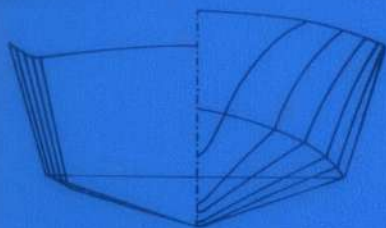


BELSKÉ ÖDÖN

**KISHAJÓK
SZERKESZTÉSE
ÉS ÉPÍTÉSE**



Becske Ödön
okl. gépészmérnök

Kishajók szerkesztése és építése

2. kiadás

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1976

Lektorálta:

Székely János

okl. gépészmérnök

© **Becske, 1974, 1976**

ETO: 629. 125

ISBN: 963 10 1570 X

ISBN: 963 10 0461 9 (1. kiadás száma)

Felelős kiadó: Solt Sándor igazgató

Felelős szerkesztő: Nagyné Baka Gabriella okl. gépészmérnök

Bevezetés

Kishajón főleg a sportcélokat, kisebb részben a honvédelmi és biztonsági célokat szolgáló evezős, vitorlás és motoros hajókat értjük, melyek hossza 20 m-nél kisebb. A verseny-, túra-, valamint nyaralási célokat szolgáló sporthajók építése világszerte igen nagy méreteket öltött, s ezek a hajók igen sokféle méretben, alakban és kivitelben, részben gyári, részben saját építésben készülnek.

A kishajóépítés egy igen régi, tradíciókban gazdag kézműipar. A folyók, tavak és tengerek az évezredek folyamán nem változtak, s ugyanazokat a követelményeket támasztják a vízijárművekkel szemben. Ezért évezredekig a hajóépítés technikája nagy vonásokban alig változott, újabban azonban az új építőanyagok, különösen a ragasztóanyagok és műanyagok bevezetése, gyökeresen megváltoztatta a kishajóépítés módját.

A kishajók szerkesztése és építése sok közös vonást mutat a nagyhajókéval, ugyanakkor lényegesen nagyobb lehetőséget nyújt a szerkesztőnek és építőnek az új típusok és új formák kialakítására. A kishajóépítés – viszonylagos szabadságával – a nagyhajók építését is továbbfejleszti, s ezért a kishajóépítésben kifejlesztett újítások is javítások hatással voltak a kereskedelmi és egyéb hajók építésére is.

A kishajószerkesztésre és -építésre jellemző a probléma összetettsége, s a megadott feltételek mellett minél tökéletesebb hajó készítése. Az alapvető tulajdonságok a sebesség, stabilitás, hullámbírás, kis hajtóerő-szükséglet, nagy férőhely sokszor egymásnak ellentmondó természetűek. Mint minden műszaki létesítmény, így egy hajó szerkesztése is bizonyos kompromisszummal valószínű meg, annak figyelembevételével, hogy adott esetben melyek a teljesítendő domináns követelmények.

A kishajók igen sokféle méretben és igen változatos formában készülnek. A felhasználás célja, a hidro- és aerodinamikai követelmények, az építőanyag, a gyártó adottságai, az esztétikai és kényelmi szempontok, a rendelkezésre álló hajtóerő, a megkívánt sebesség, s végül, de nem utolsósorban az építendő anyagi lehetőségei szabják meg a készítenő hajó méreteit, alakját, anyagát, szerkezetét és kivitelét.

A szerkesztő és hajóépítő célja, hogy az adott körülményeknek megfelelően optimális tulajdonságú hajó épüljön, s ehhez kíván segítséget nyújtani e könyv, amelyben a kishajók – evezős, motoros és vitorláshajók – szerkesztési alapelveivel, szerkezetével, az építésükhöz szükséges anyagokkal, építési módjaikkal, karbantartásukkal s a különböző hajótípusokkal foglalkozunk.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	5
I. Kishajók szerkesztése	11
A) A hajószerkesztés elvei	11
1. Az úszótest mechanikája és a hajótest geometriája	11
a) A felhajtóerő	11
b) A felület és a rendszersúlypont meghatározása	12
c) A hajótest alakja, fő méretei, arányai	17
d) A hajótest ábrázolása	20
2. Hajógeometriai és súlyszámítások	22
a) Területszámítás	22
b) Területmérés planiméterrel	25
c) A vízkiszorítás és súlypontjának meghatározása a bordamet-	
szetek és vízvonalak alapján	25
d) A hajótest súlyszámítása	29
e) Trimmszámítás, a hajótest úszási helyzetének meghatáro-	
zása	33
3. A hajótest stabilitása	35
4. A hajótest ellenállásai	40
a) A súrlódási ellenállás	40
b) A hullámképző ellenállás	42
c) Az örvényképző ellenállás	45
d) A légellenállás	46
e) A hajó ellenállásainak változása a sebesség függvényében	46
5. A hajó iránystabilitása	53
6. A hajó kormányzása	54
7. A hajótest kialakítása a teherbíróképesség, a stabilitás, a kor-	
mányozhatóság és a sebesség figyelembevételével	57
B) A hajótervezés sorrendje és kivitele	67
1. A tervezési munka sorrendje	67
2. Vonalrajz készítése	69

3. Általános elrendezési és szerkezeti rajz	84
a) Általános elrendezési rajz	84
b) A szerkezeti rajz	86
4. A hajótest igénybevételei	88
5. Műhelyrajzok készítése, rajzpadlási munka	90
II. Kishajók építése	95
A) Kishajók építőanyagai és eszközei	95
1. Faanyagok	95
2. Fémek	102
a) Acélok	102
b) Könnyűfémek	103
3. Műanyagok	103
4. Segédanyagok	104
a) Szögek	104
b) Szegecsek	104
c) Csavarok	104
d) Acélkötelek	106
e) Kötelek növényi rostokból és műanyagszálakból	107
f) Lánc és horgony	107
g) Ragasztóanyagok	108
5. Kishajók építéséhez szükséges eszközök	108
B) Fahajók építése	109
1. Az alkatrészek kötései	109
2. Faalkatrészek hajlítása	111
3. A hajótest alkatrészeinek készítése	113
4. A hajótest építési módjai. A váz felállítása	130
5. A hosszbordás hajótest építése	131
6. Klinker-palánkozású hajótest készítése	138
7. Karwel-palánkozású hajótest készítése	144
8. Diagonál-palánkozású hajótest készítése	147
9. Lécekből épített külháj	148
10. Külháj készítése rétegeltlemezből	149
11. Külháj készítése formára ragasztott és préselt furnérokból	151
12. Kompozit építési mód	156
13. Fedélzet készítése	156
C) Fémhajók készítése	166
1. Alkatrészek készítése	167
a) A hajók belső szerkezete	168
b) A váz felállítása	170
2. Acélhajók építése	171

3. Kishajók építése könnyűfémből	178
4. Hajótestek korróziója és korrózióvédelme	181
D) Műanyaghajók építése	182
1. Az üvegszálvas mőanyaghajók alapanyagai	183
2. Az üvegszálás műgyanta feldolgozása	189
3. Gyártási eljárások	191
a) Kézi felrakóeljárás	191
b) Vákuumformázás	196
c) Szóróeljárás	197
4. Modellek előállítása	197
5. Szerszámok (formák) előállítása	199
6. Az üvegszálvas mőanyaghajók szerkezete és méretezése	201
a) A műanyaghajók szerkezete	202
b) A műanyaghajók méretezése	202
c) Merevítések	208
d) A szerkezeti elemek összeerősítése	209
7. Szerkezeti megoldások és kötések	210
E) Kishajók felületi bevonatai	218
1. Fahajók felületkezelése	218
2. Acél- és könnyűfém hajók felületkezelése	219
3. Mőanyaghajók felületkezelése	219
4. Fahajók bevonása poliészterrel	220
5. A felületi bevonatok hibái	220
6. Gombásodás elleni védelem	220
F) Kishajók karbantartása és javítása	221
1. A hajók tárolása	221
2. Karbantartás, festés, lakkozás	222
3. Javítási munkák	222
III. Evezős, vitorlás és motoros kishajók	227
A) Evezőscsónakok	227
1. Szerkesztési szempontok	227
2. Tavi evezőscsónakok	227
3. Folyami evezőscsónakok	231
4. Verseny evezőscsónakok	237
5. Az evezők méretezése és készítése	241
6. Kajakok és kenuk	244
B) Vitorlášajók	247
1. A vitorlášajók felosztása	247
2. Vitorlázattípusok	248

3. A hajótest alakja	249
4. A vitorláshajók sebessége	249
5. A vitorlázás mechanikája	251
6. A laterális felület és a laterális súlypont	252
7. A vitorla aerodinamikája	254
8. A vitorla nagysága	255
9. Uszonyos vitorláshajók	257
10. Tőkesúlyos vitorláshajók	275
11. Katamaránok	287
12. Az árboc és szerelvényei	288
a) Az árboc igénybevétele és méretezése	288
b) Az árboc szerelvényei és felerősítésük	292
C) Motoros hajók	294
1. A motoros hajók felosztása	294
2. A motoros hajótest kialakítása	294
3. Merüléssel hajók	298
4. Siklás, siklóhajók	299
5. A sebesség és a motorteljesítmény	303
6. A hajómotor	305
7. A különböző hajtások összehasonlítása	306
8. A motorok száma és forgásiránya	308
9. Farmotoros hajók	310
a) Farmotoros hajók kialakítása	310
b) Farmotoros hajók kormányzása	312
c) Farmotoros hajótípusok	313
10. Hajók beépített motorral	320
a) A motor elhelyezése és alapozása	320
b) A tengelyvezeték és a tengelycsapágyazás	321
c) Zaj elleni védelem motoros hajókon	324
d) A kormányberendezés	324
e) Hajótípusok beépített motorral	327
11. Motoros vitorlások	330
12. A hajócsavar	331
a) A hajócsavar alakja	333
b) A slip	333
c) Hajósodor tényező	334
d) A hajócsavar fő méretei	336
e) A hajócsavar hatásfoka	337
f) A hajócsavar fő méreteinek közelítő meghatározása	338
g) A hajócsavar fő méreteinek meghatározása csavarsorozatok mérési eredményei alapján	339
h) Kavitáció	343
i) A hajócsavar rajza	344
Irodalomjegyzék	349
Tárgymutató	351

Kishajók szerkesztése

A) A HAJÓSZERKESZTÉS ELVEI

I. Az úszótest mechanikája és a hajótest geometriája

a) A felhajtóerő

A folyadékba merült testre hat a *felhajtóerő*, amelynek nagysága a test térfogatától függ. *Arkhimédész* törvénye szerint minden vízbe merült testre akkora felhajtóerő hat, amekkora a vízbe merült test köbtartalmának megfelelő víz (az általa kiszorított víz) súlya.

Egy vízbe merülő hengerre a lefelé irányuló G önsúly és a henger és a víz érintkező felületén jelentkező nyomások hatnak (1. ábra).

A hengerre ható vízszintes irányú nyomások egymást kiegyenlítik. A lefelé irányuló erő az l_1 vízoszlop nyomásából adódó $Al_1\gamma$ erő, a felfelé irányuló erő az l_2 vízoszlop nyomásából adódó $Al_2\gamma$ erő. A két nyomásból eredő különbség a felhajtóerő:

$$F = Al_2\gamma - Al_1\gamma,$$

ahol A az alaplap területe;

l a henger magassága;

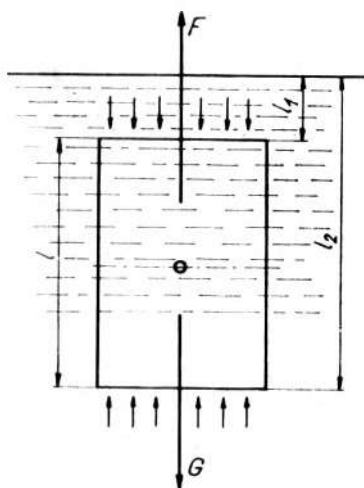
γ a folyadék fajsúlya.

Példa. Számítsuk ki, hogy milyen mélyre merül egy 0,8 m hosszú, 0,25 m széles és 0,3 m vastag tölgyfahasáb, ha a tölgyfa fajsúlya $\gamma = 0,70$ Mp/m³.

A hasáb súlya $G = 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 0,042$ Mp. A hasáb térfogata 0,06 m³. A felhajtóerő tehát — ha a víz fajsúlyát 1 Mp/m³-nek vesszük — 0,06 Mp. A hasáb addig fog bemerülni, amíg a víz alatti rész térfogata és a víz térfogatsúlyának szorzata, azaz a felhajtóerő egyenlő lesz a hasáb súlyával. Ha a bemerülést T -vel jelöljük, akkor

$$0,042 = 0,8 \cdot 0,25T, \text{ amiből } T = 0,21 \text{ m.}$$

Egy test tehát akkor úszik, ha a rá ható két erő — a súlya és a felhajtóerő — egyensúlyban van. Két erő egyensúlyának a feltétele, hogy a két erő nagysága egyenlő legyen és közös egyenesbe (úszás esetén közös függőlegesbe) essenek. A hajószerkesztők általában a felhajtóerő elnevezés helyett a kiszorított víz súlyáról beszélnek és a kiszorított víz mennyiségét röviden *víz-kiszorításnak* vagy *displacement-nak* (D) nevezik.

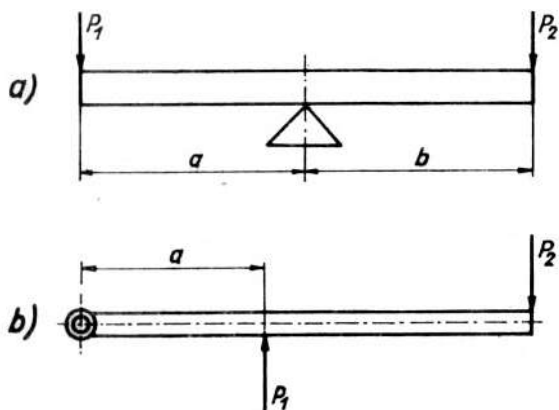


1. ábra. A vízbe merült testre ható erők

Azt a pontot, amelyben egyesítve képzeljük egy test, ill. egy hajó teljes súlyát, a hajó *rendsersúlypontjának* nevezzük és G -vel jelöljük. A hajósúly hatásvonala mindig ezen a ponton halad át. Az F felhajtóerő a vízkiszorítás, azaz a displacement súlypontjában hat. A két erő súlypontjának tehát egyazon függőlegesbe kell esnie. A szerkesztő a hajó alakját úgy alakítja ki és a hajó terhelését úgy osztja el, hogy ez a két súlypont a hajó elméleti úszási vonalára merőleges, közös függőlegesbe essék.

b) A felület és a rendszersúlypont meghatározása

A felületek és a testek *súlypontját*, az erők eredőjét nyomatékszámítással határozhatjuk meg. Egy erő nyomatékának nevezzük az erő és karja szorzatát. A kar a forgáspontból az erő irányára vetített merőleges távolság. A nyomaték pozitív, ha iránya az óramutató járásával megegyező, s negatív, ha azzal ellentétes. A nyomatéktétel szerint egyensúly esetén az összes erők forgáspontra vonatkoztatott nyomatékainak összege 0.



2. ábra. Az erők kiegyensúlyozása

Példa. Számítsuk ki, hogy a 2a ábrán látható kétkarú emelő esetén mekkora erő szükséges a $P_1 = 20$ kp súly kiegyensúlyozására, ha a P_1 erő karja $a = 3$ m, a P_2 kiegyensúlyozó erőnek a forgásponttól való távolsága pedig $b = 2$ m. Felírva az erőknek a forgáspontra vonatkoztatott nyomatékait:

$$-P_1 a + P_2 b = 0$$

$$-20 \cdot 3 + P_2 \cdot 2 = 0$$

$$\text{ebből } P_2 = \frac{20 \cdot 3}{2} = 30 \text{ kp.}$$

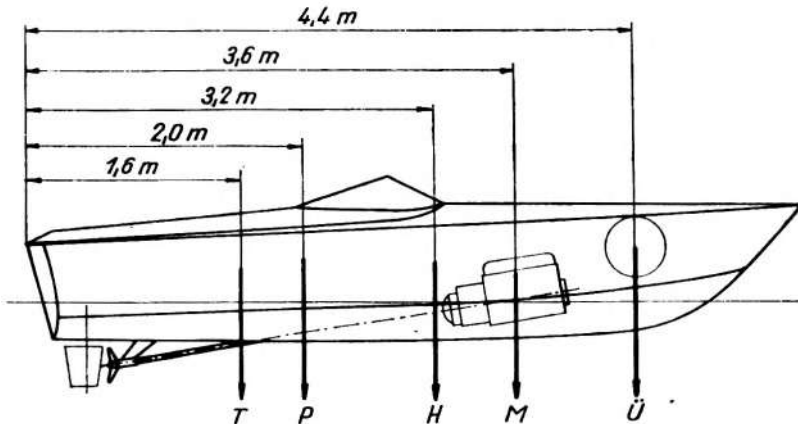
A 2b ábrán látható egykarú emelőre hasson a forgásponttól $a = 2,5$ m távolságban $P_1 = 100$ kp erő, mekkora P_2 erő szükséges ennek kiegyensúlyozására, ha a P_2 erő karja $b = 6$ m?

$$P_1 a - P_2 b = 0$$

$$100 \cdot 2,5 - P_2 \cdot 6 = 0$$

$$P_2 = \frac{100 \cdot 2,5}{6} = 41,66 \text{ kp.}$$

Több erő vagy felület eredő súlyvonalát ugyancsak nyomatékszámítással határozhatjuk meg. A részerők nyomatékainak összege egyenlő az eredő nyomatékával.



3. ábra. Az eredőerők meghatározása

Példa. Számítsuk ki egy motorcsónak rendszer-súlypontját, ha ismerjük a hajótest, a motor, az üzemyangtartály, a tengelyvezeték és a hasznos terhelés súlyát és a hajó farától való távolságát (3. ábra).

Ha az eredő súlyvonalának a hajó végétől számított távolságát x -szel jelöljük, akkor:

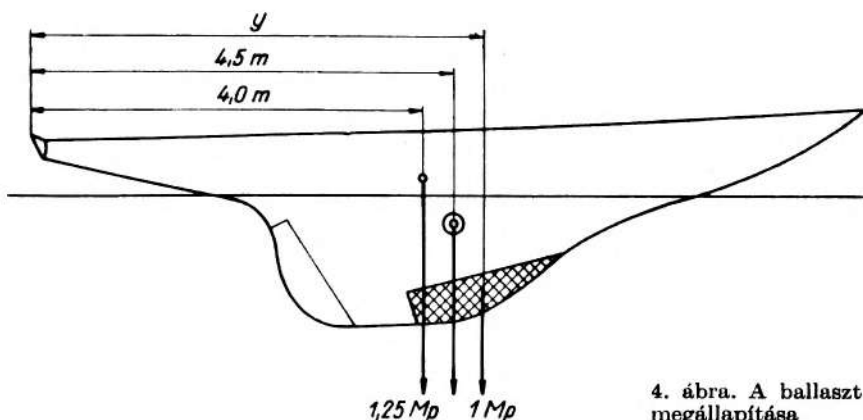
$$850x = 2524,$$

$$\text{ebből } x = \frac{2524}{850} = 2,97 \text{ m.}$$

Megnevezés	Súly kp	Távolság m	Nyomaték mkp
Hajótest <i>H</i>	400	3,2	1280
Motor <i>M</i>	150	3,6	540
Üzemanyag <i>Ü</i>	50	4,4	220
Tengelyvezeték <i>T</i>	40	1,6	64
Terhelés <i>P</i>	210	2,0	420
Összesen	850		2524

A gyakorlatban igen gyakran kell kiszámítani, hogy a megadott terhelést hol kell elhelyezni, hogy a kívánt egyensúlyi állapot beálljon.

Példa. Számítsuk ki, hogy a hajó végétől milyen távolságban helyezendő el egy tökesúlyos vitorlás 1 Mp súlyú ballasztja, ha a ballaszt nélküli hajó súlya 1,25 Mp, súlypontjának távolsága 4,0 m, s azt kívánjuk, hogy ballaszttal együtt a hajó rendszer-súlypontja a hajó farától 4,5 m-re legyen (4. ábra).



4. ábra. A ballaszt helyének megállapítása

A ballasztal ellátott hajó teljes súlya 2,25 Mp, tehát az eredő $4,5 \cdot 2,25$ Mp·m nyomatékával kell egyensúlyt tartani a részsúlyok nyomatékának.

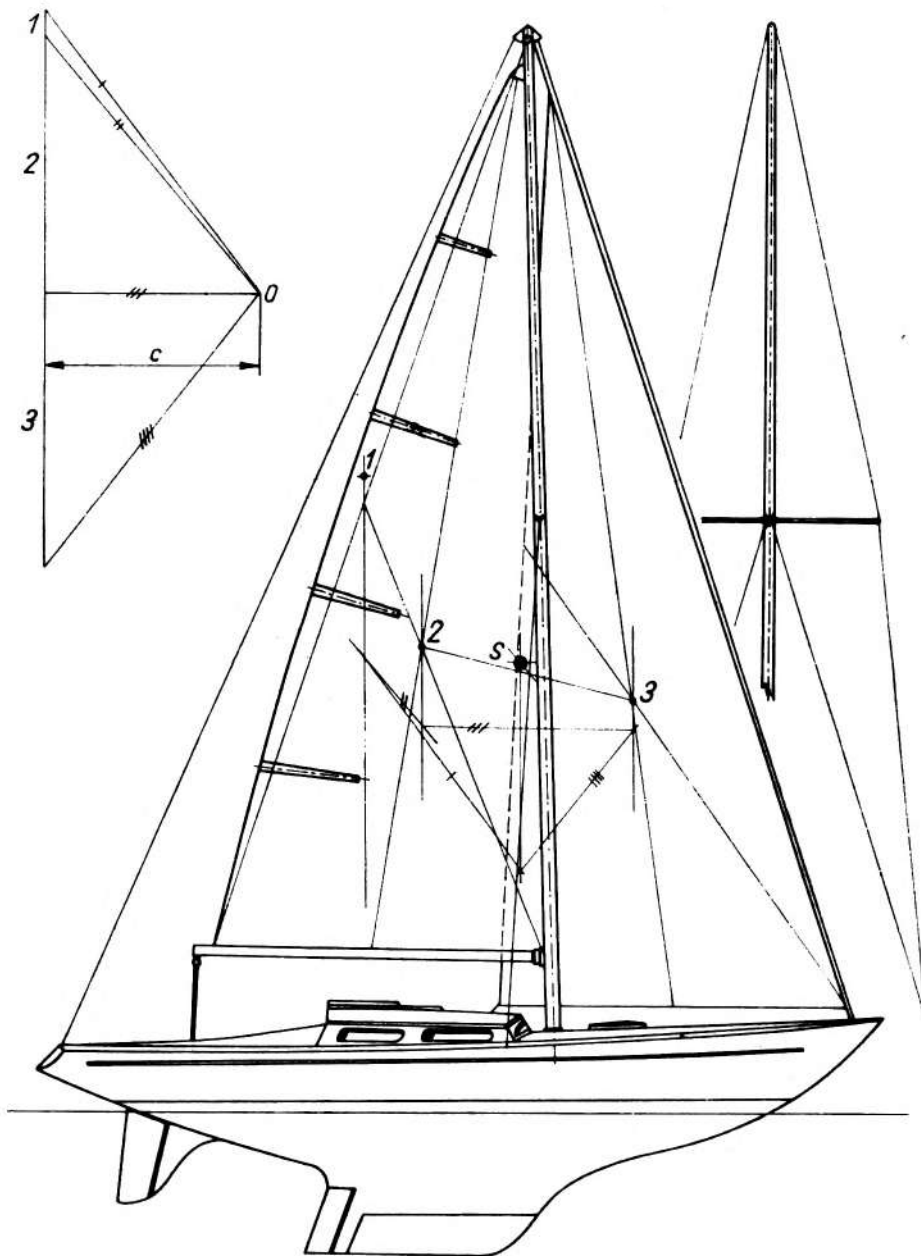
Ha a keresett távolságot y -nal jelöljük, akkor

$$1,25 \cdot 4 + y \cdot 1 = 4,5 \cdot 2,25,$$

$$y = \frac{4,5 \cdot 2,25 - 1,25 \cdot 4}{1} = 5,125 \text{ m.}$$

Felületek eredő súlyvonalát hasonlóképpen nyomatékszámítással határozzuk meg.

Példa. Számítsuk ki pl. egy nagy- és egy orrvitorla felület függőleges súlyvonalát, ha a nagyvitorla felülete $15,6 \text{ m}^2$, az orrvitorláié $7,7 \text{ m}^2$, a vitorlák ismert súlypontjának egy szabadon választott 0 ponttól való távolsága pedig $3,0$, ill. $5,1$ m. A két vitorla



5. ábra. A vitorla súlypontjának szerkesztése

felületének összege $23,3 \text{ m}^2$. A függőleges eredő súlyvonal távolsága a O ponttól y (5. ábra). Akkor:

$$15,6 \cdot 3 + 7,7 \cdot 5,1 = 23,3y,$$

ebből

$$y = \frac{15,6 \cdot 3 + 7,7 \cdot 5,1}{23,3} = 3,7 \text{ m}.$$

A közös súlypontot a vitorlák súlypontját összekötő egyenes és a most kapott súlyvonal metszéspontja adja.

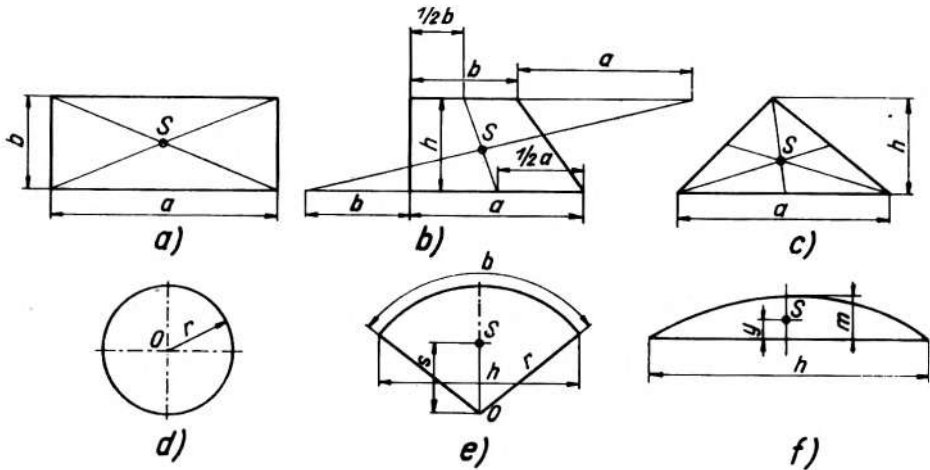
Az eredő súlyvonalát grafikusan is meghatározhatjuk, s ez gyorsabb eljárás, s a számítás ellenőrzéséül is használható. A szerkesztést úgy végezzük, hogy a súlypontokból bocsátott függőlegesekkel párhuzamosan felvesszünk egy egyenest, s erre tetszőleges léptékben sorba rámérjük a felületek, ill. erők nagyságát. Ezután tetszőleges c távolságra felvesszünk egy O pontot, amelyet összekötünk az egyes távolságok végpontjaival. Ezekkel az egyenesekkel párhuzamosan megszerkesztjük a nyomatéki ábrát, s a kezdő és záró oldal metszéspontjában fekszik az eredő súlyvonal. A súlypont meghatározásakor az előbbihez hasonló módon megszerkesztjük a nyert súlyvonalra merőleges súlyvonalat, s a két súlyvonal metszéspontja adja a felület súlypontját.

Szerkesztéskor gyakran szükséges mértani idomok felületének és súlypontjának meghatározása. Néhány fontosabb idom felülete és súlypontja:

Négyszög (6a ábra): felülete $F = ab$; súlypontja az átlók metszéspontja.

Trapéz (6b ábra): felülete $F = \frac{a+b}{2}h$, súlypontjának helyzetét a szerkesztés szemlélteti.

Háromszög (6c ábra): felülete $F = \frac{ah}{2}$, súlypontja az oldalfelezők metszéspontja. A súlypont mindig a magasság $1/3$ -ában van.



6. ábra. Mértani idomok felülete és súlypontja

Kör (6d ábra): felülete $F=r^2\pi$, kerülete $K=2r\pi$; súlypontja a kör középpontja.

Körcikk (6e ábra): felülete $F=\frac{br}{2}$; súlypontja a középponttól $s=\frac{r^2h}{3F}$.

Körszelet (6f ábra): felülete, ha parabolaívnek vesszük $F=\frac{2}{3}hm$; súlypontja $y=\frac{2}{5}m$.

Bonyolultabb felületek nagyságát úgy is meghatározhatjuk, hogy keménypapírból kivágjuk és lemérjük, majd súlyát összehasonlítjuk ugyanazon papírból kivágott egyszerű mértani idom, pl. négyzet súlyával. Ugyanúgy a súlypontot is meghatározhatjuk vagy úgy, hogy kiegyensúlyozzuk egy tű hegyén, vagy egy a szélén levő pontban könnyedén felfüggesztve megrajzoljuk a súlyvonalát; azután erre közel merőlegesen újra felfüggesztjük és ebben a helyzetben ugyancsak meghatározzuk a súlyvonalat. A két súlyvonal metszéspontja a keresett súlypont.

c) A hajótest alakja, fő méretei, arányai

A hajótest alakját rendeltetése határozza meg. Tekintettel arra, hogy jelenleg a legkedvezőbb alak számítással gyakorlatilag nem állapítható meg, a hajóalak megválasztásakor más hajókon szerzett tapasztalatokra, kísérletekre vagyunk utalva. A hajótest alakját legjobban a *bordametszetekkel* ábrázolhatjuk, szemléltethetjük.

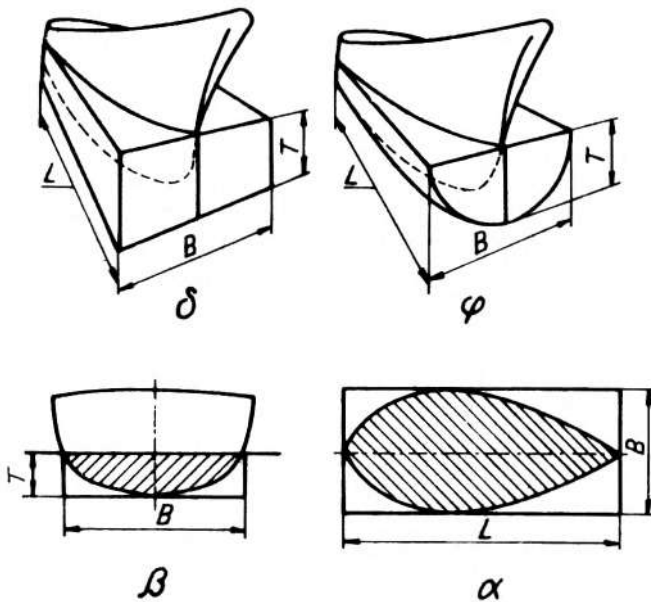
A hajótest megszerkesztésekor a hajó fő méreteiből, ezek arányából és összefüggéseiből indulunk ki.

Fő méretek:

1. A hajó hossza a függélyek között (legnagyobb hossz), jele: L_g .
2. *Vízvonalhossz*, a szerkesztési vízvonalon mérve, jele: L .
3. A hajó szélessége (legnagyobb szélessége), jele: B_{\max} .
4. A hajó vízvonalszélessége a szerkesztési vízvonalon mérve, jele: B .
5. A hajó merülése, annak legmélyebb helyén a szerkesztési vízvonalról mérve, jele: T .
6. *Oldalmagasság* középen mérve, a gerinc felső életől a fedélzet éléig, jele: H .
7. *Legkisebb szabad oldalmagasság*, a szerkesztési vízvonalról a hajóoldal legalacsonyabb helyéig mérve, jele: F .
8. A *főbordametszet*, a legnagyobb felületű vízvonal alatti bordametszet, jele: \boxtimes .

Fontos a fő méretek egymáshoz való viszonya is, különösen összehasonlítás szempontjából, pl. a hossz és szélesség (L/B) viszonya. Ha az L/B érték kicsi, a hajónak nagyobb a stabilitása és a fordulékonyága. A nagy szélesség/merülés (B/T) viszony a hajó stabilitása szempontjából kívánatos.

A szerkesztéshez nélkülözhetetlen a *teltségi fokok* ismerete. Ezek dimenzió nélküli viszonyszámok, amelyek megmutatják, hogy a hajótest vagy annak



7. ábra. A hajótest teltségi fokai

valamely metszete a köréje szerkeszthető szabályos mértani idom vagy test hányadrészét tölti ki. A fontosabbak:

δ a *hajó hasábos teltsége* (displacement teltsége), amely megmutatja, hogy a hajótest vízbe merült része hány százalékát tölti ki a köréje rajzolható derékszögű hasáb köbtartalmának (7. ábra):

$$\delta = \frac{D}{LBT} .$$

β a *főbordametszet teltsége*, a bemerült főbordametszet területének viszonya a köréje írható derékszögű négyszöghöz:

$$\beta = \frac{\Sigma}{BT} .$$

α a *vízvonal teltsége*, a szerkesztési vízvonal (CWL) területének viszonya a köréje írható derékszögű négyszöghöz:

$$\alpha = \frac{F_{CWL}}{LB} .$$

φ *hengeres teltség*, akárcsak a hasábos teltség, a köbtartalom viszony jellemzésére alkalmas. Ez a displacement viszonya egy olyan hasábhöz, melynek hossza a hajóhossz, keresztmetszete pedig a főbordametszet területe:

$$\varphi = \frac{D}{\Sigma L} = \frac{\delta}{\beta} .$$

Kishajók teltségi fokai

Hajótípus	α	β	δ	φ	L/B	B/T
Tavi evezőscsónak	0,63...0,88	0,80...0,88	0,45...0,51	0,52...0,58	3,5...4,5	5...8
Folyami evezőscsónak	0,62...0,70	0,82...0,90	0,51...0,54	0,57...0,63	9,5...11	5...6,5
Versenycsónak	0,59...0,65	0,83...0,89	0,47...0,53	0,55...0,61	12...16	4...6
Kajak	0,57...0,62	0,70...0,82	0,45...0,51	0,60...0,66	9...12	5,5...8
Kenu	0,60...0,65	0,70...0,84	0,42...0,53	0,58...0,64	6,5...10	5...7,5
Dingi	0,58...0,63	0,72...0,77	0,42...0,50	0,60...0,66	2,5...3,5	7...9
Sarkos uszonyos vitorlás	0,60...0,75	0,50...0,65	0,25...0,35	0,40...0,70	2,7...4,5	4...8
Kerek uszonyos vitorlás	0,60...0,80	0,50...0,72	0,30...0,45	0,50...0,78	2,7...5	5...10
Uszonyos cirkáló	0,62...0,68	0,55...0,75	0,33...0,48	0,60...0,80	2,9...3,5	5...10
Belvízi tőkesúlyos vitorlás	0,70...0,84	0,56...0,85	0,27...0,35	0,42...0,65	3...4,8	2,5...6
Tengeri tőkesúlyos vitorlás	0,65...0,75	0,55...0,65	0,29...0,37	0,56...0,60	4...6	2,4...5
Sarkos farmotoros	0,55...0,90	0,50...0,90	0,25...0,75	0,40...0,80	2...4	2,5...8
Kerek farmotoros	0,55...0,62	0,60...0,75	0,28...0,40	0,45...0,75	3...6	3,5...4,3
Motoros cirkáló	0,58...0,70	0,64...0,72	0,30...0,48	0,45...0,80	2,5...5	3,2...5,5

Hasonló hajókra az

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt[3]{D_1}}{\sqrt[3]{D_2}} \text{ viszonyszámok mindig állandók.}$$

Fontos alaki paraméter az ún. *hossz-élességi fok*, amely a vízvonalhossz és a vízkiszorítás $1/3$ -ik hatványának a hányadosa: $\varepsilon = \frac{L}{D^{1/3}}$.

A hajók geometriai alak hasonlóságának feltétele, hogy a megfelelő méretek aránya azonos legyen. A geometriailag hasonló hajók teltségi fokai azonosak.

A teltségi fokok segítségével a hiányzó fő méretek közelítőleg meghatározhatók. Az 1. táblázat különböző kishajótípusok teltségi fokait és méretarányait tartalmazza.

A hasábos teltség segítségével számítjuk ki adott vízvonalhossz, vízvonalszélesség és merülés esetén a vízkiszorítást.

Példa. Számítsuk ki, mekkora egy hajó vízkiszorítása, ha az $L = 6,0$ m, a $B = 1,5$ m, a $T = 0,2$ m és hasábos teltsége $\delta = 0,4$.

$$D = LBT\delta = 6,0 \cdot 1,5 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,72 \text{ m}^3.$$

A gyakorlatban többnyire ismert a vízvonalhossz és a vízvonalszélesség, s ki kell számítani adott hasábos teltség mellett a T merülést.

Példa. $L=4,8$ m, $B=1,2$ m, $D=0,24$ m³, $\delta=0,36$.

$$T = \frac{D}{LB\delta} = \frac{0,24}{4,8 \cdot 1,2 \cdot 0,36} = 0,114 \text{ m.}$$

Az α vízvonal teltsége segítségével kiszámíthatjuk egy hajó merülésének növekedését többletterhelés esetén.

Példa. Mennyivel növekszik egy $D=3,2$ m³ vízkiszorítású hajó merülése 200 kp többletterhelés esetén, ha $L=8$ m, $B=2$ m és a vízvonal teltségi foka $\alpha=0,75$? Ha a hajó megnövekedett merülését T_1 -gyel jelöljük, akkor:

$$LB\alpha T_1 = 0,2,$$

ebből

$$T_1 = \frac{0,2}{LB\alpha} = \frac{0,2}{8 \cdot 2 \cdot 0,75} = 0,0168 \text{ m.}$$

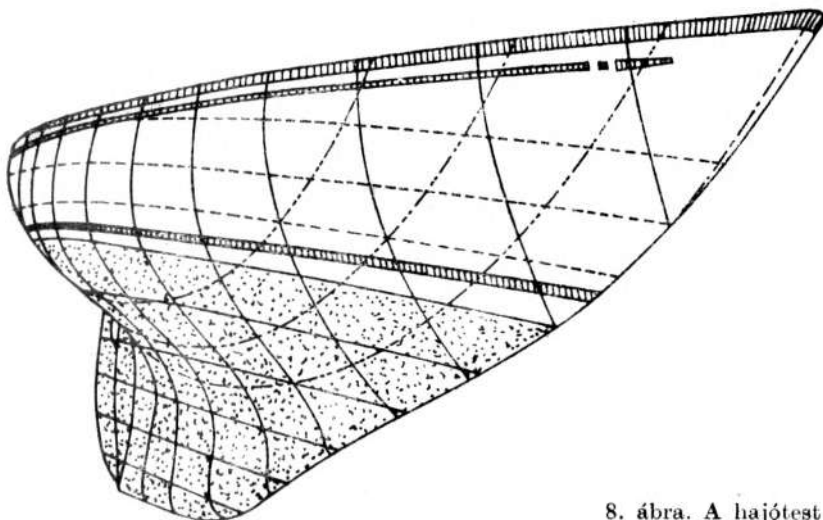
A hengeres teltséget a főbordametszet felületének meghatározására használhatjuk.

Példa. Legyen adva $L=6,4$ m, $D=0,8$ m³, a hengeres teltség $\varphi=0,56$. Számítsuk ki a főbordametszet (\boxtimes) nagyságát.

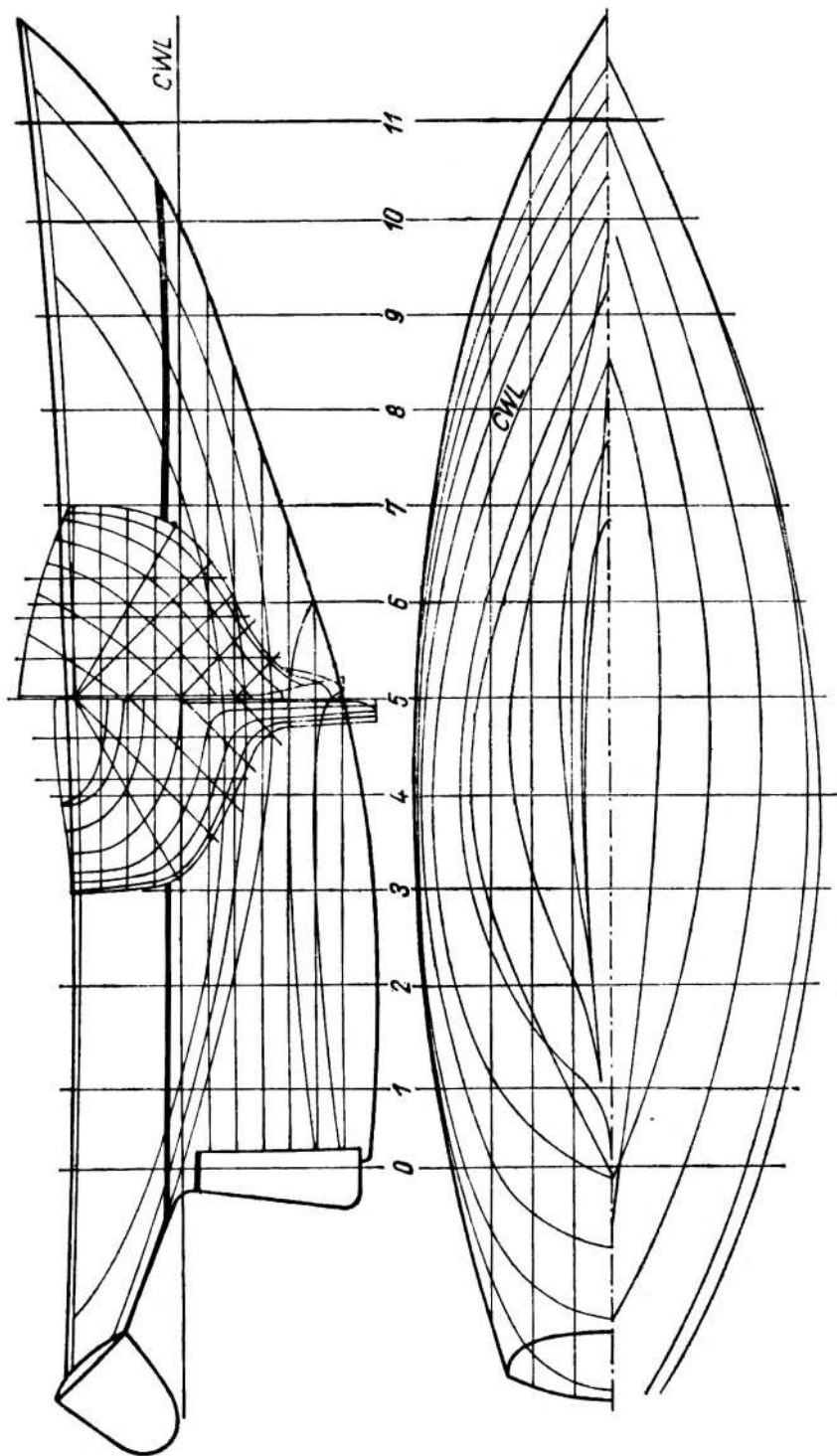
$$\boxtimes = \frac{D}{L\varphi} = \frac{0,8}{6,4 \cdot 0,56} = 0,225 \text{ m}^2.$$

d) A hajótest ábrázolása

A hajótest torz felület, amely egy szimmetriasíkkal két egyenlő félre osztható. A hajótest három vetülete, az oldalnézet, az alaprajz (felülnézet) és az előlnézet csupán a hajó körvonalait adják meg, s ez csak a szerkesztés megindításához elegendő, de nem elég a hajó egyértelmű ábrázolására. A hajót ezért vízszintes és függőleges síkmetszeteivel ábrázoljuk (8. ábra). A metszettek nemcsak az ábrázoláshoz, hanem a felhajtóerő és hatásvonala, valamint a stabilitásszámítások elvégzéséhez is szükségesek. A hajó körvonalrajzát és metszeteit nevezzük a hajó *vonalarajzának*.



8. ábra. A hajótest metszősíkjai



9. ábra. A hajótest ábrázolása

Az első képsíkon, a vízszintes vetületen (felülnézet) ábrázoljuk a hajó fedélzetvonalát és vízvonalait (vízszintes metszetek), melyek közül a szerkesztési vízvonal (*CWL*) a legfontosabb (9. ábra). Általában csak a vízvonalak egyik felét rajzoljuk be, mégpedig mindig a középvonal fölött. Ezt a rajzot a rajzlap alsó felén helyezzük el.

A második képsíkon, a felülnézet felett ábrázoljuk a hajó oldalnézetét és a függőleges metszeteket. Itt a hajót mindig úgy ábrázoljuk, hogy annak orra jobbra nézzen. A függőleges metszetek párhuzamosak a hajó szimmetriasisíkjával. Az alaprajzban ezek a metszetek a hajó középvonalával párhuzamos vonalak.

A harmadik képsíkon ábrázoljuk a hajó középvonalára merőleges keresztmetszeteket vagy bordametszeteket. A kishajóépítésben számuk megegyezik az építési bordametszetekkel. Mindig csak a fél bordametszeteket rajzoljuk meg, mégpedig a középvonaltól balra a hátsó, jobbra pedig az első metszeteit. Ezek egymástól való távolságát lehetőleg egyenlőre választjuk, s arab számokkal számozzuk. Kiindulásul a 0 bordametszet, azaz a hajó fara — tükre — szolgál.

A bordametszetek az alaprajzban és az oldalnézetben a hajó középvonalára, ill. a vízvonalra merőleges egyenes vonalak.

Kisegítő síkmetszet a ferde metszet, amelynek nyomvonalát a bordametszet-rajzban úgy igyekszünk felvenni, hogy a bordakörvonalakat közel derékszögben metsse. A ferde metszetet a felülnézetben a középvonal alatt ábrázoljuk.

Fontos metszet vitorláhajóknál a *megdőlt helyzetben* megszerkesztett vízvonal. Ez ad felvilágosítást arról, hogy megdőlt állapotban a hajó vízvonala milyen mértékben torzul el, s az ellenállások szempontjából kedvezőnek tekinthető-e.

A hajó oldalnézetének a szerkesztési vízvonal alatti felületét *laterális felületnek* nevezzük, s ennek a kormányfelület nagysága, vitorlások esetében pedig a hajótest oldalirányú ellenállása és a vitorla helyzete szempontjából van jelentősége.

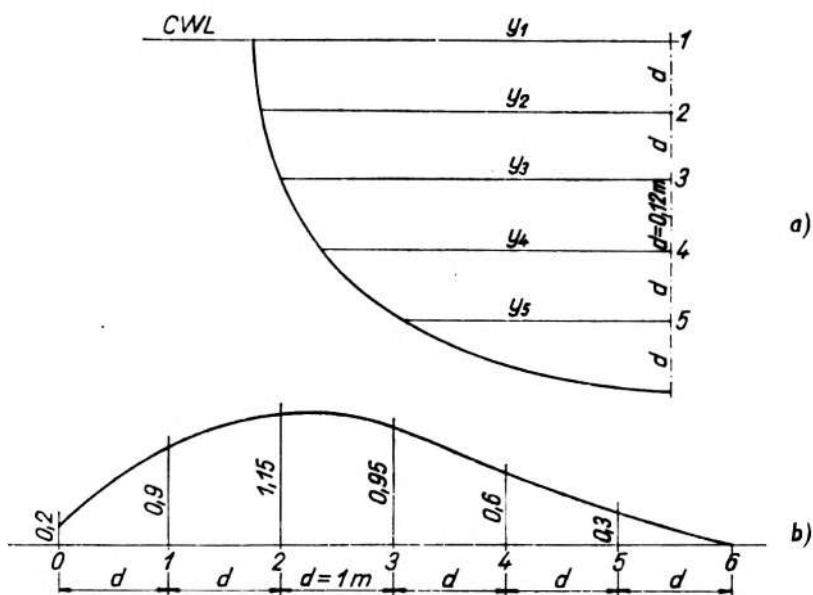
2. Hajógeometriai és súlyszámítások

A hajótesttel kapcsolatos számításokat a vonalrajz alapján végezzük. A szabálytalan sík és torz felületek, valamint az ezekkel határolt displacement nagyságának és súlypontjának meghatározására *közelítő eljárásokat* alkalmazunk, melyek pontossága a gyakorlat követelményeinek megfelel.

a) Területszámítás

Görbe vonalakkal határolt területek nagyságát legegyszerűbben az ún. *trapézszabály* segítségével határozhatjuk meg.

A számítandó felületet — pl. a vízvonal által határolt ún. vízvonalfelület felét — a középvonalra merőleges azonos szélességű sávokra osztjuk. A határoló görbének egy-egy szakaszra eső darabját egyenesnek tekintjük. Így minden egyes sáv területét mint trapézt számíthatjuk ki (10a ábra). A fél vízvonalfelület nagysága így:



10. ábra. A bordametszet és a vízvonal területének számítása

$$F = d \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + y \dots y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right);$$

ahol d a szakaszok egymástól való távolsága;

y pedig az egymás után következő ordináták (félszélességek) hossza.

Példa. Számítsuk ki a 10. ábrán ábrázolt bordametszet területét úgy, hogy osszuk öt részre a szerkesztési vízvonal és a gerinc alsó éle közötti távolságot. Az egyes sávok szélessége 0,12 m, az y ordinátákat a rajzról leolvashatjuk. A számítást célszerű a következő táblázat segítségével végezni, mert így egyúttal a felület súlypontját, ill. súlyvonalát is meghatározhatjuk.

y ordináta		Simpson- koefficiens	Az y ordináta és -koefficiens szorzata	Vízvonalak	4. és 5. hasáb szorzata
száma	mérete				
1	2	3	4	5	6
1	0,75	1/2	0,375	0	0,000
2	0,74	1	0,740	1	0,740
3	0,71	1	0,710	2	1,420
4	0,64	1	0,640	3	1,920
5	0,44	1	0,440	4	1,760
6	0,00	1/2	0,000	5	0,000
			$\Sigma I = 2,905$	$\Sigma II = 5,840$	

A félborda felülete: $F = d\Sigma I = 0,12 \cdot 2,905 = 0,35 \text{ m}^2$. A felület súlypontjának távolsága a *CWL*-től:

$$s = \frac{\Sigma I}{\Sigma II} d = \frac{5,840}{2,905} \cdot 0,12 = 0,242 \text{ m}.$$

Pontosabb eredményt ad a *Simpson-szabály*. A két bordaközre eső görbeszakaszt itt másodfokú parabolának tekintjük. A *Simpson-szabály* csak páros számú sáv, azaz páratlan számú ordináta esetén alkalmazható. A *Simpson-szabállyal* a felület nagysága:

$$F = \frac{2d}{3} (1/2y_0 + 2y_1 + y_3 + 2y_4 + \dots + 2y_{n-1} + 1/2y_n).$$

A keresett felületet úgy kapjuk meg, hogy az egymás után következő ordinátákat a *Simpson*-koefficiensekkel (1/2, 2, 1, 2, 2...2, 1, 2, 1/2) sorra megszorozzuk, a szorzatokat összegezzük, s ezt az összeget a bordatávolság 2/3-ával szorozzuk.

Példa. Számítsuk ki a 10b ábrán levő vízvonal területét, ha a bordametszetek egymástól való távolsága $d = 1,0 \text{ m}$. Az egyes ordináták nagyságát az ábráról leolvashatjuk. A terület nagyságának meghatározása után a trapézsabályhoz hasonló módon kiszámítjuk a vízvonal súlypontjának a 0 bordától való távolságát.

y ordináta		Simpson-koefficiens	2. és 3. hasáb szorzata	Bordaszám	4. és 5. hasáb
száma	mérete				
1	2	3	4	5	6
0	0,2	1/2	0,10	0	—
1	0,9	2	1,80	1	1,80
2	1,15	1	1,15	2	2,30
3	0,95	2	1,90	3	5,70
4	0,6	1	0,60	4	2,40
5	0,3	2	0,60	5	3,00
6	0,0	1/2	0,00	6	—
			$\Sigma I = 6,15$	$\Sigma II = 15,20$	

A fél vízvonal területe:

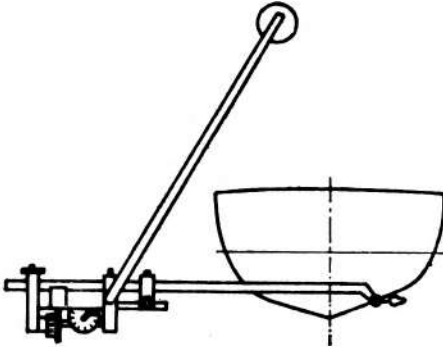
$$F = \frac{2d}{3} \Sigma I = 1,0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6,15 = 4,09 \text{ m}^2.$$

A vízvonal súlypontjának távolsága a 0 bordától:

$$s = d \frac{\Sigma II}{\Sigma I} = 1,0 \cdot \frac{15,20}{6,15} = 2,49 \text{ m}.$$

b) Területmérés planiméterrel

A területmérés számítással időtrábló művelet. A különböző *planiméterek*, így a polárplaniméter is alkalmas a területek, pl. a bordametszetek területének gyors meghatározására. A planiméter (11. ábra) karja egy pólus körül elfordítható, a kar egyik végére mérőcsúcs, a másikra mérőkerék van erősítve. A mérőcsúccsal körüljárjuk a területet, s a mérőkeréken levő beosztásról közvetlenül leolvashatjuk a terület nagyságát cm^2 -ben. Ügyeljünk, hogy a mérőcsúcsot pontosan a rajzon vezessük, s a pólust úgy helyezzük el, hogy a mérendő terület jól körüljárható legyen.



11. ábra. Planiméter

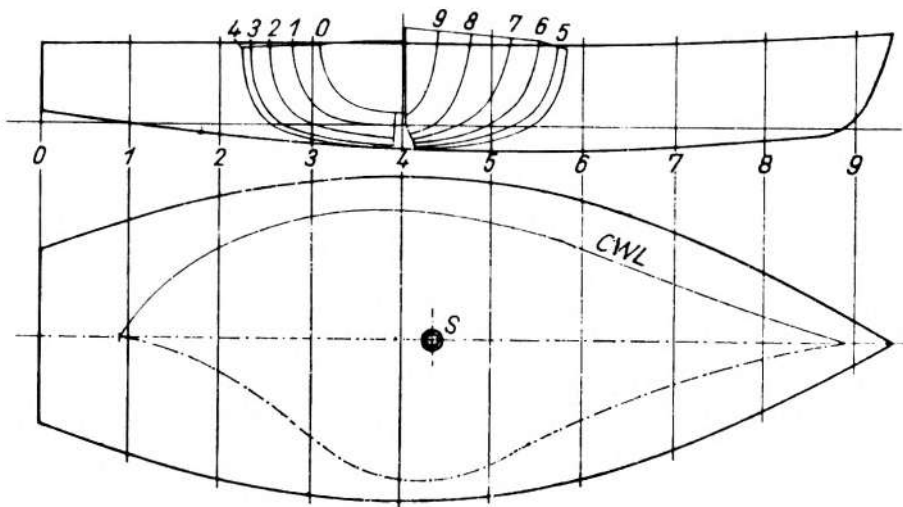
Planiméter hiányában milliméter beosztású pauszpapír is alkalmas területmérésre. A pauszpapírt ráfektetjük a mérendő idomra, s 10 mm-enként hegyes körzővel megmérjük az ordinátákat olyképpen, hogy a már meglévő mérethez hozzáadjuk a következőt, majd az utolsó ordináta mérése után lemérjük a körző nyílását, ami cm^2 -ben adja a megmért terület nagyságát.

c) A vízkiszorítás és súlypontjának meghatározása a bordametszetek és vízvonalak alapján

A *vízkiszorítás*, azaz a *deplacement* számítását visszavezethetjük a területszámításra, s ugyanúgy a trapéz- vagy *Simpson*-szabály segítségével végezzük, mint ahogy azt a felületek nagyságának és súlypontjának meghatározásakor tettük, csak hosszak, ill. ordináták helyett borda- és vízvonaltérületekkel számolunk.

A bordametszetek nagyságát meghatározva, a kapott értékeket a vonalrajz felülnézetén a hajó középvonalától valamely léptékben felrakjuk. Az így kapott pontokat folytonos görbevonallal összekötve, nyerjük a bordaterületek görbéjét. A görbe által körülhatárolt terület jellemző a vízkiszorítás eloszlására. A terület súlypontjának hosszirányú helyzete a vízkiszorítás (deplacement) súlypontjával azonos (12. ábra). A bordaterület-görbe bármely pontján felvett ordináta megadja az illető bordametszet területét a szerkesztési vízvonaltól kezdve.

A vízkiszorítást számíthatjuk a bordametszetek és a vízvonalak alapján. Ha a bordametszetek szerint dolgozunk, akkor kiszámíthatjuk a deplacement súlypontjának a hosszirányú, a vízvonalak szerint számolva pedig a magasságirányú helyzetét. A bordametszetek alapján való számítást mindig el kell



12. ábra. Bordametszetgörbe

végezni, mert a displacement hosszirányú helyzete adja meg, hogy a hajó rendszersúlypontja és felhajtóerő-súlypontja (displacement-súlypont) egymáshoz képest hogyan helyezkedik el, ami a hajó trimm-jének megállapításához szükséges.

Példa. Számítsuk ki egy $L=3,25$ m, $B=1,14$ m és $T=0,14$ m főméretű hajó vízkiszorítását és displacement-súlypontjának helyzetét a bordametszetek és a vízvonalak alapján (13. ábra).

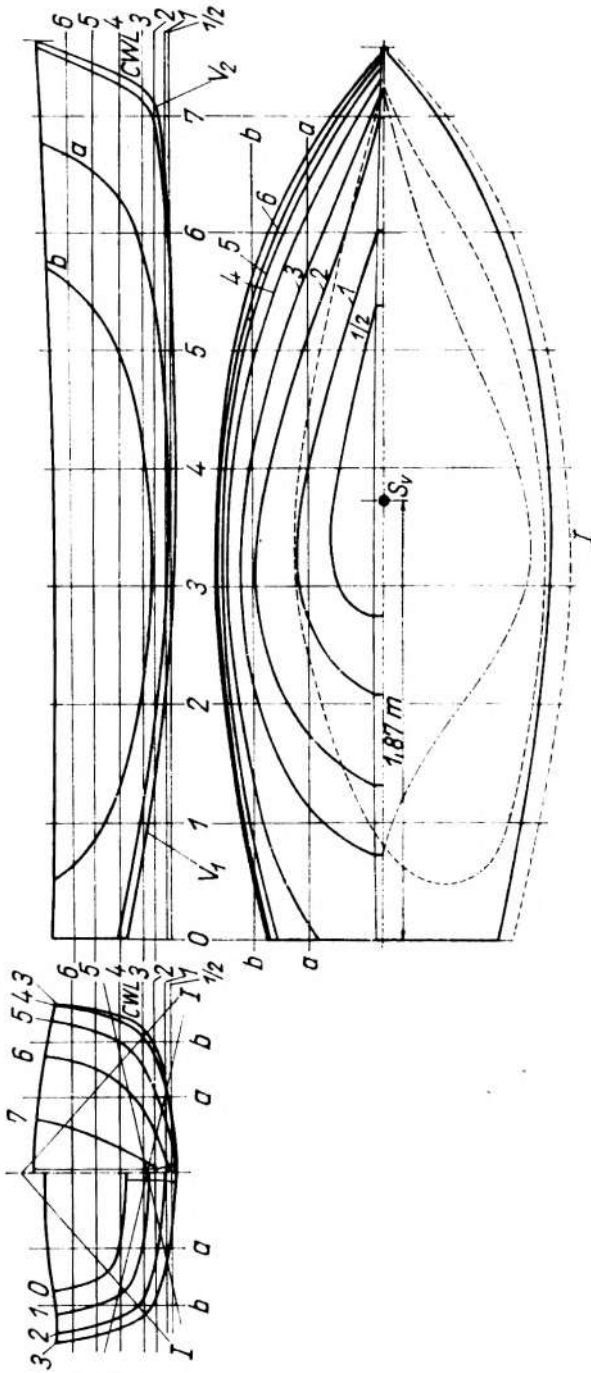
1. A vízkiszorítás meghatározása a bordametszetek alapján.

A számítást az 1:10 léptékű vonalrajz alapján Simpson-szabály segítségével végezzük.

A bordametszetek egymástól való távolsága a rajzban 5 cm, a valóságban 500 mm.

$$D = \frac{4d}{3} \Sigma I = \frac{4 \cdot 5}{3} \cdot 31,450 = 209 \text{ cm}^3.$$

Bordametszet		Simpson-koefficiens	2. és 3. hasáb szorzata	Bordaszám	4. és 5. hasáb szorzata
száma	területe cm^2				
1	2	3	4	5	6
1	0,45	1/2	0,225	1	0,225
2	3,2	2	6,40	2	12,80
3	6,0	1	6,00	3	18,00
4	5,8	2	11,60	4	45,60
5	3,7	1	3,70	5	18,50
6	1,8	2	3,60	6	21,60
7	0,25	1/2	0,125	7	0,875
			$\Sigma I = 31,450$	$\Sigma II = 117,600$	



13. ábra. Dingi vonalrajza

Az eredményt cm^3 -ben kaptuk, miután a rajz léptéke 1:10, ezt az eredményt meg kell még szoroznunk 10^3 , azaz 1000-rel. A vízkiszorítás a valóságban tehát 209 dm^3 , azaz $0,209 \text{ m}^3$.

A deplacement-súlypontnak a θ bordától való távolsága:

$$s = d \frac{\Sigma II}{\Sigma I} = 5 \frac{117,6}{31,45} = 18,7 \text{ cm},$$

a valóságban ennek tízszerese, azaz $1,87 \text{ m}$.

A számításnál nem vettük figyelembe az 1 borda mögötti és a 7 borda előtti kis ékalakú részeket. Miután ezek térfogata a teljes deplacement-hoz viszonyítva igen kicsi, ezek nagyságát megközelítő pontossággal úgy számíthatjuk, mintha gúlának. A gúla térfogata az alapterület és a magasság 1/3-ának szorzata. Jelen esetben az 1 borda előtti V_1 térfogat nagysága:

$$V_1 = 2 \frac{0,45 \cdot 1,4}{3} = 0,45 \text{ cm}^3.$$

Figyelembe véve a rajz léptékét, ez a valóságban $0,45 \text{ dm}^3$.

A V_2 térfogat nagyságát hasonlóképpen kiszámítva: $V_2 = 0,2 \text{ dm}^3$. Az így korrigált vízkiszorítás tehát:

$$D = 209 + 0,45 + 0,2 = 209,65 \text{ dm}^3.$$

A deplacement-súlypont helyzetét nyomaték, ill. eredőszámítással végezzük. A gúlának súlypontját azok magasságának 1/3-ában vesszük fel. Ha a súlypont helyét s -sel jelöljük, akkor

$$0,45 \cdot 0,46 + 209 \cdot 1,87 + 0,2 \cdot 3,54 = 209,165s,$$

ahol $0,46 \text{ m}$ a V_1 és $3,54 \text{ m}$ a V_2 térfogat súlypontjainak helye a θ bordától.

$$s = \frac{0,45 \cdot 0,46 + 209 \cdot 1,87 + 0,2 \cdot 3,54}{209,65} = 1,8677 \text{ m}.$$

A deplacement súlypontja így $2,3 \text{ mm}$ -rel hátrább került.

2. A vízkiszorítás meghatározása a vízvonalak alapján.

Minden vízvonalt területét és súlypontját külön-külön meghatározzuk, majd — mint a bordametszeteknél — a nyert vízvonalt-területeket egy diagramba vesszük fel. Ennek területe adja a vízkiszorítást, súlypontja pedig a vízkiszorítás súlypontját magassági irányban.

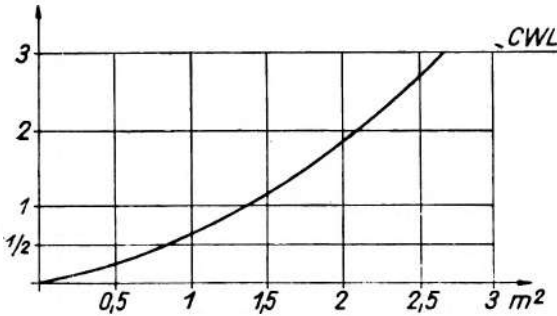
Bordametszet	Vízvonalt 1/2 szélessége	Simpson- koefficiens	2. és 3. hasáb szorzata	Bordaszám	4. és 5. hasáb szorzata
1	2	3	4	5	6
1	2,5	1/2	1,25	1	1,25
2	5,3	2	10,60	2	21,20
3	6,1	1	6,10	3	18,30
4	5,35	2	10,70	4	42,80
5	4,50	1	4,50	5	22,50
6	2,60	2	5,20	6	31,20
7	0,60	1/2	0,30	7	2,10
			$\Sigma I = 38,65$		$\Sigma II = 139,35$

Rajzunkon (13. ábra) a szerkesztési vízvonall területa és súlypontja a Simpson-szabállyal meghatározva:

$$F = d \frac{4}{3} \Sigma I = 0,5 \frac{4}{3} \cdot 38,65 = 256 \text{ cm}^2.$$

Figyelembe véve az 1 borda előtti és 7 borda utáni területrészeket, a szerkesztési vízvonall felülete $F = 2,57 \text{ m}^2$, súlypontja pedig a 0 bordától $s = 1,79 \text{ m}$.

Ugyanígy meghatározva a többi vízvonall területét, megrajzoljuk a vízvonall-területek görbéjét (14. ábra), melynek területe adja a vízkiszorítást a vízvonalak alapján, súlypontja pedig a displacement-súlypont magassági irányban.



14. ábra. Vízvonall területének görbéje

A vízkiszorítás nagysága és súlypontjának helyzete a 0 vízvonaltól:

Vízvonall		Simpson- koefficiens	2. és 3. hasáb szorzata	Vízvonall	4. és 5. hasáb szorzata
száma	területe cm ²				
1	2	3	4	5	6
0	—	1/4	—	0	—
1/2	38	1/2	19	1/2	9,5
1	97	3/4	72,75	1	72,75
2	184	1	184,00	2	368,00
3	257	1/2	128,50	3	385,50
			$\Sigma I = 404,20$		$\Sigma II = 835,75$

A vízkiszorítás a vízvonalak alapján (1:10 lépték szerint): $D = d \Sigma I = 0,5 \cdot 404,2 = 202,1 \text{ cm}^3$, a valóságban $202,1 \text{ dm}^3$. A vízvonall súlypontja a 0 bordától:

$$s = \frac{\Sigma II}{\Sigma I} 0,5 = 10,3 \text{ cm}.$$

d) A hajótest súlyszámítása

A hajó összsúlyát alkotó súlyokat négy csoportba oszthatjuk:

1. A hajótest súlya, beleértve az esetleges ballasztot vagy uszonyt is.
2. A gépi berendezés vagy vitorlázat súlya.
3. Egyéb berendezési tárgyak, pl. kajüt belső berendezése.
4. Felszerelési, navigációs tárgyak, pl. horgony, lánc, evezők, különböző szerelvények stb.

A súlyszámítást és a vele kapcsolatos súlypont-számítást igen gondosan kell elvégezni éspedig annál nagyobb pontossággal, minél nagyobb a hajó. A súlyszámítás szükséges a későbbi trimmszámításhoz, az esetleges stabilitátszámításhoz és nélkülözhetetlen támpontokat ad a későbbi szerkesztéseknél.

A hajótest súlyának meghatározása adja a legtöbb munkát, miután — különösen nagyobb egységeknél — a hajótest sok kisebb-nagyobb darabból van összeépítve. Ezeknek a súlyát és a súlypontját *külön-külön* kell kiszámítanunk. A trimm- és stabilitátszámításhoz szükséges súlypont-meghatározást a súlyszámítással együtt végezzük. A súlypont helyzetét vízszintes irányban (horizontálisan) mindig meg kell határozni, a vertikális (függőleges) helyzetére csak akkor van szükség, ha stabilitátszámítást is végzünk. Az alkatrészeket fontosságuk szerint soroljuk fel, s a gerinccel kezdve táblázatban foglaljuk össze (2. táblázat).

2. táblázat

Hajó súly- és súlypont-számítása

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sorszám	Megnevezés	Db	Méret dm	Térfogat dm ³	Fajsúly kp/dm ³	Súly kp	Súlypont távolsága 0 bordától m	Nyomaték mkp	Súlypont távolsága CWL-től m	Nyomaték mkp
1	Gerinc	1	0,35·1,2· ·0,50	20,8	0,75	15,6	2,4	37,3	-1,4	-21,7
2	Tükör	1	36·0,2	7,2	0,75	5,4	0,01	0,05	0,18	0,97
3	Külhøj	1	1120·0,12	134,0	0,48	63,3	2,5	158,3	0,15	25,2

Egyes alkatrészek súlyát mérlegeléssel határozzuk meg, másokét táblázatokból vesszük — pl. kötelek, csővezetékek, szegecsek stb. — Ugyancsak táblázatból vesszük a különböző anyagok fajsúlyát (3. táblázat). A fajsúlyt kp/dm³-ben vagy Mp/m³-ben adjuk meg.

Ha az összes alkatrész súlyát és nyomatékát meghatároztuk, a 7., 9. és 11. oszlopot összeadjuk (2. táblázat).

A *G* rendszersúlypont távolsága 0 bordától:

$$x = \frac{\Sigma 9}{\Sigma 7}; \quad CWL\text{-től} = \frac{\Sigma 11}{\Sigma 7}.$$

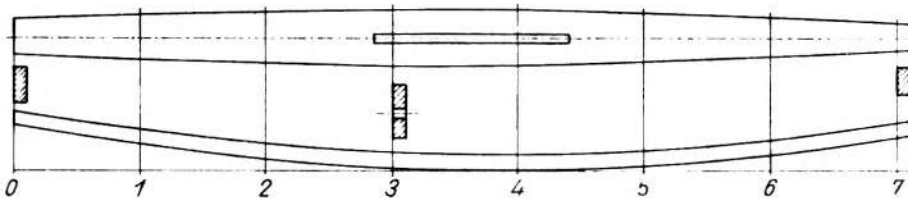
Olyan alkatrész térfogatát, amely teljes hosszában változó keresztmetszetű — mint amilyen pl. egy uszonyos vitorlás gerince (15. ábra) —, úgy határozzuk meg, hogy trapéz- vagy Simpson-szabállyal kiszámítjuk a felületét, s ezt szorozzuk a vastagságával.

Egy orrtőke felülete legcélszerűbben úgy határozható meg, hogy kemény papírlemezről kivágjuk és lemérjük, súlypontja pedig a már ismertetett módon két pontban való felfüggesztéssel és a súlyvonalak metszéspontjának meghatározásával.

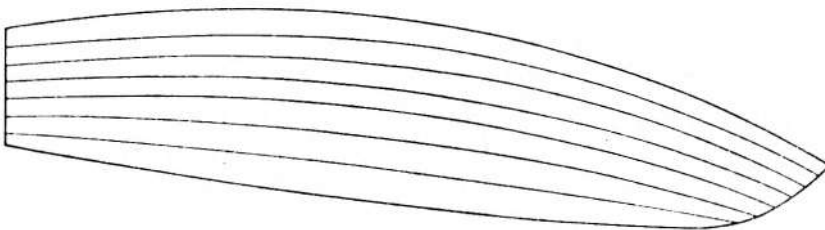
Anyagok fajsúlya

Megnevezés	kp/dm ³	Megnevezés	kp/dm ³
Víz	1,0	Beton	2,2
Tengervíz	1,015...1,017	Üveg	2,4
Levegő	0,001293	Bitumen	1,05
Acél	7,8	Gumi	1,1...1,6
Öntöttvas	7,2	Parafa	0,25
Alumínium	2,7	Plexi	1,16
Ólom	11,3	Poliészter	1,3
Horgany	7,1	Üvegszálás poliészter	1,5...1,9
Réz	8,9	Műanyaghab	0,03...0,05
Sárgaréz	8,5	Benzin	0,68...0,72
Bronz	8,8	Gázolaj	0,86
Magnézium	1,7	Benzol	0,90
Tülevelű fák	0,4...0,65	Alkohol	0,80
Lágy lombos fák	0,45...0,65	Olajlakk	1,10
Kemény lombos fák	0,7...0,85	Műgyantalakk	1,3...1,6
Homok	1,4...2,0	Pigmentált olajfesték	1,8...2,4

A külháj felületét annak megközelítően síkba való terítésével — *lefcjtéssel* — határozzuk meg (16. ábra). E célból felvesszük a gerinc vonalát, a bordametszetek helyét, s mindegyikre felmérjük a külháj kerületét, amelyet hegyes körzővel való átmásolással vagy papírsíkkal végzünk. Kiindulhatunk a szerkesztési vízvonalból is, s ekkor ettől felfelé és lefelé való átméréssel visszük át a bordametszetek kerületét.



15. ábra. Uszonyos vitorlás gerince



16. ábra. Külháj síkbafejtése

Hajlított bordázatnál — miután ez sűrű és minden egyes borda súlyának meghatározása igen sok munkát jelentene — úgy járunk el, hogy a palánkozás felületét megszorozzuk a bordák redukált vastagságával.

Példa. Egy hajó külhájának felülete 24 m^2 , a bordák egymástól való távolsága 15 cm , a bordák keresztmetszete $2,4 \cdot 1,5 \text{ cm}$, kérdés, mekkora a redukált vastagság? Az $1,5 \text{ cm}$ vastagságot kell elosztani a bordatávolsággal, azaz 15 cm -re: a borda szélességére $2,4 \text{ cm}$ -re $1,5 \text{ cm}$ vastagság, a bordatávolságra, 15 cm -re $x \text{ cm}$ vastagság jut, az arány fordított:

$$x = \frac{1,5 \cdot 2,4}{15} = 0,24 \text{ cm.}$$

A bordák redukált vastagsága tehát $2,4 \text{ mm}$, s ezt megszorozva a külháj felületével, megkapjuk a bordák térfogatát. Az összes borda súlypontja jó közelítéssel megegyezik a külháj súlypontjával.

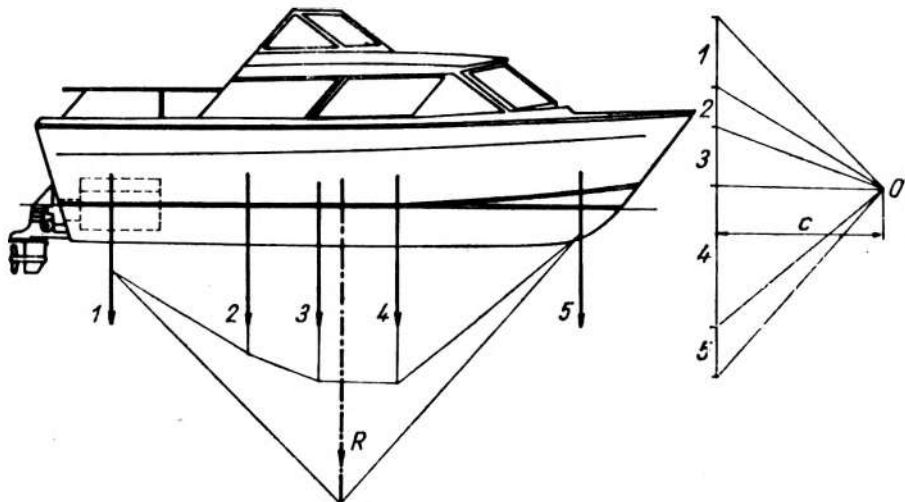
A fedélzet felületét a külhájhoz hasonló módon számítjuk ki *Simpson*-szabállyal vagy mérleléssel. A fedélzeti bordák súlyát külön határozzuk meg.

Fahajók súlyának számításakor a külháj vízvonala alatti részét nagyobb fajsúllyal vesszük figyelembe. A faanyagok fajsúlyát a 3. és 7. táblázat tartalmazza. Adott esetben célszerű a hajó faanyagának fajsúlyát mérleléssel meghatározni. Fém- vagy műanyag hajóknál ilyenfajta nehézségek nincsenek, miután ezen anyagok fajsúlya közel állandó.

A fémhajók külhájának lemezelése nem mindenütt egyenlő vastag, s ezt a súlyszámításnál figyelembe kell venni úgy, hogy az egyes külhájrészek súlyát külön számítjuk ki.

A szegecsék és csavarok súlyának számításakor megállapítjuk azok körülbélüli darabszámát, s ezt megszorozzuk a táblázatból kivett súlyukkal.

Árbocek súlyát — miután ezek keresztmetszete változó — úgy határozzuk meg, hogy a közepes árbockeresztmetszetet megszorozzuk az árbec hosszával. Amennyiben az árbec üregek, a keresztmetszet számításakor ezt figyelembe kell venni.



17. ábra. A rendszersúlypont meghatározása grafikusán

Vannak egyes kisebb alkatrészek vagy felszerelési tárgyak, melyek súlyát egyszerűen csak *megbecsüljük*. A lakkozásra m^2 -enként $0,1 \dots 0,2$ kp, festésre $0,3 \dots 0,4$ kp számítható.

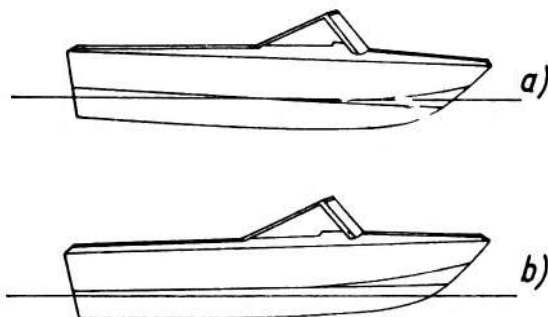
Amikor mind a négy csoport súlyát és súlypontját meghatároztuk, akkor az említett *táblázatos számítással* vagy *grafikusan* (17. ábra) meghatározzuk a hajó teljes súlyát és az ún. rendszersúlypont súlyvonalát. Amennyiben szükséges — pl. stabilitásszámítás esetén —, úgy a rendszersúlypontot is meg kell határozni, azaz nemcsak a függőleges súlyvonalat. A rendszersúlypont helyét a konstrukciós vízvonaltól vagy egy alapvonaltól — ami rendszerint a hajótest legmélyebb pontja — számítjuk.

e) Trimmszámítás, a hajótest úszási helyzetének meghatározása

A *trimmszámítás* célja, hogy a hajó úszási helyzetét megállapítsuk. Egy hajó akkor úszik helyesen, ha teljesen egyenesen, a rajz által meghatározott szerkesztési vízvonalon úszik. Ennek két feltétele:

1. A hajó súlya megegyezzen a rajz által meghatározott vízkiszorítás nagyságával.
2. A rendszersúlypont és a felhajtóerő súlypontja (deplacement-súlypont) egy függőlegesbe essen.

Amennyiben az első feltételnek a hajó nem felel meg, akkor az kevésbé vagy jobban merül, mert súlya kisebb vagy nagyobb a számítottnál. A gya-

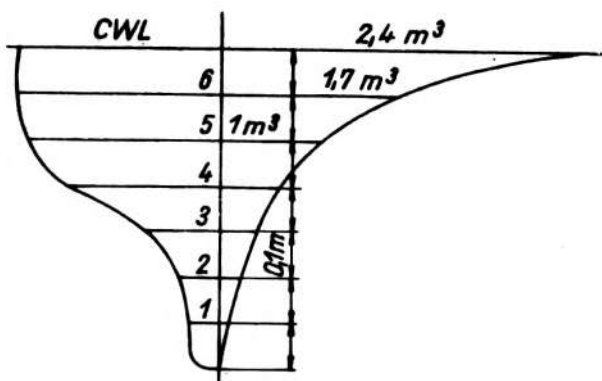


18. ábra. Orrnehéz (a) és farnehéz (b) hajó

korlatban többnyire az utóbbi fordul elő. Ha a rendszersúlypont és felhajtóerő-súlypont nem esnek egy függőlegesbe, a hajó nem a szerkesztési vízvonalon úszik, orr- vagy farnehéz (18. ábra).

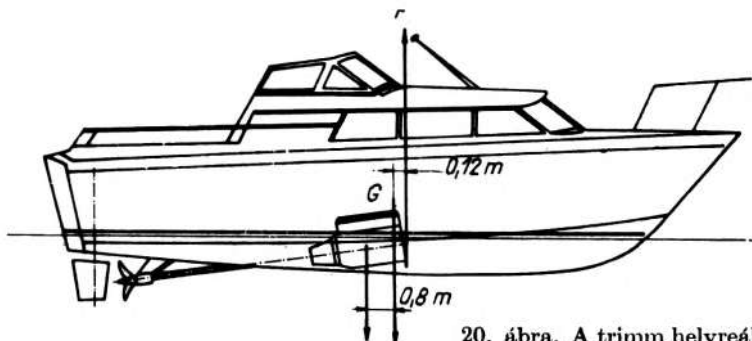
Ha a hajó súlyának kiszámításakor a vízkiszorításnak megfelelő súlynál kisebb vagy nagyobb eltérés tapasztalható, akkor a vonalrajzon kell változtatnunk, éspedig vagy a vízvonal szélességén, a teltségén, vagy a merülésen, esetleg mindháromon. Ha ismerjük a hajó teltségét, akkor a többletmerülést vagy a szükséges főborda-keresztmetszetet meghatározhatjuk.

Egy bizonyos súlyhoz tartozó merülést az ún. *terhelési mérték* (vízkiszorítás görbéje) segítségével határozhatjuk meg (19. ábra). A terhelési mértéket úgy készítjük, hogy a bordametszetek segítségével minden vízvonala meghatározzuk a vízkiszorítás nagyságát és ezt a vízvonalakra tetszőleges mértékegységben felrakjuk.



19. ábra. Terhelési mérték

Amennyiben a rendszersúlypont és felhajtóerő-súlypont nem esnek egy függőlegesbe, akkor ezen vagy a terhelések, ill. súlyok eltolásával, vagy a vonalrajz megváltoztatásával segíthetünk. Ha pl. a hajó *orrnehéz*, akkor ezt a következőképpen helyesbíthatjuk: a vízvonal alakjának megváltoztatásával; a vízvonal legnagyobb szélességének előbbre helyezésével; a merülést elől növelve, hátul csökkentve.



20. ábra. A trimm helyreállítása súlyeltolással

Példa. Ha egy hajó orr- vagy farnehéz, akkor súlyeltolással a következőképpen tudjuk a helytelen trimmhelyzetet helyesbíteni. Legyen $G=900$ kp súlyú a motorcsónak, amelynek motorja 200 kp, s a felhajtóerő súlypontja és a rendszersúlypont közötti vízszintes távolság, azaz az eltrimmelődést okozó nyomaték karja 0,12 m (20. ábra). Mennyire kell a motort előretolni, ha annak súlypontja a felhajtóerő-súlyponttól 0,8 m-re esik?

A rendszersúlypontot 0,12 m-rel kell eltolni, az ehhez szükséges nyomatékot ($G \cdot 0,12 = 900 \cdot 0,12$ mkp) a motor eltolása útján nyerjük. A két nyomaték egymással egyenlő. Ha a motor eltolásának mértékét x -szel jelöljük, akkor:

$$xG_m = 0,12 \cdot 900G,$$

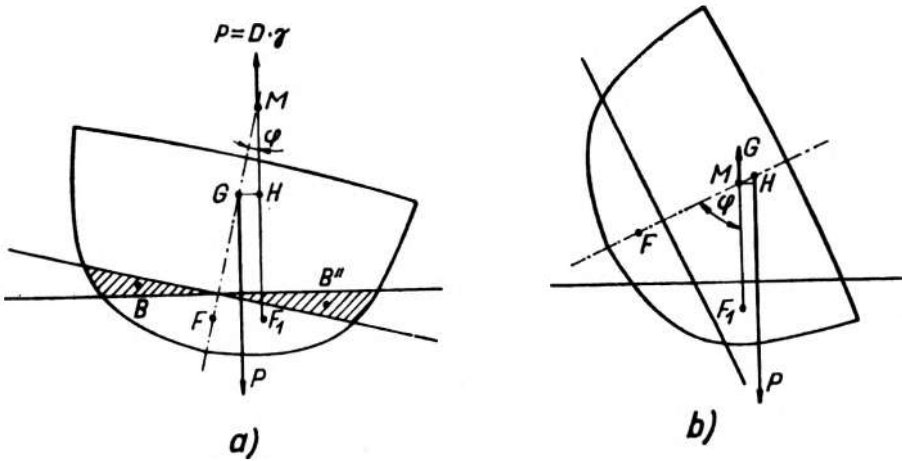
ahol G_m a motor súlya,

$$x = \frac{0,12 \cdot 900}{200} = 0,54 \text{ m.}$$

Tehát a motort 0,54 m-rel kell eltolni.

3. A hajótest stabilitása

Stabilitás alatt értjük a hajó azon tulajdonságát, hogy megdőlt helyzetéből önmagától eredeti úszási helyzetébe vissza tud térni. Megkülönböztetünk *statikus* és *dinamikus stabilitást*. A stabilitás statikus jellemzője a *nyomaték*, amellyel a hajó eredeti helyzetébe visszatérni törekszik vagy másképpen, amivel a hajót egy bizonyos szöggel megdőlt helyzetben tarthatjuk. A dinamikus stabilitás jellemzője pedig az a *munka*, amelyet ki kell fejteni, amikor a hajót nyugalmi helyzetéből egy bizonyos szöggel kimozdítjuk.



21. ábra. Stabilitás és metacentrum

Az eredeti úszási helyzetéből φ szöggel kibillentett hajóra a G rendszer-súlypontban a lefelé ható hajósúly és az F felhajtóerő-súlypontban felfelé ható felhajtóerő által képzett erőpár nyomatéka hat (21a ábra). Ez a nyomaték igyekszik a hajót eredeti úszási helyzetébe visszabillenteni. Ezt a nyomatékat nevezzük *stabilitási nyomatéknak*, az erőpár karját pedig a *stabilitás karjának*.

Amikor a hajó egy kis szöggel megdől, akkor az egyik oldalán egy ékalakú rész kiemelkedik, a másik oldalon pedig egy ugyanolyan köbtartalmú rész bemerül. Ezáltal megváltozik a displacement alakja, és súlypontja a bemerült oldal felé F -ből F_1 -be vándorol. A felhajtóerő ekkor az F_1 ponton halad át. A két egyenlő nagy, de ellentétes irányú P hajósúly és $D\gamma$ felhajtóerő képezte erőpár karja a \overline{GH} távolság. A *statikus stabilitás nyomatéka* e kar és a hajósúly szorzata:

$$M_{st} = P\overline{GH} = D\gamma\overline{GH}.$$

A $D\gamma$ felhajtóerő iránya a hajó középvonalát az M pontban metszi. A *stabilitási nyomaték karját* az MGH derékszögű háromszögből is kifejezhetjük:

$$\overline{GH} = \overline{MG} \sin \varphi.$$

Az $\overline{MG} = \overline{MF} \pm \overline{FG}$ aszerint, hogy a G rendszer-súlypont az F felett vagy alatt van.

A stabilitási nyomaték:

$$M_{st} = D\gamma(\overline{MF} \pm \overline{FG}) \sin \varphi.$$

Mindaddig, amíg a hajó megdőlésekor az M pont nem vándorol a G alá, az \overline{MG} értéke pozitív: a hajó stabil, azaz megvan az a képessége, hogy eredeti helyzetébe visszatérjen. Az \overline{MG} távolság ezért a hajó stabilitásának mértéke, az M pont pedig az ún. *metacentrum*. Amennyiben a hajó nagyobb megdőlésekor az M metacentrum a G rendszersúlypont alá kerül, \overline{MG} értéke negatív lesz, s ezzel a hajó labilissá válik, azaz felborul (21b ábra).

Minthogy a G helyzete a hajó súlyának eloszlásától, az \overline{MF} távolság pedig a hajó formájától függ, azért a $P = \overline{MF} \sin \varphi$ a súlyok stabilitási nyomatéka.

A G rendszersúlypont helyzete tehát befolyásolja a hajó stabilitását, a döntéssel szembeni ellenállását. Megfelelő nagyságú, mélyen elhelyezett *ballaszt* segítségével elérhető, hogy a G pont az F felhajtóerő-súlypont alá kerüljön. Az ilyen hajók stabilitási nyomatéka 90° -os dőlésszögig *pozitív*, tehát gyakorlatilag nem bordulhat fel, még akkor sem, ha 90° -ra megdől.

Az előzőekben láttuk, hogy az F felhajtóerő-súlypont a hajó megdőlésekor az F_1 pontba vándorol, az M pont helyzetét pedig megdőlt helyzetben az F_1 határozza meg. Az F_1 pont helyét a hajótest bemerülő és kiemelkedő ékdarabjai útján számításal is meg lehet határozni.

Az *Atwood*-féle képlet a statikus stabilitás mértékére:

$$M_{st} = \gamma(V\overline{BB}_1 - \overline{FGD} \sin \varphi),$$

ahol V a bemerült ékdarab köbtartalma;

\overline{BB}_1 az ékdarabok súlypont-távolságának a dőlt vízvonallra való vetülete.

A *metacentrikus magasságot*, azaz az M metacentrumnak a vízkiszorítási súlypont fölötti magasságát megkapjuk, ha a vízvonalfelület *másodrendű nyomatékát* osztjuk a vízkiszorítással:

$$\overline{MF} = \frac{I}{D}.$$

Ez a képlet azt jelenti, hogy a metacentrikus magasság annál nagyobb, minél nagyobb egy adott vízkiszorítás esetén a vízvonalfelület másodrendű nyomatéka, melyet a *Simpson*-szabállyal határoztunk meg, az alábbi táblázat útján:

Ha a bordametszetek egymástól való távolsága $d = 0,5$ m és a vízkiszorítás nagysága $D = 0,2097$ m³, akkor a vízvonalfelület $F = 4/3\Sigma Id = 2,57$ m³.

A vízvonalfelület súlypontjának távolsága a θ bordától (l. a következő táblázat):

$$e = \frac{\Sigma II}{\Sigma I} d = 1,79 \text{ m.}$$

A szerkesztési vízvonalfelület másodrendű nyomatéka:

$$I = \frac{2}{9} d \Sigma III \cdot 2 = \frac{2}{9} \cdot 0,5 \cdot 0,976 \cdot 2 = 0,216 \text{ m}^4.$$

A metacentrikus magasság $\overline{MF} = \frac{I}{D} = \frac{0,216}{0,2097} = 1,3$ m.

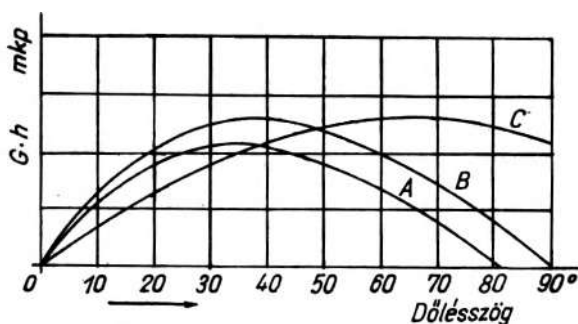
Borda- met- szet	y ordináta	Simpson- koeffi- ciens	y-koeffi- ciens	Borda- szám	4. és 6. hasáb- szorzata	y ³	Simpson- koeffi- ciens	y ³ -ko- efficiens
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,25	1/2	0,125	1	0,125	0,016	1/2	0,008
2	0,53	2	1,06	2	2,12	0,15	2	0,3
3	0,61	1	0,61	3	1,83	0,22	1	0,22
4	0,54	2	1,08	4	4,32	0,16	2	0,32
5	0,45	1	0,45	5	2,25	0,09	1	0,09
6	0,26	2	0,52	6	3,12	0,018	2	0,036
7	0,06	1/2	0,03	7	0,21	0,004	1/2	0,002
			ΣI = 3,875		ΣII = = 13,975			ΣIII = = 0,976

Amikor statikus stabilitásról beszélünk, mindig a *szélességi* (haránt) *stabilitásra* gondolunk. Megközelítő képlet a metacentrikus magasság kiszámítására — kis dőlésszögekre — *Normand* szerint:

$$\overline{MF} = (0,008 = 0,0745\alpha)^2 \frac{B^2}{T\delta}.$$

A hajó dölésekor a vízvonal szélességi méretei állandóan változnak. Akár a pontos, akár a közelítő módszer szerint határozzuk meg \overline{MF} értékét, az csak egy kisebb szögváltozásig lesz érvényes, amíg a számított állapothoz képest a hajó úszási vízvonala nem változik lényegesen. Így a vízszintes úszásra meghatározott \overline{MF} érték is csak kis dőlésszögekig használható fel a stabilitás, ebben az esetben az ún. *kezdeti stabilitás* meghatározására. Az a szögérték, ameddig a hajó vízvonalai lényegesen nem változnak (tehát ameddig a kezdeti stabilitással számolhatunk), kisebb hajóknál típusonként nagyon eltérő.

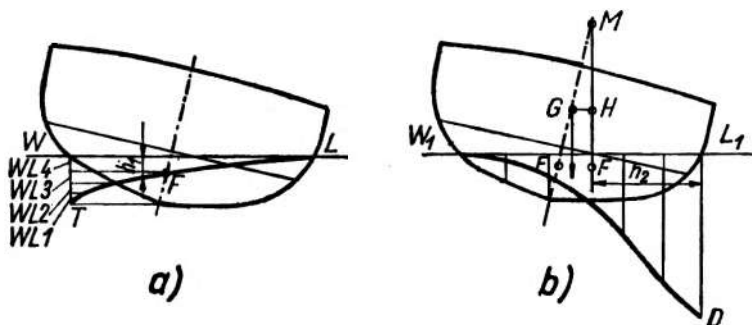
A hajó stabilitásának megítéléséhez nemcsak a kezdeti stabilitás, hanem a *stabilitás terjedelme* is fontos. A stabilitás terjedelmét szemléltetően a stabilitási nyomatékok görbéje ábrázolja (22. ábra), amelyet úgy kapunk, hogy a különböző dőlésszögekhez tartozó stabilitási nyomatékokat, ill. ezek karját diagramban ábrázoljuk.



22. ábra. A stabilitási nyomatékok görbéje

A karcsú hajók kisebb formastabilitásúak, mint a szélesebbek. Ha a súlystabilitásuk (pl. mélyen elhelyezett ballaszt következtében) nagy, akkor kisebb szögeknél kicsi ugyan a stabilitásuk (kis kezdeti stabilitásúak), de egészen nagy dőlésszögeknél is van még stabilitásuk, azaz az ilyen hajók stabilitásterjedelme nagy. Az ábrán a *C* görbe kis kezdeti stabilitású, de nagy stabilitásterjedelmű hajó stabilitási görbéje, az *A* és *B* görbék olyan hajókat jellemeznek, amelyeknek nagyobb a kezdeti stabilitásuk, de kicsi a stabilitásterjedelmük.

A *stabilitásszámítás* leghosszadalmasabb része a vízkiszorítás súlypontjának meghatározása a különböző dőlésszögeknél. Ezt a *Middendorf-féle* eljárással úgy végezzük, hogy minden dőlésszögnél először meghatározzuk a vízkiszorítási görbét a vízvonalakkal párhuzamos vízszintes, majd a vízvonalakra



23. ábra. A vízkiszorítási görbék megdőlt helyzetben

merőleges függőleges metszetekre (23. ábra). E görbék által határolt terület súlyvonalainak metszéspontja a *vízkiszorítás súlypontját adja*. A súlyvonalnak az úszási vízvonaltól való távolságai:

$$h_1 = \frac{WLT}{WL} \quad \text{és} \quad h_2 = \frac{W_1 L_1 D}{LD} .$$

Az előbbieken láttuk, hogy a metacentrikus magasság a hajó vízvonalszélességének *harmadik hatványával* nő. A kétszer olyan széles hajó stabilitása tehát nyolcszor akkora. A hajó szélességének viszonylag kis mértékű csökkentésével a stabilitás nagymértékben csökken. Túl nagy metacentrikus magasságra törekedni nem célszerű, mert hullámzó vízen igen rövid lengési periódust eredményez, a hajó dülöngélő mozgása *merev* lesz, s ugyanakkor nem mindig járul hozzá szükségképpen nagy stabilitástartomány kialakításához. A lengési időt tehát csökkenti a nagy és mélyen fekvő ballaszt súlya. A dülöngélő lengés időtartama függ ezen kívül a hajó tömegétől, s ennek eloszlásától is. Minél távolabb van elosztva a hajó tömege annak szimmetriasíkjától, annál nagyobb lesz a lengésidő.

Hullámzó vízen a periodikusan lengő hajó, ha állandóan kisebb impulzusokat kap, lengését állandóan fokozza és ha a hullámozás okozta *impulzusok periódusa* megegyezik a hajó lengésének periódusával, a dülöngélés olyan mértékű lehet, hogy a hajó komoly veszélybe kerül.

A kishajók sokkal könnyebben kerülnek kényszerdülöngélési állapotba, mert mozgásukat a hullámjárás jobban befolyásolja. A hajó két oldalán, nem mélyen elhelyezett ballasztal növelhetjük a lengési időtartamot. Ez azonban

növeli a hajó súlyát, s ezzel az ellenállását. Célszerűbb ezért kishajókon ballaszt helyett nagyobb vízvonala- és fedélzetszélességgel, megfelelő oldalmagassággal biztosítani a szükséges stabilitást.

A dülöngélő mozgással szembeni ellenállóképességet a hajótest víz alatti részén alkalmazott sík felületekkel (pl. álgerinc, oldalgerinc) lehet növelni. Az éles mederfenék ugyancsak növeli az oldalgerincek csillapító hatását. Az *oldalgerincek* a hajó testéből a hajófenék hajlásánál állnak ki a külhéra közel merőlegesen. Nem szabad túl hosszúra készíteni ezeket, mert akkor ellenállástöbbletet okoznak. Célszerű ezeket a hajóközéptől hátrafelé elhelyezni.

A hajótest *viharállóságának* alapkövetelményei:

- a) a hajó legyen vízmentes, jól tömített, s ne álljon fenn az elsüllyedés veszélye;
- b) legyen megfelelő teljesítménytartalék, ami lehetővé teszi, hogy kormányozhatóságát minden körülmények között meg tudja tartani;
- c) a kormány, vitorlásoknál pedig az árboc is, úgy legyen méretezve, ami a törést lehetőleg kizárja;
- d) a hajónak legyen megfelelő stabilitástartománya, hogy a felborulás veszélyét elkerüljük;
- f) meg kell akadályozni, hogy a hajóba víz kerülhessen be, mert ezzel emelkedhet a rendszersúlypont, s szabad vízfelület alakul ki a hajófenékben, ami az \overline{MF} értékét csökkenti.

Erős szélben a hajó oldalirányú kitéréseit, *csellengését* a kormányval kell kiegyensúlyozni, ami energiafelhasználással jár. A csellengést főleg a hajó bukdacsoló és dülöngélő mozgásából eredő nyomáskülönbség és a hullámozás idézi elő, s ezeket nem lehet kiküszöbölni.

A jó iránystabilitást a hosszú hajógerinc, ill. a hosszan elnyújtott *laterális felület* biztosítja, ezek azonban nem minden hajótípusnál alakíthatók ki kedvezően. A hajó hullámállóságát a *nagy szabad oldalmagasság* növeli. A szabad oldalmagasság mértéke a tartalék-felhajtóerőnek és a stabilitás terjedelmének. A stabilitás terjedelme elsősorban a metacentrikus magasságtól függ, s a szabad oldalmagasság csak másodsorban jöhet számításba. Egy hajó *tartalék-felhajtóerejét* megadja a víz feletti rész köbtartalma. A tartalék-felhajtóerő akkor lesz hatásos, ha a hajó halad, s a hullám előnti a hajót, s ezt a vízmennyiséget a hajónak meg kell emelni. A hajónak tehát egy fölfelé irányuló gyorsulása lesz, s ekkor a szabad oldalmagasság és tartalék-felhajtóerő már nem statikus, hanem dinamikus fogalmak. Egy nehéz és elől keskeny hajónak nagyobb kell legyen a szabad oldalmagassága, mint egy telt vagy könnyű hajónak.

A szabad oldalmagasság megválasztása tisztán tapasztalaton alapul. Hosszú hajóknak, amelyeket rövid hullámú vizeken használnak, alacsony a szabad oldalmagasságuk, mert az ilyen hajó egyszerre több hullámon ül, s nem is trimmelődik el nagyobb mértékben. Az ilyen hajók kevésbé bukdacsolnak.

Könnyű hajók hullámállósága bizonyos szempontból jobb, mert a hullám a hajót nagy sebességen is könnyebben megemeli, míg a nehéz hajók belefutnak a hullámokba, igaz, éppen ezért a nehéz hajónak nyugodtabb a járása, lényegesen kisebb a bukdacsoló mozgása. A nehéz hajónak nagy a tehetetlensége, ezért ugyanaz az erőhatás egy könnyű hajót rövidebb idő alatt hoz mozgásba.

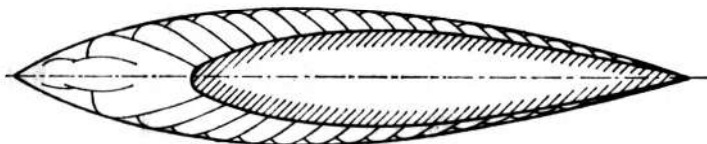
4. A hajótest ellenállásai

Minden folyadékban mozgó testnek ellenállása van, s ez az ellenállás függ a test méreteitől, alakjától, felületi minőségétől, s a sebességtől. A hajó ellenállása két fő összetevőre bontható: a súrlódási ellenállásra és az ún. maradék vagy alakellenállásra. Ez utóbbi több ellenállást foglal magában, melyek közül legfontosabb a hullámképző, kisebb jelentőségű az örvényképző- és a légellenállás. A vontatott hajó vontatókötelében keletkező erő ezen ellenállások összegéből tevődik össze.

a) A súrlódási ellenállás

A súrlódási ellenállást a víznek a külhøj víz alatti felületéhez való súrlódása okozza. Értéke függ a felület nagyságától, simaságától, a víz fajsúlyától és a hajó sebességétől.

A mozgó hajó a vízhez való súrlódása következtében maga körül hajósodort, azaz a hajóval együtt mozgó vízréteget hoz létre, amelyben a víz más és más sebességgel halad előre. A víz sebessége a hajófalnál megfelel a hajó sebességének, a hajófaltól távolodva lecsökken egészen 0 sebességre. Azaz a külhøjhoz végtelen közel a víz molekuláinak relatív sebessége a hajóhoz viszonyítva 0; távolodva a folyadéknak a hajóhoz viszonyított relatív sebessége



24. ábra. A határréteg

egyre nő, s bizonyos távolságban eléri a hajó sebességét. Ez a különböző sebességű vízréteg a határréteg (24. ábra).

A határréteg vastagsága a hajótest mentén, kezdve a 0 értéktől (az orrnál) a hajó fara felé egyre növekszik. Gyorsjáratú hajóknál a határréteg vastagságát hátrafelé szélesedő habréteg jelzi.

Amíg az áramlási sebesség nem nagy, addig az áramvonalak párhuzamosak, az áramlás lamináris. Amint azonban a sebesség nő, a szomszédos vízmolekulák között olyan nagy lesz a csúsztatófeszültség, hogy a molekulasoportok forgó mozgásba jönnek, s az áramlás turbulenssé válik. Az, hogy a lamináris áramlás a határrétegben milyen mértékben marad meg, egész sor különböző tényezőtől függ, beleértve a felület simaságát, a víz nyugodtságát, a hajó formáját. A kétféle áramlás között azért kell különbséget tennünk, mert súrlódási ellenállásaik különbözőek. Ha a víz nyugodt, a külhøj felületi simasága kitűnő, a hajó sebessége kicsi, s az orr-rész teltségi foka nem nagy, akkor lamináris áramlás állhat fenn a hajó elülső körzetében. Amennyiben sikerül a lamináris áramlást a hajótest víz alatti részének egy nagyobb részén fenntartani, úgy a súrlódási ellenállás kisebb.

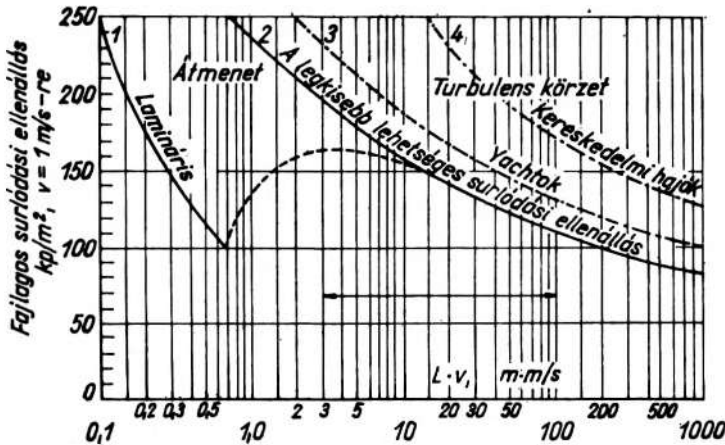
A súrlódási ellenállás nagyságát számítással meghatározhatjuk:

$$W_s = \lambda \gamma F v^{1,825} \text{ kp.}$$

ahol λ a felület simaságától és a hajó hosszától függő tényező, teljesen sima felület esetén, 6...20 m hajóhossz mellett értéke 0,160...0,150;
 γ a víz fajsúlya, kp/m^3 ;
 F a külhøj vízvel érintkező felülete, m^2 ;
 v a hajó sebessége, m/s .

A hajó hosszával csökken a súrlódási tényező értéke, mert a víz relatív sebessége a hajóhoz képest a hajó fara felé csökken.

A súrlódási ellenállást a 25. ábrán levő diagram segítségével is meghatározhatjuk. A diagram vízszintes tengelyére a hajó hossza (m) és a hajó sebessége (m/s) szorzatát ($L \cdot v$) visszük fel. A függőleges tengelyen leolvashatjuk az ún. fajlagos súrlódási ellenállást kp/m^2 -ben, 1 m/s alapsebességre megadva.



