy magasságállítójával visszaemeljük, a kilincsoldali felső sarkot a felső ollócsapágy oldalirányú állításával húzzuk a pántoldal felé; ha a furat tönkrement, a furatot fabetéttel vagy műgyantával erősítjük meg, és új csavart használunk.
2. **Hiba:** Az ablak egyes záróponokon szorul, máshol rést hagy, a tömítés nem egyenletes.
   Ok: A zárólemezeket rosszul állították, vagy a tok kerete a beépítés után elmozdult (nem derékszögű).
   Helyes gyakorlat: Először a tok derékszögét ellenőrizzük és rögzítjük a beépítési ékekkel, majd a zárócsapokat sorban a tokra igazítjuk.
3. **Hiba:** A bukó állásban az olló kiakad, vagy a szárny nem hajtható be zárásig.
   Ok: A bukóhatároló rosszul van beállítva, vagy a kilincs működtető rudazata elhajlott.
   Helyes gyakorlat: A kilincs rudazatát megfeszítjük, az olló csúszkáját a gyártói méretre állítjuk, és a bukóállást többször működtetve próbáljuk.
4. **Hiba:** Az üveg belső oldalán pára csapódik le (nem a két üvegtábla között, hanem a felületen).
   Ok: A helyiség páratartalma magas, és az ablak belső felülete hideg; a tömítés nem rossz, de a hőszigetelő üveg hőátbocsátási tényezője nem megfelelő.
   Helyes gyakorlat: Először a szellőztetést és a belső páratartalmat ellenőrizzük (40–60 % relatív páratartalom, tájékoztató), a peremkondenzációnál melegperemes távtartót

javaslunk; üvegcserét csak akkor, ha az U_g a teljesítménynyilatkozat szerint sem felel meg (ellenőrizendő).

39.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy megrendelő reklamálja, hogy a frissen beépített, bukó-nyíló faablak nehezen zár, a kilincset meg kell emelni. A helyszíni vizsgálat azt mutatja: a tok jó, de a szárny a zár oldalán 3 mm-rel lejjebb süllyedt, ezért az alsó zárócsap a lemez szélét kapja. Az asztalos a beállítást a fenti beállítási utasítás szerint végzi: először a felső ollócsapágynál a szárny felső sarkát 1–2 mm-rel a pántoldal felé húzza (vízszintes állítás), majd az alsó sarokcsapágy magasságállítójával a szárnyat a kívánt magasságra emeli, amíg a szárny éle párhuzamos nem lesz a tokkal (ellenőrizendő: vasalatgyártó beállítási útmutatója). Ezután a zárócsapokat egyenként a toklemezekre állítja. A kilincs most már könnyen zár, a zárópontok enyhe nyomást adnak. A tanulság: a beépítés utáni első héten a fa alkatrészek még „dolgoznak”, ezért a pántok terhelése megváltozhat, és a **próbazárás** elengedhetetlen.

39.3.11. Önellenőrzés

1. Mi a ragasztott ablakfa, és miért jobb, mint a tömör fa ablakprofil?

2. Sorold fel a bukó-nyíló vasalat fő elemeit.

3. Milyen ragasztóosztályt választunk ablak sarokkötéséhez, és miért?

4. Mi a bemártásos alapozó előnye az ablakgyártásban?

5. Hogyan ellenőrizzük az üvegezés tömítettségét?

39.3.12. Feladatok

1. feladat (A)
Nevezz meg három lehetséges sarokkötést az ablakkeret sarkainak kialakítására, és röviden jellemezd őket.

2. feladat (B)
Számítsd ki egy 4 mm vastag, 800 mm × 1000 mm-es üvegtábla tömegét, ha az üveg sűrűsége 2500 kg/m^3.

3. feladat (B)
Egy ablakcsapozó marógépen a csap vastagságát a szelvény vastagságának harmadára választjuk. A szelvény vastagsága 80 mm. Mekkora a fészek szélessége (névleges méret, egész mm-re kerekítve)? A csapot oldalanként 0,15 mm préselési ráhagyással vastagabbra marjuk a fészeknél: mekkora a csapvastagság?

4. feladat (C)
A bukó-nyíló vasalat beállításakor azt tapasztalod, hogy a szárny felül szorul, alul rés van. Melyik beállítást választod először, és miért? Magyarázd el a lépéseidet.

5. feladat (C)
Tervezd meg egy egyszárnyú, bukó-nyíló ablak gyártásának rövid műveletterv̈ét (legalább 8 lépés), feltüntetve az ellenőrzési pontokat.

6. feladat (D)
Készítsd el a Technológiai lap mintáját egy 900 mm széles, 1100 mm magas, vörösfenyő ablak keretének csapozására és profilmarására.

39.3.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok
1. A ragasztott ablakfa több lamellából ragasztott, ujjazott hossztoldással is készülhető profil; a lamellák rostiránya azonos, évgyűrűállásuk váltakozik; így kevésbé vetemedik, és hosszú, egyenes szelvényeket lehet belőle készíteni.
2. Kilincs, sarokpánt, olló, zárócsapok és zárólemezek, részáró/biztonsági elemek.
3. D4 osztályú, vízálló ragasztót, mert az ablak kültéren vagy nedvességnek kitett helyen működik.
4. A bemártásos alapozó a csapolási és nútfelületekbe is bejut, így az egész keretet védi a gomba és rovarok ellen.
5. Tehermentesített, zárt állapotban papírcsíkkal húzunk végig a hornyok mentén; a papír enyhe ellenállással húzható ki, ekkor a tömítés jó; ha erő nélkül kicsúszik, ott rés van.

1. feladat (A)
Vésett csapozás: a szelvény végén kialakított csap és a másik darabban mélyített fészek; kettős csap: ugyanez két keskeny csappal a széles saroknál; szögcsap: sok apró, ék alakú csap, nagy ragasztófelület; idegencsap: a vállak találkoznak, és külön betét (lamelló vagy köldökcsap) adja a kötést.

2. feladat (B)
Adott: $A = 0{,}8\,\mathrm{m} \cdot 1{,}0\,\mathrm{m} = 0{,}8\,\mathrm{m}^2$; $v = 4\,\mathrm{mm} = 0{,}004\,\mathrm{m}$; $\rho = 2500\,\mathrm{kg/m}^3$.
Keresett: m.
Képlet: $m = V \cdot \rho = A \cdot v \cdot \rho$.
Behelyettesítés: $m = 0{,}8\,\mathrm{m}^2 \cdot 0{,}004\,\mathrm{m} \cdot 2500\,\mathrm{kg/m}^3 = 0{,}0032\,\mathrm{m}^3 \cdot 2500\,\mathrm{kg/m}^3 = 8\,\mathrm{kg}$.
Ellenőrzés: 0,8 m² 4 mm vastag üveg nagyjából 3,2 liter üveg, tömege 8 kg, reális. ∎

3. feladat (B)
Szelvényvastagság $b = 80\,\mathrm{mm}$. Fészekszélesség $b/3 = 80/3 \approx 26{,}67\,\mathrm{mm}$, kerekítve 27,0 mm (tájékoztató). A préselési ráhagyás oldalanként 0,15 mm, tehát a csapvastagság $27{,}0\,\mathrm{mm} + 2 \cdot 0{,}15\,\mathrm{mm} = 27{,}3\,\mathrm{mm}$.
Ellenőrzés: a csap 0,3 mm-rel vastagabb a fészeknél, tehát enyhén szorul, ez kell a ragasztáshoz. ∎

4. feladat (C)
A szárny felül szorul, alul rés van: a szárny túl magasan ül. Először az alsó sarokcsapágy magasságállító csavarjával leengedjük a szárnyat. Ha ezután csak a kilincsoldali felső sarok szorul, a felső ollócsapágynál vízszintesen állítunk (a felső sarkot a pántoldal felé húzzuk). Végül a zárócsapok excenterével a nyomást igazítjuk. A sorrend azért ez, mert a magasság változtatása az oldalhelyzetet is módosítja (ellenőrizendő: vasalatgyártó beállítási útmutatója).

5. feladat (C)
Műveletterv (rövid): 1) Szelvényválasztás, nedvesség ellenőrzés. 2) Szabás hosszra, hibakiejtés. 3) Csapozás a csapozó gépen. 4) Fészekmarás (ha vésett csap). 5) Profilmarás az alsómarón. 6) Száraz összeállítás, derékszög ellenőrzés. 7) Ragasztás, préselés. 8) Méretre igazítás, csiszolás. 9) Felületkezelés. 10) Vasalatszerelés. 11) Üvegezés. 12) Végellenőrzés, beállítás.

6. feladat (D)
Minta a Technológiai lapra a keret csapozására és profilmarására:

39.3.13.1. Technológiai lap

Termék/alkatrész: Vörösfenyő ablakkeret 900×1100 mm, tok- és szárnylécek.
Anyag: Ragasztott ablakfa, nedvesség 12–15% (ellenőrizendő).
Gépek, szerszámok: Csapozó marógép, alsómaró profilmaró szerszámkészlettel, derékszögelő, tolómérő, acél mérőszalag.
Beállítási adatok: fészekszélesség = szelvényvastagság/3 = 27,0 mm; csapvastagság = 27,0 + 2×0,15 = 27,3 mm; profilmaró fordulatszám a szerszámra jelzett $n_{\max}$ (tájékoztató, ellenőrizendő).

Léchosszak (900 × 1100 mm-es keret, 80 mm széles szelvény, 53 mm csaphossz): az álló lécek 1100 mm hosszúak; a vízszintes lécek $900 - 2 \cdot 80 + 2 \cdot 53 = 846\,\text{mm}$ hosszúak (a szabásnál +10 mm ráhagyás, ellenőrizendő).

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Csapozó gép: szerszámsor burkolat, befogó, elszívás. Alsómaró: védőkeret, tolófa, elszívás, tilos kesztyű. Védőszemüveget és fülvédőt viselj (ellenőrizendő: a zajszint függvényében).

Lépések:
1. Ellenőrizd a gépeket: szerszámrögzítés, védőburkolatok, elszívás, üres járatás. – Ellenőrzés: nincs szokatlan rezgés, hang.
2. Fogd be a lécet a csapozó gép asztalára, a csapvállhoz képest a megfelelő ütközővel. – Ellenőrzés: a léc szilárdan, elmozdulás nélkül áll.
3. Marasd ki a csapot és a vállakat. – Ellenőrzés: csapvastagság tolómérővel, a préselési ráhagyással.
4. Végezd el a fészekmarást (ha szükséges). – Ellenőrzés: fészekszélesség, derékszög.
5. Állítsd be az alsómarót a profilmaráshoz, sablonon ellenőrizd a profilt. – Ellenőrzés: próbadarab megfelel a rajznak.
6. Marasd a lécek profilját ellenirányú marással, tolófával. – Ellenőrzés: a profil teljes hosszban azonos, nincs kiszakadás.
7. Tisztítsd meg a darabokat, és végezz száraz összeállítást. – Ellenőrzés: derékszög, illeszkedés, csap vállak záródnak.
Dokumentálás: Munkanaplóban rögzítsd a szerszámok D, z, $n_{\max}$ adatait, a beállított csap- és fészekméreteket, és a mérési eredményeket.

39.3.14. Rövid összefoglaló

Az **ablakgyártás gépekkel** a ragasztott ablakfa kiválasztásával kezdődik, amelynek azonos rostirányú, de váltakozó évgyűrűállású lamellái csökkentik a vetemedést. A csapozó- és láncmarógéppel a keretek sarkain **vésett csapozást, kettős csapot vagy idegencsapos kötést** alakítanak ki; a csapvastagság a szelvényvastagság közel harmada. Az **alsómarón** profilmaró szerszámkészlettel a tok, a szárny és az üveglléc profiljait marják ellenirányú marással. A sarokkötéseket **D4 osztályú, vízálló ragasztóval** préselik, majd a felületkezelés bemártásos alapozással és szórt lazúrral vagy fedőfestékkel történik. A **bukó-nyíló vasalat** sarokpántokból, ollóból, zárócsapokból és lemezekből áll; a beállítás a pántok magasság-, oldal- és nyomásállító csavarjaival, valamint a zárópontok excentereivel végezhető. Az **üvegezés** hőszigetelő üvegtáblával, távtartókkal és tömítőprofilokkal történik. **Minőségellenőrzés** során a derékszöget, az átlókat, a felületet, a vasalat működését és az üvegezés tömítettségét vizsgáljuk. **Továbbvitt eredmény.** Ez az alfejezet megalapozza a Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések és a Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése témákat, mert a gépi ablakgyártás és a vasalat beállítása azokban is előfeltétel.

39.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Faipari gépek biztonsága: MSZ EN ISO 19085 sorozat (ellenőrizendő: részek, hatály).
- Ablakok teljesítménykövetelményei: MSZ EN 14351-1 (ellenőrizendő), valamint a magyar OTSZ és OTÉK előírásai (ellenőrizendő).
- Ragasztó osztály: MSZ EN 204 D4 (ellenőrizendő).
- A gépkönyvek és a gyártói adatlapok az adott ablakprofilhoz, vasalathoz, ragasztóhoz és felületkezelő anyaghoz.
- A technológiai paraméterek (présnyomás, száradási idő, rétegvastagság, zárórés) tájékoztató, ellenőrzendő értékek.
- A faanyag nedvességtartalom célértéke és az ablakfa szabványjelölése ellenőrizendő.

40 Árnyékolók, lépcsők, padlók és burkolatok

40.1. Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések

Egy nyugati fekvésű hálószobában kora délután a nap betűz, a szoba túlmelegszik, a függöny pedig nem szellőztet. Ilyenkor az asztalosnak nemcsak szép, hanem árnyékolástechnikailag is jól működő megoldást kell ajánlania: spalettát, zsalugátert, redőnyt, zsalúziát vagy reluxát. A választás műhelyszempontból is fontos, mert a méretvétel, a gyártás és a beépítés hibája később nyikorgó, szoruló vagy beázó szerkezetet ad.

40.1.1. Spaletta és zsalugáter: fogalmak és szerepük

Definíció. A **spaletta** a nyílászáró elé, csuklósan szerelt, táblás fa árnyékoló. Lehet **belső spaletta** (a helyiség felől) vagy **külső spaletta** (a homlokzaton). A külső spaletta véd a napsugárzástól, a beázástól és a betöréstől is.

Definíció. A **zsalugáter** (műhelyi nevén gyakran **zsalu**) olyan spaletta, amelynek táblája **döntött, egymást átfedő lamellákból** áll. A lamellák árnyékolnak, de a levegőt átengedik, ezért a zsalugáter különösen alkalmas hálószobák, nyári konyhák, fürdők szellőztetésére.

Definíció. A **zsalúzia** külső, állítható dőlésszögű, vízszintes lamellákból álló árnyékoló; a **reluxa** belső, vékony fém/műanyag lamellás árnyékoló; a **redőny** összecsukló, felcsévélhető lamellasor vagy műanyag páncél, amely a nyílás elé kerül; a **napellenző** kifeszített textil vagy fólia, amely az ablak fölé, konzolra szerelve vet árnyékot.

40.1.2. Spaletta szerkezete és készítése

A klasszikus külső spaletta **tokból** (keretszerkezet), **szárnyból** (nyíló tábla), **betétből** (tömör vagy lamellás), **vasalatból** (pánt, kallantyú, rögzítő) és **felületkezelésből** áll. A belső spaletta egyszerűbb: a szoba felől csukódik, ezért kevésbé van kitéve csapóesőnek, de ugyanúgy kell a vetemedést kezelni.

Szabály. A kültéri spaletta minden részleténél érvényesítsd a szerkezeti faanyagvédelmet: ferde, vízelvezető élek, cseppentő hornyok, a bütük elfordítása, a víz bejutását megakadályozó hézagok és a kiszellőzés. A vegyi védelem csak ezután jön. (Lásd: Faanyagvédelem: szerkezeti és vegyi védelem.)

A spaletta készítése általában a következő műveletsorból áll:

1. **Méretvétel a falnyílásnál**: névleges méret, a tok típusa, a fal anyaga, a vasalat helye. Kültéri szárnynál hagyj a szárny alsó éle és a párkány (könyöklő) között legalább 8–12 mm-es szellőzőhézagot (tájékoztató érték, ellenőrizendő: helyi előírás és termék kialakítása).
2. **Szabás és méretre gyalulás**: a keretléceket és a betétet rajz szerint, a nedves faanyagot lehetőleg kültéri beépítésre alkalmas fafajból (például vörösfenyő, tölgy) válaszd. A szálirányt mindig a hosszirányhoz igazítsd.

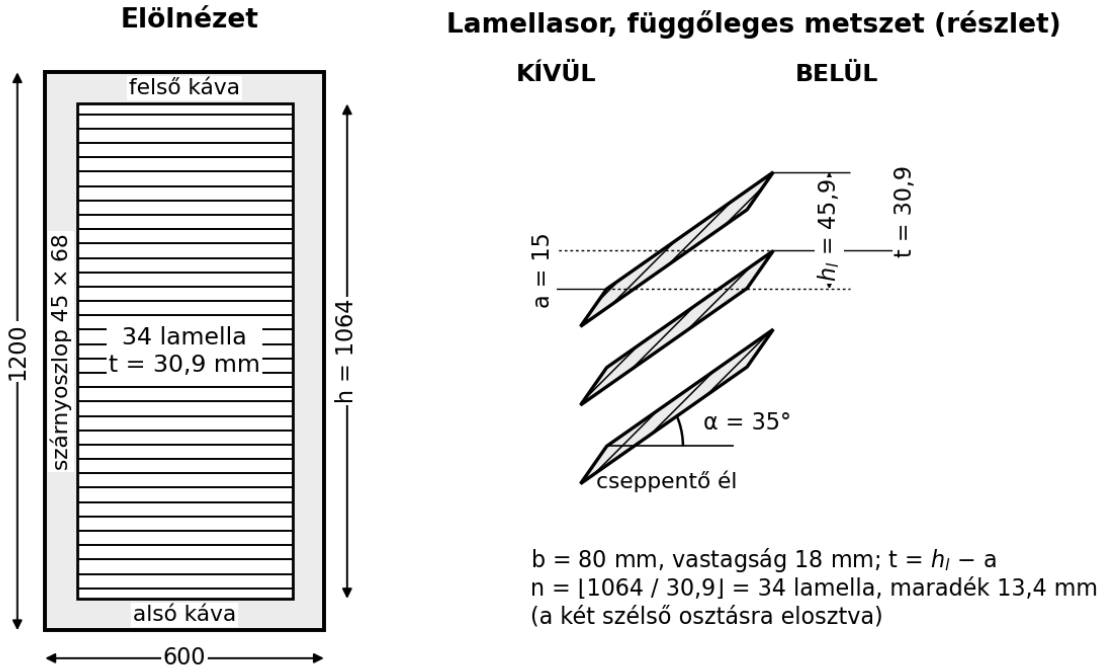
3. **Keretkötések elkészítése**: a spaletta szárny sarkai általában **ollós csapozással** vagy **vésett csapozással** készülnek. A csapok és fészkek kültéri ragasztóval (D4, MSZ EN 204 szerint – ellenőrizendő) ragasztva, rozsdamentes csavarral vagy facsappal biztosítva.
4. **Betét beépítése**: a tömör betétet nútba, mozgási hézaggal helyezd be; a lamellás betétet (zsalugáternél) külön szabály szerint.
5. **Vasalat felszerelése**: a pántokat a tok és a szárny síkjába süllyeszd, a kallantyút úgy állítsd, hogy a szárny zárva ne érjen a tokhoz.
6. **Felületkezelés**: alapozás, köztes réteg, fedőréteg. A kültéri felületkezeléshez olyan rendszert válassz, amely UV-álló és víztaszító.

40.1.3. Zsalugáter: keret, lamellák, vasalatok

A zsalugáter szárnyát leggyakrabban **keret** és **lamellasor** alkotja. A keret függőleges elemei a **szárnyoszlopok**, a vízszintesek a felső és alsó **keresztlécek** (régi szóval: friz). A lamellákat a két oszlop közé, mart nútba vagy cserépbe ültetik, vagy az oszlopok belső oldalára csavarozzák.

Lamellák kialakítása. A lamellák **döntötten** állnak, tipikus dőlésszögük 35°–45° (tájékoztató érték, a terv szerint). A felső lamella alsó éle takarja az alatta lévő felső élét: ez az **átfedés**. Az átfedés akadályozza meg, hogy az esővíz és a közvetlen napsugár a lamellák között bejusson. A lamella alsó élére gyakran **cseppentő élt** marnak, hogy a vízcsepp lecsöppenjen, és ne fusson be a nútba.

Szerkezeti rajz leírása.



Az elölnézeten a szárnyoszlopok (45 × 68 mm) és a felső-alsó keresztlécek (68 mm) között 1064 mm magas lamellasor van; a metszeten a 80 mm széles, 18 mm vastag lamellák 35°-ban lejtenek kifelé, a felső lamella alsó éle (cseppentő él) 15 mm-rel takarja az alatta lévő felső élét. Az osztás $t = h_l - a$ (szemléltető méretek, a terv szerint ellenőrizendő). Az interaktív kalkulátorban a szárnymagasság, a keresztléc, a lamellaszélesség, a dőlésszög és az átfedés változtatható (a program a keresztlécet „káva” néven jelölheti).

40.1.4. A zsalugáter szárny készítése – technológiai recept

Recept. Zsalugáter szárny készítése lamellákkal:

1. **Alkatrészlista készítése** a rajzról: oszlop, keresztlécek, lamellák, vasalat.
2. **Szabás és gyalulás** a kész méretre, ráhagyással a csiszolásra.
3. **A lamellák mart nútjának elkészítése** az oszlopok belső oldalán, párhuzamvezetővel és alsómaróval vagy felsőmaróval; ellenőrizd a nút mélységét és a lamella vastagságát.
4. **A keret csapozása** és száraz összeállítása; a sarok derékszögét átlóméréssel ellenőrizd.
5. **A lamellák méretre vágása** a nút mérete szerint, a dőlt él kialakítása.
6. **A lamellák beillesztése** a nútba, tartós, vízálló kültéri ragasztóval, de a lamella két végén 1–2 mm mozgási hézagot hagyj; a lamellát ne ragaszd mereven a nút teljes hosszában.
7. **Préselés** a keret síkjában, a derékszög folyamatos ellenőrzésével.
8. **Felületcsiszolás** 120–180-as szemcsemérettel, a szálirányban.
9. **Vasalat és felületkezelés**.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz! A marógépen a védőburkolat, a tolófa és a munkadarab-leszorító mindig a helyén legyen; a forgó szerszámhoz kesztyűben ne nyúlj; az elszívást indítsd el. A körfűrészgépen a hasítóék és a fűrész feletti védőburkolat legyen felszerelve; a munkadarabot tolófával vezesd. Poros műveletnél használj FFP-szűrős légzésvédőt (ellenőrizendő: aktuális fapor-expozíciós határérték).

40.1.5. Számítási példa: lamellaosztás

Példa. Egy zsalugáter szárny külső magassága 1200 mm. A felső és alsó vízszintes keretléc (keresztléc) szélessége 68 mm, így a lamellasor rendelkezésre álló magassága $h = 1200 - 2 \cdot 68 = 1064$ mm. A lamella szélessége $b = 80$ mm. A lamella dőlésszöge $\alpha = 35^\circ$. A lamella látható magassága:

$$h_l = b \cdot \sin\alpha = 80 \cdot \sin 35^\circ \approx 45{,}9 \text{ mm}.$$

Ha a szükséges átfedés $a = 15$ mm, akkor a szomszédos lamellák ennyivel takarják egymást, ezért az osztástávolság a látható magasság **mínusz** az átfedés:

$$t = h_l - a = 45{,}9 - 15 = 30{,}9 \text{ mm}.$$

A lamellák számát úgy kapjuk, hogy a rendelkezésre álló magasságot elosztjuk az osztástávolsággal:

$$n = \frac{h}{t} = \frac{1064}{30{,}9} \approx 34{,}4.$$

Ez azt jelenti, hogy 34 lamellát építünk be; a maradék kb. 13–14 mm-t az alsó és felső osztás egyenletes elosztásával vagy a keresztléc takarásával vesszük fel. Gyakorlatban az utolsó osztást enyhén módosítjuk, hogy a felső és alsó él esztétikus maradjon, vagy az alsó keresztlécet alakítjuk ki takarásként. **Megjegyzés.** A pontos dőlésszög és átfedés a terv és a gyártmány adatlapja szerint ellenőrizendő.

40.1.6. Kültéri faanyagvédelem és felületkezelés

A spaletta és a zsalugáter kültéri termék, ezért a felületkezelésnél a **fa mozgását** is figyelembe kell venni. A faanyagot lehetőleg már szárítva, kültéri beépítésre alkalmas fajtából válaszd. A leggyakoribb hazai fafajok: **vörösfenyő**, **tölgy**, esetleg **akác**; a fenyő külső térben csak megfelelő, kültéri célú felületkezeléssel használható (tájékoztató, ellenőrizendő). A bütüket mindig zárjuk le, mert ott a leggyorsabb a nedvességfelvétel.

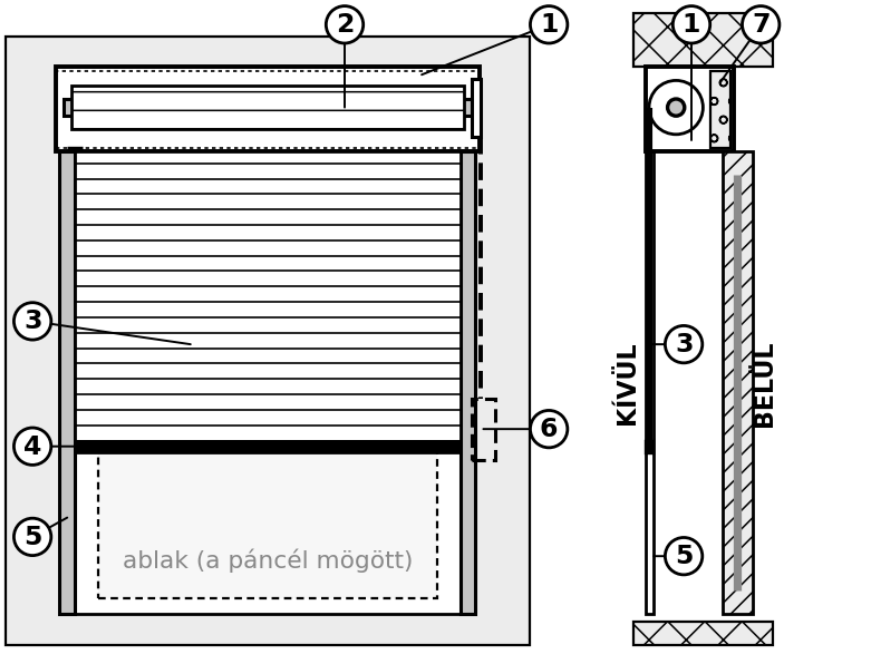
A felületkezelés rétegrendje kültéren jellemzően:

- **alapozó (impregnáló)**: gomba- és rovarmentesítő, esetleg színtelen vagy lazúros alap;
- **köztes réteg**: UV-szűrős, pigmentált lazúr vagy fedő alap;
- **fedőréteg**: vastagrétegű, rugalmas, víztaszító lazúr vagy lakk.

A rétegek között mindig a gyártó által előírt száradási időt és csiszolást tartsd be. A felületkezelő anyagok biztonsági adatlapját mindig olvasd el, és szellőzés mellett dolgozz.

40.1.7. Árnyékolástechnikai berendezések: redőny, zsalúzia, reluxa, napellenző

Redőny. A redőny a nyílászáró elé szerelt, felcsévélhető lamellasor vagy páncél. A **tok** rejti a csévélő tengelyt, a **vezetősín** a nyílás két oldalán vezeti a redőnyt, a **gurtni** vagy **motor** mozgatja. A redőny jól zárja a fényt, hőszigetel, de szellőzést nem ad, ezért a szellőzést külön kell megoldani.



(A) kivágott elölnézet (kívülről) **(B) függőleges metszet**

1 redőnytok · 2 csévélő tengely · 3 lamellás páncél (üreges lamellák) · 4 záróléc
5 vezetősín · 6 hevederes mozgató (hevedertárcsa, heveder, hevederfelcsévélő a belső oldalon; helyette motor is lehet) · 7 a tok hőszigetelése

40.1. ábra. A redőny felépítése: kivágott elölnézet és függőleges metszet (sematikus); 1 redőnytok, 2 csévélő tengely, 3 lamellás páncél, 4 záróléc, 5 vezetősín, 6 hevederes mozgató, 7 a tok hőszigetelése

Zsalúzia. A külső zsalúzia vízszintes, állítható dőlésszögű lamellákból áll, amelyeket oldalsó vezetőpántok tartanak. A lamellák döntésével lehet árnyékolni, szellőzni, és a kilátást is szabályozni. A zsalúzia szerkezete hasonlít a zsalugáterhez, de a lamellák mozgathatók.

Reluxa. A belső reluxa vékony fém- vagy műanyag lamellákkal készül, a nyílászáró belső oldalán. A lamellák dönthetők, felhúzhatók. Napsugárzás ellen csak a belső oldalon hat, ezért kültéri árnyékoló nélkül a hőterhelést csak részben csökkenti.

Napellenző. A napellenző konzolra szerelt, kihúzható textil vagy fólia, amely az ablak fölé nyúlik, és árnyékot vet. Karbantartása tisztításból és a szerkezet kenéséből áll.

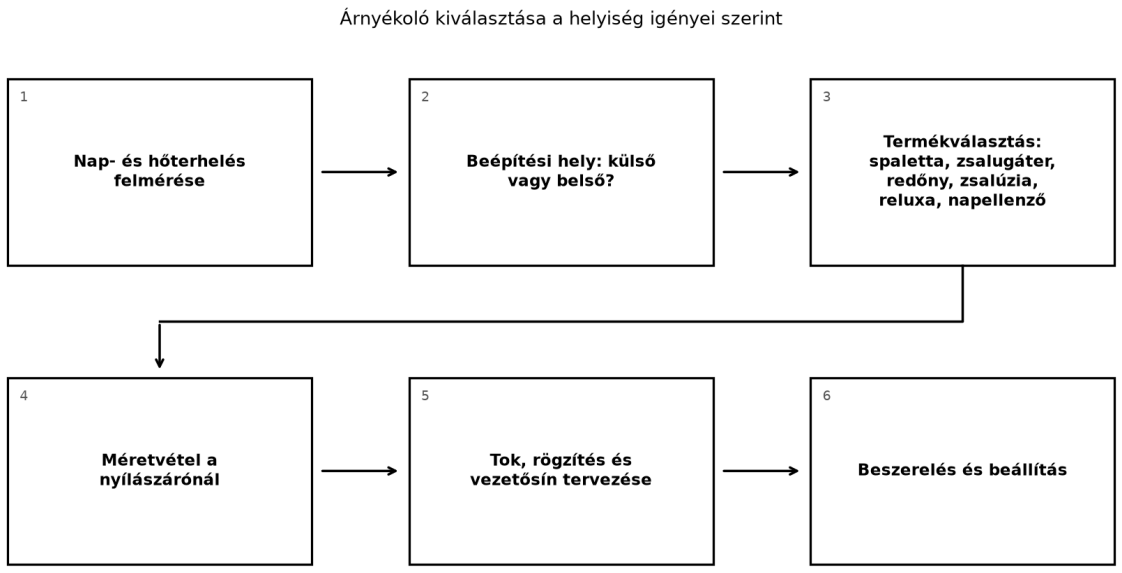
40.1.8. Árnyékoló kiválasztása és beépítése

A beépítés során a legfontosabb, hogy a szerkezet a falnyíláshoz illeszkedjen, a szárnyak zárva ne érjenek egymáshoz, és a vasalat elbírja a szárny súlyát. A tokot dűbelekkel, csavarokkal rögzítik, a rést rugalmas tömítőanyaggal zárják. A redőny vezetősínjét függőlegesen szerelik, a csévélő tokot vízszintesen.

40.1.9. Gyártás és szerelés lépései

1. **Felmérés**: a nyílászáró mérete, a fal anyaga, a vakolat vastagsága, a vasalat helye.
2. **Tervezés**: a szárnyak száma, mérete, a lamellák osztása, a felületkezelés.
3. **Gyártás**: a fenti recept szerint; a tömeggyártásban sablonokkal, sorozatfúróval, csapozó maróval.
4. **Előszerelés**: a szárnyat a tokba illesztik, beállítják a pántokat, a kallantyút.
5. **Helyszíni szerelés**: a tokot a falnyílásba rögzítik, a szárnyat visszahelyezik, a zárást és a szellőzést ellenőrzik.
6. **Dokumentálás**: a beépítési jegyzőkönyv, a garancia feltételei.

Ábra. A következő folyamatábra a megfelelő árnyékoló kiválasztásának lépéseit mutatja.



40.2. ábra. Árnyékoló kiválasztása a helyiség igényei szerint - Szemléltető döntési lépéssor; az építészeti adottságok, a termék adatlapja és a helyi előírások mindig felülírják.

40.1.10. Minőségellenőrzés

Az elkészült zsalugáter szárnynál a következőket ellenőrizd:

- **Méretpontosság:** a szárny mérete a rajz szerint, a derékszög eltérése legfeljebb 1–2 mm (tájékoztató érték).
- **Lamellák osztása:** az átfedés egyenletes, a lamellák dőlésszöge azonos.
- **Mozgás:** a szárny pántja nem szorul, a kallantyú könnyen zár, a lamellák nem kotyognak.
- **Felület:** a felületkezelés egyenletes, nincs folyás, csepp, ecsetnyom, a bütük zárva vannak.
- **Vízelvezetés:** a cseppentő élek lefelé irányulnak, a víz nem folyik a nútba.

40.1.11. Tipikus hibák és okaik

- **A lamellák között beesik az eső.** Ok: túl kicsi az átfedés, vagy a dőlésszög túl lapos. Helyes gyakorlat: legalább 15–20 mm átfedés, és 35°–45° dőlésszög (tájékoztató érték).
- **A szárny vetemedik, szorul.** Ok: a keret anyaga túl nedves volt, vagy a lamellákat mereven beragasztották. Helyes gyakorlat: szárított fa, mozgási hézag a lamellák körül, rugalmas kültéri ragasztó.
- **A felület lepattogzik, a fa megszürkül.** Ok: rossz alapozás, nem UV-álló fedőréteg, a bütük kezeletlenek. Helyes gyakorlat: kültéri, pigmentált, UV-szűrős rendszer, bütülezárás.
- **A redőny vezetősín zörög, a redőny félrehúz.** Ok: a sín nem függőleges, a rögzítés laza. Helyes gyakorlat: vízmértékkel szerelés, a síneket csavarral, dűbellel rögzíteni.

40.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy régi, műemlék jellegű házon a külső spalettákat cserélni kellett. Az asztalos zsalugátert készített vörösfenyőből. A régi spaletta tömör betétje miatt a helyiségekben nyáron megállt a levegő, és a túlmelegedés mellett penészesedés is jelentkezett. Az új zsalugáter lamellái 40°-os dőléssel, 18 mm-es átfedéssel készültek, így a szellőzés megoldódott. A felületet kétszeri pigmentált lazúrral kezelték, a bütüket külön lezárták. A beépítésnél a tokot 8 mm-es szellőzőhézaggal szerelték a falra, így a mögötte lévő levegő kering. A szárnyak azóta sem vetemedtek, és a szoba nyáron is élhető.

40.1.13. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a spaletta és a zsalugáter között?
2. Miért döntött a zsalugáter lamellája, és miért van szükség átfedésre?
3. Miért kell mozgási hézagot hagyni a lamellák körül?
4. Mi a cseppentő él szerepe?
5. Milyen sorrendben végzed el a kültéri spaletta felületkezelését?
6. Mi a redőny, a zsalúzia és a reluxa közötti alapvető különbség?

40.1.14. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a zsalugáter szárny fő részeit, és írd le, mi a szerepe a lamellák átfedésének.

2. feladat (A) Miért fontos a bütük lezárása kültéri fa terméken?

3. feladat (B) Egy zsalugáter szárny külső magassága 1000 mm. A felső és alsó keresztléc szélessége 60 mm. A lamella szélessége 70 mm, dőlésszöge 40°, a szükséges átfedés 15 mm. Számítsd ki, hány lamellát lehet beépíteni!

4. feladat (B) Egy redőnyt a nyílászáró elé szerelnek. A vezetősínt 2,10 m magas nyílásnál kell felszerelni. A szerelő a sín felső rögzítését 5 mm-rel a függőlegestől balra tette, az alsót 5 mm-rel jobbra. Mekkora a sín eltérése a függőlegestől, és miért okoz ez problémát? (Ingaóra-szerűen: a sín felső és alsó pontja közötti vízszintes eltérés.)

5. feladat (C) Tervezd meg egy külső spaletta szárnyát egy 900 × 1500 mm-es ablaknyíláshoz! Írd le, milyen fafajt választasz, milyen kötést használsz a keretnél, hogyan helyezed el a pántokat, és milyen felületkezelést alkalmaznál. Indokold a döntéseidet!

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy zsalugáter szárny készítéséhez! Add meg a gépeket, a beállítási adatokat, a munkavédelmi előírásokat, a műveleti sorrendet és az ellenőrzési pontokat. A technológiai lap legyen kivitelezhető a tanműhelyben.

40.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. A spaletta táblája lehet tömör; a zsalugáter táblája döntött, átfedő lamellákból áll, amelyek szellőzést is biztosítanak.
2. A döntés miatt a víz lefolyik, és a nap sugarai nem hatolnak be; az átfedés a lamellák között megakadályozza a közvetlen fény- és esőbejutást.
3. A fa nedvesség változására megduzzad, és ha nincs hézag, a lamellák kifeszítik a keretet.
4. A cseppentő él a vízcseppet az elem alsó élénél leválasztja, így a víz nem folyik be a nútba vagy a szerkezetbe.
5. Alapozó (impregnáló) → köztes réteg (UV-szűrős lazúr vagy fedő alap) → fedőréteg, a bütük lezárásával.
6. A redőny felcsévélhető, összefüggő lamellasor/páncél; a zsalúzia külső, állítható dőlésszögű lamellás; a reluxa belső, vékony lamellás árnyékoló.

1. feladat megoldása: A zsalugáter szárny fő részei: szárnyoszlopok, felső és alsó keresztléc, lamellák. A lamellák átfedése megakadályozza, hogy a napsugár és az eső a lamellák közötti réseken átjusson.

2. feladat megoldása: A bütü a fa rostjainak vége, ahol a nedvesség a leggyorsabban távozik vagy bejut. Ha nincs lezárva, a fa vetemedik, reped, a felületkezelés is leválik.

3. feladat megoldása:

Rendelkezésre álló magasság:

$$h = 1000 - 2 \cdot 60 = 880 \text{ mm}.$$

A lamella látható magassága:

$$h_l = 70 \cdot \sin 40^\circ \approx 45{,}0 \text{ mm}.$$

Az osztástávolság:

$$t = 45{,}0 - 15 = 30{,}0 \text{ mm}.$$

A lamellák száma:

$$n = \frac{880}{30{,}0} \approx 29{,}3.$$

Tehát 29 lamellát építünk be, a maradék kb. 10 mm-t az osztások között elosztva vagy a keresztlécnél felvéve.

4. feladat megoldása: A felső pont 5 mm-rel balra, az alsó 5 mm-rel jobbra tér el, így a vízszintes eltérés a két pont között $5 + 5 = 10$ mm. Ez a sín ferdesége, ami miatt a redőny nem fut egyenletesen, zörög, és a lamellák élei kopnak.

5. feladat megoldása (minta): Választott fafaj: vörösfenyő, mert kültéren jól teljesít. Keretkötés: ollós csapozás, vízálló D4 ragasztóval és facsappal. Pántok: három darab, a szárny magasságának felső, középső és alsó harmadában. Felületkezelés: pigmentált, UV-szűrős lazúr, a bütük lezárásával. Indoklás: a vörösfenyő tartós, a csapozás merev, a lazúr megengedi a fa mozgását.

6. feladat megoldása (minta technológiai lap):

Termék: zsalugáter szárny, 600 × 1200 mm külméret, vörösfenyő (ellenőrizendő: fafaj és nedvesség 12–15 %).
Gépek, szerszámok: asztalos körfűrész, egyengető és vastagsági gyalu, alsómaró vagy felsőmaró a lamellanút és a falc marására, csapozó marógép, derékszögelő, tolómérő.
Beállítási adatok: nútmélység 20 mm, a lamellák dőlésszöge 35° (sablonnal ellenőrizve), lamellaosztás a számítási példa szerint (ellenőrizendő: terv és gyártmány-adatlap).
Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Körfűrész: hasítóék, tolófa, elszívás. Maró: védőkeret, ellenirányú előtolás, kesztyű tilos. Védőszemüveg, fülvédő, légzésvédő (faporhoz). Indítás előtt ellenőrizd a szerszám rögzítését, az elszívást, a vészleállítót.
Lépések: 1. Szabás hosszra és szélességre ráhagyással. – Ellenőrzés: méret ± 1 mm. 2. Gyalulás méretre. – Ellenőrzés: szelvény 45 × 68 mm, tolómérővel. 3. Csapozás/fészkelés a keretnél. – Ellenőrzés: illesztés próbadarabbal. 4. Lamellanútok marása a szárnyoszlopokba. – Ellenőrzés: nútmélység 20 mm, osztás sablonnal. 5. Lamellák szabása és élképzése, bütük lezárása alapozóval. – Ellenőrzés: egyforma szélesség és vastagság. 6. Száraz összeállítás. – Ellenőrzés: derékszög, átlók eltérése legfeljebb 1 mm. 7. Ragasztás (D4, ellenőrizendő), préselés. – Ellenőrzés: sehol nincs ragasztóhézag. 8. Csiszolás, felületkezelés. – Ellenőrzés: a bütük zártak, a felület egyenletes.

40.1.16. Rövid összefoglaló

A spaletta a nyílászáró elé szerelt, csuklósan nyíló fa árnyékoló; a zsalugáter döntött, átfedő lamellákkal készül, így árnyékol és szellőztet is. A kültéri spaletta szerkezeti védelme a legfontosabb: a vízelvezető élek, a cseppentő élek, a bütük lezárása és a kiszellőzés megakadályozza a vetemedést és a korhadást. A zsalugáter szárny keretből és lamellákból áll; a lamellák dőlésszöge 35°–45°, az átfedés legalább 15–20 mm (tájékoztató értékek). A lamellákat mozgási hézaggal kell beépíteni. A redőny felcsévélhető, a zsalúzia külső, a reluxa belső lamellás árnyékoló, a napellenző kifeszített textil. A beépítésnél a tokot dűbelekkel, a vezetősínt függőlegesen szerelik, a rést tömítik. **Továbbvitt eredmény.** Az árnyékolók helyes kiválasztását és beépítési elveit a IX. RÉSZ – Szerelés és termékgyártás részben, valamint a vizsgaremek dokumentációjában alkalmazzuk: a méretvétel, a tok és a vasalat illesztése ugyanúgy zajlik, mint bármely épületasztalos terméknél; a kültéri beépítésnél pedig a szerkezeti faanyagvédelem elveit kell érvényesíteni.

40.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** Faipari szakkönyvek az épületasztalos-ipari szerkezetekről, nyílászáró- és árnyékolástechnikai gyártmánykatalógusok, felületkezelő anyagok műszaki adatlapjai, általános gépbiztonsági előírások.
- **Ellenőrizendő:**
  - A kültéri faanyagvédelemre és a nyílászáró beépítésére vonatkozó aktuális magyar és európai előírások (OTÉK, OTSZ, tűzvédelmi osztályok).
  - A D4 ragasztóosztály pontos szabványhivatkozása (MSZ EN 204).
  - A fapor-expozíciós határérték és a légzésvédő FFP-osztály pontos adatai.
  - A zsalugáter lamellák dőlésszögére és átfedésére vonatkozó konkrét gyártói ajánlások, mivel azok terméktől és klímától függenek.

40.2. Falépcsők szerkesztése és készítése

40.2.1. Miért kell lépcsőt szerkeszteni?

A megrendelő egy családi ház földszintje és emelete közé falépcsőt szeretne. A szintkülönbség adott, de ha az asztalos csak „szemre” osztja be a fokokat, a lépcső túl meredek vagy túl lapos lesz. A rossz lépcsőn fárasztó a járás, idősebbek és gyerekek könnyen megbotlanak. Ha pedig a fokok nem egyformák, az agy nem tudja megszokni a lépésritmust, ezért a lépcső még akkor is balesetveszélyes, ha szép. Ezért a falépcső készítése **szerkesztéssel és számítással** kezdődik, nem pedig a fűrészgéppel.

Képzeljünk el egy egyenes, pofás falépcsőt. Két vastag oldalsó deszka, a **pofa** tartja a vízszintes **foklapokat**. A fokok élére sokszor függőleges **homloklap** kerül, amely eltakarja a fokok közötti rést és merevíti a szerkezetet. A lépcső tetején a korlát kapaszkodója zárja a járófelületet. A szerkesztés azt határozza meg, hogy hány fok kell, milyen magasak legyenek a fokok, és mekkora legyen a belépő mélység.

40.2.2. Falépcsők szerkezeti típusai

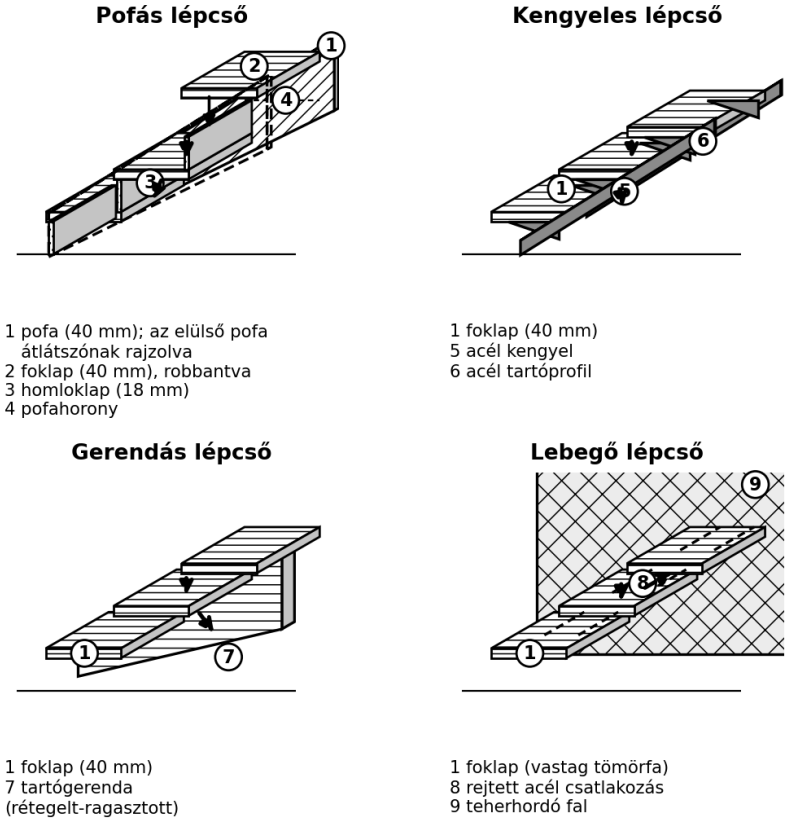
Definíció.
A **falépcső** olyan, elsősorban faanyagból készült lépcsőszerkezet, amely szintkülönbséget hidal át járófokok sorozatával. A teherviselő szerkezet lehet két oldalsó pofa, középső tartógerenda, kengyel vagy falba fogott konzol.

A gyakorlatban négy alapszerkezetet különböztetünk meg:

- **Pofás lépcső (oldalfás lépcső):** két, a lépcsőkar két oldalán álló, ferde, lépcsősen kimart vagy felületén rögzített deszka tartja a fokokat. A foklapokat a pofákba mart **árokba** (horonyba) csúsztatják, vagy fém **foktartó csavarra**, illetve facsavarra rögzítik. Ez a leggyakoribb hagyományos szerkezet.
- **Kengyeles lépcső:** a foklapokat kétoldalt acél **kengyel** vagy acélprofil tartja, a fa fokok csak a járófelületet adják. A kengyel lehet rejtett vagy látható.
- **Gerendás lépcső:** egy vagy két ferde, tömör vagy rétegelt-ragasztott **tartógerenda** viseli a fokokat. A fokok a gerendára ülnek, vagy a gerenda tetejébe mart fészkekbe illeszkednek. Egyetlen középső gerenda esetén a lépcsőnek „lebegő” hatása van.

- **Lebegő lépcső:** a fokok látható oldalsó tartó nélkül, rejtett acélszerkezettel vagy falba befogott csapokkal kapcsolódnak. A fa részek itt gyakran vastag tömörfa lapok. A szerkezeti méretezése szakági feladat; az asztalos jellemzően kész termék beépítését, burkolását vagy sablon alapján a faelemeket készíti.

A lépcső járófelületét a **foklap** adja. A foklap elülső éle gyakran túlnyúlik a homloklapon, ezt **fokorr** hívjuk. A **homloklap** a foklapok közötti függőleges elem; nem minden lépcsőn van. A pofa a fokokat tartó ferde oldalelem, a **tartógerenda** a fokok alatti teherviselő gerenda. A lépcsőkar a két pihenő vagy a kezdő- és érkezőszint közötti foksor.



Szaggatott nyíl: teherút (fok → pofa / kengyel / gerenda / fal). Sematikus vázlat azonos léptékben: fokmagasság 175, belépő 280 mm.

40.3. ábra. A falépcsők négy alapszerkezete sematikus axonometrikus vázlatban, azonos léptékben; a szaggatott nyíl a teherutat (fok → pofa, kengyel, gerenda vagy fal) mutatja, a pofás lépcsőn egy foklap robbantva, a pofahoronyba csúsztatás irányával

A vázlatok azonos léptékűek (fokmagasság 175 mm, belépő 280 mm, foklap 40 mm, homloklap 18 mm, pofa 40 mm). A pofás lépcsőnél a teher a foklapról a pofahornyon át a pofákra jut, a kengyelesnél az acél kengyeleken át a tartóprofilra, a gerendásnál a fokok alatti tartógerendára, a lebegőnél a rejtett acél csatlakozáson át a teherhordó falra.

40.2.3. A lépcső méretei és a lépcsőképlet

A lépcsőszerkesztéshez először a következő méreteket kell értelmezni:

- **Szintkülönbség, jele H:** a kész padlószintek közötti függőleges távolság. Ezt a helyszínen kell pontosan megmérni, mert a kész padlóburkolat vastagsága is beleszámít.

- **Fokmagasság, jele m:** két szomszédos foklap felső síkja közötti függőleges távolság.
- **Belépőszélesség, jele b:** a foklap vízszintes mélysége az orr nélkül, a lépésirányban mérve.
- **Fellépésszám (emelkedésszám), jele n:** a fokmagasságok (fellépések) száma, $n = H/m$. A foklapok (belépők) száma egyenes karban $n - 1$, mert az utolsó fellépés az érkező padlószintre visz.
- **Járóvonal:** az a képzeletbeli vonal, amelyen az emberek a lépcsőn haladnak. Egyenes lépcsőn a lépcsőkar közepén, fordulós lépcsőn a belső korláttól kb. 40–50 cm-re húzódik **(ellenőrizendő: a konkrét előírás szerint)**.
- **Szabad belmagasság:** a foklap felső síkja és a felette lévő födém vagy lépcsőkar alsó síkja közötti függőleges távolság. Ennek elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy egy magas ember is felemelt fejjel közlekedhessen; lakóépületben jellemzően legalább 2,10 m **(ellenőrizendő: hatályos előírás)**.

Összefüggés.
A legfontosabb méretezési képlet a **lépcsőképlet**:

$$2m + b \approx 63 \text{ cm}.$$

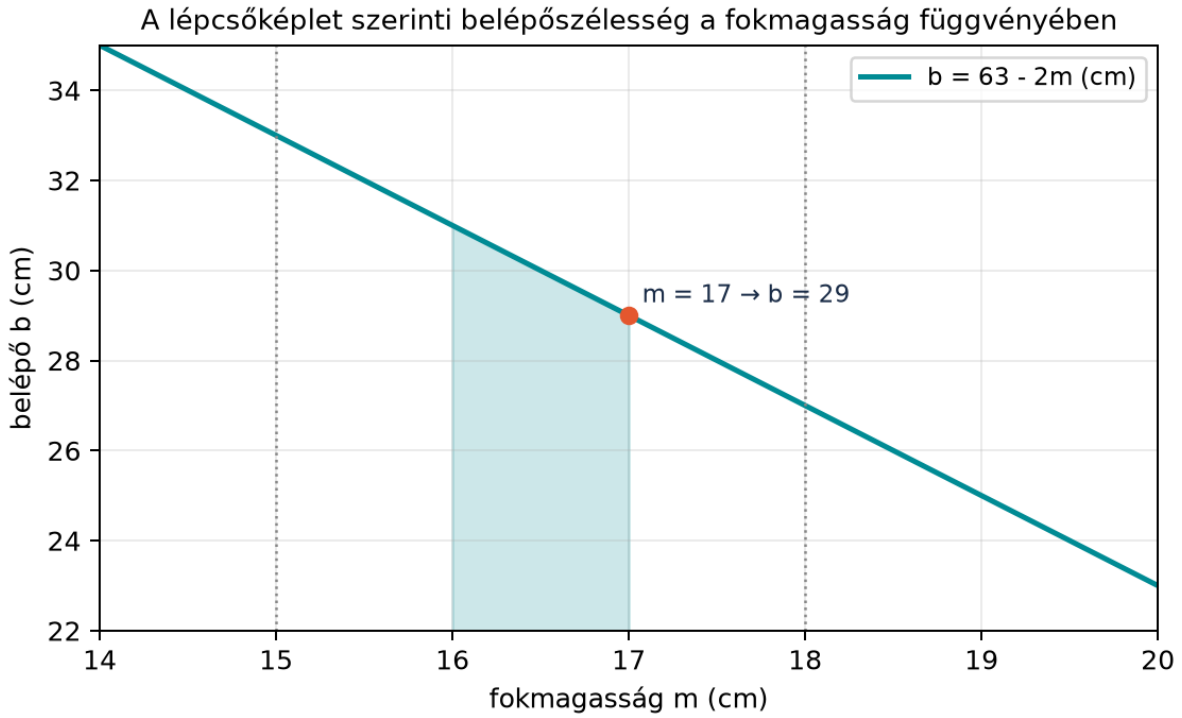
Ezt a képletet a tapasztalati lépéshosszból vezetjük le. Felnőtt ember átlagos vízszintes lépéshossza kb. 63 cm. Lépcsőn járva az egy lépéshez tartozó vízszintes belépő b és két függőleges emelkedés $2m$ összegének a természetes lépéshosszal kell összhangban lennie. Ha például a fokmagasság 17 cm, akkor a képlet szerint a belépőnek $63 - 2 \cdot 17 = 29$ cm-nek kell lennie.

Szabály.
A lépcső akkor kényelmes és biztonságos, ha a fokmagasság és a belépő a lépcsőképlet közelében marad. A lakóépületekben jellemző tájékoztató tartományok:

- fokmagasság: kb. 15–18 cm; kényelmes lépcsőhöz 16–17 cm;
- belépő: kb. 26–32 cm;
- a lépcsőkar szélessége: legalább 90–100 cm lakóépületben;
- a korlát magassága a fok élétől mérve: kb. 100 cm.

Ezek az értékek az épület rendeltetésétől, a tűzszakaszolástól és a menekülési útvonaltól függenek, ezért a konkrét terv mindig előírás. **A pontos határértékeket a hatályos építési előírás, elsősorban az OTÉK és a tűzvédelmi műszaki irányelvek tartalmazzák (ellenőrizendő).**

Az alábbi ábra a lépcsőképletből kiszámolt belépőt mutatja a fokmagasság függvényében:



40.4. ábra. A lépcsőképlet szerinti belépőszélesség a fokmagasság függvényében - Szemléltető görbe a 2m + b = 63 cm képlettel. A pontozott függőleges vonalak a 15–18 cm-es tájékoztató fokmagasság-tartományt, a színezett sáv a kényelmes 16–17 cm-t jelöli; ehhez 33–27, illetve 31–29 cm belépő tartozik. A szabványos határértékeket ellenőrizni kell.

Megjegyzés.
A lépcsőképlet a kényelmes járás tapasztalati képlete, nem merev tervezési előírás. Mindig ellenőrizni kell az adott épületre vonatkozó jogszabályi és tervi előírásokat.

40.2.4. Számítás: egyenes falépcső fokbeosztása

Számítás.
Adott egy családi ház földszintje és emelete közötti kész padlószintek távolsága: $H = 280$ cm. A kényelmes lépcsőhöz célérték: $m \approx 17$ cm, $b \approx 28$ cm. Kérdés: hány fok szükséges, mekkora a pontos fokmagasság, és mennyi a lépcsőkar vízszintes vetületi hossza?

1. A fokmagasság közelítő értékéből a fokszám:
   $n = \frac{H}{m} = \frac{280\ \text{cm}}{17\ \text{cm}} \approx 16{,}47.$
   A fokszámot egészre kerekítjük: $n = 16$ fok.

2. A pontos fokmagasság:
   $m = \frac{H}{n} = \frac{280\ \text{cm}}{16} = 17{,}5\ \text{cm}.$

3. A lépcsőképletből a belépő:
   $b = 63\ \text{cm} - 2 \cdot 17{,}5\ \text{cm} = 63\ \text{cm} - 35\ \text{cm} = 28\ \text{cm}.$
   Ez a belépő a 26–32 cm-es kényelmes tartományban van.

4. A lépcsőkar vízszintes vetületi hossza a fellépések száma alapján: a fellépések száma $n = 16$, de a foklapok (belépők) száma $n - 1 = 15$, mert az utolsó fellépés az érkező padlószintre

visz. A kar vízszintes hossza:
$L = (n-1)\cdot b = 15 \cdot 28\ \text{cm} = 420\ \text{cm}$.

Ellenőrzés: a lépcső hajlásszöge megközelítőleg $\arctan(m/b) = \arctan(17{,}5/28) \approx 32^\circ$, ami kényelmes, nem túl meredek. ∎

40.2.5. Fordulós lépcső és a járóvonal

Ha a lépcső fordul, a fokok nem párhuzamos téglalapok, hanem a forduló belső oldalán keskenyebbek, a külső oldalon szélesebbek. A szerkesztés alapja a **járóvonal**, mert az emberi lépést ezen a vonalon kell egyenletesen elosztani.

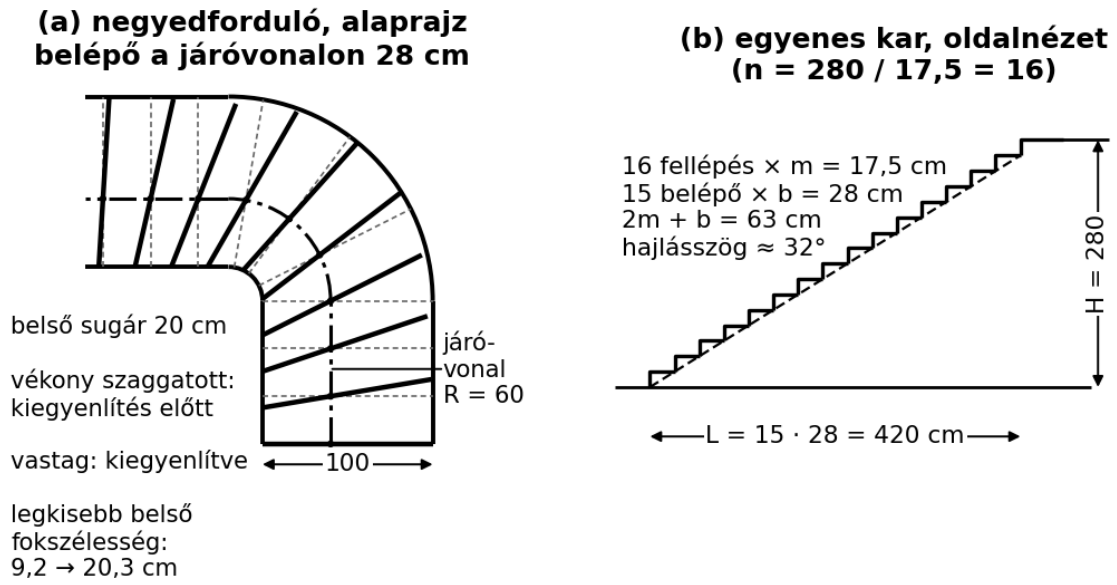
Definíció.
A **fordulós lépcső** olyan lépcső, amelyben a kar irányt változtat. A fordulás lehet **negyedfordulós** (90°) vagy **félfordulós** (180°). A fordulóban a fokok alakja ék alakú, ezért **ívből lépcsőfokokat** is készítenek.

A szerkesztés lépései egy negyedfordulós lépcsőhöz:

1. Rajzoljuk meg a lépcsőház alaprajzát, a lépcsőkar szélességét és a forduló belső határát.
2. Jelöljük ki a **járóvonalat**: a belső korlát vonalától kb. 40–50 cm-re futó, a karral párhuzamos ívet **(ellenőrizendő: az előírt távolság)**.
3. Osszuk fel a járóvonal ívét a kiegyenlített belépő méretre. Az egyenes karokon a belépőt a lépcsőképlettel számolt érték adja, a fordulóban a járóvonalon mért ívhosszból számolunk.
4. A járóvonal felosztási pontjaiból húzzunk vonalakat a forduló középpontja felé; ezek adják a fokok homlokvonalait.
5. Ha a belső oldalon a fok túl keskeny lenne, **kiegyenlítést** végzünk: az utolsó egyenes fokokat már a forduló előtt fokozatosan megfordítjuk, hogy a keskeny részek ne torlódjanak össze.

A **kiegyenlítés** lényege: a forduló előtti 2–3 fok homlokvonalát kissé elforgatjuk úgy, hogy a járóvonalon a belépő ne változzon, de a belső sarokban is járható szélesség maradjon. Ezt a szerkesztést legjobban **fokbeosztási sablonon**, a tényleges alaprajzi méretben kell elvégezni.

Számítás.
Adott egy negyedfordulós lépcső, a lépcsőkar szélessége 100 cm, a belső sugár az orsófalnál 20 cm, a járóvonal sugara 60 cm. A kényelmes belépő a járóvonalon 28 cm. A negyedkörív hossza a járóvonalon:
$L_{\text{ív}} = \frac{1}{4}\cdot 2 \cdot R_j \cdot \pi = \frac{1}{4}\cdot 2 \cdot 60\ \text{cm} \cdot \pi \approx 94{,}2\ \text{cm}$.
A fordulóban a fokok száma:
$n_{\text{ív}} = \frac{L_{\text{ív}}}{b} = \frac{94{,}2\ \text{cm}}{28\ \text{cm}} \approx 3{,}36$,
tehát 3–4 fokot kell elhelyezni; a pontos felosztást a járóvonalon kell elvégezni, és a kiegyenlítéssel a belső fokéleket fokozatosan kiszélesíteni. ∎



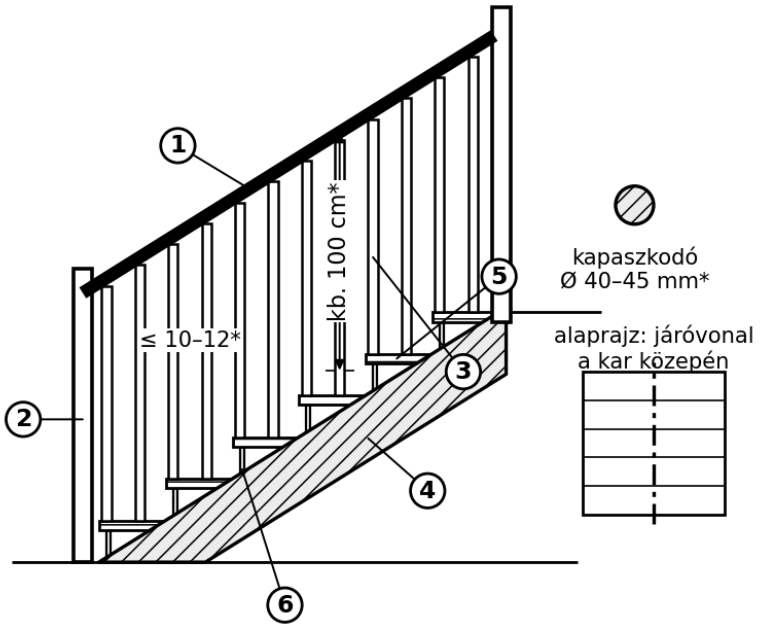
40.5. ábra. Negyedfordulós lépcső alaprajzi fokbeosztása a járóvonalon (R = 60 cm, belépő 28 cm), kiegyenlítés előtt (vékony szaggatott) és után (vastag), valamint az egyenes kar oldalnézete (16 fellépés × 17,5 cm, 15 belépő × 28 cm)

Az (a) alaprajzon a karszélesség 100 cm, a belső sugár 20 cm, a járóvonal a belső széltől 40 cm-re fut. Kiegyenlítés nélkül a forduló belső oldalán a fok csak kb. 9 cm széles; kiegyenlítéssel (a homlokvonalak belső végpontjait a belső határvonal mentén arányosan elosztva) ez kb. 20 cm-re nő, miközben a járóvonalon a belépő 28 cm marad (szemléltető módszer; a legkisebb megengedett belső fokszélesség ellenőrizendő: OTÉK, szakkönyv). A (b) oldalnézet az egyenes kar számítását mutatja: $H = 280$ cm, 16 fellépés × 17,5 cm, 15 belépő × 28 cm, $L = 420$ cm, hajlásszög $\approx 32°$. Az interaktív lépcsőkalkulátorban a szintkülönbség, a cél-fokmagasság, a karszélesség, a belső sugár és a járóvonal helye változtatható, a kiegyenlítés ki-be kapcsolható.

40.2.6. Korlát, korlátorsó és kapaszkodó

A lépcső nem készül el korlát nélkül. A **korlát** a járás biztonságát szolgálja, vezeti a kezet, és megakadályozza a leesést.

- **Kapaszkodó:** a korlát felső, kézbe fogható eleme. Jellemző átmérője 40–45 mm, magassága a fok élétől mérve kb. 100 cm **(ellenőrizendő: előírás)**.
- **Korlátoszlop:** a korlát függőleges tartóeleme, amely a fokokhoz vagy a pofához csatlakozik. Kétféle van: a **főoszlop** a kezdő és végpontnál, valamint a fordulóban áll, a **korlátorsó** a kisebb, közbenső függőleges elem.
- A korlátorsók távolságát úgy kell megválasztani, hogy gyermekfej ne férjen át közöttük; jellemzően legfeljebb 10–12 cm **(ellenőrizendő: előírás)**.



1 kapaszkodó · 2 főoszlop · 3 korlátorsó · 4 pofa · 5 fok (foklap) · 6 homloklap
* tájékoztató érték, ellenőrizendő: hatályos előírás (OTÉK). A magasságot a fokél vonalától mérjük.

40.6. ábra. Falépcső korlátja oldalnézetben: 1 kapaszkodó, 2 főoszlop, 3 korlátorsó, 4 pofa, 5 fok, 6 homloklap; a korlátmagasság a fokél vonalától mérve és a korlátorsók közötti legnagyobb nyílás (tájékoztató, ellenőrizendő értékek)

A korlát részeinek gyártásakor a kapaszkodót ergonomikus keresztmetszettel, a korlátorsókat sablonnal, ismétlődő profillal készítjük. A rögzítés leggyakrabban tiplivel, csavarral és ragasztással, vagy rejtett fém kötőelemmel történik. A korlát szerkezeti kapcsolatait úgy kell kialakítani, hogy a kapaszkodóra támaszkodó ember terhét biztonságosan felvegye **(ellenőrizendő: a kapaszkodó terhelési előírása)**.

40.2.7. Lépcsőlapok és korlátok gyártása, beépítése

A lépcsőfokok anyaga leggyakrabban tömörfa (tölgy, bükk, kőris, akác) vagy rétegelt-ragasztott lap, amelyet tömörfa élzáróval vagy tömörfa borítással látnak el. A foklap vastagsága jellemzően 30–50 mm, a homloklap 16–22 mm. A pofa vastagsága egyenes lépcsőn 40–60 mm; a pofa anyaga tömörfa vagy rétegelt-ragasztott fenyő, illetve kemény lombos furnérral borított lap.

Technológiai lap.
Termék: egyenes, pofás falépcső karja, tömör tölgy foklapokkal, zárt homloklappal.
Anyag: tölgy foklap 40 mm, tölgy homloklap 18 mm, pofa rétegelt-ragasztott fenyő 45 mm, PVAc D3 ragasztó, facsavar, tipli.
Gépek és szerszámok: asztalos körfűrészgép, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, alsómaró, hosszlyukfúró, kézi felsőmaró, csavarozó, derékszög, mérőszalag, szorítók, sablonok.
Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A körfűrész hasítókése, védőburkolata és tolófája, az egyengetőn a késtengely védője (hídvédő) a munkadarabhoz állítva, a vastagsági gyalun a visszacsapódás-gátló és a maró védőburkolata legyen a helyén. A tölgypor keményfapor, rákkeltő anyag: hatékony elszívás és legalább FFP2, poros művelethez FFP3 légzésvédő, valamint hallásvédő szükséges (ellenőrizendő: keményfapor-expozíciós határérték és vonatkozó rendelet). Indítás előtt ellenőrizd:

a szerszám éles és rögzített, a fordulatszám a szerszámra írt érték alatt van, az elszívás működik, a munkadarabban nincs szeg, laza göcs vagy repedés, a munkaterület szabad.

A gyártás lépései:

1. **Anyagkiosztás és szabás:** a rajz alapján a foklapokat, homloklapokat és pofákat megfelelő ráhagyással, méretre vágjuk. – ellenőrzés: a nyers méretek 5–10 mm ráhagyást tartalmaznak.
2. **Pofák szerkesztése:** a pofára felrajzoljuk a fokmagasságot és a belépőt, majd a lépcsős fogazatot kialakítjuk. A fokok hornyait alsómaróval vagy kézi felsőmaróval, sablonnal marjuk. – ellenőrzés: a horonymélység a foklap vastagságának fele, a horony derékszögű, a pofa két oldala tükörszimmetrikus.
3. **Foklapok és homloklapok méretre munkálása:** gyalulás, szélezés, hosszra vágás; a látható éleket letompítjuk. – ellenőrzés: minden fok azonos hosszúságú, a derékszög 0,5 mm-en belül van.
4. **Próbaösszeállítás:** a pofákat munkaasztalra fektetjük, a fokokat és homloklapokat hornyaikba illesztjük. – ellenőrzés: a fokok felső síkja közös síkban van, a homloklapok szorosan illeszkednek, a pofák párhuzamosak.
5. **Ragasztás és csavarozás:** a hornyokba D3 PVAc ragasztót kenünk, a fokokat behelyezzük, facsavarral hátulról rögzítjük, szorítóval összefogjuk. – ellenőrzés: ragasztó kinyomódik a hézagoknál, a derékszög megmarad, a felesleget azonnal letöröljük.
6. **Korlát előkészítése:** a főoszlopokat és korlátorsókat méretre vágjuk, a kapaszkodó alsó hornyát és az orsók felső csapjait elkészítjük. – ellenőrzés: a kapaszkodó hossza a lépcsőkar vetületéhez igazodik, az orsók osztása egyenletes.
7. **Felület-előkészítés és beépítés:** csiszolás 120–180-as szemcseméretig, majd a helyszínen a lépcsőkart és korlátot rögzítjük a teherhordó szerkezethez. – ellenőrzés: a lépcső stabil, a korlát nem mozog, a kapaszkodó magassága a fok élétől egyenletes.

40.2.8. Minőségellenőrzés

Minőségellenőrzés.
A lépcsőt a következő szempontok szerint ellenőrizzük:

- **Méretpontosság:** a fokmagasság eltérése a tervezett értéktől legfeljebb ±2 mm, a belépő eltérése ±3 mm legyen **(tájékoztató tűrés)**.
- **Fokok egyenletessége:** a fokmagasságok közötti különbség a lépcső teljes hosszán ne haladja meg a ±3 mm-t, mert a változó magasság botlásveszélyes.
- **Vízszintesség:** a foklapok felső síkját vízmértékkel vagy lézerrel ellenőrizzük.
- **Derékszög:** a pofák és a fokok kapcsolatánál derékszögelővel ellenőrizzük, a hézag legfeljebb 0,5 mm.
- **Korlát stabilitása:** a kapaszkodót kézzel terhelve nem mozdulhat, nem nyikoroghat.
- **Felület:** a csiszolás egyenletes, nincs kiálló ragasztómaradék, égésnyom, kiszakadt rost.

Ha eltérést találunk, a hiba helyét a rajzhoz mérten azonosítjuk, és a beépítés előtt javítjuk.

40.2.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba	Lehetséges ok	Helyes gyakorlat
A lépcső túl meredek vagy túl lapos	A fokmagasságot és a belépőt nem a lépcsőképlettel, hanem „szemre” választották	Először a fokmagasságot számoljuk a szintkülönbségből, majd a belépőt a $2m + b \approx 63$ cm képlettel ellenőrizzük
A fordulóban a belső fokok túl keskenyek, járhatatlanok	Nem a járóvonalon osztották fel a fokokat, hanem a belső sarok mentén	A felosztást mindig a járóvonalon végezzük, és kiegyenlítéssel ellenőrizzük a belső szélességet
A korlátorsók távolsága nem egyenletes, a kapaszkodó magassága ingadozik	Az orsókat szemre osztották, a kapaszkodót egyetlen magasságban rögzítették	Előre kiszámolt osztásközökkel, sablonnal dolgozzunk, a kapaszkodó magasságát a fok éleitől mérjük
A lépcső nyikorog, a fokok mozognak	A pofahorony túl tág, a ragasztás hiányos, a csavarok nem tartanak	A fok–pofa kapcsolatot hornyos-csapos illesztéssel, D3 ragasztóval és facsavarral készítsük, szorítsuk a kötést a kötésidő alatt
A lépcsőkar a terhelésre meghajlik	A pofa vagy a tartógerenda keresztmetszete alulméretezett, a fokok túl hosszúak	A teherviselő méreteket szakági méretezés alapján válasszuk meg; ne a gyakorlatból „lefele” kerekítsünk

40.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos családi házba készített egyenes tölgy falépcsőt. A megrendelő a helyszínen azt kérte, hogy a lépcső minél kisebb helyet foglaljon el, ezért az asztalos 19 cm-es fokmagasságot és 26 cm-es belépőt választott. A lépcső elkészült, de az idős nagymama félve járt rajta, mert a fokok magasak voltak, a belépő pedig rövid. A lépcsőképlet szerint $2 \cdot 19 + 26 = 64$ cm, ami még a 63 cm-es ideál közelében van, de a magas fokmagasság a kényelmes tartomány fölé esett. A tanulság: a helytakarékosság nem mehet a biztonság és a kényelem rovására; a fokmagasságot a lépcsőképlet és a jogszabályi határok együttes figyelembevételével kell meghatározni. A hibás lépcsőt végül csökkentett fokmagasságúra át kellett építeni, ami jelentős többletköltséggel járt.

40.2.11. Önellenőrzés

1. Igaz-e: a fokmagasság a két szomszédos foklap felső síkja közötti vízszintes távolság.
2. Számítsd ki a hiányzó belépőt: a fokmagasság 16 cm, a lépcsőképlet szerint mennyi a belépő?
3. Mi a járóvonal szerepe a fordulós lépcsőn?
4. Milyen sorrendben kell megtervezni egy egyenes lépcsőt: a fokmagasságot vagy a belépőt választjuk először?
5. Miért kell a korlátorsók távolságát korlátozni?

40.2.12. Feladatok

1. feladat (A). Fogalmazd meg, mi a különbség a pofás, a kengyeles és a lebegő lépcső között. Adj példát, mikor melyiket választanád.

2. feladat (A). Egy lépcső fokmagassága 17 cm, belépője 29 cm. Ellenőrizd a lépcsőképlettel, és foglald össze, kényelmes-e a lépcső.

3. feladat (B). Egy emeleti lépcső szintkülönbsége 300 cm. A kívánt fokmagasság 17,5 cm. Számítsd ki a fokszámot, a pontos fokmagasságot és a belépőt, ha a lépcsőképletet teljesíteni akarjuk. Mennyi lesz a lépcsőkar vízszintes vetületi hossza?

4. feladat (B). Egy negyedfordulós lépcsőn a járóvonal sugara 70 cm. A járóvonalon a kényelmes belépő 28 cm. Hány fokot helyezz el a negyedkörívben, és mekkora lesz a járóvonalon mért ívhossz?

5. feladat (C). Egy meglévő lépcsőn a fokmagasság 18 cm, a belépő 27 cm. A megrendelő szerint túl meredek. Javasolj a lépcsőképlet alapján olyan belépőt, amely a 18 cm-es fokmagassághoz jobban illik, és magyarázd el, miért nem csökkenthető a fokmagasság a szintkülönbség és a rendelkezésre álló hossz ismerete nélkül.

6. feladat (C). Rajzold le szövegesen egy negyedfordulós lépcső kiegyenlítésének lépéseit: hol húzódik a járóvonal, hogyan osztod fel, mit ellenőrzöl a belső oldalon.

7. feladat (D). Készíts technológiai lépéssort egy pofás lépcső fokainak bemarásához és összeállításához. Tüntesd fel a gépi munka gépbiztonsági ellenőrzéseit és a minőségellenőrzési pontokat.

40.2.13. Megoldások

40.2.13.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A fokmagasság a két szomszédos foklap felső síkja közötti **függőleges** távolság.
2. $b = 63\ \text{cm} - 2 \cdot 16\ \text{cm} = 31\ \text{cm}$.
3. A járóvonal az a képzeletbeli vonal, amelyen az emberek a lépcsőn haladnak; a fordulóban a fokokat ezen a vonalon osztjuk el, hogy a lépések egyenletesek legyenek.
4. Először a fokmagasságot választjuk, mert a szintkülönbségből a fokszám adódik; a belépőt a lépcsőképlettel igazítjuk a fokmagassághoz.
5. Azért, hogy gyermekfej vagy testrész ne szorulhasson be, illetve ne essen át a korláton.

40.2.13.2. 1. feladat

A **pofás lépcsőt** két oldalsó, ferde pofa tartja, a fokok a pofák hornyaiba vagy rögzítőelemére kerülnek. A **kengyeles lépcsőt** oldalt acél kengyel vagy profil tartja, a fa fokok csak a járófelületet adják. A **lebegő lépcsőn** nincs látható oldalsó tartó, a fokok rejtett szerkezettel vagy falba fogással kapcsolódnak. Pofás lépcsőt hagyományos, tömörfa megjelenéshez, kengyelest ipari vagy modern belső térbe, lebegőt minimalista, látványos helyekre választunk, utóbbinál a szerkezeti tervezés fokozottan szakági feladat.

40.2.13.3. 2. feladat

Adott: $m = 17$ cm, $b = 29$ cm.
Képlet: $2m + b = 2 \cdot 17 \text{ cm} + 29 \text{ cm} = 34 \text{ cm} + 29 \text{ cm} = 63 \text{ cm}$.
Ellenőrzés: az eredmény pontosan a 63 cm-es lépéshossz, és mindkét méret a kényelmes tartományban van. A lépcső kényelmes.

40.2.13.4. 3. feladat

Adott: $H = 300$ cm, kívánt $m \approx 17{,}5$ cm.
Fokszám: $n = \frac{300 \text{ cm}}{17{,}5 \text{ cm}} \approx 17{,}14$, kerekítve $n = 17$.
Pontos fokmagasság: $m = \frac{300 \text{ cm}}{17} \approx 17{,}65$ cm.
Belépő: $b = 63 \text{ cm} - 2 \cdot 17{,}65 \text{ cm} = 63 \text{ cm} - 35{,}3 \text{ cm} = 27{,}7 \text{ cm} \approx 28$ cm.
A fellépések száma $n = 17$, a foklapok (belépők) száma $n - 1 = 16$, így a kar vízszintes vetületi hossza:
$L = 16 \cdot 27{,}7 \text{ cm} \approx 443$ cm.
Ellenőrzés: a fokmagasság 17,65 cm kissé magas, de még a 15–18 cm-es tartományban van; a belépő megfelelő. ∎

40.2.13.5. 4. feladat

Adott: $R_j = 70$ cm, $b = 28$ cm.
A negyedkörív hossza:
$L_{\text{ív}} = \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot R_j \cdot \pi = \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot 70 \text{ cm} \cdot \pi \approx 110$ cm.
A fokok száma:
$n_{\text{ív}} = \frac{110 \text{ cm}}{28 \text{ cm}} \approx 3{,}9$,
tehát 4 fokot helyezünk el a negyedkörívben, a pontos osztást a járóvonalon végezzük. ∎

40.2.13.6. 5. feladat

A lépcsőképlet szerint 18 cm-es fokmagassághoz a belépő:
$b = 63 \text{ cm} - 2 \cdot 18 \text{ cm} = 27$ cm.
Ez azt jelenti, hogy a meglévő belépő éppen a képlet szerint van. A meredekség abból adódik, hogy a fokmagasság a magasabb tartományban van. A fokmagasságot csak akkor lehet csökkenteni, ha a szintkülönbséghez több fokot, és így hosszabb lépcsőkart építenek. Ha a rendelkezésre álló hossz rögzített, a fokmagasságot növelni kell, ami még meredekebbé teszi a lépcsőt. Ezért a megoldás a helyigény, a szintkülönbség és a kényelmi határok együttes vizsgálata.

40.2.13.7. 6. feladat

A kiegyenlítés szöveges lépései:

1. Rajzoljuk meg a forduló alaprajzát a belső fallal és a lépcsőkar szélességével.
2. Húzzuk meg a járóvonalat a belső korláttól kb. 40–50 cm-re.
3. Osszuk fel a járóvonal ívét a járóvonali belépőre.
4. A felosztási pontokból húzzunk egyeneseket a forduló középpontja felé, így kapjuk a fokok homlokvonalait.

5. Ellenőrizzük a belső oldali fokszélességet. Ha a belső oldali fokszélesség a megengedett legkisebb érték (pl. 10–13 cm; ellenőrizendő: OTÉK/szakkönyv) alá csökkenne, az előző 2–3 fok homlokvonalát fokozatosan fordítsuk el a járóvonal megtartásával úgy, hogy a belső oldal is járható maradjon. Az így kapott vonalakat sablonra rögzítjük, és azzal jelöljük a fokokat.

40.2.13.8. 7. feladat

Egy lehetséges technológiai lépéssor:

1. **Gépbiztonság:** körfűrész, alsómaró, egyengető és vastagsági gyalu használata előtt ellenőrizd a védőberendezéseket, szerszámrögzítést, elszívást. Tilos a védőburkolat nélküli munka.
2. A pofákat méretre vágjuk, felrajzoljuk a fokbeosztást.
3. A fokhornyokat alsómaróval, sablonnal bemartjuk; ellenőrizzük a horonymélységet és a derékszöget.
4. A foklapokat és homloklapokat gyaluljuk, szélességre és hosszra vágjuk; ellenőrizzük a méreteket.
5. Próbaösszeállítást végzünk, ellenőrizzük a síkokat és hézagokat.
6. Ragasztjuk és facsavarral rögzítjük a fokokat a pofákhoz; a felesleges ragasztót azonnal letöröljük.
7. A korlátot előszereljük, az orsók osztását ellenőrizzük, majd a helyszínen a lépcsőkart és a korlátot rögzítjük.
8. Végül minőségellenőrzést végzünk: vízmérték, derékszög, stabil korlát, egyenletes fokmagasság.

40.2.14. Rövid összefoglaló

A falépcső szerkezete és méretezése az épületasztalos munka egyik legnagyobb pontosságot igénylő feladata. A **pofás lépcső** két oldalsó pofával, a **kengyeles** acél kengyellel, a **gerendás** ferde tartógerendával, a **lebegő** rejtett szerkezettel tart. A **foklap** a járófelület, a **homloklap** a fokok közötti függőleges elem. A méretezés alapja a lépcsőképlet: $2m + b \approx 63$ cm, ahol m a fokmagasság, b a belépő. A fokmagasságot a szintkülönbségből a fokszám egészre kerekítésével kapjuk: $n = H/m$, majd $m = H/n$. A **járóvonalon** osztjuk el a fordulós lépcső fokait, és **kiegyenlítéssel** biztosítjuk, hogy a belső oldalon is járható szélesség maradjon. A **korlát** kapaszkodóból, főoszlopból és korlátorsókból áll; a kapaszkodó magassága kb. 100 cm, az orsók távolsága legfeljebb 10–12 cm **(ellenőrizendő)**. A gyártás során a fokok és pofák kapcsolatát hornyos-csapos illesztéssel, D3 ragasztóval és csavarral készítjük. **Továbbvitt eredmény:** a lépcsőszámítást és a fokbeosztást használjuk a helyszíni beépítésnél Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése és a vizsgaremek műszaki dokumentációjában A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok.

40.2.15. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** az építési követelményekre vonatkozó hatályos OTÉK; a lépcsőkre és korlátokra vonatkozó tűzvédelmi műszaki irányelvek; hazai faipari szakkönyvek a lépcsőszerkesztésről; faipari gépek gépkönyvei; asztalosipari ragasztók gyártói adatlapjai.

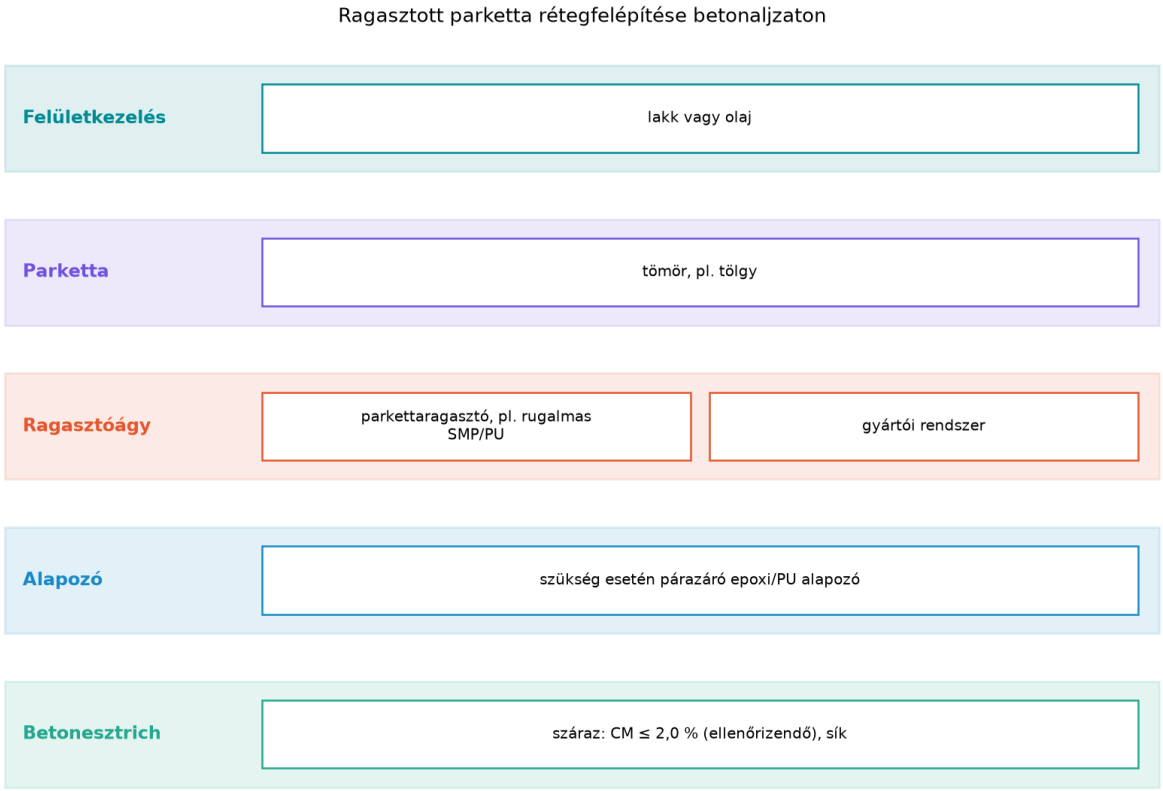
- **Ellenőrizendő:** a fokmagasság, belépő, kar szélesség, szabad belmagasság, korlátmagasság és orsótávolság pontos előírt határértékei a hatályos OTÉK és tűzvédelmi előírások szerint; a lépcsőképlethez tartozó pontos ideálérték; a rétegelt-ragasztott pofa és foklap szilárdsági méretezése; a D3 ragasztó kiválasztása és préselési ideje.

40.3. Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás

Egy megrendelő új lakásába tölgyfa parkettát szeretne, a falra pedig lambériát kér. A padló a leginkább igénybe vett felület: napi több ezer lépés, széktologatás, felmosás, beeső napfény. Ha rossz típusú padlót választunk, rossz aljzatra fektetjük, vagy nem számolunk a fa mozgásával, a drága alapanyag vetemedni, nyikorogni fog, és a vevő reklamálni fog. Ebben az alfejezetben a padlók, parketták és lambériák szerkezetét, gyártását, lerakását és a szükséges anyagmennyiség kiszámítását tanuljuk meg.

40.3.1. Szemléletes kép

Képzelj el egy metszetet a padlóról lentről felfelé. Alul van a teherhordó födém, felette az aljzat (például betonesztrich). Ragasztott fektetésnél az aljzatot alapozzuk (nedvesség ellen párazáró alapozóval), és erre visszük fel a ragasztóágyat; úsztatott fektetésnél párazáró fóliát és alátétet terítünk (ellenőrizendő: ragasztógyártói rendszerleírás). Erre kerül a parketta vagy lambéria (falburkolatnál a falra váz vagy közvetlenül a falazatra). A felületet végül lakkal vagy olajjal zárjuk le.



40.7. ábra. Ragasztott parketta rétegfelépítése betonaljzaton - Szemléltető rétegrend; ragasztott fektetésnél nincs fólia, a nedvesség elleni védelem szükség esetén párazáró alapozó. A pontos rétegfelépítést a ragasztógyártó rendszerleírása és az aljzat adatai határozzák meg (ellenőrizendő; a parkettaragasztók követelményei: MSZ EN ISO 17178 / MSZ EN 14293, ellenőrizendő).

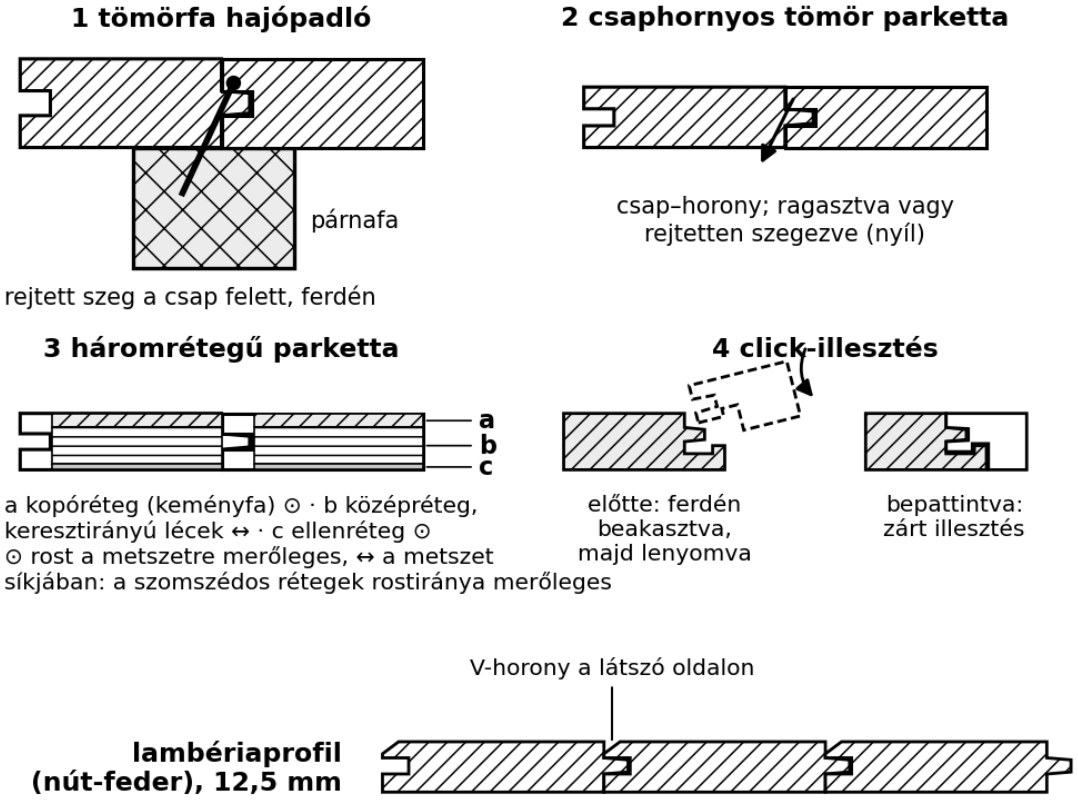
A fa padló nem csak szép, hanem meleg tapintatú és felújítható. Ezért a vevő hajlandó érte többet fizetni, de csak akkor, ha a fektetés szakszerű.

40.3.2. Alapfogalmak: padlók, parketták és lambériák

Definíció. A **parketta** olyan, szabványos vagy gyártói méretű, fából vagy faalapú anyagból készült padlóelem, amelyet aljzatra fektetnek és ott rögzítenek (ragasztással, szegzéssel vagy úsztatva) vagy szabályos ismétlődő elemként szőnyegpadlószerűen fektetnek le. A parketta alapeleme a **léc**, amely lehet tömörfa, többrétegű vagy mozaik. A **lambéria** olyan hornyolt-csapos (nút-federes) profilozott deszka, amelyet elsősorban fal- és mennyezetburkolatként használnak.

Padlószerkezetek csoportosítása: - **Tömörfa hajópadló:** hosszú, csaphornyos (nút-federes) tömör deszkák, párnafára rejtett szegezéssel (a szeg a csap felett ferdén megy be) (ellenőrizendő: szakkönyv). Előnye a hosszú élettartam és a sokszori csiszolhatóság, hátránya a nedvességre való nagyobb érzékenység. - **Csaphornyos parketta:** tömör vagy többrétegű léc, amelynek hossz- és gyakran keresztoldalán is csap és horony (nút-feder) van. Ez a profil biztosítja az elemek egymásba illesztését és a padló együttdolgozását. - **Mozaikparketta:** kisméretű, gyakran rostirányban nehezen meghatározható, hálóra kasírozott tömörfa lamellákból álló táblák. Jellemzően sakktáblaszerűen, ragasztva fektetik le. Előnye az alacsonyabb ár és a nagyobb mintázati rugalmasság. - **Többrétegű parketta (szalagparketta):** 2-3 rétegből, egymásra merőleges rostiránnyal felépített padlóléc. Felső rétege (ún. használati réteg) értékes keményfa,

alul gyakran fenyő, nyár vagy HDF. A keresztrétegek miatt méretstabil, ezért úsztatott fektetésre és padlófűtéshez is jól használható. - **Lambéria:** jellemzően fenyő (lucfenyő, erdeifenyő) vagy kemény lombos fából készül. Készülhet tömör fából, rétegelt falappal kombinálva. A gyakori profilok: normál (V-hornyos), svéd (lekerekített élű, rejtett szegezésű) és lapos (hézagos) profil; ezek pácolt vagy festett kivitelben is kaphatók.



Szemléltető keresztmetszetek; a vastagságok (22, 15, 14, 12,5 mm) tájékoztatók, ellenőrizendő: gyártói adatlap.

40.8. ábra. Padlóelemek keresztmetszete két szomszédos elem illesztésével: tömörfa hajópadló rejtett szegezéssel, csaphornyos tömör parketta, háromrétegű parketta és click-illesztés bepattintás előtt és után; alul lambériaprofil

A keresztmetszeteken látszik a különbség: a hajópadló és a tömör parketta egyetlen tömör fadarab csappal és horonnyal, a háromrétegű parkettában a szomszédos rétegek rostiránya merőleges (ez adja a méretstabilitást), a click-elemet ferdén beakasztjuk, majd lenyomva bepattintjuk.

Szabvány. A fa padlóburkolatok (tömörfa, többrétegű, mozaik) méretpontosságát, profiljait és vizsgálatait európai termékszabványok írják le. A pontos jelzetet (pl. MSZ EN 13226, MSZ EN 13629, MSZ EN 13489, MSZ EN 13488) a gyártói adatlap és a vonatkozó európai szabványjegyzék alapján kell ellenőrizni (ellenőrizendő).

40.3.3. Az alapanyag gyártása: gyalulás és profilmarás

A parketta és lambéria előállítása a fűrészáru gépbe tételével kezdődik. A műhelyben a közös profilt **nút-feder**-nek hívjuk (az asztalos műhelyi szóval: hornyot-csapot).

Technológiai lépések: 1. **Szárítás:** A fűrészárut a felhasználási helynek megfelelő nedvességtartalomra szárítják. Tömörfa fűtött beltéri padlóhoz 8–11% nedvességtartalom ajánlott (ellenőrizendő: gyártói előírás). 2. **Darabolás:** A léceket adott hosszra szabják, a hibákat kifűrészelik. 3. **Egyengetés és vastagsági gyalulás:** A léceket derékszögbe és egységes vastagságra gyalulják. Ez adja a pontos vastagságot. 4. **Profilmarás:** A hossz- és keresztoldalt profilozó marógépen munkálják meg. Itt alakítják ki a csapot, a hornyot, illetve a falcot és a profilos élt. A marási mélység és szerszámpozíció kritikus: ha a horony mély, a felület illesztése laza; ha sekély, az anyag behasadozik. 5. **Csiszolás:** A gyártósorok gépi csiszolást végeznek, hogy a fektetés után már csak finom átcsiszolás legyen szükséges. 6. **Minőségosztályozás:** A kész parkettát a felső rétegen látható hibák (göcs, szijács, repedés) és méretpontosság alapján osztályozzák.

Lambéria gyártásánál különösen fontos a hátoldal szellőzése. A lambéria hátoldalát gyakran gyengébb minőségű, sima felületűre hagyják, de hornyokat (szellőző nutokat) is marhatnak bele.

Gépbiztonság. A gyaluló- és profilozó gépek nagy fordulatszámú, éles szerszámokkal dolgoznak. A műveletet betanított, felügyelt tanuló végezheti. A gépek burkolata, a védőburkolat és az elszívás működése kötelező. A forgó szerszámot kézzel, kesztyűvel, védőburkolat kinyitásával megérinteni szigorúan tilos.

40.3.4. Lerakás: aljzat, fektetési módok, dilatáció

A padló fektetése előtt az aljzatot ellenőrizni kell. Az aljzat lehet beton, esztrich, faforgácslap vagy régi deszkapadló.

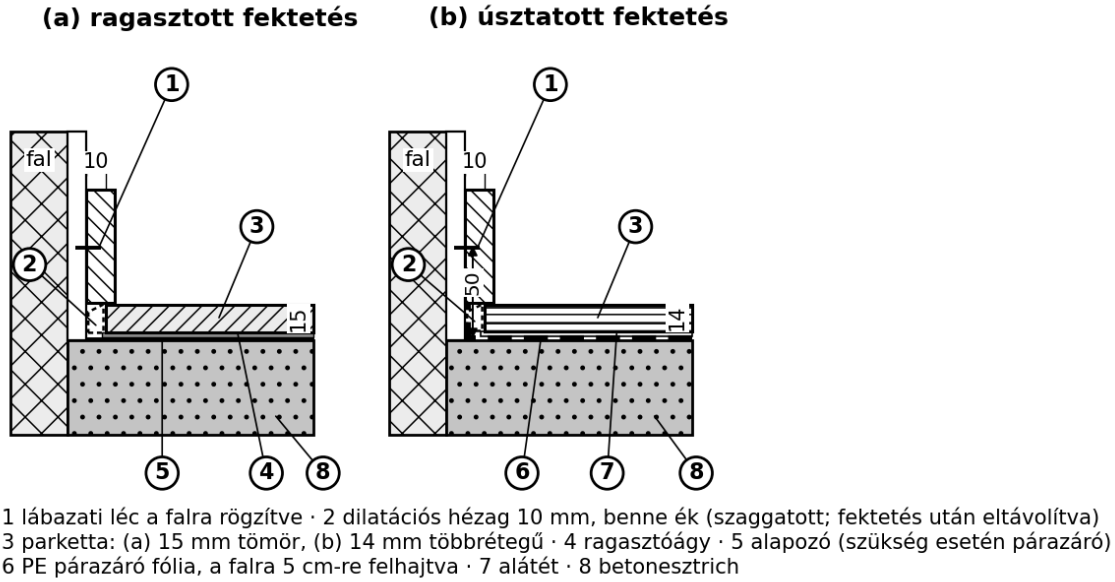
Aljzat nedvessége. A leggyakoribb hiba, amikor a fát friss, még nedves betonra rakják. A beton a benne lévő vizet lassan adja le, a fa felveszi, és megduzzad, később zsugorodik.

- Cementkötésű esztrichnél a nedvességtartalom **CM-módszerrel mérve** 2,0% alatt, padlófűtésnél 1,8% alatt legyen (ellenőrizendő: az aktuális aljzatszabvány és gyártói előírás).
- Anhidrit esztrichnél 0,5% alatt (ellenőrizendő: az aktuális aljzatszabvány és gyártói előírás).
- Az aljzatot 2 m-es vonalzóval ellenőrizzük: az eltérés 3 mm/2 m-en belül legyen (ellenőrizendő: az aktuális burkolatszabvány és gyártói előírás).

Fektetési módok - Ragasztott fektetés: A parkettát teljes felületén rugalmas (elaszto) vagy PVAc-alapú parkettaragasztóval ragasztjuk az aljzatra. Ez a mód a legstabilabb, de a munkabér drágább. Tömör, több mint 15 mm vastag parkettához általában ragasszuk. - **Úsztatott fektetés:** A parkettát nem ragasztjuk az aljzatra, csak egymáshoz (csappal-horonnyal, gyakran ragasztva vagy click-rendszerrel). A padló alá vékony PVC vagy XPS alátét fóliát terítünk. A többrétegű és click-parkettához ez a leggyakoribb. A fa itt együtt mozog, nem púposodik fel. - **Szegezett vagy csavarozott:** Régi fapadlókra vagy párnafákra a csap felett, ferdén, rejtetten (a horony alján keresztül) rögzítünk. Faaljzaton ez jól működik.

Lambéria felrakása (fali burkolatként). Először vázléceket (pl. 24 × 48 mm-es fenyőléceket, ellenőrizendő) rögzítünk a falra, a lambériára merőlegesen, kb. 40–60 cm-es osztással; a vázléc szélezi az egyenetlenségeket, és a lambéria mögött légrést ad. A lambériát a csap (feder) felett ferdén, rejtett szegezéssel vagy lambériakapoccsal rögzítjük a vázlécekhez, a horony mindig lefelé nézzen vagy a víz ne gyűljön benne. A padló és a mennyezet mentén 8–10 mm mozgási hézagot hagyunk (ellenőrizendő: gyártói utasítás), amelyet a lábazati vagy a fedőléc takar. A vázléc alsó és felső részén szellőzőnyílást hagyunk, hogy a lambéria mögött ne álljon meg a nedves levegő. A vázléc-osztás és a lambéria mennyiségének számítását lásd a 40.4 alfejezetben.

Dilatáció. A fa mozog, ezért a fal mellett hézagot kell hagyni. Ezt **dilatációs hézagnak** nevezzük. A rést a falnál nem szabad betömni, hanem az aljzat szélére parafa vagy PVC távtartó ékeket teszünk. A kész padló és a fal között 8–15 mm hézag maradjon (ellenőrizendő: a gyártói utasítás, mert a méret a terméktől és a fafajtól függ). Nagyobb, 8 m-nél hosszabb egybefüggő felületnél ajtónyílásokban és szűkületben a padlót meg kell szakítani, és **átmeneti** vagy dilatációs profilt kell használni.



1 lábazati léc a falra rögzítve · 2 dilatációs hézag 10 mm, benne ék (szaggatott; fektetés után eltávolítva)
3 parketta: (a) 15 mm tömör, (b) 14 mm többrétegű · 4 ragasztóágy · 5 alapozó (szükség esetén párazáró)
6 PE párazáró fólia, a falra 5 cm-re felhajtva · 7 alátét · 8 betonesztrich

40.9. ábra. Ragasztott (a) és úsztatott (b) parketta metszete a falnál: 1 lábazati léc, 2 dilatációs hézag az ékkel, 3 parketta, 4 ragasztóágy, 5 alapozó, 6 PE párazáró fólia, 7 alátét, 8 betonesztrich

A két metszet a falnál hagyott 10 mm-es dilatációs hézagot mutatja (a fejezet 8–15 mm-es tartományából, ellenőrizendő: gyártói utasítás). A hézagba fektetéskor éket teszünk, amelyet utána eltávolítunk; a lábazati lécet a falhoz rögzítjük, nem a padlóhoz, így a parketta alatta szabadon mozoghat. Ragasztott fektetésnél nincs fólia, úsztatottnál a PE fóliát a falra felhajtjuk. Az interaktív változat lépésenként mutatja, hogy hézaggal a táguló parketta a léc alá mozdul, hézag nélkül felpúposodik.

40.3.5. Csiszolás és felületkezelés

Csiszolás. Ha a lerakott padló tömörfa, a ragasztó megszáradása után a felületet át kell csiszolni. A szalagcsiszolót rostirányban használjuk. A csiszolási sor: 40-es (kiegyengetés), majd 80-as, végül 120-as szemcse. A fal melletti széleket és sarkokat élcsiszolóval vagy excenter csiszolóval érhetjük el.

Felületkezelés. A padlóra két fő anyagrendszert hordanak fel: - **Lakk:** Fóliát képez a fán. A vízbázisú padlólakkok alacsonyabb VOC-tartalmúak, gyorsan száradnak, de karcérzékenyebbek. Az oldószeres PU vagy oldószeres akril lakk keményebb, de erős szagú. Felhordás előtt alapozás ajánlott. A rétegek közt 120-as finomságú papírral csiszoljunk át. - **Olaj:** Beivódik a fába, nem képez fóliát. A felület természetesebb, melegebb tapintású, de a kopásnak kevésbé ellenáll. A felújításkor nem kell az egészet lecsiszolni, helyileg is javítható.

Munkavédelem. A padlócsiszolás porképző munka. Mindig használjunk elszívással szerelt gépet és FFP2/FFP3 porvédő maszkot. A lakkok és olajok oldószergőzei miatt a helyiséget intenzíven szellőztetni kell.

40.3.6. Anyagszükséglet és kalkuláció

A padlóburkolatnál a vágási veszteséget mindig hozzá kell számolni. A lerakott felület nem egyenlő a megvásárolandó felülettel.

Összefüggés. A szükséges bruttó anyagmennyiség:

$$A_{\text{bruttó}} = A_{\text{nettó}} \cdot (1 + v)$$

ahol $A_{\text{bruttó}}$ a megrendelendő anyag területe (m²), $A_{\text{nettó}}$ a tényleges lerakandó padlófelület (m²), v a vágási és illesztési veszteség tizedes törtben (pl. 8% = 0,08).

Tömör és profilozott parkettánál 5–10% veszteséggel számolunk. Mozaik és keresztirányú fektetésnél, vagy ferde (45°-os) ragasztásnál a veszteség akár 12–15% is lehet (ellenőrizendő: gyártói kalkulációs előírás).

Számítás. Egy téglalap alakú szobát tölgy hajópadlóval borítunk. A szoba hossza 5,40 m, szélessége 4,20 m. A fektetés módja hagyományos, 8% vágási veszteséggel számolunk. Mennyi parkettát rendeljünk?

1. Alapterület számítása:

$$A_{\text{nettó}} = l \cdot b = 5{,}40\,\text{m} \cdot 4{,}20\,\text{m} = 22{,}68\,\text{m}^2$$

2. Veszteség hozzáadása:

$$A_{\text{bruttó}} = 22{,}68\,\text{m}^2 \cdot (1 + 0{,}08) = 22{,}68\,\text{m}^2 \cdot 1{,}08 = 24{,}49\,\text{m}^2$$

3. Kerekítés csomagméretre: ha egy csomag 1,8 m²-t tartalmaz, akkor 24,49/1,8 = 13,6, tehát 14 csomagot kell megrendelni. ∎

Kalkuláció. Egy 20 m²-es szoba úsztatott, többrétegű parkettával való bekerülési kalkulációját nézzük meg mintaárral.

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Többrétegű parketta	22	m²	12 500	275 000
Alátét fólia	21	m²	350	7 350
Párazáró fólia	22	m²	250	5 500
Dilatációs ékek	1	készlet	1 500	1 500
Lábazati léc	19	fm	1 800	34 200
Ragasztó (lábazathoz)	1	db	3 000	3 000
Szegélyprofil	1	db	1 200	1 200
Közvetlen bérköltség	8	óra	6 500	52 000
Összesen (nettó)				**379 750**

A mintaárak tájékoztató jellegűek, a tényleges beszerzési árat a gyártói árlista határozza meg. A vevő tényleges költsége az árrés és a kiszállás függvénye.

40.3.7. Technológiai lap: Úsztatott csaphornyos parketta fektetése

Cél: 22 m² többrétegű parketta úsztatott, hézagmentes fektetése száraz betonaljzatra.

Anyagok: többrétegű parketta, PE alátét fólia, párazáró fólia, dilatációs ékek, parkettaragasztó (a hosszirányú nút-feder ragasztásához, ha a gyártó úgy írja elő).

Szerszámok, gépek: dekopírfűrész vagy parkettavágó, szögmérő, mérőszalag, kalapács, ütőfa, vonalzó.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A dekopírfűrésznél a vágás előtt várjuk meg, amíg a fűrészlap felveszi a teljes fordulatszámot. A fapor miatt használj elszívást és FFP2 maszkot.

Lépések: 1. **Tisztítás.** A betonfelületet porszívóval alaposan tisztítsuk meg. Az apró szemcsék később recsegő hangot okozhatnak. (Ellenőrzés: a felület észrevehető pormentes) 2. **Aljzatellenőrzés.** Nedvességmérővel és 2 m-es vonalzóval ellenőrizzük a nedvességet és a síkeltérést. Ha a beton nedves, tilos lerakni a padlót. (Ellenőrzés: 2%-nál alacsonyabb nedvesség) 3. **Párazáró fólia fektetés.** A fóliát 10–15 cm-es átlapolással fektetjük, a toldást ragasztószalaggal zárjuk. A falra 5 cm-t felhajtunk. (Ellenőrzés: nincs szakadás) 4. **Alátét fólia fektetés.** A PE habfóliát a falra is felvezetjük, hézagmentesen illesztjük. (Ellenőrzés: a fólia nem gyűrődik fel) 5. **Első sor indítása.** A falhoz 10 mm-es ékeket teszünk. Az első sort a fal mellé, horonnyal a fal felé indulva fektetjük. (Ellenőrzés: a sor egyenes, csap a szoba közepe felé néz) 6. **Ragasztás.** Ha a gyártó nem click-rendszert ad, a horonyba vékonyan, egyenletesen ragasztót viszünk fel, majd a következő sort beütjük. A kinyomódott ragasztót azonnal le kell törölni. (Ellenőrzés: a felület nem ragad) 7. **Vágások.** A sor végét méretre vágjuk, a leeső darab a következő sor elejére kerülhet, ha legalább 40–50 cm. A sorokat eltolt illesztéssel (kötésben) fektetjük. (Ellenőrzés: legalább 40 cm-es toldás) 8. **Dilatáció megtartása.** A fektetés során az ékek a falnál maradnak. Csak a padló készen léte után vesszük ki őket. (Ellenőrzés: a hézag mindenhol 8–15 mm) 9. **Felületletisztítás.** A kész padlót tiszta, nedves ruhával áttöröljük.

40.3.8. Minőségellenőrzés

- **Síkfektetés:** Egy 2 m-es vízmértékkel vagy vonalzóval ellenőrizzük: 3 mm-nél nagyobb eltérés nem lehet (ellenőrizendő: a burkolatszabvány és a gyártói előírás).
- **Hézagok:** A látható hézagok a lapok között nem lehetnek; a csap-horony illesztésnek szorosnak kell lennie.
- **Dilatáció:** A padló és a fal közti rés egyenletes, és a lábazati léc a dilatációs hézagot teljesen takarja, a padlóra fekszik, de a padlóhoz nem rögzítjük (a falhoz rögzítjük). Így a fa nem szorul meg.
- **Kopogtatás:** A padlón sétálva ne legyen kongó, recsegő hang. Ha kong, az azt jelenti, hogy az aljzat egyenetlen, és a padló alá levegő került.

40.3.9. Tipikus hibák és okaik

Tünet / Hiba	Ok	Helyes gyakorlat
A parketta felpúposodik, kinyomja a falat	A falhoz túl szoros a fektetés, nincs dilatáció	Mindig tartsunk 8–15 mm-es rést, azt lábazattal takarjuk

Tünet / Hiba	Ok	Helyes gyakorlat
A padló recseg, roppan	Az aljzat nem volt sík; a ragasztó megrepedt; a csap-horony ragasztása nem kötött	Az aljzatot ellenőrizni kell; a csapokat egyenletesen kell ragasztani
A lakk lepattogzik a parkettáról	Túl vastag lakkréteg; nem megfelelő előkészítés	A gyártói előírás szerinti rétegvastagságot és alapozót kell használni
A padló „csíkos” lett	A szalagcsiszolóval túl durva szemcsét használtunk, vagy a gépet nem rostirányban húztuk	Mindig rostirányban csiszoljunk, fokozatosan finomítsuk a papírt (40→120)

40.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy kivitelező egy társasházi lakásba tömör tölgy parkettát fektetett. A megrendelő sürgette a munkát, mert a bútorok már jöttek. Az esztrich enyhe párája miatt a kivitelező egy gyorsmérőt használt, de az tévesen alacsony értéket mutatott. A ragasztás után négy héttel a padló a nappaliban felpúposodott. A felmérés kimutatta, hogy az aljzat nedvességtartalma a lerakáskor 3,5% volt. A tanulság: a nedvességmérést hitelesített készülékkel, több ponton kell végezni, és a gyártói határérték felett soha nem szabad a fát lerakni.

40.3.11. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a hajópadló és a többrétegű parketta felépítésében?
2. Mi az a dilatációs hézag, és miért kell?
3. Mit jelent a „nút-feder”?
4. A szoba 18,4 m². 10% veszteséggel számolva mennyi parkettát rendeljünk?

Megoldások az önellenőrzéshez:

1. A hajópadló tömörfa, egy réteg. A többrétegű parketta több rétegből áll, egymásra merőleges rostiránnyal, ezért méretstabilabb.
2. A padló és a fal közötti rés. A fa nedvességfelvételre duzzad, ez a rés ad helyet a mozgásnak.
3. A csap-horony, azaz az oldalba mart profil, ami a léceket egymáshoz rögzíti.
4. $18{,}4 \cdot 1{,}10 = 20{,}24\,\text{m}^2$. Legalább 20,50 m²-t rendelünk, csomagméretre kerekítve.

40.3.12. Feladatok

1. feladat (A)
Soroljon fel három padló-csiszolási lépést, és indokolja a sorrendet.

2. feladat (A)
Miért kell feltétlenül alátét fólia az úsztatott fektetésnél?

3. feladat (B)
Egy 3,20 × 4,60 m-es szobába 1,5 m²-es csomagolású parkettát vásárolunk. 7% veszteséggel számolva hány csomagot kell venni?

4. feladat (B)
Két parketta típust kapunk leírásra. (1) tömör fa, vastag, ragasztandó. (2) három réteg, klick, úsztatható. Melyik illik jobban egy padlófűtés nélküli hálószobába? Indokolja.

5. feladat (C)
Egy bejárati ajtó előtt a padló sötét, a fal felé folyamatosan világosodik. Mi lehet az oka, és mit kell tenni?

6. feladat (D)
Számolja ki 15,20 m² alapterületre a szükséges bruttó parketta mennyiséget, ha 15% a vágási veszteség. Határozza meg a lábazati léc szükségletét is, ha a szoba 4 × 3,80 m, és minden ajtónyílás 90 cm széles (egy ajtó van).

40.3.13. Megoldások

1. feladat (A)
40-es, 80-as, 120-as papír. A 40-es kiegyengeti a parkettát, a 80-as eltünteti a durva nyomokat, a 120-as felületet ad a lakknak.

2. feladat (A)
Az alátét fólia hangszigetelést ad, kiegyenlíti a mikroszkopikus egyenetlenségeket, és védőréteget képez a parketta alatt.

3. feladat (B)

$$A = 3{,}20 \cdot 4{,}60 = 14{,}72\,\mathrm{m}^2$$

$$A_{\text{bruttó}} = 14{,}72 \cdot 1{,}07 = 15{,}75\,\mathrm{m}^2$$

$$15{,}75/1{,}5 = 10{,}5 \Rightarrow 11\,\text{csomag}$$

4. feladat (B)
Mindkettő megfelelhet. A tömör, ragasztott parketta többször felújítható, hosszabb élettartamú; a többrétegű méretstabilabb és gyorsabban fektethető. Normál beltéri klímán a tömör ragasztott a jobb választás, ha a fektetési feltételek (száraz aljzat) teljesülnek.

5. feladat (C)
A sötét sáv az ajtó előtt elsősorban kopás és szennyeződés a forgalmi sávban, nem UV-hatás. Teendő: csiszolás és újrakezelés (lakkozás vagy olajozás), és lábtörlő elhelyezése az ajtó előtt. UV-elszíneződés csak a napfényes sávban jellemző.

6. feladat (D)

$$A_{\text{bruttó}} = 15{,}20 \cdot 1{,}15 = 17{,}48\,\mathrm{m}^2$$

A szoba kerülete a lábazathoz: $(2 \cdot 4{,}00) + (2 \cdot 3{,}80) = 8{,}00 + 7{,}60 = 15{,}60\,\text{fm}$ Ebből le kell vonnunk a 0,9 m ajtónyílást: $15{,}60 - 0{,}90 = 14{,}70\,\text{fm}$ Gyakorlatilag 15 fm lábazatot rendelünk, mert a toldásnál is van veszteség.

40.3.14. Rövid összefoglaló

A padló, parketta és lambéria a fa mozgását feltételező rendszer. A tömör fa méretstabilitása kisebb, a többrétegűé nagyobb. A lerakás előtt az aljzatot mindig ellenőrizni kell (nedvesség, síkfektetés). A fatakarókat úsztatva vagy ragasztva fektetjük. A legfontosabb szabály a mozgás biztosítása: a falnál mindig dilatációs hézagot kell hagyni, amit lábazattal takarunk le. A csiszolást fokozatosan, durvától a finom felé (40 → 120) végezzük, a felületkezelést gyártói utasítás szerinti lakk- vagy olajréteggel zárjuk. **Továbbvitt eredmény:** A bruttó anyagmennyiség képletét ($A_{\text{bruttó}} = A \cdot (1 + v)$) a Falburkolatok és álmennyezetek alfejezetben is használni fogjuk, amikor lambériát és falburkolati anyagot rendelünk.

40.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** faipari padlóburkolati termékszabványok (MSZ EN 13226, MSZ EN 13629, MSZ EN 13489, MSZ EN 13488 – jelölve), gyártói fektetési útmutatók (pl. ragasztó, parketta, alátét), faipari szakkönyvek, OTSZ, munkavédelmi jogszabályok.
- **Ellenőrizendő:** a felsorolt szabványok pontos jelzetei, a 2%-os aljzatnedvesség határértéke, a dilatációs hézag pontos mérete (8–15 mm), a bruttó kalkuláció során alkalmazott veszteségszázalék (5–15%), a mintaárak (pl. 6 500 Ft/óra) és a termékcsomagolásban megadott fedési teljesítmény. A gépkönyvekben szereplő biztonsági adatok és az elszívási előírások ellenőrzése kötelező.

40.4. Falburkolatok és álmennyezetek

40.4.1. Motiváció

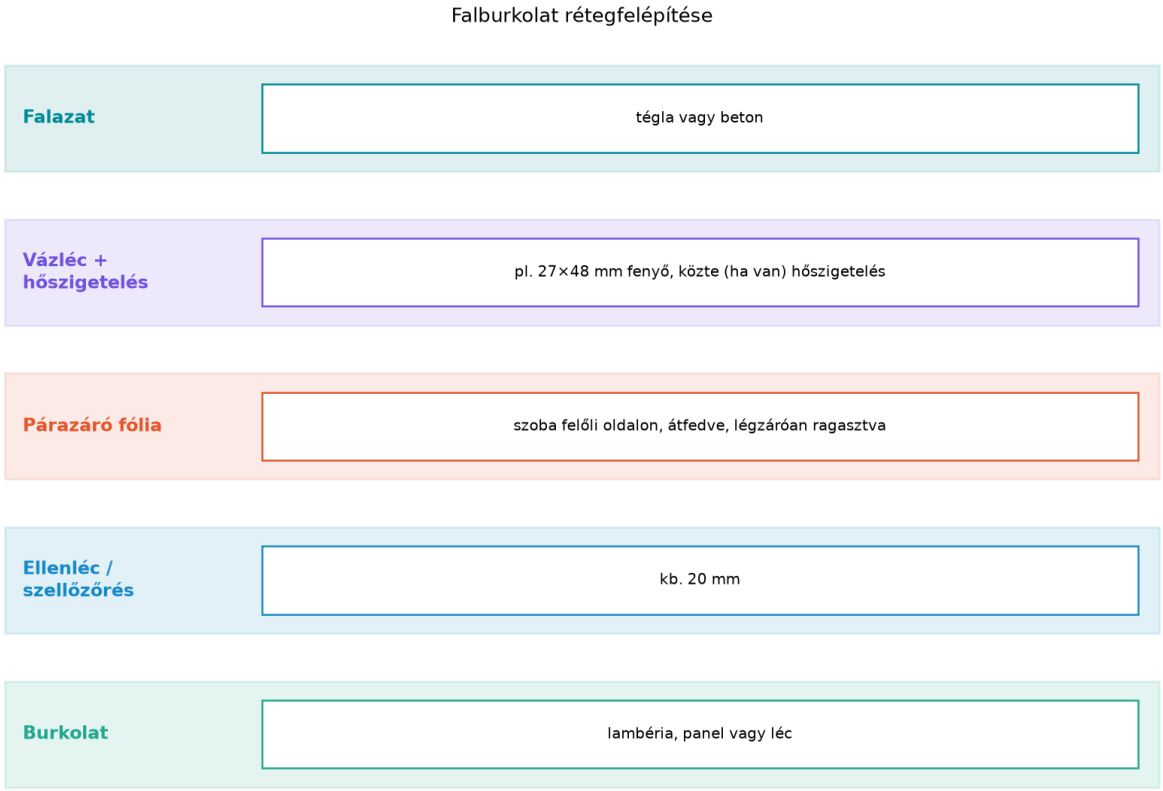
A helyszíni szerelésen gyakran találkozunk egyenetlen, repedezett vagy gépészeti vezetékeket takaró falfelülettel. Ilyenkor a festés vagy tapétázás nem ad szép, tartós felületet. A faburkolat és az álmennyezet egyszerre takar, hőérzetet javít, és lehetőséget ad a vezetékek, szigetelés vagy hangszigetelés elrejtésére. A régi polgári lakásokban a lambéria, a modern irodákban a lécburkolat, a fürdőszobákban a vízálló panel, a nappaliban az álmennyezet mind ugyanazt a célt szolgálja: rendezett, sík felületet hoz létre.

Ha a vázszerkezet nem megfelelően van rögzítve, a burkolat megvetemedik, nyikorog. Ha a páratechnika hiányzik, a burkolat mögött penész jelenhet meg. Ha a tűzvédelmi szabályokat figyelmen kívül hagyjuk, az életveszélyes. Ezért ebben az alfejezetben a falburkolatok és álmennyezetek szerkezetét, méretezését és szerelési sorrendjét tanuljuk meg.

40.4.2. Szemléletes kép

Képzeljünk el egy 3,5 m széles, 2,6 m magas nappali falat. A falra vízszintes fenyő lécvázat szerelünk 60 cm-enként. Ha a váz közé hőszigetelés kerül, a váz szoba felőli oldalára párazáró fóliát feszítünk, erre ellenléc kerül; végül függőlegesen hornyolt lambériát rögzítünk rejtett kapcsokkal. A lambéria mögött 20 mm-es szellőzőrés marad, a lábazatnál szellőzőrács biztosítja a légmozgást. A mennyezeten hasonló elv alapján függesztett váz tartja a faburkolatot.

Az alábbi rétegfelépítés-diagram bemutatja a falburkolat egymásra épülő rétegeit:



40.10. ábra. Falburkolat rétegfelépítése - Szemléltető ábra: a falazat előtt vázléc (hőszigeteléssel), a szoba felőli párazáró fólia, ellenléc/szellőzőrés és burkolat.

A rétegek sorrendje és kivitele határozza meg, hogy a burkolat évtizedekig szép marad-e, vagy felpúposodik, penészedik.

40.4.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **falburkolat** olyan belső vagy külső térelem, amelyet válaszfalra, teherhordó falra vagy álmennyezetre rögzítünk, hogy takarja az alapfelületet, hő- vagy hangszigetelést hordozzon, és esztétikai felületet adjon. A faalapú falburkolat lehet **lambéria**, **panel** vagy **lécburkolat**.

Lambéria: hornyolt, általában fenyőből készült, függőleges vagy vízszintes profilozott burkolólap. A csaphornyos (nút-federes) illesztés miatt a lapok egymásba kapcsolódnak, és takarják a rögzítőelemeket. A **hasznos szélesség** azt a távolságot jelenti, amennyit egy léc takar a falból, miután a horonyba illesztettük a következőt (a teljes szélességből a csap (féder) szélessége vonódik le, jellemzően 4–10 mm).

Panel: keretes szerkezetű, tömör vagy üreges betétes burkolóelem. A keret ad merevséget, a betét lehet furnérozott MDF, rétegelt lemez vagy tömörfa. A paneleket általában rejtett vagy látható csavarral, esetleg kapoccsal rögzítik. A paneles falburkolat klasszikus, elegáns megjelenést ad.

Lécburkolat: keskeny, párhuzamos lécekből álló, modern megjelenésű burkolat. A lécek között lehet kis hézag (pl. 10–20 mm), ami mögé sötét hátfalat lehet szerelni, vagy szorosan egymás mellé helyezve takaró felületet ad. A léc anyaga általában MDF, tömörfa vagy rétegelt furnérlemez.

Álmennyezet: olyan, a födémtől független, függesztett vagy közvetlenül a födémre rögzített szerkezet, amely takarja a gépészeti vezetékeket, javítja a hangszigetelést, és sík felületet biztosít. A faburkolatú álmennyezet lehet folytonos, lamellás vagy kazettás.

Vázszerkezet: az a teherhordó rácsszerkezet, amelyre a burkolatot rögzítjük. Fából készül (pl. 27×48 mm-es fenyő léc), vagy fém profilból (pl. CD profil). A váz biztosítja a síkosságot, a szellőzőrést és a rögzítőelemek befogadását.

Páratechnika: a falburkolat mögötti páravándorlás szabályozása. A belső párás levegő a hidegebb falszakaszon lecsapódhat, ezért párazáró réteget és szellőzőrést kell kialakítani.

Szabály. A falburkolat vázát mindig az alapfelületre, teherbíró rögzítőelemekkel kell felszerelni. A rögzítőelem kiválasztásakor a Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre alfejezetben tanult alapanyag-azonosítást kell elvégezni. A vázlécek távolsága a burkolat merevségétől függ: 400–600 mm között szokásos (ellenőrizendő: gyártói ajánlás). A váz mögött legalább 20 mm-es szellőzőrést kell hagyni, ha a fal páratechnikai kockázatos (pl. külső fal, nedves helyiség). A faburkolatok esetén a rostra merőleges méretváltozást (zsugorodás-dagadás) mindig figyelembe kell venni, ezért a rögzítésnél dilatációs mozgást kell biztosítani: a kapcsok vagy csavarok ne szorítsák mereven a léc teljes hosszát.

Továbbvitt eredmény. A falburkolatok és álmennyezetek vázszerkezetének, rögzítésének és páratechnikai szabályainak ismeretét a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése és az Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése alfejezetben használjuk, ahol a teljes helyszíni folyamatot, a méréstől a takarásig gyakoroljuk. A vázléc-osztás és a burkolat anyagszükséglet-számítás módszere közvetlenül alkalmazható a vizsgaremekben is.

40.4.4. Faburkolatok fajtái és szerkezetei

A három fő faburkolat-típus megjelenése és rögzítése eltérő, de a vázszerkezet elve közös.

Lambéria. A klasszikus fenyő lambéria hornyolt profil, nút-feder kapcsolattal. A belső térben általában függőlegesen szerelik, de lehet vízszintesen is. A rögzítés rejtett kapoccsal történik: a kapocs a horony alsó részébe fog, így a következő léc eltakarja. A kapcsot kézi kapocskalapáccsal vagy pneumatikus kapcsozóval lőjük be. A lambéria szélessége gyakran 90–120 mm, vastagsága 12–15 mm, a hasznos szélesség a csap miatt 4–10 mm-rel kisebb. A lécek hossza akár 4–6 m is lehet, de a burkolat közepén toldani is lehet.

Panel. A falpanel keretes szerkezet: a keret 40–70 mm széles, 18–25 mm vastag tömörfa lécekből készül, a betét rétegelt lemez vagy MDF, gyakran furnérozott. A paneleket általában függőlegesen, sorban rögzítik, a kerethez rejtett csavarokkal vagy horonyba illesztett fémfülekkel. A paneles burkolat illik klasszikus enteriőrökhöz, reprezentatív terekhez.

Lécburkolat. A lécburkolat keskeny, 40–100 mm széles, 15–25 mm vastag lécekből áll, amelyeket 10–30 mm hézaggal helyeznek el a vázon. A lécek anyaga tömörfa (pl. tölgy, dió, éger) vagy MDF (festett, furnérozott). A hézagokat sötétre festett MDF hátlap vagy filc mögé szerelik, hogy esztétikus kontrasztot adjon. A rögzítés látható vagy rejtett csavar, esetleg kétoldalas szalag ideiglenes rögzítéssel.

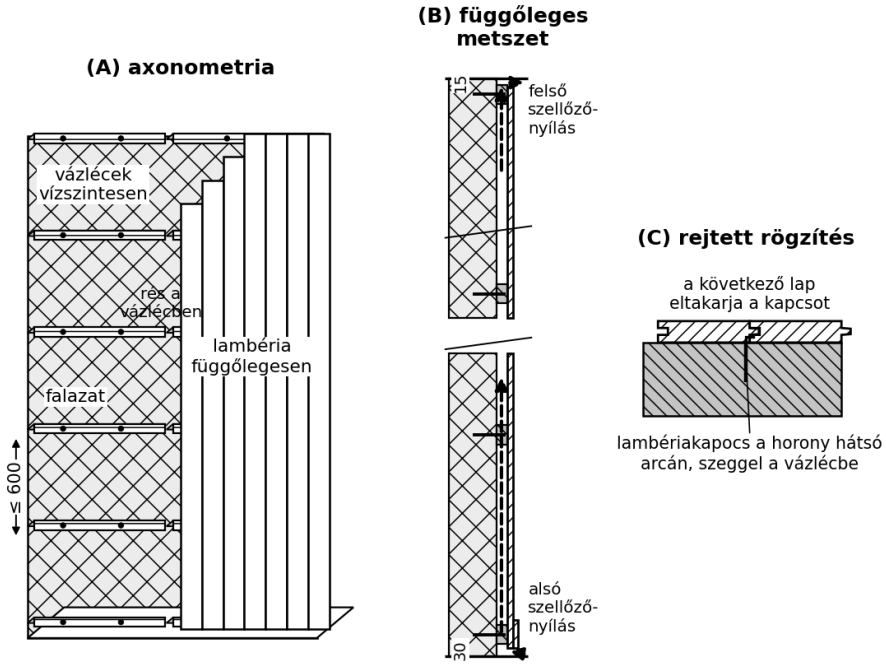
40.4.5. Vázszerkezet, rögzítés, szellőzés, páratechnika

A **vázszerkezet** a falburkolat alapja. A vázléceket a burkolat irányára merőlegesen kell elhelyezni. Függőleges lambéria esetén tehát a vázlécek vízszintesek. A lécvázat 400–600 mm-enként kell felszerelni, a széleken mindenképpen legyen vázléc. A vázlécek vastagsága legalább 20 mm, hogy a szellőzőrést biztosítsák (pl. 27×48 mm-es léc, a 48 mm-es oldal a faltól távolabbi). A vázléc

rögzítése dübelekkel és csavarokkal történik, a dübel és csavar méretét az alapanyag határozza meg (lásd Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre). A fúrás előtt **vezetékkeresővel** kell megkeresni a rejtett villanyvezetékeket, víz- és fűtéscsöveket.

A váz szerelésének lépései: 1. Mérjük fel a falat, jelöljük ki a vázlécek helyét vízszintes vonalakkal, 60 cm-enként (tájékoztató osztás). 2. Állítsuk a legalsó vázlécet a padlószinttől 20–40 mm-re, a legfelsőt a mennyezettől 10–20 mm-re. 3. Fúrjuk meg a lyukakat, üssük be a dübeleket, csavarozzuk be a léceket. Ellenőrizzük a függőlegesség/síkosságot lézeres vagy hagyományos vízmértékkel. 4. Ha a fal egyenetlen, használjunk alátétlemezeket (műanyag távtartó gyűrűk vagy faékek). 5. A sarkoknál a vázlécek találkozását erősítsük átlapolással vagy fém sarokelemmel.