25. ábra. A fajlagos súrlódási ellenállás, a hajóhossz és sebesség összefüggése

A diagramon négy görbét látunk, egyet a lamináris áramlásra, amit csak igen kis sebességeknél lehet figyelembe venni, egyet a lehető legkisebb súrlódási ellenállásra, tehát abszolút sima felületre, ennél valamivel nagyobb súrlódási ellenállásgörbe vonatkozik a legtöbb vitorlás- és motoros hajóra, s még nagyobb a súrlódási ellenállása a kereskedelmi hajóknak.

Az ellenállásértékek a diagramban az ún. egyszerűsített *Reynolds*-féle számra vonatkoznak, azaz a hossz és sebesség szorzatára. *Reynolds* állapította ugyanis meg, hogy a súrlódási viszonyokban bizonyos hasonlóság áll fenn, ha a hossz és sebesség szorzata állandó.

Végeredményben a hajó súrlódási ellenállását megkapjuk, ha a diagramból leolvassott fajlagos ellenállást a hajó nedvesített felületével megszorozzuk:

$$W_s = \rho F v^2 \text{ kp,}$$

ahol ρ a fajlagos súrlódási ellenállás, p/m^2 ;

F a hajó nedvesített felülete, m^2 ;

v a hajó sebessége, m/s .

Példa. Számítsuk ki a diagram segítségével egy $L=6$ m vízvonalhosszú, 3 m/s sebességgel haladó motorcsónak súrlódási ellenállását, ha a külhøj felülete sima (3. görbe), és a hajótest nedvesített felülete $F=9$ m^2 .

Az Lv szorzat, $6 \cdot 3 = 18$, ennek az értéknek a diagramban megfelel $\rho = 168 \text{ p/m}^2$, ezt szorozva a hajó nedvesített felületével és a sebesség négyzetével:

$$W_s = \rho v^2 F = 168 \cdot 3^2 \cdot 9 = 13\,608 \text{ p, azaz } 13,608 \text{ kp.}$$

A súrlódási ellenállás csökkenthető:

1. a felület simaságának növelésével;
2. a hajó vízbe merült (nedvesített) felületének kisebbítésével;
3. a sebesség csökkentésével.

Kis sebességnél az összes ellenállás legnagyobb részét a súrlódási ellenállás teszi ki. Fontos követelmény ezért a vízbe merült felület sima kiképzése, s állandóan jó állapotban tartása.

A külhéra tapadó szennyeződés rendkívüli mértékben megnöveli a súrlódási ellenállást. Kísérletek szerint tengervízben a hajó *algásodása* következtében az ellenállásnövekedés napi 0,6%-ot, sőt többet is kitehet. Az algásodás nagyobb mértékű a meleg és a nagy fényintenzitású hónapokban. Az algásodást mérgező festékanyagokkal (többnyire réz és higanyvegyület) csökkenteni lehet. A víz ezeket az anyagokat állandóan oldja, ezért hatásuk idővel csökken.

b) A hullámképző ellenállás

A víz felületén mozgó test, így a hajótest is, hullámokat idéz elő. A hajótest mentén a víz sebessége változó, hiszen a vízrészecskéknek ki kell kerülniük a hajótestet. A hajó elülső felén szétválva a hajófal mentén felgyorsulnak, majd a hajó hátsó fala mentén lelassulva a hajótest mögött záródnak.

Ha egy széles deszkát homlokfelületével a vízben tolunk, ez az előtte levő vízrészecskéket közel a tolás sebességére gyorsítja, s $h = \frac{v^2}{2g}$ magasságú hullámokat okoz. Ha a deszka homlokfelületére ék alakú élt erősítünk, a sebességváltozás kisebb, a hullám magassága alacsonyabb, és a deszka eltolásához szükséges erő lényegesen kisebb lesz.

Minél kisebb a sebesség pillanatnyi változása, annál kisebb lesz a keletkezett hullám. A vízsebesség változása pedig akkor lesz kisebb, ha a hajó keresztmetszete nem hirtelen, hanem fokozatosan változik. Tehát minél hosszabb szakaszon szélesítjük ki a hajót, annál kisebb hullámok keletkeznek, s annál kisebb lesz a hullámmellenállás is.

Mint ismeretes, a vízben a sebességváltozás *nyomásváltozással* jár. Ahol a sebesség nő, ott a nyomás csökken és viszont. Mivel a hajótest a víz felszínén úszik, így ezek a nyomásváltozások a víz felszínének közelében jelentkeznek: a nyomásnövekedés helyén a víznívó emelkedik, a nyomáscsökkenés helyén pedig csökken. Mindkét esetben a vízrészecskék *helyzeti energiája* megváltozik. Az ehhez szükséges energiát a hajót mozgató energiának kell fedeznie, s az ehhez szükséges erő egyenlő a hajó hullámképző ellenállásával.

A felemelt vagy lesüllyedt vízrészecskék vissza akarnak térni eredeti helyzetükbe, helyzeti energiájuk sebességi energiává alakul, így eredeti helyzetükből kilendülve lengő mozgást végeznek, s ekkor a víz felszínén hullámok keletkeznek.

A vízrészecskék felemelkedése, ill. lesüllyedése, azaz a kialakuló hullámok magassága a *nyomásváltozás mértékétől* függ. A nyomásváltozást viszont a

sebességváltozás okozza, így annál magasabb hullámok keletkeznek, minél nagyobb a sebességváltozás. A hullám másik jellemzője, a terjedési sebesség azonos a hajó sebességével.

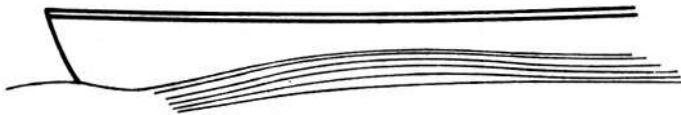
A *hullám magassága*: a függőleges távolság a hullámhegy és a hullám-völgy magassága között. A *hullám hossza*: két hullámhegy közti távolság, a *hullámperiódus* pedig az az idő, amíg egy fix pont mellett két hullámhegy elhalad. Ez függ a hullám hosszától és a keletkezési sebességtől. Meg kell azonban jegyezni, hogy csak a hullám geometriai alakja siet előre, a víztömeg azonban nem halad tova. A hullám hossza, a keletkezési sebesség és a periódus egymással meghatározott viszonyban állnak. Közömbös, hogy a hullámot egy hajó vagy pedig a szél okozza.

A *hullám hossza*: $\lambda = \frac{2\pi}{g} v^2 = 0,64v^2$ m/s, ahol v a hajó sebessége, m/s.

Amint látjuk, a hullám hossza kizárólag a hajó sebességétől függ, s nem a hajó nagyságától vagy alakjától.

Ha pl. a hajó sebessége $v = 5$ m/s (18 km/h), akkor $\lambda = 0,64 \cdot 5^2 = 16$ m.

A hajótesten az orr és far közelében vannak a nagyobb keresztmetszet-változások, itt keletkeznek tehát elsősorban hullámok. Az orrhullámok kialakulásáról a 26. ábra ad hozzávetőleges képet. A hajó fara már nem zavartalan

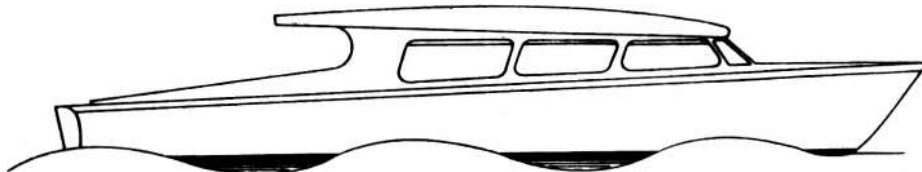


26. ábra. Az orrhullám

vízfelszínen, hanem az orr által keltett hullámokon úszik. Így a hajó hátsó felén a keresztmetszetek változása következtében létrejövő hullámok az orrhullámokkal összegeződnek. Ha az orrhullám hullámhegye a farhullám hullámhegyével találkozik, a két hullámmagasság összegeződik, s az ellenállás növekszik, míg ha az orrhullám hullámhegye a farhullám hullámvölgyével találkozik, akkor a hullám mérete és vele az ellenállás csökken. Hosszabb hajóknál az orrnál és a farnál létrejövő eredő hullám között az orrhullámoknak több hulláma is keletkezhet (27. ábra).

Az orr- és farhullámok találkozása a hajó hosszától és sebességétől függ, mint láttuk, ugyanaz a hajó különböző sebességek mellett különböző hosszú hullámokat kelt.

A farhullám helyzete a hajó sebességét nagymértékben befolyásolja. A far-alakellenállása annál kisebb, minél kecsesebbek a hajó vonalai, mert



27. ábra. Hullámok a hajóttest mentén

akkor a víznek elég ideje van, hogy nagyobb hullám keletkezése nélkül folyjon össze. Jól szerkesztett hajó far-alakellenállása a hajó elejéhez képest kicsi. Az orr- és farhullám keletkezési helyének távolsága egymástól, a sebességtől függően — *Taylor* szerint — a hajó hosszának 1...1,16-szorosa. Úgy válasszuk meg tehát a hajó hosszát, hogy ez a távolság ne legyen a hajó sebessége által keltett hullámok hosszának egész számú többszöröse.

Az alakellenállás értékének kiszámítására használt képletek csak az előzetes számításhoz adnak megközelítő értéket. Ilyen pl. a *Middendorff*-féle képlet, mely alapján az *alakellenállás*:

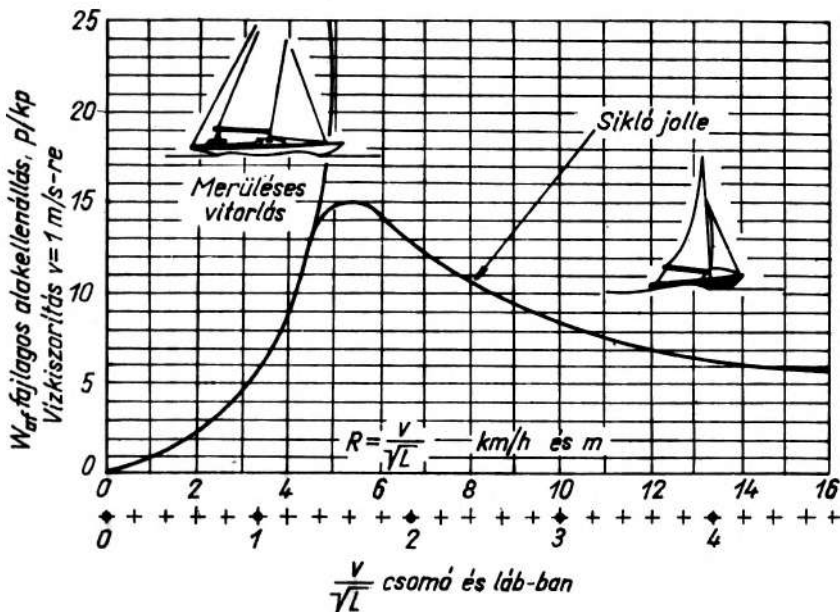
$$W_a = \frac{\varepsilon v^{2,5}}{1 + \xi(L/B)^2},$$

ahol ε az L/B viszonytól, tehát a hajó karcsúságától;
 ξ pedig az $1/v^2$ viszonyszámától függő állandók.

A képletből látható, hogy az alakellenállás a sebesség 2,5-ig hatványával arányos.

Ugyancsak megközelítő pontossággal kiszámíthatjuk az alakellenállást az ún. *fajlagos alakellenállás* segítségével. A fajlagos alakellenállás értékét a 28. ábrán látható diagram segítségével határozzuk meg. A W_{af} fajlagos alakellenállás 1 kp közepes hajósúlyra van megadva pondban 1 m/s hajó-alapsebességre vonatkoztatva. A diagramon egy merülő és egy siklóhajó fajlagos alakellenállásának változását látjuk, az ún. *relatív hajósebesség*, $\frac{v}{\sqrt{L}}$ függvényében.

A diagram vízszintes tengelyén metrikus és angolszász rendszerben (láb és csomó) van megadva a beosztás.



28. ábra. A fajlagos ellenállás a hajóhossz és sebesség függvényében

A diagramból látjuk, hogy $R = 5,3$ -tól állandóan csökken a fajlagos alakellenállás, éspedig annál erősebben, minél jobban nő a sebesség. A valóságban természetesen a sebességgel nő az ellenállás, mert a valóságos ellenállás körülbelül a sebesség négyzetével arányos.

$$\text{A megközelítő alakellenállás: } W_a = W_{af} v^2 - \frac{D}{L} p,$$

ahol W_{af} a fajlagos alakellenállás, p ;
 v a hajó sebessége, m/s;
 D a hajó vízkiszorítása;
 L a hajó vízvonalhossza, m.

A hullámképző ellenállást pontosan csak modellkísérletekkel lehet meghatározni. A hullámképző ellenállásokról azt állapították meg, hogy ezek geometriailag hasonló hajótestek esetén a hosszúság köbével arányosak, ugyanakkor a sebességek a hosszúság négyzetgyökével arányosak. Ezt fejezik ki az alábbi összefüggések:

$$v = \frac{V\sqrt{l}}{\sqrt{L}} \quad \text{és} \quad W = \frac{wL^3}{l^3},$$

ahol W és w a hullámképző ellenállás;
 V és v a sebesség;
 L és l pedig a hajótest hossza.

A hullámképző ellenállás csökkenthető:

1. a hajó súlyának, ill. vízkiszorításának csökkentésével;
2. a karcsúság, azaz az L/B viszony növelésével;
3. a főbordametszet csökkentésével;
4. a hajóalak, főleg a szerkesztési vízvonallal kedvező kialakításával;
5. a vízvonallal hajóközéppel bezárt szögének csökkentésével;
6. a hajó sebességének csökkentésével.

Miután e tényezők egy része ugyanakkor a hajó stabilitását kedvezőtlenül befolyásolja, mérlegelendő, hogy a hullámképző ellenállás adott esetben milyen mértékben csökkenthető.

c) Az örvényképző ellenállás

Ha a hajó alakja hátul túlságosan telt vagy szögletes — pl. bemerülő tükör esetén —, akkor a vízrészeckék tehetetlenségüknél fogva nem képesek követni a hajó vonalait, hanem leválnak, s örvénylő mozgásba jönnek. Ilyen örvénylést okoz minden, a hajótestből kiálló alkatrész, pl. kormány, uszony, tengelybak, tengelyvezeték, hajócsavar, álgerinc stb.

Az örvénylés növeli a hajó ellenállását, mert energiát von el a hajó mozgási energiájából. Kedvezőtlen esetben az örvényképzés az összellenállás 5... 7%-át is kiteheti, s különösen nagy sebességeknél számottevő.

Amíg a víz és levegő határán — tehát a hullámképzés körzetében mozgó testeket — elől élesen képezzük ki, addig az örvényképző ellenállás csökkentése érdekében a vízbe merülő alkatrészek (pl. tőkesúly, uszony, kormánylap, ten-

gelybak) hátsó élét leélezzük, mellső élét legömbölyítjük, ill. *áramvonalasan* képezzük ki. Az *örvényképző ellenállás a hullámképző ellenállással együtt alkotja a hajó alakellenállását* (maradék ellenállás).

d) A légellenállás

A *légellenállás*, akár az egyéb ellenállások, a hajót előrehaladásában fékezik. Légellenállást okoz a hajótest víz feletti része, a felépítmények, árboc, kötélzet stb. A részben sűrűdásból, részben örvénylésből összetevődő ellenállás nagysága:

$$W_1 = Fv^2 \frac{\gamma}{2g} K \text{ kp,}$$

ahol F a légellenállást okozó keresztmetszet nagysága;

v a hajótest és levegő relatív sebessége, m/s;

γ a levegő térfogatsúlya, 1,23 kp/m³;

K pedig az alaktól függő ellenállási tényező, ami sík lemeznel legnagyobb és áramvonalas (csepp) alaknál a legkisebb, értéke: 0,05...1,5.

Példa. Egy hajó sebessége 3 m/s, a szél erősség 5 m/s, a szélnek kitett felület 2 m², mekkora a hajótest ellenállása, ha az alaki tényező $K=0,7$? A hajótest és a levegő relatív sebessége: $3+5=8$ m/s.

$$W = 2 \cdot 8^2 \frac{1,23}{20} 0,7 = 5,51 \text{ kp.}$$

A légellenállás nagy sebességű hajóknál és vitorlásoknál tekintélyes, ezért csökkentésére kell törekedni. Vitorlásoknál a légellenállás az összellenállás 30%-át is kiteheti. Itt nemcsak a hajótest, hanem főleg az árboc, a kötélzet és a vitorla jelent tekintélyes ellenállást.

Az *áramvonalazás* célja a légellenállás csökkentése. A legnagyobb keresztmetszet előtt van a *nyomási zóna*, mögötte pedig a *szívási körzet*. Nehéz a test hátsó részét úgy kialakítani, hogy a levegő örvénylés nélkül váljon le róla. Ha nem húzzuk ki elég hosszúra, a levegő örvénylésbe jön, s az áramvonalazásnak így nem sok értelme van. A legkisebb kiemelkedés megbontja az áramlást, ilyenkor ez leszakad, s örvények keletkeznek. Különösen veszélyes ez a főkeresztmetszet után, a szívási körzetben.

e) A hajó ellenállásainak változása a sebesség függvényében

A hajó összellenállása a tárgyalt ellenállások összegéből adódik. Ezek közül az ellenállások közül mindegyik valamilyen formában a sűrűdés vagy nyomás eredménye.

A két fő ellenálláshányad — a sűrűdési és hullámképző ellenállás — aránya a *sebesség/hossz* viszonyszámoktól (*Froude-szám*, v/\sqrt{Lg}) függően változik, de függ ezenkívül a *víz kiszorítás/hosszúság* (D/L) viszonyszámától is. A hosszúsághoz viszonyítva a nagy sebesség és víz kiszorítás növeli a hullámképző ellenállást, azaz csökkenti a *sűrűdési ellenállás/hullámképző ellenállás* hányadost.

Egy tengeralattjáró vagy egy repülőgép azonos közegben mozognak a vízben, ill. a levegőben. A tengeralattjáró a víz alatt úszva nem kelt hullámot, tehát nincs hullámmellenállása, nem így egy merülőes hajó, mert ennek haladáskor a víz felületén a hullámok ki tudnak fejlődni.

Törvényszerű viszony van egy hullám hossza — hullámhegytől hullámhegyig — és a hullámok sebessége között, tehát minden sebességhez egy bizonyos hullámhossz tartozik. A mozgó hajó által keltett hullám hosszát ugyancsak a sebesség, azaz a hajó sebessége határozza meg.

Tegyük fel, hogy egy hajó 20 km/h sebességgel halad, s a hajó hossza 64 m; ez a hajó 19,75 m-es hullámokat kelt, így a hajó hossza mentén négy hullámhegy keletkezik. Ha egy 16 m-es motoroshajó ugyancsak 20 km/h-s sebességgel halad, az általa keltett hullámok hossza ugyancsak 19,75 m, a hajó hossza mentén nem egészen egy hullám keletkezik.

Ha egy hajó a hosszához képest relatív lassan halad, kicsi lesz a hullámképzése. Ha egy rövidebb hajó nagy sebességgel halad, akkor igen nagy hullámot kelt, létrejön a félelmetes farhullám, amit a hajó erős eltrimmelődése követ.

Amíg egy hajó lassan halad, akkor a súlyát statikusan tisztán a víz hordja, azaz a kiszorított víz és a hajó súlya azonos. Nagy sebességeknél dinamikus erők keletkeznek, amelyek a hajótestet a vízből kiemelik. Ekkor a hajó súlyának egy részét már nemcsak a kiszorított víz súlya tartja, hanem a sebéségből adódó és a hajó fenekére ható dinamikus víznyomás is. A vízből kiemelkedő hajóttest tehát kisebb vízmennyiséget szorít ki, mint amennyi a hajó súlyának megfelel.

A hajóttest *dinamikus kiemelkedése* lényegében a hajó *relatív sebességétől* függ, azonban a fenék alakja is befolyásolja. A lapos fenékkiképzés a dinamikus felhajtóerő kialakulásának kedvez.

A várható hullámképzés alapvető jelentőségű mind a hajóttest formai kialakítására, mind pedig a menetközbeni magatartására.

Hogy az egyes menetállapotokat lehatároljuk, s a sokféle hajóttestalakot egy rendezett rendszerbe beépíthessük, a következőkben a *Froude-szám* helyett az ún. *relatív sebességi fokot* vezetjük be, s a hajók különböző sebességeken való viselkedését ennek figyelembevételével vizsgáljuk. A relatív sebességi fok:

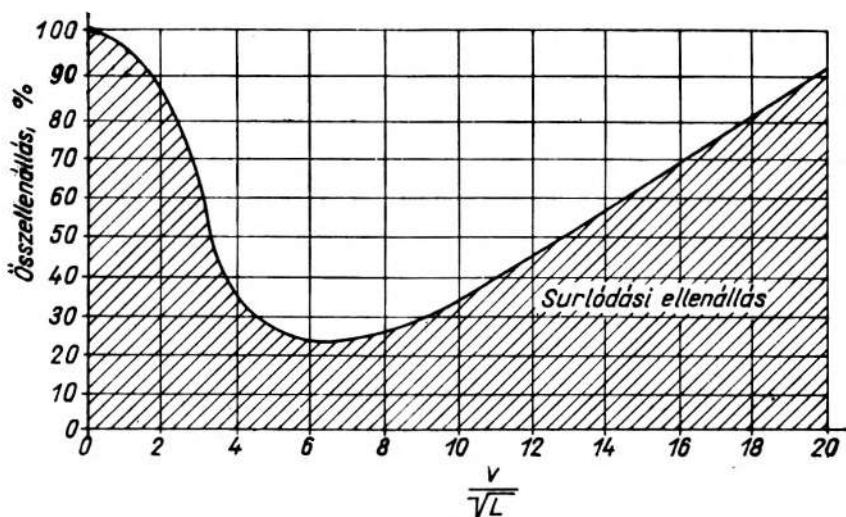
$$R = \frac{v}{\sqrt{L}},$$

ahol v a hajó sebessége, km/h;

L a hajó vízvonalhossza, m.

Szokásos a sebességet csomókban, a hajó vízvonalhosszát pedig lábban (feet) is megadni. A következőkben mindenütt zárójelbe tesszük a relatív sebességi fok csomókban, ill. lábban számított megfelelő értékeit.

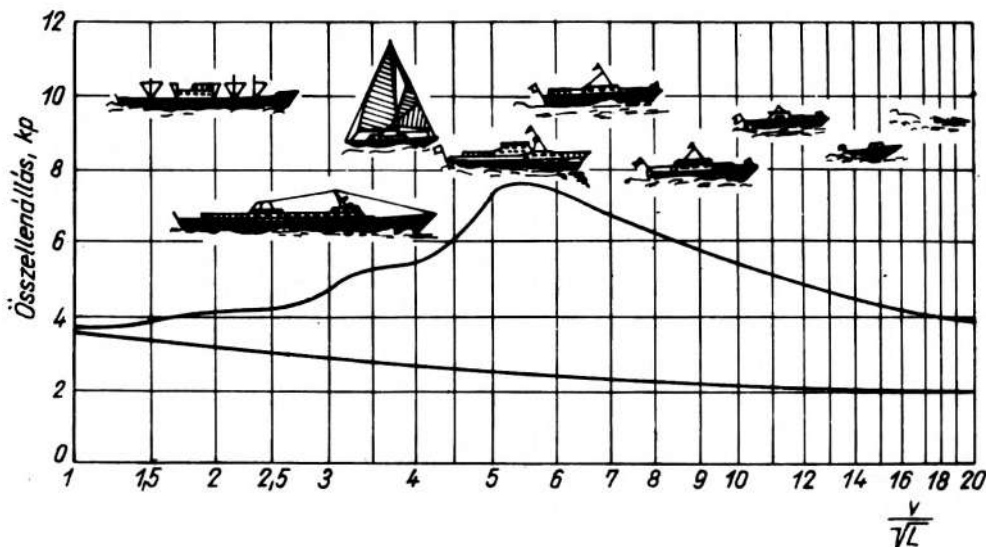
A legtöbb hajó $R = 2,5 \dots 3,5$ értéknek megfelelő sebességgel halad, ennél a sebességi foknál az összellenállás igen kicsi, s ennek is jórésze súrlódási ellenállás. A teherhajók átlagos ellenállása 1,5...2 kp/Mp displacement. Kisebb sebességeken a súrlódási ellenállás az összes ellenállás 60...80%-a. Az ellenállás hullámképző része kevés, s az ilyen hajók a vízen kevés látható hullámot okoznak. Kisebb sebességeken a súrlódási ellenállás nagysága a döntő, a kis sebességű hajók ezért teltebb formájúak, hogy a külháj nedvesített felülete



29. ábra. Az összellenállás és súrlódási ellenállás viszonya a *Froude*-szám függvényében

minél kisebb legyen. A 29. ábra az összellenállás és súrlódási ellenállás viszonyát szemlélteti a *Froude*-szám függvényében.

Evezős csónakoknál a súrlódási ellenállás domináns, mert ezek sebessége aránylag kicsi, hosszuk pedig vízkiszorításukhoz képest nagy. Vitorlásoknál kisebb sebesség esetén ugyancsak a súrlódási ellenállás képezi az összellenállás nagyobbik részét, nagyobb sebességeken azonban az alakellenállás nyomul előtérbe, különösen rövidebb hajóknál, melyek relatív sebessége nagy. Ugyanez a helyzet az olyan motorcsónakoknál, amelyek viszonylag nagyobb sebességűek, de nem siklanak.



30. ábra. A hajó ellenállásgörbéje

3,5-nél nagyobb sebességi fokú hajóknál az ellenállások nagyobbik részét a hullámképző ellenállás teszi ki. Növekedő sebességgel az alakellenállás gyorsabban nő, mint a súrlódási ellenállás, ezért nagy sebességnél az alakellenállás különösen figyelemre méltó.

Ha diagramban ábrázoljuk a különböző sebességekhez tartozó hajóellenállásokat, akkor megkapjuk az illető hajó ellenállásgörbéjét (30. ábra). Az ellenállásgörbén a vízszintes tengelyre a relatív sebességi fokokat (v/\sqrt{L}), a függőlegesre a hajó összellenállását visszük fel kp-ban. A sebességi fok km/h és m-ben van kifejezve. Csomóra és lábra átszámítva:

$$R_{\text{csomó, láb}} = \frac{R}{3,355}$$

1 csomó = 1,852 km/h és 1 láb (foot) = 0,305 m.

Ezek az ellenállásgörbék nem emelkednek egyenletesen, hanem egy bizonyos sebességi területen fölfelé emelkedő púpot mutatnak. Ebben a sebességi körzetben a hajók ellenállása lényegesen nagyobb, mint azt ezen a sebességi körzeten kívüli ellenállások alapján gondolnánk. Különösen kedvezőtlenek a viszonyok a púp tetőpontjától balra, ahol kis sebességnövekedésnél erősen megnő az ellenállás, s igen nagy többletteljesítmény szükséges, hogy a púp tetőpontján túl ismét egy kedvezőbb területre érjünk.

A hullámképző ellenállás hirtelen növekedésének a következménye az *összellenállás* ilyen nagy mértékű megnövekedése. Ebből következik, hogy a legjobb hajó is bizonyos sebességnél igen rossz hatásfokú, azaz nagy a hullámképzése. Ez a jelenség azonban növekedő vízmélységnél kevésbé észrevehető. Nagyobb vízmélységnél a görbe púpa jobbra tolódik el a nagyobb sebességek felé.

A következőkben az ellenállásgörbe alapján vizsgáljuk a hajó viselkedését a különböző relatív sebességi fokoknál, vizsgáljuk a hajó két fő ellenállásának — a súrlódási és alakellenállásnak — megoszlását, továbbá a hajó trimm-helyzetét.

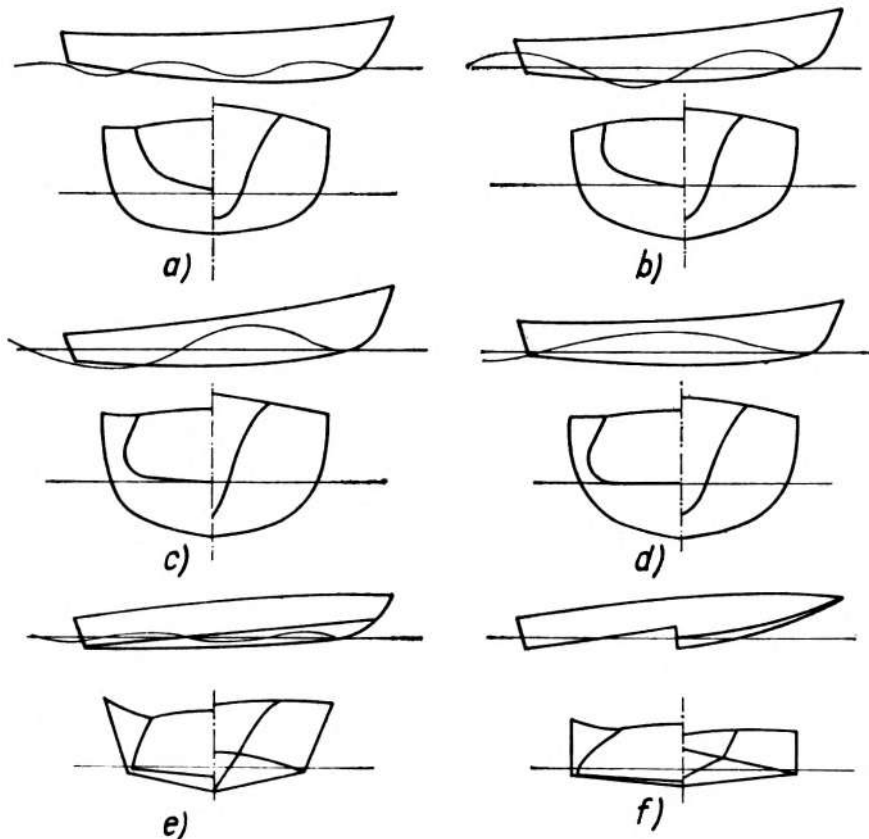
Egy hajó menetállapotát illetően megkülönböztetünk: *sodródást, haladást és siklást*.

A *sodródó hajó* sebessége valamivel nagyobb, mint a folyó sodrának sebessége, ezért a hajó — ha kismértékben is, de — kormányozható. A sebességkülönbséget a folyó esése okozza, ami egy hosszabb hajónál néhány mm nyomást biztosít. Sodródáskor nem keletkezik hullám, tehát hullámellenállás sincs, a hajó alakja tehát itt közömbös, $R=1$.

A *haladás* $R=1$ -nél kezdődik, s tart körülbelül 8-ig. Éles elhatárolást itt nem lehet végezni, mert a siklás kezdetét a hajó alakja nagymértékben befolyásolja. $R=1$ és $R=9$ között több jelenség játszódik le, melyeknek jelentős befolyása van a hajó kialakítására. Ebben a körzetben van a formaadásban a legtöbb különbség. Fokról-fokra más formát kell választani, hogy a kedvezőtlen hullámképzést és eltrimmelődést elkerüljük. Ha nem választjuk meg a hajó sebességének legmegfelelőbb formát, akkor igen nagy ellenállással és nagy hajtóerő-teljesítménnyel kell számolnunk.

Az ellenállásgörbét hét részre osztva vizsgáljuk meg az egyes sebességi csoportokban a hullámképzést és a hajó viselkedését.

1. csoport. Jellemző: $R \leq 3,3 (\leq 1)$. (A zárójelben levő számok R értékei csomó/ $\sqrt{\text{láb}}$ -ban.) Az ellenállás ebben a sebességi csoportban csak las-



31. ábra. Hullámképződés a különböző Froude-számoknál

san nő, s minden többletteljesítmény észrevehető sebességnövekedést okoz. A hullámok száma ebben a körzetben majdnem kettő (31a ábra). A látható hullámképződés kismértékű, a súrlódási ellenállás az összellenállás 35...60%-a, az ideális hasábos teltségi fok $\delta = 0,52$.

2. csoport. Jellemző: $R = 3,3 \dots 4,5$ (1...1,34). Az ellenállás ebben a sebességi körzetben erősen megnő, azonban sporthajók számára még elviselhető. A hullámok száma a hajótest mentén 1,1...1,8, a hajót tehát még mindig egynél több hullámhegy hordozza, azonban kezd eltrimmelődni, orra felemelkedik, s fara kissé besüllyed (31b ábra). A sebességi körzet vége felé a hajó elkezd már a vizet tolni, az orr- és farhullám már élesebben kifejlődik, a hajók itt már észrevehető hullámokat keltenek.

$R = 4,5$ -nél a súrlódási ellenállás az összellenállás 20...30%-a, az ideális hasábos teltségi fok 0,53...0,63. A sebességtartomány végé felé a maradék ellenállás már igen nagy lesz, ezért a vízkiszorítás súlypontját nagyobb mértékben helyezük a hajó vége felé, hogy a hajó farának az eltrimmelődés ellen megfelelő alátámasztást nyújtsunk. Eddig a sebességi fokig kerek vagy kissé hegyes farkképzés még hátrány nélkül alkalmazható. Hajók széles farral és nagyon lapos hátsó fenékképzéssel menetközben eltrimmelődnek, a hajó ornehéz lesz.

3. csoport. Jellemző: $R=4,5...5,5$ (1,34...1,64). Az ellenállás ebben a sebességi körzetben igen nagy mértékben emelkedik, az ellenállásgörbe itt a legmeredekebb. A hajó a hajótestnél hosszabb hullámrendszert kelt. A hajót egyetlen hullámhegy hordozza, a második hullámhegy hátrafelé, a hajó fara mögött helyezkedik el. A teljesítmény aránytalanul nagy része még a legjobb konstrukció mellett is hullámképzésre fordítódik. A hullámok száma a hajótest mentén 0,65-re csökken.

Ebben a sebességi tartományban a hajó igen kedvezőtlen egyensúlyi helyzetet vesz fel. Nagy orrhullám keletkezik, de a farhullám is rendkívül nagy, az erős eltrimmelődés elkerülhetetlen. A hajó fara a hullámvölgybe mélyen belemerül, s a vízbe benyomott helyzete miatt a hajó után hatalmas *szívó-hullám* gördül (31c ábra).

$R=5,25$ -nél minden hajó relatív ellenállása a legnagyobb, s még kedvező forma esetén is nagy farhullám keletkezik. Az ideális hasábos teltségi fok 0,63...0,68. A hajó elejét karcsúbbra, de nem túl élesre, a hajó farát különösen szélesre és laposra kell kiképezni. A víz hátul jórészt alulról záródik, azért a hajó mögött fellövell. Ebben a sebességi körzetben a hajó vízkiszorítása nem lehet nagy. Ha csak lehet, kerüljük el ezt a sebességtartományt, s inkább többteljesítménnyel a következő körzetben üzemeltessünk.

4. csoport. Jellemző: $R=5,5...7,5$ (1,65...2,2). Az ellenállásgörbe legkellemetlenebb részén túl az ellenállás laposabban emelkedik, s a teljesítménynövelés itt már kifizetődik. Az ellenállásgörbe ellaposodásával egyidejűleg a hajó többé-kevésbé a hátrafelé vándorló orrhullámra kerül, az orr kezd süllyedni, s a hajó fara emelkedik, tehát kedvezőbb trimmhelyzetbe kerül (31d ábra). A hullámok száma a hajótest mentén 0,65...0,35, a súrlódási ellenállás az összellenállás 20...25%-a.

A hajó elejét ebben a csoportban nem kell élesebbre venni, a hasábos teltség jelentősége itt kisebb, s ezért 0,68...0,7-re vehető. A hajó főbordametszetét a középtől hátrább kell tolni, s meglehetősen széles tükörrel a hajó farát alá kell támasztani. Könnyű hajóknál az áramlás kedvező forma esetén leválik a farról, míg nehéz hajóknál egészen $R=6,5$ -ig a far mögött a magasba ló, s mint megtörő hullám, a hajó után siet.

5. csoport. Jellemző: $R=7,6...10$ (2,3...3). Megfelelő hajóforma és kis súly esetén a hajó ebben a sebességi körzetben siklásha jöhet. Merüléses hajót ebben a sebességi körzetben nem szabad már használni, mert az ellenállások elviselhetetlenül nagyok. Ha a relatív sebesség az $R=8$ -at túllépi, a keletkező dinamikus erők a hajót kezdik a vízből kiemelni, a hajó a *részleges siklás állapotába* kerül.

Siklaskor a hullámképzés minimális, s az ellenállás legnagyobb része súrlódás, ezért szükséges a vízbe merült hajótest felületét csökkenteni, s a felület simaságára gondot fordítani. Siklás esetén a sarkos hajóforma a kerek formánál kedvezőbb.

A siklás kezdetén a hajó eleje emelkedik (31e ábra), majd növekvő sebéségnél lassan a normál trimmhelyzetet foglalja el. A fajlagos ellenállás a sebesség növekedésekor csak lassan emelkedik; a súrlódási ellenállás részleges siklásnál az összellenállás 70...80%-át is kiteheti.

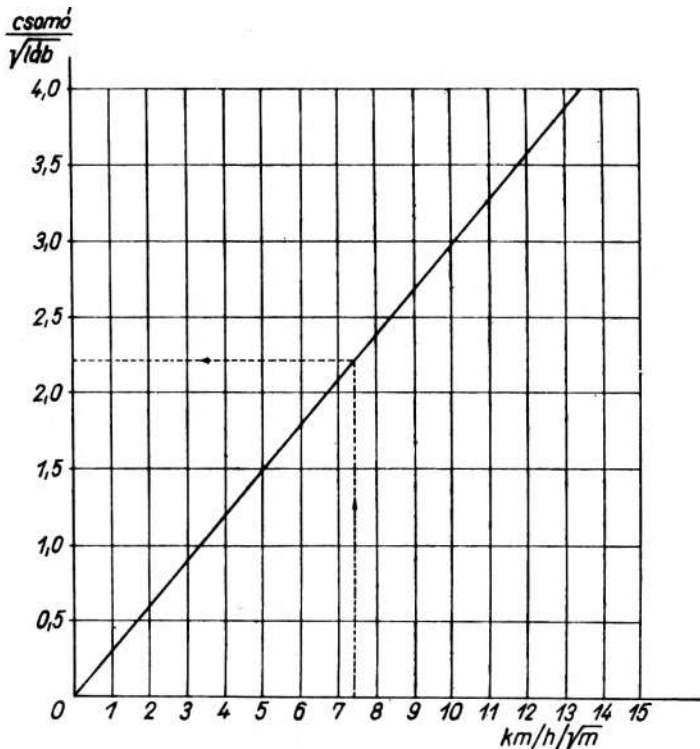
6. csoport. Jellemző: $R>10$. A sikló hajó ellenállásgörbéje gyengén emelkedő. A siklás állapotában hullámképzés már alig van, a súrlódási ellenállás azonban a nagy sebesség következményeképpen számottevő. A tel-

jesítmény jórésze a hajónak a vízből való kiemelésére, tehát a siklási állapot lehetővé tételére fordítódik. A hajó fara széles, majdnem teljesen lapos kiképzésű, s az orra sem lehet túl éles. A hajótest alakját úgy kell kialakítani, hogy a siklás állapotában a hajó vízzel érintkező felülete minimális legyen.

Amikor a teljes hajósúlyt a dinamikus felhajtóerő hordja, akkor elértük a teljes siklás állapotát, s ez megfelelő forma és könnyű hajótest esetén $R = 20(6)$ sebességi foknál következik be. Ha egy könnyű motorcsónakban ülünk, melynek sebességét fokozatosan növeljük, akkor a siklás kezdete azonnal érezhető. Ettől kezdve a hajótest a víztükör legkisebb mozgására érezhető rángatózással reagál, egyúttal elveszti iránystabilitásának egy részét, nehezen kormányozható, igyekszik a felvett irányból kitörni, hacsak a fenekére erősített uszonyt meg nem akadályozza. Gyakorlatilag a hajótestnek most már nincs vízkiszorítása, sőt alig érintkezik a vízzel, itt már a levegő felhajtóerejét is számításba kell venni.

A fejlődés itt az egylépcsős hidroplántól a vízre két és három ponton támaszkodó hajótípushoz vezetett (31f ábra), amelyeknél a vízzel való érintkezés két, ill. három kis siklófelületre korlátozódik. Egyedül ezek biztosítják a dinamikus felhajtóerőt, és a szükséges harántirányú stabilitást.

A 32. ábrán az $R = \frac{v}{\sqrt{L}}$ viszonyszám átszámítását láthatjuk csomó/láb-ról km/h/m-re.



32. ábra. Diagram a v/\sqrt{L} átszámítására csomó/láb-re km/h/m-ről

5. A hajó iránystabilitása

A hajó oldalvetületének vízvonala alatti része a *laterális felület*. Ennek nagysága és alakja nagymértékben befolyásolja a hajó menetközbeni viselkedését, iránystabilitását (iránytartását), hullámállóságát, kormányozhatóságát, vitorlásoknál pedig — oldalszél esetén — a sodródás mértékét, végeredményben a hajó sebességét.

A laterális felületbe beszámít a hajó vízvonala alatti vetülete, az uszonnal és tőkesúllyal együtt, továbbá a kormánylapát felülete is. A laterális felületet képező részek nem egyformán hatásosak, így pl. az uszony lényegesen hatásosabb, mint a hajótest laterális felülete.

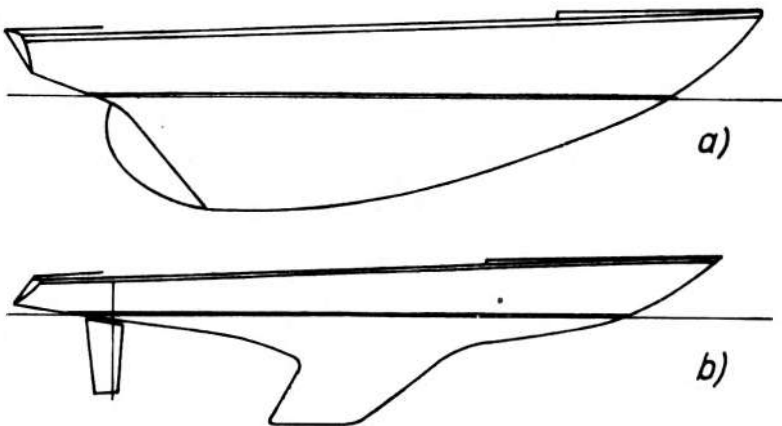
A laterális felület hatásossága iránytartás és egyéb szempontból is függ az ún. *oldalviszonytól*. Oldalviszony alatt a laterális felület hosszának és szélességének a viszonyát értjük. Minthogy a laterális felület szabálytalan, az oldalviszonyt a következő hányaddal fejezzük ki:

$$o = \frac{\text{a laterális felület mélysége}^2}{\text{laterális felület}}.$$

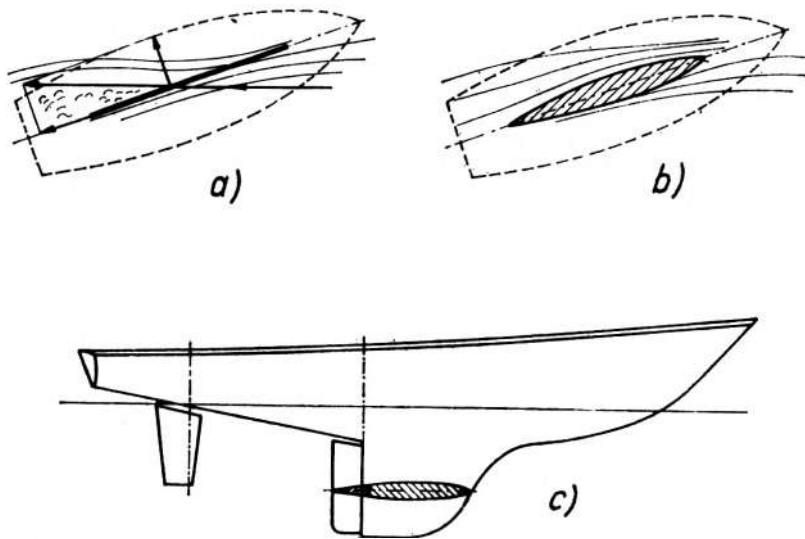
Minél nagyobb és elnyújtottabb a laterális felület, annál nagyobb a hajó iránystabilitása, azaz iránytartása. Minél rövidebb és mélyebb a laterális felület, annál kisebb az iránystabilitása, de annál fordulékonyabb a hajó, ill. annál könnyebben engedelmeskedik a kormánymozdulatoknak. A 33a ábra egy nagy és elnyújtott, a 33b ábra pedig egy rövid, nagy oldalviszonyú laterális felületű hajót ábrázol.

A nagy laterális felület súrlódási ellenállása nagy, a nagy oldalviszony kisebb felület esetén is hatásos laterális felületet nyújt, ugyanakkor kisebb az ellenállása.

Ha egy laterális felületet ferde szög alatti áramlás ér, akkor azon mint egy hordfelületen *felhajtóerő* keletkezik (34a ábra). Az áramláshoz viszonyított beállításszöggel nő a felhajtóerő, de ugyanakkor az ellenállás is. Ha a beállításszöget egy bizonyos határon túl növeljük, az *áramlás a felületről leszakad*, a felhajtóerő csökken. Ha a laterális felületet áramvonalasan képezzük ki, az



33. ábra. Kis és nagy oldalviszonyú laterális felület



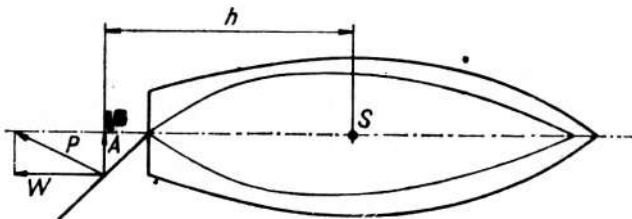
34. ábra. A felhajtóerő keletkezése a laterális felületen

áramlás csak nagyobb beállításszögnél fog leszakadni (34b ábra), az ellenállás is csökken. Ha a hordfelületet a repülőgépszárnyakhoz hasonlóan egyik oldalon domborúan, a másikon homorúan képeznénk ki, lényegesen nagyobb felhajtóerőt nyernénk, ez azonban a gyakorlatban kivihetetlen, mert a laterális felületet az áramlás egyszer egyik, másszor a másik oldalról éri. Növelhető a felhajtóerő, ha az uszonyt két részből képezzük ki, s a hátsó rész mint egy kormánylapát elfordítható (34c ábra). Ez a hajó kormányozhatóságát is javítja.

A laterális felület nyújtotta felhajtóerőnek *vitórláshajóknál* van jelentősége a sodródás megakadályozására. Oldal- és éles szélnél enélkül nem is lehetne vitórlázni. Nagy felhajtóerőt nagy oldalviszonyú laterális felülettel nyerhetünk, ennek előnye még a kisebb súrlódási és kisebb indukált ellenállás is.

6. A hajó kormányzása

A hajó *kormányja* vízbe merülő lap, amely függőleges, némelykor ferde tengely körül elfordítható. Ha a mozgásban levő hajó kormánylapátját egy bizonyos szöggel elfordítjuk, akkor a v sebességű vízáramlásban P eredő erő hat a lapátra (35. ábra): A P erőt a hajó hossz tengelyével párhuzamos és arra

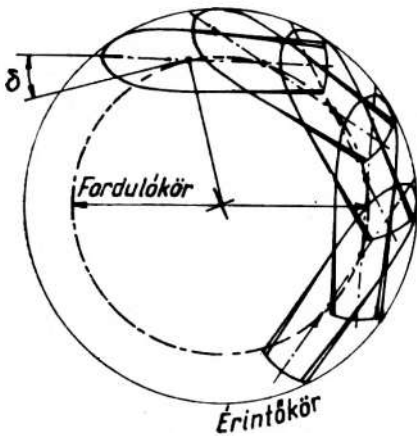


35. ábra. A kormány működése

merőleges W és A összetevőkre bonthatjuk. A W összetevő, amely a hajó haladási irányával ellentétes, növeli a hajó ellenállását, így fékezi; az A összetevő a hajó farát a menetirányra merőlegesen eltolja, s ezzel menetirányát megváltoztatja.

A hajó a felhajtóerő-súlypont és a vízbe merült hosszszelvény (laterális felület) súlypontja között fekvő S pont körül fordul el. Az elforgató nyomaték $M = Ah$, ahol h az S pontnak A -tól való távolsága. A lapáton keletkező erő támadáspontja a lapátfelület súlypontja előtt van, a támadáspont az elfordítási szög növelésével a kormánylapát belépő élétől fokozatosan közeledik a lapát súlypontjához.

A kormánylapát elfordításakor a hajó kitér eredeti haladási irányából, a hajó hossz tengelye azonban nem a fordulási ív irányába áll be, hanem előre-siet, és az ív érintőjével a δ derivációs szöget zárja be (36. ábra). Ezzel azután sokkal nagyobb erőt hoz létre, amekkorát a kis kormánylapát eltérítő hatása eredményezne. A hajó fara tehát nagyobb, az orra pedig kisebb körön



36. ábra. A hajó fordulása a kormány hatására

fordul el, mint a hajó súlypontja. Miután a hajó hossz tengelye δ szöget zár be a haladási iránnyal, az ezáltal létrejövő ferde haladás ellenállásnövekedést okoz.

A kormánylapát elfordításával jön létre az az erő, amely megindítja a hajó kanyarodó mozgását. A kormány ferde állásakor a víz sebessége növekszik a kormánylapát áramlás felőli oldalán, így kis nyomású körzet alakul ki, a másik oldalon pedig a sebességcsökkenés nyomásnövekedést okoz. A kormánylapát fordítónyomatéka függ a lapát felületétől, profiljától, oldalviszonyától, a súlypont körüli elfordítás karjától, s a hajó sebességétől.

A felület nagysága mellett a kormánylapát legfontosabb jellemzője az oldalviszony, amelyet a mélység²/felület hányadossal fejezünk ki. A nagy oldalviszony azt jelenti, hogy a lapát keskeny és mély. Az oldalviszony növelése nagyobb felhajtóerő értéket és ezzel nagyobb kormánynyomatékokot ad.

Az a kormánylapát tehát, amelynek nagy az oldalviszonya, kisebb kormányállítási szögnél tud ugyanakkora kormányerőt kifejteni, mint egy szélesebb kormánylapát, így kisebb az ellenállása is. Ennek az az oka, hogy akár csak a laterális felületnél, a mélység növekedése lecsökkenti azt a vízmennyi-

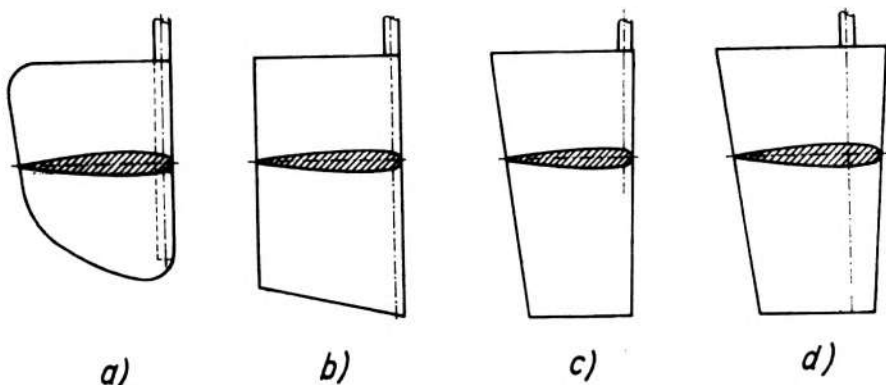
séget, amely a kormánylapát felett, ill. alatt áramlik át a nagynyomású oldalról a kismenyomású oldalra.

A kormány hatásfokát áramvonalazással javíthatjuk. Az ilyen kormányok fordítónyomatéka ugyanazon felület mellett nagyobb, ellenállása pedig kisebb. Az áramvonalas kormánylapát vastagsága a szélesség 3...12%-a (37a ábra).

A hajó farára akasztott lemezkormányoknál az áramlás már 4°-os kormányállási szög mellett leszakad, ezzel szemben megfelelő vastagságú profil használata esetén az áramlás még 15°-os kormányállás mellett sem szakad le. A kormányerő erőteljesen megnövekszik, az ellenállás pedig csökken.

A kormány alakját illetően kedvező a téglalap vagy trapéz alakú forma (37b, c ábra), az oldalviszony pedig 2...2,5, nagyobb oldalviszony, pl. 3 esetén a kormánylapát könnyen sérül.

Kiegyensúlyozott kormánylapátokkal (37d ábra) a kormánylapon ébredő erő hatásvonalához közelebb hozzuk a kormánytengelyt, így csökkentjük a



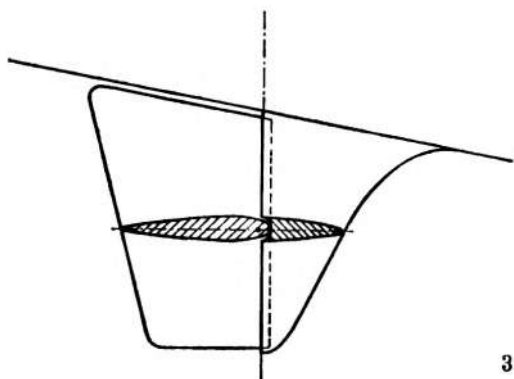
37. ábra. Áramvonalas és kiegyensúlyozott kormánylapátok

kormány működtetésére szükséges erőt. A túlzott kiegyensúlyozás káros, mert a lapáton ébredő erő hatásvonalja a tengely mögé kerülhet, s a lapát visszafordítását akadályozza, sőt lehetetlenné is teheti. A kiegyensúlyozás mértéke függ a hajó sebességétől és az alkalmazott kormányprofiltól. Minél nagyobb a hajó sebessége és minél vastagabb a kormánylapát keresztmetszete, annál kisebbre választható a kormánylapátnak a tengely mögötti része. Nagyságát a kormánylapát felületének %-ában adjuk meg, s ez motoros cirkálónál max 20%, könnyű gyors sporthajóknál 16%, versenyhajóknál 12%. Vitorlásoknál ritkán alkalmaznak kiegyensúlyozást.

Nagyon gyors hajóknál a kormánylapát belépőélének vastagsága miatt túlegyensúlyozás áll fenn, s korai kavitáció keletkezik, ami a kormányzást megnehezíti, s kisebb kormánymozdulatra a hajó egyáltalán nem engedelmessé válik. (Az ún. kavitációs kormány elől éles, hátul pedig vastag.)

A hajótest és kormány közti rés káros a kormányhatásra, így kezeznünk kell ezt a rést minél kisebbre venni. Jó megoldás a vezető uszony a kormány előtt, minimális réssel, amint azt a korszerű tókesúlyos vitorlásoknál látjuk (38. ábra). Így a nedvesített felület ugyan nő, azonban a kormány hatásosabb, az indukált ellenállás kisebb, végeredményben a kormány ellenállása csökken.

A kormány tengelye általában függőleges, kivéve néhány vitorlás típust. A kormánytengely döntése kedvezőtlen, mert az ellenállást növeli. Vitorlások-



38. ábra. Vezető uszony a kormány előtt

nál újabban a kormányt nem a tőkesúly folytatásaként alakítják ki, hanem elkülönítve hátra helyezik, ezáltal nagyobb a fordítónyomaték, kisebb lehet a kormánylapát felülete, kisebb az ellenállása. A hátrafelé ferde uszonyok és kormányok mindig károsak, ha a kormánytengelyt döntjük, ez erősebb szélben, mikor a hajó dől, mindig nagyobb hossz-eltrimmelődést okoz, mint függőleges kormánytengely esetén.

Egy hajó *manőverezési képessége* legjobban a *fordulási kör* átmérőjével fejezhető ki, ezt a hajó vízvonalhosszában adjuk meg. Körátmérőként az a méret veendő, amelyet a hajó forduláspontja leír. Egysavas hajóknál — amennyiben a laterális profil kedvező — meglepően kis fordulási kör érhető el. Ez többnyire 2 *WL* hossz, de rövid, széles hajóknál 1,5 *WL*-re lemegy, viszont kedvezőtlen esetben 3...4 *WL* hossz. Kétsavas hajó kedvező esetben úgyszólván helyben meg tud fordulni. Ilyenkor a külső hajócsavar előre, a belső hátrafelé forog.

Motoros hajóknál a kormánylapátot a hajócsavar mögé, a *hajócsavarsugár* áramlásának irányában kell elhelyezni. Kétsavas hajónál hiba egy kormánylapátot alkalmazni, egyébként sem szabad a jó manőverezőképeséget egyedül egy nagy kormánylapáttal kikényszeríteni, arra kell törekedni, hogy a kormánylapát minél kisebb legyen. Nagy kormánylapátot nehéz működtetni, nagyobb az ellenállása és súlya, s könnyebben sérül.

A *szükséges kormánylapát-felületet* a laterális felület hányadaként adjuk meg. Minél nagyobb a sebesség, és minél nagyobb a laterális felület és kormánylapát oldalviszonya, annál kisebb lehet a kormánylapát-felület. Vitorlásoknál a kormánylapát-felület a laterális felület 8...10%-a, egysavas motoros hajóknál 3...5%-a, kétsavas hajóké 3...4%-a. A kiegyensúlyozott kormánylapátok felülete 10%-kal nagyobbra veendő.

7. A hajótest kialakítása a teherbíróképesség, a stabilitás, a kormányozhatóság és a sebesség figyelembevételével

A hajótest kialakításánál majdnem mindig egymással ellentmondó tényezőkkel kell számolnunk, így kénytelenek vagyunk olyan megoldást keresni, ami az adott körülmények között az elérendő célt legjobban megközelítő megoldást adja.

A hajó főméreteit a teherbíróképesség, a szükséges stabilitás és a sebesség szabják meg. A hajó hossza a legtöbb esetben adott, s a többi főméretet ekkor már csak szűkebb határok között változtathatjuk, miután a megkívánt teherbíróképesség a vízkiszorítás nagyságát is megszabja. A hajó hosszának megállapításakor — meghatározott sebesség esetén — figyelembe kell venni a hajó saját hullámképzését, valamint az orr- és farhullám interferenciáját is.

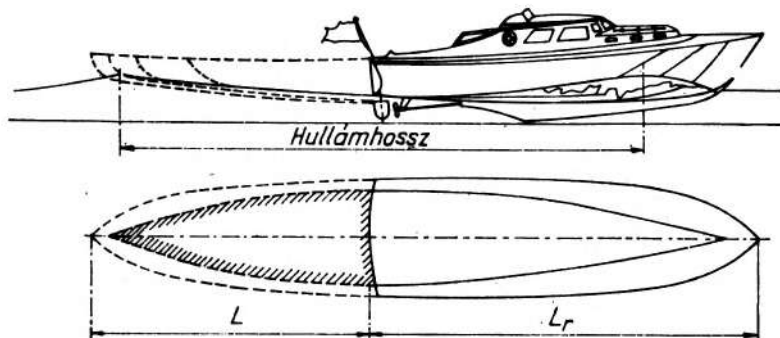
Hosszú hajók iránytartása jobb, azonban nehezebben kormányozhatók, a kormányzást természetesen nemcsak a hajó hossza, hanem a laterális felület nagysága és oldalviszonya is befolyásolja.

A hajók, különösen pedig a sporthajók, többféle sebességgel haladnak, s nem lehet a formát úgy kialakítani, hogy az minden sebességre optimális legyen. A lassú hajók több mint egy hullámhegyen futnak, gyors hajóknál a leggyakoribb sebességet kell venni. Előnyös, ha a hajócsavar egy hullámhegy közelében van. Vagy úgy igazítjuk motorosoknál a hajó hosszát és sebességét egymáshoz, hogy hullámhegy keletkezzék a hajócsavar körzetében, vagy a hajó elejét alakítjuk ki úgy, hogy az orrhullám s ezzel a farhullám is másutt — előbbre vagy hátrább — keletkezzék. Ha az orr nagyon éles, akkor az első hullámhegy — s minden következő is — hátrább fog keletkezni.

A hullámhoz való hozzáigazítást sok esetben az is megkönnyíti, hogy a hajók menetközben jelentősen hosszabb hullámot keltenek, mint a hajó vízvonalhossza.

A szerkesztendő hajót a saját hullámába úgy igazítjuk be (39. ábra), hogy kiszámítjuk a megadott sebességen keletkező hullámhosszt, s ebbe a hullámába úgy rajzoljuk be a hajót, hogy a hegyes far a második hullámhegyhez kerüljön. Az így felvázolt hajóformát a kívánt hossznál levágjuk, amikor is egy olyan széles tükror keletkezik, ami a nagyobb sebességhez szükséges. A hajótest levágásával a súrlódási ellenállás is csökken. Ha azonos hullámhosszra és sebességre egy hosszabb hajót tervezünk, akkor a vízvonálnak hátul annál keskenyebbnek kell lennie, minél inkább közeledik a második hullámhegyhez.

Mint az előzőekben láttuk, minden hajósebességhez tartozik egy hullámhossz, s ennek hossza $0,64v^2$, ahol v a hajó sebessége m/s-ban. A 4. táblázat a hajósebesség és hullámhossz összefüggését tartalmazza.



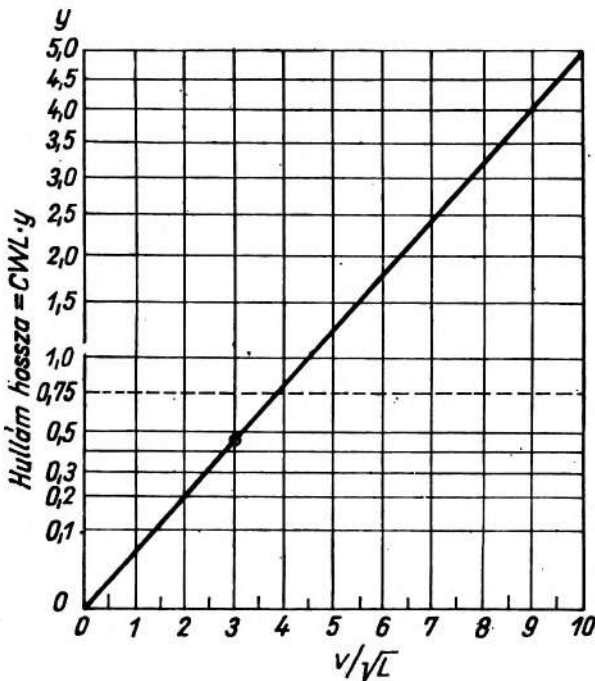
39. ábra. Megadott sebességű hajó beszerkesztése a saját hullámába

A hajósebesség és a hullámhossz összefüggése

v hajósebesség km/h	L_h hullámhossz m	v hajósebesség km/h	L_h hullámhossz m
4	0,8	17	14,25
6	1,79	20	19,75
8	3,16	25	30,90
10	4,95	30	44,50
12	7,10	40	79,00
14	9,66	50	124,00

A 40. ábrából látható, hogy minden sebességi fokhoz a hullámhosszat a hajó vízvonalhosszához arányában vehetjük. Így pl. $R=3$ -nál a hajóhossz 0,44-ed részének megfelelő hosszú hullám keletkezik. Látjuk azt is, hogy csak sebességükhöz képest hosszú hajók futhatnak több mint egy hullámhosszon.

Az előbbiekből láttuk, hogy az ellenállásgörbén $v/\sqrt{L}=5,25$ -nél van a legmagasabb púp, sok kishajó hossza és sebessége folytán ebben a sebességi körzetbe esik. A hajó elejének az alakja ennél a sebességi foknál alig számít, annál inkább azonban a helyes farkkiképzés.



40. ábra. A sebességi fok és a hullámhossz összefüggése

5. táblázat

A hajóhossz, a kritikus sebesség és a kritikus vízmélység összefüggése

WL vízvonalszél- hossz, m	Kritikus sebes- ség, km/h	Kritikus vízmélység, m
4	10,5	1,75
6	12,8	2,08
8	14,8	2,40
10	16,6	3,05
12	18,2	3,65
16	21,0	4,85
20	23,5	6,10
24	25,7	7,30
30	28,8	9,10

Az 5. táblázat tartalmazza a különböző vízvonalszélességekhez tartozó $v/\sqrt{L}=5,25$ -nek megfelelő ún. *kritikus sebességeket* és a *kritikus vízmélységet*. Kritikus vízmélység alatt értjük azt a vízmélységet, amelynél egy hajó normál ellenállása az ún. *kritikus torlópólya* keletkezése által jelentősen megnövekedik. A kritikus vízmélység hatását egy megnagyobbodó és előresiető farhullámról, a hajó erős eltrimmelődéséről, a far besüllyedéséről vesszük észre. Ilyenkor a hajó hirtelen lelassul, a hajó fara mögött hatalmas hullám tornyosul föl. A kritikus torlópólya nem fut a többi hullámhoz hasonlóan a hajó hossz-tengelyéhez képest ferde irányban, hanem arra pontosan merőlegesen és igen széles kiterjedésű.

A kritikus vízmélység e zavaró befolyása bizonyos rezonancia következményeképpen keletkezik, amikor is a hajó saját hullámhossza megegyezik a helyi torlópólya hosszával. A helyi torlópólya azonos azzal a hullámhosszal, amely adott vízmélységnél keletkezhet. A kritikus torlópólya hossza pedig egyenlő a 6,28-szoros vízmélységgel, sebessége pedig: $3,3\sqrt{\text{vízmélység}}$ (m/s).

A mérsékelt sebességű merülő (tehát nem sikló) hajótípusoknál a sebességnek a hossz a legfontosabb tényezője, mert, mint láttuk, a kis sebesség/hossz viszonyszámú hajónak van a legkisebb ellenállása.

A szélesség is jelentékeny szerepet játszik az ellenállást illetően, azonban ezt a legtöbb esetben nem lehet csökkenteni, mert a stabilitás, a terhelhetőség, a kényelem bizonyos szélességet megkövetel. A *vízvonal tehetetlenségi nyomatéka* nemcsak a vízvonalszélességtől, hanem annak teltségétől is függ. Nem elég tehát a szerkesztési vízvonalszélesség legnagyobb szélességét figyelembe venni. A nagy vízvonalszélesség, ha kis merüléssel párosul, a legnagyobb stabilitást biztosítja, míg nagy merülés és nehéz hajó esetén a formastabilitás csökken. A súlystabilitást az esetleg alkalmazott ballasztból kívül növeli a motornak és nehezebb berendezési tárgyaknak mélyen való elhelyezése.

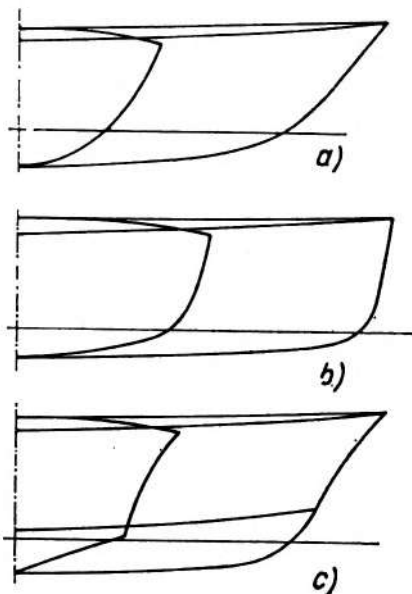
A *kezdeti stabilitás* nagysága függ a vízvonalszélességtől, nagyobb dőlés-szögeknél azonban a hajó legnagyobb szélessége is szerepet játszik, mert a stabilitás terjedelmét növeli. Kis vízvonalszélesség és kieselő bordák (nagy maximális szélesség) esetén kicsi a kezdőstabilitás, de nagy a stabilitás terjedelme.

A hajó merülését adott hajóhossz és szélesség esetén a vízkiszorítás és a hajó teltségi foka határozza meg.

A merülés befolyásolja a laterális felület alakját és nagyságát is. A laterális felület nagysága és eloszlása, mint láttuk, az iránytartásra és kormányzásra, vitorlásoknál pedig a hajó vitorlázó tulajdonságaira van befolyással.

A hajó stabilitásának terjedelmét és hullámállóságát a nagy oldalmagasság növeli, ugyanakkor azonban növeli a hajó súlyát és súlypontjának magasságát, s ezzel csökkenti a stabilitását. Tartalék-felhajtóerő szempontjából is szükséges a megfelelő oldalmagasság, különösen a hajó elején.

Az ívelt fedéltetvonal csakúgy, mint az ívelt hajóorr, hagyományosan elismert jó tulajdonságok (41a ábra), míg az egyenes orr (41b ábra) azoknál a

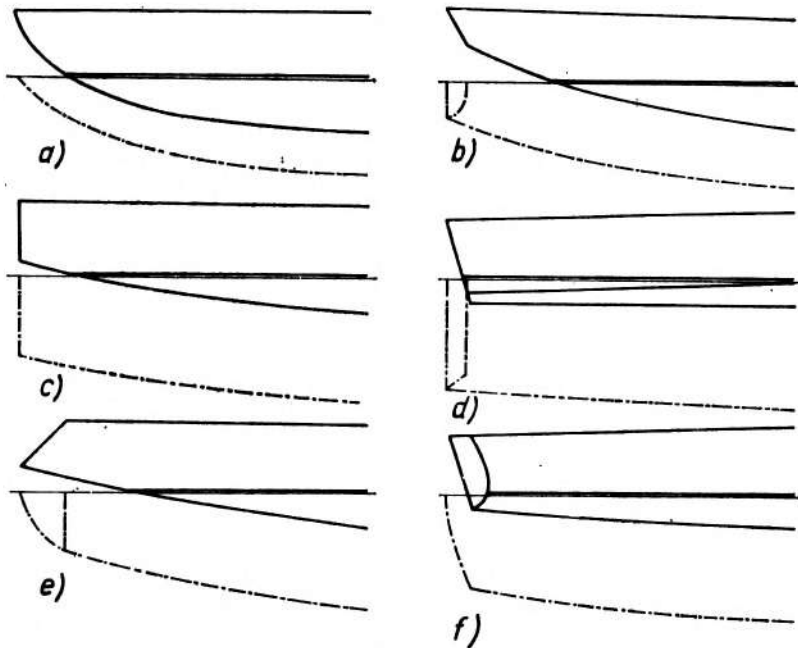


41. ábra. A hajó orr-részének kiképzése

hajótípusoknál előnyös, ahol a hajó legnagyobb hossza korlátozott. A széles hajóorr és a kieső (homorú) bordametszetek, megfelelő oldalmagassággal biztosítják a száraz fedéltetet (41c ábra). A gyakorlat azt mutatja, hogy a homorú orrmegoldás kieső — homorú — bordametszetekkel fokozott mértékben alkalmas arra, hogy a hullámokat a fedélzettől távoltartsa.

Igen fontos a hajó farának helyes kiképzése. A hajófar alakját elsősorban a hajó sebessége, ill. *Froude-száma* — relatív sebességi foka — határozza meg. Lassú menetnél, $R=4$ alatt, a hajó viselkedése nem bonyolult, és lényegében statikus. Ha a sebesség $R=6$ fölé kerül, akkor az ellenállási görbe púpját már túlhaladta, a hullámhossz nagyobb, mint a hajó hossza, ezért minden nagyobb sebességi foknál megfelelő *teherviselő hajófar*t kell kiképezni, ami a hajót kellőképpen alátámasztja, s a túlságos eltrimmelődést megakadályozza.

A *hajófar két formája*: a kerek és hegyes far, továbbá a tükörfar. Minden nem teherviselő farforma $R=4$ -ig alkalmazható, e fölött azonban már csak tükörfar a megfelelő. Olyankor, amikor a hajó relatív sebességi foka 3-nál kisebb, a *kenufart* lehet valamelyik formájában alkalmazni (42a ábra), ennél



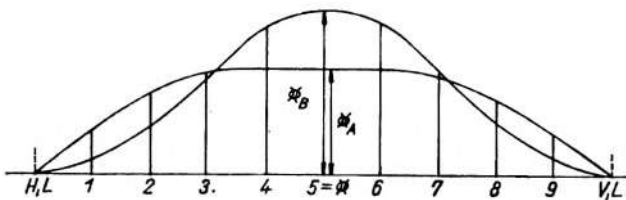
42. ábra. A hajófar kiképzése

azonban arra kell törekedni, hogy a vízvonaltól megfelelő nagy felhajtóerő-tartalékot nyerjünk, amit telt fedéltérvonalal tudunk biztosítani. Hegyes farkkiképzésre akkor van szükség, ha a hajóval gyakran kell átmenni hullámtörésen.

Szélesebb hajófart nyerünk, ha a hegyes hajófart kis *tükörrel* zárjuk le (42b ábra). Ha az a követelmény, hogy a hajó hátulján megfelelő nagyságú munkatér legyen, akkor a széles hajófar előnyösebb (42c ábra), ez azonban még nem érinti a vízvonalt. Kisebb sebességeknél ügyeljünk arra, hogy elkerüljük a vízbe bemerülő tükröt (örvényképzés!). Nagyobb sebességeknél széles, lapos és a vízvonaltól érintő vagy a vízbe merülő tükrökkel képezzük ki a hajó farát (42d ábra). Esztétikai szempontok döntik el, hogy a tükrök függőleges, előre vagy hátra dőlő (42e ábra), esetleg ívelt legyen. Az ívelt tükrök merevebb (42f ábra), ezért fém- vagy műanyag hajóknál előnyösebb.

A *hajótest három része*: a hajó közepe, a hajó eleje és a hajó hátulja. Jól lehet ezek a részek nem választhatók szét egymástól — egymással szervesen összefüggnek —, de feladatuk és ennek megfelelően kiképzésük is más és más, és az egyes hajótípusoktól függően változó.

Egy hajó alakját, s a displacementnak a hajó hosszában való eloszlását a *bordametszetgörbe* jellemzi. A 43. ábrán két egyenlő hosszú és vízkiszorítású hajó bordametszetgörbéinek összehasonlítását látjuk. Az *A* jelű hajó főbordametszete aránylag kis felületű, azonban a hajó *hengeres teltsége* nagy (végei teltek). A *B* hajó főbordametszete nagy, hengeres teltsége azonban kicsi, a hajóvégek élesek. Minthogy a hajók egyenlő hosszúak és egyenlő a vízkiszorításuk, bizonyos hasonlóság áll fenn köztük. Minthogy az *A* hajónak egy párhuzamos középrésze van és végei teltek, a hajó ellenállása nagy sebességeknél nagy lesz. A *B* hajó görbéje ezzel szemben olyan hajót jellemez, amelyik elől



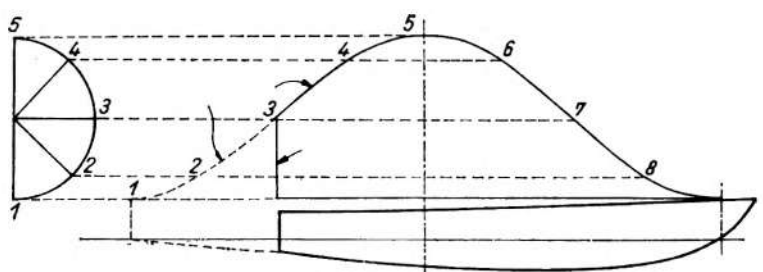
43. ábra. Bordametszet-görbék azonos displacement mellett

és hátul éles, középmeteszete pedig nagy. Az ilyen hajó nagyobb sebességre alkalmas, ezért a kishajók jórésze ilyen alakú.

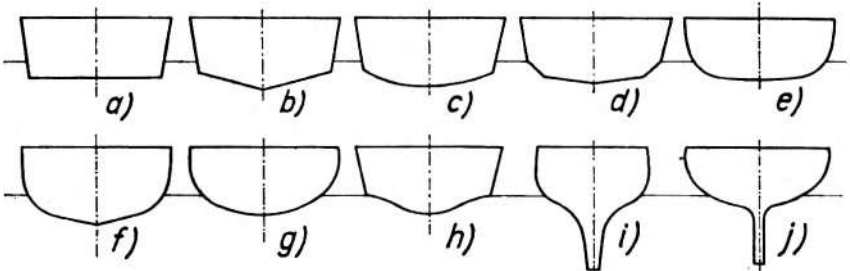
Hogyan kell a bordametszetgörbét kialakítani, hogy kedvező hajóformát nyerjünk? A gyakorlat azt mutatja, hogy nagyobb sebességű (nagy Froude-számú) hajóknál — amilyen a legtöbb kishajó is — az ellenállások szempontjából kedvező bordametszetgörbe a *szinuszgörbe* (44. ábra).

Olyan hajók bordametszetgörbéjét, amelyek tükre bemerül, úgy alakítjuk ki, hogy a hajótükör helyén a szinuszgörbét levágjuk.

A hajó középrésze. A hajó közepén van a *főbordametszet*, azaz a legnagyobb bemerült bordametszet, a legnagyobb vízvonal szélesség, s többnyire a legnagyobb merülés. A hajóközép alakja gyakorolja a legnagyobb befolyást az alakellenállásra.



44. ábra. Szinuszgörbe alakú bordametszetgörbe



45. ábra. Kishajók bordametszetei

A 45. ábrán a szokásos bordametszettípusokat láthatjuk. A 45a ábra sarkos U alakú bordametszet, nagy kezdőstabilitást, de kis stabilitásterjedelmet nyújt. Előnye a nagy hasábos teltség és nagy vízkiszorítás. A sarkos V bordametszet (45b ábra) nagyobb stabilitásterjedelmet biztosít. Ugyanazon vízkiszorítás mellett nagyobb a merülése és nagyobb a laterális felület, továbbá élesebb hajóorr kialakítását teszi lehetővé, mint az U bordametszet.

Ha a sarkos hajófeneket ívelten alakítjuk ki vagy kétszer megtörjük (ket-tős kimm), ezzel a főborda teltségét és a hajó teherbírását növeljük (45c és d ábra).

A merüléses hajók legáltalánosabban használt középmeteszete a kerek U vagy V alak (45e és f ábra), amely kedvező hajóalak kialakítást, lágy mozgást, kis nedvesített felületet, jó térkihasználást tesz lehetővé. Minél jobban megközelíti a bordametszetet a *köralakot* (45g ábra), annál kisebb a nedvesített felület.

Nagy sebességű siklóhajók fenekének a 45h ábra szerinti S alakú kiképzése azért előnyös, mert a sikláskor a vízből kiemelkedő hajófenék vízzel érintkező része közel kör alakú, tehát súrlódás szempontjából kedvező.

Tőkesúlyos vitorláshajók szokásos középmeteszétét mutatja a 45i és j ábra (a középmeteszete itt U vagy V alakú). Belvizeken megfelelő az U keresztmeteszete, míg hullámos vízre a V alakú metszet kedvezőbb.

A hajó eleje. A hajó elejének különösen a hullámképző ellenállás szempontjából van jelentősége. Kiképzésekor arra kell ügyelni, hogy lehetőleg kis alak- és súrlódási ellenállása legyen. Ha a hajó kizárólag sima vízen haladna, akkor legcélszerűbb lenne a hajó elejét laposan kiképezni, hogy az mintegy siklóval haladna a vízen. Hullámos vízfelületnél — hogy a hullámok ütközését a hajó elő részén csökkentsük és a vizet oldalirányban eltereljük — a hajó elejét élesre képezzük ki.

Nem szabad a vízvonalak elejét sem túl élesre, sem pedig tompára kialakítani. Ha túl éles, nagy lesz a súrlódási ellenállása, ha tompa, sok vizet tol maga előtt, s nagy orrhullámot kelt. Minél nagyobb egy hajó sebessége a hosszához viszonyítva, azaz minél nagyobb a *sebességi foka*, annál élesebbnek kell lennie a hajó elő részének. Uszonyos vitorlásoknál a vízvonalakokat a szerkesztési vízvonala alatt többnyire homorúan képezzük ki. Minél élesebb a hajó eleje, annál messzebb keletkezik a hajó elejétől az orrhullám és természetesen a farhullám is.

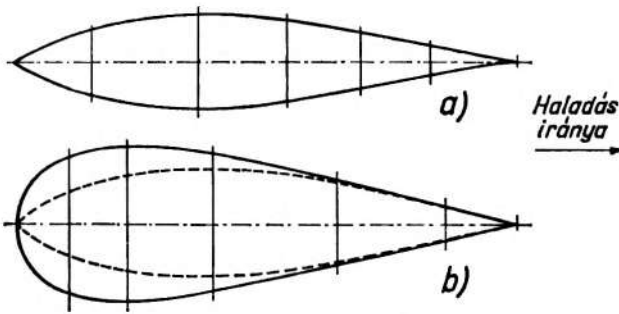
Csak a hajótest víz alatti részei — pl. tőkesúly — képezhetők ki áramvonalasan, azaz elől tompán, hátul élesen.

Amennyiben lehet, kerüljük el, hogy a hajónak elől nagy merülése legyen. Különösen az orrtőke közelében, az ilyen hajók ugyanis nehezen kormányozhatók. Jobb a kevésbé mélyen járó, erősen lekerekített orrtőke. Hullámos vízen előnyös, ha nagyobb a hajó elejének a merülése, mert az ilyen hajó bukdácsoló mozgása lágyabb.

A hajó hátulja. A hajó hátulja hármas feladatot teljesít:

1. zárja a vízszálakat;
2. nagyobb sebességnél a hajónak jó felfekvést biztosít, hogy a hajó fara túlságosan le ne süllyedjen;
3. motoroshajóknál a hajócsavarhoz megfelelő vízhozáfolyást tesz lehetővé.

A legelőnyösebb, ha a víz hátul, kétoldalt folyik össze, azaz a vízszálak éles vízvonalakban záródnak. Ez azonban csak hosszukhoz képest kis sebességű hajóknál, evezőcsónakoknál és néhány vitorlástípusnál lehetséges (46a ábra). Nagyobb sebességű hajóknál a vízvonalak éles zárása majdnem sohasem lehetséges, mert az ilyen hajók menetközben eltrimmelődnek, ezért a hajó farát meg kell támasztani, azaz szélesre és laposra kell kiképezni. Az ilyen hajók vízvonalai elől hegyesek, hátul szélesek és tompán záródnak (46b ábra).

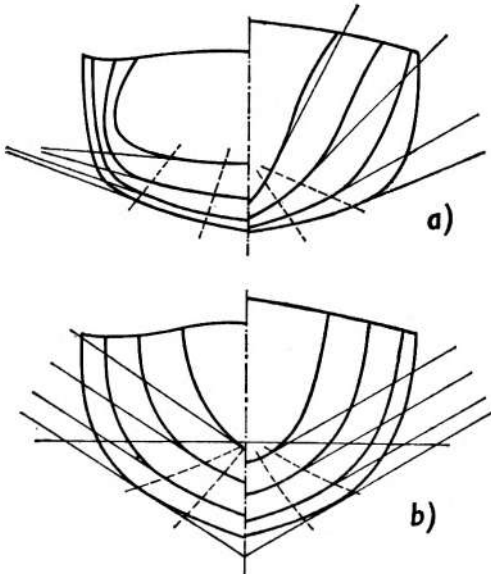


46. ábra. Vízvonalak kialakítása

A hajó első fele okozta *hajósodort*, amely a főborda körzetében éri el legnagyobb értékét, nem szabad a hajó hátuljának növelni. Ezt a követelményt nem mindig lehet teljesíteni, mert hiszen a hajósodor a hajó hosszával növekszik. A hajófarnál a víz sima leválásának előfeltétele, hogy a hajósodor a főbordametszettől a tükörig fokozatosan csökkenjen, a víz relatív sebessége tehát a hajótesthez képest növekedjék.

A hajófar megfelelő kiképzésével az oldalról és alulról összefolyó víztömeg hatására a hajósodor sebessége is fokozatosan csökken, s ez a víznek a hajótestről való sima leválását elősegíti. Ha a hajótest hátsó részén a keresztmetszetek nem fokozatosan, hanem hirtelen csökkennek — pl. bemerülő tükör esetén —, akkor a hajósodor nem csökken, a víz pedig a hajótestről leválva *örvénylést* okoz.

Azoknál a hajóknál, amelyeknél a víz alul folyik össze, pl. gyors járású motorcsónakoknál, vitorlásoknál, a far bordái U alakúak, hogy a szükséges deplacementet a kis merülés mellett is biztosíthassuk. Stabilitási szempontból is előnyös itt az U borda alkalmazása. A vízszálak alulról való záródását a lágyan emelkedő gerincvonal elősegíti. Motorosoknál ezzel biztosítjuk a jó vízhozzáfolyást a hajócsavarhoz.

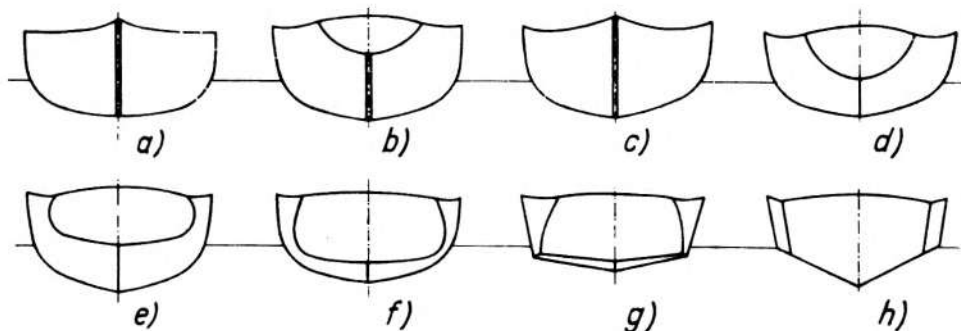


47. ábra. A vízszálak útja a hajótest mentén

A legtöbb nagysebességű sporthajó bordametszet-kiképzése olyan, hogy az előlről hátrafelé futó vízszálak *csavarodást* szenvednek (47a ábra), ami ellenállásnövekedést okoz. Az ábrán a szaggatott vonalak a vízszálak körülbelüli útját jelzik; ha ezeknek a bordákkal való metszéspontjában érintőket húzunk, ezek egymással bezárt szöge jelzi az elcsavarodás mértékét. Minél inkább párhuzamosak ezek az érintők egymással, annál kisebb a vízszálak elcsavarodása. A 47b ábrán látható ideális esetben ezek az érintők mind párhuzamosak, az ilyen hajó veszteségei kisebbek, mert a vízszálak nem csavarodnak el. Ez a forma azonban csak a kis sebességi fokú evezőscsónakoknál és tőkesúlyos vitorlásoknál valósítható meg, amelyek viszonylag nagyobb sebességnél sem trimmelődnek el.

A szerkesztéskor ügyeljünk, hogy az elülső bordákat ne vegyük mélyebbre és élesebbre, a hátsó bordákat pedig szélesebbre és laposabbra, mint ahogy azt az illető hajó sebesség/hossz viszonya megkívánja.

Láttuk, hogy a hajó farkkiképzése elsősorban a v/\sqrt{L} viszonzyszámtól, azaz a hajó sebességi fokától függ. A különböző sebességi fokoknak megfelelő far-



48. ábra. A hajófar, ill. tükör kiképzése

formákat szemlélteti a 48. ábra. A 48a ábra egy kenufar, amelyet $R=4$ -ig alkalmazhatunk. A b ábra egy motorosvitorlás farformája, a kis tükör befejezi a hajótestet, azonban nincs semmi teherviselő képessége, ez a farforma is csak $R=4$ -ig használható. Jóllehet a c ábrán látható megoldásnak sincs tükre, de a hajófar teljesebb, s ez a megoldás már $R=4,5$ -ig is használható. Ugyanez vonatkozik a d ábrára is, amely nem más, mint egy kerekfar kis tükörrel. Az e jelű tükör laposabb kiképzésű, s éppen érinti a vizet, a hajó eltrimmelődésekor ráfekszik a vízre, s a hajófart megtámasztja, $R=5$ -ig használható. $R=5$ -ön felül olyan tükör szükséges, amely megfelelő széles és belemerül a vízbe, az ilyen tükör valódi, *teherviselő tükör* és megfelel gyors, kerekbordájú hajókhöz, ugyanakkor lassú menetnél sem hátrányos. Könnyen átlépi az ellenállásúpot $R=5,25$ -nél, egészen a siklásig, legelőszerűbben azonban $R=10 \dots 12$ -ig használható (48f ábra).

A 48g ábra széles tükör sarkos formánál, gyors siklómotorosoknál, a valódi siklás határáig, azaz $R=20$ -ig. A h ábra egy mély V bordametszetű hajó tükre, ez a nagy sebességre kifejlesztett forma nagyobb sebességnél jön siklásba, hullámbírása lényegesen nagyobb, mint a lapos farkkiképzésű hajóké. Ennél a fenék csavarodás nélkül fut a főbordametszettől a tükörig.

B) A HAJÓTERVEZÉS SORRENDJE ÉS KIVITELE

1. A tervezési munka sorrendje

A hajó tervezésekor először meg kell állapítanunk azokat a követelményeket, melyeket a hajóval szemben támasztunk. A követelmények teljesítése érdekében az alábbiakat kell meghatározunk:

1. a hajó méreteit;
2. szilárdságát;
3. sebességét;
4. kormányozhatóságát;
5. stabilitását;
6. hullámbírását;
7. építésmódját és anyagát.

A hajótervezés három részből áll:

1. előtervezés;
2. tervezés;
3. építési rajzok készítése.

Az *előtervezéskor* iparkodunk nagy vonásokban teljesíteni a felállított követelményeket; itt a számítási értékek kiindulási alapjai a már kivitelezett hajók. Nagyjában kiszámítjuk a hajó súlyát, merülését, föl vesszük a főméreteket, megállapítjuk a hajótest rendszersúlypontját és felhajtóerő-súlypontját.

Az előtervezés után következik a *tervezés*: már pontosan kidolgozzuk a vonalrajzot, az építési (szerkezeti) rajzot, és az elrendezési rajzot (vitorlásnál a vitorlarajzot is). Ezek után készítjük el az 1:1 méretarányú építési rajzokat (műhelyrajzokat).

A tervezés sorrendje:

1. A főméretek megválasztása.
2. Előzetes súlymeghatározás. Összehasonlítás hasonló hajókkal. A hajótest súlyának becslése. Az összsúly megállapítása.
3. A hasábos teltség megállapítása.
4. Előzetes vonalrajz, összehasonlítás hasonló hajókkal a teltség alapján (α , β , σ , φ).
5. Előzetes szerkezeti és berendezési rajz, az építési anyagok és azok keresztmetszetének megállapítása.
6. Súly- és súlypont-számítás.
7. A stabilitás- és trimmviszonyok vizsgálata.
8. Az ellenállások és a szükséges gépteljesítmény megállapítása.
9. Pontos vonalrajz.
10. Pontos szerkezeti rajz.
11. Az alkatrészek szilárdsági méretezése.
12. Műhelyrajzok készítése.

A hajók fő méreteit nem határozhatjuk meg önkényesen. Többnyire a *hossz* és a *szélesség* az, amit fölveszünk, s hasonló hajók teltségének figyelembe-

vételével határozzuk meg a *merülést* vagy a már előzőkben ismertetett összefüggés: $T = \frac{D}{LB\delta}$ alapján, vagy a hengeres teltség segítségével a *főbordametszet területét* számítjuk ki: a $\mathfrak{K} = \frac{D}{L\varphi}$ összefüggés segítségével.

A fő méretek megállapítását megkönnyíti s a tervezés biztonságát növeli, ha hasonló hajók L/B , B/T viszonyszámait, teltségi fokait, ezeken kívül a

$$\tau = \frac{\sqrt{\mathfrak{K}}}{\sqrt{D}} \quad \text{és a} \quad \nu = \frac{L}{\sqrt{D}}$$

viszonyszámokat ismerjük.

Az előzetes tervezéshez ismernünk kell a hajó megközelítő súlyát, mert enélkül a főméreteket nem tudnánk megállapítani. A *hajótest súlya* megközelítőleg kishajóknál:

$$G = CL_g B_g H \text{ kp.}$$

A C tényező értéke a különböző kishajótípusoknál más és más, s 20 és 80 között változik. A megfelelő értéket gyakorlati tapasztalat alapján választjuk meg.

Helyesebben járunk el, ha kiszámítjuk a hajó külhájának megközelítő súlyát, ami kettővel szorozva adja a hajótestnek felépítmények nélküli súlyát (műanyag hajókra nem érvényes). A *palánkozás felülete*:

$$F = \mathfrak{K}_{\text{kerület}} L_g C_1,$$

ahol $C_1 = 0,8 \dots 0,95$.

A főborða kerületét ($\mathfrak{K}_{\text{kerület}}$) egy vázlatosan felrajzolt főbordametszetnek körzővel való egyenesbe terítésével határozzuk meg.

A *külháj súlyát* megkapjuk, ha a külháj felületét szorozzuk a vastagságával és anyagának fajsúlyával.

Példa. Egy 6,5 m hosszú vitorláshajó főbordametszetének kerülete 2,7 m, a palánkozás vastagsága 12 mm, a fa fajsúlya 0,7 kp/dm³. C értékét föl vesszük 85-re. A külháj súlya:

$$G = F \cdot 0,12 \cdot 0,7 = 27 \cdot 65 \cdot 0,85 \cdot 0,12 \cdot 0,7 = 122 \text{ kp.}$$

A hajótest súlya ennek közelítően a kétszerese, azaz 244 kp. A fedélzet súlyát előzetes számításnál a felület nagyságának vázlat alapján való közelítő meghatározásával, ill. ennek a fedélzet vastagságával és anyagának fajsúlyával való szorzása útján állapítjuk meg. A fedélzeti bordák súlyát úgy vesszük figyelembe, hogy ehhez még hozzáadjuk a fedélzet súlyának 50%-át.

A hajó felszereléséhez tartozó egyéb alkatrészek súlyát becsléssel határozzuk meg, nagyobb súlyokat, pl. uszony, kormánylemez, árboc súlyát kiszámítjuk. Meg kell határoznunk megközelítőleg a hajó *rendszer súlypontját* is, hogy a legnagyobb merülés helyét és a vízvonal körülbelüli alakját az előzetes vonalrajzban megadhassuk.

Az egyes alkatrészek súlyának és súlypontjának meghatározása az egész tervezési munka legfontosabb, de legidőtráblóbb munkája. Általában csak a

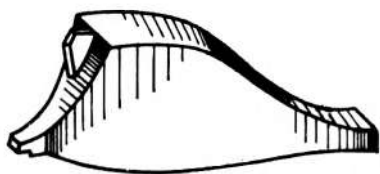
hosszirányú súlyvonalra van szükségünk, csak a stabilitási számításakor szükséges a súlypont magasságának a meghatározása. A számítás végén az egyes súlyokat és ezek nyomatókait összegezzük. A nyert nyomatókat a teljes súllyal osztva, megkapjuk a rendszersúlypont helyét attól a ponttól (rendesen a *0* bordától), amelyre a nyomatókat számítottuk. Amennyiben a nyomatókat a hajó középmetszetére vonatkoztatjuk, akkor + és – nyomatókat nyerünk, melyeket összegezzük.

Fahajók súlyszámítása a fa bizonytalan térfogatsúlya és nedvességtartalma miatt nem annyira megbízható, mint a fémhajóké. Műanyag hajóknál a külhév változó vastagsága és a műanyagba bedolgozott üvegmennyiség okoz bizonytalanságot.

2. Vonalrajz készítése

A *vonalarajzban* rögzítjük a hajó alakját, s ez lesz a későbbiekben a szerkezeti, majd a műhelyrajzok alapja. A vonalarajzot a hajó méreteitől függően 1:10, 1:15, 1:20 vagy 1:25 méretarányban készítjük. Ezt a rajzot vagy ennek csak a bordametszetrajzát nagyítjuk föl 1:1 méretarányú műhelyrajzzá, s ennek alapján készítjük el a hajó vázát, ill. bordáit.

A hajó vonalarajzának elkészítéséhez a szokásos rajzeszközökön kívül — amelyek pontosak és kifogástalan állapotúak legyenek —, szükségünk van néhány *különleges eszközre*. A nagy görbületi sugarú görbe vonalakat — fedél-



49. ábra. Delfin

zet és gerincvonal, vízvonalak stb. — *hajlékony lécek* segítségével húzzuk ki, ill. rajzoljuk meg. Ezeket ölből vagy öntöttvasból készített súlyokkal, ún. *delfinekkel* (49. ábra) rögzítjük a rajzpapíron. Súlyuk 1,5...2,5 kp és 10—12 db szükséges. A rajzlécek egyenesszalú körtefából készülnek, különböző keresztmetszetűek aszerint, hogy a megrajzolandó vonalnak milyen a görbületi sugara. A szokásos és jól használható léckeresztmetszetek: 4×7 ; 3×5 ; $2,5 \times 4$; 2×3 mm. Egyesek végeit egyenletesen elvékonyítjuk 1...1,5 mm-re.

A rajzlécek leszorításakor ügyeljünk arra, hogy törésmentes, jól ívelt vonalat kapjunk. A helyesen beállított léccel a szabadkézzel megrajzolt vonal hibáit kijavíthatjuk. A bordametszetek és egyéb, kisebb görbületi sugarú vonalak kihúzását erre a célra szolgáló, körtefából vagy műanyagból készített, 1,5...2 mm vastag *görbevonalzók*kal végezzük. A hajószerkesztő erre a célra több darabból álló hajógörbe készletet használ (50. ábra).

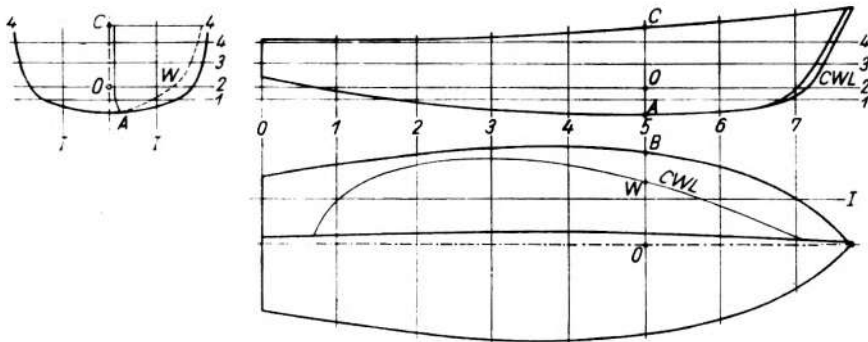
A megrajzoláskor először a *hálózatot* — a vízvonalak és bordametszetek helyét — kell igen gondosan elkészíteni. A beosztások pontosan egyenlők legyenek, az egymást metsző vonalak pedig pontosan 90° -ban metszszék egymást. A vonalzókat időnként ellenőrizzük le, hogy pontosan egyenesek-e, a háromszögeket pedig, hogy derékszögűek-e.

50. ábra. Hajógörbe készlet



A hálózat megrajzolásához célszerű acélvonalzót használni. A derékszögeket, legalábbis a bordametszetek középvonalát, körzővel szerkesztjük meg. A hálózatot vékony vonalakkal, tussal húzzuk ki, hogy a szerkesztésnél elkerülhetetlen sok radirozás mellett is meglátsszon. A hálózat megrajzolásához igen kemény, 6H-s írót használjunk.

A hálózat megrajzolása után a *hajó oldalnézetét* (profilját) rajzoljuk meg, majd ez alatt a *felülnézetét*, azaz a *fedéltvonalat*, ebbe berajzoljuk a *szerkesztési vízvonalat (CWL)*, végül a hajó *főbordametszetét* (51. ábra). Ez a három kép a kiindulási alap a szerkesztéshez. A szerkesztés további menetében az eddig



51. ábra. A hajó szerkesztés kiindulási alapjai

felvett vonalak a többi metszetvonalat jórészt már meghatározzák. Hogy a hálózat a hajó főbb vonalainak megrajzolásakor ne zavarjon, s ne legyen elterelő hatása, szokásos a hálózatot csak a kiindulási vonalak lefektetése után megrajzolni.

A szerkesztés további menete: először szabadkézzel megrajzoljuk a bordametszeteket, és pedig a főbordametszetnek mindkét, a többi bordametszetnek csak egyik oldalát. A bordametszeteknek a főbordametszettől hátrafelé (az előlnézet bal oldala) eső metszeteit a középvonaltól balra, az előre eső metszeteiket pedig jobbra visszük föl. Minden bordametszet megrajzolásához három adatunk van: a gerinc metszőpontja (A), amit a hajó kontúrvonaláról mérünk le; a szerkesztési vízvonal szélessége (\overline{OW}) és a fedélzet szélessége (\overline{OB}), ill. magassága (\overline{OC}). Ezeket a pontokat gondosan átmérjük. A mérésre ne használjunk körzőt, mert a rajzot összelyukasztjuk, hanem kemény rajzpapírból készített szeleteket. A szerkesztést megkönnyíti, ha az orrtőke és az azt követő borda között még egy közbenső bordametszetet veszünk föl.

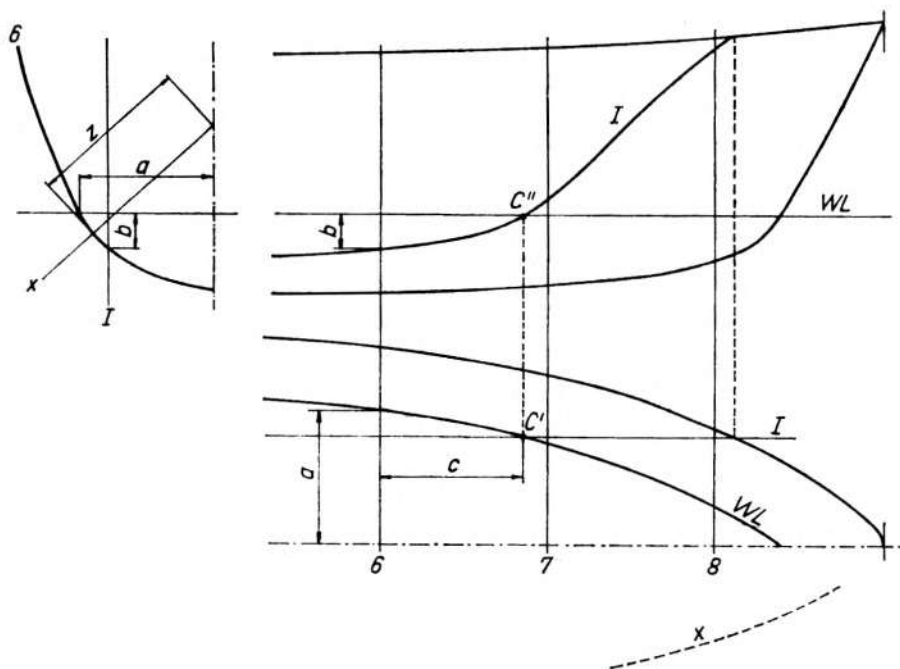
Nagyobb merülésű hajóknál a bordametszetek megrajzolásának megkezdése előtt a szerkesztési vízvonalon kívül még egy további vízvonalat rajzolunk föl a legnagyobb merülés felezőjében. Így minden bordának négy pontja már adott.

Először a főborda melletti metszeteiket rajzoljuk meg, minthogy ezek hasonlítanak legjobban a főbordához, a többit azután mindig az előzőkhöz harmonikusan csatlakozva rajzoljuk. Végül a szabadkézzel megrajzolt metszeteiket görbevonallal vékonyan kihúzzuk. Amennyiben a bordametszetek alul nem élben találkoznak, hanem egy többé-kevésbé széles, lapos gerincmetszet-vonalban, úgy a gerinc szélességét — annak aljazásától mérve — mind a bordametszetbe, mind a vízszintes vetületbe be kell jelölni. Ugyancsak be kell rajzolni az orrtőke aljazásának vonalát, amennyiben a külháj és az orrtőke nem simulnak tökéletesen egymáshoz, hanem köztük törésvonal van.

A bordametszetek alapján szerkesztjük meg a vízvonalakat és függőleges metszeteiket. Először mindig a szerkesztési vízvonal és a legnagyobb merülés közötti, utána a szerkesztési vízvonal fölötti vízvonalat rajzoljuk meg. Ezután következik egy függőleges metszet megszerkesztése. Amennyiben három függőleges metszetünk van, akkor mindig a középsőt rajzoljuk meg először. A vízvonalak megrajzolását úgy végezzük, hogy a bordametszetekről lemérjük a megfelelő vízvonallal való metszés szélességét (a -t) és ezt a távolságot átviszszük a vízvonalarajz megfelelő bordájára (52. ábra). Az így nyert pontokat hajlékony léccel összekötve, megrajzoljuk a vízvonalat, amely harmonikus törésmentes vonal legyen. Amennyiben valahol törés mutatkozna, azaz a bejelölt pont kívül esik a léccel megadott vonalon, akkor a bordametszet ezen a helyen hibás, tehát a bordarajz módosítandó.

A függőleges metszeteiket a bordametszetek és a már meglevő vízvonalak segítségével szerkesztjük meg. A függőleges metszősíkok első képen ábrázolt nyomvonalainak metszéspontjait felvetítjük a felülnézet vízvonalaira, a függőleges metszősíkok nyomvonalainak a bordametszetekkel való metszéspontjainak a konstrukciós vízvonalról mért távolságát pedig felmérjük a második kép, azaz a profilmetszet megfelelő bordametszetvonalaira. Az így kapott pontokat egymással összekötő vonal is harmonikus, törésmentes legyen.

A két vízvonal és a függőleges metszet elkészítése után a hibás helyeken elvégezzük a szükséges korrekciót: a bordametszeteiket és a vízvonalakat, ill. függőleges metszeteiket egymással váltakozva addig igazítjuk ki, amíg minden



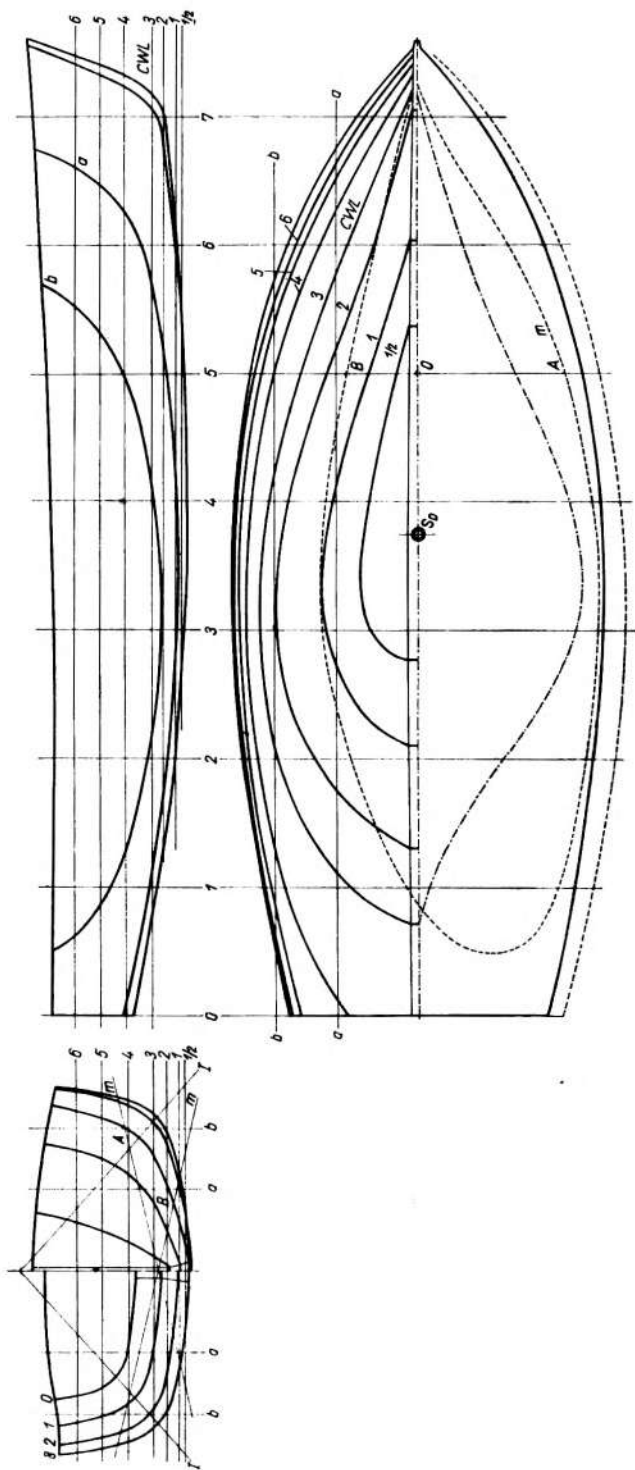
52. ábra. A vízvonal, a függőleges metszet és a ferde metszet kiszerkesztése

pontatlanság eltűnik. Csak ezután szerkesztjük meg először a többi vízvonalat, majd a függőleges metszeteket, amelyek alapján — ha szükséges — további korrekciókat végzünk (53. ábra).

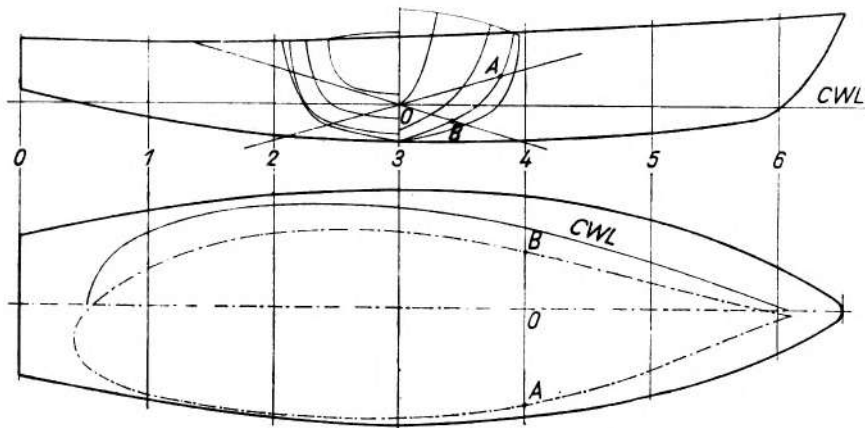
A *ferde metszetek* megrajzolásánál a bordametszetrajz középvonalától a bordákkal való metszésvonalig mért távolságot visszük föl a felülnézeti kép megfelelő bordametszetrádjára, mindig a középvonaltól lefelé. A ferde metszősíkokat úgy vesszük föl, hogy azok a bordákat lehetőleg derékszögben messék. Az esetleges eltéréseket ezeknél is kiigazítjuk.

A *megdőlt vízvonal* megszerkesztésénél (54. ábra) felvesszünk egy dőlés-szöveget, ill. ennek vízvonalát, s ennek a bordametszetekkel való metszéspontjainak a középvonaltól mért távolságát (\overline{OA} és \overline{OB}) felvisszük az első képen a megfelelő bordametszetrádjára. Két — a szerkesztési vízvonalhoz azonos szög alatt hajló — metszővonalat kell fölvenni, így minden bordán két metszőpontot nyerünk, egyet a jobb, egyet a bal oldalon. A megdőlt vízvonal vitorlásoknál fontos, felvilágosítást ad arról, hogy megdőlt állapotban a hajó úszási vízvonala elég kedvező-e, nem torzul-e el nagyon.

Tőkesúlyos hajók vonalrajzának elkészítését megkönnyíti, ha a hossz-metszetbe egy *segéd-fenékvonalat* rajzolunk be (55. ábra). Ezt úgy szerkesztjük, hogy először a főbordametszetbe a bordametszet fenékvonalához egy érintőt húzunk; ennek a középvonallal való metszéspontját fölviszük a hossz-metszet megfelelő bordametszetére, s ez adja meg a segédvonal legmélyebb pontját. Ezen a ponton keresztül az orr- és fartőkéhez simuló vonalat rajzolunk. E segédvonal segítségével rajzoljuk meg a bordametszeteket, ill. azok legmélyebb pontjait.



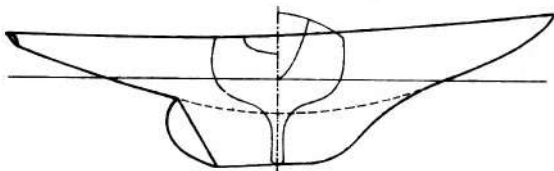
53. ábra. Kerek bordájú hajó vonalrajza



54. ábra. A megdőlt vízvonal megszerkesztése

Az összes borda ily módon való megszerkesztése és kiigazítása után minden bordán bejelöljük a *tőkesúly vízszintes középmetszetét* — annak legszélesebb helyén —, ennek segítségével szabadkézzel berajzoljuk a bordametszetekbe a tőkesúly metszeteit és a bordákhoz simuló S alakú görbéket (56. ábra).

A *sarkos hajók* vonalrajzának megszerkesztése lényegesen egyszerűbb, főltéve, hogy a fenékbordák egyenesek. Legegyszerűbb egy *laposfenekű csónak*

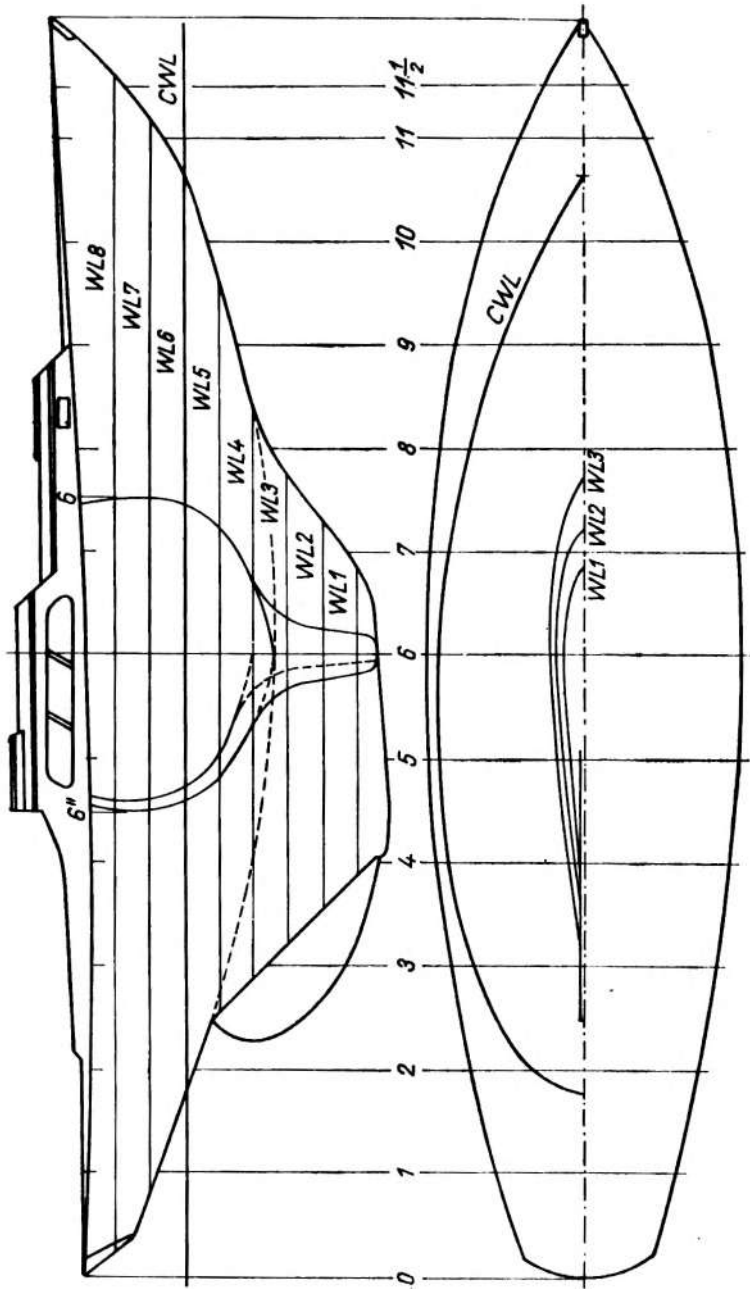


55. ábra. Segéd-fenekvonal berajzolása

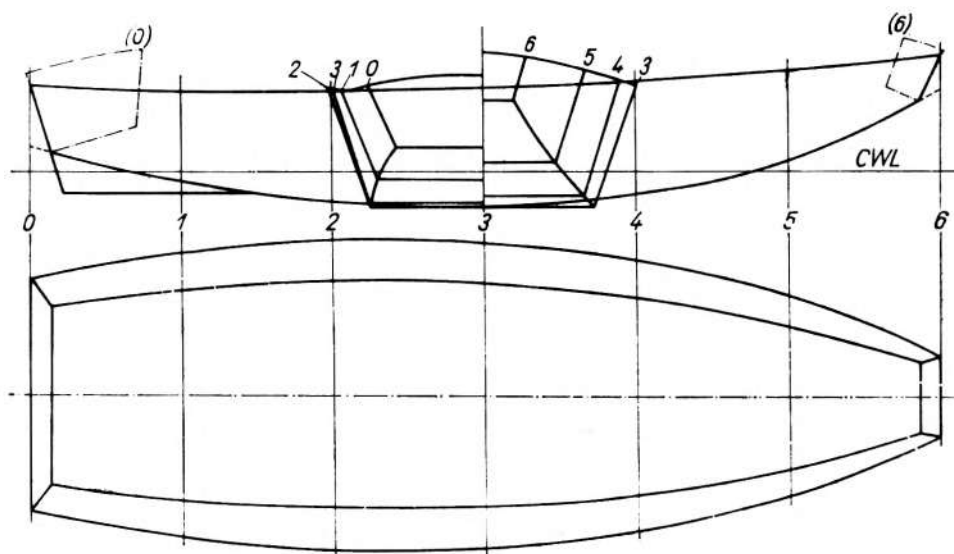
vonalrajzainak elkészítése (57. ábra). A főméretek felvétele után, mielőtt még a sarokléc két képét berajzolnánk, felvesszük a főbordametszetet, jelen esetben a 3-as bordát; majd a tükröt (0). A két bordametszetből megkaptuk a *sarokléc* két pontját, amelyeket most felviszünk a felülnézeti rajzba, s ezek alapján először szabadkézzel, majd hajlékony léccel megrajzoljuk a sarokléc felülnézetét. Most a fenékvonal, a sarokléc felülnézete és a fedélzeti vonal két képe alapján megszerkesztjük a bordametszeteket. Miután ennél a csónaknál a tükrő ferde, ki kell szerkeszteni a tükrő valódi nagyságát.

A V fenékkiképzésű *sarkos hajótest* szerkesztésekor (58. ábra) a hálózat megrajzolása után szabadkézzel megrajzoljuk a hajótest oldal- és felülnézetét, majd ezek hajlékony léccel való kihúzása után megrajzoljuk a főbordametszetet és a tükröt, azaz a 0 bordát. Csak ezután lehet berajzolni a sarokél (*kimm*) oldal- és felülnézetét. A szerkesztés további során minden bordametszetnek három pontját — a gerinc, a sarokél és a fedélzeti pontját —, ill. ezek szélességét és magasságát a hosszmetsetről és az alaprajzról lemérhetjük.

Amennyiben a sarkos hajó oldalai egyenesek, azok szerkesztésekor — ha pontosan dolgoztunk — kiigazításra nincs szükség, ha azonban akár a fenékvonal, akár az oldalak hajlottak — pl. kieső bordák motorosoknál —



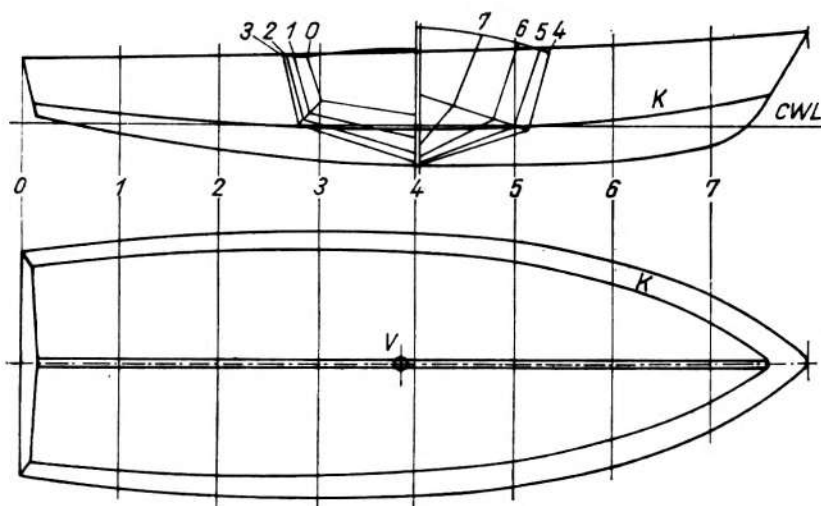
56. ábra. Tökéshílyos hajó bordametézeteinek megszerkesztése



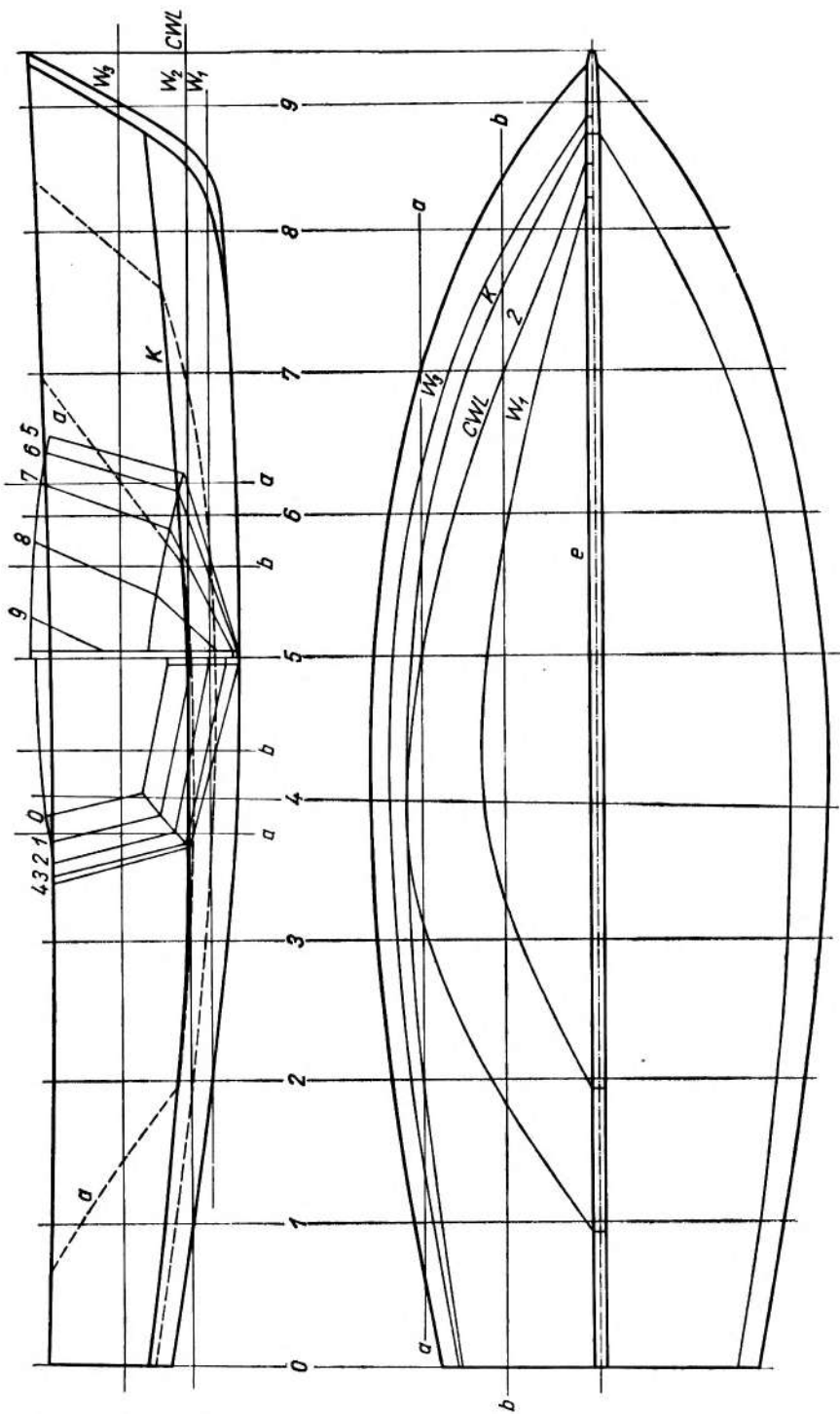
57. ábra. Lapos fenekű csónak vonalrajza

úgy a bordametszeteket vízszintes és függőleges metszetekkel ugyanúgy kell kiigazítani, mint ahogy azt a kerek bordájú hajóknál tettük. A vízvonalak, legalábbis az úszási (szerkesztési) vízvonala megszerkesztése sarkos hajóknál is fontos, mert csak ennek ismeretében tudjuk megítélni a hajó viselkedését (59. ábra).

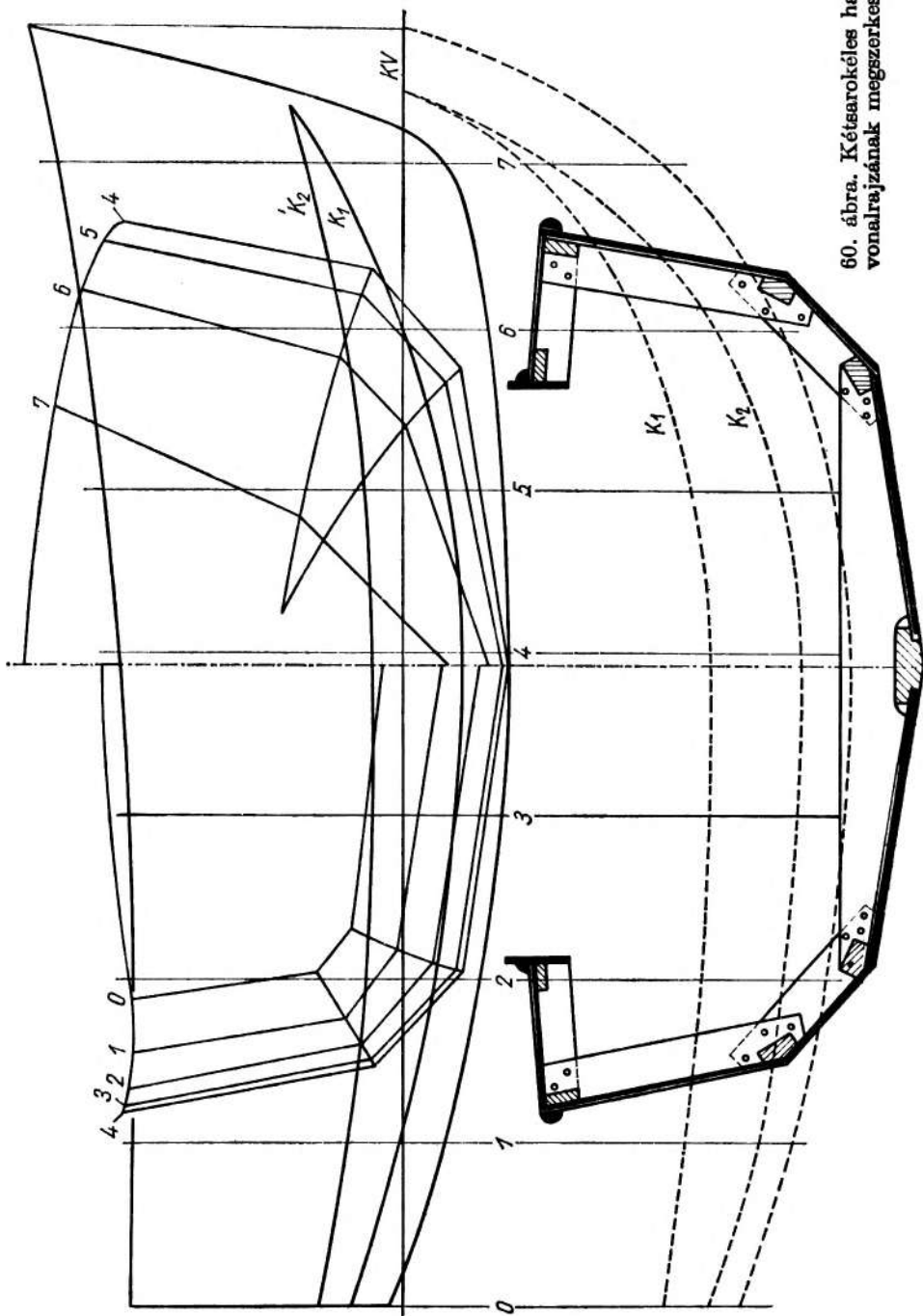
A kétsarokéles hajótestek vonalrajzának megszerkesztésekor mindkét sarokél vonalát fel kell vennünk, de ehhez elsősorban a főbordametszet ismerete szükséges.



58. ábra. Sarkos hajó vonalrajzának megszerkesztése



59. ábra. Sarkos hajó vonalrajza



60. ábra. Kétsarokéles hajó
vonalrajzának megszerkesztése

A szerkesztés menete (60. ábra): megrajzoljuk a hajó felülnézetét és oldalnézetét, majd felvesszük a főbordametszetet, jelen esetben a 4 bordát és a tükröt. Bejelöljük az oldalnézetben, a 4 és 0 bordavonalakon a két bordametszetről a sarokélek metszéspontjait, s ezeken keresztül először szabadkézzel, majd hajlékony léccel megrajzoljuk a két *sarokél nyomvonalát*, K_1 és K_2 -t. A két sarokél segítségével most már az összes bordametszetet kiszervezhetjük.

Rétegeltlemezről vagy fémlemezről készített hajóknál lényeges, hogy a lemez a hajó vázához jól odasimuljon, azaz sehol se púposodjon ki. Az ilyen hajók vonalrajzát ún. *kúpos vetítéssel* készítjük. Egy lemez a kúp felületére mindig jól ráhajlítható, mert a kúp alkotói egyenesek, ezért a hajótestet úgy szerkesztjük meg, hogy az megközelítőleg kúpfelületekből álljon. A nehézség ennél a szerkesztésnél a kúp csúcspontjának helyes megválasztása. A szerkesztéskor három előre meghatározott *vezérvonal* vehető fel, s nem négy, mint a sarkos hajóknál általában.

A fenék alakjának meghatározásához (61a ábra) felvesszük:

1. a gerinc vonalát felülnézetben (egyenes vonal);
2. a sarokléc alakját mindkét vetületben.

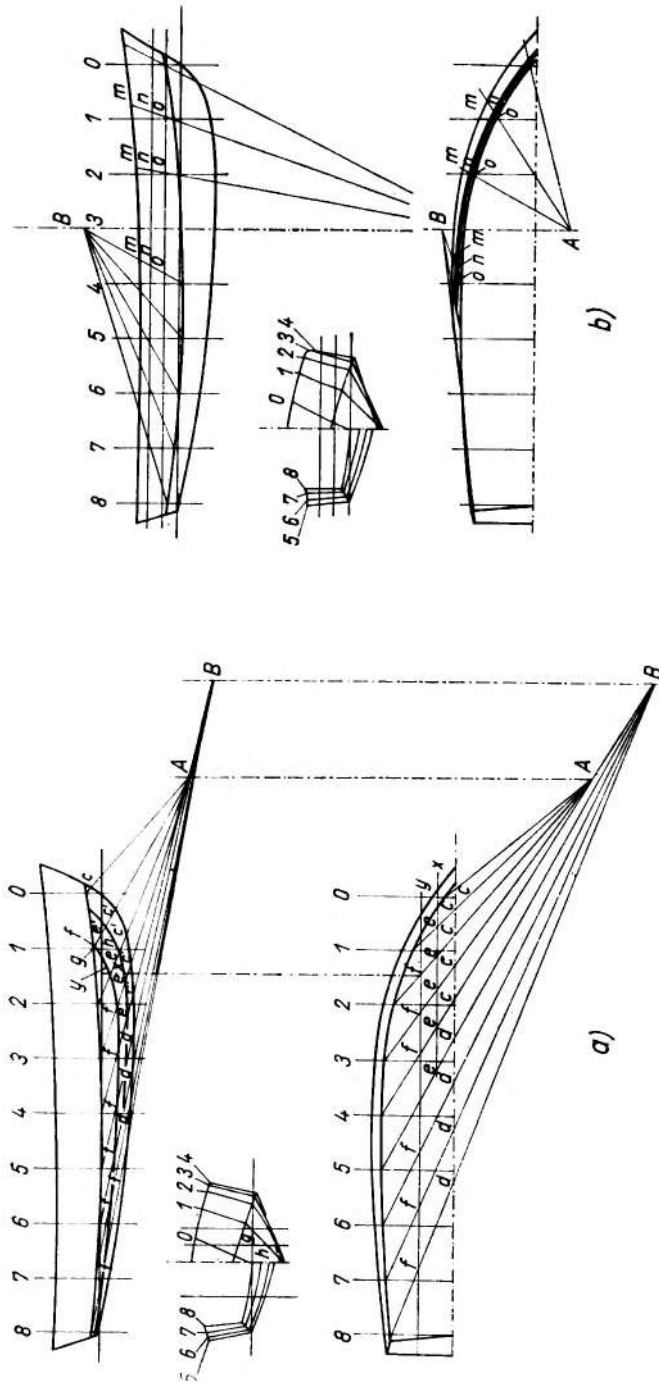
Meg kell szerkesztenünk tehát a gerinc oldalnézetét a profilmetszetben (oldalnézet).

A szerkesztés menete: először berajzoljuk a gerincvonal oldalnézetét halványan úgy, ahogy azt elképzeljük, utána felvesszük a hajótest elején a *kúp csúcspontját* (A) mindkét vetületben. A csúcspontból egyeneseket húzunk a sarokél és a bordametszeti vonalak metszéspontjáiig. Ahol a felülnézeti metszévonalak metszik a gerincet, ezeket a pontokat felvetítjük az oldalnézetben levő alkotó egyenesekre, ezek metszik ki a gerinc egy-egy pontját az oldalnézetben (C). Ha az így nyert vonalat nem tartjuk megfelelőnek, akkor megpróbáljuk másutt felvenni a kúp csúcspontját, mindaddig, amíg megfelelő alakú gerincvonalat nem nyerünk.

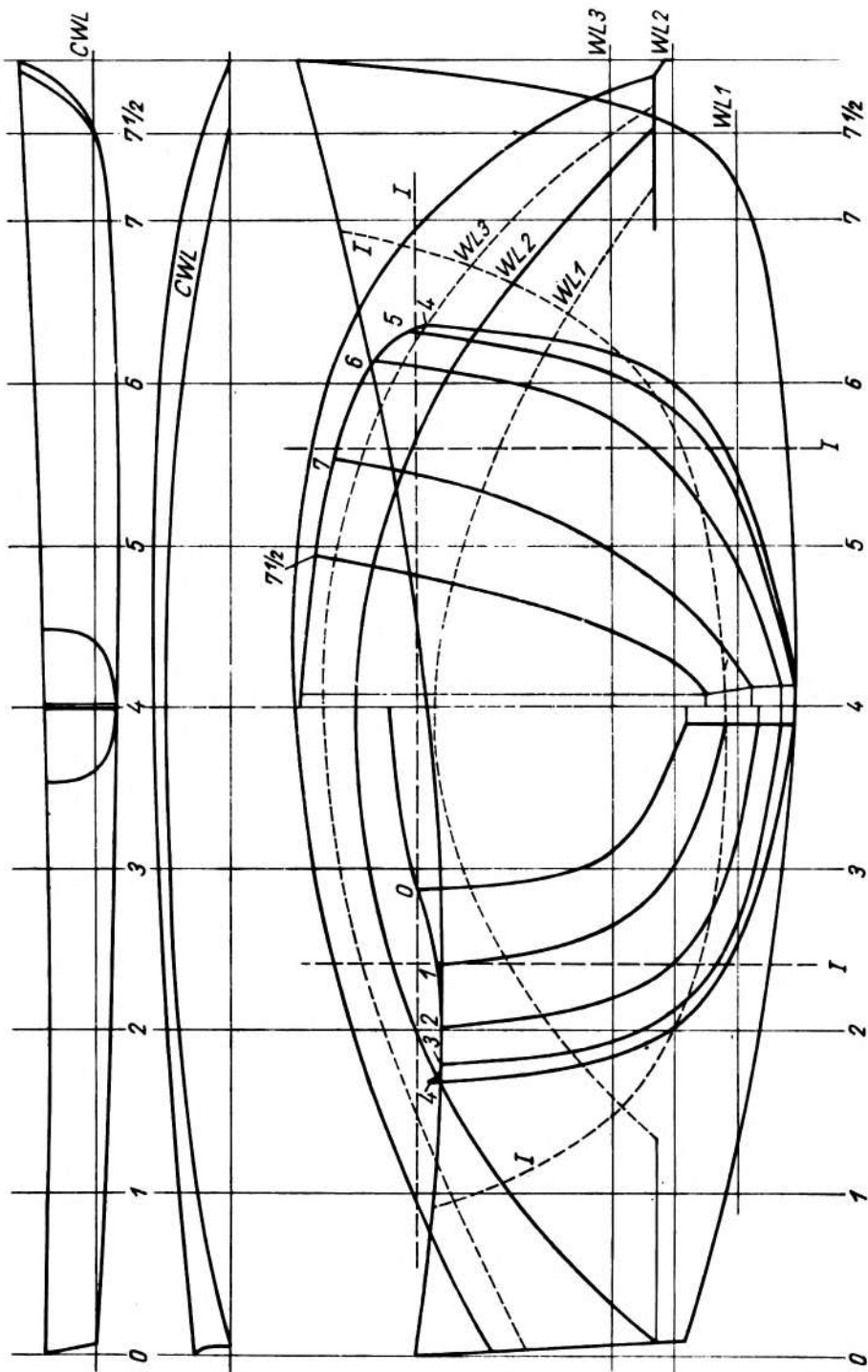
A gerincvonal hátsó részének szerkesztéséhez egy másik kúpot veszünk fel úgy, hogy ennek csúcspontja (B) az egyik alkotó, jelen esetben a 4 jelű meghosszabbításán feküdjön, majd az előbbihez hasonlóan megszerkesztjük a gerincvonal profilmetszetének hátsó részét. Ha felvesszünk két — a profilmetszet síkjával párhuzamosan — függőleges metszetet (x és y), ezek alakját ugyancsak kúpos vetítéssel határozhatjuk meg.

Ugyanígy megszerkeszthetjük kúpos vetítéssel a *hajótest oldalát* is (61b ábra), jóllehet ez egyes bordák esetén kevésbé szükséges. Az ábrán a mellső bordák homorúak, a hátsók be vannak kissé húzva. Először kiválasztjuk azt a bordametszetet, amelynek oldala egyenes, ahol tehát a borda homorúsága megszűnik, s ez jelen esetben a 3 borda. A sarokléc és a gerinc alakja már meg van határozva; fölvevük a fedélzet kontúrvonalát a profilmetszeten, utána meg kell határoznunk a hajó körvonalrajzát a felülnézetben, továbbá a bordametszeteket.

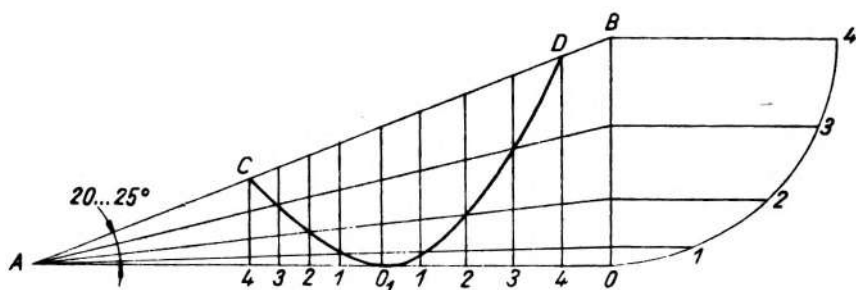
Először halványan berajzoljuk a keresett *körvonalrajz* általunk kívánt alakját. Minthogy a függőleges metszetek nagyon kis szögben metszik a bordavonalakat, itt vízvonalakkal dolgozunk. Fölvevük a kúp csúcspontját (A) a 3 bordametszeten mindkét nézetben, meghúzzuk az alkotókat a felülnézetben és a profilmetszetben úgy, hogy a sarokél vonalát messék. Ahol ezek az alkotók metszik a profilmetszet felső kontúrvonalát (fedélzetvonal), ezeket a



61. ábra. Sarkos hajó szerkesztése kúpos vetítéssel



62. ábr. 1. Torzított vonalrajz készítése



63. ábra. Fedélzetvonal torzított rajza

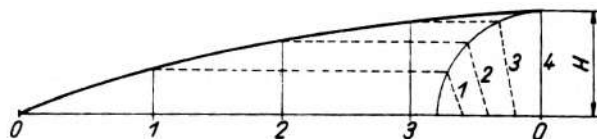
pontokat levetítve az alsó alkotókra, megkapjuk a felülnézeti kontúrvonal keresett pontjait.

Ahol az alkotók a vízvonalakat metszik, ezeket a pontokat ugyancsak levetítve és összekötve, nyerjük a vízvonalak felülnézetben. E pontok segítségével megrajzolhatjuk a bordametszeteket.

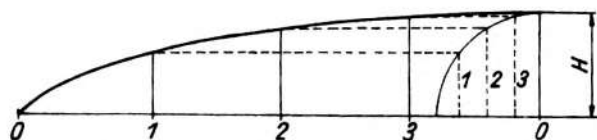
A hajótest hátsó részének megszerkesztéséhez a kúp csúcspontját profilban a hajótest felett vesszük fel, így befelé hajló bordametszeteket nyerünk. A kúp csúcspontjait ugyancsak a 3 bordán vesszük fel, hogy a megfelelő alakot megkapjuk; a csúcspont (*B*) legmegfelelőbb helyét itt is ki kell kísérletezni.

Torzított vonalrajz készítése. Szélességükhöz és magasságukhoz képest hosszú hajók pontos megrajzolása a szokásos módszerekkel nehézségbe ütközik, mert a nagy hossz miatt a vonalrajzot túlságosan kis léptékben kellene rajzolni, ami a pontos szerkesztést lehetetlenné teszi. Ilyenkor úgy járunk el, hogy a szélességi és magassági méreteket valódi nagyságban vagy nagyobb méretarányban, a hossz méreteket pedig kisebb méretarányban ábrázoljuk. A 62. ábra 9 m hosszú és 0,6 m széles evezőscsónak torzított léptékben megszerkesztett hosszmetSZete, felülnézete és valódi nagyságban megszerkesztett bordametszet rajza. Hosszirányban a méretarány 1:10, szélességi és magassági irányban 1:1.

A szerkesztés menete a hosszirányban *zsugorított hálózatba* berajzoljuk a fedélzet és a szerkesztési vízvonal szélességi méreteit, amelyet



a)

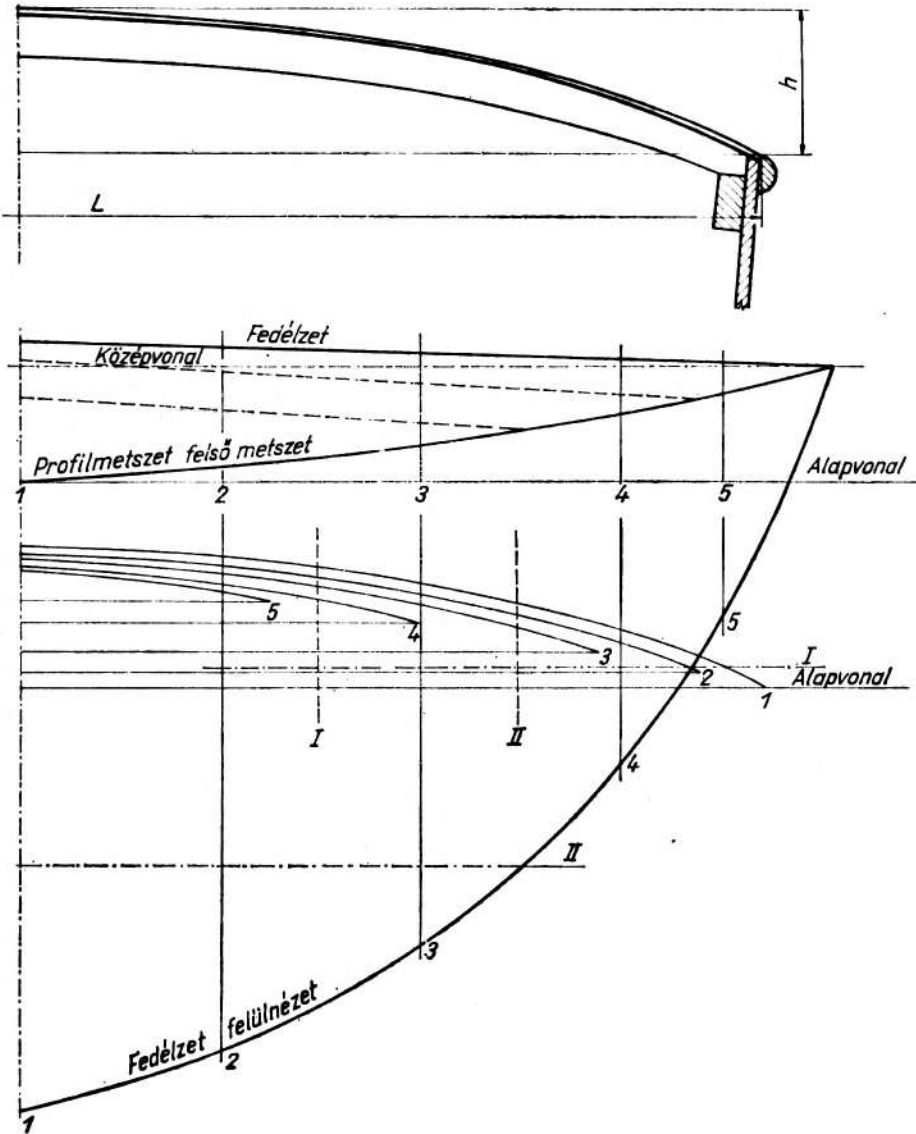


b)

64. ábra. Fedélzeti bordák megszerkesztése

a torzítatlan, előzetes vonalrajzról mérünk le és nagyítunk fel. A főborda-metszet 1:1 méretarányú rajzának elkészítése után a többi bordametszetet hasonlóképpen szerkesztjük meg, mint ahogy azt a torzítatlanul megszerkesztett vonalrajzoknál tettük.

A fedéltvonal oldalnézetét torzítva a 63. ábrán látható módon rajzoljuk meg. Fölvesszük torzított léptékben a hajó hosszát, ennek két végén a fedéltet magasságát, az alapvonalon pedig a legmélyebb pontját. A *C* és *D* pontokat egy egyenessel összekötve, ez az alapvonalon kimetszi az *A* pontot. Az így



65. ábra. Fedélteti borda szerkesztése torzított léptékben

nyert háromszög átfogóját tetszőlegesen meghosszabbítjuk, s felvesszük rajta a B pontot. Ebből negyedkörívet húzunk, melyet tetszőleges számú egyenlő részre osztunk, majd a részeket a \overline{BO} egyenesre vetítjük és a kapott metszéspontokat az A ponttal összekötjük. Ahány részre osztottuk a negyedkört, ugyanannyi részre osztjuk az O_1 ponttól jobbra és balra levő távolságot. Az így kapott pontokból húzott függőlegeseknek az A pontból kiinduló egyenesekkel való metszéspontjait folytonos vonallal kötjük össze. Ez a görbe lesz a fedélzetvonal oldalnézetének torzított rajza.

A fedélzeti bordák alakját úgy szerkesztjük meg, hogy felvesszük a borda fél hosszát és H magasságát, majd az O pontból negyedkörívet húzunk, s ezt tetszőleges számú egyenlő részre osztjuk (64a és b ábra). Ugyanannyi részre osztjuk a borda fél hosszát és a kör r sugarát: az e pontokból húzott 1, 2 és 3 távolságokat sorra rámérjük az alapvonal osztásaiból húzott merőlegesekre. Az így nyert pontok adják a fedélzeti borda pontjait, melyeket hajlékony léccel összekötünk.

Hogy a fedélzet vonala mindenütt törésmentes legyen, azt síkmetszetek segítségével ugyanúgy kiigazítjuk, mint ahogy azt a hajótest vonalrajzánál tettük. Függőleges metszősíkokat használunk, és a szerkesztést torzított léptékben végezzük (65. ábra).

Miután torzított léptékben megrajzoltuk a fedélzet felülnézetét, a profil-metszetben a hajó és fedélzet felső élet, szabadkézzel megrajzoljuk az 1–5 fedélzeti bordákat, melyeknek két-két pontja ismeretes. Ezután felvesszük a függőleges metszősíkokat (I. és II.), s ezeknek a fedélzeti bordákkal való metszéspontjait az alapvonalról felrakjuk a profilmetszet bordavonalaira. A nyert pontokat folytonos vonallal kötjük össze, s amennyiben az így nyert vonal differenciát mutat, a fedélzeti bordákat kiigazítjuk.

3. Általános elrendezési és szerkezeti rajz

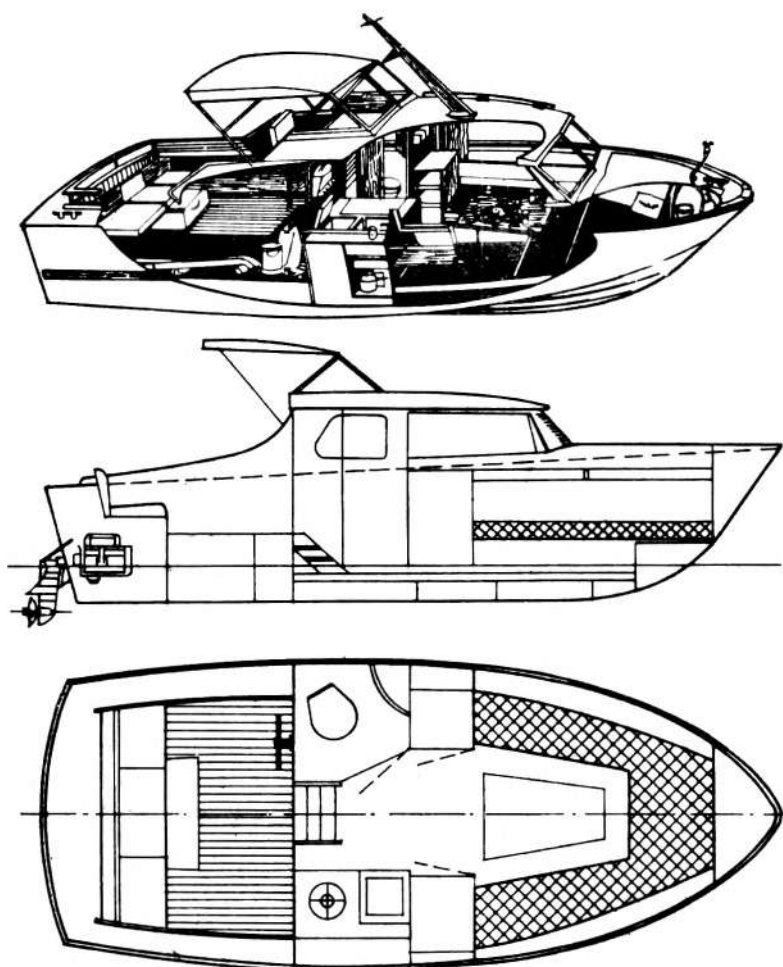
A hajó megépítéséhez a vonalrajzon kívül szükségünk van *általános elrendezési rajzra, szerkezeti rajzra és különböző részletrajzokra*, vitorlásoknál pedig *vitorlarajzra*.

a) Az általános elrendezési rajz

Áttekintést nyújt a hajó külsejéről és belső berendezéséről. Ebben tüntetjük föl az ülések elrendezését, a fedélzeti nyílások helyét, alakját, kajütös hajóknál a kajüt alakját, külső és belső kiképzését, berendezését, a szekrényeket, fekvőhelyeket, üléseket, a padlózat helyét, motorosoknál a motor és tengelyvezeték, a hajócsavar, az üzemanyagtartály elhelyezését stb. A végleges elrendezési rajzot megelőzően készítünk elrendezési vázlatot is, mely nélkül az előzetes súly- és súlypontszámítást nem tudnánk elvégezni.

Az *általános elrendezési rajz* általában csak elől- és felülnézetből áll (66. ábra), keresztmetszeteket csak nagyobb hajóknál készítünk. A rajzon meg szoktuk adni a fontosabb méreteket, pl. kajüt- és fedélzetnyílások hosszát, a motor és árboc helyét stb.

Az elrendezési rajz készítéséhez ismernünk kell az építési bordák helyét, mert enélkül fa- és fémhajóknál nem tudunk térfelosztást készíteni. A válasz-



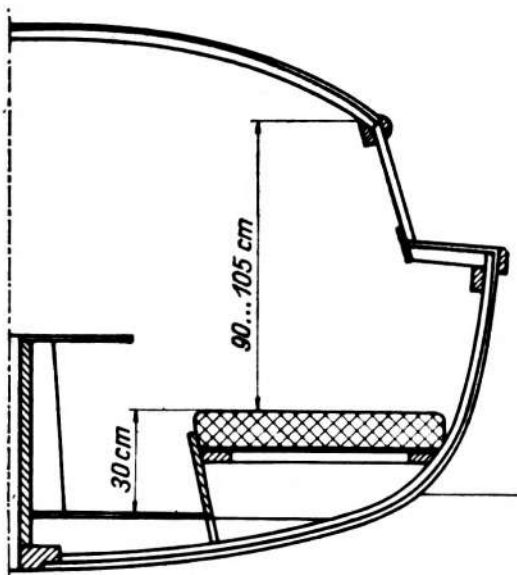
66. ábra. Általános elrendezési rajz

falak helye ugyanis épített (tehát nem hajlított) vagy fémbordáknál csak bordánál lehet.

Uszonyos hajóknál a bordafelosztásnál figyelembe kell venni az *uszonyszekrény* helyét, mert az mindig két erős fenékmerevítő közé építendő, s az uszonyszekrény-merevítők a fenékmerevítőkkel összeerősítendőek, ezért közvetlenül egymás mellett kell lenniök.

Az *árbc* elhelyezésénél ügyeljünk arra, hogy az két erős fedélzeti borda közé kerüljön. Tőkesúlyos hajóknál a *tőkesúlynak* a hajó fő tartóelemeire való felsavazozásánál, motoros hajóknál a *motor- és tengelyvezeték* beépítésénél kell figyelemmel lenniük a bordák és a fenékmerevítők helyére. A géptér hosszát a motor és irányváltó, továbbá a segédberendezések szabják meg, de a motor-tér válaszfalainak elrendezésénél a bordák helyét ugyancsak figyelembe kell venni.

Az üzemanyag, az akkumulátor és a víz nehezek és sok helyet igényelnek,



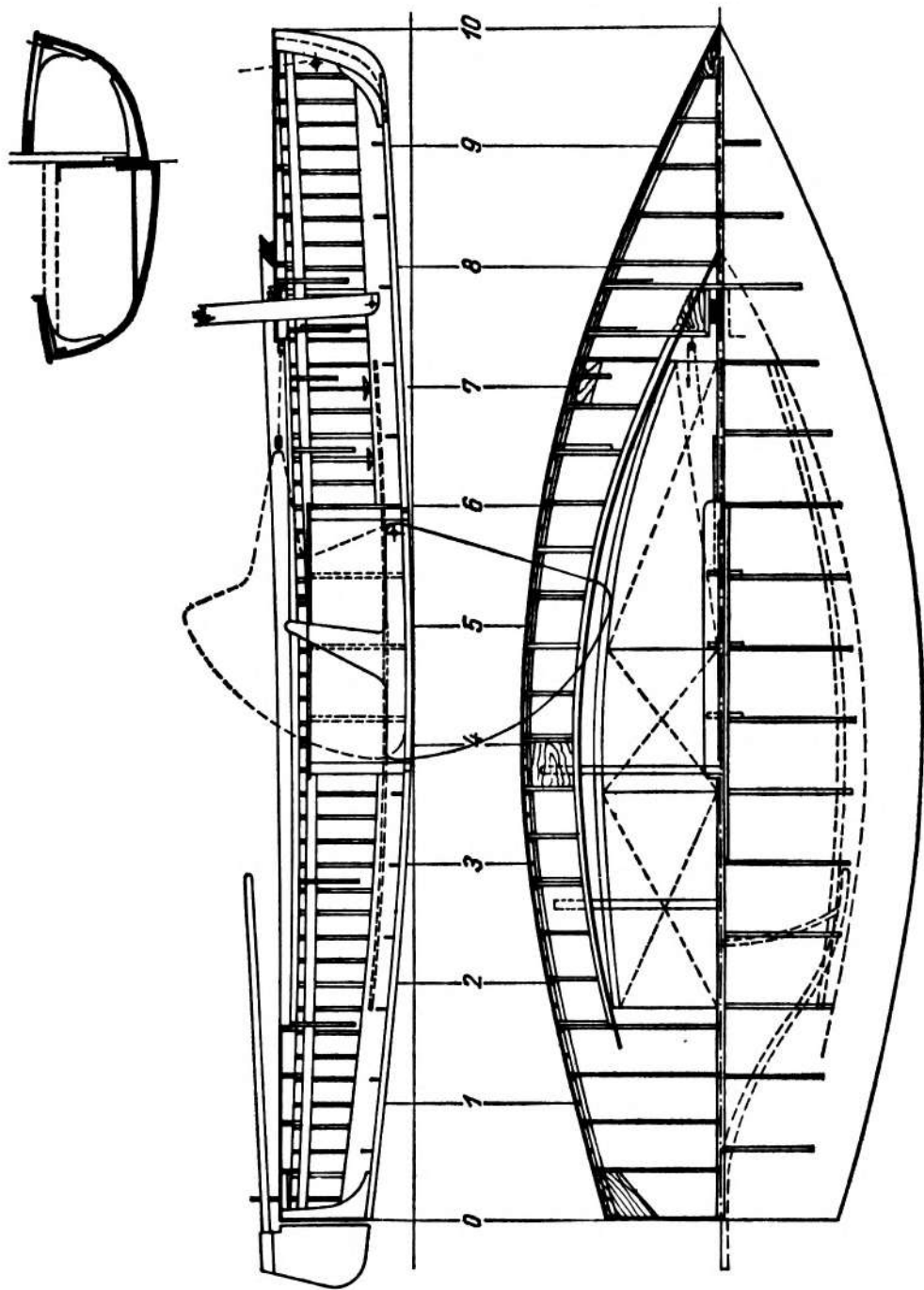
67. ábra. Kajüt keresztmetszete

ezek elhelyezésére különös gond fordítandó. Általános szabály az, hogy a *nagy súlyokat* ne helyezzük előre vagy hátra, hanem lehetőleg *középre*. A hajó *trimmje* nem változik, ha az üzemanyagot középen helyezzük el. Az üzemanyagot a motorhelyiségtől elkülönítve kell elhelyezni, hasonlóképpen az akkumulátort is.

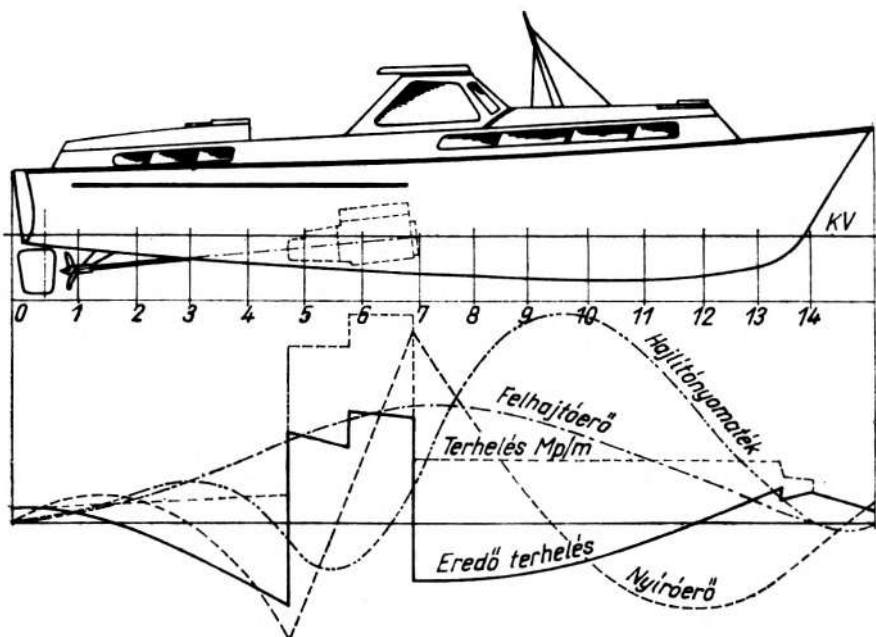
Hogy a kajütben elegendő hely legyen, adjunk a kajüttetőnek megfelelő hajlást, 30 cm szélességre 25 cm magasságemelkedés elegendő. Fontos a kajütben a megfelelő ülés magasság. Az ágy kedvező magassága a padló fölött 30 cm, az ülőmagasság 90...105 cm (67. ábra). Az ágy hossza 180...190 cm, szélessége közepesen legalább 60 cm. A mosdó legalább 65 cm széles, beépített W.C.-re ugyancsak legalább 65 cm szélesség szükséges, a főzőfülkére is 65 cm szélesség elegendő. A beépített szekrény minimális szélessége 45 cm, mélysége legalább 50 cm. Lépcsőnél a fokmagasság 22...23 cm-nél ne legyen nagyobb, a belépés mélysége pedig 15 cm-nél ne legyen kisebb. Az asztal magasságát uszonyos hajóknál az uszonyoszekrény magassága szabja meg, egyéb hajóknál az ülés magasságnál 30...35 cm-rel legyen magasabb, de a padlótól legfeljebb 75 cm.

b) A szerkezeti rajz

A hajó megépítéséhez szükségünk van szerkezeti rajzra, amely a hajó összes alkatrészeit, ill. ezek helyét, anyagát, méreteit, s egymással való összeépítésük módját tartalmazza. A *szerkezeti rajz* (68. ábra) metszeti rajz, s ebben mindig a hajó bal oldalát ábrázoljuk. A felülnézetben a legfelső palánkot elmeteszve képzeljük el. Annyi bordametszetet készítünk, amennyi az építéshez szükséges. A gerincet, s általában a keresztmetszetükhöz képest hosszú alkatrészeket hosszában soha nem metsszük. A szerkezeti rajzot az anyagra, az összeépítés módjára és a felhasználandó segédanyagokra vonatkozó *utasításokkal* látjuk el.



68. ábra. Szerkezeti rajz



70. ábra. A terhelés és a felhajtóerő eloszlása

Ha azonos léptékben rajzoljuk fel a terhelést és a felhajtóerőt, a két görbe alatti terület azonos lesz és súlypontjuk is egy függőlegesbe esik. A két görbe ordinátáinak különbsége adja az *eredő terhelési görbét*, mely minden pontban a hajótest azon részén jelentkező eredő erőt mutatja. Az x tengely fölötti értékek felhajtóerő-többletet, a tengely alatti értékek pedig terhelés-többletet jelentenek.

Az eredő terhelési görbe integrálgörbéje a nyíróerők görbéje, a nyíróerők görbéjének *integrálgörbéje* pedig a hajlítónyomatékok ábrája. Ez megmutatja, hogy az egyes hajókeresztmetszetekben mekkora *hajlítónyomaték* keletkezik. Az integrálgörbe egy-egy pontját úgy nyerjük, hogy a keresett pont függőlegesétől balra eső görberész által körülzárt területet meghatározzuk. Az ezzel a területtel arányos távolságot mérjük fel függőlegesen. Tegyük, fel pl., hogy a vízszintesen 1 cm 0,5 m-nek felel meg, az eredő terhelésgörbe léptéke szerint 1 cm 0,2 Mp/m megoszló terhelést jelent. Ha a 4 bordánál meg akarjuk határozni a nyíróerő értékét, akkor meghatározzuk az eredő terhelési görbe és a tengely közötti területet cm²-ben külön a tengely feletti pozitív, s külön a tengely alatti negatív területeket. A kettő különbsége, az eredőterület a 4 bordán jelentkező *nyíróerővel* arányos. Ha a kétféle léptéket (0,2 Mp/mcm és 0,5 m/cm) összeszorozzuk (ez 0,1 Mp/cm²), megkapjuk, hogy cm²-enként hány Mp értékű a nyíróerő, s alkalmas léptékben meg is rajzolhatjuk a *nyíróerő ábráját*, azaz az eredő terhelési görbe integrálját.

A hajlításnak kitett hajókeresztmetszetben keletkező *feszültség*:

$$\sigma_h = \frac{M_h}{k} \text{ kp/cm}^2.$$

ahol M_h a hajlítónyomaték;

k pedig a kérdéses hajókeresztmetszet keresztmetszeti tényezője.

A hajó szerkesztésekor az a cél, hogy minimális anyagkeresztmetszettel minél nagyobb legyen a keresztmetszet másodrendű nyomatóka. Minél messzebb vannak a részkeresztmetszetek a sémleges száltól — a keresztmetszet súlypontjától —, annál jobban növelik a hajókeresztmetszet másodrendű nyomatókát.

A fedélzet nélküli hajótest U alakú tartónak tekinthető. A hajótest hosszirányú szilárdságát főleg a gerinc, a külháj alsó része, a fedélzet és a hosszmercvítők adják; hosszirányú merevséget biztosít ezeken kívül a gerincmercvítő, az uszonysekrény, a hosszbordák, a dörzsléc, nyíláskeret, a habléc és a kajütoldal.

A hajók harántirányú szilárdságát a tükör, a bordázat, fenékbordák, a külháj, a fedélzet, a fedélzetgerendák, az ülések és a kajüttető adják meg.

A hajók egy része, különösen a vitorlások, erős csavaróigénybevételnek vannak kitéve. A csavarónyomatékot a vitorla döntő nyomatókából és a hajó stabilizáló nyomatókából (ballaszt, formastabilitás) összetevődő erőpár okozza. A hajótestnek ellen kell állnia a csavarónyomatéknak, s ehhez szükséges a nagy harántirányú merevség. A hullámjárás — dinamikus hatásával — a hossz- és harántirányú igénybevételt még fokozza. Különösen nagy az igénybevétel vitorlásoknál az árboc körzetében, ezért itt a bordák számát sűrítjük, s a fenékmerevítőket és fedélzeti bordákat erősebbre készítjük.

A hajótest minden egyes alkatrészének megvan a maga különleges szerepe. Hogy ezt teljesítse, szükséges, hogy ezek egymással szegezéssel, csavarozással, ragasztással szilárdan össze legyenek kapcsolva, és mint egy egész, úgy viselkedjenek. Nem megfelelő összeépítés esetén, az állandóan változó igénybevételek hamarosan lazulásokra, a hajótest merevségének csökkenésére, s ezzel együtt tömitetlenségekre vezetnek.

5. Műhelyrajzok készítése, rajzpadlási munka

A hajótest megépítéséhez, ill. a merev váz elkészítéséhez szükségünk van a bordametszetek természetes, azaz 1:1 méretarányú rajzára. Ezért a vonalrajzban többnyire 1:10 méretarányban ábrázolt bordametszeteket fel kell nagyítani. Nagyobb üzemben — különösen nagyobb egységek készítésénél — ezt a munkát a rajzpadláson végzik, melynek padlózatán nemcsak a bordametszetek valódi nagyságát, hanem a teljes vonalrajz 1:1 méretű rajzát is elkészítik, kiküszöbölve ezzel a kicsinyített léptékű vonalrajz elkerülhetetlen pontatlanságait.

Kisebb hajóknál — amennyiben a vonalrajz pontos — elegendő a bordametszetek természetes nagyságban való felrajzolása. Ehhez, a hajó méreteitől függően, elegendő egy nagy rajztábla vagy rétegeltlemez. Rajzpapírra csak akkor rajzolhatunk, ha a klíma lényegesen nem változik, a papír ugyanis a klíma változásával méreteit gyorsan változtatja, s ez az építésnél pontatlanságokat okozhat.

Az 1:1 méretű rajzok méreteit többnyire nem mérjük át közvetlenül a vonalrajzról, hanem a szerkesztő előbb a vonalrajzról egy mérettáblázatot készít, amely bizonyos mértékig rögzíti a hajó alakját. A mérettáblázat alapján készítjük el azután a műhelyrajzot. A mérettáblázat (6. táblázat) tartalmazza a bordametszeteknek a szerkesztési vízvonaltól vagy egy alaponaltól, továbbá a hajóközépvonaltól mért összes magassági és szélességi méreteit.

Mérettáblázat*

A méret helye	Bordametszet								
	0	1	2	3	4	5	6	7	7 1/2
Gerincmagasság CWL-től mérve	72	-25	-91	-13,2	-19	-13,2	-10	-52	
Fedélzetmagasság CWL-től mérve	387	375	370	373	386	400	425	455	474
Fedélzetszélesség	500	598	675	715	705	643	495	225	
Gerincszélesség	27	30	37	40	42	35	25	16	
WL1	—	—	—	365	337	185	30	—	
WL2	—	—	400	544	495	345	155	21	
WL3	—	254	533	606	575	447	527	52	
WL4	275	519	611	661	641	551	379	110	
WL5	451	561	647	690	673	591	433	158	
WL6	485	589	666	706	694	620	465	186	
a) CWL-től mérve	109	11	-61	-104	-101	-60	39	—	
b) CWL-től mérve	—	185	19	-41	-20	102	—	—	
I.	552	661	748	796	771	693	549	266	

* A megadott méretek (mm-ben) a külhøj külsejére vonatkoznak. A bordametszetek felrakásakor a külhøj vastagsága levonandó.

továbbá a bordáknak a függőleges metszésvonalakkal és ferde metszősíkokkal való metszéspontjainak hosszát. Meg szoktuk adni ezen kívül a gerinc szélességének az illető borda mentén való méretét, az orrtőke, valamint a tükör méretpontjait. Ezeket az értékeket a mérettáblázatban valódi ($M = 1:1$) értékben tüntetjük föl.

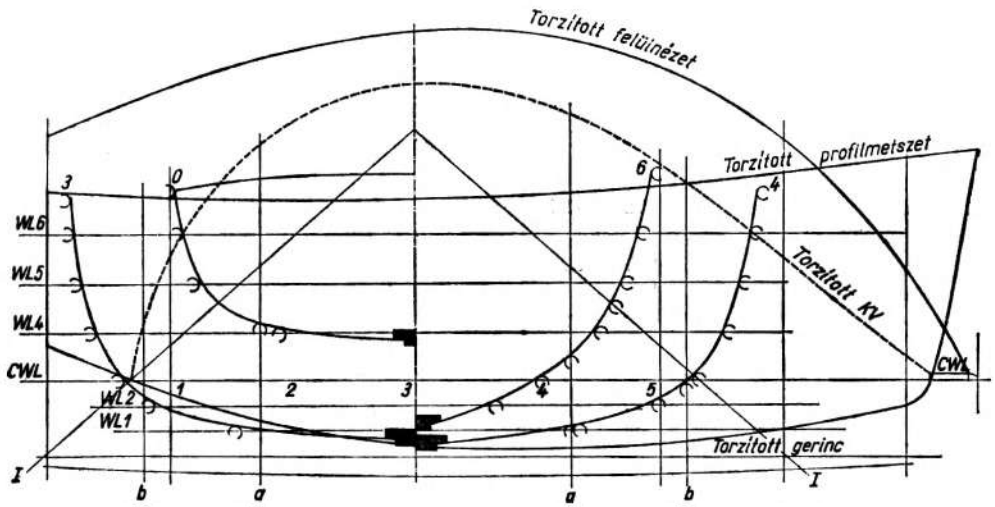
A bordametszetek valódi nagyságban való megszerkesztésekor első dolog a hálózat felrajzolása nagyított léptékben, amelyet pontosan, igen gondosan kell elkészíteni. A vízvonalak egymástól való távolságát mindkét oldalon felmérjük. A mérésre acélszalagot használunk.

A hálózatra felvisszük a mérettáblázat valódi nagyságban megadott adatait, s az így nyert pontokat hajlékony léccel összekötjük (71. ábra). Az eltéréseket a léccel harmonikus hajlása korrigálja. Amennyiben az eltérés valahol 8...10 mm-nél nagyobb, akkor a mérettáblázatot és vonalrajzot le kell ellenőrizni, s ha szükséges, ki kell korrigálni. A mérettáblázatot a korrigált bordametszetrájj alapján kijavítjuk.

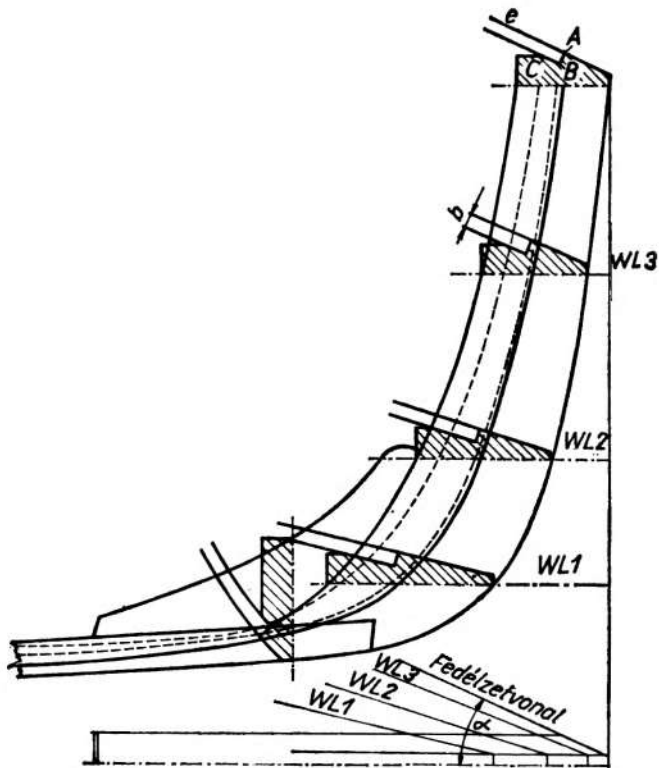
Fahajóknál a bordametszetek vonalának meghúzása előtt levonjuk a palánkvastagságot, mert a vonalrajz mindig a külhøj külsejére vonatkozik. Ezt úgy végezzük, hogy a mérettáblázat alapján felvitt minden egyes pontból a palánkvastagságnak megfelelő sugarú körívet húzunk, s ezekhez rajzolunk a hajlékony léccel érintőt, ez adja meg a bordametszet palánkvastagsággal kibebírt alakját.

A bordametszet rajzába berajzoljuk a gerinc metszeteit is, s ennek alapján készítjük el a gerinc kidolgozására alkalmas sablonokat.

A bordametszet rajzának pontosságát növelhetjük (a rajzpadlási munkát pótoljuk), ha a bordák főbb pontjainak kiszervezése céljából a gerinc, a



71. ábra. Bordametszetek műhelyrajza



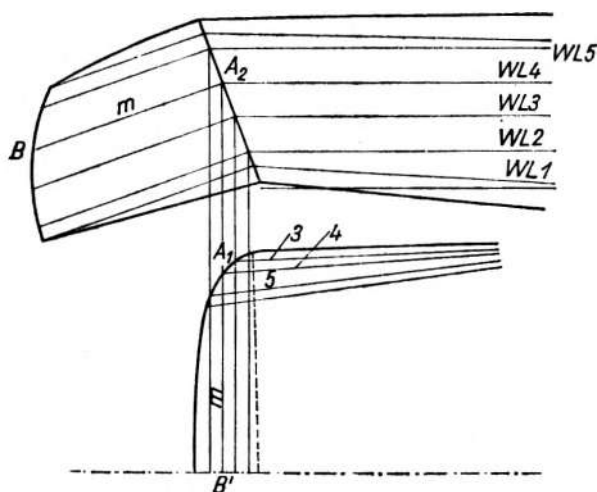
72. ábra. Orrtőke műhelyrajza

fedélzet, a szerkesztési vízvonál — sarkos hajóknál a sarokél — vonalát *torzított léptékben* ábrázoljuk. A torzított léptéket a hajószerkesztés egyéb területein is sikerrel alkalmazzuk. A szélességi és magassági méreteket 1:1, a hossz-méreteket pedig olyan méretarányban ábrázoljuk, hogy a hajó hossza a rajzlapon, ill. rajztáblán elférjen. Ha pl. 6 m hosszú hajó rajzát készítjük, s a rajztáblánk 2 m-es, akkor a hossz méretarányát 1:3-ra választjuk.

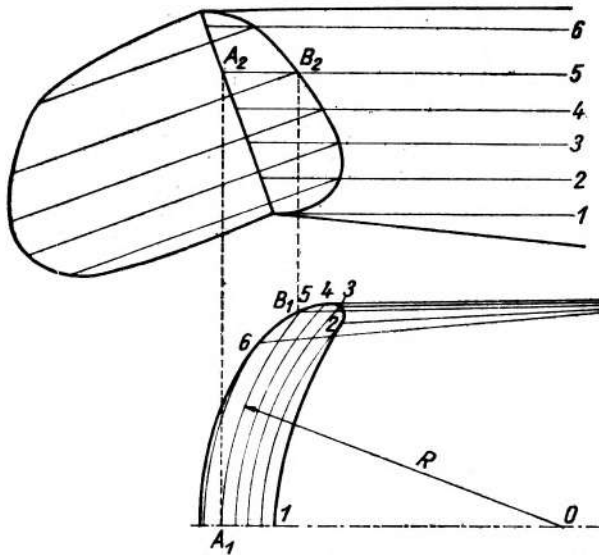
Orrtőke műhelyrajzát, amely valódi nagyságú rajz, általában a bordametszetekével együtt készítjük, mert annak hálózatát itt felhasználhatjuk. Az orrtőke körvonalának és felülnézetének felrajzolása után berajzoljuk az *aljazás* külső vonalát, amit meghosszabbítunk a 2 bordáig. Ezután minden vízvonál mentén elkészítjük az orrtőke *vízszintes metszeteit* (72. ábra). Először a fedélzet melletti legfelső metszetet rajzoljuk meg, segítségül véve a fedélzeti görbülethez az orrtőke mellett húzott érintőnek a hajóközépvonallal bezárt szögét (az ábrán α). Ez az α szög, amellyel a palánk befut az orrtőke A -val jelölt pontjába. Ebben a pontban az e érintőegyenestre merőlegest húzunk, amire rámérjük a b palánkvastagságot; az így kapott B pontból párhuzamost húzva az érintővel, kimetsszük az orrtőkén a C pontot, s ezzel a metszetet el is készítettük. Ezt az eljárást megismételjük minden vízvonalnál. Alul, ahol a vízszintes metszetek már túl élesek lennének, a gerincmetszetekhez hasonlóan *függőleges metszeteket* készítünk. A palánk orrtőkébe való befutásának irányát itt a bordák végéhez húzott érintőnek a függőlegessel bezárt szöge határozza meg. A B és C pontokat visszaforgatva a második képsíkba, azaz az orrtőke oldalnézetébe, azokat folytonos vonallal kötjük össze, amely pontos szerkesztés esetén harmonikus és törésmentes.

Ferde tükör valódi nagyságának kiszerkesztése. A ferde tükrök valódi mérete és alakja a bordametszetrajzban kiszerkesztettől különbözik. Megrajzolásakor a vonalrajz hosszmetsetén a tükör és vízvonalak A_2 metszéspontját levetítjük az első képre. Ahol ezek az egyenesek a vízvonalakat metszik, ott lesz a tükör felülnézetének egy-egy A_1 pontja, melyeket folytonos vonallal összekötünk (73. ábra).

A tükör felének *valódi nagyságát* a második képen szerkesztjük meg. Ennek során a ferde tükör vonalának a vízvonalakkal való metszéspontjából



73. ábra. Ferde tükör valódi nagyságának kiszerkesztése



74. ábra. Ívelt tükör
kiszerveztése

a tükörrre merőlegeseket húzunk, s ezekre sorba rámérjük az első képből a vízvonalak és tükör metszéspontjainak a középvonaltól való m távolságát. Az így kapott pontokat folytonos vonallal kötjük össze.

Hasonlóképpen szerkesztjük meg egy *ferde és ívelt tükör* körvonalát és valódi nagyságát, ill. kiterítését, aminek főleg fémhajók készítésekor van jelentősége (74. ábra). A tükörnek a vízszintes síkokkal, azaz a vízvonalakkal alkotott metszései mindig *körvonalak*, melyeknek közös középpontjuk van. A második képen a tükörnek a vízvonallal való A_2 metszéspontját a felületen a hajó középvonalára vetítve kimetszi az A_1 pontot; O pontból az A_1 ponton keresztül húzott körív a tükörnek a vízvonallal való metszete. Ez a vízvonalat a B_1 pontban metszi, amit fölvetítve a második kép vízvonalára, megkapjuk a B_2 pontot, amely a tükör egyik szélső pontja. A tükör valódi nagyságát a 73. ábrán látottakhoz hasonló módon szerkesztjük meg, azzal a különbséggel, hogy a tükör középvonalára merőleges egyenesekre most a körívek hosszát mérjük rá.

II.

Kishajók építése

A) KISHAJÓK ÉPÍTŐANYAGAI ÉS ESZKÖZEI

A hajók építőanyagai: fa, acél, könnyűfém, beton és műanyagok. Szerelvények, csavarok, szegecsek készítésére felhasználjuk ezeken kívül a sárgarezet és bronzot. Az ólomból, öntöttvasból és betonból pedig ballasztot készítünk. Az építőanyagoktól megfelelő szilárdságon kívül szívósságot, rugalmasságot, könnyű megmunkálhatóságot és korrózióval szembeni ellenállást, azaz tartósságot követelünk.

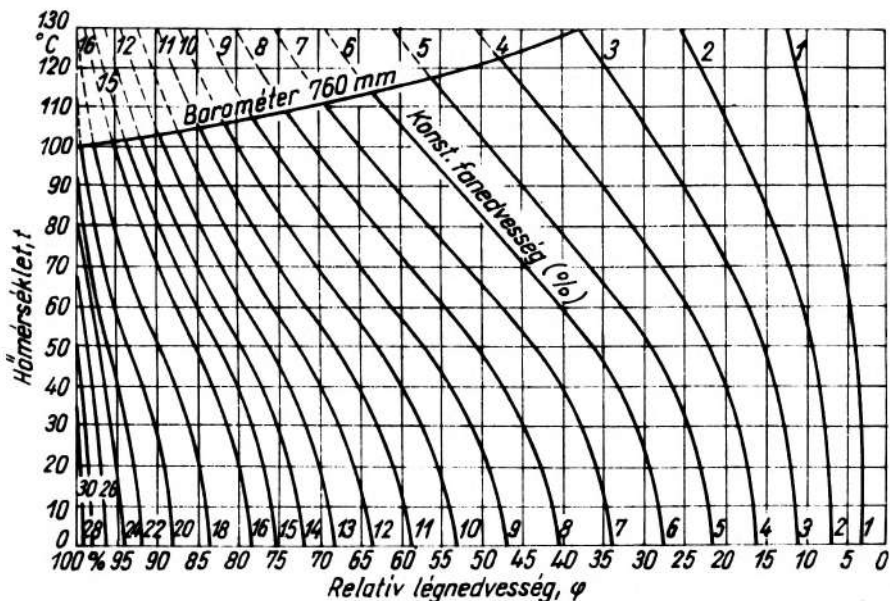
I. Faanyagok

A hajóépítésben legrégebben használt anyag a *fa*. Minthogy a fa aránylag könnyen megmunkálható, érthető, hogy a kishajóépítésben is mindig előszeretettel használták. Ma is, amikor az acél, a könnyűfémek és a műanyagok használata a hajóépítésben mind jobban előtérbe kerül, a fát — legalábbis egyelőre — nem lehet teljesen nélkülözni.

A fát sok jó tulajdonsága teszi a kishajóépítés számára alkalmassá: könnyű, könnyen megmunkálható, jól hajlítható, jó hő- és hangszigetelő, nagy rugalmasságánál fogva lokális igénybevételekkel szemben ellenálló, jól ragasztható, a festék jól tapad hozzá. *Hátrányai*: a különböző fahibák, nedvszívás, s az ezzel kapcsolatos zsugorodás és dagadás. A fa állandó gondozást, festést, lakkozást kíván, különben rövid élettartamú. Azok a farészek mennek tönkre leghamarább, amelyek váltakozva érintkeznek vízzel és levegővel.

A faanyagokat *jellemző tulajdonságok*: a *fa színe, rajza, fénye, finomsága, keménysége, fajsúlya*. A fa színe és rajza, a finomság és keménység egy-egy fafajtára jellemző, a fajsúly azonban egy-egy fafajtán belül is változó (változik a fa szövetszerkezetétől és nedvességtartalmától függően). A fajsúlyt vagy a teljesen száraz, vagy a légszáraz (15%) nedvességtartalomra vonatkoztatjuk. A hajóépítésben alkalmazott faanyagok légszáraz állapotban mért fajsúlyát a 7. táblázat tartalmazza.

A fa nedvszívó, s így képes felvenni a levegő nedvességét. A *nedvszívóképesség* a fa leghátrányosabb tulajdonsága, mert ez okozza zsugorodását és dagadását. A *fa nedvességtartalma* a levegő relatív nedvességének és hőmérsékletének függvénye. A levegő relatív nedvessége és hőmérséklete, valamint a



75. ábra. A fa higroszkopikus egyensúlya

fanedvesség közötti összefüggést (a *fa higroszkopikus egyensúlyát*) a 75. ábrán látható diagram ábrázolja.

Minél nagyobb a levegő relatív nedvessége és minél kisebb a hőmérséklete, annál nagyobb a *fanedvesség*. A fa addig vesz fel vagy ad le vizet, amíg nedveségtartalma a mindenkori levegőnedvesség – hőmérséklet – és fanedvesség egyensúlyi helyzetének megfelel.

A fa nedveségtartalmát mindig a *fa abszolút száraz súlyához* viszonyítjuk. Az abszolút száraz fa súlyához viszonyított (nettó százalék) *u nedveségtartalom* az alábbi képlettel fejezhető ki:

$$u = \frac{G_e - G_0}{G_e} 100\%.$$

ahol G_e a nedves fa súlya,

G_0 pedig az abszolút száraz fa súlya.

A kiszáritást 103...105 °C-on elektromosan fűtött szárítóban végezzük.

Az ellenállásmérésen alapuló *elektromos fanedvességmérők* a fanedvesség gyors meghatározására alkalmasak, pontosságuk azonban csak 2...3%.

A *zsugorodás* és *dagadás* mértéke különböző; függ a nedveségtartalmától a fafajától és a rostiránytól. Általában mennél nagyobb a fa fajsúlya, annál nagyobb a zsugorodása. A fa méretváltozása a fa három főirányában különböző. Ez a jelenség a fa *anizotrop* szerkezetéből következik.

A fa három főiránya (76. ábra):

1. a hosszirány vagy rostirány (erre merőleges metszet a *bütüs metszet*),
2. a sugárirány és
3. a húrirány.



76. ábra. A fa három főiránya

Egyes fák бүтүс metszetén látható belső sötétebb mag a fa *gesztje*, a külső világosabb rész a *szijács*. A geszt mindig értékesebb, mert szilárdabb, tartósabb, kevesebb nedvességet tartalmaz, s kevésbé zsugorodik, mint a szijács. A zsugorodás legkisebb a fa rostirányában, legnagyobb hűrirányban; a sugárirányú zsugorodás a hűrirányúnak körülbelül a fele. A rostirányú zsugorodás olyan kicsi, hogy a legtöbb szerkezetnél nem játszik szerepet. A különböző ipari fák zsugorodását ugyancsak a 7. táblázatból olvashatjuk le.

A faanyagok részére megmunkálás előtt a szükség szerű nedvességtartalmat biztosítani kell. A hajókat nagyon különböző klimatikus viszonyok között használjuk, a vízvonaltól állandóan vízzel érintkeznek, e fölött hol a nap süti, hol a hullám vagy az eső áztatja. A festék- és a lakkbevonat ideig-óráig nyújt csak védelmet. Vízzel való huzamosabb érintkezés vagy hosszú napsütés hatására a fa nedvességtartalma megváltozik. Ha a változás nagyobb mértékű, nedvességfelvételkor a faalkatrészek megdagadnak, nedvességvesztéskor zsugorodnak, esetleg megrepednek, s köztük hézagok keletkeznek.

A fa klimatikus változásokkal kapcsolatos elkerülhetetlen mozgásának szűk határok közé szorítására a vízvonaltól alatti palánkozást légszáraz (15% nedvességtartalmú), a többi alkatrészt 10...12% nedvességtartalmú faanyagból készítjük, s megfelelő védőbevonattal készletetjük a fa nedvességének változását.

A fa szilárdsága. A hajók legtöbb alkatrésze szilárdságilag erősen igénybe van véve, ezért szerkezeti részek készítésére csak jóminőségű, nagy szilárdságú, I. osztályú vagy osztályon felüli faanyag használható. A fa rostos szerkezetű, nem homogén anyag, szilárdsága ezért a fa különböző főirányaiban nem azonos.

A hajóalkatrészek legnagyobb része hajlításra, kisebb részben húzásra és nyírásra van igénybevéve. A *szilárdság mérőszáma* a faanyag elszakításakor vagy hajlítás okozta töréskor, ill. egyéb igénybevétel esetén a *felületegységben keletkező feszültség*; mérőszáma kp/cm^2 . A kishajóépítésben alkalmazott faanyagok szilárdsági értékeit a 7. táblázatban találjuk összefoglalva. A hajlítószilárdság mellett igen fontos minőségi jellemzője a faanyagnak az *ütő-törő szilárdság*, ami a fának a dinamikus erőhatásokkal szembeni ellenállását fejezi ki. Minél szívósabb az anyag, annál nagyobb az ütő-törő szilárdsága. A hajók igen sok alkatrészétől megfelelő rugalmasságot is megkövetelünk.

Ha a fa a hajlítóerő megszűnte után is megtartja meghajlott alakját,

Faanyagok fizikai és szilárdsági jellemzői

Faanyag	Faj- súly kp/dm ³	Nyomó- szilárdság kp/cm ²	Szakító- szilárdság kp/cm ²	Hajlítási- szilárdság kp/cm ²	Nyíró- szilárdság kp/cm ²	Ütő-, hajlító munka mkp/ /cm ²	Zaugorodás, %		
							húr- irányú	sugár- irányú	térfo- gati
Lucfenyő	0,47	430	900	600	66	0,5	7,8	3,6	12
Jegenyefenyő	0,45	400	840	620	51	0,6	7,6	3,8	11,7
Erdeifenyő	0,52	470	1040	870	100	0,7	7,7	4,0	12,4
Vörösfenyő	0,59	470	1070	960	90	0,7	7,8	3,3	11,8
Douglas (Oregon) fenyő	0,60	400	1050	700	75	0,60	7,9	4,4	13
Sitka fenyő (spruce)	0,45	320	680	630	150	0,50	7,5	4,3	12,6
Tölgyfa	0,70	540	900	940	110	0,75	7,8	4,0	13,6
Kőrisfa	0,72	480	1600	1020	128	0,70	8,0	5,0	13,6
Szilfa	0,68	470	800	720	70	0,60	8,3	4,6	13,8
Akác	0,77	590	1480	1200	160	1,14	5,8	3,9	10,1
Bükk	0,73	530	1300	1050	50	0,8	11,8	5,8	17,6
Gyertyán	0,83	660	1350	1300	85	0,82	11,5	6,8	19,7
Dió	0,68	580	1000	1190	70	0,95	7,5	5,4	13,9
Hárs	0,50	470	870	920	50	0,52	9,1	5,5	15,6
Fehér nyár	0,79	340	620	550	66	0,5	7,1	3,0	11,0
Nyír	0,65	430	1370	1250	120	1,0	7,8	5,3	14,2
Sapeli mahagóni	0,80	520	980	930	75	0,6	5,1	3,2	8,4
Kuba mahagóni	0,60	490	1100	950	80	0,53	5,1	3,2	8,4
Tabasco mahagóni	0,64	410	820	840	60	0,50	5,3	3,3	8,8
Okumé (Gabun)	0,34	160	250	250	30	0,2	6,6	4,1	10,9
Cedrela	0,48	390	460	480	27	0,2	9,3	3,8	13,8
Teak	0,68	580	1200	1200	90	0,60	5,5	2,9	9,1
Pockfa	1,10	1056	1200	1300	80	0,33	9,3	5,6	14,3

akkor hajlítható. Legjobban hajlíthatók a fiatal, sok nedvességet tartalmazó lombosfák, ezek közül is: a kőris, tölgy, bükk, szil, akác és diófa. A szijács mindig jobban hajlítható, mint a geszt. A nedvesség és meleg együttes hatására a fa képlékennyé válik és jobban hajlítható.

Méretezéskor a fa göcsösségére, esetlegesen ferde szálirányára, s a repedésekre való tekintettel a fa legnagyobb szilárdságánál kisebb értékeket engedünk meg. Faszervezeteknél a biztonsági tényező általában 10; miután a hajóépítőipar válogatott, jóminőségű anyaggal dolgozik, a biztonsági tényező 5-re, sőt versenyhajóknál, ahol a lehető legnagyobb súlycsökkentésre kell törekedni, 3-ra csökkenthető.

A méretezéskor figyelembe kell venni az *anyag kifáradását*, amikor az anyag hosszabb használat után a rá jellemző szilárdsági értéknél lényegesen alacsonyabb igénybevételnél törik. Ilyen fárasztó igénybevételnek vannak kitéve az evezők, árbocok és kormányok. A kifáradt faanyag törési felülete sima, nem szálkás.

Fahibák és betegségek. A főbb fahibák: a *göcsök* (benőtt és kieső), *repedés*, csavarodott növésből eredő *kajszulás*, *ferde szálirány*. Betegségek: *gombásodás* (fülledés) és *rovarrágás*.

A göcsök — miután megbontják a fa szálirányát — csökkentik a szilárdságát. Kisebb méretű benőtt göcsöt tartalmazó faanyag a legtöbb helyen felhasználható, a kieső göcsöket azonban ki kell fűrni és helyüket azonos fajtajú és rostirányú fadugóval befoltozni. Hogy hol és milyen méretű göcsöket engedhetünk meg, az az illető alkatrész szerepétől és igénybevételétől függ, pl. evezőknel legfeljebb 5 mm-es, árbocoknál 10 mm-es benőtt göcsök a megengedettek.

Repedt faanyag sem palánk, sem pedig szilárdságilag igénybevett helyen nem használható fel, legfeljebb vásznazott fedélzet készítésére alkalmas.

A fa rostiránya ritkán teljesen egyenes. Nagyobb mértékű ferdeség hajlításra igénybevett alkatrészeknél töréshez vezet. Különösen árbocok, evezők, hajógerinc, hosszmerítők és bordák készítésére használjuk az egyenes szálú faanyagot.

Gombás, fülledt fát a hajóépítésben semmilyen célra nem szabad felhasználni. A gombásodott fa elszíneződött, és erről felismerhető. A vöröscsíkos fenyőfa fülledt, ezért hajóba nem építhető be, a kékcsíkos erdei fenyőt azonban felhasználhatjuk, mert az ilyen fa szilárdsága nem csökkent.

Mint már mondtuk, a fák gesztje értékesebb és tartósabb, mint a szijácsa, a kőrisfának viszont a szijácsa az értékes, mert rugalmasabb. A tölgyfa szijácsát egyáltalán nem szabad felhasználni, mert a szijácsbogár elpusztítja.

A faanyagokat felhasználás előtt ki kell szárítani. A természetes szárítás hosszadalmas, s csak légszáraz állapotra lehet vele a fát kiszárítani. Mesterséges szárítással a fát tetszőleges nedvességi fokra száríthatjuk.

A kishajóépítésben használt fafajták. A kishajóépítésben főleg tűlevelű és lombosfákat használunk fel, és pedig ahol nagy szilárdság kívánatos, ott kemény lombosfákat, ahol pedig kis súlyra és nagy rugalmasságra törekszünk, ott tűlevelűeket.

A fontosabb hazai és külföldi fafajták:

Lucfenyő. Sárgásfehér színű színfa, amely gyantát tartalmaz. Könnyű, jól hasad, rugalmas és elég tartós. Alkalmas külháj, fedélzet, hosszmerítők, árboc, vitorlarúd, evező, evezőshajók gerince, padlók készítésére.

Jegenyefenyő. Sárgásfehér színű szífa, gyantamentes, könnyű, rugalmas, a lucfenyőnél kevésbé tartós, gyakran csavarodottan nő és vetemedik. Felhasználását a hajóépítésben lehetőleg kerüljük.

Erdei- (borovi) fenyő. Gyantatartalmú gesztfa. Szijácsa sárga, gesztje vörösesbarna. A lucfenyőnél nagyobb szilárdságú és lényegesen tartósabb, de kevésbé rugalmas. Alkalmas külháj, gerinc, padló készítésére.

Vörösfenyő. Gyantatartalmú gesztfa, vörösesbarna gesztje cersavat tartalmaz. Az európai fenyőfajták közül a legtartósabb. Felhasználható külháj, gerinc, fedélzet készítésére.

Oregon fenyő (Douglas fenyő). Észak-Amerikából származó, gyantatartalmú gesztfa. Vöröses színű, nagy szilárdságú, jól megmunkálható, egyenes szálú. Széles, göcsmentes pallók formájában kerül a kereskedelembe. Alkalmas külháj, fedélzet, fedélzeti bordák, árboc és vitorlarúd készítésére.

Spruce (Sitka fenyő), másnéven *kanadai lucfenyő.* Rózsaszínes árnyalatú, gyantatartalmú, könnyű, szívós, igen rugalmas, hosszú rostú fenyőfajta. Igen alkalmas evezők, árbocok, hosszmerítők, evezőcsónakok gerincének készítésére. Ára magas, ezért csak versenyhajók készítéséhez használják.

Tölgyfa. Többféle fajtája van, melyek szövetfelépítés, fajsúly és szilárdság, valamint tartósság szempontjából különböznek egymástól. Gesztfa, gesztje barna, cersav-tartalmú, igen tartós. Szijácsa piszkossárga, műszaki célra nem használható fel. Szilárd, rugalmas, jól hajlítható. A széles évgyűrűjű fa puhább, könnyebben megmunkálható, de nem olyan tartós, mint a keskeny évgyűrűjű kemény fajta. A cersavtartalom a fa tartósságát növeli, ugyanakkor azonban a fával érintkező vas rozsdásodását elősegíti. A vascavarok a tölgyfában tönkremennek, ugyanakkor körülöttük üregek keletkeznek és a csavar nem tart a fában. A tölgyfa alkalmas a legtöbb hajóalkatrész készítésére, de általában ott alkalmazzuk, ahol nagy szilárdságú, tartós alkatrészre van szükség, így pl. gerinc, orrtőke, tükör, bordák, külháj, fenékmerítők, fedélzeti borda, dörzsléc, uszonysekrény.

Kőrisfa. Szijácsa sárgásfehér, gesztje világosbarna. Szilárd, rugalmas, jól hajlítható, csak szárazon tartós. Felhasználjuk fűrészelt és hajlított bordák, orrtőke, fartőke, tükör, kormányrúd, dörzslécek készítésére.

Szilfa. Gesztfa, szijácsa sárgás, gesztje barna. Szilárd, szívós, víz alatt tartós, azonban vízzel és levegővel váltakozva érintkezve — akárcsak a kőris — nem nagy élettartamú. Alkalmas bordázat, fedélzetbordák készítésére.

Akácfa. Középnéhez gesztfa, keskeny szijácsa piszkossárga, gesztje zöldesbarna. Igen szívós, szilárd, jól hajlítható, rendkívül tartós. Főleg hajlított bordák és fenékmerítők készítésére használják.

Bükkfa. Középnéhez szijácsfa. Színe fehéressárga, gőzölve vörösesbarna. Finomrostú, szilárd, jól hajlítható, de nem tartós fa. A hajóépítésben a bükkfa felhasználását kerüljük. Összerakható kajakok rétegelve ragasztott alkatrészei és alárendelt, vízzel nem érintkező alkatrészek készíthetők belőle.

Mahagoni. Sok fajtája van, melyeket a kishajóépítésben előszeretettel használnak, nemcsak szép színe és rajza, hanem kiváló műszaki tulajdonságai miatt is. A mahagoni fák az ismert fafajták közül a legkevesbé zsugorodnak, ill. dagadnak, szilárdak és tartósak. Gesztfák, s a geszt színe a fajtától függően világosabb, sötétebb vörösesbarna. Legkiválóbb minőségű a Közép-Amerikából származó *Honduras* és *Tabasco* mahagoni. Ezek fajsúlya kisebb, s megmunkálásuk könnyebb, mint a nálunk elsősorban felhasznált és Nyugat-Afrikából származó *Sapeli* mahagonié. Ez utóbbi igen szép színű és rajzú, de nagy

fajsúlyú, s nehezebben megmunkálható. A mahagoni fákhoz hasonló, de kevésbé értékes a *Moabi* és *Sipo* mahagoni. A mahagoni — a bordák kivételével — a hajó összes alkatrészeinek készítésére felhasználható, mégis elsősorban a hajók külháját, a kajüt alkatrészeit és a belső berendezést készítik belőle.

Az *afrikai körte* (*makoré*) a mahagonihoz hasonló színű, erősen rajzos fa, rostjai össze-vissza nőttek, ezért nehezen megmunkálható, mert rostjai kiszakadnak. Külháj készítésére alkalmas, kevésbé értékes exota.

Okumé (*Gabun*). Nyugat-Afrikából származó gesztfa. Szíjácsa szürkés-sárga, gesztje rózsaszínű. Könnyű, puha, kis szilárdságú, kissé szívacsos szerkezetű. Nehéz megmunkálni, mert rostjai kiszakadnak. Keveset zsugorodó, s elég tartós fa. Kis fajsúlya, nyugodt természete, s szép színe és rajza miatt igen alkalmas könnyű, kisebb hajók külhájának, s egyéb, szilárdságilag kevésbé igénybevett alkatrészeinek készítésére. A belőle készített vízálló rétegeltlemez mind külháj, mind fedélzet készítésére kiválóan alkalmas.

Cedrela. A helytelenül cédrusfának nevezett cedrela Közép-Amerikából származó lombosfa. Könnyű, puha, illatos, jól megmunkálható, kis szilárdságú, tartós fa. Finomabb evezőscsónakok és kisebb uszonyos vitorlások külháját készítik belőle. Legértékesebb a Hondurashól és Kubából származó cedrela.

Teakfa. Kelet-Indiából származó sötétbarna színű, nehéz, kemény, igen szilárd, nehezen megmunkálható, igen tartós fa. Külháj, fedélzet, felépítmény, s általában minden erősen igénybevett hajóalkatrész készítésére alkalmas, a hajlított bordák kivételével. Legértékesebb a *Moulmein*, *Burma* és *Jáva teak*.

A tömör fűrészáru mellett a *rétegeltlemez*t és a *farostlemez*t is felhasználjuk hajóépítésre.

A *rétegelt falemez* egymás rostirányára merőlegesen összeragasztott *furnér-retegekből* áll, melyek a középréteghez mindig szimmetrikusan helyezkednek el és páratlan számúak. Megkülönböztetünk *hossz-* és *keresztzsalú lemez*t. A lemez hosszát a külső borítófurnér rostirányában mérjük. Ugyanazon vastagság mellett mennél nagyobb a furnérrétegek száma, annál homogénebb és annál értékesebb a lemez.

A hajóépítésre alkalmas lemezek anyaga: mahagoni, okumé, cedrela nyír, erdei-fenyő, oregon fenyő. A bükkfa — jóllehet a faiparban felhasználásra kerülő rétegeltlemezek legnagyobb része bükkfából készül — említett rossz tulajdonságai miatt hajóépítésre kevésbé alkalmas. Rétegeltlemezből a hajók külháját, fedélzetét és belső berendezését készíthetjük. Csak főzésálló — fenol, resorcin vagy melamin — ragasztóanyaggal készített lemezek használhatók, mert a szokványos vízálló ragasztású lemez rétegei huzamosabb ideig a vízzel érintkezve szétválnak, a víz a furnérok közé hatol, s a lemez kipúposodik.

A rétegeltlemez szilárdsága minden irányban közel azonos, s nagy felületek boríthatók be vele, ezért sarkos hajók külhájának készítésére igen alkalmasak. Általában 10 mm vastag tömör keményfa fűrészáru helyett 6 mm-es rétegeltlemez megfelelő. A kishajóépítésben 4...18 mm vastag lemezeket használunk.

A *farostlemez*ek — ha korlátolt mértékben is — alkalmasak hajóépítésre. Kisebb értékű hajók külháját, fedélzetét készíthetjük farostlemezből. Erre alkalmas az a kemény vagy extrakemény lemez, amelynek hajlítószilárdsága legalább 500 kp/cm², s vízfelvétele 24 óra alatt nem több 15%-nál. Nagyobb a szilárdsága és kisebb a vízfelvétele az ún. *olajedzett farostlemez*nek. A kemény farostlemez fajsúlya 1000 kp/m³ körül van. 3...6 mm vastagságú, 2,5...5 m

hosszú táblákban állítják elő. A jó minőségű farostlemez törési felülete határozott, s nem lehet rétegesen elváló.

A farostlemezről készített külhéjakat igen gondosan jó minőségű lakkal vonjuk be, s annak esetleges sérülését vagy kopását azonnal ki kell javítani, hogy a víznek a lemezhez való jutását megakadályozzuk.

2. Fémek

A fémek közül az *acélt* és az *alumíniumötvözeteket* használjuk hajótestek készítésére, lemezek és hengerelt, ill. sajtolt idomok alakjában. Amíg a hagyományos eljárással készült fahajóknál a kötések a hajótestet terhelő erőknél csak egy tört részét tudják továbbítani, addig fémhajóknál szegecseléssel 80...90%, hegesztéssel majdnem 100% erőátvitel érhető el.

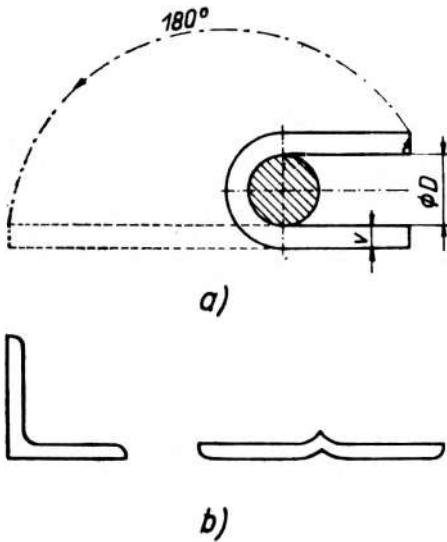
a) Acélok

Az *acél* több mint tízszer nehezebb a fánál. A folytacél átlagos szakítószilárdsága 4500 kp/cm², míg a tölgyfáé csak 500 kp/cm². A hajlítószilárdságot tekintve a fa helyzete viszonylag kedvezőbb, mert pl. a tölgyfa átlagos hajlítószilárdsága 900 kp/cm². Ha azt akarjuk, hogy az acélhajó a fahajóval egyenlő súlyú legyen, akkor a külháj vastagságát a fahajó palánkvastagságának 1/10-ére véve, ez egy 8 m-es hajónál 20 mm helyet 2 mm-es lemezvastagságot jelent. Az ilyen hajó bár végeredményben nagyobb szilárdságú, kisebb viszont az ún. *lokális szilárdsága*, s ha a hajó pl. partnak ütődik, behorpad, míg a fahajó nagyobb rugalmassága miatt nem sérül meg. Az acélhajó héjalását tehát vastagabbra kell tervezni.

Az acél előnye, hogy szervesetlen anyag lévén — a hőtágulástól eltekintve —, nincs alávetve semmilyen változásnak. A hőtágulása is egyenlő minden irányban, és pedig 1 m hosszon, 1 °C hőmérsékletkülönbségnél 0,012 mm. Az acél további előnyei: a jól megépített acélhajó mindig tömített, a vízmentes válaszfalak sokkal könnyebben elkészíthetők acélból, mint fából. Az acél hátrányai főleg a megmunkálásban mutatkoznak. Egy fahajónál sokkal könnyebb sima felületet elérni, mert gyalulással, csiszolással könnyű a külháj vagy a fedélzet egyenetlenségeit eltüntetni. A lemezek alakítása körülményes és nagy szaktudást igényel, mert majd minden lemezt két irányban is kell hajtani. A lemezek toldásakor szegecseléssel csak nagy munka- és anyag-többlettel nyerhetünk sima külhajat, hegesztéskor pedig a vékony lemez könnyen vetemedik és hullámosodik. Nagy hátránya az acélnek nagy hő- és hangvezetőképessége, valamint rozsdásodása. Acélnál — amennyiben az nincs tökéletesen megvédve — a korrózió következtében a falvastagság állandóan csökken. Vékony külháj esetén ez a veszteség — százalékosan — aránytalanul nagyobb, mint vastagabb lemezeknél, éppen ezért a kishajóknál sokkal komolyabb korrózióvédelem és állandó ellenőrzés szükséges.

A hajóépítő lemezek és idomacélok alkalmasságát *hajlítási próbával* vizsgáljuk. E célból lemeztünk a lemezből egy legalább 50 mm széles szeletet s azt hideg állapotban háromszoros vastagságú tüskére 180° alatt ráhajlítjuk (77a ábra). A hajlítás után nem szabad a lemezen repedésnek mutatkoznia. Az idomacélokat először hidegen ellapítjuk, majd az így keletkezett lapos acélt

77. ábra. Hajóépítő lemez- és idomacél vizsgálata



a lemezhez hasonló módon tüskére hajlítjuk (77b ábra). A szegecsanyagok szakítószilárdsága $34...47 \text{ kp/cm}^2$; nyúlása $28...30\%$. A szegecsket hidegen rá kell tudni hajlítani egy $0,2 d$ átmérőjű tüskére.

Szerelvények, acélkötelek készítésére rozsdamentes acélt használunk.

b) Könnyűfémek

Az alumínium fajsúlya az acélénak csak kb. $1/3$ -a, a szilárdsága is kisebb, ezért az alumíniumötvözetből készült hajótestek lemezvastagságát az acélénál 50% -kal erősebbre méretezzük. Ha összehasonlítjuk egy 2 mm vastag külhájú, acélból készült hajótest és egy azonos méretű, 3 mm külháj-vastagságú könnyűfém hajótest súlyát, akkor az utóbbi csak fele olyan nehéz, mint az acélból készült hajótest. Ha figyelembe vesszük a könnyűfémek könnyebb megmunkálhatóságát, nagy korrózióállóságát, úgy azokat ideális hajóépítőanyagoknak tekinthetjük.

A tiszta alumínium hajóépítésre nem alkalmas, mert sem szilárdsága, sem pedig korrózióállósága nem kielégítő. Nagyobb szilárdságú és korrózióállóbb az alumíniumnak magnéziummal és szilíciummal alkotott ötvözete. A kishajóépítő-iparban általában jól beváltak az AlMg 3 és AlMg 4,5 alumínium-ötvözetek, amelyekből lemezeket, hengerelt idomokat és szegecsket készítenek.

3. Műanyagok

Hajótestek készítésére üvegszállal erősített poliészter és epoxigyanták alkalmasak, az utóbbit azonban magas ára miatt ritkán alkalmazzák. Kisebb csónakokat készítenek még polietilénből és lágyított PVC-ből is.

A poliészter tulajdonképpen sztiroloban oldott telítetlen poliésztergyanta, amely mint közepes viszkozitású folyadék kerül a kereskedelembe. A hajó-

építésben azokat a fajtáit alkalmazzák, amelyek szobahőmérsékleten keményednek. A keményedés (polimerizáció) katalizátor (edző) és gyorsító hozzáadása után következik be.

A poliészter mechanikai tulajdonságai semmiképpen sem alkalmasak arra, hogy belőle nagy igénybevételnek kitett külhajat és egyéb hajóalkatrészeket készítsünk. Csak az üvegszállal való összekapcsolása után keletkező *laminát* az, ami hajóépítésre megfelel. Az üvegszállal erősített poliészter hajlítószilárdsága az üvegszál mennyiségétől függően 1000...4000 kp/cm², kedvező esetben azonban a 8000 kp/cm²-t is elérheti, tehát meghaladja az acél szilárdságát. A laminát erősítésére felhasználunk *üvegpaplant*, *üvegszövetet* és *rovingot*.