Páratechnika. Belső fűtött helyiségben a külső falak belső felületén a pára lecsapódhat, ha a fal hidegebb a harmatpontnál. Ezért, ha a vázlécek közé hőszigetelés kerül, a **párazáró fóliát** (pl. PE fólia) a hőszigetelés meleg (szoba felőli) oldalán, a vázlécekre rögzítjük, átfedésekkel, légzáróan ragasztva; elé ellenléc kerül, így marad szellőzőrés. Hőszigetelés nélküli, száraz belső falon fólia nem szükséges, a vázlécek közötti, alul-felül nyitott légrés elegendő (ellenőrizendő: épületfizikai terv/páratechnikai számítás). A párazáró réteg tehát a meleg oldalra kerül, a szellőzőrés pedig lehetővé teszi a bejutott nedvesség eltávozását. A **szellőzőrés** a vázléc vastagságából adódik, de alul és felül nyílásokat kell hagyni, vagy szellőzőrácsot szerelni. A szellőzőrés minimális mérete legalább 20 mm, de nedves környezetben 30–50 mm ajánlott (ellenőrizendő: aktuális építési előírás).



Vázléc 27 × 48 mm, dübel + csavar; sorok száma ⌈2,6 / 0,6⌉ + 1 = 6; a legalsó 30 mm-re a padlótól, a legfelső 15 mm-re a mennyezettől. A szaggatott nyíl a légáramot mutatja (alul be, felül ki). Párazáró fólia csak hőszigetelt vázban, a meleg oldalon (ellenőrizendő).

40.11. ábra. Lambériás falburkolat szerelése: (A) vízszintes vázlécek a falon, rájuk függőleges lambéria; (B) függőleges metszet alsó és felső szellőzőnyílással és a légárammal; (C) rejtett rögzítés lambériakapoccsal

A rajzon a 2,6 m magas falon hat vázlécsor van ($\lceil 2{,}6/0{,}6 \rceil + 1 = 6$): a legalsó 30 mm-re a padlótól, a legfelső 15 mm-re a mennyezettől, a sorok távolsága legfeljebb 60 cm. A vázléc merőleges a

burkolatra. A vázléceket szakaszosan, réssel szereljük, hogy a levegő a burkolat mögött alulról felfelé áramolhasson (szemléltető megoldás, ellenőrizendő). Az interaktív változatban a rétegek (falazat, váz, párazáró fólia, burkolat) ki-be kapcsolhatók; a fólia csak hőszigetelt vázban kell, a meleg oldalon (ellenőrizendő: épületfizikai terv).

40.4.6. Álmennyezetek

Az **álmennyezet** függesztett vagy közvetlenül a födémre szerelt váz, amelyre burkolatot rögzítünk. A leggyakoribb faburkolatú álmennyezet a **lamellás** (léces) kivitel, de lehet folytonos, hornyolt lambéria is.

Vázszerkezet. A fából készült álmennyezet váza felfüggesztett fenyő lécekből áll. A függesztők lehetnek szabályozható fém akasztók, menetes szárak vagy acélhuzal. A vázlécek osztása 400–600 mm, a burkolat tömegétől függően. A fém CD profilok (pl. 60×27 mm) alkalmazása gyorsabb, de ehhez is kell fa alátét, ha faburkolatot rögzítünk.

Gépészeti kiállások. Az álmennyezet mögött gyakran légcsatorna, villanyvezeték, szellőző, hangszóró vagy tűzérzékelő van. Minden kiállásnál **revíziós nyílást** kell kialakítani, amelyen keresztül a szerelvény hozzáférhető. A kiállás méretét meg kell mérni, és a vázat úgy kell elhelyezni, hogy a burkolat nyílásai pontosan illeszkedjenek. A nyílás szélét merevíteni kell, hogy a kivágott léc ne hajoljon be.

A burkolat rögzítése az álmennyezetre hasonló, mint a falburkolatnál: rejtett kapocs, csavar vagy fém profilba pattintható elem. A mennyezeti burkolatnál fokozottan kell ellenőrizni a rögzítőelem teherbírását, mert a saját súly és a rezgés is terheli.

40.4.7. Tűzvédelem

Figyelem. A faburkolatok és fa álmennyezetek éghető anyagok, ezért tűzvédelmi besorolásukat és az adott épületben megengedett felhasználásukat a hatályos tűzvédelmi előírások (OTSZ, az épületre vonatkozó tűzvédelmi dokumentáció) szabályozza. Belső terekben a faburkolat anyagát Euroclass szerint osztályozzák (pl. D, C vagy B osztály) attól függően, hogy tömörfa, MDF vagy égéskésleltetővel kezelt anyag. Menekülő útvonalakon, lépcsőházakban szigorúbb követelmények vonatkoznak az éghető anyagokra. A pontos besorolást és a szerelési korlátozásokat a termék teljesítménynyilatkozata és az építési engedély tartalmazza. **(ellenőrizendő: aktuális OTSZ és Euroclass besorolás)** A burkolat mögötti vezetékeket, csöveket is tűzvédelmi tömszelencével vagy tűzgátló habbal kell ellátni, ha átvezetnek tűzszakasz-határon. Ezt a lépést tűzvédelmi szakember tervezi.

40.4.8. Faburkolat készítésének technológiája

Az alábbi számozott eljárás egy függőleges lambéria falburkolat elkészítését írja le belső térben. A művelet során kézi fúrógépet, szúrófűrészt vagy kézi körfűrészt, kapcsozót és vízmértéket használunk.

Gépbiztonság. A fúrógépet és szúrófűrészt csak betanított, felügyelt tanuló használhatja. Viseljünk védőszemüveget és szükség esetén légzésvédőt. Forgó szerszám közelében ne viseljünk kesztyűt. A fúrás előtt mindig vezetékkeresővel ellenőrizzük a falat. A fúrógép kábelei ne lógjanak a munkaterületre. A szúrófűrészt két kézzel vezessük, a munkadarabot rögzítsük. Kézi körfűrész: az alsó védőburkolat szabadon visszarugózzon, ne rögzítsd nyitva; a vágásmélység a lapvastagság + kb. 5 mm (ellenőrizendő: gépkönyv); a munkadarabot két oldalról alátámasztva, szorítva

vágd, hogy a fűrészlap ne szoruljon be (visszarúgás); viselj hallásvédőt, és használj porelszívást. Mennyezeti munkához (álmennyezet) stabil állványt vagy munkadobogót használj, létráról ne szerelj.

Eljárás:

1. **Előkészítés.** Mérjük le a falat, számítsuk ki az anyagszükségletet (lásd számítási példa). Hordjuk be a lambériát, és legalább 48 órát pihentessük a helyiségben, hogy nedvességtartalma kiegyenlítődjön a leendő környezettel.
2. **Vezetékkeresés.** Vezetékkeresővel derítsük fel a rejtett villanyvezetékeket és fém csöveket. Jelöljük meg ezek helyét krétával.
3. **Vázléc szerelés.** Alakítsuk ki a vázat a fent leírtak szerint, 60 cm osztással, vízmértékkel ellenőrizve a síkosságot. A dübelezést az Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre szabályai szerint végezzük.
4. **Párazáró fólia.** Ha a váz közé hőszigetelés kerül, rögzítsük a párazáró fóliát a vázlécek szoba felőli oldalára, 10 cm-es átfedésekkel, és ragasztószalaggal zárjuk le az illesztéseket; erre kerül az ellenléc a szellőzőrés biztosítására.
5. **Burkolat méretre vágása.** Vágjuk méretre a lambériákat, figyelembe véve a lábazati és mennyezeti hézagot (10–15 mm a dilatáció miatt). A vágásokat szúrófűrésszel vagy kézi körfűréssel, a munkadarabot rögzítve végezzük.
6. **Burkolat rögzítése.** Kezdjük az egyik saroknál, a hornyot a sarok felé nézően. Az első lécet függőlegesen állítsuk, és rögzítsük a vázhoz rejtett kapcsokkal vagy csavarokkal. Minden lécelemnél ellenőrizzük a függőlegességet vízmértékkel.
7. **Illesztések.** A következő léc hornyát illesszük az előzőbe, majd rögzítsük a horony aljánál. Ne nyomjuk túl erősen, mert a fa nedvesség hatására dolgozhat.
8. **Sarokillesztés.** A belső sarkoknál a léceket 45°-os szögben vágjuk, vagy alkalmazzunk saroklécet. A külső sarkoknál használjunk élvédő profilt.
9. **Szegélylécek.** A lábazatnál, mennyezetnél és sarkoknál szereljünk fel szegélyléceket, amelyek takarják a dilatációs hézagot.
10. **Felületkezelés.** Ha a lambéria kezeletlen, pácoljuk, lakkozzuk vagy olajozzuk a gyártói adatlap szerint, a szellőzés biztosítása mellett.

40.4.9. Számítási példák

A tanulási cél az anyagszükséglet meghatározása. Az alábbi két példa a burkolat és a vázléc számítását mutatja.

Példa 1. Lambéria falburkolat anyagszükséglete

Adott: fal hossza $l_{\text{fal}} = 3500\,\text{mm}$, magassága $h_{\text{fal}} = 2600\,\text{mm}$. Lambéria névleges szélessége $b_{\text{léc}} = 100\,\text{mm}$, hasznos szélessége $b_{\text{hasznos}} = 96\,\text{mm}$ (a csap/féder szélessége, 4 mm, vonódik le a névleges szélességből). A lambéria 3,0 m-es szálban kapható (feltételezés; ellenőrizendő: gyártói kínálat), függőlegesen fut, a vázléc vízszintes, osztása $o = 600\,\text{mm}$.

Keresett: hány darab lambéria szükséges, és mennyi vázléc folyóméterben?

Megoldás.

A szükséges lécek száma:

$$n_{\text{burkolat}} = \left\lceil \frac{l_{\text{fal}}}{b_{\text{hasznos}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{3500\,\text{mm}}{96\,\text{mm}} \right\rceil = \lceil 36{,}46 \rceil = 37\,\text{db}$$

(Ahol $\lceil \cdot \rceil$ a felső kerekítést jelöli.)

A burkolat teljes hossza (folyóméterben):

$$L_{\text{burkolat}} = n_{\text{burkolat}} \times h_{\text{fal}} = 37 \times 2{,}6\,\text{m} = 96{,}2\,\text{fm}$$

A lambéria 3,0 m-es szálban kapható, a 2,6 m-es falhoz szálanként 0,4 m marad, tehát rendelni kell: $37 \times 3{,}0\,\text{m} = 111\,\text{fm}$. A vágási veszteség $(111 - 96{,}2)/96{,}2 \approx 15\,\%$ (a bruttó szükséglet $A \cdot (1 + v)$ elve szerint).

A vázléc sávjainak száma a falmagasság mentén, $o = 600\,\text{mm} = 0{,}6\,\text{m}$ osztással:

$$n_{\text{váz}} = \left\lceil \frac{h_{\text{fal}}}{o} \right\rceil + 1 = \left\lceil \frac{2{,}6\,\text{m}}{0{,}6\,\text{m}} \right\rceil + 1 = \lceil 4{,}33 \rceil + 1 = 5 + 1 = 6\,\text{sor}$$

(Szabály: a lécsorok száma = a szakaszok száma + 1 $= \lceil h/o \rceil + 1$, mert az első és az utolsó léc a szélen van; a +1 mindig jár.)

A vázléc összes hossza:

$$L_{\text{váz}} = n_{\text{váz}} \times l_{\text{fal}} = 6 \times 3{,}5\,\text{m} = 21\,\text{fm}$$

Ellenőrzés: A burkolat 37 db × 96 mm hasznos szélességgel = 3552 mm, ami kissé több, mint a fal 3500 mm, tehát a felesleges 52 mm-t le kell vágni az utolsó lécből. A vázléc hossza megfelelő, mert a lécek folyóméterben számolhatók.

Anyagszükségleti táblázat (mintaárak):

Tétel	Megnevezés	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft, minta)	Érték (Ft)
1	Fenyő lambéria, hasznos 96 mm (3,0 m-es szálak)	111	fm	850	94 350
2	Vázléc, 27×48 mm fenyő	21	fm	280	5 880
3	Dübel-csavar rögzítő készlet	40	db (pár)	35	1 400
4	Rejtett kapocs (kapcsozóba)	250	db	4	1 000
5	PE párazáró fólia	10	m^2	320	3 200
6	Szellőzőrács	2	db	950	1 900
Összes anyag					**107 730**

Az árak tájékoztató jellegűek, a tényleges árajánlat mindig a beszerzési áraktól függ.

Példa 2. Álmennyezet CD profil anyagszükséglete

Adott: helyiség mérete 4 m × 5 m. Az álmennyezet CD profilból készül, a profilok hossztengelye párhuzamos a 4 m-es oldallal, osztásuk $o = 600\,\text{mm}$. A függesztők a profilok mentén 1 m-enként vannak.

Keresett: hány folyóméter CD profil szükséges, és hány függesztő?

Megoldás.

A profilsorok száma az 5 m-es oldal mentén ugyanazzal a szabállyal (szakaszok száma + 1; a falhoz a szegélyprofil mellett az első és az utolsó sor is kell; ellenőrizendő: rendszergyártó szerelési útmutatója):

$$n_{\text{profil}} = \left\lceil \frac{5\,\text{m}}{0{,}6\,\text{m}} \right\rceil + 1 = \lceil 8{,}33 \rceil + 1 = 9 + 1 = 10\,\text{sor}$$

Összes profilhossz (minden sor 4 m hosszú):

$$L_{\text{profil}} = 10 \times 4\,\text{m} = 40\,\text{fm}$$

A függesztők száma soronként: a 4 m-es hosszon 1 m-enként, a széleket is beleértve:

$$n_{\text{függesztő/sor}} = \left\lceil \frac{4\,\text{m}}{1\,\text{m}} \right\rceil + 1 = 4 + 1 = 5\,\text{db}$$

Összes függesztő:

$$N_{\text{függesztő}} = 10 \times 5 = 50\,\text{db}$$

Ellenőrzés: A CD profil hossza 40 fm, ami egy 4 m-es és egy 5 m-es oldalú helyiségben a gyakorlati tapasztalatnak megfelelő nagyságrend. A függesztők 50 db értéke is reális, mert a sűrű függesztés (1 m) merev vázat ad.

40.4.10. Szabvány

Szabvány. A faburkolatok és álmennyezetek építési termékek, ezért rájuk vonatkoznak az építési termékekre vonatkozó európai és hazai előírások: a faburkolatok anyagai az európai faanyag- és lapanyag-szabványok szerint osztályozottak (pl. MSZ EN 13986 faalapú lemezek, MSZ EN 14915 fa falburkolatok – a pontos szabványszám ellenőrizendő). Az álmennyezetekre vonatkozó követelményeket az MSZ EN 13964 szabványsorozat tartalmazza (ellenőrizendő). A tűzvédelmi osztályozást az Euroclass rendszer adja (MSZ EN 13501-1). A beépítésnél a faanyag nedvességtartalmának a felhasználási hely egyensúlyi fanedvességéhez kell illeszkednie (lásd A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás). A termék teljesítménynyilatkozatában meg kell adni a tűzvédelmi és páratechnikai jellemzőket. A felsorolt szabványszámok ellenőrizendők, mert az aktuális kiadások és harmonizált változatok eltérhetnek.

40.4.11. Minőségellenőrzés

A falburkolat és álmennyezet készítése során az alábbi ellenőrzéseket kell elvégezni:

Ellenőrzési pont	Módszer	Tájékoztató tűrés
Vázléc síkossága	2 m-es vízmérték vagy lézer	±2 mm 2 m-en belül (ellenőrizendő)
Vázléc távolsága	Mérőszalag	±10 mm a tervezett osztástól
Burkolat függőlegessége	Vízmérték	±1 mm/m
Hézagok	Hézagmérő	±0,5 mm a szomszédos lécek között
Rögzítőelemek	Szemrevételezés, meghúzás	Nincs laza kapocs/csavar

Ellenőrzési pont	Módszer	Tájékoztató tűrés
Szellőzőrés	Mérőszalag	Legalább 20 mm (ellenőrizendő)
Dilatációs hézag	Mérőszalag	10–15 mm a széleken

Az eltéréseket azonnal javítani kell: a vázléc alátétével, a burkolat újraállításával vagy a rögzítőelem cseréjével.

40.4.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Felpúposodó burkolat.** A lambéria vagy panel a nedvességfelvétel hatására megdagad, ha nincs elég dilatációs hézag. **Ok:** szoros illesztés, hiányzó szellőzés. **Megoldás:** 10–15 mm hézag a széleken, szellőzőrés, megfelelő fanedvesség.
2. **Penész a burkolat mögött.** A belső párás levegő a hideg falon lecsapódik, ha hiányzik a párazáró fólia. **Ok:** rossz páratechnika. **Megoldás:** párazáró fólia a meleg oldalon, szellőzőrés és összekötött alul-felül.
3. **Lógó vagy repedő álmennyezet.** A függesztők ritkán vannak, vagy nem bírják a terhelést. **Ok:** helytelen teherbírás, túl nagy osztás. **Megoldás:** a gyártói függesztőtávolság betartása, merevítő profilok.
4. **Tűzveszélyes kivitel.** A menekülő útvonalon éghető burkolatot szerelnek engedély nélkül. **Ok:** tűzvédelmi előírások figyelmen kívül hagyása. **Megoldás:** a helyiség tűzvédelmi besorolásának ismerete, az Euroclass osztály egyeztetése.
5. **Elrepedt léc a csavarhelynél.** A csavar túl közel van a léc széléhez, vagy a fa kiszáradt. **Ok:** rossz csavarlyuk hely, túl nagy nyomaték. **Megoldás:** előfúrás, süllyesztett csavarfej, széltől legalább 10 mm-re.

40.4.13. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy lakóház konyhájában tölgy lécburkolatot szereltek fel közvetlenül a vakolt külső falra, vázléc nélkül, ragasztóval. Télen a belső pára a hideg külső fal felületén a burkolat mögött lecsapódott, a lécek megdagadtak, a felület hullámos lett, a hátoldalon penész jelent meg. Az asztalos megvizsgálta, és megállapította, hogy a hibát a szellőzőrés és a párazáró fólia hiánya okozta. A javítás során a burkolatot leszerelték, a falat gombaölő szerrel kezelték, majd 27×48 mm-es vázléceket rögzítettek 600 mm osztással, közéjük hőszigetelést tettek, a váz szoba felőli oldalára párazáró fóliát ragasztottak, és ellenléccel szellőzőrést hagytak (ellenőrizendő: épületfizikai terv). A léceket rejtett kapcsokkal, dilatációs hézaggal szerelték vissza, alul és felül szellőzőrácsot helyeztek el. A tanulság: a faburkolat sikerét a váz és a páratechnika határozza meg, nem a ragasztó.

40.4.14. Önellenőrzés

1. Igaz-e, hogy a lambéria mindig vízszintesen szerelhető? (Válasz: Hamis – lehet függőleges és vízszintes is, de a váz iránya ehhez igazodik.)
2. Mi a lambéria **hasznos szélessége**, és miért kisebb a névlegesnél?
3. Számítsa ki, hány darab 80 mm hasznos szélességű lambéria szükséges egy 2,4 m széles falra. (Válasz: 30 db, mert 2400/80=30)
4. Miért kell szellőzőrést hagyni a faburkolat mögött?

5. Melyik tűzvédelmi osztályozó rendszert használjuk a faburkolatokra? (Válasz: Euroclass, MSZ EN 13501-1 – ellenőrizendő)
6. Mi a teendő, ha a falban rejtett villanyvezeték van a fúrási helyen? (Válasz: vezetékkeresővel meg kell kerülni, másik rögzítési pontot választani, szükség esetén szakemberrel egyeztetni.)

40.4.15. Feladatok

1. feladat (A). Határozza meg a lambéria, a panel és a lécburkolat közötti különbséget szerkezetileg és megjelenésben.

2. feladat (A). Egy falburkolat vázléc-osztása 50 cm. Mekkora a szükséges vázléc-folyóméter egy 3,0 m magas, 4,0 m széles falra, ha a vázlécek vízszintesek, és az alsó, valamint felső szélen is van vázléc?

3. feladat (B). Egy 4,5 m széles és 2,7 m magas falra 120 mm névleges szélességű, 112 mm hasznos szélességű lambériát szerelünk függőlegesen. A vázléc osztása 600 mm. Készítsen anyagszükségleti táblázatot a burkolatra és a vázlécire, folyóméterben.

4. feladat (B). Tervezzen meg egy 3 m × 3 m-es álmennyezetet CD profilból, 60 cm osztással, ha a CD profilok a 3 m-es oldallal párhuzamosak. Számolja ki a profilhosszt és a függesztők számát, ha a függesztőtávolság 1,2 m.

5. feladat (C). Hogyan oldaná meg, hogy egy faburkolat mögött ne csapódjon le pára egy kültéri fallal határos helyiségben? Ismertesse a rétegfelépítést az építőanyagok felől a belső felületig.

6. feladat (D). Válassza ki a rögzítőelemeket egy pórusbeton falra szerelt faburkolat vázléceihez. Indokolja a választást, és írja le a fúrási és rögzítési folyamatot.

40.4.16. Megoldások

1. feladat megoldása. A **lambéria** hornyolt, nút-federes profil, keskeny (90–120 mm), rejtett kapcsokkal rögzített, általában fenyő. A **panel** keretes szerkezetű, betétes, szerelt kivitel, a keret merevít. A **lécburkolat** keskeny, párhuzamos lécek sora, lehet hézagos vagy zárt, anyaga tömörfa vagy MDF, modern megjelenésű.

2. feladat megoldása. Vázléc osztása $o = 50\,\text{cm} = 0{,}5\,\text{m}$, fal magassága $h = 3{,}0\,\text{m}$. A szakaszok száma $\lceil 3{,}0/0{,}5 \rceil = 6$, tehát $6 + 1 = 7$ vázléc kell (a két szélen is). Vázléc hossza soronként 4,0 m, így összesen $7 \times 4{,}0\,\text{m} = 28\,\text{fm}$.

3. feladat megoldása. Burkolat léceinek száma: $\lceil 4500/112 \rceil = \lceil 40{,}18 \rceil = 41$ db. Burkolat teljes hossza: $41 \times 2{,}7\,\text{m} = 110{,}7\,\text{fm}$. Vázlécsorok: $\lceil 2{,}7/0{,}6 \rceil + 1 = 5 + 1 = 6$ sor (a +1 már tartalmazza az alsó és a felső lécet). Vázléc hossz: $6 \times 4{,}5\,\text{m} = 27{,}0\,\text{fm}$. Táblázat a példa szerint kitölthető.

4. feladat megoldása. A CD profilsorok száma: $\lceil 3{,}0/0{,}6 \rceil + 1 = 5 + 1 = 6$ sor. Profilhossz: $6 \times 3\,\text{m} = 18\,\text{fm}$. Függesztők soronként: $\lceil 3{,}0/1{,}2 \rceil + 1 = 3 + 1 = 4$ db. Összesen: $6 \times 4 = 24$ db.

5. feladat megoldása. A rétegfelépítés kívülről befelé: 1. falazat, 2. vázléc a hőszigeteléssel, 3. párazáró fólia (a hőszigetelés meleg, szoba felőli oldalán), 4. ellenléc/szellőzőrés (legalább 20 mm), 5. faburkolat dilatációs hézagokkal. A párazáró fóliát átfedésekkel, ragasztószalaggal légmentesen kell rögzíteni. A szellőzőrés alul és felül nyitott, szellőzőrács védi a rovaroktól (ellenőrizendő: épületfizikai terv).

6. feladat megoldása. Pórusbeton falhoz **pórusbeton dübelt** és hozzá illő csavart kell választani. A dübel hossza és átmérője a gyártói táblázat szerint, a csavar hossza a dübel hosszának és a vázléc vastagságának megfelelő. Fúrás fúrószárral, ütvefúró nélkül (pórusbetonhoz), a furatmélység a dübel hossza + 10 mm. A furatot ki kell fújni, dübelt beütni, majd a vázlécet csavarral rögzíteni. A fúrás előtt vezetékkeresővel ellenőrizni kell.

40.4.17. Rövid összefoglaló

A falburkolatok és álmennyezetek faalapú szerkezetek, amelyek takarják az alapfelületet, gépészetet, és esztétikai felületet adnak. A három fő faburkolat-típus a **lambéria**, a **panel** és a **lécburkolat**. A burkolatot mindig **vázszerkezetre** kell rögzíteni, amely a burkolat irányára merőlegesen, 400–600 mm osztással készül. A váz mögött **szellőzőrést** (legalább 20 mm) kell hagyni, és páratechnikai követelmény esetén **párazáró fóliát** kell beépíteni. Az álmennyezetek függesztett vagy közvetlenül rögzített vázból állnak, a gépészeti kiállásoknál revíziós nyílást kell kialakítani. A faburkolatok éghető anyagok, tűzvédelmi besorolásuk Euroclass szerint történik, az adott épületben az OTSZ szabályai érvényesek. Az anyagszükséglet-számítás a burkolat hasznos szélességéből és a vázléc osztásából indul ki: $n_{\text{burkolat}} = \lceil l_{\text{fal}} / b_{\text{hasznos}} \rceil$, $n_{\text{váz}} = \lceil h_{\text{fal}} / o \rceil + 1$. A szerelés során mindig vezetékkeresővel ellenőrzünk, a rögzítőelemeket az alapanyaghoz választjuk.

40.4.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: a faburkolatok és álmennyezetek műszaki leírásai, az építési termékekre vonatkozó harmonizált szabványok (MSZ EN 13986, MSZ EN 13964, MSZ EN 14915 – a pontos számok ellenőrizendők), a tűzvédelmi Euroclass besorolás (MSZ EN 13501-1), a rögzítőelemek gyártói beépítési útmutatói, az OTSZ előírásai, a faanyag nedvességtartalomra vonatkozó szabványok, valamint a faipari szakképzési gyakorlat.

Ellenőrizendő hiányok: a felsorolt szabványok aktuális címe és kiadási éve, az Euroclass osztályok pontos követelményei, a vázléc-osztás és a szellőzőrés minimális méretei, a függesztőtávolságok teherbírási értékei, valamint a mintaárak és a munkavédelmi határértékek.

IX. RÉSZ – Szerelés és termékgyártás

41 Szerelési dokumentáció és előszerelés

41.1. Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése

41.1.1. Miért van szükség szerelési dokumentációra?

A lapszerkezetű bútorok nagy része lapra szerelve, csomagban vagy az előszerelés során szétbontva érkezik. A vevő dobozából ötven alkatrész, csomag vasalat és egy tekercs rajz kerülhet elő. Ha nincs egyértelmű szerelési útmutató, az alkatrészeket könnyen felcserélik, a vasalatot rossz furatba csavarják, a hátlapot megfordítják, a szekrény pedig görbe lesz vagy nem áll stabilan. Ugyanez történhet a műhelyben is az előszereléskor, ha a dolgozó nincs hozzászokva a termékhez. A **szerelési dokumentáció** azért kell, hogy a terméket mindenki ugyanúgy, hiba nélkül szerelje össze: a betanított szerelő, az ellenőrző művezető, a helyszínen dolgozó asztalos és a vásárló is.

41.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy lapra szerelt, kétajtós szekrényt a csomagolásában. Az alkatrészek tételszámos matrica nélkül egymásra vannak fektetve: bal oldal, jobb oldal, fenék, fedőlap, két ajtó, négy polc, hátlap. A vasalat egy külön zacskóban: excenterek, csavarok, csapok, zsanérok, polctartók, fiókcsúszó. A dobozra ragasztott **robbantott ábra** azt mutatja, hogy az alkatrészek milyen sorrendben és milyen irányban illeszkednek egymáshoz, mintha a szekrényt szétrobbantották volna. A rajzon minden alkatrésznek ugyanaz a tételszáma, mint a csomagolási listán. Ez a kép vezet végig az egész szerelésen.

41.1.3. Definíciók és a szerelési dokumentáció részei

Definíció. A **szerelési dokumentáció** a termék összeállításához szükséges rajzok, listák és utasítások rendszere. Részei: az **összeállítási rajz**, a **robbantott ábra**, az **alkatrészlista**, a **vasalatlista** és a **szerelési sorrend** (szerelési útmutató).

A szerelési dokumentáció célja, hogy azonosíthatóvá tegye az alkatrészeket, megadja a helyes irányukat és sorrendjüket, és előírja az ellenőrzési pontokat. A dokumentáció a gyártásban élő **ellenőrző dokumentum**, nem dísz. A gyártás előtti, közbeni és utáni ellenőrzés is ebből indul ki.

Az **összeállítási rajz** a kész terméket mutatja a fő méretekkel, tételszámokkal és a kapcsolódó darabjegyzékkel. A faipari gyakorlatban gyakran egyszerűsített, az üres furatokat, vasalatok helyét is jelöli. A tételszám a rajzon és az alkatrészlistán ugyanazt az elemet azonosítja.

A **robbantott ábra** az alkatrészeket a szerelés irányában húzza szét. A rajzoló úgy készíti el, hogy a szétrobbantott elemek nyilakkal vagy tengelyvonalakkal mutassák a beillesztés irányát. A hátlapot például hátulról kell a nútba csúsztatni; a robbantott ábra ezt a mozgást mutatja. A vevői szerelési útmutatóban gyakran csak a robbantott ábra és a számozott lépések szerepelnek.

Az **alkatrészlista** megadja a tételszámot, a megnevezést, a darabszámot, az anyagot és a méretet. A **vasalatlista** külön veszi a kötőelemeket, zsanérokat, fogantyúkat, polctartókat, csavarokat és a segédanyagokat. A **szerelési sorrend** lépésről lépésre, rövid mondatokban és rajzokkal írja le, mit kell tenni.

41.1.4. A gyártástechnológiai leírás értelmezése

A szerelő az üzemi gyártástechnológiai leírásból más adatokat olvas ki, mint a vevői szerelési útmutatóból. A gyártástechnológiai leírás megadja a műveletek sorrendjét, a használt gépet, a beállításokat, a szorítási időt, a tűréseket és az ellenőrzési pontokat.

Példa. Egy tömörfa keret előszerelésének gyártástechnológiai leírásában ez állhat:

1. Csapozás és próbaillesztés – ellenőrzés: a csap hézag nélkül, kézi nyomással illeszkedik.
2. Ragasztófelhordás a fészekbe és a csapra, D3-as PVAc ragasztóval – ellenőrzés: a felület egyenletesen nedves.
3. Összeszorítás keretszorítóval – ellenőrzés: présnyomás a gyártói adatlap szerint, tájékoztató érték puhafánál 0,1–0,5, keményfánál 0,5–1,0 N/mm²; ellenőrizendő: ragasztó műszaki adatlapja.
4. Pihentetés 30 percig présben – ellenőrzés: a préselési idő a ragasztó adatlapjától függ, ez csak példa.
5. Derékszög- és átlómérés – ellenőrzés: a két átló eltérése legfeljebb 1 mm a példában.

A gyártástechnológiai leírás tehát **gyártási utasítás**, a szerelési útmutató pedig **felhasználói utasítás**. A szerelő mindkét dokumentumot együtt használja: a technológiai leírásból tudja, milyen erővel és sorrendben szorítson, a szerelési rajzból pedig azt, melyik oldal hová kerül.

41.1.5. Szerelési útmutató készítése

Szabály. A szerelési útmutató akkor jó, ha az olvasó szöveg nélkül, csak a rajzból is megérti, hova kerül az alkatrész. A szöveg rövid, a rajz nyelvezetfüggetlen, mert a termék külföldre is kerülhet.

Recept: szerelési útmutató készítése 1. Készítsd el a termék összeállítási rajzát, és azonosítsd az alkatrészeket tételszámokkal. 2. Készítsd el az alkatrész- és vasalatlistát, a lista oszlopai: tételszám, megnevezés, darab, anyag, méret, megjegyzés. 3. Határozd meg a szerelés logikus sorrendjét: először a nagyméretű, stabil keretet, majd a merevítő hátlapot, utoljára a mozgó elemeket (ajtó, fiók, polc). 4. Rajzold meg a robbantott ábrát vagy a lépésenkénti piktogramokat. Minden új lépésben csak azt az alkatrészt emeld ki, amely éppen bekerül. 5. Írj a lépésekhez rövid utasítást: „Csúsztasd a hátlapot a nútba”, „Húzd meg az excentereket”, „Ellenőrizd a derékszöget”. 6. Jelöld a veszélyes műveleteket piktogrammal: éles él, ujjbecsípődés, borulás, nehéz alkatrész. 7. Ellenőrizd az útmutatót próbaszereléssel: egy olyan személy szerelje össze, aki nem ismeri a terméket, és minden megakadt lépést javíts.

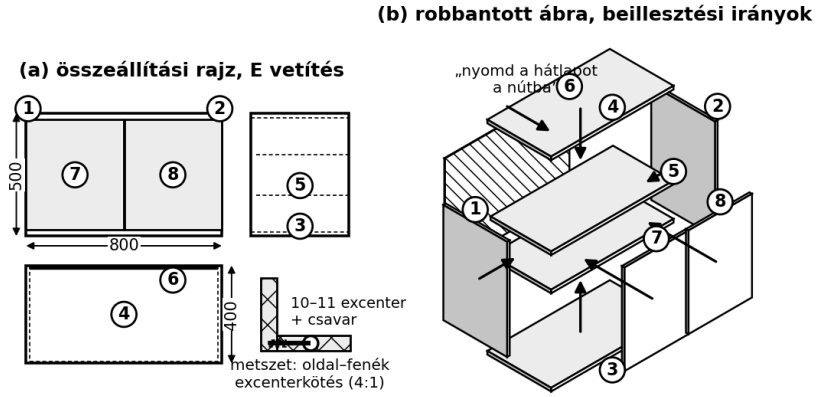
A nyelvfüggetlen jelölésnél a rajzon tételszámok, nyilak, méretek és piktogramok szerepelhetnek. A szavak helyett sematikus ábrát használunk: egy körbe rajzolt csavarhúzó jelzi a csavarozást, egy derékszög ikon az ellenőrzést.

41.1.6. Kidolgozott példa: szerelési útmutató egy lapra szerelt szekrényhez

Termék: kétajtós, lapra szerelt szekrény, anyaga 16 mm-es laminált forgácslap, hátlap 3 mm-es HDF. Névleges méret: szélesség 800 mm, magasság 500 mm, mélység 400 mm. A méretek és a vasalatdarabok **tanulási példák**, nem gyártási előírások.

Az összeállítási rajz szöveges leírása:

Az E vetítési rendben elölnézetben a szekrény 800 mm széles és 500 mm magas. A két ajtó egy síkban zár, középen 3 mm-es hézag van. A bal oldali ajtó balra, a jobb oldali jobbra nyílik. A felülnézetben a korpusz mélysége 400 mm, a hátlap hátul a nútban ül. A metszet a bal oldalnál mutatja a fenék és a fedőlap csatlakozását excenterkötéssel. A tételszámok: 1 – bal oldal, 2 – jobb oldal, 3 – fenék, 4 – fedőlap, 5 – két polc, 6 – hátlap, 7 – bal ajtó, 8 – jobb ajtó.



1 Bal oldal 500 × 400 × 16 2 Jobb oldal 500 × 400 × 16 3 Fenék 768 × 400 × 16 4 Fedőlap 768 × 400 × 16
5 Polc (2 db) 768 × 380 × 16 6 Hátlap (HDF) 782 × 480 × 3 7 Bal ajtó 397 × 450 × 16 8 Jobb ajtó 397 × 450 × 16 (mm; a hátlap a T-J11-048 szerint)

41.1. ábra. Lapra szerelt kétajtós szekrény összeállítási rajza E vetítésben (a) és robbantott ábrája a beillesztési irányokkal (b); a tételszámok az alkatrészlistáéval egyeznek

Az összeállítási rajzon az elölnézet alatt a felülnézet, mellette az oldalnézet áll (E vetítés), a részletmetszet az oldal–fenék excenterkötést mutatja. A robbantott ábrán az oldalak oldalra, a fenék lefelé, a fedőlap felfelé, a hátlap hátrafelé, az ajtók előre húzódnak szét; a nyilak a beillesztés irányát jelzik. A hátlap az ábrán 782 × 480 × 3 mm, mert a 8 mm mély nútba oldalanként 7 mm-re, alul és felül 6 mm-re nyúlik be (ellenőrizendő a szerkezeti rajzon). Az interaktív változat a szerelést lépésenként játssza le.

Az alkatrészlista részlete:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
1	Bal oldal	1	laminált forgácslap	500 × 400 × 16	furatok az excenterekhez
2	Jobb oldal	1	laminált forgácslap	500 × 400 × 16	furatok az excenterekhez
3	Fenék	1	laminált forgácslap	768 × 400 × 16	bázisfurat

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Megjegyzés
4	Fedőlap	1	laminált forgácslap	768 × 400 × 16	bázisfurat
5	Polc	2	laminált forgácslap	768 × 380 × 16	polctartó furatok
6	Hátlap	1	HDF	782 × 480 × 3	nútba csúsztatható (8 mm mély nút; oldalanként 7, alul-felül 6 mm befogás – ellenőrizendő)
7	Bal ajtó	1	laminált forgácslap	397 × 450 × 16	zsanérfuratok
8	Jobb ajtó	1	laminált forgácslap	397 × 450 × 16	zsanérfuratok

A vasalatlista:

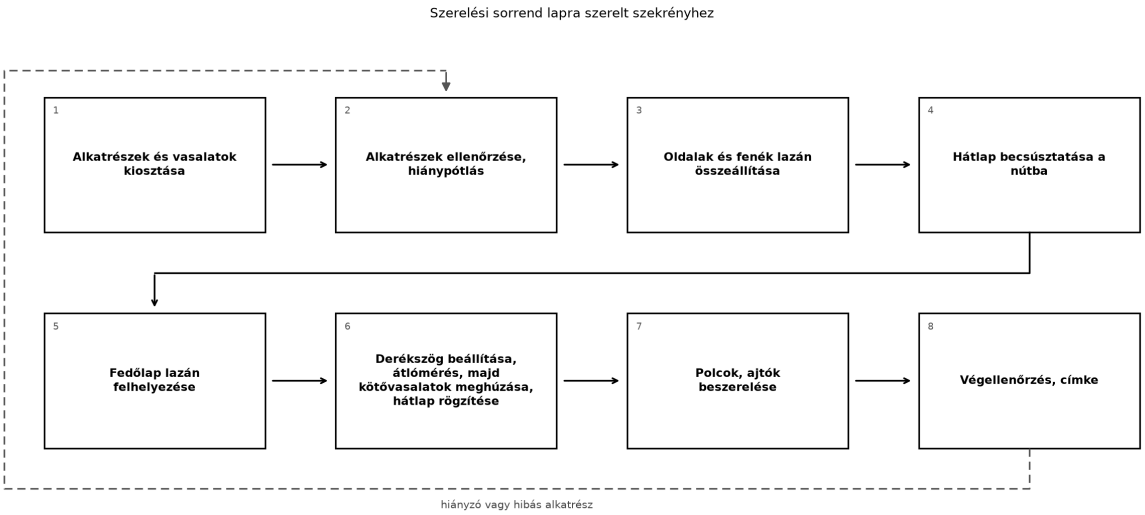
Tétel	Megnevezés	Db	Felhasználási hely
10	Excenter	8	oldal–fenék, oldal–fedőlap
11	Excentercsavar	8	fentiekhez
12	Köldökcsap (tipli)	8	oldal–fenék, oldal–fedőlap
13	Polctartó	8	oldalfalakba furatonként
14	Bútorzsanér	4	ajtónként 2 db
15	Csavar 4 × 16 mm	16	zsanérokhoz
16	Hátlapcsavar 3 × 15 mm	12	hátlap rögzítéshez

A szerelési sorrend kidolgozott lépései:

1. **Alkatrész- és vasalatellenőrzés** – ellenőrizd a csomagot a lista alapján, nézd meg az éleket, nincs-e sérülés.
2. **Oldalak és fenék lazán összeállítása** – helyezd a köldökcsapokat a fenék furataiba, illeszd az oldalakhoz, majd hajtsd be az excentereket félig. – ellenőrzés: az excenterek félúton állnak, a csapok nem látszanak ki.
3. **Hátlap becsúsztatása** – amíg a fedőlap nincs fent, csúsztasd a hátlapot felülről az oldalak és a fenék nútjába, de ne rögzítsd még.
4. **Fedőlap lazán felhelyezése** – a köldökcsapokkal illeszd a fedőlapot az oldalakra, az excentereket csak félig húzd be.
5. **Derékszög beállítása, meghúzás és hátlap rögzítése** – állítsd a korpuszt derékszögbe, mérd meg az átlókat; ha az eltérés a tűrésen belül van, húzd meg az excentereket, és rögzítsd a hátlapot csavarokkal. – ellenőrzés: átlóeltérés 2 mm alatt, tájékoztató.
6. **Polcok behelyezése** – tedd a polctartókat a furatokba, fektesd rá a polcokat. – ellenőrzés: a polc nem billeg.
7. **Ajtók szerelése** – szereld a zsanérokat az ajtókra, majd az ajtókat a korpuszra. – ellenőrzés: a hézagok egyenletesek, az ajtó nem súrol.

8. **Végellenőrzés** – nyisd és csukd az ajtókat, húzd meg a vasalatokat, töröld le a felületet. – ellenőrzés: nincs meglazult csavar, nincs sérülés.

Az alábbi diagram a szerelési sorrendet egészben mutatja:



41.2. ábra. Szerelési sorrend lapra szerelt szekrényhez - Szemléltető, egyszerűsített sorrend a „lazán összeállít, derékszöget ellenőriz, majd meghúz” szabály szerint; a konkrét termék szerelési útmutatója az irányadó.

41.1.7. Az összeállítási feladatok megszervezése

Szabály. Az előszerelést úgy kell megszervezni, hogy az alkatrészek ne keveredjenek, ne sérüljenek, a szerszámok kéznél legyenek, és a szerelő minden lépés után ellenőrizni tudjon. A rossz munkahelyi rend meglassítja a munkát és hibát okoz.

Munkahely. A szerelőasztal legyen sík, tiszta, lehetőleg filc vagy védőalátét borítású, hogy a laminált él ne pattanjon le. A munkadarabokat ne egymásra, hanem élükre állítva vagy állványon tárold. A vasalatokat kis rekeszes dobozban, tételszám szerint készítsd elő. A rajzot és a csomagolási listát tedd a falra vagy az asztal mellé, hogy a szerelő ne a kezében tartsa.

Eszközök. A lapra szerelt bútorhoz jellemzően csavarhúzó, excenterkulcs, gumikalapács, mérőszalag, derékszög, vízmérték, csomagológép és olló kell. Gépi behajtásnál a csavarozó nyomatékát állítsd alacsonyra, hogy ne csavard át a furatot. A kézi szerelés lassúbb, de kisebb a sérülés kockázata.

Sorrend. A sorrend meghatározásakor először a teherhordó kapcsolatokat hozd létre, utána a merevítést, végül a mozgó elemeket. Ez csökkenti a borulás és a vetemedés kockázatát. Az előszerelésnél előfordulhat, hogy a szerelő túl korán húzza meg az összes excentert, és utána nem tudja a hátlapot behelyezni. Ezért a sorrendben mindig szerepeljen a „lazán összeállít, derékszöget ellenőriz, majd meghúz” lépés.

Idő. Az összeállítási időt a technológiai leírásban szereplő **normaidő** adja meg. A norma időtartamot jelöl, például egy egyszerű szekrény előszerelése 25–35 perc lehet (tájékoztató, üzemi norma). A dolgozó teljesítménye és a gyakorlata befolyásolja. Az időtervezéskor a szerszámok előkészítését és az ellenőrzést is számold be.

Számítás. Ha egy szekrény előszerelési normája 30 perc, és egy megrendelésben 6 szekrény van, akkor a tiszta szerelési idő:

$$t_{\text{összes}} = n \cdot t_{\text{egység}}$$

Behelyettesítve:

$$t_{\text{összes}} = 6 \cdot 30\,\text{min} = 180\,\text{min} = 3\,\text{h}$$

Ellenőrzés: 6 × fél óra = 3 óra, a nagyságrend helyes.

Ehhez hozzájön az alkatrészek kiosztása, a csomagolás és a dokumentálás ideje. A gyakorlatban ezért a teljes átfutási időt 3,5–4 órára tervezd (tájékoztató, üzemi adat).

41.1.8. Minőségbiztosítás a szereléskor

A szerelés minőségbiztosítása a szerelési dokumentációból indul. A szerelőnek ellenőriznie kell, hogy a rajz, az alkatrészlista és a tényleges alkatrészek egyeznek. Az ellenőrzési pontok a következők:

- **Tételazonosítás:** a csomagon és a rajzon lévő tételszám megegyezik.
- **Méret és furatok:** az alkatrész mérete és furatképe a műhelyrajz szerinti. Például a bal és jobb oldal nem felcserélhető, mert a furatkiosztás tükörszerű.
- **Derékszög:** az összeszerelt korpusz átlóinak eltérése a megadott tűrésen belül legyen (példa: 2 mm).
- **Vasalatok:** az excenter ne forogjon üresen, a csavar ne álljon ki.
- **Felület:** a szerelés során ne keletkezzen nyomódás, élpattanás, ragasztófolyás.

Hibaeset a szereléskor. Egy szekrénynél a vevő reklamált, hogy az ajtó nem zár, a jobb oldali ajtó felső sarka 5 mm-rel kiáll. A műhelyben a szerelő megnézte az ellenőrzőlapot: az átlós méretek nem voltak feljegyezve. A korpusz nem volt derékszögben, amikor a hátlapot rögzítették. A valódi ok az volt, hogy az excentereket a hátlap rögzítése előtt részben meghúzták, de a derékszöget nem ellenőrizték. A korpusz trapéz alakú lett. A helyes gyakorlat: derékszög beállítása után mérjük az átlókat, és csak azután rögzítjük a hátlapot. Ezt a szerelési útmutatóban is külön ki kell emelni.

41.1.9. Tipikus hibák és okaik

1. **A tételszám hiányzik a rajzról vagy a csomagról.** Ok: a csomagolási listát nem frissítették a tervmódosításkor. Helyes gyakorlat: a rajz, az alkatrészlista és a csomag egyaránt a legújabb tervverzióból készül; a szerelő hiányzó jelölésnél azonnal jelzi.
2. **A szerelési sorrend nem logikus: az ajtókat a korpusz derékszögbe állítása előtt szerelik fel.** Ok: a lépéssort a rajz alapján, próbaszerelés nélkül írták. Helyes gyakorlat: a lépéseket próbaszereléssel ellenőrzik, és a végén derékszög-ellenőrzés szerepel.
3. **Az excentereket túlhúzzák, a furat kitágul, a vasalat nem tart.** Ok: nagy nyomatékú csavarozót használnak, a nyomatékot nem korlátozzák. Helyes gyakorlat: állítható nyomatékú csavarozó, vagy kézi excenterkulcs; a gyártói nyomatékérték betartása (ellenőrizendő).

4. **A hátlapot kihagyják a derékszög-beállításból, ezért a szekrény paralelogramma alakú.** Ok: a szerelő csak a homlokzati lapot nézi, a belső derékszöget nem. Helyes gyakorlat: a hátlap merevítő szerepét kihasználjuk, és a rögzítés előtt mindkét átlót mérjük.

41.1.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy beépített szekrényt a helyszínen szereltek. A szerelési útmutató szerint a polcokat a korpusz összeszerelése után kellett volna behelyezni. A szerelő azonban időt akart spórolni, és a polcokat már a korpusz fektetése közben behelyezte. Amikor a szekrényt felállították, a harmadik polc nem fért be, mert a hátlap nútjának kiosztása miatt a polcot függőlegesen kellett volna bevezetni, nem vízszintesen. A polc sarka lepattant, a helyszínen javítani kellett. A tanulság: a szerelési sorrend nem javaslat, hanem a konstrukcióból következő kényszer. Aki eltér, előbb gondolja végig a beillesztési irányt.

41.1.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A robbantott ábra arra való, hogy a kész termék külsejét mutassa.
2. Sorold fel a szerelési dokumentáció öt fő részét.
3. Miért fontos a nyelvfüggetlen jelölés a vevői szerelési útmutatóban?
4. Mi a hiba ebben a lépésben? „Húzd meg az excentereket, majd csúsztasd be a hátlapot.”
5. Egy előszereléshez 30 perc normaidő tartozik. Mennyi a tiszta szerelési idő 8 darab szekrényhez?
6. Mi az első ellenőrzési pont a szerelés megkezdésekor?

41.1.12. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel a szerelési útmutató részeit, és írd le, mi a különbség az összeállítási rajz és a robbantott ábra között.

2. feladat (A) Egy lapra szerelt szekrényhez 12 excenter, 8 köldökcsap, 4 zsanér és 24 csavar szükséges. A raktárban 30 excenter, 20 köldökcsap, 10 zsanér és 50 csavar van. Hány szekrényt tudsz hiánytalanul előszerelni?

3. feladat (B) Az alkatrészlista szerint az 1. és 2. tétel (bal és jobb oldal) furatképe tükörszimmetrikus. A szerelő a jobb oldalra a bal oldalt szánja. Mit ellenőriz, mielőtt a vasalatot behajtja? Írd le lépésenként.

4. feladat (B) Adott egy hibás szerelési sorrend: (1) ajtókat a korpuszra szereli, (2) fenék és fedőlap összecsavarozza, (3) hátlapot behelyezi, (4) excentereket meghúzza, (5) derékszöget ellenőriz. Rendezd helyes sorrendbe, és indokold a változtatást.

5. feladat (C) A szerelési útmutató rajzán a tételszámok hiányoznak a robbantott ábráról, a szöveg pedig csak „rögzítsd az oldalt” utasítást tartalmaz. Milyen hibákat okoz ez a vevői szerelésben? Javasolj javítást a rajzhoz és a szöveghez.

6. feladat (D) Készíts rövid szerelési útmutatót egy egyszerű, nyitott fiókos éjjeliszekrényhez, lapra szerelt kivitelben. Adott alkatrészek (magasság × mélység × vastagság, mm): bal és jobb oldal 2 db, 500 × 380 × 16; fenék 468 × 370 × 16 (a külső szélesség 2 × 16 + 468 = 500 mm); fedőlap 540 × 400 × 16 (elöl és oldalt 20 mm túlnyúlás); hátlap 476 × 484 × 3 (4 mm mély nútba; ellenőrizendő a nútméret); egy fiók: 2 oldal (340 × 100 × 16), eleje és hátulja (411 × 100 × 16), feneke (435 × 332 × 3, nútba); 2 db fiókcsúszó (a fiók külső szélessége 468 − 2 × 12,5 =

443 mm; ellenőrizendő: csúszógyártó beépítési mérete). Írd le a rajzok tartalmát szövegben, az alkatrészlista táblázatot, a vasalatlistát és a számozott szerelési lépéseket ellenőrzési pontokkal.

41.1.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A robbantott ábra az alkatrészek szétrobbantott helyzetét és a szerelési irányokat mutatja; a kész külalakot a formaterv vagy a késztermék nézet adja meg.
2. Összeállítási rajz, robbantott ábra, alkatrészlista, vasalatlista és szerelési sorrend; ez az öt fő rész.
3. Mert a termék külföldre kerülhet, vagy olyan vevő szereli, aki nem érti a magyar szöveget; a tételszámok, nyilak és piktogramok nyelvtől függetlenül érthetők.
4. A hátlapot a korpusz derékszögbe állítása előtt vagy közben kell behelyezni, mert utólag nem lehet a nútba csúsztatni; a helyes sorrend: lazán összeállít, hátlap behelyez, derékszög ellenőriz, majd excenterek meghúzása.
5. $8 \cdot 30\,\text{min} = 240\,\text{min} = 4\,\text{h}$.
6. Az alkatrészek és vasalatok csomagolási lista szerinti átvétele, tételszám- és sérülésellenőrzés.

1. feladat A szerelési útmutató részei: összeállítási rajz, robbantott ábra, alkatrészlista, vasalatlista, szerelési sorrend. Az összeállítási rajz a kész terméket mutatja a fő méretekkel és tételszámokkal; a robbantott ábra az alkatrészeket a beillesztés irányában szétrobbantott helyzetben mutatja, nyilakkal vagy tengelyvonalakkal.

2. feladat Kiszámítjuk az előszerelhető szekrények számát minden anyagnál: - excenter: 30/12 = 2,5, tehát 2 teljes szekrény - köldökcsap: 20/8 = 2,5, tehát 2 teljes szekrény - zsanér: 10/4 = 2,5, tehát 2 teljes szekrény - csavar: 50/24 = 2,08, tehát 2 teljes szekrény A minimális eredmény 2, tehát 2 szekrényt tudunk hiánytalanul előszerelni.

3. feladat Lépések: 1. Nézd meg a műhelyrajzon a bázisfél és a furatkiosztás irányát. 2. Fogd a bal oldalt, és tartsd a bázisfelülete szerint. 3. Ellenőrizd, hogy a furatok a belső oldalon vannak, és a bázisfalhoz viszonyított távolságuk megegyezik a rajzzal. 4. A jobb oldalt ugyanezzel a bázisfallal hasonlítsd össze. 5. Ha a furatkiosztás tükörszerű, akkor a bal oldalt nem lehet a jobb oldalra szerelni; jelöld a tételszámot és cseréld ki.

4. feladat Helyes sorrend: 1. Az oldalak és a fenék összecsavarozása excenterekkel, lazán. 2. Hátlap becsúsztatása a nútba (amíg a fedőlap nincs fent). 3. Fedőlap felhelyezése, lazán. 4. Derékszög ellenőrzése, átlómérés. 5. Excenterek meghúzása, a hátlap rögzítése. 6. Ajtók szerelése a korpuszra. Indoklás: a hátlap behelyezése előtt nem húzhatjuk meg az excentereket, mert a korpuszt derékszögbe kell állítani; az ajtók csak a merev, derékszögbe állított korpuszra kerülhetnek.

5. feladat A hiányzó tételszámok miatt a vevő nem tudja azonosítani, melyik csomag melyik rajzbeli elemet tartalmazza; az alkatrészeket felcseréli, rossz furatba csavarja a vasalatot, a hátlapot megfordítja. A javítás: a robbantott ábrán minden alkatrészre tételszámot kell tenni, a szövegben meg kell adni a tételszámot, az irányt és a vasalat darabszámát, például: „5. lépés: rögzítsd a 2. tétel (jobb oldal) excentereit a 3. tétel (fenék) felőli oldalon.”

6. feladat Szerelési útmutató rövid leírása:

- **Összeállítási rajz szöveges leírása:** Elölnézetben az éjjeliszekrény korpusza 500 mm széles és 500 mm magas, fedőlapja 540 mm széles és 400 mm mély, elöl és oldalt 20 mm-rel túlnyúlik. Felülnézetben a korpusz mélysége 380 mm. A hátlap hátul a nútban ül. A fiók a korpusz belsejében, a fenék felett 40 mm-rel, balról és jobbról fiókcsúszókon fut.

Tételszámok: 1 – bal oldal, 2 – jobb oldal, 3 – fenék, 4 – fedőlap, 5 – hátlap, 6a–6c – a fiók alkatrészei.

- **Alkatrészlista táblázat:**

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)
1	Bal oldal	1	laminált forgácslap	500 × 380 × 16
2	Jobb oldal	1	laminált forgácslap	500 × 380 × 16
3	Fenék	1	laminált forgácslap	468 × 370 × 16
4	Fedőlap	1	laminált forgácslap	540 × 400 × 16
5	Hátlap	1	HDF	476 × 484 × 3
6a	Fiókoldal	2	laminált forgácslap	340 × 100 × 16
6b	Fiók eleje, hátulja	2	laminált forgácslap	411 × 100 × 16
6c	Fiókfenék	1	HDF	435 × 332 × 3

- **Vasalatlista:** 8 db excenter, 8 db köldökcsap, 2 db fiókcsúszó, 16 db fiókcsúszó-csavar, 8 db hátlapcsavar.
- **Számozott lépések ellenőrzéssel:**
  1. Ellenőrizd az alkatrészeket és a vasalatot a lista szerint. – ellenőrzés: tételszámok és darabszámok egyeznek, nincs sérülés.
  2. Szereld a fiókcsúszókat az oldalak belső furataiba, a bázisfaltól a rajz szerinti távolságra. – ellenőrzés: a csúszók egy síkban futnak.
  3. Csúsztasd a hátlapot az oldalak nútjába. – ellenőrzés: a hátlap teljes mélységben ül.
  4. Helyezd a köldökcsapokat a fenék furataiba, illeszd össze az oldalakkal, hajtsd be az excentereket. – ellenőrzés: az excenterek félúton állnak.
  5. Állítsd derékszögbe a korpuszt, mérd meg az átlókat, majd húzd meg az excentereket és rögzítsd a hátlapot. – ellenőrzés: átlóeltérés 2 mm alatt, tájékoztató.
  6. Helyezd a fedőlapot a korpuszra, rögzítsd rejtett kötéssel vagy excenterrel. – ellenőrzés: a túlnyúlás elöl 20 mm, oldalt egyenletes.
  7. Helyezd be a fiókot a csúszókra, próbáld ki. – ellenőrzés: a fiók könnyen fut, nem szorul.

41.1.14. Rövid összefoglaló

A szerelési dokumentáció az összeállítási rajz, a robbantott ábra, az alkatrészlista, a vasalatlista és a szerelési sorrend rendszere. Az összeállítási rajz a kész terméket, a robbantott ábra a beillesztési irányokat mutatja. A gyártástechnológiai leírás a szorítási időket, a tűréseket és az ellenőrzési pontokat adja meg, a szerelési útmutató pedig a vevőnek vagy a betanított szerelőnek szól. A szerelési útmutatót rövid, nyelvfüggetlen piktogramokkal és tételszámokkal kell elkészíteni; a lapra szerelt bútornál a sorrend: alkatrészellenőrzés, lazán összeállítás, hátlap behelyezés, derékszög-ellenőrzés, meghúzás, mozgó elemek, végellenőrzés. A munkahelyet úgy kell megszervezni, hogy az alkatrészek ne keveredjenek, a szerszámok kéznél legyenek, a sérülékeny élek védettek legyenek. A minőségbiztosítás a szerelési dokumentációból indul, és minden lépés után mérhető ellenőrzést ír elő. **Továbbvitt eredmény.** A szerelési útmutató, az alkatrész- és vasalatlista, valamint a sorrend ellenőrzési pontjai az Alkatrészek méret- és minőségellenőrzése, dokumentálás alfejezetben használatosak az előszerelés, a szerelés és a helyszíni szerelés során.

41.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: ISO 9001 minőségirányítási szabvány a dokumentumok és feljegyzések kezeléséhez; fogyasztóvédelmi előírások a használati és szerelési útmutató tartalmára; MSZ EN ISO 128,

129 és 5455 rajzi szabványok a tételszámok és méretmegadás alapjaihoz; bútorvasalat-gyártók katalógusai az excenterek, zsanérok és fiókcsúszók szerelési méreteihez; üzemi technológiai leírások és normaidők. **Ellenőrizendő:** a fogyasztóvédelmi jogszabály pontos hatályos megnevezése, a vasalatszerelési méretek és nyomatékértékek, a felhasznált tűrések és az üzemi normaidők, valamint a rajzi szabványok pontos számai. A példákban szereplő termékméretek, vasalatdarabszámok és idők **tanulási példák**, nem tervezési vagy gyártási előírások.

41.2. Alkatrészek méret- és minőségellenőrzése, dokumentálás

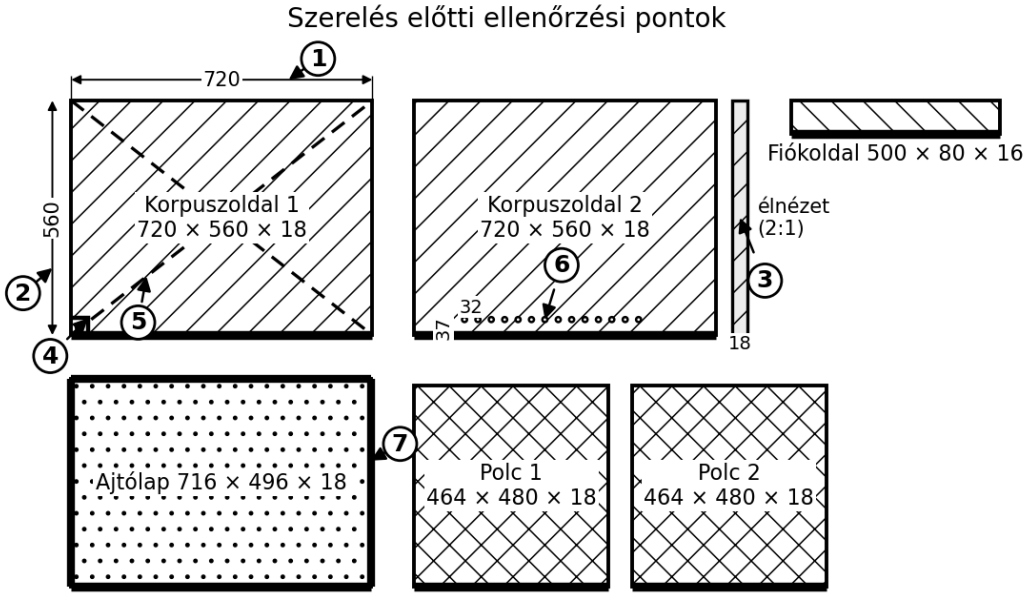
41.2.1. Motiváció: miért ellenőrzünk szerelés előtt?

Hétfő reggel van a műhelyben. A megrendelő konyhaszekrényét pénteken kell beszerelni. Az asztalon ott sorakoznak az alkatrészek, de az egyik ajtólap sarkán a pác foltos, a fiókoldalon három furatról hiányzik a sorjamentesítés, az egyik korpuszoldal pedig 1 mm-rel rövidebb a rajzon megadott méretnél.

Ha ezt csak a helyszínen, szerelés közben vesszük észre, az anyag-, idő- és hírnévveszteség. Ha viszont **még a műhelyben, szerelés előtt** átvizsgáljuk a készletet, a hibák javíthatók vagy az alkatrész újragyártható, mielőtt a termék elhagyja a műhelyt.

Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan kell a szerelésre váró alkatrészeket méret, derékszög, furatkép, felület és élzárás szempontjából ellenőrizni, és hogyan kell az eltéréseket egyértelműen dokumentálni.

41.2.2. Szemléletes kép: egy szerelésre előkészített alkatrészkészlet



41.3. ábra. Szerelésre előkészített konyhaszekrény-alkatrészkészlet felülnézetben, a mérendő jellemzőkön álló számozott jelekkel: 1 hossz, 2 szélesség, 3 vastagság (élnézet), 4 derékszög, 5 átló, 6 furatkép, 7 élzárás

A rajzon két korpuszoldal (720 × 560 × 18 mm), egy ajtólap (716 × 496 × 18 mm), két polc (464 × 480 × 18 mm, az ajtóhoz tartozó kb. 500 mm széles korpuszból) és egy fiókoldal (500 × 80 × 16 mm) látszik; a vastagított alsó él a bázisél. A méretek tájékoztató példák. Az interaktív változatban a számokra kattintva megjelenik a mérőeszköz és a tájékoztató tűrés.

41.2.3. Definíciók és alapelvek

Definíció. A **szerelés előtti alkatrész-ellenőrzés** az a bejövő vagy gyártásközi ellenőrzési művelet, amelyben a szerelésre váró alkatrészkészlet minden darabját összevetjük a rajz, a szabásjegyzék és a műszaki leírás adataival, és döntünk arról, hogy az alkatrész **szerelhető, javítható vagy selejt**.

Szabály. Az ellenőrzés szempontjai mindig a **rajz–anyag–művelet hármasból** indulnak ki: a rajz adja a méreteket és tűréseket, az anyag adja a megmunkálási tulajdonságokat, a művelet adja a megmunkálás nyomait és hibalehetőségeit.

Szabály. Méretet mindig **báziséltől** vagy **bázislaptól** mérünk, nem a szomszédos éltől sorozatban. Ha minden furatot az előzőtől mérnénk, a hibák összeadódnak. A bázisélt a rajzon általában vastagított vonallal vagy jelöléssel adják meg; ha nincs jelölve, a legpontosabban megmunkált, derékszögű él a bázisél.

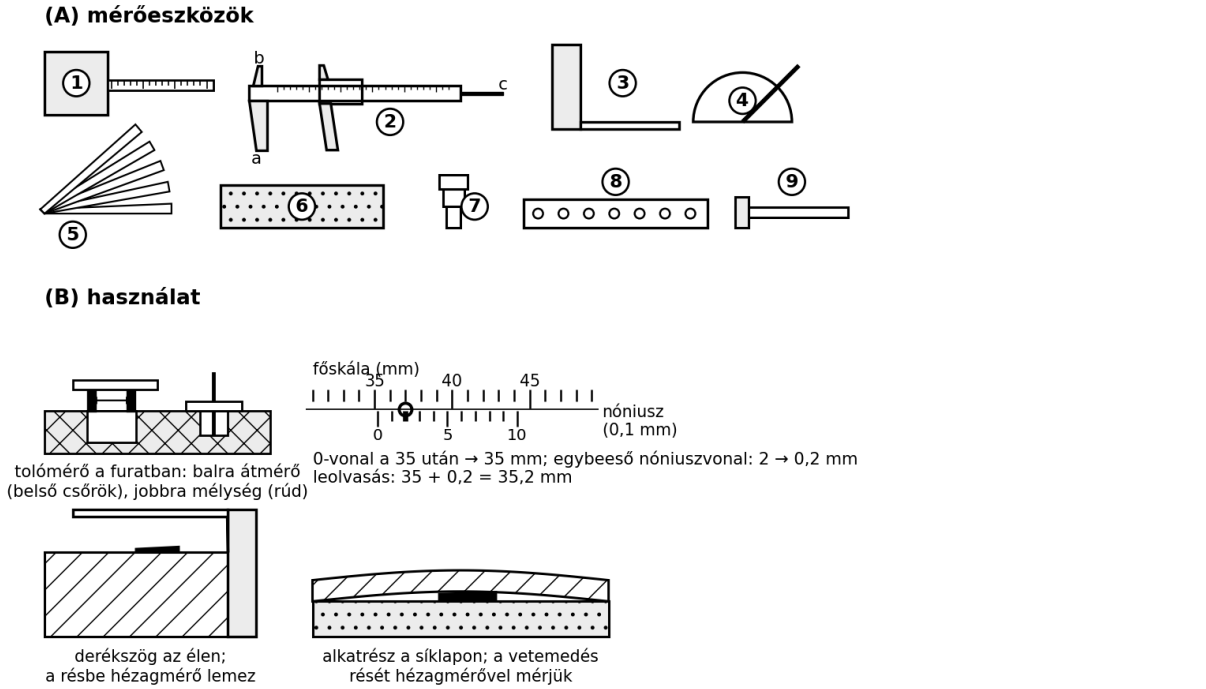
Definíció. A **tűrés** a megengedett eltérés a névleges (rajzon megadott) mérettől. A faipari alkatrészeknél a tűrést a gyártási dokumentáció vagy a vevői szerződés adja meg. Tájékoztató gyakorlati értékek: a nem illesztett méreteknél tömörfánál gyakran ±0,5 mm, illesztett méreteknél (pl. csap, fészek, furatátmérő) ±0,2 mm **(ellenőrizendő: a konkrét termékre előírt tűrés)**. A tűrés nélküli „pontosan” követelés hibás, mert minden megmunkálásnak van eltérése.

Szabály. Az ellenőrzés eredményét **mindig dokumentálni kell**. A dokumentálatlan ellenőrzés olyan, mintha meg sem történt volna: a hibák utólag nem követhetők, a javítás elmaradhat, a reklamációban nincs bizonyíték.

41.2.4. Mérőeszközök és sablonok a szereléshez

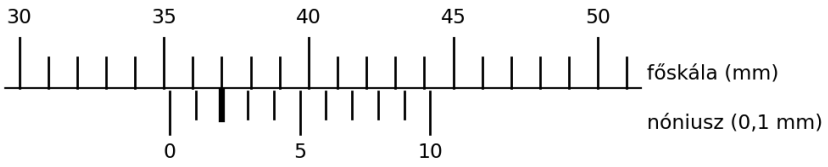
A szerelés előtti ellenőrzéshez a műhely alapvető mérőeszközei szükségesek:

- **Acél mérőszalag** 0,5 mm-es osztással: nagyobb méretek (600–2500 mm) gyors ellenőrzéséhez.
- **Tolómérő (nóniuszos vagy digitális)** 0,1 vagy 0,05 mm leolvasással: hossz, szélesség, vastagság, furatátmérő, furatmélység pontos mérésére.
- **Derékszög** (pl. acél vagy alumínium, ellenőrzött derékszög): élek derékszögének vizsgálatára.
- **Szögmérő** (digitális vagy mechanikus): nem derékszögű sarkokhoz, ferde alkatrészekhez.
- **Hézagmérő lemezsor** (0,05–1 mm): rés, élzáróhézag, derékszöghiba nagyságának mérésére.
- **Síklap** (kalibrált gránit vagy vastag üveg, tájékoztató pontosság): vetemedés, csavarodás vizsgálatához.
- **Furatidomszer vagy pontos csap** az ismert átmérőjű furatokhoz: a furat tényleges átmérőjének gyors ellenőrzésére.
- **Sablonok**: furatkép-sablon (például 32-es rendszerű furatosztás-ellenőrző), vasalathely-sablon (zsanérhely, fióksín-furat), sarokidomszer.
- **Párhuzamvonalzó vagy vonalzó mérőbütyökkel**: furat középpontjának mérése az éltől.



41.4. ábra. A szerelés előtti ellenőrzés mérőeszközei a felsorolás sorrendjében (A) és használatuk (B): tolómérő a furatban, nóniusz-leolvasás nagyítva (35,2 mm), derékszög és hézagmérő az élen, alkatrész a síklapon

A nóniusz leolvasása: az egész millimétert a nóniusz 0-vonala előtti főskálavonalról, a tizedet arról a nóniuszvonalról olvassuk le, amely egybeesik egy főskálavonallal (a példában 35 mm + 0,2 mm = 35,2 mm).



Leolvasás: 35 mm (a nóniusz 0-vonala előtt) + 0,2 mm (a 2. nóniuszvonal esik egybe) = 35,2 mm

41.5. ábra. Nóniusz-leolvasás: 35 mm + 0,2 mm = 35,2 mm (a vastag nóniuszvonal esik egybe egy főskálavonallal)

Az interaktív nóniusz-gyakorlóban több feladat közül választhatsz; előbb olvasd le a méretet, majd kapcsold be a „leolvasás mutatása” jelölőt.

Megjegyzés. A mérőeszközöket rendszeresen kalibrálni vagy hitelesíttetni kell (ellenőrzendő a gyakoriság, jellemzően évente, illetve ütés vagy sérülés után). A sérült, görbe derékszöggel vagy kopott mérőszalaggal mért érték hamis.

41.2.5. Méret- és derékszög-ellenőrzés, átlómérés

41.2.5.1. Méretellenőrzés

Eljárás.

1. Tedd az alkatrészt sík, rezgésmentes asztalra.
2. Azonosítsd a rajz és a szabásjegyzék alapján: tételszám, megnevezés, anyag, kész méret.
3. Mérj hosszúságot, szélességet és vastagságot a rajz által kijelölt helyeken: a széleken és középen (vetemedés miatt).
4. A kapott értékeket hasonlítsd össze a megadott tűréssel.
5. Jegyezd fel az ellenőrzőlapra a névleges és a mért értéket, valamint az eltérést.
6. Dönts: szerelhető (eltérés a tűrésen belül), javítható (eltérés a tűrésen kívül, de anyaghiány nélkül javítható, pl. csiszolás), selejt (a tűrésen kívül esik, nem javítható gazdaságosan).

Kidolgozott példa. Egy fiókoldal rajza szerint a kész méret: hossz 500 × szélesség 80 × vastagság 16 mm. A megadott tűrés: hosszra ±0,5 mm, szélességre ±0,3 mm, vastagságra ±0,2 mm **(tájékoztató értékek)**. A tolómérős ellenőrzés (0,1 mm leolvasás). A mérőeszköz leolvasási pontossága legyen legalább a tűrés tizede–ötöde: ±0,3 mm-es tűréshez tolómérő kell, mérőszalag nem.

Méret	Névleges (mm)	Mért (mm)	Eltérés (mm)	Tűrés (mm)	Értékelés
Hossz	500,0	500,3	+0,3	±0,5	szerelhető
Szélesség	80,0	80,4	+0,4	±0,3	**javítandó**
Vastagság	16,0	15,9	–0,1	±0,2	szerelhető

A szélesség 0,1 mm-rel a tűréshatáron túl van. A javítás: csiszolással valószínűleg nem érdemes, mert a fiók futófelületének párhuzamossága sérülhet; helyesebb új alkatrészt vágni, vagy ha a szerkezet engedi, a fészekméretet igazítani **(ellenőrizendő: a gyártási utasítás szerint)**.

41.2.5.2. Derékszög-ellenőrzés

Eljárás.

1. Helyezd a derékszög hosszabb szárát az alkatrész báziséléhez.
2. Nézd meg a másik szár és a vizsgálandó él között a rést.
3. Ha rés van, mérd meg hézagmérővel a legnagyobb rést a szögmérő hossza mentén.
4. Számold vagy becsüld a szögeltérést: 1 mm hézag 100 mm hosszon kb. 0,6° ($\arctan(1/100) \approx 0{,}57^\circ$).

Megjegyzés. A derékszög belső élét ne használjuk, ha az élek letörtek vagy sorjásak; ilyenkor a szögmérőt kissé beljebb helyezzük, és a felületre fektetjük.

41.2.5.3. Átlómérés

Szabály. Egy négyszögletes alkatrész akkor derékszögű, ha a két szemközti csúcsot összekötő átlók hossza egyenlő. Kereteknél, ajtólapoknál, fiókoknál, korpuszoknál az átlómérés a derékszögűség legérzékenyebb gyors vizsgálata.

Számítás. Egy 800 × 1000 mm-es szekrényajtó esetén az átló névleges hossza:

$$d = \sqrt{800^2 + 1000^2} = \sqrt{640\,000 + 1\,000\,000} = \sqrt{1\,640\,000} \approx 1280{,}6\,\text{mm}$$

Ha a mért két átló 1281,4 mm és 1279,2 mm, az eltérés 2,2 mm. Ha a tűrés például az átlók különbségére legfeljebb 1,0 mm**(tájékoztató érték)**, akkor az ajtó nem szerelhető, mert a keret paralelogrammává torzult. Ilyenkor meg kell keresni, melyik él nem derékszögű, és a csapozást vagy a keretbetétet igazítani, vagy új alkatrészt készíteni.

41.2.6. Furatkép és vasalathely ellenőrzése

Definíció. A **furatkép** az alkatrészen lévő furatok összessége: átmérő, mélység, pozíció a báziséltől, egymástól mért távolság.

Eljárás.

1. Azonosítsd a rajzon a furatokra vonatkozó koordinátás méretmegadással vagy furattáblázattal megadott adatokat.
2. Jelöld meg a bázisélt és a bázislapot, mert minden furatpozíciót ezektől kell mérni.
3. Mérj furatátmérőt tolómérővel vagy furatidomszerrel.
4. Mérj furatmélységet tolómérő mélységmérő szárával vagy pontosan beállított furatidomszerrel.
5. Mérj furatpozíciót a báziséltől a furat középpontjáig: a furat közelebbi szélétől mérve add hozzá a furat sugarát (az átmérő felét): pl. 5 mm-es furatnál a szél 6,5 mm-re van, a közép 6,5 + 2,5 = 9,0 mm-re.
6. Ellenőrizd a furatok egymás közötti távolságát (például 32-es rendszerű furatosztás esetén a 32 mm többszörösét).
7. Vizsgáld meg a furat szélét: sorjás-e, töredezett-e, átütő furatnál a hátoldalon kipergett-e.
8. Dokumentáld a mért értékeket; a sablonos ellenőrzésnél elegendő „sablonnal ellenőrizve: megfelel / nem megfelel”.

Megjegyzés. A furatkép hibája a vasalat beépítésekor okoz gondot: a zsanér ferdén áll, a fióksín nem párhuzamos, a kötővasalat nem húz. A furatkép ezért gyakran **kritikus jellemző**, vagyis szigorúbb tűréssel ellenőrzendő.

41.2.7. Felület és élzárás ellenőrzése

Eljárás.

1. **Szemrevételezés ferde megvilágításban:** a fény ferde beesése megmutatja a karcolásokat, csiszolási nyomokat, hullámokat.
2. **Tapintás kézzel:** a felületen lévő apró porszemcsék, ragasztócseppek, sorja tapintással érezhetők; éleken különösen fontos.
3. **Élzárás vizsgálata:** nézd meg az élzáró csík és a lap él közötti ragasztási hézagot; húzd végig a körmöt a csík mentén, és figyeld, nincs-e levált szakasz. A jó élzárás folyamatos, sorjamentes, a csík színe és vastagsága megfelel a rajznak.

4. **Ragasztócsepp és pácfolt keresése:** fehér ragasztócsepp a lap élén, sötét folt a furnéron – szerelés előtt ezeket el kell távolítani vagy jelölni.
5. **Vetemedés ellenőrzése síklapon:** helyezd az alkatrészt síklapra, és hézagmérővel keresd a legnagyobb rést. Tájékoztató célérték: 600 mm hosszú lapon 0,5 mm alatti rés **(ellenőrizendő: termékkövetelmény)**.

Figyelem. A felületi hibák összeszerelt állapotban már nehezen javíthatók. A szerelés előtti ellenőrzés célja, hogy minden alkatrész „lakkozásra kész” vagy „szerelésre kész” állapotban legyen.

41.2.8. Dokumentáció: ellenőrzőlap, hibajegyzék, fotó

Definíció. Az **ellenőrzőlap** egy olyan dokumentum, amely rögzíti az alkatrész azonosítóját, a vizsgált jellemzőket, a mért értékeket, a tűrést és az ellenőrzés eredményét. A **hibajegyzék** az eltéréseket listázó dokumentum, amely az intézkedést is tartalmazza. A **fotó** a hiba vizuális bizonyítéka.

Szabály. A dokumentáció legyen **visszakövethető**: az ellenőrző személy, a dátum, a rajz- és tételszám szerepeljen rajta. A javítási javaslat konkrét legyen: „csiszolással 0,3 mm-t eltávolítani a báziséltől” ne „javítandó”.

Példa ellenőrzőlap-kivonat.

Tétel	Megnevezés	Rajzszám	Vizsgált jellemző	Névleges (mm)	Mért (mm)	Eltérés (mm)	Tűrés (mm)	Döntés	Javaslat
3	Fiókoldal bal	SZK-03	hossz	500,0	500,3	+0,3	±0,5	szerelhető	–
3	Fiókoldal bal	SZK-03	szélesség	80,0	80,4	+0,4	±0,3	javítandó	csiszolás vagy újra vágás
5	Ajtólap	AJT-05	átlókülönbség	0,0	2,2	2,2	1,0	selejt	új ajtólap

A táblázat tájékoztató értékeket mutat; az oszlopok értelemszerűen bővíthetők.

Szabály. A **fényképet** oda kell tenni a mérőeszköz mellé, hogy a hiba nagysága látható legyen (pl. hézagmérő a résben, tolómérő a méretnél). A fotófájl neve utaljon a tételszámra és a dátumra.

41.2.9. Technológiai lap: szerelés előtti alkatrész-ellenőrzés

Technológiai lap.

- **Cél:** a szerelésre váró alkatrész-készlet minden darabjának ellenőrzése a rajz és a szabásjegyzék szerint, eltérések dokumentálása.
- **Anyagok:** szerelésre előkészített alkatrészek, ragasztócsepp-mentes felületek.

- **Szerszámok, mérőeszközök:** mérőszalag, tolómérő, derékszög, hézagmérő, síklap, furatidomszer, sablonok, ellenőrzőlap, fényképezőgép.
- **Munkabiztonság:** a munkaterület legyen tiszta és jól megvilágított; az éles alkatrészélek sérülést okozhatnak, ezért szükség esetén viselj vékony védőkesztyűt, de mérésnél ne akadályozzon. A mérőeszközöket ne tedd a szélére, ahonnan leeshetnek.

Lépések:

1. **Készítsd elő a dokumentációt** – gyűjtsd össze a rajzot, szabásjegyzéket, tűréseket, ellenőrzőlapot; ellenőrzés: minden tételszámhoz van rajzi adat.
2. **Azonosítsd az alkatrészeket** – csoportosítsd tételszám szerint; ellenőrzés: a darabszám egyezik a szabásjegyzékkel.
3. **Vizsgáld a megmunkáltságot** – nézd meg, minden furat, horony, élzárás, csap, fészek elkészült-e; ellenőrzés: nincs hiányzó megmunkálás.
4. **Mérj hossz-, szélesség- és vastagságméretet** – használj tolómérőt vagy mérőszalagot; ellenőrzés: az eltérés a tűrésen belül van.
5. **Ellenőrizd a derékszöget és az átlókat** – derékszöggel az éleket, mérőszalaggal az átlókat; ellenőrzés: az átlókülönbség a tűrésen belül.
6. **Ellenőrizd a furatképet és vasalathelyeket** – sablonnal vagy méréssel; ellenőrzés: a furatpozíció a báziséltől mérve pontos.
7. **Vizsgáld a felületet és az élzárást** – ferde fényben és tapintással; ellenőrzés: nincs karcolás, ragasztócsepp, leváló élzáró.
8. **Dokumentálj** – töltsd ki az ellenőrzőlapot, készíts fotót az eltérésekről, készíts hibajegyzéket javítási javaslattal; ellenőrzés: minden eltéréshez van intézkedés.
9. **Dönts** – szerelhető, javítható vagy selejt; a javítandó alkatrészeket különítsd el; ellenőrzés: a szerelésre csak jóváhagyott alkatrész kerül.

41.2.10. Minőségellenőrzés

Minőségellenőrzés. A szerelés előtti ellenőrzés során a mérőeszközök mellett a **bázisél–bázislap elv** betartása a legfontosabb. A mért jellemzők átvételi tűrése a gyártási dokumentációból származzon. Jellemző ellenőrzési gyakorlat:

- Hossz, szélesség, vastagság: mérés tolómérővel, tűrés a rajz szerint.
- Derékszög, átlók: mérés derékszöggel, hézagmérővel, az átlók különbsége.
- Furatkép: furatidomszer vagy sablon; átmérő, mélység, pozíció.
- Felület: szemrevételezés ferde fényben, tapintás; élzárás folyamatossága.

Ha eltérést találsz, a hibajegyzékbe kerül, és a szerelés csak a javítás utáni újbóli ellenőrzés után folytatódhat.

41.2.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A szerelő csak szúrópróbaszerűen mér, és a hibát nem veszi észre.
Ok: időhiányra hivatkozás, nem megfelelő ellenőrzési sorrend.
Helyes gyakorlat: a teljes készletet mérni kell; a szúrópróba csak előzetes gyors vizsgálatra való.

Hiba. A furatképet a rossz éltől mérik, ezért a vasalat ferdén áll.
Ok: a bázisélt nem jelölték meg, vagy a sorozatmérésben az előző furattól indultak.
Helyes gyakorlat: a rajzon rögzített báziséltől mérjünk; sablonnal ellenőrizzünk.

Hiba. A hibás alkatrészt nem dokumentálják, hanem „menet közben” megpróbálják javítani, így a hiba elveszik, és a szerelés később kudarcot vall.
Ok: hiányos ellenőrzőlap, nincs hibajegyzék.
Helyes gyakorlat: minden eltérést írásban rögzíteni, fényképezni.

Hiba. A derékszöget csak szemre ellenőrzik, és az átlót nem mérik.
Ok: a derékszög használata körülményes, a mérőszalag lecsúszik.
Helyes gyakorlat: az átlómérés gyors, egyetlen számmal jellemzi a derékszög-hibát.

41.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy beépített gardróbszekrényt gyártó kis műhely a helyszíni szerelés előtt nem ellenőrizte a korpuszoldalak hosszát. A szerelés során kiderült, hogy az egyik oldal 2 mm-rel rövidebb, ezért a felső párkány nem illeszkedett szorosan a falhoz, és a bútor billegős lett. A helyszínen a szerelő csak ideiglenes alátéttel tudta megoldani, ami a megrendelő reklamációjához vezetett. A tanulság: ha a műhelyben a szerelés előtt ellenőrizték volna a darabot átlóméréssel és hosszméréssel, a hiba kiderült volna. A valódi hiba nem a hiányzó 2 mm volt, hanem a hiányzó ellenőrzés és dokumentálás.

41.2.13. Önellenőrzés

A válaszokat a Megoldások szakasz elején találod.

1. Igaz/hamis: Az átlómérés csak keretekre vonatkozik, lapokra nem.

2. Igaz/hamis: A tűrésen belüli méreteltérés esetén az alkatrész szerelhető.

3. Számítás: Egy 600 × 400 mm-es fiókkeret két átlója 721,1 mm és 719,4 mm. Mekkora az átlókülönbség? Szerelhető-e, ha a tűrés 1,0 mm?

4. Miben hibás a következő ellenőrzési sorrend: először a felületet nézzük, utána a méreteket, végül a furatképet? (Indoklás.)

5. Miért kell a furatpozíciót báziséltől mérni?

6. Milyen adatokat kell tartalmaznia egy hibajegyzéknek?

41.2.14. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a szerelés előtti alkatrész-ellenőrzés legalább öt mérési/ellenőrzési szempontját, és mindegyikhez nevezz meg egy mérőeszközt.

2. feladat (A). Egy polc rajza szerint a kész méret 800 × 300 × 18 mm, a tűrés hosszra ±0,5 mm, szélességre ±0,4 mm, vastagságra ±0,3 mm. Mért adatok: 800,6 mm; 300,3 mm; 18,2 mm. Mely jellemzők szerelhetők, melyek javítandók vagy selejtek? Indokold a döntésed.

3. feladat (B). Készíts ellenőrzőlap-táblázatot egy ajtólapra (névleges méret 720 × 496 × 18 mm, tűrések: hossz ±0,4, szélesség ±0,4, átlókülönbség 1,0 mm, élzárás folyamatos). Töltsd ki a fejlécet, és adj meg három mintasort: egy megfelelő, egy határon lévő és egy hibás jellemzőt.

4. feladat (B). Rajz alapján ellenőrizned kell egy fiókoldal furatképét: a fióksín-furat átmérője 5 mm, mélysége 15 mm, a báziséltől a furat középpontja 9 mm, a második furat távolsága 32 mm. Írd le lépésenként, mit mérsz, mivel, és mit tekintesz megfelelőnek.

5. feladat (C). Adott a mért értékek táblázata egy alkatrészről. Dönts minden sorról: szerelhető, javítható vagy selejt, ha a tűrés az adott sorban: hossz ±0,5 mm; szélesség ±0,3 mm; átlókülönbség 1,2 mm. Indokold.

Sor	Jellemző	Névleges	Mért
1	hossz	1000,0 mm	1000,7 mm
2	szélesség	600,0 mm	600,4 mm
3	átlókülönbség	0,0 mm	1,8 mm

6. feladat (D). Válassz egy ténylegesen elérhető, egyszerű alkatrészt a műhelyből (pl. egy 18 mm vastag forgácslapdarab, egy keret, egy fiókoldal). Készítsd el az ellenőrzését a **Technológiai lap** lépései alapján. Tölts ki egy ellenőrzőlapot, készíts egy fényképet a mért jellemzővel, és írj rövid hibajegyzéket, ha eltérés van. A megoldásban a kitöltött táblázat szöveges leírását add meg.

41.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. Átlómérés bármilyen négyszögletes alkatrészhez, így lapokhoz is használható, ha a két átló elvileg egyenlő.

2. Igaz. A tűrésen belüli eltérés a megengedett tartományba esik, az alkatrész szerelhető.

3. Az átlókülönbség $|721{,}1 - 719{,}4| = 1{,}7\,\text{mm}$. A tűrés 1,0 mm, ezért nem szerelhető; javítani vagy új alkatrészt kell készíteni.

4. A sorrend azért hibás, mert a felületet (ragasztócsepp, sorja a mérőfelületen) a mérés előtt át kell nézni és meg kell tisztítani, különben meghamisítja a mérést; a furatképet pedig a méretek és a bázisél ellenőrzése után szabad vizsgálni. Helyes sorrend: azonosítás → gyors szemrevételezés és tisztítás → méretek → derékszög/átló → furatkép → részletes felület- és élzárás-vizsgálat.

5. Mert így a furatok pozíciója egy bázistól egyenletesen adódik, és a megmunkálási hibák nem összegződnek.

6. Tételszám, rajzszám, mért jellemző, névleges és tényleges érték, tűrés, döntés, javasolt intézkedés, ellenőr, dátum.

1. feladat megoldása. Például: hossz – mérőszalag/tolómérő; szélesség – tolómérő; vastagság – tolómérő; derékszög – derékszög; átló – mérőszalag; furatátmérő – furatidomszer; furatmélység – tolómérő mélységmérő; felület – szemrevételezés ferde fényben, tapintás; élzárás – szemrevételezés, körömpróba.

2. feladat megoldása. Hossz: 800,6 mm, eltérés +0,6 mm, tűrés ±0,5, tehát javítandó. Szélesség: 300,3 mm, eltérés +0,3 mm, tűrés ±0,4, szerelhető. Vastagság: 18,2 mm, eltérés +0,2

mm, tűrés ±0,3, szerelhető. A hossz javítását csiszolással vagy újra vágással lehet elvégezni, ha a méret még megengedett; ha nem, selejt.

3. feladat megoldása. Példa táblázat:

Tétel	Megnevezés	Jellemző	Névleges	Mért	Tűrés	Döntés
1	Ajtólap	hossz	720,0 mm	720,2 mm	±0,4 mm	szerelhető
1	Ajtólap	szélesség	496,0 mm	496,5 mm	±0,4 mm	javítandó
1	Ajtólap	átlókülönbség	0,0 mm	1,8 mm	1,0 mm	selejt

(Adatok tájékoztató jellegűek.)

4. feladat megoldása. Lépések: (1) Rajz előkészítése, bázisél megjelölése; (2) Furatátmérő ellenőrzése: 5 mm-es furatidomszerrel vagy tolómérővel; elfogadható, ha az idomszer simán, de hézag nélkül behelyezhető; (3) Furatmélység: tolómérő mélységmérő szárával mérve; elfogadható, ha 15 ±0,5 mm (tájékoztató); (4) Pozíció a báziséltől: mérj a furat közelebbi szélétől, majd add hozzá a furat sugarát (2,5 mm), azaz a szél 6,5 mm-re legyen a báziséltől, hogy a közép 9 mm-re essen; (5) Második furat távolság: mérj a két furat középpontja között, értéke 32 mm legyen; (6) Sorjamentesség ellenőrzése.

5. feladat megoldása.
1. sor: hossz eltérés +0,7 mm, tűrés ±0,5, javítandó.
2. sor: szélesség eltérés +0,4 mm, tűrés ±0,3, javítandó.
3. sor: átlókülönbség 1,8 mm, tűrés 1,2 mm, selejt.
A hossz és szélesség csiszolással talán javítható, de az átló eltérés nagyobb szerkezeti hiba lehet, ezért az alkatrészt inkább újra kell készíteni.

6. feladat megoldása. A válasz egy minta: például egy 300 × 200 × 18 mm-es lap ellenőrzése. Ellenőrzőlap: hossz 300,0 mm, mért 300,2 mm, tűrés ±0,5, szerelhető; szélesség 200,0, mért 200,5, tűrés ±0,4, javítandó; átlók: névleges $\sqrt{300^2 + 200^2} \approx 360{,}6$ mm, mért különbség 1,5 mm, tűrés 1,0, javítandó. Hibajegyzék: a szélesség 0,1 mm-rel túl a tűrésen, csiszolással korrigálható; az átlókülönbség a derékszög hibájára utal, ellenőrizni kell a derékszöget, és ha a bázisél újra vágása lehetséges, akkor javítani.

41.2.16. Rövid összefoglaló

A szerelés előtti alkatrész-ellenőrzés célja, hogy csak a rajznak és a szabásjegyzéknek megfelelő alkatrész kerüljön szerelésre. Az ellenőrzés során mindig a rajzról leolvasott névleges méret-hez, tűréshez és a bázisélhez viszonyítunk. A méretellenőrzésnél hosszúságot, szélességet és vastagságot mérünk; a derékszög vizsgálatának legérzékenyebb eszköze az átlómérés, ahol a két átló különbségének a megadott tűrésen belül kell lennie. A furatkép ellenőrzésekor a furat átmérőjét, mélységét és pozícióját vizsgáljuk sablonnal vagy mérőeszközzel. A felület és az élzárás ellenőrzése ferde fényben, tapintással és hézagméréssel történik. Minden eltérést dokumentálni kell ellenőrzőlapon, hibajegyzéken, szükség esetén fényképpel; a dokumentáció megadja a döntést: szerelhető, javítható vagy selejt, és a javítási javaslatot. **Továbbvitt eredmény.** A dokumentált alkatrész-ellenőrzés eredménye alapján lehet a szereléshez szükséges további megmunkálásokat elvégezni és a javításokat pozicionálni a Szereléshez szükséges megmunkálások pozicionálása, jelölése, beállítása alfejezetben.

41.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

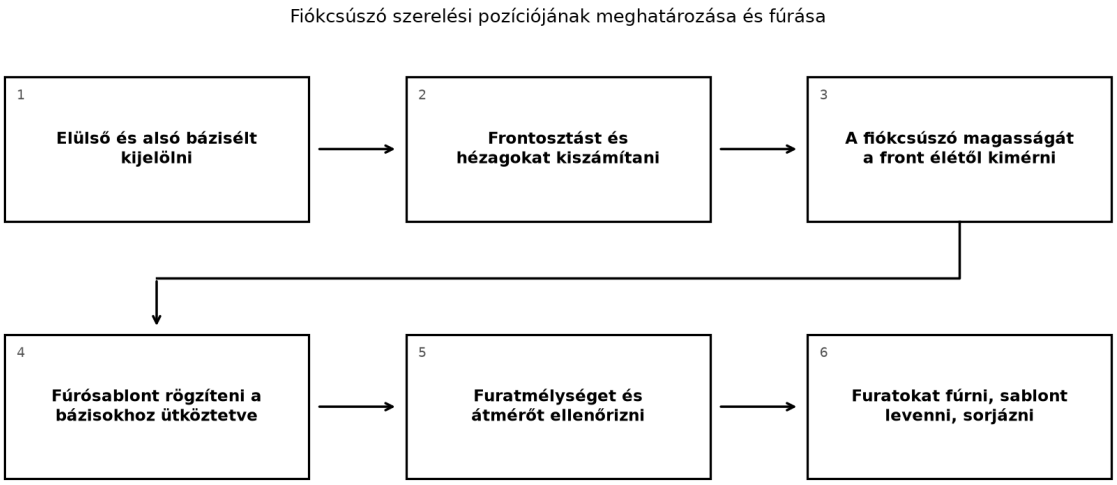
- Forrástípusok: faipari gyártási gyakorlat, méréstechnikai alapismeretek, a gyártó cég belső minőségbiztosítási utasításai, MSZ EN ISO 9000 sorozat minőségirányítási alapelvek (ellenőrizendő a hatályos hivatkozás), MSZ EN ISO 286 tűrésrendszer (ellenőrizendő a faipari alkalmazhatóság mértéke).
- Ellenőrizendő: a konkrét termékre előírt tűrések, a mérőeszköz-kalibrálási gyakoriság, a furatképek sablonjainak kialakítása, a felületi és élzárási követelmények. A példában közölt tűrésértékek tájékoztató célúak, az éles gyártásban a gyártási utasítás és a vevői követelmény a mérvadó.

41.3. Szereléshez szükséges megmunkálások pozicionálása, jelölése, beállítása

Képzeld el: a konyhaszekrény korpusza elkészült, az ajtók és a fiókok méretre vannak vágva. A vasalatok doboza mellett ott a szerelési rajz, de a furatok helyét nem a rajz diktálja egyetlen vonallal: azt a megmunkálást végzőnek kell bázisokról kimérnie. Ha a jobb oldali fiókcsúszó-furatokat csak 3 mm-rel lejjebb fúrod, a fiók nem csúszik vízszintesen. Ha a mosogató kivágását a munkalap rossz oldalán jelölöd, a laminált felső él kiszakad. Ezért ebben az alfejezetben a szerelés előtti **pozicionálást, jelölést és beállítást** tanuljuk meg.

41.3.1. Szemléletes kép

Képzelj el egy 600 mm széles, 720 mm magas konyhai alsószekrényt. Elölnézetből a 600 mm magas fióknyílásban három egyforma fiókfrontot látsz: mindegyik 196 mm magas, közöttük és a nyílás szélein 3 mm-es hézag ($3 \cdot 196 + 4 \cdot 3 = 600$). A korpusz jobb oldallapján a fúrósablon az elülső élhez ütközik, és az alsó bázistól pontosan kimért furatközepek jelölik a fiókcsúszók helyét. A munkalap hátoldalán a mosogatótálca sablonja van leragasztva, a kivágási kontúr körbe rajzolva. A feladat ugyanaz mindenütt: **ugyanazt a nullpontot használni, és a megmunkálást oda tenni, ahová a vasalat illeszkedni fog.**



41.6. ábra. Fiókcsúszó szerelési pozíciójának meghatározása és fúrása - A lépések a korpusz oldalán, a gyártói sablon alapján; a méretek tájékoztatók, ellenőrizendők.

41.3.2. Pozicionálás bázisokról

Definíció. A **pozicionálás** a megmunkálás – furat, fészek, kivágás, nút – helyének meghatározása és rögzítése a munkadarab meghatározott éléhez vagy lapjához viszonyítva.

Definíció. A **bázisél** az az él, amelytől a jelölést mérjük. A faipari gyakorlatban leggyakrabban az **elülső él** és az **alsó él** a bázis, mert ezek láthatóak, és innen számítjuk a vasalatok illeszkedését.

Definíció. A **nullpont** a két bázisél metszéspontja. A szerelési rajzon ez általában a korpusz oldallapjának elülső alsó sarka. Minden furat helyét innen kell érteni, kivéve, ha a rajz mást mond.

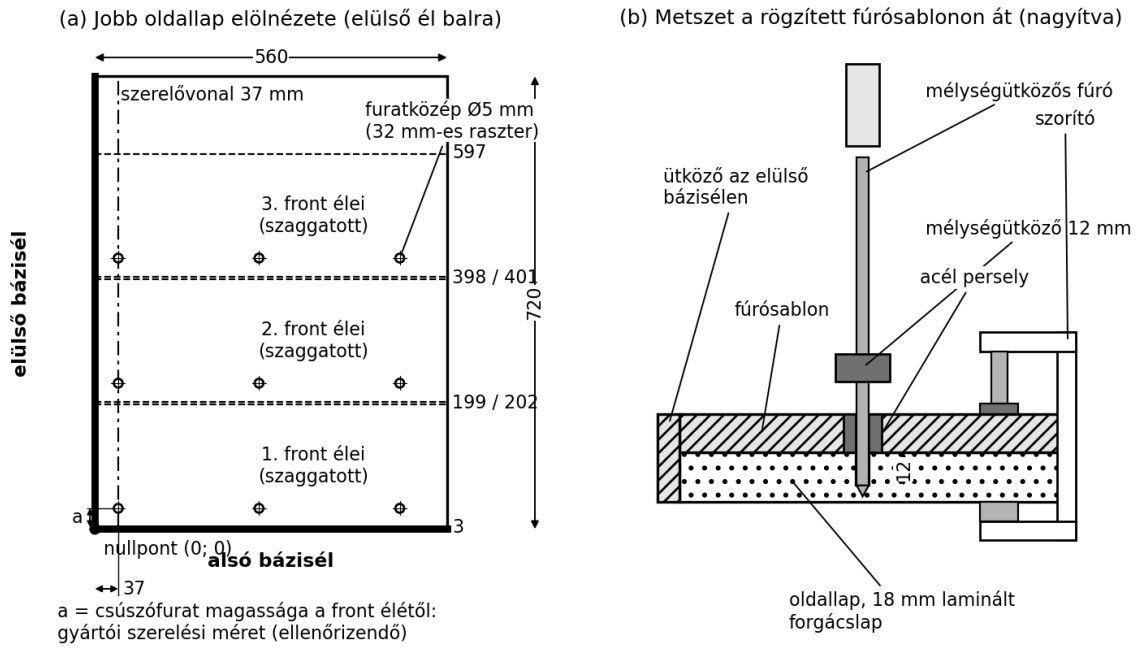
Szabály. A pozicionáláshoz mindig ugyanazt a bázist használd. Ha a bal oldalt az elülső éltől méred, a jobb oldalt is onnan mérd, tükörképben. Ha a bázisél sérült vagy sorjás, előbb tisztítsd meg, mert a hiba minden furatban megjelenik.

41.3.3. Jelölősablonok, fúrósablonok

A gyakorlatban ritkán jelölsz minden furatot egyesével mérőszalaggal. A vasalatgyártók **jelölősablont** vagy **fúrósablont** adnak: ez egy furatokkal ellátott lap vagy idom, amelyet a bázisélhez ütköztetve a fúró mindig ugyanoda kerül. A fúrósablon furataiban cserélhető acélpersely van, ez vezeti a fúrót, és megvédi a sablon anyagát.

Figyelem. A fúrósablont fúrás közben mindig rögzítsd befogóval vagy csavarral. Kézzel tartani **tilos**: ha a fúró megszorul, a sablon elfordul, és a furat elcsúszik.

Az ábra (a) része a 720 mm magas, 560 mm mély jobb oldallapot mutatja elölnézetben: balra az elülső, alul az alsó bázisél (vastag vonal), metszéspontjukban a nullpont; a 37 mm-es szerelővonalon ülnek a csúszófuratok, a szaggatott vonalak a három front éleit jelölik (3/199, 202/398, 401/597 mm). A (b) metszet a rögzített fúrósablont mutatja: a 18 mm-es laminált forgácslapon fekvő sablont az elülső élhez ütköztetjük és szorítóval rögzítjük, az acélpersely vezeti a fúrót, a mélységütköző 12 mm-nél megállítja. A HTML-kiadásban a nyílásmagasság, a frontszám és a hézag csúszkával állítható, a kalkulátor kiírja a frontmagasságot, az élmagasságokat és a pántfészek $k = s + D/2$ távolságát.



41.7. ábra. Korpusz jobb oldallapjának fúrási rajza: bázisélek, nullpont, 37 mm-es szerelővonal, front-élek és a rögzített fúrósablon metszete

41.3.4. Fiókcsúszók helye a korpuszban

A fiókok frontját nem önállóan jelöljük ki, hanem a **korpusz belső nyílásmagasságából** számoljuk. A fiókok homlokzatai között **hézag** van, mert a fa és a lapanyag mozog, és a fiók kinyitásakor a front nem súrlódhat a szomszédos fronthoz.

Összefüggés. Ha a nyílásmagasság H_{ny}, a fiókfrontok száma n, és minden hézag egyenlő $h_{\text{hézag}}$, akkor a frontmagasság:

$$h_{\text{f}} = \frac{H_{\text{ny}} - (n+1)\cdot h_{\text{hézag}}}{n}$$

Az $(n+1)$ hézag abból adódik, hogy a frontok alatt, fölött és egymás között is hézagot hagyunk.

Számítás. Adott: $H_{\text{ny}} = 600\,\text{mm}$, $n = 3$, $h_{\text{hézag}} = 3\,\text{mm}$. Keresett: h_{f}.

$$h_{\text{f}} = \frac{600 - (3+1)\cdot 3}{3} = \frac{600 - 12}{3} = 196\,\text{mm}$$

Ellenőrzés: $3 \cdot 196 + 4 \cdot 3 = 588 + 12 = 600\,\text{mm}$. Tehát a három front egyenként 196 mm magas lesz.

A frontok alsó és felső éleinek helye a korpusz alsó bázisától:

Front sorszáma	Alsó él (mm)	Felső él (mm)	Megjegyzés
1. (legalsó)	3	199	alsó hézag 3 mm
2.	202	398	középső
3. (legfelső)	401	597	felső hézag 3 mm

A fiókcsúszó (rejtett futósín) elülső szerelőfuratát a korpusz oldallapján a front alsó éléhez viszonyítva jelöljük ki. A gyakorlati beállítás gyártónként változik: jellemzően az elülső szerelőfurat a korpusz elülső élétől **37 mm**-re van, a további furatok pedig **32 mm-es raszterre** igazodnak **(ellenőrizendő: vasalatgyártói szerelési útmutató)**. A fúrósablont az elülső élhez ütközteted, így a 37 mm minden oldallapon azonos lesz.

Szabály. A fiókcsúszó furatait ne a fiókfront közepéből mérd, hanem a front alsó élétől lefelé a gyártó által megadott méretre. A fúrósablon függőleges ütközőjét mindig ugyanarra a frontélre támaszd.

41.3.5. Vasalathelyek, pántok pozicionálása

A **csészés pánt** fészkét az ajtó oldalsó élétől és a felső/alsó éltől is meg kell adni. A fészek átmérője a gyakori bútorpántnál **35 mm**, a fészek mélysége általában 11–12,5 mm **(ellenőrizendő: pántgyártói adat)**.

Számítás. Ha a pántfészek széle és az ajtó él között $s = 5\,\text{mm}$ felfekvést hagyunk, akkor a fészek középpontjának távolsága az ajtó élétől:

$$k = s + \frac{D}{2} = 5 + \frac{35}{2} = 22{,}5\,\text{mm}$$

A magassági osztásnál a szélső pántokat az ajtó felső és alsó élétől **100–150 mm**-re tesszük, a közbensőket egyenletesen osztjuk el. Például 720 mm magas ajtón három pántnál: a felső fészek középpontja 100 mm-re, az alsó 100 mm-re a megfelelő éltől, a középső a kettő közötti szakasz közepén, 360 mm-re az ajtó felső élétől. A pántok számát az ajtó tömegéből és magasságából választjuk, ahogyan a vasalatokkal foglalkozó alfejezetben tanultuk.

Figyelem. Az ajtó bal és jobb oldala tükörképben azonos. A pántcsésze fészke az ajtón, a szerelőtalp csavarhelyei a korpusz oldallapján, a 37 mm-es szerelővonalon (32 mm-es raszterben) készülnek. A fészek fúrásához 35 mm-es **fészekfúrót** és fúróállványt használj.

41.3.6. Idegencsap helye, fakötések előkészítése

Az **idegencsap** – köldökcsap, tipli vagy lamelló – akkor illeszkedik, ha a furatok párosan, azonos nullpontból készülnek. A csap helyét az alkatrész élén a **bázisélhez képest** jelöljük ki.

Szabály. Idegencsapos szerkezetnél a szélső csapot a toldandó él végétől 40–60 mm-re tedd, a közbenső csapokat 100–150 mm-enként oszd el. A furat átmérője egyezzen a csap átmérőjével, a furat mélysége pedig a csap hosszának felénél 1–2 mm-rel legyen nagyobb, hogy a ragasztófelesleg elférjen.

Például egy 600 mm hosszú asztallap-szélesítésnél 10 mm-es köldökcsap esetén: az első csap 60 mm-re, a többi 120 mm-enként, így 5 csap kell. A fúrósablon ütközője a munkadarab elülső oldalára támaszkodik, a fúrási mélység pedig mélységütközővel 16 mm, ha a csap hossza 30 mm.

A **fakötések előkészítése** ugyanezt a logikát követi: az ollós csap fogosztását a rajz méretei szerint a vállvonaltól induló szögmérővel jelöljük, a fészek helyét pedig a csaphoz igazítjuk. A jelölésnél a bázis a tiszta, derékszögben levágott alkatrészélé.

41.3.7. Mosogatótálcák, főzőlap kivágása: sablon, élvédelem, tömítés

A munkalapba süllyesztett mosogatótálcát vagy főzőlapot mindig a **munkalap hátoldalán** jelöljük. Így a fűrészlap felfelé vág, és a látható laminált oldal nem szakad ki. A gyártó által adott sablon a kivágás pontos méretét és a peremek felfekvését biztosítja.

Példa. Egy mosogatótálca külső pereme 860 × 500 mm. Ha a gyártói sablon szerint a felfekvő perem szélessége 12 mm, akkor a kivágás mérete:

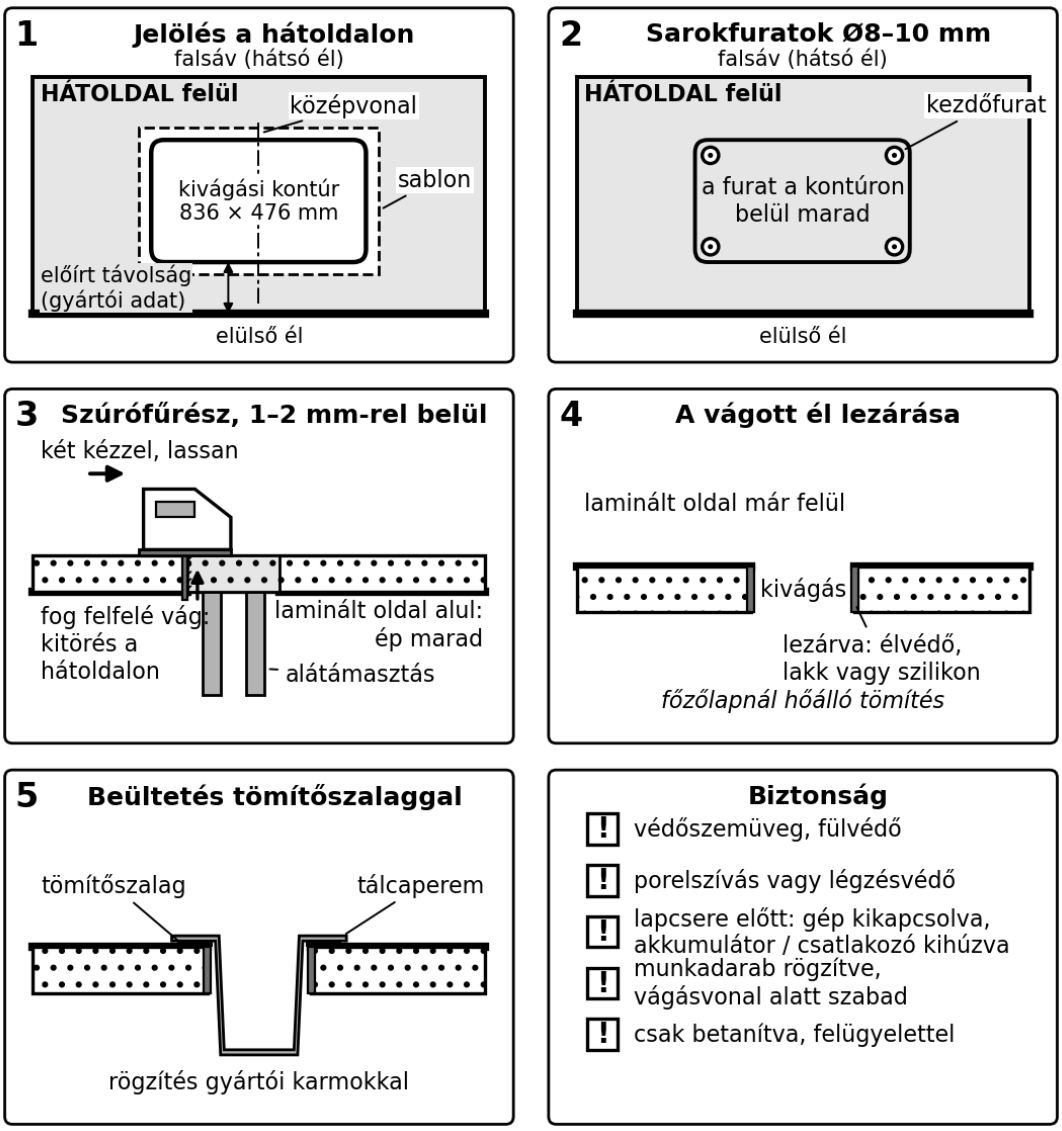
$$b_{\text{kivágás}} = 860 - 2 \cdot 12 = 836\,\text{mm}$$

$$h_{\text{kivágás}} = 500 - 2 \cdot 12 = 476\,\text{mm}$$

Ezt a méretet a sablon ellenőrzésére használjuk, de a gyártói sablon mértékadó **(ellenőrizendő: termék műszaki adatlapja)**.

Technológiai lépések mosogatótálca-kivágáshoz:

1. Helyezd a munkalapot a felső laminált oldalával lefelé, a hátoldalával felfelé.
2. Ellenőrizd a tálca középvonalát a szekrény szélességéhez, és jelöld ki a munkalap elülső élétől előírt távolságot.
3. Rögzítsd a gyártói sablont ragasztószalaggal vagy szorítóval a hátoldalon.
4. Rajzold körül a kivágási kontúrt a sablon szerint.
5. A kontúr sarkaiba fúrj 8–10 mm-es kezdőfuratot.
6. A kivágást **szúrófűrésszel** a kontúron belül 1–2 mm-rel vágd ki, hogy maradjon anyag a pontos méretre csiszoláshoz.
7. Csiszold a vágási élt, majd ellenőrizd a tálca beillesztését.
8. A vágási élt zárd le párazáró élvédővel, tömítőszalaggal vagy szilikonnal, hogy a nedvesség ne jusson a lap belsejébe. Főzőlapnál hőálló tömítést használj.



41.8. ábra. A mosogatókivágás öt lépése: jelölés a hátoldalon sablonnal, sarokfuratok, szúrófűrészes vágás alátámasztva, a vágott él lezárása, beültetés tömítőszalaggal (sematikus vonalrajz)

A 3. képen látszik, miért a hátoldalon jelölünk: a szúrófűrész foga felfelé vág, így a kitörés a felső (hát)oldalra esik, a lefelé fordított laminált oldal ép marad.

Gépbiztonság. A fúrógépet és a szúrófűrészt csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti; védőberendezés nélkül soha ne dolgozz. A szúrófűrészt két kézzel fogd, a vágásvonal mellett tartsd szabadon a munkadarabot, és a kivágott darabot ne feszítsd. Használj védőszemüveget, fülvédőt, és a csiszoláshoz, fúráshoz elszívást vagy légzésvédőt; a keletkező por keményfa- vagy lapanyagpor is lehet.

Tilos. A kivágást a munkalap felső, látható oldalán jelölni szúrófűrésszel, mert a felfelé vágó fűrészlap kiszakítja a laminált felületet. Tilos a fúrósablont kézzel tartani.

41.3.8. A pozicionálás előtti ellenőrzőlista

Ez a **recept** a gyakorlatban használható, mielőtt bármilyen furatot fúrunk:

1. Ellenőrizd a rajzon az alkatrész tükörhelyzetét: jobb vagy bal oldal.
2. Válaszd ki az elülső és alsó **bázisélt**.
3. Tisztítsd meg a bázisélt a sorjától, forácstól.
4. A fúrósablont ütköztesd a bázisokhoz, és fogóval rögzítsd.
5. Ellenőrizd a fúró átmérőjét, a furatmélységet és a fordulatszámot.
6. Fúrj először próbadarabot; mérd vissza a furat helyét a bázistól.
7. Csak ezután fúrd meg a sorozatot, minden azonos alkatrészt ugyanabban a felfogásban.

41.3.9. Technológiai lap

Cél: fiókcsúszó-furatok és pántcsésze-fészkek pozicionálása, fúrása korpuszoldalba és ajtóba.

Anyagok: 18 mm-es laminált forgácslap korpuszoldal, 720 mm magas ajtófront, fúrósablon, vasalatgyártói szerelési rajz.

Szerszámok, gépek: állványos fúrógép, fészekfúró ⌀35 mm, csigafúró ⌀5 mm, mélységütköző, befogó/gyorsszorító, mérőszalag, derékszögelő, próbadarab.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A fúrógép védőburkolata, a fúróasztal ütközője és az elszívás legyen a helyén. Használj védőszemüveget. A hosszú hajat fogd össze, sapka alá tűrd; bő, lógó ruhát, ékszert, sálat ne viselj; forgó fúró közelében kesztyűt ne viselj. A fúró forgása közben a darabot befogóval rögzítsd, ne kézzel.

Indítás előtti ellenőrzés: fúró rögzítve, fordulatszám megfelelő, mélységütköző beállítva, a fúróasztal tiszta, a vészleálló elérhető.

Lépések:

1. A korpuszoldalt tedd a fúróasztalra, elülső élét az ütközőhöz. – ellenőrzés: derékszög a derékszögelővel.
2. A fúrósablont ütköztesd a front alsó éléhez és az elülső élhez, majd rögzítsd. – ellenőrzés: a sablon nem mozdul el.
3. Fúrd ki a fiókcsúszó furatait a sablon perselyein át. – ellenőrzés: a fúró merőlegesen szalad.
4. Az ajtólapon jelöld ki a pántfészek középpontjának távolságát 22,5 mm-re az éltől. – ellenőrzés: mindkét oldalon azonos.
5. Rögzítsd a fészekfúró mélységütközőjét 11,5 mm-re. – ellenőrzés: próbadarabon mérd a fészekmélységet.
6. Fúrd ki a pántfészket a jelölt középponton. – ellenőrzés: a fészek széle 5 mm-re van az ajtó élétől.
7. Vedd le a sablont, sorjázd el a furatokat. – ellenőrzés: a vasalat próbaillesztése.

Dokumentálás: munkanaplóba írd fel a beállított mélységet, a furatátmérőt és az ellenőrzött próbadarab eredményét.

41.3.10. Minőségellenőrzés

A pozicionálásnál a legfontosabb, hogy **párosan ugyanoda** kerüljenek a furatok. Mérőszalaggal ellenőrizd a furatközép távolságát a bázistól, tűrése jellemzően ±0,5 mm **(tájékoztató)**. A fészekmélységet tolómérővel vagy a vasalat próbaillesztésével ellenőrizd. A fiókcsúszó próbadarabján a sínnek vízszintesen kell feküdnie, a fióknak pedig beépítés után könnyen, egyenletesen kell futnia. A mosogatókivágásnál nézd meg, hogy a tálca felfekvése körben legalább 10–12 mm legyen, és a vágott él zárt, tömített legyen.

41.3.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba: a fiók a jobb oldalon lejt, vagy a korpuszhoz súrlódik. **Ok:** a jobb oldali fúrósablont nem ugyanarra a bázisélre ütköztették, mint a balt. **Helyes gyakorlat:** mindkét oldalt ugyanabból a nullpontból, tükörképben fúrd.

Hiba: a fúrósablon fúrás közben elfordul, a furatok nem illeszkednek. **Ok:** a sablont nem rögzítették, vagy a fúró megszorult. **Helyes gyakorlat:** befogóval rögzíts, és ellenőrizd a fúró élességét.

Hiba: a pántfészek túl közel van az ajtó széléhez, a csavarhely kiszakad. **Ok:** a 22,5 mm helyett 15 mm-re mérték a középpontot, vagy a sablon nélkül jelöltek. **Helyes gyakorlat:** a fészekfúrót mindig ütközővel vagy fúróállvánnyal vezesd.

Hiba: a mosogatótálca kivágása szélesebb, mint a felfekvő perem. **Ok:** a sablon kontúrját a külső vonalon vágták, vagy a szúrófűrész lassú előtolással, eltérve a vonaltól haladt. **Helyes gyakorlat:** a kontúron belül vágj, majd csiszold pontosra, és a tálcával próbáld be.

41.3.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy beépített konyhabútor szerelésekor a három fiók közül a felső a bal oldalán feljebb futott, ezért lejtett. A reklamációban a szerelő a fiókcsúszó furatait vizsgálta: a bal oldali elülső furat az alsó bázistól 203 mm-re, a jobb oldali 199 mm-re volt. Kiderült, hogy a bal oldali fúrósablon alsó ütközője alá egy kis forgács szorult, ezért a sablon följebb ült. A furatokat köldökcsappal betömték, újrafúrták, és a fiók futása helyreállt. Tanulság: a bázisfelületeket minden fúrás előtt meg kell tisztítani, és a sablon ütközését vizuálisan ellenőrizni kell.

41.3.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A fúrósablont mindig a munkadarab közepéhez kell ütköztetni, nem a bázisélhez.

2. Számítsd ki: a korpusznyílás magassága 500 mm, a fiókfrontok száma 4, a hézag 2 mm. Mekkora egy front magassága?

3. Miért jelöljük a mosogató kivágását a munkalap hátoldalán?

4. A pántfészek középpontját 15 mm-re jelölték az ajtó szélétől. Mi ezzel a hiba?

5. A bal oldali fiókcsúszó furatát az elülső éltől, a jobb oldalit a hátsó éltől mérték. Miért hibás?

41.3.14. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg a bázisél, nullpont és fúrósablon fogalmát a saját szavaiddal.

2. feladat (A) Számítsd ki a fiókfront magasságát, ha a korpusz belső nyílásmagassága 700 mm, a fiókfrontok száma 4, és a hézag mindenütt 3 mm. Ellenőrizd az eredményt összegzéssel.

3. feladat (B) Egy 35 mm-es csészefészkű pántot szerelsz. A fészek széle és az ajtó éle között 4 mm felfekvést hagysz. Számítsd ki a fészek középpontjának távolságát az ajtó élétől. A fészek mélysége 11 mm; írd le, milyen fúrót és beállítást használsz.

4. feladat (B) Írd le szövegesen egy korpusz oldallapjának fúrási rajzát fiókcsúszóhoz: milyen nézetek, metszetek, méretek és furatjelek szerepeljenek rajta?

5. feladat (C) A fiók bal oldala elöl 4 mm-rel feljebb van, mint a jobb oldala. Sorold fel a lehetséges okokat, és add meg a vizsgálat lépéseit.

6. feladat (D) Tanműhelyi gyakorlat: készítsd el egy mosogatótálca kivágásának jelölését és ellenőrzését egy munkalapon. Írd le a sablon rögzítését, a kezdőfuratokat, a szúrófűrész használatát, az élvédelmet és a biztonsági szabályokat.

41.3.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis: a fúrósablont mindig a bázisélhez kell ütköztetni.

2. $h_f = (500 - 5 \cdot 2)/4 = 122{,}5\,\text{mm}$; ellenőrzés: $4 \cdot 122{,}5 + 5 \cdot 2 = 500\,\text{mm}$.

3. Mert a szúrófűrész felfelé vágó foga a felső oldalt szakítja ki; a hátoldalon a szakadás nem látszik.

4. A csésze széle $15 - 17{,}5 < 0$ mm lenne, tehát a fészek kifutna az ajtó élén, és az ajtó éle kiszakadna.

5. Két különböző bázis van, ezért a két oldal furatai nem tükörképei egymásnak.

1. feladat (A)
A bázisél az a tiszta, pontos él, amelytől a megmunkálás helyét mérjük. A nullpont a két bázisél metszéspontja. A fúrósablon olyan furatokkal ellátott segédeszköz, amelyet a bázisokhoz ütköztetve a fúró mindig azonos helyre kerül.

2. feladat (A)
Képlet: $h_\text{f} = \frac{700 - (4+1)\cdot 3}{4} = \frac{700-15}{4} = 171{,}25\,\text{mm}$.
Ellenőrzés: $4 \cdot 171{,}25 + 5 \cdot 3 = 685 + 15 = 700\,\text{mm}$. A front magassága 171,25 mm.

3. feladat (B)
$k = s + \frac{D}{2} = 4 + \frac{35}{2} = 21{,}5\,\text{mm}$.
A fészekfúró átmérője 35 mm, a mélységütközőt 11 mm-re állítjuk, fúróállványt használunk. A fészekközép az ajtó élétől 21,5 mm legyen.

4. feladat (B)
A rajz elölnézetben mutatja a korpusz oldallapját, az elülső élt balra. Az alsó él az alsó bázis, az elülső él az elülső bázis. Jelölni kell a 37 mm-es szerelővonalat, a front alsó élének magasságát, a fúrósablon furatközeit kereszttel, a furatátmérőt és a fúrási mélységet. A metszet a sablon perselyét, a fúrót és a mélységütközőt mutassa.

5. feladat (C)
Lehetséges okok: a bal oldali elülső furat magasabbra került (vagy a jobb oldali alacsonyabbra), mert a fúrósablon nem ütközött az alsó bázishoz; a bal oldali sablon alsó ütközője alá forgács került; a bázisfelületet nem tisztították meg; a fúrósablon elmozdult. Vizsgálat: mérd vissza a fúrósablon ütközését, hasonlítsd össze a furatok magasságát a front alsó élétől, próbadarabon ellenőrizd a fúrást.

6. feladat (D)
A munkalapot hátoldalával felfelé fekteted. A gyártói sablont a munkalap hátoldalára ragasztószalaggal rögzíted, ügyelve a középvonalra és az elülső éltől mért távolságra. A kontúrt körberajzolod, a sarkokba 8–10 mm-es kezdőfuratot fúrsz. A szúrófűrészt két kézzel, a kontúron belül vezeted, a kivágott darabot nem feszíted. A vágás után csiszolod az élt, majd élvédővel vagy tömítőszalaggal lezárod. Biztonsági szabályok: védőszemüveg, fülvédő, elszívás, a munkadarab megtámasztása.

41.3.16. Rövid összefoglaló

A szereléshez szükséges megmunkálások akkor illeszkednek, ha pontosan pozicionáljuk őket. A **bázisél** az a tiszta él, amelytől mérünk; a **nullpont** a bázisok metszéspontja. A fiókfrontok magasságát a nyílásmagasságból és a hézagokból számoljuk:
$h_{\mathrm{f}} = \frac{H_{\mathrm{ny}} - (n+1)\cdot h_{\mathrm{hézag}}}{n}$.
A fiókcsúszó furatát a front alsó élétől és a korpusz elülső élétől (jellemzően 37 mm, 32 mm-es raszterben) a gyártói fúrósablon jelöli ki. A csészés pánt fészkének középpontja az ajtó élétől $k = s + D/2$, a fészekmélység a pántgyártó adata. Idegencsapoknál a szélső csap 40–60 mm-re, a többiek 100–150 mm-enként kerülnek, a furatmélység a csap felénél 1–2 mm-rel nagyobb. A mosogató- és főzőlapkivágást a munkalap hátoldalán sablon szerint végezzük, a vágási élt nedvesség ellen lezárjuk. **Továbbvitt eredmény.** A bázisokról történő pozicionálás, a fúrósablon és a visszamérés módszere a tényleges szerelés alapja, mert a furatok csak párosan, azonos nullpontból készülve illeszkednek; ezt használjuk az Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések alfejezetben.

41.3.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: fiókcsúszó- és pántgyártói szerelési útmutatók, fúrósablonok gyártói leírásai, faipari szakkönyvek, bútorvasalatokra vonatkozó termékszabványok (MSZ EN 15570 környezete – ellenőrizendő), a gépek gépkönyvei. Ellenőrizendő pontok: a 32 mm-es raszter és a 37 mm-es elülső furat gyártói értéke, a pántfészek mélysége és a csésze szélének távolsága, a mosogatótálcák kivágási sablonadatai, valamint a hézagok tűrései.

42 Asztalosipari szerkezetek szerelése

42.1. Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések

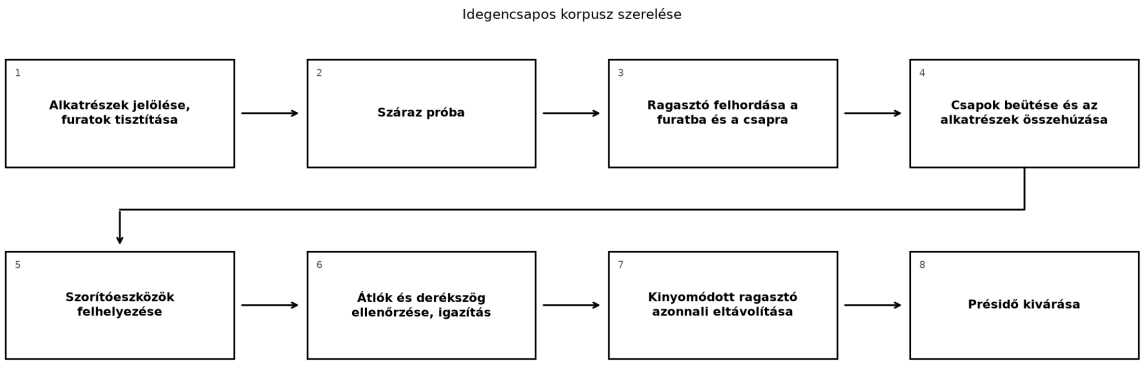
42.1.1. Motiváció

Egy konyhai alsószekrény oldallapjait, fenéklapját és korpuszsínjeit már legyártottad, a 32 mm-es furatrendszerben a köldökcsapok (tiplik) helyét is kifúrtad. Ha most rossz sorrendben ragasztasz, nem ellenőrzöd az átlókat, vagy rossz szorítót választasz, a korpusz elcsavarodik, az ajtók nem fognak illeszkedni, és a ragasztott kötés sem lesz szilárd. Ez az alfejezet azt tanítja meg, hogyan állíts össze idegencsapos, ragasztott alapszerkezeteket derékszögben, síkban, megfelelő szorítóeszközökkel és présidővel.

42.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy 600 mm mély, 720 mm magas mosogatószekrény-korpuszt. Két oldallapot, egy fenéklapot és két korpuszsínt fogsz összeépíteni köldökcsapokkal és D3-as faragasztóval. Az alkatrészeket egyenként jelöld meg (bal, jobb, alul, elöl), mert a furatok csak akkor illeszkednek pontosan, ha minden alkatrész a rajz szerinti helyére kerül. A szerelés során először mindig **szárazon** próbálj össze mindent, azaz ragasztó nélkül. Csak akkor húzd össze a darabokat, ha a száraz próba sikeres.

Az alábbi folyamatábra a korpuszszerelés alapvető lépéseit mutatja be.



42.1. ábra. Idegencsapos korpusz szerelése - A folyamat a jelöléstől a présidő kivárásáig tart; a kinyomódott ragasztót a szorítás alatt, frissen töröld le.

A szerelés minősége a derékszögön és a síkfekvésen múlik. A pontos méretű, sík asztallapon végzett száraz próba a legegyszerűbb módja annak, hogy a hibákat még a ragasztás előtt észrevedd.

42.1.3. Az idegencsapos szerkezet és a szerkezeti ragasztás

Definíció. Idegencsapos szerkezetnek nevezzük azt a lap- vagy keretszerkezetet, amelyben két faalkatrészt különálló, más anyagból készült (általában bükk vagy műanyag) csap köt össze. Az idegencsap lehet **köldökcsap** (hengeres, rovátkolt, gyakran tipli vagy dübel néven ismert), **lamelló** (vékony, hajó alakú laposcsap), ritkábban saját készítésű, hornyolt facsap. A csap a két alkatrészt összevezeti; a kötés teherbírását a ragasztás adja.

Definíció. Szerkezeti ragasztásnak nevezzük azt a ragasztást, amely a termék erőviselő, teherhordó kapcsolatait hozza létre. Idegencsapos korpusznál, keretnél, lépcsőfoknál, székkávánál mindig szerkezeti ragasztást alkalmazunk. A használati és vízállósági követelmény határozza meg a ragasztó osztályát.

Szabvány. A faragasztókat az MSZ EN 204 szerint D1–D4 osztályba sorolják. A belső bútorok ragasztásához általában D2 vagy D3, konyhai vagy nedves helyiségbe D3, kültéri vagy tartósan nedves szerkezethez D4 osztályú ragasztót kell választani. A pontos osztályt és felhasználási körülményeket mindig a ragasztó műszaki adatlapja tartalmazza (ellenőrizendő: aktuális MSZ EN 204 és a gyártói adatlap).

Megjegyzés. Az idegencsapos szerkezetek előnye, hogy a kötés nem igényel csapmarást; a furatok helyét viszont pontosan, sablonnal kell elkészíteni, mert a csap nem enged utólagos igazítást (0,5 mm-es eltérés már lépcsőt ad a felületen). Hátrányuk, hogy a tömörfa csapokkal szemben kisebb a viselő felület, ezért a ragasztó és a préselés minősége döntő.

Továbbvitt eredmény. A helyesen ragasztott, idegencsapos szerkezet az alapja a vasalatos, bontható kötések későbbi kialakításának is: a Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok alfejezetben a már síkban, derékszögben összeállított szerkezetekre kerülnek a kötővasalatok.

42.1.4. A szerelés előkészítése és a száraz próba

A ragasztott szerelés legsikeresebb módja a tiszta, fűrészpor- és zsírmentes felület.

1. **Alkatrészek jelölése.** Minden alkatrészt jelölj meg puha ceruzával vagy ragasztószalaggal a rajz szerint (Bal oldallap, Jobb oldallap, Alsó, Felső, Elülső, Hátsó). A furatokat mindig a kész termék megfelelő oldala felől fúrd, és a száraz próbánál ellenőrizd, hogy a csapok nem ütköznek-e a zsákfurat aljára.
2. **Csapok és furatok tisztítása.** A rovátkolt köldökcsapot nedves ruhával töröld át, hogy eltávolítsd a szállóport és a viaszszerű szennyeződést. A furatból sűrített levegővel vagy porszívóval fúvasd ki a fűrészport, mert a por elzárja a ragasztót a fa felületétől.
3. **Száraz próba.** Ragasztó nélkül üsd össze a szerkezetet gumikalapáccsal vagy kalapáccsal, hajtogatott rongyból készült ütőalátéten keresztül. A köldökcsapnak könnyű szorulással kell bemennie. Ha túl szoros a csap, a ragasztó felfekszik a furat szélére, és az alkatrész hajszálrepedést kap. Ha túl laza, a kötés nem lesz szilárd.
4. **Hibák javítása a száraz próbánál.** Ha a csap nem ül teljes mélységben, rövidítsd a csapot legfeljebb 2–3 mm-rel, vagy fúrd mélyebbre a furatot ütközővel. Ha túl laza, a furatot nagyobb átmérőre fúrd, és nagyobb csapot használj; a PVAc ragasztó a hézagot nem tölti ki. A száraz próbánál mindig ellenőrizd az átlót és a derékszöget is.