A műanyaghajók készítéséhez felhasználunk különböző festő- és töltőanyagokat is, amelyeket a poliészterbe keverünk, továbbá az ún. kemény habanyagokat (polisztirol, PVC és poliuretán habok), melyeket szendvics-szerkezetekben betétanyagul és légkamrák kitöltéséül alkalmazunk.

4. Segédanyagok

a) Szögek

A *szögezés* a legegyszerűbb és legolcsóbb kötési mód. A szögek félkemény acél-, vörösréz vagy sárgaréz huzalból készülnek, kör- vagy négyzet keresztmetszetűek. A hajóépítésben felhasznált acélszögeket korrózióvédő bevonattal látják el.

A *szög* jellemző méretei a vastagság és hosszúság: vastagságát tized mm-ben, hosszát mm-ben adjuk meg (pl. 20×50 mm). A szög hosszát a megerősítendő fa háromszorosára vesszük, ha az alkatrész mögötti fa nem elég vastag, akkor a szög végét le kell hajlítani. A szög a bütüben jobban tart, mint a facsavar.

b) Szegecsek

A kishajóépítésben a fahajók palánkjainak megerősítésére többnyire réz, ritkábban alumínium szegeceket használunk. 1 mm átmérőn felül a szegecsek négyzet keresztmetszetűek. A szegecsekhez vastagságuktól függő átmérőjű, ugyancsak rézből, ill. alumíniumból készített tárcsák tartoznak. A rézszegecsek és -tárcsák méreteit és 1 kp-ra eső darabszámát a 8. és 9. táblázat tartalmazza.

c) Csavarok

A *facsavar* nemcsak a faalkatrészeket egymáshoz erősítő kötőelem, hanem szerelvények felerősítésére is használják. A csavarozott külháj évről évre növekvő tért hódít a fahajóépítésben. Előnye, hogy a munkaidőt csökkenti, s ha belülről csavarozunk, kívül a csavar helye nem látszik. További előnye a csavarozásnak, hogy az érintkező fafelületekre megfelelő préselőnyomást tudunk gyakorolni.

Részegécsek mérete és súlya

Vastagság mm	Hossz mm	Db/kp	Vastagság mm	Hossz mm	Db/kp
1,0	10	12 000	2,0	75	300
1,0	13	10 000	2,2	45	500
1,0	16	8 000	2,2	55	450
1,0	20	6 000	2,2	65	350
1,5	16	3 500	2,2	75	250
1,6	20	2 000	2,5	45	400
1,6	25	1 600	2,5	55	350
1,6	30	1 400	2,5	65	300
1,6	35	1 300	2,8	40	330
1,6	40	1 100	2,8	45	300
1,6	45	1 000	2,8	55	270
1,6	50	900	2,8	65	240
1,6	55	800	3,1	45	280
1,8	20	1 700	3,1	55	240
1,8	25	1 400	3,1	65	210
1,8	30	1 200	3,1	80	170
1,8	35	1 000	3,4	55	170
1,8	40	900	3,4	80	140
1,8	45	800	3,6	100	85
2,0	40	700	3,8	100	75
2,0	45	640	4,0	60	124
2,0	55	500	4,0	80	90
2,0	65	400	4,0	100	60

9. táblázat

Réz tárcsák átmérője és súlya

Átmérő mm	Db/kp	Átmérő mm	Db/kp	Átmérő mm	Db/kp
5,0	4800	9,5	1600	13,0	950
6,0	3500	10,0	1500	14,0	800
6,5	3200	11,0	1300	16,0	570
8,0	2400	12,5	1000		

A hajóépítő-iparban laposfejű és lencsefejű facsavarokat használunk. A csavar hossza az átmérő 2,5...3-szorosa. Ha bizonyos okok miatt rövidebb csavart kell használni, akkor vastagabb csavart veszünk. A facsavarok szabványos méreteit a 10. táblázat tartalmazza.

A kishajóépítésben acél- és sárgaréz, ritkábban könnyűfém csavarokat használunk. Az acélcsavarokat korrózióvédő bevonattal, horganyzással, kadmiumozással, nikkelezéssel kell ellátni. Lehetőség szerint — legalábbis a víz-vonal alatt — használjunk sárgaréz csavarokat, mert az acélcsavarok galva-

Süllyesztettfejű facsavarok szabványos méretei

Átmérő, (<i>d</i>), mm	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10
Magátmérő, (<i>d_l</i>), mm	1,0	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,4	3,6	4,6	5,2	5,9	7,6
Fejátmérő, (<i>D</i>), mm	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20
A csavarok hossza, mm	7, 10, 12, 15, 18, 22, 26, 30, 40, 45, 50, 60, 70, 85, 100, 120, 135, 150.											

nikus védőbevonata nem tartós, különösen tölgyfában nem. A sárgaréz csavarok átmérője az acélsavarokénál kb. 25%-kal nagyobbra veendő, meghúzásuknál fokozottan vigyázzunk, mert a sárgaréz szilárdsága az acélénál kisebb, annál lényegesen ridegebb, ezért a csavarok a keményfába behajtva könnyen megszakadnak.

d) Acélkötelek

Az acélköteleket az árboc kifeszítésére, uszony, kormány működtetésére és a hajó kikötésére használjuk. A hajlékonyabb kötelek elemi szála vékonyabb. Az acélkötelek elemi szálának szilárdsága 120...200 kp/mm². A kötelek elemi szála horganybevonatú, készítenek azonban különleges köteleket rozsdamentes acélból is. A futó és álló acélkötelek, valamint a kötélhez tartozó kötélkészítők méreteit a 11. táblázat tartalmazza.

Drótkötelek mérete, súlya és szilárdsága

Kötél		Futókötel, 6×12×7		Állókötel, 6×7×1			Drótkötél-feszítő menet-átmérője mm
átmérője mm	súlya kp/m	szakítóereje, kp-ban ha szakítószilárdsága		súlya kp/m	szakítóereje kp-ban, ha szakítószilárdsága		
		130 kp/mm ²	160 kp/mm ²		75 kp/mm ²	130 kp/mm ²	
2,5	0,02	200	250	0,026	190	350	5
3,0	0,03	290	358	0,04	298	520	6
3,5	0,04	460	466	0,048	350	630	8
4,0	0,05	570	700	0,059	470	775	8
4,5	0,06	660	820	0,075	580	1000	8
5,0	0,075	900	1110	0,09	740	1280	10
6,0	0,10	1170	1440	0,14	1030	1800	12
7,0	0,13	1490	1830	0,20	1600	2750	14
8,0	0,19	2030	2260	0,25	1960	3470	14
9,0	0,22	2650	3260	0,30	2480	4280	16
10,0	0,26	3100	3820	0,375	3000	5180	18

e) Kötélek növényi rostokból és műanyagszálakból

Ezeknél a köteleknél a szilárdság megadásakor a bruttó felületet, azaz a külső átmérőből számítható felületet értjük (a nettó felület kisebb, azonban nehezen határozható meg). *Fontosabb növényi rostok*: kender, manila és gyapot (pamut). A *kenderrost* szilárdsága 3500...7000 kp/cm², a *maniláé* 4800...6000 kp/cm², a *pamuté* 3900...4200 kp/cm². A kötél annál jobb, minél hosszabb a kötél anyagát alkotó elemi szál hossza. Az elemi szálakat pászmákká sodorják s ez a sodrás adja a szálak közti kötőerőt, mert a sodrás egymáshoz préseli az elemi szálakat. Az erős sodrás, ami rövid elemi szál esetén szükséges, merevvé teszi a kötelet és csökkenti a szilárdságát.

A *kenderkötél* száraz állapotában igen hajlékony, ha azonban sok vizet szív fel, merevvé és keménnyé válik. A korhadással szemben kevésbé ellenálló, ezért savmentes kátránnyal impregnálják. A kenderkötél szilárdsága 600 kp/cm².

A *manilakötél* kevésbé hajlékony, nem vesz fel annyi nedvességet, s kevésbé korhad, tehát tartósabb. Szilárdsága 670 kp/cm².

A *pamutkötél* finomszálú, lágy, kellemes fogású, ezért vitorlák vezetőkötelének igen alkalmas. Pamutkötélből nemcsak sodrott, hanem szövött köteleket is készítenek, amelyek különösen hajlékonyak. A pamutkötél sok nedvességet vesz fel és nehezen szárad ki. Szilárdsága 450 kp/cm².

A *perlon* (poliamid) kötélek nagy szilárdságúak, rugalmasak, külső behatásokra érzéketlenek. Szakítószilárdságuk 2000...4000 kp/cm², nyúlásuk 50...100%.

A *polipropilén* kötélek ugyancsak nagy szilárdságúak, de kevésbé rugalmasak, mint a perlon kötélek. Napfény hatására érzékenyek és szilárdságuk idővel csökken. Szakítószilárdságuk 1200...2000 kp/cm².

f) Lánc és horgony

A hajók biztonsága szempontjából oly fontos lánc és horgony méreteit elsősorban a hajó súlya szabja meg, szokásos azonban a hajótest úrtartalmában megadni.

12. táblázat

Láncok és horgonyok méretei

Megnevezés	Mértékegység	A hajótest köbtartalma m ³					
		5	7	10	15	20	30
A lánc hossza	m	12	15	17	20	25	30
A láncszem átmérője	mm	5	6	7	8	8	10
A lánc megengedett terhelése	kp	250	360	420	550	550	950
A lánc szakítóereje	kp	900	1300	1700	2200	2200	3800
A lánc súlya	kp/m	0,50	0,75	1,10	1,35	1,35	2,25
A horgony súlya	kp	10	12	14	16	18	24

A *láncok* elektromosan hegesztettek, lehetnek normál és apróbb szemű, ún. kalibrált láncok. A láncokat rozsdásodás ellen horganybevonattal kell ellátni.

A kishajók *horgonyai* vagy négykapások, összecsuksukhatók és kovácsolással készülnek, vagy kétkapás, ún. patent horgonyok, amelyeket öntött acélból vagy acéllemezéből hegesztéssel állítanak elő. A 12. táblázatból leolvashatjuk a szükséges lánc hosszát és a láncszem anyagának vastagságát, továbbá a horgony súlyát a hajótest köbtartalmának függvényében.

g) Ragasztóanyagok

A hajóépítő-iparban csak *vízálló műgyantaragasztókat* használhatunk, amelyek hidegen, katalizátor (edző) hozzáadásával kötnek meg. Általánosan használt a *karbamid-formaldehidragasztó* (folyadék vagy por alakban), amelyhez 1...2,5% ammónium-klorid edzőt keverünk. A szükséges edző mennyisége függ a ragasztóanyagtól, a hőmérséklettől, s attól, hogy a ragasztóanyag kötését mennyire akarjuk gyorsítani. Túl sok edző rontja a ragasztás minőségét. Az edzőt többnyire belekeverjük a ragasztóanyagba, amikor azt meghatározott időn, az ún. *edényidőn* belül fel kell használni vagy pedig az összeragasztandó alkatrészeire az edzőt, a másokra a ragasztóanyagot visszük föl. A por alakú ragasztóanyagot először vízzel kell elkeverni.

A *ragasztási szilárdság* függ a ragasztótól, a fajtától, annak nedvességtartalmától, az edzőanyag mennyiségétől, a ragasztóanyag rétegvastagságától.

A *karbamidragasztók* ridegek, vastag rétegben felhordva a megszilárdult ragasztóanyag megrepedezik, elveszti kötőképességét, ezért az összeragasztandó alkatrészeket igen pontosan kell illeszteni. Csökkenthetjük a ragasztó ridegségét *töltőanyagok* hozzákeverésével, ilyen töltőanyag a rozsliszt, amelyből legfeljebb 20% keverhető be a ragasztóba, a vízállóságot azonban ez is rontja. Nem csökkenti a karbamidragasztók vízállóságát a bakelitpor hozzákeverése (maximálisan 20%).

Nagyobb vízállóságúak és kevésbé ridegek a *fenol-, resorcin- és melaminragasztók*, amelyek ugyancsak edző hozzákeverésével kötnek meg. Igen nagy kötőképességű, vízálló és fémek ragasztására is alkalmas az *epoxiragasztó*. Ennek hátránya, hogy hosszú a kötési ideje és drága. Hő közlésével az epoxi kötési ideje lecsökken, s ragasztószilárdsága is növekszik. A műanyag hajók alkatrészeinek ragasztására poliésztert vagy epoxit használunk.

A *neoprén alapanyagú* oldószeres vagy kontakt ragasztók alkalmasak gumi, bőr, műanyagok és műanyaghabok ragasztására. Ezeket mindkét ragasztandó felületre fel kell vinni, s rövid szikkadás után összeszorítani.

A faiparban kiterjedten használt *PVAc (polivinilacetát)* ragasztó igen jó, rugalmas kötést ad, de csak ott használható, ahol a ragasztást víz nem éri, mert ez a ragasztóanyag nem vízálló.

5. Kishajók építéséhez szükséges eszközök

A fahajók építésére a normál *famegmunkáló kézi szerszámok* és *famegmunkáló gépek* (szalagfűrész, körfűrész, egyengető és vastagoló gyalugép, marógép, csiszológép) szükségesek. Ezekon kívül ma már nélkülözhetetlenek az elektro-

mos kéziszerszámok: *fúrógép, kézi elektromos gyalugép, körfűrész, tárcsás- és szalagszaló.* A hajóépítéshez sok csavarszorítóra van szükség, részben a ragasztásokhoz, részben a palánkok illesztéséhez. Nélkülözhetetlen a hajóépítő számára a kézi furdancs, pergőfűrő, patent csavarhúzó, s különböző kisebb méretű gyaluk — homorú, domború és völgyelő. A *mérőszerszámok* közül pontos acél mérőszalag, függőn, vízmérték, derékszög, szögmérő, hegyes és ceruzás körző szükséges.

A fémhajótestek készítéséhez a szokásos fémmegmunkáló kéziszerszámokon kívül lemezolló, *fúrógép, domborító szerszámok, hegesztő- és vágóberendezések* szükségesek. Könnyűfém hegesztésére csak argon védőgázos hegesztőkészülék alkalmas.

A műanyag hajók építéséhez különböző felhordóecsetek, tömörítőhengerek, kézi elektromos *fúrógép, körfűrész, szűrőfűrész, csiszológép* és szórópisztoly szükséges.

B) FAHAJÓK ÉPÍTÉSE

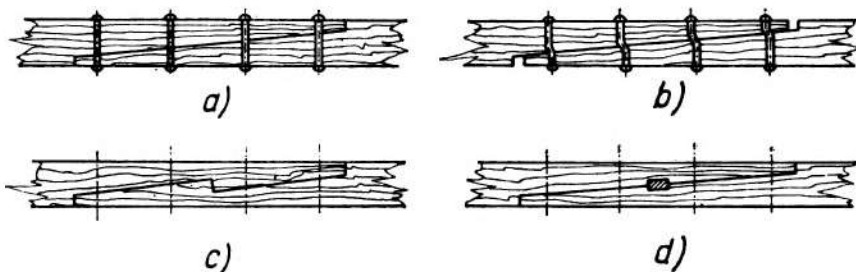
1. Az alkatrészek kötése

Fahajóknál az alkatrészek összekötésére fakötéseket, szegezést, szegecselest, csavarozást és ragasztást alkalmazunk. Amennyiben nem ragasztunk, mindig számolnunk kell bizonyos mértékű lazulással, elhúzóddással. A ragasztást sokszor szegecseléssel vagy csavarozással együtt alkalmazzuk, ezzel egyrészt a biztonságot növeljük, másrészt a ragasztáshoz szükséges nyomást biztosítjuk.

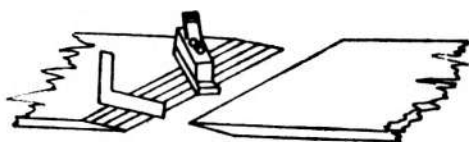
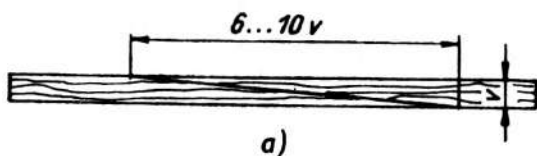
Az alkatrészek összekapcsolásakor gyakori a *hosszabbító toldás*, így pl. gerinceknél, gerincek és orrtőke összeépítésénél, palánkoknál, hosszmerovítők-nél stb. Ez lehet egyenes vagy ferde rálapolás, horogrovás, ékelt horogrovás és ferde illesztés.

A 78a ábrán gerinc *acélcsapos összetoldását* láthatjuk. A toldás a favastagságnak legalább a hatszorosa. A hajlítógénybevétel hatására a kötés meglazulhat (78b ábra). Amennyiben horogrovást alkalmazunk (78c ábra), akkor ennek válla felveszi a nyíróigénybevételt, s a csapokat, ill. csavarokat tehermentesíti. Erre a célra éket is alkalmazhatunk (78d ábra).

A *ferde illesztés* hossza a falvastagság hat-tízszere (79a ábra). A ferde metszést szalagfűrészsel készítjük, utána a felületeket síkra gyaluljuk. Palánk-



78. ábra. A hajógerinc toldásai



79. ábra. Ferde illesztés

b)

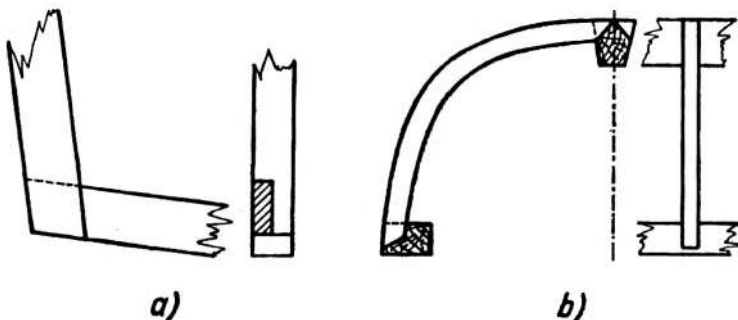
nál a ferde síkokat egymás mellett elcsúsztatva egyszerre gyaluljuk ki (79b ábra). A rétegtlemezt is gyakran kell toldani, mert kielégítő hosszban nem gyártják. A toldásnál 1:12–1:14-es ferdeséget alkalmazunk.

Gyakran alkalmazott kötés a *rálapolás* és a *beeresztéses csapozás*. Rálapolást alkalmazunk pl. bordák összeépítésekor (80a ábra), beeresztéses csapozást a bordáknak a gerinche vagy a fedélzeti bordáknak a hosszmerívítőbe való bekötésekor (80b ábra) és a gépalapnak a fenékmerevítővel való összerősítésekor. A beeresztés legyöngíti ugyan az egyik alkatrészt, növeli azonban a szerkezet merevségét.

Szögekötéseket a hajóépítésben ritkán használunk. A szög tartása a fában súrlódáson alapul, nagysága függ az érintkező elemek felületétől és simaságától, továbbá a faanyag keménységétől. A tűzben horganyzott szög felülete érdes, ezért jobban tart. A négyzet keresztmetszetű szögek felülete nagyobb, azonkívül ezek merevbbek, s ezért kevésbé görbülnek el.

A szögekötésnél jobb a *szegecselés*, mert a szegecs húzása a felületeket egymáshoz szorítja. Az elhajtott végű szegecs a tárcsázottal nem egyenértékű.

A *facsarok* szárának 2/3 része menetes, ami a fába becsavarva, abban menetet készít. A hengeres részt a csavarátmérő 85%-ára kell előfúrni, a további kúpos részt pedig fokozatosan csökkenő átmérőre. Előfúrhatunk cigányfúróval, kúposra köszörült spirálfúróval vagy egymás után egy véko-



80. ábra. Rálapolás és beeresztéses csapozás

nyabb és egy vastagabb fúróval. A csavar tartóképessége növekszik a fa fajsúlyának négyzetével, s egyenesen arányos a csavar átmérőjével és hosszával. Ha keményfába húzunk be facsavart, ügyeljünk arra, hogy a fát be ne szakítsuk, ezért a csavart parafinnal vagy viasszal kenjük be. A facsavarok fejét a fába süllyesztőfúróval süllyesztjük be.

A facsavarok mellett anyáscsavarokat és anyával ellátott bronz-, sárgaréz-, acél- és rozsdamentes acélcsapokat is használunk olyan helyeken, ahol nagy az igénybevétel, pl. a gerinc és orrtőke összeerősítésére, a tőkesúly felerősítésére, a motor megerősítésére. Ezek számára a lyukakat gondosan fúrjuk elő, és megfelelő méretű alátéteket használunk, hogy a fej és csavaranya a fába be ne húzódjék.

Az alkatrészek összeragasztására főleg műgyanta ragasztókat használunk. A régebben használt kazeinenyv csak korlátoltan vízálló, ezért csak ott használható, ahol az enyvezést víz közvetlenül nem éri, s a felületet jó lakkbevonat védi.

Igen lényeges a ragasztandó felületek pontos illeszkedése, s a megfelelő ragasztási nyomás (5...15 kp/cm²). A nyomás nagysága függ a ragasztóanyagtól, s az illeszkedés pontosságától. A szükséges nyomást csavarszorítókkal, ékkel, sűrített levegővel, csavarozással, szögezéssel állíthatjuk elő. Amennyiben az egyik alkatrész vékony, akkor vastagabb fa- vagy fémalátéttel gondoskodunk a nyomás egyenletes elosztásáról.

A ragasztandó felületek legyenek mindig pontosan síkok. A bútú nem ragasztható, csak a ferde bütümetset, s ennek ferdesége legalább 1:6 arányú legyen. A hosszirányú toldásokat gondosan készítsük és az összepréselésnél ügyeljünk, hogy azok az ékhatás és a ragasztóanyag síkossága miatt szét ne csússzanak.

2. Faalkatrészek hajlítása

A hajó igen sok alkatrésze többé-kevésbé hajlott formájú. Ezeket különbözőképpen állíthatjuk elő:

1. Egy daraból fűrészeljük ki; az így nyert alkatrész kis szilárdságú, mert a rostokat helyenként keresztülvágjuk, ezenkívül sok a fahulladék, tehát nem gazdaságos.
2. Görbén nőtt fából fűrészeljük ki, ilyenkor a fa természetes görbessége legyen közel megegyező a kívánt görbülettel.
3. A fát *hidegen* — gőzölés nélkül — *hajlítjuk* formára. Ez az eljárás csak nagy görbületi sugár esetén alkalmazható, pl. palánkozásnál.
4. A fát — a hajlítást megelőzően — *gőzöléssel* vagy *főzéssel* hajlíthatóbbá, képlékenyebbé tesszük. Így aránylag könnyen tudunk hajlítani nagyobb keresztmetszetet kis görbületi sugárra is. Gőzöléssel jól hajlítható a kőris, tölgy, szil, akác és bükkfa.
5. Nagy keresztmetszet és kis görbületi sugár esetén, ha nincs gőzölőberendezésünk vagy ha fenyőfát kell hajlítani, az illető fából vékony lemezeket vágunk, s ezeket megfelelő sablonon egymásra ragasztjuk.

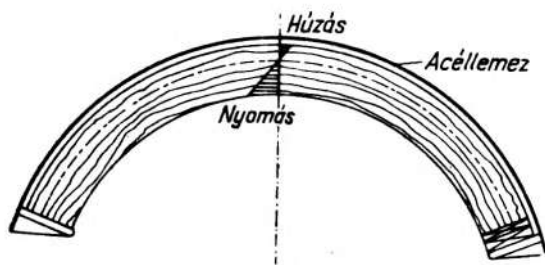
A *hajlítással* nemcsak annál szilárdabb alkatrészt nyerünk, mintha azt fűrészeléssel alakítottuk volna ki, hanem lényegesen kisebb az anyagfelhasználás is.

Gőzöléses hajlításhoz jól hajlítható legkisebb hajlítási görbületi sugár lombosfák esetén a favastagság 3...4-szerese, fenyőfáknál viszont 18-szorosa. A hajlítandó faanyagot gondosan ki kell válogatni; egyenesszalú, göcs- és repedésmentes fa hajlítható csak megbízhatóan. A fa fiatalabb, kéreghez közelebb eső részei jobban hajlíthatók.

Hajlításhoz a képlékenység növelése, ehhez pedig meleg és nedvesség szükséges. A fát e célból gőzöljük vagy főzzük. Gőzölésre csak nedves gőz alkalmas. A főzés kevésbé felel meg, mert a faanyag túl sok nedvességet vesz fel. Gőzöléskor a fa nedvessége kb. 30%-ra áll be.

Egyszerű berendezés — pl. a hajlítandó bordák főzésére — egy ferdére állított horganyzott vascső, amely alatt fával tüzelünk. A beépített gőzölőberendezés 1 at-ás kazánból és egy fából készített, ajtóval lezárható szekrényből, ill. csőből áll, melybe a gőzt csövön keresztül vezetjük be.

Hajlításkor a fa domború oldalán húzó-, homorú oldalán pedig nyomófeszültség keletkezik. A fa csak kis nyúlást tud elviselni, nagyobb tömörítést azonban igen. A húzott rostok elszakadásának megakadályozására a fa külső



81. ábra. A semleges szál a fa húzott oldala felé tolódik

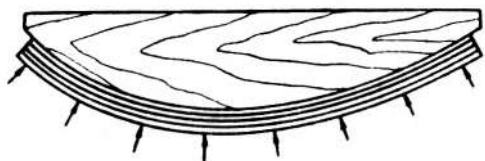
oldalára acéllemezt feszítünk, s ezzel a fa feszültségmentes, ún. semleges szálát a húzott oldal felé kitoljuk (81. ábra). Ilyenkor a tömörödés a nyomott oldalon lényegesen nagyobb lesz, a húzott oldalon pedig a nyúlás minimális.

A meghajlított fa a hajlítást követő lehűlés és száradás közben veszít görbületéből, azaz kissé visszaegyeneseedik, ezért a fát hajlítás után *formán* hagyjuk száradni.

A rétegtlemez is hajlítható mindkét irányban, de korlátozott mértékben. A lemeznek kifogástalannak kell lennie, különösen a külső rétegnek, ahol a hajlítófeszültség a legnagyobb. A vékonyabb furnérokhoz készített lemez jobban hajlítható. A külső furnér száliránya fusson párhuzamosan a hajlítás síkjával. A nedvesség és meleg közlése a rétegtlemez hajlítását is elősegíti.

Sarkos hajók külhájának, továbbá fedélzet készítésekor a rétegtlemez minden előzetes kezelés nélkül a vázra, ill. a bordákra hajlítható. Az erősebb hajlítást kerüljük, mert a lemez, ha hajlítás közben nem is törik, használat közben a hajótest-deformálódás és a feszültségek megnövekedése miatt a húzott oldalon eltörhet. Erősebb görbület esetén a lemez külső, húzott oldalát nedvesítjük, a belső — nyomott — oldalt pedig melegítjük.

A *formára hajlítás* egyik igen gyakran alkalmazott módja a *rétegelve ragasztás*. Ezzel a módszerrel *nedvesség és hőkezelés nélkül* készíthetünk kis görbületi sugarú és aránylag nagy keresztmetszetű hajlított alkatrészeket. Ily módon nemcsak a jól hajlítható lombosfákat, hanem a túlevelűeket is meghajlíthatjuk. Rétegelve (lemezelve) készíthetünk bordákat, fedélzeti bordákat, orrtőkét, kormányrudat, kajüttető-bordát stb.



82. ábra. Rétegelve és ragasztva hajlítás

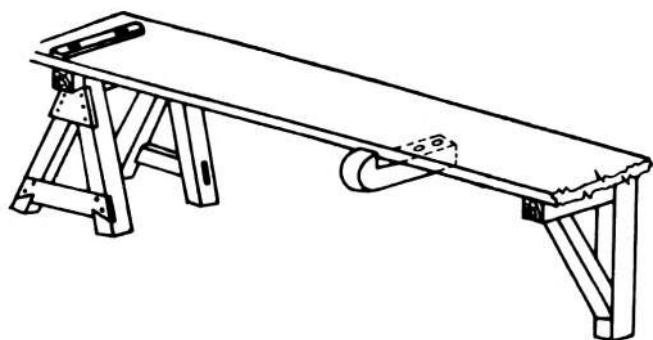
A görbületi sugár, amire a fát ráhajlíthatjuk, függ a lemezek vastagságától és a fa fajtájától. Minél kisebb a görbületi sugár, annál vékonyabbra kell vágni a lemezeket. Az elérhető minimális görbületi sugár a lemezek vastagságának 30...50-szerese. A hajlítandó faanyag nem lehet nedves, s nem lehet nagy különbség a lemezek vastagságában sem. A lemezeket ragasztóanyaggal megkenve, formára hajlítjuk (82. ábra). A formákat vastag faanyagból, gyakran használtakat esetleg fémből készítjük. A ráhajlított lemezeket csavar-szorítókkal vagy acéllemezzel szorítjuk a formára.

3. A hajótest alkatrészeinek készítése

A hajótest a vázból és a külhéjből áll. A váz részei a gerinc, az orrtőke, a tükör — esetleg a fartőke — és a bordák, amelyekhez még különböző merevítések, könyökök, erősítések járulhatnak. Sarkos hajó építésénél a váz részeit képezik még a hosszmerívítő és a sarokléc (kimm)-merevítő is.

Először a váz alkatrészeit kell elkészítenünk. A hosszú faanyagok megmunkálására szükségünk van egy hosszú, 35...50 mm vastag, s legalább 300 mm széles pallóra, melyet 75 cm magas bakokra állítunk fel közvetlenül a fal mellett, lehetőleg ablak előtt. Ennek bal oldalára egy lécezt erősítünk — amely pár mm-rel alacsonyabb a gyalulni kívánt faanyag vastagságánál — s ennek támasztjuk a munkadarabot. A másik végétől kb. 1 m-re egy fapófát erősítünk, melynek segítségével ékkel fogjuk be azokat a munkadarabokat, melyeknek élét akarjuk megmunkálni (83. ábra).

Az alkatrészek megrajzolásához s később az építés ellenőrzésére szükségünk van egy 2,5...3,5 m hosszú, 10...12 cm széles göcsmentes, egyenesszálú



83. ábra. Hosszú faanyagok megmunkálása

lucfenyőből készült vonalzóra, melynek élét pontosan megeresztjük, s annak egyenességét ellenőrizzük. A görbe vonalak megrajzolására pedig ugyancsak hibátlan, egyenesszalú fenyőfából egy darab 12×25 mm-es és egy darab 20×30 mm keresztmetszetű, 5...6 m hosszú lécet készítünk.

Hosszú, egyenes vonalat bekrétázott zsineg segítségével jelölünk ki, úgy, hogy a két végpont között kifeszítjük a zsineget, majd középen megemeljük, s elengedjük, azután a krétanyom mentén egyenes vonalzó segítségével utána-húzzuk.

A gerinc készítése. A gerinc egyúttal a hajótest legfőbb szerkezeti eleme és legfontosabb hosszmerévítője. Fontos feladata még, hogy védje a külhéjat a fenékkal való érintkezésnél. Amennyiben a hajófenékből kiáll, növeli a hajó laterális felületét, s ezzel elősegíti a hajó iránytartását.

A gerinc két fajtája: a lapos- és a gerendagerinc. A laposgerincet általában kis merülésű, kisebb egységeknél (8...10 m-ig) használják.

A laposgerinc készítésekor a faanyagra, annak rostirányában először egy egyenes vonalat rajzolunk (84. ábra), amely a gerinc középvonala lesz. Erre

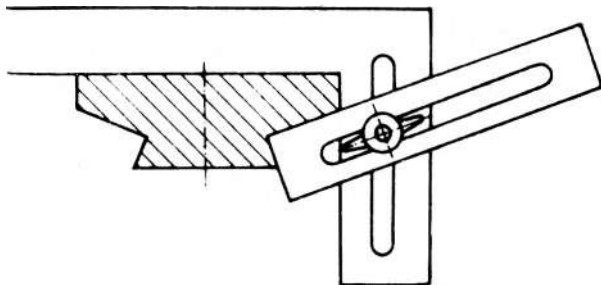


84. ábra. A gerinc felrajzolása

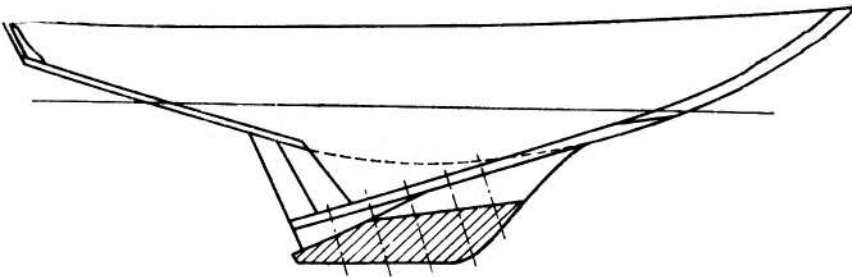
rámérjük a bordatávolságokat, s ezeken a pontokon át merőlegest húzunk a középvonalra. E merőlegesekre mindenütt rámérjük a gerinc szélességét, s a kapott pontokat hajlékony léccel összekötjük. Az így nyert vonal mentén kifűrészeljük a gerincet, majd körülgyaluljuk és végül elkészítjük annak aljzását.

A gerincaljzás szélessége a palánkvastagság 1,5...1,7-szerese legyen, mert ha az aljzás nem elég széles, akkor a palánkot megerősítő csavarok túlságosan közel kerülnek a palánk széléhez, így az könnyen lehasadhat.

A gerincaljzás a bordák hajlásszögétől függően állandóan változtatja szögét. Ezért úgy készítjük el, hogy minden borda helyén kivéssük a műhelyrajz alapján a gerinc pontos keresztmetszetét. Először lemérjük a rajzról a megfelelő dőlésszöveget, azaz a borda befutási vonalának a vízszintessel bezárt szögét — lemezből készített sablon vagy állítható ferdemérő (85. ábra) segítségével — s ennek alapján végezzük a véséseket. Ezután vésővel, majd párkánygyaluval összedolgozzuk az így kiképzett aljzásokat. A gerinc végén, ahol az



85. ábra. Állítható ferdemérő

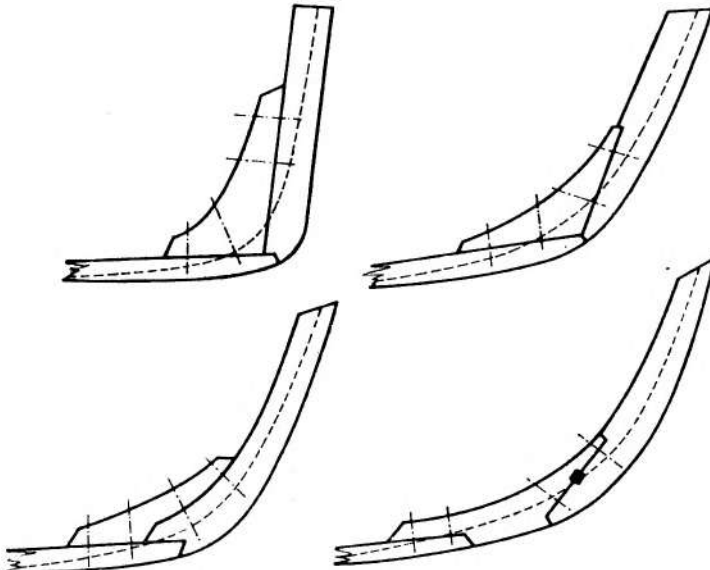


86. ábra. Tőkesúlyos vitorlás gerendagerince

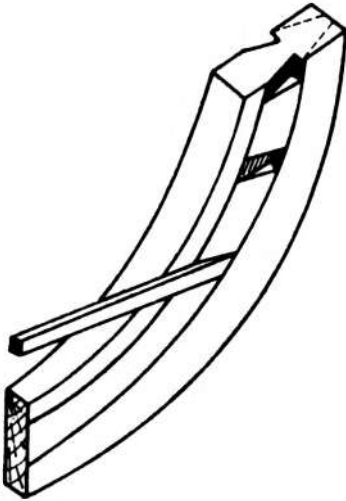
az orrtőkéhez csatlakozik, nem készítjük el teljesen az aljazást, mert ezt a részt majd az orrtőke felerősítése után kell az orrtőke aljzásával összedolgozni. Az aljazást marógéppel is ki lehet marni a legkisebb dőlésszögnek megfelelően, utána ugyancsak kézzel kell kidolgozni.

A gerendagerincet ott alkalmazzuk, ahol nagyobbak a szilárdsági követelmények, pl. tőkesúlyos vitorlásoknál, nagyobb motorcsónakoknál. A gerendagerincet általában több darabból egymásra lapolva, igen pontos illesztéssel készítjük, s az egyes darabokat ragasztással és átmenőcsavarokkal vagy csapokkal erősítjük össze (86. ábra).

Az orrtőke készítése. Nagyobb hajóknál az orrtőke anyaga majd mindig tölgy, ritkábban mahagoni, folyami csónakoknál és kisebb motorcsónakoknál pedig kóris. Ha csak lehet, az orrtőkét görbén nőtt faanyagból készítjük, hogy a rostirány — legalábbis megközelítőleg — kövesse az orrtőke hajlásának vonalát. Egyébként több darabból építjük össze, mert a rostokat nem szabad teljes keresztmetszetükben átvágni. Az orrtőke alkatrészeinek, valamint az orrtőkének a gerinccel való különböző összeillesztési módjait a 87. ábrán láthatjuk.



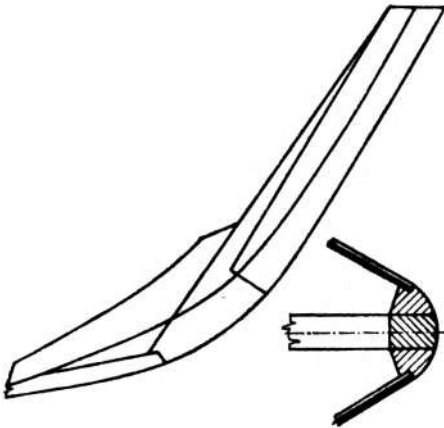
87. ábra. Az orrtőke és a gerince összeerősítési módjai



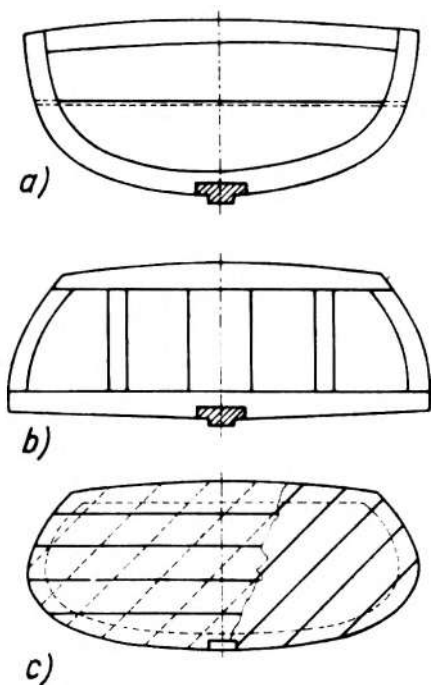
88. ábra. Az orrtőke aljzásának készítése

Miután az orrtőke körvonalát sablon segítségével a faanyagra rárajzoltuk és kifűrésztük, minden oldalát tisztán kigyaluljuk, majd rárajzoljuk az aljzás külső körvonalát. Ezután a műhelyrajzon megadott metszetek alapján a megadott helyeken kivéssük az orrtőkét (88. ábra) és az így nyert fészkek összekötésével kidolgozzuk az aljzást. Ezután már csak az orrtőke elejének a megfelelő szögben való legyalulása van hátra. Motorosoknál a kieső bordák és a széles hajó eleje szükségessé teszi a széles, legömbölyített orrtőke készítését, mert a palánkokat könnyebb az ilyenbe behajlítani és beerősíteni (89. ábra).

A tükör készítése. Majd minden vitorlás-, motoros- és sok evezőscsónak befejező része egy többé-kevésbé széles tükör. A tükör állhat függőlegesen, azaz a vízvonala merőlegesen, dőlhet előre vagy hátra. A külmotorosok tükre mindig kissé hátrafelé dől, mert a motor ezt megköveteli, s különösen erőse méretezett, mert teljesen ez veszi fel a motor súlyát, tolóerejét, s a motor üzeméből eredő dinamikus igénybevételeket.



89. ábra. Legömbölyített orrtőke

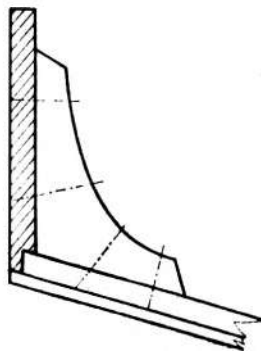


90. ábra. A tükör kialakítása

A tükör *anyaga* tölgy, mahagoni vagy kőris. A kisebb hajók tükre egyetlen deszka, amelyre a palánkokat rácsavarozzuk. Ha a tükör magasabb, akkor több darabból ragasztjuk össze, és pedig aljazva vagy árkolva, idegen csappal erősítve. Ha aljazzuk, akkor a ragasztás mellett szegecselni is szoktuk.

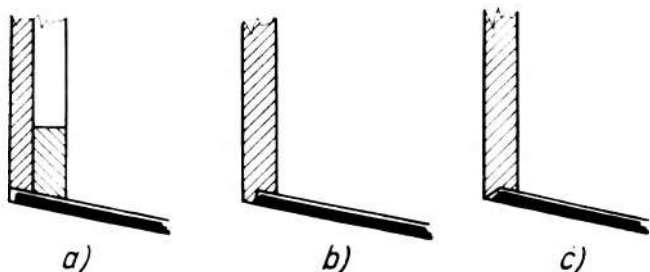
Ha erősebb tükör szükséges, akkor bordázott keretet készítünk, és erre erősítjük a tükröt ragasztással és csavarozással (90a ábra). Farmmotoros csónakok tükrét a tükörkeretbe becsapozott függőleges bordákkal erősítjük (90b ábra). A nagy tükrök kettős-diagonál palánkozásúak (90c ábra), és miután itt a palánkozás vékonyabb és többretegű, az ilyen tükrök íveltek is lehetnek.

A tükröt mindig *könyök* segítségével erősítjük a gerinchez, kisebb hajóknál facsavarokkal, nagyobbaknál átmenő anyáscsavarokkal. A tükröt és a gerincet félig egymásba eresztjük (91. ábra). A palánkokat vagy egyszerűen



91. ábra. A tükör összeerősítése a gerinccel

rácsavarozzuk a tükör, ill. a tükörkeret széléhez, vagy a tükröt kialjazzuk, hogy a palánkok *bütüfelületét* takarja. A palánkot le is rézselhetjük olyankor, amikor a palánkok a tükörrel egy élbentalálkoznak (92a, b és c ábrák).

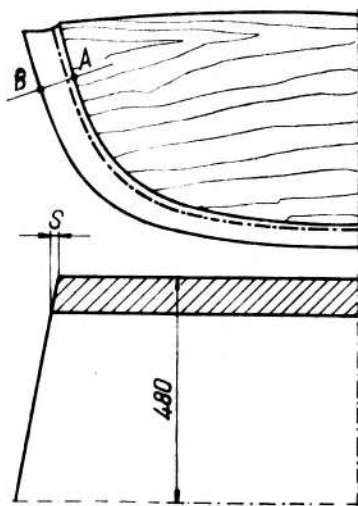


92. ábra. A tükör összeerősítése a palánkokkal

A tükör körvonalrajza a θ bordametszet; a tükröt azonban ennél valamivel nagyobbra készítjük, és pedig annyival, amennyit a tükör a hajótestnek hátulról előre való kiszélesedése következtében szélesedik. Ez a különbség a tükör különböző helyein más és más, mert a hajó szélessége a borda kerületén nem egyformán változik.

A tükör kiszélesítésének mértékét egy adott A pontjában a következőképpen határozzuk meg (93. ábra): az egymásba rajzolt bordarajzokon a tükör A pontjából a tükör görbületi sugarára merőlegest húzunk. Ez a merőleges a tükör melletti bordát B pontban metszi. Lemérjük az AB távolságot, amely legyen pl. 66 mm, a bordák egymástól való távolsága 480 mm, a tükör vastagsága pedig 25 mm. A tükör az A pontban s mm-rel szélesítendő:

$$s = \frac{65 \cdot 25}{480} = 3,4 \text{ mm.}$$



Bordák készítése. A bordák lehetnek:

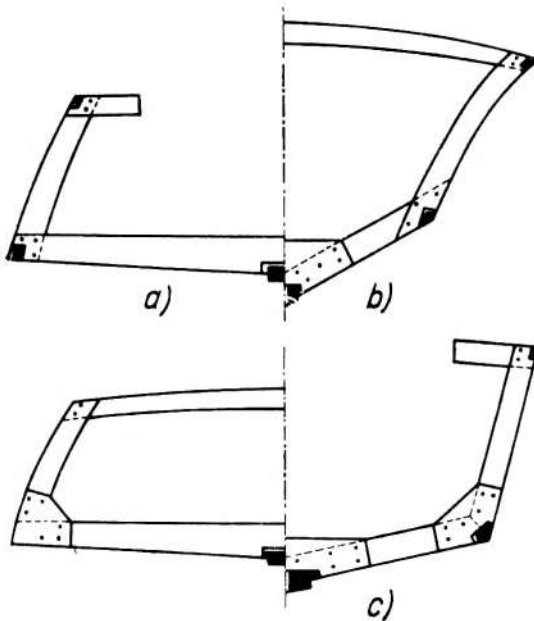
1. sarkosak, egyenes éllel határolva;
2. sarkosak ívelt éllel határolva és
3. ívelték (kerekek).

93. ábra. A tükör kiszélesítése

Vannak állandó, ún. *beépített, merev bordák*, amelyek a kész hajóban is benne maradnak és ún. *építőbordák*, amelyek helyére a palánkok felillesztése után hajlított bordák kerülnek.

A *merev bordák anyaga*: tölgy-, kőris-, szil- és akácfa, az *építőbordákat* többnyire fenyőfából készítjük.

1. *Sarkos bordák*. A sarkos borda egyszerűbb formájában teljesen egyenes oldalú, ill. fenékű, de lehet ívelt is, domború, homorú vagy S alakú. A sarkos formát választjuk egyszerűbb építéshez, főleg lemez külhéjhoz és nagyobb sebességű motorcsónakokhoz. A bordákat a szükséges keresztmetszetre kigyalult egyenes darabokból építjük össze, a laposabb farbordákat három, az éle-



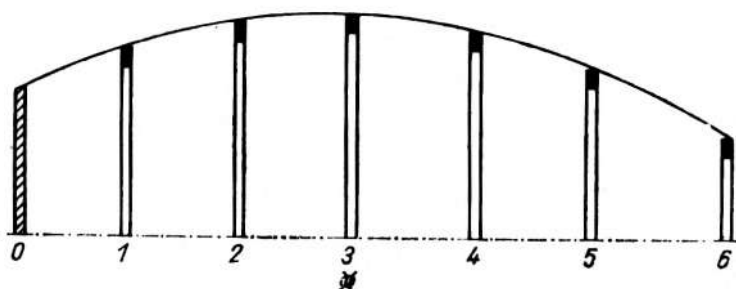
94. ábra. Sarkos bordák összeépítése

sebb V alakú bordákat öt darabból (94a és b ábra). Ezeket trapéz alakú összekötődarabbal erősítjük egymáshoz.

A bordák darabjait egymás fölé helyezve, ragasztással és csavarozással kötjük össze. Így a borda egyes részei különböző síkba kerülnek. V alakú bordánál az alsó összekötődarab és a borda oldalai kerülnek egy síkba, ugyanakkor a fenékborda és a fedéltetborda is közös síkba kerülnek. Így elérjük, hogy a sok kötés ellenére a borda vastagsága csak a kétszeres anyagvastagsággal egyenlő.

A borda alkatrészeit egy síkba hozhatjuk a bordadarabok rálapolásával, ollós csapozással, azonban mindkét megoldás legyengíti a bordát, ezért nem ajánlható. Egy síkba hozhatjuk a bordát úgy is, hogy az alkatrészeket tompán illesztjük, kétoldalt ráragasztott és csavarozott fa vagy fémlamezzel erősítjük össze (94c ábra).

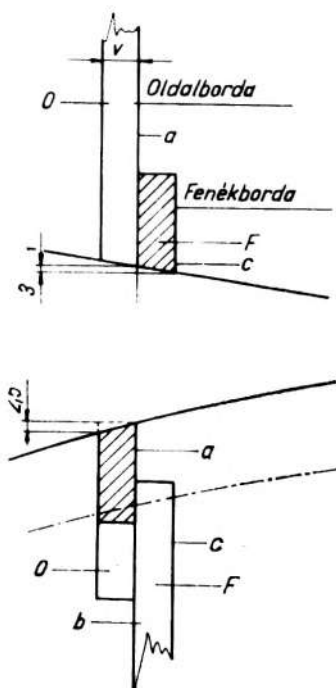
A hajó keresztmetszete mind előre-, mind hátrafelé szűkül, s ezért, hogy a palánk a bordákra felfeküdjön, a bordák szélét le kell rézselni. A bordákat a hajótestben úgy helyezük el, hogy a középtől előre eső bordák előre, a közép-



95. ábra. A bordák elhelyezése

től hátra eső bordák pedig hátrafelé nézzenek, azaz a főbordametszettől a bordák vastagsága előre-, ill. hátrafelé legyen (95. ábra). Így a bordákat a szükséges szögben le tudjuk rézselni.

Legyen a borda egy hajónak valamelyik hátsó, pl. 3 bordája (96. ábra). A borda oldalsó szárának az éle kerül a bordametszetvonalra, a borda tehát hátrafelé néz. A borda v vastagságából kell ledolgozni a rézselést, jelen esetben a 2,5 mm-t. Az F fenékborda a hajóközép felé áll, ennek b éle ugyancsak a bordametszet vonalán van, míg a közép felé néző c éle a b élnél mélyebben legyen, mert a gerinc ebben az irányban süllyed. A borda készítésekor tehát a fenékbordát annyival kell lejjebb helyezni, amennyi a gerinc süllyedése a borda vastagsága mentén, mert ennyi lesz a fenékborda rézsúje is, pl. jelen esetben 3 mm.

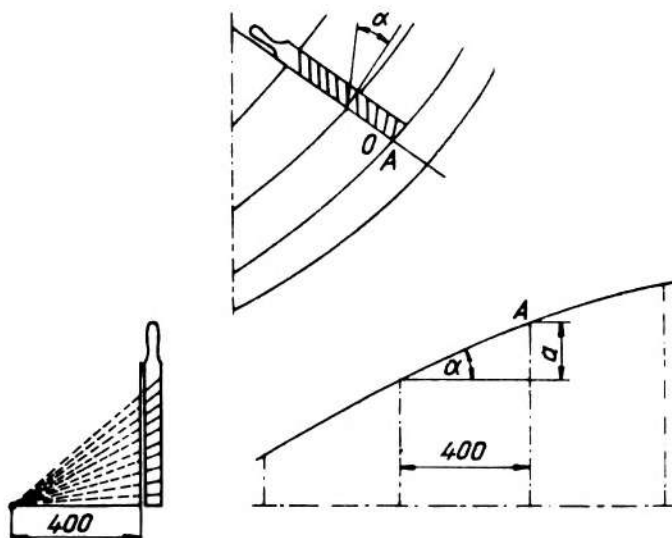


96. ábra. Sarkos bordák lerészselése

A borda összeállítását és összeerősítését a rajzra fektetve végezzük, tehát a fenékbordát a rajznál 3 mm-rel lejjebb helyezzük, az oldalbordát pedig pontosan a vonalra. Az összeállítást megkönnyíti, ha a rajzra talpas derékszögeket helyezünk, és a borda alkatrészeit ezek szárához támasztjuk. A talpas derékszöget ebben az esetben a fenékborda vonalától a rézselésnek megfelelő 3 mm-re helyezzük el.

A rézsű mértékének megállapítását már a tükör készítésénél láttuk.

Az állandó számíthatás helyett célszerű olyan mérőeszközt készíteni, amelynek segítségével a szükséges rézsű szögét a bordametszet rajzáról közvetlenül leolvashatjuk. E célból egy vízszintes egyenesre felvisszük a bordatávolságot, pl. 400 mm-t; ennek egyik végében merőlegest állítunk, s ezt beosztjuk 5 mm-es távolságokra. E mellé állítunk egy 30×5 mm-es léceket.

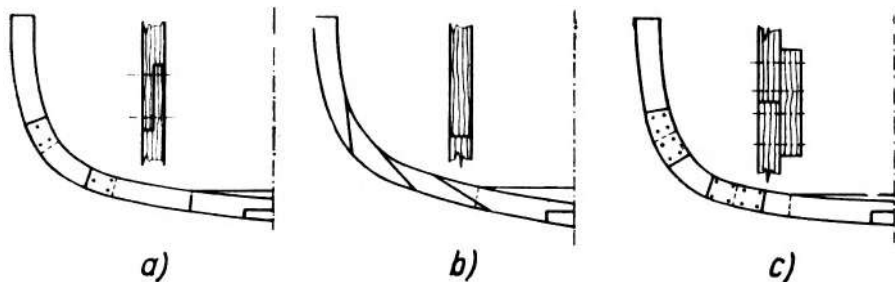


97. ábra. Rézselési mérték

s a bordatávolság végpontjából az osztásokon át ferde egyeneseket húzunk: ezek adják a rézsű szögét (97. ábra).

Valamely borda bizonyos A pontján a rézsűt a következőképpen kaphatjuk meg: a bordametszetrájon az A ponton keresztül a bordavonalra merőlegest húzunk a két szomszéd bordáig. A beosztással ellátott léceket az A ponthoz illesztjük, s felső végével a szomszédos (belső) borda vonalában a léceken jelentkező rézsű lesz a borda rézsűje. Ha a lécekre, annak szélétől a bordavastagságnak megfelelő távolságban egy párhuzamos egyenest húzunk, akkor közvetlenül leolvashatjuk azt a távolságot, amennyivel a fenékbordát a bordametszet vonalánál lejjebb kell elhelyezni.

2. *Kerek bordák.* A kerek bordák lehetnek építettek (fűrészelték) és hajlítottak. Az épített bordák igen erősek, ezért hajlított bordájú hajókba is szoktak néhány ilyen bordát beépíteni, éspedig a kajüt elején, a hátsó fedélzet elején és az árbocnál. A kerek bordákat különbözőképpen építhetjük össze. A 98a ábra csavarozott rálapolt, a 98b ábra ragasztott, a 98c ábra pedig két síkban összeépített, hevederekkel összeerősített bordát ábrázol. Úgy is összeépíthető,



98. ábra. Kerek bordák összeépítése

hogy végig, teljes egészében két réteg alkotja (téglakötésszerűen). Az ilyen — amennyiben ragasztva készül — rendkívül erős, s mivel nincs két síkban, a részsű készítése egyszerűbb.

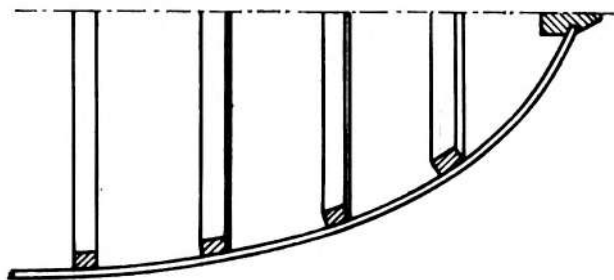
Igen megbízható és nagy szilárdságú a lemezekből formára *hajlított és ragasztott borda*, melyet 4...6 mm vastag tölgy- vagy kőrisfa lemezekből állítunk elő. A külső rétegek legyenek különösen jó minőségűek, a belsők lehetnek toldottak is, de a toldások ne kerüljenek egymáshoz közel. Ezeket is el kell látnunk a szükséges részsűvel.

3. *Hajlított bordák.* A hajlított borda különösen ott előnyös, ahol a külháj a harátirányú erők legnagyobb részét fölveszi — pl. klinker és diagonál-karwel építésnél. Ezeknél a bordák fő célja a palánkok egymás mellé erősítése, itt tehát az aránylag kis keresztmetszetű hajlított borda is megfelel. Karwel-palánkozásnál is általában ezt használjuk, de itt már — legalábbis nagyobb hajóknál — ajánlatos néhány merev, épített bordát is beiktatni.

Minél nagyobb a görbületi sugár, annál nagyobb lehet a borda keresztmetszete, különösen pedig a magassága. Minthogy a hajlított bordákat az építőbordákon álló külhájba hajlítjuk be, ezek minden rézselés nélkül befeküsznek a külhájba és maguktól a megfelelő helyzetbe fordulnak (99. ábra). Klinker-palánkozásnál a bordák és a palánkok között kis háromszög alakú rések keletkeznek, ahol a víz és korhadó anyagok összegyűlhetnek, és itt korhadási fészkek keletkezhetnek.

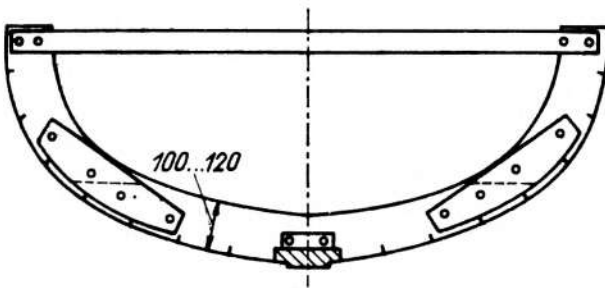
Hajlított bordázatú hajó építése esetén *szükség van az építőbordákra*, amelyekre ráépítjük a külhajat. Ezeket a hajlított bordák beerősítése után eltávolítjuk, s újból felhasználhatjuk.

Az *építőbordákat* 20...25 mm vastag fenyőfa deszkából, több darabból készítjük, s az egyes darabokat rászögezzet vagy rácsavarozott hevederekkel



99. ábra. Hajlított bordák

fogjuk össze. A borda alakját a rajzról úgy másoljuk át, hogy pauszpapírral lemásoljuk a bordametszeteket, s innen sűrűn átszűrjük a faanyagra, majd a kapott pontokat hajlékony léccel összekötjük. A rajz alapján kifűrészeljük, majd kigyaluljuk a borda darabjait. Miután mindig csak egy oldalt rajzolunk meg, a rajz alapján így elkészített *félborda* után készítjük el a borda másik oldalát. Végül az egyes darabokat hevederekkel, felül pedig egy léccel erősítjük (100. ábra). A hevederek külső éle a borda élénél beljebb helyezendő, hogy ne kelljen ezeket is lerézselni. A kész bordán alul elkészítjük a kivágást a gerinc számára, majd mind itt, mind az összekötőléccen bejelöljük a középvonalat; végül a rajzra helyezve ellenőrizzük a munka pontosságát. *Ellenőrző méretek:* a fedélzetszélesség és a magasság a gerinc felső szélétől a fedélzetig. Fontos, hogy a két bordafelet összekötő léccel az összes bordánál egy magasságban, azaz azonos vízvonalon fektessük.

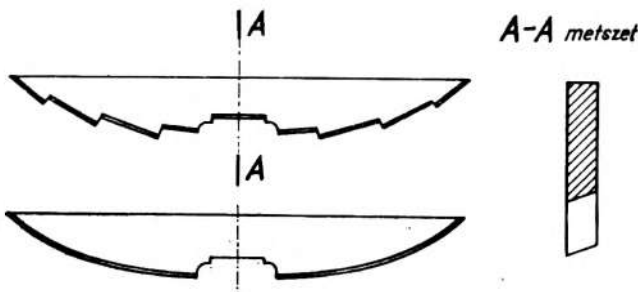


100. ábra. Építőborda

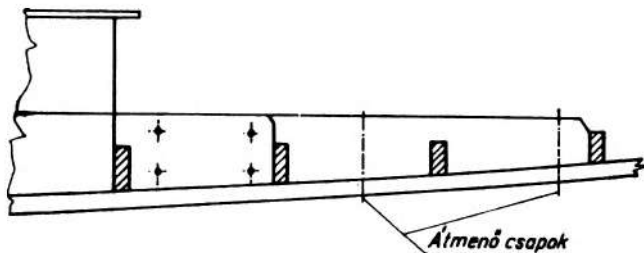
A fenékmerevítők készítése. A hajlított bordájú hajókon a fenékmerevítő köti össze a két hajófelet, mert a fenékborda legtöbbször nem átmenő. A fenékmerevítő ráerősíthető ugyan a bordára, mégis legtöbbször a borda mellé helyezük, s a palánkokkal és gerinccel erősítjük össze. A fenékmerevítőt többnyire tölgy- vagy akácfaából készítjük, csak folyami csónakoknál készül kőrisfaából. Elég hosszú és elég magas legyen, hogy a szükséges merevséget biztosítsa. A palánkokhoz kívülről, a gerinchez alulról csavarozzuk, többnyire az aljazásból. A fenékmerevítő esetleg a padlót is tarthatja. Ha a padló magasan van, akkor a padlótartóléccel a fenékmerevítőhöz csavarozzuk.

A fenékmerevítőt — a szükséges részsíval is ellátva — pontosan illesztjük a palánkokhoz. A gerinc mellett a víz összefolyására a fenékmerevítőt negyedkörív alakban kivágjuk (101. ábra).

A gerincmerevítő készítése. A gerincmerevítő élére állított keményfa deszka, amelynek célja nagyobb merevséget kölcsönözni a gerincnek. Főleg vitorlások-



101. ábra. Fenékmerevítők



102. ábra. Gerincmerezítő

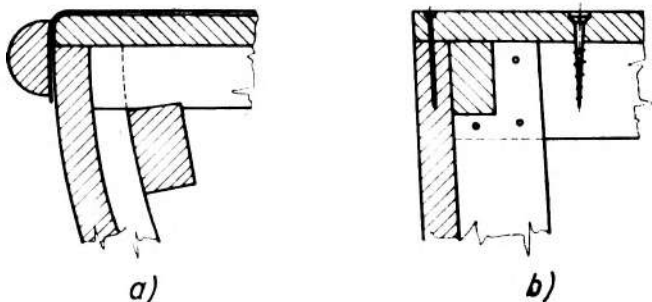
nál alkalmazzuk, ahol egyúttal alátámasztja az árbocot és annak terhét nagy hosszon elosztja. Vitorlásoknál elől és esetleg hátul is alkalmazunk gerincmerezítőt, amelyek többnyire az uszonyszekrény alsó részének meghosszabbításai (102. ábra). A gerincmerezítőt a fenékmerezítőknél kivágjuk, s átmenő csapokkal erősítjük a gerincez.

A gerinc hajlásának vonalát a gerincmerezítőre vagy körzővel visszük át, vagy pedig egy kis fahasábot veszünk, s arra vízszintesen egy irónt erősítve a gerincen eltoljuk. Az irón ekkor rárajzolja a gerinc hajlását az ideiglenesen a gerinc fölé rögzített gerincmerezítőre.

A fedélzeti hosszmerítőnek a fahajóknál kettős feladata van. Egyik feladata a *hosszirányú merevítés*; különösen fontos ez keskeny fedélzeteknél vagy széles kivágásoknál, mert itt a felső ív gyenge. Éppen ezért, olyan szerkezeteknél, ahol nincs hosszmerítő, a hiányzó keresztmetszet pótlásáról gondoskodni kell vagy a felső palánk vastagításával, vagy erősebb dörzsléc alkalmazásával.

A hosszmerítő másik feladata, hogy a *fedélzeti bordákat alátámassza*. Hajlított bordázatú hajónál ugyanis nem lehet a fedélzeti bordát a keretborda függőleges szárához erősíteni. Ez hátrányos a hajó harántirányú szilárdságára. Hajlított bordájú hajóknál a hosszmerítőt a bordához erősítjük (103a ábra). Épített bordáknál a borda külső oldalába eresztjük be (103b ábra), tehát a palánkot a hosszmerítőhöz csavarozzuk, ami a hajónak rendkívül nagy merevséget biztosít.

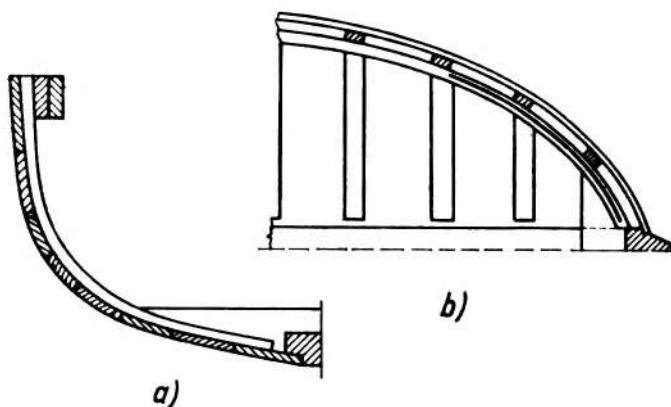
A hosszmerítők anyaga luc-, erdei-fenyő vagy tölgyfa. A hosszmerítőnek követnie kell a fedélzet vonalát, ezért nem lehet nagyon vastag, különben nem lehet behajlítani. Különösen telt elejű motorcsónakoknál lesznek nehézségek a hajlítással. A gőzölés itt nem sokat segít, különösen a fenyőfánál. Az erős hajlás körzetében a hosszmerítőt fel lehet hasítani és úgy behajlí-



103. ábra. A hosszmerítő beépítése

tani, nagyobb hajóknál pedig két darabból lehet készíteni (104a és b ábra). Szokásos a hosszmerívítő végeit kissé elvékonyítani (az eredeti vastagság 70%-ára).

A hosszmerívítő végeit könyökkel erősítjük a tükörhöz, ill. a palánkokhoz, elöl pedig egymáshoz és az orrtőkéhez. Helytelen a fedélzeti bordák végeit a hosszmerívítőbe beeresztetni, mert ezzel csökkentjük a keresztmetszetét, és az éles sarok miatt a hosszmerívítő nagyobb harántirányú igénybevételnél berepedhet és letörhet. Helyesebb ezért a fedélzeti bordákat a hosszmerívítőhöz hozzácsavarozni.



104. ábra. A hosszmerívítő behajlítása

Igen nagy szilárdságot biztosít, ha a hosszmerívítőt kivisszük a külhégig és a fedélzetig, s ragasztással, csavarozással vagy szegecseléssel kötjük össze. Nehézséget okoz ekkor a borda és a fedélzeti bordavégek elhelyezése. A 105a ábrán a végek be vannak eresztve, a 105b ábrán csak a bordavég van beeresztve, a hosszmerívítő pedig nem fut ki a fedélzetig.

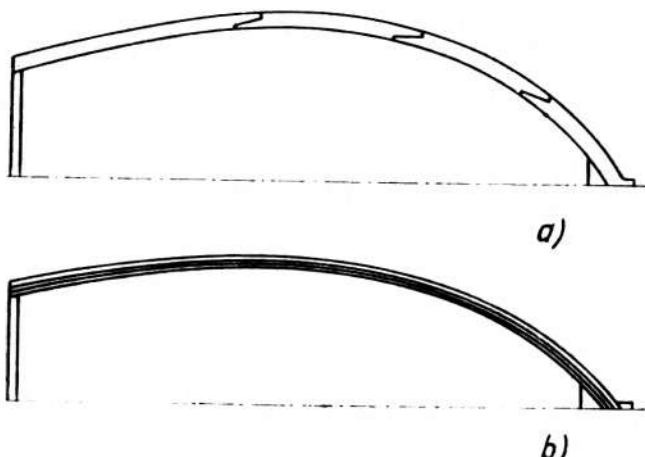


105. ábra. A bordavégek beerősítése

Evezőscsónakoknál a fűrészelt bordák ferdén levágott végeit beeresztjük a hosszmerívítőbe, a másik végüket pedig a belső gerincbe. Evezőscsónakoknál, ha az evezővilla átmegey a hosszmerívítőn, azt gyöngíti, s emiatt a hajótest is deformálódhat, megtörhet.

Ha nem akarjuk, hogy a hosszmerívítő és a palánk belső éle közötti hézag látsszon, ennek megakadályozására többféle lehetőség van: a bordát részben vagy egészben beeresztjük vagy lefedjük egy, a hajó szélén végigfutó és a fedélzet vonalát követő palánkkal. Ezt több darabból illesztjük össze (106a ábra) vagy rétegekből formára hajlítjuk (106b ábra).

Ülések és üléstartók készítése. Teljesen nyitott kishajóknál, evezős- és mentőcsónakoknál az ülések is növelik a hajó harántirányú szilárdságát, amennyiben



106. ábra. A hajó szélének befedése

azok a hajótesttel mereven össze vannak építve, Az ülés általában 200...250 mm széles, vastagsága a hosszától függően 20...28 mm. Az üléstartóléc hosszmerítőként a bordák belső oldalára van erősítve. Az ülés mindig mélyebben fekszik, mint az evezővilla, így a hajó oldalát felül — ahol a legfontosabb volna — nem merevíti. A merevítésre a könyökök szolgálnak, amelyeket a külhéjjal és hosszmerítővel összekapcsolunk. Ügyeljünk a könyökök rostirányára. Hosszabb üléseknél az ülést közepén is támasszuk alá vagy az élével fölfelé álló lécerősítéssel lássuk el.

Fedélzeti bordák (fedélzeti gerendák) készítése. A kishajók fedélzetének emelkedése többnyire jóval nagyobb, mint a nagyhajóké. Amíg ugyanis a nagyhajók fedélzetének ívmagassága a fedélzetszélesség $1/50$ -e, addig a kishajóké $1/25$... $1/15$ -e. Az alakja is más, mint a nagyhajóké, mert ezeké parabola, míg a kishajóké körív vagy kosárgörbe. A fedélzeti bordák legnagyobb részét fenyőfából készítjük, csak a jobban igénybevettek készülnek tölgy- és kőrisfából.

A fedélzeti bordának hármas feladata van:

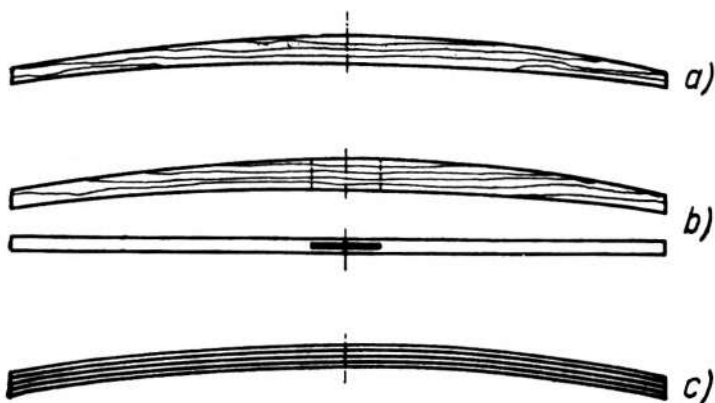
1. a fedélzet palánkjait egy egésszé összetartani;
2. a fedélzet terhelését a hajótestnek átadni és
3. a hajó harántirányú szilárdságát növelni.

A fedélzet terhelése: önsúly, víz, felépítmény, árbc, szerelvények, személyzet stb.

Három típusú fedélzeti bordát különböztetünk meg:

1. *fő fedélzeti bordák*, amelyeket a nyílások végeinél, árbc előtt és után, a csörlő és a lánchika alatt építünk be;
2. *normál átmenő bordák* (többnyire fenyőfából készülnek);
3. *fél bordák* a fedélzetnyílásoknál (ugyancsak fenyőfából).

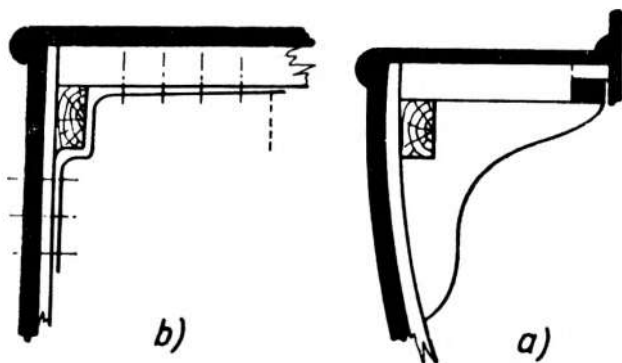
A legnagyobb a hajlítónyomaték a bordák közepe táján a terhelés helyétől függően. A végeken a terhelés kisebb, ezért itt a borda magassága is kisebb (60...70%-a a legnagyobb magasságnak). Így a felső és alsó görbület is különböző, ez viszont megkönnyíti az előállítását. Szokás a fedélzeti bordát több



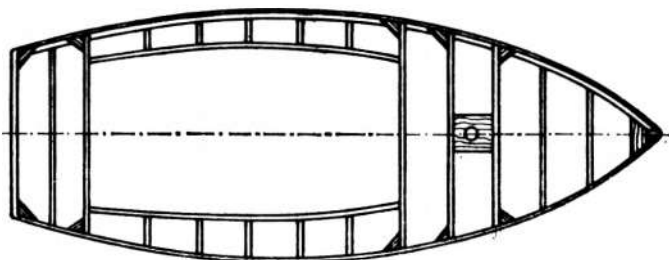
107. ábra. Fedélzeti bordák

darabból, idegen csappal, ragasztva és lemezelve is előállítani (107. ábra). Utóbbi igen erős, de minden borda elkészítéséhez sablonra van szükség, ezért csak szériagyártás esetén fizetődik ki.

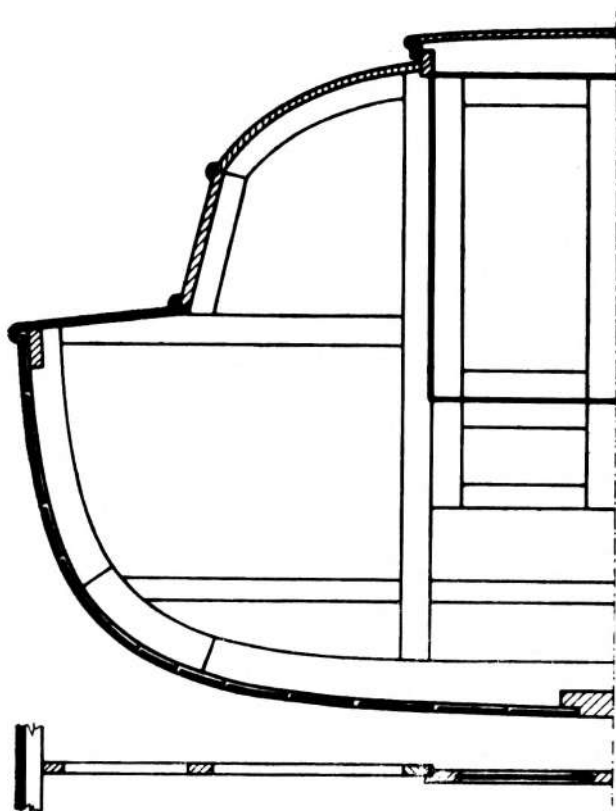
A fedélzeti bordákat tehermentesítik a *függő könyökök* (108. ábra) és a *támaszok*, amelyek keményfából vagy gázcsőből készülhetnek. Horizontális könyököket nemcsak a hosszmerítő végei, hanem a fedélzetnyílás végén és az árboc melletti fedélzeti bordáknál is alkalmazunk. Ezek a hajótest szilárdságát a csavaróigénybevételével szemben növelik, s különösen vitorlásoknál fontosak (109. ábra).



108. ábra. Függő könyökök



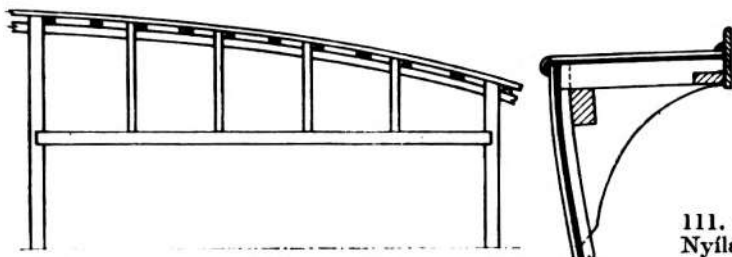
109. ábra. Horizontális könyökök



110. ábra. Válaszfal

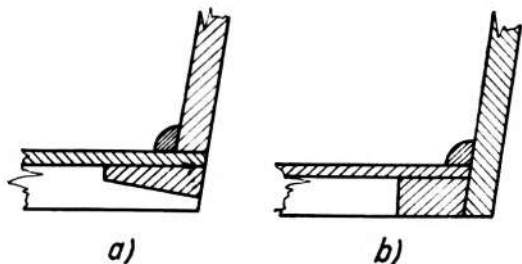
Nagyobb igénybevételnél a könyököket acéllemezből készítik és tűzben horganyozzák. Ezeket a fedélzeti bordákba 3...5 mm-re kell beereszteni. Fügő könyökökre főleg ott van szükség, ahol a fedélzeti bordák rövidek (a kivágásoknál). Ilyen helyen általában 70...80 cm-enként szükséges egy-egy fügő könyök.

A fedélzeti bordákat erősítik, ill. alátámasztják a *válaszfalak* is. A válaszfal készülhet árokcsapos deszkából vagy víz- és fűzésálló rétegtlemezből. Az utóbbi esetben a válaszfalat ráragasztott és rácsavarozott lécekkel merevítjük. A kajütoldal keretkitöltéses szerkezet, lécborítású vagy rétegtlemez. A kajütfal vázát a keretborda, s a fenékmerevítőt a kajüttető-bordával összekötő fügőleges oszlop alkotja, ami egyúttal a kajütajtó tokja (110. ábra).



111. ábra.
Nyíláskeret-szegélyléc

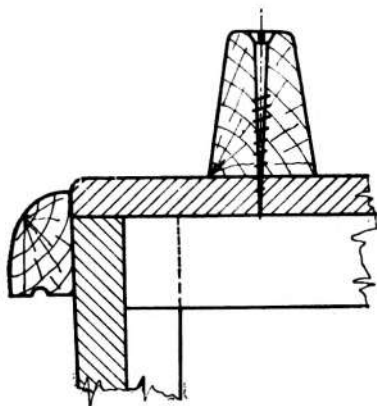
A fedélzeti nyílásoknál a rövid bordákat belül *nyíláskeret-szegélyléc* (111. ábra) foglalja össze, ami be van csapozva a fedélzeti bordákba. Nyitott hajóknál, ahol a nyíláskeret a munkateret lezárja, a nyíláskeret-szegélyléc többnyire a fedélzeti borda alsó szélébe van beépítve. A nyíláskeret a fedélzeti palánkokhoz és a nyíláskeret-szegélyléchez jól odaerősíthető. Fedett hajóknál a nyíláskeret-szegélylécet többnyire a fedélzet alá helyezzük (112a ábra), s kajütoldal felállítjuk a fedélzetre. Mivel a kajütoldal nem vízzáró, helytelen a fedélzet-palánk mellől oldalról a nyíláskeret-szegélylécet erősíteni (112b ábra).



112. ábra. A kajütoldal elhelyezése

A *dörzsléc*. A dörzsléc legfőbb szerepe a hajótest oldalának ütődésektől való védelme. Emellett vásznazott fedélzetnél leszorítja a vásznazást és növeli a hajótest hosszirányú szilárdságát, lényegében tehát *ez is hosszmeresztő*. A dörzsléc félkör vagy négyzet keresztmetszetű, a nagyobbakat víztetővel látják el.

A dörzslécet *csavarokkal* erősítjük a palánkhöz, ill. a bordákhoz. Ügyelni kell, hogy a csavarok ne kerüljenek a palánk és a fedélzet közé. Nagyobb vitor-

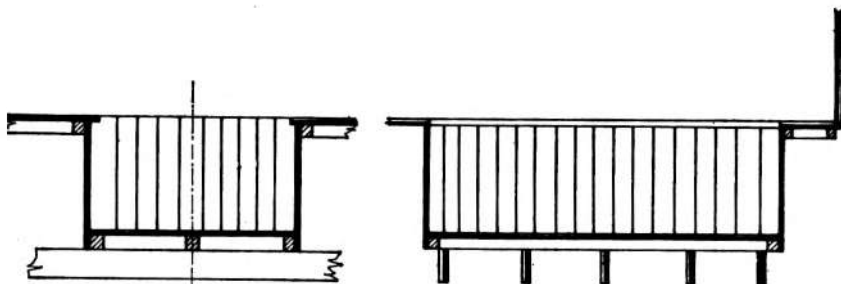


113. ábra. Dörzsléc

lásoknál, motorosoknál a fedélzetről való lecsúszás megakadályozására a hajótest szélétől 3...5 cm-re, 3...6 cm magas trapéz keresztmetszetű keményfa peremlécet erősítünk. Ezt felülről csavarozzuk a fedélzeti bordákba (113. ábra). A *peremléc*, amennyiben szilárdan össze van építve a hajótesttel, ugyancsak növeli annak hosszirányú szilárdságát.

Vízmentes teknő. Nagyobb vitorlásoknál a külső munkateret (*kockpit*) teknőszerűen képezik ki, s ennek feneké a vízvonaltól van, a bordákra

erősített és közepén alátámasztott tartókra van erősítve, oldalait az ülések mellső éle határolja, eleje pedig közvetlenül a kajütoldal mellett padot képez, amelyen keresztül lépcsőn lehet bejutni a kajütbe (114. ábra). A teknő burkolata árokcsapos deszkácskákból vagy vízálló rétegeltlemezből készül, hogy azonban teljesen vízmentes legyen, többnyire fémllemezrel burkolják vagy műanyaggal vonják be.



114. ábra. Vízmentes teknő

Teknőt képeznek ki farmotorosoknál hátul a külső és belső tükör között. Ebbe a teknőbe fekszik be a farmotor, ha azt lefektetik. A teknő vázát a bordákra erősített lécek képezik, burkolata palánk vagy vízálló rétegeltlemez. A beömlő víz elvezetéséről kiömlőcsővel gondoskodnak.

4. A hajótest építési módjai. A váz felállítása

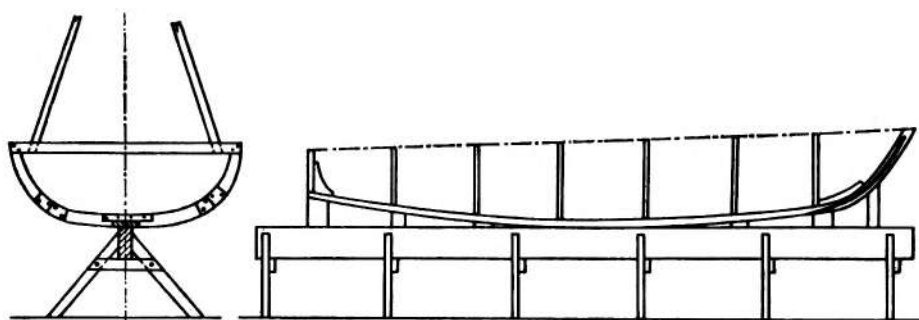
Egy fahajó építési módjának megválasztása nemcsak annak nagyságától, típusától és anyagától, hanem sok egyéb tényezőtől is függ. Így pl. kisebb járműveknél fontos tudni, hogy hány azonos típusú hajó készül, de befolyásolja az építési módot az üzem nagysága, felszerelése is.

A hajókat építhetjük *egyenes helyzetben*, azaz olyan helyzetben, ahogy a hajó úszik, s *fordítottan*. A nagyobb egységeket mindig egyenesen építjük, míg a kisebbeket, főleg a folyami evezős és a hosszbordás típusú hajókat, inkább fordítottan, mert így a palánkozás kényelmesebb. A külhéjat készíthetjük palánkokból, lécekből, rétegeltlemezből s furnérokából, formára ragasztva és préselve.

A palánkozás lehet:

- hosszbordás, amikor a palánkokat hosszbordák kötik egymáshoz;
- klinker, amelynél a palánkok tetőcserépszerűen fedik egymást;
- karwel, teljesen sima palánkozás, amelynél a palánkokat többnyire hajlított bordák kapcsolják egymáshoz;
- lécezett, amely általában ragasztva és egymáshoz szögezve készül;
- diagonál-karwel (többretegű), ahol az egyes rétegek szög alatt keresztezik egymást, s az ilyen hajótest bordázás nélkül is készülhet

A hajó építéséhez *építőgerendára* van szükségünk. Az építőgerenda egyenes építésű hajónál 200...250 mm magas, 40...50 mm vastag élére állított gerenda, melynek felső éle legalább 50 cm magasan van a padlózat fölött. Az építőge-



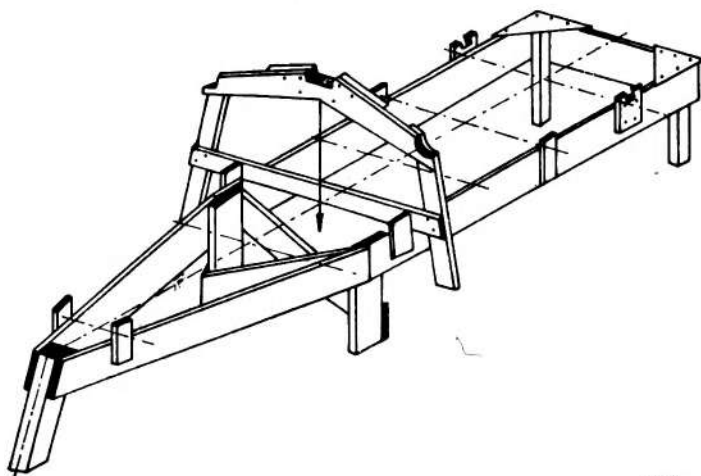
115. ábra. Építőgerenda

rendát becsapozott lábakra állítjuk, melyeket egymástól 100...150 cm távolságra helyezünk el (115. ábra). Az építőgerenda felső élét pontosan egyenesen és síkra, az oldalaira merőlegesen meggyaluljuk, majd vízszintmérővel és függőőnnal pontosan beállítjuk.

5. A hosszbordás hajótest építése

A hosszbordás hajókat, ha kisebb méretűek, mindig *fordított helyzetben* építjük. Fordított építésnél célszerű *iker-építőgerendát* használni, amelyre a bordákat összekötő léceket felfektetjük. Az iker-építőgerenda legalább 200×25 mm méretű deszkából készített keret, amit egymástól 1,5...2 m távolságban levő lábakra kell fektetni (116. ábra). A bordametszetrájzon húzunk egy vízszintes vonalat, amely az összes bordát metszi, s az összes borda összekötőlécét úgy helyezzük el, hogy a lécek felső éle ezen a vonalon feküdjön.

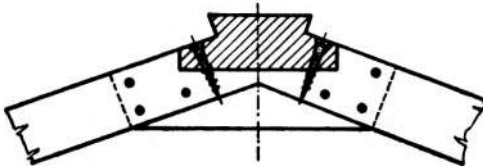
Az építőgerenda oldalára *dúcokat* erősítünk, s ehhez támaszkodnak az építőbordák, amelyek helyét a vonalrajzról pontosan bejelöljük. Az építőállvány közepén kihúzzunk egy zsineget, ez lesz a hajó középvonala, s ehhez állítjuk be — függőőn segítségével — az egyes *bordákat*, az *orrtőkét* és a *tükröt*.



116. ábra. Iker-építőgerenda

Először mindig a *középső bordát* helyezük el, s állítjuk be pontosan függőlegesen és a hajó középvonalára merőlegesen. Ezután állítjuk be a többi bordát, s végül a tükröt, közben ellenőrizve a bordák egymástól való távolságát. Amikor az összes bordát beállítottuk, a bordafenékhez erősített két léccel ideiglenesen összekötjük őket.

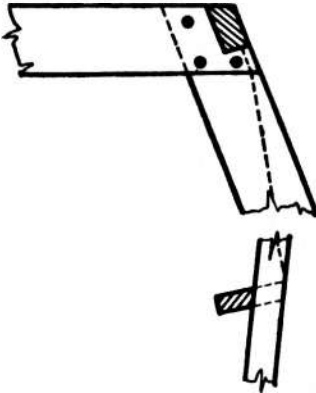
Ezután következik a *gerinc behelyezése és behajlítása*. A gerincre már előzőleg felerősítjük az orrtőkét, majd a bordák fenékléceinek kivágásába behelyezzük a gerincet. A gerinc aljazásából először a középső bordához, majd a tükrőhöz csavarozzuk, végül az orrtőkével lehajlítjuk a gerinc elejét, s leeresztjük azt az építőgerendához. Ezután derékszöggel ellenőrizzük a bordákat, hogy pontosan függőlegesen és a hajó középvonalára merőlegesen állnak-e? Az ellenőrzés után az összes bordát hozzácsavarozzuk a gerinchez. A csavarokat a gerinc aljazásából hajtjuk be a bordákba. Megfelelő erősségű



117. ábra. A bordák összeerősítése a gerinccel

csavarokat használjunk, mert ha a hajó vízre kerül, részben az elkerülhetetlen vízfelvétel, részben a hajótestet érő hajlító- és csavaróigénybevételek hatására a hajó igyekszik deformálódni, és a bordák a gerinctől elválhatnak (117. ábra).

A következő művelet a *hosszmerevítők beerősítése a bordák kivágásaiba* (118. ábra) *ragasztással és csavarozással*. Ha a hajó fedézetvonalának elől erős

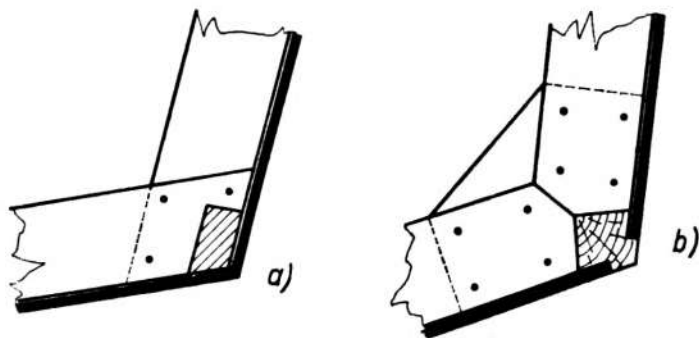


118. ábra. A hosszmerítők beerősítése

a görbülete (azaz kicsi a görbületi sugara), akkor ajánlatos a hosszmerítőt kissé elvékonyítani vagy nedvesíteni és melegíteni s csak azután behajlítani. Vigyázzunk, hogy az erőteljes behajlítással el ne mozgítsuk a bordákat. Végül a hosszmerítőket beeresztjük az orrtökébe s egymással, valamint az orrtőkével egy pontosan beszabott keményfa könyökkel kötjük össze. A beerősített hosszmerítőt a bordákkal szintbe tisztítjuk.

Hátra van még a *sarokléc (kimmléc) elkészítése és a bordák sarkaiba való beillesztése*. A sarokléc is a hajó hosszmerítője, amely a hajófenék és -oldal

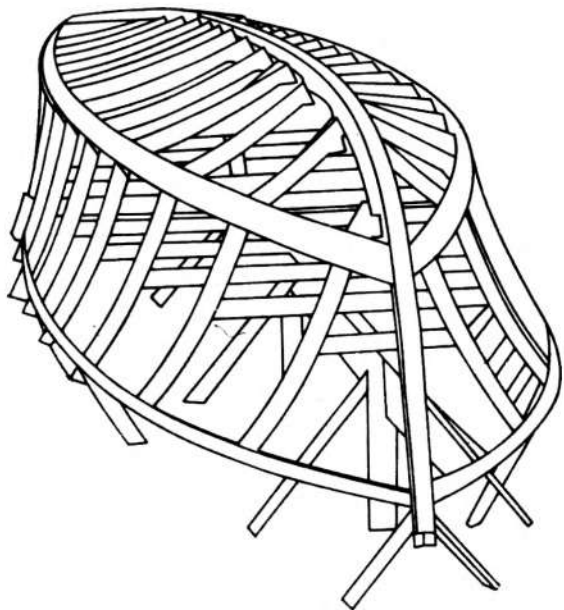
metszésvonalában fekszik. A többnyire tölgyfából készülő saroklécet jobb kivitelű hajóknál a palánkok számára kialakítjuk (119a ábra). Egyszerűbb megoldásoknál négyzet vagy téglalap keresztmetszetű lécet alkalmazunk, amelyet a könnyebb behajlítás miatt úgy helyezünk el, hogy magasabbik oldala a hajó oldalával párhuzamos legyen (119b ábra).



119. ábra.
A sarokléc (kimmléc)

A bordákat a sarokléc részére kivágjuk, miután a kivágások helyét egy — a sarokléc keresztmetszetének megfelelő — sablon segítségével berajzoltuk a bordák sarkaiba. Az *aljazott sarokléc* elkészítése és beillesztése nem könnyű feladat, mert mind a hajó feke, mind az oldala csavart felület, egymással alkotott szögük nem állandó, s így a sarokléc keresztmetszete állandóan változik.

A sarokmervítőt beillesztjük és becsavarozzuk a borda kivágásaiba, majd az oldallal és fenéssel szintbe tisztítjuk. A csavarfejeket itt is, mint az összes alkatrész csavarozásánál, be kell sülyeszteni. A sarokmervítő, akárcsak a



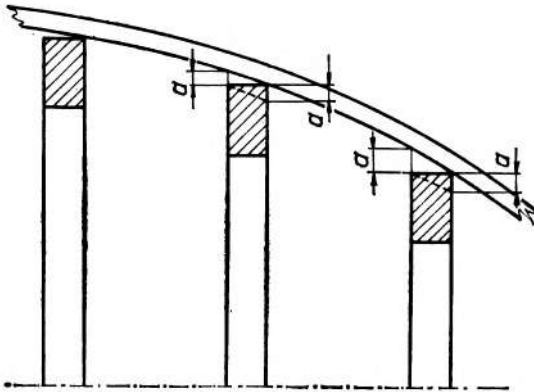
120. ábra. A hajó kész váza

hosszmerevítő, kiér a tükörig és az orrtőkéig, s ezekbe süllyesztjük be. (A 120. ábrán a kész hajó vázát láthatjuk.)

Mielőtt a *palánkozáshoz* hozzákezdenénk, *ellenőrizzük le* újra a bordák megfelelő állását, majd minden bordának adjuk meg a szükséges *részűt* oly módon, hogy a hajó vázára különböző magasságokban hajlékony léccet feszítünk (121. ábra), az *a* távolságokat lemérve a borda ellenkező oldalán visszamérjük és bejelöljük.

Hosszbordás építésnél a *fenék palánkjai* a hajó hossztengelyével párhuzamosan futnak, az oldalpalánkok azonban íveltek, kifli alakúak. Általában 120 mm-esnél szélesebb palánkot nem tanácsos alkalmazni. A palánk vastagságával növekszik annak szélessége, de nem arányosan.

A fenék palánkjait úgy osztjuk be, hogy azok körülbelül egyenlő szélesek legyenek. A főbordán elkészítjük a beosztást, majd egyenes léccel átjelöljük



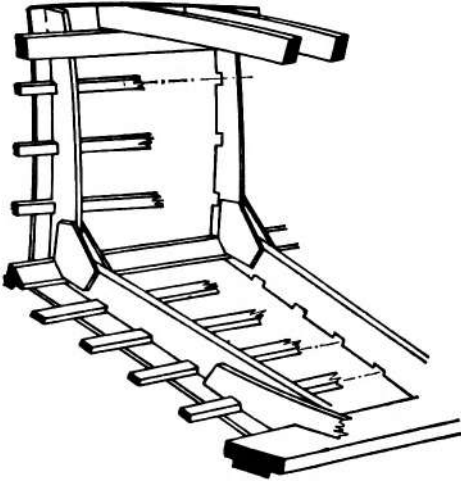
121. ábra. A részű lemérése a bordákon

a többi bordára. Az *oldal palánkozását* ugyancsak a főbordán osztjuk be, szintén körülbelül egyenlő szélességeket véve, majd beosztjuk a tükröt és az orrtőkét. Ezután a megfelelő pontokat hajlékony léccel összekötjük, a lécnél törésmentes görbe vonalat kell adnia. A léccel érintési pontjait átjelöljük a bordákra, s ezek a pontok lesznek a hosszbordák középvonalai.

A *hosszbordák* 15...20%-kal vastagabbak és 2,5...3-szor szélesebbek, mint a palánk vastagsága. Anyaguk fenyőfa vagy tölgyfa. Minden osztásnál sablonnal bejelöljük a főborda szélességét és mélységét, majd illesztőfűrészsel és vésővel kidolgozzuk a bordából a hosszbordák beillesztésére szükséges bemélyedést, ügyelve a szükséges részűre. Ezután illesztjük be a hosszbordákat, majd becsavarozzuk azokat. Ha gondosan akarunk eljárni, a borda és hosszborda illeszkedési helyét előzőleg belakozzuk vagy befestjük, hogy a víz behatolását és ezzel a *gombásodás* veszélyét csökkentjük; különösen fontos ez a hajó fenékén, amelyben gyakran víz van, azonkívül a padlódeszka alatt a páratartalom is magasabb. A hosszbordát be kell süllyeszteni a tükörbe is, majd az orrtőke mellett ferdén levágni és az orrtőkéhez erősíteni (122. ábra).

A hosszborda növeli a hajó súlyát, ugyanakkor a bordák és fenékmerevítők is szélesebbre veendőek, mert keresztmetszetük legyöngül. Az ilyen hajók tömítése igen jó, hátránya viszont, hogy a külháj belül zegzugos, víz és korhadó anyagok lerakódhatnak és korhadásos gócok keletkezhetnek.

A *palánkozást* a gerinc melletti első palánk felrakásával kezdjük. Mindig *váltakozva* rakjuk fel; mind a két oldalon egy-egy palánkot, nehogy a hajóttest



122. ábra. A hosszbordák beillesztése

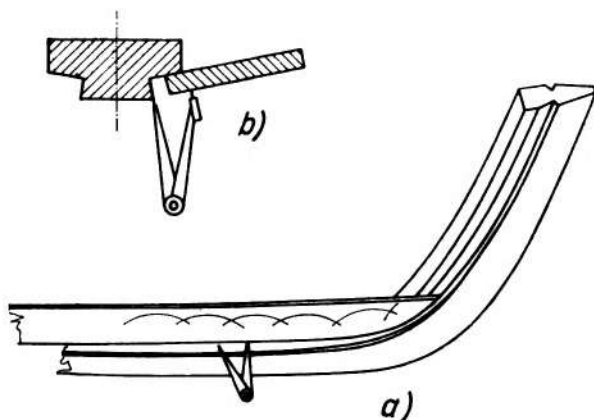
elhúzódjon. Ha ugyanis az egyik oldalt készre palánkozánk, a hajó közép-vonala nem maradna egyenes. A palánkozásnál különösen az erős görbületeknél nagy feszültségek maradnak a palánkokban, amelyek az egész vázszerkezetre átadódnak. Váltakozva való palánkozásnál ezek a feszültségek kiegyenlítődnék.

Legnehezebb a gerinc melletti első palánk felrakása, mert ennek elöl igen erős a *csavarodása*, éppen ezért ez a palánk ne legyen nagyon széles. Ajánlatos a palánk végét szivaccsal nedvesíteni, s forrasztólámpával melegíteni, hogy könnyebben lehessen behajlítani. Az első palánkot a gerinc aljzásába illesztjük. Ehhez vegyünk egy pontos méretre kigyalult palánkdeszkát, amelyet csavarszorítókkal a borda fenékmerevítőihez erősítünk, s amennyire lehet, a gerinc aljzásához közel toljuk, hogy átmásolhassuk rá a gerinc aljzásának vonalát. A deszka és az aljzás közötti legnagyobb távolságot körzőnyílásba vesszük, s ezzel a körzőnyílással egymástól 10...15 cm-re kis köríveket húzunk az aljzásból a palánkanyagra, ügyelve arra, hogy a körzőt mindig merőlegesen tartsuk (123a ábra). Megkönnyíti a munkát, ha olyan körzőt használunk, melynek egyik szárára kis fémlemez van hegesztve. A fémlemez végigcsúsztatva a gerinc aljzásában, egyszerűen átmásolhatjuk a gerincaljzás vonalát (123b ábra). A gerincaljzás vonalát egy meghajlított rajztűvel is átvihetjük a palánkra. Rétegeltlemezes külhéjnál ez a módszer alkalmas az orrtőkealjzás vonalának átmásolására is.

A gerincvonal átmásolása után kifűrészeljük és legyaluljuk a palánkot, majd fölillesztjük és az esetleges hibákat utánajavítjuk.

Miután a palánkok illeszkedését ellenőriztük, tömítés céljából az aljzást sűrű festékkal megkenjük, és a palánkot a gerinc és orrtőke aljzásába jól beszorítva, csavarokkal felerősítjük. A felerősítés közben a palánkot csavarszorítókkal erősítjük a bordákhoz és az orrtőkéhez. A palánkot minden bordához három csavarral erősítjük hozzá, a gerinc mentén a csavarok egymástól való távolsága a palánkvastagság 4...6-szorosa.

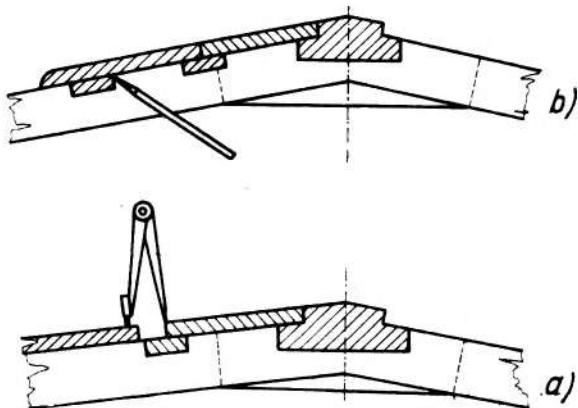
A második palánk alsó élével az első palánkhoz illeszkedik. A palánk alsó élének vonalát a már felillesztett palánkról, a felső élét pedig a következő hosszbordáról vesszük le. A kiszabandó palánk anyagát ráhelyezzük a már fel-



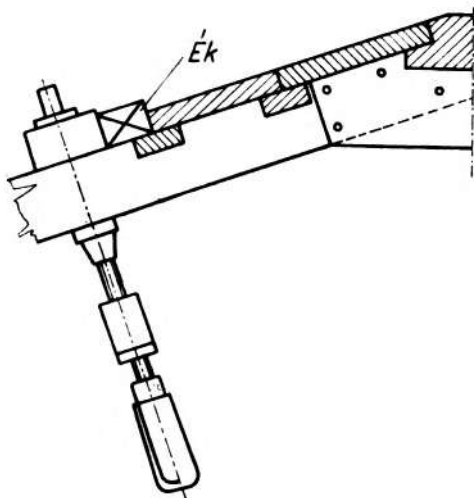
123. ábra. A gerincaljzás vonalának átmásolása

illesztett palánkra úgy, hogy azt kissé túlföldje, majd belülről megrajzoljuk a palánk szélének vonalát. Természetesen körzővel is átvihetjük a már ismertett módon (124a ábra). A palánkon megjelöljük a főborda helyét, hogy a fölillesztésnél pontosan a megfelelő helyre tehesük. A bejelöléseket hajlékony léccel összekötve meghúzzuk a palánk görbületének vonalát, s ennek nyomán kifűrészeljük, majd kigyaluljuk a palánk élét és hozzáillesztjük az előző palánkhhoz. Amikor mindenütt pontosan illeszkedik, csavarszorítókkal hozzáerősítjük a bordákhoz, s a hosszborða mentén belülről megrajzoljuk a hosszborða vonalát (124b ábra), majd mint az előző palánknál is tettük, hozzáadjuk a hosszborða fél szélességét. Az így kapott pontokat hajlékony léccel összekötve nyerjük a palánk alsó élének vonalát.

Miután a palánkot teljesen elkészítettük, hozzáillesztjük az előzőhöz, és ahol szükséges, utánaigazítjuk. Amikor már mindenütt hézagmentesen illeszkedik, az élét és a hosszborðát sűrű festéssel befestjük, majd hozzászorítjuk az első palánkhöz úgy, hogy az eleje az orrtörke aljazásába pontosan illeszkedjék. Az előző palánkhöz való tökéletes szorításra *ékeket* használunk, amelyeket a palánkhöz és a bordához szorítóval felerősített keményfa lécc közé ütünk (125. ábra). A palánkozást a sarokléccig folytatjuk, majd onnan a legfelső palánkig. Ha a sarokléc aljazott, akkor a palánk beillesztését ugyanúgy

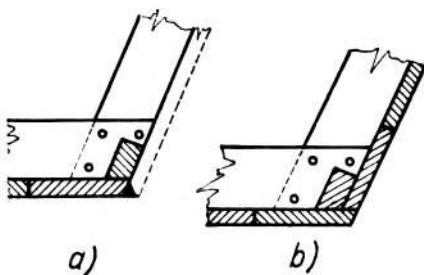


124. ábra. A második palánk élvonalának átjelölése



125. ábra. A palánk hozzászorítása a szomszédos palánkhoz

végezzük, mint a gerincnél, ha pedig egyszerű lécs, akkor a sarokléc külső élével szintbe palánkozunk és ehhez illesztjük az első oldalpalánkot (126a ábra). Nehezebb, de helyesebb a fenékpalánkot egy palánkvastagsággal a saroklécen túl vinni és az első oldalpalánkot ehhez illeszteni (126b ábra), mert így a vízfelvételtől megdagadó fenék nem fogja kinyomni helyéről az oldalpalánkot.



126. ábra. Palánkzás a sarokléc mellett

A felpalánkozott hajótestet *tisztítógyaluval* letisztítjuk. A gyalut először harántirányban vagy ferdén vezessük, hogy a külháj ne kapjon hosszanti hullámokat. Végül színelőpengével lehúzzuk, majd csiszoljuk. Amennyiben a palánkokban kieső göcsök vannak, azokat a letisztítást megelőzően kifúrjuk, s azonos faanyagból készített, azonos szálirányú dugókkal műgyantaragasztóval befoltozzuk.