42.1.5. Ragasztó felhordása és a szerelés

Recept. Idegencsapos alkatrész ragasztásának lépései:

1. **Védőfelszerelés.** Vegyél fel munkaruhát, és ha a ragasztó műszaki adatlapja előírja, védőkesztyűt. Szembe ne kerüljön ragasztó, mert a gyorsan kötő ragasztó sérülést okozhat.
2. **Ragasztó előkészítése.** Egy tiszta edénybe tölts annyi ragasztót, amennyit a nyitott idő alatt felhordasz. A ragasztó dobozát azonnal zárd le, nehogy beszáradjon.
3. **Ragasztó felhordása.** A ragasztót a furatba és a csap felületére is vidd fel. A furatba kis ecsettel vagy ragasztóadagoló heggyel juttasd be. A csapot forgatva, vékonyan kend be. A ragasztóból annyi kell, hogy a csap körül kinyomódjon, de ne csorogjon le.
4. **Csapok beütése és az összeállítás.** A csapokat ütőfán keresztül üsd be. Először az egyik alkatrészbe, majd a másik alkatrészt ráigazítva, ütéssel húzd össze a szerkezetet.
5. **Szorítók felhelyezése.** Azonnal helyezd fel a szorítóeszközöket. A szorítópofák alá mindig tégy nyomáselosztó alátétet (keményfa vagy műanyag lap), hogy a szorító ne nyomja be a fa felületét.
6. **Ellenőrzés azonnal.** Mielőtt a ragasztó elkezd kötni, ellenőrizd az átlókat, a derékszöget és a síkfutást. A hibákat ilyenkor még javíthatod.
7. **Kinyomódott ragasztó eltávolítása.** A friss, kinyomódott ragasztót nedves ruhával azonnal töröld le, vagy hagyd gélesedni és vésővel emeld le (a gyártó ajánlása szerint). A már megkötött ragasztót később vésővel vagy csiszolással csak nagy munkával tudod eltávolítani.

42.1.6. Szorítóeszközök és prések

A ragasztott szerkezet szorításának célja, hogy a ragasztó szétterüljön a kötési felületen, és az alkatrészek a kívánt helyzetben maradjanak, amíg a ragasztó megköt.

Kézi szorítóeszközök. A legfontosabb típusok:

1. **Asztalos satu.** Nagyobb, sík lapok szorítására alkalmas. A pofák közé mindig tegyél tömörfa alátétet.
2. **Sínszorító (gépfémszorító).** Hosszú, acél rúdon eltolható pofás szorító. Asztallap, korpusz összehúzására alkalmas.
3. **Lapszorító.** A két pofa derékszögben tartja össze a lemezeket.
4. **Hevederes szorító.** Poliészter vagy műanyag hevederrel körbeveszi a keretet vagy kávát. Különösen sarkoknál használatos.
5. **Sarokszorító.** A két befogópofa 90 fokos szöget zár be. A saroknál tartja a két alkatrészt, amíg a ragasztó köt.
6. **Keretszorító.** Négy, derékszögben álló pofából áll. A keret kerületét egyenletesen összezárja, közben a keret sarkait is 90 fokban tartja.

Prések. A prés gépi erővel hozza létre a szükséges préselési nyomást.

- **Keretprés.** A keretszerkezeteket (ablakkeret, ajtókeret, székkáva) a keretprésbe helyezzük. A keretprés hidraulikus vagy pneumatikus mozgatású pofái a keret minden oldaláról egyenletesen nyomják a szerkezetet.
- **Korpuszprés.** Szekrénykorpuszok összeállítására használjuk. A gép rendszerint két állítható oldalgerendából és egy felső nyomógerendából áll, amelyek a korpusz átlóit is szerelés közben ellenőrzik. A korpuszprésbe a már összeállított, de még nem kötött korpuszt helyezzük, majd a préselő egységeket a kívánt nyomásra állítjuk.

- **Hőprés.** Speciális prés, amelyben a hő felgyorsítja a ragasztó kötését. Elsősorban sík, nagy felületű rétegelt szerkezetekhez használjuk, nem idegencsapos alapszerkezethez.

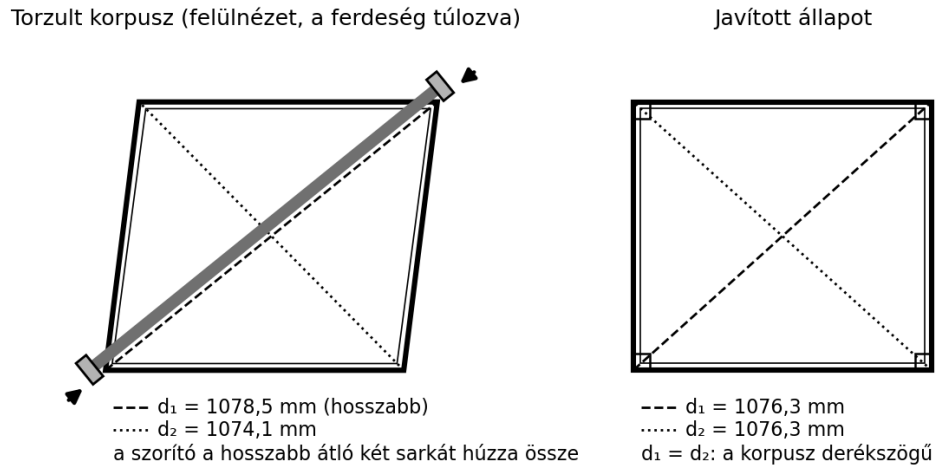
Gépbiztonság. A keret- és korpuszprést csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti. A gép működése előtt ellenőrizd a hidraulikus vagy pneumatikus vezetékek állapotát, a vészleállítót, és győződj meg arról, hogy a préselési művelet közben a kezed nincs a mozgó pofák útjában. A prés erővel nyom, a beszorított ujjperc sérülését okozhatja. Egyedül, fáradtan, vészkapcsoló nélkül soha ne végezd a préselést.

42.1.7. Derékszög és síkfekvés biztosítása

Szabály. A ragasztott szerkezet akkor jó, ha a szemben lévő átlók hossza egyenlő, és a szerkezet sarkai derékszöget zárnak be. A legnagyobb korpuszoknál is ez az alapvető ellenőrzés.

Eljárás átlók méréséhez.

1. Mérőszalaggal mérd meg az egyik saroktól a szemközti sarokig a távolságot.
2. Mérd meg a másik két sarok távolságát is.
3. Ha a két mérés egyenlő, a szerkezet derékszögű.
4. Ha az egyik átló hosszabb, a szerkezetet abba az irányba kell nyomni, ami a rövidebb átlót növeli. Ezt rendszerint a szorító átlós felhelyezésével vagy egy átlós nyomófa beiktatásával oldhatod meg.



42.2. ábra. Átlómérés és derékszög-korrekció: a hosszabb átló mentén ferdén felhelyezett szorító összehúzza a két sarkot, amíg az átlók egyenlők nem lesznek

Az ábra egy 800 × 720 mm-es korpuszt mutat: ha a felső él 3 mm-t elmozdul, az átlók 1078,5 és 1074,1 mm-esek (derékszögben mindkettő 1076,3 mm). A szorítót a hosszabb átló két sarkára fekteted ferdén; ahogy húzod, a hosszabb átló rövidül, a rövidebb nő. A HTML-kiadásban a torzulás csúszkával állítható.

Síkfekvés ellenőrzése. A síkfekvést hosszú, egyenes vonalzóval vagy két párhuzamos zsinórral ellenőrizd. A szerkezetet a sík asztalon meglökve is észreveheted a csavarodást: ha az egyik sarok megemelkedik, a szerkezet nincs síkban. Ilyenkor a sarkok alá alátétet kell helyezni, vagy a szorítókat úgy kell áthelyezni, hogy azok a szerkezetet laposra húzzák.

42.1.8. A présidő és a présnyomás számítása

A ragasztó gyártói adatlapján a **présidő** (általában 20–25 °C hőmérsékleten) és a **présnyomás** (tájékoztatóan puhafánál 0,1–0,5, keményfánál 0,5–1,0 N/mm²; ellenőrizendő: ragasztó műszaki adatlapja) szerepel. A présnyomást mindig a szorítóerőre merőleges, ragasztott felületre vonatkoztatjuk. Köldökcsapos korpusznál a szorító a kötés zárását szolgálja; a csapot a furatba illesztés feszíti, a csap palástjára a szorító nem hat. Konkrét erőt a ragasztó adatlapja és a gépkönyv ad.

Példa. Két 18 mm-es laplap élragasztása 600 mm hosszon. A ragasztott felület a szorítóerőre merőleges: $A = 600 \cdot 18 = 10\,800\,\mathrm{mm}^2$. A gyártó szerint $p = 0{,}3\,\mathrm{N/mm}^2$ (tájékoztató). A szükséges erő $F = p \cdot A = 0{,}3 \cdot 10\,800 = 3\,240\,\mathrm{N}$. Egy kézi szorító kb. 1–1,5 kN erőt ad (ellenőrizendő), tehát kb. 3 db szorító kell. A pontos présnyomást és présidőt a ragasztó adatlapja adja meg.

Számítás. Egy keretprésben a sarokkötéseket ragasztjuk. Egy sarokkötés ragasztott felülete (két csapfelület): $A = 2 \cdot 50 \cdot 40 = 4\,000\,\mathrm{mm}^2$. A présnyomás $p = 0{,}7\,\mathrm{N/mm}^2$ (keményfa, tájékoztató; ellenőrizendő a ragasztó adatlapján). A szükséges erő sarkonként $F = 0{,}7 \cdot 4\,000 = 2\,800\,\mathrm{N}$. A léc hosszoldala nem ragasztott felület, ezért nem számít bele.

42.1.9. Technológiai lap

Cím: Idegencsapos korpusz szerelése, szorítása és ellenőrzése.

Termék/alkatrész: Konyhai alsószekrény korpusz, 600 mm mély, 720 mm magas, 800 mm széles.

Anyagok: 18 mm vastag laminált forgácslap oldallapok, fenéklap, korpuszsín; 8 mm átmérőjű rovátkolt bükkönyelvű köldökcsap; D3-as faragasztó.

Gépek, szerszámok: Kézi sínszorítók, sarokszorítók, gumikalapács, ütőfa, ragasztóecset, méteres vonalzó, derékszögelő, nedves rongy, porszívó, (opcionálisan) korpuszprés.

Egyéni védőeszközök: Munkaruha, védőkesztyű a ragasztó kezeléséhez, ha az adatlap előírja.

Gépbiztonság. A kézi szorítókat ellenőrizd: a csavarmenet nem lehet sérült, a pofák nem lehetnek elgörbültek. Ha elektromos vagy pneumatikus korpuszprést használsz, ellenőrizd a vezetékeket, a reteszelőket és a vészleállítót. A gépkezelés csak betanított, felügyelt tanuló számára megengedett. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd.

Lépések:

1. **Száraz próba.** Jelöld meg az alkatrészeket (bal, jobb, elöl, hátul). Üsd össze ragasztó nélkül. – *Ellenőrzés:* a külső lapok síkfutnak, a köldökcsapok nem ütköznek a furat aljára, az átlók egyenlők (a hosszeltérés kisebb, mint 0,5 mm, tájékoztató, ellenőrizendő a rajz szerint).
2. **Ragasztó előkészítése.** Önts annyi D3 ragasztót, amennyit 10–15 perc alatt felhordasz. – *Ellenőrzés:* a ragasztó folyékony, csomómentes.
3. **Ragasztó felhordása.** Adagolj ragasztót a furatokba, kend be a csapok felületét. – *Ellenőrzés:* a furat pereme körül vékony ragasztógyűrű látszik, a csap teljes hosszában nedves.
4. **Összeállítás.** Üsd be a csapokat, majd illeszd össze az alkatrészeket. – *Ellenőrzés:* az illesztések hézagmentesek, az alkatrészek nem csúsznak szét.

5. **Szorítás.** Helyezz fel sín- és sarokszorítókat. A szorítókat a csapsorok magasságában, alátéttel ellátva helyezd el. – *Ellenőrzés:* a szorító nem deformálja a lapot, az erő a csapok irányában hat.
6. **Geometria ellenőrzése.** Mérd meg a két átlót, a belső derékszögeket. Ha szükséges, állíts a szorítókkal. – *Ellenőrzés:* átlók eltérése kisebb, mint 1 mm.
7. **Kinyomódott ragasztó eltávolítása.** Töröld le a friss ragasztót nedves ruhával. – *Ellenőrzés:* a felületen nem marad ragasztófolyam.
8. **Pihentetés.** Pihentesd a szerkezetet a présben a gyártó által megadott ideig (például 2 óra szorítóban, majd további 6 óra igénybevétel nélkül – tájékoztató érték, ellenőrizendő a ragasztó adatlapján). – *Ellenőrzés:* a szorítók nem lazultak meg.

42.1.10. Minőségellenőrzés

A ragasztott, idegencsapos szerkezetnél a következőket ellenőrizd:

- **Átló.** A korpusz szemben lévő átlóinak hossza egyenlő legyen. Az eltérés a gyakorlatban a konyhakorpusznál ne haladja meg az 1 mm-t (tájékoztató, a rajz szerint pontosítandó).
- **Derékszög.** A sarkoknál a külső és belső derékszög 90° legyen. Derékszögelővel ellenőrizd, a rés a megengedettnél kisebb legyen.
- **Síkfekvés.** A szerkezet sík asztalon ne billegjen, a lapok ne ugráljanak.
- **Ragasztási hézag.** A csap környékén nem látható 0,2 mm-nél nagyobb ragasztási rés. A kinyomódott ragasztó egyenletesen vékony.
- **Felület.** A felületen nincs szorító által benyomott hiba, a ragasztómaradék nincs beledörzsölve a fába.

Ha az átló nem jó, a ragasztó még köt, a szorítóval állíts a szerkezeten. Ha a ragasztó már megkötött, a hibát a kész terméken a vasalatok beállításával lehet részben kiegyenlíteni.

42.1.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba: A korpusz elcsavarodott, billeg. * **Ok:** A szorítókat nem egyenletesen húzták meg, vagy a szerkezetet nem sík asztalon szorították össze. * **Javítás/megelőzés:** A szorítást mindig sík felületen végezd. A szorítást két lépcsőben húzd meg: először enyhén, ellenőrzés után erősen.

Hiba: A ragasztott kötés éhes, a csap nem tapad, a hézag nyitott. * **Ok:** A nyitott idő túllépése, a ragasztó beszáradt, mielőtt összeállítottad a szerkezetet. * **Javítás/megelőzés:** Egyszerre csak annyi alkatrészt ragasztasz, amennyit a nyitott idő alatt össze tudsz állítani. A pontos nyitott időt a ragasztó műszaki adatlapján ellenőrizd. Meleg műhelyben a nyitott idő rövidül.

Hiba: A kinyomódott ragasztó átüt a pácon, vagy a felületen üvegszerű, világos foltok maradnak. * **Ok:** A kinyomódott ragasztót nem távolították el azonnal, vagy a felületet nem csiszolták át eléggé a pácolás előtt. * **Javítás/megelőzés:** A friss ragasztót azonnal töröld le. Miután a ragasztó megkötött, a maradékot vésővel, csiszolóvászonnal távolítsd el. Ellenőrizd a felületet festés vagy pácolás előtt.

42.1.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanulóműhelyben egy tanuló ablakszárnyat ragasztott keretprésben. A száraz próbánál az átló jó volt, de a ragasztott szerelés után a keret préselésekor az egyik sarok alá egy apró forgácslapdarab került. A prés összeszorította a keretet, és a forgács beékelődött a sarok alá. A présidő letelte után a tanuló észrevette, hogy a keret nincs síkban, és az egyik sarok feszül. A

hibát azonnal jelezte az oktatónak. A keretet visszahelyezték a présbe, de a megkötött ragasztó miatt a hibát már nem lehetett javítani. A keret alkalmatlan lett a beépítésre. A tanulság: a préselés előtt mindig ellenőrizd a présasztalt, és száraz próbánál is ugyanazon a sík felületen dolgozz, ahol ragasztasz.

42.1.13. Önellenőrzés

1. Mi a különbség az idegencsapos és a saját anyagból készült csapos kötés között?
2. Miért kell a furatból a fűrészport eltávolítani a ragasztás előtt?
3. Hogyan ellenőrzöd a korpusz derékszögűségét a szerelés közben?
4. Mit jelent a D3-as osztályú ragasztó?
5. Mit teszel a kinyomódott ragasztóval a szerelés közben?
6. Miért fontos a sík asztal a keretprésnél?

42.1.14. Feladatok

1. feladat (A). Sorolj fel négy idegencsapos kötéshez használt szorítóeszközt.

2. feladat (A). Két 18 mm vastag, 600 mm hosszú korpuszlapot éllel összeragasztasz. A ragasztó előírása $p = 0{,}3\,\mathrm{N/mm^2}$. Számítsd ki a ragasztott felületet (a szorítóerőre merőleges felület) és a szükséges préselőerőt.

3. feladat (B). Egy 900 mm × 600 mm-es keretet szerelsz össze. A két átló hossza 1081,3 mm és 1082,1 mm. Számítsd ki az átlók eltérését, és állapítsd meg, mi a teendő.

4. feladat (B). Egy széket szerelsz össze. A hőmérséklet a műhelyben 28 °C. A ragasztó adatlapja szerint a nyitott idő 20 °C-on 12 perc. Mi a teendőd, ha 20 percig tart az összes alkatrész összeállítása?

5. feladat (C). Egy asztallapot ragasztasz össze idegencsapokkal, de a lap vetemedett. Mi lehet az oka, és hogyan előzöd meg legközelebb?

6. feladat (D). Készíts technológiai lapot egy 450 mm széles, 350 mm magas fiók-káva összeállításához, ha a sarkokat 4 db Ø8 × 30 mm-es köldökcsappal (egyféle kötőelem) és D3-as ragasztóval szereled. Írd le a ragasztás, a szorítás és az ellenőrzés lépéseit.

42.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Az idegencsapos kötésnél a csapot külön anyagból (bükk, műanyag) készítik, és a két alkatrészt ez köti össze. A saját anyagból készült csap az egyik alkatrész végéből van kialakítva (pl. vésett csap).
2. A fűrészpor elzárja a ragasztót a fa felületétől, és a por csökkenti a kötőfelületet, ami éhes kötést eredményez.
3. A szemben lévő átlók lemérésével. Ha az átlók egyenlőek, a szerkezet derékszögű.
4. A D3 az MSZ EN 204 szerinti vízállósági osztály, amelyet belső, gyakran nedvességnek kitett (pl. konyhai, fürdőszobai) szerkezetekhez alkalmazunk.
5. A friss ragasztót nedves ruhával vagy a saját kezünkkel (kesztyűben) azonnal letöröljük, mert megkötés után nehéz eltávolítani.
6. Mert a sík asztalon a szerkezet nem tud elcsavarodni, és a felületén nem keletkezik feszültség.

Feladatok megoldásai

1. feladat (A). Gépfémszorító (sínszorító), hevederes szorító, sarokszorító, keretszorító, asztalos satu, korpuszprés.

2. feladat (A). * **Adott:** $l = 600\,\text{mm}$, $v = 18\,\text{mm}$, $p = 0{,}3\,\text{N/mm}^2$. * **Keresett:** A és F. * **Képlet:** $A = l \cdot v$, $F = p \cdot A$. * **Behelyettesítés:** $A = 600 \cdot 18 = 10\,800\,\text{mm}^2$; $F = 0{,}3 \cdot 10\,800 = 3\,240\,\text{N}$. * **Ellenőrzés:** $3\,240\,\text{N}/9{,}81 \approx 330\,\text{kg}$ súlyerő; kb. 3 db kézi szorítóval érhető el, egyenletesen elosztva.

3. feladat (B). * **Adott:** $\Delta l = 1082{,}1 - 1081{,}3 = 0{,}8\,\text{mm}$. * **Eredmény:** Az átlók eltérése 0,8 mm. * **Teendő:** A szerkezet közel derékszögű. Ha a ragasztó még nem kötött meg, a keret sarkait óvatosan ütögetve vagy a szorítók áthelyezésével az átlókat egyenlővé lehet tenni. Ha a ragasztó már megkötött, a 0,8 mm-es eltérés a legtöbb szerkezetnél még elfogadható.

4. feladat (B). * **Adott:** A nyitott idő csökken a hőmérséklet emelkedésével. * **Megoldás:** 28 °C-on a nyitott idő a gyakorlatban rövidebb, mint 12 perc. Ha 20 percig tart az összeállítás, a ragasztó beszárad, és éhes kötés jön létre. * **Teendő:** Csökkentsd az egyidejűleg ragasztott alkatrészek számát, vagy hűtsd a műhelyt, esetleg hosszabb nyitott idejű ragasztót válassz. A pontos nyitott időt a gyártó adatlapján ellenőrizd.

5. feladat (C). * **Lehetséges ok:** A szorítókat nem a csapok magasságában helyezték el, ezért az összeszorítás feszítette a lapot. Vagy a száraz próba sík volt, de a ragasztás után a lapot nem sík asztalon pihentették. Az is lehet, hogy a csapok nem párhuzamosak, és a szereléskor a csapok erőltették a lapot. * **Megelőzés:** A szorításnál a szorítókat a csapok tengelyébe helyezd. A szerkezetet mindig sík, tiszta felületen szereld, és a szorítókat két lépcsőben húzd meg. Ha a lap nagyon feszül, a csapok helyett lamellót vagy teljes felületű ragasztást használj.

6. feladat (D). Minta technológiai lap (450 × 350 mm-es fiók-káva, 4 db Ø8 × 30 mm köldökcsap): 1. Jelöld meg az alkatrészeket (bal, jobb, elöl, hátul); a furatokat sablonnal, azonos nullpontból fúrd. – Ellenőrzés: a furatképek tükrözöttek, eltérés legfeljebb 0,5 mm. 2. Száraz próba ragasztó nélkül. – Ellenőrzés: a csap teljes mélységben ül, az átlók egyenlők (eltérés legfeljebb 1 mm). 3. Ragasztó a furatokba és a csapokra (D3, PVAc), védőszemüveg és szükség szerint védőkesztyű. – Ellenőrzés: vékony, egyenletes ragasztóréteg. 4. Összeállítás, sarokszorítók a csapsorok magasságában. – Ellenőrzés: derékszög, síkfekvés. 5. Átlómérés (450 × 350 → átló kb. 570 mm). – Ellenőrzés: a két átló eltérése legfeljebb 1 mm. 6. Kinyomódott ragasztó nedves ruhával való letörlése. – Ellenőrzés: nincs ragasztófolyam. 7. Pihentetés a gyártó adatlapja szerint (pl. 2 óra szorítóban, ellenőrizendő).

42.1.16. Rövid összefoglaló

Az idegencsapos, ragasztott szerkezetek szerelése során a csapokat és a furatokat ragasztóval kenjük be, majd a szerkezetet szorítóeszközökkel vagy présekkel rögzítjük. A szerelés előtt mindig száraz próbát kell végezni, mert így derül ki, ha a csap nem illeszkedik, vagy a furat nem megfelelő. A préselés alatt a szerkezet derékszögét az átlók mérésével, síkfekvését egyenes vonalzóval ellenőrizzük. A szorítóeszközök közül a kézi szorítókat (sínszorító, sarokszorító) kisebb munkákhoz, a keret- és korpuszprésekeket nagyobb sorozatokhoz alkalmazzuk. A présidőt és a présnyomást mindig a ragasztó gyártójának adata alapján kell beállítani. A kinyomódott ragasztót azonnal, nedves ruhával töröljük le. A hibás szerkezetet csak addig lehet javítani, amíg a ragasztó meg nem köt. A helyesen összeállított, idegencsapos szerkezetből épül fel a Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok alfejezetben tárgyalt, csavarozott szerelés.

42.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Ragasztó gyártói műszaki adatlapok (a D1–D4 osztály, a nyitott idő, a préselési idő és a présnyomás pontos értékei).
- MSZ EN 204 szabvány (a ragasztók osztályozása és vizsgálata – ellenőrizendő a hatályos szabványszám).
- Keret- és korpuszprések gépkönyvei (a tényleges préselőerő, a vészleállító és a biztonsági előírások).
- A köldökcsapok és lamellók gyártói adatlapjai (a furatátmérő, a csaphossz és a préselési irányok).
- A présnyomás és présidő példaértékei tájékoztatók, ellenőrizendők az aktuális ragasztó- és gépkönyv adatokkal.

42.2. Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok

42.2.1. Miért fontos a bontható kötés?

A vevő egy lapraszerelt konyhaszekrényt rendel. A bútor nem fér át a lakásajtón összeszerelve, ezért a szekrény oldalait, tetejét, alját és polcait külön csomagolják. A helyszínen csavarok, excenterek és sarokvasak segítségével kell összeszerelni a korpuszt. Ha a furatok, fészkek és nútok előkészítése pontatlan, az oldallap megfeszül, a polc berogy, az ajtó nem záródik, vagy a bútor lötyög. A tanulónak tehát olyan szerkezeti vasalással kialakított, bontható kötést kell készíteni, amelyet a helyszínen is gyorsan, megbízhatóan lehet összeállítani és szükség esetén szétszerelni.

42.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy 18 mm vastag laminált forgácslapból készített szekrény oldallapját. A belső oldalon, a hátsó élhez közel egy 4 mm széles, 6 mm mély **hátfalnút** fut függőlegesen. Ebbe csúsztatják be a 3 mm vastag hátfalat. Az oldallap belső síkjába a felső éltől 9 mm-re **kötőcsapot** csavarnak. A vízszintes **fedőlap** síkjába, a homlokéle közelébe egy Ø15 mm-es, 13 mm mély **vasalatfészek** (excenterház) kerül, a fedőlap élébe pedig egy Ø8 mm-es furat vezet a fészekig. Amikor a kötőcsap feje az élfuratban a fészekig ér, az excentert elfordítjuk, és a csap fejét behúzza: az oldallap a fedőlaphoz szorul, ragasztó nélkül.

42.2.3. Definíciók és alapfogalmak

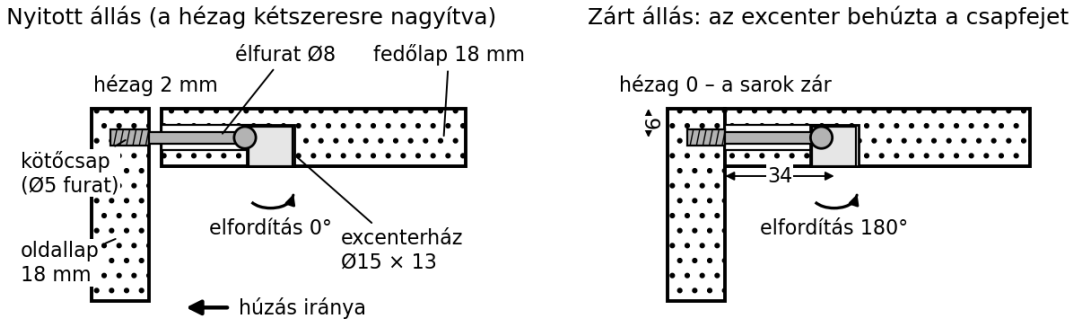
Definíció. A **bontható mechanikus kötés** olyan kötés, amelyben a faalapú alkatrészeket nem ragasztják össze, hanem vasalatokkal – csavarokkal, excenterekkel, menetes elemekkel, sarokvasakkal – kapcsolják. A kötés később roncsolás nélkül szétszerelhető, ha a vasalat elérhető helyen van.

Definíció. A **szerkezeti vasalat** olyan fémből vagy műanyagból készült készelem, amely két vagy több faalkatrész rögzítését, csatlakozását vagy elmozdulását teszi lehetővé. A szerkezeti vasalatok közé tartozik az excenteres kötő, a csavaros kötő, a sarokvas, a kampós összekötő és a feszítőpánt.

Definíció. Az **excenteres kötővasalat** három fő részből áll: az **excenterházból** (a fészekbe süllyesztett excenter-tárcsa), a **kötőcsapból** (csavarból) és az élfuratból, amely a házhoz vezet. A kötőcsapot az egyik alkatrész, például az oldallap síkjába csavarozzuk (közvetlenül vagy terpesztő hüvelybe). Az excenterházat a másik alkatrész, például a fedőlap síkjába fúrt Ø15 mm-es fészekbe

helyezzük, a fedőlap élébe pedig Ø8 mm-es furat vezet a fészekig. Amikor az excentert elfordítjuk, a csap fejét behúzza, és az oldallapot a fedőlaphoz szorítja.

Megjegyzés. Az excenteres kötés ugyanúgy működik, mint a bútorszerelvényeknél ismert “villámgyors” korpuszkötés. Az elfordítás általában 180–270 fok; a szögállást a vasalatgyártó adatlapja adja meg **(ellenőrizendő: gyártói adatlap)**.



42.3. ábra. Excenteres kötő metszete nyitott és zárt állásban: a fedőlapban az excenterház és az élfurat, az oldallapba csavart kötőcsap; az excenter elfordítása a csapfejet behúzza, a hézag megszűnik

Az ábra függőleges metszet a kötőcsap tengelyén át. A kötőcsap az oldallapba csavarva áll (a felső éltől 9 mm-re, a fedőlap vastagságának közepén); a szára a fedőlap Ø8 mm-es élfuratán át a Ø15 × 13 mm-es excenterházba ér, amely a fedőlap homlokélétől 34 mm-re van. Az excenter elfordításakor a csapfej a ház felé húzódik, és az 1–2 mm-es hézag megszűnik. A méretek tájékoztatók **(ellenőrizendő: vasalatgyártói katalógus)**; a HTML-kiadásban az excenter csúszkával forgatható.

42.2.4. A bontható kötés előkészítése: furat, fészek, nút

Az előző alfejezetben (például az Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések) megtanultad, hogyan készítünk ragasztott idegencsapos kötést. A bontható vasalat szintén **előre megmunkált, pontos fészkeket és furatokat** igényel, de ragasztó nélkül.

Szabály. A vasalatfészek mélysége határozza meg, hogy a vasalat mennyire ül be az anyagba. Egyetlen szabály: a fészekmélység = a gyártói érték (excenterháznál pl. 13 mm; hüvelyes csapnál a hüvely hossza + 0,5 mm; ellenőrizendő: vasalatgyártói katalógus). Ha túl mély, a csap feje nem ér a ház mélyéig, és a kötés lötyög vagy egyáltalán nem húz össze. Ha túl sekély, a vasalat kiáll, és az excenter nem tudja elfordulni, vagy a lap fölött megfeszül. A méretet **mindig mélységütközős fúrószárral vagy mélységhatárolóval** készítsd el, ne „ránézésre”.

Definíció. A **vasalatfészek** a faalapú lap anyagába kialakított zsákfurat, amelybe a vasalat egy részét – például az excenterházat vagy a hüvelyt – teljesen vagy részben süllyesztjük. A **hátfalnút** az oldallap belső felületén, a hátsó él mentén húzódó, egyenletes mélységű árok, amelybe a hátfat betolják vagy beillesztik.

Szabály. A fészek és a nút méreteit úgy kell megválasztani, hogy a vasalat vagy a hátfal pontosan illeszkedjen, de ne szoruljon, és ne is legyen túl laza. Tájékoztató hézag: a nút szélessége 0,5–1 mm-rel nagyobb a hátfal vastagságánál; a vasalatfészek átmérője 0,1–0,2 mm-rel nagyobb a hüvely külső átmérőjénél **(ellenőrizendő: gyártói adatlap)**.

A furatok középpontjának kijelölésekor használj **sablont** vagy **furatjelölő idomszert**. A sablon biztosítja, hogy minden oldallapon ugyanoda kerüljön a fészek, így a hüvelyek és a csavarok egy vonalba esnek.

42.2.5. Technológiai útmutató: excenteres kötő beszerelése

Ezt a lépéssort egy 18 mm vastag laminált forgácslapból készülő szekrény oldal és tetőlap összekötéséhez mutatom. A méretek tájékoztatók, a gyártói adatlapot mindig ellenőrizd.

1. **Helykijelölés.** Jelöld ki az oldallap belső síkján a kötőcsap helyét: a felső éltől 9 mm-re (a lapvastagság fele), a 32-es rendszer szerinti osztásban; a fedőlapon az excenterház középpontját a homlokéltől pl. 34 mm-re. Jelölőtűvel ejtsd a furatközéppontokat. – ellenőrzés: a két jelölés egy vonalban van (tájékoztató méretek; ellenőrizendő: vasalatgyártói katalógus).
2. **Kötőcsap furata az oldallapba.** Az oldallap belső síkjába fúrj Ø5 mm-es furatot (hüvelyes csapnál Ø8–10 mm-et) a gyártó szerinti mélységig. – ellenőrzés: a furat merőleges a lap síkjára, nem átfúrt.
3. **Excenterház fészke a fedőlap síkjába.** Mélységütközős forstner- vagy fészekfúróval fúrj Ø15 mm-es, 13 mm mély fészket a fedőlap síkjába, a homlokéltől 34 mm-re. – ellenőrzés: a fészek alja sík, a mélység a gyártói érték ± 0,5 mm.
4. **Élfurat a fedőlap élébe.** A fedőlap homlokélébe, a lapvastagság közepén fúrj Ø8 mm-es furatot a fészekig. – ellenőrzés: a furat az excenterház fészkének közepébe fut, merőleges az élre.
5. **Csap becsavarása, excenter behelyezése.** Csavard be a kötőcsapot az oldallapba, majd a fedőlapba tedd az excentert nyitott állásban. – ellenőrzés: az excenter szabadon forog, a csap feje az élfurat tengelyében áll.
6. **Összeillesztés és összehúzás.** Told a fedőlapot az oldallapra úgy, hogy a csap feje bemenjen az élfuratba, majd fordítsd el az excentert a megadott szögben (jellemzően 180 fok). – ellenőrzés: a két lap rés nélkül illeszkedik, az alkatrészek nem mozdulnak el.
7. **Derékszög és síkellenőrzés.** Derékszögelővel és egyenes léccel ellenőrizd a sarok derékszögét és a lapok síkját. Ha szükséges, az excentert egy fokkal engedd vissza, vagy húzd utána. – ellenőrzés: eltérés legfeljebb 0,5 mm 300 mm-en (tájékoztató).

Továbbvitt eredmény. A bontható kötés pontos szerelése és a vasalatfészkek, nútok előkészítése a későbbi, a Termék összeállítása, vasalatok szerelése és beállítása, kiegészítők alfejezetben alapfeltétel, mert ott a teljes korpuszt ezekkel a kötésekkel állítjuk össze.

42.2.6. Csavaros kötők és sarokvasak

Az excenteres kötő mellett gyakran használunk egyszerűbb, olcsóbb **csavaros kötőket** és **sarokvasakat**. Ezeket főleg olyan sarokkapcsolatoknál alkalmazzuk, ahol a húzóerő kisebb, vagy ahol a vasalatot látni lehet.

Definíció. A **csavaros kötő** (más néven csavaros sarokkötő) két félből áll: egy **műanyag vagy fém testből**, amelybe a csavart becsavarozzuk, és egy **menetes ellendarabból** (vagy anyából), amelyet a másik lapba süllyesztünk. A csavar meghúzásakor a két lap összezárul.

Definíció. A **sarokvas** (szögvas, könyökvas) egy L alakú, furatokkal ellátott fémvasalat. Csavarokkal rögzítjük az egyik, illetve a másik lap éléhez vagy síkjához. A sarokvas a kötésben rés nélküli, merev, de roncsolás nélkül bontható kapcsolatot ad.

Technológiai megjegyzés. A sarokvasat mindig a belső oldalon helyezzük el, hogy a csavarfejek és a vasalat ne látszódjanak. A csavar hossza úgy legyen megválasztva, hogy ne fúrja át a lapon a túloldali felületet. Tájékoztató szabály: a csavar hossza legalább a vasalatvastagság plusz a lap vastagságának 50–70 %-a legyen, de ne érje el a szemközti felületet **(ellenőrizendő: csavargyártói adatlap)**.

A csavaros kötőknél is elengedhetetlen az **előfúrás**. Forgácslapnál a csavar magja élesen kiszakíthatja az élet vagy a felületet, ha nem fúrunk elő. Az előfúrás átmérője fafajtól függ: keményfában kb. a csavar magátmérője, puhafában és forgácslapban a magátmérő 70–90 %-a (ellenőrizendő: csavargyártói táblázat); pl. 4 mm-es csavarnál (magátmérő kb. 2,5 mm) forgácslapban 1,8–2,3 mm; mélysége megegyezik a csavar menethosszával.

42.2.7. Furatok, fészkek, nútok kialakítása

A helyes furat- és nútgeometria azon múlik, hogy milyen szerszámot használunk.

Hátfalnút készítése. A hátfalnútot leggyakrabban **élmarógéppel** vagy **asztalos marógéppel** (alsómaróval) készítjük egyenes horonymaróval. A marógépet egyenes vonalú, hátsó él mentén vezessük. A nút mélységét mélységhatárolóval állítsuk. Tájékoztató méret 18 mm vastag oldallapnál: nút szélesség 4 mm, mélység 6 mm; a nút a hátsó éltől 6 mm-re kezdődik. A nút alja legyen egyenletes, a sarkai élesek, mert a hátfal ebbe csúszik be.

Vasalatfészek készítése. A vasalatfészket leggyakrabban **oszlopos fúrógéppel** vagy kézi fúrógéppel, illetve **forstner- vagy fészekfúróval** készítjük. Az excenterházhoz általában Ø15 mm-es fészek kell 13 mm mélyen, a hüvelyes csaphoz Ø8–10 mm-es furat, de ez a vasalattól függ **(ellenőrizendő: vasalatgyártói katalógus)**. A fúrófordulatot a fúrószár gyártója adja; általában 1500–3000 min^{-1} forgácslapnál **(ellenőrizendő)**.

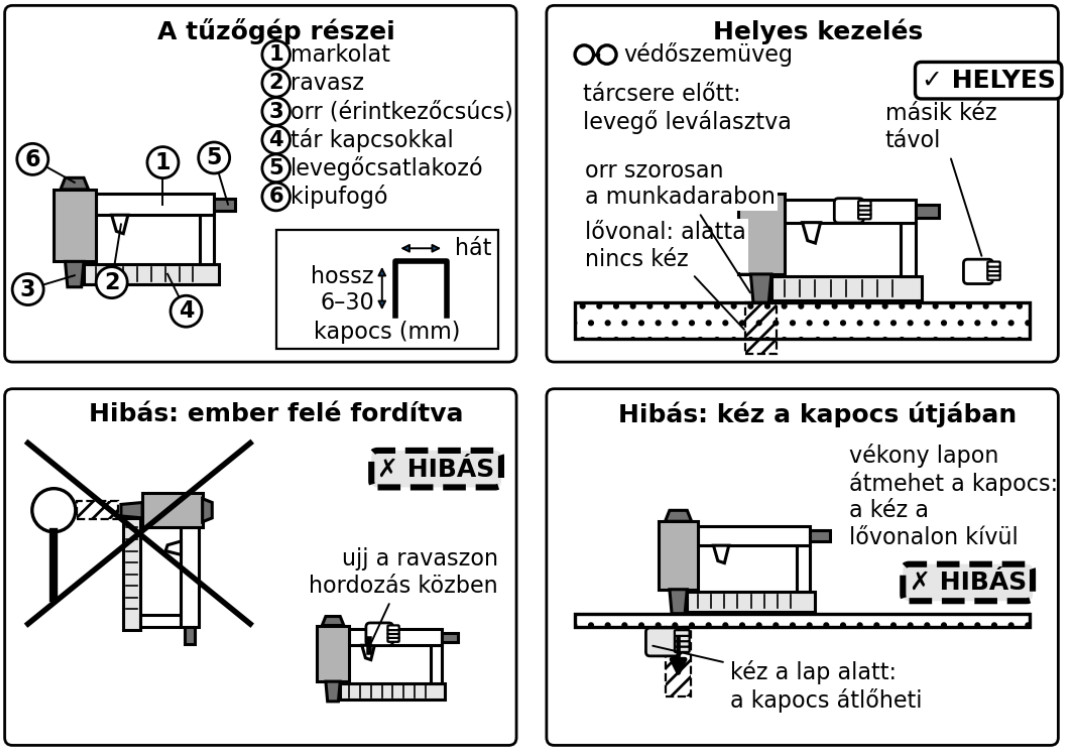
A **vasalatfészek középpontja** kritikus: ha a hüvely és a csavar középpontja nem esik egy vonalba, az excenter nem tudja a csavart megfogni. Használj furatjelölőt vagy furatsablont. A jelölésnél a rajz szerinti méreteket mm-ben, a szélektől mérve kell felvinni.

42.2.8. Pneumatikus kézi kisgépek a szerelésben

A pneumatikus kisgépek – tűzőgépek, szegelőgépek, kapocsgépek – sűrített levegővel működnek. A szerelésben elsősorban **ragasztott kötések ideiglenes kiegészítésére** használjuk őket, például a hátfal rögzítésére kapcsokkal, vagy furnér és vastag élzáró léc leszorítására, amíg a ragasztó köt.

Definíció. A **pneumatikus tűzőgép** (kapocsgép) olyan kézi kisgép, amely sűrített levegővel egy acélkapcsot vagy tűzőszeget gyorsan a munkadarabba lő. A kapocs hossza jellemzően 6–30 mm, a fajtája a gép típusától függ **(ellenőrizendő: gépkönyv)**.

Gépbiztonság. A pneumatikus tűzőgépet csak azután használd, ha megtanultad a gépkönyv szerinti kezelését. A gépet soha ne irányítsd ember felé; az orrát mindig a munkadarab szorosan érintse; tilos a kikapcsolt biztosítóval, leszerelt védővel működtetni. Viselj védőszemüveget, mert a kapocs elpattanhat vissza. A levegőcsatlakoztatás előtt győződj meg arról, hogy a tár betöltése után a gép nem sül el véletlenül. A gép a ravasz elengedésével nem azonnal áll le, ezért a kezedet tartsd a lővonalon kívül.



42.4. ábra. A pneumatikus tűzőgép részei és kezelése: helyesen az orr a munkadarabon, a másik kéz távol; hibásan ember felé fordítva, ujjal a ravaszon hordozva, illetve a kéz a vékony lap alatt, a kapocs útjában (sematikus vonalrajz)

Alkalmazási példa. A hátfalnút előkészítése után a hátfalat nem ragasztjuk, csak csavarozzuk vagy szegeljük. Mivel a hátfalbetét 3 mm vastag, vékony, nem szabad erős kapcsot belőni. A nútba csúsztatott hátfalat nem tűzzük (az él nem tűzhető). A ráütött (falcolt) hátfalat 8–10 mm-es keskeny kapoccsal, 100–150 mm-enként a korpusz hátsó élére tűzzük. Ha a kapocs a hátfalon kívülre kerül, meglátszik, és a hátfal nem zárul.

42.2.9. Rögzítéstechnikai alapismeretek

A szerkezeti vasalatok a bútoron belül rögzítenek, de sokszor az asztalosnak falra, padlóra vagy mennyezetre is kell szerelni – például felsőszekrényt, polcot, fogast. Ennek alapjait később a Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre alfejezet tárgyalja részletesen. Itt annyit említsünk: a rögzítéshez az alapanyag típusa, a teher nagysága és a csavar becsavarási mélysége dönt. Gipszkartonba, tömör téglába, betonba más-más **tiplit** (dübelt) kell használni. A csavart mindig legalább 30–50 mm-re kell a falba engedni, de a pontos érték a gyártói adattól és a tehertől függ **(ellenőrizendő: rögzítéstechnikai gyártói katalógus)**.

42.2.10. Technológiai lap

Technológiai lap. Termék: lapraszerelt szekrény oldallapjának hátfalnútja és excenteres vasalatfészke; alkatrész: 18 mm vastag laminált forgácslap, 500 × 720 mm-es oldallap.

Cél: a hátfal és a tetőlap csatlakozásához szükséges nút és fészek elkészítése, a vasalat behelyezése.

Anyagok: 18 mm forgácslap, excenteres kötővasalat (Ø15 mm-es excenterház, kötőcsap; minta), 3 mm-es hátfal 4 × 6 mm-es nútban, szükség esetén kapcsok.

Gépek, szerszámok: élmarógép 4 mm-es egyenes horonymaróval, oszlopos fúrógép Ø15 mm-es forstner- vagy fészekfúróval, mélységütközővel, kézi csavarozó, kalapács, derékszög, tolómérő, pneumatikus tűzőgép.

Gépbiztonság. A marógép és a fúrógép forgó szerszámát csak leállított, áramtalanított állapotban szabad beállítani. Védőburkolat nélkül ne marj, ne fúrj. A munkadarabot mindig fogd le vagy rögzítsd szorítóval. A kapocsgépet a fenti Gépbiztonság szabályai szerint használd.

A művelet lépései:

1. Mérés és derékszeg-ellenőrzés a lapon; a hátfalnút vonalának előrajzolása. – ellenőrzés: a vonal merőleges a felső élre.
2. Hátfalnút marása élmarógéppel, 6 mm mélység, 4 mm szélesség. – ellenőrzés: a nút mélysége egyenletes 6 ± 0,5 mm, alja tiszta.
3. Vasalatfészek helyének jelölése sablonnal: a fedőlap homlokélétől 34 mm, az oldallapon a kötőcsap a felső éltől 9 mm. – ellenőrzés: a jelölés azonos minden alkatrészen.
4. Excenterház fészkének fúrása Ø15 mm-es fúróval, mélység 13 mm; élfurat Ø8 mm a fészekig. – ellenőrzés: a fészek alja 13 ± 0,5 mm, nem átfúrt.
5. Kötőcsap becsavarása az oldallapba, az excenter behelyezése a fészekbe. – ellenőrzés: az excenter szabadon forog.
6. A kötőcsap furatának előfúrása a gyártó szerint, csavar becsavarása. – ellenőrzés: a csap merőleges, nem szorul.
7. Az oldallap és a fedőlap összehúzása excenterrel. – ellenőrzés: a sarok derékszögű, nincs rés.
8. Végül a hátfal becsúsztatása a nútba (a nútos hátfalat nem tűzzük). – ellenőrzés: a hátfal nem vetemedik, teljes mélységben ül.

Dokumentálás: a gyártási naplóban jelöld a felhasznált vasalat típusát, a furatmélységeket és a tűzést.

42.2.11. Minőségellenőrzés

A bontható kötésnél az alábbiakat ellenőrizd; a tűrések tájékoztatók.

- A vasalatfészek mélysége mélységmérővel vagy tolómérő mélységmérőjével: a gyártói fészekmélység (pl. 13 mm) + 0–0,5 mm.
- A fészek átmérője: a hüvely külső átmérőjénél 0,1–0,2 mm-rel nagyobb, hogy a hüvely beüthető legyen, de ne lazuljon.
- A nút szélessége a hátfal vastagságánál 0,5–0,8 mm-rel nagyobb; a mélység legalább 4–6 mm, egyenletes.
- Az összekötés után a lapok érintkezése résmentes; a derékszög ellenőrzése derékszögelővel: 0,5 mm/300 mm-en belül.
- A csavar nyomatéka: az excentert nem kell túlhúzni, mert a műanyag hüvely vagy a csavar megsérül.

Ha eltérést találsz, a javítás módja a hibaelemzésnél szerepel.

42.2.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Kiszakadt furat.** Oka: túl nagy fúrószár, túl magas fordulatszám, vagy a fúrószár nem éles; a forgácslap rétege széttöredezik. Helyes gyakorlat: éles, a hüvely méretéhez illeszkedő fúrószár; mérsékelt fordulatszám; a munka alatt a lapot merev alapra fektessük.
2. **Túlhúzott csavar.** Oka: a csavarfejet vagy az excentert túlzott erővel húzzuk meg, így a menet kiszakad, a csavar törötten vagy a lap élén túl áll. Helyes gyakorlat: csak addig húzza, amíg a hézag megszűnik; ezután ne erőltessük.
3. **A hüvely nem a megfelelő mélységben ül.** Oka: a fészek túl mély vagy túl sekély. Tünet: az excenter nem éri el a csavart, vagy a lap fölött megfeszül. Helyes gyakorlat: mélységütközős fúrás, mélységmérés után beütés.
4. **Az excenter nem zár.** Oka: a csavar középpontja nincs egy vonalban a hüvely középpontjával; az excenter nem az elfordulási tartományban áll. Helyes gyakorlat: furatsablon használata; az excentert a hüvellyel szembefordítva állítsuk.
5. **Hátfalnút szakadozott.** Oka: életlen maró, túl gyors előtolás, a marógép rezeg. Helyes gyakorlat: éles, kétélű horonymaró, egyenletes előtolás, a lap rögzítése.

42.2.13. Valós életbeli hibaelemzés

Tünet. Egy konyhaszekrény összeszerelésekor a tetőlap az oldallaphoz képest 2 mm-rel kijjebb áll, és a sarokrésben rés látszik. A vevő szerint a szekrény „ferde”.

Lehetséges okok. (1) Az excenterház fészke túl mély, ezért az excenter nem éri el a csap fejét. (2) Az élfurat a fedőlapban nem merőleges. (3) Az excenter nincs a csap feje mögé helyezve, csak ferdén áll.

Vizsgálat. Szétszerelés után a fészek mélységét mérjük: az excenterház előírt fészekmélysége 13 mm, a mért mélység 15 mm. A ház tehát 2 mm-rel mélyebbre süllyedt, mint kellene. A fedőlap élfurata merőleges, rendben. A fészek alját benyomott fapor és sérült forgácslapréteg borítja.

Valódi ok. A fúrásnál a mélységütköző lecsúszott, ezért a fészek alja 2 mm-rel mélyebbre került. A csap feje nem érte el az excenter fogóját, az excenter csak „üresen” fordult, nem húzta össze a lapokat.

Javítás. A fészek alját tisztítsuk ki, majd egy vékony, 2 mm-es keményfából vagy műanyagból készült alátétet ragasszunk a ház alá. A házat újra beültetve az excenter már eléri a csap fejét, és a kötés összehúzódik. Ha a fészek túl sekély, akkor óvatosan mélyítsük kézi süllyesztő fúróval, de ne lépjük túl a mélységet.

Megelőzés. A fúrógép mélységütközőjét minden munka előtt ellenőrizd; az első fúrás után mérd meg a fészket; a hüvely próbaillesztését a fészek aljára való beütés előtt végezd el.

42.2.14. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az excenteres kötővasalatnál az excenterház a fedőlap éle felé néző, élfuratba nyíló fészekben van, a kötőcsap pedig az oldallap síkjába csavarodik. Indokold!
2. Sorold fel az excenteres kötő három fő részét.
3. Miért fontos a vasalatfészek mélységét mélységütközővel készíteni?
4. Mi a teendő, ha egy pneumatikus tűzőgéppel a kapocs a munkadarabon kívülre pattan vissza?
5. Sorolj fel két jelet, amely arra utal, hogy a csavart túlhúztuk.

42.2.15. Feladatok

1. feladat (A) Írd le, mi a különbség az excenteres kötő és a hagyományos sarokvas között; miben bontható mindkettő?

2. feladat (A) Egy 18 mm vastag laminált lap élébe 4 mm névleges átmérőjű csavart csavaroznak. Mekkora legyen az előfúrás átmérője (forgácslapban a magátmérő 70–90 %-a; a 4 mm-es csavar magátmérője kb. 2,5 mm) és mélysége, ha a csavar menethossza 20 mm? (Tájékoztató adat az előfúrási szabályhoz.)

3. feladat (B) Adatok: az oldallap 18 mm vastag, a hátfalvastagság 3 mm. A nút szélessége 4 mm, mélysége 6 mm. Számold ki, mekkora marad az oldallap anyaga a nút alatt, ha a nút a 18 mm-es lap vastagságában fut? Rajzold le metszetben (szöveges rajzleírás) a nút helyzetét a lap élétől való távolsággal.

4. feladat (B) Egy 8 mm átmérőjű, 2 élű horonymaróval nútot marsz felsőmarón, amelynek legnagyobb fordulatszáma 24 000 min^{-1}. Az ajánlott forgácsolási sebesség $v_c = 20$ m/s (tájékoztató), a fogankénti előtolás $e_z = 0{,}1$ mm. Számítsd ki a fordulatszámot ($v_c = D\pi n/60000$ m/s-ban, D mm-ben, n min^{-1}-ben), majd a gép korlátja miatt a tényleges forgácsolási sebességet és az előtolási sebességet ($v_f = e_z \cdot z \cdot n$). Ellenőrizd a nagyságrendet.

5. feladat (C) Mi a hiba egy olyan furatkiosztásban, ahol az excenterház fészkének középpontja a fedőlap homlokélétől 34 mm-re van, az oldallapon a kötőcsap tengelye viszont az élfurat tengelyétől 2 mm-rel oldalra esik? Magyarázd el, miért nem zár az excenter! Mit lehetne tenni a furatkiosztás javítására?

6. feladat (D) Gyakorlati feladat: egy 18 mm vastag forgácslap oldallapot készítesz. Rajzold le a hátfalnút és az excenteres vasalatfészket metszetben (szöveges rajzleírás), add meg a méreteket, a nút mélységét, a fészek átmérőjét és mélységét. Készíts egy rövid technológiai lépéssort a fúráshoz és maráshoz, beleértve a fészek mélységének ellenőrzését is.

42.2.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Igaz.** Az excenterház a fedőlap síkjába fúrt Ø15 mm-es fészekben van, az élfurat vezet hozzá; a kötőcsap az oldallap síkjába csavarodik, az excenter a csap fejét húzza be.
2. Az excenterház (excenter-tárcsa), a kötőcsap (csavar) és az élfurat (hüvelyes csapnál a terpesztő hüvely).
3. Mert a fészek mélysége határozza meg a hüvely ülését; ha túl mély, a csavar nem éri el a hüvelyt, ha túl sekély, a hüvely kiáll, és az excenter nem működik.
4. Azonnal engedd el a ravaszt, ellenőrizd a gép orr-rögzítését, tartsd a kezet a lővonalon kívül, és viselj védőszemüveget. A gépet csak a gépkönyv szerint használjuk.
5. A csavar megfeszül, a menet kiszakad, a műanyag hüvely elreped, az alkatrész törik, vagy a csavarfej túláll a lapon. Jelei: nehéz behúzni, hallható ropogás, az illesztés nem húzódik össze.

1. feladat megoldása. Az excenteres kötő három részből áll, és a csavar + hüvely + excenter húzza össze a két lapot; a sarokvas egy L alakú lemez, amelyet csavarokkal rögzítünk a két laphoz. Mindkettő bontható, mert csavarozással rögzít, ragasztó nélkül eltávolítható.

2. feladat megoldása. Előfúrás átmérője a magátmérő 70–90 %-a: 2,5 mm × 0,7–0,9 ≈ 1,8–2,3 mm; tehát 2 mm-es fúró (jellemzően). Mélység a menethosszal megegyező: 20 mm. Fontos: előfúrni a csavar magja mentén, mélységütközővel.

3. feladat megoldása. A nút a 18 mm-es lap vastagságában fut, de az oldallap hátulsó belső felületén, nem a vastagságban teljesen át. A nút vágási mélysége 6 mm, ezért a nút alatt maradó anyag vastagsága: 18 mm – 6 mm = 12 mm. A nút a lap hátsó éle felé, attól 6 mm távolságra, 4 mm széles, 6 mm mély. (Metszetrajz: vastag vonal a lap, balra a hátsó él, jobb oldalon a belső felület; a nút téglalapja 4 × 6 mm, a hátsó éltől 6 mm-re beljebb.)

4. feladat megoldása. $D = 8$ mm, $v_c = 20$ m/s, $e_z = 0{,}1$ mm, $z = 2$. Elméleti fordulatszám: $n = v_c \cdot 60000/(D\pi) = 20 \cdot 60000/(8 \cdot 3{,}14) \approx 47\,700$ min^{-1}. A felsőmaró legfeljebb 24 000 min^{-1}-t tud, ezért $n = 24\,000$ min^{-1}. A tényleges forgácsolási sebesség $v_c = D\pi n/60000 = 8 \cdot 3{,}14 \cdot 24\,000/60000 \approx 10$ m/s. Az előtolási sebesség $v_f = e_z \cdot z \cdot n = 0{,}1 \cdot 2 \cdot 24\,000 = 4\,800$ mm/min $\approx 4{,}8$ m/min. Ellenőrzés: a 10 m/s kisebb az ajánlottnál, ezért óvatosabb előtolás vagy többlépcsős marás javasolt **(ellenőrizendő: marószár gyártói adatlapja és gépkönyv)**.

5. feladat megoldása. A hiba az, hogy az élfurat/excenterház és a kötőcsap tengelye nem esik egy vonalba. A 2 mm-es eltérés miatt a csap feje nem az élfurat közepén megy be a házba, az excenter elfordításakor nem tudja megfogni, ezért a kötés nem zár, vagy a lapok elferdülnek. Javítás: furatsablonnal új, egyező helyre kell fúrni a csapfuratot; kis eltérésnél a csap helyzete a gyártó szerint állítható, vagy hüvelyes csappal korrigálható.

6. feladat megoldása. Rajzleírás metszetben: a 18 mm vastag oldallap belső felülete függőleges; a hátfalnút téglalapja 4 × 6 mm, a hátsó éltől 6 mm-re. A vasalatfészek (excenterház) a fedőlap síkjában: Ø15 mm, 13 mm mély, a fedőlap homlokélétől 34 mm-re; az élfurat Ø8 mm a fészekig. A kötőcsap az oldallap belső síkjába csavarodik, a felső éltől 9 mm-re. A fészek alja merőleges, alatta 5 mm anyag marad (18 mm – 13 mm). Technológiai lépéssor: jelölés, a nút marása élmarógéppel, a fészek fúrása mélységütközős Ø15 mm-es fúróval, az élfurat fúrása, a kötőcsap becsavarása az oldallapba, összeszerelés excenterrel, derékszög-ellenőrzés.

42.2.17. Rövid összefoglaló

A vasalatos és bontható mechanikus kötések a bútoripar mindennapjai: lapraszerelt szekrények, asztalok, polcok összeállítását teszik lehetővé ragasztó nélkül. Az excenteres kötővasalat – excenterház, excenter és kötőcsap – az egyik leggyakoribb megoldás: az excenterházat a fedőlap síkjába fúrt fészekbe, a kötőcsapot az oldallap síkjába csavarozzuk, majd az excenter elfordításával a két lapot összehúzzuk (a csap feje az élfuraton át a házba ér). A csavaros kötők és sarokvasak egyszerűbb kapcsolatot adnak, de előfúrást és megfelelő csavarhosszt igényelnek. A hátfalnút és a vasalatfészek méretei kritikusak; a mélység és a középpont egy vonalba esése dönti el a kötés szilárdságát. A pneumatikus tűzőgépet csak betanítottan, védőszemüvegben, a gépkönyv szerint használjuk. A tipikus hibák – kiszakadt furat, túlhúzott csavar, rossz mélység – előfúrással, mélységütközővel, sablonnal és éles szerszámokkal megelőzhetők. **Továbbvitt eredmény.** A bontható kötés pontos furat- és nútgeometriája alapfeltétele a termék teljes összeállításának, vasalatok későbbi szerelésének és beállításának a Termék összeállítása, vasalatok szerelése és beállítása, kiegészítők alfejezetben.

42.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Vasalatgyártók műszaki katalógusai, adatlapjai: excenteres kötővasalatok, csavaros kötők, sarokvasak pontos méretei, furatbeállítások, húzónyomaték **(ellenőrizendő: aktuális gyártói adatlapok)**.
- Faipari rögzítéstechnikai szakkönyvek: csavarok, tiplik, betonba, fába való rögzítés teherbírása **(ellenőrizendő: gyártói katalógusok és szabványok, például ETAG vagy EAD, a számok csak tájékoztatók)**.

- Pneumatikus kisgépek gépkönyvei: biztonsági előírások, levegőnyomás, kapocs- és szegméretek **(ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 11148 sorozat (ellenőrizendő: MSZ EN ISO 11148-13, a korábbi MSZ EN 792-13 utódja))**.
- A fúrógép és marógép biztonsági előírásai a faipari gépek biztonsági szabványa szerint: MSZ EN ISO 19085 sorozat **(ellenőrizendő: hatályos rész)**.

42.3. Termék összeállítása, vasalatok szerelése és beállítása, kiegészítők

42.3.1. Motiváció

Egy megrendelt konyhaszekrény alkatrészei a műhelyben már méretre vannak vágva. Az oldallap, a fenék, a fedlap, az ajtó és a fiók külön-külön jó. Ha azonban rossz sorrendben állítjuk össze, a szekrény ferdén áll, az ajtó hozzáér a korpuszhoz, a fiók szorul, és a helyszínen már csak bontással lehet javítani. Az összeállítás nem „csak összecsavarozás”. A szerelés is megmunkálás: sorrendje, ellenőrzőpontjai és beállítási szabályai vannak.

Ebben az alfejezetben egy zárt, ajtóval és fiókkal rendelkező szekrényt állítunk össze a szerelési dokumentáció alapján. Megtanulod a korpusz, a káva, a keret és az állványszerkezet szerelési előkészítését, a vasalatok rögzítését, az ajtók és fiókok beállítását, végül a kiegészítők – például tükör, üveg, mosogató – beépítését. A hangsúly a munkameneten és a mérésen van.

42.3.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy egyszerű konyhai alsószekrényt. A **korpusz** a szekrény doboza: két oldallap, egy fedlap, egy fenék és egy hátfal. A **káva** (fiókkáva) a fiók teste: két oldal, eleje és hátulja, a fenék nútba illesztve. A fiók homlokzata (előlap) külön elem, a kávára szerelik (ellenőrizendő: szakkönyvi terminológia; az asztalkáva az asztallapot hordozó keret). A **keret** az ajtó váza: négy keretléc, benne betétlap vagy üveg. Az **állványszerkezet** a lábazat, a lábak és az azokat összekötő keresztlécek.

A szerelés első lépése mindig a **száraz próba**. A faalkatrészeket ragasztó és csavar nélkül, szorítókkal illesztjük össze. Így látjuk, hogy a csapok, furatok és élek pontosan találkoznak-e, mielőtt a ragasztó megköt.

42.3.3. Alapfogalmak és szerelési szabályok

Definíció. A **korpusz** a szekrény teherhordó dobozszerkezete. Oldallapokból, fedlapból, fenékből és hátlapból áll. A korpusz adja a termék merevségét.

Definíció. A **káva** a fiók elülső kerete. A fiók oldalaihoz fűződő, gyakran idegencsapos, fogazott vagy beeresztett kötéssel készül.

Definíció. A **keretszerkezet** ajtók, betétes mezők és keretbetétes elemek váza. A keretléc kerete közé **betét** kerül, amely lehet furnérlemez, üveg, tükör vagy vékony tömörfa lap.

Definíció. Az **állványszerkezet** a bútor alsó tartószerkezete. Lehet lábakkal, lábazati kerettel vagy oldalsó takarólappal kialakítva.

Szabály. A szerelés mindig a **szerelési dokumentáció** szerint halad. A dokumentáció része a rajz, a szabásjegyzék, a vasalatlista és a műveletterv. Ha ezek nincsenek, a szerelő először készít egyszerű vázlatot, és azon jelöli a pozíciókat.

Szabály. A szerelés bázisa a **bázislap–bázisél** elv. A korpusz összeállításánál az egyik oldallap lesz a **bázislap**, annak alsó, letisztázott éle a **bázisél**. Minden távolságot és derékszögű ellenőrzést innen mérünk.

Szabály. Ragasztott szerkezetet csak akkor hagyunk szorítóban, ha a derékszöget, a síkbeliséget és a fő méreteket már ellenőriztük. A ragasztó megkötése után a korrekció már csak bontással vagy utánmunkálással lehetséges.

42.3.4. Technológiai sorrend egy ajtós–fiókos szekrény összeállításához

A sorrend akkor jó, ha minden lépés az előzőt használja, és a javítás még könnyű.

42.3.4.1. 1. Szerelési előkészítés

Olvasd le a rajzról a fő méreteket és a szerelési irányt. A szabásjegyzékben ellenőrizd, hogy minden alkatrész megvan. A vasalatlistán tedd ki az ajtópántot, a fiókcsúszkát, a fogantyút, a polctartót, a csavarokat és az élzáró anyagot. A csomagolásból vett vasalatot ne keverd össze más termék vasalatával.

42.3.4.2. 2. Száraz próba

Illeszd össze a korpusz elemeit ragasztó nélkül. A csapok üljenek be a furatokba, a fészkek ne legyenek túl szűkek vagy túl bővebbek. Ellenőrizd a **derékszöget** a sarkokon. Ehhez használj derékszögelőt vagy mérőszalaggal mérd meg a két átlót. Az átlók eltérése legfeljebb 1 mm lehet (800 mm-es korpusznál; tájékoztató, ellenőrizendő: termékrajz).

42.3.4.3. 3. Korpusz ragasztása és összeállítása

A száraz próba után kenj ragasztót a csapokra, fészkekre és az érintkező felületekre. Illeszd össze az alkatrészeket, húzd be a szorítókat, és azonnal ellenőrizd a derékszöget. A korpusz akkor stabil, ha a hátfal is a helyére kerül. A hátfal lehet nútba tolt farostlemez, vagy csavarozott, szegelt lap. A nútba tolt hátfal ad a korpusznak **nyírási merevséget**, ezért nem szabad elhagyni, ha a bútor eladásra készül.

42.3.4.4. 4. Kávák és fiókok szerelése

A fiókoldalakat és a káva elemeit lehetőleg már az összeállítás előtt felszereljük a **fiókcsúszkákkal**, mert így a furatok még könnyen hozzáférhetők. A káva és a fiókoldalak összeállításakor ügyelj a korpusz belső szélességére. A fiók akkor fut simán, ha a csúszkákat azonos magasságban, és a bútor elejéhez képest azonos túlnyúlással rögzítjük. A **32-es rendszer** szerint a gyári furatok 32 mm-enként követik egymást; a vasalatgyártó utasítása adja a pontos furatképet (ellenőrizendő a gyártói adatlapon).

42.3.4.5. 5. Ajtók szerelése és pántbeállítás

A bútorajtók leggyakoribb vasalata a **rejtett zsanér**, más néven **csészezsanér**. A pánt két részből áll: az ajtó hátoldalába fúrt **csészéből** és a korpuszoldal belső síkjára rögzített **alaplemezből**. A pánt beakad, majd három irányban állítható.

A **három irányú pántállítás** a következő:

- **Magasságirányú állítás:** az ajtó függőlegesen emelhető-süllyeszthető. A pánt alaplemezén függőleges hosszúkás furat vagy állítócsavar található.
- **Oldalirányú állítás:** az ajtó vízszintesen, a korpusz síkjával párhuzamosan (balra-jobbra) mozdul; ezzel állítod a takarást és az oldalfúgát (jellemzően a pántkar csavarjával).
- **Mélységirányú állítás:** az ajtó előre-hátra mozdul, ezzel húzod a korpusz homlokélére, hogy körben felfeküdjön (jellemzően az alaplemezen vagy excenterrel).

Szabály. Először a magasságot, utána az oldalirányt, végül a mélységet állítsd (a vasalatgyártó ajánlása szerint; ellenőrizendő): a magassági állítás a többi irányt nem befolyásolja lényegesen, az oldalirányú a takarást és az oldalfúgát adja, a mélységi a felfekvést.

42.3.4.6. 6. Fiókok beállítása

A fiók homlokzatát utoljára állítsd be. A fiókcsúszka gyakran rendelkezik **magassági**, **oldalsó** és **billenésmentes** beállítási lehetőséggel. A fiók homlokzata akkor áll megfelelően, ha a fiók és a korpusz közötti **fúgahézag** minden oldalon egyenletes, a fiók becsukva nem ütközik a korpusz mellső élével, és kihúzva sem fordul el.

42.3.4.7. 7. Kiegészítők, díszítőelemek

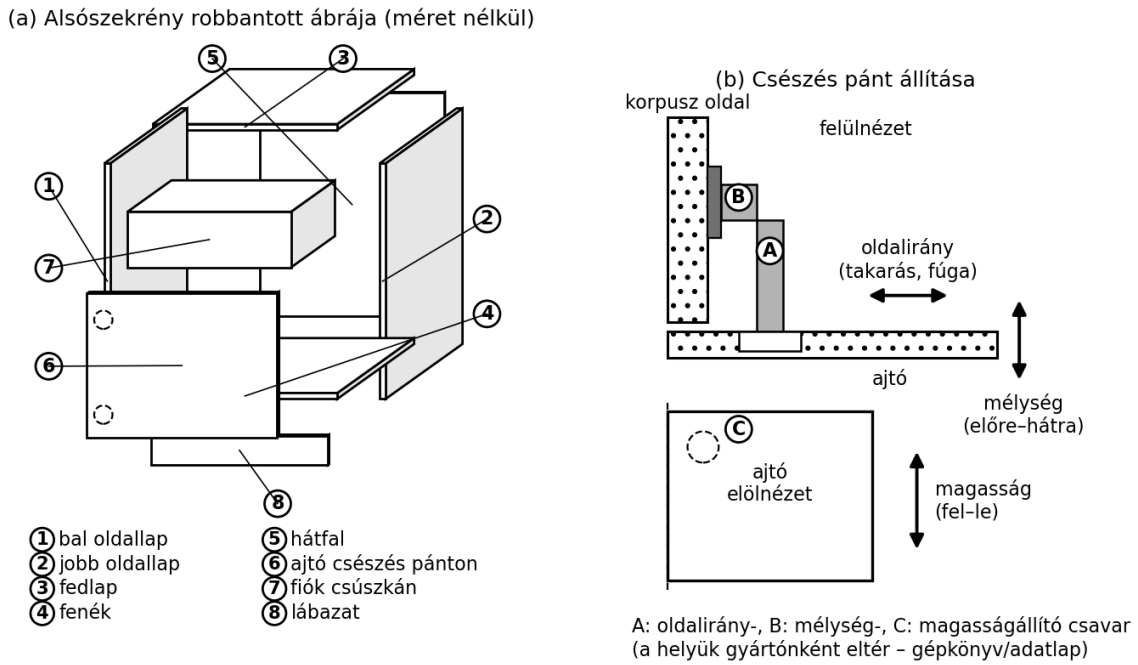
A polctartók, fogantyúk, ajtóütközők, lengő- és gumiütközők a vasalatlista szerint kerülnek fel. A **polctartó** lehet rejtett, süllyesztett vagy polctartó csavar. A furatokat sablonnal kell kijelölni, hogy a polcok vízszintesek legyenek. A fogantyúkat a rajz szerinti magasságban, lehetőleg **sablonnal** fúrd; a fúró kicsúszásmentes, mélységütközős legyen.

A díszítőelemek – például párkány, díszléc, lábazati takaróléc – szerelésekor ne takard el a mozgó alkatrészt, és ne rögzítsd a díszlécet feszítve, mert a fa zsugorodásakor megrepedhet. A díszlécet elől-hátul vagy a középső részen rögzítsd, a fa mozgását hagyd szabadon.

42.3.4.8. 8. Üveg és tükör beépítése

Az üveg és tükör beépítésének alapelve: **az üveg nem érintkezhet közvetlenül a faalkatrész éles sarkával, a csavarral vagy a szeggel**. A keretbetéthez a nútba **üvegpárna**, **gumi profil** vagy **szilikon** kerül. A betétet nem szabad feszesre szorítani, mert a fa mozgása összetörheti az üveget.

A tükör esetében a hátvédelem fontos. A tükör háta nedvességre érzékeny, ezért a tükör mögé **tükörvédő fóliát** vagy légréses, szellőző lapot kell tenni. A tükröt ne a szélénél rögzítsd, ha feszül, mert a tükör felülete feszültségre ridegen viselkedik.



42.5. ábra. Konyhai alsószekrény robbantott ábrája (oldallapok, fedlap, fenék, hátfal, ajtó csészés pánton, fiók csúszkán, lábazat) és a csészés pánt három állítási iránya

Az ábra (a) része az alsószekrény fő egységeit mutatja szétszedve, (b) része a pánt állítását: **oldalirányban** az ajtó balra–jobbra mozdul (takarás, fúga a szomszéd ajtóhoz), **mélységben** előre–hátra (rés a korpusz homlokéle előtt), **magasságban** fel–le. Az állítócsavarok helye gyártónként eltér. A HTML-kiadásban a három irány csúszkával kipróbálható.

42.3.5. Kidolgozott példa: alsószekrény összeállítása és beállítása

Példa. Egy konyhai alsószekrény mérete: 800 mm széles, 590 mm mély, 720 mm magas. Elöl egy ajtó, fölötte egy fiók. A vasalatok: két csészezsanér ajtónként, egy fiókcsúszka-pár, fogantyúk, polctartók. A munkamenet:

1. Ellenőrizd a korpusz alkatrészeit: két oldallap, fedlap, fenék, hátfal, 4 láb.
2. Szárazon illeszd össze a korpuszt. Az átlók eltérése legfeljebb 1 mm legyen (800 mm-es korpusznál; tájékoztató, ellenőrizendő: termékrajz).
3. Ragaszd a korpusz csapos/idegencsapos kötéseit. A hátfalat csak akkor rögzítsd, ha a korpusz derékszögét lemérted.
4. Szereld fel a fiókcsúszkákat. A fiókcsúszka furatait a gyártó sablonja szerint jelöld; a csúszka elülső élét a korpusz mellső élével azonos síkra hozd.
5. Rögzítsd az ajtóra a pánt csészéit, a korpusz oldalára az alaplemezt. Akaszd be az ajtót, és a három irányú beállítással állítsd úgy, hogy a fúgahézag körben 3 mm legyen (tájékoztató érték, a gyártó ajánlása – ellenőrizendő).
6. Szereld be a fiókot, majd a fiók homlokzatát. A fiók elülső hézaga legyen egyenlő az ajtó fölötti hézaggal.
7. Szereld fel a fogantyúkat, a polctartókat, a lábazatot. Végezd el a végellenőrzést.

Az összeállítás akkor jó, ha a termék a hátlappal merőleges a talajra, a fiók üresen és terhelten is simán fut, az ajtó nem ér le, és a fúgahézag egyenletes.

42.3.6. Technológiai lap

Termék/alkatrész: konyhai alsószekrény korpusz, ajtó és fiók összeállítása
Anyag: laminált forgácslap, műgyanta ragasztó (D3, beltéri), farostlemez hátfal, vasalatok a lista szerint
Gépek és szerszámok: akkus csavarozó, állványos fúrógép vagy kézi fúrógép, fürdő-, fúrószárkészlet, derékszög, mérőszalag, vízmérték, szorítók, gumikalapács, sablonok, viasz vagy szerelőszappan a csavarokhoz

Gépbiztonság. A fúrógépet és az akkus csavarozót csak betanított, felügyelt tanuló kezelheti. A forgó szerszám közelében ne viselj kesztyűt. Védőszemüveget és szükség esetén porvédőt használj. A csavarozó bitet mindig a gép kikapcsolt állapotában cseréld. A fúrógép indítása előtt ellenőrizd a fúró befogását, a sebességfokozatot és a munkadarab rögzítését.

Indítás előtti ellenőrzés: a fúrógép kábele vagy akkumulátora, a fúrószár éle, a csavarozó bit illeszkedése, a munkadarab szorítása, a munkaterület szabad, az elszívás a csiszolásnál bekapcsolva.

42.3.6.1. Számozott lépések

1. Alkatrészek és vasalatok kiosztása az anyaglista és a vasalatlista szerint. – ellenőrzés: hiányzó tétel nincs; a vasalatok gyári csomagolása megvan.
2. Száraz próba: korpusz illesztése szorítókkal. – ellenőrzés: az átlók eltérése legfeljebb 1 mm (tájékoztató); az élek egy síkban.
3. Ragasztó felhordása a csapokra és fészkekre, összeállítás szorítókkal. – ellenőrzés: a derékszög a bázissarokban, a felesleges ragasztó azonnal letörölve.
4. Hátfal beillesztése a nútba vagy rögzítése csavarokkal. – ellenőrzés: a korpusz merev, a hátfal nem domborodik.
5. Fiókcsúszkák rögzítése a korpusz belső oldalára sablon szerint. – ellenőrzés: a csúszkák vízszintben és azonos távolságra az elülső éltől.
6. Ajtópánt csészéjének felszerelése az ajtóra, alaplemez a korpuszra. – ellenőrzés: a csésze mélysége és átmérője a pántgyártó adatai szerint.
7. Ajtó beakasztása, fúgahézag beállítása. – ellenőrzés: az ajtó él-, felső és alsó fúgája egyenletes.
8. Fiók összeállítása és behelyezése. – ellenőrzés: a fiók nem akad, a homlokzat hézagai egyenletesek.
9. Fogantyúk, polctartók, ajtóütközők szerelése sablonnal. – ellenőrzés: a fogantyúk magassága azonos, a polctartók vízszintesek.
10. Végellenőrzés, dokumentálás. – ellenőrzés: minden vasalat feszes, a mozgó elemek nem ütköznek, a lábak stabilan állnak.

42.3.7. Minőségellenőrzés

Az összeállított terméket a következő szempontokkal ellenőrizd:

- **Derékszög:** a korpusz sarkai derékszögelővel ellenőrizve maximum 0,5–1 mm hézagot mutathatnak (tájékoztató, mérettől függ).
- **Átló-méret:** a két átló eltérése legfeljebb 1 mm legyen (tájékoztató, ellenőrizendő: termékrajz).
- **Fúgahézag:** az ajtó és fiók körbefutó hézaga egyenletes, jellemzően 2–4 mm, ha a rajz másképp nem írja.

- **Mozgás:** az ajtó nem ér a korpuszhoz, a fiók terhelve sem akad, a zsanérok csavarjai meghúzva.
- **Felület:** a vasalatok környékén nincs sérülés, a ragasztómaradék nincs a látható felületen, az élzáró nem vált el.

Ha eltérés van, először a beállítási tartományban javítsd. Ha a furat rossz helyen van, ne erőltesd, javítsd a furatot **tiplizéssel** vagy új munkadarabbal, ahogy az Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések alfejezetben tanultad.

42.3.8. Tipikus hibák és okaik

42.3.8.1. Hiba 1: az ajtó a zsanér oldalán súrlódik

Ok: az ajtót oldalirányban nem állítottuk be (a pántoldali takarás túl nagy), vagy a pánt alaplemeze rosszul áll.
Helyes gyakorlat: az oldalirányú állítással csökkentsd a pántoldali takarást, majd mérd újra a fúgát.

42.3.8.2. Hiba 2: a fiók kihúzva ferde, visszafelé beakad

Ok: a fiókcsúszkákat nem egy magasságba rögzítettük, vagy a fiók nem derékszögű.
Helyes gyakorlat: a csúszkákat sablonnal, a fiók oldalait báziséltől mérve rögzíteni; a fiókban az átlókat ellenőrizni.

42.3.8.3. Hiba 3: az ajtófúga felül széles, alul keskeny

Ok: az egyik zsanér magassága eltér, vagy a korpusz oldallapja nincs függőlegesen.
Helyes gyakorlat: a magassági állítást elvégezni, az ajtót megtámasztani, a korpuszt vízmértékkel ellenőrizni.

42.3.8.4. Hiba 4: az üveg megreped a keretben

Ok: a betétet feszesen rögzítettük, nem hagytunk hézagot a fa mozgásához.
Helyes gyakorlat: a nútba rugalmas üvegpárnát vagy gumit helyezni, a betétet legalább 1–2 mm-rel kisebbre vágni.

42.3.9. Hibaelemzési eset: az ajtó nem simul a korpuszra

Tünet. A konyhaszekrény ajtaja a zsanérok felőli oldalon 5 mm-es rés van, a fogantyú felől a fúga 2 mm. Az ajtó becsukva nem simul a korpusz elülső élére.

Lehetséges okok. A korpusz oldallap nem derékszögű, a pánt alaplemeze túl mélyen van, a csészefurat nem a gyártó mélysége, vagy a zsanér típusa nem a megfelelő.

Vizsgálat. Mérd meg a korpusz átlóit. Ha az átlók eltérnek, a korpusz ferde. Ha a korpusz derékszögű, ellenőrizd a pánt alaplemezének rögzítését és az ajtó élének párhuzamosságát. Nyisd ki az ajtót, és nézd meg, a csésze és az alaplemez között van-e állítási tartalék.

Valódi ok. Az alaplemez túl mélyen van felszerelve, ezért az ajtó nem tud a korpuszéléhez húzódni. A szerelő a „mélységi” irányt nem állította be.

Javítás. Lazítsd meg az alaplemez csavarját, húzd ki a pántot a mélységirányú állítócsavarral, húzd vissza, és ellenőrizd a fúgát. Ha a furat hibás, töltsd ki farudacskával, fúrd újra, majd rögzítsd.

Megelőzés. A pántokat még a korpusz végleges szorítása előtt szereld fel, a fúgát mindig sablonnal ellenőrizd, és a három irányú állítást a megadott sorrendben végezd.

42.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy felnőttképzésben dolgozó asztalos gyakorlati vizsgán a tanuló egy 600 mm széles, fiókos éjjeliszekrényt állított össze. Az ajtó és a fiók külön-külön szép volt, de a fiók becsukva az ajtó fölötti fúgánál fennakadt. A tanuló azt hitte, a fiókcsúszka rossz. A mester megkérte, hogy olvassa le a szerelési dokumentációt: a fiókcsúszkákat a korpusz elülső élétől előírt távolságra (pl. 2–3 mm-rel beljebb; ellenőrizendő: csúszógyártó) kell rögzíteni, és a homlokzatot csak a fióktest beszerelése után, állítócsavarokkal igazítani. A tanuló a csúszkákat az elülső éllel egy síkba tette, ezért a homlokzat 2 mm-rel előrébb állt és felakadt. A tanulság: a vasalatot csak a rajz szerinti sorrendben szabad beállítani.

42.3.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A korpusz összeállításánál a hátfalat csak a derékszög ellenőrzése után rögzítjük.
2. Mit jelent a három irányú pántállítás? Nevezd meg a három irányt.
3. Miért nem szabad az üveget feszesen rögzíteni a nútba?
4. A fiók kihúzva ferde. Melyik két okot ellenőrzöd először?
5. Milyen sorrendben állítsd a rejtett zsanért? Miért?
6. Miért kell a fiók homlokzatát utoljára, a csúszkák után beállítani?

42.3.12. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a korpusz, káva, keret és állványszerkezet egy-egy jellemző alkatrészét.

2. feladat (A). Írd le, mit jelent a száraz próba, és miért fontos.

3. feladat (B). Egy szekrény korpuszának átlói 798 mm és 802 mm. Mi a hiba? Hány mm az eltérés? Mi a javítás?

4. feladat (B). Egy fiók elülső hézaga bal oldalon 3 mm, jobb oldalon 5 mm. Milyen beállítást végeznél először? Indokold.

5. feladat (C). Tervezd meg egy 900 mm széles mosdószekrény szerelési sorrendjét. A szekrény korpusza laminált lap, két ajtó, nincs fiók, a mosdó a fedlapba süllyesztett (vagy ráültetett). Sorold fel a műveleteket és azok ellenőrzési pontjait.

6. feladat (D). Készíts szerelési tervet egy tükrös fürdőszobai szekrényajtóhoz. A keret nútjainak belső mérete (nútfenéktől nútfenékig) 350 mm × 500 mm. Add meg a nút méretét, a tükör vágási méretét, a rögzítés anyagát, és a beépítés lépéseit.

42.3.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A hátfal merevít, ezért előbb ellenőrizni kell a derékszöget.
2. Magassági (fel-le), oldalirányú (balra-jobbra) és mélységi (előre-hátra) irány.
3. Mert a fa zsugorodása-dagadása feszítheti az üveget, és az megrepedhet.
4. A fiókcsúszkák magassági eltérése és a fiók derékszögűsége.
5. Magasság, oldalsó, mélységi sorrendben, mert így az egyes beállítások nem rontják el a korábbiakat.
6. Mert a fiók homlokzat a látható hézagokat állítja be, és a csúszkák rögzítése után pontosabban értékelhető.

1. feladat.
Korpusz: oldallap, fedlap, fenék, hátfal.
Káva (fióktest): két oldal, eleje, hátulja, a fiókfenék nútja; a fiók homlokzata külön elem.
Keret: keretlécek, betét, csészezsanér furata.
Állványszerkezet: láb, lábazati keret, takaróléc.

2. feladat.
A száraz próba az alkatrészek csavar és ragasztó nélküli, szorítós illesztése. Így ellenőrizhetők a furatok, csapok, derékszög és a vasalatok illeszkedése, mielőtt a ragasztó megköt.

3. feladat.
Az átlók eltérése 802 – 798 = 4 mm. A korpusz ferde, derékszögű összeállításra van szükség. Megoldás: szorítóval átlósan összenyomni a hosszabb átló irányában, amíg az átlók egyeznek, majd rögzíteni a hátfallal. Ha a ragasztó már megkötött, a hibás kötést bontani kell.

4. feladat.
A fúgahézag oldalsó irányú eltérése a fiók homlokzat vagy a fiók oldal állítására utal. Először a fúgát a fiók homlokzat oldalirányú állításával igazítjuk, mert a fiók teste a csúszkákon fut; ha a fiók teste ferde, akkor a csúszka rögzítését kell javítani.

5. feladat.
Példa sorrend: alkatrészellenőrzés; korpusz száraz próbája; korpusz ragasztása, derékszög-ellenőrzés; hátfal rögzítése; csészezsanérok felszerelése; ajtók beakasztása, fúga beállítása; mosdószekrény lábazatának rögzítése; mosdó próbaillesztése, kivágás, szilikonos tömítés; végellenőrzés. Minden lépésnél: derékszög, fúga, mozgás, tömítés.

6. feladat.
A nút szélessége a tükör vastagsága + 2–3 mm rugalmas hézag; például 4 mm vastag tükörnél 6–7 mm nút. A tükör vágási mérete a nútfenéktől nútfenékig mért méretnél oldalanként 1–2 mm hézaggal kisebb: $350 - 2 \cdot (1–2) = 346–348$ mm, $500 - 2 \cdot (1–2) = 496–498$ mm (pl. 347×497 mm). Rögzítés: üvegpárna, gumiprofil vagy semleges szilikon. Lépések: keret ellenőrzése, tükör méretének mérése, nút tisztítása, rugalmas profil behelyezése, tükör behelyezése, rögzítőlécek vagy takaróléc szerelése feszítés nélkül, végellenőrzés.

42.3.14. Rövid összefoglaló

A termék összeállítása mindig a szerelési dokumentációból indul. A korpusz, káva, keret és állványszerkezet szerelésénél a sorrend: előkészítés, száraz próba, ragasztás, hátfal rögzítése, majd a vasalatok és a mozgó elemek szerelése. A korpusz derékszögét átlóméréssel ellenőrizzük; a hátfal akkor kerül be, ha a derékszög jó. Az ajtó rejtett zsanérját három irányban állítjuk: magassági, oldalsó és mélységi irányban. A fiók homlokzatát utoljára állítjuk, hogy a fúgahézag körben

egyenletes legyen. A kiegészítőket – polctartó, fogantyú, ajtóütköző, díszléc – sablonnal szereljük, hogy a furatok pontosan illeszkedjenek. Az üveget és tükröt rugalmasan, feszítés nélkül rögzítjük, a fa mozgásterét meghagyva. A végellenőrzés a derékszögre, a fúgára, a vasalatok feszességére és a mozgó elemek járására terjed ki. **Továbbvitt eredmény.** Ezt a szerelési szemléletet használjuk a hibajavításnál és a termék felújításánál a Asztalosipari termékek hibajavítása és felújítása alfejezetben, valamint a Csomagolás, szállítás és a helyszíni szerelés előkészítése alfejezetben, ahol a korpusz merevsége és a vasalatok helyes beállítása az alap.

42.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a magyarországi asztalos szakképzésben elfogadott szerelési gyakorlatot követi. A vasalatok furatképeire, a pánt és fiókcsúszka beállítási méreteire vonatkozó adatok a mindenkori **vasalatgyártó szerelési utasításából** és **termékadatlapjából** ellenőrizendők. A ragasztó kiválasztásánál a vízállósági osztály (D1–D4, MSZ EN 204) a termék műszaki adatlapja szerint értelmezendő. A bútorok funkcionális méreteire és a faanyag mozgására vonatkozó tűrésértékek tájékoztatók; a termékszabványok és a gyártói előírások az irányadók. A felsorolt gépi műveleteknél a gépkönyv, a zaj- és porvédelemre az aktuális munkavédelmi előírások az irányadók (ellenőrizendő).

42.4. Asztalosipari termékek hibajavítása és felújítása

42.4.1. Motiváció

A vevő behoz egy régi széket: a hátsó lába mozog, terhelésre recseg. Egy másik megrendelő konyhabútorán a fiókelőlap lelóg, az ajtó állítócsavarja törött. A tapasztalt asztalos ilyenkor nem kezd azonnal fűrészelni, hanem **hibafelvételt** készít: megnézi, mi a tünet, mi okozhatja, javítható-e a darab, és mennyibe kerül a javítás. Ez a fejezet ezt a gondolkodásmódot tanítja meg: hogyan mérj fel, tervezz meg, javíts és árazz be egy sérült asztalosipari terméket.

A javítási munka gyakran olcsóbb és gyorsabb, mint egy új termék legyártása. Ugyanakkor nem minden sérült bútor javítható gazdaságosan. A hibafelvétel éppen arra való, hogy **ne ígérj olyat, amit nem lehet teljesíteni**, és a vevő is tisztán lássa, mit kap a pénzéért.

42.4.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy kávás széket. A hátsó láb és az oldalkáva találkozásánál a köldökcsap megmozdult. Ha a kezeddel megfogod a lábat és a kávát, kicsi, de érezhető elmozdulást tapasztalsz. Ülés közben a test oldalirányú mozgása folyamatosan „dolgoztatja” ezt a kötést. A ragasztófilm már elrepedt, a fa húzásnak és nyomásnak váltakozva van kitéve. Ha nem javítják meg, a csap meglazul, a fészek fala kitágul, végül a láb eltörik.

Az ilyen hibánál először **fotót** készítesz, **megméred** a fő méreteket, **megjelölöd** a laza pontokat, és **feljegyzed** a termék anyagát, szerkezetét és felületkezelését. Ezután dönthetsz a javításról.

42.4.3. Definíciók, hibafelvétel és javítási terv

Definíció. A **hibafelvétel** olyan dokumentált állapotfelmérés, amely rögzíti a termék azonosító adatait, a hibák tüneteit, valószínű okát, a javíthatóságot, valamint a javítási tervhez és költségbecsléshez szükséges adatokat.

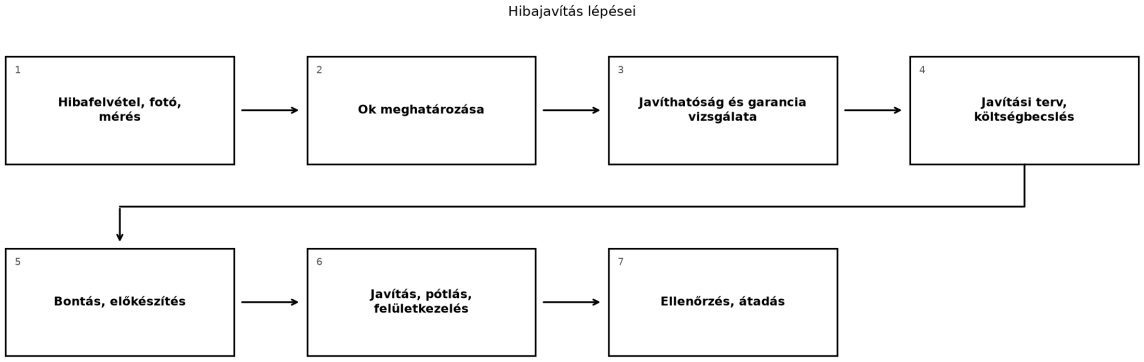
Definíció. A **javítási terv** a hibafelvételre épülő műveleti lista, amely tartalmazza a bontás, előkészítés, javítás, felületkezelés és ellenőrzés lépéseit, a szükséges anyagokat, szerszámokat és becsült időt.

Definíció. A **felújítás** a termék használhatóságának és megjelenésének helyreállítása úgy, hogy az eredeti szerkezet fő részei megmaradnak. A **restaurálás** ezzel szemben az eredeti állapot, anyag és készítéstechnika megőrzését helyezi előtérbe, és gyakran műemléki, művészeti vagy muzeális tárgyakhoz kötött.

A hibafelvételi lap legalább a következőket tartalmazza:

Csoport	Felvett adat
Termék	megnevezés, becsült kor, gyártó, méretek, anyag, felület
Helyszín	hol áll a bútor / hová építették be
Hibatünet	mi mozog, mi törött, hol kopott, hol akad
Ok	látható vagy valószínű ok, pl. ragasztófáradás, ütés, nedvesség
Javíthatóság	javítható, gazdaságosan javítható, csak részben, pótlás szükséges
Vevői kérés	javítás, felújítás, megőrzés
Garancia	van-e még rá vonatkozó jótállás vagy szavatossági igény

A hibajavítás folyamata:



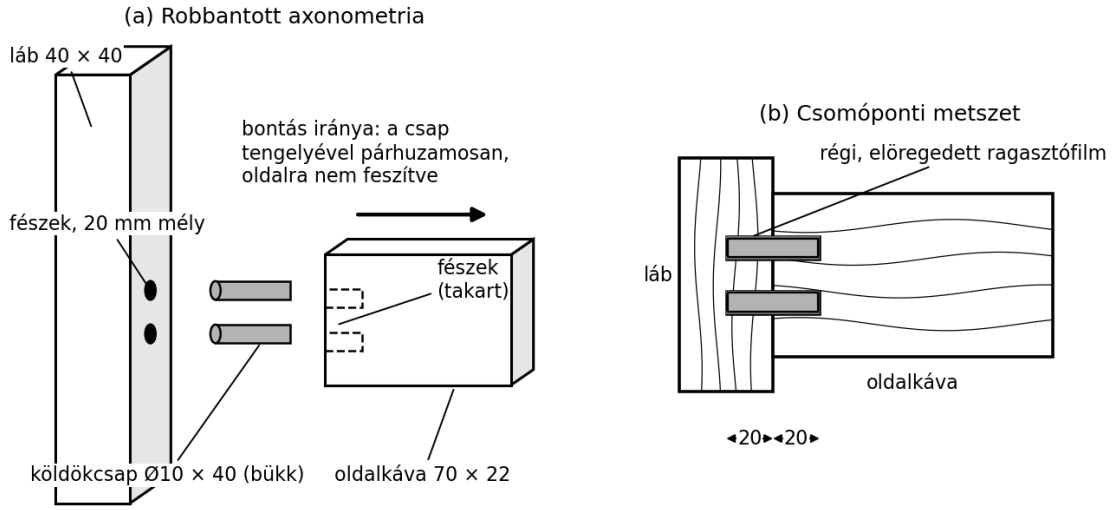
42.6. ábra. Hibajavítás lépései - Szemléltető folyamatábra; az egyes termékeknél a sorrend és a visszalépés módosulhat.

Szabály. A javítási tervet akkor fogadd el, ha a becsült javítási költség reálisan a termék értéke alatt marad, és a javítás után a szerkezeti szilárdság legalább az eredeti használatra alkalmas szintet eléri. Ha a törés teherviselő alkatrészt érint, vagy a felületkezelés azbeszt-, ólom- vagy más veszélyes réteget tartalmazhat, **ne magánszorgalomból bonts**; kérj szakvéleményt vagy

vizsgálatot. **(ellenőrizendő: konkrét veszélyesanyag-szabályozás, ha a régi bevonat gyanús.)**

42.4.4. Meglazult kötések szétszedése és újraragasztása

A meglazult kötést nem elég kívülről megragasztani. A régi, elöregedett ragasztófilm nem tapad jól. A kötést **szabályosan szét kell bontani**, meg kell tisztítani, és csak utána szabad újraragasztani.



42.7. ábra. Meglazult széklábkötés: robbantott axonometria (láb 40 × 40, oldalkáva 70 × 22, két Ø10 × 40 bükk köldökcsap, 20 mm-es fészkek, bontás iránya) és csomóponti metszet a régi ragasztófilmmel

Az ábrán a kávát a csapok tengelyével párhuzamosan húzzuk le a lábról; a csap fele-fele (20–20 mm) ül a lábban és a kávában, a fészkek falán az elöregedett ragasztófilm látszik. A HTML-kiadásban az alábbi eljárás öt fő lépése (bontás, tisztítás, száraz próba, ragasztás, hevederes szorítás és átlómérés) lépésenként lejátszható.

Eljárás – meglazult széklábkötés újraragasztása.

1. **Készíts fotót és jelöld meg a bontandó alkatrészt.** A fotó segít a pontos összeszerelésben. – *ellenőrzés: minden csatlakozó alkatrészen látható a jelölés, nem téveszthető össze a jobb és bal oldal.*
2. **Vedd le az ülőlapot vagy a takaró elemet, ha takarja a kötést.** Csak annyit bonts, amennyi feltétlenül szükséges. – *ellenőrzés: a csavarokat, vasalatokat külön zacskóban, felirattal tárold.*
3. **Lazítsd fel a kötést óvatosan.** A kávát gumikalapáccsal és tönkfával, a csap tengelyével párhuzamosan mozgasd. Ha nem enged, ne feszítsd oldalra, mert a káva vagy a csap törik. – *ellenőrzés: a kötés nyitása közben hallható roppanás ne legyen; ha nagyon kemény, melegítés vagy vékony véső segíthet, de csak óvatosan.*
4. **Távolítsd el a régi ragasztómaradványt.** Kis vésővel, csiszolóvászonnal vagy kézi csiszológéppel tisztítsd meg a csapot és a fészket egészen a tiszta fafelületig. – *ellenőrzés: a felületek pormentesek, szárazak, nem fényesek, nincs régi ragasztófolt.*

5. **Végezz szárazpróbát.** Ragasztó nélkül állítsd össze a kötést, és ellenőrizd, hogy a csap szorosan, de törés nélkül illeszkedik. Ha lötyög, új csap vagy fészekjavító betét szükséges. – *ellenőrzés: ütögetés nélkül is tart, de kézzel összenyomható; a derékszög 0,5 mm eltérésen belül van, tájékoztató érték.*
6. **Kend be a ragasztót a csapra és a fészekbe is.** Használj D3 vagy D4 osztályú faragasztót, ha a belső környezetben enyhe nedvesség is előfordulhat. A gyártó szerinti nyitott időn belül dolgozz. – *ellenőrzés: mindkét felületen vékony, egyenletes ragasztóréteg látható.*
7. **Szereld össze és szorítsd be.** A kötést a csap tengelyével párhuzamosan préseld össze, majd derékszögelővel ellenőrizd a keretet. A kinyomódó ragasztót azonnal töröld le enyhén nedves ruhával. – *ellenőrzés: a préselés a teljes kötésen zár, a sarok derékszögű, a termék nem csavarodott.*
8. **Hagyd a ragasztót a gyártói préselési időig állni.** A préselés alatti és a teljes kikeményedés előtti terhelést kerüld. – *ellenőrzés: a megadott idő letelte után a kötés nem mozog, kézzel nem nyomható szét.*

Gépbiztonság. A javítás során jellemzően kéziszerszámokkal és kézi kisgépekkel dolgozol. Ha csiszológépet vagy fúrógépet használsz, csak ép, szigetelt, kifogástalan állapotú gépet vegyél kézbe. A forgó szerszámhoz kesztyűt ne viselj. Porgeneráló tisztításnál használj elszívót és FFP-osztályú légzésvédőt, különösen régi, ismeretlen bevonatnál. A véső mindig a testtől távol, rögzített munkadarabon dolgozzon.

42.4.5. Törött alkatrész pótlása

Hiba. Egy tömör bükk támlás szék támlalécén hosszú repedés fut végig, a léc a csapnál eltört. A vevő az ülésre huppanva hallotta a reccsenést. A fényképen látszik, hogy a törés nem friss: a repedés mentén sötét, régi ragasztó- és pormaradvány van.

Lehetséges okok

- A támlaléc ereje a csapnál gyengített, mert a csapváll rovátkolása a rostirányt megszakítja.
- A kötés korábban meglazult, a léc terhelésnél csavarodott.
- A fa túlságosan száraz vagy öregedett, ezért rideg.

Vizsgálat

Ha a törés a kötésben, teherviselő helyen van, akkor a ragasztás önmagában nem elég. A lécet pótolni kell. A léc színét, rostirányát és méreteit az eredeti alkatrészhez kell igazítani. A régi alkatrész nem ragasztható felelősen, mert a repedés végigvezeti a húzófeszültséget.

Javítás és megelőzés

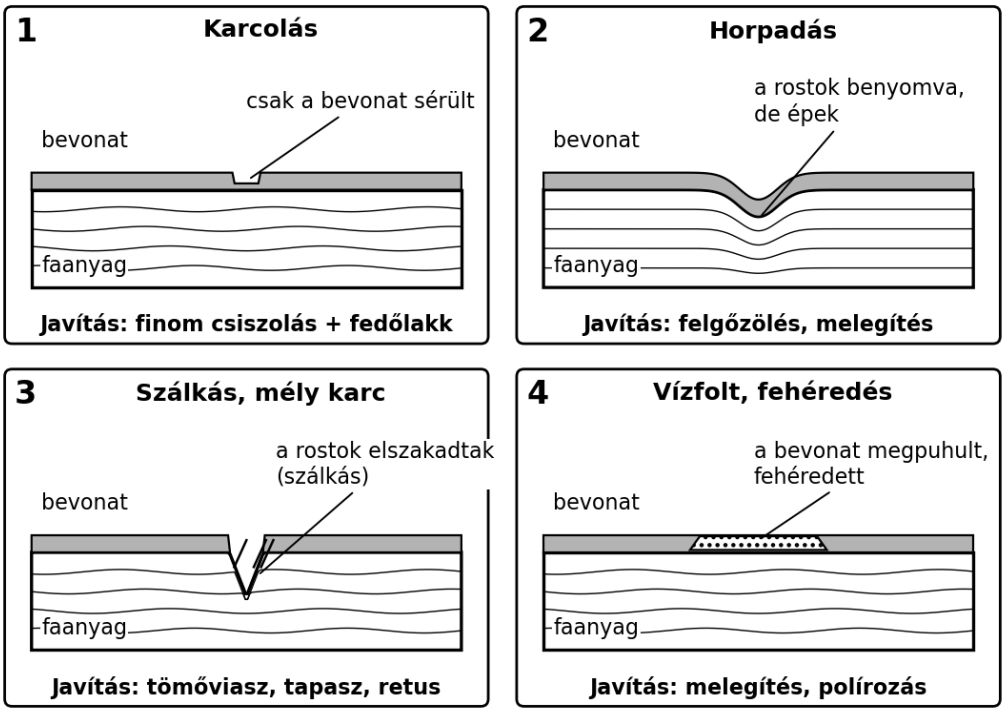
1. Készíts pontos rajzot és szabásjegyzéket a pótlásról a régi alkatrész méretei alapján.
2. Válassz azonos fafajú, hasonló színű és rostú anyagot. A tölgyet ne pácolt bükkel pótold, mert a húzószilárdsága és a pácolási viselkedése is eltér.
3. Munkáld meg a pótlécet, másold le a csap vagy heveder csatlakozását. A csapvállnál enyhe lekerekítéssel csökkentsd a feszültségcsúcsot.
4. Illeszd szárazon, ellenőrizd a szorosságot, majd ragaszd be. A felületet a környező részekhez igazítsd.
5. A jövőbeli törést az is segíti, ha a támla és a láb közötti kötést nem húzod túl merevre. A fa mozgását a szerkezetben mindig hagyni kell érvényesülni.

42.4.6. Felületi sérülések javítása

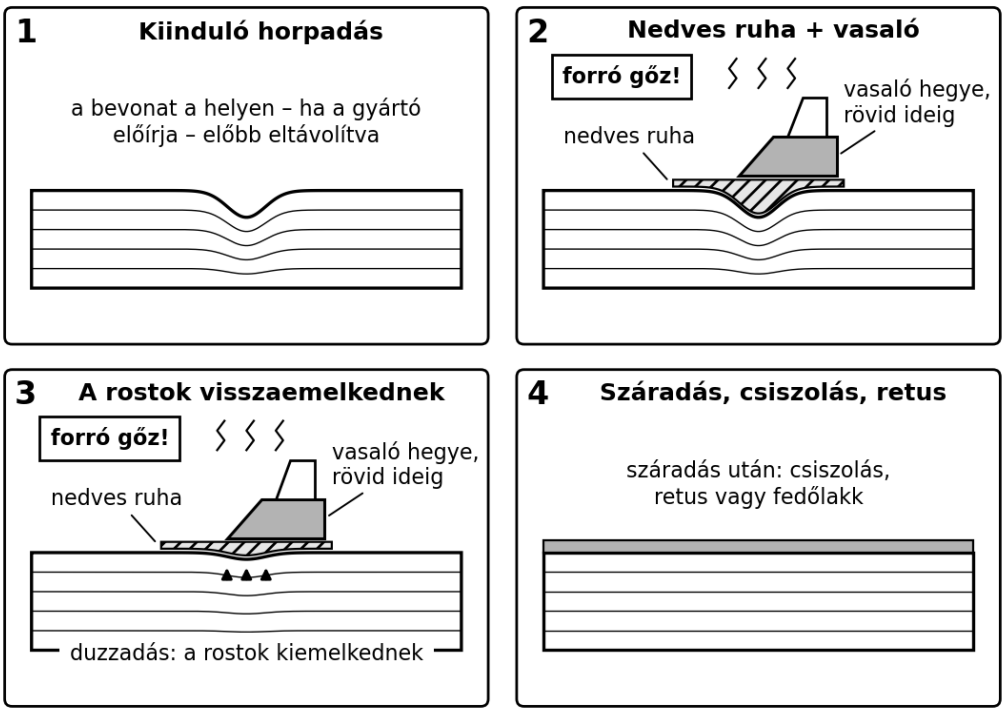
A felületi sérüléseknél először azt kell eldönteni, hogy **csak a bevonat sérült-e**, vagy a faanyag is. A felületkezelő réteg hibáit a Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások alfejezetben tárgyaltuk; itt a javítási oldalt mutatjuk be.

A leggyakoribb sérülések:

- **Karcolás**: a bevonat felső rétegét sérti, a fa nem látszik mélyen. Javítható finom csiszolással és vékony fedőlakk-réteggel.
- **Horpadás**: a fa rostjait benyomta az ütés, de a rostok nem szakadtak el. Vízgőzöléssel és melegítéssel sokszor visszaemelhető.
- **Szálkás, mély karc**: a fafelületet is eléri. Tömőviasz, javító tapasz vagy retusáló pác kell.
- **Vízfolt, fehéredés**: a bevonat megpuhult. Gyakran enyhe melegítéssel, polírozással, végső esetben csiszolással javítható.
- **Repedés tömörfában**: a fa mozgásából adódó kis repedés. Kis méretben tömhető, nagyobb mozgó repedésnél szerkezeti megoldás kell, például ékelés vagy pótlás.



42.8. ábra. Felületi sérülések nagyított metszetben: karcolás (csak a bevonat), horpadás (a rostok benyomva, épek), szálkás mély karc (a rostok szakadtak), vízfolt (a bevonat megpuhult), a javítási móddal



42.9. ábra. A horpadás felgőzölése: nedves ruha a horpadáson, a forró vasaló hegye rövid ideig; a rostok megduzzadnak és visszaemelkednek, majd száradás után csiszolás és retus

Szabály. A pác, lakk, viasz és oldószer kiválasztásakor mindig a gyártó biztonsági adatlapját és műszaki adatlapját kell követni. A régi bevonaton való javítás előtt próbadarabon ellenőrizd a szín, fény és tapadás illeszkedését. **(ellenőrizendő: a konkrét termék gyártói előírása.)**

A tömőviasz-javítás lépései:

1. Tisztítsd meg a sérült helyet zsírtalanítóval, például enyhe szappanos vízzel, majd száraz ruhával. – *ellenőrzés: száraz, por- és zsírmentes felület.*
2. Válassz a fa színéhez közeli, lehetőleg eggyel világosabb kemény viaszt. – *ellenőrzés: próbadarabon a szín ne legyen sötétebb a környező felületnél.*
3. Olvaszd be a viaszt viaszolvasztóval vagy kis forrasztópákával, és töltsd a sérülésbe, enyhén túltöltve. – *ellenőrzés: a viasz a teljes sérülést kitölti, nincsenek légzárványok.*
4. Hűlés után húzd le a felesleget éles, homorú vágójú pálcával vagy vésővel. – *ellenőrzés: a javított folt síkban van a környező felülettel.*
5. A javítást finom csiszolóanyaggal, majd polírozó filccel dolgozd át. – *ellenőrzés: a fénye közelít a környező felülethez, a folt szélén nincs viaszos elkenődés.*

42.4.7. Vasalatcsere, beállítás

A bútorokon és nyílászárókon a vasalat sokszor hamarabb kopik, mint a fa. A törött zsanér, a megnyúlt csavarhely és a lelógó ajtó klasszikus javítási feladat.

Eljárás – vasalatcsere.

1. **Mérd fel a régi vasalat típusát és méretét.** A zsanérok, fióksínek, ajtópántok nem cserélhetők tetszőlegesen, mert a furatkiosztás és a nyitási geometria eltér. – *ellenőrzés: a csavarlyukak távolsága, a szerelési méret és a teherbírás a gyártói adatlapon ellenőrizve.*

2. **A régi vasalatot csavarozd le.** A berágódott csavart ne erőltesd. Csavarhúzóval, szükség esetén enyhe ütögetéssel lazítsd. – *ellenőrzés: a csavarfej nem rongálódik, a fa nem hasad.*
3. **Tisztítsd meg a fészket.** A felgyülemlett port, régi ragasztót és sérült farészt távolítsd el. – *ellenőrzés: az új vasalat próbára pontosan illeszkedik.*
4. **Javítsd a megnyúlt vagy kiszakadt csavarfuratot.** Fúrd ki a furatot keményfa tiplinek megfelelő átmérőre, ragaszd be a tiplit, majd fúrj új előfuratot. – *ellenőrzés: keményfa tiplibe az előfurat kb. a csavar magátmérője; puhafában és forgácslapban a magátmérő 70–90 %-a (tájékoztató; ellenőrizendő: csavargyártói táblázat).*
5. **Szereld fel az új vasalatot, majd állítsd be.** Az ajtó vagy fiók hézagait, záródását a vasalat állítócsavarjain finoman igazítsd. – *ellenőrzés: a hézagok egyenletesek, az ajtó nem ér a korpuszhoz, a fogantyú nem lötyög.*

42.4.8. Ajtó- és ablakjavítás

Faablak javítása. Az ablak javítása a 39.1–39.3 alapján: (1) hibafelvétel (beázás, huzat, szorulás); (2) a régi tömítés kiszedése és új tömítés behúzása a horonyba, a sarkoknál folyamatosan; (3) a bukó-nyíló vasalat utánállítása a 39.3 szerint; (4) korhadt rész (pl. alsó szárnyléc, vízvető) kivágása és azonos fafajú betéttel, D4 ragasztóval pótlása; (5) a felületi rendszer javítása (ellenőrizendő: gyártói felületkezelési rendszer). Üvegezőléc cseréjénél az üveget a 39.2 szerint ékeld és tömítsd.

Az épületasztalos termékeknél a hiba gyakran nem anyaghiba, hanem **beállítási, nedvességi vagy rögzítési hiba**. A beltéri ajtó nyáron dagad, télen összehúzódik. A vetemedett ajtólap sarka a padlóhoz ér, a tokba akad.

Szabály. A nyílászáró beállításánál először a vasalatot és a tok rögzítését ellenőrizd. Csak akkor gyalulj vagy csiszolj az ajtólapból, ha a szerkezeti hézagok már sehol sem csökkenthetők. A túlzott gyalulás tönkreteszi a lap szélét, és a tömítés sem fog zárni.

Az akadó beltéri ajtó tipikus vizsgálati sora:

1. Nyisd ki és csukd be az ajtót, jelöld meg, hol ér hozzá. – *ellenőrzés: kréta vagy vékony papírcsík, ne vágj rögtön.*
2. Ellenőrizd a zsanérok csavarjait. Ha kilazultak, húzd meg. – *ellenőrzés: a zsanér nem mozog, a lap nem süllyed.*
3. Ellenőrizd a tok ékelését és a falhoz rögzítést. A vetemedett tokot gyakran újra kell ékelni, nem az ajtót levágni. – *ellenőrzés: a tok két átellenes függőleges éle párhuzamos és függőleges.*
4. Ha a lap vetemedett, először próbáld meg nedvesség és kiegyenlítő tárolás után korrigálni. Csak végső esetben gyaluld a túlérő élt. – *ellenőrzés: a gyalult felületet újra kell élzárni vagy felületkezelni.*

42.4.9. Felújítás és restaurálás határa

Definíció. A **felújítás** során az asztalos a termék használhatóságát és megjelenését helyreállítja, de nem köti az eredeti technológia és anyag szigorú megtartása. A **restaurálás** viszont az eredeti anyagok, felületek és szerkezetek megőrzésére törekszik, és csak megfelelő képzettséggel, gyakran intézményi engedéllyel végezhető. **(ellenőrizendő: a muzeális tárgyak restaurálására vonatkozó hatályos előírások.)**

Ha a vevő „csak fesse le” a nagymama kézzel faragott, értékes szekrényét, állj meg. A rossz csiszolás, a levakarás, a nem megfelelő lakk tönkreteheti az eredeti patinát és a tárgy értékét.

Ilyenkor ne vállalj látatlanban restaurálást. Ajánlj konzerváló-restaurátort, vagy add át a feladatot olyan műhelynek, amelynek van ilyen gyakorlata.

42.4.10. Technológiai lap – meglazult széklábkötés újraragasztása

Cél: mozgó, recsegő kávakötés teherviselővé tétele újra ragasztással.

Anyagok: D3 vagy D4 faragasztó, pótláshoz bükk köldökcsap, esetleg viaszjavító, csiszolóanyag, pamutkendő.

Szerszámok és gépek: csavarhúzó, gumikalapács, tönkfa, véső, derékszögelő, mérőszalag, szorító vagy hevederes prés, kézi csiszológép elszívóval, fotóeszköz.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. Forgó szerszámhoz ne viselj kesztyűt. Viselj védőszemüveget, és poros tisztításnál FFP-osztályú légzésvédőt. A vésőt csak rögzített munkadarabon, a vágóiránytól távol tartott kézzel használd.

Indítás előtti ellenőrzés kézi kisgépnél: kábel, csatlakozó, kapcsoló épsége; a csiszolótalp rögzítése; az elszívó tömlő csatlakoztatása. Ha a gép szikrázik, rendellenesen melegszik vagy rezeg, ne indítsd el.

Lépések:

1. Készíts fotót és jelöld meg az alkatrészeket. – *ellenőrzés: minden alkatrész helye egyértelmű.*
2. Bontsd meg a kötést a fent leírt módon, csak a szükséges mértékben. – *ellenőrzés: sem a csap, sem a fészek fala nem sérül.*
3. Tisztítsd meg a ragasztómaradványt a fáról. – *ellenőrzés: a felületek tiszták, szárazak.*
4. Száraz próbát végezz. – *ellenőrzés: a kötés derékszögű, a csap szoros, de nem feszül.*
5. Kend be a ragasztót és szereld össze. – *ellenőrzés: a gyártói nyitott időn belül, egyenletes ragasztófilm.*
6. Préseld a kötést, és azonnal töröld le a kifolyt ragasztót. – *ellenőrzés: a derékszög 0,5 mm-en belül, tájékoztató érték.*
7. A préselési idő letelte után ellenőrizd a szilárdságot. – *ellenőrzés: a láb nem mozdul el a kávához képest.*
8. Szükség szerint végezz felületi retust. – *ellenőrzés: a javított felület színe és fénye a környezethez illeszkedik.*

Dokumentálás: fénykép a bontás előtt, a javítás közben és a kész állapotról, valamint a hibafelvételi lap és a költségbecslés.

42.4.11. Minőségellenőrzés

A javítás minőségét a következőkkel ellenőrizd:

- **Mozgásvizsgálat:** a javított kötést kézzel, majd enyhén terhelve ellenőrizd. A kötés nem adhat után.
- **Méretellenőrzés:** a pótolt alkatrész méretei a rajz szerint, a csatlakozó illesztések tűrése a környező alkatrészhez igazodik.
- **Felületellenőrzés:** a javítás színben, fényben és tapintásban nem üthet el nagyon a környezetétől. Kis fénykülönbség elfogadható, de a sérült, rojtos, gödörkés felület nem.
- **Vasalatellenőrzés:** a csavarok nem lötyögnek, az ajtó és fiók zárása, hézaga egyenletes.
- **Biztonsági ellenőrzés:** a javított terméken ne legyen éles sarok, kiálló csavar, elmozduló alkatrész.

42.4.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A régi ragasztófilmet nem távolítják el.** Az új ragasztó a régi, rideg filmre kerül, a kötés hamarosan újra mozog. Helyes gyakorlat: a régi ragasztót tiszta fafelületig csiszolni vagy vésni.
2. **A préselés nem egyenletes.** A hevederes szorító túlfeszítése elcsavarja a keretet. Helyes gyakorlat: a szorítást fokozatosan, két átlós derékszög ellenőrzésével végezni.
3. **A viaszjavítás túl sötét.** A vevő világos bútorán a sötét viasz foltként látszik. Helyes gyakorlat: mindig próbadarabon ellenőrizni a színt.
4. **Az ajtót rögtön gyalulják.** Az akadó ajtónál nem a lapot vágják meg, hanem a beállítást és a tokrögzítést ellenőrzik. Helyes gyakorlat: először a vasalat és a tok, csak azután a lap.

42.4.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy bútorasztalos műhelybe behoztak egy tölgy konyhaszéket: a két első láb kötése megmozdult, az egyik láb törés gyanúja miatt be is repedt. A vevő azt kérte, ragasszák össze gyorsan, mert „úgyis látszik, hogy fából van”. A kolléga először hibafelvételt készített. A repedés a láb tőcsavarjánál húzódott, nem a felületen. A kötés szétbontásánál kiderült, hogy a fészek fala korábbi, rosszul elvégzett ragasztás miatt kitágult. A gyors ragasztás nem oldotta volna meg a terhelést, az első ülésnél újra törött volna. A láb cseréje mellett döntöttek. A pótláb elkészítése és felületi retusa többe került, mint egy zsák ragasztó, de a szék újra biztonságos lett. A tanulság: **a hibafelvétel nem időpocsékolás, hanem a javítás felelős első lépése.**

42.4.14. Önellenőrzés

1. Melyik állítás igaz? „A meglazult kötést elég kívülről megkenni ragasztóval.” Válaszodat indokold.
2. Mi kerüljön a hibafelvételi lapra a tüneten kívül?
3. Milyen viaszszínt válassz világos tölgyfa felülethez: pontosan sötétebb, pontosan azonos, vagy lehetőleg eggyel világosabb?
4. Miért nem szabad az akadó ajtólapot rögtön gyalulni?
5. Mi a különbség a felújítás és a restaurálás között?

42.4.15. Feladatok

1. feladat (A)
Sorold fel, hogy milyen adatokat rögzítesz egy szék hibafelvételi lapján. Adj meg legalább hat adatcsoportot.

2. feladat (A)
Egy törött tömör bükk támlaléc pótlásához kész méret `450 mm × 60 mm × 18 mm` alkatrész kell. Számítsd ki az alkatrész tömörfa-térfogatát m³-ben. Adj hozzá `20 %` anyagráhagyást a megmunkálási veszteségre, és határozd meg a beszerzendő térfogatot.

3. feladat (B)
Készíts költségbecslést egy meglazult székláb javítására az alábbi mintaadatokkal:

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár	Költség
D3 ragasztó	0,05	kg	4 200 Ft/kg	210 Ft
bükk köldökcsap	4	db	45 Ft/db	180 Ft

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár	Költség
csiszolószivacs	1	db	120 Ft/db	120 Ft
viaszjavító	0,04	kg	6 000 Ft/kg	240 Ft
bérköltség	0,8	óra	8 500 Ft/óra	6 800 Ft
szállítás	1	alkalom	2 000 Ft	2 000 Ft

Számítsd ki a közvetlen költséget, majd adj hozzá `15 %` tartalékot. Mennyi a becsült nettó javítási ár?

4. feladat (B)
Írj hat lépésből álló műveletsort egy meglazult széklábkötés újraragasztásához. Minden lépés után írj egy ellenőrzési pontot.

5. feladat (C)
Egy vevő hoz egy festett, régi, kézzel faragott szekrényt, és azt kéri, csiszold le és fújd be modern poliuretán lakkal. Hogyan döntesz? Milyen határig vállalhatja ezt egy asztalos, és mikor kell restaurátorhoz irányítani a munkát?

6. feladat (D)
Válassz ki egy valós vagy elképzelt sérült bútort. Készítsd el a hibafelvételi lapot, határozd meg a javítási tervet, és adj költségbecslést táblázatos formában. A feladatot a munkanaplóban is rögzítsd.

42.4.16. Megoldások

42.4.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A régi ragasztófilm nem tapad, és a kötés belső felületeit meg kell tisztítani. A szabályos újraragasztáshoz bontás, tisztítás, szárazpróba és préselés szükséges.
2. A tüneten kívül: termék adatai, anyag, méret, felületkezelés, a hiba valószínű oka, javíthatóság, vevői kérés, garanciális helyzet, költségbecslés.
3. **Lehetőleg eggyel világosabb.** Így a javítás nem válik sötét folttá, és a fényezés után jobban belesimul.
4. Mert az akadás oka gyakran a kilazult zsanér, a süllyedt tok vagy a rossz beállítás. A fölösleges gyalulás tönkreteszi a lap élét és csökkenti a hézagolás lehetőségét.
5. A felújítás a használhatóságot és a megjelenést állítja helyre, a restaurálás az eredeti anyagok, felületek és technikák megőrzésére törekszik.

42.4.16.2. Feladatok megoldása

1. feladat (A)
Hibafelvételi adatcsoportok: megnevezés, becsült kor, méretek; anyag és felület; a hiba tünete; valószínű ok; javíthatóság; vevői kérés; garanciális helyzet; fotó- és rajzhivatkozás.

2. feladat (A)
Alkalmazott képlet:

$$V = l \cdot b \cdot v$$

Behelyettesítve:

$$V = 0{,}450\,\mathrm{m} \cdot 0{,}060\,\mathrm{m} \cdot 0{,}018\,\mathrm{m} = 0{,}000486\,\mathrm{m}^3$$

Az anyagráhagyással növelt mennyiség:

$$V_{\text{beszerzés}} = V \cdot 1{,}20 = 0{,}000486\,\mathrm{m}^3 \cdot 1{,}20 = 0{,}0005832\,\mathrm{m}^3$$

Kerekítve: `0,00058 m³` beszerzendő anyag.

3. feladat (B)
Közvetlen anyagköltség:

$$210 + 180 + 120 + 240 = 750\,\mathrm{Ft}$$

Bérköltség: `6 800 Ft`, szállítás: `2 000 Ft`. Közvetlen összesen:

$$750 + 6\,800 + 2\,000 = 9\,550\,\mathrm{Ft}$$

Tartalék `15 %`:

$$9\,550 \cdot 0{,}15 = 1\,432{,}50\,\mathrm{Ft}$$

Nettó becsült javítási ár:

$$9\,550 + 1\,432{,}50 = 10\,982{,}50\,\mathrm{Ft}$$

Kerekítve `11 000 Ft` nettó. A mintaértékek tájékoztató jellegűek.

4. feladat (B)
A műveletsor lehet például: fotózás, bontás, ragasztóeltávolítás, szárazpróba, ragasztás, préselés. Minden lépésnél ellenőrzési pont, pl. derékszög, szoros illeszkedés, ragasztófilm.

5. feladat (C)
A döntés a tárgy értékétől, korától és a vevő elvárásától függ. Ha a szekrény értékes kézműves darab, a csiszolás és a modern lakk tönkreteheti a patinát. Ilyenkor az asztalos ne vállalja a restaurálást, hanem irányítsa restaurátorhoz. Egyszerű, nagy számban készült bútornál a felújítás elvégezhető, de akkor is a legkíméletesebb módszert válaszd. **Régi festett bútornál a csiszolás előtt gyorsteszttel vagy laborvizsgálattal ellenőrizd az ólomtartalmat; gyanú esetén ne csiszolj szárazon és ne égesd le, hanem nedves eljárással, elszívással, P3/FFP3 légzésvédővel dolgozz, és a hulladékot veszélyes hulladékként kezeld (ellenőrizendő: vonatkozó munkavédelmi és hulladékgazdálkodási előírás).**

6. feladat (D)
A megoldás egyéni, de tartalmaznia kell a hibafelvételi lap elemeit, a javítási terv lépéseit és a költségbecslést. A műhelyben a dokumentációt fényképpel, méréssel és írásos jegyzőkönyvvel zárd le.

42.4.17. Rövid összefoglaló

Az asztalosipari hibajavítás mindig hibafelvétellel kezdődik. A hibafelvétel rögzíti a termék adatait, a tüneteket, az okokat, a javíthatóságot és a költségbecslést. A meglazult kötést csak bontás, ragasztóeltávolítás, szárazpróba és egyenletes préselés után szabad újraragasztani. A törött alkatrészt azonos fafajból, azonos rostiránnyal és az eredeti csatlakozással kell pótolni. A felületi sérüléseknél a legkisebb beavatkozástól haladj a csiszolás és részleges újrafelületkezelés felé. A vasalatcserénél a régi rögzítéseket, furatokat is ellenőrizni kell; az akadó nyílászárónál előbb a vasalatot és a tokot állítsuk, ne rögtön az ajtólapot vágjuk. A felújítás és a restaurálás határa akkor fontos, ha a bútor eszmei, művészeti vagy műemléki értéket képvisel.

Továbbvitt eredmény. A hibafelvétel, a javítási terv és a költségbecslés módszere közvetlenül felhasználható a Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla alfejezetben, ahol a garanciális és szavatossági helyzeteket kell kezelni, valamint a A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok alfejezetben, ahol a vizsgaremek hibáinak ellenőrzését és javítását dokumentálni kell.

42.4.18. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a következő forrástípusokra épül: általános asztalosipari szakmai gyakorlat, a faanyagok és ragasztók gyártói adatlapjai, felületkezelő anyagok biztonsági adatlapjai, valamint a faipari szakrajz és minőségbiztosítás alapelvei. **Ellenőrizendő:** a hivatkozott ragasztóosztályok (D3, D4) aktuális szabványi jelölése és gyártói előírásai; a mintaárak, órabérek és a 15 % tartalék mértéke; a veszélyes régi bevonatokra vonatkozó munkavédelmi és hulladékkezelési előírások; a garanciális és szavatossági szabályok hatályos szövege; valamint a restaurálásra vonatkozó szakmai és jogi keretek. A gyakorlati értékek tanulási példák, éles munkában a gépkönyv, a termék adatlapja és a hatályos szabvány a mérvadó.

43 Helyszíni szerelés

43.1. Csomagolás, szállítás és a helyszíni szerelés előkészítése

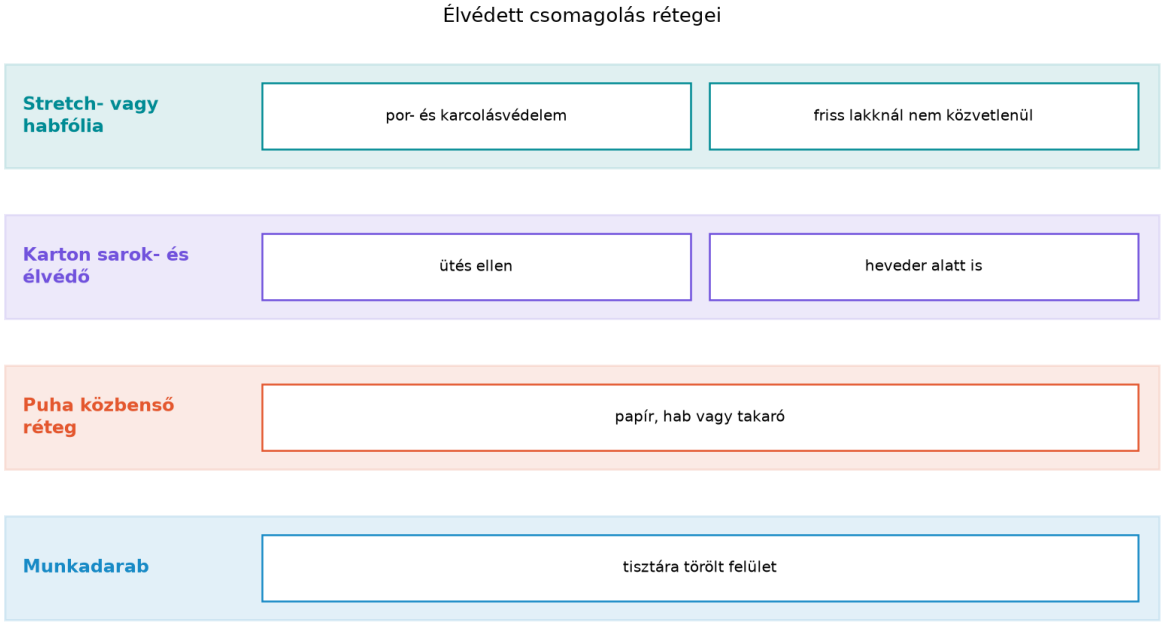
43.1.1. Motiváció: miért lesz drága a nem előkészített szállítás?

A konyhabútor elkészült, a felülete makulátlan. A szerelő sietve felpakol, a sarokélek védetlenek, a csomaglista kimarad, a lift belső méretét senki sem mérte meg. A helyszínen az egyik él kitörik, hiányzik hat darab csavar, a munkalap pedig nem fér be a liftbe. A javítás időt és pénzt emészt, a megrendelő bizalma pedig meginog.

Ebben az alfejezetben a csomagolás, a szállítás, a helyszíni felmérés és a szerelés előkészítésének lépéseit tanulod meg. Nem elég jól elkészíteni a bútort; a minőséget a megrendelő lakásában is át kell adni.

43.1.2. Szemléletes kép: a csomagolás mint réteges védelem

Egy elkészült bútorlap nem önmagában utazik. A felületét élvédők, puha közbenső réteg, sarokvédő és külső fólia védi. Az alábbi rétegdiagram a külső védőrétegektől a munkadarabig mutatja a csomagolás felépítését.



43.1. ábra. Élvédett csomagolás rétegei - A rétegek kívülről befelé védik a munkadarab felületét; a heveder alá mindig kerüljön sarokvédő, hogy a szorítás ne nyomja meg a lapot. Szemléltető ábra.

A rajz azt mutatja, hogy a legkülső réteg a szennyeződést és a karcolásokat fogja fel. A karton sarokvédő a legérzékenyebb, legkönnyebben sérülő éleket és sarkokat védi. A puha közbenső réteg megakadályozza, hogy két lap összecsúszva egymást dörzsölje. A munkadarab csak azután kerül a csomagolásba, hogy a felületét letöröltük, száraz és pormentes.

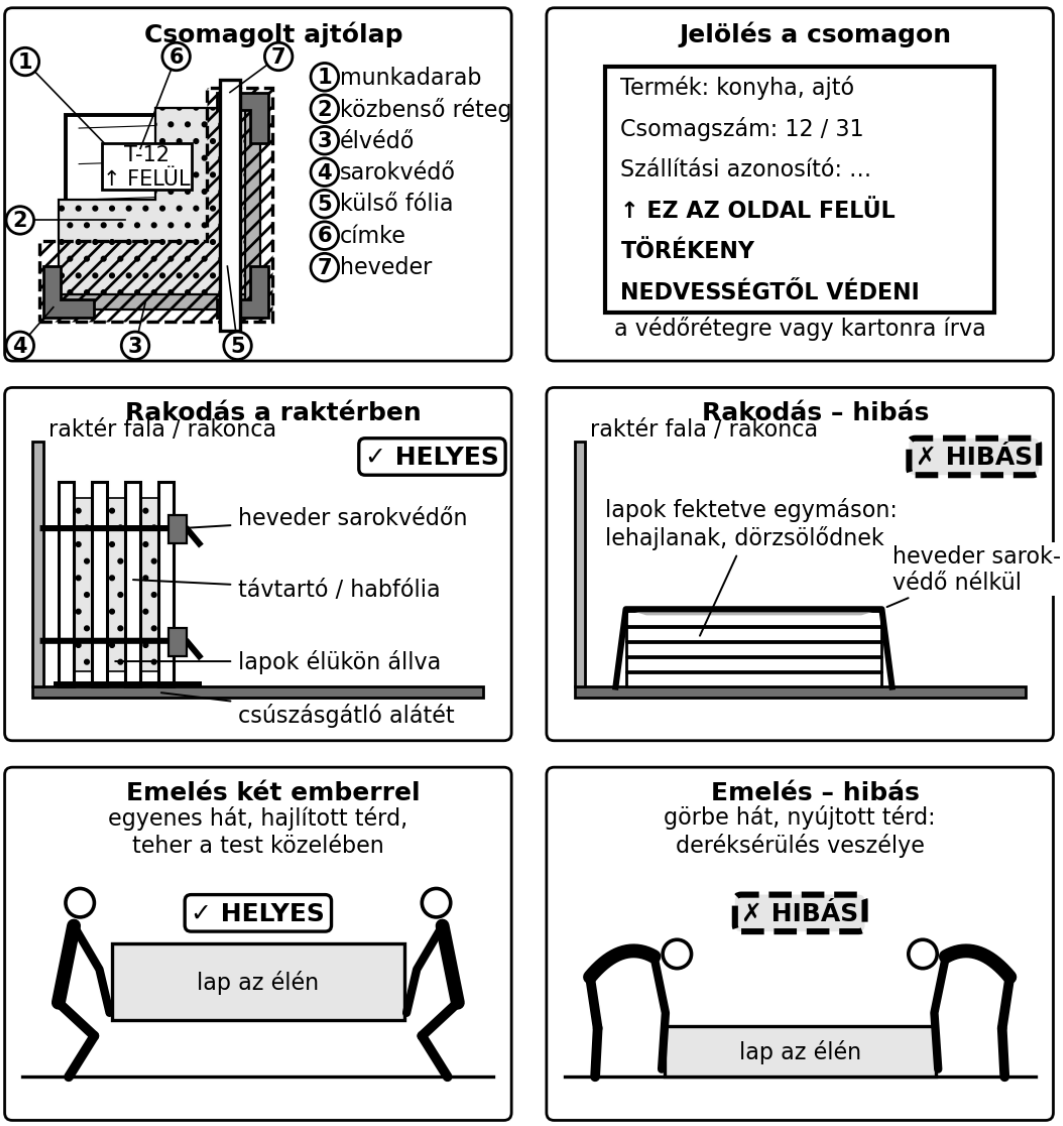
43.1.3. A csomagolás fogalma és a csomaglista

Definíció. A **csomagolás** a termék szállítás és helyszíni szerelés közbeni védelmére szolgáló rétegek és rögzítések összessége. A **csomaglista** a szállítási egységek tartalmának, darabszámának, tömegének és rendeltetési helyének írásos jegyzéke.

Szabály. A csomagolás nem dísz, hanem a gyártási folyamat utolsó minőségbiztosítási lépése. A csomaglista nélkül nem indul el a jármű. A lista teszi ellenőrizhetővé, hogy a helyszínen minden elem, vasalat és kiegészítő ott van-e.

43.1.3.1. Élvédés, fóliázás, jelölés

A bútorlapok legérzékenyebb része az él és a sarok. A furnérozott, fóliázott vagy lakkozott élek ütésre könnyen kitöredeznek, ezért élvédőt kell rájuk ragasztani vagy pattintani. A heveder alá mindig kerüljön vastag karton sarokvédő, különben a szorítás benyomja a felületet.



43.2. ábra. Élvédett csomagolás rétegei egy ajtólapon (munkadarab, közbenső réteg, élvédő, sarokvédő, külső fólia, címke, heveder), a csomag jelölése, a lapok helyes és hibás rakodása a raktérben, valamint a kétszemélyes emelés helyes és hibás testtartása (sematikus vonalrajz)

A fólia feladata a por, a nedvesség és a karcok távol tartása. Frissen lakkozott felületre **tilos** közvetlenül fóliát feszíteni, amíg a bevonat ki nem kötött, mert a fólia alatt megrekedő oldószerpára felhólyagosíthatja a lakkréteget **(ellenőrizendő: a gyártói száradási adat)**. A fóliázás előtt a felület legyen száraz, por- és zsírmentes.

A jelölés mutatja meg, hová tartozik a csomag. Minden csomagra kerüljön: termék vagy helyiség megnevezése, csomagszám, szállítási azonosító, a „törékeny”, „nedvességtől védve”, „felfelé” jelölés. A jelölést nem a díszfóliára, hanem a védőrétegre vagy a kartonra írjuk.

43.1.3.2. Csomaglista

A csomaglista legalább ezeket tartalmazza: tételszám, megnevezés, darabszám, kész méret, anyag, tömeg, csomagolás módja, megjegyzés. A csomaglista és a szerelési lista nem ugyanaz:

a csomaglista a szállítási egység, a szerelési lista pedig a beépítéshez szükséges alkatrészek és vasalatok jegyzéke.

43.1.4. Szállítás, rakodás és rögzítés

Szabály. A járművet a legnagyobb csomag méretéhez, az össztömeghez és a hozzáférési útvonalhoz kell választani. A rakományt úgy kell elhelyezni, hogy menet közben ne mozduljon el, ne boruljon és ne sértse a termékeket.

Figyelem. A közúti szállítás során a rakományt a jármű vezetője által is ellenőrizhető módon kell rögzíteni. A rakományrögzítő hevederek teherbírásának és használatának meg kell felelnie a vonatkozó előírásoknak **(ellenőrizendő: KRESZ, valamint a rakományrögzítő rendszer szabványa, pl. EN 12195 sorozat)**.

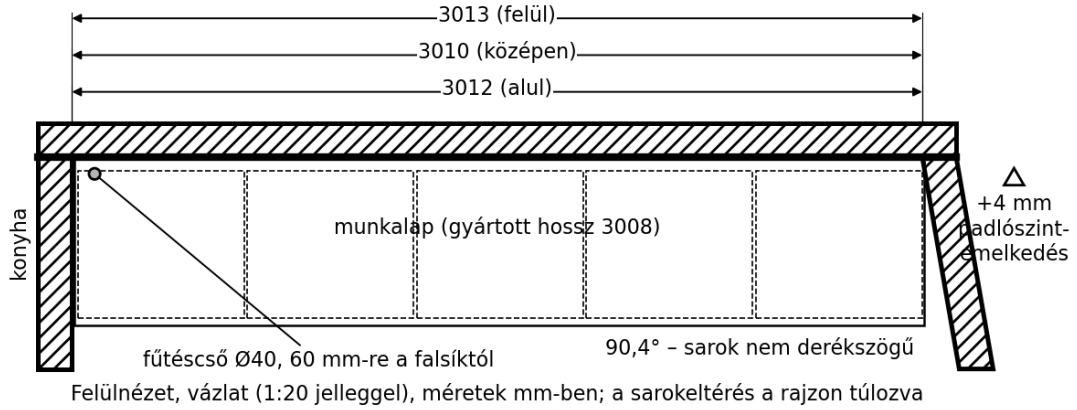
Rakodáskor a súlypont alacsonyan legyen, a nehéz elemek alulra, a könnyűek felülre kerüljenek. A nagy felületű lapokat lehetőleg függőlegesen, élszirtre állítva szállítsd, mert vízszintesen fekve könnyen lehajlanak. Minden réteg közé tegyél csúszásgátlót, például habfóliát vagy gumiszőnyeget. A járműben a rakományt hevederrel, elfordulás elleni ékekkel és oldaltámasszal rögzítsd. A heveder ne közvetlenül a bútorlapra feszüljön, hanem sarokvédőre.

43.1.5. Helyszíni felmérés és jegyzőkönyv

A helyszíni felmérés általános menetét a Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása alfejezetben tanultad. Itt a szerelés előkészítése szempontjából ismételjük át röviden: a felmérés célja, hogy a gyártott és a helyszínen lévő méretek pontosan találkozzanak, és ne a beszereléskor derüljön ki az eltérés.

Definíció. A **felmérési jegyzőkönyv** a helyszínen rögzített méretek, eltérések, akadályok, hozzáférési útvonalak és a megrendelővel egyeztetett döntések írásos lenyomata.

A jegyzőkönyvhöz mindig tartozzon vázlatrajz. A vázlatrajz legyen felülnézet, oldalnézet vagy a beépítés szempontjából fontos nézet, méretekkel, jelmagyarázattal és fénykép-hivatkozásokkal. A rajzon rögzítsd a fal hosszát három magasságban, a sarok derékszögét, a padló szintkülönbségét, a gépészeti kiállásokat és az ajtók, ablakok mozgásterét.



43.3. ábra. Konyhai falszakasz felmérési vázlata felülnézetben: a fal három magasságban mért hossza (3012, 3010, 3013 mm), a 90,4°-os jobb sarok, a bal oldali fűtéscső, a 3008 mm-es munkalap és a +4 mm-es padlószint-emelkedés

A vázlaton a sraffozott vastag vonal a fal, a vékony kontúr a munkalap, a szaggatott a korpuszok helye. A legkisebb mért hossz (3010 mm) a mértékadó: végenként 1 mm illesztési hézaggal a munkalap $3010 - 2 \cdot 1 = 3008$ mm. A 90,4°-os sarok miatt egy 600 mm mély munkalap hátsó éle mentén kb. $600 \cdot \operatorname{tg} 0{,}4° \approx 4$ mm rés nyílik. A HTML-kiadásban a mért hosszak, a hézag és a sarokszög csúszkával állítható.

43.1.6. A helyszíni szerelés előkészítése

A szerelés első lépése nem a helyszínen, hanem a műhelyben történik. A **rajz–anyag–művelet hármas** itt is érvényes: az összeállítási rajzból anyaglistát, az anyaglistából műveletsort készíts.

A szerelési dokumentáció részei:

- összeállítási rajz vagy robbantott ábra,
- tételjegyzék és csomaglista,
- szerelési sorrend,
- vasalatlista a rögzítőelemekkel,
- a helyszíni felmérés jegyzőkönyve,
- szállítólevél és szükség esetén átadás-átvételi jegyzőkönyv.

Ellenőrző lista. A helyszíni szerelés előkészítése:

1. Olvasd el az összeállítási rajzot és a tételjegyzéket; jelöld meg, melyik elem hová kerül.
2. Ellenőrizd a fizikai csomagokat a csomaglista alapján; a hiányt még a műhelyben pótold.
3. Készítsd össze a szerszámokat és az akkumulátorokat; pótakkumulátor, töltő, hosszabbító, porszívó legyen kéznél.
4. Készítsd össze a rögzítőelem-készletet: csavarok, tiplik, ékek, filctalpak, sarokkötők, szilikon vagy akril tömítő.
5. Ellenőrizd a helyszíni méreteket és a hozzáférési útvonalat friss felmérési jegyzőkönyvvel; kérj fotót a lift belső méretéről, ha nagy elemet szállítasz.
6. Egyeztesd a munkaterület védelmét és az áramvételt a megrendelővel vagy a helyszíni kapcsolattartóval.
7. Indulás előtt rögzítsd a járműben a rakományt, zárd a csomagokat, és tedd a vezetőfülkébe a dokumentációt.

A helyszíni szereléshez leggyakrabban **nem** viszünk helyhez kötött faipari gépet. A munka nagy része akkus fúró-csavarozóval, kézi fűrésszel, vésővel, gyalukéssel, vízmértékkel, mérőszalaggal és szorítókkal végezhető. A gépek közé tartozik a merülőfűrész vezetősínnel, a szúrófűrész, a kézi gyalugép, az ütvefúró és az elszívóval összekötött csiszológép. Minden elektromos kéziszerszámhoz ellenőrzött, ép csatlakozójú hosszabbítót és porzsákos vagy patronos porszívót használj.

A segédanyagok közül ne maradjon ki:

- ragasztó, ha kisebb tömörfa toldást kell ragasztani,
- javítóviasz, retusfilc, élzáró fólia a kisebb sérülésekhez,
- tisztítószer, mikroszálas kendő,
- takarófólia, karton, festőszalag.

43.1.7. Munkavédelem idegen munkaterületen

Figyelem. Idegen munkaterületen a munkavégzés kockázata kettős: a saját egészséged és a megrendelő vagyona is veszélyben lehet. Mindig kérdezd meg, hol dolgozhatsz, hol van áram, hol nem léphetsz. Takard le a padlót takarófóliával vagy kartonnal, védd a sarkokat és a bútorokat. A porszívó és a helyi elszívás nem kényelem, hanem egészségvédelem: keményfa-por esetén légzésvédőt is viselj **(ellenőrizendő: aktuális fapor-határérték és FFP-osztály)**. A kábeleket úgy vezesd, hogy ne keresztezzék a közlekedő utat. A felületkezelő és ragasztó anyagok biztonsági adatlapja a helyszínen is legyen elérhető.

Tilos. Tilos a megrendelő padlóját, bútorát védetlenül hagyni. Tilos az áramot visszakapcsolni, ha a vezeték vagy a csatlakozó állapota bizonytalan. Tilos a tűzveszélyes anyagot nyílt láng vagy hőforrás közelében tárolni. Tilos a szerszámot magasban, leeshető helyen hagyni, és tilos a munkaterületet gyermek vagy háziállat jelenlétében felügyelet nélkül hagyni.

43.1.8. Kidolgozott példa: konyhabútor szállítási és szerelési előkészítése

Egy konyhabútor elemeit kell a műhelyből a helyszínre szállítani. A csomaglista az alábbi.

Tétel	Megnevezés	Db	Kész méret (mm)	Anyag	Tömeg/db (kg)	Csomagolás	Megjegyzés
1	Korpusz oldallap	4	720×560×19	laminált forgácslap	5,0	élvédő + habfólia	jobb-bal jelölve
2	Munkalap	1	2400×600×38	forgácslap, fóliázott	35,6	karton sarokvédő + fólia	függőlegesen szállítva
3	Ajtófront	2	720×400×19	MDF, festett	4,1	papírköz + stretch	soronként jelölve
4	Fiókelőlap	3	120×400×19	MDF, festett	0,7	papírköz	kötegelve
5	Vasalatkészlet	1	doboz	fém, műanyag	8,5	zárt doboz	csavar, csuklópánt, fogantyú

A tömeg/db a méretből és a tájékoztató sűrűségből számolt érték: tömeg = térfogat × sűrűség (forgácslap kb. 650, MDF kb. 750 kg/m³ – tájékoztató, ellenőrizendő: gyártói adatlap).

Számítás. Az össztömeg a csomagolóanyag nélkül:

$$m = 4 \cdot 5{,}0 + 1 \cdot 35{,}6 + 2 \cdot 4{,}1 + 3 \cdot 0{,}7 + 1 \cdot 8{,}5$$

$$m = 20{,}0 + 35{,}6 + 8{,}2 + 2{,}1 + 8{,}5 = 74{,}4\,\text{kg}$$

Tegyük hozzá a csomagolóanyagok tömegét, becsült 8 %-ot:

$$m_{\text{csom}} = 74{,}4 \cdot 1{,}08 \approx 80{,}4\,\text{kg}$$

Ha a kisteherautó hasznos teherbírása például 800 kg **(ellenőrizendő: a jármű forgalmi engedélye szerint)**, akkor ez a rakomány bőségesen elfér. A legnagyobb elem a 2400 mm hosszú munkalap. Ha a lift belső mérete csak 1400 mm mély, a munkalap nem fér be a liftbe, ezért lépcsőn kell felvinni, és a csomagolását karton sarokvédővel meg kell erősíteni.

A munkalap csomagolt mérete legyen 2500 × 650 × 60 mm. A csomagolt térfogata:

$$V = l \cdot b \cdot v = 2{,}500\,\mathrm{m} \cdot 0{,}650\,\mathrm{m} \cdot 0{,}060\,\mathrm{m} = 0{,}0975\,\mathrm{m}^3$$

Ez a térfogat könnyen elfér a raktérben, de a 2,5 m hosszúság miatt a jármű rakterének hossza legalább 2,6 m legyen, és a lapot élére állítva, elmozdulás ellen rögzíteni kell.

Továbbvitt eredmény. A csomaglista, a tömeg- és térfogatszámítás, valamint a szerelési előkészítés ellenőrzőlistája közvetlenül megalapozza a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése és az Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése alfejezetekben tanulandó szerelési műveleteket.

43.1.9. Minőségellenőrzés

A csomagolás és előkészítés során ellenőrizd:

- minden él és sarok védve van-e,
- a fólia alatt nincs-e por, nedvesség vagy friss lakktapadás,
- a csomaglista tételei egyeznek-e a fizikai csomagokkal,
- a rakomány rögzítése hevederrel, ékekkel és csúszásgátlóval megtörtént-e,
- a szerelési lista, a felmérési jegyzőkönyv és a szerszámlista együtt van-e,
- az akkumulátorok és pótakkumulátorok fel vannak-e töltve,
- a munkaterület védelméhez szükséges takarófólia, karton és festőszalag be van-e csomagolva.

Ha bármelyik hiányzik, az indulás előtt pótolni kell. A helyszínen a hiány már állásidőt, utazást vagy rögtönzött, rosszabb minőségű megoldást okoz.

43.1.10. Tipikus hibák és okaik

1. hiba: a sarokél nincs védve, a heveder benyomja a bútorlapot.
Oka: a szerelő spórol a sarokvédővel. A heveder szorítása a furnér vagy fólia alatt benyomódást okoz, ami a helyszínen már csak csiszolással, retussal vagy cserével javítható.
Helyes gyakorlat: minden heveder alá karton sarokvédő, a lapok közé csúszásgátló.

2. hiba: a csomaglista hiánya miatt a helyszínen derül ki a hiányzó elem.
Oka: a műhelyben nem ellenőrizték a szállítmányt. Ez félnapos állást, újabb kiszállást és a megrendelői bizalom elvesztését okozza.
Helyes gyakorlat: a csomaglista alapján minden csomagot a járműbe rakás előtt le kell ellenőrizni.

3. hiba: a szállítás előtt nem ellenőrzik újra a helyszíni méretet.
Oka: a gyártás után megváltozhatott a fal állapota, vagy a felmérésben hiba volt. A munkalap nem fér be, a hézag túl nagy vagy túl szűk.
Helyes gyakorlat: a szerelés napján is rögzítsük a legfontosabb méreteket, és a vágás előtt legyen friss felmérési jegyzőkönyv.

4. hiba: a szerszám akkumulátora nincs feltöltve, pótakkumulátor nincs.
Oka: a szerszámlista összeállítása elmaradt. A helyszínen nincs hová elmenni gyorsan tölteni. Helyes gyakorlat: indulás előtt minden akkumulátort ellenőrizni, pótot és töltőt vinni.

43.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy tanuló konyhabútor-szerelésre készült. A műhelyben a munkalapot nem állította élvédőbe, mert úgy gondolta, a fólia elég. A lépcsőházi fordulóban a lap sarka megütötte a falat, és a sarkon a fólia alatt kitöredezett az él. A helyszínen már csak javítóviasszal lehetett elrejteni a sérülést, de a megrendelő észrevette. A tanulság: a csomagolás legfontosabb része a sarok- és élvédelem, nem a fólia. A másik hiba az volt, hogy a lift méretét nem ellenőrizték, ezért a munkalapot a szűk lépcsőházban kellett felvinni. Ha a hozzáférési útvonalat előre felmérik, a csomagolást ahhoz igazíthatták volna.

43.1.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis: a csomaglista csak a szállítónak kell, a szerelőnek nem.

2. Miért tilos friss lakkozású felületre közvetlenül fóliát feszíteni?

3. Mennyi 3 darab, egyenként 18,5 kg tömegű bútorlap össztömege?

4. Sorolj fel három, a helyszíni szerelés előkészítéséhez szükséges dokumentumot!

5. Mi a teendő, ha a szerelés napján a mért falszélesség nem egyezik a rajzzal?

43.1.13. Feladatok

1. feladat (A). Definiáld a csomaglistát, és sorold fel legalább négy tartalmi elemét!

2. feladat (A). Írd le a csomagolás rétegeit kívülről befelé, és mindegyik réteghez adj egy funkciót!

3. feladat (B). Egy munkalap csomagolt mérete 2500 mm × 650 mm × 60 mm. Számítsd ki a csomagolt térfogatát köbméterben, és ellenőrizd, mekkora raktérhossz szükséges, ha a munkalapot élére állítva, hosszában szállítod!

4. feladat (B). Állíts össze rövid szerszám- és anyaglistát egy kétkorpuszos konyhaszekrény helyszíni szereléséhez! Indokold, miért viszel porszívót!

5. feladat (C). Helyszíni felmérési jegyzőkönyv szerint a két sarokfal közötti távolság három magasságban: a lábazat magasságában 3012 mm, a munkalap magasságában (900 mm) 3010 mm, a felsőszekrény alsó élénél 3013 mm. A munkalap gyártott hossza (a vázlat 3008 mm-es tervezett méretétől eltérően, hibás esetként) 3011 mm. Milyen kockázatot látsz, és mit javasolsz?

6. feladat (D). Készíts egy egynapos szerelési ütemtervet egy konyhabútor helyszíni szerelésére: érkezés, munkaterület védelme, korpuszok összeállítása, munkalap és frontok beállítása, takarítás, átadás. Add meg az időpontokat és az ellenőrzési pontokat!

43.1.14. Megoldások

1. feladat. A csomaglista a szállítási egységek tartalmának, darabszámának, tömegének és rendeltetési helyének írásos jegyzéke. Tartalmi elemei például: tételszám, megnevezés, darabszám, kész méret, anyag, tömeg, csomagolás módja, megjegyzés.

2. feladat. A rétegek kívülről befelé: stretch- vagy habfólia (por- és karcolásvédelem), karton sarok- és élvédő (ütés elleni védelem és heveder alá), puha közbenső réteg (összedörzsölődés ellen), munkadarab (tisztára törölt felülettel). A friss lakkra nem szabad közvetlenül fóliát húzni, amíg meg nem kötött, mert pára és oldószer záródik alá.

3. feladat.

$$V = l \cdot b \cdot v = 2{,}500\,\mathrm{m} \cdot 0{,}650\,\mathrm{m} \cdot 0{,}060\,\mathrm{m} = 0{,}0975\,\mathrm{m}^3$$

A csomagolt hossz 2500 mm, tehát a raktérnek legalább 2,5 m-nél hosszabbnak kell lennie; biztonsággal legalább 2,6 m szükséges. A lapot élére állítva szállítsd, elmozdulás ellen rögzítve.

4. feladat. Szerszámok: akkus fúró-csavarozó, pótakkumulátor, mérőszalag, vízmérték, derékszög, szorítóheveder, kézi fűrész, véső, gumikalapács, porszívó, hosszabbító, takarófólia. Anyagok: csavarok, tiplik, sarokkötő vasalatok, ékek, filctalpak, akril tömítő, javítóviasz. A porszívót azért visszük, mert a fúrás és méretre igazítás során keletkező por szennyezi a lakást, káros az egészségre, és a tiszta munkaterület a szakszerű munkavégzés része.

5. feladat. A fal legkisebb mért hossza (3010 mm) a mértékadó; a munkalap hossza $L_{\text{munkalap}} = L_{\min} - 2 \cdot \text{hézag}$. A gyártott munkalap 3011 mm. Így a munkalap a legszűkebb ponton szorulhat, és a beépítéskor nem marad szerelési hézag. A megoldás: a munkalapot a legkisebb méret alá kell alakítani úgy, hogy legalább 3–5 mm oldalhézag maradjon, azaz a munkalap hossza 3005–3006 mm köré kerüljön; emellett a fal egyenetlensége miatt a vágást a helyszínen, mérés után kell elvégezni. A szoros hézag azért veszélyes, mert a fal mozgása, hőtágulás és a szerelési pontatlanság miatt a munkalap felnyomódhat.

6. feladat. Például: 8:00 érkezés, teherből kipakolás; 8:20–8:40 munkaterület védelme, padló letakarása; 8:40–9:00 szerelési lista és csomaglista ellenőrzése; 9:00–12:00 korpuszok összeállítása, lábak beállítása, hátfalak rögzítése; 12:00–12:30 ebéd, szellőztetés; 12:30–14:30 munkalap rögzítése, ajtófrontok és fiókok beállítása; 14:30–15:30 takarítás, a védőrétegek eltávolítása; 15:30–16:00 átadás, jegyzőkönyv aláíratása. Ellenőrzési pont például: a korpuszok függőlegessége vízmértékkel, a frontok hézagai egyenletesek-e, a fiókok könnyen járnak-e, a munkalap hézagai egyenletesek-e.

43.1.15. Rövid összefoglaló

A **csomagolás** a termék szállítás és szerelés közbeni védelmére szolgáló rétegek és rögzítések összessége. Legfontosabb elemei az élvédők, a sarokvédők, a puha közbenső réteg és a külső fólia. A **csomaglista** a szállítási egységek tartalmának, tömegének és rendeltetésének jegyzéke; nélküle nem indulhat el a jármű. Szállításkor a súlypont alacsonyan legyen, a nagy lapokat függőlegesen, de hevederrel és sarokvédővel rögzítsd. A **felmérési jegyzőkönyv** a helyszíni méretek, eltérések, akadályok és egyeztetett döntések írásos dokumentuma; a friss mérés a szerelés napján is kötelező. A helyszíni szerelés előkészítése a **rajz–anyag–művelet hármas** szerint történik: összeállítási rajz → anyag- és szerszámlista → szerelési sorrend. Idegen munkaterületen a munkavédelem kettős: a saját egészséged és a megrendelő vagyona. A port elszívással és légzésvédelemmel kell kezelni, a kábeleket biztonságosan kell vezetni, a padlót takarni, a szerszámokat rendben tartani. A csomagolás és a szerelés előkészítése közvetlenül megalapozza a bútoripari és épületasztalos-ipari helyszíni szerelés műveleteit.

Továbbvitt eredmény. A csomaglista, a szállítási rögzítés, a helyszíni felmérési jegyzőkönyv és a szerelési dokumentáció ellenőrzése a Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése és az Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése alfejezetekben közvetlenül felhasznált előkészítő lépés.

43.1.16. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a csomagolás, rakományrögzítés és munkavédelem általános műhelygyakorlatára épít. Ellenőrizendő: a rakományrögzítésre vonatkozó közúti előírások hatályos szövege, a hevederek teherbírásának szabványi hivatkozása (EN 12195 sorozat), a fapor-határérték és az FFP-légzésvédő osztályok, a friss lakk fóliázhatóságának gyártói száradási adatai, a csomagolóanyagok műszaki adatlapjai, valamint a jármű hasznos teherbírására vonatkozó forgalmi engedély adatai. A tömeg- és méretadatok a kidolgozott példában mintaadatok, gyártói és termékadatoktól függően változhatnak.

43.2. Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése

43.2.1. Motiváció

A megrendelő a bútorait lapra szerelve, fóliázva, kartonba csomagolva kapja meg. A gyárban tökéletesre állított ajtók és fiókok semmit sem érnek, ha a helyszínen rosszul szerelik össze a bútort. A konyhabútor-sor alatt a padló soha nincs teljesen síkban, a fal szinte soha nincs pontosan derékszögben. Ha ezt a szerelő nem kezeli, az ajtók összeakadnak, a munkalap feszül vagy eltörik, a beépített szekrény ajtaja folyton visszagurul. A helyszíni szerelés az utolsó, legkritikusabb gyártási művelet: itt dől el, hogy a vevő hibásnak vagy értékesnek látja-e az elkészült bútort.

43.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy konyhát, ahol az alsószekrény-sor bal oldala 2 mm-rel, a jobb oldala 8 mm-rel magasabban áll, a felső szekrények előredőlnek, a pulton összegyűlik a víz. Most képzeld el ugyanezt a konyhát vízmértékkel kiállítva, síkba állított ajtókkal, egyenletes hézagokkal és falhoz rendesen rögzítve: ugyanazok az elemek, mégis teljesen más minőségérzetet adnak. A különbség a **helyszíni szerelés** tudása.

43.2.3. Alapfogalmak és szabályok

Definíció. A **helyszíni szerelés** a bútoripari vagy belsőépítészeti termékek vevő ingatlanában történő összeállítása, beállítása, rögzítése és átadása.

Szabály. A helyszíni szerelés sorrendje mindig a **bázissíkok** meghatározásával kezdődik. A vízszintes bázis a **padló legmagasabb pontja**, a függőleges bázis a **fal legkiállóbb pontja**. Ha ezt kihagyod, a bútorod minden hibája a fal és padló hibáját fogja követni. (Ezt a logikát a Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre alfejezetben tanultuk az alapanyag-azonosításnál; most a bútor belövésére alkalmazzuk.)

Szabály. Rajz–anyag–művelet hármas. Mielőtt bármit felfúrsz, nézd meg a felmérési rajzot, a szabásjegyzéket és a szerelési dokumentációt. A helyszíni szerelő a tervet hajtja végre, de ha a

terv nem egyezik a helyszín valós méreteivel, állj meg, és jelezz a megrendelőnek vagy a műhelynek. (Lásd: Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése.)

Definíció. A **szintezés** az elemek vízszintes síkba állítása állítható lábakkal, alátétekkel vagy szerelőékekkel. A **függőzés** az elemek függőleges (vízmérték szerinti) beállítása.

Szabvány. A bútorok helyszíni szereléséhez használt rögzítőelemek kiválasztásakor a falazat típusát kell alapul venni. Betonba, tömör téglába, pórusbetonba vagy gipszkartonba más-más dübel és csavar való. A gyártói teherbírási táblázatok az irányadóak. **(Forrás: gyártói beépítési útmutatók; ellenőrizendő: az adott rögzítőelem aktuális engedélye.)**

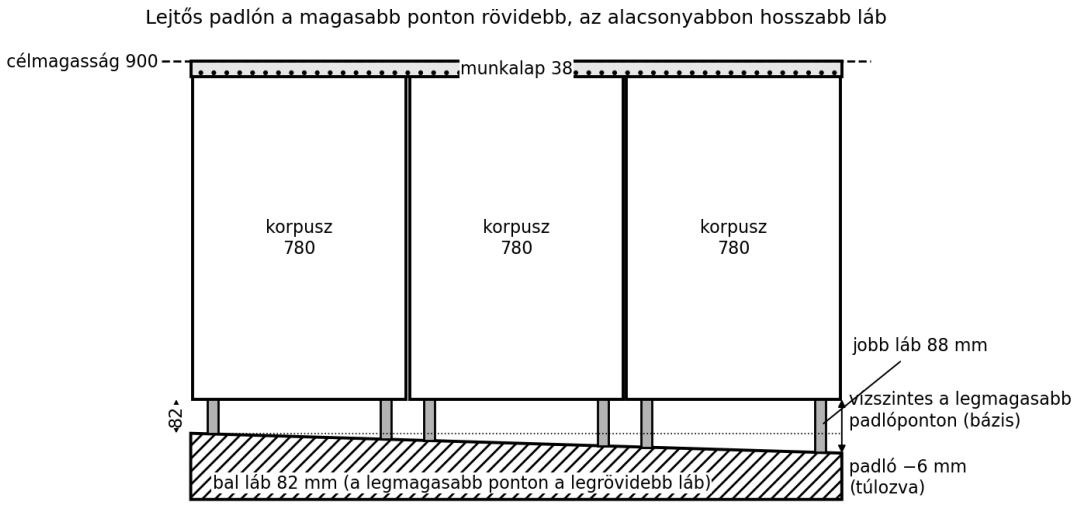
43.2.4. A konyhabútor-sor szerelése

43.2.4.1. 1. Kirakás és sorrend

A Csomagolás, szállítás és a helyszíni szerelés előkészítése alfejezetben tanultak szerint először vizsgáld át a csomagokat, és védd a padlót. A konyha szerelését általában a **felső szekrényekkel** kezdjük, hogy alul még szabadon tudjunk dolgozni. A munkalapot mindig **utoljára** helyezzük fel, hogy a gépészeti kivágásoknál ne akadályozzon. Egyes szerelők az alsó sort állítják be előbb, mert a felső szekrények magassága attól függ; mindkét sorrend elfogadható, ha bizonytalan vagy, kövesd a gyártói szerelési utasítást.

43.2.4.2. 2. Az alsószekrény-sor összeállítása és szintezése

```
lépések:
1. Csomagold ki az alsó elemeket.
2. Keresd meg a padló legmagasabb pontját (lézer vagy hosszú vízmérték).
3. Állítsd a legmagasabb ponton álló elem lábait a legalacsonyabb, még állítható pozícióba.
4. Szintezd ehhez az elemhez a többi elemet.
5. Fogd össze a korpuszokat, majd állítsd be az ajtókat.
```



43.4. ábra. Alsószekrény-sor lejtős padlón: a padló legmagasabb pontján (bal oldal) 82 mm-es, a 6 mm-rel alacsonyabb jobb oldalon 88 mm-es láb, így a 38 mm-es munkalap teteje vízszintesen 900 mm-en van

A legmagasabb pont meghatározása azért fontos, mert ha a legalacsonyabb ponthoz állítasz, a többi elemen elfogy az állítási tartalék, és alá kell tenni. Az állítható lábak tipikus állítási tartománya a gyártótól függ (általában 0–40 mm, de ez ellenőrizendő adat).

Számítás. Ha a munkalap vastagsága 38 mm, a konyha teljes magassága a padlótól a munkalap tetejéig 900 mm, akkor a korpuszmagasság és a láb együttes magassága $900 - 38 = 862$ mm. Ha a korpusz 820 mm magas, a lábaknak $862 - 820 = 42$ mm-t kell kiadniuk.

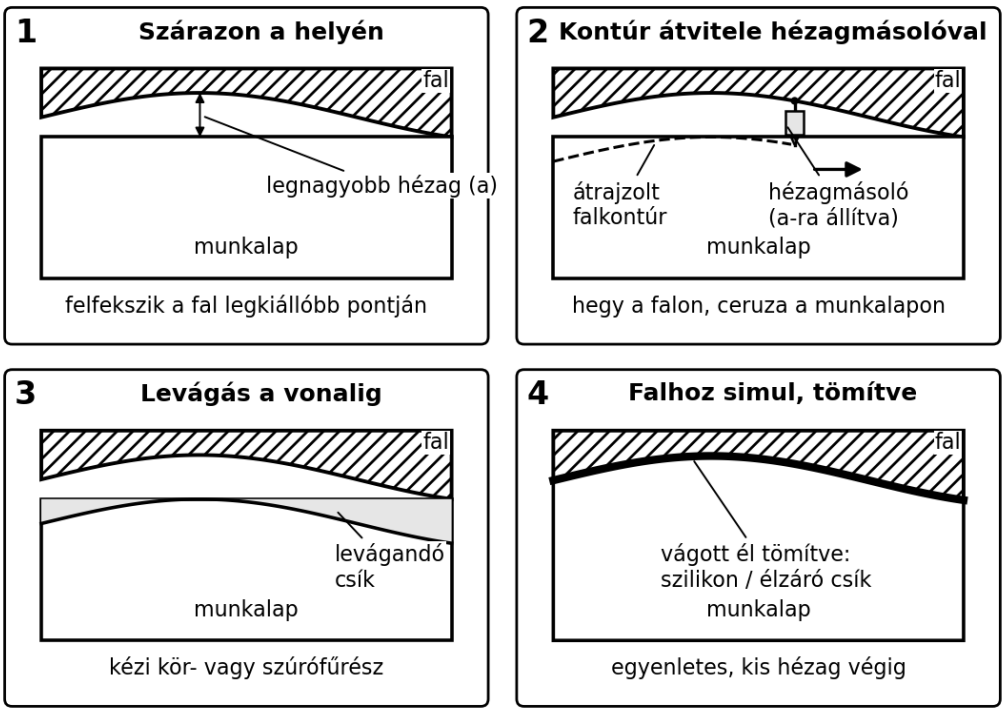
43.2.4.3. 3. Felső szekrények akasztása

A felső szekrényeket **akasztósínre** vagy **akasztóvasalatra** kell függeszteni, nem közvetlenül a falba fúrt csavarral. A sínt a fal legmagasabb pontján, vízmértékkel fúrd fel. A felső szekrény hátlapján lévő akasztókat úgy állítsd be, hogy a szekrény függőben legyen, és a homlokzata a szomszédos elemekkel egy síkba kerüljön. A szekrényeket egymáshoz is rögzíteni kell (korpuszösszekötő csavarral), hogy a sor együtt mozogjon.

Figyelem. Ha a felső szekrény alá munkalap vagy páraelszívó kerül, ellenőrizd a gyártó által megadott minimális távolságot. Villany- és gázbekötést csak szakember végezhet.

43.2.4.4. 4. A munkalap illesztése és kivágásai

A munkalapot először **szárazon** a helyére kell tenni. Ha a fal nem sík, a munkalapot a falívhez kell igazítani. Ezt **beszúrással** vagy **hézagmásolóval** (kontúrmásolóval) végezzük. A gyári élt a fal felé igazítsuk; ha az él túl hosszú, kézi körfűrésszel finoman vágjuk le, a vágásélt szilikonnal vagy élzáró csíkkal tömítsük. A főzőlap vagy mosogató kivágását a **gyártói beépítési sablon** szerint készítsük el, szúrófűrésszel. A kivágás élét hőálló szilikonnal vagy a gyártó által előírt tömítéssel kezeljük. (A gyártói sablonok méretei a típustól függenek; ellenőrizendő: gépkönyv, beépítési útmutató.)



43.5. ábra. Munkalap illesztése íves falhoz: szárazon a helyén a legnagyobb hézag (a) mérése, a falkontúr átvitele a-ra állított hézagmásolóval, levágás a vonalig, a falhoz simuló, tömített él (sematikus felülnézet)

A hézagmásolót (kontúrmásolót, körzőt) a legnagyobb mért hézagra állítod: a hegye a falon csúszik, a ceruzája a munkalapra rajzolja a fal ívét. A vonalig levágott munkalap ezután a fal legkiállóbb pontjáig hátracsúszik, és a teljes hosszon a falhoz simul.

43.2.4.5. 5. Lábazat és takarólécek

A lábazati elemeket a padlótól a korpusz aljáig takarják. A lábazatot a padló egyenetlenségeihez kell illeszteni; ehhez gyakran alulról le kell vágni. A takarólécek (pl. a fal és a munkalap között) elrejtik a tágulási hézagot. Takarólécezett, falléces csatlakozásnál a tágulási hézag legyen 3–5 mm (tájékoztató, ellenőrizendő: munkalapgyártói beépítési útmutató), a falléc takarja; beszúrt, szilikonnal zárt csatlakozásnál a hézag legfeljebb kb. 2–3 mm. A hézag azért kell, hogy a fa vagy lapanyag dolgozhasson anélkül, hogy feszülne. A takarólécet ne ragaszd két oldalon túl mereven, hogy a hézag mozoghasson.

43.2.5. Beépített szekrény szerelése

A beépített szekrény jellemzően a Beépített bútorok elhelyezése és gyártása: konyhabútor, gardrób alfejezetben tanult gyártási elv szerint készül: a fal, padló, mennyezet eltéréseit takarólécekkel, állítható lábakkal és gyártási hézaggal kezeljük.

Lépések:

1. Keresd meg a padló és a mennyezet legkiállóbb pontját.
2. Állítsd fel a korpuszt, és szintezd ki a padlóhoz képest.

3. A fal és a korpusz közötti hézagot takaróléccel zárd le. A takaróléceket a falhoz igazítva kell befelé fűrészelni (beszúrni).
4. Rögzítsd a korpuszt a falhoz, de ügyelj arra, hogy a rögzítőelem ne húzza el a korpuszt. A rögzítés csak biztosítson, ne deformáljon.
5. Illeszd a tolóajtókat. A tolóajtó görgőit úgy állítsd be, hogy az ajtó függőben legyen (a vízmérték a függő irányt mutassa). Az állítás a görgő alsó vagy felső csavarjával történik.

Példa. Ha a padló bal oldala 3 mm-rel alacsonyabb, mint a jobb oldala, a tolóajtó bal oldalán a vezetőt alá kell tenni 3 mm-rel, vagy az alsó görgő bal oldalát ki kell engedni, hogy az ajtó ne guruljon balra. A konkrét állítás a vasalat típusától függ, ezért mindig a gyártói leírást nézd meg.

43.2.6. Belsőépítészeti termékek szerelése

43.2.6.1. Falpanel

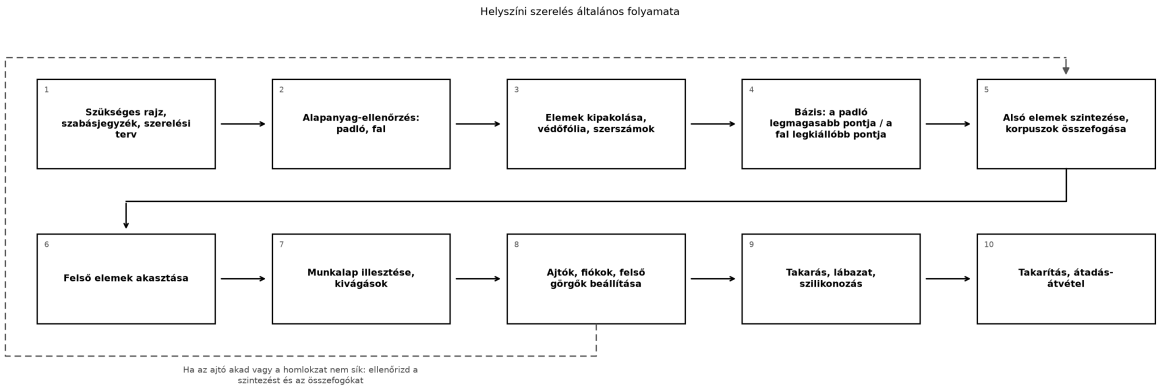
A belsőépítészeti **falpanel** jellemzően tömörfa vagy lapszerkezetű elem, amelyet a falra szerelünk. A szerelés előtt **vezetékkeresővel** kell ellenőrizni a falat. A panel súlyától függően kell a dübelt és csavart kiválasztani; a Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre alfejezetben tanult teherbírási elvek szerint.

Szabály. A falpanel mögött hagyjunk 10–20 mm szellőzőhézagot (tájékoztató érték), különösen, ha a fal vizes vagy páraérzékeny. A hézagot alul és felül szúnyoghálóval vagy szellőzőráccsal zárjuk le, hogy a levegő átjárhassa.

43.2.6.2. Pult

A **belsőépítészeti pult** (pl. recepciós pult) gyakran nehéz, egyedi méretű. A szerelésnél az alapsíkot az aljzat legmagasabb pontja adja. A pultot a falhoz kell húzni, de a munkalap és a fal közötti hézagot takaróléccel vagy szilikonnal zárjuk le. A pult felső részét nem szabad mereven a falhoz csavarozni, ha az anyag mozoghat; használjunk rugalmas rögzítőfület vagy szilikonos ágyazást.

43.2.7. A helyszíni szerelés technológiai folyamata



43.6. ábra. Helyszíni szerelés általános folyamata - A bútor- és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelésének lépései; a visszacsatolás a beállítási hibát mutatja.

43.2.8. Kidolgozott példa

Számítás. Egy konyha alsó sora a felmérés szerint 3200 mm hosszú. Lézeres szintezővel mérve a lézersík a padló felett a bal oldalon 1004,5 mm, a jobb oldalon 1001,0 mm-re van, azaz a bal oldal 3,5 mm-rel alacsonyabb (a jobb oldal a padló legmagasabb pontja). A szekrények korpuszmagassága 780 mm, a munkalap vastagsága 38 mm. A kívánt munkalap-felső magasság 908 mm (a főzőlap beépítési adataihoz igazodva). Milyen magasra kell állítani a lábakat a két oldalon?

- **Adott:** korpuszmagasság $h_{\text{korpusz}} = 780\,\text{mm}$, munkalap $v_{\text{ml}} = 38\,\text{mm}$, célmagasság $h_{\text{cél}} = 908\,\text{mm}$.
- **Keresett:** láb magassága a bal (l_{bal}) és a jobb oldalon (l_{jobb}).
- **Képlet:** $l = h_{\text{cél}} - v_{\text{ml}} - h_{\text{korpusz}}$.
- **Behelyettesítés:** a legmagasabb ponton (jobb oldal) $l_{\text{jobb}} = 908 - 38 - 780 = 90\,\text{mm}$; a 3,5 mm-rel alacsonyabb bal oldalon $l_{\text{bal}} = 90 + 3{,}5 = 93{,}5\,\text{mm}$.
- **Ellenőrzés:** mindkét oldalon a munkalap teteje a legmagasabb padlóponthoz viszonyítva 908 mm; a 90–93,5 mm-es tartomány az állítható láb tartományán belül van (ellenőrizendő: gyártói adat).

Példa. A munkalap beszúrása a falhoz. A fal a munkalap hossza mentén legfeljebb 4 mm-rel tér el a sík vonaltól: a munkalap a bal oldalon a falhoz ér, a jobb oldalon 4 mm hézag van. A lapot a falhoz toljuk, a hézagmásolót (beszúrókörzőt) a legnagyobb hézagra, 4 mm-re állítjuk, és a fal vonalát átmásoljuk a hátsó élre. A bal oldalon a vonal 4 mm-re, a jobb oldalon 0 mm-re fut a hátsó éltől; a vonalig gyalulunk vagy marunk, majd a lapot a falhoz toljuk. A munkalap mélysége így a bal oldalon 4 mm-rel kisebb lesz, ezt az elülső túlnyúlásnál figyelembe kell venni. (Tájékoztató érték, a pontos menetet a gyártói utasítás és a helyszíni sablon adja.)

43.2.9. Technológiai lap

Technológiai lap.

Cél: Alsószekrény-sor szintezése és falhoz rögzítése konyhabútorhoz.

Anyagok és eszközök: lézer vagy 1200 mm-es vízmérték, lapos csavarkulcs, állítható lábak, korpuszösszekötő csavarok, falazatnak megfelelő dübel és csavar, műanyag alátétek, védőfólia.

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól. Védőkesztyűt a durva élű korpuszoknál viselj; forgó szerszám mellett kesztyűt tilos. Ha kézi fűrészt használsz a munkalap vágásához, tartsd be a gépkönyvet; a vágás közben a munkadarabot rögzítsd, és a fűrész védőburkolatát ne kösd ki. Vezetékkeresővel ellenőrizd a falat a fúrás előtt.

Indítás előtti ellenőrzés. A fúrás megkezdése előtt húzz le minden laza kábelt, tedd el a vizes rongyot, és győződj meg róla, hogy a munkaterület tiszta és csúszásmentes.

Lépések:

1. Rakd ki az elemeket a helyükre, az ajtók és fiókok eltávolítása nélkül. (– ellenőrzés: minden elem a rajz szerinti helyen van.)
2. Keresd meg a padló legmagasabb pontját a sor teljes hosszán. (– ellenőrzés: a vízmérték a legmagasabb ponton 0-át mutat.)
3. Állítsd a legmagasabb pontnál lévő szekrény lábait a legalacsonyabbra. (– ellenőrzés: a láb tekerése könnyű, a korpusz nem kileng.)
4. Szintezd a többi szekrényt ehhez a ponthoz. (– ellenőrzés: minden szekrény teteje egy síkban van, tűrés $\pm 0{,}5$ mm, tájékoztató.)

5. Fogd össze a korpuszokat a gyártói összekötőkkel. (– ellenőrzés: a homlokzatok között nincs lépcső.)
6. Fúrd fel a falhoz rögzítő füleket vagy a hátfal mögötti rögzítést. (– ellenőrzés: a fúrás helyén nincs vezeték; a dübel és csavar a falazatnak megfelel.)
7. Állítsd be az ajtókat és fiókokat. (– ellenőrzés: a hézagok egyenletesek, az ajtó nem ér hozzá a szomszédos ajtóhoz.)
8. Takaríts le, és hívd a megrendelőt átadásra. (– ellenőrzés: a munkaterület tiszta, a védőfólia eltávolítva.)

43.2.10. Minőségellenőrzés

Mit ellenőrzünk, mivel, milyen tűréssel?

- A bútor vízszintes és függőleges: vízmértékkel, az ajtók nincsenek megfeszülve (a fugázóhézag egyenletes, $\pm 1\,\text{mm}$ tájékoztató).
- Az ajtók és fiókok simán nyílnak, nem akadnak, a fiókok nem érnek a homlokzathoz.
- A munkalap a falhoz simul, a beszúrt, szilikonnal zárt csatlakozásnál a hézag legfeljebb 2–3 mm, takarólécesnél 3–5 mm (tájékoztató érték), a takarólécek szépen zárnak.
- A felső szekrényekhez a hátlap nem feszül a falnak, a rögzítés teherbíró.
- Minden kivágásélen a tömítés folytonos, nem lyukas.

Mi a teendő eltérésnél? Ha a korpusz kileng, a láb állítását addig kell módosítani, amíg a korpusz stabil nem lesz. Ha az ajtókilógás a rögzítésből ered, a falhoz rögzítőt kell lazítani, a korpuszt újra szintezni, majd a rögzítést úgy visszahúzni, hogy ne húzza deformált helyzetbe a bútort.

43.2.11. Tipikus hibák és okaik

1. **A felső szekrény előredől.** Ok: a felső akasztóvasalat nincs megfelelően a falhoz húzva, vagy a szekrény hátlapja kihasasodik. Javítás: a felső akasztón a feszítőcsavart addig állítjuk, amíg a szekrény vízmértékkel függőben van. A hátlapot nem szabad a falhoz csavarozni, mert az elhúzza a korpuszt.
2. **A munkalap eltörik a mosogató kivágásánál.** Ok: túl kevés anyag maradt a kivágás és a munkalap széle között, vagy a sarok túl éles lett. Javítás: a kivágás sarkait rádiuszosan kell kialakítani, a minimális peremvastagságot a munkalap gyártója adja meg (ellenőrizendő).
3. **Az ajtó folyton visszagurul a beépített szekrényen.** Ok: a talp nincs vízszintben; a tolóajtó alsó vezetője vagy a görgő magassága nincs beállítva. Javítás: szintezd meg a szekrény korpuszát, majd a görgő állítócsavarján emeld meg az alacsonyabb oldalt.
4. **A takaróléc nem illeszkedik a falhoz.** Ok: a fal nem sík, a léc gyári széle egyenes. Javítás: a léceket a falhoz kell szabni (beszúrni), vagy rugalmas hézagoló profilt kell használni.
5. **A fiók elakad.** Ok: a korpusz nincs a padlóhoz szintezve, a felső vezető csavarja laza. Javítás: vízmértékkel addig állítsd a lábakat, amíg a fiók akadásmentesen fut.

43.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Egy új építésű lakásban a megrendelő reklamálta, hogy a gardróbszekrény tolóajtaja folyton az egyik oldalra csúszik. A szerelő kiszállt, és először a görgőt állította meg, de az ajtó továbbra is „vándorolt”. A szerelő ezután vízmértéket tett a szekrény tetejére, és észrevette, hogy a padló 5 mm-t lejt. A szekrény korpuszát a magasabb oldalon alátéttel megemelte, majd az

ajtót újra függőbe állította. Az ajtó ezután a helyén maradt. A hiba nem a vasalatban volt, hanem a szintezés hiányában.

43.2.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A felső szekrényt közvetlenül a hátlapján keresztül kell a falhoz csavarozni, mert az a legszilárdabb rögzítés.
2. Miért a padló legmagasabb pontjához szintezünk?
3. Igaz vagy hamis? A munkalap kivágásának sarkát élesen, derékszögben kell kivágni, hogy a mosogató pontosan illeszkedjen.
4. Mi a teendő, ha a falhoz illesztett munkalap és a fal között 10 mm-es hézag van (mindkét csatlakozástípusnál a megengedettnél nagyobb)?
5. Mennyit kell alátételnek tenni egy szekrény alá, ha a padló bal oldala 2 mm-rel alacsonyabb, mint a jobb?

Válaszok: lásd a Megoldások elején.

43.2.14. Feladatok

1. feladat (A) Nevezz meg három okot, amiért a bútorajtó a helyszíni szerelés után kinyílhat vagy akadhat.

2. feladat (A) A felső szekrényeket milyen vasalattal kell felfüggeszteni? Miért nem elég a hátlapon átfúrt csavar?

3. feladat (B) Egy konyha alsó sora 2400 mm hosszú. A padló bal oldala 0 mm, a jobb oldala 6 mm-rel alacsonyabb. A szekrény magassága 780 mm, a munkalap 38 mm. A cél az 900 mm-es munkalapfelső. Mennyi legyen a láb magassága a bal és a jobb oldalon? Számold ki, és ellenőrizd.

4. feladat (B) Készíts szerelési ellenőrzőlistát egy beépített szekrény tolóajtójának beállításához. Sorolj fel legalább négy pontot.

5. feladat (C) A megrendelő azt kéri, hogy a falpanel mögé ne tegyél szellőzőhézagot, mert elveszi a helyet a szobából. Hogyan döntesz? Milyen műszaki érvek szólnak a hézag mellett vagy ellen?

6. feladat (D) Egy belsőépítészeti pult szerelésekor a jobb oldali fiók akad, bal oldalt nem. A vízmérték szerint a korpusz vízszintes, a fióksín csavarja laza. Írd le, mit ellenőrzel, és milyen sorrendben, hogy a hibát megszüntesd.

43.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A felső szekrényt akasztóvasalattal kell felfüggeszteni, a hátlapon átfúrt csavar elhúzná a korpuszt és nem biztonságos.
2. Mert ha a legalacsonyabb ponthoz szintezünk, a többi elemnél elfogy az állítási tartalék, és alá kell tenni; a legmagasabb pont az, amihez minden elem hozzáállítható.
3. Hamis. A sarkot rádiuszosan kell kivágni, hogy a feszültség ne koncentrálódjon, különben a munkalap repedhet.

4. A hézag mindkét csatlakozástípusnál (takarólécesnél 3–5 mm, szilikonosnál legfeljebb 2–3 mm) túl nagy; takaróléccel vagy rugalmas hézagprofillal kell zárni, előtte ellenőrizni, hogy a gyártási tűrésen belül vagyunk-e.
5. 2 mm alátétet kell tenni a bal oldal alá, hogy a korpusz vízszintes legyen.

Feladatok megoldásai

1. Az ajtó azért akadhat, mert (1) a korpusz nincs vízszintben, (2) a falhoz rögzítő elhúzta a korpuszt, (3) a pánt elállítódott a szállítás vagy szerelés közben, (4) a szomszédos ajtó illesztése nem síkban történt.
2. Akasztósínre vagy akasztóvasalatra kell függeszteni. A hátlapon átfúrt csavar nem ad állítható, teherbíró függesztést, a hátlap kiszakadhat, és a szekrény nem állítható függőbe.
3. Képlet: $l = 900 - 38 - 780 = 82$ mm a vízszinteshez. A jobb oldal 6 mm-rel alacsonyabb, ezért arra az oldalra $82 + 6 = 88$ mm kell. Bal oldal: 82 mm.
4. Ellenőrzőlista: (1) A korpusz vízszintes és függőleges. (2) A felső vezetősín a korpusz felső élével párhuzamos. (3) Az alsó sín csavarja rögzített. (4) A tolóajtó függőben van, nem ér a korpusz oldalához. (5) Az ajtó lassan becsukva a középső pozícióban megáll, nem gurul el. (6) Az ajtó és a korpusz között egyenletes hézag van.
5. A szellőzőhézagot meg kell tartani, különösen akkor, ha a fal páraérzékeny vagy a helyiség páratartalma ingadozik. A hézag nélkül a panel mögött pára csapódhat le, penész képződhet. Ha a vevő ragaszkodik a minimális mérethez, szakmailag akkor is 10 mm (tájékoztató) légrést kell biztosítani; ezt szellőzőráccsal kell lezárni. Ha a fal száraz és fűtött belső tér, a gyártó utasítása szerint lehet kisebb, de a penészkockázat miatt a teljes elhagyás szakmailag nem vállalható.
6. Sorrend: (1) Áramtalanítsd a gépet, ha van a közelben. (2) Húzd ki a fiókot, és vizsgáld meg a sínt; a csavar laza. (3) Igazítsd meg a sínt, és húzd meg a csavart. (4) Ha a sín sérült, cseréld ki. (5) Húzd be a fiókot, ellenőrizd a mozgást. (6) Ha továbbra is akad, mérd meg a fiók és a korpusz párhuzamosságát; a korpusz feszülése esetén a láb állításával szüntesd meg a deformációt. ∎

43.2.16. Rövid összefoglaló

A bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése a bázissíkok meghatározásával kezdődik: a padló legmagasabb és a fal legkiállóbb pontjához igazítjuk az elemeket. A konyhabútor alsó elemét állítható lábakkal szintezzük, a korpuszokat összefogjuk, a felső szekrényeket akasztóvasalattal függesztjük. A munkalapot a falhoz beszúrjuk, a kivágásokat a gyártói sablon szerint készítjük. A beépített szekrényeknél a fal és mennyezet eltéréseit takarólécekkel és hézagokkal kezeljük, a tolóajtó beállítása a korpusz szintezésén és a görgő függőleges állításán múlik. A belsőépítészeti termékek (falpanel, pult) szerelésnél a szellőzést és a teherbírást egyaránt ellenőrizni kell. A munka mindig **átadás-átvétellel** zárul: a vevővel közösen végignézzük a terméket, a hibákat azonnal javítjuk, és aláíratjuk az átadási jegyzőkönyvet. **Továbbvitt eredmény.** A bútor helyszíni szerelésének itt megtanult szintezési, rögzítési és beállítási sorrendje a Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése alfejezetben az ajtók és ablakok beépítését, a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben a komplex szerelési feladatokat, valamint a záró vizsga gyakorlati fordulóját alapozza meg.

43.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: a bútorvasalatok gyártói beépítési útmutatói (akasztóvasalat, állítható láb, tolóajtó), a munkalapgyártók beépítési sablonjai, a falazatnak megfelelő dübel és csavar gyártói

adatlapja, a helyszíni szerelésre vonatkozó asztalos szakmai gyakorlat. Ellenőrizendő: az állítható lábak gyártónkénti állítási tartománya, a munkalap sarokkivágás minimális rádiusza, a szellőzőhézag konkrét mérete, a dübel teherbírási adatai, a konyhai beépített gépekhez szükséges minimális távolságok. A számításokban szereplő méretek tájékoztató példák, nem tervezési vagy kivitelezési előírások.

43.3. Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése

43.3.1. Miért tanuljuk ezt?

Egy megrendelő új belső ajtót szeretne a nappali és az előszoba közé. A gyárból megérkezett a tok, az ajtólap, a vasalat és a tömítőanyag. A vevő nem a kartont akarja látni, hanem azt, hogy az ajtó könnyen jár, a tok függőleges, a hézagok egyenletesek, és a festés sérülésmentes marad.

Ha a helyszíni beépítés hibás, a legszebb ajtó is szorulni fog, a tok eláll a faltól, a szerelőhab kidomborodik, vagy a zár nem talál a zárlemezbe. Az ablaknál ugyanez a helyzet: a rosszul tömített csatlakozási hézagon beázik, penész indul, és a hőszigetelés sem működik.

Ebben az alfejezetben azt tanuljuk meg, hogyan kerülnek a helyükre az épületasztalos-ipari szerkezetek: ajtó, ablak, lépcső, burkolat és kültéri termék.

43.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy beltéri ajtótokot emelsz be a falnyílásba. A tok nincs még rögzítve. Két ék tartja alul, a tetejénél egy vízmértéket szorítasz a tok oldalához. A buborék kissé jobbra áll, ezért a tokot bal oldalon megemeled. Ezután befúrod az első csavart, de nem húzod meg teljesen, mert előbb meg kell győződnöd arról, hogy a tok síkban van, és az ajtólap minden ponton egyenletes hézaggal illeszkedik majd.

A helyszíni beépítés lényege nem a gyorsaság: előbb minden helyzetet ellenőrzöl, utána rögzítesz, és csak a végén tömítesz.

43.3.3. A helyszíni beépítés alapelvei

Definíció. A **helyszíni beépítés** az a munkafolyamat, amelynek során az üzemben vagy műhelyben elkészített épületasztalos-ipari terméket a felhasználás helyén, az épület szerkezetéhez kapcsoljuk.

A beépítés nem csak rögzítésből áll. Magában foglalja:

- a helyszín ellenőrzését,
- a nyílás vagy szerkezeti környezet előkészítését,
- a termék függőzését, szintezését és ékelését,
- a rögzítést mechanikai elemekkel,
- a mozgási és szerelési hézagok kitöltését,
- a szerelvények, vasalatok beállítását,
- a tömítést és a felületi hibák javítását.

A bútoripari szereléssel ellentétben itt a termék a **falhoz, födémhez vagy padozathoz** kapcsolódik. Ezért az épületszerkezet tűrését is figyelembe kell venni.

Szabály. Az épületasztalos-ipari terméket először **pozícióba kell állítani**, majd ideiglenesen rögzíteni, ellenőrizni, és csak ezután szabad véglegesen rögzíteni.

43.3.4. Helyszíni összeépítési terv és sorrend

A helyszíni beépítést is a **rajz–anyag–művelet hármas** szerint készítsük elő.

1. Nézd meg a felmérési méreteket és a gyártási rajzot.
2. Ellenőrizd a helyszíni nyílás méretét.
3. Győződj meg arról, hogy a termék elemei hiánytalanok.
4. Állítsd be a munkaállványt vagy létrát.
5. Emeld a tokot vagy szerkezetet a nyílásba.
6. Függőzd és ékeld.
7. Rögzítsd mechanikai kötőelemmel.
8. Szereld be az ajtólapot, ablakot vagy lépcsőelemet.
9. Állítsd be a vasalatot.
10. Tömítsd a hézagokat.
11. Tisztítsd meg a felületet és ellenőrizd a működést.

A sorrend azért fontos, mert a tömítőanyag és a szerelőhab csak a **végleges rögzítés után** kerül a helyére. Ha előbb tömítesz, és utána mozdítod a tokot, a tömítés elválik a faltól.

43.3.5. Beltéri ajtótok beépítése

A beltéri ajtótok beépítésének célja, hogy az ajtólap könnyen, de ne lazán járjon, és a tok ne deformálódjon a falszerkezet mozgása közben.

43.3.5.1. A tok függőzése

Függőzésnek nevezzük azt a műveletet, amikor a tokot vízszintes és függőleges síkban a lehető legpontosabban a kívánt helyzetébe állítjuk.

A tokot három irányban kell ellenőrizni:

- a tok két oldalfája függőleges legyen,
- a tok felső része vízszintes legyen,
- a tok síkban legyen a fal síkjával, vagy a tervezett falsíkhoz képest egyenletesen előre vagy hátra álljon.

Példa. Ha a tok jobb oldala előre dől, az ajtólap a zár felőli oldalon alul vagy fölül súrolni fog. A tokot úgy ékeljük, hogy a vízmérték buboréka mindkét irányban középen maradjon.

43.3.5.2. A tok rögzítése

A rögzítés módja a falszerkezettől függ:

- tömör téglában csavar és műanyag dübel,
- poroton vagy könnyű falazatban speciális dübel vagy vegyi rögzítés,
- gipszkarton falban mögöttes fa- vagy fémvázra való csatlakozás.

A fába fúrt rögzítést mindig előfúrással készítsük, hogy a tok ne repedjen szét.

Tilos. A tokot kizárólag szerelőhabbal rögzíteni. A hab tömít, de nem biztosítja a tok hosszú távú mechanikai tartását. Az ajtótok mindig mechanikai kötőelemmel legyen rögzítve.

A mechanikai rögzítési pontok helyét a tok eltakarja, vagy takaróprofil, illetve tokzáró léccel fedi.

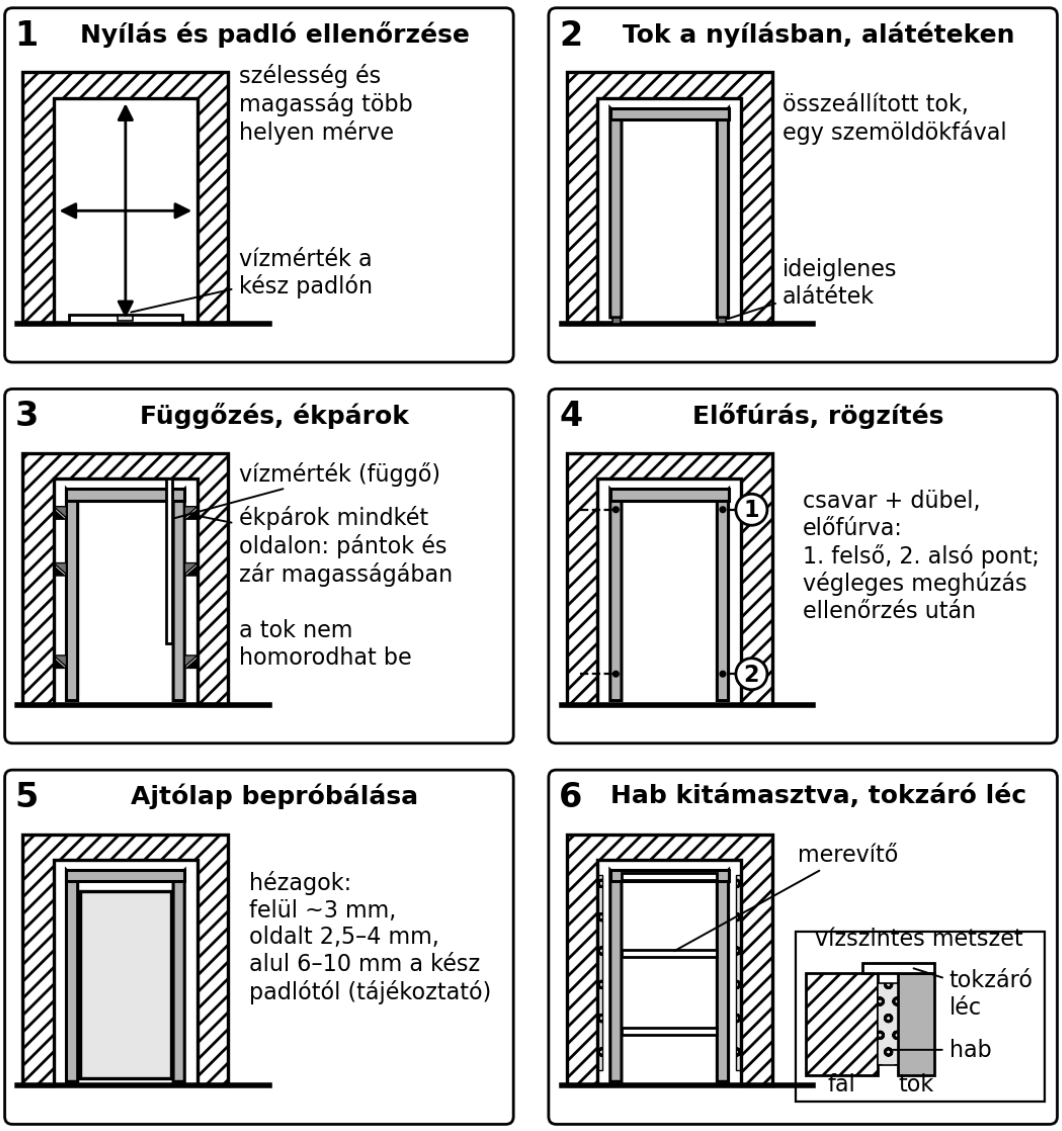
Irányérték. A rögzítési pontok osztásköze beltéri ajtótoknál jellemzően 600–900 mm. A pontok a saroktól körülbelül 150 mm-re kezdődnek. **(ellenőrizendő: gyártói és tűrési előírások)**

43.3.5.3. Az ajtótok beépítésének lépései

Recept. Beltéri ajtótok beépítése:

1. Ellenőrizd a falnyílás szélességét, magasságát és a padlóburkolat síkját.
2. Állítsd össze a tokot a gyártó utasítása szerint, ha szállításkor szétszerelt.
3. Emeld a tokot a nyílásba, és helyezz alá ideiglenes alátéteket.
4. Függőzd a tokot vízmértékkel és ékeld mindkét oldalon.
5. Ellenőrizd a tok belvilágát az ajtólap méreteihez.
6. Fúrd elő a rögzítési pontokat a tok oldalában.
7. Rögzítsd a tokot csavarral és dübellel; először a felső, majd az alsó ponton.
8. Addig ne húzd meg teljesen a csavarokat, amíg minden irány nem ellenőrzött.
9. Próbáld be az ajtólapot, ellenőrizd a hézagot, és a pántokat csak durván állítsd be; habozás előtt a lapot akaszd ki, vagy csukott lapnál tegyél távtartókat.
10. Töltsd ki a tok és a fal közötti hézagot szerelőhabbal vagy tömítőanyaggal, miközben a tokot belülről távtartó merevíti.
11. A hab megkötése után vágd le a felesleget, és állítsd be véglegesre a pántokat és a zárbetétet.
12. Takard le a hézagot tokzáró léccel, és tisztítsd meg a felületet.

Figyelem. A szerelőhab megkötés után terjeszkedik. A túl sok hab kidöntheti a tokot. Ezért a tokot a hézagkitöltés idejére belülről távtartó fadarabokkal vagy állítható távtartóval merevítsd ki. **(ellenőrizendő: hab gyártói adatlapja)**



43.7. ábra. Beltéri ajtótok beépítése hat lépésben: nyílás és padló ellenőrzése, tok ideiglenes alátéteken, függőzés és ékpárok a pántok és a zár magasságában, előfúrás és rögzítés (előbb a felső, majd az alsó pont), ajtólap bepróbálása, habosítás kitámasztott tokkal és tokzáró léc (sematikus vonalrajz)

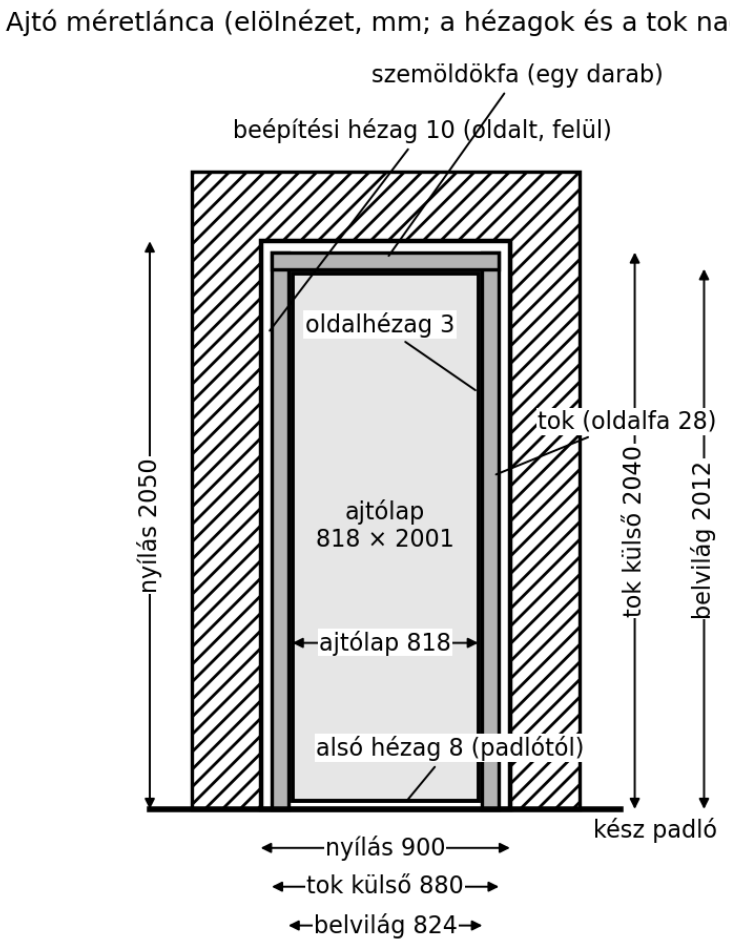
43.3.6. Ajtólap beillesztése és beállítása

Az ajtólap és a tok közötti hézag egyenletes eloszlása a minőségi munka jele.

Irányértékek belső ajtóknál:

- felső hézag: körülbelül 3 mm,
- alsó hézag a kész padlószint felett: 6–10 mm,
- oldalsó hézag: 2,5–4 mm oldalanként,
- a zár felőli oldalon a szükséges hátrahúzás, ha a zárbetétnek kell hely.

Ezek az értékek a gyártó és a vasalat függvényében változnak, ezért **(ellenőrizendő: vasalatgyártó adatlapja és a vonatkozó beépítési előírás)**.



43.8. ábra. Ajtónyílás, tok és ajtólap méretlánca elölnézetben: nyílás 900 × 2050, tok külső 880 × 2040, belvilág 824 × 2012, ajtólap 818 × 2001 mm (a tok a kész padlón áll, egy szemöldökfa)

A méretlánc kívülről befelé halad: a nyílásból a beépítési hézagok levonásával kapjuk a tok külső méretét; a belvilág szélességéhez kétszer, a magasságához csak egyszer vonjuk le a tokvastagságot, mert alul nincs tokszár; végül a belvilágból az ajtóhézagok levonásával adódik az ajtólap. A HTML-kiadásban minden hézag csúszkával állítható.

A hézagot úgy ellenőrizzük, hogy az ajtó csukott állapotában a zár felőli és a pánt felőli oldalon is megmérjük. Ha az egyik oldalon nagy, a másikon kicsi a hézag, a tok vagy az ajtólap nem áll derékszögben.

43.3.7. Épületasztalos-ipari szerelvények, vasalatok felszerelése

A helyszíni beépítés során nem elég a vasalatot felcsavarozni; azt be is kell állítani.

Beltéri ajtónál a zárbetét behelyezése után a zárlemez pontos pozícióját jelöljük. A zárnyelvnek középen, súrlódásmentesen kell a zárlemezbe futnia. A pántok magassági és oldalirányú állításával az ajtólapot a tokhoz igazítjuk.

Ablaknál a bukó-nyíló vasalat elemeit a gyártó szerint szereljük. A sarokpántok rögzítése után ellenőrizzük a szárny illeszkedését. A zárócsapok excenterei az ellennyomást szabályozzák. A vasalat akkor jó, ha a kilincs könnyen mozog, a szárny nem csapódik, és a tömítőprofilok körben egyenletesen érintkeznek.

43.3.8. Ablakbeépítés

Az ablak beépítése az egyik legkritikusabb művelet, mert a víz- és páratechnikai hibák nem azonnal, hanem hónapokkal később jelentkeznek.

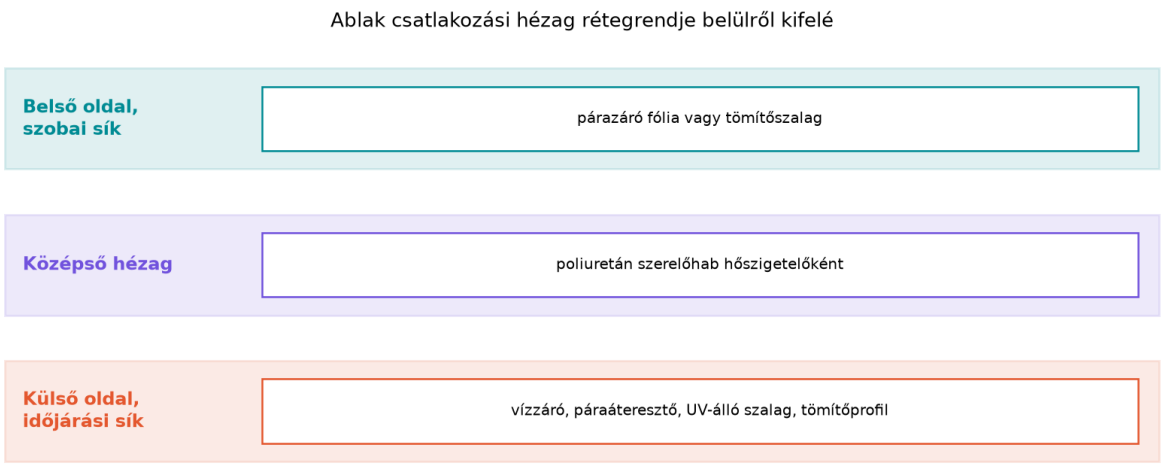
43.3.8.1. A csatlakozási hézag rétegei

Az ablak és a szerkezeti nyílás között **csatlakozási hézagot** kell kialakítani, amely három funkciót lát el:

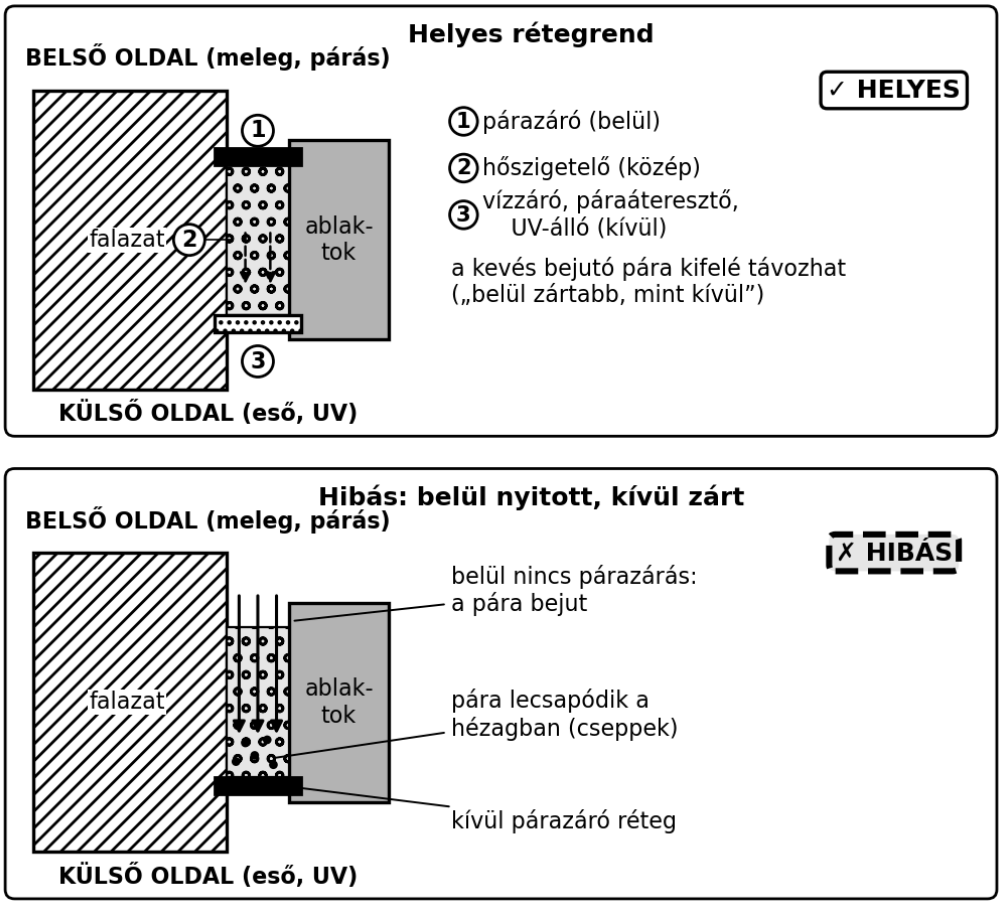
- belülről **párazár**,
- kívülről **vízzáró (csapóeső ellen), de páraáteresztő és UV-álló**,
- középen **hőszigetel**.

Nem szabad minden réteget kívül-belül páraáteresztőként megoldani, és nem szabad a belső oldalt vízhatlan fóliával lezárni, ha a külső oldal párazáró, mert a hézagban pára záródhat be.

A pontos rétegfelépítés az alábbi:



43.9. ábra. Ablak csatlakozási hézag rétegrendje belülről kifelé - Szemléltető rétegrend. A konkrét anyagok és sorrendek a beépítési szabvány és a gyártói előírás szerint ellenőrizendők.



43.10. ábra. Az ablak csatlakozási hézaga vízszintes metszetben: helyesen belül párazáró, középen hőszigetelő, kívül vízzáró, de páraáteresztő és UV-álló réteg; hibásan belül nyitott, kívül zárt rétegrend, a hézagban pára csapódik ki

Szabály. Az ablak beépítésekor a **belső oldalon párazáró**, a **külső oldalon vízzáró, de páraáteresztő** réteg legyen. Alapelv: belül zártabb, mint kívül. A középső hézag hőszigetelő és páratechnikai tulajdonságait a beépítési szabvány szerint kell megválasztani. **(ellenőrizendő: a hazai nyílászáró-beépítési irányelv/műszaki előírás és a gyártói beépítési útmutató; a termék teljesítményét – pl. vízzárás, vizsgálat: MSZ EN 1027; termékszabvány: MSZ EN 14351-1 ablak és külső ajtó, MSZ EN 14351-2 beltéri ajtó – a teljesítménynyilatkozat adja, hatályos kiadás ellenőrizendő)**

43.3.8.2. Rögzítési pontok

Az ablak rögzítésének elve megegyezik az ajtótokéval: mechanikai kötőelemmel rögzítsünk, és a hab önmagában nem rögzít.

Irányértékek:

- a rögzítési pontok távolsága: 600–700 mm,
- a saroktól mért távolság: 100–150 mm,
- a kötőelem mélysége a falazatban: a dübel gyártója szerint.

Az ablakot ékeléssel hozzuk a tervezett síkba. A tokot alátétekkel emeljük a vízszintes, majd csavarokkal rögzítjük.

43.3.8.3. Ablakbeépítés lépései

Recept. Ablak beépítése:

1. Ellenőrizd a falnyílás méreteit és a párkány magassági vonalát.
2. Szereld le vagy védd a szárnyat, ha a tokot könnyebb emelni nélküle.
3. Helyezz be párazáró belső tömítőszalagot a tok belső síkja mentén.
4. Emeld a tokot a nyílásba, és ékeld a szerelési hézagba.
5. Függőzd és szintezd mindkét irányban.
6. Fúrd elő a tokot a rögzítési pontokon.
7. Rögzítsd a tokot csavarral és dübellel.
8. Szereld vissza a szárnyat, és állítsd be a vasalatot.
9. Töltsd ki a hézagot szerelőhabbal vagy más hőszigetelő kitöltéssel.
10. Kívülről szereld fel a vízzáró, páraáteresztő, UV-álló tömítést, belülről a párazáró felületet.
11. Szereld fel a külső párkányt, ablakpárkányt és takaróprofilokat.
12. Tisztítsd meg és ellenőrizd a működést.

Figyelem. A külső tömítés soha ne zárja el a vízkivezető nyílásokat. Az ablak alsó profilján lévő vízorr vagy vízkivezető nyílás a bejutó vizet a szabadba engedi. Ha ezt eltömíted, a víz a tokban marad. **(ellenőrizendő: profilgyártó utasítása)**

43.3.9. Lépcsők beépítése

A falépcső helyszíni beépítése a gyártásnál is pontosabb munka, mert a szereléskor a szintkülönbség és a csatlakozó szerkezetek tűréseit is figyelembe kell venni.

A lépcső elemei a műhelyben készülnek, de a végleges rögzítés a helyszínen történik. A pofás lépcsőt a falhoz és a födémhez csatlakoztatják. Az illeszkedést fém sarokkengyelekkel, csavarokkal és dübelekkel biztosítják.

A lépcső beépítési sorrendje:

1. A felső és alsó csatlakozási pontokat jelöld ki.
2. Ellenőrizd a szintkülönbséget és a vízszintes fogadósíkot.
3. Emeld a lépcsőtestet a helyére.
4. Ideiglenesen támassz alá, és ellenőrizd a járóvonal magasságát.
5. Ellenőrizd a fokok vízszintességét.
6. Rögzítsd a pofákat a csatlakozó szerkezetekhez.
7. Szereld fel a korlátot és a kapaszkodót a helyszíni illesztéssel.
8. Ellenőrizd a lépcsőfokok terhelését és a kilengést.

Figyelem. A lépcső nem lóghat csak a felső csatlakozáson. A beépítés után a lépcső nem mozoghat. Ha a lépcső járás közben rugózik vagy nyekereg, a rögzítés nem megfelelő. **(ellenőrizendő: lépcsőre vonatkozó OTÉK-előírások és gyártói utasítások)**

43.3.10. Padlók és burkolatok beépítése

A parketta és a lambéria helyszíni beépítése az **aljzat előkészítésével** kezdődik.

A fa padló csak akkor lehet tartós, ha az aljzat:

- szilárd,
- egyenletes,

- száraz,
- és a párazáró réteg megfelelően van elhelyezve.

A deszkapadlót, parkettát vagy lamellát **úszó** vagy **rögzített** módon fektetik. A rögzített padló csavarral vagy ragasztással kapcsolódik az aljzathoz. Az úszó parketta pereménél **falhézag** marad a fa mozgása miatt. A fa padló a nedvesség hatására mindig dolgozik; ezért a fal melletti hézagot nem szabad merev tömítéssel kitölteni. A hézag lefedhető szegőléccel, de a lécet a falhoz, nem a padlóhoz rögzítjük.

A falburkolatnál, például lambériánál ugyanezt a mozgási elvet kell követni: a burkolati elemeket nem szabad feszesen egymásnak tolni.

43.3.11. Kültéri asztalosipari termékek beépítése

A kültéri termékeknél a víz- és UV-védelem mellett a szabadban jelentkező hőmozgást is figyelembe kell venni.

Kültéri termékek például:

- kerti bútor,
- kerti kapu,
- pergola,
- teraszburkolat,
- kerti lépcső.

A kültéri beépítés alapelvei:

- a faanyag legyen természetesen ellenálló vagy felületkezelt, de a talajjal közvetlenül érintkező anyagot oszloptartóval, fémsaruval vagy kőalappal emeljük ki a vízből,
- a kötőelemek rozsdamentesek legyenek,
- a csapadékvíz lefolyását biztosítani kell,
- a fa rugalmasan mozoghasson; ne legyen mereven összefogva.

A pergola oszlopai nem állhatnak közvetlenül a földben, mert a talajnedvesség és a farontó gombák hamar tönkreteszik. Az oszloptartó fémtalpak vagy betontalpak a vízelvezetést és a szellőzést is biztosítják.

43.3.12. Technológiai lap

Cím: Beltéri ajtótok és ajtólap helyszíni beépítése

Termék/alkatrész: belső ajtó tok, ajtólap, pánt, zár, tokzáró léc

Anyag: fa vagy faalapú tok, acél pántok, zár, dübel, csavar, szerelőhab, tömítőanyag

Gépek és szerszámok: ütvefúró, csavarozó, fúrószárak, vízmérték, lézer vagy zsinór, ékek, távtartók, csavarhúzó, mérőszalag, olló, kés a hab levágásához, kalapács

Gépbiztonság. A fúrógéphez a betanítás és felügyelet kötelező. Védőszemüveg, porálarc, hallásvédő, térdvédő használata indokolt. A szerelőhab kevert gőze irritálhat, ezért szellőztess, és viselj védőkesztyűt. A fúrás előtt győződj meg arról, hogy a falban nem halad elektromos vezeték vagy vízcső (fém- és vezetékkeresővel ellenőrizd). A munkaterületet tartsd szabadon.

Indítás előtti ellenőrzés: a fúrógép működőképes, a fúrószár nem repedt, a hosszabbító hibátlan, a létra stabil. A nyílás tiszta, a padló a munkaterületen védett.

Lépések:

1. Ellenőrizd a nyílás szélességét, magasságát és átlóit mérőszalaggal. – ellenőrzés: méretek a felmérési rajz szerint, legfeljebb ±5 mm eltérés, tájékoztató érték.
2. Állítsd össze a tokot a gyári kötésekkel. – ellenőrzés: sarokillesztés derékszög.
3. Emeld a tokot a nyílásba, helyezz alá távtartókat. – ellenőrzés: a tok stabilan áll.
4. Függőzd a tokot vízmértékkel, mindkét oldalfán. – ellenőrzés: buborék középen mindkét irányban.
5. Ékeld a tokot a falnyílásban a rögzítési pontok közelében. – ellenőrzés: a tok nem mozdul a mérés közben.
6. Jelöld ki a rögzítési pontokat, fúrd át a tokot, majd a falat. – ellenőrzés: a furat mélysége a dübel hosszának megfelel.
7. Csavarozd be a dübeleket és a csavarokat, először a felső pontokon. – ellenőrzés: a csavarok szorosan, de a tokot nem húzva deformálva.
8. Ellenőrizd újra a tok függőzését és a falhoz viszonyított síkját. – ellenőrzés: vízmérték, fal és tok síkja.
9. Akaszd be az ajtólapot a pántokra, durván állítsd be a pántokat, és ellenőrizd a hézagot, majd akaszd ki a lapot (vagy csukott lapnál tegyél távtartókat). – ellenőrzés: egyenletes 2,5–4 mm oldalt, 3 mm felül, 6–10 mm alul, tájékoztató érték.
10. Töltsd ki a hézagot szerelőhabbal, miközben a tokot belülről távtartó merevíti. – ellenőrzés: a hab nem feszíti a tokot, a tok belvilága nem csökkent.
11. A hab megkötése után vágd le a felesleget, akaszd vissza a lapot, és állítsd be véglegesre a pántokat, a zárlemezt és a zárnyelvet. – ellenőrzés: az ajtó csukódik, a zárnyelv középen fut.
12. Takard le a hézagot tokzáró léccel. – ellenőrzés: a léc egyenes, a felület tiszta.

Dokumentálás: Jegyezd fel a beépítés során mért méreteket, a rögzítési pontok távolságát, a hab típusát és az esetleges eltéréseket a munkanaplóba.

43.3.13. Minőségellenőrzés

Mit ellenőrzünk, mivel, és milyen tájékoztató tűréssel?

- **Tok függőlegessége:** vízmértékkel vagy lézerrel; eltérés legfeljebb ±1 mm 1 m-en, a tok teljes magasságán legfeljebb ±2 mm.
- **Tok vízszintessége:** ugyanaz.
- **Ajtóhézagok:** résmérővel; oldalt 2,5–4 mm, felül 3 mm, alul 6–10 mm, a termék és vasalat szerint.
- **Ablak záródása:** a szárny zárásakor a tömítőprofilok körben érintkezzenek; a hézag egyenletes.
- **Mechanikai rögzítés:** csavarok szorosan, a tok nem lóg; kézzel próbálva nincs elmozdulás.
- **Tömítés folytonossága:** a tömítőszalagokon nincs rés, vágás vagy hólyag.

Ha eltérést találsz, ne takard el, hanem oldd vissza a rögzítést, és javítsd ki az okot. A tömítőanyag csak a megfelelő pozíció után kerüljön a helyére.

43.3.14. Tipikus hibák és okaik

1. Az ajtó szorul, vagy nem záródik mindenhol.

Ok: a tok nincs síkban rögzítve, a pántok nincsenek beállítva, vagy a hab kidöntötte a tokot.
Helyes gyakorlat: a hab alkalmazása előtt a tokot belülről merevítsd, és a pántokat csak a tömítés után állítsd véglegesre.

2. Az ablak alul beázik, penész jelenik meg a belső sarkokban.

Ok: a belső oldali párazáró réteg hiányzik vagy sérült, így a lakás párája a hideg hézagba jut, és kicsapódik.
Helyes gyakorlat: a belső tömítést folytonosan, gyűrődés nélkül szereld fel, és a szerelőhabot csak a megfelelő pozíció után engedd megkötni.

3. A kültéri kapu fél év után megvetemedik, és a zárszerkezet akad.

Ok: a faanyagot mereven, mozgást nem engedve rögzítették, vagy a kötőelemek nem rozsdamentesek, és a fa nem tudott szellőzni.
Helyes gyakorlat: a kapu keretét úgy rögzítsd, hogy a lap hő- és nedvességmozgását a vasalat és a hézagok fel tudják venni; a kötőelem legyen rozsdamentes.

43.3.15. Valós életbeli alkalmazás

Egy lakóépületben három belső ajtót cseréltek. Az első ajtót a szerelő gyorsan rögzítette, de a szerelőhabot azonnal, távtartó nélkül nyomta a résbe. A hab megkötésekor a tok belvilága középen 2 mm-rel szűkebb lett. Az ajtólap ugyan befért, de a zár környékén súrolt, és a festés hamar megkopott.

A második ajtónál ugyanaz a szerelő már a tokot belülről távtartókkal merevítette, és csak a hab megkötése után szerelte be az ajtólapot. A hézagok egyenletesek lettek, a zárnyelv középre futott, és a vevő nem reklamált.

A tanulság: a hab nem rögzítőelem, hanem tömítőanyag, amely terjeszkedik. A tokot mechanikailag kell rögzíteni, és a hab használata közben a méreteket védeni kell.

43.3.16. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az ajtótokot elegendő szerelőhabbal rögzíteni, mert a hab megszilárdulva tart.
2. Mi a helyes sorrend a tok rögzítésekor: előbb a tömítés, vagy előbb a mechanikai rögzítés?
3. Nevezd meg az ablak csatlakozási hézag három fő rétegét belülről kifelé haladva!
4. Miért nem szabad a falburkolatot feszesen a falhoz nyomni?
5. Mi a teendő, ha az ajtótok függőzése után a vízmérték az egyik oldalon eltérést mutat, de a csavart már meghúztad?

43.3.17. Feladatok

1. feladat (A) Sorold fel az épületasztalos-ipari beépítés lépéseit, és jelöld, melyik lépés után szabad csak tömíteni.

2. feladat (A) Milyen egyéni védőeszközöket használhatsz az ajtótok beépítésekor, és mi ellen védenek?

3. feladat (B) Egy beltéri ajtónyílás szélessége 900 mm, magassága 2050 mm. A beépítési hézag oldalanként 10 mm, felül 10 mm, alul 0 mm (a tok lába a kész padlón áll). Mekkora legyen a tok külső szélessége és magassága?

4. feladat (B) Ugyanannál az ajtónál a tok vastagsága 28 mm. A tok belvilágát mérd ki: a tok külső szélessége 880 mm, magassága 2040 mm. Mekkora legyen az ajtólap szélessége és magassága, ha a tervezett hézag oldalt 3 mm, felül 3 mm, alul 8 mm (az ajtólap alja és a kész padló között)? A tok felül szemöldökfával rendelkezik, alul nincs tokszár.

5. feladat (C) Egy ablakot kell beépítened. A falnyílás szélessége 1200 mm, magassága 1500 mm. A szerelési hézag oldalanként 12 mm, felül 12 mm, alul 10 mm. A profilmélység 70 mm. Mekkora a csatlakozási hézag teljes térfogata? Adj magyarázatot, miért fontos ez a szerelőhab mennyiségének becslésénél.

6. feladat (D) Készíts technológiai lapot egy kültéri kapu beépítéséhez. A kapu szélessége 1000 mm, magassága 1800 mm. A kapuoszlopok fémlábakra szerelve kapcsolódnak a betontalpakhoz. Térj ki a rögzítésre, a rozsdamentes kötőelemekre, a vízelvezetésre és a kapuszárny mozgására.

43.3.18. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok:

1. Hamis. A tokot mechanikai kötőelemmel (csavar, dübel) kell rögzíteni; a hab csak tömít és hőszigetel, illetve nem biztosítja a tartósságot.
2. Előbb a mechanikai rögzítés, utána a tömítés. A tömítőanyag és a hab csak a végleges rögzítés után kerülhet a helyére.
3. Belülről kifelé: párazáró réteg, középső hőszigetelő hézag (pl. szerelőhab), külső vízzáró, páraáteresztő és UV-álló réteg.
4. Mert a fa nedvesség hatására zsugorodik-dagad; feszes beépítésnél felpúposodik vagy megreped.
5. Engedd ki a csavart, igazítsd újra a tokot ékekkel, és ismét húzd meg, miután minden irányt ellenőriztél. Ha a furat már túl nagy, használj nagyobb dübelt vagy kötőelemet a gyártó szerint.

1. feladat (A)

A lépések: felmérés és nyílás ellenőrzése, tok összeállítása, beemelés, függőzés, ideiglenes ékelés, mechanikai rögzítés, ajtólap beillesztése, vasalat beállítása, tömítés, takarás, tisztítás. Tömíteni csak a mechanikai rögzítés és beállítás után szabad.

2. feladat (A)

Védőszemüveg (fúrásnál repülő forgács, por), porálarc (fúrási por), hallásvédő (ütvefúró zaja), védőkesztyű (szerelőhab, éles fémanyagok), térdvédő (térdeplés). A fúrógéphez betanítás és felügyelet kell.

3. feladat (B)

Adott: nyílásszélesség $B_n = 900$ mm, nyílásmagasság $H_n = 2050$ mm; oldalsó hézag $h_o = 10$ mm, felső hézag $h_f = 10$ mm, alsó beépítési hézag $h_a = 0$ mm (a tok lába a kész padlón áll).

Tok külső szélessége: $B_t = B_n - 2h_o = 900 - 2 \cdot 10 = 880$ mm.

Tok külső magassága: $H_t = H_n - h_f - h_a = 2050 - 10 - 0 = 2040$ mm.

Ellenőrzés: $880 + 2 \cdot 10 = 900$, $2040 + 10 + 0 = 2050$. ∎

4. feladat (B)

Adott: tok külső szélessége $B_t = 880$ mm, tok falvastagsága $v = 28$ mm; tok külső magassága $H_t = 2040$ mm (felül szemöldökfa, alul nincs tokszár); hézagok: oldalt $h_o = 3$ mm, felül $h_f = 3$ mm, alul $h_a = 8$ mm.

Tok belvilág szélessége: $B_b = B_t - 2v = 880 - 2 \cdot 28 = 824$ mm.

Tok belvilág magassága: $H_b = H_t - v = 2040 - 28 = 2012$ mm (csak a felső szemöldökfát vonjuk le).

Ajtólap szélessége: $B_l = B_b - 2h_o = 824 - 2 \cdot 3 = 818$ mm.

Ajtólap magassága: $H_l = H_b - h_f - h_a = 2012 - 3 - 8 = 2001$ mm.

Ellenőrzés: $818 + 2 \cdot 3 = 824$, $2001 + 3 + 8 = 2012$. A nagyságrend reális. ∎

5. feladat (C)

Adott: nyílásszélesség $B_n = 1200$ mm, nyílásmagasság $H_n = 1500$ mm; hézag oldalt $h_o = 12$ mm, felül $h_f = 12$ mm, alul $h_a = 10$ mm; hézagmélység $m = 70$ mm.

Teljes hézaghossz a kerület mentén: $C = 2\,(B_n + H_n) = 2\,(1200 + 1500) = 2 \cdot 2700 = 5400$ mm.

A hézag átlagos szélessége: a három irány súlyozott átlaga. Pontosabban a három irányt külön számoljuk a nyílás kerülete mentén: a két oldal $2 \cdot 1500 \cdot 12 = 36\,000$ mm^2, a felső szakasz $1200 \cdot 12 = 14\,400$ mm^2, az alsó $1200 \cdot 10 = 12\,000$ mm^2 keresztmetszet-összeget ad.

A hézag teljes felülete (a hézag keresztmetszeteinek hossz menti összege): $A = 36\,000 + 14\,400 + 12\,000 = 62\,400$ mm^2.

A hézag térfogata: $V = A \cdot m = 62\,400 \cdot 70 = 4\,368\,000$ mm^3.

Átváltás: 1 cm$^3 = 1000$ mm^3, ezért $V = 4368$ cm$^3 \approx 4{,}4$ l. A szükséges hab mennyiségét a gyártói kiadósság alapján becsüld (ellenőrizendő: adatlap), mert a hab kitágul, és a túl sok hab deformálhatja a tokot.

Ez a becslés azért fontos, mert a túl kevés hab hőszigetelésben hagy rést, a túl sok hab pedig megnyomhatja a tokot.

6. feladat (D)

Technológiai lap: kültéri kapu beépítése

Cél: a kapu merev rögzítése, rozsdamentes kötőelemekkel, a víz elvezetésével, a kapuszárny mozgásának megtartása mellett.

Anyagok: kapuszárny, kapuoszlopok, oszloptartó fémtalpak, betontalpak, rozsdamentes csavarok, alátétek, tömítőanyag.

Szerszámok: ütvefúró, csavarozó, vízmérték, mérőszalag, csavarbehajtó bitek, kulcs.

Gépbiztonság és egyéni védőeszközök: védőszemüveg, hallásvédő, porálarc, védőkesztyű. A fúrógépet csak betanítás után, felügyelettel használd.

Lépések:

1. Mérd meg a kapuoszlopok távolságát és a kapuszélességet. – ellenőrzés: a kapu mindkét oldalon 8–10 mm hézaggal illeszkedik.
2. Ellenőrizd a betontalpak és a fém oszloptartók síkját és vízszintjét. – ellenőrzés: vízmérték, nincs feszültség.
3. Rögzítsd az oszloptartókat a betontalpakhoz rozsdamentes dübelekkel. – ellenőrzés: a tartók szorosan, de az oszlop nincs megfeszítve.
4. Emeld az oszlopokat a tartókba, és ideiglenesen rögzítsd. – ellenőrzés: az oszlop függőleges.

5. Helyezd a kapuszárnyat a pántokra, és állítsd be a magasságot. – ellenőrzés: a kapu szabadon, ütközés nélkül mozog.
6. Húzd meg a pántcsavarokat és az oszloprögzítést. – ellenőrzés: a kapu terhelés alatt sem süllyed.
7. Szereld fel a zárat és a kallantyút, ellenőrizd a zárócsapot. – ellenőrzés: a zár könnyen jár, a kapu nem akad.
8. Biztosítsd a vízelvezetést: az oszlop talpánál hagyj szabad légrést, a fémtalpak ne álljanak vízben. – ellenőrzés: nincs vízmegállás.
9. Töltsd ki a hézagokat időjárásálló tömítőanyaggal, de a kapu mozgási hézagát ne rögzítsd. – ellenőrzés: a kapu a tömítés után is könnyen nyílik.

43.3.19. Rövid összefoglaló

A helyszíni beépítés a műhelyben készített épületasztalos-ipari termék épületszerkezethez kapcsolása. Az ajtótokot mindig mechanikai kötőelemmel (csavar, dübel) rögzítjük, soha nem önmagában szerelőhabbal. Először a tokot függőzzük, ékeljük, mechanikailag rögzítjük, és csak ezután tömítjük a hézagokat. Az ablak csatlakozási hézag belülről kifelé párazáró, hőszigetelő, külső vízzáró réteget kap. A vasalatokat a beépítés után állítjuk be. A lépcsőt, padlót, falburkolatot és kültéri termékeket a fa mozgását figyelembe véve, rozsdamentes kötőelemmel szereljük. **Továbbvitt eredmény.** Ez az alfejezet alapozza meg a vizsgafelkészítő részeket, mert a vizsgaremek műszaki dokumentációjában és a gyakorlati vizsgán is a helyszíni beépítés ellenőrzési és rögzítési elveit kell alkalmazni.

43.3.20. Források és ellenőrzési hiányok

- Ablakok és ajtók beépítési előírásai: a hazai nyílászáró-beépítési irányelv és a gyártói útmutató; termék- és vizsgálati szabványok (nem beépítési előírás): MSZ EN 14351-1 és -2, MSZ EN 1027 (ellenőrizendő: pontos szabványszámok, hivatkozott részek és hatály).
- Építési követelmények: OTÉK, OTSZ, valamint a lépcsőre, korlátra és nyílászáróra vonatkozó magyar előírások (ellenőrizendő: aktuális szöveg).
- Gyártói adatlapok: szerelőhab, tömítőszalag, dübel, csavar, vasalat, ajtó- és ablaktok (ellenőrizendő: termékspecifikus adatok, kiadósság, terjeszkedési mérték).
- Munkabiztonsági előírások: fúrógép, por- és zajexpozíció, szerelőhab kémiai biztonsága (ellenőrizendő: aktuális határértékek és jogszabályok).
- Faipari szakkönyvek a helyszíni beépítésről és a kültéri szerkezetekről.

44 A gyártási folyamat megtervezése

44.1. A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés

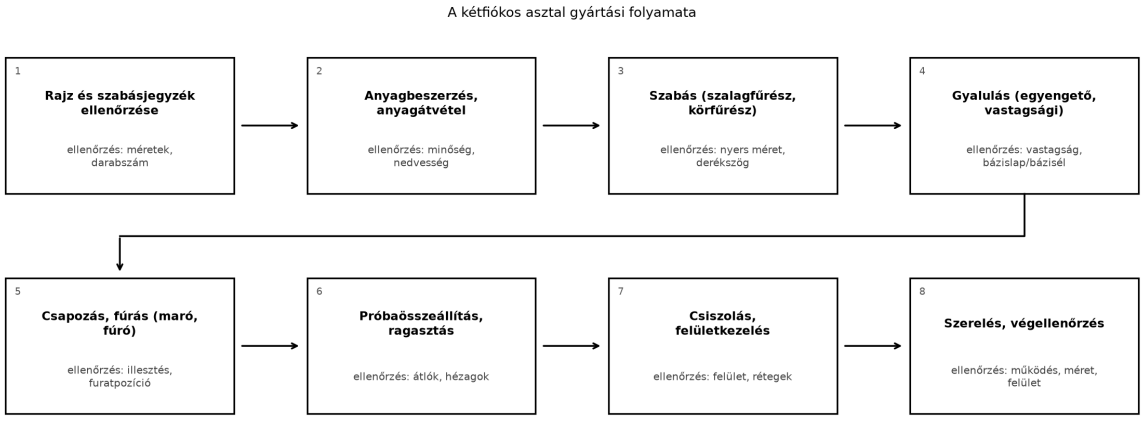
44.1.1. Motiváció

Egy megrendelő kétfiókos asztalt rendel, határidőre. A rajz és a szabásjegyzék elkészült, de a gyártás előtt meg kell válaszolni: milyen sorrendben dolgozzuk fel az alkatrészeket? Melyik gépet használjuk? Mennyi időt vesz igénybe? Mennyibe kerül a munka? Ha ezeket nem tervezzük meg előre, a műhelyben anyaghiány, géptorlódás, kapkodás és késés lesz. A **gyártástervezés** éppen ezt előzi meg: a rajztól a kész termékig minden lépést átgondolunk, számszerűsítünk és ütemezünk.

Képzelj el egy kis asztalosműhelyt. A raktárból a bútorlap a lapszabászgéphez kerül, onnan az éllezáróhoz, majd a sorozatfúróhoz, végül a szerelőasztalra. A tömörfa lábak a szalagfűrészhez, az egyengető- és vastagsági gyalugéphez, majd a marógéphez és a hosszlyukfúróhoz vándorolnak. Ha az anyagáramlás jól tervezett, minden darab egyszer halad végig a műhelyen, nem keresztezi a másik alkatrész útját, és minden gépnél pontosan akkor van, amikor szükség van rá.

44.1.2. Szemléletes kép

Az alábbi folyamatábra a kétfiókos asztal gyártásának főbb lépéseit mutatja. A dobozok műveletek, a nyilak az anyag haladási irányát jelölik. Az ellenőrzési pontokat minden doboz alsó sorában külön kiemeljük, mert a gyártástervezésben ezek megakadályozzák, hogy a hibás darab továbbmenjen.



44.1. ábra. A kétfiókos asztal gyártási folyamata - A fő műveletek sorrendje; minden doboz alsó sora az adott lépés ellenőrzési pontja (kapu): ha nem felel meg, a darab nem mehet tovább.

44.1.3. Definíciók és szabályok

Definíció. A **gyártástervezés** a termék előállításához szükséges műveletek, gépek, szerszámok, anyagok, idő- és költségigények előzetes meghatározása és ütemezése. Célja, hogy a gyártás zökkenőmentesen, határidőre és gazdaságosan valósuljon meg.

Definíció. A **műveletterv** a gyártási műveletek sorrendjét, gépeit, szerszámait, beállítási adatait, anyagait és időadatait tartalmazó dokumentum. Egy-egy művelethez tartozhat **technológiai lap**, amely a részletes, biztonsági előírásokkal ellátott eljárást írja le.

Definíció. Az **időnorma** az adott művelet elvégzéséhez szükséges idő, amely tartalmazza az előkészületi időt, a gépi időt, a kézi időt és a veszteségidőt. Az időnorma a gyártástervezés és az árkalkuláció alapja.

Definíció. Az **ütemezés** a műveletek időbeli elrendezése, az erőforrások (gépek, emberek, anyagok) hozzárendelése a határidőhöz. Egyszerű esetben **Gantt-diagrammal** ábrázoljuk.

Szabály. A gyártástervezés során a rajzból, a szabásjegyzékből és a műszaki leírásból indulunk ki. A műveletsor a **bázislap–bázisél** rendszerre épül: először egy sík és egy derékszögű él kialakítása, majd a méretre munkálás, végül a felületi műveletek. A csiszolás mindig a gépi megmunkálás után következik. A művelettervet a korábban tanult Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra alfejezetben ismertetett módon készítjük, és a Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája, valamint a Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája alfejezetekben bemutatott lépéseket foglalja egységes keretbe.

44.1.4. A gyártástervezés lépései

A gyártástervezés receptje, amelyet minden terméknél érdemes követni:

1. **A rajz és a dokumentáció ellenőrzése.** Ellenőrizzük a nézeteket, a metszeteket, a méreteket és a szabásjegyzéket. Meg kell győződni arról, hogy minden alkatrész rajzon szerepel, és a méretek összhangban vannak.
2. **Szabásjegyzék és anyagnorma készítése.** A rajz alapján minden alkatrészről meghatározzuk a kész és nyers méretet, az anyagot, a darabszámot, a rostirányt és az élzárási igényt.
3. **Anyagbeszerzés megtervezése.** A szabásjegyzékből kiszámítjuk a szükséges anyagmennyiséget (tömörfa m^3-ben, lapanyag m^2-ben, élzáró fm-ben, vasalat db-ban), hozzáadva a hulladékot és a tartalékot. Megrendeljük az anyagot, figyelembe véve a szállítási időt.
4. **A műveletsor meghatározása.** Felírjuk a gyártási lépéseket a nyers alkatrésztől a kész termékig, az anyagáramlás és a technológiai sorrend szerint.
5. **Gép- és szerszámválasztás, beállítási adatok.** Minden művelethez kiválasztjuk a gépet, a szerszámot, a beállítási értékeket (fordulatszám, előtolás, fogásmélység, ütközőméret).
6. **Időnorma becslése.** Minden műveletre megbecsüljük az előkészületi, gépi és kézi időt, majd hozzáadjuk a veszteségidőt.
7. **Ütemezés.** A műveleteket időben egymás után rendezzük, figyelembe véve a gépek rendelkezésre állását és a határidőt.
8. **Ellenőrzési pontok kijelölése.** Meghatározzuk, hol kell mérni, szemrevételezni és dokumentálni a minőséget.

Továbbvitt eredmény. A gyártásterv és az időnorma az árkalkuláció (Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció) és a vizsgaremek (Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés) dokumentációjának alapja.

44.1.5. Műveletterv a kétfiókos asztalhoz

Vegyünk egy kétfiókos asztalt, amelynek fő alkatrészei:

- 4 db láb (tölgy, 70 × 70 × 750 mm kész méret)
- 2 db oldalsó káva (tölgy, 20 × 70 × 500 mm)
- 1 db elülső káva (tölgy, 20 × 70 × 900 mm)
- 1 db hátsó káva (tölgy, 20 × 70 × 900 mm)
- 1 db középső fiókosztó (tölgy, 20 × 50 × 500 mm)
- 2 db fiók (homlok, oldalak, fenék, fogantyú)
- 1 db asztallap (tölgy, táblásított, 30 × 900 × 600 mm)

A fordulatszámok ellenőrzéséhez használd a forgácsolási sebesség képletét ($v = D\pi n/60\,000$), lásd az Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás alfejezetet. A **műveletterv** részletét az alábbi táblázat mutatja. Az adatok tájékoztató jellegűek, műhelyenként és géptípusonként változhatnak.

Sorszám	Művelet	Gép / szerszám	Beállítási adatok (tájékoztató)	Ellenőrzés
10	Szabás darabolása	Asztalos szalagfűrészgép	szélesebb (pl. 15–25 mm) szalag, a szalagsebesség a gépkönyv szerint (ellenőrizendő)	Hossz + 10 mm ráhagyás
20	Szélezés, szélesbítés	Asztalos körfűrészgép	250 mm-es hasító fűrészlap, kevesebb foggal (ellenőrizendő: szerszámgyártói adat), hasítóék beállítva	Derékszög, méret
30	Gyalulás (egyengető és vastagsági)	Egyengető gyalugép + vastagsági gyalugép	Késkiemelkedés 0,5–1 mm (ellenőrizendő), fogás 2 mm	Bázislap, bázisél, vastagság
40	Csapozás, fészkelés	Asztalos marógép + hosszlyukfúró	Csapozó szerszám az alsó marógépen (Ø180–250 mm, fordulatszám a szerszámon jelölt maximum alatt); fészek hosszlyukfúróval Ø10 mm, ~6000–9000 1/min (ellenőrizendő: gépkönyv/szerszámjelölés)	Csaphossz, fészekmélység, illesztés

Sorszám	Művelet	Gép / szerszám	Beállítási adatok (tájékoztató)	Ellenőrzés
50	Fiókoldal fogazása	Fecskefarkú fogazó sablon + felsőmarógép	12 mm-es maró, sablon szerint	Fogazás illeszkedése
60	Próbaösszeállítás	Kézi, szorítók	–	Derékszög, átlók
70	Ragasztás, préselés	Szorítók, prés	D3 ragasztó, préselési idő a gyártó szerint	Ragasztó kinyomódása, illesztés
80	Csiszolás	Excenter csiszológép, kézi csiszoló	P120–P180–P240 szemcse (ellenőrizendő)	Sima felület, élek letörve
90	Felületkezelés	Szórópisztoly	Alapozó, közbenső csiszolás, fedőlakk (gyártói adatlap)	Rétegvastagság, száradás
100	Vasalatok szerelése	Csavarozó, kézi	Fúróátmérő a csavarhoz	Működő fiók, laza illesztés

Gépbiztonság. A fenti műveletek betanított, felügyelt tanulónak szólnak. Minden gépen kötelező a géphez tartozó védőberendezés (burkolat, körfűrésznél hasítóék), a tolófa/toló-eszköz és az elszívás használata. Védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne dolgozz! A gépek indítás előtti ellenőrzését, a szerszámcserét és a beállítást a gépkönyv szerint, áramtalanítás után végezd. A kézi előtolású marógépnél tilos az egyenirányú (szinkron) marás: a munkadarabot mindig a szerszám forgásával szemben told (ellenirányú marás), és mindig használj tolólécet, ha a kéz közel kerülne a szerszámhoz. A fapor ellen elszívást és FFP2/FFP3 légzésvédőt használj.

44.1.6. Időnorma számítása

Az időnorma három fő összetevőből áll:

- **Előkészületi idő** (t_{el}): a gép beállítása, szerszámcsere, anyag előkészítése, ütközők állítása. Ez a sorozat nagyságától függetlenül egyszer merül fel.
- **Gépi idő** (t_{g}): a gép tényleges megmunkálási ideje, amely az előtolásból és a vágási hosszból számítható.
- **Kézi idő** (t_{k}): anyag adagolása, forgatás, leemelés, ellenőrzés, rakodás. Ide tartozik a munkadarab befogása és a gépből való eltávolítása.

A **darabidő** egy alkatrészre:

$$t_{\mathrm{darab}} = \frac{t_{\mathrm{el}}}{N} + t_{\mathrm{g}} + t_{\mathrm{k}}$$

ahol N a sorozatnagyság (hány azonos alkatrészt gyártunk). A **műveleti idő** a darabidő és a veszteségidő összege:

$$t_{\mathrm{norma}} = t_{\mathrm{darab}} \cdot (1 + p_{\mathrm{veszteség}})$$

ahol $p_{\text{veszteség}}$ a pihenési, anyagellátási és egyéb veszteség százalékos aránya (pl. 10–15 %, tájékoztató). A munkaóra-becslésnél a műveletek időnormáit összegezzük.

Számítási példa 1: lapszabászgép időnormája

Egy 18 mm vastag bútorlapot 900 mm hosszú, 600 mm széles méretre vágunk. A gép előtolása 8 m/min, a vágáshossz összesen $2 \times (900 + 600) = 3000$ mm $= 3{,}0$ m. A gépi idő:

$$t_{\text{g}} = \frac{l}{v_e} = \frac{3{,}0\,\text{m}}{8\,\text{m/min}} = 0{,}375\,\text{min} \approx 22{,}5\,\text{s}$$

A kézi idő (anyag adagolása, megfordítás, leemelés) tapasztalati érték: 0,4 perc. Az előkészületi idő (ütközőállítás, szerszámellenőrzés) 8 perc, sorozatnagyság $N = 10$ db. Ekkor:

$$t_{\text{darab}} = \frac{8{,}0\,\text{min}}{10} + 0{,}375\,\text{min} + 0{,}4\,\text{min} = 0{,}8 + 0{,}775 = 1{,}575\,\text{min}$$

Veszteség 12 %:

$$t_{\text{norma}} = 1{,}575 \cdot 1{,}12 = 1{,}764\,\text{min} \approx 1{,}8\,\text{min}$$

Egy darab lapszabási időnormája tehát kb. 1,8 perc.

Számítási példa 2: fúrási időnorma

A korpusz oldallapjába 4 sor furatot fúrunk, soronként 8 furattal, összesen 32 furat. A sorozatfúró (többorsós fúrógép) egy löketben egy sor 8 furatát fúrja, ezért 4 sor = 4 löket. A gép előtolása 0,1 m/min (tájékoztató, ellenőrizendő: gépkönyv), a furatmélység 13 mm, a szerszám be- és kiemelkedése 20 mm. Egy löket ciklusideje:

$$t_{\text{löket}} = \frac{13\,\text{mm} + 20\,\text{mm}}{0{,}1\,\text{m/min}} = \frac{33\,\text{mm}}{100\,\text{mm/min}} = 0{,}33\,\text{min}$$

A gépi idő 4 lökettel: $t_{\text{g}} = 4 \cdot 0{,}33 = 1{,}32\,\text{min}$. A kézi idő a lap behelyezése és kivétele: 0,8 min. Előkészületi idő (ütközők, szerszám) 15 perc, $N = 20$ lap. Darabidő:

$$t_{\text{darab}} = \frac{15}{20} + 1{,}32 + 0{,}8 = 0{,}75 + 2{,}12 = 2{,}87\,\text{min}$$

Veszteség 10 %-kal: $t_{\text{norma}} = 2{,}87 \cdot 1{,}10 = 3{,}157\,\text{min} \approx 3{,}16\,\text{min}$. Ez a fúrási művelet időnormája egy oldallapra.

Művelet	Időnorma (perc)

44.1.7. Munkaóra-becslés és költségszámítás

A **munkaóra-becslés** a gyártási műveletek időnormáinak összegzése. A kétfiókos asztalhoz az alábbi becslést készítjük (tájékoztató értékek, egyedi gyártás, 1 db):

Művelet	Időnorma (perc)
Szabás, darabolás	25
Gyalulás, méretre munkálás	40
Csapozás, fészkelés	60
Fiókgyártás (fogazás, összeállítás)	55
Próbaösszeállítás, igazítás	30
Ragasztás, préselés (várakozás nélkül)	45
Csiszolás	50
Felületkezelés (alapozó, fedőlakk)	40
Vasalatszerelés, végellenőrzés	30
Összesen	**375 perc = 6,25 óra**

Az órabér legyen **mintaár**: 5 500 Ft/óra (ellenőrizendő: a tényleges bérköltséget a munkaszerződés, a munkabér és a járulékok határozzák meg). Bérköltség:

$$B = 6{,}25\,\text{óra} \times 5\,500\,\text{Ft/óra} = 34\,375\,\text{Ft}$$

Bérjárulék (13 % szociális hozzájárulási adó, ellenőrizendő): $34\,375 \times 0{,}13 = 4\,468{,}75$ Ft, kerekítve 4 469 Ft. A közvetlen bérköltség 38 844 Ft.

A **költségszámítás** az anyagköltséget és a bérköltséget összegzi. A mintaárakat jelöljük.

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Tölgy fűrészáru	0,085 m³	m³	280 000	23 800
Bútorlap (fiókfenék)	0,3 m²	m²	8 500	2 550
Ragasztó (D3)	0,2 kg	kg	3 800	760
Fiókcsúszó	2 pár	pár	3 200	6 400
Fogantyú	2 db	db	1 200	2 400
Felületkezelő anyag	0,5 l	l	9 000	4 500
Csiszolóanyag	1 készlet	készlet	1 500	1 500
Anyagköltség összesen				**41 910**
Bérköltség (járulékkal)	6,25 óra	óra	6 215	38 844
Közvetlen költség				**80 754**
Rezsi (általános költség, 20 %)				16 151
Önköltség				**96 905**
Nyereség (15 %)				14 536
Nettó termelési ár				**111 441**
ÁFA (27 %, ellenőrizendő)				30 089
Bruttó ár				**141 530**

Megjegyzés. A számítás szemlélteti a gyártástervből származó idő- és anyagadatok felhasználását az árkalkulációban. Az értékek mintaárak, a valós árajánlatot a Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetben tanuljuk.

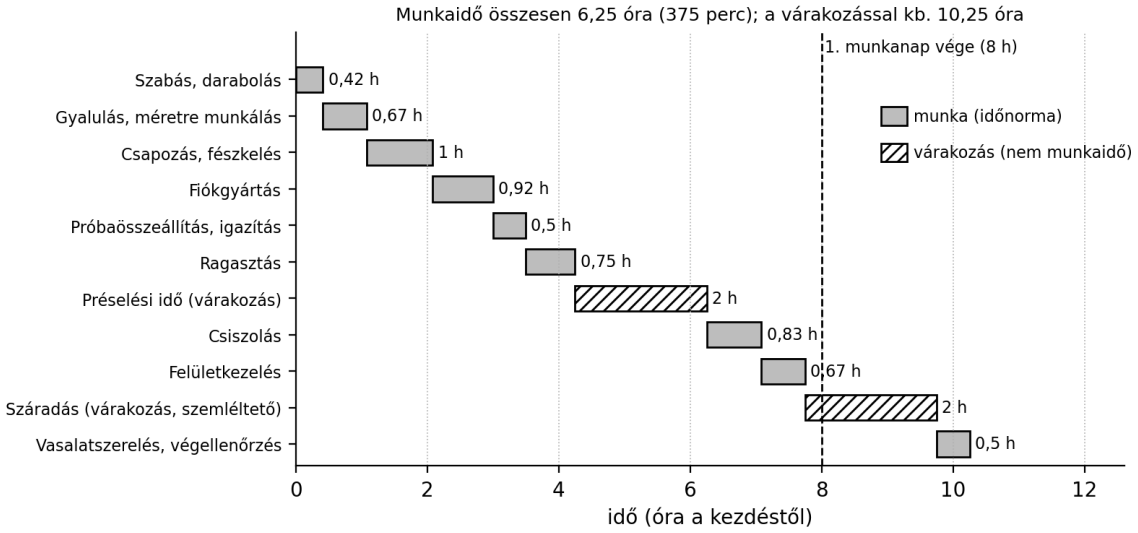
44.1.8. Ütemezés egyszerű Gantt-szemlélettel

Az **ütemezés** célja, hogy a műveletek időben egymás után következzenek, és a határidő tartható legyen. A Gantt-diagramon az egyes műveletek vízszintes sávként jelennek meg, kezdési és befejezési idővel.

A kétfiókos asztal gyártása 3 munkanap alatt, napi 8 órával ütemezve. A sávhosszak a munkaóra-becslés időnormái (perc); a préselési és száradási várakozás nem munkaidő, ezért a 3 nap a várakozások miatt kell, a munkaidő összesen 375 perc = 6,25 óra:

Nap	Művelet	Kezdés (perc a nap kezdetétől)	Befejezés (perc)	Munkaidő (perc)
1. nap	Szabás, darabolás	0	25	25
1. nap	Gyalulás, méretre munkálás	25	65	40
1. nap	Csapozás, fészkelés	65	125	60
1. nap	Fiókgyártás	125	180	55
2. nap	Próbaösszeállítás, igazítás	0	30	30
2. nap	Ragasztás, préselés (műveleti idő)	30	75	45
2. nap	Préselési idő (várakozás)	75	480	–
3. nap	Csiszolás	0	50	50
3. nap	Felületkezelés	50	90	40
3. nap	Száradás (várakozás)	90	420	–
3. nap	Vasalatszerelés, végellenőrzés	420	450	30
	Összesen			**375**

A préselési idő alatt a dolgozó más feladatot végezhet, ezért a ragasztási művelet időnormája csak a műveleti időt tartalmazza, a kötési időt nem.



44.2. ábra. Gantt-diagram a kétfiókos asztalhoz a munkaóra-becslés időnormáiból: a szürke munkasávok összesen 6,25 órát (375 percet) adnak, a sraffozott préselési és száradási várakozás nem munkaidő

Az ábra sávhosszai a munkaóra-becslés időnormái; így a munkaidő és a bérköltség ugyanabból az óraszámból adódik (6,25 óra × 5 500 Ft/óra = 34 375 Ft). A várakozás (préselés, száradás) sraffozott sáv: ilyenkor a dolgozó más munkát végezhet. A HTML-kiadásban az időnormák és az órabér csúszkával módosíthatók.

44.1.9. Kis- és nagyüzemi gyártás

A gyártástervezés kisüzemben és nagyüzemben eltérő hangsúlyokat kap.

Kisüzemi (műhelyi, egyedi) gyártás: - A sorozatnagyság kicsi (1–10 db). - A kézi műveletek aránya magas, a gépek univerzálisak. - Az előkészületi idő egyszer merül fel, de kis darabszámra oszlik, ezért a fajlagos idő nagy. - A műveletterv rugalmas, gyakran a szakember fejében vagy kézzel írt lapon él. - Az anyagáramlás egyszerű, a gépek műhelyben rögzített helyen vannak.

Nagyüzemi (sorozat) gyártás: - A sorozatnagyság nagy (100–1000 db). - A gépek specializáltak, gyakran gépsorba kötöttek (pl. lapszabászgép + éllezáró + sorozatfúró összekapcsolva). - A beállítási idő nagy, de nagy darabszámra oszlik el, így a fajlagos idő kicsi. - Az anyagáramlás folyamatos, a raktár és a gépek közötti anyagmozgatást görgősor vagy szállítószalag végzi. - A műveletterv szabványos, a gyártásközi ellenőrzés statisztikai.

Példa az összehasonlításra. Ugyanaz a fúrási művelet (32 furat oldallapon) kisüzemben egyorsós fúrógéppel, sablonnal soronként egyenként fúrva kb. 13 perc/lap (32 furat × 0,33 min + kézi és előkészületi idő), többorsós sorozatfúróval kb. 3,2 perc/lap, nagyüzemben a CNC megmunkálóközpontban hasonló vagy kisebb idő lehet (tájékoztató, a gép típusától függően). A nagyüzemi gyártás órabére egy munkaórára vetítve alacsonyabb lehet, de a gépsor beruházási költsége magas, ezért a sorozatnagyság dönt.

44.1.10. Anyagáramlás a műhelyben

Az anyagáramlás a nyersanyag útját jelenti a raktártól a kész termékig. Jó elrendezésnél nincs kereszteződés, visszafordulás, és a távolságok rövidek.

A kétfiókos asztal gyártásánál az anyagáramlás:

1. **Fűrészáru raktár** → szalagfűrészgép (darabolás) → egyengető gyalugép → vastagsági gyalugép → marógép/csapozó → hosszlyukfúró → szerelőasztal.
2. **Lapanyag raktár** → lapszabászgép → éllezáró gép → sorozatfúró → szerelőasztal.
3. **Szerelőasztalról** → csiszolóhelyiség → felületkezelő fülke → késztermék raktár.

Az **ellenőrzési pontok** a gyártástervezésben rögzített helyeken vannak: - Bejövő anyag ellenőrzése (nedvesség, méret, hiba). - Szabás után a nyers méret és a derékszög ellenőrzése. - Gyalulás után a vastagság és a bázislap/bázisél ellenőrzése. - Csapozás és fúrás után a kötések és furatpozíciók ellenőrzése. - Próbaösszeállításnál az átlók és a hézagok ellenőrzése. - Végellenőrzésnél a felület, a vasalatok működése és a méretek.

44.1.11. Minőségellenőrzés

A gyártásterv minőségellenőrzési pontjait a **gyártásközi ellenőrző lap** rögzíti. A kétfiókos asztalnál az alábbi szempontokat mérjük, tájékoztató tűrésekkel:

- Az alkatrészek hossza, szélessége, vastagsága a rajz szerint, általában ±0,5 mm tűréssel (ellenőrizendő a termék előírása szerint).
- A derékszögtől való eltérés legfeljebb 0,3 mm 500 mm-en (tájékoztató, ellenőrizendő).
- A csaphossz és a fészekmélység illeszkedése: a csap ne érjen feneket, de ne legyen 0,5 mm-nél nagyobb hézag (tájékoztató).
- A fúrási pozíciók a 32-es rendszer szerint, a báziséltől jellemzően 37 mm-re (ellenőrizendő a vasalat gyártójánál).
- A felületkezelés rétegvastagsága és száradási foka a gyártói adatlap szerint.
- A fiókok könnyen járjanak, a vasalatok rögzítése szilárd legyen.

Eltérés esetén a hibás alkatrészt félre kell tenni, és a terv szerint javítani vagy újra gyártani. A gyártásközi ellenőrzés megakadályozza, hogy a hiba a következő műveletbe kerüljön.

44.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. Hiba: Hiányos szabásjegyzék miatt anyaghiány. A gyártás közben kiderül, hogy egy alkatrész kimaradt, vagy a hulladékot alulbecsülték. Ok: a rajz nem teljes, a szabásjegyzéket nem ellenőrizték. Helyes gyakorlat: a gyártástervezés első lépése a rajz és a jegyzék egyeztetése.

2. Hiba: Rossz gépválasztás. Tömörfa alkatrészt közvetlenül lapszabászgépen vágnak, ami nem megfelelő élminőséget ad, vagy a gép nem alkalmas a műveletre. Ok: a művelettervből hiányzik a gép és a szerszám pontos megjelölése. Helyes gyakorlat: minden művelethez a technológiának megfelelő gépet választani.

3. Hiba: Alulbecsült időnorma. A gyártás tovább tart, mint tervezték, ezért késik a szállítás, vagy túlórázni kell. Ok: a veszteségidőt nem számolták, vagy a sorozatnagyságot rosszul becsülték. Helyes gyakorlat: az időnormához mindig hozzáadni a 10–15 % veszteséget, és próbagyártással ellenőrizni a becslést.

4. Hiba: Anyagáramlás keresztezése. A műhelyben a munkadarabok oda-vissza járnak, mert a gépek sorrendje nem a technológiai sorrendet követi. Ok: a műhely elrendezése nincs összhangban a gyártástervvel. Helyes gyakorlat: a gép elrendezése a domináns gyártási irányt kövesse.

5. Hiba: Hiányzó ellenőrzési pont. A hibás méretű alkatrész továbbmegy a következő műveletbe, és csak a végellenőrzésnél derül ki, amikor már nem szerelhető össze. Ok: a gyártástervben nincs gyártásközi ellenőrzés. Helyes gyakorlat: minden kritikus művelet után mérés és dokumentálás.

44.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben egy konyhabútor-sorozatot gyártottak. A rajzok elkészültek, de a művelettervet nem készítették el írásban. A szabászatnál kiderült, hogy a bútorlapokból hiányzik a hátfalak anyaga, mert a szabásjegyzékben nem szerepelt. A pótlás két napot vett igénybe, a szerelőt le kellett mondani, a vevő pedig kötbért kért. A tanulság: a gyártástervezés nem felesleges papírmunka, hanem a határidő és a költség betartásának eszköze. Ezt követően a műhely minden megrendeléshez művelettervet és időnormát készített, és a gyártásközi ellenőrzéseket is bevezette. A késések és a reklamációk száma jelentősen csökkent.

44.1.14. Önellenőrzés

1. Kérdés. Igaz-e: az időnorma csak a gépi időt tartalmazza? (Indokold!)

2. Kérdés. Mi a különbség a műveletterv és a technológiai lap között?

3. Kérdés. Egy lapszabászgépnél a vágáshossz 4,2 m, az előtolás 7 m/min. Mennyi a gépi idő?

4. Kérdés. Miért fontos a bázislap–bázisél rendszer a gyártástervezésben?

5. Kérdés. Milyen ellenőrzési pontot jelölnél ki a fúrási művelet után?

6. Kérdés. Mi történik, ha a veszteségidőt elhagyjuk az időnormából?

44.1.15. Feladatok

1. feladat (A) Határozd meg a gyártástervezés fogalmát, és sorold fel a műveletterv fő tartalmi elemeit!

2. feladat (A) Egy művelet előkészületi ideje 12 perc, a gépi idő 0,6 perc, a kézi idő 0,5 perc. A sorozatnagyság 15 db. Számítsd ki a darabidőt, ha a veszteség 10 %.

3. feladat (B) A kétfiókos asztalhoz készítsd el a szabásjegyzék alapján a műveletsort a lábak elkészítésére, a gépek megnevezésével és a beállítási adatokkal (tájékoztató értékekkel).

4. feladat (B) Egy ajtólap gyártásánál a következő időket mérték: szabás 4 perc, éllezárás 3 perc, fúrás 6 perc, szerelés 5 perc. A veszteség 12 %. Mennyi az összes időnorma, ha 4 azonos ajtót gyártunk, és az előkészületi idő összesen 20 perc?

5. feladat (C) Tervezd meg egy kisüzemi és egy nagyüzemi gyártás folyamatát ugyanarra a polcos szekrényre. Hasonlítsd össze a gépválasztást, az időnormát és az anyagáramlást! Melyiknél lesz alacsonyabb a fajlagos bérköltség, és miért?

6. feladat (D) Készítsd el egy általad választott bútor (pl. éjjeliszekrény) teljes gyártástervét: rajzvázlat (szöveges leírás), szabásjegyzék, műveletterv, időnorma becslés, egyszerű Gantt-ütemezés és anyagköltség-számítás mintaárakkal.

44.1.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Az időnorma az előkészületi, gépi, kézi időt és a veszteségidőt is tartalmazza.
2. A műveletterv a gyártási műveletek sorrendjét, gépeit, beállításait és időadatait tartalmazza. A technológiai lap egy-egy művelet részletes, biztonsági előírásokkal ellátott leírása.
3. $t_{\mathrm{g}} = 4{,}2/7 = 0{,}6\,\mathrm{min}$.
4. Mert ez adja a méretre munkálás viszonyítási alapját, így a méretek és a furatok pontosan, ismételhetően készülnek.
5. Furatpozíciók mérése a báziséltől, furatmélység ellenőrzése, a 32-es rendszer betartása.
6. A becsült idő alul lesz tervezve, késés vagy túlóra lesz, és az árkalkuláció is téves.

1. feladat. A gyártástervezés a termék előállításához szükséges műveletek, gépek, szerszámok, anyagok, idő- és költségigények előzetes meghatározása és ütemezése. A műveletterv fő tartalmi elemei: művelet sorszáma, megnevezése, gépe, szerszáma, beállítási adatai, anyaga, időnormája, ellenőrzési pontja.