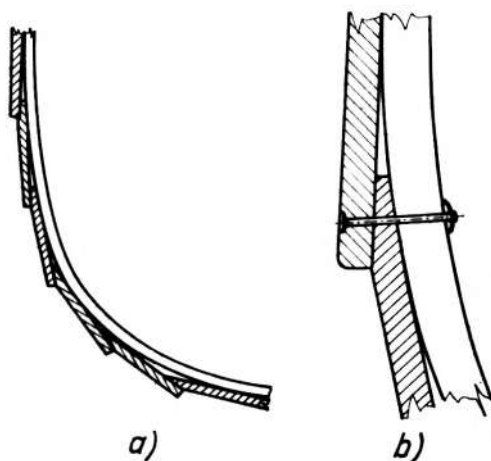
A sarkos hajókat célszerű rétegtlemezes külhájjal készíteni, de ehhez csak víz- és fűzésálló ragasztású lemez alkalmas. A rétegtlemez vastagsága a tömör keményfapalánk vastagságának 60...70%-a lehet. Rétegtlemezes külháj esetén is szükség van hosszbordára, különösen a *nagysebességű* motorhajók fenekét célszerű sűrűn bordázni, hogy a fenék a dinamikus erőhatásoknak ellenálljon.

A rétegtlemez csak egyik irányban hajlítható, a másikon csak igen kis mértékben, amit a szerkesztéskor figyelembe kell venni. A rétegtlemezes kül-

háj, amennyiben a hajó oldalának és fenekének görbülete nagy, csak kevés bordát igényel, mert enélkül is kellőképpen merev. Rétegtlemeznél előnyösen használható az ún. *orrtükrös forma*, mert ennél kisebb a külháj csavarodása, könnyebben építhető és nem kell orrtőke. Lemezkülháj esetén nem szükséges a gerincet kialakítani, hanem közvetlenül ráerősíthetjük a lemezt a gerincre, s egy külső gerinccel lezárjuk.

6. Klinker-palánkozású hajótest készítése

Klinker-palánkozásnál — amely valószínűleg a legrégebb palánkozás mód — az egyes palánkjáratok egymást zsindeyszerűen túlfedik. Minden szomszédos palánk hosszában egymással közvetlenül össze van kötve (127a és b ábra).



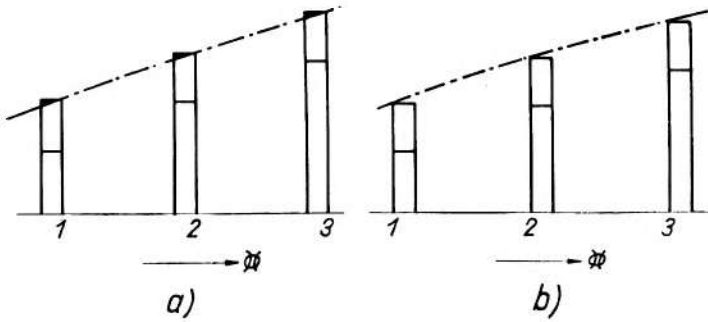
127. ábra. Klinker-palánkozás

Ennél nagyobb szilárdságot egyik palánkozás mód sem nyújt. A klinker-palánkozás aránylag könnyű és hajlított bordák alkalmazása esetén rugalmas, és kitűnően tömítő külhajat biztosít. A palánkozás viszonylag egyszerű, mert a palánkok illesztése nem kíván olyan pontos munkát, mint pl. a karwel-palánkozás. Az átfedésnél bizonyos alul- vagy túlméret a hajó tömítésében nem jelent különösebb hátrányt.

A *klinker-palánkozás hátrányai*: a külháj nem sima, nagyobb a nedvesített felület, s a kiemelkedő palánkrészek megzavarják a víz áramlását, emiatt valamivel nagyobb az ellenállása. Belül nehezebb a tisztántartása. Ha az anyag nem elég száraz, zsugorodik, s a palánk ilyenkor hosszában elrepedhet.

A hajótestet *egyenes helyzetben építőbordákra* építjük. Az építőgerenda felső oldalán meghúzzuk a hajó középvonalát, s ezen megjelöljük a bordák helyét, valamint a hajó két végpontját. Az egyes bordák helyén a gerinc alá a bordametszetrajzból vagy a mérettáblázatból vesszük. Az építőgerenda fölött 2...2,5 m magasságban elhelyezünk egy 100×50 mm keresztmetszetű gerendát, ehhez szögezzük majd a bordákat merevítő léceket.

A gerincet rászorítjuk az építőgerendára helyezett alátétekre, így kapja meg a szükséges hajlását. Ha a hajó uszonyos, akkor a gerincen előre kivágott



128. ábra. A bordák elhelyezése

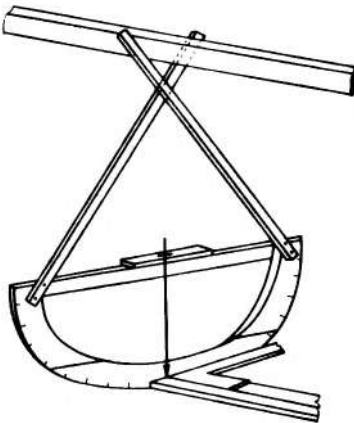
uszonyrésen keresztül lecsavarozhatjuk az építőgerendára. A gerincet igen pontosan állítsuk be, hogy középvonala az építőgerenda középvonalával egy egyenesbe essék.

Az építőgerendára fölvitt bordametszet-jelöléseket most *derékszöggel* felvetítjük a gerincre, s ezután elhelyezzük az építőbordákat. Ezt kétféleképpen végezhetjük:

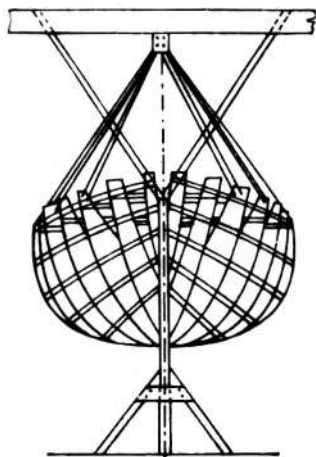
1. Ha a bordák a főbordától a hajó vége felé néznek (128a ábra), akkor a bordákat le kell rézselni.
2. Ha a bordák a hajóközép felé néznek (128a ábra), akkor nincs szükség rézselésre; de a külháj a bordákat csak egy élben fogja érinteni. Helyesebb az első módszer alkalmazása, mert a palánkok jobban felfeküsznek az építőbordára

A *bordák felállítását* a főbordával kezdjük, amelyet a gerincre derékszöggel pontosan a hajó hossz tengelyére merőlegesen, majd függőőnnal (amelyet a bordát összekötő lécc bejelölt középvonalára helyezünk) pontosan vízszintbe állítunk. Ezután a gerincbe csavarozzuk, majd a két végét kimerevítjük az építőgerenda fölött elhelyezett gerendához (129. ábra).

Az építőbordák elcsúszásának megakadályozására az összekötőléceket a rájuk szögelt lécekkel egymáshoz, a tükörhöz és az orrtőkéhez kapcsoljuk,



129. ábra. A borda felállítása



130. ábra. A váz pontosságának ellenőrzése

hogy az egész váz merev egységet képezzen. Hosszú vonalzókkal ellenőrizzük, hogy a bordákat átkötő lécek egy magasságban vannak-e? A vonalzóknak minden lécet érintenie kell. Még ez sem nyújt azonban biztosítékot arra, hogy az építőbordák külső élét összekötő vonal pontosan fut-e. Ennek ellenőrzésére hajlékony lécet feszítünk a bordák külsejére (130. ábra). Amennyiben a rajz és a bordák pontosak, a léccel mindenütt érinti a bordákat; ha kisebb eltérés mutatkozik, utána kell igazítani.

A palánkozást itt is a gerinc melletti palánk felrakásával kezdjük és mindig két oldalon váltakozva palánkozunk. A palánkozás beosztását úgy végezzük, hogy először a főbordát osztjuk be oly módon, hogy a gerincnél a legszélesebb palánkkal kezdjük, s fokozatosan csökkentjük a legkisebb görbületi sugár felé a palánkszélességet, majd a görbületi sugár növekedésekor ismét szélesbítjük. A gerinc melletti palánk pl. 120 mm, a legkeskenyebb palánk a kimmnél pedig már csak 70 vagy 80 mm, a legfelső palánk pedig ismét 120 mm. A beosztást legjobban a bordametszetrajzon végezzük. A tükör palánkozását a főborda palánkjával arányosan osztjuk be.

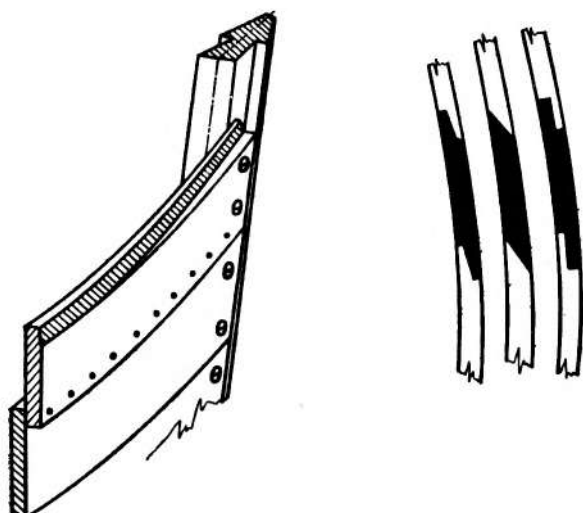
Például legyen a főborda fél kerülete 1,25 m, a tüköré 0,8 m, a kérdéses palánk szélessége a főbordán mérve 0,11 m, akkor ugyanezen palánk szélessége a tükrön,

$$sz = \frac{0,8 \cdot 0,11}{1,25} = 0,071 \text{ m.}$$

Az orrtőkén a palánkok szélességét egyenlő nagyra vesszük. A kapott három osztáspontot hajlékony léccel összekötjük, s az osztásokat az összes bordára rájelöljük.

A gerincaljazás görbületének a palánkra való átvitele, valamint az egymással érintkező palánkok görbületének egyik palánkról a másikra való átvitelének módja a körzővel való átmásolás, ill. az osztáspontoknak a bordákról való feljelölése.

A palánkok végeit úgy kell átlapolva egymásra helyezni, hogy azok kívül-belül sima felületet adjanak (131. ábra). A palánk ekkor az orrtőke aljazásába és a tükrökre könnyebben és szebben illeszthető. Az átlapolás hossza 200... 250 mm.

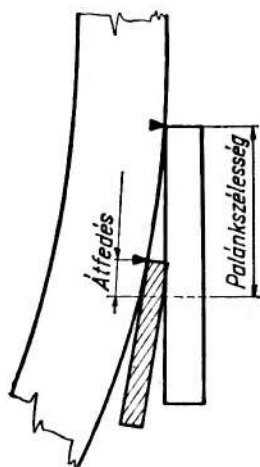


131. ábra. Palánkok végeinek egymásra lapolása

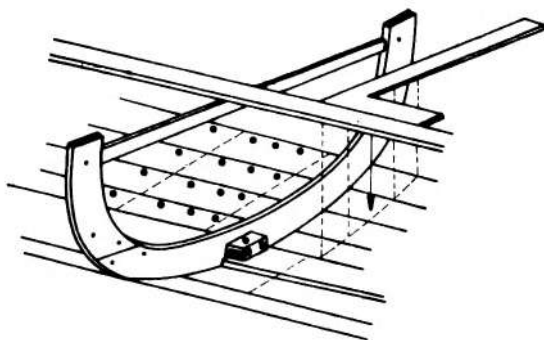
Amint azt a 127. ábrán láttuk, minden palánkot a következő palánkhoz való illesztés céljából *lerészselünk*. A *lerészelés szélessége* — a túlfedés — a borda görbületétől és a palánk szélességétől függ, s ez általában a palánkvastagság 1,5...2-szerese. Minthogy mindkét illesztendő palánk bordától bordáig változik, a munkamenet a következő:

Az első palánk felerősítése után — amelyet az orrtőkétől kiindulva a tükörnél fejezünk be — minden bordánál rájelöljük a palánkra az átfedés szélességét, és vésővel vagy illesztőfűrésszel lerészseljük úgy, hogy a próbaképpen ráhelyezett vonalzó a rézselésre pontosan felfeküdjék (132. ábra). Ezután a rézsűk közötti részeket gyaluval összedolgozzuk. Ezt a munkát igen pontosan kell elvégeznünk, mert ennek jóságától függ a hajótest tömítése. Akár sokat, akár keveset rézselünk le, elpattanhat a palánk.

A palánkokat egymással az átfedés közepén összeszegecseljük. Ezt megelőzőleg bejelöljük a bordák helyét, mert azok egymástól való távolsága a



132. ábra. Palánkok széleinek lerészelése



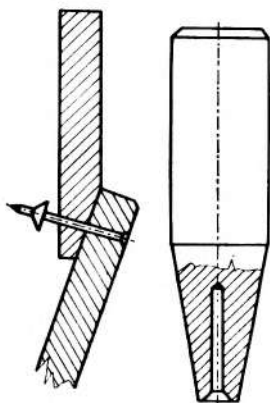
133. ábra. A borda helyének lefüggőzése

szegecstávolság egész számú többszöröse. Az építőbordák összekötőléczére egy egyenes vonalzózt fektetünk, amelyre rájelöljük a bordaosztást, majd egy hosszú szárú derékszöget fektetünk a jel mellé. A derékszög szára mellett a borda vonalát lefüggőzzük és a borda szélességének megfelelő szélességben két párhuzamos vonallal berajzoljuk a borda helyét (133. ábra).

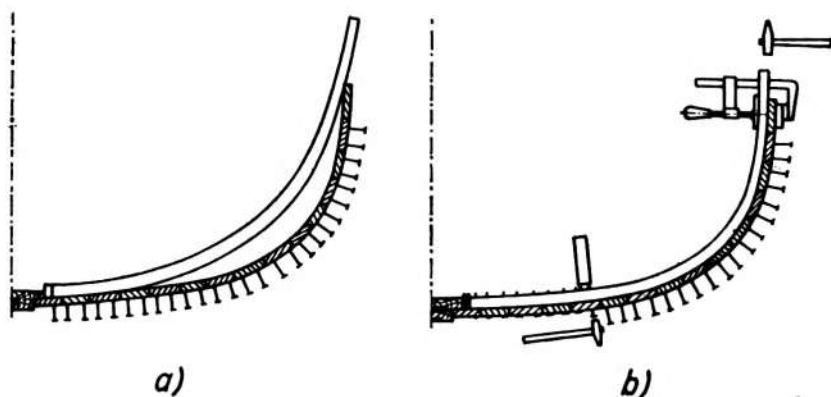
Következő lépés a *szegecshelyek bejelölése*. A szegecsek egymástól való távolsága a bordatávolságtól és a palánkvastagságtól függően 50...70 mm. Vastagabb palánknál nagyobb lehet a szegecstávolság, de ekkor a szegecs is erősebb legyen. Ha pl. 10 mm palánkvastagságnál a bordatávolság 300 mm, akkor a szegecstávolságot 50 mm-re vesszük. A bordák helyén egyelőre nem szegecselünk, mert itt a bordákkal együtt szegecseljük át a palánkokat. A szegecsek helyét belülről kifelé előfúrjuk, a szegecseket kívülről beütjük, s tárcsahúzó szerszámmal ráütjük a tárcsát (134. ábra). Lecsípjük a szegecs hegyét, kis kalapáccsal elszegecseljük a végét, ugyanekkor a fej alá domború szegecselő alátétvasat tartunk.

A *hajlított bordák beépítése*: a szegecselés előtt bejelölt bordahelyeken belülről kifelé előfúrjuk a szegecsek helyeit, majd kívülről beütjük a szegecseket annyira, hogy hegyük a palánkokkal szintbe legyen. A lyukátmérő a szegecsátmérő 0,75-öd része. A bordák különböző hosszúak, ezért beszámozandók.

Eközben a *bordákat gőzöljük* (előnyös, hogyha a gőzölő az építendő hajóhoz közel esik, hogy a szállítási út rövid legyen s ne hűljön le a borda). A forró



134. ábra. Szegecselés és tárcsahúzó szerszám

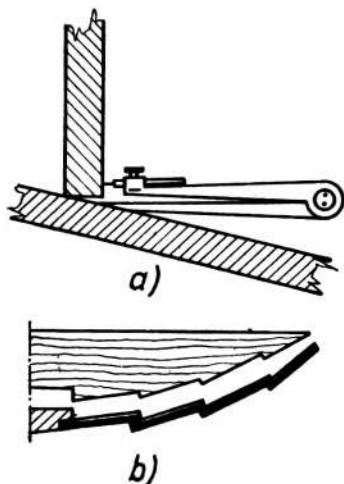


135. ábra. A borda behajlítása és szegecselése

bordát óvatosan hajlítjuk be (135a és b ábra), ügyelve arra, hogy az a kül-héjra szorosan felfeküdjön, ezért ajánlatos a bordát csavarszorítókkal rögzíteni. A gerinc mellé egy kis fadarabot teszünk, hogy a borda ne érjen a gerincig (a víz a bordaközökben össze tudjon folyni). A bordázást gyorsan kell végezni, mert a borda hamar kihűl, s utána már nem lehet hajlítani és átszegecselni. Ott, ahol szegecselünk, belül egy ellensúlyt tartunk a bordára, amennyiben a borda eltörik, cseréljük ki.

Az építőbordákat fokozatosan távolítjuk el a hajóból, s helyükre hajlított bordákat teszünk. A hajó két oldalát léccel átkötjük, s ezt csak a hosszmerítő beépítése után távolíthatjuk el.

A fenékmerevítők beszabása és beerősítése. A fenékmerevítők helyét és méreteit a szerkezeti rajz tartalmazza. Ha fűrészelt bordákat használunk, mint pl evezőscsónakokhoz, akkor a bordákat úgy készítjük, hogy egy vékony ólomcsővel levesszük a megközelítő bordaalakot, s ennek megfelelően kivágjuk a bordát. Az így nyert nyers bordát helyére illesztve annak mindkét oldalát körüljárjuk egy laposan tartott írónnal, s így jelöljük ki a szögletes borda

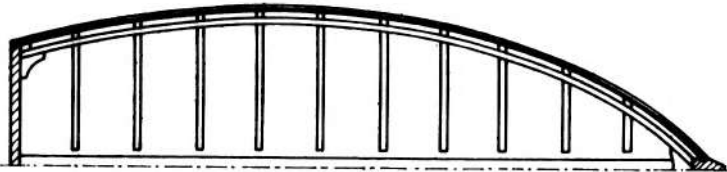


136. ábra. A fenékmerevítő átrajzolása és beszabása

vonalaít. Addig illesztünk, amíg a borda mindenütt pontosan felfekszik a külhéra.

Hosszuk általában a hajó szélességének 2/3 része, magasságukat az igénybevétel szabja meg: gyakran a szükségesnél magasabbak, mert egyúttal a padlót is tartják. Ilyenkor ügyeljünk, hogy felső élük egy egyenesbe essék. Ehhez a műhelyrajzban is ki kell őket szerkeszteni.

A fenékmerevítőt tölgyfából készítjük, s a faanyagra körző segítségével másoljuk át a fenék hajlását (136a ábra), majd megadjuk mindenütt a szükséges rézsűt. Beillesztés előtt (136b ábra) a palánkokkal érintkező oldalát befestjük, s alulról csavarozzuk a palánkokhoz, a gerinchez pedig alulról, sőt,



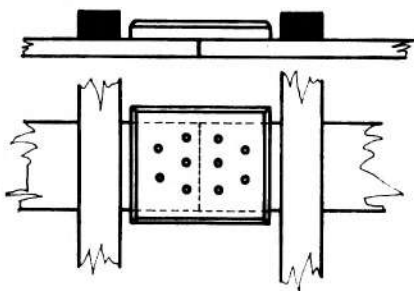
137. ábra. A hosszmerívítő beillesztése

néha felülről is. A végeit le szoktuk szegecselni a palánkokhoz. Célszerű a fenékmerevítőket az építőbordák kiszedésével egy időben beilleszteni, nehogy a hajótest elhúzódjon. A fenékmerevítők beerősítése után beszabjuk, behajlítjuk és beerősítjük a hajótestbe a hosszmerívítőket. A pontos beszabásra ügyeljünk, mert amennyiben a hosszmerívítő a kelleténél hosszabb, a hajó szélesebb, ha pedig rövidebb, akkor a hajó keskenyebb lesz. A hosszmerívítőt a bordákhoz és a külhéhoz szegecseljük hozzá, a végeit pedig könyökökkel kössük a tükörhöz, egymáshoz és az orrtökéhez (137. ábra).

7. Karwel-palánkozású hajótest készítése

A *karwel-építésnél* a palánkokat csak a bordák és a fenékmerevítők kötik össze egymással, kivéve, amikor az élek össze vannak ragasztva. Ragasztás nélkül a karwel-építésű hajó csak korlátoltan bírja a — főleg vitorlásoknál jelentkező — csavaróigénybevételt, mert a palánkok egymáson el tudnak csúszni. Csak a palánkok kölcsönös nyomása és a súrlódás tudja a palánkélek egymáson való elcsúszását megakadályozni. A nyomás *dugarolással* növelhető. Ez alatt tömítőanyag beverését értjük a palánkok közé. Így azonban a hajó külhóján látható nyomok maradnak, amelyek csak festéssel tüntethetők el. Natúrlakkozás esetén igen pontos illesztés szükséges. Hézag keletkezésének elkerülésére a faanyagot jól ki kell szárítani, célszerű keveset zsugorodó fafajtát és sugármetszésű faanyagot, valamint keskeny palánkokat használni. Ha a palánk nem elég száraz és száradáskor zsugorodik, akkor vagy a ragasztásnál válik szét, vagy egyéb helyen reped meg.

A palánkok ritkán készülhetnek egy darabból. Toldhatunk *tompa illesztéssel, összekötőhevederrel* (138. ábra). Az illesztés mindig a bordák között legyen. Az összekötődarab minden esetben szélesebb, mint a palánk. Helyesebb azonban *ferdén illeszteni és műgyantával ragasztani*. Csak kisebb hajóknál igyekszünk a palánkokat egy darabból készíteni, nagyobbaknál nem célszerű,



138. ábra. A palánk toldása összekötő hevederrel

mert az erős kiflialak miatt nagyon széles anyagra volna szükség, s sok lenne a hulladék is. A toldás *ferde rálapolással* és ragasztással viszonylag gyorsan és jól elkészíthető. A ferde rálapolás hossza a favastagság 6...10-szerese. A szomszédos palánkok toldásai azonban egy 8...9 m-es hajónál nem lehetnek egymáshoz közelebb, mint 1 m; amennyiben köztük egy palánk van, akkor már csak 0,7 m, ahol pedig kettő van, ott csak 0,4 m.

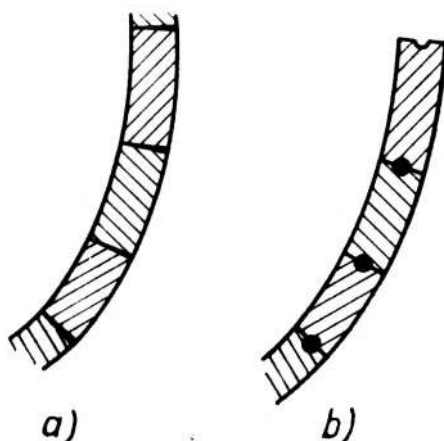
A karwel-palánkozásnál a *váz felállítását*, a *bordák kimerevítését*, a *palánkozás beosztását* a *klinker-építéshez hasonló módon végezzük*. 120 mm-nél szélesebb palánkot ne vegyünk; ha a görbületi sugár a kimm-nél kicsi, a palánk szélességét 60 mm-re is lecsökkenthetjük. A faanyagot előírt vastagságra kigyaluljuk, kivéve a fenékhajlat (kimm) részére szükséges anyagot, amelyet 3...5 mm-rel vastagabbra hagyunk, mert ezeket belül homorúra, kívül domborúra kell kidolgozni.

A hulladékok csökkentésére a palánkforma levételére gyakran ún. *palánksablont (Ree)* használunk, amely egy 5...6 mm vastag, kb. 250 mm széles, s a palánk hosszával megegyező hosszúságú fenyőfa deszka. A palánksablont a gerinc melletti palánk helyére tesszük, s egyenlő körzőnyílásokkal rámásoljuk a gerinc aljzásának vonalát. Ezután a palánksablont levesszük, ráhelyezzük a palánkanyagra és ugyancsak átmásoljuk rá kis körívekkel az előbb nyert pontokat, majd ezeket hajlékony léccel összekötjük. Jelöljük be a palánksablonon egy középső és két szélső borda élét, hogy a palánkot pontosan a helyére tudjuk majd illeszteni.

Az összes palánk görbületét hasonló módon, a palánksablon segítségével határozhatjuk meg. A palánk alsó szélének pontjait az építőbordák osztáspontjairól másoljuk át vagy a palánksablonra, vagy közvetlenül a palánkra. Ezt azonban csak akkor tehetjük, ha már a palánk felső élét kidolgoztuk és az előző palánkhoz illesztettük. A palánksablont mindig először a középső bordára erősítjük, s úgy hajlítjuk előre és hátra. A ráhajlítást nem szabad erőltetni, ezért úgy kell az építőbordára helyezni, hogy az erőltetés nélkül minden bordára felfeküdjék.

A palánkot — kifűrészelése és kigyalulása után — megfelelő *részével* látjuk el, amit ferdemérő segítségével veszünk le az előző palánkról, s dolgozunk ki minden borda helyén, majd az így nyert pontokat folyamatosan összedolgozzuk.

A palánkozást általában alulról, a gerincnél kezdjük és haladunk folyamatosan felfelé. Az ún. *francia palánkozási rendszer*nél először a gerinc, majd a fedélzet melletti palánkot rakjuk fel, ezután felváltva alulról és felülről mindig egy-egy palánkot úgy, hogy köztük egyet mindig kihagyunk. A hiányzó palánkokat csak ezután szabjuk ki és illesztjük. Előnye ennek a palánkozási



139. ábra. Karwel-palánk illesztése

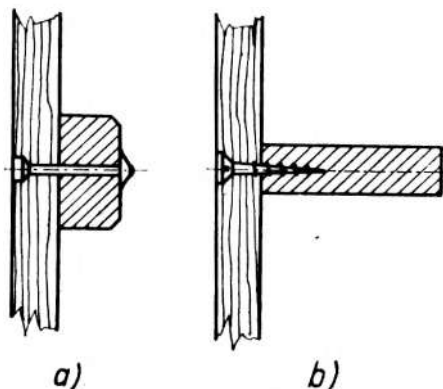
rendszernek, hogy nem kell minden palánkot illeszteni, csak azokat, amelyek a már előzőleg felrakottak közé kerülnek.

Karwel-palánkozásnál a *palánkokat igen pontosan kell illeszteni*, s jól egymáshoz szorítani; az illesztési hézagot tömíteni kell (139a ábra). A palánkok illeszkedő felületei közé szokás lakkba itatott pamutfonalat helyezni, amelynek részére marószerszámmal előzetesen kis hornyot készítünk (139b ábra). A fenékhajlás palánkjait belül völgyelőgyaluval is kidolgozzuk, hogy az építőbordákhoz pontosan hozzásimuljanak.

Lényegesen jobb hajótestet kapunk, ha a palánkokat műgyantarasztóval egymáshoz ragasztjuk. Megfelelően kiszáritott anyag és pontos illesztés, ill. ragasztás esetén az ilyen héjszerkezet rendkívül merev, s lényegesen kevesebb bordát igényel.

A palánkokat *ékkal* szorítjuk egymáshoz és minden építőbordához szögvel vagy csavarral odaerősítjük. A szög alá kis faalátétlemezt tegyünk, hogy azt majd letörve a szöget könnyebben kihúzhassuk.

A *hajó bordázását* a klinker-építésnél ismertetett módon végezzük. A bordázást megelőzőleg belül a külhéjat simára kidolgozzuk színelőpengével, kézi csiszolással, mert ha a felület belül nem egyenletes, a bordák nem fekszenek fel jól, aminek az a következménye, hogy a hajó kívül sem lesz sima.

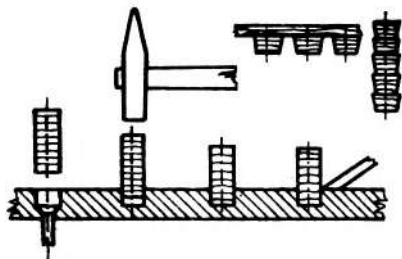


140. ábra. A palánk szegecselése és csavarozása

Kisebb és közepes hajótesteket rézzel szegecselünk, különösen akkor, ha hajlított bordájú a hajó (140a ábra). Épített bordáknál csavarozunk, mégpedig mindig kívülről befelé (140b ábra), mert mindig a vastagabb anyagba kell csavarozni. Nagyobb hajóknál és acélbordánál *anyáscsavart* használunk, itt az anya belül van és a bordára fekszik fel.

A megerősítésre lehetőség szerint sárgaréz csavart használjunk, ennek hiányában horganyzott vagy kadmiumozott vascsavarokat. A sárgaréz csavar kis szilárdságú, ezért óvatosan hajtsuk be, s a csavarokat kenjük meg paraffinnal vagy viasszal.

A szegecs- és csavarfejeket besüllyesztjük és a keletkezett mélyedést kittel töltjük ki. Natúrlakkozott hajóknál dugózni kell (141. ábra). A szegecsfejeket ekkor a palánkvastagság $1/3 \dots 1/2$ részéig besüllyesztjük. Ehhez pontosan hengeres furat szükséges, melynek átmérője kb. 10%-kal nagyobb, mint a besüllyeszthető csavarfej átmérője. A dugót a palánkkal azonos anyagból speciális fúróval vagy esztergályozva készítjük, majd pontosan a rostirányban



141. ábra. A palánk dugózása.

elhelyezzük és műgyantával beragasztjuk. A besüllyesztés legyöngíti a palánkot, ezért erősen igénybevett hajóknál ne alkalmazzuk.

A felpalánkozott és bebordázott hajótestbe beépítjük a fenékmerevítőket és hosszmerítőket, majd átfordítva bakra helyezük s letisztítjuk. A külhøj letisztítását tisztítógyaluuval kezdjük, amelynek kése csak kevéssé áll előre, a további műveletek során színelőpengével lehúzzuk, majd géppel és kézzel csiszolunk.

8. Diagonál-palánkozású hajótest készítése

Ennél a palánkozási módszernél *két egymásra merőleges palánksort* használunk, amelynek mindegyike a hajó hossz tengelyével 45° -os szöget zár be. A két palánksor a hajótestnek rendkívüli szilárdságot és rugalmasságot kölcsönöz, ezért *bordák beépítése nem szükséges*, kizárólag fenékmerevítőkre van szükség. Főleg halász- és mentőcsónakoknál alkalmazzák, amelyek igen nagy igénybevételnek vannak kitéve.

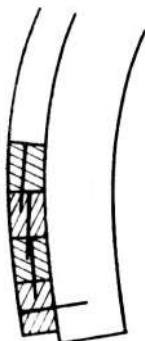
A palánkok csak *lombosfából* készülhetnek, s miután két palánksor van, ezek vékonyabbak lehetnek. A kis görbületi sugár miatt a palánkokat hajlítás előtt gőzölni kell. Hajlításkor a gőzölt palánkokat a hajótest vázára ideiglenesen ráerősítjük és száradni hagyjuk. Csak ezután lehet véglegesen felilleszteni. Azért, hogy a palánkok a vázra jól felfeküdjenek, az építőbordákba hossz-bordákat kell besüllyeszteni. Diagonál-éptésnél a gerincet lépcsős, kettős aljzással készítjük.

A *diagonál-karwel építési módnál* a belső palánkok a hajó hossz tengelyével 45° -ot zárnak be, míg a külső palánksor a hajó hossz tengelyével párhuzamos. Kívülről csak a szétszórta elhelyezett szegecsekről lehet felismerni. Rendkívül szilárd, bordázást nem igényel.

9. Lécekből épített külháj

A kerek bordájú hajótestek palánkozására alkalmas egyszerű módszer a *léces építés*, melyet a hollandok alkalmaztak először. Amatőr építésnél meg lehetőségen elterjedt, s így készül a legtöbb műanyag hajó modellje is.

Amíg a karwel-palánkozásnál a palánkokat az előző palánk formája alapján alakítjuk ki, s így görbe, sőt sokszor S alakú palánkok is keletkeznek, addig léces építésnél a palánkok olyan keskenyek, hogy azokat minden nehézség nélkül lehet hajlítani.



142. ábra. A lécek összeerősítése

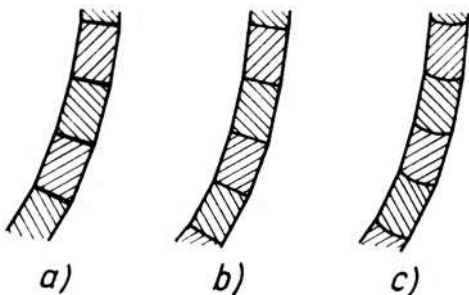
A lécekből épített hajótest, különösen ha ragasztott is, merev héjszerkezet, ami *kevés bordát igényel*. A léceket mereven épített bordákra erősítjük, amelyek bennmaradnak a hajóban. Egy 6 m-es hajónál 4 db ilyen bordára van szükség. E keretbordák közé még egy vagy két bordát helyezünk, ezek azonban csak a hajó alakjának megadására valók, s a kész hajótestből eltávolítjuk.

A *lécek szélessége* a palánkvastagság 1,5...2-szerese, aszerint, hogy milyen a hajó alakja. A palánkozást mindig a legfelső, azaz a fedélzeti palánkkal, ill. léccel kezdjük. Az első lécet a bennmaradó, tehát a hajótest vázát alkotó bordákhoz erősítjük (csavarozzuk), a következőket a lécbelseje felől az előző léchez szögezzük, s a bordához hozzácsavarozzuk (142. ábra). A szögek korrózióálló anyagból, lehetőleg vörösréz-ből készüljenek, a vízvonal felett azonban horganyzott vagy kadmiumozott acélszöveget is használhatunk.

A lécek az orrtöke és gerinc aljzásába futnak be, s tulajdonképpen itt van az egyetlen illesztési munka. Minthogy a főborda kerülete jelentősen nagyobb, mint az elülső vagy hátsó bordáké, a fenékpálánkok nem futnak a



143. ábra. Lécezett külháj kifejtése



144. ábra. A lécek illesztése

gerinccel párhuzamosan. Így a gerinc mellett marad egy *félhold alakú* darab, ahová egy szélesebb palánkot kell beilleszteni. A 143. ábra egy ilyen lécezett külhøj kifejtését szemlélteti, amelynél a bordák egyenesre nyújtottak.

A lécek között kívül nyílások keletkeznek, s ezek annál nagyobbak, minél kisebb a görbületi sugár (144a ábra), ezeket a nyílásokat ki kell kittelni. Ha natúr hajót készítünk, akkor ezeknek a léceknek *trapéz* formája legyen (144b ábra), így az illeszkedő éleket meg kell gyalulni, s a léceket ekkor a szögezés mellett ragasztjuk is, amivel igen erős héjszerkezetet kapunk. Más módszernél a lécek éleit homorúra, ill. domborúra marjuk (144c ábra), miáltal ezek kis görbületi sugár esetén is zártan illeszkednek.

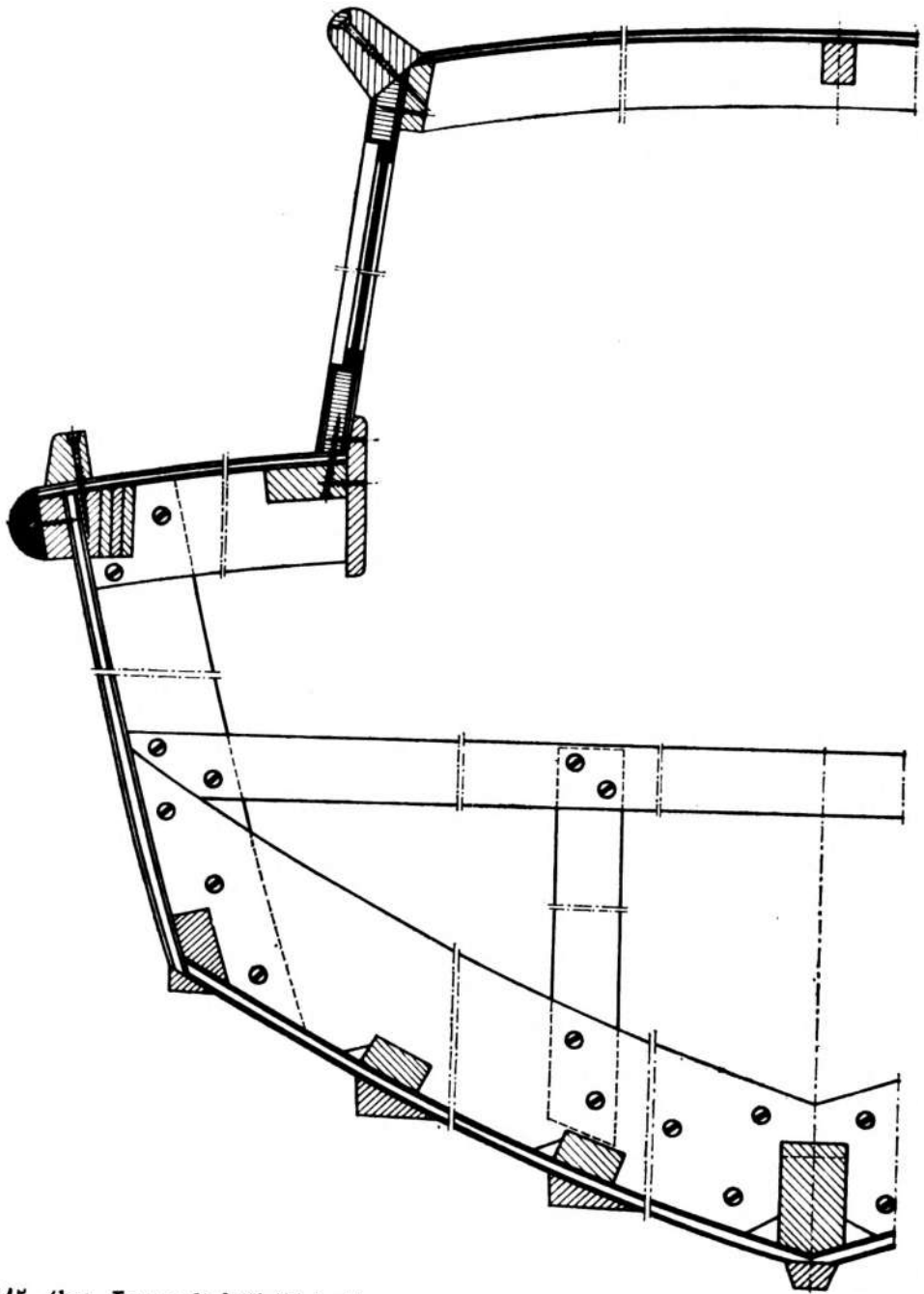
10. Külhøj készítése rétegtlemezből

A korszerű *rétegtlemezes építés* bizonyos esetekben konkurrálni tud a műanyag hajóval is — különösen vitorlás és motoros csónakoknál —, s amatőr építésre kiválóan alkalmas. Alapfeltétel azonban a jóminőségű, különleges hajóépítő lemez. Okumé belső- és makoré vagy mahagoni külsőborítású rétegtlemez szálirányú szakítószilárdsága 600 kp/cm^2 , a mahagoniból készült lemez szilárdsága pedig eléri az 1000 kp/cm^2 -t is. Fenol, resorcin vagy melaminnal ragasztott lemezek alkalmasak hajóépítésre, de általában fenol-formaldehid filmmel ragasztott lemezeket használunk.

A *rétegtlemez* nem hasad, nem reped, a rostra merőlegesen sokkal szilárdabb, mint a tömör fa, ez utóbbi azonban rostirányban természetesen nagyobb szilárdságú. A rétegtlemez új szerkezeteket kíván. Ha egy rétegtlemezes külhøj hajótestet hagyományos módon harántbordákkal erősítünk, ezzel anyagot pazarolunk, a súlyt pedig feleslegesen növeljük, ugyanakkor pedig a valóban gyenge helyeket elhanyagoljuk.

Rétegtlemezből készült hajótestet *hosszbordákkal kell erősíteni*, amelyeket néhány valóban szükséges harántborda támaszt alá (145. ábra). A *hosszbordák szélessége* a külhøj vastagságának 5...6-szorosa, vastagsága pedig a 2...3-szorosa. A külhøjat a hossz- és harántbordákkal ragasztjuk és csavarozzuk vagy szegecseljük.

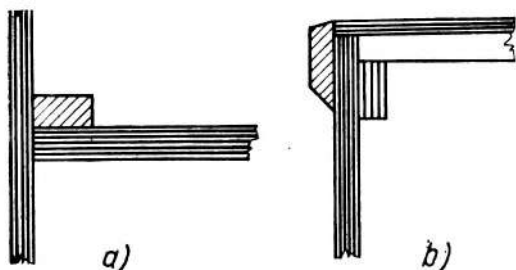
Különös elővigyázat szükséges a rétegtlemez tömör fával való összeépítésekor. A rétegtlemez méreteit a klíma változásával alig változtatja, mert az egyes furnérok egymást megkötik, s ettől eltekintve megfelelő száraz állapotban kerül forgalomba. Ezzel szemben a tömörfa méreteit változtatja, különösen akkor, ha nincs kellőképpen kiszárítva. Ha a rétegtlemezt tömör



145. ábra. Lemezelt külhájú hajó

fával összeépítjük, a fa száradása következtében feszültségek keletkeznek, amelyek deformálódásra vezetnek.

A rétegeltlemez építésnél a terhelést tartószerű alkatrészek veszik fel. Egy borda megfelelő ragasztása szélesebb felületet kíván, ezért minden bordának és olyan alkatrésznek, amelynek keskeny éle a rétegeltlemezrel érintkezik egy élerősítést, szélesítést kell adni, ami általában egy léc. Így pl. a külhøj és a fedélzet összerősítésénél (146a ábra) célszerű a hosszmerévítőt megosztani és az egyik részét kívül, a másikat belül ragasztani a külhøjhoz, így meg-



146. ábra. Rétegeltlemez alkatrészek összeépítése

felelő széles enyvező felületet kapunk a fedélzet számára. A rétegeltlemezből való építésnél, amennyiben az illesztések megfelelő pontosak és a ragasztások jók, a kajütoldalfalat vagy a hullámdeszkát nem helyezzük a fedélzetre, hanem a nyíláskeret-szegélyléc oldalához ragasztjuk (146b ábra). A gerincet *alj nélkül* és legalább két rétegből ugyancsak ragasztva építjük föl, s csak a fenéklemez felhelyezése után rakjuk fel a harmadik réteget, amely az aljat képezi, s a rétegeltlemez élét befedi.

A rétegeltlemez szabadon maradó élei a víz behatolásával szemben érzékenyek, azért ezeket megfelelő minőségű lakkal meg kell védeni.

11. Külhøj készítése formára ragasztott és préselt furnérokból

A furnérokból rétegelve formára ragasztott és préselt hajók furnérjai egymást — a diagonál-építéshez hasonlóan — *keresztezik*. Tehát ez is nagy szilárdságú héjszerkezet, amely kevés belső merevítést kíván, mindössze fenékmerévítőket, s nagyobb testeknél néhány keretbordát. Az ilyen hajó rendkívül könnyű, rugalmas és merev s tökéletesen vízmentes. Az elhúzó veszélye csekély, mert megfelelő ragasztás és lakkozás esetén alig vesz fel vizet. Hőközléses ragasztással a ragasztóanyag jól behatol a farétegekbe, s így lényegesen jobb hajók állíthatók elő, mint hideg ragasztással. Az eljárás hátrányai: költséges berendezés és viszonylag drága ragasztóanyag.

E hajók készítéséhez erősen kimerévített *blokkmodell* szükséges, ezért csak szériagyártás esetén kifizetődő. Ez a pozitív modell jelentékeny nyomásnak van kitéve, ellenállónak kell lennie, ezért többnyire vastag fenyőfalécekből készítjük, amelyeket erős keményfa bordázatra erősítünk. Nagy gyantatartalmú fenyő a modell készítésére nem alkalmas, mert a hő hatására a gyanta kicsurog, behatolhat a furnérok közé, azokat elszínezi, s a ragasztó kötését megakadályozza.

A modell kidolgozása után azt gondosan lecsiszoljuk, s kemény műgyantalakkal bevonattal látjuk el, majd — hogy a furnéroknak a modellhez való odaragadását megakadályozzuk — *vízszító* (szilikonviasz) *bevonattal* látjuk el.

A furnérokból *ragasztott külháj felépítésére többféle faanyag alkalmas, így: okumé, mahagoni, agba, makoré, cedrela, a hazai fafajták közül pedig a nyírfa. A furnérok vastagsága 1,5...2,5 mm, nagyobb hajóknál 3,5 mm is. A furnérszeletek szélessége függ a hajótest nagyságától és alakjától, s ugyanazon hajótesten belül sem mindenütt egyforma, általában 50...120 mm szélesek.*

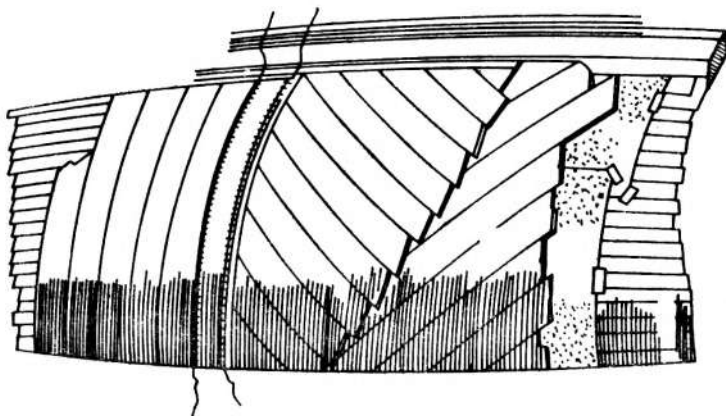
*Ragasztásra csak hő hatására megkötő, abszolút vízálló ragasztóanyagok alkalmasak, amelyek edényideje nagy, 6...8 óra. Gyorsan megkötő ragasztóanyag nem alkalmas, mert a furnérszeleteknek a modellre való felillesztése hosszabb időt vesz igénybe, s eközben a ragasztóanyag beköthet. Fenol, resorcin- és melamin-formaldehid kondenzációs ragasztóanyagok alkalmasak ragasztásra, de ezek közül is elsősorban a *resorcin-formaldehid*, mert vastagabb rétegben is szívós, megbízható kötést ad.*

A ragasztó edzőanyagának mennyisége a használt ragasztóanyag előkondenzációs fokától és a külső hőmérséklettől függ. Minden esetben kísérlettel kell megállapítani a szükséges edzőanyag mennyiségét, figyelembe véve azt az időt, amely az első furnérréteg ragasztásától a préselésig eltelik, mert ezen időn belül a ragasztónak nem szabad megkötnie.

*A furnérokat a blokkmodellre *szeletekből* rakjuk fel. A furnérok gyűrődés nélkül simuljanak a formához, ezért szélességüket a görbületi sugár nagysága szerint kell megválasztani, figyelembe véve azt az irányt is, amelyben fekszenek. Az olyan hajóknál, amelyek natúrlakkozásúak, a legkülső furnér esztétikai okokból a hajó hosszirányában fusson.*

A furnérrétegek száma a szükséges külháj-vastagságtól és a furnérok vastagságától függ. A furnérszeletek lerakását mindig a hajó közepén kezdjük, s innen haladunk előre és hátra. Az első réteget mindig a hajó középvonalára 45° alatt, a következőt erre merőlegesen rakjuk le. A furnérszeleteket szorosan feszítsük rá a formára, s helyüket apró réz szögekkel vagy fűzőkapcsokkal rögzítsük.

Hogy ne kelljen minden egyes szeletet illeszteni, úgy járunk el, hogy minden furnérszelet között egyet kihagyunk. A közbenső szeleteket a kettő



147. ábra. A furnérok egymásra illesztése

közé, ill. azok széleit a furnérok alá csúsztatjuk, s éles írónnal a furnérszelet élé mentén körüljárva átmásoljuk a szomszédos furnérok élvonalát (147. ábra).

A második réteg felrakásakor a fűzőkapcsokat — amelyek az első réteget a formához rögzítették — folyamatosan kihúzzuk. A második réteg szeleteit egyik oldalukon ragasztóanyaggal megkenjük, s ugyancsak középről kiindulva a szeleteket helyükre illesztjük, s az előző rétegen keresztül fűzőkapcsokkal rögzítjük.

Sorozatos gyártás esetén az egyes furnérszeleteket beszámozzuk, erről sablonokat készítünk, s ezek alapján egyszerre 10...12 furnérszeletet is leszabhatunk, melyeket ugyancsak beszámozunk. Ilyenkor a furnérszeleteknek a modellre való illesztését mindig ugyanazon a helyen kell kezdeni.

A diagonálisan felrakott szeletek a fedélzet vonalától a gerinc vonaláig futnak, kisebb hajóknál azonban átfuthatnak egyik oldalról a másikra, tehát a hajótest teljes kerületét körülfogják.

Motoros- és vitorláshajók külhévastagságának méretei

Hajó hossza m	Feneklemez	Oldallemez
	mm	
5	3 × 2,5	3 × 2,5
6	4 × 2,5	4 × 2,5
7	6 × 2,5	5 × 2,5
8,5	7 × 2,5	6 × 2,5
10	9 × 2,5	7 × 2,5

Ez az építési mód főleg kerek bordametszetű hajók készítésére alkalmas, sarkos építésnél a sarokélt le kell kerekíteni, ilyenkor a szeletek vastagsága és szélessége is úgy választandó meg, hogy a sarokélnél kis görbületi sugár legyen megvalósítható, azonban 100 mm-es sugár az az optimum, ami a gyakorlatban elérhető. Ha valódi sarokélt akarunk, akkor a kerek kimm-re rálaminálunk, majd a ragasztóanyag kikeményedése után a sarokélt a kívánt formára legyaluljuk.

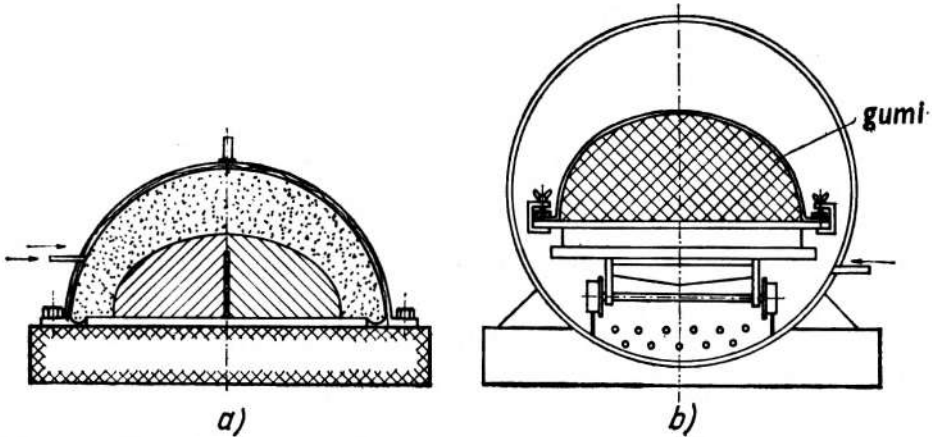
A fartükröt több vastagabb furnérből (páratlan számú) ragasztjuk össze, amennyiben a tükör ívelt, úgy azt is formára kell ragasztani.

Általában az egész külhéjat, tehát a feneket és oldalt is, egyszerre készítjük, ha azonban a hajó méretei olyanok, hogy nem fér be az autoklávba, akkor két vagy négy darabból kell megfelelő belső erősítőlécek közbeiktatásával az egyes darabokat ragasztással és csavarozással összeerősíteni. Hosszú evezőcsónakokat két darabból készítünk, s ferde illesztéssel és belső beragasztott hevederlemezzel erősítjük össze a két hajófelet.

A ragasztáshoz szükséges nyomást gumilepedő közvetítésével, levegő vagy gőznyomással állítjuk elő. A *tűlnyomásos eljárás*knál 2...8 at nyomással dolgozunk, míg a *vákuumos eljárás*nál a nyomás legfeljebb 1 at, ez azonban csak ritkán lesz elegendő. A szükséges nyomás a furnérok vastagságától, a rétegek számától, a hajó alakjától s a használt ragasztóanyagtól függ. Általában sűrít-

tett levegővel préselünk, a gőzzel préselés előnye, hogy egyúttal meleget is közöl, hátránya, hogy nem lehet vele megfelelő nagy nyomást alkalmazni, mert telített gőznél a hőmérséklet a nyomás függvénye, így nagy nyomáskor már túl magas a hőmérséklet, ami káros a ragasztóanyagra és a gumilepedőre egyaránt. Ha levegővel préselünk, akkor a levegőt fel kell melegítenünk az autoklávban elhelyezett radiátorokkal vagy elektromos árammal.

A szükséges nyomást *gumilemezen* keresztül közöljük a furnérréteggel. A gumilemeznek hőállónak, szívósnak és nagy nyúlásúnak kell lennie, vastagsága 3...4 mm. A *préselést acélharang alatt vagy autoklávban végezzük*. Kétféle

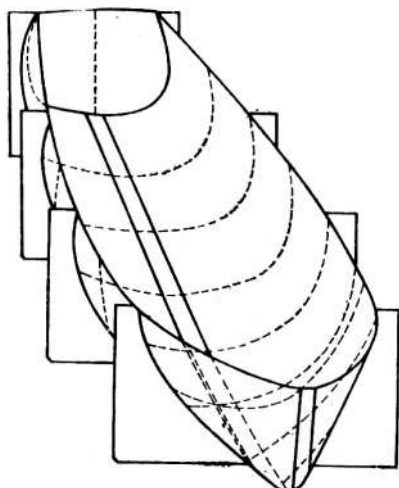


148. ábra. Túlnyomásos ragasztó eljárások

módszer használatos: a *gumizsákos* és a *gumilepedős*. A gumizsákos módszerhez félkör alakú, acéllemezből készített harang szükséges, amely egy erős beton-alapra erősíthető (148a ábra). A harang alá helyezük a famodellt a ráhelyezett furnérréteggel, majd e fölé egy gumizsákot, utána leengedjük a harangot, amelyet a betonlaphoz helyenként leerősítünk. Ezután a gumizsákba beengedjük a nagynyomású levegőt. Gondoskodni kell, hogy a harang és a gumizsák közül a levegő eltávozhasson.

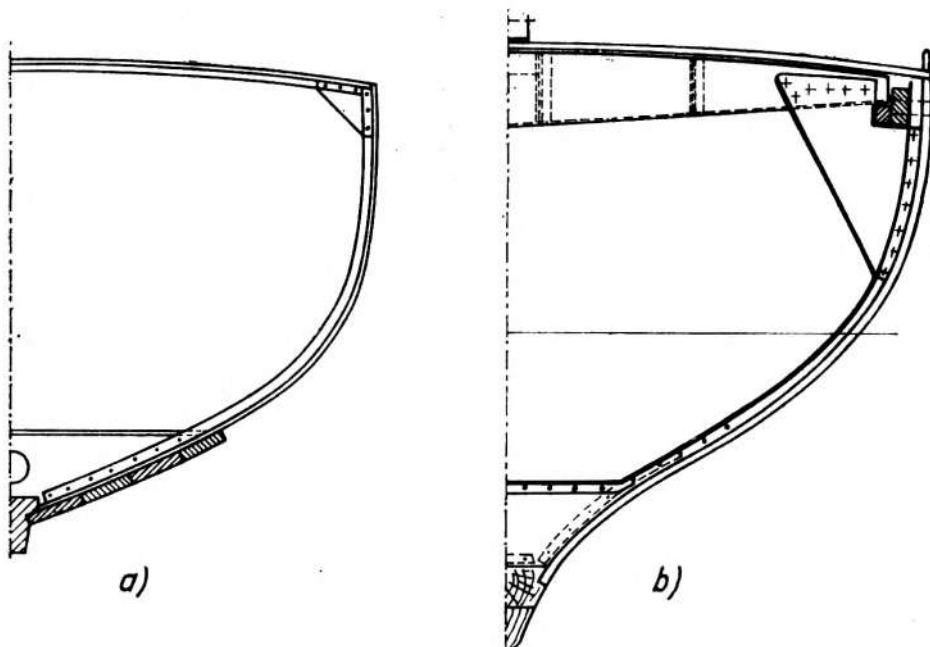
A másik eljárásnál a préselést ún. *nagynyomású edényben*, hengeres autoklávban végezzük, amelynek egyik vége nyitható (148b ábra). A modellt az autoklávba kocsin vagy görgősoron toljuk be, a fűtőcsövek az edény fenekén vannak elhelyezve. A modellt egy vastag acéllemezen nyugszik, s a gumilepedőt szorítócsavarokkal, ékekkel vagy rugós csíptetővel rögzítjük az alaplемеzre. A levegőt a modell és a gumilepedő közül ki kell szivattyúzni, hogy a gumi a furnérokra jól felfeküdjék. Az autoklávban a nyomást gyorsan kell emelni, nehogy a meleg levegő hatására a ragasztó idő előtt bekössön. Ezért a sűrített levegőt nem közvetlenül a kompresszorból vezetjük be az edénybe, hanem feltöltünk előbb egy kisebb tartályt, s innen megfelelően méretezett csövön keresztül hirtelen bebocsátjuk az autoklávba. A közbeiktatott edényt úgy kell méretezni, hogy az autokláv kezdeti nyomása legalább 2 at legyen, a továbbiakban a nyomást már a kompresszor növeli.

Amennyiben nem levegővel, hanem gőzzel préselünk, akkor a gumilepedőt ki nem vulkanizált gumilemezekből pontosan rászabjuk a formára, s a gumi vulkanizálását az első préselésnél magában az autoklávban végezzük.



149. ábra. Külháj szerelése állványban

A *préelési idő* a felhasznált ragasztóanyagtól, ennek az edzővel való beállításától, a hőmérséklettől, s a falvastagságtól függ. 100 °C hőmérsékleten a kikeményedési idő 0,5...2,5 óra. A ragasztó teljes kikeményedését meg kell várni, s csak akkor lehet a hajót az autoklávból kivenni. A külhajat a modelltől levesszük, majd egy állványba helyezzük, amely pontosan a szerkesztési bordáknak megfelelő alakban készült (149. ábra). Itt építjük be a külhájba a tükröt, az orrtőkét, a fenék- és hosszmevítőket s a gerincet. Ezeket az alkatrészeket ragasztással erősítjük be.



150. ábra. Kompozit építési mód

12. Kompozit építési mód

Nagyobb és erősebben igénybevett hajóknál előnyös ez az építési mód. Ennél az orrtőke, gerinc, tükör, a hosszmerevítők és a fedélzet *fából*, a bordák és a fedélzeti bordák, valamint a fenékmerevítők *idomacélből* készülnek. Általában 8...9 m-nél hosszabb hajókba építenek be acélbordákat, rendszerint fából hajlított bordákkal váltakozva. Az *acélbordák* a fenékmerevítővel és a fedélzeti bordával igen merev egységet képeznek (150a ábra). A bordaprofil többnyire egyenlőtlen szárú L idomacél, amelynek a külhéjjal érintkező oldala csak olyan keskeny, hogy a szegecs vagy csavar elférjen. A szükséges merevséget a borda befelénéző hosszabbik szára adja. A bordák két alsó végét az acéllemezből készített fenékmerevítők fogják össze. A fenékmerevítő alul és felül behajlított (peremezett), az alsó vízszintes résznél erősítjük a gerinchez, a felső perem a merevségét növeli. A 150b ábra egy *kompozit építésű* tőke-súlyos vitorláhajó keresztmetszete. Az árbocot itt egy megerősített kettős *T* tartógerenda támasztja alá, amelyet oldalt erős, acéllemezből készített, könyökök kötnek a bordákhoz.

13. Fedélzet készítése

A *fedélzet alakját* a fedélzeti bordák adják meg, melyek szerkesztését a 65. ábrán láttuk. Ha azt akarjuk, hogy kevés legyen az illesztőmunka, akkor a fedélzeti bordákat éppen úgy meg kell szerkeszteni, mint a külhéjat és metszősíkokkal ellenőrizni, hogy nincs-e törés valahol. Amint láttuk, az ellenőrzéskor csak függőleges metszősíkokkal dolgozunk, s a szerkesztést torzított léptékben végezzük. A fedélzeti bordák készítésére minden bordára azonos sablont csak kis hajlású fedélzet esetében használhatunk.

A *fedélzeti bordák anyaga* lehet luc-, erdei- vagy vörösfenyő, tölgy- vagy kőrisfa. Az erősen igénybevettakat mindig tölgyfából vagy rétegelve készítjük. Alakját a rajzról átpontozással vagy körző segítségével visszük át. Kikanyarítását szalagfűrészsel végezzük, majd kigyaluljuk.

A fedélzeti bordát a merev, épített bordákhoz ragasztjuk és csavarozzuk, a hajlított bordájú hajóknál a hosszmerevítőre fektetjük, s hozzácsavarozzuk. Az erősen igénybevettakat függő és horizontális könyökökkel is megerősítjük.

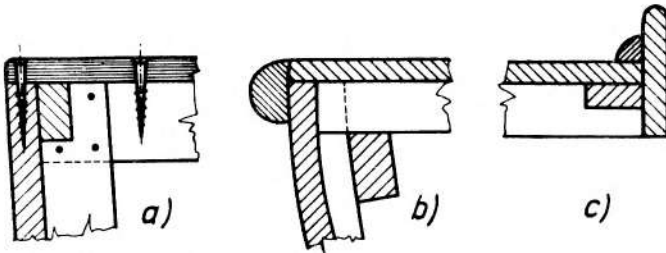
Először mindig a leghosszabb (és legmagasabb) bordát illesztjük fel, majd a hajó középvonalában egy hosszú egyenes lécet fektetünk le, vagy egy zsineget feszítünk ki, s úgy állítjuk be az összes többi bordát, hogy legmagasabb pontjuk érintse a lécet, ill. a zsineget. A bordák beállítása után a lécet élével — a középtől mindkét oldal felé — több helyen ráfektetjük a bordákra, a hajó hossz tengelyével párhuzamosan, és megfigyeljük, hogy nincs-e valahol törés a fedélzet vonalában, ha van, a bordákat utánaigazítjuk. Csak ezután lehet a bordákat véglegesen megerősíteni.

Ezután az oldalsó fedélzet rövid tartóit is beépítjük, sarkos építésű, ill. épített bordájú hajóknál az oldalbordákra erősítjük, míg a hajlított bordájú hajóknál a hosszmerevítőre. A bordák másik végét a nyíláskeret-szegélyléccel építjük össze. Az oldalfedélzetnek is van lejtése, amelynek mértékét a munkateret (*kockpit*) körülzáró legutolsó teljes fedélzeti borda ezen kis hosszra eső lejtése szabja meg.

A nyílászkeret-szegélylécet félig beeresztjük a határoló két teljes bordába. Mivel ezeket így legyöngítjük, ezt a méretezéskor előre vegyük figyelembe.

A *fedélzet anyaga* — amennyiben a fedélzet vásznazott — *fenyőfa*, de lehet *lécekből összetett*, s készülhet *réttegeltlemez*ből is. Vastagsága az igénybevételtől és az alátámasztások, azaz a fedélzeti bordák sűrűségétől függ. Általában 11...15 mm, míg a rétegeltlemezénél 6...10 mm vastag. A lemezek illesztését ferde rálapolással végezzük, ügyelve arra, hogy a toldás mindig borda fölé kerüljön.

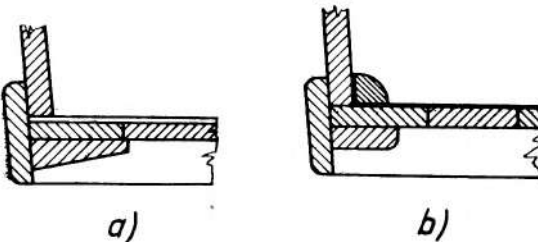
Legegyszerűbb a *vásznazott fedélzet* készítése. Ezeket szélesebb palánkokból is készíthetjük, azonban itt is előnyösebb a keskeny palánk, mert ezeknél kisebb a beszáradási hézag. Ha a palánkokat ragasztjuk, a fedélzet nagyobb



151. ábra. A fedélzeti palánkok felerősítése

szilárdságú lesz; elkerülhetetlen azonban, hogy a száradás következtében helyenként repedések ne keletkezzenek. Az *árokcsapos* és *aljazott palánkok* előnye, hogy a terhelés viselésében több palánk vesz részt. A csap az árokban ne járjon túl szorosan, különben ha vizet kap, kidagad. A fedélzet palánkjait csavarokkal erősítjük a bordákhoz és szegezzük a legfelső palánk széléhez (151a ábra). A fedélzeten túlerő vásznazást a *dörzsléc szorítja le* (151b ábra).

A fedélzeti nyílásoknál is meg kell erősíteni a vásznat. Nyitott hajóknál legegyszerűbb, ha a nyílászkeret-szegélyléc és a nyílászkeret közé hajtjuk be a vásznat (151c ábra). Ez a megoldás nem elég vízzáró, de ez nyitott hajóknál nem lényeges. Ha jó vízzárást akarunk — pl. kajütoldalaknál —, akkor a kajütoldalt a fedélzetre állítjuk, s a vásznazást alája helyezzük (152a ábra). A vásznat a kajütoldalfalon belül felhajtjuk, s egy léccel lezárjuk. Ez igen megbízható megoldás, de a későbbi felújítás nagyon költséges. Kevésbé jó, de általánosan használt megoldás, amikor a vásznat a kajütoldal mellett felhajtjuk, s egy-egy negyedkörív keresztmetszetű léccel lezárjuk (152b ábra). Ezt a léccet jól odacsavarozzuk a fedélzethez, s a kajütoldalhoz.



152. ábra. A fedélzetvászn megerősítése a kajütoldalnál

A borítóanyag vitorlavászon, rolettavászon, grádlí. Fontos a nagy szakítószilárdság és tartósság. A vásznat előre kiszabjuk, a szükséges alakra összevarrjuk, majd két végét egy-egy rúdra erősítve kifeszítjük, s úgy fektetjük a fedélzetre.

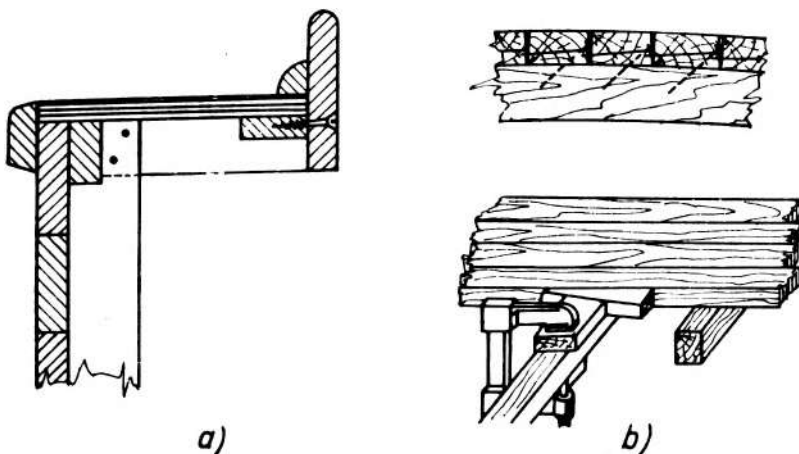
A borítóvásznat leragasztjuk polivinil-acetát-tal, neoprén ragasztóval vagy lakkal kevert sűrű festékkel. Ha jó a ragasztás, akkor sérülés esetén nem szakad fel az egész vászon. A ragasztás hátránya, hogy a vászon nem követi a fa mozgását, a nedvességváltozások hatására a vászon helyenként felpúposodik, s rajta jól látható és könnyen sérülő élek, majd repedések keletkeznek. Ezért sokszor nem ragasztják fel a vásznat, hanem alája olajpapírt tesznek, s kifeszítve leszögezik, majd lefestik. Egyébként a ragasztott vászon szélét is le kell szögezni, rézszöggel vagy galvanizált kárpitosszöggel.

A festéket a vászonborításra több rétegben visszük fel. Fontos, hogy a festék rugalmas legyen és a festett vászonfelület ne legyen túl sima. Ez utóbbi elkerülésére egyenesen homokot szórnak rá, majd újra lefestik.

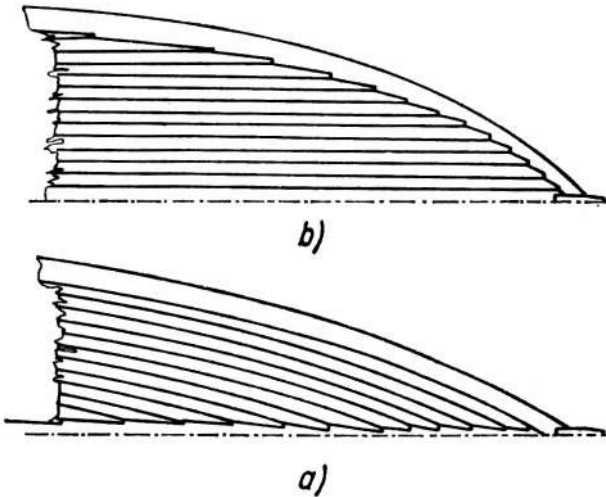
Kiseb hajók fedélzetét régebben tömör mahagoniból vagy okuméból is készítették natúrlakkozva. Ma inkább réteglemezt használnak (153a ábra), festve vagy lakkozva, esetleg vászonborítással. A réteglemezes fedélzet rendkívül erős, nem mozog, s a hajónak nagy szilárdságot kölcsönöz. Csak víz- és főzésálló lemez a megfelelő.

Lécezt fedélzetet motorcsónakoknál és nagyobb vitorlás hajóknál alkalmazunk. A lécek anyaga lehet tölgy, vörösfenyő, lucfenyő, mahagoni vagy teak. Szélességük 40...50 mm. Lehetőleg sugármetszésű, azaz álló évgyűrűjű faanyagot használjunk, mert ez kevésbé zsugorodik. Legjobb egy érintős metszésű pallót felszeletelni, mert így csupa sugármetszésű anyagot kapunk. A léceket szorosan illesztjük egymás mellé, s mind a fedélzeti bordákhoz, mind egymáshoz hozzászögezzük (153b ábra). A léceket úgy illesszük, hogy alul összeérjenek, felül pedig egy 2...2,5 mm-es nyílás maradjon, amit pamuttömítéssel és rugalmas tömítőanyaggal (*Marineleim*) töltünk ki.

A lécpalánkozást kétféleképpen lehet lerakni. Az egyik megoldás, hogy követjük a fedélzet szélének vonalát (154a ábra). Ilyenkor minden egyes léccet meg kell hajlítani, ami általában nem nehéz, mert a lécek keskenyek. A palán-



153. ábra. Réteglemezzel és palánkokkal borított fedélzet



kok végeit fűrészfogszerűen bevágjuk a középső, széles fedélzetalánkba. A legszélső palánk ugyancsak széles, ez azonban nem hajlítható, ezért több darab-
ból illesztjük. A szélső és középső palánkot csavarozzuk és dugózzuk, míg a
középsőket egymáshoz és a fedélzeti gerendához szögezzük.

A másik megoldást akkor alkalmazzuk, ha a fedélzet előtt nagyon széles
(telt) — mint általában motoros hajóknál —, ekkor nehéz a léceket behaj-
lítani, s ilyenkor azokat párhuzamosan visszük a hajó hossz tengelyével. Ekkor
a lécek végeit a szélső széles palánkba illesztjük be (154b ábra).

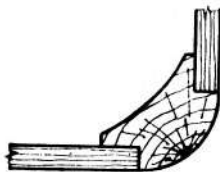
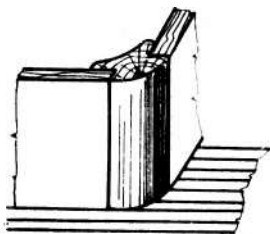
A *dörzsléc* amellet, hogy védi a hajó oldalát, annak hosszirányú merev-
ségét is fokozza. Félkör vagy négyszög keresztmetszetű, vastagsága körülbelül
megfelel a másfélszeres palánkvastagságnak. A nagyobbakat vízvezetővel lát-
juk el. Felerősítésére rézcsavarokat használunk, jobb hajóknál a csavarfejek
helyeit kidugózzuk. A felcsavarozáskor ügyeljünk, hogy a csavarok ne menje-
nek a palánk és fedélzet közötti hézagba.

A *nyíláskeretet*, amely a nyitott hajóteret határolja, belülről csavarozzuk
a nyíláskeret-szegélylécéhez. A *hablécet* viszont alulról csavarozzuk a fedélzet-
hez, s oldalról a nyíláskerethez. A két hablécet előtt egy beragasztott és kívülről
hozzácsavarozott összekötődarab erősíti össze.

A habléc fedélzetre illeszkedő élének vonalát ki lehet szerkeszteni, a nagy
méretek miatt itt is torzított léptékben rajzolunk. Ha nem szerkesztjük ki a
görbületet, akkor a kigyalult deszkát a megfelelő helyzetben a fedélzetre
helyezzük, s megmérjük, mennyi lesz a görbület legnagyobb magassága az
összekötőhúrtól számítva. Most a görbületet megközelítőleg kikanyarítjuk,
majd így a fedélzetre helyezzük, s körzővel 50...100 mm-enként átmásoljuk
a fedélzet görbületének alakját, amely után most már pontosan kivághatjuk,
Ezután addig illesztünk, amíg a fedélzetre pontosan felfekszik.

A *felépítmény (kajüt) oldalfala* szilárd, s a fedélzettel jól összeépített
legyen. Kisebb hajóknál a kajütoldalfalat a fedélzetre állítjuk, alulról felcsava-
rozzuk, s a nyíláskeret-szegélyléc és oldalfal közötti hézagot belülről hozzá-
csavarozott léccel lefedjük.

A hajófelépítményen az éles sarkok elkerülésére a *kajüt sarkait tömör
fából* dolgozzuk ki, aljazzuk (155. ábra) és ebbe csavarozzuk a kajüt homlok-



155. ábra. Kajütfal sarkának kiképzése

lapját, valamint oldalait. A csavarokat süllyesztjük, s a nyílást kidugózzuk. Minél nagyobb a lekerekítés sugara, annál nagyobb tömörfából kell a sarokdarabot kidolgozni. Szériagyártáskor — nagy görbületi sugár esetében — a kajüt sarkait rétegelve formára hajlítva és ragasztva készítjük.

A kajüttető általában domborúbb, mint a fedélzet, azért, hogy a kajüt a közepén elég magas legyen. Esztétikai okokból nem ajánlatos a kajütoldal magasságát túlságosan emelni. A kajüttető olyan szilárd legyen, hogy arra rá is állhassunk.

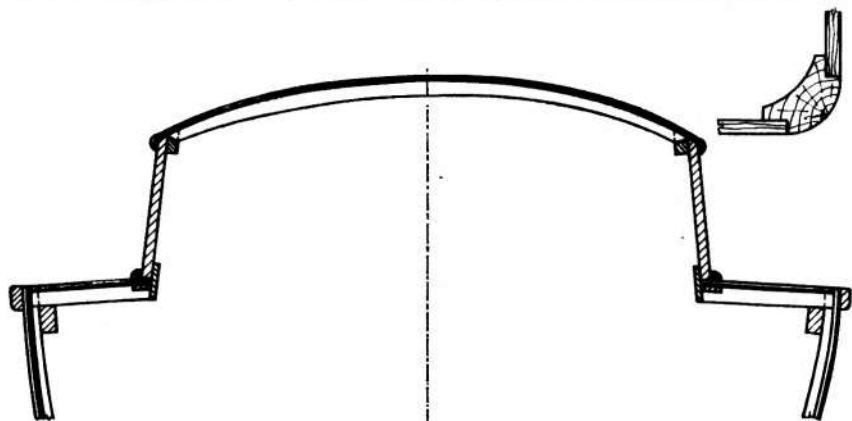
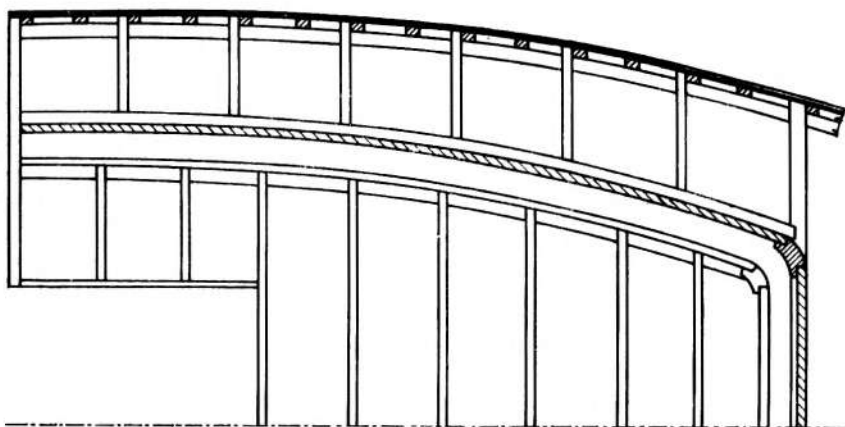
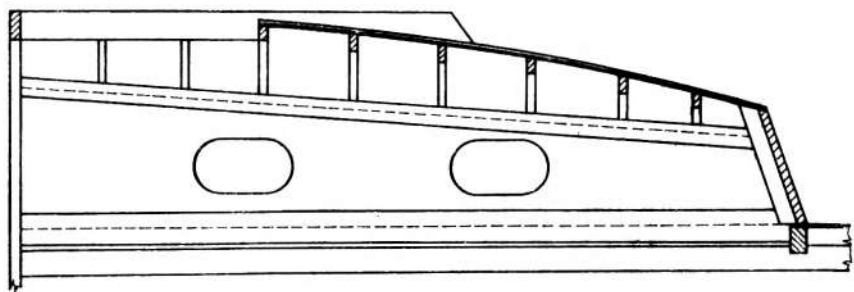
A kajüttető bordáit készíthetjük fűrészelve, két darabból összecsapozva (idegen csappal) és rétegelve, formára ragasztva. Keresztmetszete a tető szélességétől függ, de legalább 15×25 mm legyen. A tetőbordát kétoldalt alátámasztja egy, a kajütoldalhoz erősített lécz, amelybe a bordák végeit többnyire becsapozzuk (156. ábra). A tetőbordák anyaga kőris- vagy tölgyfa.

A kajüttetőre szerelt *tolótető* jó zárjon és könnyen csússzon a tetőbordákra erősített tölgy vagy mahagoni lécen, ill. az erre erősített sárgaréz sínen (157. ábra). A tolótető mellső része lemezy a kajüttetőig, a kajütajtó pedig rácsukódik a tolótető hátsó falára. Maga a tető egy összecsapozott káva, amelyet fenyőfával borítunk, s levásznazunk. A vászon széleit félkör keresztmetszetű keményfa léccel zárjuk le. A kajüttető palánkjait többnyire lucfenyőből készítjük, ezek keskenyek, belül natúrlakkozottak vagy festettek, borításuk fedélzetvászon, a vásznazást itt is félkör keresztmetszetű rácsavarozott léccel zárjuk le.

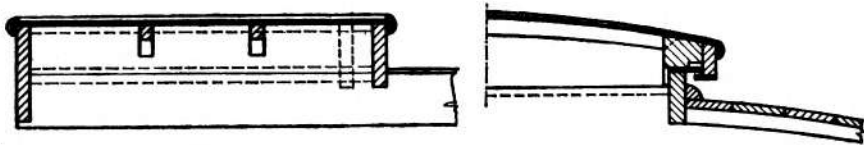
A kajütajtók keretkitöltéses szerkezetűek vagy lemezeltek. A keret tölgy vagy mahagoni, a kitöltés tömör tölgy vagy mahagoni lemez, de lehet vízálló ragasztású réteglemez is. Az aljazott szélű ajtók leakasztható sárgaréz csuklóspántokra vannak szerelve. Az ajtó rácsukódik a tolótető homloklapjára. Ahhoz, hogy az ajtó nyitott állapotban ne legyen útban, s a kilátást se zavarja, készíthetjük úgy is, hogy az ajtó csak $2/3$ rész magas, s a felső részét tolóajtónak képezzük ki. Ez a betolható rész összekapcsolható és zárható a tolótetővel és az ajtóval.

Ha a hajó nyitott részében levő padok kifutnak a kajüt oldalfaláig, akkor az ajtót nem lehet 180° -ig kinyitni. Ilyenkor az ajtó alsó részét két — csuklóspántokkal összeerősített és lehajtható darabból — készítjük. Ezek lenyitva a kajüttérbe kerülnek, a felső, nyitható ajtó alsó széle pedig már olyan magas van, hogy a padok fölött kinyitható (158. ábra).

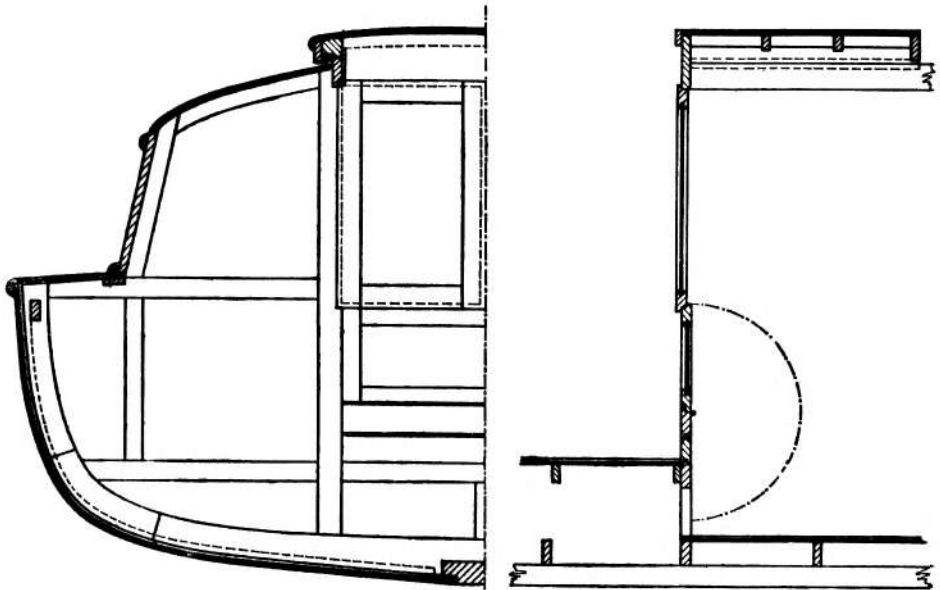
Kisebb és olcsóbb hajókhoz nem készítünk tolótetőt, hanem a kajüt homloklalát ferdén képezzük ki (159. ábra), ami a kajütbe való bejutást megkönnyíti. Ezekhez réteglemezből, vagy műanyagból készített, kihúzható tolóajtót használunk, amelyet a kajüt homloklalára erősített két kiárkolt keményfa lécz vezet.



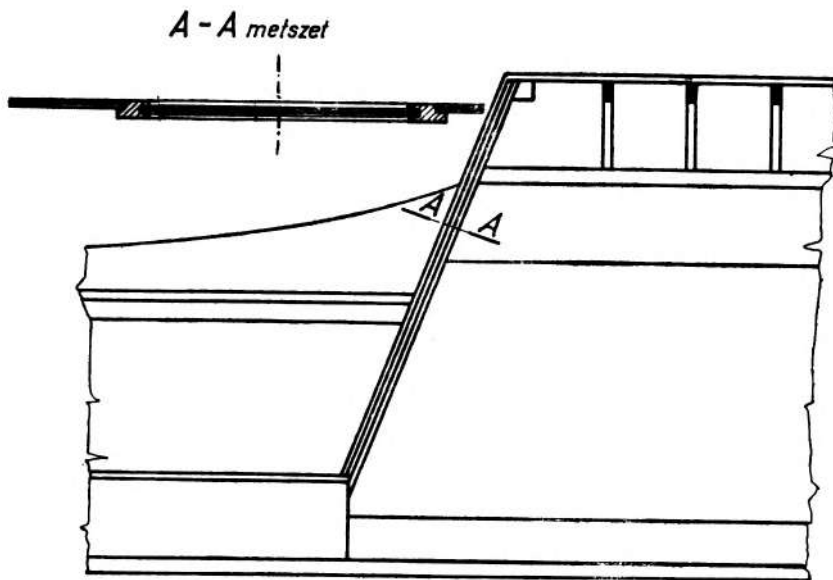
156. ábra. Kajüttető szerkezete



157. ábra. Kajüt-tolótető



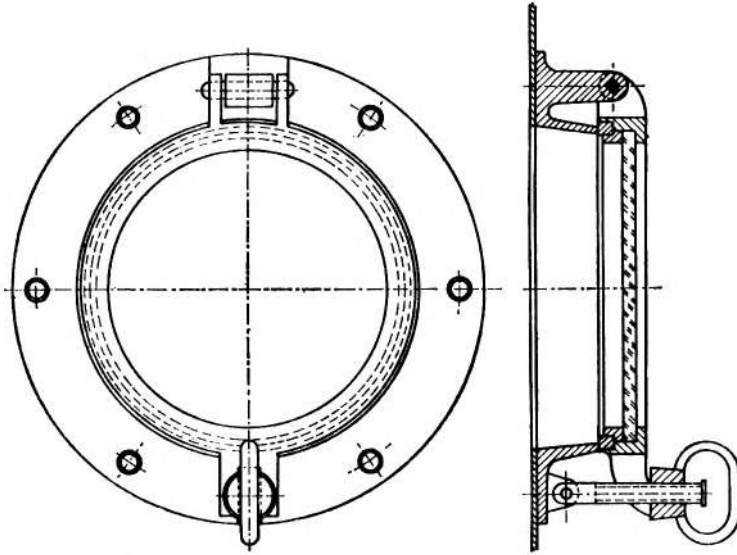
158. ábra. Kajüt-válaszfal és -ajtó



159. ábra. Ferde kajüt-válaszfal

Önürítő kockpit-nél a nyitott hajótér mellső fala felmegy az oldalsó padok magasságáig, s elöl egy kis padot képez, amelyet átlépve lépcsőn juthatunk a kajüt belsejébe. Ennél a megoldásnál alacsony kajütajtó is elegendő, amely lehet kétszárnyú lengő ajtó vagy kétoldalt vezetett tolóajtó.

Kajütablakok. Kisebb hajóknál kör vagy ovális alakú sárgaréz vagy bronz-öntvényből készített nyitható ablakokat használunk gumitömítéssel (160. ábra), amelyeket kívülről csavarozunk fel a kajütoldalra. Készítünk fix, azaz nem nyitható ablakokat is, melyek az előbbinél egyszerűbbek és kívül a kajütoldal-



160. ábra. Nyitható kajütablak

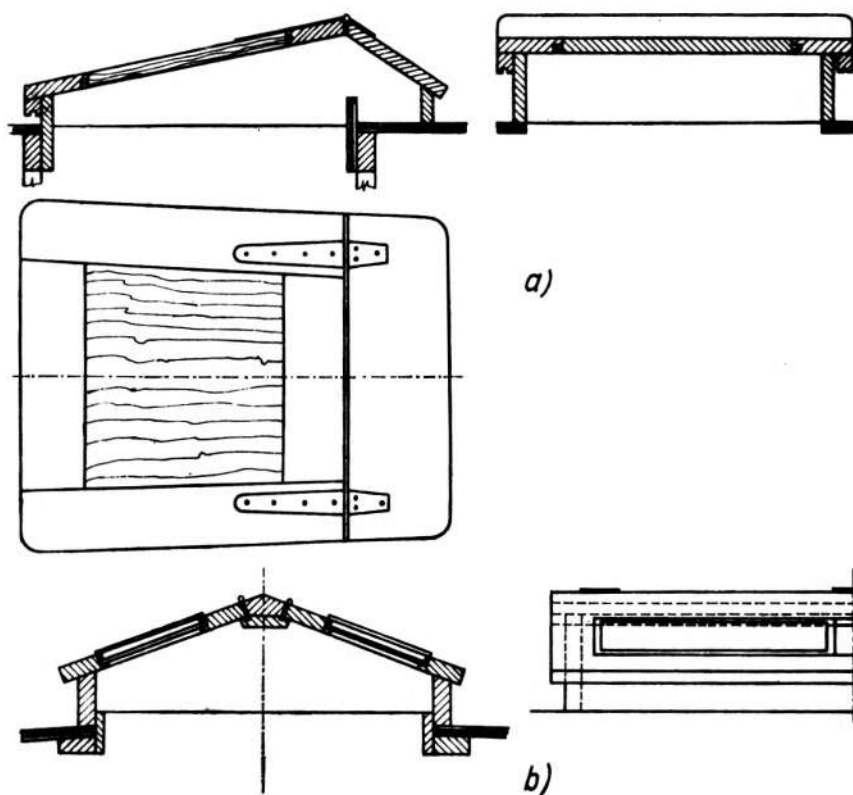
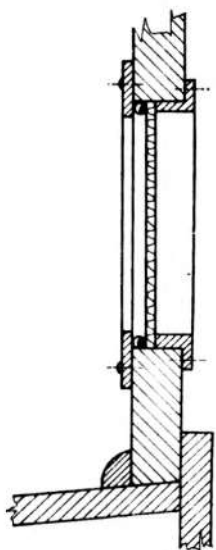
falra erősített sárgaréz, bronz vagy alumínium keret zárja le őket. Az üveg vagy plexi vastagsága 4...6 mm, a tömítés 5 mm vastag gumiszinór (161. ábra).

Felüvilágítókat csak nagyobb hajókon — pl. motorosokon gépháztetőnek — alkalmazunk (162a ábra). Ezeket olyan nagyra kell készíteni, hogy rajtuk keresztül a hajógép kiemelhető legyen. Nagyobb motorosok nagyméretű ablakai fölnyithatók. Az üveg kittel való beerősítése nem tökéletes, mert a rázkódások következtében a kitt könnyen meglazul. Célszerűbb ezért az üveget U alakú gumiprofilba helyezni.

A hajó elején beépített *búvólyuk* (162b ábra) legkisebb mérete 40×50 cm, nemcsak közlekedésre, hanem szellőztetésre is szolgál. A nyílás fedele előre nyílik, hogy az előlről rázúduló víz föl ne nyithassa. A csuklóspántok felerősítésére elől egy merev része van. A csuklóspánt alatt vízlevezető csatorna képezendő ki.

A *padlózat*, amely általában fenyőfából készül, a fenékmerevítőkre, magasabb hajóknál a padlótartólécekre fekszik fel, amelyek a bordákra vannak erősítve. A padlót több részből készítjük, mert fontos, hogy legalább a hajó legmélyebb részén levő padló rész a víz eltávolítása céljából felszedhető legyen.

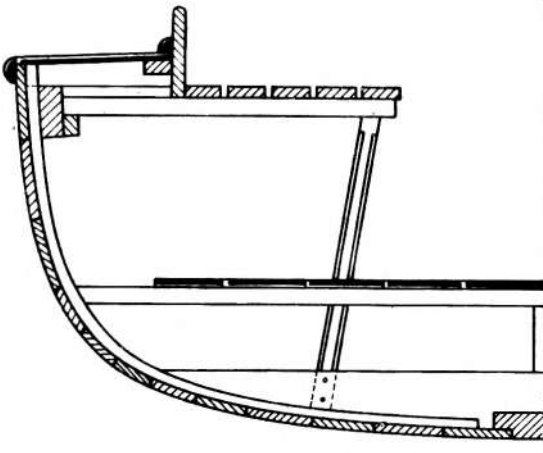
161. ábra. A kajütablak tömítése



162. ábra. Felülvilágító és búvólyuk

A padlódeszkák egyes darabjait tölgyfaléc erősíti össze. A padlót — az elcsúszás ellen — oldalt a fenékmerevítőkhöz erősített keményfa lécz határolja. A padlót nem szabad túl szorosan illeszteni, mert ha megdagad, nehéz kiemelni. A padlót be lehet borítani linóleummal, PVC-vel vagy gumilémezzel.

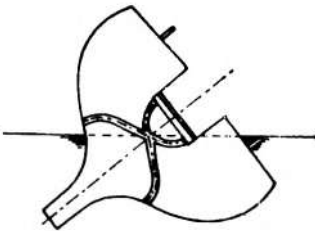
Padok, ülőkék. Kisebb sporthajókban a fedélzeten ülnek; nagyobb hajókban, főleg vitorlásokban, a fedélzet melletti padokon. A padok lécezettek, s tartóoszlopaik a fenékmerevítőkhöz vannak csavarozva (163. ábra). A szekrénypadok teljesen zártak, fedelük felemelhető.



163. ábra. Lécezett oldalülés

Ha a szekrénypad belsejét fekvőhely foglalja el, akkor teljesen vízmentesre készítendő.

A motorcsónakok ülései kényelmesebbek, a test formájához alkalmazkodó lécezett vagy kárpitozott ülések. A kárpitozás párnázóanyaga poliuretán hab, külső huzata műbőr.



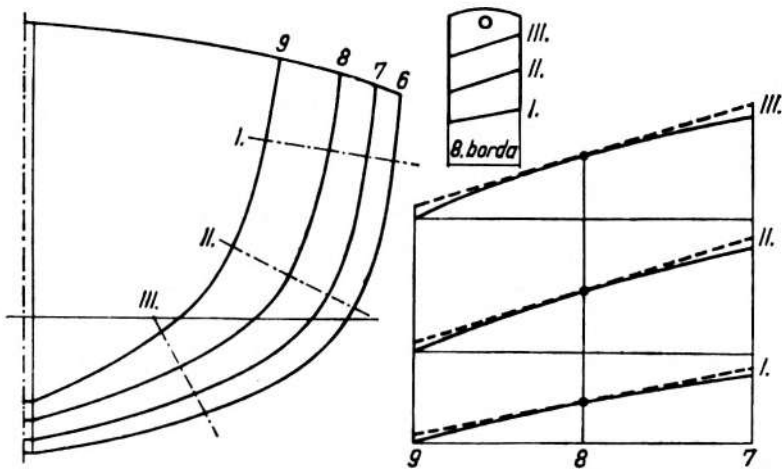
164. ábra. Önürítő munkatér víztelenítése

A hajótér. A vízmentes (önürítő) nyitott hajótér fenéke olyan magasan fekszik a szerkesztési vízvonallal fölött, hogy a víz megfelelő csővezetéken kifolyhat belőle. A fenéknek hátrafelé kis lejtést adunk. A teknő legmélyebb pontján kapcsolódik be a két cső (164. ábra), amely megfelelő bőre méretezendő, s tömítések közbeiktatásával kapcsolódik a hajófenékhez és a teknőhöz. A teknő teljesen vízzáróan készítendő.

C) FÉMHAJÓK ÉPÍTÉSE

A fémhajók anyaga *acél* vagy *könnyűfém*. A fémhajók előállítása lassúbb és munkaigényesebb, s ugyanakkor bizonyos méreten alul drágább, mint a fahajóé. A vékony acéllemezről készült hajó élettartama nem feltétlenül nagyobb mint egy fahajóé, a könnyűfém hajók azonban lényegesen tartósabbak és igénytelenebbek.

Fémről készítendő hajóknál a bordarajzokat fokozott pontossággal kell kiserkesztetni, mert itt az utánaigazítás lényegesen körülményesebb, mint a fahajóknál. A vonalrajz itt a borda *külső élét* határozza meg, tehát a külhøj vastagságát nem kell levonni, mint a fahajóknál. A hajó tehát a külhøj vastagságával szélesebb lesz.



165. ábra. A részü szögének megállapítása

A *bordasablonokat* fenyőfából készítjük — a bordametszetráraj alapján —, s léccel kimerevítjük. Rájelöljük a szükséges adatokat, a *hajóközepet*, a *fedélzeti pontot*, a *szerkesztési vízvonalat*. Szegecsel hajóknál a bordákat ki kell hajlítani, hogy a borda szára a külhøjhoz simuljon. A részü a borda különböző helyein más és más, a *részü szögét* úgy állapítjuk meg, hogy adott helyen a bordák körvonalára merőleges metszetet veszünk (165. ábra). Egy alapvonalra felrakjuk a bordatávolságokat, az osztáspontokban emelt merőlegesekre pedig a bordametszetnek a metszővonalon mért távolságait mérjük rá. A felvitt pontokat összekötő görbe adja a tényleges metszővonalat. A részűmérőlécre a bordabeosztásokban a metszővonalhoz húzott érintőt jelöljük fel.

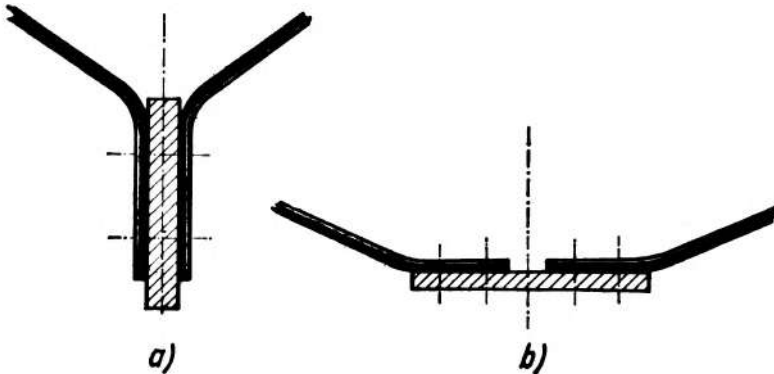
A külhøj lemezeléséhez *lemeztervet* készítünk. Erre a célra fából félmodellt készítünk, s ezen beosztjuk a lemezelést.

Nagyobb hajók építésekor a rajzpadlás a modell lemezterve alapján felrajzolja a lemezorokat, s az egyes lemezek valóságos méreteit lefejtéssel állapítja meg. Ily módon a lemezeket végleges alakjukra lehet megmunkálni.

Sík, derékszögű négyszög alakú lemezekről csak lécsablont, erősen görbült felületekről térbeli sablonokat készítünk.

1. Alkatrészek készítése

A fémhajók váza is azonos alkatrészekből áll, mint a fahajóké (gerinc, orrtőke, tükör, bordák, fenékborda, hosszmerítő, fedélzeti gerenda). Fémhajóknál a *fenékborda*, a *borda* és a *fedélzeti gerenda* merev, összeépített *keretet alkot*. A váz alkatrészeit és a külhéjat szegeccseléssel vagy hegesztéssel erősítjük össze, gyakran a két eljárást együttesen alkalmazzuk.

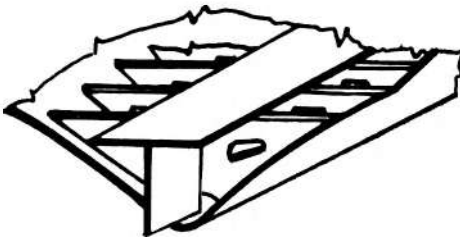


166. ábra. A fémhajók gerince

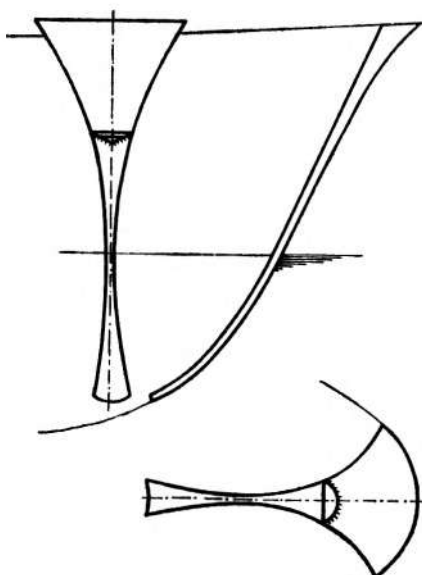
A fémhajók gerince élére állított laposidom, ez a *gerendagerinc* (166a ábra) vagy a vastagabb lemezből készített *lapos gerinc* (166b ábra). A gerendagerincre a külhéj rá van hajlítva, s cik-cakk szegeccseléssel vagy hegesztéssel van hozzáerősítve. A külhéjlemez nem érhet le a gerinc alsó éléig, nehogy megsérüljön. A lapos gerinc tulajdonképpen a legalsó fenéklemesz, ami 30...50%-kal erősebb, mint a többi lemez. A lapos gerinc súrlódási ellenállása kisebb, s kisebb a hajó mélyjárata is, rosszabb azonban az ilyen hajó iránystabilitása. Erősíthetjük a lapos gerincet egy középen elhelyezett gerinomerevítővel, amelyet a fenékbordák közeiben helyezünk el.

Hegesztett hajóknál gyakran *belső gerincet*, ill. élére állított hosszmerítőt lemezt alkalmazunk (167. ábra), ami végigfut az orrtőkétől a fartőkékig, ill. tükörig, s a bordatálapok tompán illeszkednek hozzá.

Az *orrtőkét* sokáig laposanyagból készítették, ma már csaknem kivétel nélkül lemezből alakítják ki, éspedig nagy görbületi sugárral a fedélzetnél és kis görbületi sugárral a vízvonalnál. A lemez orrtőke tulajdonképpen nem más,



167. ábra. Belső gerinc



168. ábra. Lemez orrtőke

mint a külhøj elöl való körülvezetése (168. ábra). Az orrtőke lemezélése a külhøjnél 20...40%-kal vastagabbra veendő.

A *fartőke* készülhet Ű vasból, lemezből és acélöntvényből is, a gerinccel acéllemezéből készült erős könyökökkel kell összeépíteni.

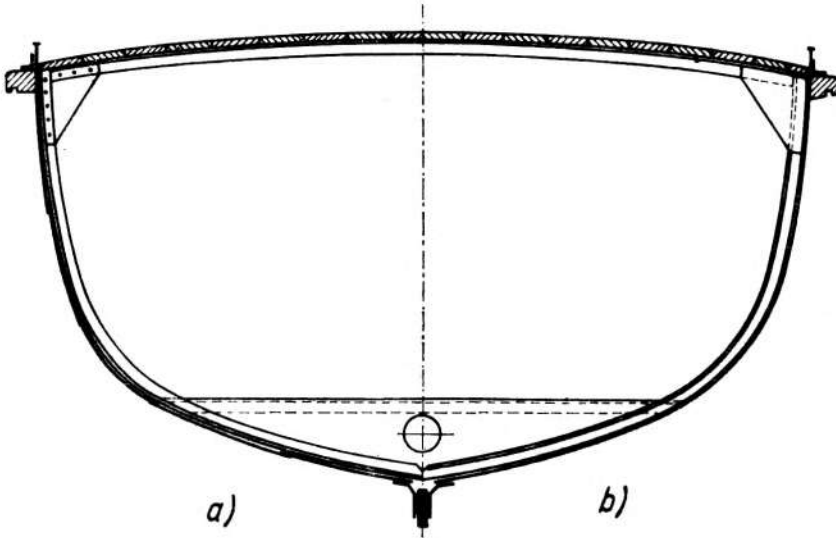
A *tükör*, amennyiben sík, nem elég merev, ezért helyesebb ívelt tükröt készíteni. A nagyobb tükröket belül kimerevítjük. Szegecselt szerkezeteknél a tükrölemez bordára erősítjük.

a) A hajók belső szerkezete

A hajót harántirányban a bordák és a fedélzeti gerendák merevítik. Hosszbordás építési módnál csak néhány erős keretbordát alkalmazunk, amelyek a hosszbordákkal mereven össze vannak építve. Ilyen esetben a fedélzetet ugyancsak hosszbordákkal kell merevíteni, s ezek a keretbordákra fekszenek fel vagy ezekbe vannak beépítve.

Szegecselt bordák. A bordákat általában egyenlőtlen szárú L idomacélből készítjük. A bordák távolsága 350...500 mm, a hajó teljes hosszában azonos.

A két félbordát a fenékborða (*bókonylemez*) fogja össze (169a ábra). A bókonylemez vastagsága általában egyenlő a bordaszögvas szárának vastagságával. A lemezt a bordákkal összekötő szegecssek egymástól való távolsága a szegecsátmérő hatszorosa. A bókonylemezre alul, fölül peremet hajlítunk, s csak nagyobb hajónál látjuk el rászzegecselt vagy ráhegesztett ellenbordával. Ha a bókonylemez 200 mm-nél magasabb, kör alakú könnyítő nyílásokat készítünk rajta. A nyílások keresztmetszete az összkérsztmetszet 50%-a lehet. A hajó hátsó, nyitott részébe célszerűbb alacsonyabb fenékborðát építeni, s külön padlórtató gerendákat elhelyezni. A fenékborðák alsó részébe egy-két, kb. 20 mm átmérőjű lyukat fúrunk, nehogy a fenékvíz a bordaközökben maradjon.

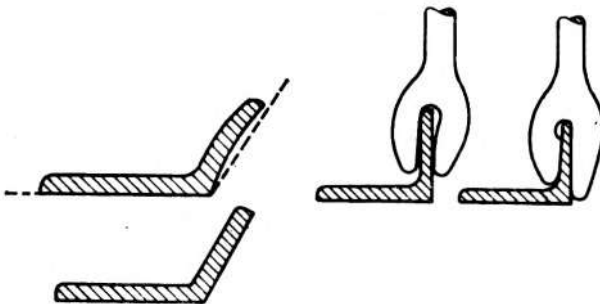


169. ábra. Szegecselt (a) és hegesztett (b) borda

A fedélzeti bordákat a bordaszárak végeihez *saroklemezek* segítségével kötjük. A saroklemezek szárhossza a vízszintes irányban a bordamagasság ötszöröse, függőleges irányban a háromszorosa. A szögletes (sarkos) bordájú hajóknál a fenék és oldal bordaidomokat ugyancsak saroklemezekkel kötjük össze. A rézsű megadásakor a bordaszárakat mindig kifelé hajlítjuk, ezért a bordák felállításakor a bordaszárak a hajó közepe felé mutatnak.

A bordák kihajlításakor ügyeljünk arra, hogy a kihajlított szár ne legyen túlságosan homorú. A 170. ábra a helyesen és helytelenül kihajlított bordaidomot szemlélteti. A kihajlítást villaszerű szerszámmal végezzük. Először a bordametszetrajz szerint meghajlítjuk a bordát, csak azután alakítjuk ki a megfelelő rézsűt. 40...50 mm széles bordaszárig hidegen hajlíthatunk, ezen felül melegen.