2. feladat.
$t_{\mathrm{darab}} = 12/15 + 0{,}6 + 0{,}5 = 0{,}8 + 1{,}1 = 1{,}9\,\mathrm{min}$.
$t_{\mathrm{norma}} = 1{,}9 \cdot 1{,}10 = 2{,}09\,\mathrm{min} \approx 2{,}1\,\mathrm{min}$.

3. feladat. A lábak műveletsora:
- Darabolás szalagfűrészgépen: nyers méret kb. 75×75×770 mm (oldalanként kb. 2,5 mm vastagsági és kb. 20 mm hosszráhagyás).
- Egyengető gyalugépen bázislap kialakítása, majd a bázisél erre derékszögben gyalulva.
- Vastagsági gyalugépen vastagság 70 mm-re.
- Hosszra vágás körfűrészen 750 mm.
- Csapozás és fészkelés marógéppel/hosszlyukfúróval.
- Csiszolás.

4. feladat.
A műveletenkénti idő összesen: $4 + 3 + 6 + 5 = 18\,\mathrm{min}$. Előkészületi idő elosztva: $20/4 = 5\,\mathrm{min}$. Darabidő: $18 + 5 = 23\,\mathrm{min}$. Veszteséggel: $23 \cdot 1{,}12 = 25{,}76\,\mathrm{min}$ per ajtó. Négy ajtóra: $25{,}76 \cdot 4 = 103{,}04\,\mathrm{min}$.

5. feladat. Kisüzemben univerzális gépekkel (lapszabászgép, kézi éllezáró, kézi fúró), magas kézi munkaaránnyal, rugalmasan. Nagyüzemben gépsorral (CNC, automata éllezáró, sorozatfúró), alacsonyabb fajlagos idővel, de magas beruházási költséggel. A fajlagos bérköltség nagyüzemben alacsonyabb, mert az időnorma kisebb és a sorozatnagyság nagy.

6. feladat. A megoldás egyéni, de ellenőrizni kell: a rajz leírása, a szabásjegyzék oszlopai, a műveletterv sorrendje, az időnorma számítása, a Gantt-táblázat és a költségszámítás.

44.1.17. Rövid összefoglaló

A **gyártástervezés** a rajztól a kész termékig tartó folyamat előzetes meghatározása. Először a rajzot és a szabásjegyzéket ellenőrizzük, majd anyagbeszerzést tervezünk, meghatározzuk a műveletsort, kiválasztjuk a gépeket és a szerszámokat, beállítási adatokat rögzítünk. Az **időnorma** az előkészületi, gépi és kézi idő összege, veszteségidővel növelve: $t_{\mathrm{darab}} = t_{\mathrm{el}}/N + t_{\mathrm{g}} + t_{\mathrm{k}}$, és $t_{\mathrm{norma}} = t_{\mathrm{darab}} \cdot (1 + p)$. A munkaóra-becslés a műveletek időnormáinak összegzéséből adódik. Az **ütemezés** Gantt-diagrammal mutatja a műveletek időbeli rendjét. A kisüzem és a nagyüzem a sorozatnagyságban, a gépválasztásban és a fajlagos költségben tér el. A gyártástervben ellenőrzési pontokat jelölünk ki, hogy a hibákat korán észrevegyük. **Továbbvitt eredmény.** A gyártásterv

és az időnorma az árkalkuláció (Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció) és a vizsgaremek (Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés) dokumentációjának alapja.

44.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: faipari technológiai és gyártástervezési szakkönyvek; a könyv korábbi alfejezetei, különösen a Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, a Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája és a Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája; minőségirányítási alapelvek (MSZ EN ISO 9001, ellenőrizendő a hatályos kiadás); faipari gépkönyvek (lapszabászgép, éllezáró, sorozatfúró, CNC megmunkálóközpont) és munkavédelmi előírások.

Ellenőrizendő pontok: a megadott időnormák, előtolások, fordulatszámok, fogásmélységek, órabér, bérjárulék és ÁFA kulcsok tájékoztató jellegűek, műhelyenként és géptípusonként eltérhetnek; a D3 ragasztó és a felületkezelő anyag gyártói adatlapjai; a 32-es rendszer báziséltől való pontos távolsága; a fapor-expozíciós határértékek és a gépek biztonsági szabványai (MSZ EN ISO 19085 sorozat).

X. RÉSZ – Kalkuláció, vállalkozás, foglalkoztatás és vizsga

45 Anyagszükséglet és árkalkuláció

45.1. Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő

45.1.1. Motiváció

Egy vevő beépített szekrényt rendel. Az asztalos elkészíti a rajzot, kijelöli a szabásjegyzéket, majd anyagot akar rendelni a gyártáshoz. Ha túl keveset számol, a munka megáll, és újra a telepre kell rohanni. Ha túl sokat, feleslegesen köti le a pénzét, és tárolja a megmaradt lapot, fűrészárut vagy ragasztót. A pontos anyagszükséglet-számítás ezért nem papírmunka, hanem a műhely napi működésének alapja. Ebben az alfejezetben lépésről lépésre kiszámoljuk a teljes anyagszükségletet: tömörfát, lapanyagot, élzárót, vasalatot, ragasztót és felületkezelő anyagot. A végén anyagköltség-táblázatot készítünk, amelyet a későbbi árajánlathoz használunk fel.

45.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy 2800 × 2070 mm-es laminált forgácslapot. Ebből 400 × 300 mm-es polcokat kell vágni. Ha a táblát felosztjuk, a 2800 mm hosszból 6 darab 400 mm-es sáv jön ki ($6 \times 403 = 2418$ mm, mert 3 mm a fűrészrés; a 7. már nem férne el), és a 2070 mm szélességből 6 sor ($6 \times 300 + 5 \times 3 = 1815$ mm ≤ 2070 mm). Így $6 \times 6 = 36$ polc készül. A 36 polc felülete $36 \times 0{,}4 \times 0{,}3 = 4{,}32$ m². A tábla teljes felülete $2{,}8 \times 2{,}07 = 5{,}796$ m². Az anyagkihozatal tehát $4{,}32/5{,}796 \approx 0{,}745$, azaz 74,5 %. Ha a polcokat elforgatjuk (a 300 mm a tábla hossza mentén: 9 db; a 400 mm a szélesség mentén: 5 sor), 45 polc fér ki, a kihozatal $5{,}4/5{,}796 \approx 93\,\%$ – ugyanabból a táblából 25 %-kal több darab. Ezért kell előre szabástérképet készíteni. (A tábla szélezési ráhagyását ebben a példában nem vonjuk le.)

45.1.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **nettó anyagszükséglet** a kész alkatrészek méreteiből számolt tiszta anyagmennyiség: például a bútorlapok összes felülete m²-ben, a tömörfa alkatrészek összes térfogata m³-ben, vagy az élzáró hossz fm-ben. Nem tartalmaz ráhagyást, vágási veszteséget vagy selejtet.

Definíció. A **bruttó anyagszükséglet** a nettó mennyiséghez hozzáadott **ráhagyást**, **vágási veszteséget** és **hulladékot** együtt véve adja meg. A bruttó mennyiség alapján rendelünk alapanyagot.

Definíció. A **ráhagyás** a kész mérethez hozzáadott többlet, amely a későbbi megmunkálás (gyalulás, csiszolás, szélezés) során eltávolításra kerül. Például egy 20 mm vastag gyalult deszkához 25 mm-es nyers deszkát veszünk, mert a két oldal gyalulása összesen kb. 4–5 mm-t vesz le (oldalanként 2–3 mm).

Definíció. A **vágási veszteség** a fűrészlap által eltávolított anyag. Egy körfűrészlap vágásszélessége jellemzően 2,5–4 mm, szalagfűrésznél 1,5–3 mm, de a pontos értéket a gépkönyv és a

szerszám adja meg **(ellenőrizendő: használt szerszám vágásszélessége)**. A szabástérképen a sávok és darabok közé be kell állítani ezt a hézagot.

Definíció. A **hulladékszázalék** a veszteség mértékét a bruttó anyagszükséglet százalékában fejezi ki. Ha a hulladék 15 %, akkor a nettó anyag a bruttó 85 %-a.

Definíció. Az **anyagkihozatal** a nettó anyagmennyiség és a bruttó anyagmennyiség aránya százalékban kifejezve. Lapanyagnál $\eta_a = \frac{A_{\text{nettó}}}{A_{\text{bruttó}}} \cdot 100\,\%$, tömörfánál térfogatra számítva. A kihozatal és a hulladékszázalék összefügg: ha a hulladék 15 %, akkor a kihozatal 85 %.

Definíció. Az **anyagnorma** a termékegységre (például 1 db szekrény, 1 asztal) eső, technológiailag szükséges anyagmennyiség. Az anyagnorma a bruttó mennyiséget tartalmazza, és az árkalkuláció alapja.

45.1.4. A számítás általános menete

Az anyagszükséglet-számítás mindig a rajzból indul. A **rajz–anyag–művelet hármas** elv szerint először a műszaki rajzból elkészítjük a szabásjegyzéket, abból az anyaglistát, majd a gyártási eljárásból a ráhagyásokat és a veszteségeket. A lépések:

1. Gyűjtsd ki a szabásjegyzékből minden alkatrész **kész méretét** (hossz × szélesség × vastagság, mm-ben), anyagát és darabszámát.
2. Határozd meg az anyagfajtánként jellemző **megmunkálási ráhagyást** (mm-ben). Például tömörfa gyalulásához 3–5 mm vastagsági ráhagyás, lapszabásnál 0 mm, mert a lap kész méretre szabható.
3. **Váltsd át** a méreteket megfelelő egységekre: hosszú alkatrészeknél m-re, felületnél m²-re, térfogatnál m³-re.
4. Számold ki a **nettó anyagmennyiséget** anyagfajtánként.
5. Add hozzá a **ráhagyást** (ha van), majd a **vágási és szabászati veszteséget**.
6. Számítsd át a bruttó anyagszükségletet a **kereskedelmi egységekre**: tábla, m³, fm, kg, l, db.
7. **Kerekíts felfelé**: táblaszámot egész táblára, tekercset egész tekercsre, folyadékot a legkisebb kiszerelésre.
8. Készíts **összesítő anyaglistát**, és rendeld hozzá az **egységárakat** az anyagköltséghez.

45.1.5. Összefüggések és levezetés

Levezetés. Ha a hulladékot a bruttó mennyiség százalékában adjuk meg (v %), akkor a nettó mennyiség:

$$A_{\text{nettó}} = A_{\text{bruttó}} \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right)$$

Ebből a bruttó mennyiség kifejezhető:

$$A_{\text{bruttó}} = \frac{A_{\text{nettó}}}{1 - \frac{v}{100}}$$

A képletben ugyanezt térfogatra, folyóméterre vagy tömegre is felírhatjuk. Például tömörfánál:

$$V_{\text{bruttó}} = \frac{V_{\text{nettó}}}{1 - \frac{v}{100}}$$

Ha a veszteséget nem százalékban, hanem konkrét ráhagyásban adjuk meg, akkor először a nettó mérethez hozzáadjuk a ráhagyást, majd az így kapott méretből számoljuk a térfogatot. A két módszert ne keverjük: a százalékos veszteséget a nettó mennyiségre vetítve, a milliméteres ráhagyást pedig az alkatrész méretére adjuk hozzá.

Példa a levezetésre. Egy tömörfa asztallap nettó térfogata $0{,}045\,\mathrm{m}^3$. A fűrészáru kihozatala a gyártás során 65 %, azaz a hulladék 35 %. A bruttó fűrészáru-szükséglet:

$$V_{\text{bruttó}} = \frac{0{,}045}{1 - \frac{35}{100}} = \frac{0{,}045}{0{,}65} = 0{,}0692\,\mathrm{m}^3 \approx 0{,}070\,\mathrm{m}^3.$$

A rendelést 0,08 m³-re kerekítjük felül, mert a kereskedelemben fűrészárut jellemzően nem adnak 0,005 m³-es pontossággal.

45.1.6. Anyagfajtánkénti számítás

45.1.6.1. Tömörfa

A tömörfa mennyiségét **köbözéssel** számoljuk. Az alkatrész térfogata köbméterben:

$$V = l \cdot b \cdot v,$$

ahol l a hossz, b a szélesség, v a vastagság **méterben**. A nettó térfogatok összege adja a nettó faanyag-szükségletet. Ehhez hozzáadjuk a ráhagyást és a kihozatali veszteséget. **Szélezetlen fűrészárunál** a deszka széle görbe, ezért a hasznosítható szélesség kisebb, mint a mért szélesség: a kihozatal jellemzően 60–80 % között mozog, de erősen függ a deszkák minőségétől és a szabástervtől **(ellenőrizendő: műhelyi kihozatali adat)**. A gyakorlatban a bruttó fűrészáru-szükségletet úgy is megadhatjuk, hogy a nettó térfogathoz 30–50 %-ot hozzáadunk. A konkrét értéket mindig a műhely saját tapasztalata vagy a szabásterv adja.

45.1.6.2. Lapanyag

A faalapú lapoknál (forgácslap, MDF, rétegelt lemez, bútorlap) a nettó felületet m²-ben számoljuk. A tábla méretét ismerjük (például 2800 × 2070 mm, 2440 × 1220 mm). A szükséges **táblaszám**:

$$\text{Táblaszám} = \frac{A_{\text{bruttó}}(m^2)}{A_{\text{tábla}}(m^2)}$$

Az eredményt **mindig felfelé kerekítjük** egész táblára, mert a tört tábla nem rendelhető. Előfordul, hogy a nettó felület alapján egy tábla is elegendő lenne, de a szabástérkép szerint a szálirány vagy a nagy darabok miatt két táblára van szükség. Ezért a táblaszámot a szabástérkép ellenőrzése után kell véglegesíteni.

45.1.6.3. Élzáró

Az élzáró anyagot **folyóméterben (fm)** számoljuk. Összeadjuk minden lezárandó él hosszát méterben. Például egy 600 × 400 × 18 mm-es ajtólap négy élét zárjuk: 2 × (0,6 + 0,4) = 2,0 fm. A teljes termék élzáró-szükséglete az összes él hosszának összege. Ehhez ráhagyást adunk: minden élhez 5–10 mm-t a végvágás miatt, és a tekercs elején/végén a befűzési hulladékra is számolunk. A szükséges mennyiséget a kereskedelemben tekercsben adják meg (25 m, 50 m, 100 m), ezért a teljes hosszt felfelé kerekítjük a kiszerelésre.

45.1.6.4. Vasalat és csavar

A vasalatokat (zsanér, fogantyú, polctartó, korpuszösszekötő, fiókcsúszka, tükörkampó) **darabszám** szerint számoljuk. A csavarokat jellemzően becsüljük: például egy szekrényhez 80–120 db csavar szükséges. A vasalatok jegyzékét a műszaki rajz és a vasalatgyártó katalógusa alapján készítjük. Mindig adjunk hozzá néhány százalék tartalékot, mert szerelés közben elveszhet, meghibásodhat egy-egy darab.

45.1.6.5. Ragasztó

A ragasztó-szükségletet a Ragasztással kapcsolatos számítások alfejezetben tanult képlettel számoljuk. A ragasztandó felületet A illesztési felületnek vesszük (él–él, lap–lap), és a fajlagos felhordást gyártói adat szerint q (g/m²) alkalmazzuk. A gyakorlati mennyiség:

$$m = q \cdot A \cdot \left(1 + \frac{v}{100}\right),$$

ahol v a ragasztási veszteség (kifolyás, edényben maradó anyag). A tömeg kg-ban vagy g-ban adódik. A ragasztót a keverési arány szerint komponensekre is bonthatjuk, ha többkomponensű a ragasztó.

45.1.6.6. Felületkezelő anyag

A felületkezelő anyag-szükségletet a Felületkezelési hibák és a felületkezelési számítások alfejezetben bemutatott módon számoljuk. Az elméleti anyagmennyiség:

$$m_{\text{elm}} = A \cdot n \cdot q,$$

ahol A a kezelendő felület (m²), n a rétegszám, q a fajlagos felhordás (g/m²). A gyakorlati mennyiség:

$$m_{\text{gyak}} = m_{\text{elm}} \cdot \left(1 + \frac{v}{100}\right),$$

ahol v a felhordási veszteség: szórásnál 15–35 %, kézi felhordásnál 5–10 % **(ellenőrizendő: gyártói adatlap)**. A folyékony anyag tömegét literre átszámítjuk a sűrűséggel:

$$V = \frac{m_{\text{gyak}}}{\rho},$$

ahol ρ az anyag sűrűsége kg/l-ben. Gyakran a gyártó megadja a kiadósságot (m²/l), ekkor a szükséges mennyiség:

$$V = \frac{A \cdot n}{\text{kiadósság}},$$

ahol a kiadósság egy rétegre vonatkozik.

45.1.7. Kidolgozott példa 1: Lapszerkezetű szekrény anyagszükséglete

Készítsünk anyagszükséglet-számítást egy egyszerű, kétajtós szekrényre. A szekrény külső mérete: 900 × 2200 × 450 mm, anyaga 18 mm vastag laminált forgácslap, a hátlap 3 mm farostlemez. A rajzból kigyűjtött alkatrészek (a pontos méreteket egyszerűsítjük a példa kedvéért):

- Oldallap: 2 db, 2200 × 450 × 18 mm
- Tető- és fenéklap: 2 db, 900 × 450 × 18 mm
- Polc: 2 db, 864 × 420 × 18 mm
- Ajtó: 2 db, 2160 × 440 × 18 mm (a szekrény teljes magasságú ajtói)
- Hátlap: 1 db, 2200 × 864 × 3 mm

Nettó felület 18 mm-es lapokból:

Az oldallapok: $2 \times (2{,}2 \times 0{,}45) = 1{,}98\,\text{m}^2$. A tető- és fenéklapok: $2 \times (0{,}9 \times 0{,}45) = 0{,}81\,\text{m}^2$. A polcok: $2 \times (0{,}864 \times 0{,}420) = 0{,}726\,\text{m}^2$. Az ajtók: $2 \times (2{,}16 \times 0{,}44) = 1{,}901\,\text{m}^2$.

Összesen 18 mm-es lap nettó felülete:

$$A_{\text{nettó},18} = 1{,}98 + 0{,}81 + 0{,}726 + 1{,}901 = 5{,}417\,\text{m}^2.$$

Bruttó lapfelület: A vágási és szabászati hulladék 15 % (tájékoztató érték, a szabástérkép pontosítja). A bruttó felület:

$$A_{\text{bruttó},18} = \frac{5{,}417}{1 - 0{,}15} = \frac{5{,}417}{0{,}85} = 6{,}373\,\text{m}^2.$$

A tábla mérete 2800 × 2070 mm, azaz $2{,}8 \times 2{,}07 = 5{,}796\,\text{m}^2$. A szükséges táblaszám:

$$\frac{6{,}373}{5{,}796} = 1{,}10,$$

tehát **2 tábla** 18 mm-es laminált lapot kell rendelni (a szabástérkép pontosíthatja). A hátlap más anyag: 3 mm-es farostlemez, ezért külön táblából vágjuk. A hátlaphoz:

Nettó hátlap felület: $2{,}2 \times 0{,}864 = 1{,}9008\,\text{m}^2 \approx 1{,}90\,\text{m}^2$. A farostlemez tábla 2400 × 1200 mm $= 2{,}88\,\text{m}^2$. Mivel a hátlap nagy darab, 1 táblából kivágható.

Élzáró: Lezárandó élek: - Oldallapok: a 18 mm vastag lapok látható elülső élét zárjuk. Az oldallapok elülső éle: 2 × 2200 = 4400 mm = 4,4 fm. - Ajtók: mindkét ajtó kerületét zárjuk. Egy ajtó: 2 × (2160 + 440) = 5200 mm. Két ajtó: 10 400 mm = 10,4 fm. - Polcok elülső éle: 2 × 864 = 1728 mm = 1,728 fm. - Tető- és fenéklap elülső éle: 2 × 900 = 1800 mm = 1,8 fm.

Összesen nettó élhossz: $4{,}4 + 10{,}4 + 1{,}728 + 1{,}8 = 18{,}328\,\text{fm} \approx 18{,}3\,\text{fm}$.

Ráhagyás: 5 % + 10 mm élvéghulladék élenként (14 él: 2 oldallap, 8 ajtóél, 2 polc, 2 tető/fenék, azaz 140 mm). A bruttó élzáró:

$$L_{\text{bruttó}} = 18{,}3 \times 1{,}05 = 19{,}2\,\text{fm}.$$

Hozzáadva a 0,14 fm élvéghulladékot: $19{,}2 + 0{,}14 = 19{,}34\,\text{fm} \approx 19{,}4\,\text{fm}$.

Kereskedelemben 25 m-es tekercset veszünk, tehát 1 tekercs elegendő.

Vasalatok: - Zsanér 2 ajtóhoz: 10 db (magas ajtónál 5 zsanér/ajtó; ellenőrizendő: vasalatgyártó) - Fogantyú: 2 db - Polctartó: 8 db - Csavar összesen: 100 db (becslés) - Korpuszösszekötő: 8 db

Ragasztó: Az élzáráshoz hot-melt ragasztó szükséges. A felhordás jellemzően g/m²-ben adott: $q \approx 200\,\text{g/m}^2$ **(tájékoztató, ellenőrizendő: a használt ragasztó adatlapja)**. A 18 mm-es élen a folyóméterenkénti mennyiség $200 \times 0{,}018 = 3{,}6\,\text{g/fm}$. A bruttó élhossz 19,4 fm:

$$m = 19{,}4\,\text{fm} \times 3{,}6\,\text{g/fm} \approx 70\,\text{g}.$$

Veszteség 10 %: $70 \times 1{,}1 = 77\,\text{g} \approx 0{,}08\,\text{kg}$. Rendelés: 1 kg-os kiszerelés, a költségtáblában a felhasznált 0,08 kg szerepel.

Felületkezelő: A laminált felület nem igényel lakkozást, de a farostlemez hátlapot akril lakkal kezeljük, hogy a nedvességtől védjük. A hátlap felülete $1{,}9 \times 2 = 3{,}8\,\text{m}^2$ (két oldal). Akril lakk fajlagos felhordása 100 g/m², 2 réteg, veszteség 10 %, sűrűség 1,2 kg/l. Szükséges tömeg:

$$m = 3{,}8 \times 2 \times 0{,}100 \times 1{,}1 = 0{,}836\,\text{kg}.$$

Literben:

$$V = \frac{0{,}836}{1{,}2} \approx 0{,}697\,\text{l} \approx 0{,}7\,\text{l}.$$

Rendelés: 0,75 l-es vagy 1 l-es doboz; a költségtáblában a felhasznált 0,7 l szerepel.

Anyagköltség-táblázat (mintaárak). Kerekítési szabály: a lapanyagot és a hátlapot egész táblában rendeljük és terheljük (a maradék ritkán hasznosul); az élzárót, ragasztót és lakkot kiszerelésre kerekítve rendeljük, de a termékre a felhasznált mennyiséget terheljük (a maradék raktárra kerül).

Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Anyagköltség (Ft)
Laminált forgácslap 18 mm	2	tábla	18 500	37 000
Farostlemez hátlap 3 mm	1	tábla	4 800	4 800
Élzáró fólia (25 m-es tekercsből)	19,4	fm	320	6 208
Hot-melt ragasztó (1 kg-os kiszerelésből)	0,08	kg	2 400	192
Zsanér	10	db	850	8 500
Fogantyú	2	db	1 200	2 400
Polctartó	8	db	120	960
Csavar	100	db	8	800
Akril lakk (0,75 l-es kiszerelésből)	0,7	l	3 500	2 450
Összesen				**63 310**

A szállítási költséget (például 5000 Ft) külön sorban adhatjuk hozzá. Az árak mintaárak, nem piaci adatok.

45.1.8. Kidolgozott példa 2: Tömörfa asztal anyagszükséglete

Egy tömör tölgy asztalt készítünk. Az asztallap 1200 × 700 × 25 mm, 4 lába 75 × 75 × 720 mm, a kötőkeret 2 hosszanti (1000 × 60 × 40 mm) és 2 keresztirányú (600 × 60 × 40 mm). Az összes alkatrész nettó méretre gyalult.

Nettó térfogat számítása:

- Asztallap: $1{,}2 \times 0{,}7 \times 0{,}025 = 0{,}021\,\mathrm{m}^3$.
- Lábak: $4 \times (0{,}075 \times 0{,}075 \times 0{,}72) = 4 \times 0{,}00405 = 0{,}0162\,\mathrm{m}^3$.
- Hosszanti kötőfák: $2 \times (1{,}0 \times 0{,}06 \times 0{,}04) = 2 \times 0{,}0024 = 0{,}0048\,\mathrm{m}^3$.
- Keresztirányú kötőfák: $2 \times (0{,}6 \times 0{,}06 \times 0{,}04) = 2 \times 0{,}00144 = 0{,}00288\,\mathrm{m}^3$.

Összes nettó térfogat:

$$V_{\text{nettó}} = 0{,}021 + 0{,}0162 + 0{,}0048 + 0{,}00288 = 0{,}04488\,\mathrm{m}^3 \approx 0{,}045\,\mathrm{m}^3.$$

Bruttó fűrészáru-szükséglet: A tömörfa kihozatala 65 % (tájékoztató érték). A bruttó térfogat:

$$V_{\text{bruttó}} = \frac{0{,}045}{0{,}65} = 0{,}0692\,\mathrm{m}^3 \approx 0{,}070\,\mathrm{m}^3.$$

A rendelést 0,08 m³-re kerekítjük fel, hogy a szélezetlen deszkák szélhulladékát is fedezze. A pontos szükségletet a szabástérkép adja meg.

Ragasztó: Az asztallap táblásításához ragasztjuk a deszkákat. Tegyük fel, hogy 7 db 100 mm széles deszkából ragasztjuk a lapot. Az illesztési élek száma 6, mindegyik 1,2 m hosszú és 25 mm vastag. A ragasztandó élfelület:

$$A = 6 \times 1{,}2 \times 0{,}025 = 0{,}18\,\mathrm{m}^2.$$

PVAc (D3) ragasztó fajlagos felhordása 150 g/m², veszteség 10 %. Szükséges ragasztó:

$$m = 0{,}18 \times 0{,}150 \times 1{,}1 = 0{,}0297\,\mathrm{kg} \approx 0{,}03\,\mathrm{kg}.$$

Emellett a csapos kötésekhez (lábak rögzítése) is kell ragasztó. Becslés: az asztal szerkezetéhez további 0,05 kg szükséges. Így összesen 0,08 kg PVAc ragasztót rendelünk (100 ml-es, 250 ml-es kiszerelésből).

Felületkezelő: Először kiszámítjuk a kezelendő felületet.

- Asztallap: két oldal + két hosszanti él + két rövid él: $2 \times (1{,}2 \times 0{,}7) + 2 \times (1{,}2 \times 0{,}025) + 2 \times (0{,}7 \times 0{,}025) = 1{,}68 + 0{,}06 + 0{,}035 = 1{,}775\,\mathrm{m}^2$.
- Lábak: egy láb 4 oldala: $4 \times 0{,}075 \times 0{,}72 = 0{,}216\,\mathrm{m}^2$, négy láb: $0{,}864\,\mathrm{m}^2$.
- Hosszanti kötőfák: 2 db × (2 × (1,0 × 0,06) + 2 × (1,0 × 0,04)) = 2 × (0,12 + 0,08) = 0,4 m².
- Keresztirányú kötőfák: 2 db × (2 × (0,6 × 0,06) + 2 × (0,6 × 0,04)) = 2 × (0,072 + 0,048) = 0,24 m².

Teljes felület:

$$A = 1{,}775 + 0{,}864 + 0{,}4 + 0{,}24 = 3{,}279\,\mathrm{m}^2 \approx 3{,}28\,\mathrm{m}^2.$$

Pác: vízbázisú pác, fajlagos felhordás 60 g/m², 1 réteg, 5 % veszteség. Szükséges tömeg:

$$m_{\text{pác}} = 3{,}28 \times 0{,}060 \times 1{,}05 = 0{,}2066\,\mathrm{kg} \approx 0{,}21\,\mathrm{kg}.$$

Sűrűsége kb. 1,0 kg/l, tehát 0,21 l. Rendelés: 0,25 l.

Lakk: PU lakk, fajlagos felhordás 100 g/m², 2 réteg, 20 % szórási veszteség, sűrűség 1,1 kg/l. Szükséges tömeg:

$$m_{\text{lakk}} = 3{,}28 \times 2 \times 0{,}100 \times 1{,}2 = 0{,}7872\,\mathrm{kg}.$$

Literben:

$$V_{\text{lakk}} = \frac{0{,}7872}{1{,}1} = 0{,}7156\,\mathrm{l} \approx 0{,}72\,\mathrm{l}.$$

Rendelés: 0,75 l.

Anyagköltség-táblázat asztalhoz (mintaárak; ugyanaz a kerekítési szabály: a felhasznált mennyiséget terheljük).

Anyag	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Anyagköltség (Ft)
Tölgy fűrészáru	0,08	m³	420 000	33 600
PVAc ragasztó	0,08	kg	2 800	224
Pác	0,25	l	3 200	800
PU lakk (0,75 l-es kiszerelésből)	0,72	l	6 500	4 680
Csavar	40	db	15	600
Asztallap rögzítő vasalat	8	db	350	2 800
Összesen				**42 704**

Az árak mintaárak. A tölgy fűrészáru ára erősen függ a minőségtől, vastagságtól és a beszállítótól; a példa csak a számítás menetét mutatja.

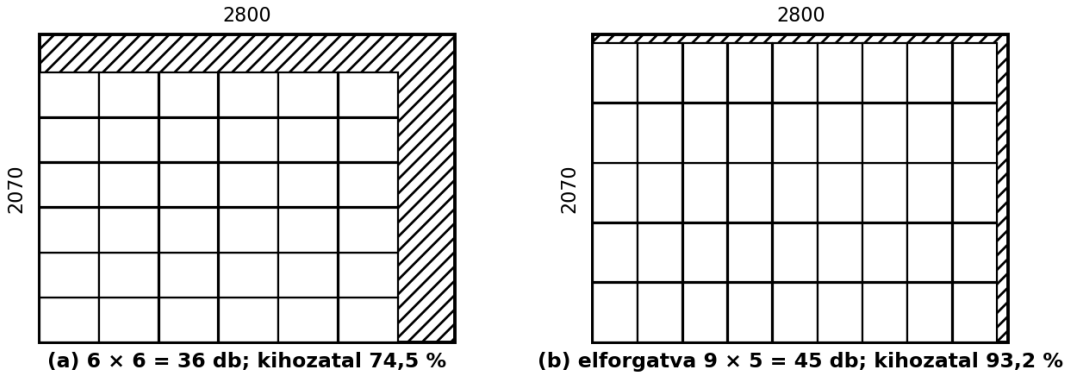
45.1.9. Anyagszükséglet-számítás ellenőrzőlistája (recept)

Recept. Az anyagszükséglet-számítást a következő ellenőrzőlistával érdemes végrehajtani:

1. **Rajzellenőrzés:** Minden alkatrész szerepel a szabásjegyzékben? A méretek kész méretek?
2. **Anyagmegadás:** Minden alkatrészhez hozzá van rendelve az anyag (fafaj, lapanyag típus, vastagság)?
3. **Mértékegység-átváltás:** mm-ből m, m², m³ átszámítás helyes? (1 m = 1000 mm, 1 m² = 1 000 000 mm², 1 m³ = 1 000 000 000 mm³)
4. **Ráhagyás:** Hozzá van adva a megmunkálási ráhagyás? (Tömörfánál igen, lapnál nem.)
5. **Veszteség:** Be van állítva a vágási és szabászati veszteség? A százalék a bruttóra vonatkozik, nem a nettóra.

6. **Kerekítés:** Minden rendelési egységet felfelé kerekítettünk-e? (Tábla, tekercs, kg, l, db)
7. **Költség:** Minden anyaghoz egységárat rendeltünk? Az összeg helyes?
8. **Ellenőrzés:** A bruttó anyagköltség nagyságrendje reális? (Pl. egy kisméretű szekrény anyagköltsége nem lehet több százezer Ft.)

45.1.10. Interaktív ábra



45.1. ábra. Két szabástérkép egy 2800 × 2070 mm-es táblán 400 × 300 mm-es polcokkal és 3 mm-es fűrészréssel: állóan 6 × 6 = 36 db (74,5 %), elforgatva 9 × 5 = 45 db (93,2 %)

Egy irányban $n = \lfloor (L + s)/(a + s) \rfloor$ darab fér el, ahol L a táblaméret, a az alkatrészméret, s a fűrészrés. Állóan $\lfloor 2803/403 \rfloor = 6$ és $\lfloor 2073/303 \rfloor = 6$, azaz 36 polc; elforgatva $\lfloor 2803/303 \rfloor = 9$ és $\lfloor 2073/403 \rfloor = 5$, azaz 45 polc – ugyanabból a táblából 25 %-kal több. A HTML-kiadásban a kalkulátor a táblaméretből, az alkatrészméretből, a fűrészrésből, a darabszámból és a veszteségből kiszámítja mindkét elrendezést, a táblaszámot, az élzáró-, ragasztó- és lakkszükségletet és az anyagköltséget.

45.1.11. Minőségellenőrzés

Az anyagszükséglet-számítás helyességét a következőképpen ellenőrizhetjük:

- **Összegzés:** Az egyes anyagféleségek mennyiségét összeadjuk, és összevetjük a szabásjegyzékkel.
- **Másik úton való számítás:** A lapanyag táblaszámát ellenőrizhetjük a szabástérkép alapján, a tömörfa mennyiségét a deszkák darabszámából is.
- **Nagyságrend:** Egy 900 × 2200 × 450 mm-es szekrény 18 mm-es lapokból nem igényelhet 5 táblánál többet; ha a számítás ezt adja, hibás.
- **Egységek:** Minden lépésben ellenőrizzük, hogy a mértékegységek konzisztensek: a felület m^2, a térfogat m^3, a hossz fm, a tömeg kg.
- **Gyártói adatok:** A ragasztó, lakk fajlagos felhordási értékeit a gyártói adatlappal vetjük össze.

Hiba esetén: Ha a mennyiség nem reális, ellenőrizzük az átváltásokat és a képleteket. A táblaszámot a szabástérkép pontosítja. A fűrészáru mennyiségét a konkrét deszkák minősége befolyásolja, ezért utószámolásra is szükség lehet.

45.1.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Nettóból rendelés.** Az asztalos a kész méretből rendel, ráhagyás és veszteség nélkül. Következmény: anyaghiány, a munka megáll. **Helyes gyakorlat:** mindig bruttó mennyiséggel számolunk.
2. **Táblaszám lefelé kerekítése.** Ha a számított táblaszám 1,2, akkor 1 táblát rendelnek. **Helyes:** felfelé kerekítünk egészre, mert tört táblát nem lehet vásárolni.
3. **Élzáró darabban számolása.** Az élzárót méterben kell kalkulálni, nem darabban. A darabszám a tekercsek mennyiségét adja, de a szükséglet folyóméterben van. **Helyes:** összeadjuk az összes él hosszát fm-ben, és abból számolunk tekercset.
4. **Ragasztó tömeg/térfogat keverése.** A ragasztószükségletet tömegben (g, kg) számítjuk, de sokan literben mérik. **Helyes:** a tömegből a sűrűség segítségével váltunk literre, de a keverést tömegre végezzük.
5. **Felületkezelő anyag szórási veszteség nélkül.** Ha szórással dolgozunk, a porlasztott anyag 15-35 %-a nem a felületre kerül. **Helyes:** a képletben a veszteséget mindig hozzáadjuk.

45.1.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy kis asztalosműhelyben egy teljes konyhabútor-garnitúrát gyártottak. Az anyagszükséglet-számítást a rajz nélkül, fejben végezték el. A lapszabászat közben derült ki, hogy az egyik nagyméretű oldalfalból hiányzik egy darab, mert a táblaszámot 1,1-re számolták, és lefelé kerekítettek. A beszállító raktárában épp nem volt ugyanabból a színből tábla, így a teljes munkát le kellett állítani, és várni a következő szállítmányra. A tanulság: mindig készítsünk pontos szabásjegyzéket és anyagnormát, a táblaszámot felfelé kerekítsük, és lehetőleg a szabástérképet is ellenőrizzük a rendelés előtt. Az anyagköltség kalkulációját is a pontos mennyiségre kell alapozni, mert a hiányzó anyag pótlása plusz szállítási költséggel jár.

45.1.14. Önellenőrzés

1. Mi a különbség a nettó és a bruttó anyagszükséglet között?
2. Egy táblából kivágható alkatrészek nettó felülete 4,2 m². A tábla területe 5,8 m². Mennyi a kihozatal százalékban?
3. Miért kell felfelé kerekíteni a táblaszámot?
4. Melyik képlet adja meg a bruttó mennyiséget a nettóból és a hulladékszázalékból?
5. Milyen hiba származik abból, ha az élzárót darabban számoljuk?

Önellenőrzés – válaszok

1. A nettó a kész alkatrészek tiszta anyagmennyisége; a bruttó a nettóhoz hozzáadva a ráhagyást, vágási veszteséget és hulladékot.
2. Kihozatal = (4,2 / 5,8) × 100 = 72,4 %.
3. Mert tört tábla nem rendelhető; ha lefelé kerekítünk, anyaghiány lesz.
4. $A_{\text{bruttó}} = \frac{A_{\text{nettó}}}{1 - v/100}$, ahol v a hulladékszázalék.
5. Az élzáró szükséglet hosszban (fm) van, a darabszám a tekercsek mennyiségét adja, de a szükségletet nem lehet darabban megadni; így rosszul becsüljük, és anyaghiány vagy felesleg keletkezik.

45.1.15. Feladatok

1. feladat (A)
Egy 2800 × 2070 mm-es forgácslapból 400 × 250 mm-es polcokat vágunk 3 mm-es fűrészréssel. Hány darab polc vágtható ki, és mennyi a kihozatal? (Felfelé kerekítés nélkül, az elvi maximumot számold.)

2. feladat (A)
Egy tömörfa alkatrész nettó térfogata 0,036 m³. A kihozatal 70 %. Mennyi a bruttó fűrészáru-szükséglet?

3. feladat (B)
Egy szekrény élzáró hossza 24,6 fm nettó. A ráhagyás 5 % + 8 mm/él, és összesen 20 él van. Hány fm élzárót rendeljünk, ha a kereskedelemben 50 m-es tekercs kapható?

4. feladat (B)
Egy asztallap (1600 × 800 mm, vastagsága 25 mm) két oldalát és éleit lakkozzuk PU lakkal. A fajlagos felhordás 120 g/m², 2 réteg, 18 % veszteség, sűrűség 1,15 kg/l. Hány liter lakkot vegyünk? (A lap éleit is lakkozzuk, a felületet közelítőleg az élek nélkül számíthatod, vagy add hozzá.)

5. feladat (C)
Egy megrendelő szekrényt kér, amelynek nettó lapfelülete 4,6 m². Kétféle táblaméret közül választhat: 2800 × 2070 mm (5,8 m²) és 2440 × 1220 mm (2,98 m²). A vágási veszteség 12 %, a szabástérkép alapján a nagyobb táblából 1, a kisebből 2 kell. Hasonlítsd össze az anyagköltséget, ha a nagyobb tábla ára 18 500 Ft, a kisebbé 8 800 Ft, és indokold a választást.

6. feladat (D)
Készíts anyagszükséglet-számítást az alábbi éjjeliszekrényhez: korpusz 500 × 500 × 400 mm, 16 mm laminált forgácslapból. Oldallap 2 db (500 × 400 × 16), tető/fenék 2 db (500 × 400 × 16), hátlap 1 db (500 × 468 × 3), ajtó 1 db (470 × 470 × 16). A veszteség 12 %, élzáró ráhagyás 5 % + 10 mm/él (10 él), zsanér 2 db, fogantyú 1 db, csavar 50 db, hot-melt ragasztó 3,2 g/fm (200 g/m² × 0,016 m), akril lakk a hátlapra (2 oldal, 100 g/m², 2 réteg, 10 % veszteség, sűrűség 1,2 kg/l). A mintaárak: lap 12 500 Ft/tábla (2800×2070), hátlap 4 500 Ft/tábla (2440×1220), élzáró 280 Ft/fm, ragasztó 2 200 Ft/kg, zsanér 750 Ft/db, fogantyú 900 Ft/db, csavar 10 Ft/db, lakk 3 200 Ft/l. Számold ki a bruttó anyagszükségletet és az anyagköltséget.

45.1.16. Megoldások

1. feladat megoldása
A tábla 2800 × 2070 mm. A 400 mm-es oldalhoz 3 mm fűrészrés: 400 + 3 = 403 mm. 2800 / 403 = 6,95, így 6 darab egy sorban. A 250 mm-es oldalhoz: 250 + 3 = 253 mm. 2070 / 253 = 8,18, így 8 sor. Állóan összesen 6 × 8 = 48 darab; nettó felület 48 × 0,4 × 0,25 = 4,8 m², kihozatal (4,8 / 5,796) × 100 = 82,8 %. Elforgatva (250 mm a 2800 mm-es oldalon, 400 mm a 2070 mm-esen): 2800 / 253 → 11 db (11 × 250 + 10 × 3 = 2780 mm), 2070 / 403 → 5 sor (5 × 400 + 4 × 3 = 2012 mm), összesen 11 × 5 = 55 darab; nettó felület 55 × 0,1 = 5,5 m², kihozatal 5,5 / 5,796 = 94,9 %. Az elvi maximum tehát 55 db. (A valóságban szélezési ráhagyást is levonunk – laminált lapnál pl. 10 mm/oldal, ellenőrizendő –, ami csökkentheti a darabszámot.) A tábla területe: 2,8 × 2,07 = 5,796 m².

2. feladat megoldása
A nettó térfogat 0,036 m³, kihozatal 70 %, azaz hulladék 30 %. Bruttó:

$$V_{\text{bruttó}} = \frac{0{,}036}{1 - 0{,}30} = \frac{0{,}036}{0{,}70} = 0{,}0514\,\text{m}^3 \approx 0{,}052\,\text{m}^3.$$

3. feladat megoldása
Nettó hossz: 24,6 fm. Ráhagyás 5 %: $24{,}6 \times 1{,}05 = 25{,}83$ fm. Élvéghulladék: 20 él × 8 mm = 160 mm = 0,16 fm. Bruttó: $25{,}83 + 0{,}16 = 25{,}99 \approx 26{,}0$ fm. 50 m-es tekercsből 1 elegendő.

4. feladat megoldása
Az asztallap felülete: két oldal: $2 \times (1{,}6 \times 0{,}8) = 2{,}56$ m². Az élek felülete: 2 hosszanti él: $2 \times (1{,}6 \times 0{,}025) = 0{,}08$ m²; 2 rövid él: $2 \times (0{,}8 \times 0{,}025) = 0{,}04$ m². Teljes felület: $2{,}56 + 0{,}08 + 0{,}04 = 2{,}68$ m². Rétegszám 2, fajlagos felhordás 0,120 kg/m², veszteség 18 %. Tömeg:

$$m = 2{,}68 \times 2 \times 0{,}120 \times 1{,}18 = 0{,}759\,\text{kg}.$$

Liter: $0{,}759/1{,}15 \approx 0{,}66$ l. Rendelés: 0,75 l.

5. feladat megoldása
Bruttó felület: $4{,}6 / 0{,}88 = 5{,}23$ m². Nagyobb tábla (5,796 m²): 1 db = 18 500 Ft, kihozatal $4{,}6 / 5{,}796 \approx 79$ %. Kisebb tábla (2,98 m²): $5{,}23 / 2{,}98 = 1{,}75$, ezért 2 db = 5,96 m², $2 \times 8\,800 = 17\,600$ Ft, kihozatal $4{,}6 / 5{,}96 \approx 77$ %. A kisebb táblák kb. 900 Ft-tal (5 %) olcsóbbak, ha a szabástérkép szerint az alkatrészek befférnek; ha hosszú alkatrész (> 2440 mm) van, a nagyobb tábla kell. Választás: a kisebb tábla, a szabástérkép ellenőrzése után.

6. feladat megoldása
Először a nettó felület 16 mm-es lapokból:
- Oldallapok: $2 \times (0{,}5 \times 0{,}4) = 0{,}4$ m².
- Tető/fenék: $2 \times (0{,}5 \times 0{,}4) = 0{,}4$ m².
- Ajtó: $1 \times (0{,}47 \times 0{,}47) = 0{,}2209$ m².

Összes nettó 16 mm-es: $0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}2209 = 1{,}0209$ m².
Bruttó 12 % veszteséggel: $1{,}0209/0{,}88 = 1{,}1601$ m².
Tábla $2800 \times 2070 = 5{,}796$ m², 1 tábla elegendő.
Hátlap nettó: $0{,}5 \times 0{,}468 = 0{,}234$ m². Bruttó: $0{,}234/0{,}88 = 0{,}266$ m². Hátlap tábla $2440 \times 1220 = 2{,}98$ m², 1 tábla elegendő.
Élzáró: lezárandó élek hossza: oldallap elülső $2 \times 0{,}5 = 1{,}0$ fm; tető/fenék elülső $2 \times 0{,}5 = 1{,}0$ fm; ajtó kerülete: $2 \times (0{,}47 + 0{,}47) = 1{,}88$ fm. Összesen: 3,88 fm. Ráhagyás 5 %: $3{,}88 \times 1{,}05 = 4{,}074$ fm. 10 él × 10 mm = 100 mm = 0,1 fm. Bruttó: $4{,}074 + 0{,}1 = 4{,}174$ fm ≈ 4,2 fm.
Ragasztó: $4{,}2 \times 3{,}2 \approx 13$ g = 0,013 kg.
Akril lakk a hátlapra: felület = 2 oldal × 0,234 = 0,468 m². Rétegszám 2, fajlagos 0,1 kg/m², veszteség 10 %. Tömeg: $0{,}468 \times 2 \times 0{,}1 \times 1{,}1 = 0{,}103$ kg. Liter: $0{,}103/1{,}2 = 0{,}086$ l → 0,1 l.

Anyagköltség: - Lap: $1 \times 12\,500 = 12\,500$ Ft - Hátlap: $1 \times 4\,500 = 4\,500$ Ft - Élzáró: $4{,}2 \times 280 = 1\,176$ Ft (a felhasznált mennyiség; a kiszerelés 25 m-es tekercs) - Ragasztó: $0{,}013 \times 2\,200 \approx 29$ Ft (a felhasznált mennyiség; a kiszerelés 1 kg) - Zsanér: $2 \times 750 = 1\,500$ Ft - Fogantyú: $1 \times 900 = 900$ Ft - Csavar: $50 \times 10 = 500$ Ft - Akril lakk: $0{,}086 \times 3\,200 \approx 275$ Ft (a felhasznált mennyiség; a kiszerelés 0,1 l-nél nagyobb) **Összesen: 21 380 Ft**

45.1.17. Rövid összefoglaló

Az anyagszükséglet-számítás a műszaki rajzból és a szabásjegyzékből indul. A **nettó anyagszükséglet** a kész alkatrészek tiszta mennyisége: lapanyagnál m², tömörfánál m³, élzárónál fm, vasalatnál db, ragasztónál és felületkezelőnél kg vagy l. A **bruttó anyagszükséglet** a nettóhoz

hozzáadja a **ráhagyást**, a **vágási veszteséget** és a **hulladékot**. A bruttó mennyiség a nettóból a $A_{\text{bruttó}} = \frac{A_{\text{nettó}}}{1-v/100}$ képlettel számolható, ahol v a hulladékszázalék. A táblaszámot mindig fel kell kerekíteni egész táblára, az élzárót folyóméterből tekercsre. A ragasztó mennyiségét $m = q \cdot A \cdot (1 + v/100)$, a felületkezelő anyagét hasonlóan, a rétegszámmal kiegészítve számoljuk. A kiszámított mennyiségekhez **egységárakat** rendelünk, és **anyagköltség-táblázatot** készítünk. Ez az anyagköltség lesz az önköltség és az árajánlat alapja az Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció alfejezetben.

45.1.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: - Faipari szakkönyvek az anyaggazdálkodás és költségszámítás témaköréből. - Asztalos tankönyvek a szabásjegyzék, anyagnorma és kalkuláció módszertanához. - Gyártói műszaki adatlapok a lapanyagok, élzárók, ragasztók és felületkezelő anyagok fajlagos felhordási értékeihez. - Kereskedelmi árlisták (mintaárak) a költségpéldákhoz.

Ellenőrizendő pontok: - A tömörfa kihozatali arányok (65–80 %) műhelyenként, fafajonként és szabástervtől függően változnak; a példák tájékoztató értékek. - A lapanyag táblaméretek és kiszerelések (2800×2070, 2440×1220 mm) gyártónként eltérhetnek. - A ragasztó és felületkezelő anyag fajlagos felhordási mennyiségeit mindig az aktuális gyártói adatlapról kell venni. - A mintaárak nem piaci adatok, csak a számítás gyakorlását szolgálják. - A százalékos veszteség és ráhagyás mértékét a műhely saját technológiája és a szabástérkép pontosítja.

45.2. Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció

45.2.1. Motiváció

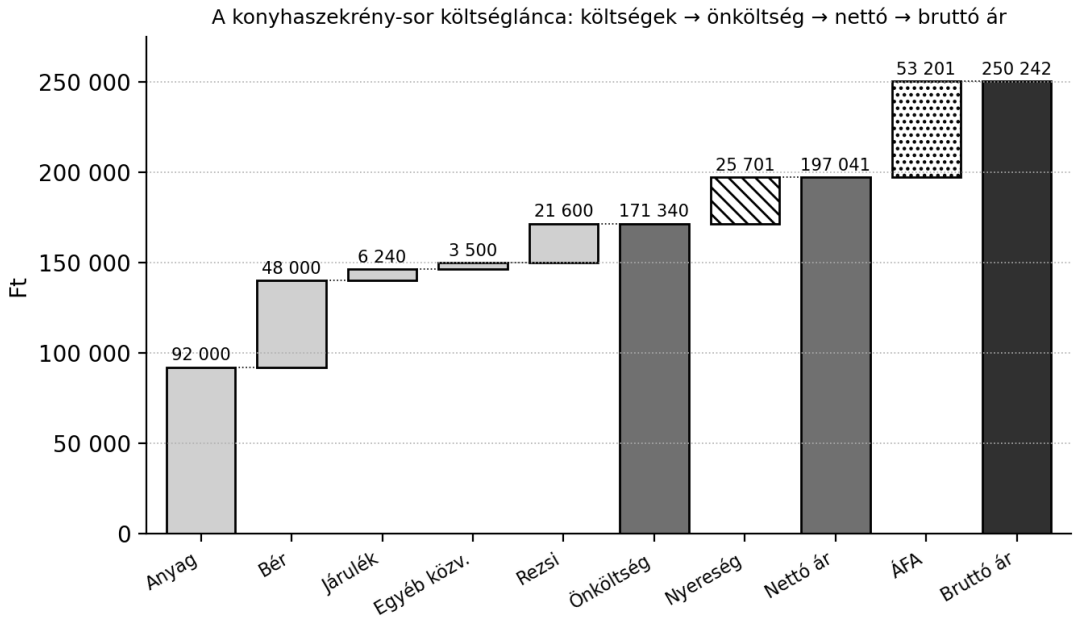
Egy asztalos egyedi konyhaszekrény-sort vállal. A megrendelő kér árajánlatot. Ha az asztalos csak a faanyag, a lapanyag és a vasalat számláját nézi, könnyen aláígér: nem fedezi a saját bérét, a műhely fűtését, a gépek áramát, a szerszámkopást és a könyvelő díját. A munka elvégzése után kiderül, hogy a bevétel nem fedezi a kiadásokat. Ezért kell a költségeket rendszerezetten, előre és utólag is számolni.

Ez az alfejezet megtanítja, miből áll a bútor **önköltsége**, hogyan terheljük rá a **rezsiköltséget**, hogyan számolunk **nyereséget** és **termelési árat**, és hogyan hasonlítjuk össze a tervezett és a tényleges költségeket **utókalkulációval**.

45.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy tölcsért: a tetején beérkeznek a különböző költségek – anyag, bér, járulék, rezsi. A tölcsér alján kifolyik egyetlen szám: az **önköltség**. Ha ehhez hozzáadjuk a nyereséget, megkapjuk a **nettó termelési árat**, az ÁFA-val pedig a **bruttó árat**, amit a vevő fizet.

A következő vízesésdiagram egy konyhaszekrény-sor előkalkulációját mutatja: a költségek lépcsőzetesen önköltséggé adódnak össze, ehhez jön a nyereség (nettó ár), majd az ÁFA (bruttó ár). A nyereség és az ÁFA nem költség, ezért eltérő mintázatú.



45.2. ábra. Vízesésdiagram: anyag 92 000, bér 48 000, járulék 6 240, egyéb közvetlen 3 500, rezsi 21 600 Ft → önköltség 171 340 Ft; nyereség 25 701 → nettó ár 197 041 Ft; ÁFA 53 201 → bruttó ár 250 242 Ft (mintaértékek)

Az ábra azt mutatja, hogy az anyagköltség nagy tétel, de a bér és a rezsi sem hagyható ki. A HTML-kiadásban a kalkulátorral a paraméterek (anyagköltség, munkaidő, béróradíj, járulék, rezsióradíj, haszonkulcs, ÁFA) hatása kipróbálható, és utókalkulációs nézetben a tényleges adatok a tervezett önköltséggel vethetők össze.

45.2.3. Alapfogalmak: költségelemek

Definíció. Önköltség a termék előállításához közvetlenül és a vállalkozás fenntartásához kapcsolódóan felhasznált erőforrások pénzben kifejezett összege, egy termékre vagy megrendelésre vetítve.

A kalkulációban a költségeket csoportosítjuk, mert így látjuk, melyik tétel miért változik.

Közvetlen anyagköltség az a költség, amely a termékbe beépülő anyagokhoz kapcsolódik: tömörfa, lapanyag, élzáró, furnér, ragasztó, vasalat, csavar, lakk, pác, csomagolóanyag. Az árat mindig **nettó** (ÁFA nélküli) összegben számoljuk, mert az ÁFA nem a vállalkozás költsége, hanem az államnak fizetendő, illetve a vevőre áthárított adó. A mennyiségeket az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alfejezetben elkészített szabásjegyzék és anyagnorma adja.

Közvetlen bérköltség a termék elkészítésén dolgozó szakember munkaidejének költsége. Kiszámítása:

$$K_{\text{bér}} = t \cdot b,$$

ahol t a termékre fordított idő (óra), b a bruttó vagy kalkulált órabér (Ft/óra). A bérköltségbe beletartozik a szabás, gyalulás, marás, csiszolás, szerelés, valamint az előkészítés és a takarítás időigénye is, ha a termékre számoljuk.

Bérjárulék a munkáltató által fizetendő közteher, például a szociális hozzájárulási adó. A járulékot a bérköltség arányában számoljuk:

$$K_{\text{járulék}} = K_{\text{bér}} \cdot j,$$

ahol j a járulékkulcs (pl. 0,13, ha a hatályos mérték 13%; **ellenőrizendő: aktuális adójogszabály**). Ha a munkavállaló bruttó bérét is a bérköltségbe számoljuk, a járulékot hozzá kell adni, mert a vállalkozás tényleges kiadása ez.

Egyéb közvetlen költség az a költség, amely közvetlenül a megrendeléshez kapcsolódik, de nem anyag és nem bér: például a termék helyszínre szállítása, külön csomagolás, speciális szerszám, bérbe vett sablon, alvállalkozói munka.

Gyártási különköltség az adott gyártási tételhez kapcsolható, de nem anyag jellegű tétel: például a CNC-program írása, egyedi sablon készítése, próbadarabok, speciális mérés, minősítés. Sok kis műhelyben ezt az egyéb közvetlen költségbe olvasztják, de nagyobb vállalkozásnál külön soron jelenik meg.

Általános (rezsi) költség a vállalkozás fenntartásához és működtetéséhez szükséges, de közvetlenül egyetlen termékre nehezen terhelhető kiadás: műhelybérlet vagy épületfenntartás, fűtés, villany, víz, gépkarbantartás, biztosítás, könyvelő, telefon, internet, marketing, tisztítószerek, kis szerszámok. A rezsit a termékre **rezsióradíjjal** terheljük.

Definíció. Rezsióradíj az általános költség egy munkaórára jutó összege:

$$r = \frac{K_{\text{általános}}}{H},$$

ahol $K_{\text{általános}}$ a tervezett éves (vagy havi) általános költség, H a tervezett **felhasználható (kiszámlázható) órák** száma. A H nem az összes munkaóra, hanem az az idő, amit a vevő számára számlázható munkával töltünk. A szabadság, a betegség, a karbantartás és az adminisztráció nem számlázható.

Definíció. Teljes önköltség a termékre számított összes költség összege:

$$K_{\text{ön}} = K_{\text{anyag}} + K_{\text{bér}} + K_{\text{járulék}} + K_{\text{egyéb}} + K_{\text{külön}} + K_{\text{rezsi}},$$

ahol

$$K_{\text{rezsi}} = t \cdot r.$$

Definíció. Nyereség a vállalkozás haszna, amelyet a tulajdonos a kockázatért, a fejlesztésért és a tartalékképzésért számol fel. Haszonkulccsal számoljuk:

$$K_{\text{nyereség}} = K_{\text{ön}} \cdot m,$$

ahol m a haszonkulcs (pl. 0,15, azaz 15%). A haszonkulcsot a piac, a verseny és a vállalkozási stratégia határozza meg.

Definíció. Termelési (nettó) ár az önköltség és a nyereség összege:

$$P_{\text{nettó}} = K_{\text{ön}} + K_{\text{nyereség}} = K_{\text{ön}} \cdot (1 + m).$$

Definíció. Bruttó ár a vevő által fizetendő összeg, amely a nettó árhoz hozzáadott ÁFÁ-t tartalmazza:

$$P_{\text{bruttó}} = P_{\text{nettó}} \cdot (1 + a),$$

ahol a az ÁFA-kulcs (pl. 0,27, ha a hatályos mérték 27%; **ellenőrizendő: aktuális áfatörvény**).

45.2.4. A rezsióradíj levezetése

A rezsióradíj lényege, hogy a vállalkozás minden eladott munkaórája egy kicsit „viszi magával” a rezsit is. Vezessük le.

Tegyük fel, hogy egy egyéni vállalkozó éves általános költsége 2 400 000 Ft. Ebben benne van a műhely bérleti díja, a fűtés, az áramrezsi, a könyvelő, a biztosítás és a kis eszközök. Az évben összesen 220 munkanapja van, de csak 200 napon dolgozik. Napi 8 órából a ténylegesen kiszámlázható idő körülbelül 6 óra, mert a többi anyagbeszerzés, szerszámélezés, takarítás, adminisztráció. Így a felhasználható óraszám:

$$H = 200 \cdot 6 = 1200\,\text{óra}.$$

A rezsióradíj:

$$r = \frac{2\,400\,000\,\text{Ft}}{1200\,\text{óra}} = 2000\,\frac{\text{Ft}}{\text{óra}}.$$

Ha egy termékre 12 órát dolgozik, akkor a rezsiköltsége:

$$K_{\text{rezsi}} = 12\,\text{óra} \cdot 2000\,\frac{\text{Ft}}{\text{óra}} = 24\,000\,\text{Ft}.$$

Ez a levezetés azt is jelzi, hogy a rezsi erősen függ a tervezett óraszámtól: ha túl kevés megrendelés van, a rezsióradíj megnő, mert ugyanazt az éves rezsit kevesebb órára kell szétosztani.

45.2.5. A kalkuláció lépései

Szabály. Az előkalkulációhoz mindig ezt a sorrendet kövesd:

1. Készíts **szabásjegyzéket** és **anyagnormát** az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő szerint.
2. Számítsd ki a **közvetlen anyagköltséget** nettó áron.
3. Készíts **technológiai műveletterv**et (lásd A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés), és becsüld meg az egyes műveletek munkaidejét órában.
4. Számítsd ki a **közvetlen bérköltséget** és a **bérjárulékot**.
5. Add hozzá az **egyéb közvetlen** és **gyártási különköltségeket**.
6. Határozd meg a **rezsióradíjat**, és terheld rá a munkaidőre.
7. Add össze a sorokat: ez az **önköltség**.
8. Válassz **haszonkulcsot**, és számítsd ki a **nyereséget**.
9. Add össze: **termelési (nettó) ár**.
10. Számold rá az **ÁFÁT**: **bruttó ár**.

45.2.6. Számítási példa 1: rezsióradíj

Adott: Egy műhely havi általános költsége 250 000 Ft. A tulajdonos havi 21 munkanapból 19 napon dolgozik, napi 6 óra számlázható munkaidővel.

Keresett: a rezsióradíj.

Megoldás. Először a havi felhasználható órák:

$$H = 19 \cdot 6 = 114\,\text{óra}.$$

A rezsióradíj:

$$r = \frac{250\,000\,\text{Ft}}{114\,\text{óra}} \approx 2192{,}98\,\frac{\text{Ft}}{\text{óra}} \approx 2193\,\frac{\text{Ft}}{\text{óra}}.$$

Ellenőrzés: ha egy 5 órás munka rezsijét számoljuk: $5 \cdot 2193 = 10\,965\,\text{Ft}$, ami nagyságrendileg ésszerű.

45.2.7. Számítási példa 2: fali polc egyszerű előkalkulációja

Adott:

- Anyagköltség: 8 000 Ft (nettó)
- Munkaidő: 1,5 óra
- Béróradíj: 4 000 Ft/óra
- Bérjárulék-kulcs: 13 % (minta, ellenőrizendő)
- Egyéb közvetlen: 500 Ft
- Rezsióradíj: 2 200 Ft/óra
- Haszonkulcs: 15 %

Keresett: a termék önköltsége, nettó és bruttó ára (ÁFA 27 %, ellenőrizendő).

Megoldás.

1. Bérköltség: $K_{\text{bér}} = 1{,}5 \cdot 4000 = 6000\,\text{Ft}$.
2. Járulék: $K_{\text{járulék}} = 6000 \cdot 0{,}13 = 780\,\text{Ft}$.
3. Rezsi: $K_{\text{rezsi}} = 1{,}5 \cdot 2200 = 3300\,\text{Ft}$.
4. Önköltség:

$$K_{\text{ön}} = 8000 + 6000 + 780 + 500 + 0 + 3300 = 18\,580\,\text{Ft}.$$

5. Nyereség: $K_{\text{nyereség}} = 18\,580 \cdot 0{,}15 = 2787\,\text{Ft}$.
6. Nettó ár: $P_{\text{nettó}} = 18\,580 + 2787 = 21\,367\,\text{Ft}$.
7. ÁFA: $K_{\text{ÁFA}} = 21\,367 \cdot 0{,}27 = 5769{,}09 \approx 5769\,\text{Ft}$.
8. Bruttó ár: $P_{\text{bruttó}} = 21\,367 + 5769 = 27\,136\,\text{Ft}$.

Ellenőrzés: az anyag a bruttó ár körülbelül 29 %-a, a munkaköltség és rezsi együtt nagyobb, mint az anyag. Ez egy jellemző egyedi bútornál.

45.2.8. Kidolgozott példa: konyhaszekrény-sor előkalkulációja

Egy asztalos egyedi konyhaszekrény-sort készít. Az Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő alfejezetben elkészített anyagnorma alapján az anyagköltség:

45.2.8.1. Anyagköltség táblázat (minta, nettó árak)

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár (nettó, Ft)	Érték (Ft)
Laminált forgácslap	8,5	m²	7 800	66 300
Hátfal farostlemez	3,2	m²	1 900	6 080
Élzáró fólia 0,8 mm	25	fm	220	5 500
Vasalat, zsanér, fogantyú	1	készlet	9 000	9 000
Ragasztó és szerelőanyag	1	készlet	3 100	3 100
Csomagolás, élvédő sarok	1	készlet	2 020	2 020
Összes anyag				**92 000**

A műveletterv becsült munkaideje 12 óra. A béróradíj 4 000 Ft/óra, a járulékkulcs 13 %, a rezsióradíj 1 800 Ft/óra. Egyéb közvetlen (helyszíni szállítás) 3 500 Ft. Nyereség 15 %, ÁFA 27 % (mintaértékek, ellenőrizendő).

Előkalkuláció.

1. Anyagköltség: 92 000 Ft.
2. Bérköltség: $12 \cdot 4000 = 48\,000\,\text{Ft}$.
3. Bérjárulék: $48\,000 \cdot 0{,}13 = 6\,240\,\text{Ft}$.
4. Rezsi: $12 \cdot 1800 = 21\,600\,\text{Ft}$.
5. Egyéb közvetlen: 3 500 Ft.
6. Önköltség:

$$K_{\text{ön}} = 92\,000 + 48\,000 + 6\,240 + 3\,500 + 0 + 21\,600 = 171\,340\,\text{Ft}.$$

7. Nyereség: $171\,340 \cdot 0{,}15 = 25\,701\,\text{Ft}$.
8. Nettó termelési ár: $171\,340 + 25\,701 = 197\,041\,\text{Ft}$.
9. ÁFA: $197\,041 \cdot 0{,}27 = 53\,201{,}07 \approx 53\,201\,\text{Ft}$.
10. Bruttó ár: $197\,041 + 53\,201 = 250\,242\,\text{Ft}$.

Táblázatos összefoglaló.

Költségcsoport	Képlet	Összeg (Ft)
Anyagköltség	szabásjegyzékből	92 000
Bérköltség	12 h × 4 000 Ft/h	48 000
Bérjárulék	48 000 × 13 %	6 240
Egyéb közvetlen	szállítás	3 500
Rezsi	12 h × 1 800 Ft/h	21 600
Önköltség		**171 340**
Nyereség	171 340 × 15 %	25 701
Nettó ár		**197 041**
ÁFA	197 041 × 27 %	53 201

Költségcsoport	Képlet	Összeg (Ft)
Bruttó ár		**250 242**

Továbbvitt eredmény. Az itt kiszámított **önköltség** és **termelési (nettó) ár** az Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetben lesz az árajánlat két legfontosabb sora; az Üzleti terv, piackutatás, piacképesség alfejezetben pedig azt vizsgáljuk, hogy a haszonkulcs és a rezsióradíj milyen piaci helyzetben tartható fenn.

45.2.9. Elő- és utókalkuláció

Definíció. Előkalkuláció a gyártás vagy a megrendelés megkezdése előtt készült költségszámítás, amely becsült anyagmennyiségeken, becsült munkaidőn és tervezett rezsin alapul. Az árajánlat alapja.

Definíció. Utókalkuláció a gyártás befejezése után, a ténylegesen felhasznált anyag, a ténylegesen ráfordított munkaidő és a ténylegesen felmerült költségek alapján készült számítás. Célja megmutatni, hogy a vállalkozás a tervezett nyereséget érte-e el.

Definíció. Eltérés-elemzés a tervezett (előkalkulált) és a tényleges (utókalkulált) értékek összehasonlítása, a különbség okának megkeresése.

Az utókalkulációhoz a műhelynaplóból, az anyagfelhasználási lapokból és a számlákból gyűjtjük az adatokat.

45.2.9.1. Utókalkulációs példa a konyhaszekrény-sorra

A tényleges adatok:

- Anyagköltség: 96 500 Ft, mert a forgácslap ára megemelkedett, és szabáskor 0,3 m²-nyi hibás tábla kiesett.
- Munkaidő: 13 óra, mert a szabásnál az élzáró betolása egy hibás beállítás miatt ismétlést igényelt.
- Béróradíj: 4 200 Ft/óra, mert az asztalos emelte a bérét.
- Rezsióradíj: 1 800 Ft/óra változatlan, mert a tényleges rezsiből ugyanannyi órára jutott.
- Egyéb közvetlen: 4 100 Ft, mert a szállítás kétszer volt szükséges.

Utókalkuláció:

1. Bérköltség: $13 \cdot 4200 = 54\,600$ Ft.
2. Bérjárulék: $54\,600 \cdot 0{,}13 = 7\,098$ Ft.
3. Rezsi: $13 \cdot 1800 = 23\,400$ Ft.
4. Önköltség: $96\,500 + 54\,600 + 7\,098 + 4\,100 + 23\,400 = 185\,698$ Ft.
5. Tervezett önköltség: 171 340 Ft.
6. Eltérés: $185\,698 - 171\,340 = 14\,358$ Ft, azaz $+8{,}4\,\%$ a tervezetthez képest.

Ha a vállalkozó az előkalkuláció alapján adott nettó árat: 197 041 Ft, akkor a tényleges haszon:

$$P_{\text{nettó}} - K_{\text{ön, tényleges}} = 197\,041 - 185\,698 = 11\,343\,\text{Ft},$$

ami a tényleges önköltségre vetítve:

$$\frac{11\,343}{185\,698} \cdot 100 \approx 6{,}1\,\%$$

hasznot jelent, a tervezett 15 % helyett. Ez a különbség látható, és a jövőre nézve tanulságos.

Eltérés-elemzés:

Tétel	Tervezett (Ft)	Tényleges (Ft)	Eltérés (Ft)	Legfontosabb ok
Anyag	92 000	96 500	+4 500	anyagár-emelkedés, szabási hulladék
Bér	48 000	54 600	+6 600	több idő és magasabb órabér
Járulék	6 240	7 098	+858	bérnövekedés miatt
Egyéb	3 500	4 100	+600	kétszeri szállítás
Rezsi	21 600	23 400	+1 800	hosszabb munkaidő
Önköltség	**171 340**	**185 698**	**+14 358**	

A szabály az: ha az utókalkuláció eltérést mutat, keressük meg a legnagyobb eltérés okát, és javítsunk a folyamaton: anyagbeszerzés, szabás optimalizálása, gépbeállítás, szállítás szervezése.

Technológiai lap az utókalkulációhoz. Cél: tényleges költségek rögzítése. Anyagok: műhelynapló, anyagfelhasználási lap, számlák. Lépések:

1. Gyűjtsd össze a ténylegesen beépített anyagok és vasalatok listáját a szabásjegyzék mellé írt módosításokkal. – ellenőrzés: minden tétel mögött mennyiség és egység.
2. Vezesd ki a munkaórát a műhelynaplóból: hány órát dolgoztál a terméken. – ellenőrzés: műveletenkénti bontás.
3. Keresd ki a tényleges órabért és a béremeléseket. – ellenőrzés: bérnyilvántartás.
4. Számold ki a bérjárulékot az aktuális járulékkulccsal. – ellenőrzés: adójogszabályi kulcs.
5. Rendeld hozzá a tényleges kiszámlázott egyéb költségeket (szállítás, alvállalkozó). – ellenőrzés: számla.
6. Terheld rá a rezsióradíjat a tényleges munkaidőre. – ellenőrzés: a rezsióradíj időszaki kiszámítása.
7. Add össze a sorokat: tényleges önköltség. – ellenőrzés: mértékegység-ellenőrzés.
8. Hasonlítsd össze az előkalkulációval, és írd le az eltérések okát. – ellenőrzés: eltérés-elemzés.

45.2.10. Szabályok, szabványok, adójogszabályi keret

Szabvány. A könyv nem helyettesíti az adótanácsadást. A bérjárulék, az ÁFA és az egyéb adók mértékét mindig a **hatályos magyar adójogszabályok** tartalmazzák; a mértékek időben változhatnak. Itt 13 % bérjárulék és 27 % ÁFA **tanulási mintaérték** (ellenőrizendő: aktuális szocho- és áfatörvény). Az önköltség számításának belső módszerét a vállalkozás **számviteli politikája** rögzíti; a számlán az ÁFA-t a jogszabály szerint kell feltüntetni. A mintaárak csak a számítás menetét mutatják, nem valós piaci árak.

45.2.11. Minőségellenőrzés a kalkulációban

A kalkuláció is ellenőrizhető, mint egy munkadarab. Minden számításnál végezd el az alábbiakat:

- **Mértékegység-ellenőrzés:** Ft-hoz Ft adódik, órát órával szorzunk, százalékot tizedes törtként használunk.
- **Sorösszeg-ellenőrzés:** a táblázat sorait újra add össze, és hasonlítsd a részösszegekhez.
- **Nagyságrendi becslés:** egy konyhabútor bruttó ára ne legyen 20 000 Ft és ne legyen 2 000 000 Ft, ha az anyag 92 000 Ft; a példában 250 000 Ft bruttó reális.
- **Terv-tény egyeztetés:** az utókalkulációt mindig hasonlítsd az előkalkulációhoz, és a nagy eltéréseket magyarázd meg.
- **Ellenőrző kérdés:** fedezi-e a termelési ár az összes költséget és a tervezett nyereséget? Ha nem, akkor a haszonkulcs vagy a rezsikulcs rossz.

45.2.12. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: csak az anyagköltséggel kalkulál az asztalos. Ok: az önköltség fogalmának hiánya, vagy a bér- és rezsiköltséget „úgy is kifizeti valahogy” gondolat. Következmény: a termelési ár nem fedezi a vállalkozás költségeit, veszteség. Helyes gyakorlat: mindig teljes önköltséget számolni, beleértve a bért, járulékot és rezsit.

Hiba 2: a bérjárulék elfelejtése. Ok: csak a dolgozó bruttó bérét számolja, a munkáltatót terhelő szociális hozzájárulási adót (minta: 13 %, ellenőrizendő) nem. Következmény: a bérköltség 13 %-kal alulbecsült. (Ha a nettó bérből indul, a hiány még nagyobb, mert a dolgozó levonásai is kimaradnak.) Következmény: 13 %-os bérköltség hiány, ami nagyobb munkáknál jelentős. Helyes: a bérköltséghez mindig hozzáadni az aktuális járulékot.

Hiba 3: az anyagköltséget bruttó áron viszi be. Ok: a kalkulátor elfelejti, hogy az ÁFA nem költség, hanem a számlán áthárított adó. Következmény: az önköltség felfújt, az árajánlat torz, a nyereségszámítás hamis. Helyes: az anyagárat nettó áron szerepeltetni, az ÁFÁ-t csak a végén a nettó termelési árra számolni.

Hiba 4: a rezsióradíj rossz óraszámra van vetítve. Ok: az éves rezsit az összes naptári munkaórára osztja, pedig sok óra nem számlázható. Következmény: a rezsióradíj túl alacsony, a termék nem hoz annyi rezsit, amennyit kell. Helyes: csak a kiszámlázható órákkal számolni.

45.2.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos tanuló, miután megtanulta a szabásjegyzéket, először vállalt egy fenyőből készült lépcsőfok-burkolatot. Csak az anyagköltséget számolta: 45 000 Ft. Rátett 10 % hasznot, és 49 500 Ft-ért adta el. A munka 8 órát vett igénybe, a város másik végére szállította, a ragasztó és a csomagolás is többe került. Az utókalkuláció megmutatta: a tényleges önköltség 61 000 Ft volt. A tanuló veszteséget termelt, mert a bérét, a járulékot, a rezsit és a szállítást nem kalkulálta. A tanulság: az árajánlat előtt mindig készüljön el az előkalkuláció minden költségcsoporttal, és a haszonkulcs a teljes önköltségre vetüljön, nem csak az anyagra.

45.2.14. Önellenőrzés

Válaszold meg a kérdéseket, majd nézd meg a Megoldások elején a válaszokat.

1. Igaz vagy hamis? Az önköltségbe az anyagköltséget bruttó áron kell beírni, mert a vállalkozó is bruttó áron fizeti a fát.
2. Igaz vagy hamis? A rezsióradíj a teljes általános költség és a felhasználható (kiszámlázható) óraszám hányadosa.
3. Mennyi a rezsióradíj, ha az éves rezsiköltség 3 000 000 Ft, a számlázható órák száma 1 250?
4. Mi a különbség az elő- és az utókalkuláció között?
5. Melyik sor nem közvetlen költség: anyagköltség, bérköltség, fűtésköltség, szállítás a megrendelőhöz?

45.2.15. Feladatok

45.2.15.1. 1. feladat (A)

Határozd meg egy termék önköltségét és bruttó árát az alábbi adatokból: anyagköltség nettó 25 000 Ft, munkaidő 3 óra, béróradíj 3 800 Ft/óra, bérjárulék 13 %, rezsióradíj 1 900 Ft/óra, egyéb közvetlen költség 1 200 Ft, haszonkulcs 12 %, ÁFA 27 % (mintaértékek).

45.2.15.2. 2. feladat (A)

Egy műhely éves általános költsége 3 600 000 Ft. Az évente kiszámlázható órák száma 1 500. Mennyi a rezsióradíj? Miért nem helyes az összes munkaórával (1 800 óra) számolni ezt a rezsit?

45.2.15.3. 3. feladat (B)

Készítsd el egy kisebb polcrendszer előkalkulációját táblázatos formában az alábbi tételekből: anyagköltség 31 000 Ft, becsült idő 5 óra, béróradíj 4 200 Ft/óra, járulék 13 %, rezsióradíj 2 100 Ft/óra, egyéb közvetlen 2 000 Ft, haszonkulcs 15 %, ÁFA 27 %. Add meg az önköltséget, a nettó árat és a bruttó árat.

45.2.15.4. 4. feladat (B)

Egy ajtólap gyártására az előkalkuláció szerint 4,5 óra munkaidő és 18 000 Ft anyagköltség jut, a béróradíj 4 000 Ft/óra, járulék 13 %, rezsióradíj 2 000 Ft/óra, egyéb 0 Ft. A tényleges idő 5,2 óra, az anyagköltség 19 500 Ft lett, a többi változatlan. Számítsd ki az előkalkulált és az utókalkulált önköltséget, majd az eltérést. Mennyi a százalékos eltérés? (A nyereséggel most ne foglalkozz.)

45.2.15.5. 5. feladat (C)

Egy asztalos 10 % haszonkulccsal dolgozik. Egy munkánál az utókalkuláció szerint a tényleges önköltség 180 000 Ft lett, de az előkalkulált önköltség 160 000 Ft volt. Az árajánlatban a nettó ár 176 000 Ft volt. Mekkora lett a tényleges nyereség Ft-ban és a tényleges önköltség százalékában? Mit javasolsz, hogyan kerülje el a jövőben az ilyen csökkenést?

45.2.15.6. 6. feladat (D)

Készítsd el egy konyhaszekrény-sor rövidített utókalkulációját. A tényleges adatok: anyag 96 500 Ft, bér 54 600 Ft, járulék 13 %, rezsi 23 400 Ft, egyéb 4 100 Ft. A vállalkozó az árajánlatban nettó 197 041 Ft-ot adott. Számítsd ki a tényleges önköltséget, a tényleges nyereséget, és állapítsd meg, hogy hány százalékos hasznot ért el. Ezután írd le, milyen költségtényezőt kell leginkább javítania, ha vissza akar térni a 15 %-os tervezett haszonhoz.

45.2.16. Megoldások

45.2.16.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** Az anyagköltséget nettó áron kell számolni, az ÁFA nem a vállalkozás költsége, hanem a végén a nettó termelési árra kerül.
2. **Igaz.** A rezsióradíj: $r = K_{\text{általános}}/H$, ahol H a felhasználható óra.
3. $r = 3\,000\,000/1250 = 2400\,\text{Ft/óra}$.
4. Az előkalkuláció becsült, a gyártás előtt készül; az utókalkuláció tényleges adatokkal, a gyártás után.
5. A fűtésköltség általában általános (rezsi) költség, nem közvetlen; a szállítás a megrendelőhöz egyéb közvetlen költség lehet, ha az adott termékhez rendelhető.

45.2.16.2. 1. feladat megoldása

Bér: $K_{\text{bér}} = 3 \cdot 3800 = 11\,400\,\text{Ft}$. Járulék: $11\,400 \cdot 0{,}13 = 1482\,\text{Ft}$. Rezsi: $3 \cdot 1900 = 5700\,\text{Ft}$. Önköltség:

$$K_{\text{ön}} = 25\,000 + 11\,400 + 1482 + 1200 + 5700 = 44\,782\,\text{Ft}.$$

Nyereség: $44\,782 \cdot 0{,}12 = 5373{,}84 \approx 5374\,\text{Ft}$. Nettó ár: $44\,782 + 5374 = 50\,156\,\text{Ft}$. ÁFA: $50\,156 \cdot 0{,}27 = 13\,542{,}12 \approx 13\,542\,\text{Ft}$. Bruttó ár: $50\,156 + 13\,542 = 63\,698\,\text{Ft}$.

45.2.16.3. 2. feladat megoldása

Rezsióradíj:

$$r = \frac{3\,600\,000\,\text{Ft}}{1\,500\,\text{óra}} = 2400\,\frac{\text{Ft}}{\text{óra}}.$$

Nem helyes az összes munkaórával osztani, mert abban benne vannak a nem számlázható órák (szabadság, betegség, adminisztráció, műhelyfenntartás). Ha 1 800 órával osztanánk, a rezsióradíj 2 000 Ft/óra lenne, ami alacsonyabb, és a termék nem gyűjtené vissza az éves rezsit. Ezért a rezsióradíj számításánál csak a kiszámlázható órákat vesszük figyelembe.

45.2.16.4. 3. feladat megoldása

Költségtáblázat:

Költségcsoport	Számítás	Összeg (Ft)
Anyagköltség	adott	31 000
Bérköltség	5 h × 4 200 Ft/h	21 000
Bérjárulék	21 000 × 13 %	2 730
Egyéb közvetlen	adott	2 000
Rezsi	5 h × 2 100 Ft/h	10 500
Önköltség		**67 230**
Nyereség	67 230 × 15 %	10 084,50 ≈ 10 085
Nettó ár		**77 315**
ÁFA	77 315 × 27 %	20 875,05 ≈ 20 875
Bruttó ár		**98 190**

45.2.16.5. 4. feladat megoldása

Előkalkuláció:

- Bér: $4{,}5 \cdot 4000 = 18\,000\,\text{Ft}$
- Járulék: $18\,000 \cdot 0{,}13 = 2\,340\,\text{Ft}$
- Rezsi: $4{,}5 \cdot 2000 = 9\,000\,\text{Ft}$
- Önköltség: $18\,000 + 18\,000 + 2\,340 + 9\,000 = 47\,340\,\text{Ft}$

Utókalkuláció:

- Bér: $5{,}2 \cdot 4000 = 20\,800\,\text{Ft}$
- Járulék: $20\,800 \cdot 0{,}13 = 2\,704\,\text{Ft}$
- Rezsi: $5{,}2 \cdot 2000 = 10\,400\,\text{Ft}$
- Önköltség: $19\,500 + 20\,800 + 2\,704 + 10\,400 = 53\,404\,\text{Ft}$

Eltérés: $53\,404 - 47\,340 = 6\,064\,\text{Ft}$. Százalék: $\frac{6064}{47\,340} \cdot 100 \approx 12{,}8\,\%$ növekedés.

45.2.16.6. 5. feladat megoldása

Az árajánlatban szereplő nettó ár 176 000 Ft. A tényleges önköltség 180 000 Ft. A tényleges nyereség:

$$K_{\text{nyereség}} = 176\,000 - 180\,000 = -4\,000\,\text{Ft}.$$

Ez azt jelenti, hogy az asztalos 4 000 Ft **veszteséget** termelt, nem nyereséget. A tényleges önköltségre vetítve:

$$\frac{-4000}{180\,000} \cdot 100 \approx -2{,}2\,\%.$$

Javaslat: a jövőben az előkalkulációba vegye be a reális munkaidőt, és ha a költségek nőnek, az árajánlatban használt haszonkulcsot úgy válassza meg, hogy a tényleges költségek és a váratlan emelkedések mellett is nyereség maradjon. Emellett vizsgálja felül az anyagbeszerzést és a rezsióradíjat, mert a 20 000 Ft-os önköltség-növekedés részben anyagdrágulásból, részben hosszabb időből adódott.

45.2.16.7. 6. feladat megoldása

Járulék: $54\,600 \cdot 0{,}13 = 7\,098\,\text{Ft}$.

Tényleges önköltség:

$$K_{\text{ön}} = 96\,500 + 54\,600 + 7\,098 + 4\,100 + 23\,400 = 185\,698\,\text{Ft}.$$

Tényleges nyereség:

$$K_{\text{nyereség}} = 197\,041 - 185\,698 = 11\,343\,\text{Ft}.$$

Tényleges haszonkulcs:

$$\frac{11\,343}{185\,698} \cdot 100 \approx 6{,}1\,\%.$$

A 15 %-os tervezett haszon eléréséhez a legnagyobb javulást a **bérköltség** és a **munkaidő** adja, mert a bér 6 600 Ft-tal, a hozzá tartozó járulék 858 Ft-tal és a rezsi 1 800 Ft-tal nőtt. Emellett az anyagköltség 4 500 Ft-os növekedését is csökkenteni kell, például jobb anyagkihozatalú szabástervvel és előre megkötött anyagárral.

45.2.17. Rövid összefoglaló

Az **önköltség** a termékre vetített összes költség: **közvetlen anyagköltség** (nettó áron), **közvetlen bérköltség**, **bérjárulék** (a bérre vetített munkáltatói teher, minta: 13 %, ellenőrizendő), **egyéb közvetlen költség**, **gyártási különköltség** és **általános (rezsi) költség**. A rezsit **rezsióradíjjal** osztjuk le: $r = K_{\text{általános}}/H$, ahol H a felhasználható, kiszámlázható órák száma. A termékre eső rezsi: $K_{\text{rezsi}} = t \cdot r$. A **teljes önköltség**:

$$K_{\text{ön}} = \sum \text{költségcsoportok}.$$

A **nyereség** $K_{\text{nyereség}} = K_{\text{ön}} \cdot m$, a **termelési (nettó) ár** $P_{\text{nettó}} = K_{\text{ön}} \cdot (1 + m)$, a **bruttó ár** $P_{\text{bruttó}} = P_{\text{nettó}} \cdot (1 + a)$, ahol a az ÁFA-kulcs. Az **előkalkuláció** becsült adatokkal készül a gyártás előtt, az **utókalkuláció** tényleges adatokkal a gyártás után. Az **eltérés-elemzés** megmutatja, hol nőtt a költség, és mit javítsunk. **Továbbvitt eredmény:** az önköltség és a termelési ár a következő Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetben az árajánlat magja, a haszonkulcs és a rezsióradíj pedig az Üzleti terv, piackutatás, piacképesség alfejezetben kap piaci értelmezést.

45.2.18. Források és ellenőrzési hiányok

- Magyar adójogszabályok: ÁFA-kulcs, szociális hozzájárulási adó mértéke, a bérjárulékok aktuális szabályai (ellenőrizendő).
- Számviteli alapelvek az önköltség-számítás belső rendjéről (ellenőrizendő: a vállalkozás számviteli politikája).
- A szabásjegyzék és anyagnorma kapcsolata: Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő.
- A munkaidő becslése: A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés.
- Az árak, órabérek, rezsióradíjak és anyagárak **mintaadatok**, nem valós piaci adatok.

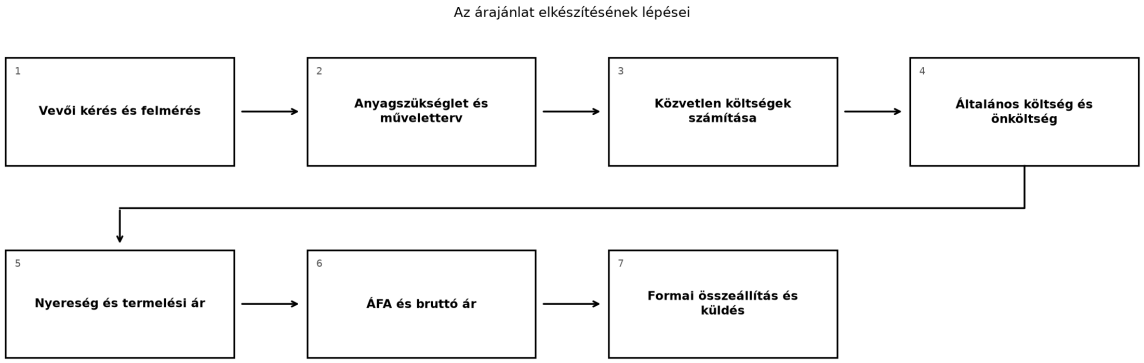
45.3. Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár

45.3.1. Motiváció

Egy vevő betér a műhelybe: „Mennyibe kerülne egy tölgyfa íróasztal, körülbelül?” Az asztalos fejben gyorsan összeszámolja az anyagot és a munkát, majd küld egy e-mailt. Két hét múlva kiderül, hogy a szállítás, a helyszíni szerelés, a csomagolás és a hulladék költsége kimaradt. Az árajánlat nem tipp, hanem dokumentált számítás. Ebben az alfejezetben megtanulod, hogyan építsd fel az árajánlatot a közvetlen költségektől a bruttó árig, és hogyan kerüld el a leggyakoribb hibákat.

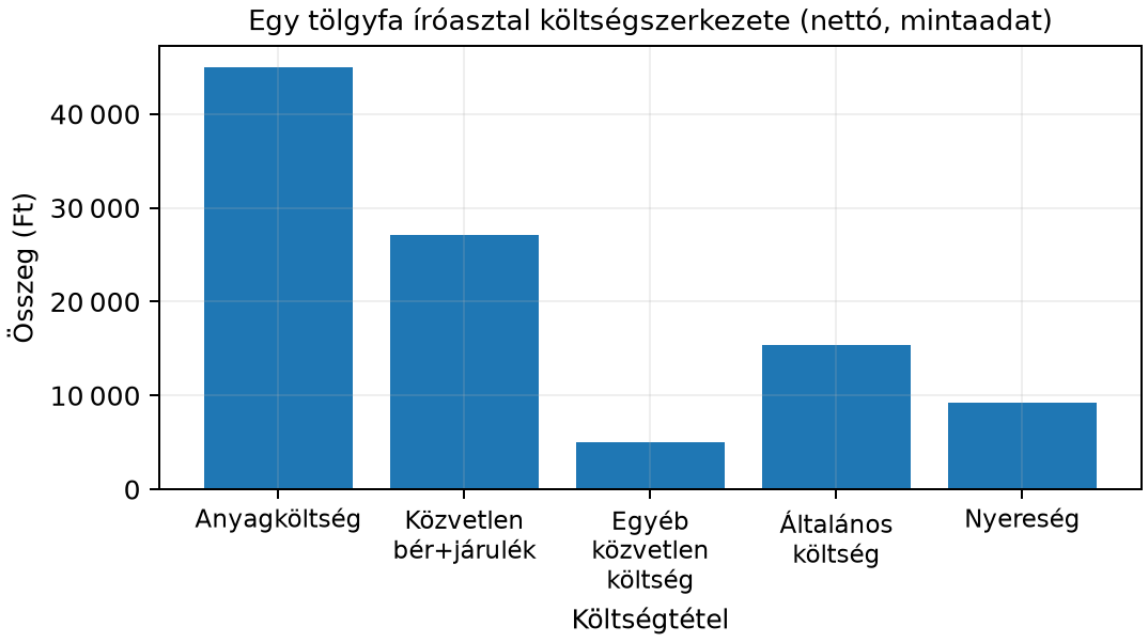
45.3.2. Szemléletes kép

Az árajánlat készítése egy lépéssor. Nézd meg a folyamatábrát:



45.3. ábra. Az árajánlat elkészítésének lépései - Szemléltető folyamatábra: a vevői kéréstől az érvényes árajánlat elküldéséig.

A kész árajánlatban a költségek egymásra épülnek, mint egy torony. Az alábbi oszlopdiagram egy mintaárajánlat költségszerkezetét mutatja:



45.4. ábra. Egy tölgyfa íróasztal költségszerkezete (nettó, mintaadat) - Szemléltető, kerekített mintaadatok; a számítás menetét a kidolgozott példában mutatjuk be. A termelési ár összege 101 798 Ft, ÁFA nélkül.

45.3.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Az **árajánlat** olyan írásos dokumentum, amelyben az eladó (asztalos, vállalkozó) egy konkrét termékre vagy szolgáltatásra meghatározott feltételekkel árat ad. Az árajánlat nem szerződés, de ha a vevő elfogadja, a szerződéskötés alapja lesz.

Definíció. A **termelési ár** (más néven **nettó ár**) az az ár, amely fedezi a teljes önköltséget és a vállalkozó nyereségét, de nem tartalmazza az általános forgalmi adót (ÁFA). Képlete:

$$\text{Termelési ár} = \text{Teljes önköltség} + \text{Nyereség}$$

Definíció. A **kiszámlázott ár** (más néven **bruttó ár**) az az összeg, amelyet a vevő ténylegesen fizet. Tartalmazza a termelési árat és az arra számított ÁFÁ-t. Képlete:

$$\text{Bruttó ár} = \text{Termelési ár} \cdot \left(1 + \frac{\text{ÁFA kulcs}}{100}\right)$$

Szabály. Az árajánlatban minden pénzösszeget **nettó** és **bruttó** bontásban kell megadni, és az ÁFA kulcsot külön kell feltüntetni. Magyarországon az általános ÁFA-kulcs jelenleg 27% **(ellenőrizendő: aktuális kulcs a hatályos áfatörvény szerint)**. Kedvezményes kulcsok is létezhetnek egyes termékekre, de a faipari bútorok és nyílászárók tipikusan a 27%-os kulcs alá tartoznak **(ellenőrizendő)**. Ha a vállalkozó alanyi adómentes (az értékhatár ellenőrizendő: NAV), az árajánlatban nincs ÁFA-sor; tüntesd fel: „alanyi adómentes” – lásd a Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése alfejezetet. Magánszemély vevőnek mindig a ténylegesen fizetendő végösszeget (bruttó ár) is add meg (ellenőrizendő: fogyasztóvédelmi árfeltüntetési szabály).

Szabály. Az árajánlat költségtételei a következő sorrendben épülnek fel:

1. **Közvetlen anyagköltség** – a termékbe ténylegesen beépülő anyagok (fa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő anyag).
2. **Közvetlen bérköltség** – a termék elkészítésére fordított munkaórák díja.
3. **Bérjárulék** – a munkabérre rakódó adók és járulékok (szociális hozzájárulási adó stb.). Ezt a bérköltség százalékában adjuk hozzá. **(ellenőrizendő: aktuális járulékmérték)**
4. **Egyéb közvetlen költség** – csomagolás, szállítás, helyszíni szerelés, bérelt szerszám vagy alvállalkozó.
5. **Közvetlen költség összesen** – az 1–4. sor összege.
6. **Általános költség (rezsi)** – a műhely fenntartásának költségei (bérleti díj, fűtés, világítás, könyvelő, szerszámkopás). A rezsit kétféleképpen terhelhetjük: (a) rezsióradíjjal a munkaórákra (lásd Költségek és önköltség) – ez a pontosabb; (b) egyszerűsítve a közvetlen költség (vagy a közvetlen bér) százalékában. Egy vállalkozás egy módszert használjon következetesen; az anyagra vetített százalék drága anyagnál torzít, mert a rezsi a munkától függetlenül nő.
7. **Teljes önköltség** – a közvetlen költség és az általános költség összege.
8. **Nyereség** – a vállalkozó haszna. Általában az önköltség százalékában adjuk meg.
9. **Termelési ár (nettó)** – az önköltség és a nyereség összege.
10. **ÁFA** – a termelési ár és az ÁFA-kulcs szorzata.
11. **Bruttó ár (kiszámlázott ár)** – a termelési ár és az ÁFA összege.

Definíció. Az **összköltség** a vevő szempontjából a bruttó ár, plusz esetlegesen felmerülő egyéb díjak (pl. külön kiszámlázott szállítás). Az árajánlatban minden tételt úgy kell feltüntetni, hogy a vevő pontosan lássa, mit fizet.

45.3.4. Kidolgozott példa: tölgyfa íróasztal árajánlata

Adott. Tölgyfa íróasztal, 1 darab. Az anyagnorma és a technológiai lap alapján:

- Anyagköltség: 45 000 Ft (mintaadat)
- Munkaidő: 12 óra
- Órabér: 2 000 Ft/óra (mintaadat a számítás követhetősége miatt; a valós órabér nem lehet alacsonyabb a mindenkori garantált bérminimum órabérénél – ellenőrizendő: hatályos kormányrendelet; a szomszédos alfejezetek reálisabb 4 000–5 500 Ft/órával számolnak)
- Bérjárulék: 13% (ellenőrizendő: aktuális mérték)
- Egyéb közvetlen költség: csomagolás 800 Ft, szállítás 2 500 Ft, szerelés 1 700 Ft (mintaadatok)
- Általános költség: 20% a közvetlen költségre (mintaadat)
- Nyereség: 10% az önköltségre (mintaadat)
- ÁFA-kulcs: 27% (ellenőrizendő)

Keresett. A termelési ár (nettó) és a bruttó ár.

Számítás lépésenként.

Először a bérköltség:

$$\text{Bérköltség} = 12\,\text{h} \cdot 2\,000\,\text{Ft/h} = 24\,000\,\text{Ft}$$

A bérjárulék:

$$\text{Bérjárulék} = 24\,000\,\text{Ft} \cdot \frac{13}{100} = 3\,120\,\text{Ft}$$

Egyéb közvetlen költség:

$$\text{Egyéb közvetlen} = 800 + 2\,500 + 1\,700 = 5\,000\,\text{Ft}$$

Közvetlen költség összesen:

$$\text{Közvetlen összesen} = 45\,000 + 24\,000 + 3\,120 + 5\,000 = 77\,120\,\text{Ft}$$

Általános költség:

$$\text{Általános költség} = 77\,120\,\text{Ft} \cdot \frac{20}{100} = 15\,424\,\text{Ft}$$

Teljes önköltség:

$$\text{Teljes önköltség} = 77\,120 + 15\,424 = 92\,544\,\text{Ft}$$

Nyereség:

$$\text{Nyereség} = 92\,544\,\text{Ft} \cdot \frac{10}{100} = 9\,254{,}4\,\text{Ft} \approx 9\,254\,\text{Ft}$$

Termelési ár (nettó):

$$\text{Termelési ár} = 92\,544 + 9\,254 = 101\,798\,\text{Ft}$$

ÁFA:

$$\text{ÁFA} = 101\,798 \cdot \frac{27}{100} = 27\,485{,}46 \approx 27\,485\,\text{Ft}$$

Bruttó ár:

$$\text{Bruttó ár} = 101\,798 + 27\,485 = 129\,283\,\text{Ft}$$

Megjegyzés. Ez a példa a rezsit a (b) módszerrel, a közvetlen költség 20 %-ában számolja. Rezsióradíjjal (mintaként 12 h $\times$ 1 800 Ft/h = 21 600 Ft, ellenőrizendő) a rezsi 15 424 Ft helyett 21 600 Ft lenne; a két módszer eredménye eltér, ezért a vállalkozás egyet használjon következetesen.

Ellenőrzés. A bruttó ár a termelési ár 1,27-szerese: $101\,798 \cdot 1{,}27 = 129\,283{,}46$, ami kerekítve egyezik. A költségszerkezet összege a diagrammal is összhangban van.

A kalkulációt táblázatban is rögzítjük:

Költségtétel	Számítás	Összeg (Ft)
Közvetlen anyagköltség	anyagnorma szerint	45 000
Közvetlen bérköltség	12 h × 2 000 Ft/h	24 000
Bérjárulék	24 000 × 13%	3 120
Egyéb közvetlen költség	csomagolás + szállítás + szerelés	5 000
Közvetlen költség összesen		**77 120**
Általános költség	77 120 × 20%	15 424
Teljes önköltség		**92 544**
Nyereség	92 544 × 10%	9 254
Termelési ár (nettó)		**101 798**
ÁFA	101 798 × 27%	27 485
Bruttó ár (kiszámlázott)		**129 283**

A gyakorlatban a termelési árat gyakran kerekítik, például 101 800 Ft-ra. Ekkor a bruttó ár $101\,800 \cdot 1{,}27 = 129\,286\,\text{Ft}$. A kerekítés mértéke a vállalkozó döntése, de az árajánlatban a kerekítés szabályát egységesen kell alkalmazni.

45.3.5. Második számítás: előleg és fizetési ütemezés

Adott. A fenti tölgyfa íróasztal bruttó ára 129 283 Ft. A vevővel kötött megállapodás szerint a rendeléskor 30% előleget kell fizetni, a fennmaradó összeget az átadáskor.

Keresett. Az előleg és a fennmaradó összeg bruttó értéke.

Számítás.

$$\text{Előleg} = 129\,283 \cdot \frac{30}{100} = 38\,784{,}9 \approx 38\,785\,\text{Ft}$$

$$\text{Fennmaradó} = 129\,283 - 38\,785 = 90\,498\,\text{Ft}$$

Ellenőrzés. A fennmaradó a bruttó ár 70%-a: $129\,283 \cdot 0{,}7 = 90\,498{,}1$, ami egyezik.

45.3.6. Az árajánlat formai elemei

Szabály. Az árajánlatnak formailag is egyértelműnek kell lennie. A következő elemeket minden esetben tartalmaznia kell:

- **Fejléc:** a vállalkozó neve, címe, adószáma, bankszámlaszáma, telefonszáma, e-mail-címe.
- **Vevő adatai:** név, cím, elérhetőség.
- **Árajánlat száma, kelte:** minden árajánlat egyedi azonosítót kap (pl. A-2025/001).
- **Érvényesség:** az árajánlat csak meghatározott ideig érvényes (pl. 30 nap). Ez azért fontos, mert az anyagárak és a bérek változhatnak.
- **Tételsorok:** minden termék vagy szolgáltatás egy sorban, mennyiséggel, nettó egységárral, nettó értékkel, ÁFA-kulccsal.
- **Fizetési feltételek:** előleg mértéke, fizetési határidő, késedelmi kamat.
- **Szállítási és szerelési feltételek:** mit tartalmaz az ár, mi számít külön tételnek.
- **Garancia:** hány év jótállást vagy szavatosságot vállal a kivitelező.
- **Kizárások:** mi nem része az ajánlatnak (pl. villanyszerelés, festés).

- **Aláírás, bélyegző.**

Az alábbi táblázat egy egyszerű, de teljes árajánlat tételsorát mutatja a fenti példához:

Tétel	Megnevezés	Mennyiség	Nettó egységár (Ft)	Nettó érték (Ft)
1	Tölgyfa íróasztal 1400 × 700 × 25 mm	1 db	101 798	101 798
Összesen				**101 798**
ÁFA 27%				27 485
Bruttó összeg				**129 283**

A táblázat alatt a szöveges feltételek állnak: érvényesség, előleg, garancia, szállítás.

45.3.7. Árajánlat küldése és tárgyalás

Az árajánlatot **PDF formátumban**, e-mailben vagy személyesen adjuk át. A PDF megőrzi a formázást, és nem módosítható. Az e-mail tárgya legyen pontos: „Árajánlat – Tölgyfa íróasztal – A-2025/001”.

Szabály. A tárgyaláson az árajánlatot nem szabad csak szóban módosítani. Ha a vevő kér valamit – például más méretet, olcsóbb anyagot, rövidebb határidőt –, a módosítást írásban kell rögzíteni, és új árajánlatot vagy árajánlat-kiegészítést kell küldeni.

Tárgyalási helyzetek:

- **A vevő alkudni szeretne.** Nem az anyagköltséget csökkentjük, hanem megbeszéljük, melyik tétel hagyható el (pl. szerelés, gyengébb vasalat). A nyereség mindig maradjon pozitív.
- **A vevő sürgeti a határidőt.** A gyorsabb munka többletköltséggel járhat (túlóra, soron kívüli anyagbeszerzés). Ezt külön tételként kell feltüntetni.
- **A vevő csak az árat nézi.** Ilyenkor érdemes a költségszerkezetet röviden elmagyarázni: anyag, munka, garancia, szállítás.

45.3.8. Gyakori hibák és elkerülésük

1. **Elfelejtett szállítás és szerelés.** A termék elkészült, de a helyszínre vitel és a beépítés kimaradt az árból. **Helyes gyakorlat:** minden árajánlatban legyen külön sor a szállításra és a szerelésre, még akkor is, ha nulla („szállítás a telephelyen történő átvétellel”).
2. **Hulladék és selejt figyelmen kívül hagyása.** A fűrészpor, a gyalulási ráhagyás, a hibás alkatrész mind anyagveszteség. Ha az anyagnormában nincs 10–15% ráhagyás, az anyagköltség alulbecsült lesz. **Helyes gyakorlat:** az anyagszükségletet a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezet szerint, ráhagyással számoljuk.
3. **Rossz ÁFA-kulcs vagy az ÁFA elfelejtése.** Ha a termelési árat adjuk meg bruttó árként, a vállalkozó befizeti az ÁFÁT a saját hasznából. **Helyes gyakorlat:** minden árajánlatban a nettó és a bruttó összeg is szerepeljen, az ÁFA külön soron.

4. **Az általános költség elhagyása.** A műhely bérleti díja, a fűtés, a szerszámkopás nincs benne az árban, ezért a vállalkozó látszólag nyereséges, valójában veszteséges. **Helyes gyakorlat:** az általános költséget mindig számoljuk be, akár fix összegként, akár százalékban.

5. **Nincs érvényességi idő.** Ha az anyagár emelkedik, a régi árajánlat már nem fedezi a költségeket, de a vevő ragaszkodik hozzá. **Helyes gyakorlat:** minden árajánlatban szerepeljen: „Az árajánlat érvényes: 30 napig”.

6. **Pontatlan tételsor.** A vevő nem tudja, mit kap a pénzéért. **Helyes gyakorlat:** a tételsor legyen részletes, de ne túl hosszú; egy asztalnál elég a főbb tételek, a vasalatokat lehet összevontan.

45.3.9. Valós életbeli alkalmazás

Egy asztalos vállalkozó árajánlatot adott egy beépített gardróbszekrényre. A kalkulációban szerepelt az anyag, a munka, a szerelés, de a szállítás kimaradt. A vevő kifizette az előleget, majd kérte, hogy az asztalos szállítsa ki a bútort a műhelyből a lakására. Az asztalos kénytelen volt ingyen szállítani, mert az árajánlatban nem szerepelt a szállítási díj. A hiba oka az volt, hogy a kalkulációban a szerelést és a szállítást egyben kezelte, de a szállítás költsége (üzemanyag, rakodás, idő) kimaradt. A tanulság: az árajánlatban a szállítás és a szerelés külön sor legyen, akkor is, ha a vevő később lemondja. A dokumentált árajánlat védi a vállalkozót és a vevőt is.

Továbbvitt eredmény. Az itt bemutatott árajánlat-szerkezetet és számítási menetet használjuk a Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla alfejezetben, valamint a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés vizsgaremek-dokumentációjában.

45.3.10. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, majd ellenőrizd a Megoldások első részében.

1. Igaz vagy hamis? A termelési ár azonos a bruttó árral. Indokold.
2. Mennyi a bruttó ár, ha a nettó termelési ár 150 000 Ft, az ÁFA-kulcs 27%?
3. Sorolj fel három olyan tételt, amelyet gyakran elfelejtenek az árajánlatból.
4. Mi a különbség a teljes önköltség és a termelési ár között?
5. Miért kell érvényességi időt megadni az árajánlatban?
6. Számold ki: anyag 80 000 Ft, bér 40 000 Ft, járulék 13%, egyéb közvetlen 10 000 Ft, általános költség 20% a közvetlenre, nyereség 10% az önköltségre. Mennyi a termelési ár? (Kerekíts egész Ft-ra.)

45.3.11. Feladatok

1. feladat (A)
Definiáld a termelési árat és a kiszámlázott árat, és írd fel a képletüket.

2. feladat (A)
Egy termék nettó termelési ára 250 000 Ft. Az ÁFA-kulcs 27%. Mennyi az ÁFA és a bruttó ár?

3. feladat (B)
Egy asztal árajánlatához a következő adatokat ismered: anyagköltség 60 000 Ft, bér 30 000 Ft,

bérjárulék 13%, egyéb közvetlen költség 8 000 Ft. Az általános költség a közvetlen költség 20%-a, a nyereség az önköltség 10%-a. Számold ki a teljes önköltséget, a termelési árat és a bruttó árat 27% ÁFÁ-val.

4. feladat (B)
Sorolj fel legalább öt formai elemet, amelyet egy árajánlatnak tartalmaznia kell, és indokold röviden mindegyiket.

5. feladat (C)
Egy árajánlatban a szállítás és a szerelés nem szerepel, az ÁFA-t 27% helyett 5%-kal számolták. Mi lehet a következmény? Hogyan javítható az árajánlat, még mielőtt a vevő elfogadja?

6. feladat (C)
A vevő azt kéri, hogy a 30%-os előleget csökkentsd 10%-ra, és a garanciát hosszabbítsd meg 5 évre. Hogyan reagálj? Milyen kockázatokat kell mérlegelni, és hogyan lehet ezt az árajánlatban érvényesíteni?

7. feladat (D)
Készíts egy komplett árajánlatot egy kisméretű tölgyfa fali polcra a következő adatokkal: anyagköltség 18 000 Ft, bér 12 000 Ft, járulék 13%, egyéb közvetlen 3 000 Ft (csomagolás + szállítás), általános költség 20% a közvetlenre, nyereség 10% az önköltségre, ÁFA 27%. Az ajánlat száma legyen A-2025/002, érvényessége 30 nap, előleg 30%. Add meg a tételsort, a nettó és bruttó összeget, valamint a fizetési ütemezést.

45.3.12. Megoldások

45.3.12.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A termelési ár a nettó ár, amely nem tartalmazza az ÁFÁ-t. A bruttó ár a termelési ár és az ÁFA összege.
2. Bruttó ár = $150\,000 \cdot 1{,}27 = 190\,500$ Ft.
3. Szállítás, szerelés, csomagolás, hulladék, általános költség (bármelyik három).
4. A teljes önköltség az összes költség (közvetlen + általános), a termelési ár az önköltség és a nyereség összege.
5. Az anyagárak és bérek változhatnak, ezért a régi árajánlat érvényességét korlátozni kell, hogy a vállalkozó ne szenvedjen veszteséget.
6. Számítás: Bér = 40 000 Ft, járulék = 40 000 × 0,13 = 5 200 Ft. Közvetlen = 80 000 + 40 000 + 5 200 + 10 000 = 135 200 Ft. Általános = 135 200 × 0,20 = 27 040 Ft. Önköltség = 162 240 Ft. Nyereség = 16 224 Ft. Termelési ár = 178 464 Ft.

45.3.12.2. Feladatok megoldása

1. feladat (A)
Termelési ár = teljes önköltség + nyereség. Kiszámlázott ár = termelési ár + ÁFA = termelési ár × (1 + ÁFA%/100).

2. feladat (A)
ÁFA = $250\,000 \cdot 0{,}27 = 67\,500$ Ft. Bruttó = $250\,000 + 67\,500 = 317\,500$ Ft.

3. feladat (B)
Bérjárulék = $30\,000 \cdot 0{,}13 = 3\,900$ Ft. Közvetlen = $60\,000 + 30\,000 + 3\,900 + 8\,000 = 101\,900$ Ft. Általános = $101\,900 \cdot 0{,}20 = 20\,380$ Ft. Önköltség = $101\,900 + 20\,380 = 122\,280$ Ft. Nyereség =

122 280·0,10 = 12 228 Ft. Termelési ár = 134 508 Ft. ÁFA = 134 508·0,27 = 36 317,16 ≈ 36 317 Ft. Bruttó = 170 825 Ft.

4. feladat (B)
Fejléc (cégadatok), vevő adatai, árajánlat száma és kelte, érvényesség, tételsorok, fizetési feltételek, szállítás és szerelés, garancia, aláírás. Indoklás: mindegyik a pontos szerződéses alapot és a felelősség megosztását szolgálja.

5. feladat (C)
A szállítás és szerelés kimaradása: a vállalkozó saját költségén végzi el a szállítást és szerelést, vagy a vevő vitatja a pluszköltséget. Az 5% ÁFA alkalmazása adózási hiba, mert a bútorokra 27% vonatkozik (ellenőrizendő). A javítás: új árajánlatot kell készíteni, ahol a szállítás és szerelés külön tétel, az ÁFA 27%, és az érvényességi időt meg kell adni.

6. feladat (C)
A 10% előleg nagyobb kockázatot jelent a vállalkozónak, mert kevesebb pénz érkezik a gyártás megkezdése előtt. Az 5 éves garancia magasabb kockázatot jelent a meghibásodások miatt. A válasz: az előleget lehet csökkenteni, de akkor a fizetési ütemezést úgy kell módosítani, hogy a fennmaradó nagyobb része korábban esedékes legyen (pl. 50% a gyártás közben). A hosszabb garancia beépíthető a nyereség emelésével vagy külön garancia-díjjal. Az árajánlatban ezeket a feltételeket rögzíteni kell.

7. feladat (D)
Számítás: Bérjárulék = 12 000 · 0,13 = 1 560 Ft. Közvetlen = 18 000 + 12 000 + 1 560 + 3 000 = 34 560 Ft. Általános = 34 560 · 0,20 = 6 912 Ft. Önköltség = 41 472 Ft. Nyereség = 41 472 · 0,10 = 4 147,2 ≈ 4 147 Ft. Termelési ár = 45 619 Ft. ÁFA = 45 619·0,27 = 12 317,13 ≈ 12 317 Ft. Bruttó = 57 936 Ft.

Árajánlat minta:

- Ajánlat száma: A-2025/002
- Kelt: (dátum)
- Érvényes: 30 nap
- Vevő: (név, cím)

Tétel	Megnevezés	Mennyiség	Nettó egységár (Ft)	Nettó érték (Ft)
1	Tölgyfa fali polc 600 × 200 × 25 mm	1 db	45 619	45 619
Összesen				**45 619**
ÁFA 27%				12 317
Bruttó összeg				**57 936**

Fizetési feltételek: előleg 30%, azaz 17 381 Ft a rendeléskor, a fennmaradó 40 555 Ft az átadáskor.

45.3.13. Rövid összefoglaló

Az árajánlat írásos dokumentum, amely a vevő számára meghatározott termékre meghatározott feltételekkel árat ad. A költségszerkezet lépésenként épül fel: közvetlen anyagköltség, bér, járulék, egyéb közvetlen költség → közvetlen költség; általános költség → teljes önköltség; nyereség

→ termelési ár (nettó); ÁFA → bruttó ár (kiszámlázott ár). A bruttó ár a termelési ár 1 + ÁFA%/100-szorosa. A formai elemek (fejléc, tételsorok, érvényesség, fizetési feltételek, garancia) biztosítják a szerződéses alapot. A leggyakoribb hibák: szállítás, szerelés, hulladék, ÁFA és általános költség kimaradása. Az árajánlatot PDF-ben küldjük, a tárgyaláson minden módosítást írásban rögzítünk. **Továbbvitt eredmény:** az árajánlat szerkezete és kalkulációja alapja a Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla és a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezeteknek.

45.3.14. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: hatályos áfatörvény (ÁFA-kulcs, számla-előírások), adó- és járulékjogszabályok (bérjárulék mértéke), fogyasztóvédelmi és vállalkozási szerződésre vonatkozó előírások, irodai szoftverek használati útmutatói, árajánlat-sablonok. Ellenőrizendő: az ÁFA-kulcs aktuális értéke (jelenleg 27%), a szociális hozzájárulási adó mértéke (13% volt az utolsó ismert), a kedvezményes ÁFA-kulcsok köre, a jótállás és szavatosság kötelező időtartama, valamint az árajánlat minimális formai követelményei. A mintaárak és az órabér kitalált, szemléltető adatok.

46 Vállalkozásműködtetés

46.1. Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése

46.1.1. Motiváció

Miután az asztalos tanuló elkészíti az első vizsgamunkát, gyakran megkeresi az első megrendelő: „Csinálnál nekem egy beépített szekrényt? Számlát is tudnál adni?” Ekkor válik fontossá, hogy milyen formában végezhető legálisan a munka. A vállalkozási forma nem csak bejelentési papír: meghatározza, ki felel a hibákért, hogyan adózik, mennyi adminisztrációval jár, lehet-e alkalmazottat foglalkoztatni, és mennyi tőke kell az induláshoz. A rossz választás később sok időt és pénzt vehet el.

Ebben az alfejezetben a magyarországi, asztalosműhely indításához leggyakrabban szóba jövő formákat ismerjük meg. A pontos jogi adatok hatálya folyamatosan változik, ezért ahol jogszabályi szám vagy adómérték szerepel, azt ellenőrizendőként jelöljük.

46.1.2. Szemléletes kép

Képzelj el három induló asztalost. Az első egyedül dolgozik a garázsában, kevés géppel, és csak hétvégi megrendeléseket vállal. A második társával közösen bérel műhelyt, ketten vettek gépeket, és együtt vállalnak nagyobb konyhabútor-sorozatot. A harmadik több éve működik, három alkalmazottat foglalkoztat, és már áruházaknak is gyárt. Mindháromnak más vállalkozási forma lehet az ésszerű: az első inkább egyéni vállalkozó, a második betéti társaságot (Bt.) vagy korlátolt felelősségű társaságot (Kft.) alapíthat, a harmadik szinte biztosan Kft.-t működtet.

A választás szempontjai tehát nem ízléskérdések, hanem a **felelősség, adózás, tőke és adminisztráció** kérdése.

46.1.3. Alapfogalmak és vállalkozási formák

Definíció. A **vállalkozás** olyan gazdasági tevékenység, amelyet saját kockázatra, rendszeresen, nyereségszerzés céljából végez valaki. Az asztalosipari munkák akkor számítanak vállalkozási tevékenységnek, ha nem egy-egy alkalmi segítségről van szó, hanem megrendelésre, ellenérték fejében, üzletszerűen végzett munkáról.

Magyarországon az asztalos számára leggyakrabban az alábbi formák jönnek szóba.

Egyéni vállalkozó. A természetes személy saját nevében, saját felelősségére végez gazdasági tevékenységet. A bejelentés és a működés egyszerű, de a vállalkozó a teljes magánvagyonával felel a vállalkozás tartozásaiért. Ez **korlátlan, közvetlen felelősséget** jelent (az egyéni vállalkozó nem önálló jogalany, nincs külön jogi személy): ha a műhelyben keletkezett adósságot nem tudja fizetni, a hitelező a magánvagyonát is elérheti.

Betéti társaság (Bt.). Legalább két tag alapítja. Bel- és kültagja lehet. A **beltag** a társaság vagyonából ki nem elégíthető tartozásokért korlátlanul, mögöttesen és egyetemlegesen, személyes

vagyonával is felel (a Bt.-nek nincs törzstőkéje); a **kültag** csak a vagyoni betétje erejéig. A Bt. egyszerűbben alapítható, mint a Kft., de a beltagok korlátlan felelőssége miatt ma már kevésbé népszerű, ha növekedést tervez a vállalkozó.

Korlátolt felelősségű társaság (Kft.). Önálló jogi személy. A társaság tartozásaiért a Kft. a saját vagyonával felel; a tag főszabályként csak a törzsbetétje szolgáltatásáig felel, tehát a magánvagyona általában nem érhető el a cégtartozásokért (ellenőrizendő: Ptk. hatályos szövege). A Kft. alapításához törzstőke szükséges (ennek minimális összege tájékoztató jelleggel 3 millió forint, de a pontos mérték **ellenőrizendő a hatályos polgári törvénykönyvben és az ügyvédi tájékoztatóban**). A Kft. adminisztrációja nagyobb: társasági szerződés ügyvédi ellenjegyzéssel, cégbírósági bejegyzés, kettős könyvvitel, éves beszámoló; könyvvizsgálat csak a számviteli törvényben meghatározott értékhatár felett kötelező (ellenőrizendő: hatályos értékhatár).

Mezőgazdasági őstermelő. Ez a forma mezőgazdasági termékek előállítására, feldolgozására szolgál. Asztalosipari munkára jellemzően **nem alkalmas**, mert a faipari termék előállítása nem mezőgazdasági alaptevékenység. A kerettantervben mégis szerepel, mert az őstermelői forma akkor jöhet szóba, ha valaki például saját erdőből származó faanyagot dolgoz fel és értékesít kisméretű tárgyakként, de ez a tevékenység gyakran átcsúszik az asztalosipari vállalkozás határterületére. Ilyenkor az adó- és jogi besorolást a NAV-nál és az őstermelői nyilvántartást vezető szervnél (jelenleg a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara – ellenőrizendő) **előzetesen ellenőrizni kell**.

Összehasonlító táblázat. A teljes jogi kép ennél árnyaltabb, de az induló asztalosnak az alábbi gyakorlati különbségeket érdemes egymás mellé tenni.

Szempont	Egyéni vállalkozó	Bt.	Kft.
Alapítás bonyolultsága	kicsi	közepes	nagyobb
Alapító tagok száma	1 fő	legalább 2 tag	1 vagy több tag
Felelősség a tartozásokért	teljes magánvagyon	beltag: korlátlan; kültag: betétig	tőke erejéig, de jogi feltételekkel
Tőkekövetelmény (tájékoztató)	nincs kötelező minimális tőke	betét szükséges, összege tájékoztató	törzstőke, minimális összege jogszabály szerint
Könyvelés igénye	egyszerűsíthető	kettős könyvvitel vagy egyszerűbb, formától függően	kettős könyvvitel
Jellemző indulási helyzet	egyedül, kis tételek	társakkal, közös műhely	nagyobb tőke, munkavállalók, komoly megrendelők

Megjegyzés. Az adózási formák (átalányadó, kisadózó – KATA, társasági adó, kisvállalati adó – KIVA) nem azonosak a vállalkozási formával. Egy egyéni vállalkozó választhat átalányadót, KATA-t vagy egyéb adózási módot; egy Kft. választhat társasági adót vagy KIVÁ-t, ha a feltételek fennállnak. Az adónemek és mértékük **folyamatosan változhatnak**, ezért indulás előtt mindig a NAV aktuális tájékoztatóját kell megnézni (**ellenőrizendő**).

46.1.4. Az indítás feltételei

Egy asztalosműhely elindítása nem merül ki a bejelentésben. Három nagy feltételcsoportot kell összeállítani: **műszaki, jogi és pénzügyi**.

46.1.4.1. Műszaki feltételek

A műhelynek megfelelő telephely kell, ahol a gépek biztonságosan üzemelnek. Az asztalosműhelyben a gépi munka csak betanított, felügyelt személy által végezhető, ezért az indításnál nem elég egy asztal és egy körfűrész. Át kell gondolni a következőket:

- **Telephely:** saját garázs, bérelt műhely, ipari telephely. A helyiségnek meg kell felelnie a munkavédelem, tűzvédelem és a helyi építési előírások követelményeinek. A fapor elszívásához megfelelő elszívóberendezés szükséges, különösen keményfa megmunkálásakor.
- **Gépek és szerszámok:** az alapkészlet általában asztalos körfűrészgép, egyengető gyalu, vastagsági gyalu, alsómaró, kézi kisgépek, mérő- és rajzolóeszközök. A használt gépek előzetes műszaki ellenőrzése kötelező, mert a védőburkolat nélküli gép balesetet okozhat.
- **Energiaellátás:** a gépek teljesítményéhez elegendő villamos kapacitás, megfelelő kábelezés, védőkapcsolás. A villamos hálózat kiépítését csak villamos szakember végezheti.
- **Anyagellátás:** fűrészáru, lapanyag, ragasztó, felületkezelő anyagok beszerzési forrása és tárolása.
- **Hulladékkezelés:** fűrészpor, forgács, csiszolási por, üres festékes edények gyűjtése, tárolása és elszállíttatása a helyi hulladékrendelet szerint.

46.1.4.2. Jogi feltételek

Az indítás jogi lépései formánként eltérnek, de közös elemek is vannak.

- **Bejelentés, nyilvántartásba vétel:** az egyéni vállalkozónak a tevékenységét be kell jelentenie az erre kijelölt hatóságnál (ma jellemzően a Nemzeti Adó- és Vámhivatalnál, elektronikusan). A cégformáknál ügyvéd közreműködésével társasági szerződést kell készíteni, majd a cégbíróságnál bejegyeztetni.
- **Tevékenységi kör:** az asztalosipari tevékenységet a hivatalos tevékenységi körök szerint kell megjelölni. A pontos ÖVTJ/TEÁOR kódot **ellenőrizni kell** a hatályos osztályozásban.
- **Engedélyköteles tevékenységek:** bizonyos munkák (például villanyszerelés, gázszerelés, tűzgátló nyílászáró beépítése) nem végezhetők kizárólag asztalos képesítéssel. A faipari gépek üzemeltetéséhez a munkavédelmi előírások betartása és a dolgozók oktatása kötelező.
- **Biztosítás:** felelősségbiztosítás (károk, balesetek) és vagyonbiztosítás (gépek, anyagok) megkötése erősen ajánlott, bár nem minden forma esetén jogszabályi kötelezettség.
- **Adószám, számlázás:** az adószám megszerzése után számlát kell tudni kiállítani, adatot szolgáltatni a NAV felé. A számlázóprogram kiválasztásánál figyelni kell az online adatszolgáltatási kötelezettségre.

46.1.4.3. Pénzügyi feltételek

A vállalkozás indításához pénz kell, még akkor is, ha a tanuló saját szerszámait viszi magával.

- **Induló tőke:** gépek, kéziszerszámok, anyagkészlet, munkaruha, biztosítás, elszívó berendezés, számlázóprogram, weboldal. A tételes lista készítése az üzleti terv alapja.
- **Működési tartalék:** az első hónapokban a bevételek késhetnek, de a bérleti díjat, villanyt, adókat, anyagokat akkor is fizetni kell. A gyakorlatban legalább 3–6 havi fix költség tartalék javasolt (ez **tanács, nem jogszabályi előírás**).
- **Hitel, támogatás, pályázat:** a banki hitel, a mikrohitel és az induló vállalkozások támogatása csak akkor érhető el, ha az üzleti terv és a pénzügyi terv meggyőző. A támogatások feltételei rendszeresen változnak, ezért az aktuális pályázatokat **ellenőrizni kell** a kiíró szervezetnél.

Szabvány. A vállalkozás indításánál nem faipari szabvány, hanem jogszabályi környezet vonatkozik: a Polgári Törvénykönyv a gazdasági társaságokra, az egyéni vállalkozóról szóló törvény az egyéni vállalkozókra, az adózás rendjéről szóló törvény és az adótörvények az adózásra, a munkavédelmi törvény a műhely kialakítására, a tűzvédelmi előírások (OTSz) a műhely tűzbiztonságára. A pontos jogszabályszámokat és a hatályos szöveget az alábbi forrásoknál kell ellenőrizni: `net.jogtar.hu`, `NAV`, helyi önkormányzat, kamara.

46.1.5. Működéssel kapcsolatos feladatok

A bejegyzés után a vállalkozásnak naponta, hetente, havonta és évente ismétlődő feladatai vannak. Ezek elhanyagolása bírsághoz, adótartozáshoz vagy a vállalkozás megszűnéséhez vezethet.

46.1.5.1. Adózás és járulékok

A vállalkozó az elért eredmény után adót fizet, és – ha saját maga után járulékfizetésre kötelezett – társadalombiztosítási járulékot fizet. Az adó pontos fajtája az adózási módtól függ.

- **Egyéni vállalkozó** választhat szja-s (személyi jövedelemadós) vagy átalányadós elszámolást, bizonyos feltételekkel kisadózó (KATA) adózást is. Az átalányadó az éves bevétel meghatározott hányada után számol adót, csökkentve a költségeket nem kell tételesen igazolni (a pontos szabályok, sávok és mértékek **ellenőrizendők**).
- **Társas vállalkozás (Bt., Kft.)** eredménye után társasági adót (vagy KIVÁ-t) kell fizetni, emellett a tagok kivétje vagy osztaléka után további adók és járulékok merülhetnek fel.
- **Általános forgalmi adó (ÁFA):** a legtöbb asztalosipari termék és szolgáltatás ÁFA-köteles, de alanyi mentesség is választható értékhatárig. A határérték és a feltételek **ellenőrizendők a NAV-nál**.

Számítási szempont. A számlázáskor mindig fel kell tüntetni a nettó összeget, az ÁFA kulcsot (a magyar általános kulcs 27%, de **ellenőrizendő**), az ÁFA összeget és a bruttó összeget. Ha egy asztalos nettó 100 000 Ft munkadíjat számláz, az ÁFA 27%-kal számolva 27 000 Ft, így a bruttó 127 000 Ft lesz. Ezt a későbbi árajánlat-kalkulációnál is használjuk.

46.1.5.2. Könyvelés és nyilvántartás

A könyvelés célja, hogy a vállalkozás bevételei, kiadásai, adófizetési kötelezettségei naprakészen követhetők legyenek.

- A **számlák** (bevételi és kiadási) gyűjtése.
- A **bevételi nyilvántartás** a beérkező pénzekről, a **kiadási nyilvántartás** a kiadásokról.
- A **pénztár- és bankszámlanyilvántartás** egyeztetése.
- A **készletnyilvántartás** a faanyagról, lapanyagról, vasalatokról, késztermékekről.
- A **munkanapló, gyártási napló** a megrendelések, határidők és az elkészült munkák követésére.

A legtöbb induló vállalkozó könyvelőt bíz meg, de az alapnyilvántartások vezetése akkor is a vállalkozó feladata.

46.1.5.3. Napi adminisztrációs feladatok

A műhelyben az asztalos nem csak gyalul és ragaszt. Minden napra juthat egy-két adminisztratív lépés.

- Beérkező megrendelések feljegyzése, visszaigazolása.
- Anyagbeszerzés, szállítólevelek, számlák gyűjtése.
- Munkaidő-nyilvántartás, ha alkalmazott van.
- Gépi munkavégzéshez kapcsolódó ellenőrzések dokumentálása (például elszívó, védőberendezés ellenőrzése).
- Számla kiállítása az elkészült termékről, a számla adatszolgáltatásának elküldése a NAV felé.
- A munkaterület takarításának és a hulladékkezelésnek a dokumentálása.

Ezek a kis lépések nem látványosak, de ezek tartják a vállalkozást **jogszerű és átlátható** állapotban. A hiányzó számla vagy a nem jelentett bevétel később sokkal nagyobb munkát ad.

46.1.6. A vállalkozás megszűnése, megszüntetése

A vállalkozás akkor is megszűnhet, ha a tulajdonos elfáradt, nincs elég megrendelés, vagy a társak szétválnak. A megszüntetés nem egyszerűen a gép kikapcsolása: **lezárás** kell.

- Az egyéni vállalkozó a tevékenységét bejelenti a NAV-nál, az adószámot lezáratja, és az adóhatóság kiállítja a törlés igazolását. Minden bevallást, járulékot rendezni kell.
- A gazdasági társaságoknál a taggyűlés dönthet a cég végelszámolásáról vagy felszámolásról. A végelszámolás fizetőképes cég esetén önkéntes megszüntetés; a felszámolás fizetésképtelenség esetén indul. A folyamat hónapokig is tarthat.
- A megszűnés után a cég iratait, számláit, adóbevallásait meg kell őrizni a jogszabályban előírt ideig (tájékoztató jelleggel 5–8 év, **ellenőrizendő**).
- A gépeket, anyagokat vagy értékesítik, vagy magánvagyonba veszi a tulajdonos, de ennek is van adóvonzata.

A későbbi alfejezetben az üzleti terv és a szerződéskötés során visszatérünk a vállalkozási keretre. **Továbbvitt eredmény.** Az itt megismert felelősségi, adózási és adminisztrációs keret adja az alapját annak, hogy az Üzleti terv, piackutatás, piacképesség alfejezetben meg lehessen tervezni a vállalkozás pénzügyi tervét és kockázatait.

46.1.7. Indítási ellenőrzőlista

Ellenőrzőlista. Induló asztalosműhely vállalkozás indításához az alábbi lépéseket érdemes sorban végigvenni. Nem minden lépés kötelező minden formánál, de a nagyobb hibák elkerülését segíti.

1. **Tisztázd a tevékenységet.** Pontosan milyen munkákat vállalnál: bútorasztalos, épületasztalos, felújítás, helyszíni szerelés? Vannak-e engedélyköteles részek?
2. **Válassz vállalkozási formát.** Egyedül indulsz, kicsiben? Egyéni vállalkozó. Társakkal, közösen vásárolt gépekkel? Bt. vagy Kft. Nagyobb tőkével, alkalmazottakkal? Kft.
3. **Felméred a műszaki feltételeket.** Telephely, áram, elszívás, gépek, tárolás, hulladékkezelés.
4. **Készíts induló költségvetést.** Írd össze a gépeket, anyagokat, tartalékot. Számold ki, mekkora havi bevétel kell a nullszaldóhoz.

5. **Végeztesd el a jogi bejelentést.** Egyéni vállalkozóként a NAV-nál, társaság esetén ügyvéddel és cégbírósággal. Kérd az adószámot.
6. **Válassz adózási módot.** Konzultálj könyvelővel, és válaszd a tevékenységhez illő, legalacsonyabb kockázatú megoldást.
7. **Köts biztosítást.** Felelősségbiztosítás a károkért, vagyonbiztosítás a gépekre.
8. **Készítsd elő a számlázást és a nyilvántartást.** Számlázóprogram, bevétel- és kiadásnapló, munkanapló.
9. **Nyisd meg a műhelyt.** Először csak kis megrendelésekkel, próbaüzemben, majd fokozatosan bővítsd.
10. **Kérd visszajelzést.** Az első munkák után ellenőrizd: beérkeznek-e a kifizetések, tarthatók-e a határidők, elegendő-e a nyereség.

46.1.8. Kidolgozott példa: induló egyéni vállalkozó asztalos költségvetése

Számítás. Gábor most szerzett asztalos bizonyítványt, és garázsműhelyben akar dolgozni egyéni vállalkozóként. Összeállította az induló költségeit **mintaárakkal**, hogy lássa, mennyi pénz kell a kezdéshez.

Tétel	Mennyiség	Egységár (Ft)	Összeg (Ft)
Asztalos körfűrészgép, használt (műszakilag ellenőrzött)	1 db	250 000	250 000
Egyengető-vastagsági gyalugép, használt	1 db	180 000	180 000
Kézi kisgépek (fúrógép, csiszológép, felsőmaró)	1 készlet	90 000	90 000
Kéziszerszámok, mérőeszközök	1 készlet	60 000	60 000
Elszívó berendezés	1 db	120 000	120 000
Alapanyagkészlet (fenyő, bútorlap, ragasztó, lakk)	1 készlet	80 000	80 000
Számlázóprogram, honlap	1 csomag	30 000	30 000
Biztosítás (első év)	1 év	60 000	60 000
Induló összköltség			**870 000**

Gábor havi fix költségeket is becsült. A rezsit, bérleti díjat, könyvelőt, telefont, anyag utánpótlást és saját járulékait havi **220 000 Ft**-ra tette. Azt akarja, hogy a vállalkozás már az első évben nullszaldós legyen. Mennyi nettó bevételt kell termelnie havonta?

Keresett: havi minimális nettó bevétel, ha az éves induló költséget 12 hónapra osztja szét, és a fix költséget hozzáadja.

Képlet: havi szükséges nettó bevétel = havi fix költség + (induló összköltség ÷ 12)

Behelyettesítés:

$$\text{havi szükséges nettó bevétel} = 220\,000\,\text{Ft} + \frac{870\,000\,\text{Ft}}{12} \approx 220\,000 + 72\,500 = 292\,500\,\text{Ft/hó}$$

Értelmezés. Ez nettó, ÁFA nélküli összeg. Ha Gábor 27% áfát felszámít (ellenőrizendő kulcs), a vevő felé havi bruttó árbevétel kb. 371 475 Ft kell. Ez persze csak egyszerű becslés, mert az anyagköltség változó, és a bevételek nem egyenletesen jönnek. Az ilyen számítást az üzleti tervben kell tovább finomítani. A példa azt mutatja: az induló költségeket nem elég egyszer kifizetni, a vállalkozásnak vissza kell termelnie azokat.

46.1.9. Minőségellenőrzés

A vállalkozás „minősége” itt nem a termék csiszolását jelenti, hanem az adminisztráció naprakész állapotát. Havi szinten ellenőrizni kell:

- **Számlák:** minden elkészült munka ki van számlázva? A számla online adatszolgáltatása megtörtént?
- **Bevételek:** a banki átutalások és a készpénzes bevételek a nyilvántartásban szerepelnek?
- **Kiadások:** az anyag- és egyéb számlák megvannak, lefűzve, könyvelőnek átadva?
- **Határidők:** a havi ÁFA-bevallás, járulékbefizetés, adóelőleg határideje be van írva a naptárba?
- **Munkaügy:** ha van alkalmazott, a munkabér, a járulékok és a bevallások időben teljesülnek?
- **Készlet:** a faanyag és lapanyag nyilvántartás egyezik a tényleges készlettel?

Eltérés esetén a hibát azonnal korrigálni kell, mert a halogatás kamathoz, bírsághoz vezethet. A könyvelővel való havi egyeztetés a legegyszerűbb megoldás.

46.1.10. Tipikus hibák és okaik

Hiba 1: Túl nagy forma kicsi bevételhez. A kezdő asztalos Kft.-t alapít, mert úgy „profibb”, de évi könyvelési és adminisztrációs költsége magas, a bevétele pedig nem éri el. **Ok:** a forma presztízsből való megválasztása. **Helyes gyakorlat:** először az egyszerűbb forma (egyéni vállalkozó) választása, és csak a növekedés után váltás.

Hiba 2: Nincs külön üzleti és magánpénz. Az asztalos egy számlán tartja a bevételt és a magánpénzt, nem tudja megmondani, nyereséges-e. **Ok:** hiányzó bankszámla- és pénztárnyilvántartás. **Helyes gyakorlat:** a vállalkozásnak külön bankszámla, külön nyilvántartás, és a magáncélú kivétet is dokumentálni kell.

Hiba 3: A szerződés nélküli munka. A megrendelő szóban kér asztalt, az asztalos megcsinálja, majd vita van az árról, a méretről, a színről. **Ok:** a vállalkozás indításkor nem készít szerződésmintát. **Helyes gyakorlat:** minden megrendelésről írásos ajánlat vagy szerződés, rajzzal, méretekkel, anyaggal, árral, határidővel. Ezt a következő alfejezet tárgyalja részletesen.

46.1.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy vidéki asztalos, István, korábban alkalmazottként dolgozott, majd egyéni vállalkozóként indult egy kis műhelyben. Az első évben szinte csak konyhai munkalapokat cserélt és beépített szekrényeket készített. A bevételei elegendőek voltak, de a nagyobb megrendelésekhez nem tudott előre anyagot venni, mert a megrendelő csak átadás után fizetett. István ezért társult egy asztalos barátjával, és betéti társaságot alapított. A tőkéjük együtt nagyobb lett, de a barátja hamarosan kiszállt, mert nem tudták megosztani a munkát. István tanulsága az volt: **a társas formánál a társakkal való együttműködés legalább olyan fontos, mint a tőke.** Később egyszemélyes Kft.-vé alakult, amikor alkalmazottakat vett fel, és a magánvagyonát jobban el

akarta választani a vállalkozástól. A példa azt mutatja: a vállalkozási forma életciklusa követi a műhely növekedését.

46.1.12. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? Az egyéni vállalkozó a teljes magánvagyonával felel a vállalkozás tartozásaiért. Indokold.

2. Melyik forma igényel legalább két alapító tagot?

3. Sorolj fel három műszaki feltételt egy asztalosműhely indításához.

4. Mi a különbség a Kft. és a Bt. mögöttes felelőssége között?

5. Miért veszélyes, ha a vállalkozó nem vezet bevételi és kiadási nyilvántartást?

46.1.13. Feladatok

1. feladat (A) Fogalmazd meg egy mondatban, mi a korlátlan felelősség, és melyik formákra jellemző (közvetlen és mögöttes különbségével).

2. feladat (A) Egy egyéni vállalkozó asztalos havi nettó bevétele 350 000 Ft. A havi fix költsége 210 000 Ft, az anyagköltség átlagosan a bevétel 30%-a. Mennyi a havi nyeresége adók és járulékok nélkül?

3. feladat (B) Egy Kft. induló költsége 2 400 000 Ft, a havi fix költsége 360 000 Ft. Hány hónap alatt térül meg az induló költség, ha havi nettó nyeresége átlagosan 180 000 Ft? (A nyereség az összes költség levonása utáni összeg.)

4. feladat (B) Hasonlítsd össze táblázatban az egyéni vállalkozót és a Kft.-t a felelősség, a tőkeigény és a könyvelési bonyolultság szempontjából.

5. feladat (C) Egy induló asztalos azt tervezi, hogy egyedül, kis garázsműhelyben dolgozik, kevés géppel, és főleg hétvégi megrendeléseket vállal. Válassz neki vállalkozási formát, és indokold meg legalább három érvvel.

6. feladat (D) Állíts össze egy 12 lépéses indítási ellenőrzőlistát egy saját elképzelésű asztalosműhelyhez. A lista tartalmazzon műszaki, jogi és pénzügyi lépéseket.

46.1.14. Megoldások

46.1.14.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Igaz.** Az egyéni vállalkozó a vállalkozási tartozásokért a teljes magánvagyonával felel, mert nincs külön jogi személy.
2. **Bt.**, mert a betéti társaságot legalább két tag alapítja.
3. Például: megfelelő telephely, elszívó berendezés, védőburkolattal ellátott gépek, villamos hálózat, hulladékkezelés.
4. A **Kft.** tagja főszabályként csak a törzsbetétje szolgáltatásáig felel, a magánvagyona általában védett; a **Bt.** beltagja korlátlanul, mögöttesen és egyetemlegesen, a kültag csak a vagyoni betétje erejéig felel.

5. Mert nem tudja igazolni a bevételeit és kiadásait, hibás lesz az adóbevallás, bírságot kaphat, és nem tudja megmondani, nyereséges-e a vállalkozás.

46.1.14.2. Feladatok megoldása

1. feladat (A) A korlátlan felelősség azt jelenti, hogy a vállalkozó a vállalkozás tartozásaiért nemcsak a befektetett vagyonnal, hanem a teljes magánvagyonával helytáll: az egyéni vállalkozó közvetlenül, a Bt. beltagja mögöttesen (a társaság vagyonának kimerülése után) és egyetemlegesen.

2. feladat (A) Adott: havi nettó bevétel 350 000 Ft, fix költség 210 000 Ft, anyagköltség a bevétel 30%-a. Anyagköltség = 0,30 × 350 000 = 105 000 Ft. Összes költség = 210 000 + 105 000 = 315 000 Ft. Nyereség = 350 000 − 315 000 = 35 000 Ft adók nélkül.

3. feladat (B) Adott: induló költség 2 400 000 Ft, havi nyereség 180 000 Ft. Megtérülési idő = 2 400 000 ÷ 180 000 = 13,33 hónap, tehát kerekítve 14 hónap. Ellenőrzés: 14 × 180 000 = 2 520 000, ami fedezi az induló költséget.

4. feladat (B) A táblázat a szövegben szereplő összehasonlító táblázathoz hasonló, de a tanulónak magának kell kitöltenie. Lényeg: felelősség (teljes vs. tőke), tőke (egyéni nincs minimum, Kft. minimális törzstőke), könyvelés (egyéni egyszerűbb, Kft. kettős könyvvitel).

5. feladat (C) Javasolt forma: **egyéni vállalkozó**. Érvek: (1) egyedül dolgozik, nincs szükség társra; (2) kis bevételhez egyszerűbb adózás és könyvelés illik; (3) az indulás gyors és olcsó; (4) a korlátlan felelősség ilyen kis kockázatnál elfogadható.

6. feladat (D) A tanuló saját listája, amelynek tartalmaznia kell a tevékenység meghatározását, forma kiválasztását, telephelyet, gépeket, áramot, elszívást, tőkét, bejelentést, adószámot, biztosítást, számlázást, próbaüzemet, nyilvántartást. Az ellenőrzőlista a szövegben található.

46.1.15. Rövid összefoglaló

A vállalkozási forma az asztalosműhely jogi keretét adja. Az **egyéni vállalkozó** egyedül, egyszerűen indulhat, de teljes magánvagyonával felel. A **Bt.** legalább két tagot igényel, a beltag felelőssége korlátlan, a kültagé betétjéig terjed. A **Kft.** önálló jogi személy, a tag felelőssége főszabályként a törzsbetétjéhez kötött, de alapítása és adminisztrációja nagyobb. Az őstermelői forma asztalosmunkára jellemzően nem alkalmas. Az indítás feltételei három csoportba sorolhatók: **műszaki** (telephely, gépek, elszívás, áram, hulladék), **jogi** (bejelentés, tevékenységi kör, engedélyek, biztosítás) és **pénzügyi** (induló tőke, tartalék, hitel, támogatás). A működés során folyamatos az adózás, járulékfizetés, könyvelés, nyilvántartás és napi adminisztráció. A vállalkozás megszüntetése lezárást igényel: bejelentés, bevallások, iratmegőrzés. **Továbbvitt eredmény:** a felelősségi, adózási és adminisztrációs keret az Üzleti terv, piackutatás, piacképesség alfejezetben a pénzügyi tervezés és a szerződéskötés alapját adja.

46.1.16. Források és ellenőrzési hiányok

- NAV tájékoztatók az egyéni vállalkozók, gazdasági társaságok adózásáról – **ellenőrizendő a hatályos adójogszabályok és mértékek**.
- Polgári Törvénykönyv a gazdasági társaságokról – **ellenőrizendő a hatályos szöveg és a törzstőke minimuma**.
- Egyéni vállalkozókról szóló törvény – **ellenőrizendő a hatályos jogszabályszám**.

- Cégbírósági bejegyzés, ügyvédi és könyvelői tájékoztatás – **ellenőrizendő az eljárás és díjak**.
- Munkavédelmi törvény, tűzvédelmi szabályzat (OTSz), hulladékgazdálkodási szabályok – **ellenőrizendő a műhely kialakításához**.
- A konkrét adómértékek (ÁFA, KATA, átalányadó sávok), járulékok, minimálbér – **mind ellenőrizendő a NAV és a kormányzati portál aktuális adatai szerint**.
- A mintaárak a számítási példában csak a módszert mutatják, nem valós piaci árak.

46.2. Üzleti terv, piackutatás, piacképesség

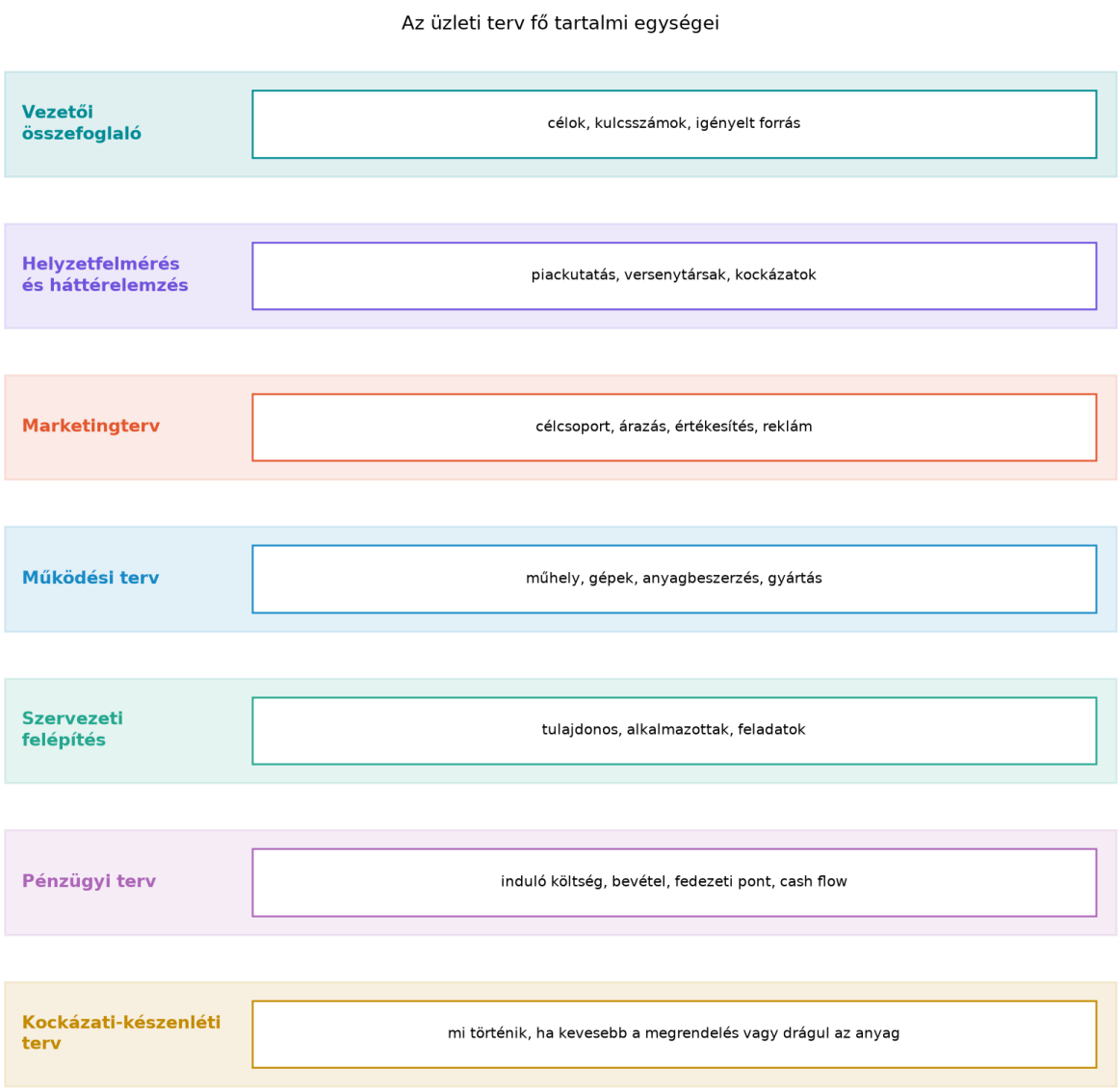
46.2.1. Motiváció

Egy asztalosmester évekig alkalmazottként dolgozott, most saját műhelyt nyit. A családja támogatja, a szerszámgépek egy részét már megvásárolta, de a bank hitelkérelmet kér, a pályázat pedig üzleti tervet. Az asztalos először azt gondolja, elég, ha „fejben megvan” a terv. Hamar kiderül: amit nem írunk le, azt nem tudjuk ellenőrizni, és más sem tudja elbírálni. Az üzleti terv nem papírmunka, hanem a vállalkozás **belső térképe**: megmutatja, kinek, mit, hogyan, miből és miért éri meg csinálni. Ebben az alfejezetben lépésről lépésre felépítünk egy kis asztalosműhely számára is használható egyszerűsített üzleti tervet, piackutatást végzünk, és kiszámítjuk, mikor lesz nyereséges a műhely.

46.2.2. Szemléletes kép

Képzelj el egy induló egyéni vállalkozót, aki beépített szekrényeket, konyhabútorokat és egyedi bútorokat gyárt. A műhelye egy bérelt garázs, két gépe van, és egy segédmunkást szeretne felvenni. Havonta nagyjából 10–15 kisebb megrendelést tud elvállalni, ha minden jól megy. Ahhoz, hogy eldöntse, elinduljon-e, és hogyan árazzon, meg kell becsülnie: mennyi a havi állandó költsége, mennyi egy átlagos megrendelés anyagköltsége, és mennyiért tudja eladni a munkáját. Ez a gondolatmenet az üzleti terv és a fedezeti pont számítás alapja.

Az alábbi rétegdiagram az üzleti terv fő tartalmi egységeit mutatja:



46.1. ábra. Az üzleti terv fő tartalmi egységei - A dokumentum sorrendje fentről lefelé (így olvassa a bank); elkészíteni a helyzetfelméréssel kezdjük, és a vezetői összefoglalót írjuk utoljára.

A rétegdiagram a kész dokumentum sorrendjét mutatja fentről lefelé – így olvassa a bank vagy a befektető. Elkészíteni viszont a helyzetfelméréssel kezdjük: először a piacot és a működést kell megérteni, utána lehet pénzügyi tervet készíteni, a vezetői összefoglalót pedig utoljára írjuk meg. Ezt a logikát követjük a kidolgozott példában is.

46.2.3. Definíciók és szabályok

Definíció. Az **üzleti terv** olyan írásos dokumentum, amely bemutatja a vállalkozás célját, a terméket vagy szolgáltatást, a célpiacot, a működés módját, a szervezetet, a pénzügyi előrejelzéseket és a kockázatokat. Célja kettős: egyrészt külső forrásszerzéshez (bankhitel, pályázat, befektető) szükséges, másrészt belső döntési eszköz a vállalkozó számára.

Szabály. Az üzleti tervnek mindig a **valósághű, konzervatív becsléseken** kell alapulnia. A túlzottan optimista bevételi terv hiteltelenné teszi a dokumentumot, a túlzottan pesszimista terv

pedig értelmetlenné teszi a vállalkozást. A számításoknál mindig jelöljük a feltételezéseket, és adjunk meg **kockázati tartalékot** (például a várt bevétel 70–80%-ával számolunk).

Definíció. A **piackutatás** a potenciális vevők igényeinek, fizetési hajlandóságának, a versenytársak kínálatának és a piaci trendeknek a szisztematikus felmérése. Célja annak eldöntése, hogy a tervezett termékre vagy szolgáltatásra van-e elegendő fizetőképes kereslet, és milyen áron, milyen feltételekkel értékesíthető.

Definíció. A **piacképesség** azt jelenti, hogy a termék vagy szolgáltatás a valós piacon megállja a helyét: van rá igény, a vevők hajlandók megfizetni, és a vállalkozás nyereségesen tudja előállítani. A **versenyképesség** ennél szűkebb: a termék a versenytársak ajánlatához képest árban, minőségben, határidőben vagy szolgáltatásban legalább egy fontos szempontból jobb vagy vonzóbb.

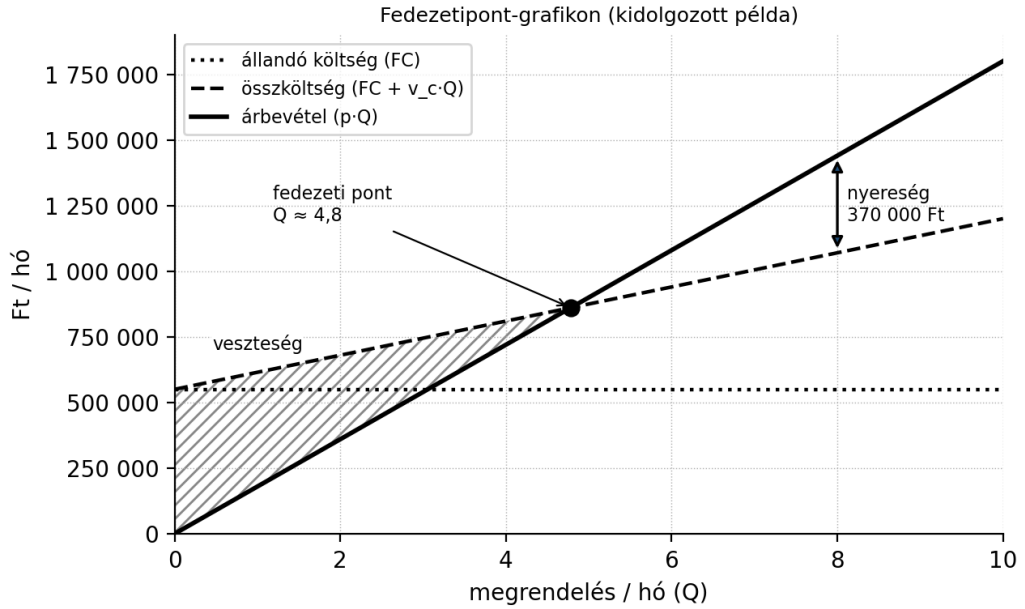
Definíció. A **fedezeti pont** (break-even point) az az értékesítési mennyiség vagy árbevétel, amely mellett a vállalkozás eredménye éppen nulla: a bevétel fedezi az összes költséget, de még nincs nyereség. A fedezeti pont fölötti eladások hoznak nyereséget, az alattiak veszteséget.

Összefüggés. A fedezeti pont darabszámban (vagy megrendelésszámban) kifejezve:

$$Q_{\text{fedezeti}} = \frac{FC}{p - v_c}$$

ahol: - FC – állandó költség (Ft/hónap vagy Ft/év), amely akkor is felmerül, ha nincs termelés (bérleti díj, rezsi, biztosítás, saját bér minimuma, amortizáció); - p – egy termék vagy átlagos megrendelés nettó eladási ára (Ft/db); - v_c – egy termék vagy megrendelés változó költsége (Ft/db), amely csak akkor merül fel, ha termelünk (anyagköltség, segédanyag, alvállalkozó, értékesítési jutalék).

A nevezőben lévő $p - v_c$ az **egységnyi fedezeti hozzájárulás**: ennyi marad egy termék árából az állandó költségek fedezésére. A fedezeti pont akkor van meg, ha az egységnyi fedezeti hozzájárulások összege eléri az állandó költséget.



46.2. ábra. Fedezetipont-grafikon: állandó költség 550 000 Ft/hó, összköltség 550 000 + 65 000 · Q, árbevétel 180 000 · Q; a fedezeti pont kb. 4,8 megrendelésnél van, 8 megrendelésnél a nyereség 370 000 Ft

A grafikonon a fedezeti pont előtt (sraffozott rész) az árbevétel a költség alatt marad, utána nyereség keletkezik. A kidolgozott példa adataival $Q = 550\,000/(180\,000 - 65\,000) \approx 4{,}8$ megrendelés/hó. A HTML-kiadásban az állandó és a változó költség, az ár és a tervezett megrendelésszám csúszkával állítható.

Továbbvitt eredmény. Az itt elkészített üzleti tervet és piackutatási eredményeket a Marketing, promóció, vásárok és kiállítások alfejezetben használjuk fel: a marketingterv akkor lesz hatékony, ha pontosan tudjuk, kinek, mit és milyen üzenettel akarunk eladni, és ez az üzleti tervből következik.

46.2.4. Az üzleti terv elkészítésének lépései

Az alábbi ellenőrzőlista segít összeállítani egy kis asztalosműhely egyszerűsített üzleti tervét. A lépések a kész dokumentum sorrendjét követik; a vezetői összefoglalót (2. pont) mégis utoljára írd meg.

46.2.4.1. Ellenőrzőlista az egyszerűsített üzleti tervhez

1. **Vállalkozás adatai.** Add meg a vállalkozás nevét, formáját (pl. egyéni vállalkozó, bt., kft. – lásd Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése), székhelyét, telephelyét, adószámát, a tevékenységi köröket (pl. bútorgyártás, épületasztalos-ipari termék gyártása). Ellenőrizd, hogy a tevékenységi körök szerepelnek-e az engedélyezett vagy bejelentett tevékenységek között (ellenőrizendő: aktuális TEÁOR-besorolás).
2. **Vezetői összefoglaló.** Egyoldalas, tömör leírás: milyen terméket vagy szolgáltatást kínálsz, kinek, miért leszel sikeres, mennyi induló tőkét igényelsz, és mikorra éred el a nyereségességet. Ezt a részt írd meg utoljára, amikor a többit már kidolgoztad.
3. **Helyzetfelmérés és háttérelemzés.** Mutasd be a piaci környezetet: milyen a helyi kereslet a bútorokra, épületasztalos-ipari termékekre; kik a közvetlen versenytársak (más asztalosok, bútoráruházak, barkácsáruházak, online bútorgyártók); milyen trendek hatnak (pl. egyedi bútorok, felújítás, energiahatékony nyílászárók). Használj piackutatási módszereket (lásd a következő alfejezetet).
4. **Termék- és szolgáltatásbemutatás.** Írd le, pontosan mit gyártasz vagy milyen szolgáltatást nyújtasz: méretre gyártott konyhabútor, gardróbszekrény, beltéri ajtó, lépcső, bútorfelújítás. Add meg az árkategóriát, a minőségi szintet, a garanciális feltételeket.
5. **Marketingterv.** Határozd meg a célcsoportot (pl. helyi családi házak tulajdonosai, lakásfelújítók, kivitelezők), az árazási stratégiát, az értékesítési csatornákat (személyes ajánlás, honlap, közösségi média, helyi vásár), és a reklám eszközeit. Ezt a részt a Marketing, promóció, vásárok és kiállítások alfejezetben fejtjük ki bővebben.
6. **Működési terv.** Mutasd be a műhelyt: méret, gépek, szerszámok, anyagbeszerzés, gyártási folyamat, minőségellenőrzés. Tüntesd fel, hogy a gépek megfelelnek-e a munkavédelmi előírásoknak, és hogy van-e por- és forgácselszívás (lásd Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések).
7. **Szervezeti felépítés.** Ki végzi a munkát: a tulajdonos egyedül, vagy alkalmazottakat, segédmunkást, alvállalkozót is bevon? Ki felel a gyártásért, az értékesítésért, a könyvelésért?
8. **Pénzügyi terv.** Add meg az induló költségeket (gépek, szerszámok, anyagkészlet, engedélyek, tartalék), a havi állandó költségeket, a várható havi bevételt, a változó költségeket, és számítsd ki a fedezeti pontot. Készíts egyszerű pénzáramlási (cash flow) tervet az első 12 hónapra.
9. **Kockázati-készenléti terv.** Sorold fel a legfontosabb kockázatokat: kevés megrendelés, anyagár-emelkedés, géphiba, betegség, késedelmes fizető vevő. Mindegyikhez írj egy egyszerű tartalékmegoldást.

Figyelem. A pénzügyi tervben minden tételnél jelöld, hogy az érték **becslés** vagy **ajánlat** (például gépár, anyagár). A valós üzleti tervben mindig kérj be legalább két-három árajánlatot, és a mintaárakat frissítsd.

46.2.5. Piackutatás: cél, területek, módszerek, eszközök

A piackutatás célja, hogy tényekkel támaszd alá az üzleti terv állításait. Egy asztalosnak nem kell bonyolult statisztikai elemzést végeznie, de néhány egyszerű módszerrel sokat megtudhat a helyi piacról.

Célok: - Van-e elegendő fizetőképes kereslet a tervezett termékre? - Mennyit hajlandók a vevők fizetni? - Kik a fő versenytársak, milyen áron és minőségben dolgoznak? - Milyen szolgáltatási hiányosságok vannak, amelyeket ki lehet használni?

Lehetőségek és területek: - **Helyi kereslet:** lakóövezetek, felújítási hullám, új építésű házak, társasházak. - **Versenytársak:** asztalosműhelyek, bútoráruházak, barkácsláncok, online szereplők. - **Beszállítók:** alapanyagárak, szállítási határidők, raktárkészlet. - **Jogszabályi környezet:** építési előírások, nyílászárókra vonatkozó teljesítménykövetelmények (ellenőrizendő: aktuális OTÉK, termékszabványok).

Módszerek és eszközök:

1. **Szekunder kutatás (íróasztal melletti).** Ingyenes vagy olcsó, már meglévő adatok: statisztikai hivatal adatai, helyi építési engedélyek, ingatlanhirdetések, versenytársak honlapja, közösségi oldalak, áruházak katalógusai. Előnye gyors, hátránya, hogy nem a saját konkrét vevőidről szól.
2. **Primer kutatás (saját adatgyűjtés).** Közvetlenül a potenciális vevőktől vagy partnerektől gyűjtünk adatot:
    - **Kérdőív:** rövid, 5–10 kérdésből álló felmérés, papíron vagy online (pl. helyi csoportokban). Kérdezz rá: tervez-e bútorfelújítást, mennyit költene, mi a fontos (ár, minőség, határidő, egyediség).
    - **Interjú:** beszélgetés 5–10 potenciális vevővel vagy kivitelezővel. Az interjú mélyebb, mint a kérdőív, de időigényesebb.
    - **Megfigyelés:** versenytársak üzleteiben, vásárokon, bemutatótermekben.
    - **Próbaértékesítés:** egy kisebb, egyszerűbb terméket piacra viszel, és megnézed, mennyi érdeklődő, mennyi vásárló lesz.
3. **Versenytárs-elemzés.** Készíts egyszerű táblázatot: versenytárs neve, termékköre, árszintje, minősége, határidő, vevői vélemények, erősségek és gyengeségek. Ebből kiderül, hol tudsz te jobb lenni.

Példa (piackutatási kérdőív, rövid).

```
1. Milyen típusú bútort vagy asztalos munkát tervez vásárolni a következő 12 hónapban?
   a) Konyhabútor
   b) Beépített szekrény
   c) Egyedi bútor
   d) Ajtó/ablak
   e) Felújítás
2. Mennyit szánna rá?
   a) 100 000 Ft alatt
   b) 100 000 - 300 000 Ft
   c) 300 000 - 600 000 Ft
   d) 600 000 Ft felett
3. Mi a legfontosabb szempont?
   a) Ár
```

```
   b) Minőség
   c) Határidő
   d) Egyedi igényekhez igazodás
4. Honnan tájékozódik?
   a) Ajánlás
   b) Internet
   c) Helyi újság
   d) Közösségi média
```

Ez a kérdőív egy nap alatt elkészíthető és kiküldhető. Már 30–50 kitöltött válasz is jó irányjelzést ad.

46.2.6. Kidolgozott példa: mini üzleti terv egy induló asztalosműhelyhez

Készítsünk egy egyszerűsített üzleti tervet egy egyéni vállalkozóként induló asztalos számára, aki méretre gyártott bútorokat és beépített szekrényeket készít.

1. Vállalkozás adatai (mintaadatok).
Név: Kovács Asztalosműhely (egyéni vállalkozó). Székhely: 8000 Székesfehérvár, Minta utca 1. Telephely: ugyanaz, bérelt 60 m²-es műhely. Tevékenységi kör: bútorgyártás, épületasztalos-ipari termék gyártása (ellenőrizendő: TEÁOR-kódok). Indulás időpontja: tárgyév január 1.

2. Vezetői összefoglaló.
A vállalkozás egyedi, méretre gyártott konyhabútorokat, gardróbszekrényeket és beépített szekrényeket kínál magánszemélyeknek és kisebb kivitelezőknek Székesfehérvár 20 km-es körzetében. A versenyelőny a személyes felmérés, a pontos méretre gyártás és a helyi garancia. Induló tőkeigény: 2 500 000 Ft (gépek, szerszámok, anyagkészlet, tartalék). A vállalkozás az első évben havi átlag 8 megrendeléssel számol, ami a fedezeti pont (5 megrendelés/hó) fölött van, így az első év végére kis nyereséget termel.

3. Helyzetfelmérés.
A helyi lakótelepek és családi házas övezetek folyamatos felújítási igényt mutatnak. Három versenytárs működik a városban: két kis asztalosműhely és egy bútoráruház. Az asztalosműhelyek árai hasonlóak, de sokat panaszkodnak a vevők a pontatlan határidőkre. A bútoráruház olcsóbb, de csak szabvány méretű bútorokat kínál. A piackutatás (30 kérdőív) szerint a válaszadók 60%-a tervez valamilyen bútorvásárlást, és 40%-uk fontosnak tartja az egyedi méretet.

4. Termékbemutatás.
A fő termékek: méretre gyártott konyhabútor (átlagos ár: 450 000 Ft), beépített gardróbszekrény (átlagos ár: 280 000 Ft), egyedi bútor (átlagos ár: 150 000 Ft). A garancia 2 év a szerelvényekre és 5 év a szerkezeti elemekre (ellenőrizendő: a pontos jogszabályi kötelezettség).

5. Marketingterv.
Célcsoport: 30–60 év közötti lakástulajdonosok, felújítók. Értékesítés: személyes ajánlás, honlap, közösségi média, helyi újság. Az első évben havi 20 000 Ft marketingköltséggel számolunk.

6. Működési terv.
A műhely 60 m², benne egy formatizáló körfűrész, egy egyengető gyalugép, egy vastagsági gyalugép, egy asztalos marógép, kézi kisgépek, elszívással. Anyagbeszerzés havonta egyszer, helyi fűrészáru-telepről és lapanyag-kereskedőtől. A gyártási folyamat a szabásjegyzék, méretre munkálás, kötések, szerelés, felületkezelés lépéseit követi.

7. Szervezet.
A tulajdonos végzi a felmérést, a gyártást és a szerelést. Egy segédmunkást foglalkoztat részmunkaidőben. A könyvelést külső szolgáltató végzi.

8. Pénzügyi terv.
- Induló költségek: gépek 1 200 000 Ft, szerszámok 200 000 Ft, anyagkészlet 300 000 Ft, engedélyek és bejelentés 50 000 Ft, tartalék 750 000 Ft. Összesen: 2 500 000 Ft. - Havi állandó költségek: műhelybérlet 120 000 Ft, rezsi (villany, fűtés, víz, internet) 60 000 Ft, biztosítás 20 000 Ft, saját bér minimuma 180 000 Ft, részmunkaidős segédmunkás bére járulékokkal 100 000 Ft (ellenőrizendő: az arányos minimálbér és a munkáltatói szocho alapján), marketing 20 000 Ft, könyvelő 15 000 Ft, amortizáció 25 000 Ft, egyéb 10 000 Ft. Összesen: 550 000 Ft/hónap. - Változó költség átlagos megrendelésenként: anyag (fa, lap, vasalat, ragasztó, lakk) 50 000 Ft, alvállalkozó (villanyszerelés, pult) 10 000 Ft, szállítás és csomagolás 5 000 Ft. Összesen: 65 000 Ft/megrendelés. - Átlagos nettó ár egy megrendelésre: 180 000 Ft. Ez termékmix-átlag: a havi kb. 8 megrendelés többsége kisebb munka (javítás, csere, kisbútor, kb. 80–120 000 Ft), mellette alkalmanként gardrób vagy konyha is van; az átlagot a saját termékmixből kell kiszámolni (ellenőrizendő). A változó költség ennek az árnak kb. 36 %-a.

Fedezeti pont számítása:

$$Q_{\text{fedezeti}} = \frac{FC}{p - v_c} = \frac{550\,000}{180\,000 - 65\,000} = \frac{550\,000}{115\,000} \approx 4{,}8 \approx 5 \text{ megrendelés/hónap}$$

Ez azt jelenti, hogy havonta legalább 5 átlagos megrendelést kell teljesíteni ahhoz, hogy a vállalkozás ne legyen veszteséges. Ha a vállalkozó havi 8 megrendelést tud szerezni, akkor a havi nyereség:

$$\text{Nyereség} = 8 \cdot 115\,000 - 550\,000 = 370\,000 \text{ Ft/hónap}$$

Természetesen ez a nyereség még nem a teljes jövedelem, mert a saját bér már az állandó költségben szerepel. A 370 000 Ft a vállalkozás nyeresége, amit visszaforgathat vagy kivehet.

9. Kockázati-készenléti terv.
- Kevés megrendelés: tartalék 750 000 Ft, ami kb. 1,4 hónap állandó költségét fedezi, plusz a marketing erősítése. - Anyagár-emelkedés: árajánlatok rögzítése 30 napra, alternatív beszállítók keresése. - Géphiba: bérleti szerződés szerint a bérbeadó segít, illetve tartalék gépész szerviz (ellenőrizendő). - Betegség: a segédmunkás betanítása az egyszerűbb műveletekre.

46.2.7. Számítási feladatok

Az alábbiakban két számítási példát dolgozunk ki a fedezeti pont és a piaci méret becslésére.

1. példa – Fedezeti pont több termék esetén (egyszerűsített).
Egy asztalos különböző termékeket gyárt. Havi állandó költsége 600 000 Ft. Átlagosan a bevétele 40%-a anyag- és változó költség. Mennyi havi árbevételt kell elérnie a fedezeti ponthoz?

Megoldás. Itt a fedezeti pontot árbevételben fejezzük ki. Az egységnyi fedezeti hozzájárulás aránya a bevételből: $1 - 0{,}4 = 0{,}6$, azaz 60%. A fedezeti árbevétel:

$$R_{\text{fedezeti}} = \frac{FC}{0{,}6} = \frac{600\,000}{0{,}6} = 1\,000\,000 \text{ Ft/hónap}$$

Tehát havonta legalább 1 000 000 Ft nettó árbevételt kell termelnie ahhoz, hogy nullszaldós legyen.

2. példa – Piaci méret becslése.
Egy asztalos egy 50 000 fős városban és 20 km-es körzetében (összesen 120 000 lakos) szeretne beépített szekrényeket gyártani. Piackutatása szerint évente a háztartások 3%-a vásárol ilyen

terméket. Átlagos háztartásméret 2,5 fő, tehát a háztartások száma: $120\,000/2{,}5 = 48\,000$. Az éves kereslet:

$$48\,000 \cdot 0{,}03 = 1\,440 \text{ szekrény/év}$$

Ha az asztalos a piac 5%-át szeretné megszerezni, akkor:

$$1\,440 \cdot 0{,}05 = 72 \text{ szekrény/év}$$

Ez havi 6 megrendelést jelent. Ezt összevethetjük a fedezeti ponttal: ha a fedezeti pont 5 megrendelés/hó, akkor a 6 megrendelés/hó éppen csak nyereséges, tehát nagyobb piaci részesedésre van szükség vagy alacsonyabb állandó költségre. A számítás rávilágít a kockázatra.

46.2.8. A termék piacképessége és versenyképessége

A piackutatás eredményeit a termék piacképességének és versenyképességének értékelésére használjuk.

Piacképesség vizsgálata: 1. **Igény:** Van-e elég vevő, aki a terméket keresi? (kérdőív, keresletbecslés) 2. **Fizetőképesség:** Hajlandók-e és tudnak-e a vevők a tervezett áron fizetni? 3. **Elérhetőség:** A vevők megtalálják-e a vállalkozást? (marketing, ajánlás) 4. **Jogszabályi megfelelés:** A termék megfelel-e a vonatkozó előírásoknak (pl. bútorok formaldehid-kibocsátása, nyílászárók teljesítménynyilatkozata)? 5. **Nyereségesség:** A termék önköltsége alacsonyabb, mint az elérhető ár, és a fedezeti pont elérhető.

Versenyképesség vizsgálata: - **Ár:** A te árad alacsonyabb vagy hasonló, de jobb értéket ad? - **Minőség:** Anyagválasztás, kivitelezés, felületkezelés, tartósság. - **Határidő:** Gyorsabban szállítasz, mint a versenytársak? - **Szolgáltatás:** Személyes felmérés, tanácsadás, garancia, utókövetés. - **Egyediség:** Olyan megoldást kínálsz, amit más nem?

Példa. A fenti mini üzleti tervben az asztalos versenyelőnye a pontos határidő és az egyedi méret. A piackutatásból kiderült, hogy a vevők panaszkodnak a konkurencia késéseire, ezért a vállalkozó kiemeli: „vállalt határidőre, írásban rögzítve”. Ez piacképessé teszi az ajánlatát.

46.2.9. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** Az üzleti tervben a bevételi oldal túl optimista („minden hónapban 15 megrendelés”).
   - **Ok:** A vállalkozó a legjobb esetet veszi alapul, nem a valószínűt.
   - **Helyes gyakorlat:** Használj konzervatív becslést (a várható megrendelések 70–80%-ával számolj), és készíts érzékenységi elemzést: mi van, ha csak a fele jön be?
2. **Hiba:** Nincs piackutatás, a vállalkozó „érzésre” dönt.
   - **Ok:** Időhiány vagy a kutatás lebecsülése.
   - **Helyes gyakorlat:** Legalább 20–30 potenciális vevő megkérdezése, versenytársak felkeresése, online keresés. Ez pár napot vesz igénybe, de megóv a kudarctól.
3. **Hiba:** A fedezeti pontot rosszul számolják: a saját bért nem veszik állandó költségnek, vagy az anyagköltséget nem vonják le az árból.
   - **Ok:** A költségfajták összekeverése.
   - **Helyes gyakorlat:** Minden hónapban kötelezően felmerülő tétel az állandó költség, a termeléssel arányos tétel a változó költség. A saját bér minimuma állandó, mert a vállalkozónak is meg kell élnie.

4. **Hiba:** A kockázati terv üres („majd lesz valahogy”).

    - **Ok:** A kockázatok bagatellizálása.
    - **Helyes gyakorlat:** Írj le legalább öt konkrét kockázatot és mindegyikhez egy egyszerű tartalékmegoldást.

46.2.10. Valós életbeli alkalmazás

Egy fiatal asztalos, aki korábban alkalmazottként dolgozott, saját műhelyt nyitott anélkül, hogy üzleti tervet készített volna. Azt gondolta, a szakmai tudás elég. Az első hónapokban sok megrendelést kapott, mert az ismerősei ajánlották. Aztán jött egy csendesebb időszak. Kiderült, hogy a havi állandó költsége (műhelybérlet, hiteltörlesztés, rezsi) 450 000 Ft, de egy átlagos megrendelésből csak 60 000 Ft fedezet maradt. A fedezeti pont tehát 7,5 megrendelés/hó lett volna, de ő csak 4–5-öt tudott szerezni. A vállalkozás fél év alatt eladósodott, és be kellett zárnia. A tanulság: ha előre elkészíti a fedezeti pont számítást, látja, hogy vagy több megrendelést kell szereznie, vagy magasabb árat kell kérnie, vagy csökkentenie kell az állandó költségeket. Az üzleti terv nem bürokrácia, hanem életmentő eszköz.

46.2.11. Önellenőrzés

Válaszolj röviden az alábbi kérdésekre, majd nézd meg a megoldásokat.

1. Mi az üzleti terv két fő célja?
2. Sorold fel az üzleti terv öt fő tartalmi egységét!
3. Mi a különbség a piacképesség és a versenyképesség között?
4. Egy műhely havi állandó költsége 480 000 Ft, egy megrendelés átlagos ára 120 000 Ft, a változó költség 50 000 Ft. Hány megrendelés kell a fedezeti ponthoz?
5. Mi a leggyakoribb hiba az üzleti terv bevételi oldalán?

46.2.12. Feladatok

1. feladat (A)
Definiáld röviden az üzleti tervet és a fedezeti pontot.

2. feladat (A)
Sorold fel a piackutatás négy módszerét, és mindegyikhez írj egy példát asztalosipari alkalmazásra.

3. feladat (B)
Egy asztalosműhely havi állandó költsége 720 000 Ft. Az átlagos megrendelés nettó ára 200 000 Ft, a változó költség megrendelésenként 80 000 Ft.
a) Számítsd ki a fedezeti pontot megrendelésszámban!
b) Hány megrendelés kell ahhoz, hogy a havi nyereség 240 000 Ft legyen?

4. feladat (B)
Készíts egy egyszerű versenytárs-elemző táblázatot három képzeletbeli versenytársról (asztalosműhely, bútoráruház, online bútorgyártó). Oszlopok: név, termékkör, árszint, minőség, határidő, erősség, gyengeség. Töltsd ki rövid, példaszerű adatokkal.

5. feladat (C)
Egy induló asztalos vállalkozás üzleti tervében a következő adatok szerepelnek: havi állandó költség 500 000 Ft, átlagos ár 150 000 Ft, változó költség 70 000 Ft. A vállalkozó havi 10

megrendelést tervez, és ebből 8-at biztosra vesz. Elemezd, hogy ez a terv reális-e, és milyen kockázatokat rejt.

6. feladat (D)
Készíts egy rövid piackutatási tervet egy olyan asztalosműhely számára, amelyik kültéri fa kerti bútorokat szeretne gyártani egy 30 000 fős városban. Add meg a kutatás célját, a módszert, a mintavétel nagyságát, és írj öt kérdést a kérdőívbe. A tervet 5–8 mondatban foglald össze.

46.2.13. Megoldások

46.2.13.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Az üzleti terv két fő célja: külső forrásszerzés (bank, pályázat, befektető) és belső döntési eszköz a vállalkozó számára.
2. Öt fő tartalmi egység (a felsorolásból bármely öt): vállalkozás adatai, vezetői összefoglaló, helyzetfelmérés/háttérelemzés, termékbemutatás, marketingterv, működési terv, szervezeti felépítés, pénzügyi terv, kockázati-készenléti terv.
3. A piacképesség azt jelenti, hogy van fizetőképes kereslet a termékre, és a vállalkozás nyereségesen tudja előállítani. A versenyképesség ennél szűkebb: a termék a versenytársakhoz képest legalább egy fontos szempontból jobb (ár, minőség, határidő, szolgáltatás).
4. A fedezeti pont: $Q = \frac{480\,000}{120\,000-50\,000} = \frac{480\,000}{70\,000} \approx 6{,}86 \approx 7$ megrendelés/hó.
5. A leggyakoribb hiba a túlzottan optimista bevételi terv: a vállalkozó a legjobb esettel számol a valószínű helyett.

46.2.13.2. 1. feladat

Megoldás.
Az üzleti terv olyan írásos dokumentum, amely bemutatja a vállalkozás célját, termékét, piacát, működését, szervezetét, pénzügyi előrejelzéseit és kockázatait. A fedezeti pont az az értékesítési mennyiség vagy árbevétel, amely mellett a bevétel éppen fedezi az összes költséget, tehát az eredmény nulla.

46.2.13.3. 2. feladat

Megoldás.
Négy módszer és példa:
1. Kérdőív: online kérdőív helyi lakosoknak arról, terveznek-e beépített szekrényt vásárolni.
2. Interjú: beszélgetés öt kivitelezővel az igényekről és árakról.
3. Megfigyelés: versenytársak bemutatótermében árak és termékek felmérése.
4. Próbaértékesítés: egy kis asztali dísz elkészítése és árusítása helyi vásáron.

46.2.13.4. 3. feladat

Megoldás.
a) Fedezeti pont:

$$Q = \frac{720\,000}{200\,000 - 80\,000} = \frac{720\,000}{120\,000} = 6 \text{ megrendelés/hónap}$$

b) A kívánt nyereség 240 000 Ft. A szükséges megrendelésszám:

$$Q_{\text{szükséges}} = \frac{FC + \text{Nyereség}}{p - v_c} = \frac{720\,000 + 240\,000}{120\,000} = \frac{960\,000}{120\,000} = 8 \text{ megrendelés/hónap}$$

Ellenőrzés: 8 megrendelés esetén az összes fedezeti hozzájárulás $8 \cdot 120\,000 = 960\,000$ Ft, ebből 720,000 Ft az állandó költség, maradék 240,000 Ft a nyereség. ∎

46.2.13.5. 4. feladat

Megoldás.
Példatáblázat:

Név	Termékkör	Árszint	Minőség	Határidő	Erősség	Gyengeség
Helyi asztalos	Egyedi bútor	Magas	Jó	4–6 hét	Személyes felmérés	Kapacitás-hiány
Bútoráruház	Szabvány bútor	Alacsony	Közepes	Azonnal raktárról	Olcsó, gyors	Nincs méretre gyártás
Online bútorgyártó	Modul bútor	Közepes	Változó	2–3 hét szállítás	Kényelmes rendelés	Nincs helyi garancia, szerelés

Az adatok kitaláltak, csak a táblázat szerkezetét mutatják.

46.2.13.6. 5. feladat

Megoldás.
A fedezeti pont:

$$Q = \frac{500\,000}{150\,000 - 70\,000} = \frac{500\,000}{80\,000} = 6{,}25 \approx 7 \text{ megrendelés/hónap}$$

A vállalkozó 10 megrendelést tervez, ebből 8-at biztosra vesz. A 8 megrendelés éppen a fedezeti pont fölött van, tehát kis nyereséget hoz:

$$\text{Nyereség} = (8 - 6{,}25) \cdot 80\,000 = 1{,}75 \cdot 80\,000 = 140\,000 \text{ Ft/hónap}$$

A terv reális, de kockázatos: ha a 10-ből csak 6 jön be, a vállalkozás veszteséges lesz (6 megrendelésnél a fedezeti hozzájárulás $6 \cdot 80\,000 = 480\,000$ Ft, ami kevesebb, mint az 500,000 Ft állandó költség). A terv tehát csak akkor teljesül, ha a marketing és az ajánlások folyamatosan hozzák a megrendeléseket, és a 8-as becslés megbízható. Javasolt tartalék: magasabb ár, alacsonyabb állandó költség, vagy diverzifikált termékkör.

46.2.13.7. 6. feladat

Megoldás.
Piackutatási terv (rövid összefoglaló):
Cél annak felmérése, hogy a 30 000 fős városban van-e fizetőképes kereslet kültéri fa kerti bútorokra (pad, asztal, szék, nyugágy). Módszer: online kérdőív helyi közösségi csoportokban, valamint személyes megkérdezés két helyi piacon. Mintavétel: legalább 100 kitöltés. Kérdések: (1) Van-e kertje vagy terasza? (2) Tervez-e kerti bútort vásárolni a következő évben? (3) Milyen fából szeretné? (4) Mennyit szánna rá? (5) Mi a fontosabb: ár, időjárás-állóság vagy dizájn? A válaszok alapján eldönthető, hogy érdemes-e belefogni.

46.2.14. Rövid összefoglaló

Az üzleti terv a vállalkozás írásos térképe: bemutatja a célt, a piacot, a működést, a szervezetet, a pénzügyeket és a kockázatokat. Fő tartalmi egységei a vállalkozás adatai, a vezetői összefoglaló, a helyzetfelmérés, a termékbemutatás, a marketingterv, a működési terv, a szervezeti felépítés, a pénzügyi terv és a kockázati-készenléti terv. A piackutatás módszerei: szekunder adatgyűjtés, kérdőív, interjú, megfigyelés és próbaértékesítés. A piacképesség azt jelenti, hogy van fizetőképes kereslet, és a termék nyereségesen előállítható; a versenyképesség a versenytársakhoz viszonyított előny. A fedezeti pont kiszámítása: $Q = FC/(p - v_c)$. Ez megmutatja, hány megrendelés kell a nullszaldóhoz. **Továbbvitt eredmény:** az elkészült üzleti terv és piackutatási adatok a Marketing, promóció, vásárok és kiállítások alfejezetben alapozzák meg a marketingterv konkrét lépéseit.

46.2.15. Források és ellenőrzési hiányok

- Forrástípusok: általános üzleti és vállalkozási szakirodalom, NAV és kormányzati tájékoztatók, helyi piaci megfigyelések.
- Ellenőrizendő: az aktuális vállalkozási formákra és adózásra vonatkozó jogszabályok, TEÁOR-kódok, a konkrét pályázati és banki üzleti terv követelmények, a helyi piaci adatok (a példákban szereplő számok mintaadatok).
- A fedezeti pont képlete általános közgazdasági összefüggés, itt asztalosipari példákkal szemléltetve.

46.3. Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla

46.3.1. Motiváció

Elkészítettél egy beépített szekrényt, amit az Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetben megtanult módon beáraztál. A vevő rábólintott az ajánlatra, átutalta az előleget, te pedig legyártottad a bútort. A beszállítás napján azonban vita alakul ki: a vevő azt állítja, hogy más színűt beszéltetek meg, és ezért nem fizeti ki a maradék összeget. Nincs írásos megállapodás, csak néhány üzenetváltás a telefonodon. Ilyenkor derül ki, hogy a szóbeli megállapodás mellett a precíz **szerződéskötés**, a szabályos **bizonylatolás** és a tiszta **garanciális feltételek** jelentik a vállalkozásod védelmét és a vevői elégedettség alapját.

46.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el a papírmunkát úgy, mint egy bútor összeállítási rajzát. Ahogy egy szekrénynél a csomóponti rajz megmondja, melyik alkatrész hová kerül, a **megrendelő**, a **szállítólevél** és a **számla** a vállalkozásod folyamatának csomópontjai:

- **Megrendelő:** ebben rögzíted, *mit* és *mennyiért* vállalsz (a „kötés rajza”).
- **Szerződés/vállalkozási szerződés:** ez a teljes műszaki és jogi tartalom.
- **Szállítólevél:** ez igazolja, hogy az áru *fizikailag átkerült* a vevőhöz (az „átadás pillanata”).
- **Számla:** az értékesítés (mit, mikor, mennyiért teljesítettél) adójogi bizonylata; a fizetést a banki jóváírás vagy a nyugta igazolja.

Ha ezek a dokumentumok hiányoznak vagy helytelenek, pontos termék és jó szándék mellett is vitás helyzetbe kerülhetsz.

46.3.3. Definíciók és alapfogalmak

Definíció. A **vállalkozási szerződés** egy olyan megállapodás, amelyben a vállalkozó (asztalos) valamilyen tevékenységgel elérhető eredmény (például egyedi bútor legyártása, beépítése) elvégzésére, a megrendelő pedig annak átvételére és **díj megfizetésére** köteles.

Szabály. A szerződés akkor jön létre, ha a **ajánlatot** a másik fél **elfogadja**. A te árajánlatod általában ajánlatnak minősül. Ha a vevő azt változtatás nélkül elfogadja (írásban vagy ráutaló magatartással, például átutalja az előleget), létrejött a szerződés. **(ellenőrizendő: aktuális Ptk. vonatkozó szakaszai a szerződés létrejöttére)**

Definíció. A **jótállás** (köznyelvben gyakran *garancia*) a szerződésben vagy jogszabályban vállalt kötelezettség, amely szerint a jótállásra kötelezett (az asztalos) a hibás teljesítésért a jótállási időn belül anyagi következményekkel felel. Új termék eladásakor az eladó köteles jótállást vállalni bizonyos összeghatár felett (ez a **kötelező jótállás**), fogyasztónak eladott bútorra az értékhatár felett a jótállás kötelező, az időtartam az ártól függ (ellenőrizendő). **(ellenőrizendő: a kötelező jótállásra vonatkozó hatályos kormányrendelet és a jótállási idő hossza, mert a termékcsoporttól függ)**

Definíció. A **szavatosság** (kellékszavatosság) törvényi kötelezettség. Ha a termék hibásan teljesít (nem a megbeszélt szerkezet, méret, anyag), a vevő elsősorban kijavítást vagy kicserélést kérhet, illetve árengedményt vagy elállást. A szavatosság a teljesítéstől (átadástól) kezdődik, és fogyasztói szerződésnél a jogszabályban meghatározott ideig él. **(ellenőrizendő: a fogyasztói kellékszavatossági határidő jelenleg 2 év, de a konkrét jogszabályi rendelkezés)**

Megjegyzés. A hétköznapi nyelvben a *garancia* szót használják a szavatosságra is. A faipari gyakorlatban egyszerűen beszélj „garanciális javításról”, de tudnod kell, hogy jogilag a jótállás (amit te vállalsz pluszban) és a szavatosság (amit a törvény előír) két külön fogalom.

46.3.4. A szerződés és a megrendelő kitöltése

Szabály. Egyetlen egyedi bútort se kezdj el gyártani **írásos megrendelő vagy szerződés** nélkül. A minimális tartalmat, amit papírra kell vetned, az alábbiak szerint rögzítsd:

1. **Szerződő felek adatai:** neved/vállalkozásod neve, székhelye, adószáma; megrendelő neve, címe, telefonszáma, elérhetősége.

2. **A munka pontos tárgya:** mi a termék (pl. „Rusztikus tölgy étkezőasztal, 1400 × 800 × 750 mm-es méretben, élezetlen tömörfa lap, húrirányú kiterjesztés nélkül, felületkezelés: természetes olaj”).
3. **Műszaki tartalom és alapanyag:** milyen anyagból, milyen vasalattal, milyen felületkezeléssel készül. Ha van tervrajz, csomóponti rajz, színminta, azt csatold a szerződéshez, és hivatkozz rá.
4. **Vállalkozói díj:** a nettó ár, az áfa összege és a bruttó (végösszeg), a fizetés ütemezése (előleg, teljesítéskori részlet, végszámla).
5. **Határidő:** a teljesítés (átadás-átvétel) dátuma.
6. **Fizetési feltételek:** előleg mértéke, a végszámla kiegyenlítésének határideje az átadást követően.
7. **Egyéb feltételek:** szállítás és beszerelés költsége, jótállási idő, reklamáció kezelésének módja.

Definíció. A **megrendelő** egy egyszerűbb, gyakran egyoldalas megrendelőlap. Lényegében egy leegyszerűsített, de ugyanolyan kötelező érvényű vállalkozási szerződés. Kis műhelyi megrendelésekhez (pl. egy polcrendszer, egy betétajtó felújítása) elegendő lehet.

Példa. (Megrendelő szövege, didaktikai minta): > **MEGRENDELŐ** > Megrendelő neve: Tóth Anna > Címe: 6000 Kecskemét, Minta utca 10. > Vállalkozó neve: Minta János e.v. > A munka tárgya: Beépített gardróbszekrény legyártása és beszerelése a fenti címen lévő hálószobába. Méret: 2200 mm széles, 2450 mm magas, 600 mm mély. Anyag: fehér MDF lap, bükk színű élzáróval. Ajtók: 4 db tolóajtó. > Vállalkozói díj: 480 000 Ft + ÁFA, azaz bruttó 609 600 Ft (mintaár, a számítás menetét mutatja). > Fizetés: 30% előleg (182 880 Ft, kerekítve 183 000 Ft) a megrendeléskor, 70% a beszerelés napján készpénzzel vagy átutalással. > Teljesítés határideje: 2025. november 20. (faanyag-beszerzés függvénye). > Jótállás: a kötelező jótállásról szóló kormányrendelet szerinti idő; a kellékszavatossági jogok érintetlenek. **(ellenőrizendő: a vételártól függő jótállási időtartam és a rendelet hatálya egyedi bútorra)** > Kelt, aláírások.

Szabály. A **határidő** a vállalkozási szerződés egyik legkritikusabb pontja. Késedelem esetén a megrendelő kötbért vagy kártérítést követelhet. Határidőt csak úgy vállalj, hogy előtte ellenőrizted az anyagbeszerzési időt (pl. a tölgylap beszállítása 3 hét) és a műhely kapacitását (a gépsorod jelenlegi leterheltségét). **(ellenőrizendő: a késedelmi kötbér Ptk. szerinti szabályai)**

46.3.5. Szállítólevél és számla

Szabály. Az **anyag vagy késztermék mozgását** mindig bizonylattal igazold. A **szállítólevél** azt igazolja, hogy az áru ténylegesen átkerült a vevőhöz, ezért az átvételt a vevővel alá kell íratnod.

Eljárás. (Szállítólevél kiállítása – lépésről lépésre): 1. **Fejléc:** kiadó neve, székhelye, adószáma; a bizonylat megnevezése: „SZÁLLÍTÓLEVÉL”; sorszáma (folyamatosan növekvő); kiállítás dátuma. 2. **Vevő adatai:** megrendelő neve és címe. 3. **A szállítás helye és ideje:** ha te szállítod ki, a vevő címét írd be. 4. **Tételsorok:** megnevezés (pl. „Étkezőasztal lábak nélkül”), darabszám/mennyiség, méret vagy műszaki azonosító. Az egységár és az érték itt nem kötelező, mert ez nem számviteli bizonylat, de praktikus feltüntetni. 5. **Áru átadása:** a vevő átvételkor ellenőrzi a darabszámot és az állapotot. Ha sérülést lát, azt a szállítólevélre rá kell írni (pl. „a jobb oldali ajtó éle a szállítás során sérült”). 6. **Aláírások:** a kiadó és az átvevő aláírása. Az átvevő aláírása a teljesítés fizikai igazolása.

Definíció. A **számla** az a számviteli bizonylat, amely adójogilag és pénzügyileg rögzíti a termék vagy szolgáltatás értékesítését. Az áfa-kötelezettség a teljesítéssel keletkezik; a számla ennek kötelező bizonylata.

Szabály. A számla kötelező tartalmi elemeit a hatályos áfa-törvény szabályozza. A faipari vállalkozásban az alábbiakra különösen figyelj:

- A kiállító (eladó) adószáma, neve, címe.
- A vevő neve, címe, és ha adóalany, az adószáma.
- A számla kelte (kiállítás dátuma) és a teljesítés időpontja (amikor a bútort átadtad).
- A számla sorszáma (szigorú, folyamatos sorszám).
- A termék/szolgáltatás megnevezése (nem elég az, hogy „bútor", hanem pl. „Tölgy étkező-asztal gyártása, minta szerint, felületkezelve").
- A mennyiség és mértékegység (1 db).
- Az adó (áfa) alapja, az áfa-százalék, az áfa összege, a számla bruttó végösszege.
- Ha áfamentes vagy alanyi adómentes vagy, azt a számlán jelölni kell.

46.3.6. Kidolgozott példa: Árajánlatból számla

Számítás. Egy egyedi tölgy dohányzóasztalra adtál ajánlatot Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár alfejezetben tanultak alapján. A bruttó árajánlat 152 400 Ft volt (nettó 120 000 Ft + 27% áfa). A vevő átutalta a 40% előleget. A szállításkor kiállítod a végszámlát.

Adott: Nettó vételár: 120 000 Ft Áfa kulcs: 27% (0,27) Előleg mértéke: 40%

Keresett: - Az előleg bruttó összege. - A végszámla nettó, áfa és bruttó értéke.

Képlet és behelyettesítés: 1. **Bruttó ajánlati ár kiszámítása:** Bruttó = Nettó × (1 + Áfa%) = 120 000 Ft × 1,27 = **152 400 Ft** 2. **Előleg összege:** Előleg = Bruttó × Előleg% = 152 400 Ft × 0,40 = **60 960 Ft** 3. **A végszámla végösszege:** Végszámla bruttó = Bruttó - Előleg = 152 400 Ft - 60 960 Ft = **91 440 Ft**

Dokumentálás a számlán: A számlán tételesen fel kell tüntetni: - Tétel: „Előleg elszámolása: -60 960 Ft" - Végösszeg: 91 440 Ft

Megjegyzés (előlegszámla). Az előleg beérkezésekor előlegszámlát kell kiállítani az előleg ÁFA-jával (itt: nettó 48 000 Ft + 12 960 Ft ÁFA = 60 960 Ft; ellenőrizendő: áfatörvény). A végszámla a teljes ügyletet tartalmazza, és az előlegszámla nettó és ÁFA-összegét levonja. Az **előleg** a díj előre fizetett része, meghiúsuláskor visszajár; a **foglaló** a szerződés biztosítéka: aki a meghiúsulásért felelős, elveszti, illetve kétszeresét fizeti vissza (ellenőrizendő: Ptk.).

Ellenőrzés: A 91 440 Ft-ban a nettó 72 000 Ft (120 000 - 48 000), ennek áfája 19 440 Ft. 72 000 + 19 440 = 91 440 Ft. Az összegek egyeznek.

46.3.7. Technológiai lap: szerződéskötés és bizonylatolás

Technológiai lap. Cél: Egy egyedi bútorra vonatkozó megrendelés dokumentálása a gyártás megkezdése előtt, valamint a termék szabályos átadása és számlázása. **Anyagok/eszközök:** Megrendelő űrlap, toll/kivitelezési napló, szállítólevél tömb, számlázó program, rajzok, színminták.

1. **Egyeztetés:** A vevővel közösen rögzítsd a termék pontos méretét, anyagát és a teendőket. (Ellenőrzés: a végeredményt foglald egy mondatba)

2. **Megrendelő kitöltése:** Töltsd ki mindkét fél adatait, a műszaki tartalmat, a határidőt és a fizetési feltételeket. (Ellenőrzés: a vevő minden oldalt írjon alá)
3. **Előleg bekérése:** Az előleg beérkezéséig ne rendelj anyagot vagy ne kezdd el a munkát. (Ellenőrzés: banki jóváírás vagy készpénzes bevétel bizonylata)
4. **Gyártási folyamat dokumentálása:** Munkanapjait, anyagfelhasználásodat fényképpel és jegyzőfüzettel támaszd alá. (Ellenőrzés: fotók a méretpontokról)
5. **Átadás-átvétel:** A késztermék szállításakor töltsd ki a szállítólevelet, és írasd alá a vevővel. (Ellenőrzés: az átvételi jegyzőkönyvön a vevő saját kezű aláírása, esetleges megjegyzései)
6. **Végszámla kiállítása:** A szállítólevél sorszáma alapján készítsd el a végszámlát, feltüntetve az előleglevonást. (Ellenőrzés: nettó + áfa = bruttó)

46.3.8. Minőségellenőrzés

Minőségellenőrzés. A papírmunka minőségét úgy ellenőrzöd, mint a terméket:

- **Megrendelő:** Minden jogilag kötelező mező ki van töltve? (Ellenőrizd: név, adószám, tétel, határidő, összeg.)
- **Szállítólevél:** A kiadott darabszám megegyezik a vevő által aláírt darabszámmal? A szállítási sérülést rávezették?
- **Számla:** A fizetési határidő egyértelmű? Az előleget levontad? A bruttó összeg megegyezik az árajánlattal? Ha bizonytalan vagy, ellenőriztesd könyvelővel.

46.3.9. Tipikus hibák és okaik

Hiba. *„Ráfizetéses munka”*: A szóban megbeszélt „sötét dió színű” polcról kiderül, hogy a vevő szerint „világos volt a minta”. Ok: hiányzott a színminta és az írásos rögzítés. *Megelőzés:* **Minden színt és anyagmintát fizikailag rögzíteni kell a szerződéshez** (pl. egy kis felületkezelt lapdarabot kapcsolj a megrendelőhöz).

Hiba. *„Nem fizetek, mert nincs itt a termék”*: A vevő tagadja az átvételt. Ok: nem készült szállítólevél, vagy nem íratta alá az átvevővel. *Megelőzés:* **Soha ne adj ki terméket az átadás-átvételi bizonylat aláírása nélkül.**

Hiba. *„Csak kicsit késett, de már nem kell”*: 4 héttel késtél, a vevő eláll a szerződéstől és visszaköveteli az előleget (ha foglalót kötöttetek ki, a foglaló kétszeresét is követelheti – ellenőrizendő: Ptk.). Ok: pongyola határidő, nincs a szerződésben *vis maior* vagy anyagbeszerzési kikötés. *Megelőzés:* A határidő mellé írj indokolt feltételeket (pl. „az anyag beszállítása a gyártótól függ”), és tájékoztasd a vevőt azonnal, ha csúszás van.

46.3.10. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. (Reklamációkezelés) Egy asztalos beépített konyhapultot szállított le. A szállítólevélen a vevő aláírása szerepelt, megjegyzés nélkül. Négy nappal később a vevő telefonált, hogy a pult éle „felhólyagzott”. *Vizsgálat:* Az asztalos visszament, és megállapította, hogy a hólyag a csaptelep körüli folyamatos nedvességtől alakult ki (a vevő naponta többször rátörölt vizes ronggyal, és nem törölte szárazra). *Tanulság:* A szállítólevél csak azt igazolja, hogy átvételkor látható hiba nem volt. Fogyasztói szerződésnél a teljesítéstől számított egy éven belül (ellenőrizendő: Ptk. hatályos szövege) a hibát vélelmezni kell, hogy már átadáskor megvolt – az asztalosnak kell bizonyítania (pl. szakértői véleménnyel, az átadáskori fotókkal a tömített élről), hogy a hiba rendeltetésellenes használatból ered. A mosogató melletti élzárás és tömítés

tipikusan a gyártó/szerelő felelőssége; a dokumentáció a bizonyítást segíti, de a rejtett hibát nem zárja ki.

46.3.11. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis?** A szóbeli megállapodás és a kézfogás elegendő biztosíték egy 400 000 Ft-os egyedi bútor gyártásának elindításához. Indokold!
2. Sorolj fel legalább öt elemet, amelynek szerepelnie kell egy vállalkozási szerződésben.
3. Mi a különbség a jótállás (garancia) és a kellékszavatosság között egy mondatban?
4. Miért kötelező a szállítólevelet aláíratni a vevővel akkor is, ha aznap ki is fizeti a terméket készpénzzel?
5. Mire utal az a mondat egy számlán, hogy „Előleg elszámolása: -60 960 Ft”?
6. Melyik bizonylatot használod a vevő reklamációja során annak bizonyítására, hogy a termék hibátlanul lett átadva?

46.3.12. Feladatok

1. feladat (A) Írd le az ajánlat, elfogadás és a vállalkozási szerződés kapcsolatát egy mondatban.

2. feladat (A) Egy megrendelőn a következő sor szerepel: „Fizetési feltétel: 50% előleg, 50% utólag.” Mi a legnagyobb hiba ezzel a szöveggel?

3. feladat (B) Tölts ki egy képzeletbeli szállítólevelet egy „Könyvespolc (1 db)” tételhez. Az adatok: Vevő: Kovács Bt. (6000 Kecskemét, Minta u. 1.), Szállítás helye: 6200 Kiskőrös, Polc u. 2. A szállítás során az egyik polc éle sérült. Írd le, mit írsz a vevő mezőbe?

4. feladat (B) Kiadod a bútort. A számlán a nettó ár 250 000 Ft, az áfa 27%. A vevő előleget fizetett 100 000 Ft értékben. Mekkora a számla bruttó végösszege az előleg levonása után?

5. feladat (C) Egy vevő az átadástól számított 8 hónap után szól, hogy a ragasztott tömörfa asztallap középen megnyílt. Nem akar fizetni a javításért, mert „garanciális”. Mi az első lépésed a reklamáció kivizsgálásakor, és milyen kérdéseket teszel fel magadnak, mielőtt döntesz a javítás költségviseléséről?

6. feladat (D) Készíts egy egyszerű átadás-átvételi ellenőrzőlistát egy beépített szekrényhez. A lista legalább 8 pontból álljon, és vizsgálja a méretpontosságot, a felületkezelést, a vasalatokat és a tisztaságot.

46.3.13. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok: 1. **Hamis.** Vita vagy reklamáció esetén vitathatatlan bizonyíték a részletes, aláírt írásos megrendelő. 2. Legalább öt elem: felek adatai, munka tárgya, anyag, vasalat, minőség, vállalkozói díj, fizetési ütemezés, teljesítési határidő, jótállási feltételek. 3. A jótállás te magad (vagy a jogszabály) vállalod, a szavatosság törvényi kötelezettség. 4. Mert a szállítólevél a fizikai teljesítés (átadás-átvétel) igazolása; ez bizonyítja, hogy a vevő megkapta, és milyen állapotban. 5. A végszámla összegét csökkenti a korábban már kiegyenlített előleg összegével, hogy a vevő ne fizesse ki kétszer az adott részt. 6. Az átadás-átvételi jegyzőkönyv/szállítólevél és az átadáskori fotók – de a rejtett hibára ez nem elég bizonyíték.

1. feladat (A) A vállalkozási szerződés akkor jön létre, amikor a vállalkozó ajánlatát a megrendelő változatlan tartalommal elfogadja (írásban, vagy ráutaló magatartással, például az előleg utalásával).

2. feladat (A) Az „utólag” kifejezés pontatlan. Meg kell határozni, hogy az átadás napján, 2 napon belül, vagy mondjuk karbantartás után. Különben vitatható, mikor jár a második 50%.

3. feladat (B) A szállítólevélre az áru megjegyzés rovatába a vevővel közösen ráíratjuk: *„Átvételkor látható hiányosság: az 1. számú könyvespolc bal oldali éle 5 cm hosszan, a szállításból eredően sérült.”* A vevő ezt a megjegyzést aláírja, ez lehet az alapja később egy szállítási kártérítésnek.

4. feladat (B) Adott: Netto = 250 000 Ft, ÁFA 27%, Előleg = 100 000 Ft. Keressük a számla összegét. Számítás: Bruttó = 250 000 × 1,27 = 317 500 Ft. Végszámla végösszege = 317 500 - 100 000 = **217 500 Ft**.

5. feladat (C) Először is rögzítsd az összes adatot: az átadáskori állapotot a szállítólevélből, a vevő által leírt hibát, és a termék használati helyét (pl. a fűtés, a páratartalom). Kérdések: (1) A hiba a gyártáskori (pl. nem megfelelő ragasztási nyomás) vagy a használati környezetből (pl. 20%-os páratartalom-ingadozás, folyamatos víz) ered? (2) A szerződésben milyen felhasználási területet rögzítettetek? (3) Az adott hiba melyik része esik jótállás/szavatosság alá? Ha a hiba bizonyíthatóan a te nem megfelelő munkádból ered, javítod garanciában; ha használatból, akkor fizetős munkáról kell megegyezni. Fogyasztói szerződésnél a teljesítéstől számított egy éven belül felismert hibáról a hiba vélelmezetten már átadáskor megvolt (ellenőrizendő: Ptk.), ezért a bizonyítási teher az asztalosra hárul. 8 hónap után ez a vélelem még él.

6. feladat (D) *Átadás-átvételi ellenőrzőlista (beépített szekrény):* 1. Test méretpontok: szélesség × magasság × mélység a tervhez képest (± 2 mm-en belül, tájékoztató). 2. Ajtók derékszögben állnak-e, nyílásuk akadálymentes-e. 3. Vasalatok (polctartó, akasztó): terhelésre nem mozognak-e? 4. Felületkezelés: nincs-e folyási hiba, karcolás, hiányos lakkozás az éleken. 5. Élzárók: nincs-e megemelkedve az éle. 6. Szekrény rögzítése a falhoz: tilos elmozdulnia oldalirányú nyomásra (a csavarok mérete nyírásra megfelelő). 7. A helyszín kitakarítva, por- és törmelékmentes. 8. Vevői aláírás a szállítólevélen.

46.3.14. Rövid összefoglaló

Az egyedi asztalosipari munka nem csak a gyártásról szól; jogi és pénzügyi folyamat is. A **vállalkozási szerződés** vagy **megrendelő** a munka térképe: rögzíti a feleket, a termék pontos műszaki tartalmát, a határidőt és a fizetési feltételeket. A **szállítólevél** az átadás-átvétel fizikai bizonyíték, ezért mindig alá kell íratni a vevővel, az esetleges sérüléseket rögzítve. A **számla** az értékesítés (a teljesítés és az ellenérték) adójogi bizonylata, a fizetést a banki jóváírás vagy a nyugta igazolja; kötelező adattartalommal (felek, sorszám, áfa-alap, áfa-összeg, teljesítés). A **jótállás** a vállalt garancia, a **szavatosság** törvényi kötelezettség a hibás teljesítésre. A reklamáció során ezért alapvető a dokumentáció: a fotók, a munkanapló és a bizonylatok adják a reklamáció kivizsgálásának alapját. A bizonylatok és a szerződések rendben tartása a vállalkozás napi működésének és a vizsgaremek dokumentációjának is szerves része.

46.3.15. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** Hatályos Polgári Törvénykönyv a szerződésekre és a jótállás/szavatosság alapjaira, hatályos áfa-törvény a számla adattartalmára, a fogyasztóvédelemre vonatkozó hatályos jogszabályok, NAV-tájékoztatók a számlázásról. *(A pontos jogszabályszámok és paragrafusok ellenőrizendők a nyomdai előkészítés során.)*

- **Ellenőrizendő pontok:** A kötelező jótállás pontos összeghatára és időtartama; a fogyasztói kellékszavatossági határidő jelenlegi mértéke; a számla kötelező elemeire vonatkozó részletszabályok; a mintafeladatokban használt adatok és nevek kitaláltak, a „mintaár” jelölés a kalkulációs példákban.

46.4. Marketing, promóció, vásárok és kiállítások

46.4.1. Motiváció

Egy asztalosműhely hiába készít pontos, szép bútorokat, ha a potenciális megrendelő nem tud róla. A szakma tanulása során a technikai minőség mellett meg kell tanulni bemutatni a munkát: fotóval, honlappal, ajánlással, kiállítással. Sok kezdő vállalkozó abba a hibába esik, hogy csak a műhelyben dolgozik, és arra vár, hogy majd „a munka eladja magát”. A vásárló azonban előbb a bemutatkozó oldalt, a referenciát vagy a kiállítási standot látja, és csak azután rendel. Ez az alfejezet arra készít fel, hogy az asztalosvállalkozás marketingjét egyszerű, mérhető és költségvetésben tervezhető módon építsd fel, és a vásári megjelenést ne ad hoc kapkodásként, hanem előkészített projektként szervezd.

46.4.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy az asztalos műhelyébe betér egy lakberendező. A műhelyben rend van, a munkadarabok precízek, a gépek tiszták. A polcon ott áll egy kész konyhaszekrényajtó, a fal előtt egy asztallap. Az asztalos telefonnal lefényképezi, felteszi a közösségi oldalára, és egy hét múlva három érdeklődő is hívja. Az egyik azért, mert a barátja megosztotta a fotót, a másik a céges honlapon talált referenciát, a harmadik egy kiállításon látott hasonló munkát. A marketing nem varázslat: láthatóvá tenni a valós minőséget, és érdeklődőt formálni belőle.

46.4.3. Definíciók és alapszabályok

Definíció. A **marketing** egy vállalkozás azon tevékenysége, amely az ügyfél igényének feltárásától a megfelelő termék vagy szolgáltatás kialakításán át a vevő megtalálásáig, meggyőzéséig és megtartásáig tart. Asztalosvállalkozásnál a marketing célja: a megfelelő vevő (például lakásfelújító család, kivitelező partner, belsőépítész) megfelelő időben és csatornán találkozzon a vállalkozás ajánlatával.

Definíció. A **marketingkommunikáció** a vállalkozás üzeneteinek célzott eljuttatása a célcsoporthoz. Ide tartozik a reklám, a promóció, a személyes értékesítés, a közösségi média és a kiállítás. A **promóció** olyan rövid távú ösztönzés, amely vásárlásra vagy érdeklődésre buzdít (például „első felmérés ingyenes”, „kiállítási kedvezmény”). A **reklám** fizetett, közvetlen megjelenés (hirdetés, szponzorált poszt, hirdetőtábla), amely a vállalkozást vagy termékét mutatja be.

Definíció. A **portfólió** a vállalkozás referenciamunkáinak bemutatott gyűjteménye, célzottan rendezett fotókkal, rövid leírásokkal, műszaki adatokkal. A **referencia** egy korábban elvégzett munka bizonyítéka, lehet fotó, ügyféltörténet, vélemény vagy elérhető helyszín.

Definíció. A **lead** (érdeklődő) olyan kontakt, aki már jelezte érdeklődését – megadta telefonszámát, e-mailjét, írt üzenetet –, de még nem biztos vevő. A marketing egyik fő célja a lead létrehozása, mert onnantól a személyes, szakmai értékesítés folyhat.

Szabály. A marketingüzenet nem lehet félrevezető: a reklám és a promóció nem állíthatja, hogy egy lapra szerelt bútor „tömör tölgy tömörfa”, ha valójában csak furnér vagy fólia. A tisztességtelen kereskedelmi gyakorlat tilalma és a fogyasztóvédelemmel kapcsolatos szabályok (a pontos jogszabályhely ellenőrizendő) erre vonatkoznak. Ugyanígy a vevők fotójának, nevének, lakásának közzététele előtt írásos hozzájárulást kell kérni, az adatvédelem (GDPR, ellenőrizendő) miatt. (Lásd a Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla alfejezetet is.)

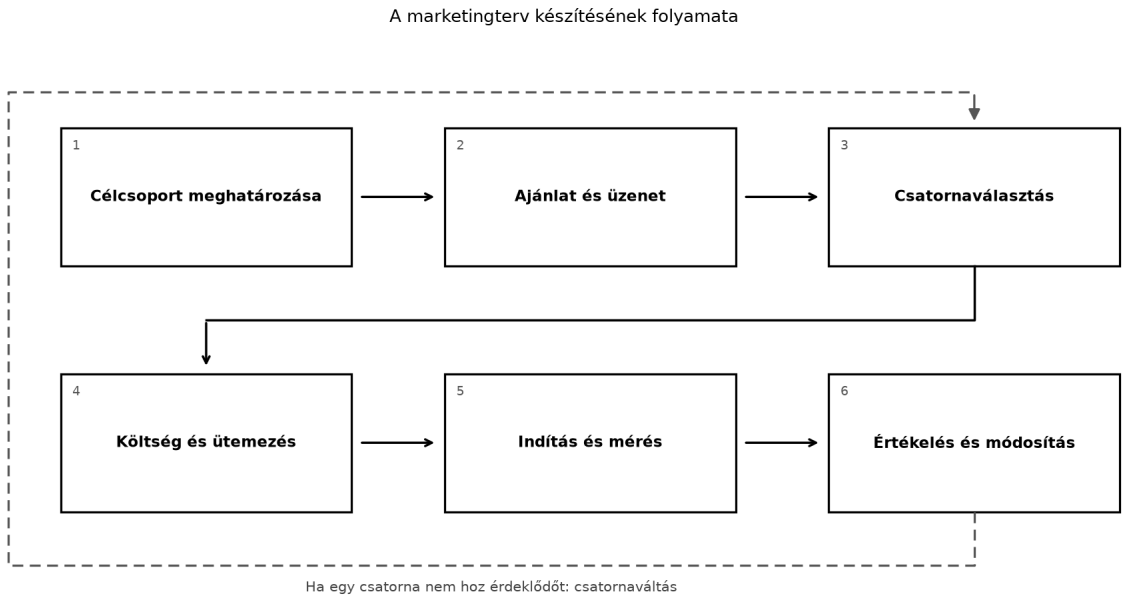
Szabály. Marketing csak mérhetően működtethető. A marketingtervnek tartalmaznia kell: cél, célcsoport, üzenet, csatorna, költség, ütemezés, és legalább egy mérőszám (például weboldal-látogatók száma, megkeresések száma, vásárnapon begyűjtött névjegyek száma). Enélkül nem tudod megmondani, mi hozta a munkát, és mi volt pénzkidobás.

46.4.4. A marketingterv készítésének receptje

Az alábbi lépéssor egy asztalosvállalkozás éves vagy negyedéves marketingtervéhez használható. A lépéseket Üzleti terv, piackutatás, piacképesség piackutatási eredményeire építjük; ha nincs piackutatás, először azt pótold.

Recept. Kis asztalosvállalkozás marketingterve

1. **Határozd meg a célcsoportot.** Írd le konkrétan: magánszemély konyhabútor-felújító, belsőépítész, kivitelező vállalkozás, nyílászáró-csere? Mindegyik csatornán más üzenet és más anyag kell.
2. **Fogalmazd meg az ajánlatot és az üzenetet.** Ne csak azt írd: „asztalos munkák”. Inkább: „Egyedi méretre gyártott tömörfa konyhapult, 5 év garanciával, 4 hét alatt”. Ez a **pozicionálás**.
3. **Válaszd ki a csatornákat.** Például: honlap (referenciákkal), közösségi média (heti két poszt), Google-vélemények, helyi hirdetés, szakmai partneri ajánlás, vásár. Ne egyszerre mindent: kezdő vállalkozásnak elég két-három csatorna, következetesen.
4. **Készíts költségvetést és ütemezést.** Írd be havi bontásban, mennyit szánsz fotózásra, hirdetésre, honlapra, kiállításra. A mintaárakat a 2. példaszámítás mutatja.
5. **Indítsd el és gyűjtsd a mérőszámokat.** Például: honlap-látogatás, telefonhívás, üzenet, árajánlatkérés. A hónap végén rögzítsd, hány érdeklődő lett.
6. **Értékelj és módosíts.** Ha egy csatorna 5000 Ft-ból hoz egy leadet, a másik 50 000 Ft-ból sem, akkor a rosszabbat állítsd le, és a jót erősítsd.



46.3. ábra. A marketingterv készítésének folyamata - Szemléltető folyamatábra; a lépéseket a szövegben részletezzük.

A folyamatábra hat lépésből áll; a 6. lépésből visszacsatoló nyíl mutat a 3. lépésre (csatornaválasztás), ha egy csatorna nem hoz érdeklődőt.

46.4.5. Számítás: marketingköltség és kiállítási költségvetés

Az alábbi két kidolgozott példa mintaadatokat használ. A cél a számolás menetének bemutatása.

46.4.5.1. 1. példa: havi marketingköltségvetés

Egy egyéni vállalkozó asztalos a következő havi marketingköltségeket tervezi (minden összeg nettó, ÁFA nélkül, mintaár; alanyi adómentes vállalkozónál a bruttó összeggel számolj):

Költségtétel	Összeg (Ft/hó)	Megjegyzés
Karbantartott honlap tárhely + domain, havi díj	4 500	céges e-mail
Közösségi média hirdetés	25 000	célzott, helyi
Fotós havi egy alkalom	35 000	30–40 kép
Nyomtatott árajánlatmappa, névjegy	8 000	50 db
Összesen	**72 500**	–

Kérdés: mennyi a havi teljes marketingköltség, és mekkora fedezeti hozzájárulást kell hoznia ahhoz, hogy elmondhassuk: a marketingre költött minden forint legalább nullszaldós legyen? Tegyük fel, hogy egy asztalos megbízás átlagos **fedezeti hozzájárulása** (nettó ár − anyag- és közvetlen bérköltség, lásd Üzleti terv, piackutatás, piacképesség) 85 000 Ft.

Számítás: A marketingköltség fedezéséhez szükséges havi megrendelések száma:

$$n_{\min} = \frac{72\,500\,\text{Ft}}{85\,000\,\text{Ft/db}} \approx 0{,}85 \text{ db}.$$

Ez azt jelenti: ha a marketing hatására legalább 1 darab átlagos fedezetet hozó munkát szerez, a havi marketingköltség megtérül. Ha három ilyen munkát hoz, akkor a marketing jól teljesít. Ez persze leegyszerűsítés, mert a fedezet nem tiszta nyereség, de mutatja a gondolkodásmódot.

Ellenőrzés. Ha a marketing havonta 4 leadet hoz, és abból 1 válik megrendeléssé, akkor a fedezeti hozzájárulás 85 000 Ft, ami nagyobb, mint 72 500 Ft, a marketing hozzájárul a működéshez. Ha 0 megrendelés, akkor a marketing rossz. ∎

46.4.5.2. 2. példa: kiállítási részvétel költségvetése és megtérülési küszöb

Az asztalos egy 3 napos lakberendezési szakkiállításon szeretne megjelenni. A stand mérete 12 m². Az alábbi mintaárak (ellenőrizendő: a kiállítás szervezőjének aktuális árai) alapján számolunk:

Költségtétel	Mennyiség	Egységár (Ft)	Összeg (Ft)
Standbérlet	12 m²	42 000/m²	504 000
Standépítés, installáció (sima, saját)	1 csomag	420 000	420 000
Személyzet (2 fő, 3 nap)	6 embernap	60 000/nap	360 000
Szóróanyag, névjegy, mintakártya	300 db	600	180 000
Logisztika, szállítás, biztosítás	1 tétel	120 000	120 000
Helyszíni hirdetés, extra konnektor, takarítás	1 tétel	100 000	100 000
Összesen	–	–	**1 684 000**

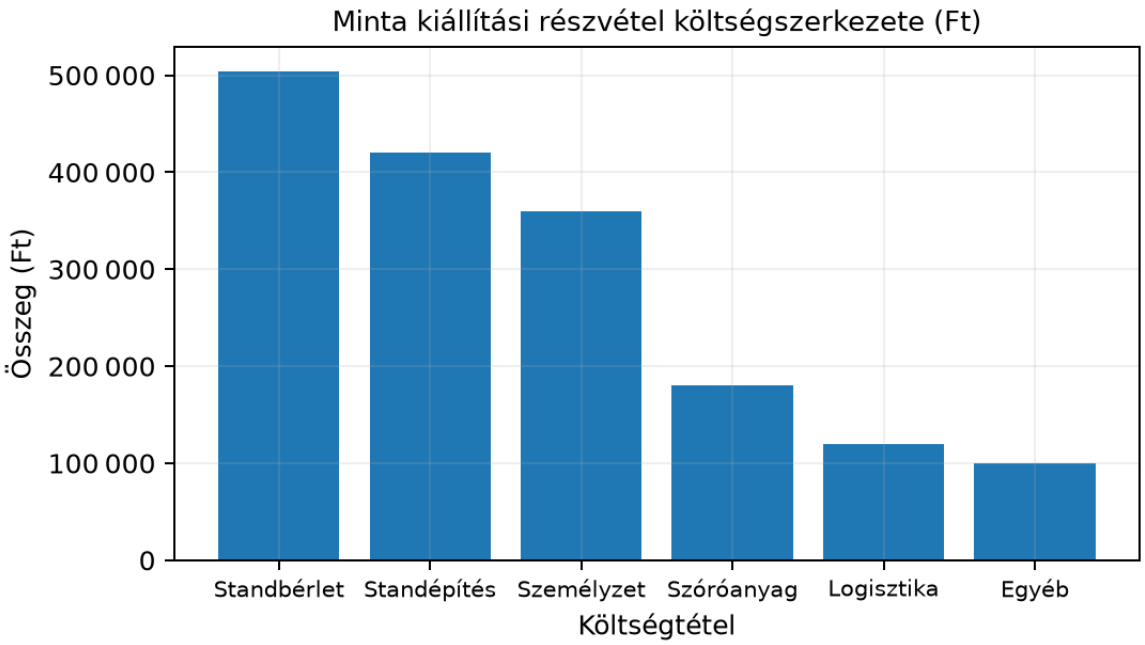
Kérdés: hány átlagos, 85 000 Ft fedezeti hozzájárulású munkát kell a vásárból szerezni ahhoz, hogy a kiállítás költsége megtérüljön?

Számítás:

$$n_{\min} = \frac{1\,684\,000\,\text{Ft}}{85\,000\,\text{Ft/db}} \approx 19{,}8 \text{ db}.$$

Tehát körülbelül 20 darab átlagos megbízás kell ahhoz, hogy a vásár önmagában megtérüljön. Ez egy kis műhelynek nagyon magas lehet, ezért a kiállítást nem feltétlenül a rövid távú értékesítés miatt vállaljuk, hanem **hosszú távú ismertség, partneri kapcsolat és referenciaszerzés** miatt. Ha a vásáron a két fő összegyűjt 120 érdeklődő kontaktot, és abból 12 megrendelő lesz az év során, akkor ez $12 \cdot 85\,000 = 1\,020\,000$ Ft fedezetet hoz – az 1 684 000 Ft-os költségnek csak kb. 61 %-át. A különbséget (664 000 Ft) csak a későbbi ajánlások és partneri munkák hozhatják be; ezért a kiállítást befektetésként kell kezelni, és csak tartalék költségkeretből szabad vállalni.

Ellenőrzés. Összehasonlítjuk a kiállítási költséget az előző példa havi marketingkeretével: 1 684 000 Ft / 72 500 Ft/hó ≈ 23,2 hónapnyi havi marketingköltség. Ez is mutatja, hogy a vásár drága, ezért csak akkor menj, ha van rá költségvetés, cél és utókövetési terv. ∎



46.4. ábra. Minta kiállítási részvétel költségszerkezete (Ft) - Mintaadatok, egy 12 m²-es stand, 3 nap, 2 fő. Nettó összegek, tájékoztató, ellenőrizendő.

46.4.6. Vásárok és kiállítások szerepe

A **vásár** olyan rendezvény, ahol több kiállító – gyakran egy szakmából – közönség előtt mutatja be termékeit, szolgáltatásait. A **kiállítás** hosszabb távú, gyakran tematikus bemutató, amely lehet múzeumi vagy szakmai jellegű. A faiparban és lakberendezésben a vásár kettős célú: a végső fogyasztó megismeri a friss termékeket, és a szakmai látogatók (belsőépítész, kivitelező, kereskedő) beszállítót, partnert keresnek.

Az asztalosvállalkozás számára a vásári megjelenés fő lehetőségei:

- bemutatni a tényleges minőséget élőben, ami a fotónál sokkal erősebb;
- új érdeklődők (leadek) begyűjtése névjegyekkel, felmérési időpontokkal;
- szakmai kapcsolatok, viszonteladók és együttműködő partnerek találása;
- a versenytársak, anyagok és vasalatok újdonságainak figyelése;
- a vállalkozás hírnevének, márkaismertségének erősítése.

A faipari szakkiállításon – ilyen lehet például a lakberendezési vagy bútoripari szakvásár (a pontos nevek és időpontok ellenőrizendők) – az asztalos a saját műhelyének munkáiból készít válogatást, de informálódhat is: faanyagkereskedők, gyártók, vasalatforgalmazók standján megnézheti az új anyagokat. Fontos, hogy ne csak nézelődni menj, hanem céllal.

46.4.7. Kiállítás tervezése, szervezése, költségei

A kiállítási részvétel projekt, nem egy napos kirándulás. A fő szervezési lépések:

Recept. Kiállítási részvétel tervezése

1. **Határozd meg a kiállítási célt.** Például: 50 új lead, 5 partneri találkozó, egy új termék bemutatása. A cél legyen mérhető.
2. **Válaszd ki a rendezvényt.** Ellenőrizd: a célcsoport látogatja-e, a standköltség belefér-e a költségvetésbe, van-e kedvezményes induló vagy kisvállalkozói konstrukció (a szervező adatlapja szerint).
3. **Kérj ajánlatot, és készíts költségvetést.** A standbérlet mellett számolj az építéssel, a stand elrendezésével, a világítással, a konnektorral, a biztosítással, a szállítással, a személyzettel, a szóróanyaggal és az utókövetéssel. A fenti példa mutatja a sorokat.
4. **Tervezd meg a standot.** Legalább a stand méretarányos vázlata kell (1:50 vagy 1:20), a bútorok méretei mm-ben, a közlekedő út legalább 1,2–1,5 m (tájékoztató, ellenőrizendő: rendezvény előírás). A standon legyen egy fókusztárgy – például egy kész konyhaszekrény vagy asztal –, és legyen mellette asztal, szék a beszélgetéshez, prospektusok, névjegy, mintaanyagok.
5. **Készíts kiállítási anyagot.** Portfólió, árajánlatkérő űrlap, referenciaképek. A fotók legyenek nyomtathatók, a szövegek rövidek, jól olvashatók, a betűméret legalább 18–20 pt a falitáblákon (tájékoztató).
6. **Szervezd meg a személyzet beosztását.** Két fő minimum: egy bemutató és egy a beszélgetéseket, adatokat jegyzi. Rögzítsd a munkarendet, a ki- és bepakolás időpontját.
7. **Készülj fel a standbeszélgetésre.** A kiállító a célcsoportot kérdezze, ne csak a saját termékét mondja. Hozzon névjegyet, jegyzetfüzetet, telefonszámfelvételi lehetőséget.
8. **Kövesd az érdeklődőket.** A vásár után 3 munkanapon belül írj e-mailt, hívd fel az ígéretes érdeklődőket. A begyűjtött lead-ek adatait az adatvédelmi szabályok szerint kezeld.

Figyelem. A kiállítási részvétel tűz- és balesetvédelmi előírásai a rendezvény helyszínétől függnek. A standhoz használt elektromos berendezéseknek, hosszabbítóknak szabványosnak kell lenniük; a csomagolóanyagot a kiürítési útra tilos elhelyezni. A pontos követelményeket a szervező írja elő.

46.4.8. Portfólió és referenciafotók

A portfólió az asztalosvállalkozás leghatékonyabb eszköze. A fotó nemcsak dekoráció, hanem **műszaki bizonyíték**. A portfólió készítésének fő lépései:

Recept. Portfólió és referenciafotó készítése

1. **Válogasd ki a munkákat.** Ne csak a legdrágább, leglátványosabb darabot mutasd, hanem a tipikus megrendeléseket is: konyha, beépített szekrény, ajtó, asztal. A cél: a vevő magára ismerjen.
2. **Fotózz befejezett, tiszta munkát.** A fotón a környezet legyen letisztult, a bútor legyen kész és pormentes. Használj természetes fényt, állványt, ne vakut, ha lehet. A képeket legalább 2000–3000 px szélességben mentsd el (tájékoztató).
3. **Minden kép alá írj adatokat.** Faanyag, méret, felületkezelés, munkadíj-kategória (például „konyhabútor, forgácslap, MDF előlapok, PU lakk; méret 2400 × 600 × 400 mm; átfutás 5 hét”). Ez növeli a szakmai hitelességet.
4. **Kérj írásos hozzájárulást.** A lakás belsejéről, a vevő nevének vagy lakhelyének láthatóságáról készült fotó közzétételéhez a vevő írásos engedélye kell. Ha a fotón ember is látható, akkor személyes adatként külön hozzájárulás szükséges.
5. **Rendezd cégenként vagy típusonként.** Legyen egy digitális mapparend: `portfólió/konyha`, `portfólió/ajtó`, `portfólió/asztal`. A weboldalra és a közösségi médiára így gyorsan lehet válogatni.

6. **Tartsd frissen.** Félévente cseréld a képeket, töröld a rossz minőségű, idejétmúlt felvételeket.

Szabály. A referenciafotókra is igaz: a kép fájl eredeti szerzője (a fotós) jogosult a felhasználás engedélyezésére. Ha nem te készítetted a képet, a felhasználási jogot írásban kell tisztázni. A saját fotódat is feltöltheted, de a vevő hozzájárulását nem pótolja.

46.4.9. Minőségellenőrzés

A marketing és a kiállítás minőségét az eredmények mutatják. Ellenőrizd:

Mit	Mivel	Tájékoztató elvárás
Honlap és közösségi csatornák frissessége	havonta egy átnézés	legalább 2 új poszt/hó
Lead-ek száma	ügyfélnapló, táblázat	minimum 2–3 új megkeresés/hó
Egy lead megszerzési költsége	(összes marketingköltség)/(lead-ek száma)	a célhoz képest csökkenő vagy elfogadható
Kiállítási névjegyek és lead-ek	lead-lista a kiállításon	a vásár célja szerint (pl. 50 db)
Utókövetés határideje	határidőnapló	3 munkanapon belül minden ígéretes lead
Portfólió és fotók jogi háttere	hozzájárulások dossziéja	minden közzétett képhez van engedély

Ha egy csatorna nem hoz leadet, a marketingterv 6. lépése szerint módosíts. Semmiképp ne költs tovább vakon.

46.4.10. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** A vállalkozó egyszerre indít hirdetést a közösségi médiában, készíttet honlapot, szórólapot és vásárra is nevez, de nincs célcsoport-meghatározás. **Ok:** türelmetlenség, „minél több csatorna, annál jobb” tévhit. **Helyes gyakorlat:** előbb piackutatás, célcsoport, utána 2–3 csatorna, mérés.
2. **Hiba:** A honlapon csak egy cím és telefonszám van, nincs referenciakép, nincs bemutatkozó szöveg, nincs árajánlatkérési lehetőség. **Ok:** alábecsülik a fotózás és a szövegírás fontosságát. **Helyes megoldás:** portfólió, rövid történet, elégedett ügyfél-idézet, független referencialink.
3. **Hiba:** A vásárra a vállalkozó saját, napi használatú bútorait viszi, nincs standterv, nincs elegendő szóróanyag, és kifogy a névjegyből. **Ok:** a kiállítást „kirándulásként” kezelik, nem projektként. **Helyes gyakorlat:** standterv, leltár, beosztás, utókövetési listás jegyzetfüzet.
4. **Hiba:** A referenciafotókon látszik a rendetlen lakás, a vevő neve vagy utcája, és nem kértek hozzájárulást. **Ok:** a fotózás gyors, kapkodó, nincs adatvédelmi tudatosság. **Helyes megoldás:** üres, tiszta környezetben fotózz, a cím és a név nélkül, írásos engedéllyel.
5. **Hiba:** A kiállítás után az összegyűjtött névjegyeket nem viszik fel semmilyen nyilvántartásba, és nem követik őket. **Ok:** nincs utókövetési terv, a vásár elfáraszt. **Helyes gyakorlat:** a standon azonnal írj fel minden érdeklődőt, és a vásárt követő héten foglalkozz velük.

46.4.11. Valós életbeli alkalmazás

Egy kezdő asztalosvállalkozó először vesz részt egy lakberendezési vásáron. A standbérletet kifizeti, de spórol a standépítésen: egy asztalra pakolja ki a fényképeket. A stand szögletében áll egy kész éjjeliszekrény, de nincs rajta ár, anyagleírás, és nincs szabad hely a beszélgetéshez. A nap végén elfogy a névjegy, az érdeklődők telefonszámait egy papírra jegyzik, amit a szél elvisz. A vásár után nincs utánkövetés. A vállalkozó úgy értékeli, hogy a vásár nem hozott semmit, pedig volt 40 érdeklődő. A következő évben standtervet készít, egy asztalt tesz a sarokba, szórólappal és mintaanyagokkal, a standfalon nagyban kiállítja a három legjobb referenciaképet, és két embert visz. A névjegyeket egy irattartóba gyűjti, a vásár után mindenkit felhív. A vásárt követő hónapban 6 árajánlatkérés érkezik, abból 2 megbízás lesz. A tanulság: a vásár akkor működik, ha a stand és az utókövetés is működik.

46.4.12. Önellenőrzés

Válaszolj röviden, indoklással. A válaszok a következő részben találhatók.

1. Igaz vagy hamis? A marketing csak fizetett hirdetést jelent; a referenciamunka nem része a marketingnek.
2. Mi a különbség a reklám és a promóció között?
3. Egy vállalkozás havi marketingköltsége 72 500 Ft. Az átlagos fedezet egy munkán 85 000 Ft. Hány megrendelés kell a nullszaldóhoz?
4. Miért kell írásos hozzájárulás a vevő lakásán készült fotó közzétételéhez?
5. Melyik lépést hagyták ki: a vásáron gyűjtött névjegyeket a szervezőnek leadják, de a vállalkozó nem hívja fel őket?
6. Mi a baj ezzel a standszervezéssel: a stand 12 m², a közlekedő út csak 0,6 m széles, és a standon egyetlen nagy gépet mutatnak be, amit a látogatók nem érhetnek el?

46.4.13. Feladatok

1. feladat (A)
Határozd meg a marketing, a promóció és a portfólió fogalmát egy-két mondatban.

2. feladat (A)
Egy asztalos havi marketingköltsége 60 000 Ft. Az átlagos megrendelés fedezete 90 000 Ft. Hány megrendelés szükséges havonta, hogy a marketing költsége visszajöjjön?

3. feladat (B)
Egy kiállítási részvétel költsége 1 250 000 Ft. Az átlagos fedezet 100 000 Ft/munka. Mennyi munkát kell szerezni a kiállításból, hogy nullszaldós legyen? Ha a vállalkozó a vásáron 80 leadet gyűjt, és a lead-ek 15%-a lesz valódi megrendelő, akkor megtérül-e a kiállítás?

4. feladat (B)
Tervezz meg egy 2 napos szakvásári megjelenés költségvetését a következő adatokkal: standbérlet 40 000 Ft/m², stand 10 m², standépítés 300 000 Ft, személyzet 2 fő, napi 55 000 Ft/fő, szóróanyag 250 db, 500 Ft/db, logisztika 80 000 Ft, extra 60 000 Ft. Számold ki a teljes költséget, és adj becslést, hány 90 000 Ft fedezetű munkát kell elérni.

5. feladat (C)
Egy asztalos honlapján van 12 referenciakép, de egyik alatt sincs leírás, nincs a kép készítésének ideje, és a fotók között van olyan, ahol a vevő lakcíme is látszik a kaputelefonon. Milyen hibákat azonosítasz, és mit javítanál? Jogi szempontból mi a teendő?

6. feladat (D)
Készíts egy rövid marketingterv egy éves asztalosvállalkozásnak, amely kizárólag **beépített szekrényeket** készít. Határozd meg a célcsoportot, a fő üzenetet, két csatornát, a havi tervezett marketingköltséget, és egy mérőszámot. Készíts hozzá egyszerű havi bontású költségtáblázatot (mintaárak).

46.4.14. Megoldások

46.4.14.1. Önellenőrzés – válaszok

1. **Hamis.** A marketing tágabb fogalom, a referencia, az ajánlás, a portfólió és a vásár is a marketingkommunikáció része.
2. A **reklám** fizetett, közvetlen megjelenés; a **promóció** rövid távú vásárlásösztönző (kedvezmény, ajándék, bemutató akció).
3. A nullszaldóhoz: 72 500 / 85 000 ≈ 0,85, tehát legalább 1 megrendelés (mivel darabra kell felfelé kerekíteni) fedezi a havi marketingköltséget.
4. A lakás belseje, a vevő neve és lakhelye személyes adat, a közzétételhez a GDPR alapján írásos hozzájárulás kell.
5. Kihagyták az **utókövetést**. A lead gazdátlan marad; a vásár hatása elvész.
6. **Hiba:** a közlekedő út 0,6 m túl keskeny a biztonságos átjáráshoz (tájékoztató: min. 1,2 m), és a nagy gép nem megfelelő standtárgy egy lakberendezési vásáron, mert nem mutatja a termékeket; helyette bútordarabot és mintaanyagokat kell kiállítani.

46.4.14.2. Feladatok megoldásai

1. feladat (A)
Marketing: a vállalkozás azon tevékenysége, amely a vevői igény feltárásától a termék/szolgáltatás kialakításán, megismertetésén és értékesítésén át a vevő megtartásáig tart. Promóció: rövid távú vásárlásösztönzés (akció, kedvezmény). Portfólió: a referenciamunkák rendezett, célzott gyűjteménye fényképekkel, leírásokkal, műszaki adatokkal.

2. feladat (A)
`n_min = 60 000 Ft / 90 000 Ft/db = 0,67 db`, azaz havonta legalább 1 megrendelés kell a marketingköltség megtérüléséhez.

3. feladat (B)
Nullszaldóhoz szükséges munkák: `1 250 000 Ft / 100 000 Ft/db = 12,5`, tehát 13 darab. Ha 80 lead van és 15% válik vevővé: `80 × 0,15 = 12` megrendelő. A 12 kisebb, mint 13, ezért a kiállítás önmagában nem térül meg, de nagyon közel van; ha a lead-ek 16%-a vásárolna, az már 12,8 ≈ 13 munka lenne. A gyakorlatban a hosszú távú hatást is értékelni kell.

4. feladat (B)
Standbérlet: `10 m² × 40 000 Ft/m² = 400 000 Ft.`
Személyzet: `2 fő × 2 nap × 55 000 Ft/fő/nap = 220 000 Ft.`
Szóróanyag: `250 db × 500 Ft/db = 125 000 Ft.`
Összes költség: `400 000 + 300 000 + 220 000 + 125 000 + 80 000 + 60 000 = 1 185 000 Ft.`
Szükséges munkák: `1 185 000 / 90 000 = 13,17`, azaz 14 munka.

5. feladat (C)
Hibák: nincs képaláírás, nincs méret- vagy anyagleírás, nincs dátum, nincs jogi hozzájárulás; a kaputelefonon látszó lakcím személyes adat. Javítás: minden kép alá adatok, fotót a lakcím

eltakarása nélkül ne tegyünk ki; kérjünk utólag írásos hozzájárulást, vagy szedjük le a képet; a nem engedélyezett képeket töröljük.

6. feladat (D)
Példamegoldás:

Marketingterv vázlat – Beépített szekrények

- Célcsoport: lakásfelújító családok és kivitelező partnerek.
- Fő üzenet: „Méretre gyártott, helyszínen felmért beépített szekrény, 6 hét alatt, 5 év garanciával."
- Csatornák: (1) saját honlap referenciákkal és űrlappal; (2) közösségi média heti két munkafotóval és ügyfélvéleménnyel.
- Havi költség (mintaár):

Tétel	Havi összeg (Ft)
Honlap fenntartás	5 000
Hirdetés közösségi médiában	25 000
Fotós havi egy alkalom	30 000
Nyomtatott anyag	5 000
Összesen	65 000

- Mérőszám: havonta hány lead érkezik a honlapról és a közösségi médiából (cél: 4 lead/hó).
- Értékelés: negyedévente felülvizsgáljuk, melyik csatorna hozott megkeresést.

46.4.15. Rövid összefoglaló

A marketing az asztalosvállalkozás működésének összegzése: a célcsoport, az üzenet, a csatorna, a költség és a mérés együtt alkotja a növekedés tervét. A marketingkommunikáció eszközei közé tartozik a reklám, a promóció, a honlap, a közösségi média, a referencia, az ajánlás és a vásár. A portfólió és a referenciafotók a legerősebb bizonyítékok, de csak írásos hozzájárulással, tiszta környezetben és műszaki adatokkal működnek. A vásár és kiállítás drága, projektként kell tervezni: standbérlet, standépítés, személyzet, szóróanyag, logisztika, utókövetés. A megtérülési küszöb kiszámítható: a teljes költséget elosztjuk az átlagos fedezettel. Ez a szemlélet készíti elő a vállalkozás bemutatását a vizsgaremeknél és a záró dokumentációban, mert a szakmai tudás mellé a bemutatás képességét is bizonyítani kell. ∎

46.4.16. Források és ellenőrzési hiányok

- Jogszabályok: a tisztességtelen kereskedelmi gyakorlat tilalma, fogyasztóvédelem, reklámtörvény, adatvédelem (GDPR) – a pontos jogszabályszámok és hatályuk ellenőrizendők.
- A marketingköltség és a kiállítási költség számításai mintaadatok; a szervezők és szolgáltatók aktuális árai ellenőrizendők.
- A vásárok nevei, időpontjai, standbérleti díjai és a helyszíni előírások a szervező adatlapja szerint ellenőrizendők.
- A portfólió fotók felbontására és a kiállítási stand méreteire adott értékek tájékoztatók, a tényleges követelmények a felhasználási céltól függnek.
- A fedezeti hozzájárulás kiszámításának módja leegyszerűsített; az üzleti tervben pontosabb fedezetszámítást kell alkalmazni (lásd Üzleti terv, piackutatás, piacképesség és Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő).

47 Foglalkoztatás és szakmai idegen nyelv

47.1. Munkajogi alapismeretek és foglalkoztatási formák

47.1.1. Motiváció

Egy asztalos tanuló első napján bemegy a műhelybe. A tulajdonos aláírat vele egy papírt, és már kezdhet is dolgozni. A papíron az áll: „munkaszerződés”. A tanuló aláírja, de nem tudja, mihez van joga és mihez nincs. Ha két hét múlva elküldik, mi jár neki? Ha elront egy drága bútorlapot, ki fizeti ki? Ha hétvégén is dolgoztatják, milyen pótlékra számíthat? Ezekre a kérdésekre a munkajog ad választ. Ebben az alfejezetben megismered a munkavállaló jogait, kötelezettségeit és felelősségét, a munkaszerződés alapjait, valamint a leggyakoribb foglalkoztatási formákat, hogy ne írj alá semmit úgy, hogy nem érted a következményeit. A cél nem az, hogy ügyvéd legyél, hanem hogy tudd, milyen keretek között dolgozol, és hogy a jövőbeni munkáltatóddal vagy saját vállalkozásodban a foglalkoztatási szabályokat tudatosan alkalmazd.

47.1.2. A munkajog célja és alapfogalmai

Amikor dolgozni kezdesz, a munkáltató (a cég vagy a vállalkozó) irányítása alatt, annak érdekében végzel munkát. Ez a helyzet sokkal kiszolgáltatottabb, mint egyenrangú üzleti megbízás esetén, ezért a jog külön védelmet ad: ez a **munkajog**. A magyar munkajog alapjait a Munka törvénykönyve (a továbbiakban Mt., 2012. évi I. törvény – ellenőrizendő a hatályos szöveg) szabályozza.

Definíció. A **munkaviszony** egy jogviszony, amelyben a **munkavállaló** a **munkáltató** irányítása és utasítása szerint, személyesen, rendszeresen, ellenérték fejében munkát végez, a munkáltató pedig megfizeti a munkabért és biztosítja a munkavégzés feltételeit.

A felek tehát nem egyenrangúak: a munkáltató utasíthat, a munkavállaló pedig köteles a munkaidejében rendelkezésre állni és a munkakörébe tartozó feladatokat elvégezni. Ez a **függő munka** lényege. A munkajog azért védi a munkavállalót, mert a függőség miatt ő a gyengébb fél.

A munkaviszony létrejöhet határozatlan vagy határozott időre. Az asztalos szakmában gyakori a határozott idejű munkaviszony (például egy konkrét építkezés idejére) és a határozatlan idejű munkaviszony is (például egy bútorgyárban). A szakirányú oktatásban részt vevő tanuló a duális képzőhellyel szakképzési munkaszerződést köt (Szakképzés 4.0 – ellenőrizendő: hatályos törvény); régi dokumentumokon „tanulószerződés” néven találod. Erről a Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék alfejezetben lesz szó.

47.1.3. A munkaszerződés

A munkaviszony alapja a **munkaszerződés**, amely akkor jön létre, ha a felek írásban, szóban vagy ráutaló magatartással megállapodnak a munkaviszony lényeges feltételeiben. A tanulmányaid során és a munkavállalásodkor az írásba foglalt munkaszerződés a legfontosabb, mert csak ez véd meg vitás helyzetben.

Szabály. A munkaszerződés kötelező tartalmi elemei a Munka törvénykönyve szerint (Mt. – ellenőrizendő a hatályos szöveg): - a felek megnevezése (munkáltató, munkavállaló); - a **alapbér** (munkabér) összege és a béren kívüli juttatások; - a **munkakör** (a feladatkör meghatározása); - a munkavégzés helye; - a munkaviszony időtartama (határozatlan vagy határozott idő); - egyéb, a felek által lényegesnek tartott feltételek (például próbaidő, munkaidő, felmondási idő).

A munkaszerződést a munkáltató köteles írásba foglalni, és legkésőbb a munkaviszony kezdetétől számított 7 napon belül (egyes elemekre 1 hónapon belül) írásban tájékoztatni a munkavállalót a munkaidőről, a szabadságról, a felmondási időről, a munkabér egyéb elemeiről, a munkavégzés helyéről, a munkáltatói jogkör gyakorlójáról, valamint a munkakörbe tartozó feladatokról. (A pontos határidő és tartalom – ellenőrizendő: Mt. 46. §.)

Megjegyzés. A próbaidő a munkaviszony kezdetén tölthető ki, főszabály szerint legfeljebb 3 hónap (kollektív szerződés legfeljebb 6 hónapig hosszabbíthatja meg – ellenőrizendő). Próbaidő alatt a munkaviszonyt mindkét fél azonnali hatállyal, indokolás nélkül megszüntetheti.

47.1.4. A munkavállaló jogai

A munkavállaló számára a munkajog számos jogot biztosít. Az asztalos műhelyben dolgozó fiatal szakember életében a legfontosabbak:

1. **Foglalkoztatás joga.** A munkáltató köteles a munkavállalót a munkaköre szerint foglalkoztatni, és a munkavégzéshez szükséges feltételeket (szerszámok, gépek, védőeszközök) biztosítani.
2. **Munkabérhez való jog.** A munkavállalónak joga van a szerződésben meghatározott munkabérhez. A bért legalább havonta, a tárgyhónapot követő hónap 10. napjáig ki kell fizetni (Mt. – ellenőrizendő). A bérből a munkáltató csak jogszabály vagy a munkavállaló hozzájárulása alapján vonhat le.
3. **Költségtérítéshez való jog.** Ha a munkavállaló a munkáltató utasítására, a munkaköréhez kapcsolódóan indokolt költséget visel (például saját gépkocsival megy helyszíni felmérésre), a munkáltató köteles azt megtéríteni. A költségtérítés elszámolása a munkáltató szabályzata vagy egyedi megállapodás szerint történik.
4. **Pihenőidő és szabadság.** A munkavállalót napi munkáját követően legalább 11 óra pihenőidő, heti munkavégzés után legalább 48 óra megszakítás nélküli pihenőidő illeti meg (Mt. – ellenőrizendő). Az alapszabadság mértéke évente 20 munkanap, amelyhez az életkor alapján pótszabadság járul (a pótszabadsággal együtt az összes szabadság 25. évtől 21, 28. évtől 22, 31. évtől 23, 33. évtől 24, 35. évtől 25, 37. évtől 26, 39. évtől 27, 41. évtől 28, 43. évtől 29, 45. évtől 30 munkanap; a 18 év alatti munkavállalónak évente további 5 munkanap jár; ellenőrizendő az Mt. hatályos szövege). A szabadságot a munkáltató adja ki, de a munkavállaló legalább 7 munkanapot a saját kérésének megfelelő időpontban vehet ki.
5. **Egészséget nem veszélyeztető munkavégzés joga.** A munkavállaló megtagadhatja a munkavégzést, ha az közvetlenül és súlyosan veszélyezteti az életét vagy az egészségét. Például ha egy gép védőburkolatát leszerelték, és a munkáltató mégis gépkezelésre utasít, a munkavállaló jogszerűen megtagadhatja.

6. **Egyenlő bánásmódhoz való jog.** Tilos a munkavállalót neme, kora, faji hovatartozása, vallása, politikai meggyőződése, fogyatékossága vagy más védett tulajdonsága miatt hátrányosan megkülönböztetni.

47.1.5. A munkavállaló kötelezettségei

A jogok mellett kötelezettségek is terhelnek. Az asztalos műhelyben mindennapos helyzetekből ismerősek lehetnek:

1. **Megjelenési és rendelkezésre állási kötelezettség.** A munkavállaló köteles a munkaideje kezdetén munkára képes állapotban megjelenni, és a munkaideje alatt a munkáltató rendelkezésére állni. Ha beteg, haladéktalanul értesítenie kell a munkáltatót, és orvosi igazolást kell szereznie.
2. **Munkavégzési kötelezettség.** A munkavállaló köteles a munkakörébe tartozó feladatokat a munkáltató utasításai szerint, a szakmai szabályoknak megfelelően, elvárható gondossággal elvégezni. Az asztalos esetében ez azt jelenti: a rajz, a technológiai utasítás és a biztonsági előírások betartásával dolgozik.
3. **Együttműködési és tájékoztatási kötelezettség.** A felek kölcsönösen kötelesek együttműködni. A munkavállaló köteles a munkáltatót minden olyan körülményről tájékoztatni, amely a munkavégzést vagy a munkabiztonságot érinti (például hibás szerszám, repedt létra, gyanús csomag).
4. **A munkáltató jogos gazdasági érdekeinek védelme.** A munkavállaló nem hozhatja nyilvánosságra a munkáltató üzleti titkait, nem használhatja a munkahelyi eszközöket magáncélra engedély nélkül, és nem tanúsíthat olyan magatartást, amely a munkáltató jó hírnevét sérti.
5. **A munkavédelmi szabályok betartása.** A munkavállaló köteles a munkavédelmi oktatáson tanultakat alkalmazni, a védőeszközöket viselni, a gépeket csak betanítás után, az előírások szerint kezelni.

47.1.6. A munkavállaló felelőssége

Ha a munkavállaló vétkesen (szándékosan vagy gondatlanul) kárt okoz a munkáltatónak, a kárt meg kell térítenie. A munkajog ezt **kártérítési felelősségnek** nevezi. Az Mt. a munkavállalói kárfelelősséget két fő esetre osztja (ellenőrizendő a hatályos szöveg):

- **Általános kárfelelősség.** Ha a munkavállaló a munkaviszonyából eredő kötelezettségeit vétkesen megszegi, és ezzel kárt okoz, a kárt meg kell térítenie. Gondatlan károkozás esetén a mérték korlátozott: ha a munkáltató kártérítési felelősségét kollektív szerződés vagy munkaszerződés nem rendezi, a munkavállaló legfeljebb 4 havi távolléti díj összegéig felel (Mt. – ellenőrizendő). Szándékos vagy súlyosan gondatlan károkozás esetén a teljes kárt köteles megtéríteni.
- **Megőrzési felelősség.** Ha a munkavállaló a munkaköre szerint értékek (például szerszám, anyag, késztermék) megőrzéséért felel, és az átvett dolgot nem tudja elszámolni, a hiányért akkor is felel, ha nem vétkes, ha a dolgot jegyzék vagy elismervény alapján vette át.

Példa. Egy asztalos szakmunkás kézi anyagmozgató kocsival véletlenül nekimegy egy polcnak, és 250 000 Ft értékű festék károsodik. Ha a baleset gondatlanságból történt (nem tartotta be a sebességkorlátot), és a kár meghaladja a 4 havi távolléti díj összegét, a kártérítés mértéke korlátozott. Ha viszont szándékosan okozta a kárt, a teljes összeget meg kell térítenie. Ezért fontos a gépek és anyagok kezelésénél a szabályok betartása.

47.1.7. A munkaviszony megszűnése és megszüntetése

A munkaviszony nem örök. A megszűnés módjai közül a leggyakoribbak:

- **Közös megegyezés.** A felek írásban megállapodnak a munkaviszony megszüntetésének időpontjában és feltételeiben.
- **Felmondás.** A munkáltató határozatlan idejű munkaviszonyt csak írásban és indokolással mondhat fel; a munkavállaló felmondását nem kell indokolni. A **felmondási idő** 30 nap, munkáltatói felmondásnál a munkaviszony hosszától függően hosszabb (például 3 év után 35, 5 év után 45, 10 év után 55 nap; Mt. – ellenőrizendő). A munkavállaló felmondása esetén a felmondási idő 30 nap.
- **Azonnali hatályú felmondás.** Ha a másik fél súlyos szerződésszegést követ el (például a munkavállaló ittasan jelenik meg, vagy a munkáltató a bért nem fizeti), a másik fél azonnali hatállyal megszüntetheti a munkaviszonyt.
- **Határozott idejű munkaviszony lejárata.** Ha a szerződés időtartama lejár, a munkaviszony megszűnik.

Végkielégítés. Ha a munkáltató rendes felmondással szünteti meg a munkaviszonyt, és a munkavállaló legalább 3 éve a munkáltatónál dolgozik, **végkielégítés** illeti meg. A végkielégítés mértéke a munkaviszonyban töltött időtől függ: 3–5 év esetén 1 havi, 5–10 év esetén 2 havi, 10–15 év esetén 3 havi, 15–20 év esetén 4 havi, 20–25 év esetén 5 havi, 25 év felett 6 havi távolléti díj összege (Mt. – ellenőrizendő a pontos mérték). A végkielégítés a munkavállaló védelmét szolgálja.

47.1.8. Foglalkoztatási formák összehasonlítása

Nem minden munkavégzés munkaviszony. Az asztalos szakmában gyakran találkozol **megbízással**, **vállalkozási szerződéssel** vagy más jogviszonyokkal. Az alábbi táblázat a legfontosabb formákat foglalja össze.

Jogviszony	Szabályozó	Felek	Díjazás	Jellemző
Munkaviszony	Munka törvénykönyve (Mt., 2012. évi I. törvény – ellenőrizendő)	munkáltató – munkavállaló	munkabér	Alárendeltség, széles munkajogi védelem
Megbízás	Polgári Törvénykönyv (Ptk. – ellenőrizendő)	megbízó – megbízott	megbízási díj	Önálló tevékenység, gyakran alkalmi, egyszeri feladat
Vállalkozás	Polgári Törvénykönyv (Ptk. – ellenőrizendő)	megrendelő – vállalkozó	vállalkozói díj	Meghatározott eredmény, saját eszközökkel
Közalkalmazotti jogviszony	Közalkalmazottak jogállásáról szóló törvény (Kjt. – ellenőrizendő)	munkáltató (közintézmény) – közalkalmazott	illetmény	Közszféra, kinevezés, besorolás

Jogviszony	Szabályozó	Felek	Díjazás	Jellemző
Közszolgálati jogviszony	Közszolgálati tisztviselőkről szóló törvény (Kttv. – ellenőrizendő)	állami szerv – kormánytisztviselő	illetmény	Államigazgatás, kinevezés

Definíció. A **megbízási szerződés** alapján a megbízott a megbízó által rábízott feladatot (például egy bútor restaurálási terv elkészítése) köteles ellátni, a megbízó pedig a díjat megfizetni. A megbízott önállóan dolgozik, nem áll a megbízó utasítási joga alatt, és saját eszközeit, idejét szervezi.

Definíció. A **vállalkozási szerződés** alapján a vállalkozó valamely dolog elkészítésére (például egy egyedi szekrény legyártására), a megrendelő pedig a díj megfizetésére köteles. A vállalkozó a munkát saját költségére és kockázatára végzi, és az eredményért felel.

Gyakorlati különbség: ha egy asztalostanulót felvesznek egy műhelybe havi fizetéssel, minden nap 8 órában, ahol a főnök mondja meg, mit csináljon, az **munkaviszony**. Ha a tanuló otthon elkészít egy asztalt egy megrendelőnek, aki megbízza és kifizeti a díjat, az **vállalkozási szerződés**. A munkaviszonyban a munkavállalót védik a munkaidő-, szabadság-, felmondási szabályok; a vállalkozó ezeket a védelmeket nem kapja meg, viszont szabadabban szervezheti munkáját.

47.1.9. Speciális foglalkoztatási formák

A faiparban és a szakképzésben több speciális foglalkoztatási mód is előfordul:

- **Távmunka.** A munkavállaló a munkáltató telephelyétől távol, jellemzően otthonról végez munkát. Az asztalos szakmában a távmunka a tervezésre, árajánlatkészítésre, adminisztrációra jellemző, nem a gépi megmunkálásra. A munkaszerződésben rögzíteni kell a távmunkavégzés tényét, a munkáltató által biztosított eszközöket és a költségtérítést.
- **Munkaerő-kölcsönzés.** A munkavállaló szerződése a kölcsönbeadó céggel jön létre, de ténylegesen a kölcsönvevő vállalkozásnál dolgozik. Például egy nagy bútorgyár ünnepi szezonra kölcsönzött dolgozókat vesz fel. A munkavállaló munkajogi védelme megmarad, de a munkáltatói jogokat részben a kölcsönbeadó gyakorolja (Mt. – ellenőrizendő).
- **Egyszerűsített foglalkoztatás.** Alkalmi munkára, mezőgazdasági idénymunkára jellemző. Eseti, rövid időtartamú foglalkoztatás, egyszerűsített adózással. Az asztalos szakmában ritkább, de egy-egy rendezvény standjának felállításakor előfordulhat. A bejelentést és a szabályokat külön törvény szabályozza (2010. évi LXXV. törvény – ellenőrizendő).
- **Diákmunka (iskolaszövetkezet).** Nappali tagozatos tanuló vagy hallgató iskolaszövetkezeten keresztül is munkát vállalhat. Az iskolaszövetkezet szerződik a munkáltatóval, és a diák a szövetkezet tagjaként dolgozik. Ez nem klasszikus munkaviszony, de a diákot megilletik bizonyos munkajogi védelmek. A szakképzős tanuló számára a szakképzési munkaszerződés jellemző (régi dokumentumokon „tanulószerződés”), amelyet a Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék alfejezet részletez.
- **Önkéntes munka.** A munkavégzés ellenszolgáltatás nélkül, közérdekű célra (például játszótéri faeszközök karbantartása). Az önkéntes jogviszony nem munkaviszony, de az önkéntest is megilleti a biztonságos munkavégzés feltételeinek biztosítása. Az önkéntes munkáról külön törvény rendelkezik (2005. évi LXXXVIII. törvény – ellenőrizendő).

47.1.10. Kidolgozott esetek

1. eset – A szabadság kérdése. Anna asztalos tanuló 2023. június 1-jén kezdett dolgozni egy kis bútorasztalos műhelyben, határozatlan idejű munkaszerződéssel, 3 hónap próbaidővel. Az évben 20 munkanap alapszabadság jár neki, de mivel még csak júniusban kezdett, időarányos szabadságot kap. A munkáltató azt mondja, hogy „friss munkavállalóként” a próbaidő alatt nem jár szabadság. Ez hibás állítás. Anna már a próbaidő alatt is szerez szabadságot, és a munkáltató köteles azt kiadni vagy a jogviszony megszűnésekor pénzben megváltani. Az időarányos 20 munkanap 7 hónapra = $20 \times 7 \div 12 = 11{,}67 \rightarrow 12$ munkanap (Mt. szerinti kerekítés – ellenőrizendő). A tanulság: a próbaidő nem szünteti meg a munkavállalói jogokat.

2. eset – A kártérítési felelősség határa. Bence frissen végzett asztalos egy asztalosműhelyben dolgozik. A műhelyvezető utasítja, hogy a vastagsági gyalugépen egy vizes, csavaros fenyődeszkát dolgozzon fel. Bence tudja, hogy a csavar tönkreteheti a késtengelyt, és a visszacsapódás veszélyes, ezért megtagadja a munkát. Helyesen teszi, mert a munkavégzés közvetlenül veszélyeztetné a saját és mások testi épségét, és a munkáltató utasítása szakszerűtlen. Ha viszont Bence saját hibájából, utasítás nélkül vág bele egy hibás anyagba, és a gép kárt szenved, a kártérítési szabályok szerint akár felelhet is.

3. eset – Foglalkoztatási forma választása. Egy lakberendező felkéri Dávid asztalost, hogy készítsen egyedi polcrendszert. Dávid saját műhelyében, saját szerszámaival, saját időbeosztása szerint dolgozik, és az eredményt (a polcrendszert) adja át. A megbízó nem irányítja a munkafolyamatot. Ez vállalkozási szerződés. Ha a lakberendező heti 40 órában, a saját műhelyében, a saját gépeivel dolgoztatná Dávidot, és megszabná, mikor mit csináljon, az már munkaviszony lenne, akkor is, ha a felek „vállalkozásnak” nevezik. A jogviszony minősítése a tényleges körülményektől függ, nem a szerződés címétől.

Továbbvitt eredmény. A munkajogi alapok: a munkaviszony létesítése (felhasználja: Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék). Az itt megismert munkaszerződés, munkakör, próbaidő, bér, szabadság és felmondási szabályok nélkül a következő alfejezetben a munkaviszony létesítésének gyakorlati lépéseit nem lehet értelmezni.

47.1.11. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A próbaidő alatt a munkavállalót nem illeti meg szabadság.
2. Igaz vagy hamis? A munkavállaló kártérítési felelőssége gondatlan károkozásnál korlátlan.
3. Melyik jogviszonyra jellemző az alárendeltség és a munkáltató utasítási joga?
4. Mi a különbség a megbízási szerződés és a munkaviszony között?
5. Mi a végkielégítés, és mikor jár?

A válaszokat a Megoldások elején találod.

47.1.12. Feladatok

1. feladat (A). Sorold fel a munkavállaló öt legfontosabb jogát és öt legfontosabb kötelezettségét.

2. feladat (A). Melyik törvény szabályozza a munkaviszonyt? Nevezd meg a törvényt és egy kötelező munkaszerződési elemet.

3. feladat (B). Egy munkavállaló 4 éve dolgozik egy asztalosműhelyben, havi bruttó bére 320 000 Ft. A munkáltató rendes felmondással megszünteti a munkaviszonyát. Hány havi távolléti díj

összegű végkielégítés illeti meg? (A végkielégítési sávokat az alfejezet táblázata szerint használd, és jelöld, hogy a pontos mérték ellenőrizendő.)

4. feladat (B). Péter tanuló asztalos, nappali szakképzős. Iskolaszövetkezeten keresztül vállal munkát egy bútorgyárban, heti 20 órában. Milyen foglalkoztatási formáról van szó? Milyen főbb jellemzői vannak ennek a jogviszonynak?

5. feladat (C). Egy asztalos vállalkozó rendszeresen bedolgoz egy épületasztalos cégnek. A szerződése „vállalkozási szerződés”, de a cég megmondja, melyik nap hány órakor, hol és milyen géppel dolgozzon, és a cég adja a szerszámokat is. Vitás helyzetben a munkavállaló (a vállalkozó) munkaviszonynak minősíttetné a kapcsolatot. Milyen érvekkel tudná ezt alátámasztani? Miért fontos ez a minősítés?

6. feladat (D). Képzeld el, hogy belépsz egy asztalosműhelybe határozatlan idejű munkaszerződéssel, 3 hónap próbaidővel, bruttó 280 000 Ft havi bérrel, heti 40 órás munkaidővel. Írd le egy táblázatban, milyen jogok és kötelezettségek illetnek meg téged a munkaviszony első három hónapjában (próbaidő alatt). Térj ki a bérre, a szabadságra, a munkavédelmi kötelezettségekre és a próbaidő alatti felmondásra.

47.1.13. Megoldások

47.1.13.1. Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A próbaidő alatt is jár szabadság, még ha a kivétel módja gyakorlati korlátokba ütközhet is.
2. Hamis. Gondatlan károkozás esetén a munkavállaló kártérítési felelőssége korlátozott (főszabály szerint legfeljebb 4 havi távolléti díj – ellenőrizendő).
3. A munkaviszony. A munkáltató utasíthat, a munkavállaló pedig köteles a munkaidejében rendelkezésre állni és a feladatokat elvégezni.
4. A megbízási szerződésben a megbízott önállóan dolgozik, nincs alárendeltség, a díjazás eredményhez vagy tevékenységhez kötött. A munkaviszonyban a munkavállaló alárendelt, irányított munkát végez, és széles munkajogi védelmet élvez.
5. A végkielégítés a munkáltató rendes felmondása esetén járó pénzbeli juttatás, ha a munkavállaló legalább 3 éve a munkáltatónál dolgozik. Mértéke a munkaviszonyban töltött időtől függ (sávosan, az Mt. szerint – ellenőrizendő).