A hajótest nagyobb igénybevételnek kitett helyein (pl. árboc, motor közelében) ún. *keretbordákat* alkalmazunk. Ezek a közönséges bordáktól abban térnek el, hogy a külhéra merőlegesen álló idomszárakra egy széles (kishajóknál 100...200 mm) lemezkeretet szegecselünk vagy hegesztünk, melynek belső élét leperemezzük vagy idommal zárjuk. Ez a bókonylemezzel azonos módon



170. ábra. Bordaidomok kihajlítása

kialakított peremezett lemezsáv a teljes bordametszetben körben, folyamatosan helyezkedik el.

Ha nagyok a biztonsági követelmények, a hajóba vízmentes válaszfalakat építünk be. A válaszfaloknak egyenlőszárú idomkeretük van, amelyhez a lemezt szegecseléssel rögzítjük. A legelső vízmentes rekesz hossza általában a hajóhossz 5%-a. Ilyennél a fedélzetre vagy a válaszfalba vízmentesen zárható búvónyílás építendő.

Hegesztett bordák. Hegesztett szerkezetekkel lényeges súly- és munkaidő-megtakarítás érhető el. A közönséges bordakeret oldalbordája és fedélzeti bordája itt is egyenlőtlen szárú L idom, amely most a hosszabb szár élével illeszkedik a hajó héjzatához (169b ábra). Így elmarad a kihajlítás művelete s kisebb méretű idommal is azonos szilárdságot érünk el.

Hegesztés esetén a fenékbordát alkotó bókonylemez alul élben csatlakozik a hajó fenéklemezeihez, ezért nem szükséges a bókonylemez alját peremezni vagy az oldalbordát a bókonylemez és a fenéklemek összekapcsolása miatt a hajó középvonaláig futtatni.

A keretbordáknál teljesen elmarad az L idom, a keretborda csak a széles, belső oldalán peremezett lemezből áll, és külső élével közvetlenül a külhéhoz hegeszthető. Hasonló módon készül a válaszfal is, itt is elmarad a keretet alkotó L idom s a válaszfal közvetlenül a héjlemezeléshez hegeszthető.

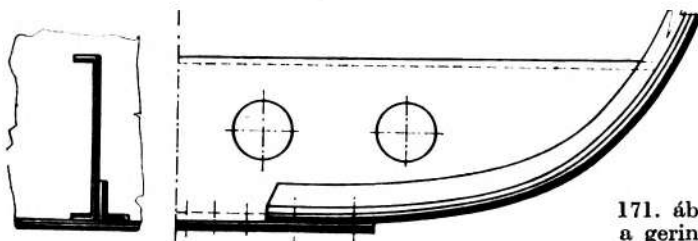
A fedélzet készülhet *fémlemez*ből, *fából* s *lehet fémlemez fával burkolva*. A fából készült fedélzetet kivisszük a hajó pereméig, ill. a korlátlemezig (*Reeling*), amely az oldal-külhéllemezzel egy darabot képez.

b) A váz felállítása

A fémhajót, akárcsak a fahajót, *építőgerendán építjük*. A gerincet az orrtőkével szegecselte szerkezetnél is többnyire hegesztéssel kötjük össze. Az orrtőkével és tükörrel összeépített gerinc felállítása és kimerevítése után a rajz által megadott helyeken felállítjuk az előre elkészített teljes bordakereteket.

Szegecselte építésnél a bordákat kihajlítjuk, *hegesztett szerkezetnél* a bordaidomokat fordítva helyezük el, így tehát az idomokat tetszés szerint építhetjük be. Itt is előnyösebb azonban a főborda felé mutató bordaszár. Lapos gerincnél a bókonylemezt a gerinchez kötjük (171. ábra).

A bordák beállítása és kimerevítése után *hajlékony léccel* beosztjuk a lemezelést. Amennyiben fából félmodellt készítettünk, s azon a lemezkiosztást elvégeztük, akkor ennek figyelembevételével osztjuk be a külhét. Mindig vegyük figyelembe a rendelkezésre álló lemezméreteket és a hajótest hajlását. Ha kicsi a görbületi sugár és különösen homorú bordametszeteknél kisebb



171. ábra. Bókonylemez kötése a gerinchez

méretű lemezeket használunk fel, mert ezeknek könnyebb az alakítása; minden esetben arra törekedünk, hogy minél kevesebb számú lemezből építsük fel a külhajat. Ebből a szempontból — akárcsak a fahajóknál — itt is előnyösebb a sarkos forma.

Ha a mederhajlatnak (kimm) kicsi a görbületi sugara, s a hajó feneke meglehetősen lapos, az oldala pedig közel merőleges a vízvonaltra, akkor a medersor lemezeit egy darabból készíthetjük.

A külháj lemezeinek helyenként kettős hajlása van, ezeket a lemez nyújtásával *domborítani* kell. Egy aránylag kis méretű egyengető lapra fektetve a lemezt, gömbölyített fejű kalapáccsal csigavonalban futó görbében kalapálva nyújtjuk mindaddig, amíg a kívánt görbületet el nem értük. Az ellenőrzésre fából készített sablont használunk. Mindig középről indulunk ki, s haladunk a lemez széle felé. Az ütések nagyságától és számától függően nyúlik a lemez. Ha a görbület pontos és jól hozzásimul a bordákhoz, csak akkor szabad a lemezt véglegesen leszabni. 1,5 mm-nél vékonyabb lemezt ne használjunk, mert különösebb súlymegtakarítást nem jelent, s nem lehet szépen domborítani.

2. Acélhajók építése

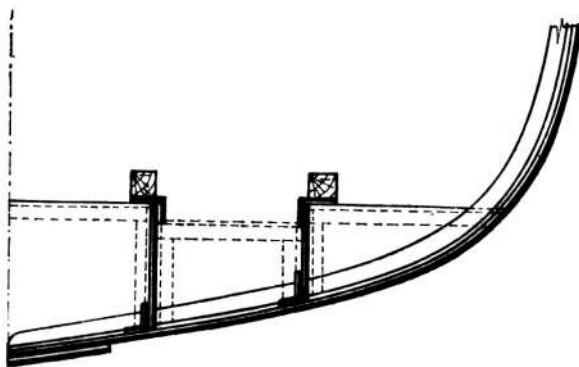
A hajótest anyaga. A hajók acélanysága általában A 34...A 42, melyeknek szakítószilárdsága 34...42 kp/cm², nyúlása 22...28%. Kishajók építésére vékonyabb lemezeket (max 5 mm) és különböző idomacélokat, továbbá csöveket használunk. A hajóépítő acélnek jól *hegeszthetőnek* kell lennie. Az acéllemezeket és idomacélokat csak akkor szabad feldolgozni, ha semmilyen deformáció nem észlelhető rajtuk. Az egyenetlenségeket feldolgozás előtt el kell tüntetni. Az *egyengetést* vékony lemezeknél fa-, gumi- vagy acélkalapáccsal, acélegyengető lapon végezzük. Mindig a domborulat körül levő anyagot kalapáljuk, miáltal a lemez itt nyúlik, s a domborulat belesimul a lemezbe. A vékonyabb lemezeket ollóval, a vastagokat autogén lánggal vágjuk.

A szerkezeti elemek méretei. A szerkezeti elemek méreteit a hajó méretei — elsősorban a hossza — adják meg, de befolyásolja a felhasználás helye és módja, a hajó súlya, terhelése, a sebesség, a motor által keltett rezgések, a biztonsági követelmények és az építés módja is. Különösen fontos a bordák, a gerinc, a hosszmerévítők és külháj méreteinek, továbbá a bordák egymástól való távolságának helyes megválasztása.

Figyelembe kell venni, hogy motorosoknál a motoralap, vitorlásoknál az uszonysekreány is növeli a hajó hosszirányú merevségét. Motoros hajóknál a motoralap hossza a motor hosszának legalább másfélszerese, de jobb, ha ennél is hosszabb. A hosszában végigfutó, álló lemezek vastagsága egyenlő a gerinc melletti első lemezsor (*gerincjázat*) vastagságával. A bordáknál a lemezt kivágjuk. A motoralap gerincét a bordák között bordaprofilú rövid szögvasakkal kötjük a külhájhoz (172. ábra). A lemez felső szélén pedig egy legalább kétszeres bordakeresztmetszetű szögvasallal — hegesztett szerkezeteknél laposacéllal — a bókonylemezekhez kapcsoljuk.

Vitorlásoknál a fedélzetlemezt két bordatávolságon az árboznál kétszer szélesebb és a fedélzetlemezzel egyenlő vastagságú lemezzel erősítjük meg.

Acélszerkezetű hajók alkatrész méreteit a hajó hosszának függvényében a 13. táblázat tartalmazza.



172. ábra. Motoralap bekötése

13. táblázat

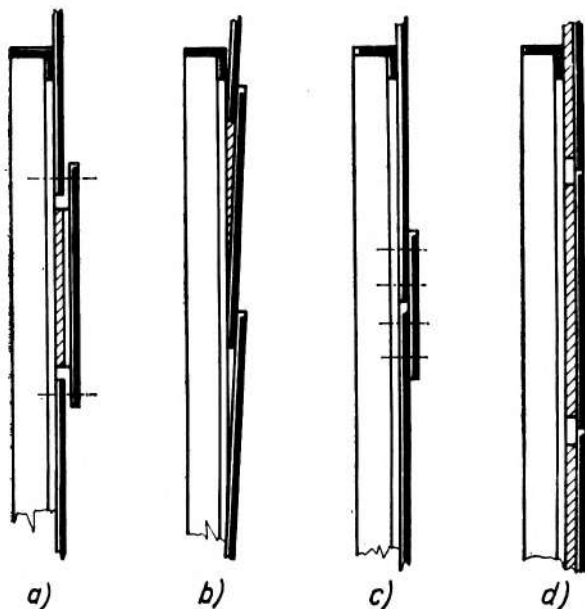
Acélszerkezetű hajók alkatrészeinek méretei*

Alkatrész megnevezése	A hajó hossza					
	8...9	9...10	10...12	12...14	14...17	17...20
m						
Gerinc, orr- és fartőke	60 × 10	65 × 12	80 × 12	100 × 15	105 × 16	110 × 20
Szegecsátmérő	6	6	8	8	10	10
Szegecstávolság <i>5d</i>	30	30	40	40	50	50
Szögvas-orrtőke	45 × 45 × 5	50 × 50 × 6	55 × 55 × 8	60 × 60 × 8	64 × 65 × 9	70 × 70 × 9
Lemezgerinc	400 × 4	450 × 4,5	500 × 5	500 × 6,5	550 × 7	550 × 8
Borda	30 × 30 × 4	35 × 35 × 4	40 × 40 × 4	45 × 40 × 4	50 × 40 × 4	50 × 40 × 5
Ellenborda	25 × 25 × 3	30 × 30 × 3	30 × 30 × 4	35 × 35 × 4	35 × 35 × 4	40 × 40 × 4
Bordatávolság	400	400	400	400	420	450
Fenékmerevítő	2	2,5	2,5	3	3,5	4
Gerinclemez- járat	2,5	2,5	3	3,5	4	4
Oldallemez-járat	2	2	2,5	3	3,5	4
Felsőlemez-járat	2	2,5	2,5	3,5	4	5
Válaszfallemez	2	2	2,5	2,5	3	3
Fedélzetlemez	3	3	3,5	3,5	4	4
Fedélzet (fa)	20	20	25	30	35	40
Fedélzeti hossz- merevítő	—	—	160 × 3	180 × 3	200 × 3	200 × 4
Fedélzeti hossz- merevítő- szögvas	30 × 30 × 4	35 × 35 × 4	40 × 40 × 4	40 × 40 × 5	45 × 45 × 5	45 × 45 × 7
Kormány- tengely	30	35	40	40	45	50
Kormánylap	3	3,5	4	4	4,5	5

* Az értékek mm-ben.

Hajóelemek kötése. Az acélból készített hajótest alkatrészeit *szegecseléssel* vagy *hegesztéssel* építhetjük össze. A szegecselés előnye, hogy berendezést nem igényel, s a lemezek az összeépítéskor nem húzódnak el. Hátránya, hogy munkaigényes, s ha sima felületet kívánunk, akkor a külháj lemezelésénél alátétlemezeket kell alkalmazni. Ez kétszeres mennyiségű szegecsot jelent, a bordákat meg kell törni, a szegecsfejeket süllyeszteni. További nehézségek adódnak a varratok és toldások kereszteződésénél.

Szegecselés. Szegecselt külhajak lemezelésének különböző módjai a 173. ábrán láthatók. A szegecselésnél a szegecslyuk középpontjától, a lemez széléig számítva, legalább két szegecsátmérőnyi távolságnak kell maradnia, hogy a



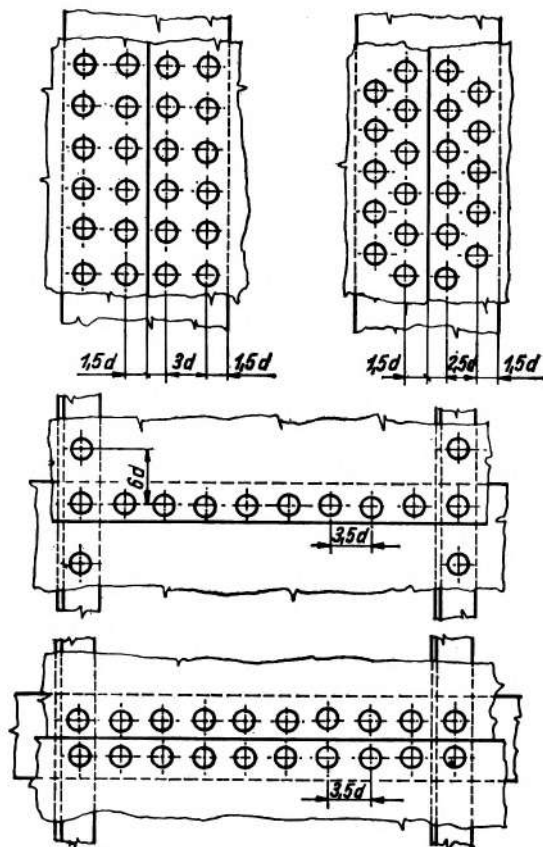
173. ábra. Szegecselt külháj lemezelése

lyuk ki ne szakadjon. Például egy 4 mm-es szegecsnél a lemez széle a szegecs középpontjától 8 mm-re legyen; ugyanez vonatkozik a másik lemezre is, így a két lemez egymást 16 mm-re lapolja át. A szegecsátmérőre vékony lemezeknél szabály: a d szegecsátmérő = kétszeres lemezvastagság. Trapéz-, félgömb-, süllyesztettfejű és lemezszegecsot használunk. A szegecsok egymástól való távolsága (l) a szegecsátmérőtől függően:

d , mm	l , mm
4	24
5 és 6	30
8	36

Távolság az egyes szegecsok között: $3,5d$ (174. ábra).

Távolság a lemez széléig: $2d$.



Példa. 2 db 3 mm-es lemeznél a számítás a következő:

Szegecsátmérő: $d = 6$ mm. Távolság a lemez szélétől az első szegecssorig: $2d = 12$ mm.
Két szegecssor közötti távolság: $2,5 \dots 3,5d = 21$ mm.

Vékony lemezeknél két szegecs közötti kidudorodás miatt víz szívároghat át a két lemez között akkor is, ha a szegecsok egymástól az előírt távolságban vannak. Ennek kiküszöbölésére — a szegecselés előtt — festékkel átítatott vászonszíkot teszünk a lemezek közé.

A külhézának a bordákkal, továbbá a fedélzetnek a fedélzeti bordákkal való összeszegecselésénél a szegecstávolság $6 \dots 8d$. Ha a lemez nem fekszik fel tökéletesen a bordákra, köztük hézag keletkezik, s miután a festék csak egy ideig védi, s itt utána nem festhető, a lemez rozsdásodik. Vékony lemezek szegecselésénél ezért ajánlatos sűrűbben szegecselni.

A 8 mm-nél kisebb átmérőjű szegecsket hidegen, 8...10 mm között hidegen vagy melegen, 10 mm felett mindig melegen szegecselünk. A szegecsket szabályosan és egyenlő távolságra kell elosztani. A szegecselés lehet egy- és kétsoros. A kétsoros lehet lánc- és cik-cakk-szegecselés (174. ábra). A szegecs-sorok egymástól-való távolsága láncszegecselésnél $2d$, cikcakk-szegecselésnél $2,5d$.

Szegecselés előtt az egymásra fekvő részekről eltávolítunk minden piszkot és rozsdát, utána miniumbevonattal látjuk el.

A külháj lemezelését hátulról kezdjük, hogy átfedéses lemezelésnél az elülső lemezek fedjék a hátsót. A toldások függőlegesek legyenek.

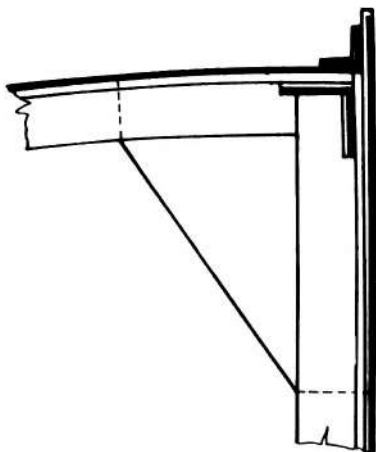
Szegecseléskor a lemezek illesztését úgy végezzük, hogy az előfűrt bordákra illesztjük a külháj lemezét, s a furatot a bordáról átjelöljük, majd kifűrjük a lemezt, csavarokkal ideiglenesen ráerősítjük, majd szegecseljük. Mindig belülről kifelé fűrünk, majd kívülről süllyesztünk úgy, hogy az eredeti furat hengeres részéből vékonyabb lemeznél legalább 0,5 mm, vastagabbnál pedig 1 mm megmaradjon.

Az egyes lemezsorok összekötésénél a varratok mögött vízszintes — a bordákon is átmenő — *hevedereket* helyezünk el. A borda és külháj közötti teret a hevederlemezekkel egyenlő vastag és a bordaszár szélességével azonos szélességű lemezcsíkokkal töltjük ki.

A toldásokat kétsorosán, a hosszvarratokat egysorosán szegecseljük. Szegecselt építés esetén is célszerűbb a toldásokat hegeszteni. Két egymás mellett fekvő lemezsor toldása nem lehet két bordatávolságnál közelebb egymáshoz. Egy lemezsorral elválasztott toldások legalább egy bordatávolságra legyenek egymástól eltolva. Két toldás között ugyanazon bordaközben legalább két lemezsornak kell lennie.

Szegecselt hajótestnél a fedélzet lemezeit a legfelső lemezsor szélén végigfutó szögvashoz (koszorúszögvas) szegecselik (175. ábra), a szegecsosztás itt 4,5*d*. Amennyiben a fedélzetet fából készítik, akkor is szükség van a koszorúszögvasra. A fedélzetvarratokat egysorosán, 3,5...4*d* szegecsosztásra, a fedélzeti borda és hosszmerévítő szegeceit 8*d* osztásra szegecseljük. A válaszfalakat bordaprofilokkal merevítjük, amelyek egymástól való távolsága nem lehet nagyobb, mint a bordatávolság. A válaszfalak varratait 3,5*d* szegecstávolságra egysorosán szegecseljük.

Hegesztés. A hajóépítésben általában *ívhegesztést* alkalmaznak. Az ívhegesztés előnyösebb, mert az ív hőmérséklete magasabb, és nem melegszik fel a lemez sem olyan mértékben, mint a lánghegesztésnél (ahol a melegeedés lassú és mélyebbre hat), ezáltal az elhúzóerők is kisebbek. Bizonyos mértékű elhúzóerővel itt is számolni kell, ez annál nagyobb, minél vékonyabb a lemez.



175. ábra. Koszorúszögvas

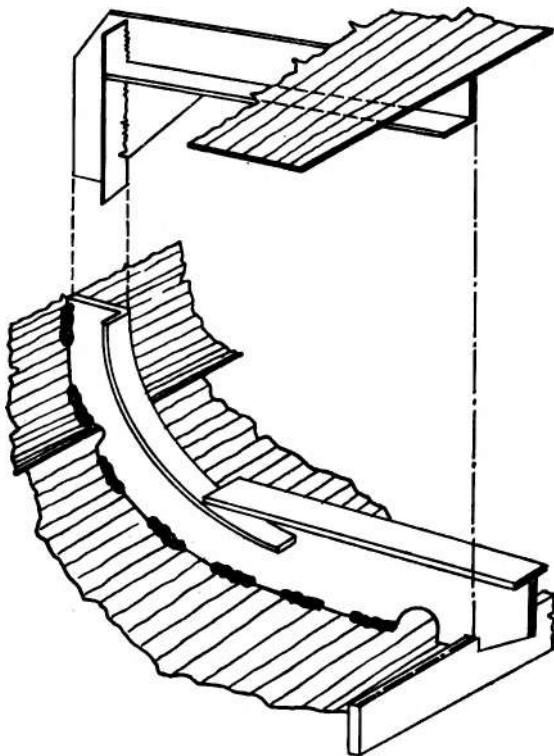
A hegesztési varrat lehet tompa varrat, peremvarrat, s lehet V, X és U varrat. Vékonyabb lemezeket perem- vagy ún. I varrattal kötünk össze. Az I varratnál a lemezek széle nem ér össze, köztük 0,5...1,5 mm távolság van. 6 mm vastagságon felül V, S és U varratot alkalmazunk. Egyaránt használunk folytonos és szakaszos varratokat. Szakaszos varratot csak szilárdsági kötéseknél használhatunk, mert nem vízzáró.

Hegesztés előtt az alkatrészeket csavarozással, szorítócsavarokkal kell rögzíteni vagy hegesztéssel odafércelni.

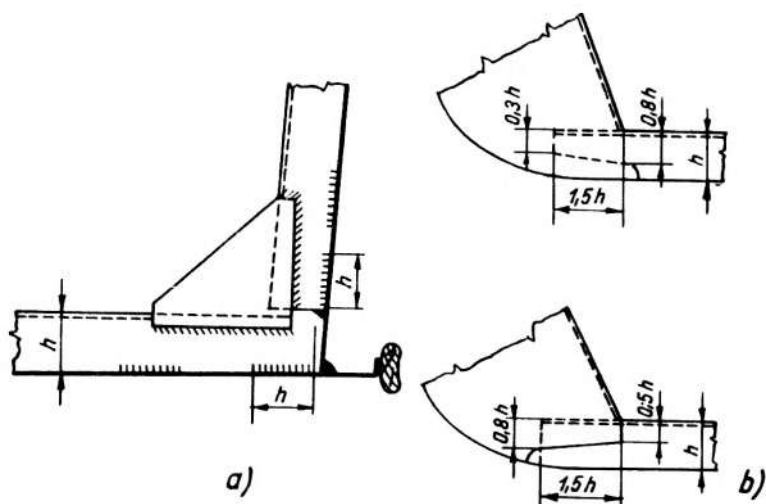
Hegesztéskor az anyag erősen felmelegszik, és feszültségek keletkeznek benne. Az acél a melegedés hatására kiterjed és deformálódik. A deformációt csökkenteni lehet, ha az ellenkező oldalról a lemezt nedves ruhával hűtjük, természetesen nem közvetlenül a hegesztés helyén. A már meglevő deformációt kalapácsütésekkel, alátét alkalmazásával igyekszünk kiküszöbölni. A hegesztés okozta alakváltozás csökkenthető szakaszosan — pl. ráklépésben — való hegesztéssel.

Akárcsak a fahajó-építésben, itt is váltakozva viszünk fel egy-egy jobb és bal oldali lemezt, mindig szimmetrikusan, hogy a hajótest el ne húzódjon. Ezután odatűzzük a gerinchez és a bordákhoz a lemezt, majd elkezdjük a hegesztést, s mindig középről kiindulva haladunk a végek felé.

A bordáknak a külhézhoz való hegesztésénél szakaszosan hegesztünk (176. ábra). A külhéz és a borda között kis hézagot hagyunk, ami egy 3 mm-es lemeznél kb. 1 mm. Így állandóan és jól tudjuk festeni a hajó belsejét.



176. ábra. A külhéz szakaszos hegesztése



177. ábra. A bordák összehesztése a fenék-bókonylemezzel és a fedélzeti gerendával

A gerincnél, orttőkénél és tükörnél kívül és belül egyaránt folytonos hegesztővarrat szükséges. Először mindig hegesztünk, s aztán szegecselünk, mert hegesztéskor a hajótestben feszültségek keletkeznek és a szegecselésnél tömítetlenség keletkezik.

Hegesztett szerkezetekben a bordaidomok végét a fenék-bókonylemezekhez a 177a ábrán látható módon, a fedélzeti gerendákat a bordákkal pedig a 177b ábra szerint kell összehesztetni.

A bordákat, ill. a fedélzeti gerendákat a lemezeléssel úgy kötjük össze, hogy a hegesztési varrat váltakozva a szögvas egyik majd másik oldalán lesz. A lemezek, amelyeknek a szélét hegesztjük, összehúzódnak és kipúposodnak, ami szépséghiba, s csak későbbi egyengetéssel tüntethető el. A fedélzet hegesztésére ugyanaz vonatkozik, mint a külhéjra. A kellemetlen fej fölötti hegesztés elkerülésére a hajót oldalára döntve hegesztjük.

A külhéjlemezelés hegesztésénél *kétféle rendszert* használunk. Az egyiknél a folyamatos építéssel párhuzamosan azonnal meghegesztjük a külhév varratait és a hozzá csatlakozó részeket, a másik rendszerrel előbb összeférceljük az egész hajótestet és csak ezután kezdünk hegesztetni. Az első rendszerrel a deformációk nagyobbak, a belső feszültségek azonban kisebbek, a másodikkal a helyzet fordított.

A felépítményt közvetlenül ráhegesztjük a fedélzetre vagy a ráhegesztett szögvas közvetítésével csavarozzuk föl. Amennyiben a felépítmény fából készül, csavarokkal erősítjük föl.

Az *ívhegesztést* egyen- vagy váltakozóárammal végezhetjük. Egyenárammal könnyebb az ívtartás, hátránya azonban a mágneses fúvóhatás. A hegesztőpálcák vastagsága 4 mm lemezvastagságig egyenlő a hegesztendő lemez vastagságával. A hegesztéshez szükséges áramerősség $= 40 \times$ elektródaátmérő (mm-ben).

3. Kishajók építése könnyűfémből

A könnyűfémek — az alumíniumötvözetek — igen alkalmasak kishajók építésére. A könnyűfémek előnyei:

- a kis súly;
- a könnyű megmunkálhatóság;
- a jó korrózióállóság;
- a nagy élettartam;
- az alacsony karbantartási és javítási költségek.

Hátrányai: a könnyűfém magas ára és költséges hegesztése.

A könnyűfémből készített hajó ugyanazon szilárdság mellett 50%-kal könnyebb lehet, mint az acélhajó. A könnyűfémek szakítószilárdsága a szokványos hajóépítőacél szilárdságának 60%-a, ezért az alkatrészek keresztmetszeti méretei 50%-kal nagyobbra veendőek. A behajlásnál és a törőszilárdságnál az anyag rugalmassági modulusa a mértékadó, ami könnyűfémeknél az acélénak kb. a 33%-a. A behajlás ezért a könnyűfémeknél azonos szilárdság mellett is nagyobb.

A hajóépítésre alkalmas könnyűfémek alumínium-, magnézium- és szilíciumtartalmúak. Az alumínium-, magnéziumtartalmú ötvözetek, az AlMg 3, AlMg 4 és AlMg 4,5 jó korrózióállóak, jól alakíthatók és könnyen megmunkálhatók. Lágú és félkemény lemezeket és idomokat használunk hajóépítésre. A lemezvastagság kishajóknál 1,2...6 mm. Az AlMgSi ötvözet árbocok készítésére alkalmas.

Az AlMg könnyűfémek szilárdsági értékei a magnéziumtartalomtól függően:

Szakítószilárdság	21...38 kp/mm ² ;
Folyási határ	9...27 kp/mm ² ;
Szakadási nyúlás	12...24%;
Rugalmassági modulus	650 000...750 000 kp/cm ² .

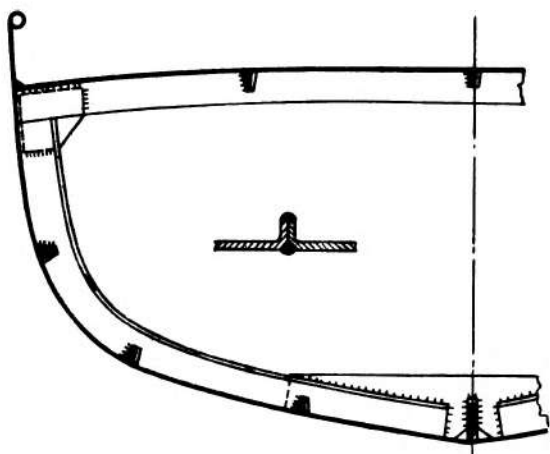
Könnnyűfémötvözeteknél az elérhető legkisebb hajlítási sugár ugyancsak függ az ötvözéstől. A leginkább használt AlMg félkemény lemezeknél az elérhető legkisebb hajlítási sugár:

- 3 mm lemezvastagságon alul a vastagság 2,5-szerese,
- 3 mm lemezvastagságon felül pedig a 3-szorosa.

Az alumínium és ötvözetek a levegőn oxidálódnak, az oxidréteg vékony hártya alakjában vonja be a felületet, s ez a további oxidációt megakadályozza, ezért az alumíniumot védőbevonattal nem is kell ellátni. Úgyelni kell, hogy ez a védő oxidréteg a gyártás és a használat folyamán meg ne sérüljön, ezért a gyártáskor a lemezeket nem rajztűvel, hanem grafitceruzával rajzoljuk elő.

A könnyűfémek alakítása. A lemezeket felhasználás előtt ki kell egyengetni. Leszabásra kézi ollót, karos ollót és rezgő ollót használunk. Vastagabb lemezek és idomok szabásához megfelel a szalag- és körfűrész.

Könnnyűfém hajók építésére olyan forma előnyös, ahol a lemezt nem kell domborítani, s az egész külháj kevés darabból elkészíthető. A könnyűfém hajókat aránylag kevés harántbordára építjük, s a hajótest merevítésére hossz-bordázást alkalmazunk. A külháj lemezelése aránylag vékony s a hossz-bordák a lemezeket jól alátámasztják és kimerevítik. Merev szerkezetet kapunk, ha



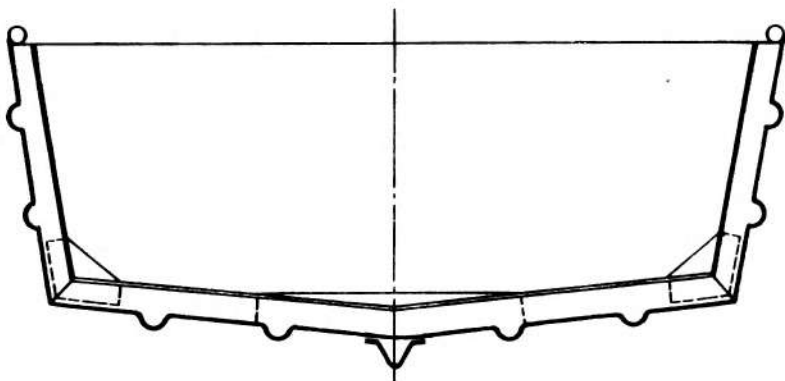
178. ábra. A külháj hosszbordázása hegesztéssel

az egyes — élükön beperemezett — külhájlemezeket a gerinctől felfelé változva egyik és másik oldalon először folytonos varrattal egymáshoz, majd egyenként szakaszosan a bordákhoz varrjuk (178. ábra).

A harántborda L idom vagy lemez. Szegecselt szerkezetben az L idom lapja, mint az acélhajókban, ráfekszik a külhájra. A hosszborda L vagy T idom, esetleg csak lapos idom (hegesztésnél). Kisebb hajókon a hosszbordázást a külháj lemezéből képezzük ki úgy, hogy abba hornyokat sajtolunk vagy hengerlünk (179. ábra), máskor kívülről szegecselünk rá megfelelő U keresztmetszetű hosszmerítőt.

A könnyűfém lemczeket lemezmángorlással alakíthatjuk. Ha a görbület kétirányú, akkor domborítjuk, tömeges gyártás esetén *gumipárnás* vagy *nyújtóhúzó eljárással* alakítjuk.

Az alkatrészek összeépítése. A könnyűfémből épített hajók legtöbbjét sokáig csak szegecselve állították elő, mert a könnyűfém hegesztése hosszú ideig nehézségbe ütközött. Ma is, amikor már a védőgázos ívhegesztési eljárásokkal megoldott feladat, a szegecselést — éppen a költséges hegesztés miatt — nem lehet teljesen nélkülözni.



179. ábra. A külháj merevítése besajtolt hosszbordázattal

Könnnyűfém hajók szegecselese. A szegecseles elönyve, hogy semmiféle különös berendezést nem igényel. 16 mm átmérőig a szegecseles hidegen végezhető, ezért a kishajóépítésben meleg szegecseles nem alkalmaznak. A hidegen bevett szegecs megkeményedik, ezért az alumínium szegecs anyagát úgy választjuk meg, hogy az alapanyagnál lágyabb legyen. Félgömb-, trapéz-, lapos-, süllyesztett- és lencsefejú szegecsket alkalmazunk.

A szegecseles művelete azonos az acélszegecselessel. A szegecslyukakat előfúrjuk, a szegecslyuk 10 mm átmérőig 0,1, ezen felül 0,2 mm-rel nagyobb a szegecsátmérőnél. A lemezeket együtt fúrjuk, utána egyenként sorjazzuk. Víz-záró varrat kialakítása céljából a lemezek érintkező felületét szegecseles előtt cink-kromátos festékkel befestjük.

Az alumínium szegecs méreteit a lemezvastagság szabja meg. A szegecs-átmérő általában egyenlő a kétszeres lemezvastagsággal. Ajánlott szegecsátmérők:

Lemez- vastag- ság	Szegecs- átmérő	Lemez- vastag- ság	Szegecs- átmérő
mm			
1	2,5	4	7-8
1,5	3	5	9-10
2	4-5	6	10-12
2,5	5	7	12-14
3	5-6	8	14-16

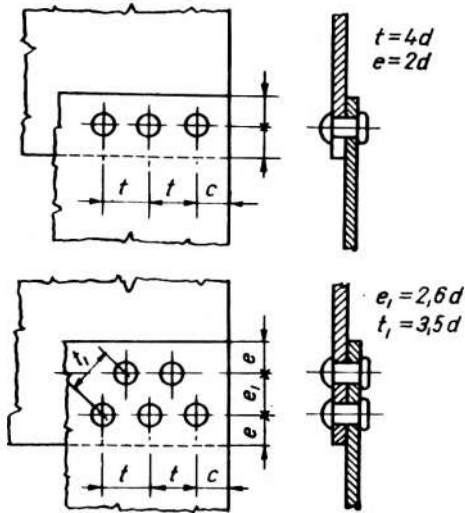
A szegecs egymástól való távolsága $t=4d$, a szegecs közép-pontjának a lemez szélétől való távolsága $e=2d$. Cikcakk-szegecselesnél a szegecs-sorok távolsága $e_1=2,6d$ (180. ábra).

Könnnyűfém hajók hegesztése. Könnnyűfém hegesztése valamivel gyengébb szerkezetet ad, mint a szegecseles, a kötőfém ugyanis gyengébb, mint a hegesztendő lemez vagy idom. A varrat szilárdsága megfelel a lágy alumínium szilárdságának. A hegesztéssel fennáll az a veszély, hogy a varratban hibás szakaszok fordulnak elő, amelyek szabad szemmel nem vehetők észre. A könnnyűfém hegesztésekor a nagyobb vetemedési és görbülési veszélyt lecsökkenti a nagyobb hegesztési sebesség.

A könnnyűfémeket hegeszthetjük *lánghegesztéssel* és *védőgáz as ivhegesztéssel*.

Lánghegesztésnél hegesztőporral dolgozunk, amely oldja a hegesztésekor keletkező oxidréteget. A hegesztőport (*borax-kalciumklorid*) pép formájában a pálcát bemártva visszük fel a varratra. Vastagabb darabokat 300...350 °C-ra ajánlatos előmelegíteni.

Az *ivhegesztést* argon védőgázzal végezzük, ez gyorsabb és megbízhatóbb, mint a lánghegesztés. Kétféle eljárást használunk, az *Argonarc* és a *fogyó-elektrodás hegesztést*. Az Argonarc eljárásnál váltakozóárammal dolgozunk, az ívet wolframelektrodával tartjuk, az anyagot pedig pálcáról ömlesztjük le.



180. ábra. Egy- és kétsoros (cik-cakk) szegecselés

Egyszerűbb a fogyóelektrodás argon védőgázos hegesztés, amelyet egyenárammal végzünk. Itt az ív a munkadarab és a hegesztópálca között képződik, s az argongáz az ívet burkolja. A lemez vetemedése és szilárdságcsökkenése kisebb, mint az Argonarc-eljárásnál.

4. Hajótestek korróziója és korrózióvédelme

Ha az acél- vagy könnyűfém hajótest mellett egyéb fém, főleg réz vagy bronz van, akkor a hajótest lemezelése *elektrolitikus korrózió* következtében súlyosan megsérülhet. Ennek megakadályozására az idegen fémrészeket jó festéssel szigeteljük. A korrózió mértéke annál nagyobb, minél magasabb a víz sótartalma.

Acéltesteknél jól bevált az *idegen fém* (pl. bronz hajócsavar közelében elhelyezett cinkdarab), amelyet fémes érintkezéssel erősítenek a hajótestre (*fogyóanódos korrózióvédelem*). Az elektromos áramlás ekkor a cink felé tart, s ez megy tönkre, ezért ezt időnként pótolni kell. A villamos áramot hajókban nem szabad egyszálal vezetékkel vezetni — mint a gépkocsikon — s a másik pólust testelni, mert ez is korróziót okoz.

A könnyűfém hajókban a korróziós veszély a vassal, de különösen a színesfémekkel szemben nagy, mert ezek az elektrokémiai sor másik oldalán helyezkednek el. Ezért a könnyűfémeket az összes egyéb fémtől el kell szigetelni. Ahol ez a szigetelés megsérül, ott hamarosan megindul a korrózió.

A légköri hatásra bekövetkező *oxidációs korrózióval szemben az alumínium-ötvözeteknek igen nagy az ellenállóképességük*. A felületen keletkező oxidréteg megvédi a fémeket a korróziótól.

Vegyés építésű hajókban problémát okoznak a kötőelemek, mert a könnyűfém csavarok egylevőre még nem megbízhatók. Célszerű ezért *horgannyul* vagy *kadmiummal bevont acélsavarokat használni*. A horganylemez — miután az elektrokémiai sorban az alumíniumhoz közel helyezkedik el — alkalmas a vasnak az alumíniumtól való elszigetelésére.

Az alumínium lemezek felülete általában sima, a festék tehát rosszul tapad rá. A lemezek felületét festékekkel való bevonás előtt benzinnel kell zsírtalanítani, majd csiszolópapírral érdesíteni kell. A tökéletes letisztítás és zsírtalanítás után cink-kromáttal alapozzuk. Ez gyorsan szárad, így hamarosan lehet rá festeni. Ólom- és réztartalmú festékek könnyűfém alapozására nem alkalmasak.

D) MŰANYAGHAJÓK ÉPÍTÉSE

A kishajók jelentős része épül *műanyagból*. A műanyagok a műszaki élet sok területén kiszorítják a hagyományos építőanyagokat, mert sok tekintetben kedvezőbb fizikai és mechanikai tulajdonságúak és feldolgozásuk is — különösen tömeggyártás esetén — gazdaságosabb.

A sokféle műanyag közül hajóépítésre ezideig csak az *üvegszállal erősített poliészter* mutatkozott alkalmasnak, mert az ugyancsak alkalmas *epoxi* (etoxilin) magas ára miatt nem jöhet tekintetbe. Ugyancsak nem alkalmasak azok a műgyanták, amelyeket magas hőmérsékleten és nagy nyomáson dolgoznak fel. Az első üvegszálváz polieszter hajót a II. világháború idején építették Amerikában.

Az üvegszállal erősített műanyagból készített hajók *előnyei*:

- a kis súly;
- a nagy mechanikai szilárdság;
- a korrózióállóság;
- a nagy rugalmasság;
- az ellenállóképesség vegyi anyagokkal szemben;
- a szabad formai kialakítás lehetősége;
- a jó hangszigetelő és kis hővezető képesség;
- tartósak és úgyszólván semmilyen kezelést nem igényelnek;
- sérülés esetén könnyen javíthatók.

Sok előnyös tulajdonságuk mellett úgyszólván alig van hátrányuk.

Az üvegszálváz műanyagok szilárdságát az üvegbetét adja. Magának a műgyantának kicsi a szilárdsága, s itt kizárólag az üvegszálak beágyazása, s egymással való összekötése a szerepe. Az üvegszál a műgyantában végeredményben olyan, mint a vas a betonban.

Amíg a fa- és fémhajókat fokozatosan építik fel, addig a műanyaghajó megfelelő előkészítés után igen rövid idő alatt készül el, de utólag nem lehet változtatni rajta. A fahajó építésében megszokott formák nem vihetők át minden további nélkül a műanyagra, s különösen vonatkozik ez az élekre és sarkokra. Mindenütt folyamatos lágy átmenet alakítandó ki, a sík felületeket kerülni kell, mert a görbe felület merevebb. Az üvegszálváz műanyagban az egyes irányok szilárdsági értékei az üvegváz beágyazási módjától, százalékos arányától és helyzetétől függően tág határok között változtathatók.

A műanyaghajó készítése nem igényel nagyobb befektetést, miután ez idő szerint túlnyomórészt *kézi felrakóeljárással* dolgozunk. Megkövetel azonban egy bizonyos minimális darabszámot, célszerű ezért gyártását csak néhány típusra korlátozni.

A minimális darabszám megállapításakor abból lehet kiindulni, hogy a modell és a forma (szerszám) költségei kb. háromszorosát teszik ki a kész hajótest árának. Egy üvegszálvázás műanyaghajó előállítására ideje csak tötrészt teszi ki annak az időnek, ami egy hagyományos anyagból készített hajó előállítására szükséges. A magasabb alapanyagárakat kiegyenlíti a lényegesen kisebb munkaidő-, ill. munkabéreköltség.

1. Az üvegszálvázás műanyaghajók alapanyagai

Az üvegszálvázás műanyag tulajdonságai elsősorban a *laminát üvegtartalmától* függenek. Az üvegtartalom a felhasznált üvegváz fajtájától, a gyártási eljárástól és a munka jóságától függ. 20%-on aluli üvegtartalom gyakorlatilag hatástalan. Megfelelő minőségű a laminát, ha eléri az alábbi szilárdsági értékeket kézi felrakóeljárás esetén:

Jellemzők		Paplan	Rovingszövet	Üvegselyem-szövet
		27...33%	40...45%	45...55%
üvegszáltartalommal				
Szakítószilárdság,	kp/cm ²	800...1300	1700...2500	2300...3200
Hajlítószilárdság,	kp/cm ²	1300...2000	2200...3000	2400...3200
Szakadási nyúlás,	%	1,5...2	1,5...2	1,5...2
Rugalmassági modulus	kp/cm ²	60 000...90 000	110 000...160 000	150 000...200 000

Az üvegszálvázás műanyagokra jellemző a kis fajsúly, a nagy szakító- és hajlítószilárdság és az alacsony rugalmassági tényező. Míg az acélnak határozott folyási határa van, addig az üvegszálvázás műanyagoknak nincs, a végső feszültség elérésekor folyás nélkül, rögtön törnek az anyag. A feszültséggörbe elég pontosan követi a *Hook-törvényt*, azaz a törésig nincs maradó alakváltozása.

Vázanyagok. Megkülönböztetünk *üvegyapotot* és ún. *üvegselymet*. Az üvegyapot szigetelőanyag, hajóépítésre nem alkalmas, mert kis szilárdságot kölcsönöz és a víz oldja. Ha az erre alkalmas üveget vékony szálakká húzzák, elvesztik ridegségüket, hajlékonyá válnak, s szilárdságuk nagymértékben megnövekszik, és pedig a közönséges üveg szilárdságának többszörösére. A 9 µm vastag szálak szakítószilárdsága pl. 120...140 kp/mm², az 5 µm-é elérheti a 280 kp/mm²-t is.

Ezeket az elemi szálakat használják vázanyagként, pászmákká fonva, és a textilfeldolgozás módszerei szerint kezelve. Pászmák és fonalak alakjában szilárdságuk már nem olyan nagy, így pl. a 9 µm vastag elemi szálakból készített fonalak tényleges szakítószilárdsága csak 80...100 kp/mm². Ha a pászmákat, fonalakat megszövik, szilárdságuk tovább csökken, azonban még így is nagyobb vagy azonos a jó szerkezeti acélalával, és jóval nagyobb minden más szálalanyagnál. Az üvegszál csaknem teljesen rugalmas és tartós, azaz maradó alakváltozása nincs, s a szakadás hirtelen jelentkezik. Ez a sajátosság igen lényeges, mert az üvegszálvázás műanyagokban csaknem az egész terhelést az üvegváz veszi fel.

A tömör üveg vegyi hatásokkal szemben meglehetősen közömbös, szá-lakká húzva azonban érzékeny, s ez a megnövekedett felülettel magyarázható. Ez az érzékenység különösen számottevő a nem alkáliszegény üvegeknél. Ezeknél a víz hosszabb ideig tartó behatására az alkáli részek kioldódnak, és csak a szilikátváz marad meg, s ezáltal nagymértékben csökken a laminát szilárdsága. Éppen ezért üvegszál-as műanyagok készítésére csak alkáliszegény — 0,5...1% szabad alkálitartalmú — üveg felel meg. Az alkáliszegény üveg boroaluminoszilikát, amelyhez sem szódát, sem hamuzsirt nem adagolnak. A megolvasztott üvegmasszát fúvókákon keresztül szá-lakká húzzák, és egy-dobra feltekereslik.

Minden üvegrost 100...200 elemi szálat tartalmaz, amelynek átmérője 5...12 μm . Általában 60 szálat fognak össze egy köteggé, amely 1,7 mm^2 kereszt-metszet mellett kb. 12 000 elemi szálat tartalmaz. Ezt nevezik *rovingnak* (pászafonat) és csévére tekereselve hozzák forgalomba.

Az üvegszálat a feldolgozás megkönnyítésére *írezőanyaggal* kezelik, ez azonban a műgyantához való kötés szempontjából hátrányos, ezért ezt utólag eltávolítják, helyére a műgyantához jobb tapadást elősegítő anyagot visznek fel. Ez az *impregnáló anyag* nemcsak jobb kötetést biztosít az üvegszál és a gyanta között, de a laminát tartósságát is javítja. Az impregnálatlan szál ugyanis a műgyanta zsugorodása folytán a szá-lakat körülfogó gyantától elválhat, és az így keletkezett mikroszkopikus üregbe a víz behatolva korró-ziót okoz. Szerves krómsóból és szilíciumvegyületből álló impregnáló-szer mind az üveggel, mind pedig a műgyantával jól kapcsolódik.

A kishajó-építésben *rovingot*, *üvegpaplant*, *rovingszövetet* és ún. *üvegselyem-szövetet* használunk fel vázanyagul.

A *roving* az üvegpaplan és üvegszövet előterméke. Ez a legolcsóbb váz-anyag. Párhuzamosan futó fonalak vagy szalagok alakjában, vagy darabokra vágva és a gyantába keverve használjuk fel erősítésre.

Az *üvegpaplan* a műgyanta leggyakrabban használt erősítőanyaga. Folya-matosan állítják elő oly módon, hogy a rovingot 25...50 mm hosszú darabokra vágják és szabálytalanul, de egyenletesen kötőanyaggal keverve nemez-szerű paplanná rétegelik. A kötőanyag a gyantában oldódik. Az üvegpaplan szilár-dsága minden irányban közel azonos. Az üvegpaplan nem ad olyan nagy szilárdságot a laminátnak, mint a roving vagy a szövet. A normál paplanok súlya 300...600 p/m^2 . A kishajó-építésben leggyakrabban a 450 p/m^2 súlyú-t használják.

Az ún. *steppelt paplan* hajlékonyabb, ezért erősen alakos darabok szilár-dítására használják, továbbá vákuumeljárásnál mint lehorgonyzó anyagot a fedőréteg és mag között szendvicsszerkezetek esetén.

Az *üvegfátyol* 30...80 p/m^2 súlyú, igen finom paplan, amelyet mint első réteget alkalmaznak az ún. finom réteg föl-vitele után, hogy a laminátot védje. Az üvegfátyolat sztirolban oldódó kötőanyag köti össze.

A *rovingszövetek* szá-lai párhuzamosak, nincsenek sodorva, mint az üve-g-selyemszöveteké. Ezek nehéz, 400...900 p/m^2 súlyú szövetek, mind a lánc-, mind a vetülékfonaluk rovingköteg, maximum 6 mm széles. Előnyösebb az olyan rovingszövet, amelynek pászmái laposak. A rovingszövetet könnyebben lehet gyantával telíteni, mint az üvegselyemszöveteket.

Az ütő-hajlító szilárdság a szövet vastagságával nő, ezért lökéseknek kitett munkadarabokhoz vastag, szerkezetileg erősen igénybevettekhez véko-nyabb szövetet kell használni.

A rovingkötegeket lehetőleg az igénybevétel irányába fektessük. Ezt a követelményt legjobban az ún. *unidirekcionális szövet* teljesíti, amelynél az egymás mellett fekvő rovingkötegeket csak egy könnyű vetülékfonal tartja össze.

Az *üvegselyemszövet* láncc- és vetülékfonala fonott vagy cérnázott fonalakból áll. A szövetek szakítószilárdsága nagyobb, mint a rovingszöveteké, hajlítószilárdságuk körülbelül azonos. Az üvegszövetek négyzetmétersúlya 80...600 p/m². A szövetek nehezebben itathatók át gyantával, mint a paplanok vagy a rovingszövetek. Minél erősebb a fonalak sodrása, annál rosszabb a szövet átíthatósága. A tapadás a gyanta és az üvegszövet között gyengébb, mint a paplan vagy rovingszövet között, ezért a szövet-laminátok könnyebben szétválnak.

Az üvegselyemszöveteknek nemcsak a fonalát, hanem a jobb tapadás céljából a kész szövetet is impregnálják.

A roving- és üvegselyemszöveteket vászon- és sávoly- (köper-) szövessel állítják elő. Sávolykötésnél egy vetülékfonal két vagy több lánccfonalat fog át. A sávolykötésű szövet bedolgozása erősen hajlott alkatrészeknél előnyös, mert ez hajlékonyabb, jobban átítható gyantával, mint a vászonkötésű szövet.

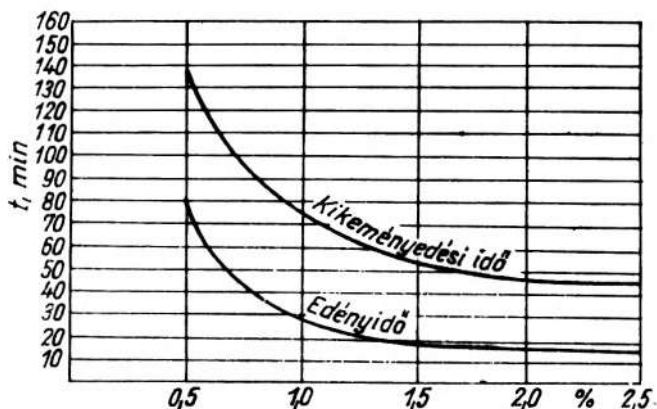
Műgyanták. Az üvegszálvázás műanyagok legfontosabb *alapanyaga* a *telítetlen poliészter*, amelyet telítetlen dikarbonsavak, pl. maleinsav és kétértékű alkoholok, pl. etilén-glikol reakciójával állítanak elő. A telítetlen poliésztereket jellemzi, hogy különböző monomér vinil vegyületekben — pl. monosztirolban — oldódnak és azokkal katalizátor hatására nagy mechanikai szilárdságú keverék-polimerizátumokat alkotnak. Ezek a polimerizátumok térhálós szerkezetűek és kikeményedésükkor semmiféle melléktermék nem keletkezik. Az alapanyagok és a monomér megválasztásával keletkezett polimerizátum tulajdonságai változtathatók.

A poliésztergyantában levő sztírol oldóanyag képes a poliészter telítetlen helyeivel reakcióba lépni. Az így előálló polimerizáció következtében a poliészter szilárd állapotba megy át. A sztírol oldóanyag belepimerizálódik a gyantába. A gyanta kikeményedése folyamán csak a sztírol párolog, ezért a térfogati zsugorodás minimális és csak a sztírol mennyiségétől függ.

A *polimerizáció* exoterm folyamat, jelentős hőfejlődéssel jár, s csak akkor következik be, ha a folyékony gyantához *edzőt* (katalizátor, aktivátor) adunk. Szobahőmérsékleten az edzón kívül *gyorsító* (accelátor) is szükség van, mert a kikeményedéshez különben 50 °C hőmérséklet volna szükséges. A *polimerizáció sebessége* függ a katalizátor és a gyorsító fajtájától, mennyiségétől, a környezet hőmérsékletétől, a laminát vastagságától és a gyantához kevert különböző adalékanyagoktól. Az ún. *edényidő* a gyanta bekeverésétől a kikeményedésig, azaz a gélesedésig eltelt idő. A gyanta előállítói megadják a poliésztergyanta edényidejét és a teljes kikeményedéshez szükséges időt a gyorsító-adagolás függvényében (181. ábra).

A *poliészter edzői organikus peroxidok, gyorsítóul aminokat, kobaltvegyületeket és dimetilanilint alkalmazunk.* A hajóépítésben szokásos gyantákhoz legkevesebb 1%, az ún. finom réteghez vagy fedőréteghez (*gel-coat*) 1,5% edző adandó. A peroxidok tiszta állapotban robbanásveszélyesek, ezért 40...50%-os paszta alakjában szállítják; 50%-os peroxidtartalmú pasztából ezért legalább 2% szükséges. Az edző esetleg vizet is tartalmaz, ez-azonban nem lehet több 3%-nál.

A hajóépítésben a *hidegen való kikeményedést* használjuk: benzoil-peroxidot aminogyorsítóval, keton-peroxidot (pl. metilén-keton-peroxid [MEK]) vagy



181. ábra. A gyanta edényideje a gyorsító-adagolás függvényében

ciklohexan-peroxidot kobalt gyorsítóval. A benzoil-peroxidot mint 50%-os pasztát szállítják, a kikeményedéshez legalább 0,1% gyorsító szükséges, azaz a szokásos 10%-os gyorsítóból legalább 1% veendő.

A benzoil-peroxid edzővel gyorsabb kikeményedés érhető el, mint a keton-peroxid—kobalt variációval, hátránya, hogy napfényen a laminát megsárgul. A poliésztert sokszor 0,2% kobalt gyorsítóval bekeverve hozzák forgalomba, az ilyen gyanta hűvös helyen hat hónapig raktározható. A peroxidok a fény és meleg hatására szétesnek, polietilén tartályokban kell hűvös, fénytől elzárt helyen megőrizni.

Tekintve, hogy az edény- és a kikeményedési idő sok tényezőtől függ, ajánlatos ezen idők kísérlettel való megállapítása. A laminát rétegvastagságával csökken a *kikeményedési idő*, mert a vastagabb rétegben felhordott gyanta nehezebben vezeti el a polimerizáció folyamán keletkezett exoterm hőt.

A biztos és eredményes kikeményedés elérése céljából a katalizátort és gyorsítót *homogénan* kell eloszlatni. Ha a katalizátor mennyisége túl kevés, nem fog kikeményedni a gyanta. Racionális gyártás céljából a feldolgozásra szükséges poliészter mennyiségét két részre osztják, az egyikbe a gyorsítót,

Üvegszállal erősített poliészter, acél és könnyűfém szilárdsági jellemzői

Anyag megnevezése		Fajsúly p/cm ³	Szakítószilárdság kp/cm ²	Fajlagos szakítószilárdság kp/cm ²
Tiszta poliészter		1,3	420	350
Üvegszállal erősített poliészter	Roving	1,9	8400	4400
	Üvegpaplan	1,5...1,6	1800...3500	1100...2100
	Üvegszövet	1,7...1,9	1400...2100	800...1500
Acél		7,8	7000...8400	800...1100
Könnyűfém		2,7	700...2500	300...1000

a másikba a katalizátort keverik, s a kettőt közvetlenül a felhasználás előtt vegyítik össze.

A poliésztergyanta kikeményedéskor *zsugorodik*, a zsugorodás mértéke a sztíroltartalommal növekszik; 7...9%. A zsugorodás befolyásolja a laminát mechanikai tulajdonságait, nedves szilárdságát és tartósságát. Arra kell ezért törekedni, hogy a zsugorodást csökkentsük, ez töltőanyagok hozzáadásával lehetséges.

A poliészter 30...35% monosztírolt tartalmaz, s ezzel a viszkozitással a legtöbb esetben jól fel is dolgozható. Ha azonban alacsonyabb viszkozitás kívánatos, akkor maximálisan 10% sztírol adható hozzá anélkül, hogy a laminát mechanikai tulajdonságai romlanának. Ennél nagyobb mennyiségű sztírol hozzáadása már nem kívánt mértékben növeli a gyanta zsugorodását.

Az üvegszálazás poliészter szilárdsági tulajdonságait elsősorban a vázanyag mennyisége és minősége, ill. fajtája, az adalékanyagok és a technológia határozzák meg. A 14. táblázat a poliésztergyanta, az üvegszálazás poliészter, az acél és a könnyűfémek szilárdsági jellemzőit tartalmazza.

Az *epoxigyanta* epiklórhidrin és biszfenol reakciójából keletkezik, s katalizátor hozzáadásakor melléktermék kiválása nélkül polimerizálódik, amely folyamatnál ugyancsak hő szabadul fel. A kikeményedett epoxi fajsúlya 1,1 kp/dm³, szakítószilárdsága 550...700 kp/cm², hajlítószilárdsága 1470 kp/cm². Viszkozitását nem lehet monomerek hozzákeverésével szabályozni, ezért sok töltőanyagot nem bír el, mert nem hígítható.

Az epoxigyanták nagyobb értékűek, jó mechanikai tulajdonságúak, meszesemenően vízállóak, jó a hőállóságuk s az öregedésük. A kikeményedéskor csak 1...2%-ot zsugorodnak s tűzveszélyességük is kisebb, mint a poliészteré. Az epoxit nagy viszkozitása miatt nehezebb feldolgozni, mert a gyanta átítása nehezebb. Hátrányai a magas ár és a lassúbb kikeményedés. A kikeményedés hőközléssel gyorsítható, s ugyanakkor a gyanta szilárdsági értékei is javulnak. Az epoxigyanta igen jó tapadóképeségű, s igen alkalmas ragasztógyantának az alkatrészek összeerősítésére.

Adalékok és töltőanyagok. A poliészter színezésére *anorganikus pigmenteket* használnak por vagy paszta alakjában. A festékeknek fény- és időállónak kell

14. táblázat

Nyomószilárdság kp/cm ²	Hajlítószilárdság kp/cm ²	Rugalmassági tényező kp/cm ²	Ütő-törő szilárdság* mkp/cm ²	Üveg- tartalom %
1500	900	350	7	—
4900	10 500	3000...3800	156	70
1600...1900	1900...2200	800...1000	44	35
2100...2500	2500...3500	1000...3500	56	60
3500...4200	4200...4600	19 000...21 000	100	—
700...1100	700...1800	7000...8000	44	—

* acélra vonatkoztatva

lenniük. A festékek hozzáadása a kikeményedési időt késlelteti, de gyorsíthatja is. Minthogy a por alakú pigmentek bekeverése körülményes, célszerűbb színező pasztát használni, amelyet először 1:1 arányban gyantával elkevernek, majd az egész mennyiséget hozzákeverik.

A *tixotrop anyagok* — pl. aerosil — lehetővé teszik a poliészter felhordását függőleges felületre is anélkül, hogy az lecsurogna. A *tixotropgyanta* rövid idő alatt megmerevedik, azaz látszólag gélesedik, ha azonban felületét megbontják, újra folyékonyá válik. A tixotroptartalom maximálisan 2...3,5% lehet.

A *töltőanyagok* a laminát fizikai tulajdonságait megváltoztatják. A töltőanyagtól megkívánjuk, hogy jól elkeverhető legyen, kicsi legyen a saját nedvessége és a kikeményedési időt ne befolyásolja nagymértékben. Túl sok töltőanyag hozzáadása esetén a laminát vízfelvétele növekszik és szilárdsága nagyon lecsökken. Néhány töltőanyag a gyanta viszkozitását túlságosan megnöveli, így nehéz az üveg megfelelő átítatása. Az adalékok és töltőanyag mennyisége szilárdságilag igénybevett részeknél 15%-nál több nem lehet. Töltőanyagok: *kréta, kaolin, talkum, quarzliszt, üveggpor*.

Az ún. *finomréteg (gel-coat)*, a laminát legkülső rétege védi a laminátot a külső behatások, elsősorban a víz behatolása ellen. Vastagsága 0,2...0,4 mm. A finomréteg különleges gyanta, kikeményedési ideje rövid, szívósabbnak kell lennie, mint a lamináló gyantának, s szakítási nyúlása legalább 3...4%.

Maganyagok. Kitöltésekben, szendvicsszerkezetekben belső magok és felhajtótések készítésére különböző *habosított műgyantákat* alkalmazunk. Alkalmass maganyag még a *műgyantával impregnált papírból készített mézsejtszerkezet is*. Legmegfelelőbb maganyag szendvicsszerkezetek készítésére a *kemény PVC-hab*, amelynek fajsúlya 50...80 kp/m³, nyomószilárdsága szobahőmérsékleten 4 kp/cm². Ez a PVC-hab 1×2 m-es lemezekben, maximálisan 20 mm vastagságban készül. A PVC-hab zárt cellájú, 80 °C hőmérsékleten alakítható, ebben az állapotában a legbonyolultabb formákhoz is jól odasimul.

Hasonlóképpen zárt cellájú és lényegesen olcsóbb a *polisztirol hab is*, amelynek fajsúlya 50 kp/m³, hátránya azonban, hogy nem alakítható, továbbá a poliészter oldja, ezért beépítés előtt szigetelőlakkal (pl. epoxi, impregnálni kell).

Felhajtótések készítésére — saját felhabosításra — jól alkalmazhatók a *poliuretán habanyagok*. Ezeket két folyékony — A és B — komponensből kell összekeverni, miután a keverék percek alatt felhabosodik, majd rövid idő alatt kikeményedik. Készítéskor eredeti térfogatának 25-szörösére expandál, fajsúlya 40 kp/m³.

Választóanyagok. A műgyantából készített laminátnak a formához tapadását meg kell akadályozni. Erre a célra különböző *tapadást gátló anyagot* használunk. A választóanyag kiválasztása függ a gyártási eljárástól, a formatest bonyolultsági fokától, az alkalmazott gyantától. Megkülönböztetünk *filmképző és viasztartalmú választóanyagot*. A leggyakrabban használt választóanyag a *polivinil-alkohol*. Szivaccsal visszük fel a forma falára, fényes felületet ad a készterméknek. A *polivinil-alkoholt a víz oldja*, s ez előny a hajótest formából való kivételekor.

A viasztartalmú választóanyagok valamivel bágyadtabb fényű felületet adnak. A gyakorlatban jól bevált kombináció, hogy először a viaszt, majd a filmképző anyagot visszük fel.

Ragasztóanyagok. Ragasztóanyagként *kizárólag műgyantákat használunk*. A *poliészter* a leggyakrabban használt ragasztóanyag üvegszálal alkatrészek

összeragasztásához. Az üvegszálak közötti ragasztások csúsztatószilárdsága 100 kp/cm²-re tehető. Nagyobb a ragasztószilárdsága az *epoxinak*. Fém- és üvegszálvázak anyagok ragasztására csak ez alkalmas.

Az alapanyagok raktározása. Az összes alapanyagot zárt és száraz helyen kell raktározni. A gyantát zárt tartályokban, hűvös és naptól védett helyen, az edzőt és gyorsítót ugyancsak hűvös és fénytől védett raktárban, egymástól elkülönítve kell tárolni.

2. Az üvegszálak műgyanta feldolgozása

A munkahely. A műanyaghajó gyártására alkalmas minden nem túl kicsi, pormentes, száraz helyiség, ahol a hőmérséklet és páratartalom szabályozható. A gyanta biztos kikeményedéséhez egyenletes 18...25 °C hőmérsékletre van szükség. A helyiség relatív légnedvessége 65%-nál ne legyen magasabb, átmenetileg rövid időre 70%-os relatív légnedvesség megengedhető. Jó átszellőzésről a formázás közelében gondoskodni kell. A sztirolgázok nehezebbek a levegőnél, ezért az elszívófejeket alul kell elhelyezni (epoxi feldolgozása esetén oldalt is).

A műanyag feldolgozását az egyéb üzemszektől el kell különíteni. Az utak lerövidítése céljából a formázás közvetlen közelében helyezük el az üveg és műgyanta előkészítésére alkalmas asztalt. Az üvegpaplant, ill. -szövetet tekercsekben, állványokon tároljuk, s innen húzzuk le egy hosszú asztalra, amelyen a szabást végezzük. A szabásra ollót használunk.

Előkészítés. A gyantát célszerű külön helyiségben előkészíteni. A szükséges mennyiségű gyantát, edzőt és gyorsítót lemérlegeljük, s a gyári előírásoknak megfelelően összekeverjük. Ugyanakkor bekeverjük a szükséges mennyiségű festékpasztát és töltőanyagot. Fontos, hogy az anyagok átkeverése teljesen *homogén* legyen. A keverésre keverőgépet használunk. A keverőgépnek ne legyen nagy fordulatszáma, különben túl sok levegő kerül a gyantába.

A gyorsítóval és katalizátorral bekevert gyantából annyit készítünk elő, ami a bekevert műgyanta edényidejének és a felhasználandó mennyiségnek megfelel. Az edényidő alatt a bekevert műgyantát foltétlenül fel kell használni. Amennyiben a munka elhúzódik vagy túl sok gyantát kevertünk be, s a gyanta gélkedni kezd, már nem szabad felhasználni. A polimerizáció befejeztével a gyanta többé nem oldható. Célszerű a poliésztert két edénybe tenni, s egyikbe katalizátort, a másikba pedig gyorsítót keverni, így egyszerre mindig csak kisebb mennyiséget keverünk össze a kettőből és esetleges késedelem esetén nem köt be az anyag.

Szerszámok. A leggyakrabban használt kézi felrakás eszközei különböző ecsetek, profilhengerek, rézhengerek, plüsshengerek, amelyekkel a poliésztert a formába felviszik, s a már felhordott gyantából a levegőt kiszorítják. Nagyobb hajók laminálására hosszúnyelű hengereket használunk.

A szerszámok mosásához két tartály szükséges, az egyik az előmosóedény, a másik a szerszámok tárolására való. Az előmosóedény fenekétől kb. 10 cm-re rácsot helyezünk el, hogy a szerszámok ne érintkezzenek a már erősen szennyezett mosófolyadékkal. Mosásra *ipari acetont* használunk.

A már kikeményedett laminát szélezésére, vágására nagy fordulatszámú vágótárcsákat, kis átmérőjű gyorsacél körfűrészeket s ún. szűrőfűrész használunk. A laminát fűrésze fém-csiga fűrők alkalmasak.

Biztonsági előírások. Poliésztert feldolgozó üzemben *nyílt láng használata és dohányzás tilos!* Nagyon ügyeljünk arra, hogy az edzőt és gyorsítót közvetlenül soha ne keverjük össze egymással, továbbá arra, hogy az edzőfolyadék az ember szemébe ne kerüljön, mert végzetes gyulladást okozhat. A hulladékok csak bádogedényben tárolhatók.

A laminát felépítése. Az üvegszálás műanyaghajók külhéja és egyéb alkatrészei előre meghatározott *réteglerv* szerint különböző rétegekből épülnek fel. A *legkülső réteg*, az ún. *finomréteg* vagy fedőréteg (*gel-coat*) nem tartalmaz üvegbetétet, csak színező és kevés töltő-, továbbá tixotrop anyagot. Célja a felület lezárása egy keményebb, szívósabb és tömörebb védőréteggel, elsősorban a vízzel és nappal szembeni védelemre. Lényeges, hogy egy üvegrost se kerüljön ki a felületre, amely nincs lefedve gyantaréteggel. Ha a finomréteg túl vastag, felületi repedéseket kaphat.

Az egyes rétegek felépítésekor a következőkre kell ügyelni:

1. A szükséges üvegbetéteket a megfelelő mennyiségű gyantával kifogástalanul át kell itatni;
2. A laminátot légbuborékoktól mentesen kell felépíteni;
3. Az előkészített egyéb alkatrészeket és erősítéseket, merevítőelemeket jól össze kell dolgozni a külhøj megfelelő rétegeivel;
4. a rétegek átlapolásait egymástól távol helyezzük el;
5. a nyitott és fedőréteggel el nem látott részek is egyenletesek és esztétikusak legyenek.

Az utolsó réteget jól le kell hengerelni, hogy a gyantában szegény és gazdagabb helyek jól kiegyenlítődjenek. Az átítatásban nagy egyenletességre kell törekedni. Ha valahol gyantában gazdag helyek vannak, ezek erősebben zsugorodnak, és a laminátban feszültségek keletkeznek. Az olyan külhøj, amely nem egyenletes felépítésű, kikeményedés után könnyen meghullámosodik.

Minden új konstrukciót, laminátfelépítést, új anyagot előbb *ki kell próbálni*. Próbalement kell készíteni, az anyagokat összekeverés előtt pontosan lemérlegelni, ezt egy könyvbe bevezetni, hogy az összetételt utólag rekonstruálni tudjuk. Csak így lehetséges nagyobb károk elkerülése. Ezeket a laminátokat a kikeményedési és utánkeményedési idő után megvizsgáljuk. A *vizsgálat* a következőkre terjedjen ki:

1. vastagság és egyenletesség;
2. szakítószilárdság;
3. hajlítósilárdság;
4. ütő-törő munka;
5. rétegtapadás (esetleges rétegelválás);
6. ragasztásoknál csúsztató- (ragasztó-) szilárdság;
7. hamutartalom.

A fentiekből kitűnik, hogy a műanyaghajók építése — legalábbis gyári szinten — csak anyagvizsgáló laboratórium közreműködésével lehetséges.

Minden esetben *építési naplót* kell vezetni, amelybe bejegyzendők a felhasznált nyersanyagok, azok fajtája, eredete, mennyisége, a katalizátor és gyorsító fajtája és mennyisége, az üvegselyembetét összetétele, a rétegvastagság, a helyiség hőmérséklete és levegőjének nedvességtartalma, s egyáltalán a gyártás menete. Esetleges hiba esetén annak eredete így kideríthető, és a további károknak elejét vehetjük.

3. Gyártási eljárások

Az üvegszálvázis műanyaghajók előállítására többféle módszer használatos. Hogy mikor melyiket használjuk, az függ a darabszámtól, a hajó méreteitől, az üzem berendezésétől, a minőségi követelményektől. A gyakrabban használt eljárások:

- kézi felrakóeljárás (kontakt);
- vákuumeljárás;
- szóróeljárás.

a) Kézi felrakóeljárás

Ez az egyszerű, tisztán kézműves módszer a leggyakrabban használatos, különösen kisebb és közepes szériáknál, nagyobb egységeknél, továbbá a negatív forma, azaz a szerszám készítésénél. Az eljárás nem kíván különösebb befektetést, azonban munkabér-igényes. A külhéjat egyszerű formában üvegselyemből és műgyantából rétegelve kézzel építjük föl. Az eljárásnál csak a hajó egyik oldala lesz sima. Új hajótípus készítésénél az első darab mindig kézi eljárással készül.

A kézi felrakóeljárásnál használatos *forma* — azaz a szerszám — *készülhet fából, fémből és üvegszálvázis műanyagból*. Szériagyártásnál mindig műanyag formát használunk.

Miután a hajó külhéjának kívül simának kell lennie, szériagyártásnál *negatív szerszámot*, azaz *matricát* használunk, és ebbe dolgozzuk be a laminátot. Ha pozitív magra, azaz bélyegre dolgozzuk rá a műanyagot, akkor belül sima, kívül pedig érdes felületet nyerünk. A műanyag pontosan visszaadja a forma kontúrjait, annak felületi minőségét, a kész munkadarab felületi minősége tehát a szerszám felületének minőségétől függ.

A munkaeljárást a *finomréteg*, az ún. *gel-coat felvitelével kezdjük*, ezt megelőzőleg azonban a formát kimossuk és ellátjuk tapadást gátló *választóréteggel*, amelyet finom pórusú szivaccsal hordunk fel. Kb. 20 min múlva a választóréteg már nem ragad, megkezdhetjük az első réteg, a finom-, azaz fedőréteg felhordását. Ez nem tartalmaz üvegszálat és puha ecsettel vagy szórással vizsgáljuk fel. A fedőréteggel szemben magasak a követelmények; keménynek és bizonyos mértékig szívósnak is kell lennie. Készíthetjük különleges gyantából vagy standard lamináló gyantából, amelyhez a szívósság fokozására és a zsugorodási feszültségek csökkentésére rugalmas gyantát keverünk, ennek mennyisége azonban a 25%-ot nem haladhatja meg.

A fedőrétegnek hibátlannak kell lennie, hogy feladatának megfeleljen. A gyantakeverék *nem tartalmazhat légbuborékokat*. Az edző bekeverése után a gyantának egyideig állnia kell, hogy a buborékok eltávozhassanak belőle és csak ezután keverjük hozzá a gyorsítót. Az edényidőt úgy állítjuk be, hogy a gyanta kb. 20 min alatt kikeményedjen. Hosszabb edényidő esetén túl sok sztirol párolog el, s a felület nem lesz kifogástalan. A fedőréteg vastagsága 0,2...0,4 mm, ehhez négyzetméterenként 275...500 g gyanta szükséges.

Amennyiben pozitív formára építünk, akkor a fedőréteget mint utolsó gyantaréteget visszük fel a laminátra.

A műgyanta festett vagy színtelen. Általában csak a fedőréteget, s az első és utolsó réteget festjük. A többi réteget festetlen gyantával készítjük,

már csak azért is, mert a festett rétegben az esetleges légzárványok nem láthatók. Lehet az egész hajótestet festetlen gyantával készíteni, és a kész kül-héjat utólag festeni, ez azonban nem célszerű.

Csak a fedőréteg kikeményedése után lehet a további rétegeket felvinni. A kikeményedési idő 6...8 h. Közben előkészítjük a lamináló gyantát és az üvegbetétet. Megfelelően adagolt katalizátorral és gyorsítóval az edényidőt néhány percről több órára beállíthatjuk, amint azonban azt az előbb láttuk, szerepet játszik itt a helyiség hőmérséklete és a rétegvastagság is. A valóságos nyílt idő meghatározására célszerű előkísérleteket végezni, azaz lemérni azt az időt, amely alatt a frissen bekevert műgyanta adott rétegvastagság mellett gélésedni kezd.

A laminát üvegvázat csak paplanból, vagy paplan és szövet kombinációjából építjük fel. A tiszta paplanból való építés esetén általában egyenlőtlen a lemezvastagság és a szilárdság, továbbá nagyobb súlyt kapunk, ezért csak kisebb egységeknél vagy alárendeltebb alkatrészeknél használjuk. Nagyobb igénybevétel esetén ez nem elegendő.

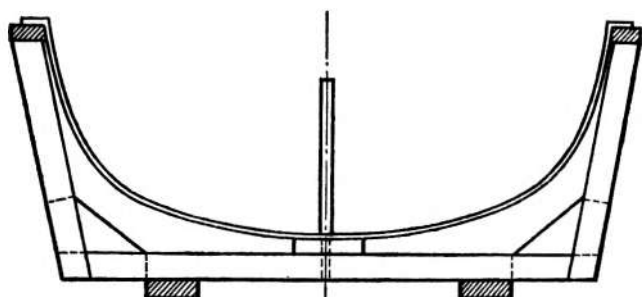
Általában az a kombinált építés vált be, ahol két szövet között egy vagy több paplan van. A legnagyobb szilárdságot tiszta szövet építéssel érjük el, de a szövetek között a tapadás rosszabb, mint ha a szövetek közé paplant is helyezünk.

A szöveteket és paplanokat előre meghatározott réteglev szerint helyezük el a laminátban. Először ecsettel vagy plüsshengerral felvisszük az első réteghez szükséges gyantamennyiség $3/4$ részét, majd leszabunk egy üvegfátylat vagy könnyű üvegpaplant, s azt ráfektetjük a már gyantával bekent fedőrétegre, majd könnyedén rányomjuk. Ha az üveget raknánk először a formába — és nem a gyantát —, akkor elzárnánk a levegőt, s nehéz volna azt a laminátból kiszorítani. Ha a gyanta viszkozitása megfelelő, akkor az az üvegpaplan legnagyobb részét átítatja, közben a levegő a felületre kerül. Az üvegbetétet egy erre alkalmas lapos vagy hengeres ecsettel nyomkodjuk, amíg az üveg egységesen át lesz itatva. A fehér helyek bezárt levegőre utalnak. Ezután felvisszük a maradék gyantát és a laminátot hengereljük. A hengerlést előlről vagy hátulról kezdjük. Addig hengerelünk, amíg a poliészter az üvegbetétet tökéletesen átítatta. Amíg az első réteget hengereljük, egy másik dolgozó már gyantát önt a formába, s egy hosszúnyelű hengerrel eloszlatja a következő üvegréteg számára. A standard paplan 450 p/m^2 súlyú, ennek bedolgozásához $1...1,2 \text{ p/m}^2$ poliészter szükséges, s ez kb. 1,2 mm vastag laminátot ad.

Miután az egyik szövetet lehengereltük, a következőt már behelyezzük. Arra kell ügyelni, hogy ez a szövet az alatta levőt 3...4 cm-rel átfedje. A szövet, ill. paplan helyes behelyezése igen fontos, mert a szövet helyzetének korrigálása a szívós, ragadós poliészterrétegben igen nehéz.

Többnyire az ún. három-réteg ütemben végezzük a laminálást, ennél a harmadik réteg laminálásánál kezd az első kikeményedni. Ezzel az ún. nedves a nedvesre eljárással nagyobb üvegtartalmat és jobb egymáshoz kötést érünk el. 5 mm-nél vastagabb réteget nem tanácsos ezzel az eljárással bedolgozni, mert az exoterm hő nagyon magas, és ez nem kívánatos feszültségekhez vezet.

Vitorlásoknál, ha az uszonyszekrényt a külhéllyel együtt lamináljuk, akkor az uszonyszekrény magját a viaszkolás előtt három hosszú csappal a formába erősítjük (182. ábra). A mag egy ferde metszéssel két részre osztott, hogy a kikeményedés után a héjből könnyen kivehető legyen.



182. ábra. Uszony szekrény magja a szerszámban

Nem szükséges okvetlenül az egész hajótestet folyamatosan egy munkamenetben elkészíteni. Mindenesetre nem szabad az előző nap belaminált paplanra egy rovingszövetet rávinni, hanem mindig paplannal kell kezdeni. Megfelelő tapadás biztosítása céljából ezt a kombinációt mindig a még nedves rétegre lamináljuk.

A gyantának olyan folyékonynak kell lennie, hogy az üvegetét tökéletesen átítassa és mindenütt bevonja. A nehezen folyó gyantát lehetőleg kerüljük. Mint az előzőekben láttuk, a fedőréteg edényideje kb. 20 min, a lamináló gyanta edényideje ne legyen hosszabb 2 óránál. Hosszabb edényidő a párolgás miatt sztirolvesztést okoz, s a gyanta nem keményedik ki tökéletesen.

Megszakításoknál mindig paplannal kezdjük a laminálást. Ha az alkatrészek görbülete olyan, hogy a paplant nem tudjuk jól beilleszteni, akkor be lehet azt szakítani, de semmi esetre se vágjuk be. A paplan berepesztése okozta gyöngítést egy ráhelyezett paplancsíkkal ki kell egyenlíteni.

Az üvegetét varratait, illesztéseit jól el kell osztani, sehol sem fekdhet több átfedés egymás fölött, az egymásra lapolások között legalább 10 cm távolság legyen. Az átfedések 30...40 mm szélesek lehetnek.

A vastag és vékonyabb laminát között az átmenet legyen fokozatos, az átmenetnél az egymást átfedő laminátok fedése legyen lépcsőzetes.

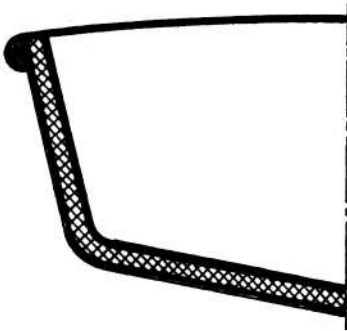
A műgyanta kikeményedése után 15...24 h múlva a hajótest a szerszámból kivethető. A laminát végleges kikeményedését és a vele kapcsolatos szilárdsági tulajdonságokat csak néhány nap múlva fogja elérni. A kiemeléskor megkíséréljük, hogy a külhéjat annak legpuhább részén — a közepén — a formától elválasszuk. A használt választóanyag fajtája szerint a *kiemelést vízzel* vagy *sűrített levegővel végezhetjük*. A vízzel való kiemelés előnye, hogy a hajótest a formában fel tud úszni, ez azonban csak polivinil-alkohol választóanyag használata esetén lehetséges, mert ezt a víz oldja. A vizet a forma és a külhéj közti résen vezetjük be a formába. Uszonyos hajóknál előzőleg az uszony szekrény magját — ami a formával össze van kötve — leoldjuk. Ez a mag egyelőre bennmarad az uszony szekrényben, s csak később ütjük azt ki.

Laminálási hibák és okaik:

1. *Repedések*: túl sok edző vagy gyorsító, túl nagy rétegvastagság, a fedőrétegből hiányzik a rugalmas komponens.
2. *Hólyagok a felület alatt*: az üveg kötőanyaga nem megfelelő, nincs eléggé bevonva gyantával az üveg.
3. *A gyanta rosszul köt az üveghez*: nedves az üveg vagy a klíma; nem megfelelő a töltőanyag; a laminát egy része már kikeményedett, amikor rálamináltunk.

4. *A laminátnak kicsi a szilárdsága:* nem megfelelő gyanta vagy üvegfinish; kevés az üveg; túl sok a töltőanyag.
5. *Hibák a felületen:* nem megfelelő választóanyag; lágy viasz; nem megfelelő fedőréteg; túl vastag vagy túl vékony a fedőréteg; hosszú a gélesedési idő.
6. *A gyanta nincs jól kikeményedve:* rossz munkaviszonyok; alacsony hőmérséklet vagy huzat (sztirolvesztesség); kevés edző- vagy gyorsító-tartalom; nem megfelelő vagy túl sok pigment, ill. töltőanyag.
7. *Vastagsági különbségek:* nem egyenletes az üveg vastagsága, nem megfelelően dolgozták el a gyantát.

Formázás pozitív magra. Egyedi gyártás esetén a szerszámköltséget megtakaríthatjuk, ha közvetlenül a *pozitív magra formázunk*. Ekkor a hajó az eredeti modellnél a külhøj vastagságával nagyobb lesz, s a külhøj belül sima



183. ábra. Szendvics építésű külhøj

és kívül érdes. A laminálás itt annyiban változik, hogy a gel-coat, azaz a finomréteg lesz az utolsó réteg. A hajó külsejét a gyanta kikeményedése után szilíciumkarbid papírral simára kell csiszolni, az esetleges hibás helyeket kijavítani, majd poliuretánlakkal átvonni.

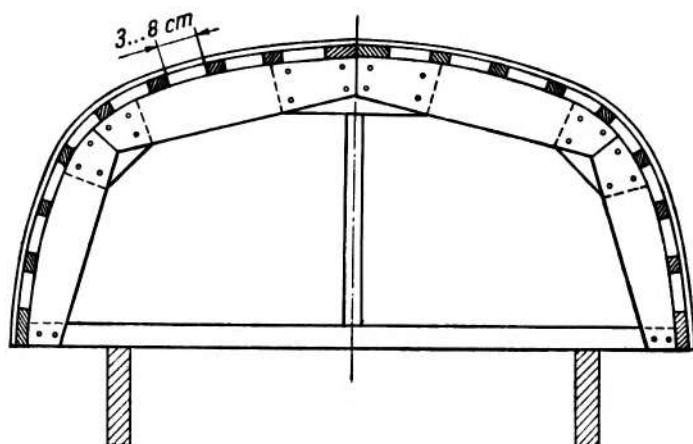
Szendvicsépítés. A szendvicsrendszerű hajóknál két réteg üvegszálás poliészterréteg közé könnyű műanyaghab kerül (183. ábra). Ezzel az építési móddal — minden külön merevítés nélkül — nagyon merev és könnyű hajó építhető, amely emellett rendkívül biztonságos is, mert komoly sérülés esetén sem merül el.

A *mag* lehet könnyű fa (balzafa), kemény műanyaghab vagy műgyantával itatott papírból készített mézsejt rendszerű váz. Legjobban bevált a kemény PVC-hab (aerex), mert a poliészter nem oldja, nagy szilárdságú, s melegen jól alakítható. A PVC-habot 100×200 cm méretű, maximálisan 20 mm vastag táblákban hozzák forgalomba, s egyik oldalát a jobb ragaszthatóság és könnyebb hajlíthatóság céljából egymástól 4 cm-re fekvő, 2...3 mm széles hornyokkal látják el. A PVC-hab fajsúlya 50...80 kp/m³, s 80 °C-on jól alakítható.

Azokat a habokat, amelyeket a poliészterben levő sztirol old — mint pl. a polisztirol hab —, vékony gyantaréteggel, pl. epoxival vagy karbamidformaldehid műgyantával be kell vonni. Ajánlatos a PVC-habot is gyorsan keményedő poliésztergyantával előzőleg átvonni, hogy a sztiroltól meg ne duzzadjon.

A szendvicsszerkezet külső, belső fedőrétegének összvastagsága a tömör műanyag laminát 70...75%-ára vehető. Az összvastagságból a külső, tehát jobban igénybevett héjazat 60%-a, a belső pedig 40%-a az összvastagságnak. A belső mag vastagsága a tömör fal vastagságának 2,5...3-szorosára vehető.

Szendvicsszerkezetű építésnél először elkészítjük a formában a külháj külső, vastagabbik felét. Ebbe helyezük és ragasztjuk be az előre leszábotott és kiformált magot. Erősen hajlott alakoknál a habot alakítani kell infravörös sugárzókcal vagy 80 °C-ra felfűtött kamrában. Csak miután kihűlt, ragaszthatjuk a fedőréteghez. Ha a görbületi sugár nagy, hidegen is ráhajlíthatjuk a habot. A habdarabok jól illeszkedjenek egymáshoz, amennyiben a hézag köztük 3 mm-nél nagyobb, ki kell azt tölteni. Az ütközési helyeket nem kell össze- ragasztani. Szerelvények alatt, továbbá nagy helyi igénybevételnél a kemény PVC-habot kemény PVC-lemezzel, rétegtlemezzel vagy fémmel helyettesítjük. Ezek az anyagok legyenek teljesen tiszták. A jobb tapadás céljá-



184. ábra. Vázszerkezet forma nélküli építéshez

ból — tíz rész sztirolból és egy rész gyorsítóból álló keverékkel — elő- kezeljük.

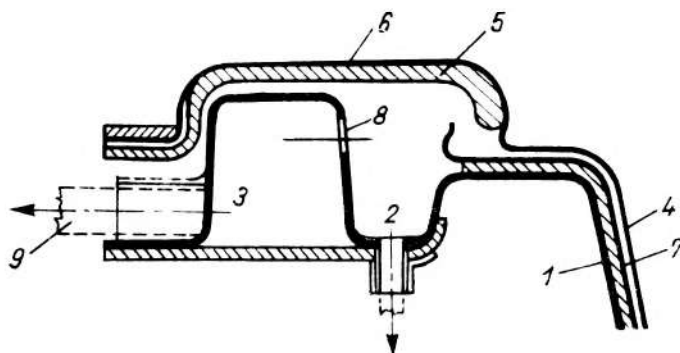
A mag beragasztására poliésztert vagy epoxit használunk. A kifogástalan ragasztáshoz szükséges nyomást (0,5...0,6 atm) nyomószákkal, vákuumformá- zás esetén vákuummal állítjuk elő. A nyomásnak addig kell hatni, amíg a gyanta kikeményedett. A belső fedőréteget a ragasztóréteg kikeményedése után lamináljuk rá a magra. Arra kell ügyelni, hogy a maggal közvetlenül érintkező réteg mindig üvegpaplan legyen.

Forma nélküli építés. Szendvicsszerkezetű hajót forma nélkül is építhe- tünk. Ehhez építőbordákra van szükségünk, amelyeket építőgerendára állítva készítjük először a hajó vázát. A bordákra sűrűn léceket erősítünk (184. ábra). Erre a vázra ráhajlítjuk a melegítéssel képlékennyé tett maganyagot, amelyet kívülről bevonunk üvegszálal poliészterrel, ez lesz a hajó külső fedőrétege. Ennek kikeményedése után le vesszük a külhajat a maggal együtt a vázról, átfordítjuk a már ismert módon elkészítjük a belső réteget. Hátránya ennek az eljárásnak, hogy a külháj külső oldala érdes lesz.

b) Vákuumformázás

A vákuumformázásnál az atmoszferikus nyomást használjuk fel a laminát préselésére. A *préselési nyomás* maximuma tehát kisebb mint 1 atm. A levegő elszívása útján úgyszólván teljesen légzárványmentes laminát állítható elő. Vákuumeljárásnál a szerszámköltiségek legalább 50%-kal nagyobbak, az elkészítés munkaideje viszont valamivel kisebb, mint a kézi felrakóeljárásnál. Csak nagyobb széria gyártása esetén kifizetődő. Alkalmas szendvics építésre is. A bevihető üvegszál mennyisége nagyobb, mint a kézi eljárásnál. Amennyiben rugalmas, belső leszorító héjszerkezettel dolgozunk, a külháj kívül-belül sima lehet.

A 185. ábra egy vákuumformázó szerszám vázlatja, amely rugalmas belső héjjal van ellátva. A szerszám részei: 1 negatív forma, 2 gyantacsatorna, 3 elszívócsatorna, 4 vékony, rugalmas belső ellenforma, 5 körülfutó fedőkeret.



185. ábra. Vákuumformázó szerszám.

A 6 gumikendő és a 7 belső héj között durva jutaszövet van. Az elszívás a forma felső szélén egyenletesen elrendezett 8 furatokon át megy végbe. Két helyen van központi elszívás is (9) a vákuumszivattyútól. A vákuumformázásnál a laminátból kinyomott fölösleges gyanta a körülfutó gyantacsatornában gyűlik össze és egy vákuumzáró tartályba kerül.

Vákuumformázásnál *kétféle eljárással* dolgozhatunk. *Első esetben* a laminátot úgy építjük fel, mint a kézi felrakóeljárásnál, azzal a különbséggel, hogy a teljes rétegmennyiséget *nedves a nedvesre* eljárással dolgozzuk be, de nem hengereljük le olyan gondosan, mint a kézi eljárásnál. Miután így a teljes laminátot felépítettük, behelyezzük a belső héjat és egy tömítés közbeiktatásával a formára erősítjük. Most bekapcsoljuk a vákuumszivattyút, s csak akkor kapcsoljuk ki, amikor a polimerizációs meleg már megszűnt. Ez a módszer nem jelent munkaerő-megtakarítást, javítja viszont a laminát jóságát, s annak külső és belső oldala sima lesz.

A *másik eljárásnál* nem itatunk át minden réteget külön poliészterrel, csak az először felvitt vékony üvegpaplant, amelynek kötőanyaga lassan oldódik. A teljes — pl. három réteg paplan részére szükséges — gyantamennyiséget bedolgozzuk ebbe az első rétegbe. Fontos ennél az eljárásnál, hogy az összes réteg laminálásához szükséges gyantamennyiséget előre meghatározzuk, és a gyantát egyenletesen elosszuk. A többi paplant vagy üvegszövetet most

szárazon egymásra rétegezzük, majd ráhelyezzük a belső héjat, a keretet a gumikendővel, és megkezdjük a vákuumozást. A vákuumot csak lassan szabad növelni, hogy a bezárt levegőnek elegendő ideje legyen a laminátból való eltávozásra.

c) Szóróeljárás

A szóróeljárásnál egyidejűleg visszük fel a poliésztert az üvegszállal. A legnagyobb teljesítményű, de a legkisebb szilárdságot adó eljárás, mert a felvihető üvegszál százalékos aránya kisebb, mint a többi eljárásnál. A szóráshoz különleges berendezés szükséges, melynek egyik tartálya a poliészterrel kevert katalizátort, a másik az ugyancsak poliészterrel kevert gyorsítót tartalmazza. A két folyadék a szórópisztoly fűvókáján kívül keveredik egymással, valamint az üvegszállal, amelyet a berendezéssel egybeépített vágókészülék aprít a szükséges hosszra a betáplált rovingkötegből. A roving feltekereselve kerül a készülékbe, amelynek aprítókése azt 25...50 mm hosszú darabokra szeleteli. Úgy a gyanta, mint az üvegszál mennyisége szabályozható. Teljesítménye kb. 75 kp üvegszál/h.

Szóróeljáráshoz a kevésbé viszkózus gyanta alkalmas, a gyanta viszkozitásának csökkentésére kevés — maximum 10% — sztirolt adhatunk hozzá. A szórásnál legalább 30%-os üvegtartalomra kell törekedni.

Amennyiben egyszerre vinnénk fel a teljes mennyiséget, akkor olyan laza réteget kapnánk, amely 8...10-szerese a laminát végleges vastagságának. Ajánlatos ezért több rétegben felhordani, éspedig egyszerre annyit, ami 1...1,5 mm laminátvastagságnak felel meg. Az így felszórt mennyiséget azonnal légteleníteni és tömöríteni kell, s csak ezután felszórní az újabb mennyiséget. Az egyenletes szórást ellenőrzésére színes rovingszálakat is bekeverünk az üvegszálak közé. Ha az utolsó réteget rövidebb szálakkal szórjuk, akkor a belső oldal eléggé sima lesz. 3,5 m-nél rövidebb hajók tisztán szórással is előállíthatók, ajánlatos azonban két-három szórt réteg után egy vékony rovingszövetet beiktatni.

A szóróeljárás előnye, hogy a legolcsóbb üveganyaggal, rovinggal dolgozik s nehéz, bonyolult felületeknél könnyebb az üveget a laminátba bevinni, továbbá az egyes felületek közti átmeneteket szebben és jobban ki lehet vele képezni. Nagy felületeknél gyorsabb a kézi felrakóeljárás, mert az üveget gyorsan le lehet szabni.

Hátránya, hogy még nagy gyakorlat mellett sem lehet az egyenletes falvastagságot biztosítani, továbbá, hogy nem lehet annyi üveget a laminátba bevinni, mint az egyéb eljárásokkal.

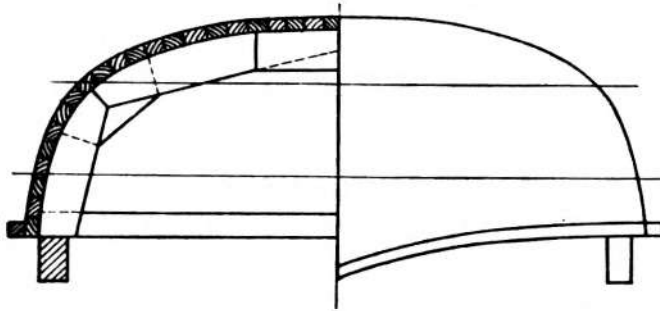
4. Modellek előállítás

Ha a gyakorlatban egy fahajó jól bevált, és amennyiben alakja olyan, hogy üvegszálás műanyagból gyártható, kisebb költséggel a hajótest modellként felhasználható. A felépítményt, tehát a fedélzetet, kajütöt nem lehet felhasználni, erről új famodellt kell készíteni. Meg kell azonban vizsgálni, hogy a hajónak műanyag kivitelben a tulajdonságai mennyire változnak meg, mert a műanyaghajók súlya, súlypontja is kisebb-nagyobb mértékben eltér a fa-

hajóétól. Előfordul, hogy olyan nagy változtatásokat kellene végrehajtani, hogy előnyösebb egy új famodell építése. Amennyiben meglévő hajót használunk fel modell céljára, akkor arról előbb el kell távolítanunk minden kiálló és a formázást akadályozó részt, és felületét fel kell polírozni.

Gyakran készítenek úgy famodellt üvegszálvázás hajó céljaira, hogy az úszóképes és használatra alkalmas legyen. Az ilyen modell hagyományos technológiával készül. Ennek az az előnye, hogy később felhasználható, s a drága modell nem vesz kárba.

A modellt egyébként általában lécezett külhéjjal készítjük (186. ábra), mert ezzel az építési móddal viszonylag bonyolult formák is egyszerűen elkészíthetők. A felhasználandó faanyagoknak teljesen száraznak (10...12%) kell lennie, s gyantát nem tartalmazhat. Általában lucfenyőt használunk. A lécek illeszkedésénél keletkező hézagot jól ki kell kittelni, majd csiszolni és többször gondosan lakkozni. Lakkozásra célszerű fekete színű poliésztert használni,



186. ábra. Lécezett famodell

mert ezen az esetleges hibák jobban meglátszanak. A modellen a legkisebb horpadás, kidudorodás vagy egyenetlenség sem lehet. A lakkozott felület fel kell polírozni. Minél fényesebb a modell, annál szebb lesz a késztermék fénye. A hajótest felületi minősége kizárólag a modell felületének jóságától függ.

Amíg a modellről a formát le nem vesszük, olyan helyen kell azt tartani, ahol a klimatikus viszonyok olyanok, hogy a fa nem ad le, de nem is vesz fel nedvességet.

Miután a fából készített modell kényes, olyan típusoknál, amelyekből nagyobb széria készül, ajánlatos a modellről először egy negatív formát — számszámot —, majd erről üvegszálvas poliszterből egy pozitív mesterdarabot készíteni, s ezt megőrizni.

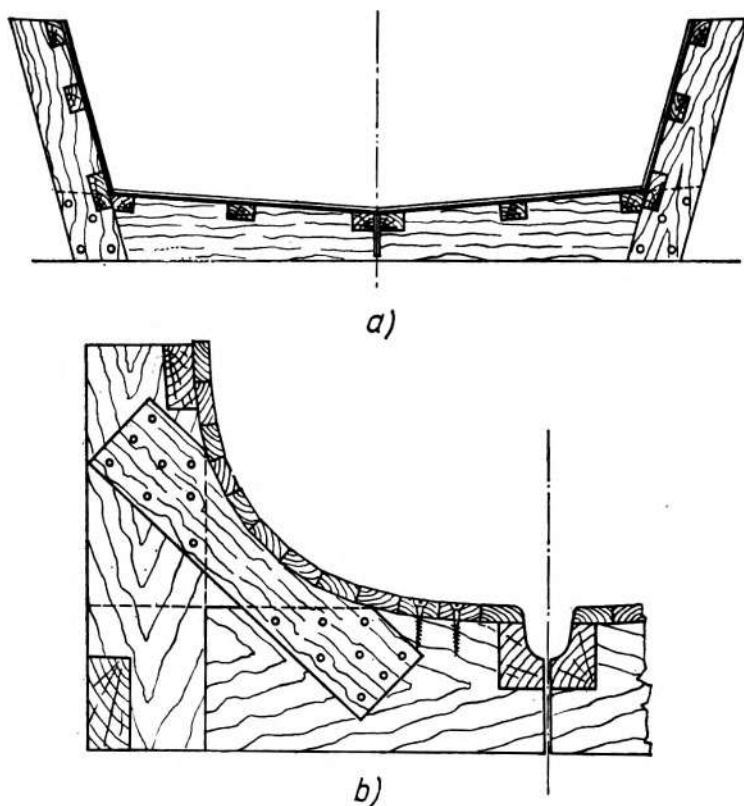
Gipszmodell. Amennyiben kevesebb hajó készül s a minőségi igények is kisebbek, gipszmodell is készíthető. Először építőbordákra egy lécvázat készítünk úgy, hogy a fából készített bordákat bevészt és becsavarozott hossz-bordákkal kötjük össze. A bordázat készítésekor mindenütt le kell vonni a gipszréteg vastagságát, ami 1,5...3 cm. A bordavázra egy finom fémszövetet fektetünk, s ezt lécekkel szorítjuk rá a bordákra. A lécek vastagsága egyezzen meg a gipszréteg vastagságával. A gipszet erre a szerkezetre több rétegben hordjuk fel, s olyan gipszet használunk, amely lassan köt és lehetőleg nem repedezik. A formát hajlékony léccel simítjuk le, amelyet a fémszövetet leszorító lécek vezetnek. A gipszréteg kötése után csiszolunk, majd poliuretán lakkal lakkozunk.

5. Szerszámok (formák) előállítása

A műanyaghajók *negatív formáit* készíthetjük fából, fémből és üvegszállal erősített műanyagból. Ha *faformát* készítünk, akkor nincs szükség pozitív modellre. Az építőbordák ekkor negatív bordák s ezeket sarkos hajó esetén rétegeltlemezzel vagy laminátos farostlemezzel (187a ábra) borítjuk. Kerek hajó formájának készítésekor negatív lécmoddelt készítünk (187b ábra). A léceket egymással összeragasztjuk s a bordákhoz csavarozzuk, belül gondosan legyaluljuk, spatulyázzuk, csiszoljuk és gondosan lakkozzuk. A faforma élettartama korlátozott s csak kevés darabszám készítésére alkalmas.

A *fémforma* készítése költséges, s igen nehéz a fémlemezeket teljesen hullám- és kidudorodásoktól mentesen előállítani.

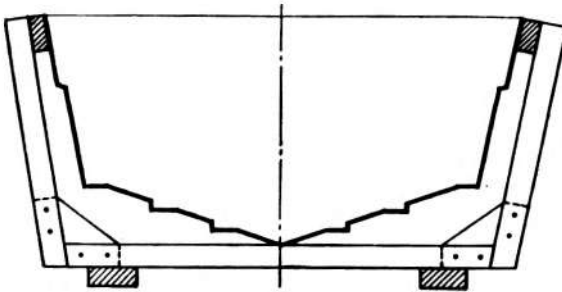
Szériagyártásnál — kézi felrakóeljárás esetén — egyszerű üvegszálváz *műanyag formát* használunk, amelyet egy pozitív modell alapján készítünk. Az ilyen szerszámot általában üvegszállal erősített poliészterből, a gyakran használtakat epoxiból készítjük. Jóllehet ez sokkal drágább, azonban tartósabb és kevésbé zsugorodik. A poliészter zsugorodását töltőanyagok hozzákeverésével mérsékelhetjük. Poliészter szerszámmal tartósabb felületet kapunk, ha annak fedőrétegét és az első üvegbetétes réteget epoxiból készítjük. Hogy



187. ábra.
Negatív szerszám

az utólagos elhúzóásokat elkerüljük, a már kész formát a gyanta kikeményedése után 8...10 napig rajta hagyjuk a modellen. Amennyiben előbb akarjuk levenni, akkor infravörös sugárzókkal melegíteni kell. Az ilyen szerszám falvastagsága általában másfélszerese a kész hajótest falvastagságának. Egyébként azonos módon állítjuk elő, mint a hajó külháját, s ezt is először egy keményebb fedőréteggel látjuk el. Készítéséhez főleg üvegpaplant használunk.

A nagyobb szerszámokat kívül merevítésekkel kell ellátni, ezek pl. a hajó hosszában futó félkör keresztmetszetű lécek, amelyeket a fenéken, nagyobb hajóknál a mederhajlás (kimmm) körzetében és a hajótest oldalán helyezünk el, s ugyancsak üvegszálas műanyagból készítjük. A léceket utólag ragasztjuk a szerszám külsejéhez. Ha igen nagy merevségre törekszünk, akkor szendvicsszerkezetű szerszámot készítünk. Ennél a drága PVC-habból készült mag helyett mézsejt alakú impregnált papírból készített magot használhatunk.

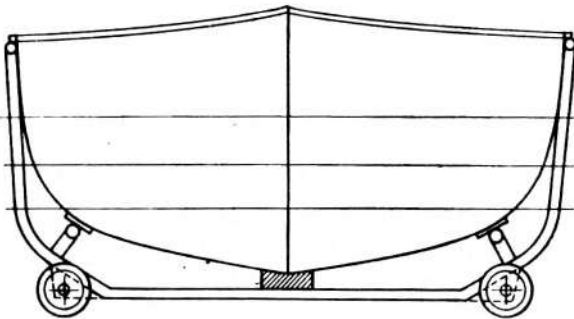


188. ábra. Bölcső a műanyag szerszám befoglalására

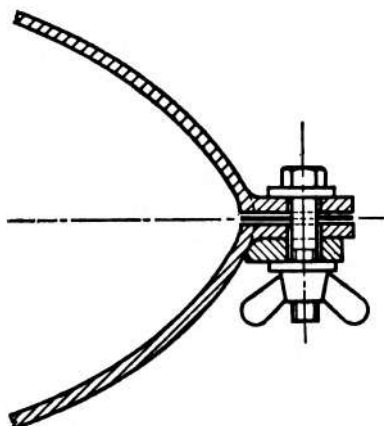
A műanyag forma hajlamos az elesavarodásra, ezért célszerű azt *favázba* — bölcsőbe — foglalni (188. ábra). Ajánlatos a formát kívül üvegpaplanlaminát csíkokkal megerősíteni azokon a helyeken, ahol az a bölcsőre felfekszik. Erre két-három paplancsík elegendő.

Ki lehet a szerszámot *csővázal* is merevíteni, s görgőkre szerelve mozgathatóvá tenni (189. ábra). Nagy hajóknál, hogy ne kelljen nagy függőleges felületeket laminálni, s a szerszám belseje könnyebben hozzáférhető legyen, a bölcsőt úgy képezik ki, hogy az egyik vagy másik oldalára dönthető legyen.

A külháj formából való kivételének megkönnyítésére az orrnál és tükörnél a formát a 190. ábra szerint készíthetjük. Az összetapadás megátlására a két fül közé vékony fémlemez helyezünk. A külháj kivétele előtt a formát összehúzó szárnyascsavárokat megoldjuk.



189. ábra. Csővázal, göggőkre szerelt műanyag szerszám



190. ábra. Többrészes forma összeerősítése

A műanyaghajóknak lehetőleg olyan formát adunk, hogy a formázás *egyrészes* — tehát nem osztott — szerszámmal elvégezhető legyen. Alámetszé-
seket, a formák hátul való behúzását lehetőleg kerüljük el. Amennyiben szük-
séges — mert a munkadarabot nem lehet a szerszámból kivenni —, két vagy
többrészes formát használunk. A két félformát a hajó középmetaszetében erő-
sítjük össze. Háromrészes formát kíván a behúzott oldal, az erős profilozás és
a hajó felső élének különleges kialakítása. A formarészeket anyáscsavarokkal
erősítjük össze. Az osztás helye a lamináton meglátszik, ezért lehetőleg olyan
helyen osszunk, ahol az nem feltűnő.

A külhéhoz hasonlóan a hajó egyéb alkatrészeiről — elsősorban a fedél-
zetről és a kajitról — is kell szerszámot készíteni. A látható részek felületét
ugyanúgy fel kell polírozni, mint a külhét. Egyszerűbb alkatrészek, belső
merekvitések szerszámainál erre nincs szükség.

A vákuumeljáráshoz szükséges forma ugyancsak rétegekből felépített
üvegszálvázás műanyagból készül, falvastagsága kb. 1,7-szerese a késztermék
falvastagságának. A gyanta- és az elszívócsatorna ugyancsak beformázandó,
ezért ezek a szerszám modelljére ráépítendő. Az elszívócsatornába meghatá-
rozott távolságokban lyukakat fúrunk és egy vagy két központi elszívónyílás-
sal látjuk el.

A negatív formát üvegszálvázás műanyagból készített kerettel zárjuk le,
amelyet akkor készítünk, amikor a forma már kész. Miután a negatív szerszám
és a keret már elkészült, készítjük el a belső héjat, amelynek hajlékonynak
kell lennie, ezért falvastagsága legfeljebb 2 mm. A végét magasan szegélyez-
zük, hogy a túlfutó gyanta a ráhelyezett jutaszövetet benedvesítse.

A belső héjat a formatest laminátvastagságának figyelembevételével állít-
juk elő úgy, hogy a negatív forma belsejét a külhét vastagságával megegyező
viaszlemezekkel borítjuk, s erre lamináljuk a belső héjat.

6. Az üvegszálvázás műanyaghajók szerkezete és méretezése

Az üvegszálvázás műanyag különleges tulajdonságai, mindenekelőtt ala-
acsony rugalmassági tényezője, viszonylag nagy húzó- és nyomószilárdsága
olyan szerkezetet kívánnak, amely jelentősen eltér a fa- vagy fémszerkezetek-

től. Az anyag kötetlen formázhatósága nagyobb szabadságot enged meg a formában, mint a hagyományos építőanyagoknál, továbbá a mindenkori igénybevételekhez igazodó szerkezetet, viszonylag kis súllyal.

a) A műanyaghajók szerkezete

Az üvegszálvázás műanyaghajókat *rugalmasan* kell szerkeszteni, ezeknél a harántirányú bordázás helyett *hosszbordázást alkalmazunk*. A felépítményeket előnyösen be lehet vonni a teher viselésébe. A szerkesztésnél mindig arra kell törekedni, hogy a hajótest rugalmasságát megőrizzük. Az alkatrészek túlméretezése és *merev befogása* mindig kedvezőtlen, mert feszültségcsúcsok keletkezésére és törésre vezetnek. Egyes terhelések megfelelő bevezetésére különös figyelem fordítandó, így pl. farmotor felfüggesztése, motor alátámasztása, tőkesúly felerősítése, árboc beerősítése, kötelek bekötése.

Az üvegszálvázás műanyag szabad felhasználhatósága megengedi, hogy *több szerkezeti egységet egy egységbe foglaljunk*, így pl. a gerincet, az orrtőkét, a tükröt és a hosszmerevítőket. A felépítménynél a teljes fedélzetet, kajitöt, padlót egy darabból lehet kiképezni, ami nemcsak egyszerűbb szerkezetet, kevesebb munkát, de nagy súlymegtakarítást is jelent.

Az üvegszálvázás műanyag szerkezetek szerkesztésekor a legnagyobb *merevségre* kell törekedni, kerülendők az éles sarkok és törések, mindenütt lágy átmenetek képzendők ki, akár az öntvényeknél. Az egyes erőket a szerkezetbe lágyan kell bevezetni és rugalmas szerkezetet kell kialakítani. Feszültségcsúcsok létrejötté helyi anyagerosítésekkel elkerülhető.

Hátrametszések, amelyek többrészes, ill. szétszedhető formát követelnek, kerülendők. A *legkisebb görbületi sugár* a laminát falvastagságának háromszorosa. A szerszámból való könnyű kiemelhetőséghez szükséges ferdeség mértéke $4...5^\circ$. A lehető legnagyobb sugarak alkalmazására kell törekedni, mert ily módon az élek mentén nem képződnek feszültségcsúcsok, s a szerkezet merevbbé válik. Előnyösek a domborított vagy bordázott kialakítások. A hajók tükrét lehetőleg domborúan képezzük ki.

A szendvicseljárással készült hajótesteknek olyan mereveknek kell lenniük, hogy külön merevítőelemek ne legyenek szükségesek.

b) A műanyaghajók méretezése

A hajó szerkesztésekor *legfontosabb a külhøj helyes méretezése*. A külhøj mindenekelőtt *hajlításra* van igénybevéve. A húzó- és nyomóerők a keresztmetszet közepétől — a semleges rétegtől — kifelé lineárisan nőnek. A külhøj megfelelő méretezése nemcsak szilárdság, hanem súly és ár szempontjából is fontos. Amíg a hagyományos építőanyagoknál évtizedek alatt részben a gyakorlat, részben osztályelírások alapján egészséges méretek alakultak ki, addig a műanyaghajóra még nincs elegendő tapasztalatunk. Egyébként is hiba volna így a falvastagságot megadni, mert az üvegszálvázás laminát szilárdsága a bevitt üvegmennyiségtől és annak fajtájától függ.

Gyakorlati szabály, hogy közepes igénybevételű hajóknál 6 m hosszig a *falvastagság* 1 mm/m hajóhossz, amennyiben a külhøj kizárólag üvegpaplanból van rétegelve. Ha váltakozva paplant és üvegszövetet is dolgozunk be, akkor kisebb falvastagság is elegendő. Ez a szabály viszont nem minden típusú hajó-

nál alkalmazható, így pl. egy 8 m-es evezős versenyhajó falvastagsága üveg-szövetbetéttel 1,2 mm falvastagságú lehet, ugyanakkor egy 4 m hosszú nagy sebességű motorcsónak fenekét 6 mm vastag laminátból készítjük.

A hajó külhéjának méretezésekor *réteget* kell készíteni. A rétegetervben megadjuk a laminát felépítését, ill. az üvegbetétek sorrendjét a külhéj külső oldalától számítva.

Pl. egy 6 m-es vitorláshajó külhéjának rétegeterve: 300-as paplan + 450-es roving-szövet + 450-es paplan + 450-es paplan + 300-as rovingszövet.

A felépítést mindig egy könnyű paplannal kezdjük, a továbbiakban vagy csak paplanból építjük fel a laminátot, vagy váltakozva paplanból és szövetből. A szövetet mindig a legnagyobb igénybevétel helyén, tehát a semleges rétegtől kifelé helyeztük el. Két szövet nem kerülhet egymás mellé, két vagy több paplan azonban igen.

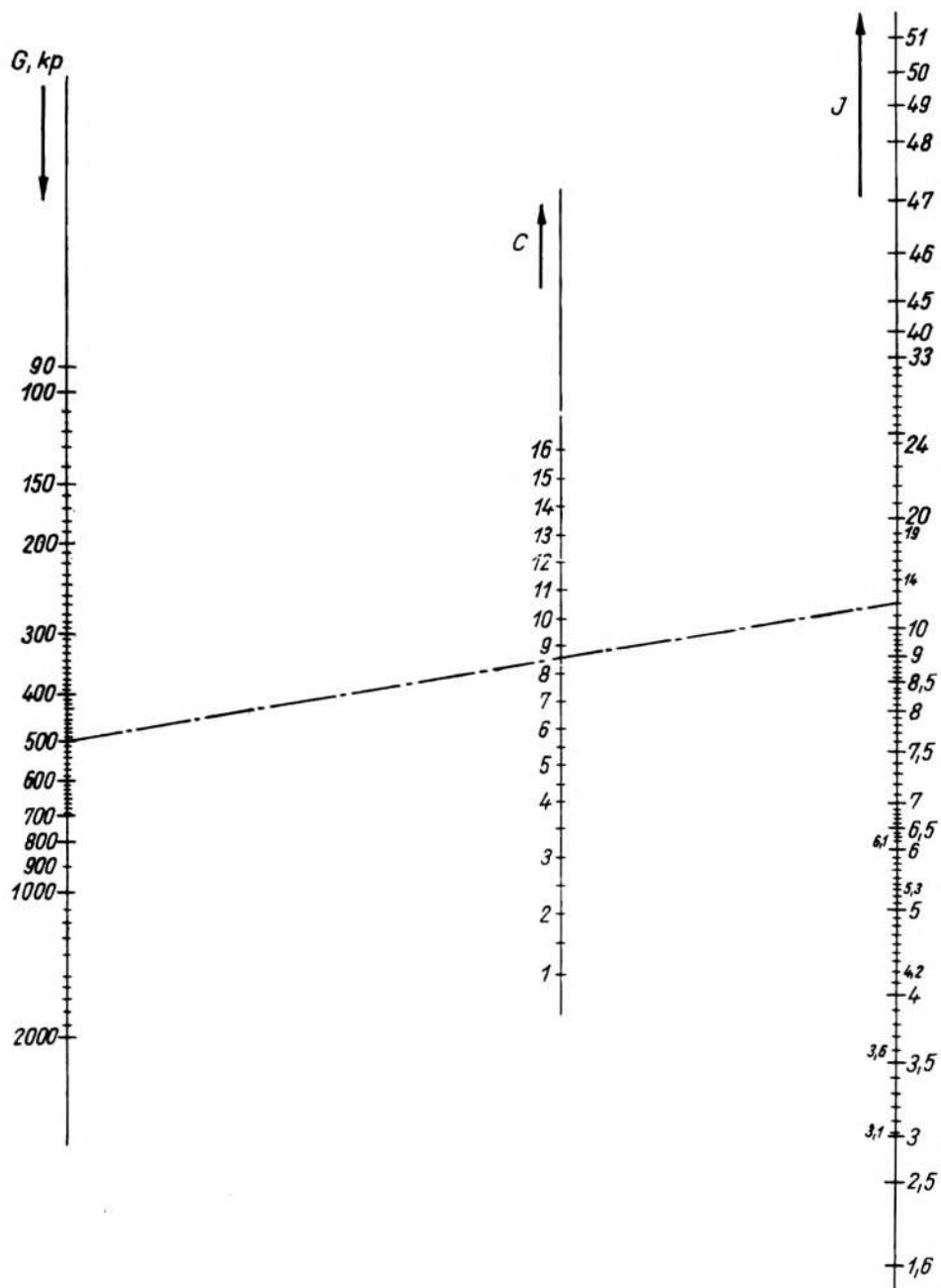
A 15. táblázatban különböző paplan és rovingszövetből felépített laminátok szilárdsági jellemzőit, vastagságát és fajsúlyát találjuk. A *fajlagos szakító*

15. táblázat

Különböző rétegfelépítésű laminátok szilárdsági jellemzői és jósági foka

Sor- szám	Laminát-felépítés	Faj- lagos szaki- tőerő	Szaki- tőszilár- d-ság	Faj- lagos hajlí- tőerő	Haj- lító- szilár- d-ság	Faj- lagos ütő- törő mun- ka	Ütő- törő mun- ka	Lami- nát- vas- tag- ság	Faj- súly	Jósági fok
		$\frac{kp}{cm}$	$\frac{kp}{cm^2}$	$\frac{kp}{cm}$	$\frac{kp}{cm^2}$	$\frac{mkp}{cm}$	$\frac{mkp}{cm^2}$	mm	$\frac{kp}{dm^3}$	
1	1×300 Pa	60	640	0,82	1200	0,12	1,32	0,95	1,03	1,055
2	1×450 Pa	93	890	1,46	1570	0,135	1,28	1,15	1,17	1,59
3	1×300 Ro	73	1150	1,60	1480	0,140	1,44	0,90	1,07	1,60
4	1×450 Ro	116	1255	3,00	1660	0,150	1,38	1,25	1,15	2,54
5	2×300 Pa	125	810	2,59	1770	0,153	1,24	1,60	1,19	2,46
6	2×450 Pa	208	820	4,39	1800	0,29	1,63	2,20	1,20	4,25
7	3×450 Pa	302	850	6,93	2200	0,33	1,81	2,60	1,24	6,60
8	1×300 Pa+1×300 Ro	145	1160	2,95	2700	0,29	1,58	1,45	1,22	3,40
9	1×450 Pa+1×300 Ro	175	1400	3,85	3000	0,35	2,42	1,46	1,20	3,90
10	1×300 Pa+1×450 Ro	255	2100	4,35	3200	0,36	2,45	1,65	1,28	4,67
11	1×450 Pa+1×450 Ro	302	1780	6,75	2950	0,46	1,95	1,80	1,29	6,42
12	2×450 Pa+1×450 Ro	385	1840	7,90	2850	0,50	1,78	2,42	1,41	7,46
13	3×450 Pa+2×300 Ro	535	1785	17,40	2630	0,74	1,80	3,60	1,40	13,90
14	3×450 Pa+2×450 Ro	781	1900	26,30	2650	1,25	2,90	4,10	1,38	22,50
15	4×450 Pa+3×300 Ro	755	1874	30,20	2520	1,23	2,70	3,95	1,39	21,70
16	4×450 Pa+3×450 Ro	1157	2020	48,50	2870	1,70	3,34	5,02	1,38	33,70
17	5×450 Pa+4×300 Ro	1105	2030	34,50	2610	1,68	3,28	6,30	1,41	27,70
18	5×450 Pa+4×450 Ro	1460	2045	70,10	2780	2,29	4,01	7,20	1,42	46,60
19	2×450 Pa+1×600 Ro	422	1820	11,2	2450	0,57	1,56	2,50	1,39	9,60
20	3×450 Pa+2×600 Ro	850	1830	28,40	2610	1,40	3,14	4,52	1,44	24,40
21	4×450 Pa+3×600 Ro	1350	2080	66,90	2840	2,22	3,95	6,44	1,45	44,20

Megjegyzés: Pa = paplan; Ro = rovingszövet.



191. ábra. Nomogram a külhøj méretezéséhez

erő 1 cm széles laminátesík elszakításához szükséges erő. A *fajlagos hajlítóerő* ugyancsak 1 cm széles laminátesík eltöréséhez szükséges erő 100 mm alátámasztás mellett, a *fajlagos ütő-törő munka* pedig ugyanaz, de 50 mm alátámasztás mellett. A táblázat utolsó rovata a laminát *J jósági foka*, amely a következő képlettel számítható:

$$J = \sqrt{\text{fajlagos hajlítóerő} \frac{\text{fajlagos szakítóerő}}{80}} + 5 \times \text{fajlagos ütő-törő munka.}$$

Belvízi hajók külhájának méretezését a jósági fok felhasználásával a 191. ábra segítségével végezhetjük.

A nomogram harmadik oszlopában olvashatjuk le a szükséges laminát jósági fokát (*J*), az első oszlopban a hajó teljes súlyát (terheléssel együtt), a másodikban pedig a hajó méreteitől függő *C* tényezőt, amelyet a következő összefüggésből kapunk:

$$C = L \left(\frac{B+H}{2} \right),$$

ahol *L* a hajó hossza, *B* a szélessége, *H* az oldalmagassága. A nomogram alapján kapott jósági foknak megfelelő laminát rétegelését a 15. táblázatból vesszük.

A hajótest-fenek rétegelését az igénybevételtől függően 10...15%-kal erősebbre készítjük.

Példa. Határozzuk meg egy 6,0 m hosszú, 2,0 m szélességű és 0,8 m oldalmagasságú, 500 kp súlyú hajó rétegtervét. A hajó méreteitől függő tényező: $C = 6 \frac{2+0,8}{2} = 8,4$. A nomogramból a 8,4-nek és az 500 kp súlynak megfelel $J = 12$ jósági fokú laminát, ennek megfelelő rétegfelépítést a 15. táblázatból vehetjük ki.

16. táblázat

Fajlagos szakítóterhelés

<i>L(B/3+H)</i> vezető- tényező	A külháj fajlagos szakítóterhelése			
	a hajó elején		a hajó hátulján	
	fenék kp/cm	oldal kp/cm	fenék kp/cm	oldal kp/cm
1	2	3	4	5
6	500	455	475	440
7	505	475	495	455
8	550	495	515	470
9	570	515	535	480
10	590	530	550	490
12	625	560	580	515
14	660	590	610	540
16	690	615	640	560
18	720	640	675	580
20	750	655	700	595
25	805	695	750	640
30	815	745	800	690

Különböző rétegfelépítésű laminátok fajlagos szakítóterhelése

Fajlagos szakítóterhelés kp/cm	A laminát		Fajlagos szakítóterhelés kp/cm	A laminát	
	felépítése	vastagsága mm		felépítése	vastagsága mm
352	4 M ₂	4,4	310	G ₁ 2M ₂ G ₁	2,86
440	5 M ₂	5,5	398	G ₁ 3M ₂ G ₁	3,96
528	6 M ₂	6,6	486	G ₁ 4M ₂ G ₁	5,06
616	7 M ₂	7,7	574	G ₁ 5M ₂ G ₁	6,16
704	8 M ₂	8,8	662	G ₁ 6M ₂ G ₁	7,26
792	9 M ₂	9,9	750	G ₁ 7M ₂ G ₁	8,36
308	M ₁ 3 M ₂	3,85	375	G ₁ 2M ₂ R ₁	3,43
396	M ₁ 4 M ₂	4,95	463	G ₁ 3M ₂ R ₁	4,53
484	M ₁ 5 M ₂	6,05	551	G ₁ 4M ₂ R ₁	5,63
572	M ₁ 6 M ₂	7,15	639	G ₁ 5M ₂ R ₁	6,73
660	M ₁ 7 M ₂	8,25	727	G ₁ 6M ₂ R ₁	7,03
748	M ₁ 8 M ₂	9,35	816	G ₁ 7M ₂ R ₁	8,93
331	G ₁ 3 M ₂	3,63	390	G ₁ 2M ₂ R ₂	3,53
419	G ₁ 4 M ₂	4,73	478	G ₁ 3M ₂ R ₂	4,63
507	G ₁ 5 M ₂	5,83	566	G ₁ 4M ₂ R ₂	5,73
595	G ₁ 6 M ₂	6,93	654	G ₁ 5M ₂ R ₂	6,83
683	G ₁ 7 M ₂	8,03	742	G ₁ 6M ₂ R ₂	7,93
771	G ₁ 8 M ₂	9,13	830	G ₁ 7M ₂ R ₂	9,03
427	G ₁ 2M ₂ R ₃	3,78	396	M ₁ M ₂ R ₁ 2M ₂	4,75
515	G ₁ 3M ₂ R ₃	4,88	484	M ₁ M ₂ R ₁ 3M ₂	5,85
603	G ₁ 4M ₂ R ₃	5,98	572	M ₁ M ₂ R ₁ 4M ₂	6,95
691	G ₁ 5M ₂ R ₃	7,08	660	M ₁ M ₂ R ₁ 5M ₂	8,05
779	G ₁ 6M ₂ R ₃	8,18	748	M ₁ M ₂ R ₁ 6M ₂	9,15
507	G ₁ M ₂ R ₁ 1M ₂ R ₁	4,33	411	M ₁ M ₂ R ₂ 2M ₂	4,85
595	G ₁ M ₂ R ₁ 2M ₂ R ₁	5,43	499	M ₁ M ₂ R ₂ 3M ₂	5,95
683	G ₁ M ₂ R ₁ 3M ₂ R ₁	6,53	587	M ₁ M ₂ R ₂ 4M ₂	7,05
771	G ₁ M ₂ R ₁ 4M ₂ R ₁	7,63	675	M ₁ M ₂ R ₂ 5M ₂	8,15
537	G ₁ M ₂ R ₂ 1M ₂ R ₂	4,53	763	M ₁ M ₂ R ₂ 6M ₂	9,25
625	G ₁ M ₂ R ₂ 2M ₂ R ₂	5,63	448	M ₁ M ₂ R ₃ 2M ₂	5,10
713	G ₁ M ₂ R ₂ 3M ₂ R ₂	6,73	536	M ₁ M ₂ R ₃ 3M ₂	6,20
801	G ₁ M ₂ R ₂ 4M ₂ R ₂	7,83	624	M ₁ M ₂ R ₃ 4M ₂	7,30
611	G ₁ M ₂ R ₃ 1M ₂ R ₃	5,03	712	M ₁ M ₂ R ₃ 5M ₂	8,40
699	G ₁ M ₂ R ₃ 2M ₂ R ₃	6,13	484	M ₁ M ₂ R ₁ 1M ₂ R ₁	4,55
785	G ₁ M ₂ R ₃ 3M ₂ R ₃	7,23	572	M ₁ M ₂ R ₁ 2M ₂ R ₁	5,65
727	G ₁ M ₂ R ₁ 1M ₂ R ₁	6,33	660	M ₁ M ₂ R ₁ 3M ₂ R ₁	6,75
815	G ₁ M ₂ R ₁ 2M ₂ R ₁	7,43	748	M ₁ M ₂ R ₁ 4M ₂ R ₁	7,85
772	G ₁ M ₂ R ₂ 1M ₂ R ₂	6,63	514	M ₁ M ₂ R ₂ 1M ₂ R ₂	4,75
883	G ₁ M ₂ R ₂ 2M ₂ R ₂	7,38	602	M ₁ M ₂ R ₂ 2M ₂ R ₂	5,85
287	G ₁ M ₂ R ₁	2,33	690	M ₁ M ₂ R ₂ 3M ₂ R ₂	6,95
507	G ₁ M ₂ R ₁ M ₂ R ₁	4,33	778	M ₁ M ₂ R ₂ 4M ₂ R ₂	8,05
727	G ₁ M ₂ R ₁ 2M ₂ 2R ₁	6,33	484	M ₁ M ₂ R ₁ 1M ₂ R ₁	4,55
339	G ₁ M ₂ R ₃	2,68	572	M ₁ M ₂ R ₁ 2M ₂ R ₁	5,65
611	G ₁ M ₂ R ₃ M ₂ R ₃	5,03	660	M ₁ M ₂ R ₁ 3M ₂ R ₁	6,75

Fajlagos szakítóterhelés kp/cm	A laminát		Fajlagos szakítóterhelés kp/cm	A laminát	
	felépítése	vastagsága mm		felépítése	vastagsága mm
514	M ₁ M ₂ R ₂ 1M ₂ R ₂	4,75	704	M ₂ R ₁ 1M ₂ R ₁ M ₂	6,00
602	M ₁ M ₂ R ₂ 2M ₂ R ₂	5,85	792	M ₂ R ₁ 2M ₂ R ₁ M ₂	7,10
690	M ₁ M ₂ R ₂ 3M ₂ R ₂	6,95	749	M ₂ R ₂ M ₂ R ₂ M ₂ R ₂	6,30
778	M ₁ M ₂ R ₂ 4M ₂ R ₂	8,05			
			484	M ₁ M ₂ R ₁ M ₂ R ₁	4,55
588	M ₁ M ₂ R ₃ 1M ₂ R ₃	5,25	704	M ₁ M ₂ R ₁ M ₂ R ₁ M ₂ R ₁	6,55
676	M ₁ M ₂ R ₃ 2M ₂ R ₃	6,35			
764	M ₁ M ₂ R ₃ 3M ₂ R ₃	7,45	414	M ₁ 4G ₂	2,35
			517	M ₁ 5G ₂	2,80
			621	M ₁ 6G ₂	3,25
704	M ₁ M ₂ R ₁ M ₂ R ₁ M ₂ R ₁	6,55	725	M ₁ 7G ₂	3,70
749	M ₁ M ₂ R ₂ M ₂ R ₂ M ₂ R ₂	6,85	828	M ₁ 8G ₂	4,15
440	M ₂ R ₁ 1M ₂ R ₁	4,00			
528	M ₂ R ₁ 2M ₂ R ₁	5,10	525	M ₁ M ₂ 3R ₁	4,35
616	M ₂ R ₁ 3M ₂ R ₁	6,20	678	M ₁ M ₂ 4R ₁	5,25
704	M ₂ R ₁ 4M ₂ R ₁	7,30	831	M ₁ M ₂ 5R ₁	6,15
792	M ₂ R ₁ 5M ₂ R ₁	8,40			
			576	M ₁ M ₂ R ₂	4,65
514	M ₂ R ₂ 1M ₂ R ₂	4,20	746	M ₁ M ₂ R ₂	5,65
602	M ₂ R ₂ 2M ₂ R ₂	5,30			
690	M ₂ R ₂ 3M ₂ R ₂	6,40	491	M ₁ M ₂ 2R ₃	4,15
778	M ₂ R ₂ 4M ₂ R ₂	7,50	703	M ₁ M ₂ 3R ₃	5,40
588	M ₂ R ₃ 1M ₂ R ₃	4,70			
676	M ₂ R ₃ 2M ₂ R ₃	5,80			
764	M ₂ R ₃ 3M ₂ R ₃	6,90			

Megjegyzés: M₁=225 p/m²-es üvegpaplan; M₂=450 p/m²-es üvegpaplan;
 G₁=285 p/m²-es üvegselyem-szövet; G₂=410 p/m²-es üvegselyem-szövet;
 R₁=580 p/m²-es rovingszövet; R₂=670 p/m²-es rovingszövet;
 R₃=880 p/m²-es rovingszövet

A *Germanischer Lloyd* nagyobb vitorlás és motoros hajók külhájának méretezéséhez a következőképpen írja elő a külháj rétegfelépítését. A hajó teljes hosszából, szélességéből és oldalmagasságából képzett ún. *vezetőtényező*, $T=L(B/3+H)$ alapján a 16. táblázatból kikeressük az ehhez tartozó *fajlagos szakítóterhelést* (1 cm széles laminát szakítóterhelését). Ennek megfelelően különböző felépítésű laminátok készíthetők, melyek rétegterveit kb. 10 m hajóhosszig a 17. táblázatból vehetjük.

Példa. Állapítsuk meg egy 7,0 m hosszú, 2,4 m széles és 0,8 m oldalmagasságú hajó külhájának rétegtervét.

A vezető tényező $T=L\left(\frac{B}{3}+H\right)=(0,8+0,8)=11,2$. Ennek megfelel a 16. táblázatból 512 kp/cm fajlagos szakítóterhelés. A megfelelő rétegterv a 17. táblázatból:

$$M_1 + M_2 + R_2 + M_2 + R_2.$$

Amennyiben a fenék rétegelése eltér az oldalétól, akkor az körülbelül a vízvonallig érjen. Ha a vízvonál körzetében egy hosszborító vagy egy hossz-

válaszfal van, akkor a fenék befejező rétegét ezen 70...80 mm-rel túl kell vinni.

Merev alkatrészekkel való kötéseknél — mint a fenékmerevítő, a keretborda, a hossz- és harántfalak — a külháj falvastagsága kb. 15%-kal növeendő.

Az orr- és fartőke, ill. tükör körzetében a külháj paplan- és szövetbetétekkel kb. 20%-kal megerősítendő.

Nagyobb hajóegységeknél a laminát rétegfelépítésének ilyen meghatározása már nem elegendő, ezeknél részletes szilárdsági számítást kell végezni úgy a külháj, mint a helyileg erősebben igénybevett alkatrészek méretezésére.

c) Merevítések

Az üvegszálvázás műanyaghajók külhája sima legyen, amely kis görbületi sugár esetén — akárcsak egy tojás héja — önmagában is elég merev. Kisebb hajók külháját ezért egyáltalán nem merevítjük (pl. kajak, kenu) még vékony külháj esetén sem. Általában nem szükséges merevítés, ha az alkatrész görbületi sugara kisebb, mint a külháj vastagságának százszorosa.



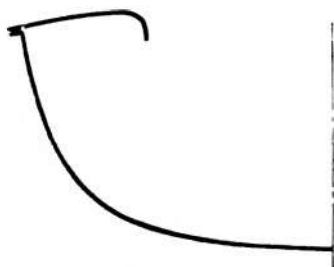
192. ábra. A külháj merevítése bordázással

Közepes és nagyobb hajóknál a külhajat megfelelőképpen ki kell merevíteni. A merevítés kiképezhető magából a külhájból azáltal, hogy azt bordázzuk (192. ábra), de lehet a hajótestet *beragasztott külön merevítőelemekkel* is megerősíteni. Technológiai és szilárdsági szempontból is jobb, ha a merevítés az alkatrészrel egy darabot képez. Amennyiben nem merevítünk, akkor a laminát vastagságát kell növelni, ami költségesebb és a súlyt feleslegesen növeli.

Saját merevítés céljából a külhajat hosszirányban bordázzuk, a fedélzetet és más alkatrészeket peremmel látjuk el. A laminát helyenként kidudorodik vagy bemélyed, a lényeg az, hogy ne maradjon sík felületű (193. ábra). A tükört is hajlottan kell kiképezni, és a tükör és a hajó oldala között lekerekített átmenetet kell kiképezni. Az orr-rész is körszelet keresztmetszetű, felfelé az



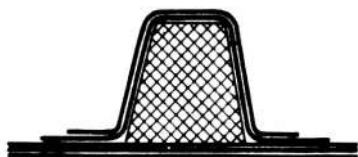
193. ábra. A fedélzet merevítése



194. ábra. A fedélzet merevítése a nyíláskerettel

orr görbületi sugara nő. Ha a fedélzetet a nyíláskeretnél beperemezzük, ezzel növeljük a merevségét (194. ábra).

A külön beépített haránt- és hosszmerevítők általában egy magból és fedőrétegből állnak, de lehetnek üregesek is. Keresztmetszetük trapéz vagy félkör alakú (195. ábra). A mag anyaga kemény PVC-hab, fa vagy alumínium lemez. Kisebb hajóknál — 6 m-ig — elegendő a külháj kimerevítése hossz-



195. ábra. Beépített hosszmerevítő

merevítőkkal. Nagyobb hajóknál a hosszbordákat max 2...3 m távolságban keretbordákkal meg kell támasztani. A hosszbordákat a megtámasztás körzetében 25%-kal meg kell erősíteni.

Nagy igénybevételek helyén a külháj fenékmerevítőkkal vagy vastag laminátréteggel erősítendő meg, pl. vitorlásoknál a tőkesúly, motorosoknál a motoralap helyén. Nagyobb hajóknál elöl is kell fenékmerevítő, hogy a két külhájoldalt összekösse. Minden merevítést akkor kell beerősíteni, amikor a külháj még nem keményedett ki teljesen.

d) A szerkezeti elemek összeerősítése

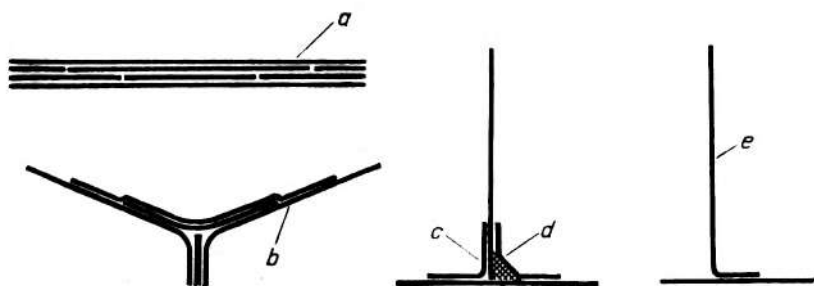
Az egyes alkatrészeket — külhajat, fedélzetet, merevítő elemeket stb. — külön szerszámokban állítjuk elő és utána szereljük össze egymással. Az üvegszálas műanyag szerkezeteket legcélszerűbb *ragasztással összeerősíteni*. A ragasztással való kötésnél vegyük figyelembe, hogy a ragasztás gyengébb kötést ad, mint a laminálás. A ragasztott kötés annál biztosabb, minél kevésbé volt az anyag kikeményedve, ezért a ragasztást minél korábban kell elvégezni. A szilárdságcsökkenés így is legalább 10%.

Ha két felületet egymásra ragasztunk, akkor az átfedés, ill. a ragasztás hossza legyen legalább a laminát vastagságának a hétszerese, erősen igénybevett alkatrészeknél a tíz-tizenkétszerese. A ragasztás sikere szempontjából nagyon fontos, hogy a ragasztandó felületek megfelelően *érdesek* legyenek. Nedvesség, zsír, olaj és mindennemű szennyezés mint választóanyag hatnak. Ahhoz, hogy jó legyen a ragasztás, az egyes alkatrészek közé paplancsíkokat

teszünk, amelyek a felületek egyenetlenségeit kiegyenlítik. A ragasztóhatás tovább növelhető 20...25% di-isocianát hozzáadásával. Erősen igénybevett alkatrészek ragasztására *epoxit* használunk, ennek kötési ideje azonban hosszabb.

Ha két alkatrészt úgy akarunk összekötni, hogy a laminát vastagsága a kötés mentén ne változzon, akkor az összekötendő részek vastagságát fokozatosan, lépcsőzetesen csökkentjük (196a ábra), majd az érintkező helyeken ugyancsak lépcsősen laminálunk. Az egész, már összekötött lemezre még kívül ráragasztunk egy réteget.

Két hajófélnek a gerinc melletti összekötésénél először egy vagy két réteg paplant laminálunk a gerinc belső lapjaira (196b ábra), s a két hajófelet



196. ábra. Az alkatrészek kötése

csavarszorítókkal összenyomjuk. Ezután belül lépcsőzetesen több erősítőréteget, ún. *hidakat* laminálunk a két hajófélre.

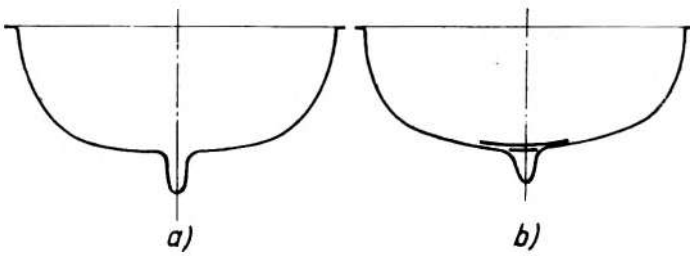
Ha egymásra merőleges lemezeket akarunk összekötni — pl. a külhéjat egy vízmentes válaszfalal —, akkor nem szabad a harántirányú falat mereven bekötni, ezért nem visszük ki a külhéjig, s több réteg — kifelé csökkenő szélességű — paplannal összeerősítjük (196c ábra). Mintaszerű a kötés, ha a válaszfal két oldalára kemény PVC-habból készített háromszög keresztmetszetű léceket iktatunk (196d ábra).

Kisebb hajóknál elegendő, ha a válaszfalat egy erre alkalmas formára lamináljuk úgy, hogy annak pereme legyen, s ezzel a peremmel kötjük össze a külhéjat (196e ábra).

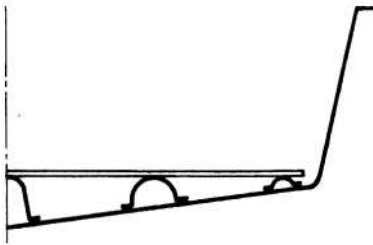
7. Szerkezeti megoldások és kötések

A gerinc kialakítása. A külső gerincet lehetőleg a külhéjjal együtt lamináljuk (197a ábra). Célszerűbb azonban először az üreges gerincet elkészíteni, utána a külhéjat a gerincen keresztülvezetni (197b ábra). Ennek az az előnye, hogy a gerinc sérülésekor nem sérül meg a külhéj s nem kap léket a hajó.

A belső gerinc vagy gerincmerevítő trapéz keresztmetszetű formára rétegelve készül. Lépcsőzetesen lamináljuk a külhéjhoz. Lehet üreges, de lehet műanyaghabbal töltött is. A gerincmerevítő mellett több hosszmerevítővel is merevíthetjük a feneket, amelyek azonos kiképzésűek a gerincmerevítővel, s egyúttal a padlót is tartják, keresztmetszetük trapéz vagy félkör alakú (198. ábra).



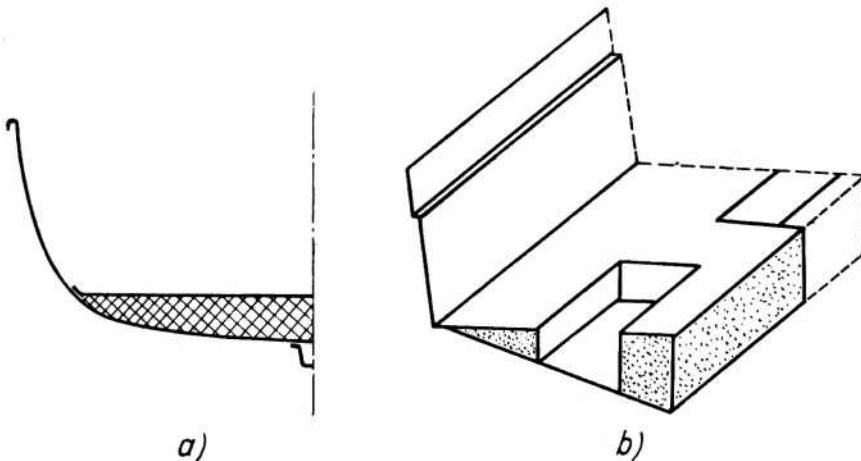
197. ábra.
A gerinc kialakítása



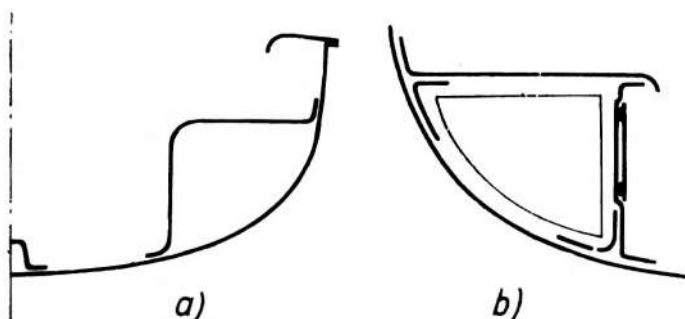
198. ábra. A gerinc merevítése
és hosszmerevítők

A *fenék kimerevítése*. A fenék a már említett hosszmerevítőkön kívül kimerevíthető egy belső fenékkal, amelyet a külhéhoz ragasztunk, s a két fenék közötti teret kemény poliuretán habbal felhabosítjuk (199a ábra). Igen merev szerkezetet kapunk, ha a belső fenékrészt úgy alakítjuk ki, hogy az abból kiképzett hossz- és harántfalak lefutnak a fenékig, s megfelelő széles paplancsikkokkal azzal össze vannak ragasztva (199b ábra). A hossz- és harántfalak által képzett üregek akkumulátor, üzemanyag és egyéb anyagok tárolására felhasználhatók.

A 200a ábrán látható megoldásnál az oldalsó légkamra — ami egyúttal ülés is — mind a fenéket, mind a hajó oldalát is merevíti. A 200b ábrán levő megoldásnál a légkamra fedele és oldala külön darabból készül, amelyek egy-



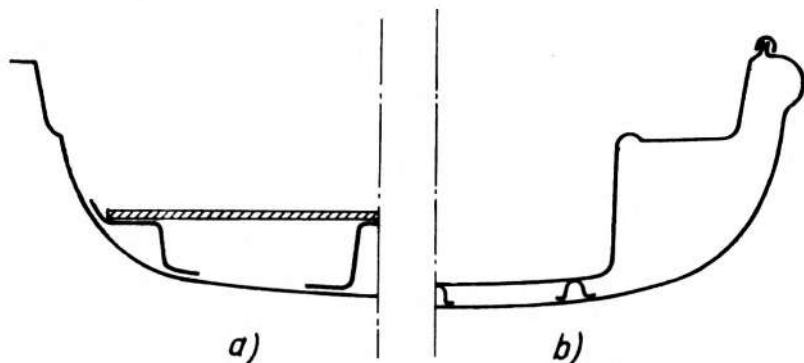
199. ábra. A fenék merevítése



200. ábra. Az ülés kiképzése

mással össze vannak ragasztva. Az elliptikus és profilozással ellátott nyílásokat üvegszálas műanyagból készült fedél zárja le.

A padló kiképzése és alátámasztása. A padló készülhet fából és üvegszálas műanyagból. Két megoldását már az előbbieken a fenék kimerevítésénél láttuk. A 201a ábrán látható megoldás esetén a padlót a gerincmeregítő és az oldalsó padlótartó támasztja alá, ami üreges profilúra van kiképezve, de mint a mederhajlás hosszmeresztője fontos szerepet tölt be.

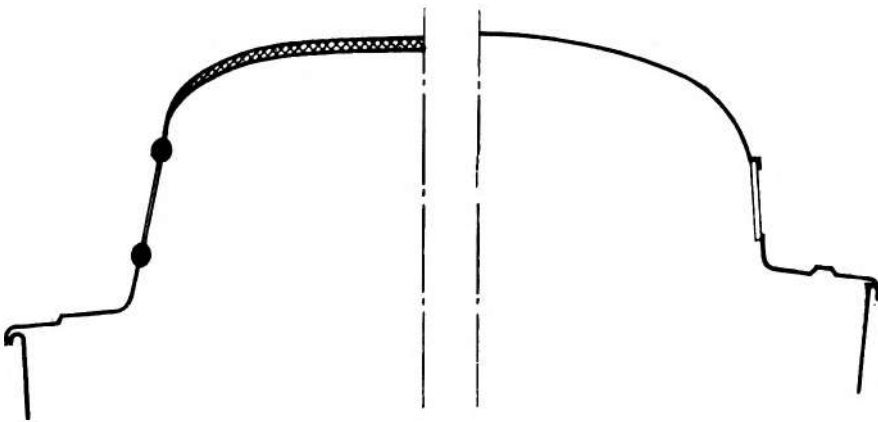


201. ábra. A padló alátámasztása

A 201b ábrán levő kettős héjszerkezetű hajóban a légkamrafal és a fenék-meregítő egy egységbe vannak összefogva. A belső héjat helyenként alá kell támasztani vagy mint szendvicsszerkezetet kell kiképezni. Az ábrán a külháj felül be van húzva, ezért ennek előállításához kétrészes forma szükséges.

A fedélzet kialakítása. A hajók fedélzetének — amennyiben azon járunk is — kellőképpen szilárdnak és merevnek kell lennie. A tömör fedélzet vastagsága, ill. rétegfelépítése általában azonos a külháj oldalával. Amennyiben a fedélzetet saját anyagából kialakított bordázással, domborításokkal látjuk el, akkor vékonyabbra vehető. Súlyt takarítunk meg, ha a fedélzetet szendvics kivitelben készítjük, ha egyébként a külháj tömör.

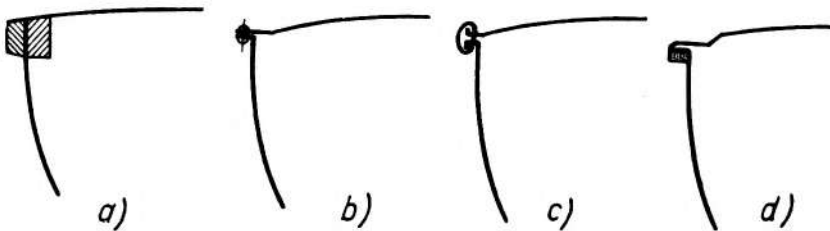
A kajütöt a fedélzettel mindig egy darabból formázzuk, a kajüttetőnek, akárcsak a fedélzetnek, merevnek és járhatónak kell lennie, ezért vagy kibordázzuk, vagy ezt is szendvics megoldással készítjük. A kajüt oldalán az abla-



202. ábra. Az ablak kiképzése

kot vagy egyáltalán nem profilírozzuk, hanem utólag kifűrészeljük, vagy a formát ne kelljen osztani, alul simán kifutni hagyjuk (202. ábra).

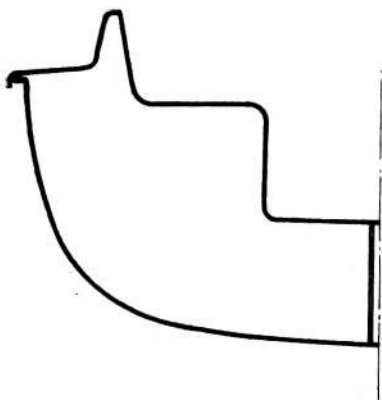
A külhég és fedélzet összeerősítése. A fedélzet a hajónak egyik főmerevítője, ezért a külhégjal mereven össze kell építeni. Kisebb hajóknál egyszerű megoldás a külhégbe beépített fából készített hosszmerevítő, amihez a fedélzetet hozzácsavarozzuk (203a ábra). Jobb megoldás azonban a külhégjat és a fedélzetet peremmel kiképezni, s egymással összeszegecselni és ragasztani (203b ábra). Szegecselésre csőszegecset használunk. Ha a külhég és a fedélzet peremét fel-



203. ábra. A külhég és fedélzet összeerősítése

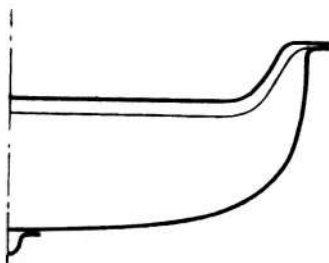
hajtjuk, akkor erre megfelelően profilírozott gumi- vagy PVC-lécut húzhatunk, ami esztétikai szempontból is megfelelőbb, s egyúttal dörzslécül is használható (203c ábra). Jó megoldás a ragasztással való összeerősítésre a 203d ábrán látható megoldás, amelynél a fedélzet lehajtott pereme és a külhég közötti nyílást poliészter-kittel töltjük ki. Nagyobb hajókban a fából készített dörzslécut a fedélzet peremére csavarozzuk fel. Csavarozásra önmetsző csavarokat használunk, amelyek helyét magméretre előfúrjuk.

A nyíláskeret kiképzése. A nyíláskeretet a fedélzettel mindig együtt formázzuk s kettős fallal képezzük ki. Vitorlásoknál a nyíláskeretet levisszük az ülésig s ezzel, valamint a padlóval is egy darabból formázzuk (204. ábra). A padlót középen egy kimerevített hosszanti fallal vagy szekrénytartóval alá kell támasztani. Azokat a felületeket, amelyeken járunk, nem szabad simán kiképezni, célszerű a szerszám alapjául szolgáló modell részeit raszteres műbőrrel bevonni, amelynek mintázata azután átadódik a szerszámmra.



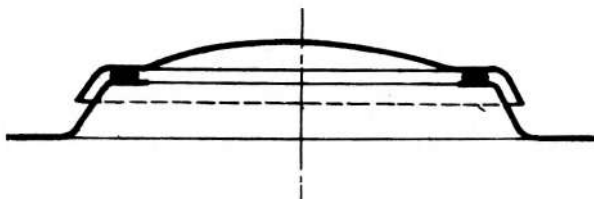
204. ábra. A nyíláskeret kiképzése

Evezőscsónakoknál az üléseket az oldalfedélzettel egy darabból formázzuk ki (205. ábra); hogy az ülés elég erős legyen, két élét le kell hajtani. Amennyiben az evezőscsónak kettős héjszerkezetű, a fedélzet, az ülés és a padló egy formatest és igen merev szerkezet.



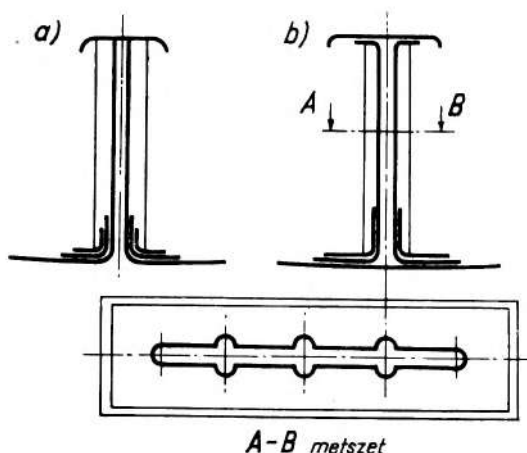
205. ábra. Ülésmegoldás evezőscsónakokban

Nyílások és felülvilágítók. Műanyag hajók esetén a felülvilágítókat és a búvónyílásokat a 206. ábra szerint képezhetjük ki. A fedél készülhet plexiből vagy színezetlen üvegszálás poliszterből, amely a fényt kellőképpen áttereszti. A fedelet gumitömítés közbeiktatásával erősítjük a nyílás peremére.



206. ábra. A nyílások kialakítása

Az uszonyszekrény. Műanyaghajókban az uszonyszekrényt is üvegszálás poliszterből készítjük. Legjobb az uszonyszekrényt a külhéjjal együtt formázni (207a ábra), lépcsőzetes belső erősítésről azonban ekkor is gondoskodni kell. A 207b ábrán ábrázolt utólag beépített uszonyszekrény a két oldalfalból és a tetőlapból áll. A szekrény oldalait saját anyagából kiképzett bordák merevítik. A perem, amivel az uszonyszekrény a külhéhoz van erősítve, legyen



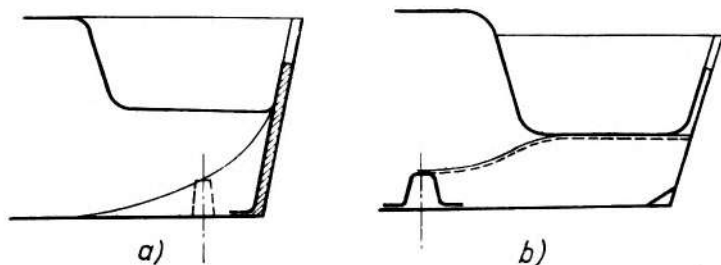
207. ábra. Az uszonyszekrény kialakítása

széles. Az uszonyszekrényt oldalt is ki kell merevíteni, ill. támasztani; kisebb hajóknál az evezőpaddal, nagyobbaknál a kajüt oldalával vagy fenékmerevítővel. Az uszonyszekrény belső felületének kopását csökkenthetjük, ha a fedőrétegbe szilíciumkarbidport keverünk.

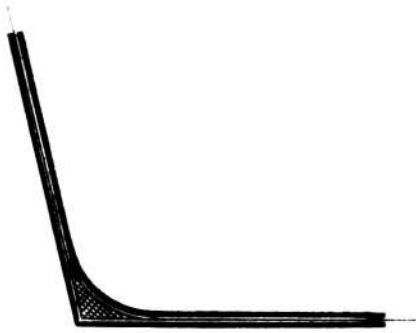
A hajótükör kiképzése. A tükröt lehetőleg hajlott formára képezzük ki, amennyiben ez nem lehetséges, akkor ki kell merevíteni. Különösen nagy az igénybevétele a farmotoros és Z hajtóműves hajók tükrének, mert ezeknél nemcsak a motor súlyából és a tolóerőből eredő terhelést viseli, de a rezgéseket is fel kell vennie. Ilyen hajóknál a tükör vastagsága 1,5...2-szerese a külháj vastagságának. A motor helyén fabetétet laminálunk a tükröre, és kétoldalt egy-egy U keresztmetszetű üreges könyökkel támasztjuk a hajófenékhez (208a ábra). Amennyiben a tükröt szendvicsszerkezetként képezzük ki, a motor helyén ott is fabetétet kell elhelyezni. A fabetét rétegeltlemezből vagy lécs-, ill. furnérbetétes bútorlapból készüljön.

A 208b ábrán levő megoldásnál nincs fabetét. A hátsó fedélzettel együtt kialakított motorteknő hátsó fala össze van ragasztva a tükrövel. Az U alakúan profilírozott hossztartók a motorteknő alatt vannak körülvezetve és ezzel, valamint a tükrövel paplancsíkok ragasztják össze.

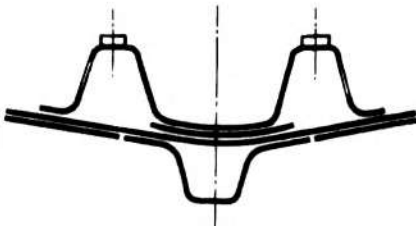
A motoros hajónál a tükör alsó élének áramlási okokból lehetőleg élesnek kell lennie. Az üvegszálas műanyagot azonban nem szabad sarkosan kiképezni. Ezért először csak az első két réteget lamináljuk élesre, majd rovingkötegeket vagy kemény PVC-habból készült lécet helyezünk a tükör alsó élébe, s utána



208. ábra. A tükör kimerevítése



209. ábra. Tükör alsó élének kialakítása

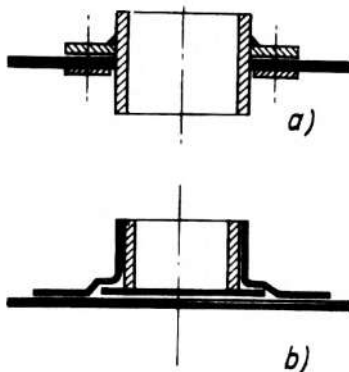


210. ábra. Motoralap

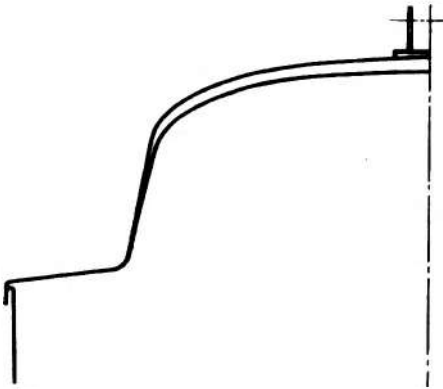
készre lamináljuk (209. ábra). Ugyanezt a szerkezetet alkalmazhatjuk a sarkos építésű hajók sarokélénél is.

A motoralap. Ha a motort hossztartókra helyezzük, akkor ezeknek legalább olyan hosszúaknak kell lenniök, mint a motor a hajtóművel; az irányváltóval és a nyomcsapággal együtt. A hossztartóknak laposan kell a külhájba befutniok. A 210. ábrán látható megoldásnál a motor terhelését két U keresztmetszetű hossztartó viszi át a hajófenékre. A tartók erőstre méretezendők, s felső felületükre célszerű acél- vagy alumínium lemezt laminálni. A tartók oldalain kiképzett kerek vagy elliptikus nyílások lehetővé teszik a motor csavarokkal való leerősítését.

Az árboc beerősítése. Az árbocot vagy a fedélzeten keresztülvezetve a hajófenék támasztja meg, vagy a fedélzetre, ill. kajüttetőre állítjuk. A 211a és b ábrán látható megoldás kisebb hajóknál szokásos. A felső vezetés egy csőből áll ráhegesztett karimával, tömítéssel, s alul egy ellenkarimával. Az alsó és



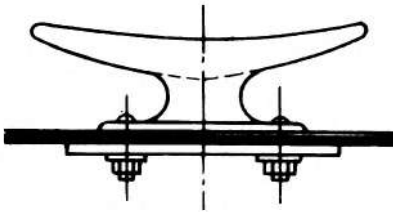
211. ábra. Az árboc beerősítése



212. ábra. A kajüttető megerősítése

felső karimát anyáscsavarokkal kötjük össze. Az árboctalp laminált cső vagy alumíniumöntvény. Megfelelő erősítésekről kell a hajófenéken gondoskodni, hogy az árboc súlyát nagy felületen osszuk el. Ha az árbocot a kajüttetőre állítjuk, a kajüttetőt laminált bordával meg kell erősítenünk (212. ábra). A bordát alumíniumból vagy rétegelve ragasztott fából készítjük. Az árboc súlyát közbeiktatott acélsővel átvihetjük a hajófenékre, ill. a gerincre, ebben az esetben nem szükséges a kajüttetőt megerősíteni.

A szerelvények felerősítése. Ha szerelvényeket akarunk a külhéra vagy más alkatrésze szerelni, akkor ügyelni kell arra, hogy a szerelvényen keresztül



213. ábra. Szerelvény felerősítése

átadott erő nagy felületen oszljék el. Hogy a laminátot ne pontszerűen, kis felületen terheljük, egy acél- vagy alumínium lemezből készült ellendarabbal látjuk el, s átmenő anyáscsavarokkal vagy szegeccseléssel rögzítjük (213. ábra). Ha csavarokat laminálunk be, ezeket ugyancsak megfelelő nagy alátétekkel kell ellátni. Az alátétkarikák legyenek azonos anyagból, mint a csavarok vagy szegecsek, átmérőjük a csavarátmérőnek legalább a kétszerese. A távolság a furatközéppont és a laminát széle között ne legyen kisebb, mint a 2,5-szörös csavarátmérő.

Fa és fémek beágyazása. Az üvegszálvázás műanyaghajók esetén merevítések, hosszbordák, betétek, dörzsléc stb. készítésére fát, alumíniumot, acélt, kemény PVC-t használunk. Terhelt alkatrészeket, hacsak lehet, ne kombináljunk egyéb anyagokkal, nemcsak az eltérő nyúlás, hanem az eltérő rugalmassági tényező és az eltérő hőtágulási együttható miatt sem. A szériagyártás lehetőség szerint nem épít be fát, mert nem megfelelő minőségű faanyag vagy nem megfelelő módon való bedolgozás súlyos hibákra vezethet. A rétegeltelem még a legbiztonságosabban bedolgozható, mert nedvességtartalma alacsony és vetemedése minimális. A fa és az üvegszálvázás műanyag rugalmassága

sága különböző, rezgések esetén a két anyag nincs egyformán igénybevéve és a fa megrepeszti az őt körülburkoló laminátot. Olyan helyen tehát, ahol az alkatrész állandó rezgéseknek van kitéve, ne építsünk be fát. A fémalkatrészeket zsírtalanítani kell és felületüket érdessé kell tenni, mielőtt beágyazzuk. Az alumínium felhasználása előnyösebb, mint az acélé, mert azonos a hőkitérése, s rugalmassági tényezője sem tér el annyira.

E) KISHAJÓK FELÜLETI BEVONATAI

A hajótest állandóan változó behatásoknak — gyors hőmérsékletváltozás, napsütés, eső, hullámozás — van kitéve, ezért gondos ápolást és kifogástalan felületi védelmet igényel. *A felületkezelésre felhasznált anyagok: olajfestékek, lakkok, szintetikus lakkok és zománcok, fémbefonatok.*

I. Fahajók felületkezelése

Felületkezelés előtt a hajótestet és alkatrészeit mindenekelőtt simára kell csiszolni. A csiszolást kézi erővel vagy géppel fokozatosan simább papírral végezzük és 120...150-es szemcsézetű papírral fejezzük be. Ezután portalanítunk, majd alapozunk. Alapozásra lakkbenzinnel hígított lenolajkencét használunk, melynek teljes átszáradása után a felületet finom csiszolópapírral megcsiszoljuk. Ezután visszük fel sorban az egyes festék-, ill. lakkrétegeket, ügyelve arra, hogy az újabb réteget mindig csak az előző réteg teljes átszáradása után vigyük fel, s lakkozás előtt a felületet megcsiszoljuk, majd portalanítjuk. A lakkozást csak pormentes helyiségben végezhetjük.

Natúrlakkozás. A hígított csónaklakkot 5—6 rétegben hordjuk fel, az első réteg 50% lakk és 50% lakkbenzín keveréke, a további rétegeket mindig kevésbé hígítjuk, de az utolsó réteg is tartalmazzon még kevés lakkbenzint. A lakkot egyenletesen, puha ecsettel, nem túl vékony rétegben hordjuk fel és egyenletesen oszlassuk el. Az utolsó réteg felhordása előtt különösen fontos a felület gondos átesiszolása és a teljes pormentesség. A lakkozást lehetőleg száraz és szélcsendes időben, napsugárzástól védett helyen végezzük. Ha fedett helyen lakkozunk, akkor a helyiséget előbb locsolással pormentesítsük.

Zománcalakkozás. Az első festékréteg sovány, azaz kevesebb lenolajkencét tartalmazó bevonat, melynek tökéletes átszáradása és megcsiszolása után az egyenetlenségek eltávolítása céljából kittelünk. A kittréteg átszáradása után — ami legalább 48 h-t vesz igénybe — csiszolunk, majd legalább két fedőfestékréteget viszünk fel, amelybe 10% standolajat is keverünk. Az utolsó réteg szintetikus zománc.

A hajófenék felületkezelése. A hajófenék alapozófestéke speciális hajófenékfesték, de megfelel a jól tapadó *washprimér*, s a rozsdagátló *bauxitvörös* is. Az alapozás tökéletes átszáradása után két réteg standolajat tartalmazó olajfestéket, majd mérgező — algák rátapadását meggátló (antifouling) — festékréteget hordunk fel a vízvonaltól alatti felületre. A hajófenék belső oldalára az alapozófestéken kívül két réteg olajfestéket viszünk fel.

A vásznazott fedélzet festése. Először 10% standolajat tartalmazó lenolajkencével alapozunk, majd ennek száradása után két réteg olajfestéket viszünk

fel, amelyhez — hogy rugalmasabb legyen — ugyancsak adunk kevés standolajat. Hogy a fedézet ne legyen csúszós, szokás a festékhez kevés homokot vagy finom fűrészport is keverni.

Felületkezelés poliuretán (Resistan, DD) lakkal. A poliuretán lakk A és B részből áll, amelyeket közvetlenül a lakkozás előtt keverünk össze egymással. Két súlyrész A alkotóhoz egy súlyrész B alkotót keverünk. Nagy keménységű, szívós, rugalmas, víz- és viharálló bevonatot képez. A lakk eseteléssel vagy szórással hordható fel. A bekevert lakkot 8 h-n belül fel kell használni. A B alkotó vízre rendkívül érzékeny, ezért a lakk felhordásakor elsőrendű fontosságú a teljesen száraz, nedvességtől mentes felület és környezet. A kikeményedett réteg vízre már nem érzékeny. A lakk felhordására legalább 20 °C-ú környezet szükséges, különben a reakció, azaz a lakk kikeményedése nagyon lelassul. A lakkréteg 2 h alatt porszáraz, 18...20 h alatt átszárad, a teljes átkeményedésre azonban 6...7 nap szükséges. Hogy kellő rétegvastagságot nyerjünk, 2—3-szorra hordjuk fel. Megfelel fém- és műanyag hajók lakkozására is, olajfesték alapra azonban nem vihető fel.

2. Acél- és könnyűfém hajók felületkezelése

Acélből készült hajótesteknél a felületkezelést megelőzőleg igen fontos a rozsdás és a reves gondos eltávolítása, amelyet homokfúvással, rasketázással, drótkéfézéssel, csiszolással végzünk. A felület teljesen fémtiszta legyen. A mechanikai tisztítás után lakkbenzines lemosással zsírtalanítsunk.

Alapozásra washprimér festéket használunk, fedőfestéknek még ma is legjobb a minium lenolajkencébe keverve. Két-három réteg miniumot viszünk fel, s minden réteg felvitele között hosszú száradási időt hagyunk, mert ha a minium nem szárad jól át, a víz alatt feduzzad, és a víz az acélhoz kerül. Korszerű műgyantafestékek is tartalmaznak miniumot, s ezek gyorsabban száradnak. Amíg a miniumbevonat meg nem sérül, addig nagyon tartós, de nem korlátlan élettartamú.

A miniumbevonat tökéletes átszáradása után — ami legalább három hetet vesz igénybe — a felületet a fahajóknál már ismertetett módon olaj-, célszerűbben műgyantafestékekkel kezeljük.

Jó korrózióvédő hatású a fémcinket tartalmazó bevonat, ennél is jobb, de költséges a szórással való horganyzás. Kisebb alkatrészeket tűzben horganyzunk, s ez jobb, mint az ónozás, mert a felület sérülése esetén is véd.

A könnyűfémből készített hajótesteket a bevonat jobb tapadása céljából előbb kissé érdesre csiszoljuk. Alapozásra cink-kromátos műgyantafestéket használunk, mert a könnyűfémhez csak ez tapad. Benzines zsírtalanításról itt is gondoskodni kell. A fedőréteg olaj- vagy műgyantafesték.

3. Műanyaghajók felületkezelése

A szakszerűen készített, saját anyagában festett műanyaghajók semmiféle felületkezelést nem igényelnek. Pozitív formára való laminálás esetén a külháj külső felülete érdes, ez esetben azt először spatulyázni, majd felületkezeleni kell. Spatulyázásra poliésztergyantából készített kittet használunk, melyet annak száradása után simára csiszolunk. Lakkozáásra csak poliuretán

lakk alkalmas. Ugyancsak poliuretán lakkal vonjuk át azokat a műanyag-hajókat, amelyek fedőrétege a napsugárzás hatására matt lett és megrepedezett. Ezeket lakkozás előtt a lakk jobb tapadása céljából meg kell csiszolni.

4. Fahajók bevonása poliészterrel

A fahajók külhéja átvonható üvegszálalás poliészterrel. Ehhez az szükséges, hogy a fa tökéletesen száraz legyen, s ne tartalmazzon semmiféle bevonatot, ezért a meglévő festék- vagy lakkréteget előzőleg el kell távolítani, s a felületet simára csiszolni. A külhéjra egy vagy két paplanból álló laminátréteget viszünk fel, amelyet annak teljes kikeményedése után spatulyázunk, csiszolunk, majd felületkezelünk.

Poliészterrel való bevonásra elsősorban a rétegtlemezből készült hajók alkalmasak, mert ezek a nedvesség változásával kevésbé változtatják méreteiket. Igen fontos, hogy a hajófenék belülről se kapjon nedvességet, ezért belülről is igen gondosan kell lakkozni, ill. felületkezelni, s a víz behatolásától védeni.

5. A felületi bevonatok hibái

a) *A festék rosszul szárad, nem keményedik út rendesen:* túl vastag a réteg vagy az előző réteg nem volt száraz; nedves időben festettek.

b) *A bevonat összeugrik:* túl vastag a festékréteg vagy túl kövér (sok a standolaj); hideg időben festettek.

c) *Repedések a bevonaton:* túl rideg a bevonóanyag, kevés benne a lenolaj; széles repedés esetén túl zsíros a bevonat.

d) *A bevonat leperreg:* túl sovány a festék; vizes az alap; vasnál rossz az alapozás vagy nem volt rozsdátlanítva a felület.

e) *Hólyagképződés:* az alsó réteg vagy a fa nedves, s a napon gőzök keletkeznek; esetleg túl illékony a hígítószer.

6. Gombásodás elleni védelem

A gombásodás a fahajók legnagyobb kártevője. Abszolút védelem ellene nincs, gondos építéssel és kezeléssel azonban a fahajók élettartama nagy mértékben megnövelhető.

A gombák teste szén- és nitrogénvegyületekből áll; a faanyag cellulóz- és lignintartalmát a gombák enzimekkel leépítik és saját részükre felhasználhatóvá teszik.

A gombák spóráik útján kerülnek a faanyagra, s ott kedvező körülmények — meleg és nedvesség — között kicsíráznak, s myceliumaikkal hosszabb-rövidebb idő alatt elpusztítják a fát. A gombásodott fa meglágyul, elszíneződik, szilárdsága csökken, előrehaladt stádiumban a fa teljesen szétesik. Egyes gombák — mint pl. a penészgomba — csak különböző elszíneződéseket okoznak, ezek közül van olyan, amely a lakkozás alatt is megtelepedhet, ilyen pl. a *Pullularia* nevű gomba, amely fekete elszíneződést okoz.

A rettegett *Merulius lacrymans*, a könnyező házigomba a hajón alig találja meg azt a klímát, amely fejlődéséhez szükséges. Elsősorban a *Coniophora cerebella* és a *Pória fajták*, továbbá néhány *actinomiceta* az, amelyek a hajók faanyagát megtámadják. Ezek a gombák legjobban 20 °C körüli hőmérséklet és 70% relatív légnedvesség fölötti klímában növekednek.

Gombásodás szempontjából legveszélyesebbek azok az alkatrészek, amelyek váltakozva érintkeznek vízzel és levegővel, amelyek a levegőjárástól elvannak zárva, továbbá a gerinc, a vízvonal körüli palánkok, a fenékmerevítők, az uszonyszekrény, a tükör alsó része és a bordák vízvonal alatti részei.

Előzetes védekezés szempontjából *fontos az építőanyag helyes megválasztása*. A tölgy, az akác, a mahagoni, a teak és a vörösfenyő, valamint az erdeifenyő gesztje, továbbá a cedrela és az okumé a gombásodásnak jól ellenállnak, míg a luc- és jegenyefenyő, a kőris, a szil és a hársfa ellenállóképessége kisebb.

A beépítendő faanyag feltétlenül egészséges legyen. Elszíneződött faanyag, pl. vöröscsíkos fenyőfa, barnafoltos tölgy kismértékben már gombásodott, tehát nem használható fel. Erdeifenyőnél kisebb mértékű kékcsíkosság nem veszedelmes, az ilyen anyag beépíthető.

Az összeépítéskor ügyeljünk arra, hogy az alkatrészek jól illeszkedjenek, víz ne kerülhessen közéjük, s az egymáshoz illeszkedő részeket — amennyiben azokat nem ragasztjuk — festékkel vagy lakkal kenjük be, hogy a nedvesség behatolását megnehezítsük. A vízzel közvetlenül érintkező részeknek — az összeépítést és a felületkezelést megelőzően — *gombavédő-anyaggal való impregnálása* ugyancsak hatásos.

Gombásodás elleni impregnálásra ajánlható *szerek*: 4% fluornátrium és 2% káliumbikromát vizes oldata, pentaklórfenol szénhidrogénekben való oldata, réznaftenát, amely az algák elleni védelemre is hatásos. A védőszerekkel kétszer kenjük be a faanyagot. A már gombásodott fát a gombavédő anyagok nem védik meg.

A gombásodás elleni *legfontosabb védelem a gondos festés és lakkozás*, a festék jó tapadásának biztosítása, az egyes rétegek átszáradásának bevárása, sérülés esetén az azonnali javítás. A fedélzetet ajánlatos alulról is befesteni és megakadályozni, hogy a vásznazás alá víz kerüljön. Igen fontos a hajótérben a megfelelő klíma biztosítása, a levegő nedvessége legyen 70% alatt, amennyiben ennél magasabb, szellőztetni kell. A hajófenékben soha ne legyen víz, mert ez nemcsak a fába hatol be, de a padló alatt a levegő páratartalmát is veszedelmesen megnöveli. A gombásodott farészeket távolítsuk el, helyükbe új, egészséges faanyagot építsünk be, nehogy a gombásodás a még egészséges farészekre is átterjedjen.

F) KISHAJÓK KARBANTARTÁSA ÉS JAVÍTÁSA

1. A hajók tárolása

Különösebb karbantartást igényelnek a fából és acéllövezből készült hajók. Ezeket minden évben *tatarozni* kell. A karbantartás már a téli elraktározással megkezdődik. A hajótestet ilyenkor gondosan ki kell mosni, a rátapadt szennyeződést el kell távolítani, a fenékre tapadt algákat le kell súrolni, utána a levegőn jól kiszáritani.

A hajókat zárt helyen vagy fedél alatt *bakokra helyezve* tároljuk, a bakok kipárnázandók, hogy nagy felületen érintkezzenek a hajótesttel, nehogy az deformálódjék. A kajütajtót nyissuk ki, hogy a hajó belseje szellőzzön. Árbocokat és vitorlarudakat fekvő helyzetben, több helyen alátámasztva vagy függesztve raktározzunk. A vitorlákat gondosan összehajtva, teljesen száraz helyiségben helyezük el. A motorok és egyéb berendezések fémes részeit zsírozzuk be, az akkumulátort szereljük ki, s feltöltéséről használaton kívül is gondoskodjunk. A motorok vízterét és a hűtővezetéket víztelenítsük, az üzemanyagtartályt ürítsük ki.

2. Karbantartás, festés, lakkozás

A tavaszi festési, lakkozási munkákat megelőzi az esetleges javítás és pótlás. Fahajóknál mindenekelőtt meg kell vizsgálni, nem gombásodik-e a hajó valamelyik része, mert idejében való javítással nagyobb károkat előzhetünk meg. A gombásodott farészekbe a kés könnyen behatol, lakkozott felületeknél a kezdődő gombásodást elárulja a fa elszíneződése. Acélból készült hajókon gondosan megvizsgáljuk a külhéjat, nem vált-e le vagy nem hólyagosodott-e fel a festékbevonat. Amennyiben igen, úgy a rozsdásodott felületet fémesre esiszoljuk vagy foszforsavas rozsdátlanító folyadékkal bekenjük, mielőtt újra felületkezelnénk.

A törött alkatrészeket megjavítjuk vagy kicseréljük, a meglazult csavarokat utánahúzzuk vagy erősebb csavarral kicseréljük, az esetleges hézagokat eltömítjük.

Ha a tömítés kiszáradt, törékeny, el kell távolítani és újra kell tömíteni. A tömítő pamutzsinór beverése előtt lenolajkencével kell a hézagokat konzerválni, s ugyancsak lenolajkencébe kell a tömítőanyagot beáztatni. Tömítésre tiszta lenolajkittet használunk, mert ez néhány évig rugalmas marad. Spatulyakittet — ami gyorsan megkeményedik — csak szeg és csavarhelyek, továbbá felületi egyenetlenségek tömítésére használunk.

A régi festék- vagy lakkbevonatot el kell távolítani, ha az repedezik, helyenként leválik, hólyagos, vagy ha a lakk a fa rajzát már teljesen elfedi. A régi bevonatot vegyi anyaggal fellazítjuk vagy forrasztólámpával fellágyítjuk és spatulyával lehúzzuk. Natúrlakkozott hajókon égési foltok keletkezhetnek, ezért nem tanácsos forrasztólámpával dolgozni. A bevonatot le is esiszolhatjuk, ez azonban nagyon időt rabló és fárasztó művelet. Az oldószer benzolt tartalmaz, gőze az egészségre káros, azért ezt a munkát lehetőleg a szabadban végezzük.

3. Javítási munkák

A leggyakoribb javítási munkák fahajókon a gerinc, a külhøj, a bordák, a fenékmerevítők, a fedélzet, vitorláshajókon az uszonyszekrény cseréje.

A gerinc és az uszonyszekrény javítása. A gerincet teljes egészében vagy részben kell cserélni. A cseréhez szükséges anyagot a megfelelő méretben és minőségben biztosítani kell. Ügyelni kell, hogy a gerinc eltávolításakor a többi alkatrészt meg ne sértsük. A csavarokat és szegecseket ki kell előbb venni a palánkokból, az orrtőkéből és a tükörből. Az uszonyszekrényt a gerinchez

erősítő csavarokat ki kell csavarni. A szegecseket úgy távolítjuk el, hogy azokat a tárcsa alatt laposvésővel elvágjuk, a szegecsek nyakát pedig egy vékony tűskével kitoljuk annyira, hogy a szegecs fejét egy fogóval meg tudjuk fogni. Ha a gerinc összes kötőelemét megoldottuk, akkor kiemeljük a gerincet. Lehetséges, hogy emiatt a gerinc melletti első palánkot is, el kell távolítani.

A gerincet középen kettévágva a közép felé kiütjük mindkét gerincefet. Az új gerinc anyagára ezután átmérjük a régi gerinc méreteit, s kidolgozzuk a gerincet. Ha a gerinc melletti palánkot nem távolítottuk el, akkor csak felülről lehet a gerincet behelyezni, de ehhez szükséges a fenékmerevítők kiszé-
dése is.

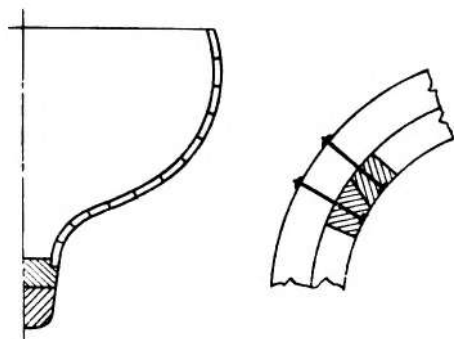
Az uszonyszekrényt — ha gombafertőzött — ki kell bontani, ha nagy része ép, akkor levágunk az alsó részéből, s ragasztással megtoldjuk. Az uszony-
szekrény alsó részét pontosan illesszük a gerinchez.

Karvel-palánk cseréje. A palánk javítása előtt meg kell vizsgálni, hogy milyen hosszon szükséges a palánkcseré. Amennyiben ez nagyon hosszú, akkor célszerűbb az egész palánkot lecserélni. Ha a palánk gombafertőzött, akkor valószínű, hogy a vele szomszédos palánkok is fertőzöttek. Fontos, hogy az újonnan beépített palánk jól tömítsen, toldások ne kerüljenek egymás fölé, s ha a palánkot a toldásnál hevederezés köti össze, az a bordák közé kerüljön.

A szegecsek kivétele előtt az új palánk illesztési helyén befúrunk egy 8...10 mm átmérőjű lyukat, s finomfogú lyukfűrészszel a palánkot az alatta levő palánkig merőlegesen levágjuk. Ugyanezt elvégezzük a palánk másik végén. A palánk ekkor még szorosan ül, igyekezzünk azt lehetőleg egy darabban kivenni, hogy alakját pontosan át tudjuk vinni a beépítendő új palánk-
anyagra.

Nehezebb kivenni az olyan palánkot, amely belül szélesebb, mint kívül, pl. egy tőkesúlyos vitorláshajó S alakú bordáin (214. ábra). Igyekeznünk kell úgy kivenni a palánkot, hogy legalább az egyik éle sértetlen maradjon. Ez megadja az új palánk vonalát, amihez a megfelelő szélességeket mindenütt hozzáadjuk, továbbá még 3...4 mm-t, mert a palánkot ferde síkban hosszában végig kell majd fűrészelni, így azt két darabból lehet majd behelyezni és egymáshoz ragasztani.

Az új palánknak pontosan ki kell töltenie a szomszédos palánkok közötti részt. A palánkot a régi palánk alapján pontosan kivágjuk, ellátjuk a szükséges részsüvel, amelyet ferdemérő segítségével veszünk le a régi palánkról. A beillesztendő és a szomszédos palánkok élét sűrű festékekkel bekenjük, a palán-



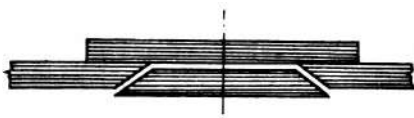
214. ábra. Tőkesúlyos hajó palánkcseréje

kot helyére illesztjük s a bordákkal és a belül elhelyezett hevederdeszkával összehozzuk.

Klinker-palánkok cseréje. A klinker-palánk cseréje nehezebb és nagy gyakorlatot kíván. A nehézség megkezdődik már a sérült palánk kivételével, mert a szomszédos palánkok könnyebben megsérülnek, mint a karvel-palánkozásnál. Először az összekötéseket kell megoldani, szegeceket levágni, kihúzni, majd kiemelni a sérült palánkot.

A palánk berajzolása, kivágása után lerészeljük a palánk élet, hogy az a szomszédos palánkhöz pontosan illeszkedjék. A rézsút a régi palánkról vesszük le és pontosan kigyaluljuk. A palánk felrakása után végeit a bennmaradt palánk végeihez illesztjük, majd a palánk éleit a szomszédos palánkokkal és a bordákkal összehozzuk.

Rétegtlemez külháj javítása. A legtöbb rétegtlemez sérülése mechanikus eredetű, továbbpedéssel ezeknél nem kell számolni. A sérülés helyét szűrőfűrészszel derékszögben pontosan kivágjuk, a belső falnál néhány cm szélesség-



215. ábra. Rétegtlemezes külháj javítása

ben a nyers fáig eltávolítjuk a festéket vagy a lakkot, majd a nyílás élet ferde síkban ledolgozzuk, utána pedig egy hevederdeszkát ragasztunk be (215. ábra), amely ugyancsak rétegtlemezéből készülhet. Ha a ragasztás megkötött, akkor kivágunk egy, a nyílásba pontosan beleillő foltot és beragasztjuk, a ragasztóanyag megkötése után letisztítjuk a külső felületet.

Hajlított borda javítása. A borda törését ferdeszálúság, korhadás, kifáradás okozza. A törés főleg a középtől a tükörig jelentkezik, elsősorban a fenék-hajlat közelében, ahol a görbületi sugár a legkisebb. Kétféleképpen javítható:

- a) lamellált erősítést építünk be a borda mellé;
- b) új hajlított bordát építünk be a törött helyére.

A lamellált erősítést 4 mm vastag tölgy-, akác- vagy kórisfalemezektől készítjük, amelyeket formára hajlítunk és ragasztunk. A borda alakját papírsablonnal vesszük le a hajó alakjáról. A bordaerősítésnek olyan hosszúnak kell lennie, hogy 4–5 palánkot átfogjon. Ha a ragasztás megkötött, legyaluljuk és szegecsekkel a régi borda mellé építjük a bordadarabot.

Új borda beépítése esetén először eltávolítjuk a régit, majd egyenesszálú anyagból elkészítjük az új bordát, gőzöljük, behajlítjuk a régi helyére. Behajlítás előtt meg kell tisztítani és be kell olajozni a palánkokat.

A fenékmerevítő cseréje. A repedt, törött, gerinctől elvált fenékmerevítőt mielőbb ki kell cserélni, mert ez egyik legfőbb merevítője a hajótestnek. Ha meglazult vagy eltört, az igénybevétel az összes szomszédos kötést terheli. Ennek következményei: hullámossá vált fenék, szivárgás, szakadt, kilazult szegecsek és csavarok.

Ha a fa egészséges és csak elvált a gerinctől, akkor erősebb csavarral visszaerősíthető. Csere esetén a fenékmerevítőt egy darabban emeljük ki, s ennek alapján kidolgozzuk az újat, ügyelve, hogy annak alsó éle pontosan hozzásimuljon a palánkhöz, majd csavarokkal helyére erősítjük.

A dörzsléc javítása. A dörzsléc egyike a leginkább igénybevett alkatrészek-

nek, védi a hajótestet és gyakran sérül. Amennyiben nem a teljes dörzslécut cseréljük, úgy a betoldott darabot ferdén illesztjük, s beszerelés előtt az alatta levő palánkrészt lenolajkencével beeresztjük.

A fedélzet javítása. A fedélzet gyakran gombásodik, ha a hajótestnek rossz a szellőzése vagy ha a fedélzet és a vásznazás közé víz kerül. Ilyenkor a vásznazást el kell távolítani, s a gombásodott fedélzetet vagy annak egy részét ki kell cserélni. A palánkok lebontásakor megvizsgáljuk, hogy a gombásodás nem terjedt-e át a fedélzeti bordákra.

A rudazatok javítása. Ha a rudazat megrepedt és nem tudunk a repedés közé ragasztóanyagot szorítani, akkor célszerű azt fűrésszel bevágni. A fűrészesbe furnérseleket ragasztunk, majd összeszorítjuk. Ha a rudazat — pl. árboc — vitorlavezető-hornya kicsorbult, akkor fecskefark alakban ki kell a törés helyét vézni, ebbe egy megfelelő foltot ragasztani, majd vésővel kidolgozni és simára csiszolni.

Műanyaghajók javítása. Az üvegszálalás műanyagból készített külhajak és egyéb alkatrészek sérülései — amennyiben azok nem nagyok — aránylag könnyen javíthatók. Kis repedés vagy helyi sérülés esetén a sérült helyet megcsiszoljuk és üvegszálból és műgyantából készített masszával kispatulyázzuk, majd a gyanta kikeményedése után simára csiszoljuk és védőbevonattal látjuk el. Amennyiben a sérülés nagyobb, akkor a sérült lemezt először kivágjuk, majd a nyílás szélét ferdén lerézszeljük. A nyílás elé belül egy választóanyaggal bevont hajlékony lemezt szorítunk, majd a nyílást üvegpaplannal, -szövevel és poliészterrel belamináljuk. A kikeményedett gyantát megcsiszoljuk, végül a folt belső oldalán erősítésként több réteg üvegpaplant viszünk fel (216. ábra).

A szendvicsszerkezetű külhajak javítása bonyolultabb, s ezt a következőképpen végezzük. Először kivágunk a szendvicsszerkezet belső fedőrétegéből egy, a sérülésnél nagyobb darabot, majd kivágunk a magból egy ugyanekkora darabot. Utána a külső fedőréteget a fent ismertetett módon kijavítjuk és belül is rálaminálunk egy erősítőréteget (217. ábra). Ezután lerézszeljük a belső fedőréteget, beragasztunk egy magdarabot, kijavítjuk a belső fedőréteget, s belül ezt is megerősítjük egy laminátréteggel.



216. ábra. Műanyaghajó külhájának javítása



217. ábra. Szendvicsszerkezet javítása

III.

Evezős, vitorlás és motoros kishajók

A) EVEZŐSCSÓNAKOK

1. Szerkesztési szempontok

Különbséget kell tennünk a tavi és folyami evezőscsónakok között, ezek építési módjukat, méreteiket és alakjukat illetően különböznek egymástól.

A *nagytavi* (balatoni) *evezőscsónakok* és a *mentőcsónakok* hosszukhoz képest szélesek, szabad oldalmagasságuk nagy, ennek megfelelően stabilak és stabilitás-terjedelmük is nagy. A kedvezőtlen L/B viszony és a nagyobb súly miatt e csónakok sebessége kisebb, mozgásukhoz nagyobb erő szükséges.

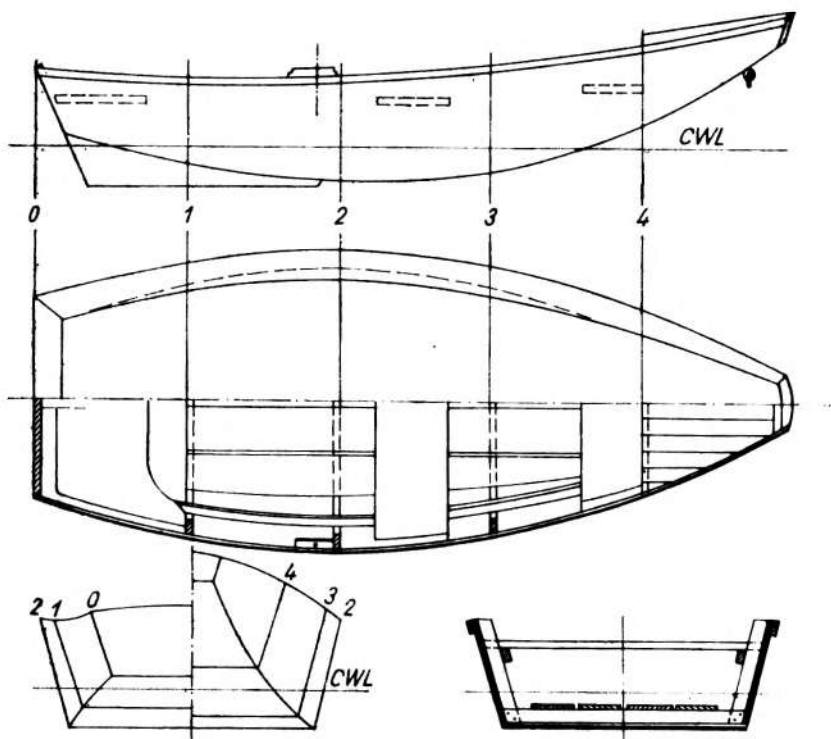
A *folyami evezőscsónakok* hosszukhoz képest keskenyek, *Froude-számuk* kicsi, így összellenállásukat illetően a súrlódási ellenállás a domináló szerkesztésükben, ezért minél kisebb nedvesített felületre törekszünk. A folyami evezőscsónakok bordái közel kör alakúak, a vízvonalak oldalról és nem alulról záródnak, a vízszálak tehát alig csavarodnak. Az ilyen hajók hatásfoka igen jó. A folyami evezőscsónakok L/B viszonya nagy, szabad oldalmagasságuk és önsúlyuk kicsi, stabilitásuk és stabilitás-terjedelmük kicsi; aránylag kis erővel is nagy sebességgel haladnak.

Megkülönböztetünk szorosabb értelemben vett *evezőscsónakokat*, amelyeknél az evezőt villa támasztja alá, továbbá *kajakokat* és *kenukat*, melyeket lapáttal mozgatnak. Az evezőscsónakok anyaga fa, könnyűfém és műanyag.

2. Tavi evezőscsónakok

A legegyszerűbb evezőscsónakok lapos fenekűek, gerinc és orrtőke nélkül, merev bordákra épülnek. Az egyszerű *halászcsonak* bordái tölgyfából készülnek, csapozással összeépítve és sarokvasalásokkal erősítve. A bordák egymástól való távolsága 50...70 cm. A palánkozás 20 mm vastag fenyőfa deszka, amelyet szögekkel vagy csavarokkal erősítenek a bordákhoz. A palánkok V alakban illesztettek, tehát csak belül érnek össze. A hézagot kikittelik vagy mohával töltik ki, s hogy a tömítőanyag ki ne essék, iszkábaszögekkel fogják össze.

A halászcsonakokhoz hasonló felépítésű a 218. ábrán látható három személyvel terhelhető evezőscsónak, amelynek hossza 2,8 m, szélessége 1,2 m. A csónak négy bordára, tükörrre és ún. orrtükörrre épül, ami igen egyszerű



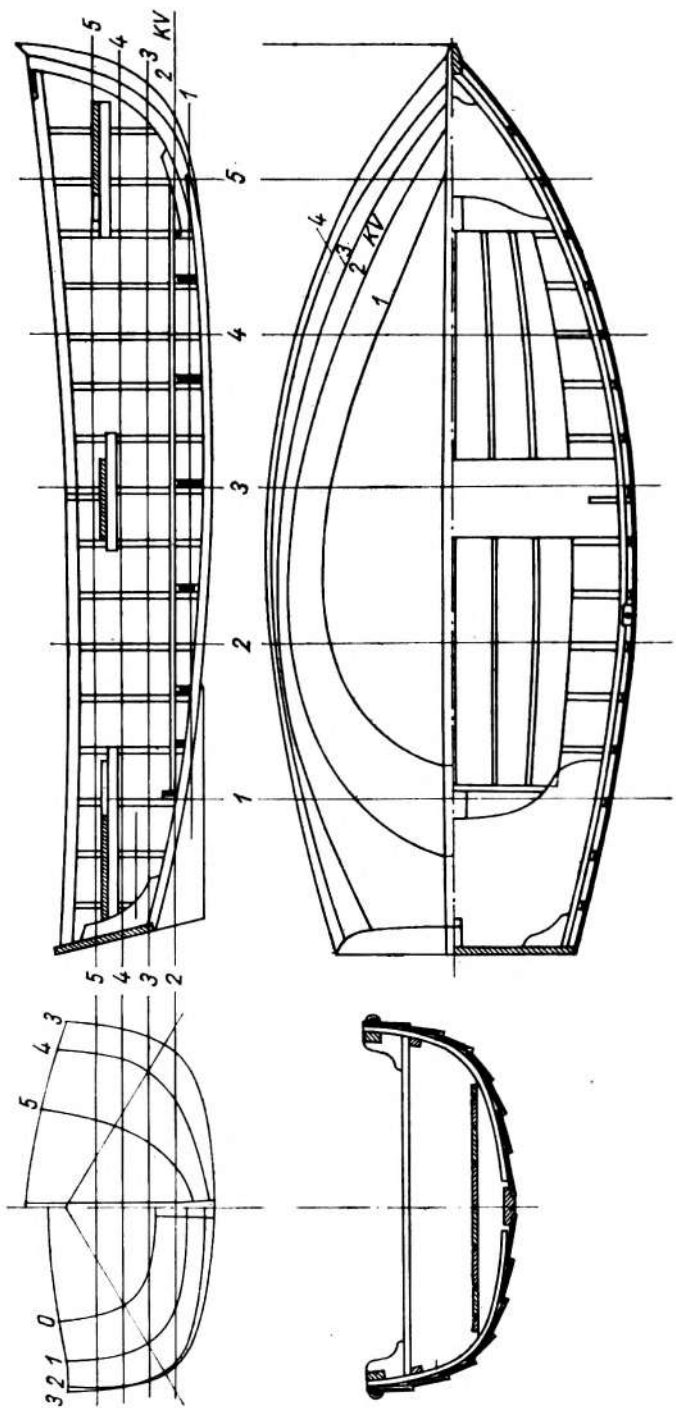
218. ábra. Lapos fenekű horgászcsónak

palánkozást tesz lehetővé. A külháj készülhet rétegeltlemezből vagy farostlemezből is, ilyenkor sarokmerevítőt és hosszmerevítőt kell a bordákba beilleszteni. A fenék merevítésére egy 20×50 mm-es keresztmetszetű gerincet is beépíthetünk. Vastagabb (16...20 mm-es) palánkozás esetén sarok- és hosszmerevítőre nincs szükség, mert a csónaktest így is elég merev, s a fenék nagy felületen érintkezik az oldalakkal. Hátról a csónak fenekéhez erősített uszony keményfából készül, s célja a csónak iránystabilitásának biztosítása.

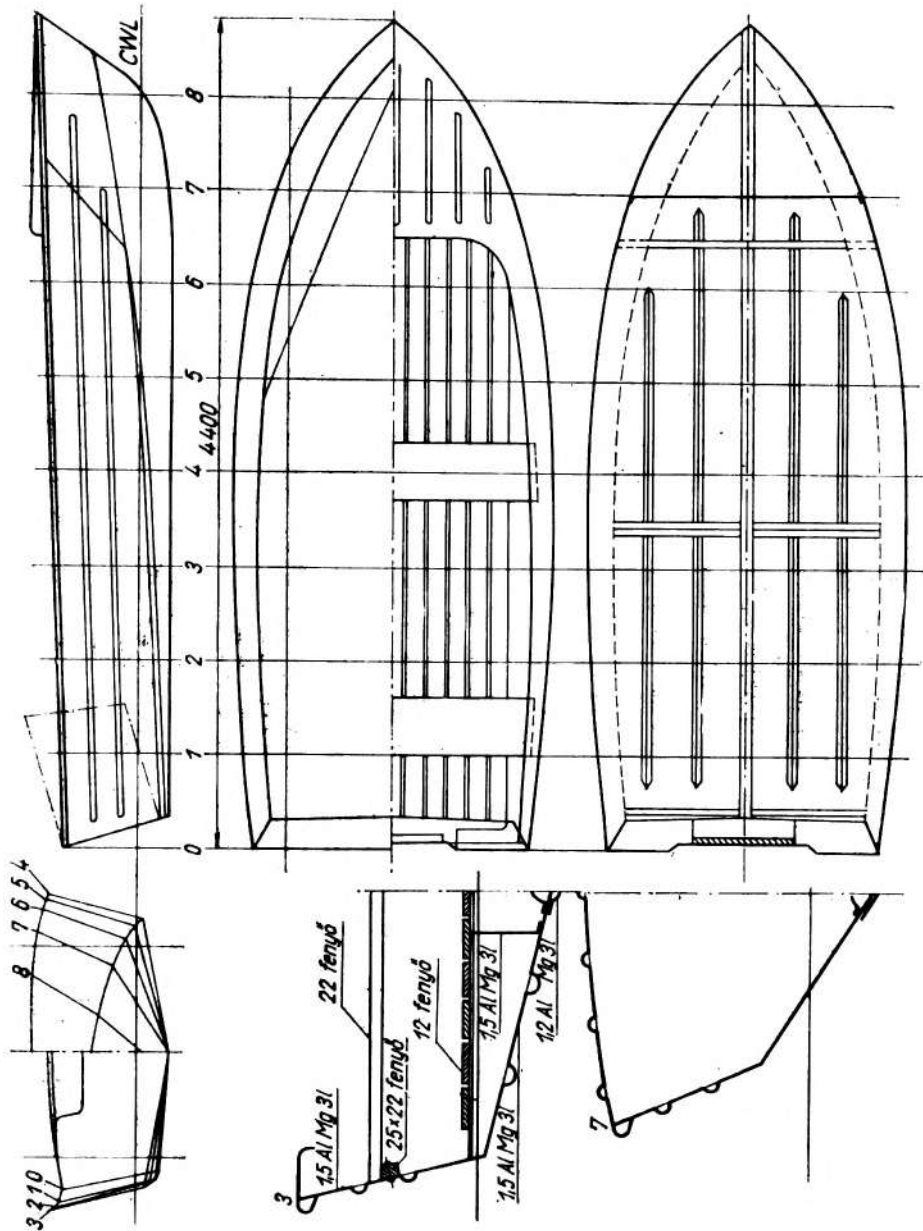
Kisebb *egypárevezős csónakot* ábrázol a 219. ábra. Ennek hossza 2,5...3,2 m, szélessége 1,1...3 m, szabad oldalmagassága 0,33...0,38 m. Az U alakú bordakiképzés a kis méretek ellenére is kellő stabilitást biztosít. Hátránya az ilyen rövid csónaknak, hogy két személlyel terhelve eltrimmelődik, a tükör a szerkesztési vízvonal alá kerül és a csónak ellenállása nagymértékben megnő. A gerinc hátul való felhúzása nem sokat segít, mert ezzel csökken hátul a felhajtóerő. Helyesebb a csónakot kiszélesíteni, s így biztosítani a szükséges hossz-stabilitást.

A tavi evezőscsónakokban az ülés középvonala és az evezővilla közötti távolság 400 mm, az ülés felső széle és az evezővilla középpontja közötti távolság kb. 240 mm. A lábtámasz és az ülés középvonala közötti távolság középértéke 800 mm. A csónakot úgy kell szerkesztetni, hogy egy személlyel terhelve a szerkesztési vízvonalon ússzon.

A csónak klinker-palánkozású, hajlított bordás. Egyenes helyzetben építjük négy vagy öt építőbordára. A hajlított bordák egymástól való távolsága



219. ábra. Egypárvézős tavi osónak



220. ábra. Könnyűfém halász-vadász csónak

160...210 mm, úgy kell kiosztani őket, hogy az építőbordák távolsága a hajlított bordák egymástól való távolságának egész számú többszöröse legyen. Az alkatrészek keresztmetszeti méretei: a gerinc 33×75 mm, az orrtőke 45×70 , a hosszmerítők 20×45 , a bordák 22×12 mm keresztmetszetűek, a palánkok vastagsága 9 mm, a fenékmerevítőké 15...20 mm.

Az evezőülést, amelynek szélessége 240...250 mm, a csónaktesttel gondosan erősítjük össze, s a külhøjhoz, valamint a hosszmerítőkhez könyökkel erősítjük, mert ez a csónaktest egyik legfontosabb keresztirányú merevítője.

*Könnyűfém*ből készített *halász-vadász csónakot* ábrázol a 220. ábra. A csónak *egypárevezős*, s maximálisan 10 LE-s motor felszerelésére is alkalmas. Hossza 4 m, szélessége 1,32 m, szabad oldalmagassága 0,43 m, súlya kb. 90 kp. A sarkos formájú hajótestet úgy kell kiképezni, hogy arra a külhøj gyűrődés nélkül ráhúzható legyen. Az 1,5 mm-es könnyűfém lemezből készített külhøj hegesztéssel összeépített héjszerkezet. Harántbordákra tehát nincs szükség. A héj merevítéséről hengerelt hosszbordák gondoskodnak. A fenékmerevítők egyúttal padlótartók, a harántirányú merevséget az ülések adják.

3. Folyami evezőscsónakok

A *folyami evezőscsónakok* szerkesztésekor legfőbb szempont a minél kisebb ellenállás és kis önsúly biztosítása: másodrendű követelmények a stabilitás és a szilárdság. Méreteik, szerkezetük aszerint különbözik, hogy túra- vagy versenycélra készülnek.

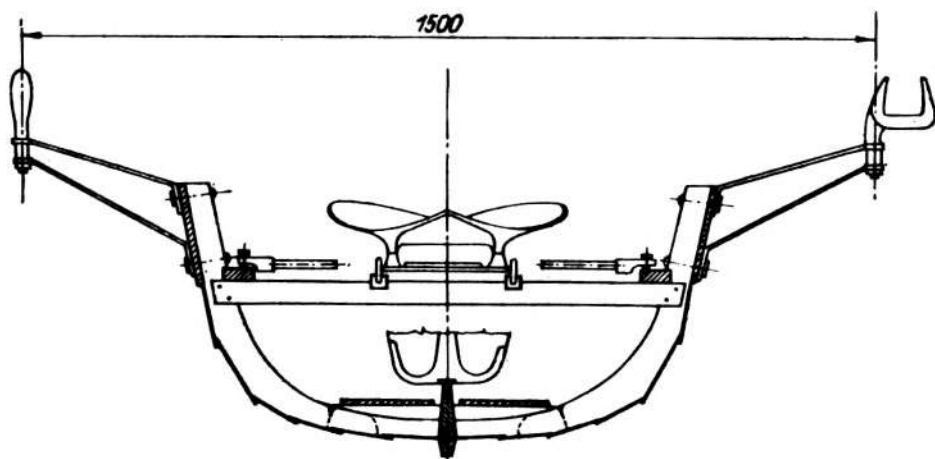
A *túracsónakok* palánkosak, klinker építésűek; a *versenyhajók* (*race* hajók) külhőja sima, falemezből, rétegeltlemezből, formára préselt furnéroból és műanyagból készül. Palánkos hajókat is építenek verseny- és edzési célokra. Ezek méretei a versenyhajókkal közel azonosak, súlyuk azonban lényegesen nagyobb. A versenyhajók kormányosak vagy kormányos nélküliek, s az evezősök két kézzel, egy evezővel (*Riemen*) vagy párevezővel (*Skull*) eveznek.

Palánkos evezőshajók (*Gig*). A palánkos evezőshajók általában nyitottak, klinker építésűek, s merev kőrisfa bordákra épülnek. Az építést mindig fordított helyzetben, pontosan sík építőpallón végezzük, amely kb. 80 cm magasra van felbakolva. Azok a bordák, amelyek az evezővilla-gyámokat és az ülés-pályát tartják, erősebbek (*gyámbordák*).

A bordákat a gyámbordák kivételével beeresztjük a belső gerincbe és a hosszmerítőbe. A külső gerincet, ami egyben hosszmerítő és a feneket védi, a felpalánkozás után erősítjük fel. A legfelső palánk a többi palánknál 50%-kal vastagabb. A bordatávolságot annak figyelembevételével kell megválasztani, hogy a gurulóülés pályája mindig két gyámborda közé van építve, s a pálya hossza 600...640 mm.

Az ún. német építési módban aljazott gerincet használunk, és a két borda-felet fenékmerevítővel kötjük össze. A gerincet végigfutó gerincmerevítővel erősítjük (221. ábra).

Kétpárevezős palánkos túracsonak (*Kielboot*). Hossza 7,5...8,0 m, szélessége 0,8...0,9 m, merülése 0,12...0,14 m, szabad oldalmagassága 0,33...0,35 m (222. ábra). A bordák erősen lekerekített U keresztmetszetűek, a gerinc teljesen egyenes, csak az orrtőke előtt van egy kis hajlása. Az orrtőke, a tükör (fartőke), a bordák, a gurulóülés pályája, az orr- és fartőke könyökök, a láb-tartótámasz kőrisfából, a többi alkatrész fenyőfából készül. A külhøj készülhet



221. ábra. Evezős gig bordametszete

mahagoniból vagy okuméból is. A fenyőpalánk vastagsága 6–7 mm, a mahagonié 5–6 mm, a legfelső palánk 10 mm vastag. A palánkok száma egy-egy oldalon hét. A bordák egymástól való távolsága 310 mm. A gyámbordák keresztmetszete 25×25 , a bordáké 12×15 mm. A bordákat a palánkozás beosztása után kívül sarkosra gyaluljuk, hogy a palánkok hézag nélkül fel-feküdhessenek.

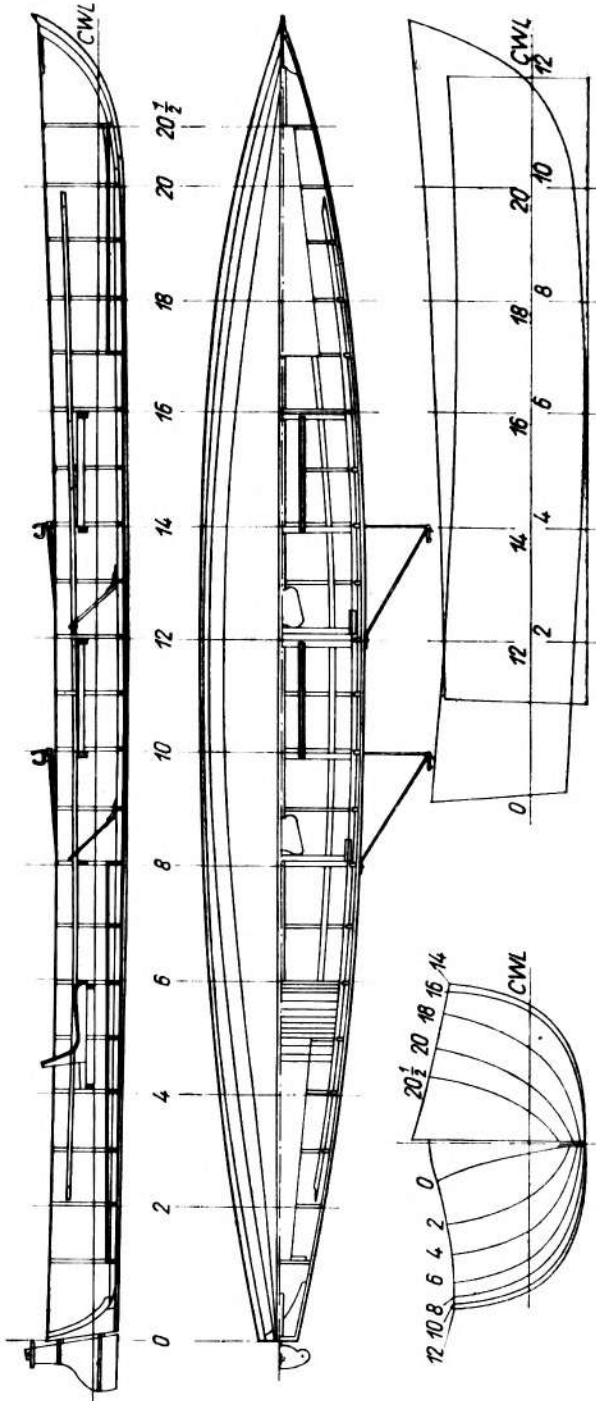
A hosszmerévítőt az utolsó palánk alsó éle mentén erősítjük a bordákhoz. Ez alá kerül a gyámbordákhoz csavarozva az üléspályát tartó 25×50 mm keresztmetszetű lécs. Az üléspályát a gurulóülés kerekei részére kialakítjuk. A 223a ábrán a gurulóülés, a 223b ábrán pedig a lábtámasz rajzát láthatjuk. A gurulóülést hársfából vagy mahagoniból, a lábtámaszt kőrisből vagy fenyőfából készítjük. A kerekek anyaga sárgaréz vagy műanyag.