47.1.13.2. Feladatok megoldásai

1. feladat (A). A munkavállaló jogai: foglalkoztatás joga, munkabérhez való jog, költségtérítés, pihenőidő és szabadság, egészséget nem veszélyeztető munkavégzés, egyenlő bánásmód. Kötelezettségei: megjelenés és rendelkezésre állás, munkavégzés, együttműködés és tájékoztatás, a munkáltató jogos gazdasági érdekeinek védelme, munkavédelmi szabályok betartása.

2. feladat (A). A munkaviszonyt a Munka törvénykönyve (Mt., 2012. évi I. törvény – ellenőrizendő a hatályos szöveg) szabályozza. Kötelező munkaszerződési elem például az alapbér összege, a munkakör, a munkavégzés helye, a munkaviszony időtartama.

3. feladat (B). A munkavállaló 4 éve dolgozik. A végkielégítési sávok szerint 3–5 év esetén 1 havi távolléti díj jár (ellenőrizendő: az Mt. aktuális sávhatárai). Tehát 1 havi távolléti díj = 320 000 Ft összegű végkielégítés illeti meg.

4. feladat (B). Ez diákmunka, iskolaszövetkezeten keresztüli foglalkoztatás. Jellemzői: a diák az iskolaszövetkezet tagja, a szövetkezet szerződik a munkáltatóval; nem klasszikus munkaviszony,

de a diákot megilletik bizonyos munkajogi védelmek; a jövedelem kedvező adózású lehet; a diák nappali tagozatos jogviszonnyal rendelkezik.

5. feladat (C). A vállalkozó érvelhet azzal, hogy a tényleges munkavégzés során a cég utasítási és irányítási jogot gyakorol, megszabja a munkaidőt, a helyet, az eszközöket, és a vállalkozó személyesen, alárendelten dolgozik. A munkaviszony minősítését a tényleges körülmények határozzák meg, nem a szerződés címe. Ez azért fontos, mert munkaviszony esetén a munkavállalót megilleti a szabadság, a korlátozott kárfelelősség, a felmondási védelem, a biztonságos munkavégzés feltételei, valamint a munkabérrel kapcsolatos garanciák.

6. feladat (D). Táblázat a próbaidő alatti jogokról és kötelezettségekről:

Terület	Jog	Kötelezettség
Bér	Havi bruttó 280 000 Ft, határidőre	Megjelenni és munkát végezni
Szabadság	Időarányos 20 munkanap/12 hónap (3 hónapra 5 nap)	A szabadságot a munkáltatóval egyeztetve kivenni
Munkaidő	Heti 40 óra, pihenőidők	A munkaidő kezdetén munkaképesen megjelenni
Biztonság	Védőeszközök, biztonságos munkakörnyezet	Munkavédelmi szabályok betartása
Próbaidő felmondás	3 hónap alatt indokolás nélkül felmondhat	Betartani a próbaidő szabályait

Megjegyzés: a szabadság időarányos mértéke 20 munkanap/12 hónap × 3 hónap = 5 munkanap. A munkáltatóval való egyeztetés szükséges, de a munkavállaló legalább 7 munkanapot a saját kérésére vehet ki évente (Mt. – ellenőrizendő). A próbaidő alatti felmondás joga a felek számára kölcsönös.

47.1.14. Rövid összefoglaló

A munkajog a munkavállaló és a munkáltató közötti függő munka viszonyait szabályozza. A munkaviszonyban a munkavállaló a munkáltató irányítása alatt, személyesen végez munkát, cserébe munkabért kap. A munkaviszony alapja a munkaszerződés, amelynek kötelező eleme a felek megnevezése, az alapbér, a munkakör, a munkavégzés helye és az időtartam. A munkavállalót megilleti a foglalkoztatás, a munkabér, a költségtérítés, a pihenőidő és a szabadság, továbbá a biztonságos munkavégzés joga. Köteles megjelenni, rendelkezésre állni, munkát végezni, együttműködni és a munkáltató jogos gazdasági érdekeit védeni. Kártérítési felelőssége vétkességen alapul, gondatlan károkozásnál korlátozott, szándékos vagy súlyosan gondatlan károkozásnál teljes. A munkaviszony megszűnhet közös megegyezéssel, felmondással, azonnali hatályú felmondással vagy határozott idő lejártával. A munkáltatói rendes felmondásnál a legalább 3 éve dolgozó munkavállalót végkielégítés illeti. A munkaviszonyon kívül létezik megbízás, vállalkozás, közalkalmazotti és közszolgálati jogviszony, valamint speciális formák, például távmunka, munkaerő-kölcsönzés, egyszerűsített foglalkoztatás, diákmunka és önkéntes munka. **Továbbvitt eredmény.** A munkajogi alapok – a munkaszerződés tartalma, a munkakör, a próbaidő, a bér, a szabadság és a felmondási szabályok – nélkülözhetetlenek a Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék alfejezetben, ahol a munkaviszony létesítésének gyakorlati lépéseit és az iratkezelést tanulod meg.

47.1.15. Források és ellenőrzési hiányok

A fejezet a magyar munkajog általános ismeretén alapul. A konkrét jogszabályi hivatkozások – a Munka törvénykönyve (2012. évi I. törvény), a Polgári Törvénykönyv, a közalkalmazotti és közszolgálati törvények, az egyszerűsített foglalkoztatásról szóló törvény, az önkéntes törvény – pontos száma és a hivatkozott paragrafusok, határidők, sávhatárok (például próbaidő, felmondási idő, végkielégítési sávok, szabadság mértéke, kártérítési korlát) a hatályos jogszabály szövege szerint ellenőrizendők. A netes hivatkozások (net.jogtar.hu, nfsz.munka.hu, europass.europa.eu) nem olvasott bizonyítékok; a fenti tartalom tanulási összefoglaló, nem jogi tanácsadás.

47.2. Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék

47.2.1. Motiváció

Elképzeled, hogy egy bútorüzem felvesz asztalosnak. A művezető azt mondja: „bruttó 350 000 Ft-ot fogsz kapni.” Aztán a bérlapon 232 750 Ft szerepel. Hová lett a különbség, és miért kell ezt már a munkaszerződés aláírása előtt értened? A munkaviszony nemcsak a havi fizetésről szól: adót és járulékot vonnak le a bérből, a munkáltató pedig további közterhet fizet utánad. Ha ezt nem érted, rosszul tervezheted a megélhetésed, és nem tudod, milyen társadalombiztosítási ellátásokra leszel jogosult. Ebben az alfejezetben a munkaszerződést, a szükséges iratokat, a kilépő dokumentumokat és a bérből történő levonásokat tanuljuk meg.

47.2.2. Szemléletes kép

Egy havi bérlap kivonata teljes munkaidős asztalos munkakörben:

Tétel	Összeg (Ft)
Bruttó bér	350 000
SZJA-előleg (15%)	52 500
TB járulék (18,5%)	64 750
Összes levonás	117 250
Nettó bér	232 750
Munkáltatói szocho (13%)	45 500
Munkáltatói bérköltség	395 500

A példában a százalékok a jelenlegi, leggyakrabban használt mértékek, de **minden százalék mintaérték, és a hatályos jogszabályt mindig ellenőrizni kell**. A következőkben megértjük, mit jelentenek ezek a sorok.

47.2.3. Fogalmak és szabályok

Definíció. A **munkaszerződés** a munkáltató és a munkavállaló közötti megállapodás, amelyben a munkavállaló vállalja, hogy a munkáltató irányítása szerint munkát végez, a munkáltató pedig vállalja a foglalkoztatást és a munkabér megfizetését. A **munkaviszony** a munkaszerződés alapján jön létre, és a munkavégzés napjától számít.

Szabály. A munkaszerződésben legalább a **munkakörben** és az **alapbérben** meg kell állapodni. A munkakör az elvégzendő feladatot jelöli (például asztalos, gépkezelő, műhelyvezető-helyettes).

Az alapbér a munkavállalót megillető havi, heti vagy órabér, amelyből a levonásokat számítjuk. A munkaszerződésben általában megadják a munkavégzés helyét, a munkaidő mértékét, a munkaviszony időtartamát, a próbaidőt és a munkaviszony kezdő napját is. A munkáltató köteles a munkaszerződést írásba foglalni legkésőbb a munkába lépés napján. Ha ez elmarad, az a munkáltató jogsértése, ezért a munkavállaló kérheti a munkaviszony fennállásának megállapítását (ellenőrizendő: a hatályos Munka törvénykönyve szabályai).

47.2.3.1. A munkaviszony fajtái

A munkaviszony munkaidő szerint lehet **teljes munkaidejű** vagy **részmunkaidejű**. A teljes munkaidő általában napi 8 óra, heti 40 óra. A részmunkaidő ennél kevesebb, például napi 4 óra, heti 20 óra. Az asztalosiparban gyakori a teljes munkaidős foglalkoztatás, de egyes műhelyekben tanulás mellett részmunkaidőt is kínálnak.

Időtartam szerint a munkaviszony lehet **határozatlan idejű** vagy **határozott idejű**. A határozatlan idejű munkaviszony nem tartalmaz előre meghatározott megszűnési időpontot. A határozott idejű munkaviszony megszűnését a felek előre meghatározzák, például „2025. december 31-ig” vagy „egy adott projekt befejezéséig”. A határozott idejű munkaviszony tartama a meghosszabbításokkal együtt sem haladhatja meg az öt évet (ellenőrizendő: a hatályos Munka törvénykönyve szerint).

Szabály. A **próbaidő** a munkaszerződésben kiköthető, legfeljebb 3 hónap. A próbaidő alatt a munkaviszonyt bármelyik fél azonnali hatállyal, indokolás nélkül megszüntetheti. Ez a munkáltatónak és a munkavállalónak is lehetőséget ad arra, hogy rövid idő alatt eldöntsék, megfelel-e a munkakör és a munkahely.

Szabály. A munkaszerződést a munkáltató nevében a munkáltatói jogkör gyakorlója, például az ügyvezető vagy a meghatalmazott műhelyvezető írja alá. A munkavállaló általában személyesen szerződik. A munkaviszony kezdete előtt a felek **elállhatnak** a munkaszerződéstől. Az elállást közölni kell a másik féllel, és ebben az esetben munkaviszony nem jön létre (ellenőrizendő: a hatályos Munka törvénykönyve szabályai).

Szabály. A teljes munkaidőben foglalkoztatott munkavállaló alapbére nem lehet kevesebb a kötelező legkisebb munkabérnél (**minimálbér**) vagy a **garantált bérminimumnál**, attól függően, hogy a munkakör igényel-e szakképesítést. Az asztalos szakmunkás munkakör általában legalább középfokú szakképesítést igényel, ezért rá a garantált bérminimum vonatkozik. A minimálbér és a garantált bérminimum aktuális összegét kormányrendelet állapítja meg (ellenőrizendő). A bérszámítási példához **mintaadatként** havi 350 000 Ft garantált bérminimumot használunk; a valós összeget mindig a hatályos rendeletből kell megnézni.

47.2.4. A munkavállaláshoz szükséges iratok

Mielőtt munkába állsz, a munkáltató bekéri az adataidat és az ellátások igényléséhez szükséges irataidat. Mindig tartsd magadnál, de csak annak add át, akinek szüksége van rá.

Ellenőrzőlista. Munkavállaláshoz általában a következő iratok szükségesek:

1. Személyazonosításra alkalmas okmány: személyi igazolvány, útlevél vagy kártya formátumú jogosítvány.
2. Adóazonosító jel (adóigazolvány), amelyet a NAV ad ki.
3. TAJ-kártya, amely a társadalombiztosítási azonosító jelet tartalmazza.
4. Bankszámlaszám, ha a munkabért átutalással fizetik.
5. Szakképzettséget igazoló bizonyítvány, például asztalos szakmai bizonyítvány.

6. Munkaköri orvosi alkalmassági igazolás, amelyet a foglalkozás-egészségügyi orvos állít ki.
7. Lakcímkártya a bejelentéshez.
8. Diákigazolvány vagy hallgatói jogviszony-igazolás, ha tanulmányi kedvezmény jár.

A munkáltató csak a munkakör betöltéséhez szükséges adatokat kérheti. A fenti lista az általános gyakorlat, de a pontos kört a munkáltató írásban közli.

47.2.5. Kilépéskor kiadandó dokumentumok

Amikor a munkaviszony megszűnik, a munkáltató köteles kiadni az igazolásokat. Ezeket tedd el, mert később az álláskereséshez, a táppénzhez vagy a nyugdíjhoz is kérhetik.

Szabály. A legfontosabb kilépő iratok:

1. **Munkaviszony-igazolás**, köznyelvben „kilépő papír”. Tartalmazza a munkáltató nevét, adószámát, a munkavállaló adatait, a munkaviszony kezdetét és végét, a megszűnés módját, az utolsó munkában töltött napot, a munkabér kifizetésének időpontját és a szabadsággal kapcsolatos adatokat.
2. **Igazolás a biztosítási jogviszonyról**, amely az egészségbiztosítási ellátások igényléséhez szükséges.
3. **Adóigazolás vagy jövedelemigazolás**, ha a munkavállaló kéri.

A pontos kiadandó dokumentumok körét és a kiadás határidejét a Munka törvénykönyve, az adózás rendjéről szóló törvény és a társadalombiztosítási szabályok határozzák meg (ellenőrizendő). Ha kilépsz egy munkahelyről, ne írd alá az utolsó napot addig, amíg az irataidat és az elszámolást meg nem kaptad.

47.2.6. Adó- és járulékfizetés

A munkabérből kétféle levonás történik, és a munkáltató is fizet közterhet.

Szabály. A munkavállaló bruttó béréből levonják:

- **személyi jövedelemadó-előleget**, röviden SZJA-t, amelynek mértéke általában 15% (ellenőrizendő: a hatályos SZJA-törvény szerint),
- **társadalombiztosítási járulékot**, röviden TB járulékot, amelynek mértéke általában 18,5% (ellenőrizendő).

A TB járulékból finanszírozzák a nyugdíjjárulékot, az egészségbiztosítási járulékot és a munkaerőpiaci járulékot. Kedvezmény nélkül a két levonás összesen 33,5%-ot tesz ki. A nettó bér tehát a bruttó bér 66,5%-a.

Szabály. A munkáltató a bruttó bér után **szociális hozzájárulási adót** fizet, röviden szocho-t, amelynek mértéke általában 13% (ellenőrizendő). A munkáltató teljes bérköltsége ezért:

$$\text{bérköltség} = \text{bruttó bér} + \text{szocho} = \text{bruttó bér} \cdot 1{,}13$$

Ez az összeg fontos a vállalkozás árkalkulációjában, mert a vállalkozónak nemcsak a nettó bért kell kifizetnie, hanem a bruttó bért és a járulékokat is be kell építenie az áraiba.

A levonásokat a munkáltató számfejti, levonja a bruttó bérből, és az adóhatóságnak bevallja, befizeti. A munkavállaló a nettó bért kapja meg a bankszámlájára vagy készpénzben.

47.2.7. Egészségbiztosítási ellátások és nyugdíj

A munkaviszony **biztosítási jogviszonyt** hoz létre. Ez azt jelenti, hogy a munkavállaló jogosult az egészségbiztosítási ellátásokra, és a munkaviszony ideje **szolgálati időnek** számít a nyugdíjhoz.

Példa. Ha munkaviszonyban dolgozol, biztosított vagy, ezért igénybe veheted a természetbeni egészségügyi ellátást: háziorvosi és szakorvosi vizsgálatot, kórházi ellátást, gyógyszertámogatást. Pénzbeli ellátást is kaphatsz, például táppénzt, ha megbetegszel, vagy baleseti táppénzt, ha üzemi baleset ér. A munkaviszonyban töltött idő alatt nyugdíjjárulékot vonnak le, ezért az évek később beleszámítanak a nyugdíjjogosultságba. A nyugdíj összege az életpálya-keresetektől és a szolgálati időtől függ (ellenőrizendő: a hatályos társadalombiztosítási és nyugdíjszabályok szerint).

47.2.8. Bérszámítás

A bérszámításnál a bruttó bérből indulunk ki, és levonjuk a munkavállalói közterheket. Kedvezmény nélkül a levonás 33,5%.

Számítás. Teljes munkaidős asztalos havi bruttó bére: 350 000 Ft. Nettó bér számítása:

$$\text{SZJA-előleg} = 350\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}15 = 52\,500\,\text{Ft}$$

$$\text{TB járulék} = 350\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}185 = 64\,750\,\text{Ft}$$

$$\text{Összes levonás} = 52\,500\,\text{Ft} + 64\,750\,\text{Ft} = 117\,250\,\text{Ft}$$

$$\text{Nettó bér} = 350\,000\,\text{Ft} - 117\,250\,\text{Ft} = 232\,750\,\text{Ft}$$

A munkáltató szocho-fizetése:

$$\text{Szocho} = 350\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}13 = 45\,500\,\text{Ft}$$

$$\text{Bérköltség} = 350\,000\,\text{Ft} + 45\,500\,\text{Ft} = 395\,500\,\text{Ft}$$

Kedvezmény 25 év alatt. A 25 év alatti munkavállaló bére (a jogszabályi felső határig) SZJA-mentes lehet (ellenőrizendő: hatályos SZJA-törvény és összeghatár). Ilyenkor nincs SZJA-előleg: 280 000 Ft bruttó bérnél a nettó $280\,000 \cdot (1 - 0{,}185) = 228\,200$ Ft, vagyis a bruttó 81,5 %-a. A pályakezdő tanulók jellemzően ebbe a körbe tartoznak, ezért a kézhez kapott bér a kedvezmény nélküli számításnál több lehet.

Az ellenőrzésnél láthatjuk, hogy kedvezmény nélkül a nettó bér a bruttó bér 66,5%-a, a munkáltatói bérköltség pedig a bruttó bér 113%-a. Ez a különbség mutatja, miért kell a munkáltatónak jóval nagyobb összeggel számolnia, mint amennyit a munkavállaló kézhez kap.

Számítás. Részmunkaidős asztalos heti 20 órában dolgozik. A teljes munkaidős bruttó 350 000 Ft fele, tehát havi bruttó 175 000 Ft. Levonások:

$$\text{SZJA} = 175\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}15 = 26\,250\,\text{Ft}$$

$$\text{TB járulék} = 175\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}185 = 32\,375\,\text{Ft}$$

$$\text{Nettó bér} = 175\,000\,\text{Ft} - 58\,625\,\text{Ft} = 116\,375\,\text{Ft}$$

A munkáltatói bérköltség:

$$\text{Szocho} = 175\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}13 = 22\,750\,\text{Ft}$$

$$\text{Bérköltség} = 175\,000\,\text{Ft} + 22\,750\,\text{Ft} = 197\,750\,\text{Ft}$$

A fiatal munkavállalók, a családosok vagy az első házasok adókedvezményeket is kaphatnak, ezért a nettó bér egyedi esetekben eltérhet a fenti példától. A pontos összeget a bérszámfejtő tudja megmondani.

47.2.9. Ellenőrzőlista a munkaszerződés aláírása előtt

Eljárás. Mielőtt aláírod a munkaszerződést, menj végig ezen a listán:

1. Kérd el az írásos munkaszerződés-tervezetet, és olvasd el figyelmesen.
2. Ellenőrizd a **munkakör** pontos megnevezését: például „asztalos”, „gépkezelő”.
3. Ellenőrizd az **alapbér** összegét, és azt, hogy bruttó vagy nettó összegről beszéltek-e.
4. Nézd meg a **munkavégzés helyét** és a **munkaidőt**: teljes vagy részmunkaidő.
5. Ellenőrizd az **időtartamot**: határozatlan vagy határozott idejű.
6. Ha van **próbaidő**, ügyelj arra, hogy ne legyen hosszabb 3 hónapnál.
7. Ha szakképzett asztalos munkakörbe vesznek fel, ellenőrizd, hogy az alapbér eléri-e a hatályos **garantált bérminimumot**.
8. Ha van **munkaköri leírás**, olvasd át, és tedd fel a kérdéseidet.
9. Csak akkor írd alá, ha mindent értesz. Az egyik aláírt példányt mindig tartsd meg.

47.2.10. A bérszámítás ellenőrzése

Minőségellenőrzés. A bérlapon ellenőrizd:

- a bruttó bér összege megegyezik-e a munkaszerződésben szereplő alapbérrel,
- a levonások mértéke 15% SZJA és 18,5% TB járulék (kedvezmény nélkül),
- a nettó bér a bruttó bér 66,5%-a, ha nem jár kedvezmény (25 év alatt a mentességi határig 81,5 %; ellenőrizendő),
- a munkáltatói szocho a bruttó bér 13%-a,
- a kilépő iratok tartalmazzák a munkaviszony kezdetét, végét és a megszűnés módját.

Eltérés esetén fordulj a bérszámfejtőhöz vagy a munkaügyi ügyintézőhöz. A munkaszerződésben észlelt hiányosságot aláírás előtt jelezd.

47.2.11. Tipikus hibák és okaik

Hiba. A munkáltató szóban állapodik meg, de nem foglalja írásba a munkaszerződést. Ez jogsértés, és később nehéz bizonyítani a munkaviszony tartalmát. Helyes gyakorlat: már az első napon kérd az írásos szerződést, és aláírás előtt olvasd el.

Hiba. A munkaszerződésben nem szerepel az alapbér vagy a munkakör. Ilyenkor vitás lehet, hogy pontosan milyen munkát kell végezni, és mennyi bér jár. Helyes gyakorlat: hiánypótlást kérni aláírás előtt.

Hiba. A munkavállaló csak a bruttó bért nézi, és nem számol a levonásokkal. Így aláírhat egy olyan szerződést, amelyből a megélhetésre kevés nettó bér marad. Helyes gyakorlat: mindig számold ki a nettó bért, és bruttó bérben tárgyalj.

Hiba. Kilépéskor a munkavállaló nem kéri el a munkaviszony-igazolást és az egészségbiztosítási igazolást. Később emiatt késhet a táppénz vagy az álláskeresési ellátás ügyintézése. Helyes gyakorlat: a kilépő iratokat az utolsó munkanapon vedd át, és őrizd meg.

Hiba. Szakképzett asztalos munkakörben a munkáltató minimálbért ajánl garantált bérminimum helyett. Helyes gyakorlat: ellenőrizd a munkakör besorolását, és kérj írásos tájékoztatást a bérminimumról.

47.2.12. Valós életbeli alkalmazás

Valós eset. Bence, aki már elmúlt 25 éves (így nem jár neki a 25 év alatti kedvezmény), asztalostanuló egy kis bútorüzemben helyezkedett el. A művezető szóban azt mondta: „nettó 250 000 Ft lesz a fizetésed.” Bence ezért aláírt volna egy munkaszerződést, amelyben havi bruttó 280 000 Ft szerepelt. Szerencsére a tanultak alapján kiszámolta a nettó bért:

$$\text{Nettó bér} = 280\,000\,\text{Ft} \cdot 0{,}665 = 186\,200\,\text{Ft}$$

Rájött, hogy a szóban ígért nettó 250 000 Ft-hoz körülbelül 376 000 Ft bruttó bér szükséges:

$$\text{Bruttó bér} = \frac{250\,000\,\text{Ft}}{0{,}665} \approx 375\,940\,\text{Ft}$$

Bence jelezte a hibát, és a munkáltató javította a munkaszerződésben a bruttó bért. Tanulság: mindig bruttó bérben tárgyalj, és írásban rögzítsd, mert a szóbeli ígéret és a szerződés eltérhet.

47.2.13. Önellenőrzés

1. **Igaz vagy hamis?** A próbaidő legfeljebb 3 hónap. Indokold!
2. **Egészítsd ki!** A munkaszerződésben legalább a …… és az …… kérdésében meg kell állapodni.
3. **Számolás.** Mennyi a nettó bér, ha a bruttó bér 400 000 Ft, kedvezmény nélkül?
4. **Igaz vagy hamis?** A munkáltató a szocho-t a munkavállaló bruttó béréből vonja le.
5. **Sorolj fel** három kilépéskor kiadandó dokumentumot!
6. **Melyik munkavállalói levonás** alapozza meg a nyugdíjjogosultságot?

47.2.14. Feladatok

1. feladat (A). Határozd meg a munkaszerződés fogalmát, és sorold fel a kötelező tartalmi elemeit!

2. feladat (A). Sorolj fel legalább öt iratot, amelyet a munkavállaláshoz be kell mutatni!

3. feladat (B). Egy asztalos bruttó havi bére 320 000 Ft. Számítsd ki a nettó bérét és a munkáltató teljes bérköltségét kedvezmény nélkül!

4. feladat (B). A munkavállaló nettó 250 000 Ft-ot szeretne kézhez kapni. Hány forint bruttó bért kell kérnie, ha a levonások összesen 33,5%-ot tesznek ki? Kerekíts egész forintra!

5. feladat (C). A munkaszerződés-kivonat így szól: „Munkakör: asztalos; alapbér: havi bruttó 280 000 Ft; munkaidő: napi 8 óra; határozott idejű munkaviszony 4 év; próbaidő: 4 hónap.” Mi a hiba ebben a szerződésben? Indokold!

6. feladat (D). Tervezz meg egy táblázatkezelő munkalapot, amely egy bruttó bérből kiszámítja a levonásokat, a nettó bért és a munkáltatói bérköltséget! Írd le az oszlopok címét és a képleteket szövegesen, például: „C oszlop = B oszlop × 0,15”.

47.2.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

Önellenőrzés – válaszok

1. Igaz. A próbaidő legfeljebb 3 hónap.
2. Munkakör, alapbér.
3. SZJA: 400 000 × 0,15 = 60 000 Ft; TB: 400 000 × 0,185 = 74 000 Ft; nettó = 400 000 – 134 000 = 266 000 Ft.
4. Hamis. A szocho-t a munkáltató fizeti a bruttó bér után, saját költségként.
5. Munkaviszony-igazolás, biztosítási jogviszonyról szóló igazolás, adóigazolás/jövedelemigazolás.
6. A nyugdíjjárulék (a TB járulék része).

1. A munkaszerződés a munkáltató és a munkavállaló közötti megállapodás, amelyben a munkavállaló munkavégzésre, a munkáltató foglalkoztatásra és munkabér fizetésére kötelezettséget vállal. Kötelező tartalmi elemei: a munkakör és az alapbér; ezen kívül a munkavégzés helye, a munkaviszony kezdete, a munkaidő, a munkaviszony időtartama és a próbaidő is megállapítható.

2. Például: személyazonosító okmány, adóazonosító jel, TAJ-kártya, bankszámlaszám, szakképzettséget igazoló bizonyítvány, munkaköri orvosi alkalmassági igazolás, lakcímkártya.

3. SZJA = 320 000 × 0,15 = 48 000 Ft; TB járulék = 320 000 × 0,185 = 59 200 Ft; levonások = 107 200 Ft; nettó = 212 800 Ft. Szocho = 320 000 × 0,13 = 41 600 Ft; bérköltség = 320 000 + 41 600 = 361 600 Ft.

4. Bruttó = nettó / 0,665 = 250 000 / 0,665 ≈ 375 940 Ft. Tehát körülbelül 376 000 Ft bruttó bért kell kérni.

5. Hiba: a próbaidő 4 hónapra szól, de a próbaidő legfeljebb 3 hónap lehet. Helyesen legfeljebb 3 hónap próbaidő köthető ki.

6. Táblázat terv: - A oszlop: megnevezés (bruttó bér, SZJA, TB járulék, nettó bér, szocho, bérköltség) - B oszlop: összeg - C oszlop: SZJA képlete `=B2*0,15` - D oszlop: TB képlete

`=B2*0,185` - E oszlop: nettó képlete `=B2-C2-D2` - F oszlop: szocho képlete `=B2*0,13` - G oszlop: bérköltség képlete `=B2+F2`

47.2.16. Rövid összefoglaló

A munkaviszony a munkáltató és a munkavállaló közötti munkaszerződés alapján jön létre. A munkaszerződésben kötelező megállapodni a munkakörben és az alapbérben. A munkaviszony lehet teljes vagy részmunkaidős, határozott vagy határozatlan idejű, és próbaidő is kiköthető, legfeljebb 3 hónapra. A munkavállaláshoz személyazonosító okmányra, adóazonosító jelre, TAJ-kártyára, bankszámlaszámra és szakképesítést igazoló bizonyítványra van szükség; kilépéskor munkaviszony-igazolást és biztosítási igazolást kell kapni. A bruttó bérből 15% SZJA-előleget és 18,5% TB járulékot vonnak le, így a nettó bér kedvezmény nélkül a bruttó bér 66,5%-a. A munkáltató 13% szocho-t fizet, ezért bérköltsége a bruttó bér 113%-a. A munkaviszony biztosítási jogviszonyt hoz létre, és szolgálati időt ad a nyugdíjhoz.

Továbbvitt eredmény. A bruttó bérből számított nettó bér és a munkáltatói bérköltség képlete később a Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció alfejezetben, a vállalkozási árkalkulációban, valamint az állásinterjún a béralku során is felhasználható.

47.2.17. Források és ellenőrzési hiányok

- Munka törvénykönyve: 2012. évi I. törvény – ellenőrizendő a hatályos szöveg.
- Személyi jövedelemadóról szóló törvény – ellenőrizendő az adómérték és a kedvezmények.
- Társadalombiztosítási törvény – ellenőrizendő a járulékok és az ellátások szabályai.
- Szociális hozzájárulási adóról szóló törvény – ellenőrizendő a munkáltatói adó mértéke.
- Minimálbér és garantált bérminimum rendelet – ellenőrizendő az aktuális összegek.
- NAV-tájékoztatók a bérszámításhoz.

Ellenőrizendő továbbá: a próbaidő, a határozott idejű munkaviszony ötéves korlátja, az elállás szabálya, a kilépő iratok pontos köre és határideje, valamint a bérszámítási példákban használt százalékos mértékek és mintaösszegek.

47.3. Álláskeresés, önéletrajz, motivációs levél, állásinterjú

47.3.1. Motiváció

Befejezted az asztalos képzés egy részét, vagy már friss szakmunkás vagy. Értesz a fűrészgéphez, a gyaluhoz, a maróhoz, ismered a kötéseket és a felületkezelést. A következő nagy lépés azonban nem a műhelyben történik, hanem az asztal előtt: meg kell találnod azt a munkahelyet, ahol ezt a tudást pénzre válthatod.

A munkáltató nem látja, hogyan dolgozol, amikor először jelentkezel. Csak papírokat lát: önéletrajzot, motivációs levelet, portfóliót. Ha ezek rendezetlenek, helyesírási hibásak vagy nem a munkakörre szólnak, a legjobb szakembert sem hívják be interjúra. Ha viszont az anyagaid világosak, a jelentkezésed célzott, és az interjún pontosan tudod bemutatni a tudásodat, akkor a munkáltató azt fogja gondolni: „Ez az ember a műhelyben is rendet tart.”

Ez az alfejezet ahhoz ad gyakorlati útmutatót, hogyan jutsz el az első asztalos állásodig: hogyan méred fel a lehetőségeidet, készíted el az önéletrajzodat és a motivációs leveledet, keresel állást, és készülsz fel az interjúra.

47.3.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy két asztalos tanuló jelentkezik ugyanarra az állásra egy kis bútorgyártó műhelybe. Mindketten jól tudnak gyalulni, és mindketten készítettek már éjjeliszekrényt a tanműhelyben.

Az egyik jelentkező egy általános „dolgozni szeretnék” szövegű e-mailt küld, csatolmány nélkül. A másik rövid, udvarias e-mailt ír, csatolja az önéletrajzát és egy ötoldalas, fényképes portfóliót, amelyben látszik az éjjeliszekrény, a csapozás és a felületkezelés. A munkáltató a második jelentkezőt hívja be, mert nemcsak szakmai munkát lát, hanem rendszerességet, büszkeséget és kommunikációs képességet is.

Ez a különbség nem szerencse, hanem felkészülés kérdése.

47.3.3. Karrierlehetőségek: indulj önismerettel

Definíció. Az **álláskeresés** olyan tervszerű folyamat, amelyben a munkavállaló felméri saját képességeit, megismeri a munkaerőpiac lehetőségeit, és ezeket összeilleszti egy konkrét munkahellyel.

Szabály. Az álláskeresés nem „beadok mindenhova valamit”, hanem sorozatos döntés: mit tudok, mit akarok, hol van ilyen munka, és hogyan jutok el oda.

Először az önismeretet érdemes rendbe tenni. Készíts egyszerű listát három oszlopban:

1. **Mit tudok?** Például: szalagfűrészt kezelek, vésett csapozást készítek, forgácslapot élzáróval láttam el, tudok festeni és lakkozni.
2. **Mit szeretek csinálni?** Például: tömörfa bútorokat, nyílászárókat, konyhabútorokat, javítani, lakossági munkát.
3. **Mit kell még tanulnom?** Például: CNC-gép kezelése, épületasztalos munkák, árajánlatkészítés.

A reális cél azt jelenti, hogy friss asztalosként nem feltétlenül művezetői állásra fogsz jelentkezni, hanem olyan munkakörre, ahol van betanítás, és ahol a már meglévő képességeidet legalább részben használhatod.

Mobilitás. A faipari munkahelyek eloszlása egyenlőtlen: lehet, hogy a lakóhelyed közelében nincs asztalosüzem, de 40 km-re van. A mobilitás nem feltétlenül költözést jelent, hanem azt is, hogy hajlandó vagy-e ingázni, jogosítványt szerezni, vagy időszakosan távolabb dolgozni. A munkáltatók értékelik, ha a jelentkező őszintén és pontosan megmondja, milyen bejárást tud vállalni.

Képzések és támogatások. A szakképzés után érdemes megnézni a rövid tanfolyamokat is: CNC-kezelő, targoncavezető, érintésvédelmi vagy elsősegély-ismereti tanfolyam. Ezek növelik az elhelyezkedés esélyét. A munkaügyi szervezetnél elérhetők támogatott képzések és foglalkoztatási támogatások is, amelyek a munkáltatót segíthetik abban, hogy pályakezdőt alkalmazzon (ellenőrizendő: az aktuális elnevezések és feltételek a munkaügyi szervezetnél).

47.3.4. Az önéletrajz

Definíció. Az **önéletrajz** olyan dokumentum, amely tömören, áttekinthetően bemutatja a jelentkező személyes adatait, végzettségeit, szakmai tapasztalatait és képességeit egy adott állásra.

Szabály. Az önéletrajz célja nem az élettörténet, hanem az, hogy az adott munkakör szempontjából fontos információkat a munkáltató gyorsan megtalálja.

Négy elterjedt típus van:

- **Hagyományos önéletrajz:** időrendben halad, jellemzően a legrégebbi iskolától a legújabb munkahelyig.
- **Fordított időrendű önéletrajz:** a legfrissebb iskolával, munkatapasztalattal kezd. A legtöbb munkahely ezt szereti, mert a legfontosabb, legfrissebb adat van felül.
- **Europass önéletrajz:** egységes európai formátumú, jól szerkeszthető, és hasznos, ha külföldre vagy olyan céghez pályázol, ahol idegen nyelvű a munkaerőpiac. Az Europass honlapjáról ingyenesen kitölthető és PDF-formátumban is elmenthető (ellenőrizendő: a szolgáltatás aktuális elérhetősége).
- **Amerikai típusú (resume):** nagyon rövid, egyoldalas, csak a legfontosabb adatokkal. Magyarországi asztalos állásra ritkábban kérik, de multinacionális vagy külföldi céghez jó lehet.

Az önéletrajzban általában ezek a blokkok szerepelnek:

- Személyes adatok: név, elérhetőség, lakhely, telefon, e-mail.
- Célkitűzés (röviden, például: „Asztalos munkakörben szeretnék elhelyezkedni, elsősorban tömörfa bútorok gyártásában.”).
- Végzettségek: szakma, iskola, évszám.
- Szakmai tapasztalat: munkahelyek, munkakörök, időszak, rövid tevékenységleírás.
- Képességek: gépismeret, rajzolvasás, számítástechnika, nyelvismeret.
- Egyéb: jogosítvány, targoncavezetői engedély, érdeklődési kör.

Példa (részlet egy önéletrajzból):

> **Szakmai tapasztalat** 2024. június–augusztus – Asztalos tanuló, IKSZ Faipari Bt., Budapest – Napi gyakorlati munka: lapszabás, élzárás, ajtólapok összeállítása – Szerszámok karbantartása, munkaterület takarítása – Vevői megrendeléshez kapcsolódó csomagolás

Megjegyzés. Ha még nincs hosszú munkatapasztalatod, a tanulmányi gyakorlat vagy a vizsgaremek is fontos. Írd be azt is, hogy milyen munkadarabot készítettél, milyen gépeket használtál. Ez azért jó, mert a munkáltató látja, mit tudsz a műhelyben.

E-mail-cím és fénykép. Az e-mail-cím legyen egyszerű és nevhez köthető, például `kovacs.peter@...`. A becenév vagy vicces cím (`furesz1999`, `asztalosmester` túlzó formában) szimpátiát rombolhat, ha a munkáltató hivatalos kapcsolatot vár. Ha fotót teszel az önéletrajzra, az legyen tiszta, semleges hátterű, természetes arcú, munkavállaláshoz illő felvétel, ne nyaralós vagy szórakozóhelyi kép.

47.3.5. A motivációs levél

Definíció. A **motivációs levél** olyan rövid, egyoldalas levél, amely bemutatja, miért a jelentkező a megfelelő ember az adott állásra, és miért érdekli őt a cég vagy a munkakör.

Szabály. A motivációs levél nem az önéletrajz ismétlése. Azt egészíti ki: itt a kapcsolatot mutatod meg a saját képességeid és a cég igényei között.

A levél felépítése:

1. **Fejléc:** saját adataid, a címzett neve és címe, dátum, tárgy.
2. **Megszólítás:** ha tudod a nevet, használd; ha nem, írj „Tisztelt Cím!” vagy pontosabb formát.
3. **Bevezetés:** melyik állásra jelentkezel, hol láttad a hirdetést.
4. **Bemutatkozás:** egy-két mondat arról, milyen szakmai végzettséged van.
5. **Miért éppen ez a munkakör:** mi vonz a cégben vagy a feladatban.
6. **Mit tudsz ajánlani:** konkrét képességek, gépek, anyagok, termékek.
7. **Zárás:** köszönet, viszontlátásra, elérhetőség.

Példa (motivációs levél vázlata):

> Tárgy: Jelentkezés asztalos munkakörbe
>
> Tisztelt Munkáltató!
>
> Az Önök által meghirdetett asztalos állásra jelentkezem, amelyet a helyi foglalkoztatási portálon találtam. Asztalos szakmával rendelkezem, és tanulmányaim során elsősorban tömörfa bútorok készítésével foglalkoztam.
>
> Különösen érdekel az Önök műhelye, mert a hirdetésben szereplő nyílászárógyártás közel áll a szakmai gyakorlatomhoz. A tanműhelyben ablakméretű keretkötéseket is készítettem, ezért ismerem a csapozást, a profilmarást és az üvegbetét furatolását.
>
> Szívesen tanulom meg az Önök gépeit és munkafolyamatait. Precíz, rendszerető munkavégzésemmel szeretném segíteni a csapat munkáját. Mellékeltem az önéletrajzomat és a munkáimat bemutató portfóliómat.
>
> Megtisztelő, ha személyesen is bemutatkozhatok.
>
> Üdvözlettel: Kovács Péter telefon: +36 …

Figyelem. A motivációs levelet mindig az adott céghez és álláshoz igazítsd. Ha ugyanazt a szöveget küldöd mindenhova, a munkáltató észreveszi, és azt gondolja, hogy nem érdekel igazán a cég.

47.3.6. Álláskeresési módszerek

A legeredményesebb álláskeresés több csatornát használ egyszerre. A módszerek közül érdemes legalább hármat rendszeresen használni.

Álláshirdetések és internetes portálok. Az álláshirdetéseket olvasd el figyelmesen, és jelöld a követelményeket. Keress kifejezésekre: „asztalos”, „faipari technológus”, „CNC-gépkezelő faipar”, „bútorasztalos”, „nyílászáró-gyártó”. A nagy internetes állásportálokon beállíthatsz automatikus értesítőt is. A hirdetésben szereplő bért, juttatást mindig ellenőrizd, és kérdezz rá az interjún.

Kapcsolati háló. Sok faipari állást nem hirdetnek meg, hanem szóban töltik be. Szólj ismerősöknek, volt osztálytársaknak, tanároknak, és keresd a helyi kézműves vagy faipari közösségeket. A szakmai rendezvényeken, nyílt napokon is lehet munkahelyről hallani.

Munkaügyi szervezet. A munkaügyi hivatalok és járási hivatalok foglalkoztatási osztályai állásajánlatokat és tanácsadást is kínálnak. Lehetőség van álláskeresési járadék vagy aktív korúak ellátása keretében támogatott képzésekre, munkáltatói bértámogatásra is (ellenőrizendő: a jelenlegi szabályok és elnevezések).

EURES. Az **EURES** az Európai Unió foglalkoztatási mobilitási szolgálata. Az európai állásportálon, az EURES hálózatán keresztül lehet más EU-tagországban asztalos munkát keresni. Az oldalon tájékoztatást kaphatsz a külföldi munkavállalás feltételeiről is (ellenőrizendő: az EURES-portál aktuális neve és elérhetősége).

Cégek adatbázisa és közvetlen megkeresés. Keress a lakóhelyed közelében asztalos vállalkozásokat, bútorgyárakat, nyílászárógyártókat. Írj rövid e-mailt, vagy hívd fel őket, és kérdezd meg, van-e felvétel. A közvetlen megkeresés akkor is eredményes lehet, ha nincs meghirdetett állás, mert a cégnek lehet jövőbeli igénye.

Közösségi portálok. A közösségi oldalakon és szakmai csoportokban is jelennek meg állásajánlatok. Csatlakozz faipari csoportokhoz, kövesd a nagyobb gyárak oldalait, és tartsd rendben a saját profilodat: a munkáltatók gyakran megnézik azt is.

47.3.7. Munkaerőpiaci technikák és szolgáltatások

A munkaügyi szervezet és a felnőttképzési intézmények többféle szolgáltatást kínálnak a pályakezdőknek. Ilyenek lehetnek:

- **Álláskeresési tanácsadás:** segítenek az önéletrajz és a motivációs levél javításában.
- **Egyéni fejlesztési terv:** felmérik a hiányzó képzéseket, és ütemezést javasolnak.
- **Képzési támogatás:** bizonyos szakmákban a tanfolyami költséget részben vagy egészben átvállalják.
- **Munkáltatói támogatás:** bérköltség-támogatás a munkáltatónak, ha pályakezdőt vagy hátrányos helyzetű álláskeresőt alkalmaz (ellenőrizendő: az aktuális támogatási formák és feltételek).

Ezek a szolgáltatások nem helyettesítik a saját munkát, de időt és pénzt spórolhatnak.

47.3.8. Szakmai portfólió

Definíció. A **szakmai portfólió** olyan mappa vagy digitális gyűjtemény, amely a munkáidat fényképeken, rajzokon és rövid leírásokon mutatja be.

Recept (portfóliókészítés lépései):

1. Válaszd ki a legjobb munkáidat: vizsgaremek, tanműhelyi darabok, gyakorlati rajzok.
2. Készíts tiszta, jó megvilágítású fényképeket. A fényképen látszódjon a termék teljes alakja, de legyen egy-egy részletfelvétel is, például a csapozásról, az élzárásról, a felületről.
3. Minden munkához írj rövid kártyát: mi a termék, milyen anyagból készült, milyen kötést alkalmaztál, milyen gépeket használtál, mennyi idő alatt készült el.
4. Tegyél bele egy-két szakrajzot vagy szabásjegyzéket is, ha van. Ez mutatja, hogy rajzot is tudsz olvasni és készíteni.
5. Rendezd a képeket időrendbe vagy terméktípus szerint.

6. Mentsd el PDF-ben is, hogy e-mailben könnyen elküldhető legyen. Nyomtasd ki egy tisztán tárolt mappába is, hogy az interjún meg tudd mutatni.

Figyelem. A portfólióba ne tegyél olyan munkát, amit nem te készítettél. Ha közös munkában vettél részt, jelöld, mi volt a te feladatod. Így a munkáltató pontos képet kap.

Továbbvitt eredmény. A jól elkészített önéletrajz és portfólió segít a A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok során is, mert a vizsgaremek bemutatásához hasonló anyagokat kell rendszerezned, és a későbbi munkahelyi önéletrajz-frissítéskor is ezt az alapot használod.

47.3.9. Az állásinterjú

Definíció. Az **állásinterjú** olyan személyes vagy online találkozó, amelyen a munkáltató felméri a jelölt szakmai tudását, személyiségét és munkavállalási szándékát, a jelölt pedig megismeri a munkakörülményeket.

Recept (felkészülés állásinterjúra):

1. Olvasd el ismét a hirdetést és a cég weboldalát. Jegyezd fel, mit gyártanak, milyen gépeket használnak.
2. Nézz utána a cégnek: mióta működik, hány dolgozója van, milyen termékekkel foglalkozik. Nem kell mindent tudni, de az alapok látszanak.
3. Készíts válaszokat a gyakori kérdésekre: „Mutassa be magát!”, „Miért választotta az asztalos szakmát?”, „Milyen gépeken dolgozott?”, „Mi az erőssége, mi a gyengesége?”, „Hol szeretne tartani öt év múlva?”
4. Készíts te is kérdéseket: milyen lesz a napi munka, milyen gépet kell kezelni, van-e betanítás, milyen munkarend van, milyen bért és juttatást kínálnak.
5. Ellenőrizd a megjelenésedet: tiszta, rendezett, munkavállaláshoz illő ruházat; frissen mosott haj; ápolt köröm. Nem kell öltöny, de ne menj munkás ruhában sem.
6. Készítsd elő az iratokat: önéletrajz nyomtatva, portfólió, végzettséget igazoló dokumentumok, jogosítvány, ha van.
7. Ha online interjú, teszteld előtte a kamerát, a mikrofont és a hátteret.

Megjelenés és testbeszéd. Az interjún az első benyomás sokat számít. Állj vagy ülj egyenesen, nézz a kérdezőre, ne kerüld a szemkontaktust. Ha teheted, ne hajtsd össze a karodat védekezően; tartsd a kezed természetesen. Ne fészkelődj, ne babráld a telefonodat. A beszéded legyen érthető: ne hadarj, hagyd, hogy a kérdező befejezze a mondatot.

Szabály. Az interjún ne mondj valótlant sem a gépek kezeléséről, sem a biztonsági ismeretekről. Ha egy gépet még nem kezeltél, mondd azt: „Ezen a gépen még nem dolgoztam, de gyorsan tanulok, és vállalom a betanítást.” Ez sokkal jobb, mint olyan gépre hivatkozni, amit nem tudsz biztonságosan beindítani.

Példa (interjúbeszélgetés részlete):

> **Munkáltató:** Milyen gépeken dolgozott már? **Jelentkező:** A tanműhelyben használtam az asztalos körfűrészgépet, a szalagfűrészt, az egyengető és vastagsági gyalu gépet, valamint az alsómarót. A CNC-gépen még nem dolgoztam, de a szakmai iskolában tanultam a koordináta-rendszert és a programozás alapjait, ezért szívesen megtanulnám. **Munkáltató:** Mi volt a legnehezebb munka, amit elkészített? **Jelentkező:** A vizsgaremekem egy fiókos éjjeliszekrény volt, tömör bükkből, fecskefarkú fogazással és fém fiókvezetővel. A legnehezebb a fiók homloklapjának pontos beállítása volt, hogy minden rés egyenletes legyen. Sikerült, a munkámra jó minősítést kaptam.

Ha a válasz ilyen konkrét, a munkáltató látja, hogy a jelentkező nemcsak felsorol, hanem ért is a szakmához.

47.3.10. Gyakori hibák az álláskeresésben

1. **Helyesírási hibák és pontatlan adatok.** Egy elgépelt név vagy hibás évszám azt sugallja, hogy a jelentkező nem figyel a részletekre. A műhelyben a rajzon is figyelni kell a méretekre, ezért az anyagokat mindig olvasd át indítás előtt – vagyis elküldés előtt.
2. **Általános, semmitmondó levél.** Ha a motivációs levélben csak az áll, hogy „Szeretnék munkát”, a munkáltató nem látja, miért éppen őt választottad. A levélben mindig jelenjen meg a cég vagy a munkakör egy-egy konkrét eleme.
3. **Túl hosszú önéletrajz.** A kezdő asztalos önéletrajza elfér egy-két oldalon. A hosszú, regényes leírást senki nem olvassa el. A műhelydokumentációhoz hasonlóan itt is a rövid, pontos forma a jó.
4. **Kéretlen, pontatlan bizonyítás.** Ha valaki azt írja, hogy „minden gépet ismerek”, de az interjún nem tudja elmondani a hasítóék szerepét, elveszíti a hitelét. Csak olyan tudást írj, amit kérdezésre is ki tudsz fejteni.

47.3.11. Eszközök és formai ellenőrzés

Recept (önéletrajz és motivációs levél ellenőrzése):

1. Olvassa el más is, lehetőleg olyan, aki erős a helyesírásban.
2. Ellenőrizd, hogy a telefonos és e-mail-cím helyes.
3. Ellenőrizd, hogy a csatolt fájl PDF-ben van-e, és a fájlnév tartalmazza a nevedet, például: `Kovacs_Peter_onelatrajz.pdf`.
4. Kérdezd meg saját magadtól: egy munkáltató, aki soha nem látott, el tudná-e mondani ezekből az anyagokból, hogy milyen szakember vagy?
5. Készíts egy rövid próbahívást vagy próbainterjút családtaggal vagy baráttal.

47.3.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy fiatal asztalos tanuló befejezte a képzést, és egy közepes méretű nyílászárógyártó céghez jelentkezett. Az önéletrajzában feltüntetett egy nyári gyakorlatot, ahol ablakszárnyak csiszolásával és vasalatszerelésével foglalkozott. A motivációs levelében leírta, hogy a tanműhelyben ablakméretű kereteket is készített, ezért ismeri a vésett csapozást és a profilmarást.

Az interjúra magával vitte a portfólióját, amelyben több fénykép volt az ablakkeretről és a szakma záróvizsgára készült tömörfa székről. Amikor a munkáltató megkérdezte, hogyan ellenőrizné a sarokcsapozás derékszögét, a jelölt elmondta: „Megnézném a keret átlóit, és a csapvállakat derékszöggel is ellenőrizném; ha a két átló nem egyenlő, a keret ferde.” Ez a válasz meggyőzte a munkáltatót, mert a jelölt nemcsak papíron, hanem szakmailag is tudott válaszolni.

A fiatal megkapta az állást, mert az anyagai rendesek voltak, és az interjún a munkához kapcsolódó, pontos válaszokat adott.

47.3.13. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A motivációs levélben szó szerint meg kell ismételni az önéletrajz minden adatát. Indokold!

2. Melyik önéletrajztípusban van felül a legfrissebb iskolai végzettség?

3. Miért fontos, hogy az e-mail-cím a jelentkező nevéhez kötődjön?

4. Egy álláshirdetés „CNC-gépkezelő faipari tapasztalattal” munkatársat keres. Te CNC-gépen még nem dolgoztál. Hogyan fogalmazol őszintén a jelentkezésedben?

5. Sorold fel a portfólió öt legfontosabb elemét!

6. Mit jelent az EURES az asztalos álláskereső számára?

47.3.14. Feladatok

1. feladat (A) Készítsd el saját önéletrajzod vázlatát a fenti „Az önéletrajz” szakasz alapján, legalább a következő blokkokkal: személyes adatok, célkitűzés, végzettség, szakmai tapasztalat, képességek. Használj magyar ékezetes betűket, és figyelj a dátumok helyességére.

2. feladat (A) Írj öt olyan kérdést, amelyet egy asztalos állásinterjún tehetsz fel a munkáltatónak. Mindegyik kérdés a munkakörülményekre vagy a betanításra vonatkozzon.

3. feladat (B) Írj 80–100 szavas motivációs levelet egy bútorgyártó kisvállalkozáshoz, amelyhez önéletrajzodat is elküldöd. A levél tartalmazzon utalást arra, hogy mit tudsz a cégről vagy a munkakörről, és mit tudsz ajánlani.

4. feladat (B) Csoportosítsd az alábbi álláskeresési módszereket aszerint, hogy melyik hivatalos, melyik szakmai-közösségi, és melyik közvetlen: - Internetes állásportál - Ismerős által kapott fülest - Munkaügyi szervezet tanácsadása - Cég felkeresése telefonon - EURES-portál - Faipari szakmai csoport egy közösségi oldalon

5. feladat (C) Egy asztalos ismerősöd az interjún azt mondta, hogy „minden famegmunkáló gépet jól ismerek”, de a munkáltató rákérdezett a vastagsági gyalu előtoló szerkezetére, és ő nem tudott válaszolni. Mi lett a hiba, és hogyan lehetett volna jobban megfogalmazni? Indokold a válaszod a munkavédelmi és hitelességi szempontokkal.

6. feladat (D) Készítsd el digitális szakmai portfóliód első oldalának leírását: válassz ki egy konkrét munkadarabot, fényképezd le (vagy írd le, hogyan fényképeznéd), és készíts hozzá rövid kártyát, amelyen szerepel a termék neve, anyaga, kötés típusa, használt gépek és az elkészítés időtartama. A kártyát írásban add meg.

47.3.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A motivációs levél nem az önéletrajz ismétlése, hanem kiegészíti azt: a jelentkező a céghez és a munkakörhöz köti a képességeit, és megmutatja, miért érdekes számára az adott állás.

2. A fordított időrendű önéletrajzban. Ott a legfrissebb iskolai végzettség és munkatapasztalat van felül, mert a munkáltató ezt nézi meg először.

3. Mert a hivatalos, nevet tartalmazó e-mail-cím rendes, megbízható benyomást kelt. A becenév vagy vicces elnevezés komolytalannak tűnhet, ezért csökkenti a jelentkező hitelét.

4. Például: „CNC-gépen önállóan még nem dolgoztam, de a szakmai iskolában tanultam a koordináta-rendszert és a programozási alapokat, ezért vállalom a betanítást és a gyors tanulást.” Így őszinte vagy, és a fejlődőképességed is megmutatod.

5. A portfólió legfontosabb elemei: fényképek a kész munkákról; a termék neve és felhasznált anyag; a kötések és a technológia rövid leírása; a használt gépek; az elkészítés időtartama. Emellett jó, ha van szakrajz vagy szabásjegyzék is.

6. Az EURES európai foglalkoztatási mobilitási szolgálat. Az asztalos munkát kereső is használhatja: más EU-tagországban hirdetett asztalos állásokat és külföldi munkavállalási feltételeket is megtalálhat rajta.

A feladatok megoldása

1. feladat (A) A megoldás egyénenként eltérő. Ellenőrzéskor nézd meg, hogy a vázlat tartalmazza-e a kért blokkokat, a dátumok sorrendje helyes-e, és nincs-e ismétlődő adat. A személyes adatoknál a telefon és az e-mail-cím legyen kitalált, ha gyakorlófeladatról van szó, vagy a saját, ha élesben készíted.

2. feladat (A) Például: – Mennyi lesz a napi munkaidő és a munkarend? – Milyen gépeket kell kezelni, és van-e betanítás? – Kikkel dolgozom együtt? – Milyen terméket gyárt a cég, és milyen anyagokkal dolgoznak? – Milyen béren kívüli juttatások vannak? A válaszok azt mutatják, hogy komolyan érdeklődsz a munkakör iránt.

3. feladat (B) A megoldásban ellenőrizd, hogy a levél rövid, udvarias, és tartalmazza: az állás megnevezését, a saját végzettséget, a cégre vonatkozó konkrét utalást, a munkahely számára hasznos képességet, és a záró megszólítást. Például: „Tárgy: Jelentkezés asztalos munkakörbe … Különösen azért jelentkezem Önökhöz, mert ismerem a tömörfa bútorok terén végzett munkájukat, és szívesen dolgoznék ilyen termékek gyártásában.”

4. feladat (B) - Hivatalos: internetes állásportál, munkaügyi szervezet tanácsadása, EURES-portál. - Szakmai-közösségi: ismerős által kapott fülest, faipari szakmai csoport egy közösségi oldalon. - Közvetlen: cég felkeresése telefonon. A besorolás azt segíti, hogy az álláskeresésben ne csak egy módszert használj.

5. feladat (C) A hiba az volt, hogy az ismerős olyan gépet is ismerni állított, amelyet valójában nem tudott biztonságosan bemutatni. Ez hitelvesztéshez vezetett. Jobb lett volna azt mondani: „Az egyengető és vastagsági gépet is használtam, de a vastagsági gyalu előtoló szerkezetét csak alapfokon ismerem; a pontos beállítást szeretném a gépkönyvvel és betanítással megtanulni.” Így a hiányosság is tisztázott, és a tanulási szándék is látszik.

6. feladat (D) Egy lehetséges leírás: > Termék neve: Fiókos éjjeliszekrény > Anyaga: tömör bükk, bükk furnéros hátlap > Kötések: fecskefarkú fogazás a fiókoldalakon (elöl rejtett, hátul nyitott), vésett csapozás a keret sarkain > Használt gépek: asztalos körfűrész, egyengető és vastagsági gyalugép, alsómaró, hosszlyukfúró, kézi csiszológép > Elkészítési idő: kb. 60 munkaóra > > Fénykép: a kész éjjeliszekrényt természetes, szórt fényben fényképezném, kissé balról elölről, hogy a homloklap és a fiók is látszódjon; egy másik képen a fiók kihúzott állapotban mutatná a fiókoldalak csapozását.

Ellenőrzéskor nézd meg, hogy a kártya tartalmazza-e mind a négy elemet: termék neve, anyag, kötés, gépek és időtartam, valamint a fénykép elkészítésének módját.

47.3.16. Rövid összefoglaló

Az álláskeresés tervszerű folyamat, amely önismerettel kezdődik, és a helyi munkaerőpiac, a mobilitás, a képzések és a foglalkoztatási támogatások figyelembevételével folytatódik. Az önéletrajz rövid, áttekinthető dokumentum, amely a legfontosabb személyes, szakmai és képzettségi adatokat tartalmazza. A legelterjedtebb forma a fordított időrendű, de ismerni érdemes az Europass és a hagyományos típust is. A motivációs levél az adott munkakörhöz szól, bemutatja a jelentkező és a cég kapcsolatát, és nem ismétli az önéletrajzot. Az álláskeresés több módszerrel párhuzamosan zajlik: hirdetések, internetes portálok, kapcsolati háló, EURES, munkaügyi szervezet, cégek adatbázisa és közösségi portálok. A szakmai portfólió munkaformában mutatja be a tanuló legjobb munkáit fényképekkel, leírásokkal, rajzokkal. Az állásinterjúra a cég megismerésével, kérdések kidolgozásával, rendezett megjelenéssel és őszinte szakmai bemutatkozással kell készülni. A legfontosabb hiba, ha a jelentkező általános anyagokat küld, pontatlan adatokat közöl, olyan gépet állít be, amit nem ismer, vagy a levelét nem igazítja az adott céghez. **Továbbvitt eredmény.** A jól elkészített önéletrajz és a szakmai portfólió a vizsgaremek bemutatásánál is használható, és a későbbi munkahelyi anyagok alapját adja.

47.3.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: foglalkoztatási szabályozás, munkaügyi szervezeti tájékoztatók, Europass formanyomtatvány és útmutató, általános munkavállalói tanácsadók. A fejezet az álláskeresés és az önéletrajzírás alapjait a magyarországi gyakorlat szerint ismerteti.

Ellenőrizendő pontok: - Az EURES-portál aktuális neve, felülete és szolgáltatásai. - A munkaügyi szervezetnél elérhető támogatások és képzési formák jelenlegi elnevezései, feltételei. - Az Europass felület aktuális szerkesztője és a PDF-formátumú kimenet elérhetősége. - A foglalkoztatási szolgáltatások pontos jogszabályi alapja és elnevezése.

47.4. Munkanélküliség, ellátások és a munkaügyi szervezet

47.4.1. Motiváció

Elképzelhető, hogy a szakmai vizsga után nem vár azonnal munkahely, vagy egy későbbi életszakaszban a munkáltató megszünteti az állásodat. Ilyenkor nem a pánik, hanem a munkaügyi rendszer ismerete segít: tudnod kell, hová regisztrálj, milyen ellátást kérhetsz, milyen támogatásokkal találhatsz újra munkát, és milyen kötelezettségeid vannak. Egy asztalos számára a munkaerőpiaci szolgáltatások is fontosak: a pályakezdő tanácsadás, az ingyenes képzés vagy a vállalkozásindítási támogatás révén hamarabb visszakerülhetsz a szakmába vagy indíthatsz saját műhelyt.

47.4.2. Szemléletes kép

Képzeld el, hogy egy fiatal asztalos tanuló befejezi a képzést, megkapja a bizonyítványát, de még nem talált munkát. A járási hivatal foglalkoztatási osztályán ügyintézőhöz kerül, aki adatlapot tölt ki vele, ellátási kérelmet vesz fel, és ismerteti a lehetőségeket: regisztrálják álláskeresőként, időpontot adnak tanácsadásra, és felajánlják a nyitott álláshelyeket. A folyamat nem bürokratikus akadály, hanem segítség: az ügyintéző és a tanácsadó abban érdekelt, hogy minél hamarabb megfelelő munkahelyet találj.

47.4.3. Alapfogalmak

Definíció. Álláskereső az a munkavállaló, aki nincs munkaviszonyban, de szeretne dolgozni, és nyilvántartásba veteti magát a munkaügyi szervezetnél. A nyilvántartásba vétel nem egyenlő az ellátás megállapításával; előfeltétele az álláskeresési ellátások és a munkaerőpiaci szolgáltatások igénybevételének.

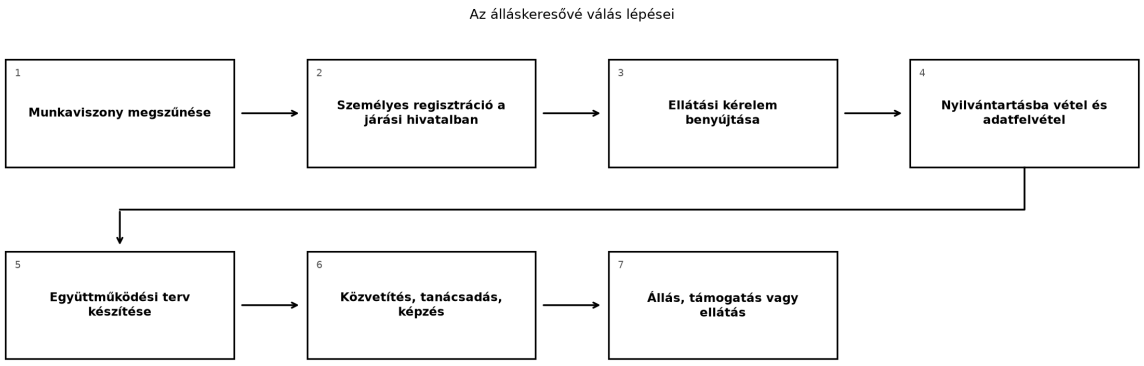
Definíció. Aktív eszközök azok a munkaerőpiaci eszközök, amelyek a foglalkoztatást segítik elő: képzés, tanácsadás, bér- és mobilitási támogatás, önfoglalkoztatás támogatása, közfoglalkoztatás. **Passzív eszközök** a pénzbeli ellátások: álláskeresési járadék, nyugdíj előtti segély, foglalkoztatást helyettesítő támogatás, utazási költségtérítés.

Szabály. A passzív eszközök arra valók, hogy az álláskereső időszakban anyagi biztonságot adjanak, de nem céljuk a munkahely helyettesítése hosszú távon. Az aktív eszközök arra valók, hogy az érintett gyorsabban találjon munkát vagy váljon önálló vállalkozóvá.

47.4.4. Jogszabályi háttér

Jogszabály. A foglalkoztatás elősegítéséről és a munkanélküliek ellátásáról szóló törvény (a hatályos jogszabály pontos száma és címe ellenőrizendő) szabályozza az álláskeresővé válást, az álláskeresési ellátásokat, az aktív eszközöket és a munkaügyi szervezet működését. **A foglalkoztatást helyettesítő támogatás** a szociális igazgatásról és szociális ellátásokról szóló törvény (a hatályos szabály ellenőrizendő) szerint járhat, ezért más eljárásban kell igényelni. A pontos feltételeket, összegeket, határidőket mindig a hatályos jogszabály és az ügyintéző tájékoztatása alapján kell ellenőrizni.

47.4.5. A nyilvántartásba vétel lépései



47.1. ábra. Az álláskeresővé válás lépései - A lépések a járási hivatal foglalkoztatási osztályán történnek; az aktuális ügyintézési rend ellenőrizendő.

A folyamat lépései:

1. **Munkaviszony megszűnése.** A munkáltató kiállítja az igazolásokat (munkaviszony-igazolás, jövedelemigazolás, TB-igazolás).
2. **Személyes regisztráció.** A járási hivatal foglalkoztatási osztályán meg kell jelenni, be kell mutatni a személyazonosító okmányt, a munkaviszony-igazolást és – ha van – az iskolai bizonyítványokat, szakmai oklevelet.

3. **Szolgáltatási igény és ellátási kérelem.** A regisztrációval egyidejűleg vagy külön be kell nyújtani a szolgáltatások (tanácsadás, képzés) iránti igényt, jogosultság esetén az álláskeresési járadék vagy más ellátás iránti kérelmet.
4. **Nyilvántartásba vétel és adatfelvétel.** Az ügyintéző rögzíti az adatokat, és tájékoztat a jogokról és kötelezettségekről.
5. **Együttműködési terv készítése.** A tanácsadóval közösen rögzítik az álláskereső céljait, a felajánlott szolgáltatásokat és a vállalt lépéseket.
6. **Közvetítés, tanácsadás, képzés.** Az álláskereső részt vesz a felajánlott állásinterjúkon, tanácsadáson vagy képzésben.
7. **Állás, támogatás vagy ellátás.** Sikeres elhelyezkedés esetén a munkaviszony kezdődik; ha nem sikerül, az ellátás folyósítása a feltételek szerint történik.

Definíció. Együttműködési kötelezettség az álláskereső azon kötelezettsége, hogy a munkaügyi szervezettel rendszeresen együttműködjön: megjelenjen a megbeszélt időpontokban, elfogadja a felajánlott, megfelelő állást vagy képzést, és bejelentse, ha a körülményei megváltoznak (például betegség, költözés, munkavállalás).

47.4.6. Jogok és kötelezettségek

Az álláskeresőnek jogai vannak: - ingyenes munkaerőpiaci szolgáltatások igénybevétele, - tájékoztatás a jogokról, kötelezettségekről, ellátásokról, - közvetítés a nyilvántartott álláshelyekre, - kérelemre ellátás, ha a feltételek fennállnak, - panasz és jogorvoslat lehetősége.

Kötelezettségei: - a nyilvántartásba vételhez szükséges adatok valós bejelentése, - a megbeszélt időpontokban való megjelenés, - a felajánlott, megfelelő állás elfogadása, - részvétel a kijelölt tanácsadáson vagy képzésben, - a körülmények változásának bejelentése.

Szabály. Ha az álláskereső a kötelezettségeit megszegi, a munkaügyi szervezet szankciót alkalmazhat: az ellátás folyósítása **szünetel** (például a megjelenés elmulasztása esetén), súlyosabb esetben az ellátást **megvonják** vagy az álláskeresőt **törlik** a nyilvántartásból. A pontos szankciókat a hatályos jogszabály határozza meg (ellenőrizendő). A szankciók nem célok, hanem a szabályos együttműködés keretei.

47.4.7. Álláskeresési ellátások (passzív eszközök)

Álláskeresési járadék. Azok kaphatják, akik az álláskeresővé válásukat megelőző időszakban elegendő munkaviszonnyal rendelkeznek, és nem saját hibájukból veszítették el a munkájukat. A járadék alapja a korábbi átlagkereset, a járadék mértékét és időtartamát a törvény százalékban és napokban határozza meg (ellenőrizendő: aktuális mérték és maximális időtartam). A járadék folyósítása alatt az álláskeresőnek együttműködési kötelezettsége van, és rendszeresen jelentkeznie kell.

Nyugdíj előtti segély. Azok az álláskeresők kaphatják, akik a nyugdíjkorhatáruk előtt állnak, hosszabb munkaviszonnyal rendelkeznek, és a járadékra való jogosultságukat kimerítették vagy nem jogosultak rá. A segély az öregségi nyugdíj megállapításáig adhat biztos anyagi hátteret, feltételei szigorúak (ellenőrizendő).

Utazási költségtérítés. A munkaügyi szervezet által kiközvetített állásinterjúra, alkalmassági vizsgálatra utazó álláskeresőnek – igénybejelentés alapján – a jegyzőkönyvben rögzített költség megtéríthető (ellenőrizendő). Ez a támogatás segíti a mobilitást: egy távolabbi asztalosműhely állásinterjújára is el lehet jutni anélkül, hogy a költség visszatartaná az álláskeresőt.

Foglalkoztatást helyettesítő támogatás (FHT). Azok az aktív korú, nem foglalkoztatott személyek kaphatják, akik nem jogosultak álláskeresési járadékra, de szociálisan rászorultak. A támogatás feltételeit a szociális törvény határozza meg, igénylése a járási hivatal szociális osztályán történik (ellenőrizendő). Az FHT mellett az önkormányzat együttműködési programban való részvételt írhat elő.

Szabály. A passzív ellátások **nem automatikusan járnak**; mindegyikhez kérelem kell, és a jogosultsági feltételeket igazolni kell. Aki a kérelmet késve nyújtja be, eleshet az ellátástól vagy annak egy részétől.

47.4.8. Közfoglalkoztatás

Definíció. Közfoglalkoztatás a helyi önkormányzatok, állami szervek vagy közfeladatot ellátó szervezetek által szervezett, átmeneti, határozott idejű munkaviszony, amelynek célja a tartósan álláskeresők foglalkoztatása és a közfeladatok ellátása. A közfoglalkoztatott bért kap, munkaviszonyban áll, és a foglalkoztatás ideje alatt társadalombiztosítási ellátásra is jogosult.

A közfoglalkoztatás célcsoportja elsősorban az, aki a nyílt munkaerőpiacon nehezen helyezkedik el, például tartósan álláskereső, alacsony iskolai végzettségű vagy megváltozott munkaképességű. A közfoglalkoztatottak bérét külön kormányrendelet határozza meg (közfoglalkoztatási bér, közfoglalkoztatási garantált bér); ez alacsonyabb a minimálbérnél (ellenőrizendő: hatályos összeg). A közfoglalkoztatás eszköz a visszavezetéshez: képzéssel, munkatapasztalattal segítheti a nyílt munkaerőpiacra való visszatérést, de nem helyettesíti az elsődleges munkaerőpiaci állást.

47.4.9. A munkaügyi szervezet és szolgáltatásai

Definíció. A munkaügyi szervezet (Nemzeti Foglalkoztatási Szolgálat, NFSZ – az aktuális intézménynév ellenőrizendő) az állami foglalkoztatási szolgálat, amelynek feladata a munkaerőpiaci szolgáltatások, az állásközvetítés, a munkaerőpiaci programok és az ellátások szervezése. Felépítése háromszintű: országos központ, kormányhivatali (megyei/fővárosi) szint és járási hivatalok foglalkoztatási osztályai. A járási hivatalnál történik a regisztráció, az ügyintézés és a szolgáltatások igénybevétele.

A járási hivatal foglalkoztatási osztályán elérhető **munkaerőpiaci szolgáltatások**:

- **Állásközvetítés:** a nyilvántartott álláshelyek és az álláskeresők egymáshoz rendelése. Az álláskereső hozzáfér a hivatal adatbázisához, és a munkáltatók megkeresésére is sor kerülhet.
- **Pályaorientációs tanácsadás:** segít a pályaválasztásban, a szakmai irány meghatározásában, például egy asztalos számára, aki bútorasztalos vagy épületasztalos irányba szeretne menni.
- **Álláskeresési tanácsadás:** önéletrajz, motivációs levél, állásinterjúra való felkészülés, álláskeresési stratégia.
- **Álláskereső klub:** csoportos foglalkozás, ahol az álláskeresők tapasztalatot cserélnek, gyakorolják az interjúhelyzetet, és támogatást kapnak.
- **Pszichológiai tanácsadás:** segítség a stressz, a kudarcélmény kezelésében, az önbizalom helyreállításában.
- **Képzési tanácsadás:** annak eldöntése, milyen képzésre van szükség a munkaerőpiaci esélyek növeléséhez.

A szolgáltatások **ingyenesek**. A pontos elnevezések és elérhetőség hivatalonként eltérhet, ezért az aktuális intézményrendszert mindig az NFSZ honlapján vagy a járási hivatalban kell ellenőrizni (ellenőrizendő).

47.4.10. Aktív eszközök

Az aktív eszközök a foglalkoztatás elősegítését szolgálják. A legfontosabbak:

- **Munkaerőpiaci képzések támogatása:** az álláskereső ingyenes vagy támogatott képzésen vehet részt, ha az növeli az elhelyezkedési esélyeit. Például egy asztalos számára CNC-kezelő tanfolyam vagy vállalkozói ismeretek.
- **Bértámogatás:** a munkáltatók támogatást kaphatnak, ha álláskeresőt alkalmaznak, különösen hátrányos helyzetű csoportból.
- **Mobilitási támogatás:** az elhelyezkedést segíti lakhatási vagy utazási támogatással, ha az állás távol van a lakóhelytől.
- **Önfoglalkoztatás támogatása:** az álláskereső támogatást kaphat saját vállalkozás indításához (lásd alább).

Szabály. Az aktív eszközök igénybevételéhez általában az álláskeresői nyilvántartásban kell szerepelni, és a támogatást kérelemre, a feltételek teljesülése esetén, a munkaügyi szervezet döntése alapján lehet kapni (ellenőrizendő: aktuális feltételek).

47.4.11. Vállalkozásindítás röviden

Az **önfoglalkoztatás támogatása** akkor jöhet szóba, ha az álláskereső saját asztalosműhelyt, egyéni vállalkozást vagy céget szeretne indítani. A támogatás feltétele általában: üzleti terv benyújtása, a vállalkozói ismeretek igazolása, a tevékenység megkezdése és a támogatás elszámolása. A támogatás összege és formája a hatályos jogszabálytól függ (ellenőrizendő). A vállalkozásindítás részletes szabályait a Vállalkozásműködtetés főfejezet tárgyalja.

47.4.12. Tipikus hibák és okaik

1. **Hiba:** a munkaviszony megszűnése után az érintett nem regisztrál időben, mert nem tudja, hogy ez a feltétele az ellátásnak. **Ok:** hiányos jogismeret. **Helyes gyakorlat:** azonnal a járási hivatalba menni, és minden dokumentumot magunkkal vinni.
2. **Hiba:** az álláskereső csak az ellátást kéri, a tanácsadást nem veszi igénybe. **Ok:** úgy gondolja, a tanácsadás felesleges. **Helyes gyakorlat:** minden ingyenes szolgáltatást kihasználni, különösen az álláskeresési tanácsadást.
3. **Hiba:** lemondja a felajánlott állásinterjút anélkül, hogy kimentené magát. **Ok:** nem érti az együttműködési kötelezettséget. **Helyes gyakorlat:** megjelenni, vagy előre, igazoltan lemondani.
4. **Hiba:** a megváltozott körülményeket (pl. részmunkaidős állás) nem jelenti be. **Ok:** nem tudja, hogy ez az ellátás jogosulatlanná válásához vezethet. **Helyes gyakorlat:** azonnal bejelenteni minden változást.

47.4.13. Valós életbeli alkalmazás

Egy pályakezdő asztalos, nevezzük Bencének, a vizsga után két hónapig halogatta a regisztrációt, mert úgy gondolta, „úgyis talál munkát”. Közben elfogyott a megtakarítása, és csak később jelentkezett a járási hivatalban. Az ügyintéző tájékoztatta, hogy pályakezdőként előzetes munkaviszony nélkül járadékra nem jogosult (ellenőrizendő, hogy a képzés alatti szakképzési munkaszerződés jogosultsági időnek számít-e), de a késői regisztráció miatt két hónapig kimaradt a tanácsadásból, a támogatott képzésből és a pályakezdőknek szóló bértámogatott állásokból.

Bence ezt követően részt vett álláskeresési tanácsadáson, képzésre jelentkezett, és egy kis asztalosműhelyben helyezkedett el. A tanulság: a munkaügyi rendszer nem vár, az első lépés a regisztráció.

47.4.14. Önellenőrzés

1. Mi a különbség az aktív és a passzív munkaerőpiaci eszközök között?
2. Igaz vagy hamis: az álláskeresőnek együttműködési kötelezettsége van, például meg kell jelennie a megbeszélt időpontokban.
3. Milyen szolgáltatásokat vehet igénybe egy álláskereső a járási hivatal foglalkoztatási osztályán?
4. Mi a célja a közfoglalkoztatásnak?
5. Milyen következménye lehet, ha az álláskereső nem jelenti be, hogy időközben munkát talált?

A megoldásokat a Megoldások elején találod.

47.4.15. Feladatok

1. feladat (A) Magyarázd meg saját szavaiddal, mit jelent az álláskeresővé válás, és miért fontos a nyilvántartásba vétel.

2. feladat (A) Sorold fel a passzív eszközöket, és mindegyiknél írd le egy mondatban, kinek szól.

3. feladat (B) Egy álláskereső munkaviszonya megszűnt, de nem jelentkezik azonnal a járási hivatalban. Milyen következményei lehetnek ennek? Gondold végig az ellátás és a szolgáltatások szempontjából.

4. feladat (B) Tervezd meg egy asztalos pályakezdő álláskereső első hetét: milyen lépéseket tesz a regisztrációtól az első tanácsadásig? Készíts listát.

5. feladat (C) Melyik aktív eszközt javasolnád annak az álláskeresőnek, aki saját asztalosműhelyt szeretne indítani? Indokold választásodat, és írd le, milyen feltételekkel igényelheti (tájékoztató jelleggel, ellenőrizendő feltételekkel).

6. feladat (D) Képzeld el, hogy álláskereső vagy, és a járási hivatal egy asztalosműhely állásinterjújára közvetít ki, amely 60 km-re van a lakóhelyedtől. Milyen támogatást kérhetsz az utazási költség megtérítésére? Írd le, mit tennél az interjú előtt és után.

47.4.16. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Az aktív eszközök a foglalkoztatást segítik (képzés, tanácsadás, támogatások), a passzív eszközök pénzbeli ellátások (járadék, segély, költségtérítés).
2. Igaz. Az együttműködési kötelezettség része a megjelenés, az állás elfogadása és a változások bejelentése.
3. Állásközvetítés, pályaorientációs tanácsadás, álláskeresési tanácsadás, álláskereső klub, pszichológiai tanácsadás, képzési tanácsadás.
4. A közfoglalkoztatás célja átmeneti foglalkoztatás biztosítása a tartósan álláskeresőknek, közfeladatok ellátása mellett, a nyílt munkaerőpiacra való visszavezetés esélyével.

5. Az ellátás jogosulatlanná válhat, a járadékot vissza kell fizetni, és büntetőjogi vagy szabálysértési felelősség is felmerülhet (ellenőrizendő: pontos jogkövetkezmény).

1. feladat megoldása (A)
Álláskeresővé válás azt jelenti, hogy a személy munkát szeretne vállalni, de nincs munkaviszonya, ezért a munkaügyi szervezetnél nyilvántartásba veteti magát. A nyilvántartásba vétel azért fontos, mert ez a feltétele az álláskeresési ellátások és a munkaerőpiaci szolgáltatások igénybevételének.

2. feladat megoldása (A)
- Álláskeresési járadék: azoknak, akik megszűnt munkaviszonnyal rendelkeznek és elegendő munkaviszonyt szereztek. - Nyugdíj előtti segély: a nyugdíjkorhatár előtt álló, hosszabb munkaviszonnyal rendelkező álláskeresőknek. - Utazási költségtérítés: a közvetített állásinterjúra utazó álláskeresőknek. - Foglalkoztatást helyettesítő támogatás: azoknak, akik nem jogosultak járadékra, de szociálisan rászorultak.

3. feladat megoldása (B)
Ha az álláskereső késlekedik a regisztrációval, eleshet az ellátásnak attól a részétől, amelyet a regisztráció napjáig késve igényelt volna. Nem fér hozzá a szolgáltatásokhoz, nincs állásközvetítés, tanácsadás, és az együttműködési kötelezettség sem kezdődik el. A késedelem tehát anyagi és esélybeli veszteséget is okoz.

4. feladat megoldása (B)
A pályakezdő asztalos első hetének terve: 1. Hétfő: munkaviszony-igazolás és iskolai bizonyítványok összegyűjtése. 2. Kedd: személyes regisztráció a járási hivatal foglalkoztatási osztályán, szolgáltatási igény és (jogosultság esetén) ellátási kérelem benyújtása. 3. Szerda: együttműködési terv készítése a tanácsadóval. 4. Csütörtök: részvétel álláskeresési tanácsadáson, önéletrajz készítése. 5. Péntek: álláshirdetések átnézése a hivatal adatbázisában, jelentkezés.

5. feladat megoldása (C)
Az önfoglalkoztatás támogatását javasolnám. A feltétel általában üzleti terv készítése, vállalkozói ismeretek megléte, a tevékenység megkezdése és a támogatás elszámolása (ellenőrizendő: aktuális feltételek). A támogatás segít a műhely eszközeinek beszerzésében, a kezdeti működési költségek fedezésében.

6. feladat megoldása (D)
Az interjú előtt jelezném a kiközvetítést a járási hivatalban, és megkérdezném az utazási költségtérítés igénylésének módját. Az interjú után megtartanám a jegyeket vagy számlákat, és benyújtanám az igényt a hivatalhoz. A cél az, hogy a távolság miatt ne maradjak el a lehetőségtől.

47.4.17. Rövid összefoglaló

Az álláskeresővé válás a munkaügyi szervezetnél történő nyilvántartásba vétellel kezdődik, amely feltétele az ellátásoknak és a szolgáltatásoknak. A passzív eszközök pénzbeli ellátások (álláskeresési járadék, nyugdíj előtti segély, utazási költségtérítés, foglalkoztatást helyettesítő támogatás), az aktív eszközök pedig a foglalkoztatást segítik (képzés, bértámogatás, mobilitási támogatás, önfoglalkoztatás, közfoglalkoztatás). Az álláskeresőnek együttműködési kötelezettsége van: megjelenés, felajánlott állás elfogadása, változások bejelentése. A munkaügyi szervezet szolgáltatásai ingyenesek: állásközvetítés, pályaorientáció, álláskeresési tanácsadás, álláskereső klub, pszichológiai tanácsadás. **Továbbvitt eredmény.** A munkaerőpiaci szolgáltatások, különösen a pályaorientáció és az álláskeresési tanácsadás, a pályakezdés során is hasznosíthatók; a könyv záró és vizsgafelkészítő részei erre építenek.

47.4.18. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: a foglalkoztatás elősegítéséről és a munkanélküliek ellátásáról szóló törvény, a szociális törvény, a Nemzeti Foglalkoztatási Szolgálat hivatalos tájékoztatói (jogszabályok, intézményi honlap – ellenőrizendő). **Ellenőrizendő pontok:** a hatályos jogszabályok pontos száma és címe, az álláskeresési járadék és a foglalkoztatást helyettesítő támogatás aktuális feltételei, mértékei, időtartama; az NFSZ jelenlegi elnevezése és szervezeti felépítése; a munkaerőpiaci szolgáltatások pontos megnevezései és elérhetősége; az aktív eszközök aktuális feltételrendszere.

47.5. Szakmai idegen nyelv: bemutatkozás, formanyomtatvány, asztalos szókincs

47.5.1. Motiváció

Képzeld el, hogy egy ausztriai vagy németországi asztalosműhelyben kapsz egy utasítást: „Prüfe die Maschine, dann schalte die Absaugung ein!” Ha nem érted a *Prüfe* (ellenőrizd) vagy az *Absaugung* (elszívás) szót, lassabban dolgozol, de ami sokkal fontosabb: veszélybe kerülhetsz. Az idegen nyelv az asztalos számára nem nyelvvizsgakérdés, hanem **szerszám a biztonsághoz, az álláshoz és a vevői kapcsolathoz**. Ebben az alfejezetben a legfontosabb nyelvtani alapokat, a bemutatkozást, a formanyomtatvány kitöltését és a magyar–német–angol asztalos szakszókincset nézzük át.

47.5.2. Idegen nyelvi helyzetkép: egy állásinterjú

Állásinterjún két nyelven ugyanaz a mintakérdés:

- Németül: „Guten Tag! Erzählen Sie etwas über sich.” – *Jó napot! Meséljen magáról.*
- Angolul: „Good morning! Tell me about yourself.” – *Jó reggelt! Mutassa be magát.*

Egy frissen végzett asztalos válasza lehet:

- Németül: „Ich heiße Péter Kovács, ich bin Tischler.” – *Péter Kovácsnak hívnak, asztalos vagyok.*
- Angolul: „My name is Péter Kovács, I am a joiner.” – *A nevem Péter Kovács, asztalos vagyok.*

A válasz mögött már ott van az igeidő, a szórend, a szakképesítés megnevezése és a bemutatkozás szerkezete. Most ezeket bontjuk lépésekre.

47.5.3. Nyelvtani rendszerezés 1: jelen, múlt, jövő idő

A munka világában mindig azt kell kifejezned, mit csinálsz **most**, mit végeztél el **korábban**, mit fogsz csinálni **később**. A három időt itt csak a leggyakoribb beszélt formákban mutatjuk.

Definíció. A **jelen idő** a folyamatban lévő vagy rendszeresen ismétlődő munkát fejezi ki. A **múlt idő** az elvégzett, befejezett munkát, a **jövő idő** a későbbi szándékot, tervet vagy munkafázist.

Példák az asztalos étkezőasztal munkahelyzetéből:

Helyzet	Német	Angol	Magyar
Jelen – rendszeres munka	Ich arbeite in einer Möbelwerkstatt.	I work in a furniture workshop.	Egy bútorasztalos műhelyben dolgozom.
Jelen – éppen folyik	Ich schleife die Tischplatte.	I am sanding the table top.	Éppen csiszolom az asztallapot.
Múlt – beszélt forma	Ich habe die Tischplatte geschliffen.	I sanded / have sanded the table top.	Megcsiszoltam az asztallapot.
Múlt – elbeszélő egyszerű múlt	Ich arbeitete in einer Schreinerei.	I worked in a joinery.	Egy asztalosműhelyben dolgoztam.
Jövő – terv, szándék	Ich werde die Kanten anleimen.	I will glue the edges.	Az éleket fogom lezárni/ragasztani.

Szabály. A német beszélt nyelvben a múlt időnek leggyakrabban a **Perfekt** formáját használjuk: *haben/sein + főige befejezett melléknévi igeneve*, például *ich habe geschliffen.* Az angolban a befejezett múlt lehet **past simple** (*I sanded*) vagy **present perfect** (*I have sanded*), utóbbi akkor, ha az eredmény most is fontos. A jövőre a német a *werden + főnévi igenév*, az angol a *will + főnévi igenév* szerkezetet használja.

Munkabeszámoló példa:

- Főnök: „Was hast du heute gemacht?” / „What did you do today?” – *Mit csináltál ma?*
- Asztalos: „Ich habe Bretter zugeschnitten und die Maschine gereinigt.” / „I cut boards and cleaned the machine.” – *Deszkákat daraboltam, és megtisztítottam a gépet.*

Megjegyzés. A német Perfekt pontos szabályaihoz a *haben* vagy *sein* segédigét a szótár jelzi. A gyakori *sein*-es múlt például: *ich bin gegangen* (elmentem). A tankönyvi szabályok részletezése meghaladja ennek az alfejezetnek a kereteit.

47.5.4. Nyelvtani rendszerezés 2: tagadás, feltételes mód, segédigék, kérdésfeltevés, szórend

A biztonsági utasításokban, megbeszéléseken és interjún folyamatosan kell tiltani, kérdezni, feltételt fogalmazni. A formalitás most is a leggyakoribb mintákra épül.

Tagadás. Németben két alapforma: a *nicht* tagadja az igét vagy a mondatrészt, a *kein* tagadja a főnévi kifejezést (amikor magyarban „nincs”, „nem egy” értelem szerepel). Angolban a *do not/don’t, does not/doesn’t, did not/didn’t* az egyszerű igéhez, a *not* a segédigékhez csatlakozik.

Példák:

- Német: „Ich arbeite heute nicht an der Säge.” – *Ma nem a fűrészgépen dolgozom.*
- Német: „Ich habe keinen Schutzanzug.” – *Nincs védőruhám.* (A *kein* az *einen* helyén áll.)
- Angol: „I do not use the machine without training.” – *Nem használom a gépet betanítás nélkül.*
- Angol: „Do not switch off the extraction!” – *Ne kapcsold ki az elszívást!*

Feltételes mód. Arra jó, hogy udvariasan vagy óvatosan fogalmazz: mit tennél más helyett, mit javasolnál.

- Német: „Ich würde die Schraube fester anziehen.” – *Én szorosabbra húznám a csavart.* (Szerkezet: *würde + főnévi igenév*)
- Angol: „I would tighten the screw more.” – *Szorosabbra húznám a csavart.* (Szerkezet: *would + főnévi igenév*)

Szabály. A *würde + Infinitiv* és a *would + infinitive* a folyamatban lévő beszédben a leggyakoribb feltételes forma. A **valódi feltételes múlt** (*hätte/wäre* vagy *would have*) a fenti mintánál ritkábban, de kerettervben is szerepel.

Segédigék: képesség, lehetőség, szükségesség. A leggyakoribb három:

Jelentés	Német	Angol	Példa
Képesség	können	can	Ich kann eine Lamello fräsen. / I can cut a biscuit slot. – Tudok lamellóhelyet marni.
Lehetőség / engedély	dürfen	may	Darf ich die Fräse benutzen? / May I use the router? – Használhatom a felsőmarót?
Szükségesség / kötelezettség	müssen	must / have to	Ich muss eine Schutzbrille tragen. / I must wear safety goggles. – Védőszemüveget kell viselnem.

A német *müssen* és az angol *must* erős kötelezettség; a *have to* hétköznapibb. Az angol *may* mellett járhat *can* is engedélykérésre, de a *may* udvariasabb.

Kérdésfeltevés és szórend. A kérdésnél a legfontosabb, hogy a kérdező szándéka világos legyen.

- Német eldöntendő kérdés: az ige az első helyen: „Hast du die Absaugung eingeschaltet?” – *Bekapcsoltad az elszívást?*
- Angol eldöntendő kérdés: a segédige az alany előtt: „Did you turn on the extraction?” – *Bekapcsoltad az elszívást?*
- Kiegészítendő kérdés: kérdőszó + ige/segédige + alany: „Wo ist die Schutzbrille?” / „Where are the safety goggles?” – *Hol van a védőszemüveg?*

Szabály. Német egyszerű kijelentő mondatban a ragozott ige a második hely: **alany – ige – mondatrész**, például „Ich (1) schalte (2) die Maschine ein.” Angolban a szórend rögzítettebb: **alany – ige – tárgy/helyhatározó**, például „I switch on the machine.” A magyarhoz képest a **szórendet** nem mindig lehet egy az egyben átvenni.

47.5.5. Fonetikai alapok

A magyar beszélőnek két hangkészlete szokatlan: a német és az angol magánhangzó-hosszúság, valamint néhány speciális hang. Tökéletes kiejtés nem kell, de a biztonsági szavakat pontosan kell érteni.

Német. Az *ö* és *ü* ajakkerekítéssel képződik; a *ei* ejtése kb. *áj*: *die Arbeit* kb. *árbájt*; az *ie* hosszú *í*: *die Maschine* kb. *masí-ne*; a *ch* az *e, i, ö, ü* után puha (kb. *h*, mint a magyar *h* enyhe), az *a, o, u, au* után erősebb, torokban képzett (pl. *machen – máhen*). A szóvégi *-e* nem éles, kb. *-e* (pl. *Säge* – kb. *zé-ge*).

Angol. A *th* kétféle: zöngétlen, mint a *thin* (vékony) elején, zöngés, mint a *the* (a) elején; a magyar *t* vagy *sz* nem jó. A *w* nem *v*, hanem két ajakkal képzett; az *r* nem pergetett; a magánhangzók hossza megkülönböztet: *ship* (hajó) és *sheep* (birka) nem ugyanolyan. A biztonsági *gloves* (kesztyű) és *goggles* (védőszemüveg) gyakori szópár; a *gloves* végén *v+z*, a *goggles* közepén *g* és *l*.

Szabály. Hang alapján tanulj szavakat; ne csak betű szerint. A gépen, védőeszközökön lévő feliratot is hangosan ejtsd ki, mert a munkahelyen gyakran a hallott utasítás a fontos.

47.5.6. Bemutatkozás: recept lépésről lépésre

A bemutatkozás nem magolás, hanem **váz**. Ugyanaz a minta magyarul, angolul és németül.

Recept. Bemutatkozás külföldi állásinterjún vagy műhelyfőnöknek:

1. **Köszönés** – „Guten Tag!” / „Good morning!”
2. **Név és lakóhely** – „Ich heiße … / Ich bin …” – *A nevem …*; „Ich komme aus Ungarn.” / „I come from Hungary.” – *Magyarországról jöttem.*
3. **Szakképesítés** – „Ich bin Tischler.” / „I am a qualified joiner.” – *Asztalos vagyok.*
4. **Munkatapasztalat vagy képzés** – „Ich habe eine Ausbildung in einer Schreinerei gemacht.” / „I completed a vocational training in a joinery.” – *Asztalosműhelyben végeztem a képzést.*
5. **Erősségek, munkamód** – „Ich arbeite genau und halte die Werkstatt sauber.” / „I work accurately and keep the workshop clean.” – *Pontosan dolgozom, és tisztán tartom a műhelyt.*
6. **Záró kérdés vagy köszönet** – „Vielen Dank für das Gespräch.” / „Thank you for the interview.” – *Köszönöm a beszélgetést.*

Itt egy **kidolgozott bemutatkozás** egy 22 éves, frissen végzett asztalostól:

Németül: „Guten Tag! Ich heiße Anna Nagy. Ich komme aus Ungarn. Ich bin Tischlerin. Ich habe in einer Möbelwerkstatt gelernt. Ich arbeite gern mit Massivholz und kann Möbel zeichnen. Ich arbeite genau und halte die Werkstatt sauber. Vielen Dank für das Gespräch.”

Angolul: „Good morning! My name is Anna Nagy. I come from Hungary. I am a qualified joiner. I trained in a furniture workshop. I like working with solid wood and I can draw furniture. I work accurately and keep the workshop clean. Thank you for the interview.”

Magyarul: *Jó reggelt! Anna Nagynak hívnak. Magyarországról jöttem. Asztalos vagyok. Bútorasztalos műhelyben tanultam. Szeretek tömörfával dolgozni, és tudok bútort rajzolni. Pontosan dolgozom, és tisztán tartom a műhelyt. Köszönöm a beszélgetést.*

47.5.7. Formanyomtatvány: alapadatok, munkakörülmények

Külföldi munkavállaláskor a belépés előtt gyakran egy **személyi és munkavállalói adatlapot** kell kitölteni. A formanyomtatvány mezőneveit ismerned kell.

Magyar mező	Német (gyakori)	Angol (gyakori)
Vezetéknév	Familienname	Surname / Family name
Keresztnév	Vorname	First name
Születési idő	Geburtsdatum	Date of birth
Cím	Adresse	Address
Telefonszám	Telefonnummer	Phone number
E-mail	E-Mail	E-mail
Állampolgárság	Staatsangehörigkeit	Nationality
Végzettség / szakképesítés	Ausbildung / Qualifikation	Qualification
Nyelvtudás	Sprachkenntnisse	Language skills
Munkavállalási engedély	Arbeitserlaubnis	Work permit

Szabály. A formanyomtatványt ne írd alá addig, amíg nem érted a mezőket. Ha valami nem világos, kérdezz: „Was bedeutet dieses Feld?” / „What does this field mean?” – *Mit jelent ez a mező?*; „Wie soll ich das ausfüllen?” / „How should I fill this in?” – *Hogy töltsem ki?*

A **munkakörülmények** kifejezései a hirdetésekben:

- munkaidő: *Arbeitszeit / working hours*
- műszak: *Schicht / shift*
- fizetés: *Lohn, Gehalt / wage, salary*
- próbaidő: *Probezeit / probation period*
- munkaruha: *Arbeitskleidung / work clothes*
- védőfelszerelés: *Schutzausrüstung / personal protective equipment (PPE)*

47.5.8. Munkahelyi utasítások megértése és megválaszolása

A faipari műhelyben a legfontosabb mondatok gyakran **felszólító** formában hangzanak el. A felszólítás lehet biztonsági, technológiai, munkaszervezési.

Jelentés	Német	Angol
Kapcsold be az elszívást!	Schalte die Absaugung ein!	Turn on the extraction!
Kapcsold ki a gépet!	Schalte die Maschine aus!	Switch off the machine!
Várj, amíg a fűrészlap megáll!	Warte, bis das Sägeblatt stillsteht!	Wait until the saw blade stops!
Viselj védőszemüveget!	Trage eine Schutzbrille!	Wear safety goggles!
Ne nyúlj a forgó szerszámba!	Greif nicht in das laufende Werkzeug!	Do not touch the rotating tool!
Ne távolítsd el a védőburkolatot!	Entferne die Schutzabdeckung nicht!	Do not remove the guard!
Hozd ide a ragasztót!	Bringe den Leim!	Bring the glue!
Mérd meg a szélességet!	Miss die Breite!	Measure the width!

Megjegyzés. A német felszólító módban gyakori, hogy az ige első helyen áll, az **elváló igekötő** pedig a mondat végére kerül: *Schalte die Maschine ein!* (az *einschalten* igéből). Ez a szórend a magyarul gondolkodónak szokatlan, ezért érdemes külön gyakorolni. Az angolban a felszólítás az ige alapszava, a tagadás pedig *Do not + ige*.

47.5.9. Asztalos szakszókincs-táblázat: magyar–német–angol

Ez a táblázat a **műhelyben leggyakoribb** szavakat rendezi csoportokba. A német főnevek mellett a nyelvtani nemet is jelöljük, mert a cikket is meg kell tanulni.

Továbbvitt eredmény. Ezt a szakszókincs-táblázatot használjuk a későbbi vizsgafelkészítő részben, a fogalomtár és a szóbeli bemutatkozás gyakorlásakor; a határon túli munkavállalásnál is ez az alapszókincs.

47.5.9.1. Anyagok

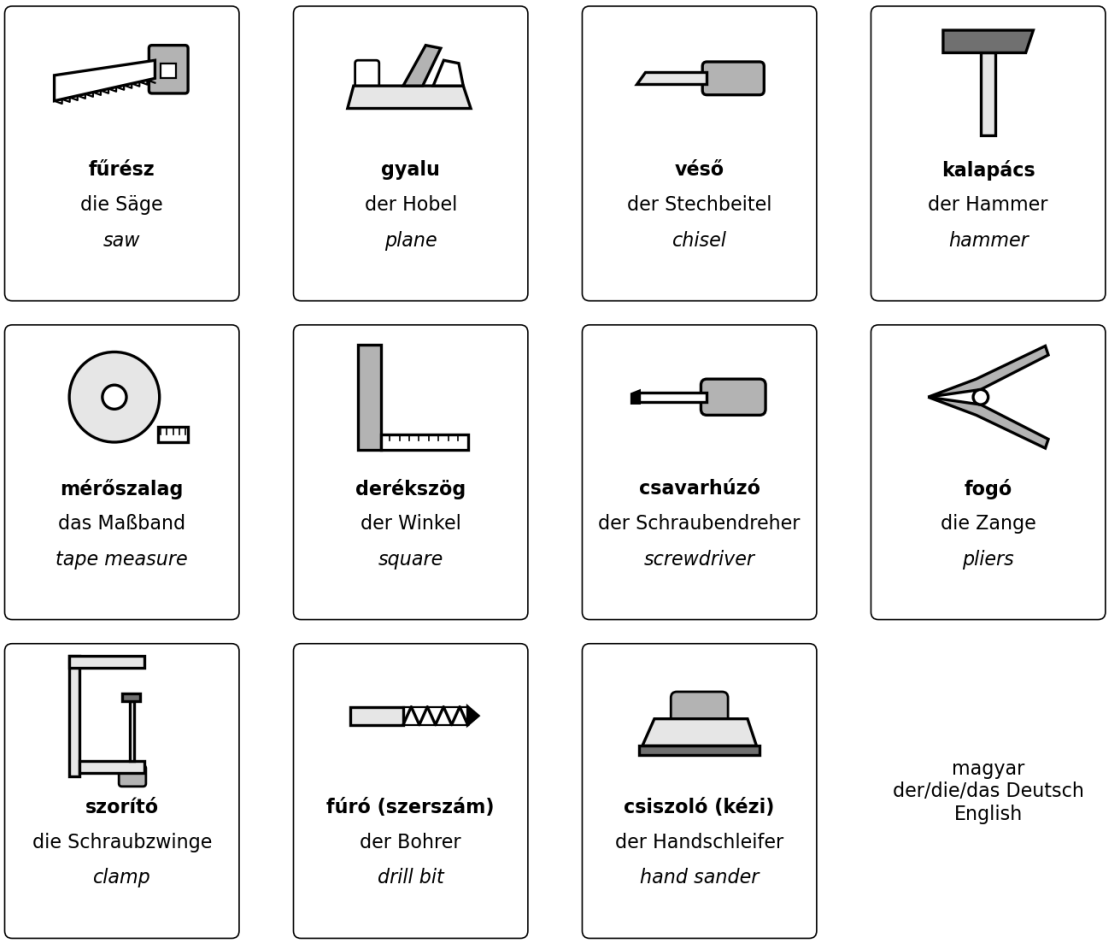
Magyar	Német (nem)	Angol
tölgyfa	Eichenholz (das)	oak wood
bükkfa	Buchenholz (das)	beech wood
lucfenyő	Fichtenholz (das)	spruce
fenyő (általában)	Nadelholz (das)	softwood
erdeifenyő	Kiefer (die)	pine
forgácslap	Spanplatte (die)	particleboard
MDF lap	MDF-Platte (die)	MDF board
rétegelt lemez	Sperrholz (das)	plywood
lécbetétes asztaloslemez	Tischlerplatte (die)	blockboard
bútorlap (laminált forgácslap)	melaminbeschichtete Spanplatte (die)	melamine-faced chipboard
furnér	Furnier (das)	veneer
élzáró szalag	Kantenumleimer (der)	edge banding tape
faragasztó	Holzleim (der)	wood glue
lakk	Lack (der)	lacquer / varnish
pác	Beize (die)	wood stain
olaj	Öl (das)	oil
csiszolópapír	Schleifpapier (das)	sandpaper
csavar	Schraube (die)	screw
tipli (köldökcsap)	Holzdübel (der)	wooden dowel
lamelló (laposcsap)	Flachdübel (der)	biscuit

47.5.9.2. Szerszámok

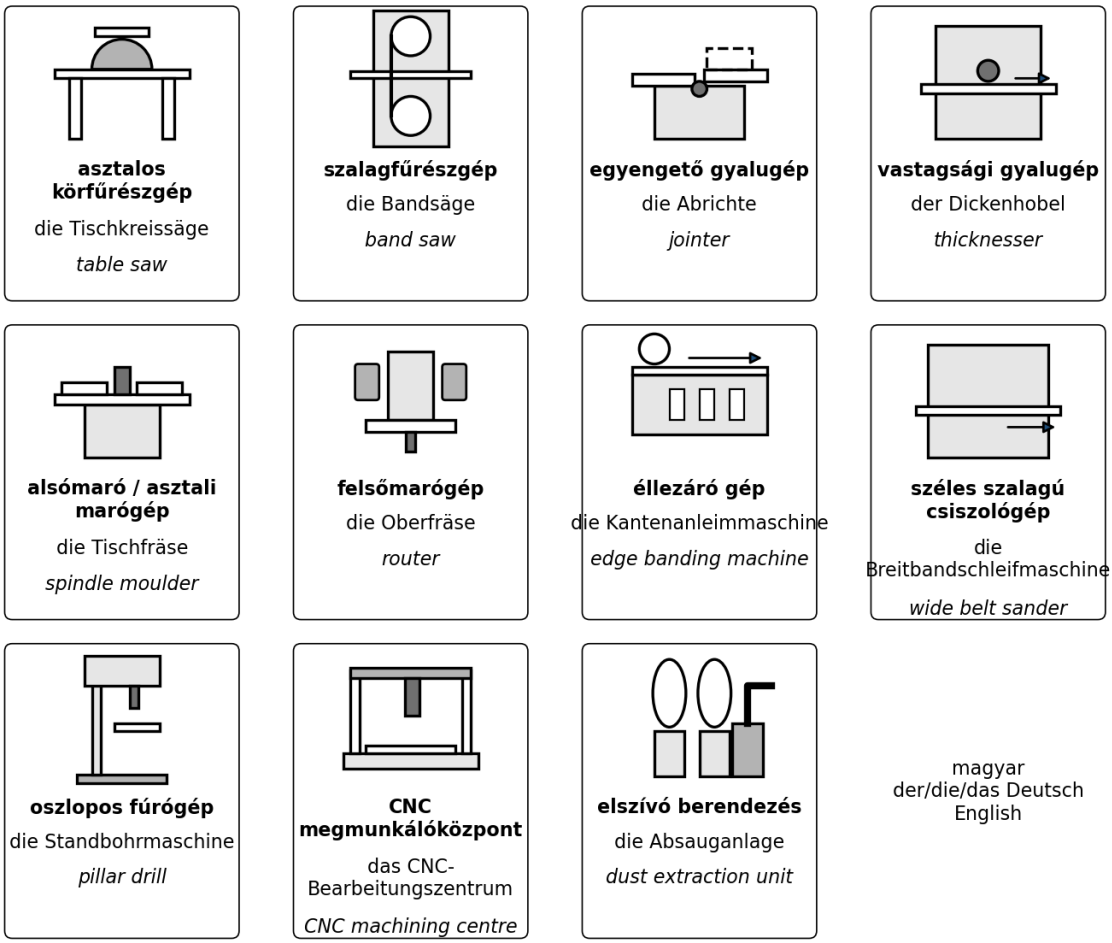
Magyar	Német (nem)	Angol
fűrész	Säge (die)	saw
gyalu	Hobel (der)	plane
véső	Stechbeitel (der)	chisel
kalapács	Hammer (der)	hammer
mérőszalag	Maßband (das)	tape measure
derékszög	Winkel (der)	square
csavarhúzó	Schraubendreher (der)	screwdriver
fogó	Zange (die)	pliers
szorító	Schraubzwinge (die)	clamp
fúró (szerszám)	Bohrer (der)	drill bit
csiszoló (kézi)	Handschleifer (der)	hand sander

47.5.9.3. Gépek

Magyar	Német (nem)	Angol
asztalos körfűrészgép	Tischkreissäge (die)	table saw
szalagfűrészgép	Bandsäge (die)	band saw
egyengető gyalugép	Abrichte (die)	jointer
vastagsági gyalugép	Dickenhobel (der)	thicknesser
alsómaró / asztali marógép	Tischfräse (die)	spindle moulder
felsőmarógép	Oberfräse (die)	router
éllezáró gép	Kantenanleimmaschine (die)	edge banding machine
széles szalagú csiszológép	Breitbandschleifmaschine (die)	wide belt sander
oszlopos fúrógép	Standbohrmaschine (die)	pillar drill
CNC megmunkálóközpont	CNC-Bearbeitungszentrum (das)	CNC machining centre
elszívó berendezés	Absauganlage (die)	dust extraction unit



47.2. ábra. Képes szakszótár – szerszámok: fűrész, gyalu, véső, kalapács, mérőszalag, derékszög, csavarhúzó, fogó, szorító, fúró, csiszoló, magyar, német (névelővel) és angol névvel



47.3. ábra. Képes szakszótár – gépek: asztalos körfűrészgép, szalagfűrészgép, egyengető és vastagsági gyalugép, alsómaró, felsőmarógép, éllezáró gép, széles szalagú csiszológép, oszlopos fúrógép, CNC megmunkálóközpont, elszívó berendezés, három nyelven

A képes szótár a fenti két táblázat szavait mutatja ikonszerű rajzzal. A HTML-kiadásban a kártyák nyelvenként szűrhetők, kikérdező módban pedig a nevek csak koppintásra jelennek meg.

47.5.9.4. Kötések

Magyar	Német (die)	Angol
szélesbítő toldás	Breitenverleimung	edge joint
lapolás	Überblattung	lap joint
ollós csapozás	Schlitz-Zapfen-Verbindung	bridle joint (open mortise and tenon)
vésett csapozás	Zapfenverbindung (Stemmzapfen)	mortise and tenon joint
fecskefarkú fogazás	Schwalbenschwanzverbindung	dovetail joint
sarokfogazás (egyenes fogazás)	Zinkenverbindung	box joint
hornyos-csapos (nút–féderes) kötés	Nut-Feder-Verbindung	tongue and groove joint
beeresztés	Einlassung (ellenőrizendő)	housing joint
köldökcsapos kötés	Dübelverbindung	dowel joint

Magyar	Német (die)	Angol
lamellókötés	Flachdübelverbindung	biscuit joint

47.5.9.5. Biztonsági utasítások

Magyar	Német	Angol
Védőszemüveget kötelező viselni!	Schutzbrille tragen!	Wear safety goggles!
Hallásvédőt viselj!	Gehörschutz tragen!	Wear hearing protection!
Pormaszkot vegyél fel!	Staubschutzmaske tragen!	Wear a dust mask!
Az elszívást kapcsold be!	Absaugung einschalten!	Turn on the extraction!
A gépet csak betanítás után használd!	Maschine nur nach Einweisung benutzen!	Use the machine only after training!
Várj, amíg a szerszám megáll!	Warte, bis das Werkzeug stillsteht!	Wait until the tool stops!
A védőburkolatot ne távolítsd el!	Schutzabdeckung nicht entfernen!	Do not remove the guard!
Tartsd tisztán a munkaterületet!	Arbeitsbereich sauber halten!	Keep the work area clean!
Olvasd el a gépkönyvet!	Betriebsanleitung lesen!	Read the operating manual!

A szakszókincs tanulásánál nem a szavak magolása, hanem a **munkahelyi mondatba ágyazás** a cél: egy szót akkor ismersz, ha el tudod mondani, mire való, és utasításban is felismered.

47.5.10. Minőségellenőrzés

A nyelvi munkának is van „minőségellenőrzése”: amikor megszólalsz, a másik fél értse a lényeget. Ellenőrizd:

- **Kiejtés** – a gyakori biztonsági szavakat (pl. *Schutzbrille, goggles*) hangosan, tagoltan mondod.
- **Szórend** – egyszerű kijelentő mondatban alany + ige (német) / alany + ige + tárgy (angol).
- **Utasítás megértése** – ha meghallod a felszólítást, kérdezz vissza: *„Was soll ich einschalten?” / „What shall I turn on?”* Például, ha meghallod: „Schalte die Absaugung ein!”, kérdezz vissza vagy ismételd meg: „Ich schalte die Absaugung ein.”
- **Nyomtatvány** – minden mezőt kitöltött-e, és nem írtál-e értelmetlen szót a rossz mezőbe.

47.5.11. Tipikus hibák és okaik

1. Magyar szószerinti szórend. Sok tanuló a magyarból indul: „I the machine switch on.” Helyes angol: „I switch on the machine.” Német: „Ich schalte die Maschine ein.” Az elváló igekötő miatt a *ein* a mondat végén, az ige a második helyen áll. A hiba oka a szabály hiánya; a helyes gyakorlat az igei keret megtanulása.

2. Hamis barátok. A német *bekommen* azt jelenti, *kap*, az angol *become* pedig *válni valamivé*. „I become a joiner” magyarul: *azzá válok, asztalossá leszek*, nem „kapok asztalost”. Helyes angol

„I am becoming a joiner” a képzés közben; ha megvan a szakma: „I am a joiner.” Az ok a hasonló hangzás; a megelőzés a szópárok külön tanulása.

3. A tagadás félreértése. A német *Greif nicht in das laufende Werkzeug!* (ellenőrizendő) – egyesek a *nicht* helyétől elbizonytalanodnak, és kihagyják a tagadást. A tiltás célja itt az ujjak védelme. A *nicht* az egész cselekvés tagadásakor a mondat végén, az elváló igekötő vagy a főnévi igenév előtt áll. Gyakorolni úgy érdemes, hogy minden biztonsági utasítást először tiltva is elmondasz.

4. Angol kiejtés: *w* / *v*, *th*. A *w* hangot ne ejtsd *v*-nek: *wood* /wʊd/ ≠ *vood*. (A *wood* és a *would* egyébként ugyanúgy hangzik – a szövegkörnyezetből derül ki, melyik.) A *th*-t ne ejtsd *t*-nek vagy *sz*-nek: *three* ≠ *tree*. Szópárok gyakorlásra: *wine* – *vine*, *three* – *tree*; a megoldás a lassú, hangos gyakorlás és a szópárok felolvasása.

47.5.12. Valós életbeli alkalmazás

Egy frissen végzett asztalosnak egy osztrák műhelyben az első nap a művezető mutatja a gépet. A művezető németül elmondja: „Schalte die Absaugung ein, dann prüfe das Sägeblatt. Trage eine Schutzbrille und Gehörschutz.” A tanuló először nem érti a *Sägeblatt* szót, de a *prüfe* és a *Schutzbrille* szavakból tudja, hogy védőfelszerelés kell. Visszakérdez: „Das Sägeblatt? Wo ist es?” – „Ott van a fűrészasztalban.” A pontos visszakérdezés megelőzi, hogy a gép indítása előtt kihagyja a fűrészlap ellenőrzését. Aznap a munkanaplójába angolul is beírja: „I checked the saw blade and wore safety goggles.” Ebből a kis párbeszédből is látható: az idegen nyelv a **biztonsági kultúra** része, nemcsak az interjú magánügye.

47.5.13. Önellenőrzés

1. Igaz-e: a német *Ich habe die Maschine geprüft* múlt idejű szerkezet. (Miért?)
2. Mit jelent a *Warte, bis das Werkzeug stillsteht!* utasítás?
3. Melyik angol segédige fejezi ki a szükségességet/kötelezettséget?
4. Fordítsd le angolra: „Ne távolítsd el a védőburkolatot!”
5. Mi a hiba ebben a német mondatban: „Ich schalte die Maschine ein nicht.”
6. Melyik a helyes angol szó a *fűrészre*? (a) saw, (b) see, (c) sew

47.5.14. Feladatok

1. feladat (A): Írd le három nyelvtani időben ugyanazt a munkát: jelen: *Csiszolom az asztallapot*, múlt: *Megcsiszoltam az asztallapot*, jövő: *Meg fogom csiszolni az asztallapot*. Németül és angolul. (Használd a fenti példákat.)

2. feladat (A): Párosítsd a formanyomtatvány mezőket a német és angol megfelelőikkel: Vezetéknév, Telefonszám, Nyelvtudás, Munkavállalási engedély.

3. feladat (B): Alakítsd angol tagadó felszólítássá: „Kapcsold be az elszívást!” – tehát mondd meg, ne kapcsold be. Írd le németül is tagadva.

4. feladat (B): Írj angolul kérdést a „Did” segédigével erre a válaszra: „Yes, I checked the saw blade and wore safety goggles.” Milyen német kérdést tennél fel ugyanerre, ha a válasz hosszú lenne?

5. feladat (C): Egy kolléga németül mondja: „Ich will die Schutzabdeckung entfernen.” Mit mond, és miért kockázatos? Mit válaszolnál neki németül, ha vissza kell tartani a védőburkolat eltávolításától? (Egy egyszerű, udvarias felszólítást adj.)

6. feladat (D): Írj magadról 6–8 mondatos bemutatkozást angolul, a kidolgozott példa vázát használva. Tartalmazza: név, lakóhely, szakképesítés, egy kézi vagy gépi munka, amiben jó vagy, és egy biztonsági szokásod. Készíts hozzá egy német változatot is.

47.5.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Igen, a *haben + befejezett melléknévi igenév (Partizip II, pl. geprüft)* múlt idejű, a beszélt múlt (*Perfekt*). 2. Várj, amíg a szerszám megáll! 3. Must / have to. 4. Do not remove the guard! 5. A tagadó *nicht* helye rossz; helyesen: *Ich schalte die Maschine nicht ein.* 6. (a) saw.

1. feladat megoldása. Német: *Ich schleife die Tischplatte. / Ich habe die Tischplatte geschliffen. / Ich werde die Tischplatte schleifen.* Angol: *I am sanding the table top. / I sanded the table top. / I will sand the table top.* Ellenőrzés: minden mondatban az igeidőt a ragozott segédige vagy ige mutatja.

2. feladat megoldása. Vezetéknév – Familienname – Surname; Telefonszám – Telefonnummer – Phone number; Nyelvtudás – Sprachkenntnisse – Language skills; Munkavállalási engedély – Arbeitserlaubnis – Work permit.

3. feladat megoldása. Angol tagadó felszólítás: *Do not turn on the extraction!* (ne kapcsold be az elszívást). Német tagadó felszólítás: *Schalte die Absaugung nicht ein!* (a *nicht* a mondatvégi igekötő előtt áll, mert a *einschalten* elváló igekötője a mondat végére kerül).

4. feladat megoldása. Angol kérdés: *Did you check the saw blade? / Did you wear safety goggles?* Német kérdés, ha a válasz hosszú lehet: *Was hast du geprüft? / Hast du das Sägeblatt geprüft?* Ellenőrzés: angol eldöntendő kérdésben a *Did* az alany előtt; németben az ige az első helyen.

5. feladat megoldása. A kolléga azt mondja: „El akarom távolítani a védőburkolatot.” Ez kockázatos, mert forgács, repülő anyag, ujjsérülés következhet. Válasz németül: *Entferne die Schutzabdeckung nicht! / Bitte lass die Schutzabdeckung dran!* (Kérlek, hagyd rajta a védőburkolatot.)

6. feladat megoldása – ellenőrző szempontok. A szövegben szerepeljen a név, lakóhely, szakmai azonosító, egy munka (*I can use a router / I can sand flat surfaces*), egy biztonsági szokás (*I always wear safety goggles / I check the extraction before work*). A német változatban a bemutatkozó séma hű maradjon a recepthez. Például: „Ich heiße Anna Nagy. Ich komme aus Ungarn. Ich bin Tischlerin. Ich arbeite gern mit Massivholz. Ich kann eine Oberfräse benutzen. Ich trage immer eine Schutzbrille. Vielen Dank.” Ellenőrzés: a német ige a második helyen, az angol mondatok alany-ige szerkezetűek.

47.5.16. Rövid összefoglaló

A munkahelyi idegen nyelv magja a **három idő**, a **tagadás, feltételes mód, segédigék, kérdésfeltevés** és a **felszólítások megértése**. Jelenben azt mondjuk, mit végzünk éppen, múltban a befejezett munkáról, jövőben a tervről beszélünk. A német beszélt múlt leggyakrabban *haben/sein + befejezett melléknévi igenév*, az angol múlt lehet past simple vagy present perfect. Tagadásra németül *nicht/kein*, angolul *do not/does not/did not* szolgál. Feltételes mód: *würde + Infinitiv* és *would + infinitive*. A segédigék között a *können/can* képességet, a *dürfen/may* lehetőséget/engedélyt, a *müssen/must, have to* szükségességet fejez ki. A biztonsági utasításokban a felszólítás megértése életbevágó: *Trage eine Schutzbrille!*, *Do not remove the guard!*. A formanyomtatványt csak értő kitöltés után szabad aláírni. **Továbbvitt eredmény.** A magyar–német–angol asztalos szakszókincs a Vizsgafelkészülés fogalomtárának és a külföldi munkavállalási felkészítésnek az alapja; a későbbi vizsgafeladatokban ezt a táblázatot érdemes elővenni, amikor az asztalos szakmai kifejezéseket rendszerezni kell.

47.5.17. Források és ellenőrzési hiányok

Forrástípusok: általános német és angol nyelvtankönyvek, Europass mintadokumentumok (ellenőrizendő: az aktuális formanyomtatványok mezőnevei és a munkavállalási eljárások), magyar munkaügyi és munkavédelmi szóhasználat, faipari szakszótárak. A német szakmai szavak regionálisan eltérhetnek: Németország egyes vidékein és Ausztriában *Tischler*, Svájcban és Dél-Németországban gyakran *Schreiner*; az angol *joiner* az asztalosiparhoz közelebb áll, a *carpenter* ács-építő jellegű lehet. A pontos jogi hatályú kifejezések a különböző országokban változhatnak; a munkavállalási engedélyek és adatlapok mezőit mindig az aktuális munkáltatói vagy hivatali sablonnal kell összevetni (ellenőrizendő).

48 Vizsgafelkészülés

48.1. A vizsga szerkezete és elméleti mintafeladatok

48.1.1. Motiváció: miért kell időre gyakorolnod a vizsgaszerű feladatokat?

Képzeld el, hogy a szakmai vizsgán az írásbeli vagy interaktív feladatlap előtted fekszik. A tanár azt mondja: „A feladat megoldására 60–90 perc áll rendelkezésre.” A lapon egyszerre van anyagismereti kérdés, nedvességszámítás, szakrajz, gépbeállítás, felületkezelési anyagszükséglet és egy kis árkalkuláció. Ha addig csak fejezetenként külön-külön gyakoroltál, a vizsgán először szembesülsz azzal, hogy a témákat **váltogatni** kell, és az időt magadnak kell beosztani. Ezt lehet begyakorolni. Ebben az alfejezetben előbb áttekintjük a vizsga szerkezetét, majd egy **vegyes mintafeladatsort** oldunk meg lépésről lépésre. Így a tudásodat és az időgazdálkodásodat együtt edzed.

48.1.2. Szemléletes kép: egy vizsgafeladatsor az asztalon

Ülsz a tanműhelyben vagy a vizsgahelyszínen. Az asztalon számológép, ceruza, derékszögelő, vonalzó és a feladatsor. A feladatsor elején rövid utasítás: „A számításoknál minden lépést írjon le, mértékegységgel. A rajzot az európai vetítési rendben készítse. A pontozás a részpontok szerint történik.” A lapon például ilyen feladatok állhatnak:

- Határozd meg egy faanyagminta nedvességtartalmát a nedves és a száraz tömegből.
- Rajzold le egy ollós csapozású sarok metszetét, és írd hozzá a szabásjegyzék két tételét.
- Számold ki egy marófej forgácsolási sebességét, és állapítsd meg, hogy az adott gép fordulatszám-tartományán belül van-e.
- Készíts árajánlatot egy falipolcra a megadott anyag- és bérköltségekből.
- Sorold fel, milyen védőberendezéseket kötelező használni asztalos körfűrészgépen daraboláskor.

Ezeket most együtt felépítjük. A vizsgán a teljes tudásod nem egyszerre, hanem **kis feladatokban**, gyakorlati helyzetbe ágyazva jelenik meg.

48.1.3. A szakmai vizsga szerkezete

Az alábbi leírás **a szokásos szerkezetet** mutatja be. A pontos vizsgarészek, időtartamok és pontozás a hatályos vizsgaszabályzattól és a szakmai követelményektől függenek, ezért ezeket mindig ellenőrizni kell a vizsga előtt.

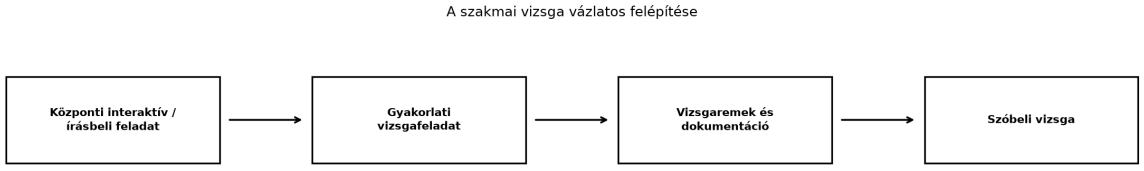
Régi képzési dokumentumokon: a 34 543 02 Asztalos OKJ-s képzés vizsgája írásbeli, gyakorlati és szóbeli részből állt; a régi feladatsorokban ilyen címeket találsz. A mai rendszerben a fogalmak részben megváltoztak.

A Szakképzés 4.0 szerinti szakmai vizsga a képzési és kimeneti követelmények (KKK) és a programkövetelmény szerint jellemzően írásbeli/interaktív vizsgarészből és projektfeladatból

(gyakorlati vizsgarész, dokumentációval) áll; az alábbi négy rész a régi és az új rendszer szokásos elemeit együtt mutatja, a mostani vizsga felépítése így tagolódhat **(ellenőrizendő: aktuális szabályzat)**:

1. **Központi interaktív vagy írásbeli vizsgatevékenység** – számítógépen vagy papíron, többnyire feleletválasztós, rövid válaszos és számításos feladatok. Ez méri az elméleti tudást, a szakmai számítást és a rajzolvasást.
2. **Gyakorlati vizsgafeladat** – meghatározott termékrész elkészítése a tanműhelyben, gépi és kézi műveletekkel. A munkavédelmi szabályok betartása itt is értékelés alá esik.
3. **Projektfeladat (vizsgaremek) és dokumentáció** – a képzés során elkészített, összetettebb termék, műszaki rajzokkal, szabásjegyzékkel, technológiai leírással és kalkulációval. A vizsgaremek a gyakorlati tudás összegzése.
4. **Szóbeli vizsga** – tételsorból húzott témakör kifejtése, rajzi vagy számításos kiegészítéssel. Ez a régi OKJ-s vizsga jellemzője volt; a mai vizsgán csak akkor van, ha a hatályos vizsgaleírás előírja **(ellenőrizendő: a vizsgaközpont tájékoztatója, a KKK/PTT)**.

Ezt a felépítést mutatja az alábbi folyamatábra.



48.1. ábra. A szakmai vizsga vázlatos felépítése - A vizsgarészek és a sorrendjük a hatályos vizsgaszabályzattól függ (ellenőrizendő). A nyilak a szokásos sorrendet mutatják.

Szabály. A vizsgán csak a szabályzatban megengedett segédeszközöket használhatod. A számológép, vonalzó, derékszögelő és a feladatlap által megengedett szabványkivonat általában megengedett. A mobiltelefon, saját képletgyűjtemény vagy előre megírt tétel **nem használható**, hacsak a szabályzat kifejezetten nem engedi.

48.1.4. Hogyan oldj meg egy vegyes mintafeladatsort időre? (Recept)

A vizsga előtti hetekben használd ezt a számozott gyakorlóeljárást. Minden gyakorlásnál tartsd be a lépéseket.

1. **Készítsd elő a munkahelyet.** Csak azokat az eszközöket tedd ki, amelyek a vizsgán is megengedettek: toll, ceruza, radír, számológép, vonalzó, derékszögelő, körző. Vedd elő az órát vagy állíts be időzítőt.
2. **Nézd át a feladatsort egyszer végig.** Karikázd be a feladatok pontszámát, és jelöld meg, melyik tűnik gyorsnak, melyik időigényesnek. A rajzot és a kalkulációt hagyd későbbre, ha úgy gyorsabb.
3. **Számold ki az időarányt.** Ha 60 perced van 60 pontra, akkor 1 pontra kb. 1 perc jut. A 10 pontos feladatra kb. 10 percet szánj, de egy kis tartalékot hagyj.
4. **Kezdd a biztos feladatokkal.** A gyorsan megoldható, rövid válaszos és számításos feladatokkal szerezz pontot. A bizonytalanabb rajzot hagyd a második körre.
5. **Oldd meg a számítást lépésenként.** Minden számításnál írd le a képletet, a behelyettesítést mértékegységgel és az eredményt. Így akkor is kapsz részpontot, ha a végeredmény rossz.

6. **A rajznál előbb vázolj.** Rajzold meg a nézeteket, a metszősík helyét és a méreteket. A szabásjegyzékben ellenőrizd, hogy a darabok száma, anyaga, kész mérete és nyers mérete következetes-e.
7. **Ellenőrizz minden feladatot.** A végén nézd át mértékegységenként: hossz mm-ben, terület m²-ben, térfogat m³-ben, pénz Ft-ban. Kérdezd meg: „Hihető-e a végeredmény?” Ha egy 2 m hosszú deszka térfogata 0,08 m³, az reális; ha 8,0 m³, az hibás.
8. **Javítsd a jelölt hibákat.** Ha időd engedi, a bekarikázott számításokat ellenőrizd egy másik módon, például nagyságrendi becsléssel.

Ezt az eljárást most kipróbáljuk egy kidolgozott mintafeladatsoron.

48.1.5. Anyagismeret és faipari számítások mintafeladatai

A vizsgán az anyagismeret és a faipari számítások gyakran kapcsolódnak össze. A három leggyakoribb feladattípus a **nedvességtartalom**, a **zsugorodás** és a **köbözés**. Ezek a A faanyag nedvességtartalma: mérés és számítás, a Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása” és a Szabásjegyzék és anyagnorma alfejezetekből ismertek.

1. Kidolgozott példa (nedvességtartalom). Egy tölgy mintadarab nedves tömege $m_n = 320\,\mathrm{g}$. Kiszárítás után az abszolút száraz tömeg $m_0 = 290\,\mathrm{g}$. Mennyi a faanyag nedvességtartalma?

Számítás. A nedvességtartalom képlete:

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$$

Behelyettesítve:

$$u = \frac{320\,\mathrm{g} - 290\,\mathrm{g}}{290\,\mathrm{g}} \cdot 100\,\% = \frac{30}{290} \cdot 100\,\% = 10{,}34\,\%$$

A faanyag nedvességtartalma kb. **10,3 %**. Ez a bútoripari felhasználás szokásos célértéke (tájékoztató, 8–12 % közötti célérték, a gyártási körülményektől függ).

2. Kidolgozott példa (zsugorodás). Egy bükk deszka szélessége 12 % nedvességen 200 mm. Mennyi lesz a szélessége 8 % nedvességen, ha a húrirányú differenciális zsugorodást 0,25 %/% értékkel vesszük figyelembe? (Tájékoztató érték, faanyagtáblázatból ellenőrizendő.)

Számítás. A nedvességváltozás:

$$\Delta u = 12\,\% - 8\,\% = 4\,\%$$

A szélességváltozás közelítő képlete:

$$\Delta b = b \cdot q \cdot \Delta u$$

ahol q a differenciális zsugorodás, tizedes alakban $0{,}25\%/\% = 0{,}0025$-os relatív csökkenés 1 % nedvességváltozásra. Behelyettesítve:

$$\Delta b = 200\,\mathrm{mm} \cdot 0{,}0025 \cdot 4 = 2{,}0\,\mathrm{mm}$$

A 8 % nedvességen várható szélesség:

$$b_8 = 200\,\text{mm} - 2{,}0\,\text{mm} = 198{,}0\,\text{mm}$$

Megjegyzés. Ez közelítő számítás; a zsugorodás a teljes nedvességtartományban nem pontosan lineáris, de gyakorlati becslésre alkalmas.

3. Kidolgozott példa (köbözés). A tanműhelyben 40 db fenyő léc van. Egy léc hossza 2,5 m, keresztmetszete 40 mm × 20 mm. Mennyi a lécanyag összes térfogata köbméterben?

Számítás. Először váltsuk át a keresztmetszetet méterre: $40\,\text{mm} = 0{,}04\,\text{m}$, $20\,\text{mm} = 0{,}02\,\text{m}$. Egy léc térfogata:

$$V_1 = 2{,}5\,\text{m} \cdot 0{,}04\,\text{m} \cdot 0{,}02\,\text{m} = 0{,}002\,\text{m}^3$$

A 40 db összes térfogata:

$$V = 40 \cdot 0{,}002\,\text{m}^3 = 0{,}080\,\text{m}^3$$

Az összes lécanyag térfogata **0,080 m³**.

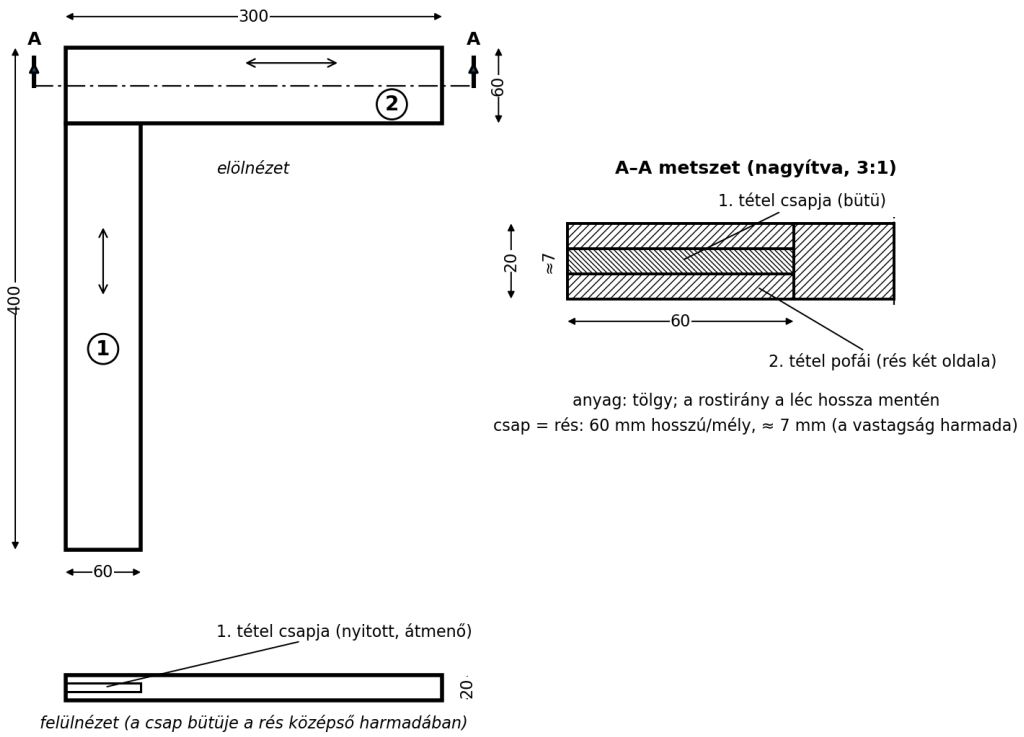
48.1.6. Szakrajz mintafeladat: fakötés rajza, metszet, szabásjegyzék

A szakrajzi feladat a vizsgán gyakran így szól: „Rajzolja le az adott fakötést két vetületben, és készítsen hozzá szabásjegyzéket.” A rajz értékelésénél a szabványos vonalakat, a méretmegadást, a metszetsraffozást és a kötés felismerhetőségét nézik. A rajzot az európai (E) vetítési rendben készítjük, a méretet mm-ben adjuk meg, de a mm-t a rajzon nem írjuk ki.

A következő minta egy **ollós csapozású sarokkötés** (nyitott réses–csapos sarokkötés) rajza. Két keretléc csatlakozik derékszögben. Az 1. tétel (függőleges léc) felső végén a vastagság középső harmadából (20/3 ≈ 7 mm) 60 mm hosszú **csap** készül; a 2. tétel (vízszintes léc) végén 60 mm mély, 7 mm széles **rés** (olló, villa) van. A csap a rés teljes mélységéig ér, így a sarokban a csap vége és a rés alja oldalról látszik (nyitott kötés). A vállak derékszögűek. (A gérbe vágott változat külön kötés: gérezett ollós csapozás; ha azt tanítod, nevezd meg így, és írd le a gérvállat.)

Szöveges rajzleírás:

- **Elölnézet:** A rajzon a sarok felőli oldalt látjuk. A függőleges léc mérete 60 mm széles és 20 mm vastag, hossza 400 mm. A vízszintes léc 300 mm hosszú, 60 mm széles és 20 mm vastag. A vállak derékszögűek.
- **Felülnézet:** A vízszintes léc felül helyezkedik el, a függőleges léc hátul. A csap hossza a rés mélységével egyezik: 60 mm, vagyis a másik léc teljes szélességén átmegy; a csap vastagsága kb. 7 mm.
- **Metszet:** A metszősík a középső síkon halad, párhuzamosan a rajzlap függőleges irányával, és átmetszi a csapot. A metszetsraffozás jelöli a faanyagot; a rostirányt nyilakkal jelöljük.
- **Méretek:** A nézeteken megadjuk a léc szélességét (60), vastagságát (20), hosszát (400 és 300), a csap hosszát (60, azonos a résmélységgel) és vastagságát (≈ 7).



48.2. ábra. Ollós csapozású sarokkötés szakrajza E vetítési rendben: elölnézet (1. tétel 400, 2. tétel 300 mm, 60 × 20 tölgy), alatta felülnézet a csap bütüjével, jobbra az A–A metszet a csapon át (3:1): a 2. tétel két pofája között az 1. tétel ≈ 7 mm vastag csapja

A mintamegoldáson az 1. tétel végén a vastagság középső harmadából (≈ 7 mm) 60 mm hosszú csap, a 2. tétel végén ugyanilyen széles, 60 mm mély rés (olló) készül; a vállak derékszögűek, a csap vége oldalról látszik. A HTML-kiadásban az elkészítés hat lépése (két léc, harmadolás, rés, csap, összeillesztés, kész sarok) lejátszható.

A szabásjegyzék ennél a két keretlécnél így néz ki:

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szálirány / élzárás	Megjegyzés
1	Függőleges keretléc	1	tölgy	400 × 60 × 20	410 × 65 × 22	rostirány hosszban	csap az egyik végén
2	Vízszintes keretléc	1	tölgy	300 × 60 × 20	310 × 65 × 22	rostirány hosszban	rés (olló) az egyik végén

Megjegyzés. A nyers méret ráhagyása itt példa: hosszban 10 mm, szélességben 5 mm, vastagságban 2 mm. A tényleges ráhagyás a megmunkálás módjától és a szerszámoktól függ.

48.1.7. Technológia és gépismeret mintafeladatai

A gépismereti feladatoknál a leggyakoribb a **forgácsolási sebesség** számítása, mert ez kapcsolja össze a szerszámátmérőt, a fordulatszámot és a biztonságos géphasználatot. A képlet:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$$

ahol v a forgácsolási sebesség (m/s), D a szerszámátmérő (mm), n a fordulatszám (1/min).

4. Kidolgozott példa (forgácsolási sebesség). Egy asztalos marógép marófejének átmérője $D = 200\,\text{mm}$. A gép fordulatszáma $n = 4\,500\,\text{min}^{-1}$. Mekkora a forgácsolási sebesség? Megfelelő-e ez a fa marásához, ha a tájékoztató ajánlott tartomány 40–80 m/s?

Számítás. Behelyettesítve:

$$v = \frac{200\,\text{mm} \cdot \pi \cdot 4\,500\,\text{min}^{-1}}{60\,000} \approx \frac{200 \cdot 3{,}14 \cdot 4\,500}{60\,000} = 47{,}1\,\text{m/s}$$

A forgácsolási sebesség kb. **47,1 m/s**, ami az ajánlott tartományon belül van. A gép beállítása tehát példaként megfelelő. **Mindig ellenőrizd a szerszámra írt megengedett legnagyobb fordulatszámot és a gépkönyvet.**

5. Kidolgozott példa (felületkezelési anyagszükséglet). Egy 900 mm × 200 mm-es tömörfa polc felületét lakkozzák. A polc mindkét oldalát és az éleit is bevonjuk, ezért a teljes kezelendő felület $A \approx 2 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}2 + 2 \cdot (0{,}9 + 0{,}2) \cdot 0{,}02 \approx 0{,}40\,\text{m}^2$. A lakk gyártói adatlapja szerinti fajlagos felhordás $q = 120\,\text{g/m}^2$ rétegenként. Két réteget viszünk fel, szórással, ahol a veszteség kb. 25 %. Mennyi lakkot kell előkészíteni?

Számítás. A veszteség nélküli anyagszükséglet:

$$m = A \cdot q \cdot n = 0{,}40\,\text{m}^2 \cdot 120\,\text{g/m}^2 \cdot 2 = 96\,\text{g}$$

A szórási veszteséggel növelt mennyiség:

$$m_{\text{szükséges}} = 96\,\text{g} \cdot 1{,}25 = 120\,\text{g}$$

Tehát kb. **120 g lakkot** kell előkészíteni. A hígítót a gyártói adatlap aránya szerint külön számoljuk.

Gépbeállítási kérdésre adott válasz (minta). Kérdés: „Miért kell az egyengető gyalugépen a kések vágókörének legfelső pontját a kifutó (hátsó) asztal síkjába állítani?” Válasz: Azért, mert az egyengetés akkor lesz sík, ha a munkadarab a kifutó oldalon már azonos magasságban fekszik a késsel; ha a kés túl magasan vagy túl alacsonyan áll, a gyalulás hullámos, vagy a darab kopog. A pontos beállítást gyártói sablonnal vagy mérőórával ellenőrizzük **(ellenőrizendő: gépkönyv)**.

48.1.8. Kalkuláció és árajánlat mintafeladat

A vizsgán a kalkuláció gyakran egy egyszerű termékre vonatkozik. A feladatban megadják az anyagmennyiségeket és a fajlagos árakat; neked az anyagköltséget, az önköltséget, a termelési árat és a bruttó árat kell kiszámítanod. A mintaárak csak a számítás menetét mutatják.

6. Kidolgozott példa (falipolc árajánlat). Készíts árajánlatot egy 900 × 200 × 18 mm-es falipolcra. A termék 1 db 18 mm vastag forgácslapból készül, felülete élzárással és vízbázisú lakkal bevonva. A feladat adatai mintaárak.

Anyagköltség táblázat:

Tétel	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Forgácslap 18 mm	0,2	m²	4 800	960
Élzáró fólia	1,8	fm	30	54
Konzol	2	db	1 200	2 400
Vízbázisú lakk	0,1	l	6 000	600
Csavar, tipli	1	készlet	500	500
Közvetlen anyagköltség				**4 514**
Bér	1,2	óra	5 500	6 600
Bérjárulék 13 %				858
Egyéb közvetlen költség				300
Közvetlen költség				**12 272**
Általános (rezsi) költség 15 %				1 841
Teljes önköltség				**14 113**
Nyereség 10 %				1 411
Termelési (nettó) ár				**15 524**
ÁFA 27 %				4 191
Bruttó (kiszámlázott) ár				**19 715**

A bruttó árat ésszerűen kerekítve **19 700 Ft**-ra adod. A számításban a bérjárulék és az ÁFA százaléka tájékoztató, mindig ellenőrizendő az aktuális mérték.

48.1.9. Munkavédelmi mintafeladatok

A munkavédelmi kérdések a vizsgán gyakran gépi művelethez kötődnek. A válaszban a védőberendezéseket, az egyéni védőeszközöket és a tiltott gyakorlatot is meg kell nevezni.

Gépbiztonság. Az asztalos körfűrészgépen végzett darabolásnál a munkadarabot csak betanított, felügyelt tanuló vághatja. Védőburkolat, hasítóék, tolófa/tolókocsi, fapor-elszívás és vészleállító nélkül a gépet nem szabad használni. Kesztyűt forgó szerszámnál tilos viselni. A munkaterületet a gép körül szabadon kell tartani.

Mintakérdés és válasz: Kérdés: Sorold fel azt a négy védőberendezést, amelyet asztalos körfűrészgépen daraboláskor ellenőrizni kell a munka megkezdése előtt. Válasz: (1) A fűrészlap fölötti elszívó burkolat; (2) a hasítóék és a védőborítás; (3) a tolófa vagy tolókocsi megléte; (4) a vészleállító gomb elérhetősége. Ezen kívül ellenőrizni kell a fűrészlap rögzítését és repedésmentességét.

Szabály. A keményfa-por (például tölgy- és bükkpor) rákkeltő anyagként van besorolva **(ellenőrizendő: besorolás, munkahelyi határérték)**. Ezért a porképző műveleteknél elszívást

és megfelelő légzésvédőt (FFP osztály) kell használni. A felületkezelő anyagoknál a biztonsági adatlap az irányadó.

48.1.10. Minőségellenőrzés: hogyan ellenőrizd a megoldásaidat?

A vizsga előtti gyakorlásnál ugyanazt a szemléletet alkalmazd, mint a műhelyben a méretellenőrzésnél.

- **Mértékegység-ellenőrzés:** Minden szám vége után kérdezd: „Mi a mértékegysége?” Ha az eredményhez nem tudsz egységet rendelni, a számítás hibás.
- **Nagyságrendi ellenőrzés:** A fűrészáru térfogata m^3-ben általában 0,001 és 0,5 között van; egy falipolc anyagköltsége néhány ezer forint; a forgácsolási sebesség 30–80 m/s között mozog. Ha a kapott érték ettől nagyon eltér, keresd a hibát.
- **Rajz–anyag–művelet hármas:** A rajzon a méret, a szabásjegyzékben a darabszám, a technológiai lépésben a művelet ellenőrizhető. Ha a rajz 2 csapot mutat, a szabásjegyzékben nem lehet 1 db.
- **Kalkuláció keresztellenőrzés:** Add össze a költségsorokat alulról felfelé is: a bruttó ár = nettó ár × 1,27. Ha az ÁFA kiszámításakor a nettó ár 17 042 Ft, az ÁFA 4 601 Ft, a bruttó 21 643 Ft.

48.1.11. Tipikus hibák és okaik a vizsgán

1. **Mértékegység elhagyása vagy rossz átváltása.** *Ok:* A tanuló siet, és a mm-t nem váltja át m-re a térfogatszámításnál. *Helyes gyakorlat:* Minden számítást mértékegységgel írunk le, és a térfogatszámításnál először méterre váltunk.
2. **A rajzon a mm kiírása.** *Ok:* A rajzolásnál a tanuló a méret után odaírja a „mm”-t, pedig a szabvány szerint a faipari rajzon a mm-t nem írjuk ki. *Helyes gyakorlat:* A rajzon csak a szám szerepel; a feliratban vagy a szabásjegyzékben jelezzük az egységet.
3. **A kalkulációból kimarad az általános költség vagy az ÁFA.** *Ok:* A tanuló csak az anyag- és bérköltséget számolja, és azt hiszi, hogy az már az eladási ár. *Helyes gyakorlat:* A költségszerkezet lépéseit követjük: anyag → bér → járulék → egyéb közvetlen → általános → önköltség → nyereség → nettó ár → ÁFA → bruttó ár.
4. **Védőberendezés nélküli géphasználat leírása.** *Ok:* A tanuló a gyorsaságra hivatkozik, és elfelejti, hogy a munkavédelmi előírások a vizsgán is értékeltek. *Helyes gyakorlat:* Minden gépi műveletnél megnevezzük az indítás előtti ellenőrzést, a védőberendezést és az egyéni védőeszközt.

48.1.12. Valós életbeli alkalmazás: egy vizsgázó esete

Egy tanuló a vizsgán a gyakorlati feladat mellett kapott egy írásbeli kalkulációs lapot. A feladat egy kis éjjeliszekrény árajánlatát kérte. A tanuló a közvetlen anyagköltséget kiszámolta, a bért hozzáadta, majd azonnal bruttó árat írt. Az értékelésnél kiderült, hogy kimaradt a bérjárulék, az általános költség és az ÁFA. A tanuló nem bukott meg, mert a számítási menetet részpontokkal értékelték, de sok pontot veszített. A hibát azzal lehetett volna elkerülni, ha előre megtanulja a költségszerkezet lépéseit: **anyag → bér → járulék → egyéb → általános → önköltség → nyereség → nettó → ÁFA → bruttó**. Ez a tanulság: a vizsgán a költségszámításnál mindig a teljes láncot kell levezetni, nem elég csak az anyag- és bérköltséget összeadni.

48.1.13. Önellenőrzés

Válaszolj röviden az alábbi kérdésekre. A megoldásokat a `### Megoldások` elején találod.

1. Igaz-e, hogy a nedvességtartalom képlete $u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$? Indokold!
2. Igaz-e, hogy a forgácsolási sebesség növekszik, ha a szerszámátmérő nő és a fordulatszám állandó?
3. Mi a hiba ezen a rajzon: „A méret 250 mm”?
4. Melyik költségsor hiányzik ebből a kalkulációból: anyagköltség + bérköltség = eladási ár?
5. Milyen védőberendezést kötelező használni asztalos körfűrészgépen a visszarúgás megelőzésére?
6. Mennyi 10 db 2 m hosszú, 50 × 20 mm-es léc térfogata?

48.1.14. Feladatok

1. feladat (A). Egy fenyő minta nedves tömege 250 g, abszolút száraz tömege 220 g. Számold ki a nedvességtartalmát.

2. feladat (A). Sorold fel a szakmai vizsga négy jellemző vizsgarészét a mai rendszerben **(ellenőrizendő: a pontos elnevezés)**.

3. feladat (B). Egy tölgy deszka szélessége 10 % nedvességen 180 mm. Mennyi lesz a szélessége 7 % nedvességen, ha a húrirányú differenciális zsugorodás 0,30 %/%? (Tájékoztató érték.)

4. feladat (B). Egy marófej átmérője 160 mm, a gép fordulatszáma 6 000 1/min. Számold ki a forgácsolási sebességet. A tájékoztató ajánlott tartomány 40–80 m/s. Megfelel-e az érték?

5. feladat (C). Az alábbi kalkuláció hibás: „Anyagköltség 8 000 Ft, bér 6 000 Ft, eladási ár 14 000 Ft.” Sorold fel a hiányzó költségsorokat, és írd le a helyes gondolatmenetet.

6. feladat (D). Állíts össze egy 8 lépéses vizsgafelkészülési ellenőrzőlistát az írásbeli/interaktív feladatsorhoz. A lista tartalmazzon időgazdálkodást, mértékegység-ellenőrzést és rajzi előírást is.

48.1.15. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. **Igaz.** A nedvességtartalom a száraz tömegre vonatkoztatott víztömeg százalékban.
2. **Igaz.** $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$, ha D nő és n állandó, v növekszik.
3. **Hiba:** A faipari rajzon a mm-t nem írjuk ki, csak a „250” számot kell feltüntetni.
4. **Hiányzik:** bérjárulék, egyéb közvetlen költség, általános költség, nyereség, ÁFA. A teljes lánc: anyag + bér + járulék + egyéb → közvetlen; + általános → önköltség; + nyereség → nettó ár; + ÁFA → bruttó ár.
5. **Hasítóék (és védőburkolat).** A hasítóék megakadályozza, hogy a vágás összezáródva a fűrészlap hátsó fogaira szorítsa a munkadarabot, és az visszarúgjon.
6. $V = 10 \cdot 2\,\text{m} \cdot 0{,}05\,\text{m} \cdot 0{,}02\,\text{m} = 0{,}020\,\text{m}^3$.

1. feladat (A) megoldása

$$u = \frac{250\,\text{g} - 220\,\text{g}}{220\,\text{g}} \cdot 100\,\% = \frac{30}{220} \cdot 100\,\% = 13{,}6\,\%$$

2. feladat (A) megoldása

A négy jellemző vizsgarész: (1) központi interaktív/írásbeli feladat; (2) gyakorlati vizsgafeladat; (3) projektfeladat (vizsgaremek) és dokumentáció; (4) szóbeli vizsga (régi OKJ-s vizsgán, ma csak ha a vizsgaleírás előírja). A pontos elnevezés vizsgaszabályzatonként változhat.

3. feladat (B) megoldása

Nedvességváltozás: $\Delta u = 10\,\% - 7\,\% = 3\,\%$. Szélességváltozás: $\Delta b = 180\,\text{mm} \cdot 0{,}003 \cdot 3 = 1{,}62\,\text{mm}$. A 7 %-on várható szélesség: $180 - 1{,}62 = 178{,}38\,\text{mm} \approx 178{,}4\,\text{mm}$.

4. feladat (B) megoldása

$$v = \frac{160 \cdot 3{,}14 \cdot 6\,000}{60\,000} = \frac{160 \cdot 3{,}14 \cdot 6\,000}{60\,000} = 50{,}24\,\text{m/s}$$

Az érték a 40–80 m/s tartományon belül van, tehát példaként megfelelő.

5. feladat (C) megoldása

Hiányzó sorok: bérjárulék (pl. 13 % a bérre), egyéb közvetlen költség (pl. csiszolóanyag, energia), általános költség (rezsi), nyereség, ÁFA. A helyes lánc:

$$8\,000 + 6\,000 = 14\,000\ \text{Ft}$$

ehhez jön bérjárulék és egyéb közvetlen, így kapjuk a közvetlen költséget. Ehhez jön az általános költség, így kapjuk az önköltséget. Ehhez jön a nyereség, így kapjuk a nettó termelési árat. Végül jön az ÁFA, így kapjuk a bruttó árat.

6. feladat (D) megoldása

1. Időzítő beállítása a feladatsor elején.
2. Feladatok áttekintése, pontszámok bekarikázása.
3. Időarányos terv készítése (1 pont ≈ 1 perc).
4. Biztos, gyors feladatokkal kezdés.
5. Számításoknál képlet + behelyettesítés + eredmény mértékegységgel.
6. Rajznál európai vetítési rend, metszetsraffozás, méretek mm kiírása nélkül.
7. Mértékegységek ellenőrzése minden számításnál.
8. Végén nagyságrendi becslés és hibajavítás.

48.1.16. Rövid összefoglaló

A szakmai vizsga jellemzően írásbeli/interaktív feladatból, gyakorlati vizsgafeladatból, projektfeladatból (vizsgaremekből) és – a régi OKJ-s vizsgán, ma csak ha a vizsgaleírás előírja – szóbeli vizsgából áll **(ellenőrizendő: hatályos vizsgaszabályzat, KKK/PTT)**. A vizsgára úgy készülünk, hogy **vegyes mintafeladatsorokat** oldunk meg időre, mert a vizsgán a témákat váltogatni kell. Az anyagismereti számítások alapja a nedvességtartalom $u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\%$ képlete, a zsugorodás közelítő számítása $\Delta b = b \cdot q \cdot \Delta u$, valamint a fűrészáru térfogatának köbözése $V = l \cdot b \cdot v$. A szakrajznál az európai vetítési rendet, a metszetsraffozást, a milliméteres méretmegadást és a szabásjegyzéket kell következetesen használni. A gépismereti feladatoknál a forgácsolási sebességet $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$ képlettel számoljuk, és a biztonsági előírásokat is értékelik. A kalkuláció teljes lánca: anyag, bér, járulék, egyéb közvetlen, általános költség, önköltség, nyereség, nettó ár, ÁFA, bruttó ár. A munkavédelemnél a védőberendezéseket, a fapor-kockázatot és a biztonságos géphasználat szabályait kell felsorolni. **Továbbvitt eredmény:** ezek a mintafeladatok

a Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés alfejezetben készítik elő a teljes vizsgaremek dokumentációját és a gyakorlati vizsgafeladat megoldását.

48.1.17. Források és ellenőrzési hiányok

- **Forrástípusok:** hatályos szakképzési törvény és szakmai vizsgaszabályzat; az NIVE és az IKK vizsgaközpont tájékoztatói; az asztalos szakmai és vizsgakövetelmények; a felhasznált szabványok (MSZ EN ISO 19085 sorozat, MSZ EN ISO 128 rajzi szabvány, MSZ EN 204 ragasztóosztályok) jelölve; faipari szakkönyvek, gépkönyvek, biztonsági adatlapok.
- **Ellenőrizendő:** a vizsgarészek pontos elnevezése és pontozása; a régi OKJ-s vizsga szerkezete; a bérjárulék és az ÁFA aktuális mértéke; a keményfa-por rákkeltő besorolása és munkahelyi határértéke; a differenciális zsugorodási értékek; a mintaárak és a fajlagos felhordási értékek. A mintaárak kitalált, szemléltető adatok.

48.2. Vizsgaremek és gyakorlati vizsgafeladat: tervezés, dokumentáció, értékelés

48.2.1. Motiváció

A szakmai képzés utolsó heteiben már nem az a kérdés, hogy tudsz-e fúrni, gyalulni vagy ragasztani. Az a kérdés, hogy egy megadott terméket **önállóan, dokumentálva, határidőre, a vizsgabizottság előtt biztonságosan** el tudsz-e készíteni. A vizsgaremek és a gyakorlati vizsgafeladat ezt méri: egyszerre vizsgálja a rajzolvasást, az anyagszámítást, a géphasználatot, a szerelést, a felületkezelést és a munkavédelmi fegyelmet. Aki a vizsgaremeket nem csak „csinálja”, hanem **tervszerűen, a dokumentációjával összhangban** építi, az akkor is nyugodt marad, ha a bizottság kérdez vagy egy gépi műveletet külön bemutattat.

Ebben a záró fejezetben a vizsgaremek teljes útját járjuk végig: kiválasztás, jóváhagyatás, dokumentáció, gyártás, munkanapló, gyakorlati vizsgafeladat és értékelés. A korábban tanult szabásjegyzék és anyagnorma, Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása és A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés eredményeit itt egyetlen vizsgamunkában kapcsoljuk össze.

48.2.2. Szemléletes kép

Képzeld el a vizsgaműhely asztalán a kész tölgyfa **kávaszerkezetű faliszekrényt**: 600 mm széles, 800 mm magas, 250 mm mély, egy betétes keretajtóval és két állítható polccal. Mellette fekszik a dokumentációs dosszié: elöl a címlap, utána az összeállítási rajz, a metszet, a csomóponti rajz, a szabásjegyzék, az anyagnorma, a folyamatábra, a technológiai leírás és az árkalkuláció. A munkanapló utolsó bejegyzése így szól: „Felületkezelés második réteg felhordva, száradás ellenőrizve, zár és pántok beállítva.” A bizottság először a dokumentumokat lapozza át, csak utána nézi a terméket: ha a rajz és a szabásjegyzék nem stimmel, a hiányosságot észre fogják venni.

48.2.3. A vizsgaremek kiválasztása és jóváhagyatása

Szabály. A vizsgaremek témáját a vizsgát szervező intézmény vizsgaszabályzata és az adott szakma vizsgakövetelménye határozza meg (ellenőrizendő: az aktuális vizsgaszabályzat és a szakképzési jogszabályok). A vizsgázó általában javaslatot tesz, amelyet az oktatóval egyeztet, majd az intézmény vagy a vizsgabizottság írásban jóváhagy.

A jóváhagyatás nem formalitás. A választott terméknek:

- be kell mutatnia legalább két-három **fakötést** (például kávasarkot fogazással, ajtókeretet ollós csappal, polcot nútba illesztve);
- tartalmaznia kell **gépi megmunkálást** (például egyengetés, vastagolás, marás, fúrás);
- alkalmasnak kell lennie **szerelésre**, vasalat beépítésére és beállítására;
- felülete legyen **előkészítve és felületkezelve**;
- mérete legyen olyan, hogy a vizsgázó a megadott idő alatt **jó minőségben** el tudja készíteni.

Példa. A faliszekrény alkalmas vizsgaremek, mert a kávasarkok fogazott kötéssel, az ajtókeret nyitott ollós csappal, a polcok polctartó csapokkal készülnek, a hátlap hornyolt nútba kerül, a teljes felület olajozott vagy lakkozott.

Túl nagy vagy túl bonyolult terméket ne válassz. Egy kapkodva készített nagy szekrény rosszabb benyomást kelt, mint egy pontosan megmunkált, kisebb káva- vagy keretszerkezetű bútor.

48.2.4. A vizsgaremek dokumentációjának felépítése

A dokumentáció kötelező elemei jellemzően az alábbiak (ellenőrizendő: az intézményi útmutatóban foglalt sorrend és formai követelmények):

Dokumentum	Tartalom	Hol tanultad?
Műszaki rajzok	összeállítási rajz, metszetek, csomóponti rajzok, méretek, anyagjelölés	Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend
Szabásjegyzék	minden alkatrész kész és nyers mérete, darabszáma, anyaga	Szabásjegyzék és anyagnorma
Anyagnorma	nettó anyagmennyiség, hulladék, kihozatal, bruttó szükséglet	Szabásjegyzék és anyagnorma
Műszaki leírás	anyagok, vasalatok, felületkezelés, szerkezeti megoldások	Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra
Gyártási folyamatábra	műveletsor, ellenőrzési pontok, gépek	Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra
Általános technológiai leírás	gépek, szerszámok, beállítások, biztonsági előírások	A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés
Árkalkuláció	anyagköltség, munkabér, rezsi, önköltség, ár	Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő

Dokumentum	Tartalom	Hol tanultad?
Munkanapló	dátum, művelet, gép/szerszám, anyag, ellenőrzés	jelen alfejezet

A dokumentációt akkor is be kell adni, ha a termék kész. A hiányzó vagy ellentmondó dokumentum levonással jár.

48.2.5. A vizsgaremek műszaki rajza

A műszaki rajz a dokumentáció gerince. A faliszekrény példáján a rajz legalább három részből áll:

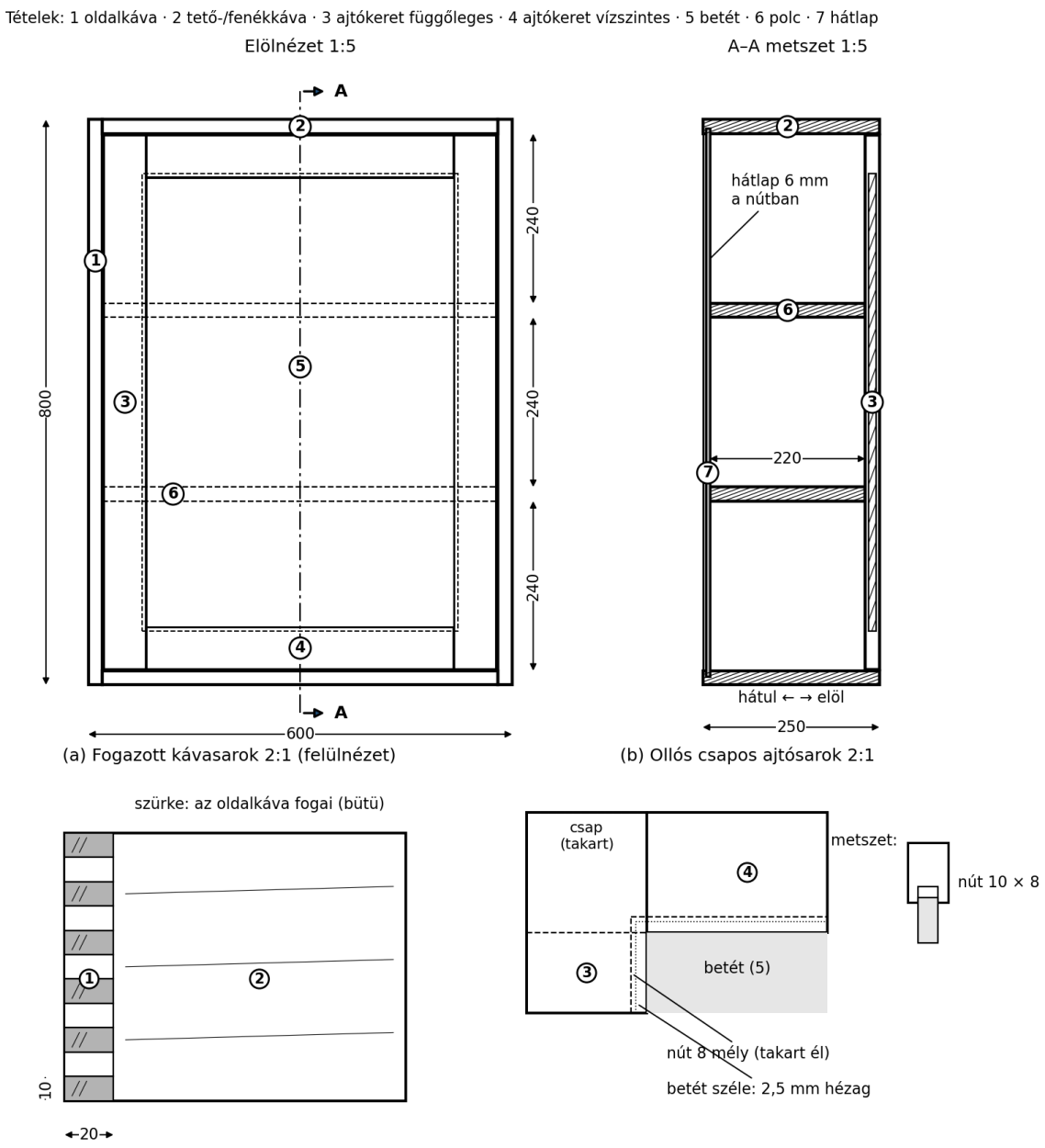
1. **Elölnézet** – hosszúság × magasság 600 × 800 mm; a kávák, a betétes ajtó, a polcosztás és a szerelvényhelyek látszanak. Az ajtó nyílása 560 × 760 mm (a 20 mm vastag kávák belső mérete). A méretvonalak a befoglaló méreteket és a polcok magassági osztását adják meg.
2. **Oldalnézet metszetben** – a metszősík a szekrény közepén, hátulról előre halad; a rajz mutatja a 250 mm mélységet, a tető és fenék káváját, a polc 220 mm mélységét, a hátlap hornyát, valamint a hátlap és a fal közötti távolságot.
3. **Csomóponti rajzok** – legalább kettő:

   - a kávasarok **fogazott kötésének** nagyított metszete, a fogak hossza kb. 20 mm, a fogosztás a szerszámnak megfelelően (tájékoztató: 8–12 mm);

   - az ajtókeret **ollós csapos** sarka és a betét nútja, a nút 10 mm széles és 8 mm mély, a betét alatt és oldalt 2–3 mm mozgási hézag marad.

A rajzon a következőket kell jelölni:

- a **nézési irányokat** az európai vetítési rend (E) szerint,
- a **metszősíkokat** szaggatott pontvonallal,
- a **anyagjelöléseket** metszetben (tölgy: hosszanti szálirányú sraffozás; rétegelt lemez: váltakozó rétegsraffozás),
- minden alkatrész **tételszámát**, amely megegyezik a szabásjegyzék tételszámával.



48.3. ábra. Tölgy faliszekrény vizsgaremek-mintarajza: elölnézet 1:5 (600 × 800, 20 mm-es kávák, betétes ajtó 60 mm-es keretlécekkel, polcosztás 3 × 240), A–A oldalmetszet (250 mm mélység, 220 mm-es polcok, hátlap a nútban), csomópontok 2:1: fogazott kávasarok és ollós csapos ajtósarok a betét nútjával; tételszámok 1–7

A mintarajz tételszámai a szabásjegyzékkel egyeznek. Az ajtó a 560 × 760 mm-es nyílásban körben 2 mm hézaggal 556 × 756 mm; a betét a keret 436 × 636 mm-es belső nyílásánál a 2 · 8 mm nútmélységgel nagyobb, a 2 · 2,5 mm mozgási hézaggal kisebb: 447 × 647 mm. A mélység 4 (nút a hátsó éltől) + 6 (hátlap) + 220 (polc) + 20 (ajtó) = 250 mm. A HTML-kiadásban az egyes nézetek és tételek gombokkal kiemelhetők.

48.2.6. Szabásjegyzék és anyagnorma

A szabásjegyzék a rajzból indul, és **minden alkatrészt** tételenként felsorol. A kész méret a megmunkálás utáni, a nyers méret a ráhagyással növelt méret. A ráhagyás hosszban, szélességben és vastagságban tájékoztató érték: hosszban 20–30 mm, szélességben 5–10 mm, vastagságban 1–2 mm (gépbeállítástól függ, ellenőrizendő).

Tétel	Megnevezés	Db	Anyag	Kész méret h × sz × v (mm)	Nyers méret h × sz × v (mm)	Szál-irány / élzárás	Megjegy-zés
1	Oldalkáva	2	tölgy tömörfa	800 × 250 × 20	830 × 260 × 22	hossz-irányban	fogazott sarok
2	Tető- és fenék-káva	2	tölgy tömörfa	600 × 250 × 20	630 × 260 × 22	hossz-irányban	fogazott sarok
3	Ajtókeret függőleges	2	tölgy tömörfa	756 × 60 × 20	780 × 65 × 22	hossz-irányban	nút a belső oldalon (ajtóhé-zaggal)
4	Ajtókeret vízszintes	2	tölgy tömörfa	556 × 60 × 20	580 × 65 × 22	hossz-irányban	ollós csap (vállak között 436; csap-hossz 60, átmenő)
5	Ajtóbetét	1	tölgy tömörfa	447 × 647 × 10	460 × 660 × 12	hossz-irányban	mozgó betét (nút-mélység 2 · 8, hézag 2 · 2,5)
6	Polc	2	tölgy tömörfa	560 × 220 × 20	590 × 230 × 22	hossz-irányban	polctar-tó furatok
7	Hátlap	1	rétegelt lemez	780 × 580 × 6	800 × 600 × 6	nincs	nútba csúsztat-va

Az anyagnorma a nettó térfogatból és a kihozatalból számítja a bruttó fűrészáru-szükségletet.

Kidolgozott példa. A fenti táblázat nettó tömörfa térfogata:

$$V_{\text{összes}} = \sum V = 0{,}0080 + 0{,}0060 + 0{,}0018 + 0{,}0013 + 0{,}0029 + 0{,}0049 \approx 0{,}0249\,\text{m}^3.$$

A fűrészáru-kihozatal jellemzően 60–70% (tájékoztató, az anyag minőségétől és a vágásképtől függ). Ha 65%-kal számolunk, a bruttó szükséglet:

$$V_{\text{bruttó}} = \frac{0{,}0249}{0{,}65} \approx 0{,}0383\,\text{m}^3.$$

Rendelésnél 0,04 m³ tölgy fűrészárut veszünk figyelembe.

48.2.7. Árkalkuláció a vizsgaremekhez

Az árkalkuláció bizonyítja, hogy a vizsgaremek anyag- és munkaköltségét is ki tudod számolni. A mintaárak nem valós piaci adatok; a számítás menetét mutatják.

Költségsor	Mennyiség	Egység	Egységár (Ft)	Érték (Ft)
Tölgy fűrészáru	0,040	m³	350 000	14 000
Rétegelt lemez hátlap	0,50	m²	6 000	3 000
Vasalat, polctartó, pánt, zár	1	csomag	8 000	8 000
Felületkezelő anyag	1	készlet	2 500	2 500
Közvetlen anyagköltség				**27 500**
Közvetlen bér (az ütemterv 7 munkanapjából ≈ 50 óra, tájékoztató)	50	óra	6 000	300 000
Bérjárulék	13%			39 000
Általános költség (rezsi)	1	tétel	15 000	15 000
Önköltség				**381 500**
Nyereség	10%			38 150
Nettó ár				**419 650**
ÁFA	27%			113 306
Bruttó ár				**532 956 Ft ≈ 533 000 Ft**

A bérjárulék és az ÁFA mértéke időben változhat, ezért mindig ellenőrizd az aktuális jogszabályt. A bérsor óraszámát az ütemtervből számoltuk (7 munkanap, kb. 50 munkaóra); a minta órabér a tanulási példa szerinti 6 000 Ft/óra; éles kalkulációban a tényleges bérköltséggel számolj.

48.2.8. Gyártási folyamatábra és ütemezés

A vizsgaremek elkészítését legalább heti bontásban meg kell tervezni. A fejlesztés lépései a faliszekrényre:

1. **Anyagkiosztás** – a szabásjegyzék alapján a tölgy deszkák hibáit kikerülve jelöld ki az alkatrészeket.
2. **Szabás** – darabold fel túlmérettel, majd válogasd szét.
3. **Gyalulás** – egyengesd, vastagold az alkatrészeket bázislap–bázisél elv szerint.
4. **Méretre vágás** – a pontos külső méreteket a rajz szerint állítsd be.
5. **Kötések készítése** – maráskor a fogazott sarkokat és az ajtó ollós csapjait; fúrd ki a polctartó furatokat.
6. **Száraz illesztés** – minden kötést ragasztó nélkül próbálj össze.
7. **Ragasztás, préselés** – D3-as PVAc ragasztóval, derékszög ellenőrzése mellett.
8. **Csiszolás, felületkezelés** – végső méretellenőrzés után.
9. **Szerelés** – pántok, zár, polctartók beépítése, ajtó beállítása.
10. **Végső minőségellenőrzés** – a vizsgaremek előtti önellenőrzés.

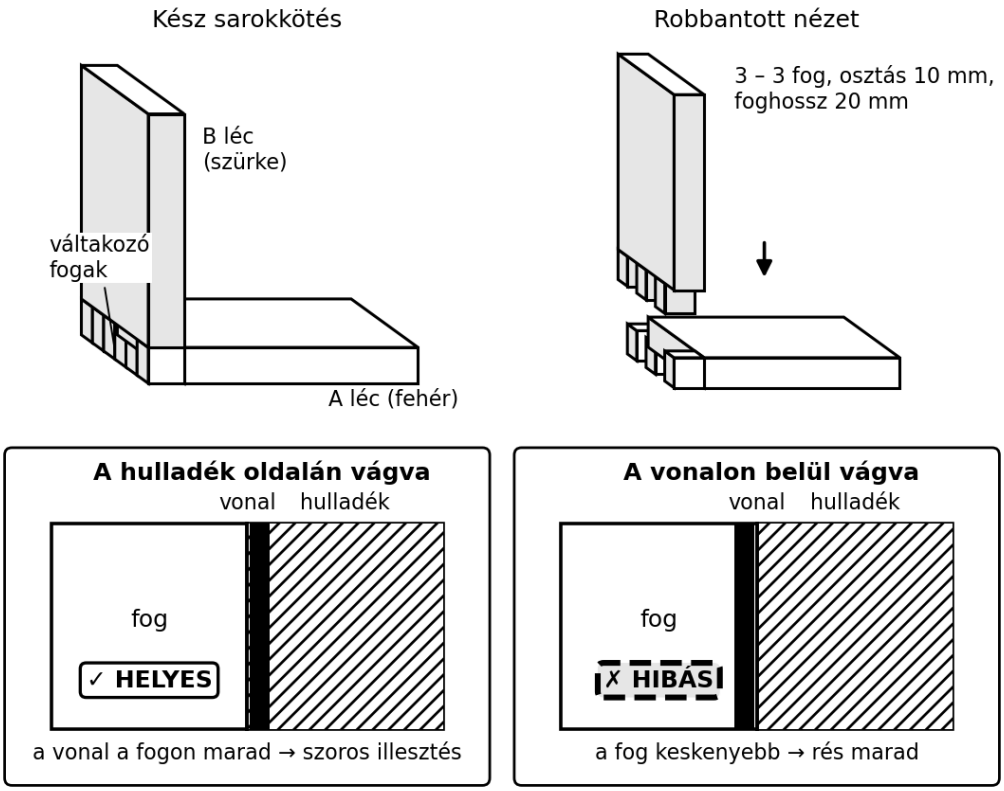
Vizsgaremek-ellenőrzőlista.

1. Ellenőrizd, hogy a rajz, a szabásjegyzék, az anyagnorma és az árkalkuláció méretei **azonosak**.
2. Ellenőrizd a nézeteket, a metszeteket és a tételszámok egyezését a szabásjegyzékkel.
3. Győződj meg arról, hogy a szabásjegyzék minden alkatrészt tartalmaz, és a nyers méretek a ráhagyással együtt valósak.
4. Nézd át a folyamatábrát: minden gépi művelethez tartozik gép- és szerszám-megnevezés.
5. Készíts próbadarabot a fogazáshoz, a csapozáshoz és a felületkezeléshez.
6. Vezesd a munkanaplót naprakészen, dátummal és aláírással.
7. A beadás előtt töltsd ki a minőségellenőrzési lapot: méretek, derékszög, hézagok, felület.
8. Tegyél minden dokumentumot digitális és nyomtatott formában a dossziéba.

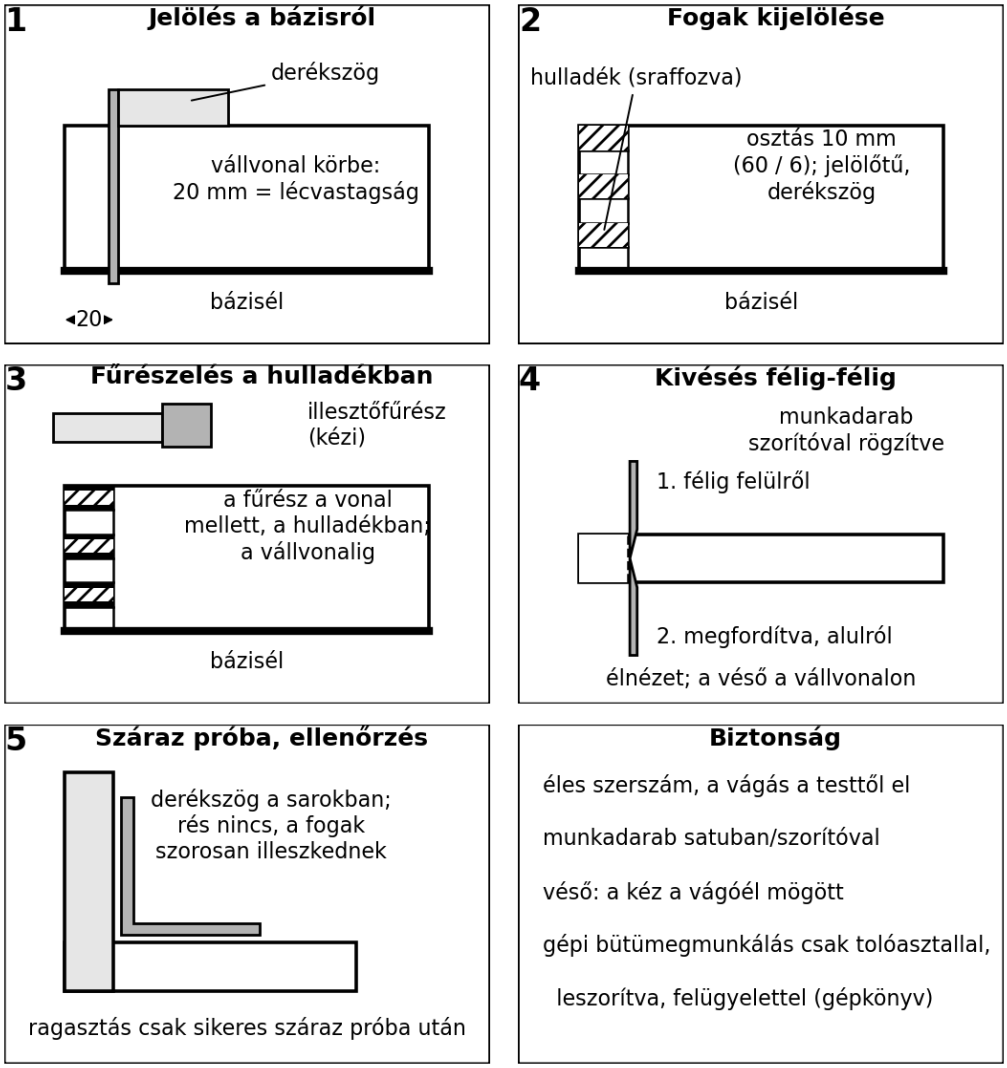
48.2.9. Gyakorlati vizsgafeladat

A gyakorlati vizsgafeladat jellemzően egy **kijelölt szerkezeti elem** elkészítése vagy egy **gépi művelet** bemutatása a bizottság előtt. A pontos feladatot, az időtartamot és az értékelési arányokat a vizsgaszervező határozza meg (ellenőrizendő).

Legyen a példafeladat a faliszekrény **fogazott kávás sarokkötésének** elkészítése 90 perc alatt, előre gyalult, $20 \times 60 \times 300$ mm-es tölgy lécekből.



48.4. ábra. Fogazott kávás sarokkötés kész és robbantott nézete (3–3 fog, 10 mm-es osztás, 20 mm hosszú fogak), valamint a helyes (a hulladék oldalán) és a hibás (a vonalon belül) fűrészelés



48.5. ábra. A fogazott sarok kézi elkészítése öt lépésben: jelölés a bázisról (vállvonal 20 mm-re), fogak kijelölése 10 mm-es osztással, fűrészelés a hulladék oldalán, kivésés félig felülről és félig alulról, száraz próba derékszöggel (sematikus vonalrajz)

48.2.10. Technológiai lap: fogazott kávás sarokkötés gyakorlati vizsgafeladat

Termék/alkatrész: 90°-os kávás sarokkötés fogazással, 20 mm vastag tölgy elemekből
Anyag: gyalult tölgy léc 2 db, 20 × 60 × 300 mm, fanedvesség 12 ± 2% (ellenőrizendő)
Gépek és szerszámok: asztalos marógép fogazó szerszámmal, csapozószán (tolóasztal) és leszorító, körfűrész tolóasztallal vagy haránt ütközővel, derékszögelő, vonalzó, szorító, D3 PVAc ragasztó, csiszolópapír

Gépbiztonság. A művelet betanított, felügyelt tanulónak szól; védőberendezés nélkül, egyedül, fáradtan ne végezd. A fogazó szerszámot csak a marógép védőburkolatával, leszorítóval és elszívással együtt használd. Forgó szerszám közelében **tilos kesztyűt** viselni, mert a szerszám beakaszthatja és a kezet behúzhatja. Viselj védőszemüveget, hallásvédőt és munkaruhát. A fapor ellen használj műhely-elszívást és FFP2 légzésvédőt. A gép beállítása és szerszámcsere előtt áramtalaníts és várd meg, amíg a szerszám teljesen leáll.

Indítás előtti ellenőrzés:

- A marógép kikapcsolt állapotban van; a vészkapcsoló elérhető.
- A fogazó szerszám éles, ép, rögzítése szoros, a fordulatszám a szerszám jelölésének megfelel (ellenőrizendő: szerszám adatlap).
- A védőburkolat és az elszívás fel van szerelve.
- A munkadarabon nincs szeg, repedés, laza göcs.
- A munkaterület szabad, a csapozószán és a leszorító kéznél van.

Számozott lépések:

1. Ellenőrizd a rajzot: a fogak hossza 20 mm, a sarok 90°-os. – ellenőrzés: derékszögelővel a rajz alapján beállított vonal.
2. Készíts próbadarabot két hulladékdarabból. – ellenőrzés: a fogazás szorosan illeszkedik, a sarok derékszögű, nincs túl nagy hézag.
3. Vágd le a munkadarabok végét pontosan derékszögben, 20 mm-rel hosszabbra a végleges méretnél: a darabolást körfűrészen tolóasztallal és haránt ütközővel végezd. – ellenőrzés: a vágás merőleges, a kéz a védőzónán kívül van.
4. Állítsd be a fogazó szerszám magasságát a lécek vastagságának megfelelően. – ellenőrzés: a fogásmintázat a próbadarabon teljes vastagságban illeszkedik.
5. A munkadarabot a csapozószánon az ütközőhöz és leszorítóval rögzítsd; a szánt egyenletesen told át, a kéz a szánon marad, a szerszám a burkolat alatt (ellenőrizendő: gépkönyv, MSZ EN ISO 19085-6). – ellenőrzés: a munkadarab sima felületű, a fogak nem szakadtak. Ha a műhely nem rendelkezik ilyen felszereléssel, a fogazást felsőmarós sablonnal vagy kézi fűrész–véső eljárással végezd.
6. Szárazon illeszd össze a két elemet. Ellenőrizd a 90°-ot és az érintkező felületeket. – ellenőrzés: hézagmentes derékszög száraz illesztésben is.
7. Válaszd szét, majd vékony, egyenletes D3 ragasztóréteget vigyél fel a fogazatra. – ellenőrzés: a ragasztó nem folyik le, a felület nem száraz.
8. Illeszd össze, préseld derékszög-szorítóval vagy hevederes szorítóval. – ellenőrzés: derékszög a présben, átlók egyenlősége.
9. Távolítsd el a kinyomódott ragasztót, mielőtt megköt. – ellenőrzés: a felület tiszta, csiszolás előtti állapot.
10. A préselési idő letelte után csiszold az illesztést. – ellenőrzés: a sarok hézagmentes, a felület sima.

48.2.11. Minőségellenőrzés

A vizsgaremek végső minőségellenőrzését a beadás előtt magadnak kell elvégezned, mert a bizottság is ezeket a szempontokat nézi.

- **Befoglaló méretek:** 600 × 800 × 250 mm, tűrés tájékoztatóan ±1 mm. Mérése mérőszalaggal, tolómérővel.
- **Derékszög:** a kávasarkok és az ajtókeret derékszöge 0,5 mm/100 mm-en belül legyen. Ellenőrzése derékszögelővel és átlóméréssel.
- **Hézagok:** a fogazott és csapos kötések illeszkedjenek hézagmentesen; 0,3 mm-nél nagyobb hézag nem elfogadható (tájékoztató, a vizsgaértékeléstől függ).
- **Mozgó betét:** az ajtóbetét a nútban könnyen csússzon, ne legyen ragasztva.
- **Felület:** a csiszolás után ne legyen látható marási szakadás, ragasztófolyás vagy csiszolási átmenet.
- **Szerelvények:** a pántok működjenek, az ajtó ne szoruljon, a zár nyíljon-csukódjon.

Eltérés esetén ne próbáld elrejteni a hibát. Javítsd ki dokumentáltan: igazítsd a pántot, csiszold újra a felületet, vagy ha szükséges, készítsd újra a hibás alkatrészt.

48.2.12. Tipikus hibák és okaik

1. **A rajz és a szabásjegyzék méretei eltérnek.**
   Ok: a tanuló előbb készíti a szabásjegyzéket, mint a rajzot, vagy „fejben” javít.
   Helyes gyakorlat: a rajz kész méreteit másold át a szabásjegyzékbe, és utólag ellenőrizd a tételszámok egyezését.

2. **Az ajtóbetét ragasztva van.**
   Ok: a vizsgázó nem hagy mozgási hézagot, vagy a betétet is beragasztja.
   Helyes gyakorlat: a betétet szárazon, oldalanként 2–3 mm hézaggal helyezd a nútba; a nedvesség hatására a tömörfa betét dagad, és kifeszítheti a keretet.

3. **A fogazott sarok hézagos.**
   Ok: nem készült próbadarab a gép beállításához, vagy a munkadarabot nem szorosan vezették.
   Helyes gyakorlat: minden gépi kötés előtt próbadarab, majd a beállítás után csak az éles darabok megmunkálása.

4. **A munkavédelmi ellenőrzőpontnál kesztyű.**
   Ok: a tanuló a hideg műhelyben megszokta a kesztyűt, vagy nem ismeri a forgó szerszám veszélyét.
   Helyes gyakorlat: forgó szerszámnál soha ne használj kesztyűt; a marógépen, fűrészen, csiszológépen a kesztyű behúzási balesetet okozhat.

5. **A felületkezelés foltos.**
   Ok: nem készült próbadarab a pác/lakk keveréséből, vagy poros felületre vitték fel az anyagot.
   Helyes gyakorlat: próbadarab, pormentes műhely, a gyártói adatlap szerinti hígítás és rétegfelépítés.

48.2.13. Hibaelemzési eset

Tünet. A vizsgabizottság a faliszekrény ellenőrzésekor azt látja, hogy az ajtó a jobb felső saroknál szorul, és a bal alsó saroknál 1,5 mm-es hézag van.

Lehetséges okok.
- A kávasarok a préselés alatt elmozdult, így a szekrény nem derékszögű.
- A betét túl széles, és kifeszítette az ajtókeretet.
- A pántok beállítása rossz, az ajtó ferde.
- A fa nedvességtartalma a szerelés után megváltozott.

Vizsgálat. A tanuló derékszögelővel ellenőrzi a szekrény káváját: az oldal és a tető derékszöge rendben. Az átlók közötti különbség 1 mm, ami tájékoztató tűrésen belül van. A betétet kézzel megmozgatja: az betét a nútban kissé szorul, mert a nútban ragasztófolyás maradt. A pánt állítócsavarját ellenőrzi: a felső pánt kissé behúzott.

Valódi ok. Az ajtókeret betétje túl szorosan illeszkedik, és a felső pánt rosszul lett beállítva. A sarokhézag a pánt ferde állásából adódik, nem a kávaszerkezet hibájából.

Javítás. A pántot utánállítják, a betét nútjában a ragasztófolyást éles vésővel eltávolítják. Az ajtót újra beállítják, majd a hézagot ellenőrzik.

Megelőzés. A szerelésnél mindig ellenőrizni kell a pántok síkját, a betét szabad mozgását és az ajtó derékszögét, mielőtt a vizsgaremeket beadnád.

48.2.14. Valós életbeli alkalmazás

Egy vizsgázó tanuló a faliszekrény dokumentációját az utolsó előtti napon állította össze. A szabásjegyzékben az oldalkáva kész méretét 780 mm-nek írta, mert „úgysem lesz senki olyan szigorú”. A rajz azonban 800 mm-t mutatott. A bizottság az ellentmondást azonnal észrevette, és a dokumentáció értékelésénél levont pontot. A tanuló a terméket egyébként jól készítette el, de a pontvesztés miatt a minősítése eggyel rosszabb lett. A tanulság: a dokumentációt nem a termék után kell „összecsapni”, hanem a rajzból kiindulva, a gyártás közben folyamatosan vezetni.

48.2.15. Önellenőrzés

1. Igaz vagy hamis? A vizsgaremek dokumentációjában a szabásjegyzék és a műszaki rajz közötti kisebb méreteltérés elfogadható, ha a darabjegyzék pontos.

2. Miért kell az ajtóbetétet a nútban mozgási hézaggal beépíteni?

3. Gyorsszámolás: Egy tölgy alkatrész nettó térfogata 0,002 m³. A fűrészáru-kihozatal 60%. Mennyi a bruttó térfogat, ha a fűrészáru ára 400 000 Ft/m³?

4. Nevezd meg, melyik gépbiztonsági szabályt sérti meg az, aki a marógépen kesztyűben dolgozik.

5. Mi a teendő, ha a vizsgaremek ajtaja a szerelés után szorul?

48.2.16. Feladatok

1. feladat (A). Sorolj fel legalább öt dokumentumot, amelyet a vizsgaremekhez be kell nyújtani.

2. feladat (A). Egy alkatrész kész mérete 800 × 250 × 20 mm. A ráhagyás hosszban 20 mm, szélességben 10 mm, vastagságban 2 mm. Add meg a nyers méretet mm-ben.

3. feladat (B). A szabásjegyzékben az alábbi sor áll a faliszekrény tető- és fenék-kávájához:
Megnevezés: Tető- és fenék-káva, Db: 1, Kész méret: 600 × 200 × 20 mm.
A rajz szerint a szekrény mélysége 250 mm, és tetőből-fenékből összesen 2 darab kell. Mi a hiba, és mi lenne a helyes sor?

4. feladat (B). Számítsd ki a vizsgaremek nettó anyagköltségét az alábbi mintaadatokkal: tölgy fűrészáru 0,040 m³, egységár 350 000 Ft/m³; rétegelt lemez 0,50 m², egységár 6 000 Ft/m²; vasalat 8 000 Ft; felületkezelő anyag 2 500 Ft.

5. feladat (C). A vizsgabizottság azt tapasztalja, hogy az ajtókeret betétje nem mozog, és a keret sarokhézaga megnyílt. Sorold fel a lehetséges okokat, válaszd ki a legvalószínűbbet, és javasolj megelőzést a következő vizsgamunkához.

6. feladat (D). Készíts egy hetes ütemtervet a faliszekrény vizsgaremek elkészítésére. Naponként tüntesd fel a műveleteket, a gépeket/szerszámokat és az ellenőrzési pontokat. A táblázat legyen a munkanapló mintája is.

48.2.17. Megoldások

Önellenőrzés – válaszok

1. Hamis. A szabásjegyzéknek és a rajznak azonos méreteket kell tartalmaznia; az eltérés hibás dokumentáció, pontlevonással jár.

2. Mert a tömörfa nedvesség hatására dagad, és ha a betétet hézag nélkül teszik a nútba, kifeszíti a keretszerkezetet.

3. Bruttó térfogat: $V_{\text{bruttó}} = \frac{0{,}002}{0{,}60} = 0{,}00333\,\text{m}^3$; költség $= 0{,}00333 \times 400\,000 \approx 1\,333\,\text{Ft}$, tehát kb. 1 330 Ft.

4. Kesztyűt forgó szerszám közelében tilos viselni, mert a szerszám beakaszthatja a kesztyűt, és a kezet a vágószerszámba húzhatja.

5. Ellenőrizni kell a szekrény derékszögét, a pántok beállítását, a betét mozgását és a nútban lévő esetleges ragasztófolyást. A hibás pántot után kell állítani; nem szabad az ajtót erőltetni.

Feladatok válaszai

1. A bemutatható dokumentumok: műszaki rajzok, szabásjegyzék, anyagnorma, műszaki leírás, gyártási folyamatábra, általános technológiai leírás, árkalkuláció, munkanapló.

2. Nyers hossz = 800 + 20 = 820 mm; nyers szélesség = 250 + 10 = 260 mm; nyers vastagság = 20 + 2 = 22 mm. A nyers méret: **820 × 260 × 22 mm**.

3. Hibák: a darabszám 1, de a rajz szerint tető és fenék két darab; a szélesség 200, de a rajz szerint 250 mm. Helyes sor: *Tétel: 2, Megnevezés: Tető- és fenék-káva, Db: 2, Anyag: tölgy, Kész méret: 600 × 250 × 20 mm, Nyers méret: 630 × 260 × 22 mm.*

4. Tölgy: $0{,}040 \times 350\,000 = 14\,000$ Ft; rétegelt lemez: $0{,}50 \times 6\,000 = 3\,000$ Ft; vasalat: 8 000 Ft; felületkezelő: 2 500 Ft. Nettó anyagköltség = **27 500 Ft**.

5. Lehetséges okok: a betét túl széles, a nútba ragasztó folyt, a betét nedvességet vett fel, a keret derékszöge rossz, a préselés közben a keret elmozdult. A legvalószínűbb: a betétnek nincs mozgási hézagja, ezért a dagadó fa kifeszíti a keretet. Megelőzés: oldalanként 2–3 mm hézag, a betétet ne ragasszuk; a nút tisztítása; a keretet présben derékszögben tartsuk.

6. Minta heti ütemterv:

Nap	Műveletek	Gépek/szerszámok	Ellenőrzés
1. nap	Anyagkiosztás, szabás túlmérettel	szalagfűrész, kézi fűrész	anyaghibák, méretek
2. nap	Egyengetés, vastagolás, méretre vágás	egyengető, vastagsági gyalu, körfűrész	bázislap–bázisél, derékszög
3. nap	Fogazás, ollós csapozás, nútmarás, polc fúrás	alsómaró, hosszlyukfúró, sorozatfúró	próbadarab, hézagok
4. nap	Száraz illesztés, ragasztás, préselés	szorítók, ragasztóterítő	derékszög, átlók, présidő

Nap	Műveletek	Gépek/szerszámok	Ellenőrzés
5. nap	Csiszolás, felületkezelés első réteg	csiszológép, lakkszóró, ecset	felületminőség, porszárazság
6. nap	Felületkezelés második réteg, szerelés	szerszámok, csavarhúzó, furatkészítő	pántok, zár, ajtó beállítás
7. nap	Végső minőségellenőrzés, dokumentáció összeállítása	mérőeszközök, rajz, jegyzékek	a teljes ellenőrzőlista

48.2.18. Rövid összefoglaló

A vizsgaremek a szakmai képzés záró munkája: a tanuló választott terméket készít, és ahhoz teljes műszaki dokumentációt ad be. A dokumentáció kötelező elemei a műszaki rajzok, a szabásjegyzék, az anyagnorma, a műszaki leírás, a gyártási folyamatábra, az általános technológiai leírás, az árkalkuláció és a munkanapló. A rajz és a szabásjegyzék méreteinek pontosan egyezniük kell. Az anyagnorma a nettó térfogatból és a kihozatalból számítja a bruttó anyagszükségletet: $V_{\text{bruttó}} = V_{\text{nettó}}/\eta$, ahol η a kihozatal (pl. 0,65). Az árkalkuláció a közvetlen anyag-, bér-, bérjárulék- és rezsiköltségből áll, ehhez jön a nyereség és az ÁFA. A gyakorlati vizsgafeladatot a vizsgaszervező határozza meg; gépi műveletnél a védőberendezés használata, a tolófa és a légzésvédelem kötelező, kesztyű forgó szerszámnál tilos. A vizsgaremeket derékszög, méret, hézag, mozgó betét, felület és vasalat-működés szerint ellenőrizd. **Továbbvitt eredmény.** A vizsgaremek a könyv záró eredménye: itt fut össze a faanyagismeret, a szakrajz, a kötések, a gépek, a ragasztás, a felületkezelés, a szerelés és a kalkuláció minden korábbi alfejezetben tanult eleme.

48.2.19. Források és ellenőrzési hiányok

Felhasznált forrástípusok: a szakképzési vizsgaszabályzat és az intézményi vizsgarend (ellenőrizendő: az aktuális jogszabály és a vizsgakövetelmények); a könyv korábbi alfejezetei, különösen Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, Szabásjegyzék és anyagnorma, Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása és A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés; faipari gépkönyvek és biztonsági szabványok (MSZ EN ISO 19085 sorozat, ellenőrizendő); D3-as PVAc ragasztóra vonatkozó MSZ EN 204 osztályok (ellenőrizendő: a kiválasztott ragasztó adatlapja); faanyag-nedvességre és mozgási hézagra vonatkozó szakkönyvi táblázatok (ellenőrizendő).

Ellenőrizendő: a vizsgaremek pontos formai követelményei, beadási határideje és értékelési szempontjai; a gyakorlati vizsgafeladat időtartama és jellege; a mintaárak, órabére, bérjárulék- és ÁFA-mértékek; a fogazó szerszám beállítási paraméterei és a préselési idő; a fanedvesség és a mozgási hézag tájékoztató értékei.

Függelékek

Fogalomtár (magyar–angol)

Ez a függelék a könyv kulcsfogalmait rögzíti egységes magyar névvel, rövid definícióval, valamint a gépkönyvekben és vasalatkatalógusokban gyakori német és angol megfelelővel, a magyar kifejezés szerinti ábécésorrendben. A zárójeles szám a fogalmat bevezető fejezet.alfejezet (a nyomtatott könyv számozása). A képleteket a Képlet-, számítás- és kalkulációgyűjtemény függelék tartalmazza.

Terminológiai elv. A könyv a mai hazai faipari szaknyelvet használja, de megadja a műhelyben élő szinonimákat is (pl. *tipli* = köldökcsap, *ciklizés* = színlőpengézés, *formatizáló* = asztalos körfűrészgép tolóasztallal, *alsómaró* = asztalos marógép). Az idegen nyelvű megfelelők tájékoztató jellegűek (ellenőrizendő: a gyártói dokumentáció szóhasználata eltérhet).

Magyar	Deutsch / English	Jelentés (hol vezetjük be)
abszolút nedvességtartalom	Holzfeuchte / moisture content	a fában lévő víz tömege a száraz fa tömegéhez viszonyítva, %-ban (4.2)
aljazás	Absetzen / shoulder rebate	a keretkötésben az egyik alkatrész anyagvastagságának részleges kimunkálása (1/3, 2/3) a fedett illesztéshez (11.3)
anyagkihozatal	Ausbeute / yield	a késztermékbe beépült és a felhasznált anyagmennyiség aránya, %-ban (12.3)
anyagnorma	Materialnorm / material standard	egy termékhez szükséges bruttó anyagmennyiség anyagfajtánként, veszteséggel (12.2)
árajánlat	Angebot / quotation	a vevőnek adott, tételes, határidős ár- és feltételajánlat (45.3)
beeresztés	Einnutung / housing (dado)	lap vagy polc illesztése a másik alkatrész hornyába, fél vagy teljes anyagvastagságban (11.4)
biztonsági adatlap	Sicherheitsdatenblatt / safety data sheet	vegyi termék veszélyeit, kezelését, védőeszközeit leíró kötelező dokumentum (3.5)
bütü	Hirnholz / end grain	a rostokra merőleges (keresztmetszeti) felület (4.1)

Magyar	Deutsch / English	Jelentés (hol vezetjük be)
csomóponti rajz	Detailzeichnung / detail drawing	a szerkezeti kapcsolatot nagy léptékben mutató metszeti rajz (10.4)
differenciális zsugorodás	differentielles Schwindmaß / shrinkage coefficient	1 % nedvességváltozásra jutó méretváltozás %-ban, iránytól függ (4.3)
egyensúlyi fanedvesség	Ausgleichsfeuchte / equilibrium moisture content	az a nedvesség, amelyet a fa adott hőmérsékletű és páratartalmú levegőben felvesz (4.2)
egyengető gyalugép	Abrichthobelmaschine / jointer (surface planer)	a bázislap és a bázisél síkra, derékszögre gyalulására szolgáló gép (23.1)
élzárás	Kantenanleimen / edge banding	a lap élének lezárása furnérral, élléccel vagy műanyag (ABS, PP) élzáróval (27.4)
fazékidő	Topfzeit / pot life	a kétkomponensű anyag keverés utáni felhasználhatósági ideje (26.1)
fecskefarkú fogazás	Schwalbenschwanzzinkung / dovetail joint	ferde oldalú fogakkal kialakított, húzással szemben záró kávakötés (20.1)
fejelőléc	Hirnleiste / breadboard end	a táblásított lap bütüjére erősített, vetemedést gátló léc (11.1)
fogankénti előtolás	Zahnvorschub / feed per tooth	a munkadarab elmozdulása egy fog (kés) fogásideje alatt, mm-ben (14.2)
forgácslap	Spanplatte / particleboard	faforgácsból ragasztóval préselt lap (8.3)
forgácsolási sebesség	Schnittgeschwindigkeit / cutting speed	a szerszámél kerületi sebessége, m/s-ban (14.2)
furnér	Furnier / veneer	hámozással, késeléssel vagy fűrészeléssel előállított vékony falap (8.1)
fűrészáru	Schnittholz / sawn timber	rönkből fűrészeléssel előállított faanyag (deszka, palló, léc, gerenda) (7.1)
gerébtok	Blockrahmen / block frame	a falnyílásba illesztett, falazatba rögzített hagyományos tokszerkezet (37.2)
geszt	Kernholz / heartwood	a törzs belső, élettani működését elvesztett, gyakran sötétebb része (4.1)
hasítóék	Spaltkeil / riving knife	a körfűrészlap mögötti ék, amely a vágásrés összezáródását és a visszavágódást gátolja (22.2)

Magyar	Deutsch / English	Jelentés (hol vezetjük be)
hátszög, ékszög, homlokszög	Freiwinkel, Keilwinkel, Spanwinkel / clearance, wedge, rake angle	a szerszámék jellemző szögei, összegük 90° (14.1)
húrmetszet	Fladerschnitt / flat-sawn (tangential) section	az évgyűrűket érintő hosszmetszet, fladeres rajzolattal (4.1)
idegencsap	Fremdfeder, Dübel / loose tenon, dowel	külön elemként beragasztott csap (köldökcsap, lamelló, léc) (20.2)
kávaszerkezet	Korpus, Kastenkonstruktion / box (carcass) construction	lapokból sarokkötéssel kialakított doboz jellegű szerkezet (18.1)
keretszerkezet	Rahmenkonstruktion / frame construction	lécekből sarokkötéssel kialakított keret, gyakran betéttel (18.1)
késnyomtáv	Messerschlaglänge / knife mark pitch	a gyalult felület hullámainak hossza, a fogankénti előtolással egyezik (14.2)
köbözés	Kubierung / volume measurement	a faanyag térfogatának kiszámítása m³-ben (7.1)
köldökcsap (tipli)	Holzdübel / dowel	hengeres, bordázott idegencsap (20.2)
lamelló (laposcsap)	Flachdübel / biscuit	ellipszis alakú, préselt bükk laposcsap (16.3)
lapolás	Überblattung / lap joint	a két alkatrész anyagának felét-felét kimunkáló, egymásra fekvő kötés (19.1)
lazúr	Lasur / wood stain glaze	a fa rajzolatát áttetszően megmutató, színező felületkezelő anyag (29.2)
MDF	mitteldichte Faserplatte / medium-density fibreboard	farostból száraz eljárással préselt, homogén lap (8.3)
megmunkálóközpont	Bearbeitungszentrum / CNC machining centre	szerszámtárral, több tengellyel dolgozó CNC-gép (25.2)
metszet	Schnitt / section	a tárgy képzeletbeli síkkal való átvágásával kapott ábra (10.3)
műveletterv	Arbeitsplan / process sheet	a műveletek sorrendjét, gépeit, szerszámait, beállításait és ellenőrzéseit rögzítő lap (12.4)
nyitott idő	offene Zeit / open time	a ragasztó felhordása és az összeillesztés közötti megengedett idő (26.1)
ollós csapozás	Schlitz und Zapfen / bridle joint	a csapot oldalról nyitott résbe illesztő keretkötés (19.2)
önköltség	Selbstkosten / cost price	a termék előállításának összes költsége nyereség nélkül (45.2)
pác	Beize / stain	a fa színét megváltoztató, rétegképzés nélküli anyag (28.2)

Magyar	Deutsch / English	Jelentés (hol vezetjük be)
politúr	Schellackpolitur / French polish	sellakoldattal, tampon segítségével készített hagyományos fényes bevonat (29.2)
rétegelt lemez	Sperrholz / plywood	keresztirányban egymásra ragasztott furnérrétegekből álló lap (8.2)
rosttelítettségi határ	Fasersättigung / fibre saturation point	az a nedvesség, amelynél a sejtfal telített, de a sejtüregben nincs szabad víz (4.2)
sorozatfúró gép	Dübelbohrmaschine / multi-spindle boring machine	több fúrófejjel egyszerre fúró gép, a 32-es rendszer eszköze (24.3)
sugármetszet	Riftschnitt, Spiegelschnitt / quarter-sawn (radial) section	a bélen átmenő hosszmetszet, csíkos vagy tükrös rajzolattal (4.1)
szabásjegyzék	Zuschnittliste / cutting list	az alkatrészek kész és nyers méretét, anyagát, darabszámát tartalmazó jegyzék (12.2)
szabástérkép	Zuschnittplan / cutting plan	a lapanyag táblán elhelyezett alkatrészek vágási terve (12.3)
szijács	Splintholz / sapwood	a törzs külső, élő, vezető szövetrésze (4.1)
színlőpenge (ciklik)	Ziehklinge / card scraper	vékony acéllap a felület finom simítására (17.1)
táblásítás	Verleimen von Massivholzplatten / edge gluing	keskeny lamellák szélesítő toldással lappá ragasztása (18.2)
technológiai lap	Arbeitsanweisung / work instruction	a könyv lépésenkénti, ellenőrzési pontokkal ellátott műveleti útmutatója (12.4)
tolófa	Schiebeholz / push stick	a kéz és a szerszám távolságát biztosító segédeszköz gépi munkánál (21.1)
vastagsági gyalugép	Dickenhobelmaschine / thickness planer	az alkatrészt a bázislappal párhuzamosan méretre gyaluló gép (23.2)
vésett csapozás	Zapfenverbindung / mortise and tenon joint	a csapot zárt csaplyukba illesztő keretkötés (19.3)
visszavágódás	Rückschlag / kickback	a munkadarab vagy szerszám hirtelen visszadobódása a kezelő felé (21.1)
zsugorodás és dagadás	Schwinden und Quellen / shrinkage and swelling	a fa méretváltozása a rosttelítettségi határ alatti nedvességváltozáskor (4.3)

32-es rendszer	32-mm-System / 32 mm system	a korpuszbútor furatképének 32 mm-es osztású rendszere (24.3)

Képlet-, számítás- és kalkulációgyűjtemény

Ez a függelék a könyv legfontosabb képleteit, mértékegység-átváltásait és kalkulációs sémáit gyűjti egy helyre. A feltételeket (nedvességtartomány, irány, mértékegység) mindig ellenőrizni kell; a pontos kimondás a zárójelben megadott fejezet.alfejezetben található. A táblázatos anyagjellemzők (sűrűség, zsugorodás), a technológiai paraméterek és a mintaárak **tájékoztató, tanulási értékek**: gyártáskor mindig a szabvány, a gépkönyv és a gyártói adatlap a mérvadó (ellenőrizendő).

Mértékegységek és átváltások

- Hossz: $1\,\text{m} = 1000\,\text{mm}$; terület: $1\,\text{m}^2 = 10^6\,\text{mm}^2$; térfogat: $1\,\text{m}^3 = 10^9\,\text{mm}^3 = 1000\,\text{l}$.
- Térfogat mm-ben megadott méretekből: $V = \frac{l \cdot b \cdot v}{10^9}\,\text{m}^3$ (7.1).
- Nyomás: $1\,\text{N/mm}^2 = 1\,\text{MPa} = 10\,\text{bar}$ (26.3).
- Fordulatszám: min^{-1} (1/min); sebesség: m/s és m/min ($1\,\text{m/s} = 60\,\text{m/min}$) (14.2).
- Sűrűség: kg/m^3; $1\,\text{g/cm}^3 = 1000\,\text{kg/m}^3$ (4.4).

Faanyag

- Nedvességtartalom (abszolút, száraz tömegre): $u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100\,\%$; ebből $m_0 = \frac{m_n}{1 + u/100}$ (4.2).
- Elpárolgó víz száradáskor: $m_v = m_0 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100}$ (7.2).
- Méretváltozás a rosttelítettségi határ alatt: $\Delta b = b \cdot \frac{\beta_d}{100} \cdot \Delta u$, ahol β_d a differenciális zsugorodás (%/%) a megfelelő irányban (tájékoztató értékek, ellenőrizendő) (4.3).
- Sűrűség: $\rho = \frac{m}{V}$; mindig a nedvesség megadásával (ρ_0, ρ_{12}) (4.4).
- Tömeg: $m = \rho \cdot V$ (2.7).
- Kéttámaszú, egyenletesen terhelt polc lehajlása (szemléltető): $f = \frac{5\,q\,l^4}{384\,E\,I}$, téglalap keresztmetszetre $I = \frac{b\,v^3}{12}$ (4.5).

Faanyag-mennyiség és kihozatal

- Köbözés: $V = l \cdot b \cdot v$; szélezetlen fűrészárunál a középszélességgel (7.1).
- Anyagkihozatal: $\eta_a = \frac{V_{\text{kész}}}{V_{\text{felhasznált}}} \cdot 100\,\%$ (lapnál területtel) (12.3).
- Bruttó anyagszükséglet: $V_{\text{bruttó}} = V_{\text{nettó}} \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right)$, h a veszteség-/hulladékszázalék (12.2, 45.1).
- Nyers méret: kész méret + megmunkálási ráhagyás (hossz, szélesség, vastagság irányában külön; tájékoztató értékek, ellenőrizendő) (12.2).
- Lapanyag-táblák száma: $N = \frac{A_{\text{bruttó}}}{A_{\text{tábla}}}$, felfelé egészre kerekítve (a szabástérkép pontosítja) (45.1).
- Parketta, burkolat: $A_{\text{bruttó}} = A \cdot \left(1 + \frac{v}{100}\right)$ (40.3).

Forgácsolás és géptani számítások

- Forgácsolási sebesség körpályán: $v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60\,000}$ (D mm, n 1/min, v m/s) (14.2).
- Fogankénti előtolás (késnyomtáv): $e_z = \frac{v_e \cdot 1000}{n \cdot z}$ (v_e m/min, e_z mm) (14.2).
- Szögek: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ (hát-, ék-, homlokszög) (14.1).
- Áttétel: $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$ (szíjhajtás, csúszás nélkül) (14.3).
- Fűrészszalag hossza két egyforma tárcsánál: $L = 2a + \pi D$ (a tengelytáv) (14.3).
- Elszívás légmennyisége: $Q = A \cdot v$, kör keresztmetszetnél $A = \frac{d^2 \pi}{4}$ (21.3).

Ragasztás és felületkezelés

- Keverési arány tömegrészben: ha $a : b$, akkor $m_b = m_a \cdot \frac{b}{a}$ (26.4).
- Felhordandó ragasztó: $m = q \cdot A \cdot k$ (q g/m², A m², k az oldalak száma) + veszteség (26.4).
- Préselési erő: $F = p \cdot A$ (p N/mm², A mm²) (26.3).
- Felületkezelő anyag: $m = A \cdot q \cdot n$ (felület, fajlagos felhordás, rétegszám); térfogatban a kiadósságból $V = \frac{A \cdot n}{k_i}$ (k_i m²/l); szórásnál osztva a felviteli hatásfokkal (tájékoztató) (29.4).
- Pácszükséglet: $V = \frac{A}{k_i}$ (28.2).

Lépcső

- Lépcsőképlet (komfortszabály): $2m + b \approx 63\,\text{cm}$ (fokmagasság m, belépőszélesség b; tartomány és előírások jelölve, ellenőrizendő) (40.2).
- Fokszám: $N = \frac{H}{m}$ egészre kerekítve, majd $m = \frac{H}{N}$ (40.2).
- Lépcsőhossz egyenes karnál: $L = (N - 1) \cdot b$ (40.2).

Kalkuláció

- Közvetlen költség = közvetlen anyagköltség + közvetlen bérköltség + bérjárulék + egyéb közvetlen költség (45.2).
- Bérköltség: munkaóra × órabér; járulék: bérköltség × járulékkulcs (jelölve: aktuális mérték) (45.2).
- Általános költség (rezsi): a közvetlen bér vagy a közvetlen költség %-ában, vagy rezsióradíjjal (45.2).
- Teljes önköltség = közvetlen költség + általános költség; termelési (nettó) ár = önköltség + nyereség (45.2).
- Bruttó (kiszámlázott) ár = nettó ár × (1 + ÁFA-kulcs) (jelölve: aktuális kulcs) (45.3).
- Utókalkulációs eltérés: $\Delta = K_{\text{tény}} - K_{\text{terv}}$, százalékban $\frac{\Delta}{K_{\text{terv}}} \cdot 100\,\%$ (45.2).
- Nettó bér (szemléltető): bruttó bér − munkavállalói levonások (jelölve: aktuális mértékek) (47.2).

Kompetenciatérkép és tanulási útvonal

A könyv célprofilja: az asztalos szakmai vizsgára és a műhelyi munkára felkészülő tanuló, aki önállóan, a hazai szabványok és a gyártói előírások szerint tud anyagot választani, rajzot olvasni és készíteni, szabásjegyzéket, anyagnormát és árajánlatot számolni, kézzel és – betanítva, felügyelet mellett – géppel alkatrészt gyártani, kötést készíteni, ragasztani, felületet kezelni, szerelni és a vizsgaremeket dokumentációjával együtt elkészíteni. A nyomtatott könyv fejezet.alfejezet számozását használjuk (például „12.2”).

Belépési és kilépési feltételek

Belépés. Általános iskolai alapműveletek, törtek, százalék, terület és térfogat. A belépő teszt a 1.2 alfejezetben van; aki a számolási kérdések többségére helyesen válaszol, a 2.1 alfejezettel kezdhet, egyébként a mértékegység-gyakorlással indít.

Kilépés. A tanuló (1) betartja a munka-, tűz- és környezetvédelmi szabályokat, és biztonságosan kezeli a kéziszerszámokat és – betanítva – a faipari gépeket; (2) felismeri a hazai és fontosabb trópusi fafajokat, fahibákat, ismeri a faanyag nedvességét és mozgását, a lapanyagokat és segédanyagokat; (3) szabványosan olvas és készít faipari szakrajzot (nézet, metszet, csomópont, fakötések); (4) szabásjegyzéket, anyagnormát, szabástervet, műveletterv et készít; (5) kézzel és géppel elkészíti a toldásokat, keret- és kávakötéseket; (6) beállítja és biztonságosan kezeli a fűrész-, gyalu-, maró-, fúró-, csiszológépeket, ismeri a CNC alapjait; (7) ragaszt, furnéroz, élt zár; (8) felületet készít elő, pácol, lakkoz, olajoz, és kiszámítja az anyagszükségletet; (9) bútor- és épületasztalos-ipari termékeket gyárt, szerel, beépít, javít; (10) anyagszükségletet, önköltséget és árajánlatot számol, szerződést, számlát kezel; (11) ismeri a munkajogi alapokat és a szakmai idegen nyelv alapjait; (12) elkészíti a vizsgaremeket és dokumentációját. Mérési kritérium: az elméleti mintafeladatsoron legalább 60 % (tájékoztató), és a vizsgaremek-ellenőrzőlista teljesítve (48.1, 48.2).

Tizenkét kompetencia és ellenőrző pontjai

#	Kompetencia	Mit tud a tanuló?	Ellenőrző pont	Bizonyíték
1	Munka-, tűz- és környezetvédelem	veszélyek, védőeszközök, elsősegély, tűz, hulladék, adatlap	3.5	biztonsági adatlap feldolgozása és védőeszköz-lista
2	Faanyagismeret	szerkezet, nedvesség, zsugorodás, sűrűség, szilárdság	4.3	zsugorodásszámítás és mozgásbiztos szerkezet indoklása
3	Fafajok, fahibák, fűrészáru	felismerés, osztályozás, köbözés, szárítás	7.1	fűrészáru-szállítmány köbözése és osztályozása
4	Lapanyagok és segédanyagok	furnér, rétegelt és agglomerált lapok, üveg, műanyag, vasalat	8.3	lapválasztás indoklással
5	Szakrajz	vetület, axonometria, metszet, rajzfajták	10.4	termék rajzkészletének összeállítása
6	Fakötések rajza és készítése	toldások, keret- és kávakötések	20.1	fecskefarkú fogazás rajza és elkészítése

#	Kompetencia	Mit tud a tanuló?	Ellenőrző pont	Bizonyíték
7	Műszaki dokumentáció	szabásjegyzék, anyagnorma, szabásterv, műveletterv	12.3	szabástérkép és anyagkihozatal-számítás
8	Gépek és gépbiztonság	védőberendezések, szerszámok, beállítás, elszívás	22.2	körfűrész-beállítás és sebességszámítás
9	Ragasztás és lapszerkezetek	ragasztók, préselés, furnérozás, élzárás	27.3	furnérozási technológiai lap
10	Felületkezelés	előkészítés, pác, lakk, olaj, szórás, hibák, biztonság	29.4	lakkszükséglet-számítás és hibaelemzés
11	Termékek, szerelés, beépítés	bútor- és épületasztalos termékek, vasalatok, helyszíni szerelés	43.3	ajtóbeépítés technológiai lapja
12	Kalkuláció és vállalkozás	anyagszükséglet, önköltség, árajánlat, szerződés	45.3	teljes árajánlat egy termékről

A kerettanterv témakörei és a könyv megfeleltetése

Forrás: *Speciális kerettanterv a 34 543 02 Asztalos szakképesítés szakiskolában történő oktatásához, hallássérültek (sh) számára* (4 évfolyam; az óraszámok a kerettanterv 2. táblázata szerint; e = elmélet, gy = gyakorlat, ögy = összefüggő szakmai gyakorlat). A kerettanterv a régi OKJ-s rendszer része; a mai szakképzési rendszerrel való viszonyát a KEPZESI_ELEMZES.md tárgyalja (jelölve: ellenőrizendő). Minden témakörnek van helye a könyvben; az alfejezetek `Kerettanterv:` sora (outline.md) ugyanezt a megfeleltetést rögzíti.

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
1.3.1	11500-12	Munkahelyi egészség és biztonság (18)	Munkavédelmi alapismeretek	4 e	2.1
1.3.2	11500-12	Munkahelyi egészség és biztonság (18)	Munkahelyek kialakítása	4 e	2.2, 2.7, 3.2
1.3.3	11500-12	Munkahelyi egészség és biztonság (18)	Munkavégzés személyi feltételei	2 e	2.3

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
1.3.4	11500-12	Munkahelyi egészség és biztonság (18)	Munkaeszközök biztonsága	2 e	2.4
1.3.5	11500-12	Munkahelyi egészség és biztonság (18)	Munkakörnyezeti hatások	2 e	2.5
1.3.6	11500-12	Munkahelyi egészség és biztonság (18)	Munkavédelmi jogi ismeretek	4 e	2.1, 2.6
2.3.1	11499-12	Foglalkoztatás II. (16)	Munkajogi alapismeretek	4 e	47.1
2.3.2	11499-12	Foglalkoztatás II. (16)	Munkaviszony létesítése	4 e	47.2
2.3.3	11499-12	Foglalkoztatás II. (16)	Álláskeresés	4 e	47.3
2.3.4	11499-12	Foglalkoztatás II. (16)	Munkanélküliség	4 e	46.1, 47.4
3.3.1	11497-12	Foglalkoztatás I. (64)	Nyelvtani rendszerezés 1	10 e	47.5
3.3.2	11497-12	Foglalkoztatás I. (64)	Nyelvtani rendszerezés 2	10 e	47.5
3.3.3	11497-12	Foglalkoztatás I. (64)	Nyelvi készségfejlesztés	24 e	47.5
3.3.4	11497-12	Foglalkoztatás I. (64)	Munkavállalói szókincs	20 e	47.5
4.3.1	11371-12	Biztonságos munkavégzés alapjai (72)	Munka- és tűzvédelem	36 e	2.1, 2.3, 2.6, 2.7, 3.1, 3.2, 3.3
4.3.2	11371-12	Biztonságos munkavégzés alapjai (72)	Környezetvédelmi és technológiai szabályok	20 e	2.5, 3.4, 3.5, 5.3, 6.5, 30.3
4.3.3	11371-12	Biztonságos munkavégzés alapjai (72)	Faipari alapgépek, szerszámok, eszközök biztonságtechnikája	16 e	2.3, 2.4, 2.6, 14.3, 16.1, 21.1, 21.4
5.3.1	11371-12	Biztonságos munkavégzés gyakorlata (126)	Faipari szerszámok, eszközök biztonságtechnikája	36 gy	15.1, 15.2, 15.3, 15.4

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
5.3.2	11371-12	Biztonságos munkavégzés gyakorlata (126)	Faipari alapgépek biztonságtechnikája	54 gy	21.1, 21.2, 21.4, 22.1, 22.2, 23.1, 24.1
5.3.3	11371-12	Biztonságos munkavégzés gyakorlata (126)	Munkabiztonság	36 gy	2.2, 2.6, 2.7, 3.1, 3.2, 3.3, 3.5, 7.3, 21.3
6.3.1	10224-12	Faipari szakmai és gépismeret (72)	Tömörfa megmunkálás kézi szerszámokkal, kisgépekkel	24 e	4.4, 4.5, 14.1, 14.2, 14.3, 15.2, 15.3, 15.4, 16.1, 16.2, 16.3, 16.4, 21.2, 21.3
6.3.2	10224-12	Faipari szakmai és gépismeret (72)	Fűrészelés és keresztmetszet-megmunkálás gépei és szerszámai	24 e	5.1, 7.1, 21.1, 22.1, 22.2, 22.4, 23.1, 23.2
6.3.3	10224-12	Faipari szakmai és gépismeret (72)	Alkatrészek felületi előkészítése, ellenőrzése	6 e	17.1, 17.2
6.3.4	10224-12	Faipari szakmai és gépismeret (72)	Alapszerkezetek kialakításának jellemző típusai és gyártástechnológiái	18 e	12.2, 12.3, 18.1, 18.2, 18.3, 19.2, 19.3, 20.1, 20.2, 40.2, 40.3, 45.1
7.3.1	10224-12	Faipari szakmai gyakorlat (288)	Tömörfa megmunkálás kézi szerszámokkal, kisgépekkel	64 gy	4.1, 6.1, 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 16.1, 16.2, 16.3, 16.4, 23.1
7.3.2	10224-12	Faipari szakmai gyakorlat (288)	Fűrészelés és keresztmetszet-megmunkálás gépei és szerszámai	56 gy	21.2, 22.1, 22.2, 22.4, 23.1, 23.2
7.3.3	10224-12	Faipari szakmai gyakorlat (288)	Alkatrészek felületi előkészítése, ellenőrzése	24 gy	12.6, 17.1, 17.2

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
7.3.4	10224-12	Faipari szakmai gyakorlat (288)	Alapszerkezetek kialakításának jellemző típusai és gyártástechnológiái	144 gy	18.2, 18.3, 19.1, 19.2, 19.3, 20.1, 20.2, 20.3
8.3.1	10225-12	Asztalosipari szerelési ismeretek (72)	Szerelési dokumentáció használata, alkatrészek előszerelése	24 e	12.6, 17.1, 24.3, 26.1, 26.2, 36.1, 41.1, 41.2, 41.3
8.3.2	10225-12	Asztalosipari szerelési ismeretek (72)	Alapszerkezetek és asztalosipari szerkezetek szerelése	28 e	16.4, 18.1, 42.1, 42.2, 42.3, 42.4
8.3.3	10225-12	Asztalosipari szerelési ismeretek (72)	Helyszíni szerelési feladatok	20 e	36.2, 41.1, 43.1, 43.2, 43.3
9.3.1	10225-12	Asztalosipari szerelési gyakorlat (316)	Szerelési dokumentáció használata, alkatrészek előszerelése	72 gy	12.6, 20.2, 41.1, 41.2, 41.3
9.3.2	10225-12	Asztalosipari szerelési gyakorlat (316)	Alapszerkezetek és asztalosipari szerkezetek szerelése	144 gy	35.1, 36.1, 42.1, 42.2, 42.3, 42.4
9.3.3	10225-12	Asztalosipari szerelési gyakorlat (316)	Helyszíni szerelési feladatok	100 gy	12.5, 36.2, 43.1, 43.2, 43.3
10.3.1	10226-12	Szerkezettan-szakrajz és technológia (312)	Bútorasztalos termékek típusai, szerkezete	108 e	10.4, 11.5, 12.1, 31.1, 31.2, 31.3, 32.1, 32.2, 33.1, 33.2, 34.1, 34.3
10.3.2	10226-12	Szerkezettan-szakrajz és technológia (312)	Épületasztalos termékek típusai, szerkezete	60 e	12.5, 35.1, 37.1, 37.2, 38.1, 38.3, 39.1, 39.2, 39.3, 40.1, 40.2, 40.3, 40.4

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
10.3.3	10226-12	Szerkezettan-szakrajz és technológia (312)	Asztalosipari termékek készítésének technológiája	72 e	8.4, 12.4, 12.6, 32.3, 32.4, 33.2, 34.2, 34.3, 35.1, 35.2, 36.1, 36.2, 37.2, 38.1, 38.2, 38.3, 39.1, 39.2, 39.3, 40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 43.3, 44.1, 48.1
10.3.4	10226-12	Szerkezettan-szakrajz és technológia (312)	Lapszerkezetű termékek gyártása	36 e	8.1, 12.3, 27.1, 27.2, 27.3, 27.4, 27.5
10.3.5	10226-12	Szerkezettan-szakrajz és technológia (312)	Ragasztás, felületkezelés technológiája	36 e	26.1, 26.2, 26.3, 26.4, 28.1, 28.2, 29.1, 29.2, 29.3, 29.4, 30.3
11.3.1	10226-12	Asztalosipari szakmai gyakorlat (760)	Asztalosipari termékek típusai, készítése	352 gy	32.1, 32.3, 32.4, 33.1, 33.2, 34.1, 34.2, 34.3, 35.1, 35.2, 38.2, 39.3, 40.4, 44.1, 48.2
11.3.2	10226-12	Asztalosipari szakmai gyakorlat (760)	Lapszerkezetű termékek gyártása	232 gy	22.3, 27.1, 27.2, 27.3, 27.4, 27.5
11.3.3	10226-12	Asztalosipari szakmai gyakorlat (760)	Ragasztás, felületkezelés technológiája	176 gy	26.1, 26.2, 26.3, 26.4, 28.1, 28.2, 29.1, 29.2, 29.3, 29.4, 30.3
12.3.1	10228-12	Gépkezelési ismeretek (108)	Faipari megmunkálás gépei, szerszámai	72 e	13.2, 14.2, 14.3, 16.3, 21.1, 21.3, 21.4, 24.1, 24.2, 24.3, 24.4, 25.1, 25.2, 26.3, 27.2

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
12.3.2	10228-12	Gépkezelési ismeretek (108)	Lapanyagok megmunkálása	18 e	8.3, 22.3, 25.1, 27.1, 27.4
12.3.3	10228-12	Gépkezelési ismeretek (108)	Felületkezelés gépei, berendezései	18 e	29.3, 30.1, 30.2, 30.3
13.3.1	10228-12	Gépkezelési gyakorlat (504)	Faipari megmunkálás gépei, szerszámai	288 gy	13.2, 14.1, 21.3, 21.4, 24.1, 24.2, 24.3, 24.4, 25.1, 25.2, 26.3, 27.2
13.3.2	10228-12	Gépkezelési gyakorlat (504)	Lapanyagok megmunkálása	144 gy	22.3, 25.1, 26.3, 27.3, 27.4
13.3.3	10228-12	Gépkezelési gyakorlat (504)	Felületkezelés gépei, berendezései	72 gy	28.2, 29.4, 30.1, 30.2, 30.3
14.3.1	10229-12	Faipari szakrajz (72)	Alapfogalmak, síkmértani szerkesztések	18 e	9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 10.1, 10.2, 10.3
14.3.2	10229-12	Faipari szakrajz (72)	Ábrázolási módok, rajzok fajtái	18 e	10.1, 10.2, 10.3, 10.4
14.3.3	10229-12	Faipari szakrajz (72)	Fakötések ábrázolása	36 e	11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 32.2, 48.1
15.3.1	10229-12	Gyártáselőkészítési ismeretek (140)	Anyagismeret	70 e	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 7.1, 7.2, 7.3, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4
15.3.2	10229-12	Gyártáselőkészítési ismeretek (140)	Műszaki dokumentáció	24 e	9.1, 9.2, 10.4, 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, 31.3, 44.1, 45.1, 45.2, 45.3, 48.1, 48.2
15.3.3	10229-12	Gyártáselőkészítési ismeretek (140)	Vállalkozásműködtetés	26 e	45.2, 45.3, 46.1, 46.2, 46.3, 46.4

Kód	Modul	Tantárgy (óra)	Témakör	Óra	Könyv-alfejezetek
15.3.4	10229-12	Gyártáselőkészítési ismeretek (140)	Számítástechnika a faiparban	20 e	7.3, 13.1, 13.2, 25.2
ÖGY1	10224-12	Összefüggő szakmai gyakorlat (70, 1/9. évf. után)	Alapszerkezetek kialakításának jellemző típusai és gyártástechnológiái	70 ögy	20.3
ÖGY2	10225-12	Összefüggő szakmai gyakorlat (105, 2/10. évf. után)	Alapszerkezetek és asztalosipari szerkezetek szerelése	105 ögy	42.3, 43.2
ÖGY3	10226-12	Összefüggő szakmai gyakorlat (105, 3/11. évf. után)	Asztalosipari termékek típusai, készítése	105 ögy	43.3, 48.2

A modulok kompetenciái (feladatok, szakmai ismeretek, készségek) és a könyv

A kerettanterv moduljainak kompetenciatáblázataiból a FELADATOK (F), a SZAKMAI ISMERETEK (I) és a SZAKMAI KÉSZSÉGEK (K) sorai; a hasonló sorok összevonva. A személyes, társas és módszerkompetenciákat (precizitás, önállóság, kézügyesség, körültekintés, gyakorlatias feladatértelmezés, rendszerező képesség stb.) a könyv az alfejezetek állandó szerkezetével fejleszti: technológiai lap ellenőrzési pontokkal, minőségellenőrzés, tipikus hibák, önellenőrzés, fokozatos feladatok.

11500-12 Munkahelyi egészség és biztonság

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Tudatosítja a munkahelyi egészség és biztonság jelentőségét	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása
F	Betartja és betartatja a munkahelyekkel kapcsolatos munkavédelmi követelményeket	2.2 Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend
F	Betartja és betartatja a munkavégzés személyi és szervezési feltételeivel kapcsolatos követelményeket	2.3 A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Betartja és betartatja a munkavégzés tárgyi feltételeivel kapcsolatos követelményeket	2.4 Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció
F	Munkavédelmi szakemberrel, képviselővel együttműködve részt vesz a munkavédelmi feladatokban	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása, 2.5 Munkakörnyezeti hatások és kockázatértékelés: zaj, rezgés, fapor, vegyi anyagok
I	A munkahelyi egészség és biztonság mint érték	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása
I	A munkabalesetek és foglalkozási megbetegedések hátrányos következményei	2.6 Balesetek, foglalkozási megbetegedések és az elsősegélynyújtás
I	A munkavédelem fogalomrendszere, szabályozása	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása
I	Munkahelyek kialakításának alapvető szabályai	2.2 Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend
I	A munkavégzés általános személyi és szervezési feltételei	2.3 A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia
I	Munkaeszközök a munkahelyeken	2.4 Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció
I	Munkavédelmi feladatok, szakemberek, érdekképviselet a munkahelyeken	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása
K	Információforrások kezelése; biztonsági szín- és alakjelek; olvasott szakmai szöveg megértése	2.2 Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend, 3.5 Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap

11499-12 Foglalkoztatás II.

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Munkaviszonyt létesít; diákmunkát végez	47.1 Munkajogi alapismeretek és foglalkoztatási formák, 47.2 Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék
F	Alkalmazza a munkaerőpiaci technikákat; feltérképezi a karrierlehetőségeket	47.3 Álláskeresés, önéletrajz, motivációs levél, állásinterjú

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Vállalkozást hoz létre és működtet	46.1 Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése, 47.4 Munkanélküliség, ellátások és a munkaügyi szervezet
F	Motivációs levelet és önéletrajzot készít	47.3 Álláskeresés, önéletrajz, motivációs levél, állásinterjú
I	Munkavállaló jogai, kötelezettségei, felelőssége; munkajogi alapok, foglalkoztatási formák, speciális jogviszonyok	47.1 Munkajogi alapismeretek és foglalkoztatási formák
I	Álláskeresési módszerek; munkaügyi szervezetek; a munkaerőpiac sajátosságai	47.3 Álláskeresés, önéletrajz, motivációs levél, állásinterjú, 47.4 Munkanélküliség, ellátások és a munkaügyi szervezet
I	Munkavállaláshoz szükséges iratok; munkaviszony létrejötte; adózási, biztosítási összefüggések	47.2 Munkaviszony létesítése, iratok, adó és járulék
I	A munkanélküli (álláskereső) jogai, kötelezettségei és lehetőségei	47.4 Munkanélküliség, ellátások és a munkaügyi szervezet

11497-12 Foglalkoztatás I.

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Idegen nyelven bemutatkozik, formanyomtatványt kitölt, idegen nyelvű irányítás mellett dolgozik	47.5 Szakmai idegen nyelv: bemutatkozás, formanyomtatvány, asztalos szókincs
I	Idegen nyelven a szakmára vonatkozó egyszerű szavak, szókapcsolatok, a munkakör alapkifejezései	47.5 Szakmai idegen nyelv: bemutatkozás, formanyomtatvány, asztalos szókincs

11371-12 Biztonságos munkavégzés

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Betartja a munka- és balesetvédelmi előírásokat	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása, 2.6 Balesetek, foglalkozási megbetegedések és az elsősegélynyújtás, 21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések
F	Betartja a biztonságtechnikai előírásokat	2.4 Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció, 21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések
F	Betartja a tűzvédelmi előírásokat	3.1 Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás, 3.2 Tűzoltó anyagok és eszközök, tennivalók tűz esetén
F	Betartja a környezetvédelmi előírásokat	3.4 Környezetvédelem a faiparban: víz, levegő, talaj, zaj és engedélyezés, 3.5 Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap
F	Betartja a karbantartásra vonatkozó előírásokat	21.4 Gépápolás, karbantartás és élezés
F	Betartja a gépek biztonságos használatára vonatkozó előírásokat	21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések, 22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, 23.1 Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság, 24.1 Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás
F	Kéziszerszámokat, kézi kisgépeket, munkaterületet előkészít	15.4 Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés, 16.1 Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész, 2.2 Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Gépeket, szerszámokat ellenőriz, beállít	21.2 Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, 22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok
F	Biztonságtechnikai eszközöket beállít	21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések, 22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok
I	Munkabiztonsági szabályok, rendeletek; munkáltatók és munkavállalók jogai és kötelességei	2.1 A munkavédelem fogalomrendszere és szabályozása
I	Munkavégzési környezeti és technológiai szabályok	3.4 Környezetvédelem a faiparban: víz, levegő, talaj, zaj és engedélyezés, 2.2 Munkahelyek kialakítása, közlekedési utak, jelzések és műhelyrend
I	Elsősegélynyújtás	2.6 Balesetek, foglalkozási megbetegedések és az elsősegélynyújtás
I	Tűzvédelem; tűzoltó berendezések és eszközök; tűzkárbejelentés	3.1 Az égés, a tűzveszélyes anyagok és a faipari porrobbanás, 3.2 Tűzoltó anyagok és eszközök, tennivalók tűz esetén
I	Érintésvédelmi szabályok, előírások	3.3 A villamosság biztonságtechnikája a faipari műhelyben
I	Környezetvédelem; faipari hulladék kezelésének előírásai	3.4 Környezetvédelem a faiparban: víz, levegő, talaj, zaj és engedélyezés, 3.5 Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap, 21.3 Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció
I	Faipari termékek készítésének általános követelményei; a faipari munkavégzés feltételei	1.3 Tanulóműhely, alap szerszámkészlet és a biztonságos gyakorlás határai, 21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések
I	Géptani alapfogalmak	14.3 Géptani alapfogalmak: hajtások, áttétel, fűrészszalag hossza

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Kéziszerszámok, kézi kisgépek	15.4 Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés, 16.1 Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész, 16.2 Kézi gyalugép, kézi fúrógép, csavarozó és oszlopos fúrógép, 16.3 Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok, 16.4 Kézi csiszológépek, kisgépes elszívás és pneumatikus kisgépek
I	Faipari alapgépek felépítése, szerszámai, beállításai, kezelésének szabályai	22.1 Asztalos szalagfűrészgép, 22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, 23.1 Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság, 23.2 Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás
I	Gépkönyv, kezelési, szerelési, karbantartási útmutatók	2.4 Munkaeszközök biztonsága: szerszám, gép, berendezés, dokumentáció, 21.4 Gépápolás, karbantartás és élezés
K	Munkabiztonsági eszközök, felszerelések használata; gépek, szerszámok biztonságos használata	2.3 A munkavégzés személyi feltételei, egyéni védőeszközök, ergonómia, 21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések

10224-12 Alapvető tömörfa megmunkálás

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Kézi szerszámokat használ	15.2 Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája, 15.3 Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás, 15.4 Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés
F	Porelszívót ellenőriz, bekapcsol	21.3 Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció, 16.4 Kézi csiszológépek, kisgépes elszívás és pneumatikus kisgépek

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Ellenőrzi az alapgépek paramétereit, működését	21.2 Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, 22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, 23.1 Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság
F	Szabászati tevékenységet végez	22.4 Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek, 12.3 Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal
F	Keresztmetszeti megmunkálást végez	15.3 Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás, 23.1 Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság, 23.2 Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás
F	Fúrási műveleteket végez	16.2 Kézi gyalugép, kézi fúrógép, csavarozó és oszlopos fúrógép, 20.2 Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok
F	Csiszolási műveleteket végez	17.1 Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás, 17.2 Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés
F	Szerkezeti kötéseket kialakít; faipari alapszerkezeteket készít	18.2 Szélesbítő toldások készítése kézzel és gépekkel, 19.1 Sarokkötések lapolással és vállazással, 19.2 Ollós csapozás: 90°-os illesztés, 1/3 és 2/3 aljazás, 19.3 Vésett csapozás: szakállas, átmenő, T-kötés; hevederek, 20.1 Egyenes és fecskefarkú fogazás kézzel és géppel, 20.2 Idegencsapos kávakötések: köldökcsap, lamelló, sablonok
F	Gyártásközi ellenőrzést végez	12.6 Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció, 17.2 Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés
F	Lambéria, padló, parketta alapanyagot készít	40.3 Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Lépcsőlapok, lépcsőkorlátok gyártását végzi	40.2 Falépcsők szerkesztése és készítése
F	Fahulladékot feldolgoz	3.5 Faipari hulladékok, veszélyes anyagok és a biztonsági adatlap
I	Gyártási utasítások értelmezése	12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra
I	Faipari alapgépek kezelése, védőberendezések használata; alkatrészek gyártása alapgépeken	21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések, 22.2 Asztalos körfűrészgép és a körfűrészlapok, 23.1 Egyengető gyalugép: késtengely, késcsere, beállítás, biztonság, 23.2 Vastagsági gyalugép és a teljes keresztmetszeti megmunkálás, 22.4 Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek
I	Fűrészelés; gyalulás; fúrás; csiszolás; csiszolóanyagok	15.2 Kézi fűrészek és a kézi fűrészelés technológiája, 15.3 Gyaluk és a kézi gyalulás: síkgyalulás, derékszög, méretre gyalulás, 16.2 Kézi gyalugép, kézi fúrógép, csavarozó és oszlopos fúrógép, 17.1 Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás, 17.2 Csiszolási technológiák felületkezelés alá és a méret-, minőség-ellenőrzés
I	Faipari alapgépeken alkalmazható szerszámok jellemzői; szerszám-karbantartási feladatok	21.2 Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, 21.4 Gépápolás, karbantartás és élezés
I	Minőségbiztosítási feladatok	12.6 Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció
I	Forgácsolással kapcsolatos számítások	14.1 A forgácsolás alapjai: szerszámél, szögek, mozgások és forgácsképződés, 14.2 Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás, 14.3 Géptani alapfogalmak: hajtások, áttétel, fűrészszalag hossza

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Anyaggazdálkodási feladatok; megmunkálási ráhagyások, anyagkihozatal-számítás	12.2 Szabásjegyzék és anyagnorma, 12.3 Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal, 45.1 Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő
I	Kéziszerszámok, kézi kisgépek használata	15.4 Vésők, fúrók, kalapácsok és egyéb kéziszerszámok; padszerszámok, tárolás és élezés, 16.1 Kézi fűrészgépek: kézi körfűrész, merülőfűrész, szúró-, dekopír-, rezgő- és láncfűrész, 16.3 Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok
I	A faanyagok műszaki tulajdonságai	4.4 A fa fizikai tulajdonságai: sűrűség, megjelenés, hő és hang, 4.5 A fa mechanikai tulajdonságai és tartóssága
K	Faipari rajz olvasása, értelmezése; számolási készség	10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz, 11.5 Egyszerű tömörfa bútorok szerkezeti rajza, 14.2 Forgácsolási és előtoló sebesség, fogankénti előtolás

10225-12 Asztalosipari szerelés

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Szerelési dokumentációt értelmez	41.1 Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése
F	Előszerelési műveleteket végez	41.2 Alkatrészek méret- és minőségellenőrzése, dokumentálás, 41.3 Szereléshez szükséges megmunkálások pozicionálása, jelölése, beállítása
F	Asztalosipari alapszerkezeteket szerel	42.1 Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések, 42.2 Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Összeállítja a terméket a technológiai sorrend, illetve a szerelési utasítás szerint	42.3 Termék összeállítása, vasalatok szerelése és beállítása, kiegészítők
F	Helyszíni szerelést végez	43.1 Csomagolás, szállítás és a helyszíni szerelés előkészítése, 43.2 Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése, 43.3 Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése
I	Kézi szerszámok, kézi kisgépek használata; pneumatikus kézi kisgépek	16.4 Kézi csiszológépek, kisgépes elszívás és pneumatikus kisgépek, 42.2 Vasalatos és bontható mechanikus kötések; furatok, fészkek, nútok
I	Összeállítási feladatok megszervezése	41.1 Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése
I	Ragasztók felhasználása; csiszolóanyagok felhasználása	26.1 A ragasztás alapfogalmai és a ragasztóanyagok, 17.1 Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás
I	Helyszíni szerelési műveletek	43.2 Bútoripari és belsőépítészeti termékek helyszíni szerelése, 43.3 Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése
I	Kézi szorítóeszközök; keretprések, korpuszprések	26.2 A ragasztandó felület és a ragasztóanyag előkészítése, a ragasztás eszközei, 26.3 A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák, 42.1 Idegencsapos és ragasztott szerkezetek szerelése; szorítóeszközök és prések
I	Termék gyártástechnológiai leírások értelmezése	41.1 Szerelési dokumentáció értelmezése és készítése; az összeállítás megszervezése, 12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra
I	Vasalatok, szerelvények, szerelés anyagai; rögzítéstechnikai alapismeretek	36.1 Bútorvasalatok, kötővasalatok, csavarok és kötőelemek, 36.2 Rögzítéstechnika: falba, padlóba, mennyezetre

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
K	Faipari és építőipari rajz olvasása, értelmezése	10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz, 12.5 Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása, 37.1 Az építőipar és a faipar kapcsolata: falazatok, falnyílások, névleges méret

10226-12 Asztalosipari termékek gyártása

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Korpuszbútorokat, tároló bútorokat gyárt	32.3 Korpuszbútorok és tároló bútorok gyártástechnológiája, 32.4 Keret- és kávaszerkezetű tömörfa szekrény gyártása
F	Asztalokat gyárt	33.1 Asztalok jellemző típusai és szerkezetei, 33.2 Egy- és kétfiókos asztal szerkezeti rajza és gyártástechnológiája
F	Ülőbútorokat készít	34.1 Ülőbútorok: típusok, állványszerkezet, ergonómia; a támlás szék szerkezeti rajza, 34.2 Ülőbútorok gyártása: íves alkatrészek, sablonok, csapozás
F	Fekvőbútorokat készít	34.3 Fekvőbútorok és a kárpitozás alapjai
F	Kiegészítő bútorokat gyárt; irodai bútorokat gyárt	35.2 Irodai bútorok, belső terek burkolatai és berendezései, kiegészítő bútorok
F	Lapok, lemezek szabását végzi	22.3 Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák, 27.1 Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt
F	Felület-előkészítést, egalizáló csiszolást végez	27.1 Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt, 28.1 A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás, 25.1 Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Ragasztási műveleteket végez	26.3 A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák
F	Éllezárást végez	27.4 Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás
F	Sík- és íves felületet furnéroz; furnérozott felület előkészítését végzi	27.2 Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték, 27.3 Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása
F	Felületkezelést végez	28.2 Pácolás: pácok fajtái, előkészítés, felhordás, hibák, 29.1 A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok, 29.2 Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás, 30.1 Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés
F	Beépített bútorokat készít	35.1 Beépített bútorok elhelyezése és gyártása: konyhabútor, gardrób
F	Ajtókat és ablakokat készít	38.2 Ajtók gyártástechnológiája gépekkel, 39.3 Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás
F	Fém-műanyag kombinált nyílászárókat gyárt	39.2 Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók
F	Spaletta és zsalugáter készítését végzi; árnyékolástechnikai berendezéseket gyárt, szerel	40.1 Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések
F	Lépcsők és korlátok készítését végzi	40.2 Falépcsők szerkesztése és készítése
F	Padlók, parketták gyártását, lerakását végzi; faburkolatokat készít	40.3 Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás, 40.4 Falburkolatok és álmennyezetek
F	Egyéb asztalosipari termékeket gyárt	35.2 Irodai bútorok, belső terek burkolatai és berendezései, kiegészítő bútorok, 38.3 Válaszfalak, térelválasztók, tolóajtók és különleges épületasztalos termékek

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Épületasztalos-ipari szerkezeteket elhelyez és rögzít; szerelvényeket, vasalatokat felszerel, beállít	43.3 Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése, 39.3 Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás
I	Formaterv; metszeti rajz; csomóponti rajz; alkatrészrajzok készítése	31.3 Formatervezés és a formaterv készítése, 10.3 Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés, 10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz, 12.1 A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet
I	Bútortípusok rendeltetése, formai, szerkezeti kialakítása	31.1 A bútor fogalma, rendeltetése, csoportosítása és funkcionális méretei, 32.1 Szekrények jellemző típusai és szerkezetei
I	Fa- és egyéb anyagok alkalmazása	8.3 Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok, 8.4 Segédanyagok: műanyagok, fémek, üveg, tükör, kő és kárpitozás anyagai
I	Lapok, lemezek szabástechnológiája; szabástérkép, darabjegyzék; lapanyagokkal kapcsolatos számítások	12.3 Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal, 27.1 Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt, 45.1 Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő
I	Felület-előkészítés anyagai; csiszolóanyagok felhasználása	28.1 A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás, 17.1 Csiszolóanyagok és a kézi csiszolás
I	Ragasztási technológiák; ragasztással kapcsolatos számítások	26.3 A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák, 26.4 Ragasztással kapcsolatos számítások
I	Furnérok fajtái, tulajdonságai, felhasználása; furnérozási technológiák	8.1 Furnérok: gyártás, fajták és felhasználás, 27.3 Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Felület-előkészítési és felületkezelési technológiák; felületkezelő anyagok	28.1 A felületek előkészítése: halványítás, gyantamentesítés, tapaszolás, csiszolás, 29.1 A lakkok csoportosítása: NC, PE, PU, SK, diszperziós és UV-lakkok, 29.2 Lazúrok, olajok, viaszok, bio felületkezelők és a politúrozás, 29.3 Felületbevonások: fóliázás és laminálás
I	Ajtók, ablakok szerkezeti kialakítása, nyitásiránya; üvegek, üvegezés	38.1 Ajtólapok: vázkeretes, üreges és tömör; belső és bejárati ajtók, 39.1 Ablakok: rendeltetés, csoportosítás, méretmegadás és szerkezetek, 39.2 Üvegezés, üvegfajták és fém-fa (kombinált) nyílászárók
I	Árnyékolástechnikai berendezések szerkezete	40.1 Spaletta, zsalugáter és árnyékolástechnikai berendezések
I	Padlók, parketták, falburkolatok szerkezete; faburkolatok technológiája	40.3 Padlók, parketták és lambéria: alapanyaggyártás és lerakás, 40.4 Falburkolatok és álmennyezetek
I	Lépcsők szerkesztése, készítése	40.2 Falépcsők szerkesztése és készítése
I	Épületasztalos munkák vasalatai, szerelési technikák; kiegészítő anyagok tulajdonságai	39.3 Ablakgyártás gépekkel, ablakvasalatok és beállítás, 43.3 Épületasztalos-ipari és kültéri termékek helyszíni beépítése, 8.4 Segédanyagok: műanyagok, fémek, üveg, tükör, kő és kárpitozás anyagai
I	Minőség-ellenőrzés feladatai, kísérő dokumentációk összeállítása	12.6 Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció
K	Faipari rajz készítése; építőipari rajzok és folyamatábrák olvasása	10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz, 37.1 Az építőipar és a faipar kapcsolata: falazatok, falnyílások, névleges méret, 12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra

10228-12 Gépkezelés

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Ellenőrzi a gépek paramétereit, működését; porelszívót ellenőriz, bekapcsol	21.2 Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, 21.3 Por- és forgácselszívás, fapor-expozíció
F	Lapmegmunkálást végez	22.3 Lapszabászgépek, táblafelosztók és a fűrészelési hibák, 27.1 Lapalkatrészek szabása, egalizálása és élzárás felületborítás előtt
F	Marási műveleteket végez	24.1 Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás, 16.3 Felsőmarógép, lamellózó és marási típusok
F	Elemi esztergályozási műveleteket végez	24.4 Faesztergálás: gépek, szerszámok, alapműveletek
F	Szerkezeti és szerelvényhely-kialakítást végez	24.2 Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen, 24.3 Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek, 25.2 CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés
F	Csiszolási műveleteket végez	25.1 Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók
F	Ragasztási műveleteket végez	26.3 A ragasztás technológiája, prések és a ragasztási hibák
F	Felületkezelő eszközt, berendezést működtet	30.1 Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés, 30.2 Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálló gépek
F	Gyártásközi ellenőrzést végez	12.6 Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció
F	Faipari NC- és CNC-gépeket kezel	25.2 CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Gyártási utasítások értelmezése; alkatrészek gyártása faipari gépeken	12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, 22.4 Fűrészgépi gyakorlat: darabolás, szélezés, szeletelés, hibakiejtés, íves alkatrészek
I	Faipari gépek kezelése, védőberendezések használata	21.1 Faipari gépek biztonságtechnikája: veszélyek és védőberendezések
I	Marógépek; csapozó marógépek; fúrógépek; láncmarógépek; faesztergagépek	24.1 Asztalos marógép (alsómaró): profilmarás, díszlécek, sablon szerinti marás, 24.2 Csapozó marógépek, láncmarógép és szerkezeti kötések gépen, 24.3 Fúrógépek: hosszlyukfúró, sorozatfúró, 32-es rendszer és szerelvényhelyek, 24.4 Faesztergálás: gépek, szerszámok, alapműveletek
I	Csiszológépek	25.1 Faipari csiszológépek: szalag-, henger-, kontakt-, széles szalagú, tárcsás és élcsiszolók
I	Furnérozás gépei; lap- és élmegmunkáló gépek	27.2 Furnér szabása, illesztése és táblásítása; furnérteríték, 27.3 Lapok furnérozása, préselés utáni műveletek, hibák és íves felületek borítása, 27.4 Élzárás felületborítás után, éllezáró gépek és élmegmunkálás
I	Felületkezelő berendezések	30.1 Felhordás gépei: szórópisztolyok és szórástechnológiák, mártás, hengerlés, öntés, 30.2 Szórófülkék, szárítóberendezések, fóliázó és laminálló gépek
I	Megmunkáló központok kezelése; adatátvitel számítógépről CNC-re	25.2 CNC-technika: vezérlés, koordináta-rendszer, megmunkálóközpont, programfelépítés, 13.2 CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel
I	Faipari gépeken alkalmazható szerszámok jellemzői, szerszámcsere; szerszám-karbantartás; gépkarbantartás	21.2 Gépi szerszámok kezelése, ellenőrzése, szállítása és tárolása, 21.4 Gépápolás, karbantartás és élezés

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Minőségbiztosítási feladatok	12.6 Minőségbiztosítás, gyártásközi ellenőrzés és kísérő dokumentáció
K	Szakmai szoftverek használata, felhasználói szintű számítógépes ismeret	13.1 Irodai szoftverek az asztalos munkájában, 13.2 CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel

10229-12 Gyártáselőkészítési feladatok

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Piaci igényt felmér	46.2 Üzleti terv, piackutatás, piacképesség, 31.3 Formatervezés és a formaterv készítése
F	Üzleti tervet előkészít	46.2 Üzleti terv, piackutatás, piacképesség
F	Helyszíni felmérést végez	12.5 Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása
F	Műszaki rajzot és műszaki leírást készít	12.1 A műszaki dokumentáció részei és a rajzkészlet, 12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra
F	Szabásjegyzéket, anyagnormát készít	12.2 Szabásjegyzék és anyagnorma
F	Művelettervet, technológiai leírást készít	12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, 44.1 A gyártási folyamat megtervezése: műveletterv, gépválasztás, időnorma, ütemezés
F	Árkalkulációt készít; árajánlatot készít	45.2 Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció, 45.3 Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár
F	Szerződést köt	46.3 Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
F	Beszerzi a termék előállításához szükséges anyagokat, eszközöket	7.3 Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása, 6.5 Trópusi fafajok, helyettesítés és legális, tanúsított faanyag, 45.1 Anyagszükséglet-számítás: tömörfa, lapanyag, élzáró, vasalat, ragasztó, felületkezelő
F	Fűrészárut osztályoz, válogat, szakszerűen máglyáz	7.1 Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása
F	Alap-, segédanyagot választ, minőségellenőrzést végez	8.3 Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok, 8.4 Segédanyagok: műanyagok, fémek, üveg, tükör, kő és kárpitozás anyagai, 7.1 Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása
F	Szállítólevelet, számlát ír	46.3 Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla
F	Vásárokon, kiállításokon vesz részt	46.4 Marketing, promóció, vásárok és kiállítások
F	Számítógépet kezel, faipari célszoftvereket használ; napi feladatokat adminisztrál	13.1 Irodai szoftverek az asztalos munkájában, 13.2 CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel, 46.1 Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése
I	Helyszíni felmérés	12.5 Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása
I	Műszaki rajzi alapismeretek; ábrázolási módok; fakötések ábrázolása	9.1 Rajzeszközök, rajzfajták, szabványos vonalak és betűk, 10.1 Vetületi ábrázolás: nézetek és nézetrend, 11.3 Keretkötések ábrázolása: sarok-, T- és keresztkötések
I	Formaterv; metszeti rajz; csomóponti rajz; alkatrészrajzok	31.3 Formatervezés és a formaterv készítése, 10.3 Nézet és metszet; metszősíkok és metszetjelölés, 10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Műszaki leírás; szabásjegyzék, anyagnorma; szabásterv; műveletterv, technológiai leírás	12.4 Műszaki leírás, műveletterv, technológiai leírás és gyártási folyamatábra, 12.2 Szabásjegyzék és anyagnorma, 12.3 Szabásterv és szabástérkép, anyagkihozatal
I	Árkalkuláció	45.2 Költségek és önköltség: anyag-, bér-, általános költség, elő- és utókalkuláció
I	Alapanyagok tulajdonságai, felhasználása; alap- és segédanyag-szabványok; szakmai számítások	4.4 A fa fizikai tulajdonságai: sűrűség, megjelenés, hő és hang, 8.3 Forgácslap, MDF, HDF, OSB, farostlemez és bevont lapok, 8.4 Segédanyagok: műanyagok, fémek, üveg, tükör, kő és kárpitozás anyagai, 7.1 Fűrészáru fajtái, méretei és minőségi osztályozása
I	A faanyag alakváltozásai	4.3 Zsugorodás, dagadás és vetemedés: a fa „mozgása”, 7.2 A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése
I	A fa hibái és betegségei	5.1 A fa alaki és szövetszerkezeti hibái, 5.2 Farontó gombák és rovarok
I	Hazai fafajták ismerete, megmunkálhatósága	6.2 Hazai és Európában gyakori tűlevelű fafajok, 6.3 Hazai kemény lombos fafajok, 6.4 Lágy lombos és gyümölcsfák
I	Faanyagok kezelése, tárolása	7.2 A faanyag szárítása, gőzölése és egyéb kezelése, 7.3 Fűrészáru, laptermékek és furnér tárolása, nyilvántartása
I	A vállalkozás működésével kapcsolatos feladatok; árajánlat; szerződéskötés, garancia; szállítólevél, számla	46.1 Vállalkozási formák, a vállalkozás indítása és működése, 45.3 Árajánlat készítése: termelési ár, ÁFA, kiszámlázott ár, 46.3 Szerződéskötés, garancia, megrendelő, szállítólevél és számla
I	Vásárok és kiállítások	46.4 Marketing, promóció, vásárok és kiállítások

Típus	Kompetencia	Könyv-alfejezetek
I	Számítógép, faipari célszoftverek használata; adminisztrációs feladatok	13.1 Irodai szoftverek az asztalos munkájában, 13.2 CAD, látványtervezés, optimalizálás és CNC-adatátvitel
K	Faipari rajz készítése; szabadkézi vázlatkészítés	10.4 A faipari rajzok fajtái: formaterv, csomóponti, összeállítási, alkatrész- és műhelyrajz, 12.5 Helyszíni felmérés, vázlatrajz és építőipari rajzok olvasása

Tanulási útvonalak

- **Teljes útvonal (0-ról):** a könyv sorrendjében; a IV. rész kézi gyakorlatai és az V. rész gépi alfejezetei között a gépi munkát csak tanműhelyben, felügyelettel gyakorold (1.3).
- **Kiegészítő útvonal (iskolai vagy tanfolyami órák mellé):** a kerettanterv-táblázat alapján a heti óra témakörének alfejezetei; a szakrajz (9.1–11.5) és az anyagismeret (4.1–8.4) folyamatosan, párhuzamosan.
- **Vizsgafelkészítő útvonal:** a vizsgafejezet (48.1–48.2) mintafeladataiból kiindulva a hiányos témák alfejezetei; a vizsgaremekhez a műszaki dokumentáció (12.1–12.6) és a kalkuláció (45.1–45.3).

Bibliográfia és forráskulcsok

Ezek a tervben szereplő kiindulópontok, nem ebben a tervben ellenőrzött források. Az URL nélküli tételeknél a kiadói vagy szabványügyi oldalt a `research` lépés keresse meg; URL-t, kiadást, szabványszakaszt, jogszabályszámot, paragrafust, határértéket vagy oldalszámot ne találj ki. **Minden szabvány- és jogszabályszám, hatályosság, határérték, tájékoztató anyagjellemző és technológiai paraméter ellenőrzendő a kiadás előtt** (a szövegben „(ellenőrizendő: …)” jelzéssel), mert a magyar és európai szabályozás időben változik, a szabványok jelentős része fizetős, és a technológiai adatok gyártónként eltérnek.

Fejezetenként közös forráscsomag. A fejezet-leírás fókusza és URL-jei az elsődlegesek; az alábbi lista referencia-térkép. Minimum három releváns forrás szükséges, olvasott szakasz/állítás szerint. A konvenciók forrásonként eltérnek (régi és új szabványok, szakkönyvi és gyártói szóhasználat); minden forrásnál rögzíteni kell a használt konvenciót és az esetleges eltérést a könyv context.md-beli konvenciójától. Továbbtanulás further_reading; hiány gaps.

Magyar jogi és szabványügyi környezet

- https://net.jogtar.hu/ (Nemzeti Jogszabálytár: munkavédelem, kémiai biztonság, tűzvédelem, hulladék, munka törvénykönyve, adózás, szakképzés)
- https://magyarkozlony.hu/ (Magyar Közlöny: jogszabályok kihirdetése)
- https://www.mszt.hu/ (Magyar Szabványügyi Testület: MSZ, MSZ EN, MSZ EN ISO szabványok, szabványkereső)
- https://www.katasztrofavedelem.hu/ (tűzvédelmi szabályozás, OTSZ – jelölve)

- https://portal.nebih.gov.hu/ (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal: faanyag-kereskedelmi (EUTR/EUDR) hatósági feladatok – jelölve)
- https://www.e-epites.hu/ (építésügyi tájékoztatás: építési termékek, OTÉK – jelölve)
- https://nav.gov.hu/ (adózás, ÁFA, számlázás, vállalkozás)
- https://nfsz.munka.hu/ (Nemzeti Foglalkoztatási Szolgálat: álláskeresés, ellátások – jelölve: aktuális intézményrendszer)
- https://www.nive.hu/ és https://www.ikk.hu/ (szakképzési és felnőttképzési háttérintézmények: KKK, PTT, vizsgák – jelölve)
- https://www.mkik.hu/ (Magyar Kereskedelmi és Iparkamara: szakképzés, vizsgáztatás, vállalkozás)

Európai és nemzetközi források

- https://osha.europa.eu/hu (EU-OSHA: munkavédelmi útmutatók, faipari kockázatok, fapor)
- https://eur-lex.europa.eu/ (uniós jogszabályok: gépek, CLP, REACH, VOC, építési termékek, faanyag-rendelet – jelölve)
- https://echa.europa.eu/hu/ (ECHA: biztonsági adatlap, CLP-címkézés, H- és P-mondatok)
- https://www.cencenelec.eu/ (CEN: európai szabványosítás)
- https://www.iso.org/ (ISO: műszaki rajz, minőségirányítás, faipari gépek biztonsága)
- https://www.fsc.org/ és https://pefc.org/ (erdőgazdálkodási tanúsítás)
- https://europass.europa.eu/hu (Europass önéletrajz)

Szabványcsaládok (számok ellenőrizendők)

- **Műszaki rajz:** MSZ EN ISO 128 (ábrázolás, vonalak), MSZ EN ISO 129 (méretmegadás), MSZ EN ISO 5455 (méretarány), MSZ EN ISO 5457 (rajzlapok), MSZ EN ISO 7200 (szövegmező), MSZ EN ISO 3098 (szabványírás), MSZ EN ISO 5456 (vetítési módszerek) – jelölve.
- **Faipari gépek biztonsága:** MSZ EN ISO 19085 sorozat (körfűrész, egyengető és vastagsági gyalu, alsómaró, szalagfűrész, CNC stb.) – jelölve; gépek biztonsága általános elvek (MSZ EN ISO 12100) – jelölve.
- **Faanyag és fűrészáru:** fűrészáru-méretek és tűrések, megjelenés szerinti osztályozás (lombos és tűlevelű fűrészáru), fanedvesség-mérés, tartóssági osztályok (MSZ EN 350) – jelölve.
- **Faalapú lapok:** forgácslap (MSZ EN 312), MDF (MSZ EN 622-5), OSB (MSZ EN 300), rétegelt lemez (MSZ EN 636), formaldehid-kibocsátás (MSZ EN 717, MSZ EN 13986) – jelölve.
- **Ragasztók:** termoplasztikus faragasztók vízállósága (MSZ EN 204: D1–D4), duroplasztikus ragasztók (MSZ EN 12765) – jelölve.
- **Nyílászárók, építési termékek:** ablakok és ajtók termékszabványa (MSZ EN 14351-1), hőátbocsátás, légzárás, csapóeső-állóság – jelölve.
- **Bútorok:** szilárdsági, stabilitási és tartóssági vizsgálatok (asztalok, székek, tárolóbútorok, emeletes ágy) – jelölve.
- **Minőségirányítás:** MSZ EN ISO 9001 – jelölve.
- **Biztonsági jelek:** MSZ EN ISO 7010 – jelölve.
- **Csiszolóanyagok:** FEPA P-szemcseméret (ISO 6344) – jelölve.

Jogszabálycsaládok (számok és hatály ellenőrizendők)

- Munkavédelemről szóló törvény (1993. évi XCIII.) és végrehajtási rendeletei; munkahelyek, munkaeszközök, egyéni védőeszközök, zaj- és rezgésexpozíció, rákkeltő anyagok (keményfapor) expozíciója, kémiai biztonság (2000. évi XXV.) – jelölve.
- Uniós gépirányelv és az új uniós géprendelet (hatálybalépés jelölve), CLP- és REACH-rendelet, VOC-szabályozás, uniós faanyag-rendelet (EUTR) és erdőirtásmentességi rendelet (EUDR) – jelölve.
- Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ), hulladékgazdálkodás, környezetvédelem, telephely-engedélyezés – jelölve.
- Munka törvénykönyve, foglalkoztatási törvény, adó- és járulékszabályok, számlázás, Ptk. (jótállás, szavatosság), fogyasztóvédelem – jelölve.
- Szakképzésről szóló törvény és végrehajtási rendelete (Szakképzés 4.0), az Asztalos szakma KKK és PTT – jelölve.
- Országos településrendezési és építési követelmények (OTÉK: lépcső, korlát) – jelölve.

Szakkönyv- és forrástípusok

- Faipari anyagismeret, faanatómia és fafizika tankönyvek (fafaj-határozás, nedvesség, zsugorodás, tájékoztató táblázatok).
- Faipari szakrajz tankönyvek (fakötések ábrázolása, faipari anyagjelölések).
- Asztalosipari szerkezettan és technológia tankönyvek (bútor- és épületasztalos szerkezetek, gyártástechnológia).
- Faipari gépek és szerszámok tankönyvei, gépkönyvek és szerszámgyártói katalógusok (gyártófüggetlenül, jelölve).
- Ragasztó-, felületkezelőanyag- és vasalatgyártók műszaki és biztonsági adatlapjai (gyártófüggetlenül, jelölve).
- Vállalkozási, kalkulációs és munkajogi segédletek (aktuális mértékek jelölve).