Az evezővilla-gyám köracélból vagy húzott acélcsőből készül, a villa sárgaréz vagy bronzöntvény. A villák csapjainak egymástól való távolsága 1600 mm. A villa gyámjait anyáscsavarokkal erősítjük a felső palánkhoz.

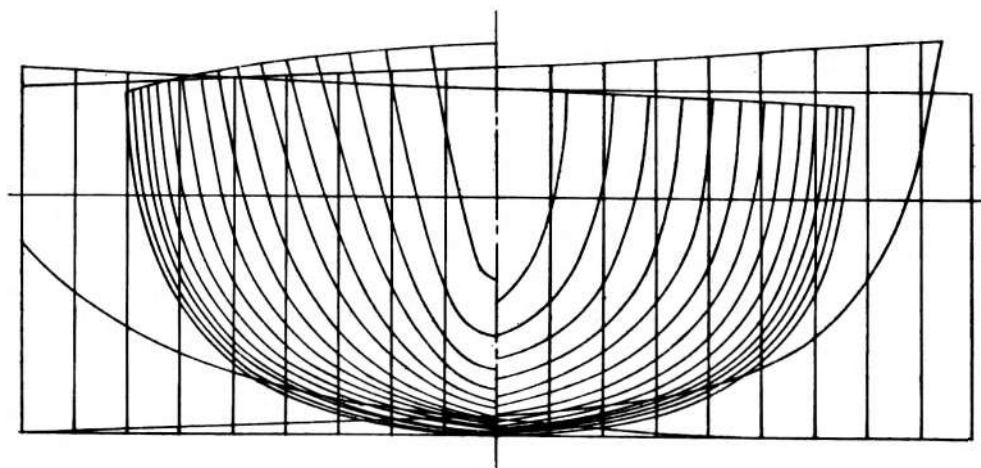
Verseny- és edzési célokra készülő palánkos csónakok. Az evezőscsónakok fő méreteit nem szabályozzák szigorú megkötések, mint a legtöbb — versenyzésre épített — vitorlás típusét, azok a gyakorlat és vontatási kísérletek alapján szerzett tapasztalatok útján alakultak ki. A kísérletek szerint a hossz növelésének bizonyos határon túl nincs értelme, mert a maradék ellenállás már nem csökken lényegesen, a nedvesített felület és ezzel a súrlódási ellenállás viszont nő.

A gerinc a legtöbb típusban egyenes vagy csak kismértékben hajlott, a bordametszetek közel körív alakúak. A nagy hossz és a kis szélesség miatt a vonalrajzot csak torzítva lehet megszerkeszteni. Az eljárás az, hogy először kicsinyített léptékben megrajzoljuk a csónak oldal- és felülnézetét, majd természetesen nagyságban a főbordametszetet, utána torzítva megrajzoljuk a vonalrajzot a bordametszetekkel. A 224. ábra egy *palánkos négyes* bordametszet-rajza és torzított vonalrajza.

A verseny- és edzési célokra készülő palánkos csónakok szerkezeti felépítésükben az előbbieken ismertetett kétpárevezős csónaktól csak abban különböznek, hogy annál könnyebbre építendőek, ugyanakkor L/B viszonyuk na-



222. ábra. Kétpárevezős palánkos túracsónak

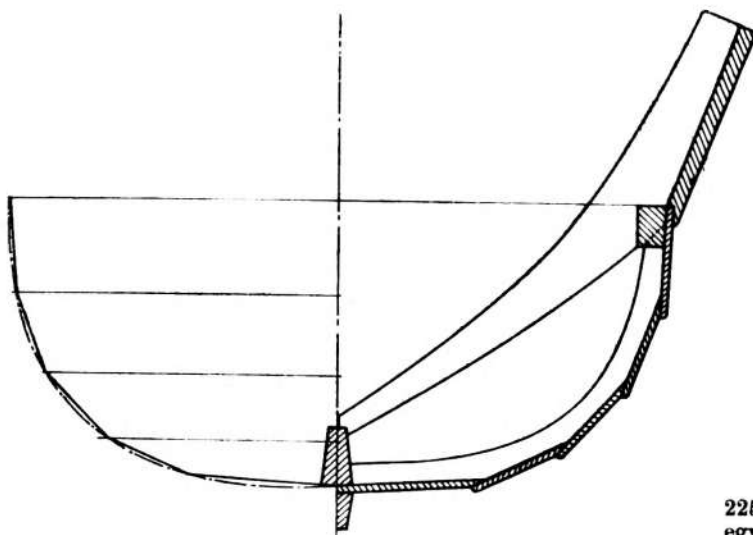


224. ábra. Palánkos négyes bordametszetrajza

18. táblázat

Evezős gig fő méretei

Fő méretek	Mérték- egység	A gig típusa			
		egyes	kettes	négyes	nyolcas
L_g	m	7,00	8,25	10,50	17,50
B_g	m	0,60	0,90	1,00	0,85
B	m	0,48	0,75	0,76	0,70
T	m	0,22	0,33	0,31	0,32
Súly	kg	24	55	90	150

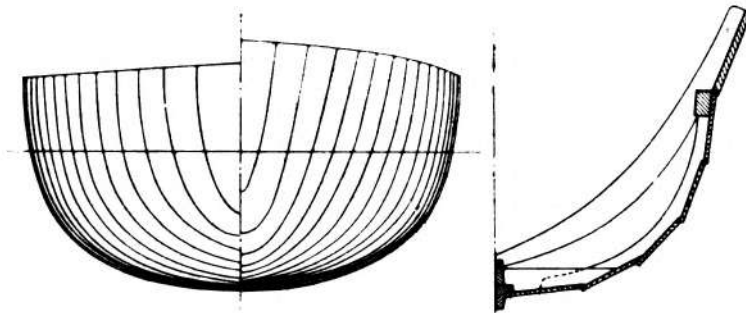


225. ábra. Palánkos
egyes főbordametszete

gyobb. A 18. táblázatban az egyes, kettes, négyes és nyolcasevezős gig-ek fő méreteit és súlyát foglaltuk össze.

A 225. ábra *palánkos egyes* főbordametszete, a palánkok száma öt, a palánkvastagság 4...4,5 mm, a hullámdeszka 8...9 mm vastag, 100 mm széles, felső éle a függőlegestől 22 mm-t tér ki. A hajótest fő merevítője, a belső gerince 30 mm magas, a külső csak 10...15 mm.

A 226. ábra ún. német építésű *palánkos kettes* bordametszetrajza. A hajó gerince T keresztmetszetű, a bordák nincsenek beeresztve a gerincebe, s a két



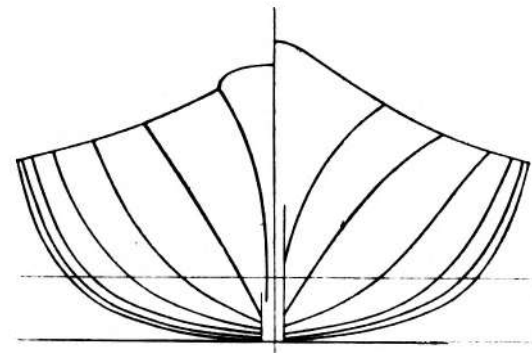
226. ábra. Palánkos kettes bordametszetrajza

hajófelet a fenékmerevítők erősítik össze. A gyámbordák itt is a gerincmerevítőre és a két hosszmerevítőre (*koszorúlc*) támaszkodnak.

Ezeket a hosszukhoz képest keskeny csónakokat, amelyek keresztmetszeti méretei a minimumra vannak lecsökkentve, igen pontosan kell összeépíteni, s diagonális merevítőlécekkel kell ellátni.

Hullámos vízre alkalmasabb az olyan gig, amelynek bordái kiesők, elől és hátul V alakúak, orra és fara magasabb, s a könnyebb kormányozhatóság céljából gerince erősebben hajlott (227. ábra).

A palánkos evezős csónakok alkatrészeinek méretei az idők folyamán minden csónaktípusra kialakultak, ezek a méretek kitűnő minőségű faanyag felhasználását tételezik fel. A 19. táblázatban az evezős gig-ek alkatrész méreteit ismertetjük.



227. ábra. Hullámos vízre szerkesztett gig bordametszetrajza

Evezős gig alkatrészméretei*

Alkatrész neve	A gig típusa			
	egyese	kettes	négyese	nyolcas
Gerinc (német építés)	40 × 38	40 × 42	42 × 42	42 × 45
Gerincmerevítő	35 × 16	35 × 18	35 × 18	40 × 20
Belső gerinc (angol építés)	33 × 20	40 × 22	42 × 22	45 × 22
Külső gerinc (angol építés)	20 × 20	20 × 20	25 × 22	28 × 22
Fartőke (tükör)	120 × 22	120 × 22	160 × 22	160 × 22
Orrtőke	50 × 24	60 × 26	80 × 30	90 × 30
Palánk	4	5	6	6
Felső palánk	12	12	12	12
Gyámborda	24(10)	24(10)	24(10)	24(10)
Borda	7 × 15	8 × 16	10 × 18	11 × 20
Fenékmerevítő az üléstérben	11	11	11	12
Fenékmerevítő a végeken	6	6	6	6
Kocsipályatámasz	18 × 18	18 × 18	18 × 18	18 × 18
Kocsipályatámasz összekötője	38 × 18	38 × 18	38 × 18	38 × 18
Hosszmerevítő (gondaléc)	40 × 16	40 × 16	40 × 16	40 × 18
Diagonális merevítőléce	21 × 11	23 × 12	23 × 12	23 × 12
Kocsipálya	30 × 15	30 × 15	30 × 15	30 × 15
Evezővilla-támasz (acéleső)	14 × 1	14 × 1	14 × 1	14 × 1
Kormánylap	—	11	12	12

* A méretek mm-ben.

4. Verseny evezőscónakok

A verseny evezőscónakok összellenállásának kb. 90%-a súrlódási ellenállás és csak 10%-a maradék ellenállás. Külhékük sima, vékony cédruslemezből, rétegeltlemezből s furnérokból formára préselve készül. Kisebb hajók üveg-szálas poliészterből is készülnek. A versenyhajókra alapvető követelmény a kis súly és a nagy merevség, amelyet a keresztmetszetek ésszerű csökkentésével, könnyű, de ugyanakkor nagy szilárdságú anyagok alkalmazásával, kellő számú diagonális merevítés beépítésével és a ragasztás alkalmazásával érünk el.

A versenyhajók szilárdságilag erősen igénybevett részeit, mint pl. a bordákat, orrtőkét, fartőkét, üléspályát kőrisfából, a váz többi alkatrészét lehetőleg a közönséges lucfenyőnél nagyobb szilárdságú és szívósabb sitka fenyőből (spruce) készítjük. Csak válogatott, osztályon felüli, egyenesszalú és teljesen csomómentes faanyag alkalmas.

A rétegeltlemez külhéj a cédrus külhéjénél erősebb és merevebb, ezért hajlított bordákat nem szükséges alkalmazni. A cédrus külhéj hátránya, hogy klímaváltozás esetén a bordák helye a külhéjre meglátszik, ezért igen gondosan kell lakkozni, hogy a klimatikus hatásokat a külhéjtől távolartsuk. A rétegeltlemez külhéj víz- és fűzésálló ragasztású, három-hét rétegű, hát-

ránya, hogy csak kis méretekben készül, ezért sokat kell toldani. A külháj vastagsága versenycsónakokon:

Csónak-típus	A külháj vastagsága	
	cédrusból	rétegelt-lemezből
	mm	
Egyes	2,0	1,3
Kettes	3,0	1,5
Négyes	3,5	1,8...2,0
Nyolcas	4,0...4,5	2,0...2,2

A verseny evezőshajók L/B viszonya 32...50, a fő méretek aránylag szűk határok között változnak. A 20. táblázat a verseny evezőscsónakok fő méreteit tartalmazza.

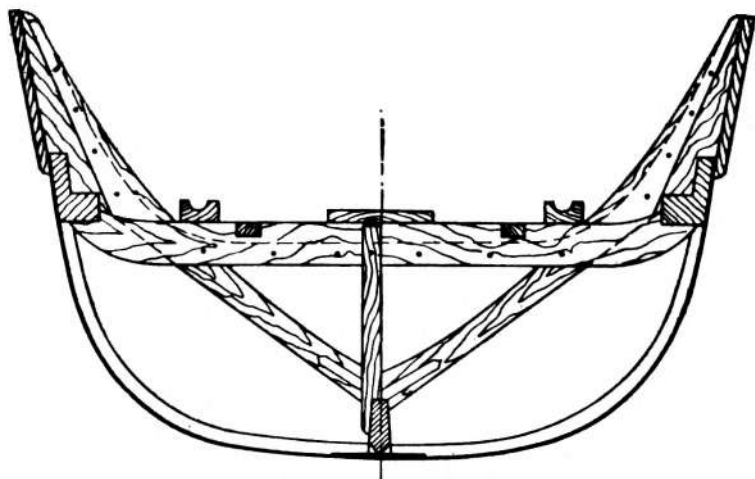
A helyszükséglet egy evezős részére 1280...1300 mm, a kormányos részére 950 mm. Ha a bordatávolság egy hajón pl. 912 mm, akkor minden gyámbordaközt három részre osztunk, így $912/3 = 304$ mm-re esik egy hajlított borda. A gyámbordák, melyeket a hullámdeszkánál az evezővilla-gyám felerősítése céljából 20...22 mm vastagra kell készíteni, lefelé a gerincig 9...12 mm-re vékonyítandók el. Lehetőség szerint minden alkatrészt ki kell könnyíteni, ahol azt a helyi szilárdság megengedi, pl. az éleket lekerekítjük vagy lerészseljük, hogy ezzel is súlyt takarítsunk meg. Minden alkatrészt igen pontosan illesztünk és ahol lehet, ragasszunk.

A versenyhajók egyik építési módja, hogy a külhajat a gerinc és a koszorúlécebe becsapozott merev bordákra építjük rá (228. ábra). A merev bordák keresztmetszete $4 \times 8 \dots 6 \times 12$ mm, a hajó méreteitől függően. A gerincet az orr- és fartőkével az építőpallóra erősítjük, ezután a gondosan kivágott kórisfabordákat becsapozzuk és beragasztjuk a gerincbe és a koszorúlécebe. A kész vázat ellenőrizzük, amennyiben valahol pontatlanságot észlelünk, az egyenetlenséget csiszolópapírral borított léccel eltüntetjük. A diagonális merevítőket

20. táblázat

Verseny evezőscsónakok főméretei

A hajó típusa	I_g m	B_g mm	T mm	D dm ³	Nedvesített felület m ²	Távolság θ bordától	L/B	B/T	L/T
Egyes	7,72	291	88	94,8	2,2	0,49L	26,4	3,32	85,5
Kettes	10,38	342	120	188	3,6	0,51L	30,2	2,85	86,2
Kormányos négyes	13,50	478	128	427	6,15	0,51L	28,3	3,74	105
Nyolcas	18,70	537	143	790	9,70	0,49L	34,9	3,75	131



228. ábra. Evezős versenyhajó főbordametszete

beépítjük, s a hullámdeszkat a gyámbordákra erősítjük. A cédrus vagy rétegtlemez külhajat előzőleg a szükséges hosszra összeragasztjuk, majd kívülről nedvesítve, belül melegítve ráhajlítjuk a vázra, s ragasztással és szögezéssel rögzítjük.

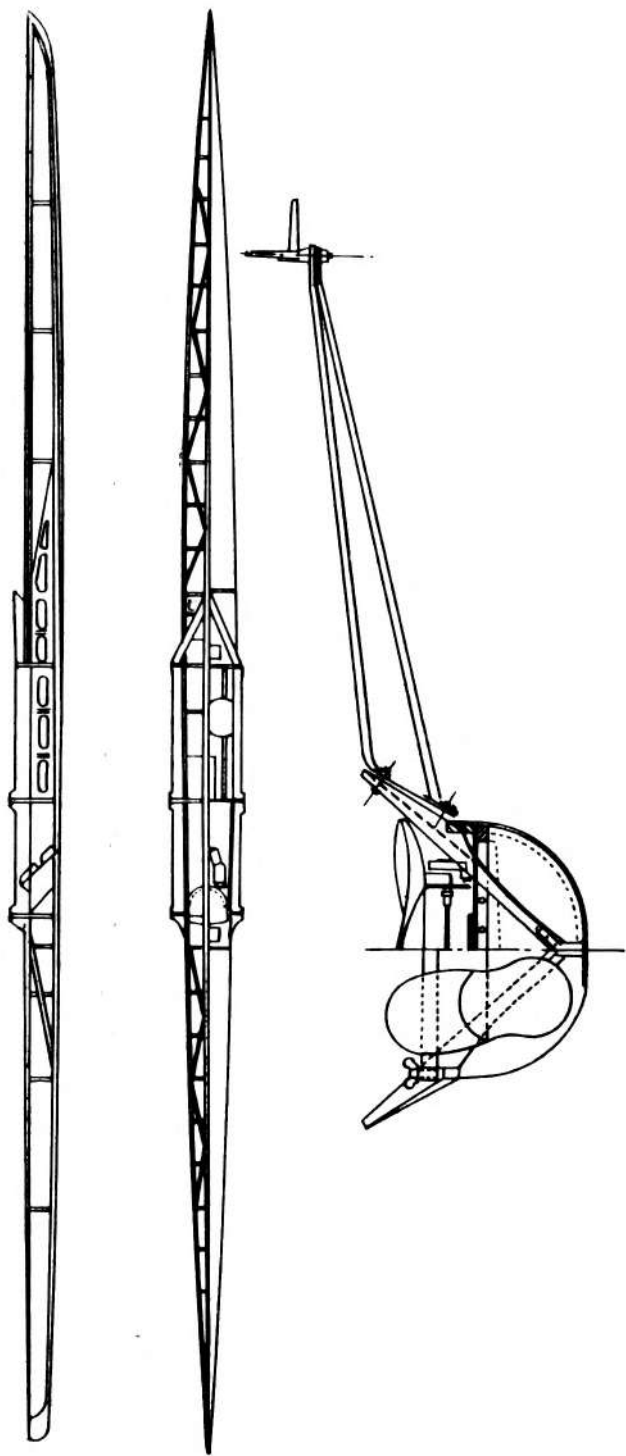
Más építési módban a hajót építőbordákra építjük, amelyek nem maradnak a hajóban. Ezekre hajlítjuk a lemezt, amelyet a gerincre, az orr- és fartökére és a koszorúlécre erősítünk, majd a hajót átfordítva az építőbordákat fokozatosan kivesszük, s közéjük és helyükre kőrisfából készített vékony hajlított bordákat erősítünk, s ezeket be is ragasztjuk. Rétegtlemez külső részénél a bordák nem szükségesek, mert a hajó enélkül is elég merev. Hátránya mind a cédrus, mind a rétegtlemez külső részének, hogy feszültségek maradnak benne, amelyek később deformálódásra vezetnek.

A rétegtlemez furnérokra formára ragasztott és préselt hajó rendkívül merev, gyakorlatilag feszültségmentes, és semmiféle belső merevítést nem igényel, anyaga ennek is cédrusfurnér, s a külháj legalább három rétegű. Hosszabb hajókat két darabból, középen ferde illesztéssel toldva és ragasztva készíthetünk.

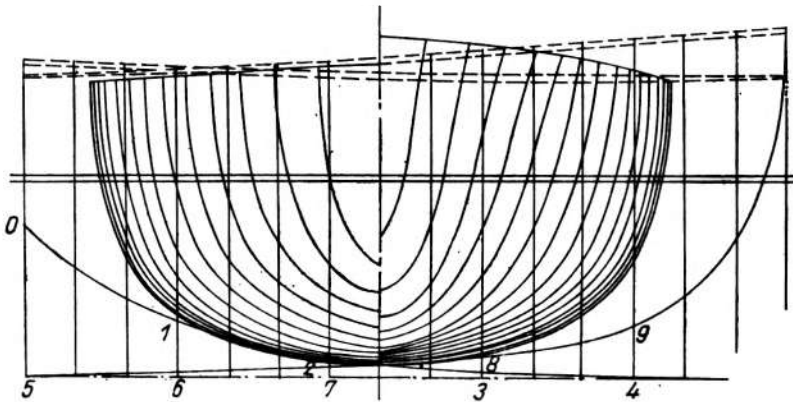
A verseny evezőshajók végeit vízmentes válaszfalal zárjuk le, amely egy erősebb bordához csatlakozik. A hajók első és hátsó fedélzetét 0,1–0,2 mm vastag vízálló impregnált vászonnal vagy műanyag fóliával borítjuk.

A 229. ábrán *egy evezős versenycsónak (szkiff)* szerkezeti és bordametszetrajzát látjuk. A csónak 7,7 m hosszú, 0,29 m széles és 2 mm-es cédruslemezről vagy rétegtlemezről készítenél. A csónakba három gyámbordát építünk be, amelyek a gurulóülést, a lábtámaszt és az evezővillákat tartják. A gerincet a csónak közepén végigfutó lyukakkal kikönnyített gerincmerevítő, a vázat pedig négy pár diagonális merevítő merevíteli, melyek a hosszmerevítőkhöz kapcsolódnak.

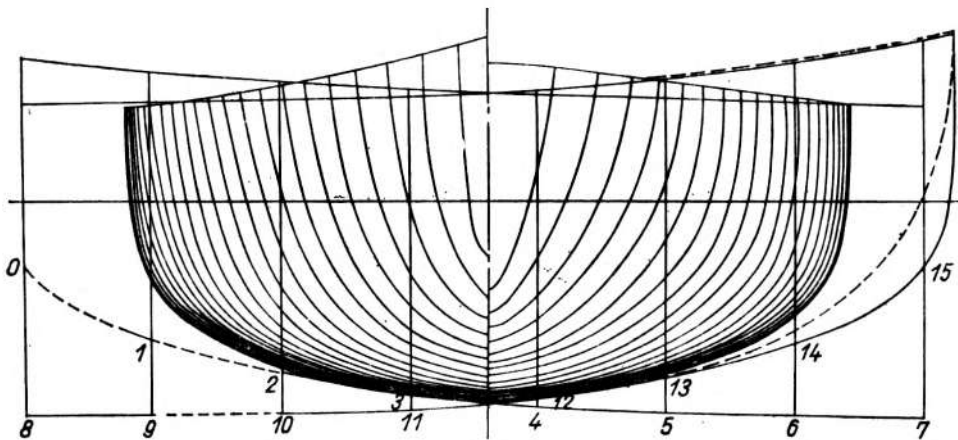
A 230. ábra *kormányos nélküli kettes versenyhajó* bordametszete és torzított vonalrajza. A hajó hossza 10,0 m, szélessége 0,35 m, merülése 0,12 m. A hajó bordái csaknem kör alakúak, amelyek elöl és hátul V alakba mennek át, de az elülső és hátsó bordák végei is le vannak kerekítve.



229. ábra. Sakiff szerkezeti és bordametszeteiraja.



230. ábra. Kormányos nélküli kettes bordametszetei

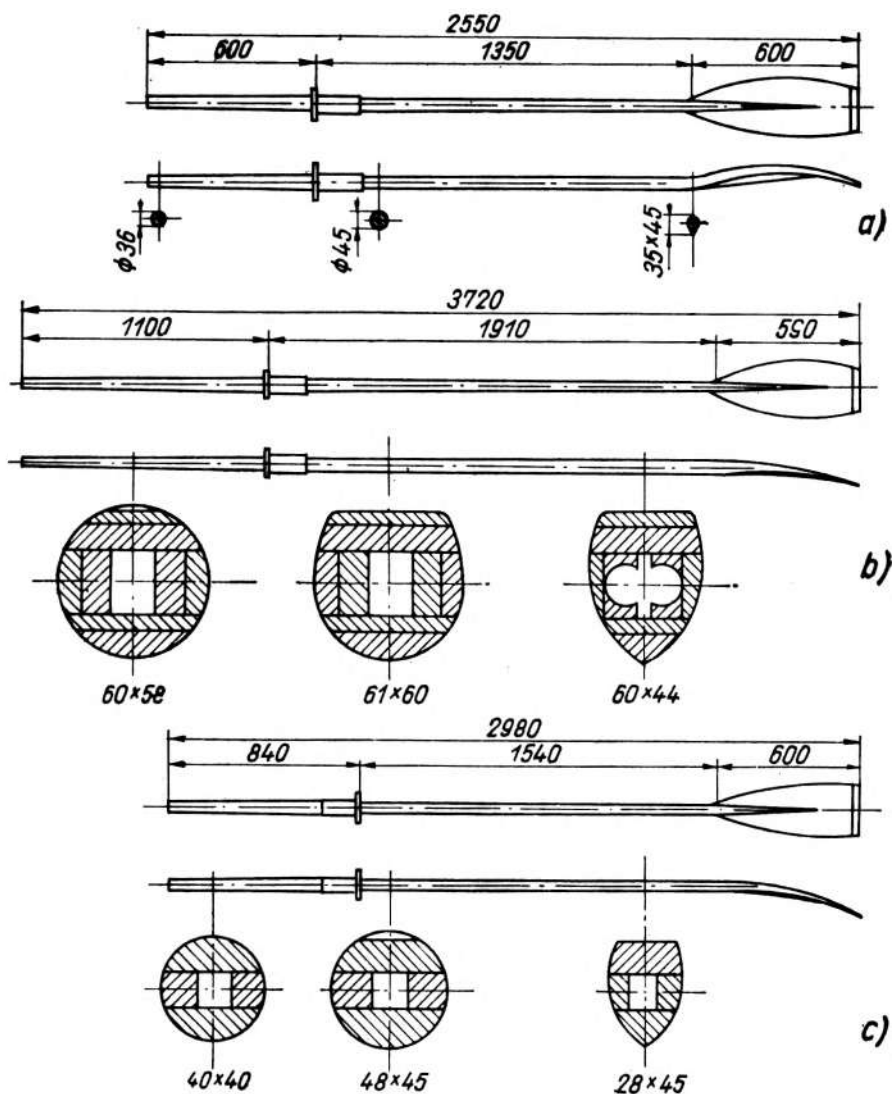


231. ábra. Verseny nyolcas bordametszetrajza

A 231. ábrán látható 17,5 m hosszú és 0,54 m széles, 0,14 m merülésű *verseny nyolcas* bordáinak már határozott mederhajlása van, melynek görbületi sugara a borda körív alakú fenékrészének görbületi sugaránál sokkal kisebb. Itt a bordák tehát már nem körív, inkább ellipszisív alakúak. Ezt a nagyobb szélesség, a viszonylag kis merülés és a megkívánt nagyobb stabilitás indokolja. Az orr- és farrész bordái itt is V alakúak, s végük lekerekített.

5. Az evezők méretezése és készítése

Az evezők mérete és alakja különböző. A tavi csónakok evezőinek hossza 2500...2600 mm, száruk tömör, keresztmetszetük kör, majd a toll felé elliptikus (232a ábra). A verseny evezőscsónakok evezői egy- vagy kétkarúak, hosszuk 2980, ill. 3720 mm, a toll hossza 600 mm. Az evezők szára — hogy



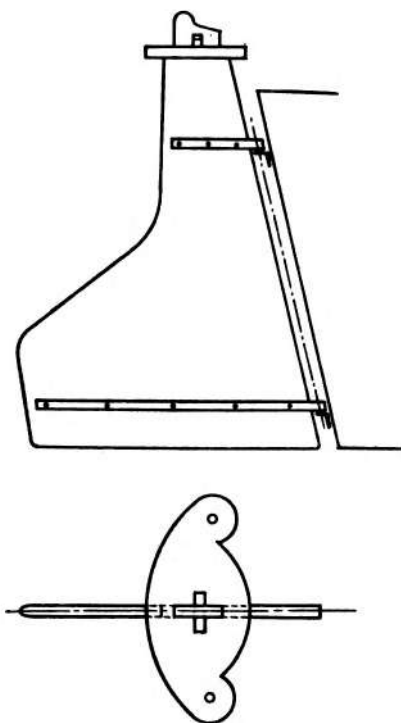
232. ábra. Tavi és folyami csónakok evezői

könnyebb és merevebb legyen, továbbá, hogy kevésbé vetemedjék — üreges (232b és c ábra). Az egykarú evező súlya kb. 2 kp, a kétkarúé 4 kp. Az evezők keresztmetszete a bőrözéstől az evező fogantyújáig kör, onnan hosszúkás keresztmetszetű, belső oldala lapos.

Az evezők anyaga csomómentes, egyenesszalú, osztályon felüli lucfenyő vagy sitka fenyő. Nem versénycélokra készülő evezők anyagában kisebb göcsök, ún. tűgöcsök megengedhetők. Az evezők a villa helyén, a bőrözésnél és közvetlenül a toll mellett vannak legjobban igénybevéve. Ezeken a helyeken semmiféle göcs nem engedhető meg.

Az evező darabjait leszabás után kimunkáljuk, majd összeragasztjuk. Az összeépítést pontosan síkra gyalult pallón végezzük. A nyersen kimunkált evezőt két csúcs közé fogjuk, s úgy dolgozzuk ki készre. A munkát sablonokkal ellenőrizzük.

A nem versenycélokra készülő evezők szárát tömören képezzük ki, hogy azonban ne vetemedjenek, ezeket is két darabból ragasztjuk össze. Az egyszetűbb tavi evezők szárát gyűrűsmarógépen munkáljuk ki. Az ilyen evező szára végig kör keresztmetszetű.



233. ábra. Folyami evezőcsónak kormányja

A kész evezőt simára csiszoljuk és lakkozzuk, majd bőrözzük vagy két könnyűfémből készített félgyűrűt erősítünk rá.

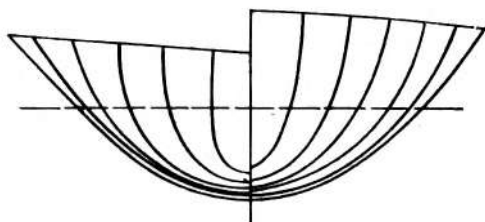
A tavi evezők villája sárgaréz vagy bronzöntvény, újabban műanyag, szára simára esztergált, a hüvelyt facsavarokkal erősítjük a csónak oldalára. A folyami csónakok villája ugyancsak sárgaréz vagy bronzöntvény, amely kúposra esztergált acélsapon forog. A villa belsejét simára kell kimunkálni.

Az evezőcsónakok *kormánylapátját* keményfából (kőris, mahagoni, tölgy) vagy vízálló rétegeltlemezből készítjük. A kormánylapot sárgaréz- vagy réz szalagból készített szerelvénnyel erősítjük a fartókéhez. A kormányív ugyan-csak keményfából készül és ék erősíti a kormányfejből kiképzett csapra (233. ábra). A versenyhajók kormányát áramvonalasan képezzük ki.

6. Kajakok és kenuk

A kajakot és kenut *lapáttal* és nem evezővel *mozgatjuk*. A kajak alacsony építésű, karcsú és csaknem teljesen fedett hajótípus, a kenu a kajaknál szélesebb és magasabb, teljesen nyitott vagy csak végeinél van kissé befedve. Sem a kajaknak, sem a kenunak *nincs tükre, csak fartőkéje*. Mind a kajak, mind a kenu készülhet túrázásra és versenyzésre, s ennek megfelelően méreteik, formájuk, szerkezetük és építőanyaguk különböző.

Kezdetben mind a kajak, mind a kenu bordametszetei U alakúak voltak, később a sebesség növelése érdekében a legnagyobb szélesség megtartása mellett a vízvonal szélességet fokozatosan csökkentették, így a bordák előbb kör, majd V alakúak lettek, a hajók stabilitása csökkent. A merülés a vízvonal szélesség csökkenésével nőtt. A V borda és a nagyobb merülés iránystabilitás



234. ábra. Versenykajak bordametszetrajza

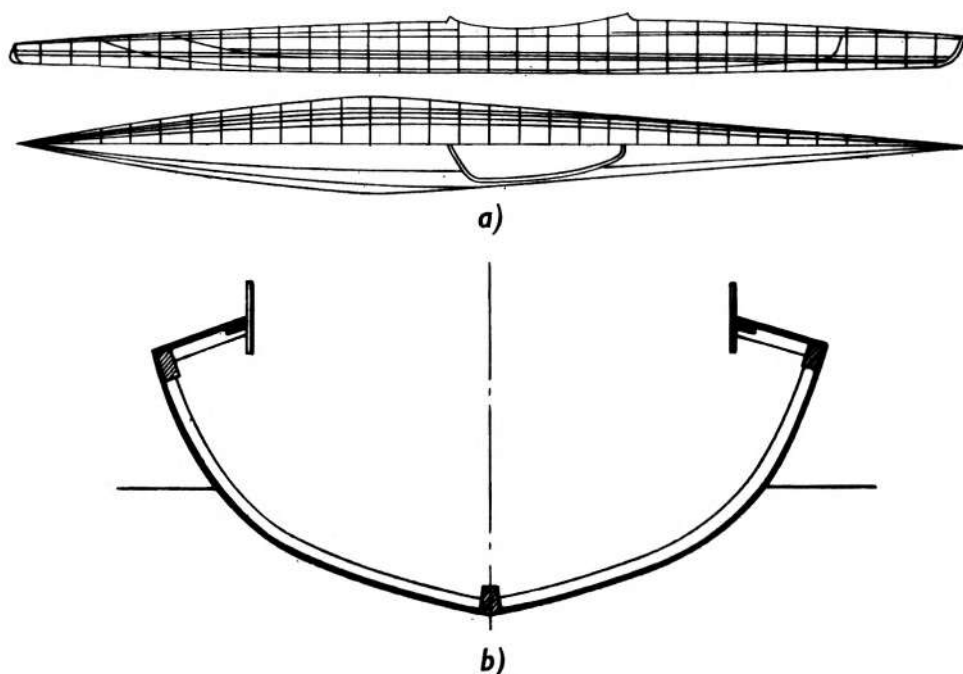
szempontjából kedvező és ez a kajaknál és a kenunál a váltakozva keletkező vagy egyoldalú erőhatás miatt fontos, a súrlódási ellenállás szempontjából viszont előnytelen, mert nagyobb a nedvesített felület. A kajakok és a kenuk gerincevonala mindig kissé hajlott, ami a fordulékonyág szempontjából előnyös.

A 234. ábrán korszerű *versenykajak* bordametszetrajzát látjuk. Megfigyelhetjük, hogy a bordák erősen kiesők, és vízvonal alatti részük közel körív alakú.

A nehezebb és lassúbb *túrakajakok* terhelés-súlypontját a vízvonalhossz 45%-ában, a korszerű *versenykajakok* terhelését előbbre, a vízvonalhossz 50... 55%-ában helyezik el (a 0 bordától). A túrakajakok tehát hátul mindig teltebbek.

A versenykajakok és -kenuk fő méretei és súlyuk:

Hajótípus	Legnagyobb hossz	Legnagyobb szélesség	Minimális súly kp
	mm		
Egyes kajak	5 200	510	12
Kettes kajak	6 500	550	18
Négyes kajak	11 000	600	30
Egyes kenu	5 200	750	16
Kettes kenu	6 500	750	20



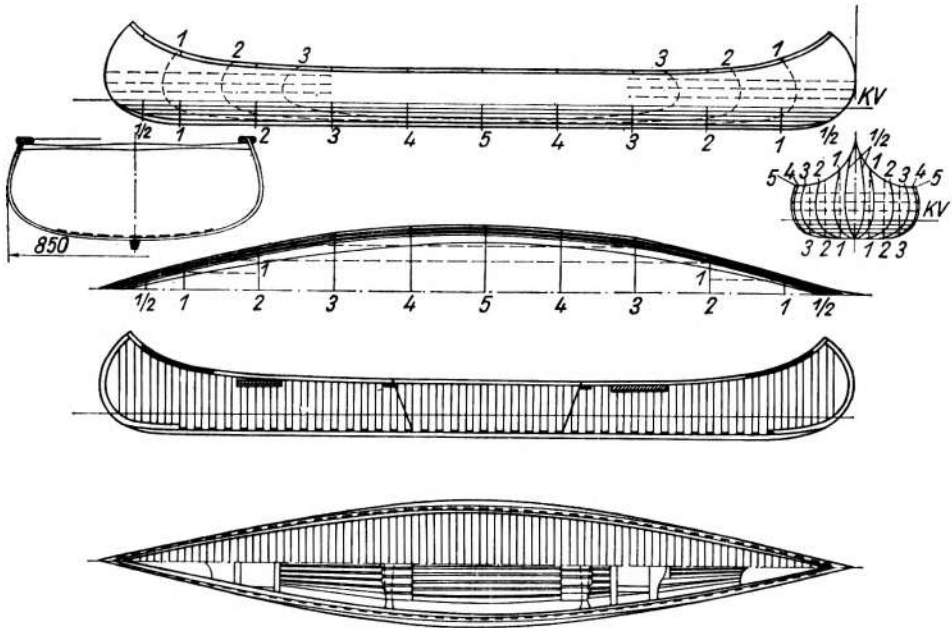
235. ábra. Egyes versenykajak

A kajakok és kenek legegyszerűbb építési módja a *lécezett külháj vászonborítással*. A nehezebb túrakajakokat klinker-palánkozással készítik. A lécezett kajak külháját 5 mm vastag fenyőlécek alkotják, amelyeket néhány épített, fűrészelt bordához erősítünk. A léceket felerősítő szögek fejeit be kell sülyeszteni, hogy a kajak felületét le tudjuk gyalulni. A külháj letisztítása után híg kittel felragasztjuk a vásznazást, majd kívül-belül jól lefestjük.

A 235. ábrán 5,2 m hosszú *egyed versenykajak* vonalrajzát és a főborda metszeti rajzát látjuk. A kajak bordái V keresztmetszetűek, erősen kiesők. A fűrészelt bordák a belső gerincbe és a hosszmerítőkbe vannak beeresztve és beragasztva. A külháj és a fedélzet rétegeltlemez vagy cédruslemez. A korszerű versenykajakok formára ragasztva és préselve készülnek, külhájuk anynyira merev, hogy belső merevítést nem igényelnek. A fedélzet a külhájjal össze van ragasztva, a csónak merevségét ez nagyon megnöveli.

Készítenek kajakokat üvegszálvázás műanyagból is, ezek többnyire 2 db 300-as paplanból vagy 1 db 300-as paplanból és 1 db 300-as üvegszövetből készülnek. Az első-hátsó válaszfalon kívül semmiféle merevítésük nincs. A harántirányú merevséget a külhájhoz ragasztott, ugyancsak üvegszálvázás műanyagból készített fedélzet biztosítja.

A kenu legősibb formája az *indián (kanadai) kenu* (236. ábra), amelynek gerincvonala alig hajlott, bordái U alakúak, elöl és hátul V alakúak. A bordák a mederhajlást elhagyva befelé görbülnek, a hajó ezért felül keskenyebb, mint középen, a legszélesebb helyén. Jellemzője még az erősen visszagörbített far- és orrtőke. Gyakran szimmetrikusan építik, tehát a kenu eleje és hátulja egyforma. Az orr- és fartőkét célszerű több rétegből, formára hajlítva és ragasztva készíteni. Az orrtőke kb. 500 mm hosszban ráfekszik a gerincre.



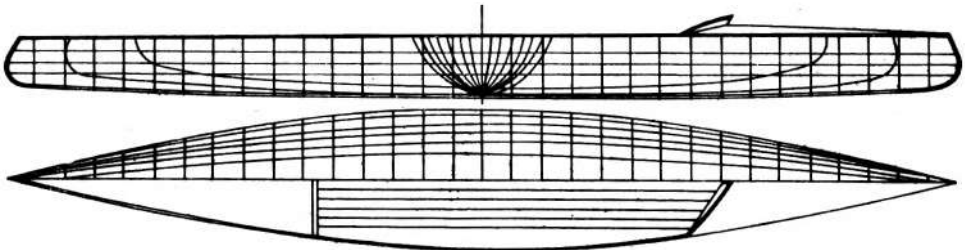
236. ábra. Indián kenu

A kanadai kenut építőbordákra építjük; a külhéjat 4–5 mm vastag szorosán egymás mellé illesztett fenyőfalécek alkotják, melyeket szegezéssel erősítünk az építőbordákhoz. A szegeket a bordák beerősítése után kihúzzuk, és az építőbordák helyére is hajlított bordákat erősítünk. A köris-, szil- vagy akác-fából készített bordák 4–5 mm vastagok, és 40...50 mm szélesek. Sűrűn bordázunk, s a gőzölt és behajlított bordákat szegezéssel erősítjük a külhéjhoz. A szegek végeit általában nem tárcsázzuk, hanem csak egyszerűen lehajlítjuk.

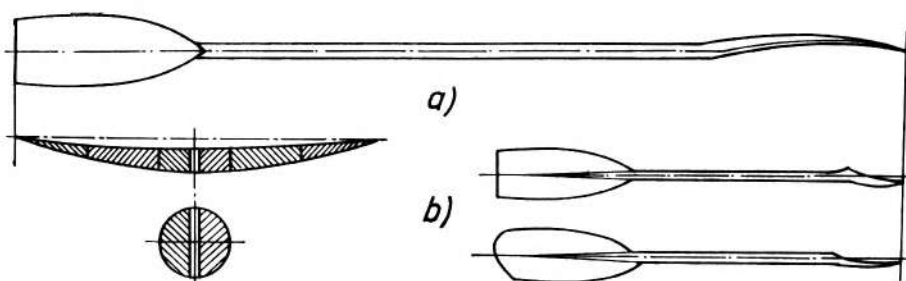
A kész kenut hosszmerévíttel, külső gerinccel és dörzsléccel látjuk el, majd vászonnal vonjuk be, s több réteg festékkal átvonjuk.

Szériagyártás esetén famodellt készítenek, amelyre a bordák helyén acél-szalagokat hajlítanak, ezekre hajlítják rá a gőzöléssel képlékennyé tett bordákat, melyek végeit a modellen szögekkel rögzítik. A már megszáradt bordákra erősítik ezután a palánkokat. A beütött szögek az acéllemeznek ütközve elhajlanak.

Kanadai kenut műanyagból is készítenek, ezeknél a bordákat csak abban az esetben lehet felül behúzni, ha kétrészes formát készítünk, különben nem



237. ábra. Versenykenu



238. ábra. Kajak- és kenulapát

lehetne a kenut a formából kivenni. Miután a kenu nyitott, fából készített hosszmerévítővel és dörzsléccel kell merevíteni.

A 237. ábra korszerű *versenykenu* ábrázol, melynek hossza 5,2 m, szélessége 0,75 m, oldalmagassága 0,33 m. Rétegeltlemezes külhéjjal merev, épített bordákra épül vagy rétegekből, formára préselt. A versenykenu bordái V keresztmetszetűek, gerince ívelt, bordái — akárcsak a versenykajaké — kiesők.

A *kajaklapát* kéttollú, a tollak egymással szöget zárnak be, a lapát hossza 2150...2350 mm, fenyőfából készül, tollát mahagoni vagy okumé betétekkel díszítik (238a ábra).

A *kenulapát* egytollú, hossza 1500...1750 mm, tolla egyenes, a versenykenu lapátja kissé hajlott, nyele 22...30 mm átmérőjű (238b ábra).

B) VITORLÁSHAJÓK

A vitorlášhajók a *szél mozgási energiáját* hasznosítják. Méreteik, alakjuk, szerkezetük, anyaguk, vitorlázatuk különböző, aszerint, hogy verseny- vagy túracélokra, belvizeken vagy tengeren használják, s milyenek a biztonsági és kényelmi körülmények.

A korszerű vitorlášhajótól megköveteljük, hogy minden szélben és minél nagyobb sebességgel tudjon vitorlázni. Különösen fontos a szél irányával szembeni minél élesebben való *vitorlázóképesség* és a *jó kormányozhatóság*.

1. A vitorlášhajók felosztása

A vitorlások két nagy csoportba sorolhatók:

1. *Ballaszt nélküli uszonyos hajók (jolle)*, amelyek stabilitását a nagyobb szélesség (formastabilitás) és a legénység súlya biztosítja. Az uszonyos hajók közé sorolhatók a *katamaránok* is, mert ezeknek általában nincs ballasztjuk.

2. *Tőkesúlyos hajók*, amelyek stabilitását mélyen elhelyezett súly (*ballaszt*) biztosítja. Amennyiben a ballaszt súlya elég nagy és mélyen van elhelyezve, a tőkesúlyos hajó nem borulhat fel. A ballasztos uszonyos hajó — hogy sekélyjárátú legyen — ballasztja nincs mélyen elhelyezve, de hogy mégis kellő laterális felülete legyen, leereszthető uszonnal van ellátva.

Az uszonyos hajó — miután csak *formastabilitása* van — felborulhat. Előnye, hogy egyszerűbb és olcsóbb az építése, fürge, mert könnyebb, a kormányozdulatnak gyorsabban engedelmeskedik.

A vitorlások teste lehet *kerek* vagy *sarkos építésű*. Sebességben az eltérés a kettő között jelentéktelen. A sarkos hajónak valamivel nagyobb a súrlódó felülete, s megdőlt állapotában a vízvonala jobban eltorzul. Ugyanakkor megdőlt állapotban általában kisebb a vízvonalszélessége, s oldalszélnél kisebb a sodródása, mert a sarokélnek nagyobb a laterális ellenállása, mint a kerek kimmnek.

2. Vitorlázattípusok

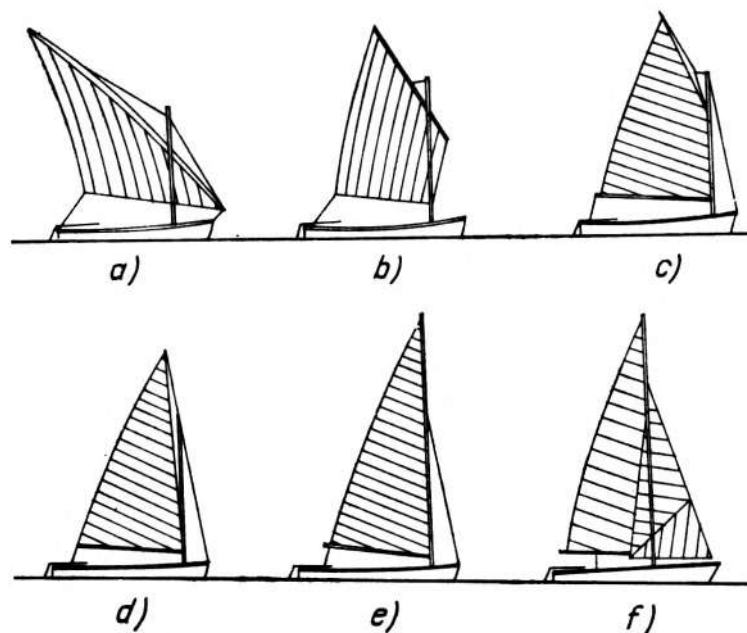
A *belvtzi vitorláhajók* többnyire egyárbocosak, s egy vagy két vitorlájuk van.

A vitorlázat alakja szerint lehet:

Latin vitorla (239a ábra). Jellegzetes alakú, amelyet a Földközi-tengeren és az arab országokban ma is használnak. Rövid árboca és hosszú felső vitorlarúdja is van. Könnyű szélben nagy vitorlafelülettel jól vitorlázik.

Lugger vitorla (239b ábra). Általában segédvitorlaként kis csónakokon használják. Árboca rövid, s csak felső vitorlarúdja van. A vitorla egy kötéllel felhúzható. A vitorla aerodinamikusan kedvező alakját — akárcsak az orrvitorláét — a szél alakítja ki.

Gémes (gaffos) vitorla (239c ábra). A felső vitorlarudat két kötéllel kell felhúzni és ezekkel a vitorla legkedvezőbb alakja beállítható.



239. ábra. A vitorlázat alakja

Meredek gémes (Huoari) vitorla (239d ábra). Magas vitorlázatú rövid árboccal. Jó a hatásfoka.

Magas (Bermuda) vitorla (239e ábra). Az árboc üreges, a vitorla az árboc hátsó élére szerelt sínen vagy az árbocba mart horonyban szalad. A vitorla egy kötéllel húzható fel, egyszerűen kezelhető; igen jó hatásfokú, különösen széllel szembeni vitorlázásra.

Cat vitorla: Csak egy nagyvitorlából áll.

Sloop vitorla: Nagyvitorlából és orrvitorlából (239f ábra) áll.

Kutter vitorla: Jellegzetessége, hogy két orrvitorlája van.

Jawl, ketsch és schooner kétárbocos vitorla. A *jawl*-nál az árboc a kormány mögött van, a *ketsch*-nél előbbre, mindkettőnél a hátsó vitorla (*besan*) a kisebb. A *schooner*-nél a hátsó vitorla a nagyobb.

Két árboc esetén a vitorlafelület jobban osztható, kisebb erővel kezelhető, viharos szélben a hajó jobban kiegyensúlyozható. Azonos vitorlafelület esetén a sloop, tehát a meg nem osztott vitorlázat jobb hatásfokú.

3. A hajótest alakja

A vitorlások *sebessége* — ellentétben az evezős- és motoros hajókéval — tág határok között változik és a *szélerősség* és a *haladási irány függvénye*. Sebességük az $R=0,3$ Froude-számtól egészen az $R=4,5$ -ig, a vitorlázásra még alkalmas erős szeleknek megfelelő sebességig tart. Miután kisebb sebességek esetében a súrlódási, nagyobbaknál a formaellenállás a domináns, nem lehet a hajótestet úgy kialakítani, hogy gyenge és erős szélben egyaránt a legjobb teljesítményt nyújtsa. $R=2$ értékig terjedő sebességeknél, amikor a súrlódási ellenállás az összes ellenállásnak mintegy 75%-át teszi ki, a hajótest formaellenállása kicsi, de nem elhanyagolható. Ha közepes szélerősségre szerkesztjük a hajót, akkor elsősorban a nedvesített felület csökkentésére kell törekednünk, ugyanakkor azonban igyekezzünk a hajótestet úgy kialakítani, hogy a formaellenállás is lehetőleg kicsi legyen.

Az élesen végződő hajótest — $0,5...0,57$ hasábos teltségi fok mellett — lesz az a hajóforma, amelynél legkisebb az ellenállás a vitorlázás általános viszonyai között. Ha a hajóelőrész kialakítása éles, ez kedvező a hullámállóság szempontjából, de ugyanakkor kicsi lesz a vízvonal teltségi foka, ami a stabilitást illetően hátrányos.

A vitorlások kialakításában mindennél fontosabb a kellő stabilitás biztosítása, forma- vagy súlystabilitás útján. Az ehhez szükséges hajóforma az ellenállások szempontjából nem kedvező. Előnyös a vízvonal hosszának növelése, mert élesebbek lehetnek a vízvonalak, s csökken a formaellenállás.

A vízvonalszélesség növelésével nő a stabilitás, nagyobb lehet a vitorlafelület, ugyanakkor azonban növekszik az ellenállás. Nagy merülés esetén csökken a stabilitás, növekszik a nedvesített felület — tehát a súrlódási ellenállás —, viszont javul a széllel szembeni vitorlázóképesség.

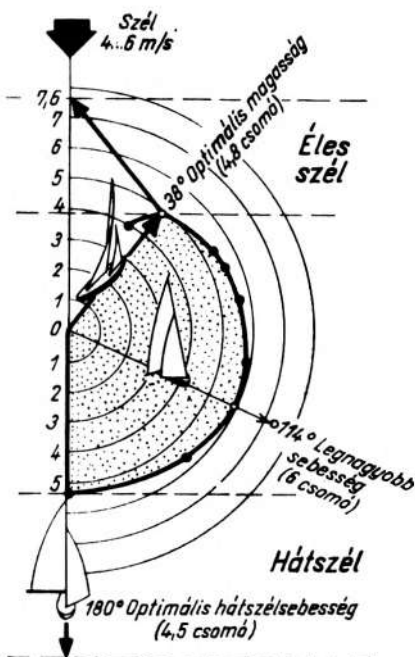
4. A vitorlášajók sebessége

A vitorlások zöme merüléses, tehát nem siklóhajó. Ezeknél a legnagyobb elérhető sebesség a vitorla méretén, alakján, a hajótest formáján és súlyán kívül elsősorban a *hajó vízvonalhosszától* függ. A merüléses hajót ugyanis

— amint azt már az előbbieken láttuk — a saját maga által kialakított hullámrendszer feszesen megtartja, s ettől nem tud szabadulni.

Minden hajónak van egy bizonyos *közepes sebessége*, s ezt már mérsékelt szélnél is eléri, s sebessége igen erős szélben is csak keveset növekszik. A legtöbb hajó 7...8 km/h átlagsebességgel vitorlázik.

A *szélirány* is befolyásolja a hajó sebességét. A 240. ábrán egy belvízi tőkesúlyos vitorlánhajó sebességének változását látjuk a szélirány függvényében.



240. ábra. A vitorlánhajó sebességének változása a szélirány függvényében

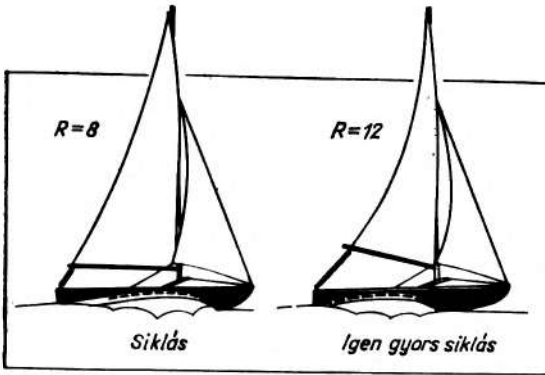
A merüléssel vitorlás nem tud hosszabb hullámot kelteni, mint a saját hossza, erre ugyanis nem elég a sebessége és nem tud gyorsabban haladni, mint az $R = 4,5$ -nek megfelelő sebességi fok. Ez pl. egy 9 m-es hajónál:

$$v = 4,5\sqrt{9} = 13,5 \text{ km/h.}$$

Egy hosszú hajó mindig abszolút gyorsabb, mint egy rövidebb, azonban egy kis hajó általában jobb sebességi fokot ér el, mint egy nagy. Miután egy gyorsabb hajó nagyobb sebessége folytán nem tud olyan élesen szél ellen haladni, viszonylag lassúbb is lehet.

Ha egy könnyű és megfelelő formájú hajó sebessége egy kissé növekszik, akkor elkezdi saját hullámán előrefutni. Ebben a pillanatban orra kissé kiemelkedik, s bizonyos fokig az orrhullámon lovagol. Ez a *siklás állapota* (241. ábra). Ha a tolóerő még tovább növekszik, még nagyobb sebességet ér el a hajó. A siklaskor keletkező dinamikus felhajtóerő következtében csökken a hajó merülése, így csökken az ellenállása, s ez látható is, mert a siklásban levő hajó kisebb hullámokat hagy hátra.

241. ábra. A siklás állapota vitorláshajóknál

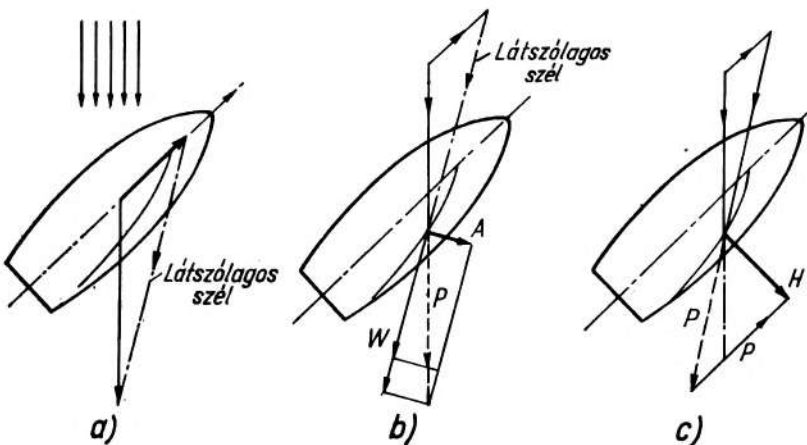


A siklásra alkalmas hajótestnek mindenekelőtt könnyűnek kell lennie, s a hajót lapos, széles felfekvő tükörrel kell kiképezni. Lényeges követelmény még, hogy a hajó gerince csak kismértékben lehet hajlott. Könnyű tőkesúlyos hajók, kis ballaszttal és széles, lapos farral ugyancsak siklásba jöhetnek.

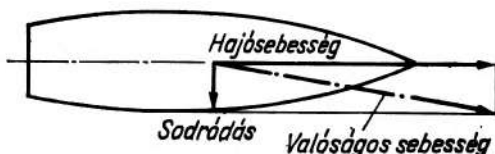
5. A vitorlázás mechanikája

A szél iránya és ereje változó, sebessége fölfelé, kb. 12 m-ig növekszik (nem lineárisan). A vitorlára ható szélirány oldal- és éles szélnél változik a hajó haladási irányával és sebességével. A vitorlára ugyanis az ún. *látszólagos szél* hat, ami a szél vektorának és a hajósebesség vektorának az eredője. A szél tehát a haladó vitorlát élesebb szögben éri, mint az álló hajó vitorláját (242a ábra). A hajót tehát a látszólagos szél mozgatja. Oldal- és éles szélnél a látszólagos szél sebessége nagyobb, beesési szöge élesebb, háromnegyed- és hátszélnél a látszólagos szél sebessége a valóságosnál kisebb.

Képzeljük a vitorlára ható erőket egy pontban összpontosítva. Az összerő két részére bontható, a *felhajtóerőre* és az *ellenállásra*. A felhajtóerő merőle-



242. ábra. A szél erő hatása a vitorlára



243. ábra. A hajó valóságos irányja (sodródás)

ges a látszólagos szél irányára, az ellenállás pedig párhuzamos vele (242b ábra). A 242c ábrán a szél összerejét két másik összetevőre, a *tolóerőre* és az ún. *haránterőre* bontottuk. A tolóerő a haladás irányában hat, a haránterő erre merőlegesen.

A haránterő feltűnően nagy, hatása a *sodródás* és közvetve a *hajó megdőlése*. A haránterő okozta sodródás csökkenthető, de teljesen ki nem küszöbölhető. A hajó valóságos haladási sebessége a hajó sebességéből és a sodródásból tevődik össze (243. ábra). Korszerű hajók sodródási szöge $3^\circ \dots 5^\circ$.

6. A laterális felület és a laterális súlypont

Vitorláhajóknál igen fontos szerepe van a laterális felület nagyságának és alakjának. A *laterális felület* akadályozza meg, ill. csökkenti a hajó sodródását. Az oldalirányú ellenállás előidézője mindenekelőtt a hajótest. Kis sebességeknél — ha a merülés elég nagy — a hajótest laterális felülete elegendő nagy lehet ahhoz, hogy kellő oldalirányú ellenállást biztosítson.

A szél erejének növekedésével a hajótest laterális felülete egyedül már nem elég a szükséges ellenállás biztosítására, ezért vitorlásoknál a laterális felületet *uszonnyal* vagy a *hajótöke megfelelő kialakításával* meg kell növelni.

A laterális felületnek nemcsak a nagysága, hanem az *alakja* is befolyásolja a laterális ellenállást. Minél nagyobb a felület oldalviszonya, azaz minél rövidebb és mélyebb változatlan felület mellett, annál hatásosabb. Az ilyen laterális felület növeli a hajó fordulékonyágát, de rontja az iránytartását. A belvízi hajók laterális felülete általában rövidebb és a hajó közepe felé koncentráldódik, míg a tengeri vitorlásoké a jobb iránytartás céljából hosszan elnyújtott.

A hajók laterális felületét képező részek nem egyformán hatásosak, így pl. az uszony lényegesen hatásosabb, mint a hajótest. A kormány is a laterális felület egy része. A szükséges laterális felület nagysága változik a hajótípussal. Uszonyos hajókon kisebb lehet, mint tőkésúlyos hajókon. A laterális felület nagysága a vitorlafelület 10...25%-a. A nagyobb értékek a tőkésúlyos és a kisebb oldalviszonyú hajókra vonatkoznak.

A vitorlás laterális ellenállását a laterális felület geometriai középpontjába koncentrálni képzelhetjük el. A valóságban azonban a *nyomási középpont* lényegesen előbbre esik. A hajó eleje ugyanis érintetlen, zavartalan vizet ér, amely a sodródásnak jobban ellenáll, mint a hajó fara, ahol az áramlás turbulens.

A nyomási középpont helyét befolyásolja a laterális felület alakja, az uszony és kormány nagysága és helyzetük a hajótest laterális felületéhez viszonyítva. Befolyásolja ezenkívül még a hajó sebessége és dőlésszöge is, mert növekvő sebességgel és dőlésszöggel előbbre vándorol.

A vitorla nyomási középpontja sincs a vitorlázat súlypontjában, az elől levő zónákban a felületi nyomások nagyobbak.

Ha azt akarjuk, hogy a hajó jól kiegyensúlyozott legyen, s irányításához ne kelljen nagy kormányerőt kifejteni, akkor a vitorlán keletkező felhajtóerő és a laterális ellenállás támadáspontjának *egy függőlegesbe* kell esnie.

A szélerő és a laterális ellenállás egy pontban képzelt támadáspontját számítással meghatározni nem lehet, mert ennek helyét sok ismeretlen és változó tényező befolyásolja. Ezért a szerkesztő tapasztalatokra van utalva. Amennyiben a laterális felületbe a kormányfelületet nem számítjuk be, akkor a vitorlafelület súlypontjának $y\%$ -kal kell a laterális felület súlypontja előtt feküdnie. y -t a szerkesztési vízvonal hosszának %-ában mérjük.

y értéke a különböző hajótípusoknál:

uszonyos versenyhajó	4...6% ;
uszonyos cirkáló	5...8% ;
keskeny tőkésúlyos hajó	3...4% ;
teltebb tőkésúlyos hajó	4...6% ;
széles tengeri cirkáló	7...10%.

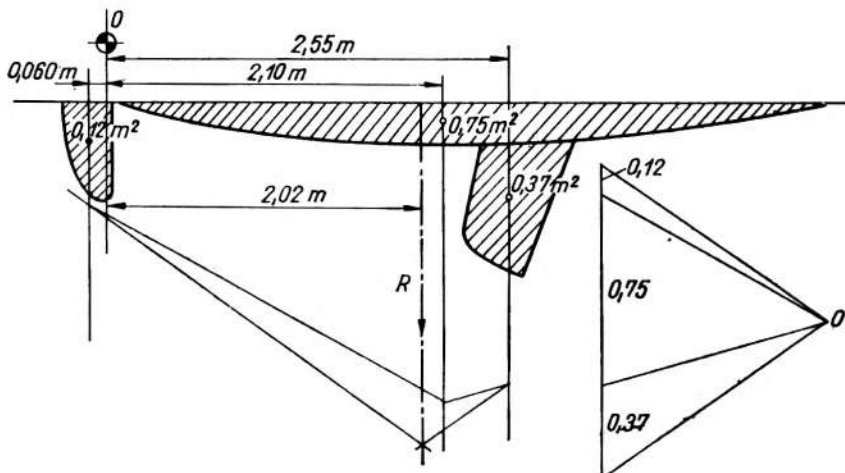
A laterális felület súlypontját meghatározhatjuk *Simpson-* vagy *trapéz-* szabállyal. Az uszony, valamint a kormányfelület súlypontját külön számítjuk, és nyomatékszámítással vagy grafikusan határozzuk meg az eredőket. A vitorlázat súlypontját ugyancsak grafikusan határozhatjuk meg.

Példa. Legyen a 244. ábrán látható vitorlás laterális felükte $0,75 \text{ m}^2$, az uszonyé $0,37 \text{ m}^2$. A laterális felület súlypontja a hajótest végétől (a 0 bordától) számítva, ha a laterális felület $F = 0,75 + 0,37 + 0,12 = 1,24 \text{ m}^2$:

$$-0,12 \cdot 0,06 + 0,75 \cdot 2,10 + 0,37 \cdot 2,55 = x \cdot 1,24,$$

ebből

$$x = \frac{2,503}{1,24} = 2,02 \text{ m.}$$



244. ábra. A laterális súlypont grafikus meghatározása

7. A vitorla aerodinamikája

Egy áramlásba helyezett profilon, pl. egy repülőgépszárnyon vagy vitorlán felül a konvex felületen szívás, alul — a konkáv felületen — pedig nyomás keletkezik, s a szívás jelentősen nagyobb, mint a nyomás. *A felhajtóerő a szívás és nyomás összege.* A beállítási szöggel nő a felhajtóerő, de ugyanakkor nő az ellenállás is. A vitorla oldalszél esetén aerodinamikus profilként hat. Az előbbieken láttuk már, hogy a vitorlásra ható szél erő az A felhajtóerő és W ellenállásra bontható. A felhajtóerő merőlegesen hat a vitorlára, az ellenállás pedig a széllel azonos irányú.

A vitorla által keltett erő: $P = 0,063 C v^2 S$,

ahol a C a felhajtóerő tényezője (1,26);

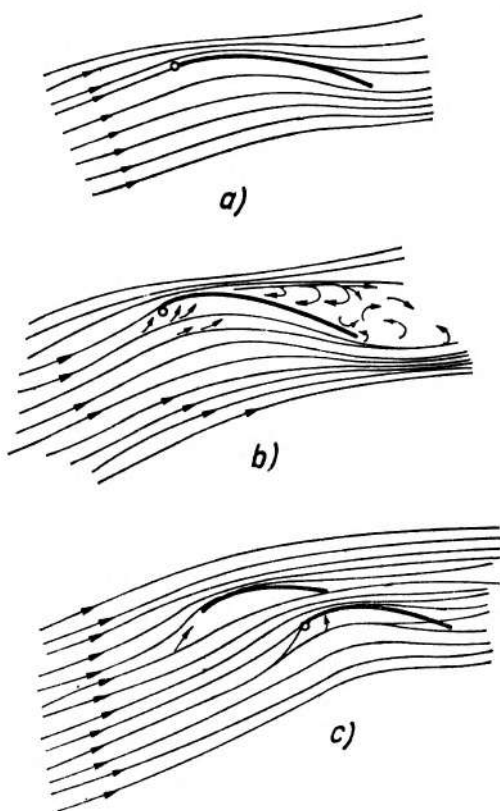
v a szélssebesség, m/s;

S a vitorla felülete, m².

Pl. 5 m/s szélssebességnél, $S = 10$ m² vitorlafelület esetén $P = 1,26 \cdot 0,063 \cdot 5^2 \cdot 10 = 19,9$ kp.

A vitorla ellenállásai csökkentik a tolóerőt. Az ellenállások háromfélék:

1. *Indukált ellenállás:* ez a felhajtóerőtől és a vitorla oldalviszonyától függ. Az *oldalviszony*: $0 = \frac{\text{vitorlamagasság}^2}{\text{vitorlafelület}}$.



245. ábra. A vitorla körül kialakuló áramvonalak

Minél magasabb és minél keskenyebb tehát egy vitorla, annál kisebb az indukált ellenállása.

2. *Alakellenállás*: a vitorla alakjától függ. A hasas vitorla mindig nagyobb ellenállású, mint a laposabb. Ide soroljuk az árboc és kötélzet ellenállását is.

3. *Súrlódási ellenállás*: minél simább a vitorla felülete, annál kisebb a súrlódási ellenállása.

A *vitorla felhajtóereje* függ az alakjától, azaz a szabásától. A nagyobb görbületű (hasas) vitorla felhajtóereje nagyobb, de ugyanakkor nagyobb az ellenállása is. A hajó dőlésszögével csökken a felhajtóerő.

A vitorlaprofil mentén az áramvonalak mutatják a nyomás eloszlását. Sűrűsödő áramvonalaknál a nyomás csökken, a sebesség pedig nő. A vitorlánál az áramvonalak irányukat már a profil elérése előtt megváltoztatják. A legnagyobb áramvonalasűrűség a profilmélység $1/4$ -ében van, itt tehát a legnagyobb a szívás (245a ábra). Ezért a felhajtóerő eredője nem a profil közepén van, hanem attól előbbre esik.

Ha túlságosan hajlott profilt veszünk vagy túl nagy a beállítási szög, akkor az áramlás nem tudja már követni a profil felső görbületét, az áramlás leszakad, s a felhajtóerő csökken (245b ábra).

Ha a profilt felhasítjuk vagy ami ugyanaz, *orrvitorlát* is alkalmazunk, akkor a profil alsó részén áramló levegő felülre kerül, s ezzel az áramlás leszakadását megakadályozzuk (245c ábra). Az orrvitorla tehát a nagyvitorla hatásfokát javítja. Orrvitorlával a széllel szemben élesebben haladhatunk.

A *vitorla görbülete* (hasassága) különböző vitorláknál és szélsebességeknél. Kísérletek szerint könnyű szélre $1/7 \dots 1/10$ görbületi viszony a leghatásosabb, míg nagyobb szélesebességre (10 m/s-on felül) laposabb, $1/15 \dots 1/20$ a megfelelő. Minél nagyobb a vitorla felülete, annál laposabb legyen.

8. A vitorla nagysága

A *vitorlafelület nagyságát* befolyásolja a hajó vízkiszorítása, stabilitási viszonya, a vitorla magassága, a laterális felület nagysága, s nem utolsósorban az, hogy a hajót milyen szélviszonyok között használják.

A *vitorlafelület alakja* elsősorban a vitorla magasságától és oldalviszonyától függ. A vitorla magasságát osztályelőírások és a stabilitás szabja meg.

Normál vitorlafelület alatt értjük azt a nagyságot, amely közepes szélben jó tolóerőt szolgáltat, de nem terheli még túl az árbocot. A közepes szélesebesség kb. 7 m/s, azaz 25 km/h.

A legkedvezőbb vitorlafelület kiszámításakor tapasztalati adatokra vagyunk utalva. A *vitorlafelület*: $S = CLB$ m², ahol C a tapasztalati tényező, amelynek nagysága uszonyos vitorlásoknál 1,8...2,5 és katamaránoknál 1,5; L a hajó vízvonalhossza; B pedig a vízvonalszélessége.

A *vitorla anyaga és szabása*. A vitorla anyaga *pamut* (szudáni és egyiptomi a legjobb), *poliamid* (nylon) és *poliészter* (terylén, dacron) lehet.

A pamut szilárdsága: 1,5 p/den, nyúlása 3...10%, a poliamid szilárdsága: 7...9 p/den, nyúlása 16...27%;
a poliészter szilárdsága: 6...7 p/den, nyúlása 12...22%.

A pamutvitorla vitorlázással trimmelhető, azaz a kívánt alakra nyújtható; hátránya, hogy penészedik, nehezebb és kevésbé sima, mint a műanyag vitorlák. A poliészter szövetbe töltőanyagot tesznek és hőkezelik, így az egyes fonalak jobban összekapcsolódnak, csökken a szövet diagonális nyúlása és légáteresztése. A poliamid szilárdsága napfény hatására csökken, túlságosan nagy a nyúlása, ezért csak hátszélvitorlának alkalmas.

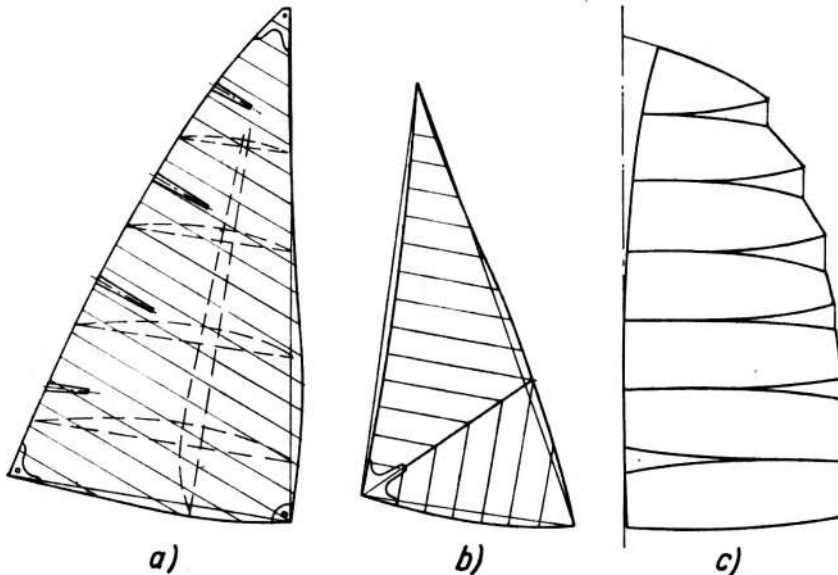
A vitorlaanyag súlyát p/m^2 -ben adjuk meg, a szükséges négyzetmétersúly függ a vitorla nagyságától és attól, hogy azt milyen szélviszonyok között használjuk. Dr. Tóth Kálmán *Vitorlázás* c. munkájában részletesen ismerteti a vitorlaanyag helyes megválasztását.

Poliészter vitorla közelítő négyzetmétersúlya $=25 \cdot l$ p/m^2 , ahol l a vitorla mellső élhossza.

Az előbbieken már láttuk, hogy a vitorlák öblét a szélerősségnek és a vitorla nagyságának megfelelően kell kialakítani. *Pamutvitorlák* öblét az árboc és a vitorlarúd melletti él íves kialakításával adjuk meg. A 246a ábra egy nagyvitorla szabásterve. Az ív magassága az árbocnál a hossz $1/3$ -ában van, s a hossz $1,2...2,4\%$ -a, a vitorlarúdnál pedig a $2...3\%$ -a. A mellső élt felül kissé homorúan képezzük ki. A pamutvitorla alaktartásának növelésére az egyes szeletekbe két-három hamis varrást dolgoznak be. Minthogy a *műanyag vitorlának* maradó alakváltozása nincs, azt trimmelni nem lehet, ebbe az íveltséget az egyes sávok ék alakú egymásra varrásával be kell szabni.

Az orrvitorla alsó éle ugyancsak parabolaív. Az ív legmagasabb pontja az élhossz $1/3$ -ában van, s annak $1,5...2,2\%$ -a. Az orrvitorla hátsó éle homorú, $2...5\%$ íveltséggel, mellső éle pedig inflexiós görbe, alul domború, felül homorú, íveltsége az élhossz $1,2...2\%$ -a (246b ábra).

A *hátszélvitorlába*, amely félgömbhöz hasonló alakú, az öblösséget a szeletek megfelelő kialakításával bele kell szabni (246c ábra).



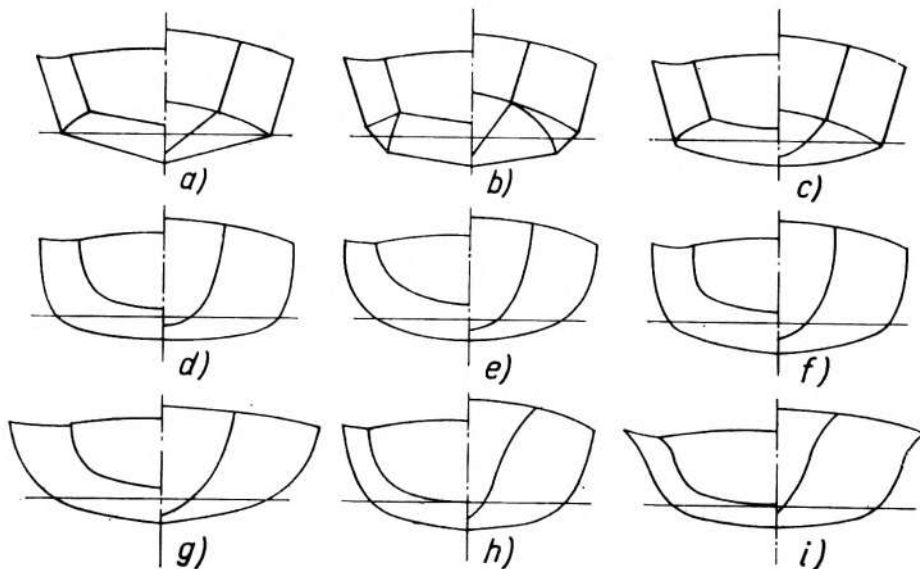
246. ábra. A vitorlák szabásterve

9. Uszonyos vitorlánhajók

A szükséges laterális felületet uszonyos hajókon az *uszony* biztosítja. Az uszony általában uszonyszekrényben van elhelyezve, lehet azonban a hajó oldalán is. Az *uszonyszekrény* a vízvonalnál magasabb, s a benne elhelyezett uszony egy csap körül elfordítható, így helyzete a vízmélységnek és a szélviszonyoknak megfelelően változtatható.

Az uszonyos hajók teste széles és lapos, kicsi a merülésük, faruk általában széles, a tükör többnyire függőleges, a vízvonalhossz a hajó teljes hosszánál nem sokkal kisebb.

Az uszonyos hajóknak csak *formastabilitásuk* van. Miután vízvonalszélességük nagy, nagy a kezdeti stabilitásuk, ez a stabilitás azonban növekvő dőlés-



247. ábra. Uszonyos hajók bordametszetei

szöggel csökken, s egy bizonyos szögnél — ami a legnagyobb szélesség és vízvonalszélesség viszonyától, a hajó merülésétől, a szabad oldalmagasságától függ — felborul a hajó.

A 247. ábrán az uszonyos hajók különböző bordametszet kialakításait látjuk. Az *a* legegyszerűbb, sarkos kivitelű hajó bordametszete, viszonylag nagy a merülése, kicsi a kezdeti stabilitása, nagyobb a laterális felülete. A *b* és *c* ugyancsak sarkos építésű, a *b* kétsarokéles, a *c* fenékképzése körív alakú; mindkét típusnak az *a* típusnál kisebb a merülése, nagyobb a stabilitása. A *d* tipikus U bordametszet, nagy kezdeti stabilitással, telt vízvonallakkal. Az *e* kerek bordametszet, kis stabilitású, kicsi a nedvesített felülete és súrlódási ellenállása. Az *f* és *g* lekerekített V bordametszetek, nagyobb merüléssel, és nagyobb laterális felülettel, kisebb formaellenállással. A *g*-nek kicsi a kezdeti stabilitása, de nagyobb a stabilitás-terjedelme. A *h* bordái ugyancsak kiesők, kis kezdeti stabilitás mellett erősebb szélben kielégítő lehet a stabilitása. Az elöl homorú és kieső bordák előnye, hogy elöl szélesebb lehet a fedél-

zet, s erős szélben és hullámozásban kevesebb víz éri a fedélzetet. Az *i* bordametszet kisebb műanyag hajókon szokásos, nagy fedélzetszélességet és erős szélben jobb kiülési lehetőséget biztosít.

Az uszonyos hajótestek kiképzésében ügyelni kell arra, hogy a vízvonalak beesési szöge éles legyen, ami elől V alakú bordametszet kialakításával valósítható meg. A far bordái célszerűen U bordák, amelyek lehetővé teszik a vízszálak alulról való záródását; a széles és lapos farkiképzés a nagyobb sebességeknél keletkező eltrimmelődés esetén a hajó farának megfelelő alátámasztást nyújt és ezzel megakadályozza a tükör bemerülését, amit lehetőleg el kell kerülnünk. A siklásra alkalmas hajótest amellet, hogy könnyű, elől éles, hátul széles és lapos kiképzésű.

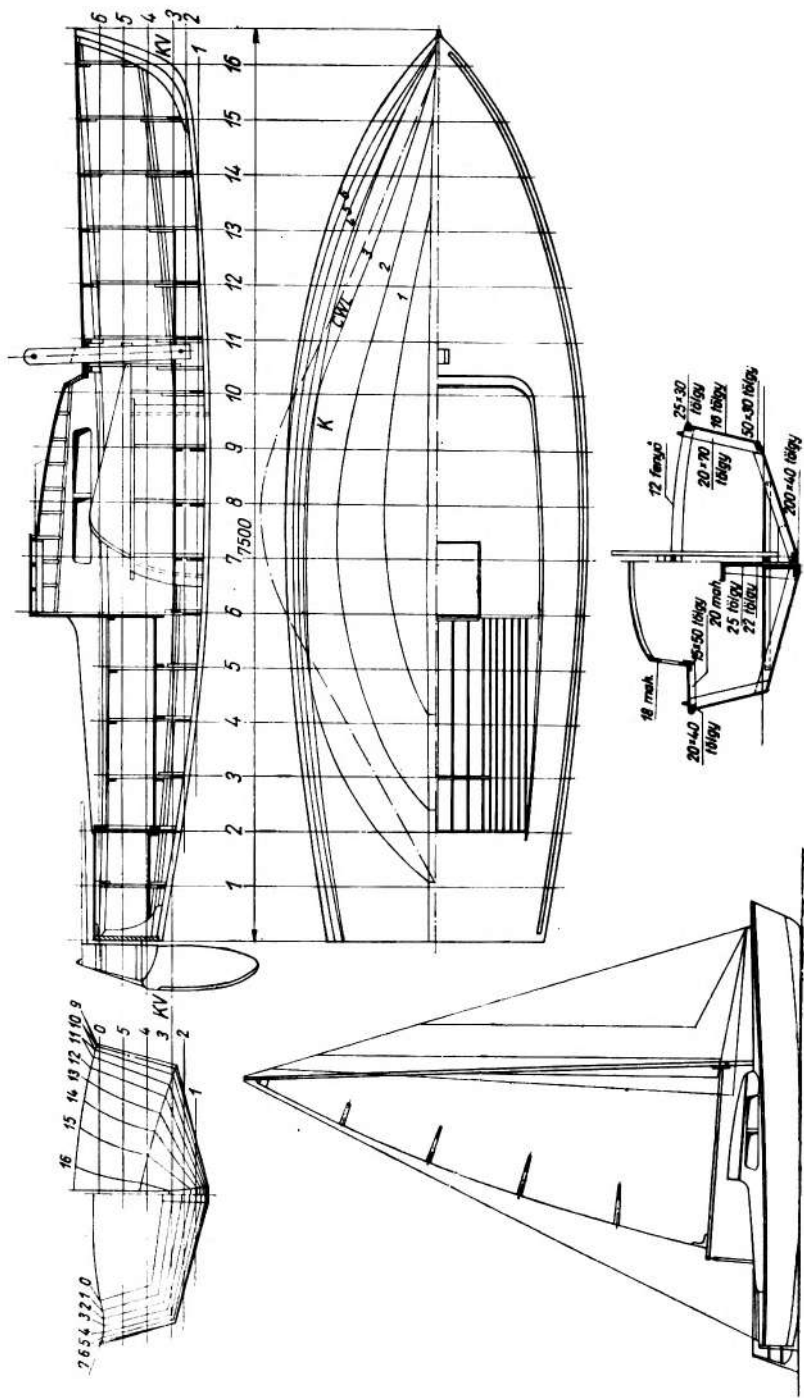
Az uszonyos hajók harántirányú szilárdságát növelik az épített bordák és a bordákkal szilárdan összeépített fedélzetbordák, valamint a fedélzet. A hajlított bordájú hajóknál a bordák egymástól való távolsága 100...200 mm, minden második-harmadik borda mellé fenékmerevítő építendő be. A merev bordájú hajóknál a bordatávolság 400...500 mm lehet. A palánkokat a hossz-bordák mellett illesztjük, de építhetjük a hajót hossz-bordák nélkül is, ez esetben azonban a palánkokat ragasztani kell, s vastagabb palánkok szükségesek, ugyanakkor pedig a bordatávolságot is csökkenteni kell. A gerincet részben a kellő szilárdság, részben az uszony számára készített rés gyengítő hatása miatt szélesre készítjük. A tükör és az orrtőke a gerinccel megfelelő könyökdarabok segítségével van összeépítve.

A 248. ábrán 7,25 m hosszú, 2,50 m széles, 6,60 m vízvonalszélességű, 0,27 m merülésű, 880 kp súlyú, sarkos építésű, kajütös, uszonyos vitorláshajó rajzát látjuk, amelynek vitorlafelülete 20 m². A hajótest hátul széles, ami kedvező kényelmi szempontból, főleg azonban azért, mert nagyobb sebességeknél, vagy nagyobb terhelésnél a hajó kevésbé trimmelődik el. A kieső elülső bordák széles és száraz fedélzet kialakítását teszik lehetővé.

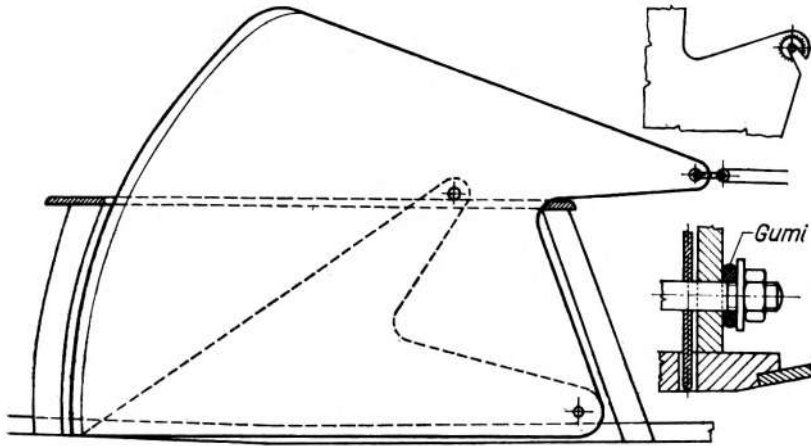
A hajó 18×70 mm keresztmetszetű tölgyfabordákra épül, a bordák egymástól távolsága 450 mm. A hajó épülhet hossz-bordákkal vagy anélkül, ragasztott palánkozással. Utóbbi esetben legalább 17 mm vastag palánkokra van szükség, míg hossz-bordázás esetén, keményfa felhasználása esetén 12 mm-es palánkozás is megfelelő. A hajó árbóca lehajtható, az árbóctőke az uszonyszekrény alsó palánkjának meghosszabítását képező gerinckmerevítőre támaszkodik. Az uszony 8...10 mm, a kormánylap 6 mm vastag acéllemez. A tölgyfából készített uszonyszekrény alulról van a gerinchez csavarozva, a háromhárom uszonyszekrény-támasz pedig a fenékmerevítőkkal van összeerősítve. Az uszonyszekrényt kellő kimerevítés céljából feljebb is kitámasztjuk a padlótartókkal, melyeket az uszonyszekrény-támaszhoz és a bordákhoz csavarozunk.

Az uszony. Minél nagyobb az uszony *oldalviszonya*, annál hatásosabb; eszerint keskeny és mélyen lenyúló uszonyokat kellene alkalmaznunk, ez azonban nagyon megnövelné az uszony hosszát, és a hajó mélyjáratát, valamint vastagabb, tehát nehezebb uszonyt is igényelne.

Az uszony anyaga *acél-* vagy *aluminiumlemez* és *fa*. Vastagságát a szilárdsági követelmények szabják meg, de nem utolsósorban az is, hogy a nehéz uszony növeli a hajó stabilitását, ami különösen túrahajóknál fontos. Versenyhajóknál inkább súlycsökkentésre törekszünk, ezért az uszonyt alumíniumlemezről vagy fából készítjük. Az acéllemez uszonyok vastagsága 4...10 mm, az alumínium uszony kb. 50%-kal vastagabb. A fauszonyok előnye, hogy áram-



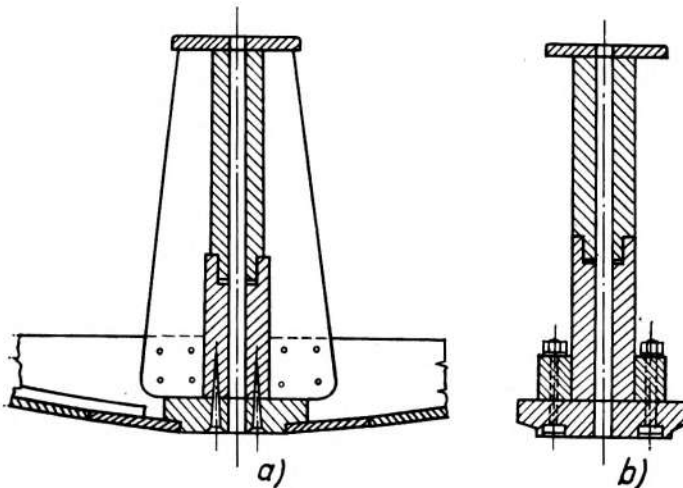
248. ábra. Sarkos építésű vitorláshajó



249. ábra. Az uszony felfüggesztése

vonalarra készíthetők, így kisebb az ellenállásuk és nagyobb a felhajtóerejük. Ezeket rétegelve-ragasztva állítjuk elő, simára lakkozzuk, végükbe megfelelő súlyú ólomdarabot süllyesztünk, hogy a vízbe lemerüljenek. A fából készült uszonyok 15...25 mm vastagok, s legalább öt egymásra merőleges okumé vagy mahagoni rétegből készítenődők.

Az acéllemez uszonyt autogénnel vágjuk ki, széléit lecsiszoljuk, mellső élét legömbölyítjük, hátsó élét leélezzük, hogy ellenállását csökkentjük. A csap részére az uszonyt kifúrjuk, előnyösebb azonban azt a csap vastagságának megfelelően ferdén bevágni (249. ábra), így az uszonyt könnyebb kiemelni vagy visszahelyezni. A 10...16 mm átmérőjű csap feje és az anya alá tömítő bőralátétet teszünk. Az uszony szárására átmenő csapot és erre gumiütközőket erősítünk.



250. ábra. Az uszonyszekrény és felerősítése

Az uszonyszekrény. Fahajókon az uszonyszekrény a két oldalból, a tőkéből és a fedélből áll. Az oldalak többnyire két darabból készülnek. Az alsó rész erősebb, mert ez lesz a gerinchez felcsavarozva (250a ábra). Az oldalak két darabját kialakítjuk, ragasztjuk, összeszegeceljük vagy csavarozzuk. Ezután kijelöljük az *uszonyszekrény-támaszok* helyét, amely megegyezik a fenékmerevítők egymástól való távolságával. A kijelölés pontos legyen, mert a támaszokat a fenékmerevítővel csavarozzuk össze.

Az *uszonyszekrény-tőkék* szélessége 50...80 mm, vastagságuk az uszony vastagságának 1,5...2-szerese. A tőkék hosszabbak, mint az uszonyszekrény magassága, mert a végüket be kell a gerincbe eresztetni.

Az oldalak alsó élét a gerinc belső lapjához kell illeszteni.

Az *uszonyszekrény-oldalak* alsó élét a gerinchez kell illeszteni. Erre a célra felhasználhatjuk a gerinc 1:1 léptékű műhelyrajzát, többnyire azonban körzővel vesszük le a hajlás alakját, s másoljuk át az uszonyszekrény oldalaira. A két darabot azután összefogva gyaluljuk ki. A pontos illesztéshez krétát használunk. Bekrétázzuk a gerincet, s ráhelyezve az uszonyszekrényt, megállapítjuk, hol lesz krétás, majd ezeken a helyeken az anyagból ledolgozunk.

Az oldalakhoz a kijelölt helyeken hozzácsavarozzuk a támaszokat, majd az oldalakat összeerősítjük a tőkékkel, ragasztással vagy sűrű festék közbeiktatásával és csavarozással. Az összeépítést megelőzően az alkatrészeket belülről hajófenék-festékekkel háromszor befestjük.

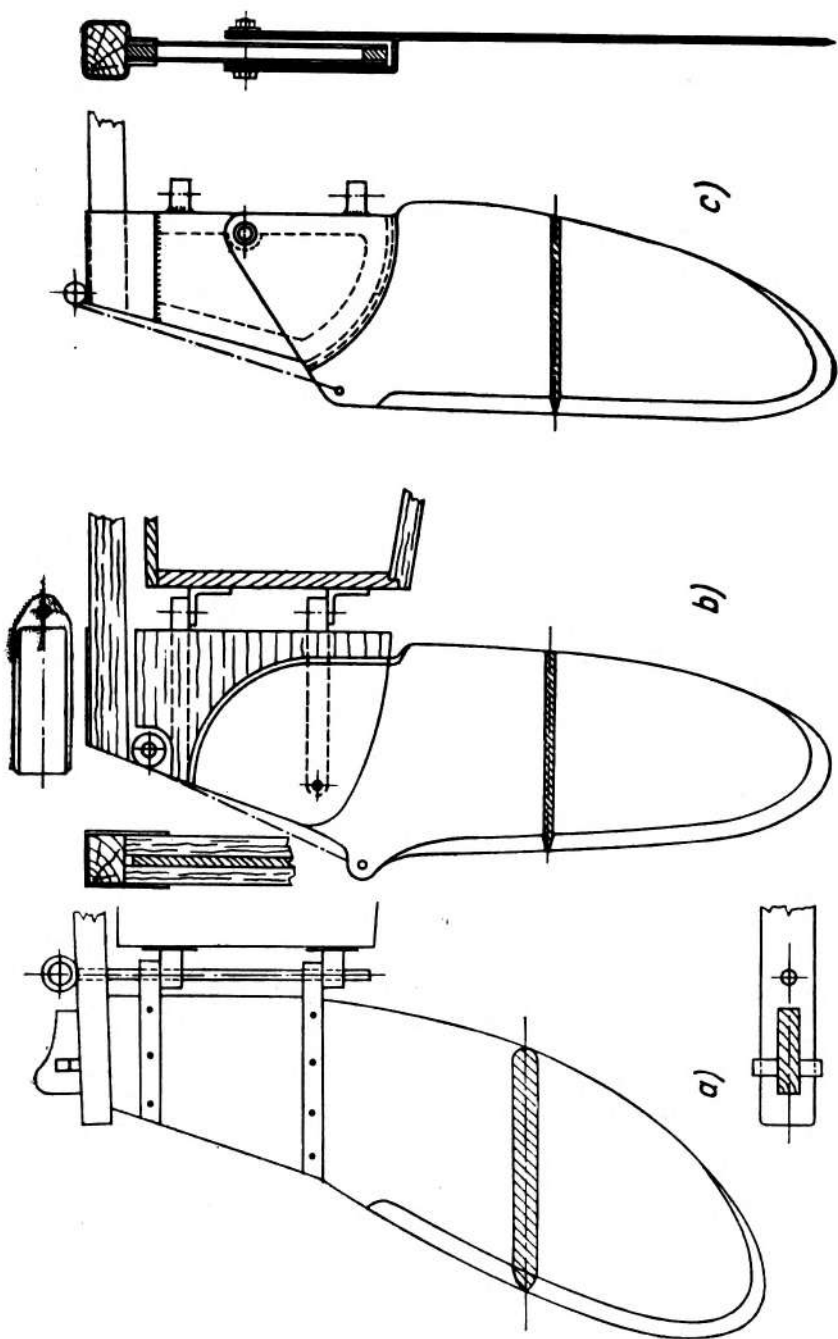
Az *uszonynyílást* a hajó gerincén vagy a váz felállítására előtt, vagy a már kész — felpalánkozott — hajón vágjuk ki. A nyílás két végén befúrunk, majd lyukfűrészsel — 1 mm-es ráhagyással — kifűrészljük, a többit vésővel tisztítjuk le, s simára csiszoljuk.

Mielőtt az összeszerelt uszonyszekrényt a gerinccel összeerősítjük, a hajót olyan magasra emeljük, hogy alulról jól hozzá tudjunk férni. A gerinc és az uszonyszekrény közé 3/4 rész csónaklakk és 1/4 rész lenolajkence keverékébe áztatott lámpabelet helyezünk, az uszonyszekrényt felillesztjük és odaszorítjuk a gerinchez. Erre a célra két 8...10 mm átmérőjű, mindkét végén menettel ellátott acélrudat használunk, melyekre alul-felül keményfa alátéteket teszünk. Ezután a csavarokkal odahúzzuk az uszonyszekrényt a gerinchez, amelyet most már felcsavarozhatunk. Lehetőleg rézcsavart, ennek hiányában jól kadmiumozott vascsavart használjunk. A csavarhelyeket gondosan előfúrjuk, a csavarokat behajtás előtt viaszkoljuk. A csavartávolság 100...130 mm, a csavar hossza a gerincvastagság kétszerese.

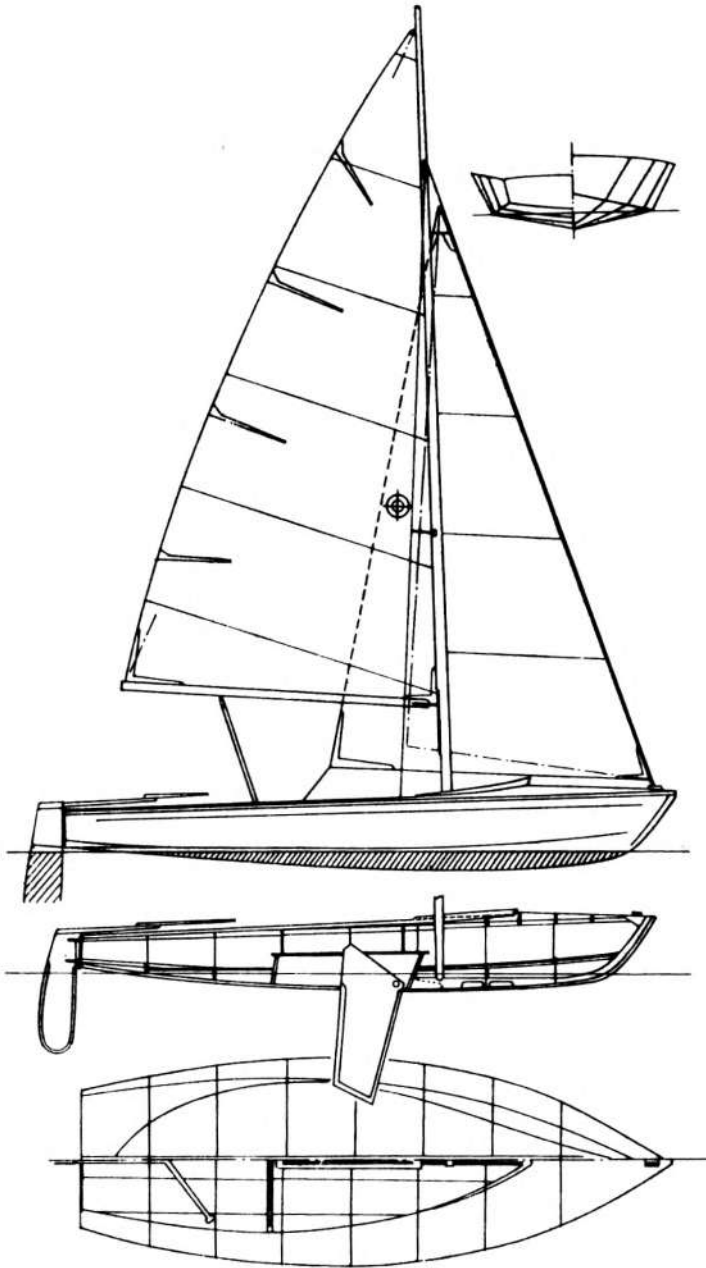
Az uszonyszekrényt a gerinccel úgy is összeerősíthetjük, hogy az oldalak mellé egy erős keményfa lécet ragasztunk és csavarozunk (250b ábra), s ezt kötjük anyáscsavarokkal a gerinchez. Egyszerűbb ez a megoldás, s javítás esetén is előnyös.

Az uszonyos hajók kormányja. Kisebb hajók kormányja merev, azaz lapja nem állítható. Az ilyen kormány lapja egyenesszalú keményfa, melynek hátsó élét áramvonalasra gyaluljuk (251a ábra).

A *felhúzható lapú kormány* lapja acél- vagy alumíniumlemez, versenyhajókon rétegelt fa. A kormánylemezt két 18...30 mm vastag keményfa lap (mahagoni vagy tölgy) közé szereljük (251b ábra), ez a *kormánytőke*. A falapok között a kormánylap vastagságánál 3...5 mm-rel vastagabb fabetét van. A kormánytőkét alul és felül villa alakú vasalás erősíti össze, s ezek egyúttal a kormány felfüggesztésére is szolgálnak. Az alsó vasalás át van fúrva, s itt



251. ábra. Az uszonyos hajók kormányja



252. ábra. Moskito

van a kormánylap forgáspontja. Az acél kormánylemez vastagsága a hosszától és az anyag szilárdságától függően 3...6 mm, alumíniumlemezé 5...10 mm.

A kormányrúd a kormánytőkére egy U alakra meghajlított acéllemezzel erősíthető, amelyet a kormánytőkére csavarozunk. Az erre szerelt csigán vetjük át a kormánylemez felhúzására szolgáló köteleket.

Nagyobb uszonyos hajók kormánytőkéit acéllemezről készítjük úgy, hogy egy laposacélból összehegesztett keretet kétoldalt acéllemezzel borítunk (251c ábra) és a kormánylapot a kormánytőkén kívül függesztjük fel.

A kormányrúd lehet egyenes, esetleg több darabból ragasztott, s lehet hajlított. Anyaga kőris, tölgy, akác. A fej négyszög keresztmetszetű, majd fokozatosan köralakba megy át, a fogantyú vastagsága 28...30 mm. Versenyhajókon, amelyek a vezetőnek erősen ki kell dűlnie, villás kormányrudat használunk, amelyet több rétegből formára ragasztva állítunk elő.

Sarkos építésű hajótípusok. A sarkos építésű hajók egyszerűbb építési módjuknál fogva amatőr építésre különösen alkalmasak. Készülhetnek tömör fából és rétegtlemezből, valamint műanyagból is — jóllehet az éles sarkok a műanyag részére kevésbé megfelelőek. Legcélszerűbb ezeket a hajókat rétegtlemezből építeni, ügyelni kell ekkor azonban, hogy olyan formát válasszunk, amelynél a lemez nagyobb csavarodást nem szenved.

Moskito (252. ábra)

Legnagyobb hossza:	5,10 m	Vízvonal-szélessége:	1,38 m
Vízvonalhossza:	4,40 m	Mélyjárata:	0,15/1,10 m
Legnagyobb szélessége:	1,80 m	Súlya:	140 kp
Vitorlafelülete:	12,70 m ² .		

Sarkos építésű, siklásra is alkalmas könnyű vitorlášhajó. A hajó hátul nincs fedve, így könnyebb és nagyobb a munkatere. Építési anyaga 6 mm-es rétegtlemez, a fenéklemezt egy-egy hosszmerévítő merevíti. Az orrtőke rétegekből ragasztott, az uszony és kormány ugyancsak rétegtlemezről készül. Amatőr építésre egyszerű alakja miatt nagyon alkalmas.

Sarkos uszonyos hajók alkatrészeinek méreteit a 21. táblázat tartalmazza.

Kerek bordametszetű uszonyos vitorlášhajók. A korszerű kerek bordametszetű uszonyos vitorlásokat a nagy szélesség, a viszonylag kis vízvonal szélesség, az elöl keskeny, homorú, hátul telt vízvonalak, a széles és a vizet érintő tükör, a kis merülés és súly jellemzi. Ilyen hajó a 253. ábrán látható kis, 8 m²-es vitorláštest, amelynek legnagyobb hossza 3,95 m, legnagyobb szélessége 1,55 m, s súlya 70 kp.

Olympia jolle (254. ábra).

Legnagyobb hossza:	5,00 m	Merülése:	0,12/1,08 m
Vízvonalhossza:	4,5 m	Súlya:	175 kp
Legnagyobb szélessége:	1,66 m	Vitorlafelülete:	11 m ² .

Klasszikus formájú egyszemélyes versenyhajó, amely tömör fából karvelpalánkozással készül.

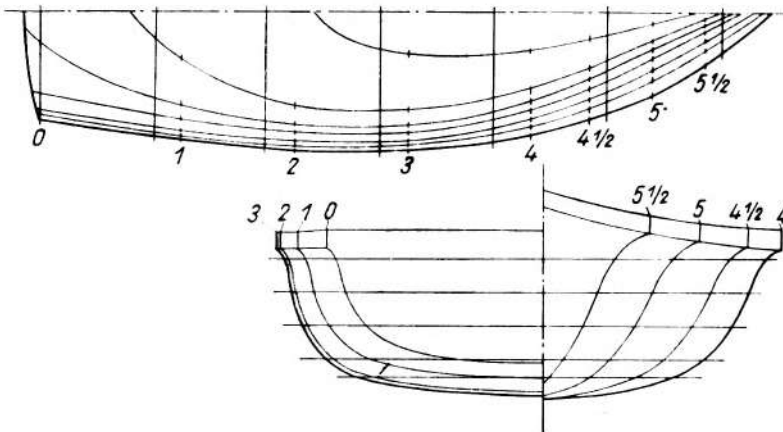
Bordái körív alakúak, elöl csak kismértékben V alakúak. A legnagyobb merülés a hajó hosszának 45%-ában van. A hajótest teljes hosszában végigfutó gerinemerevítő, a sűrű bordázat és a minden harmadik borda mellett elhelyezett fenékmerévítők biztosítják a test kellő merevségét.

Sarkos uszonyos hajók alkatrészeinek méretei* a hajó hosszának függvényében

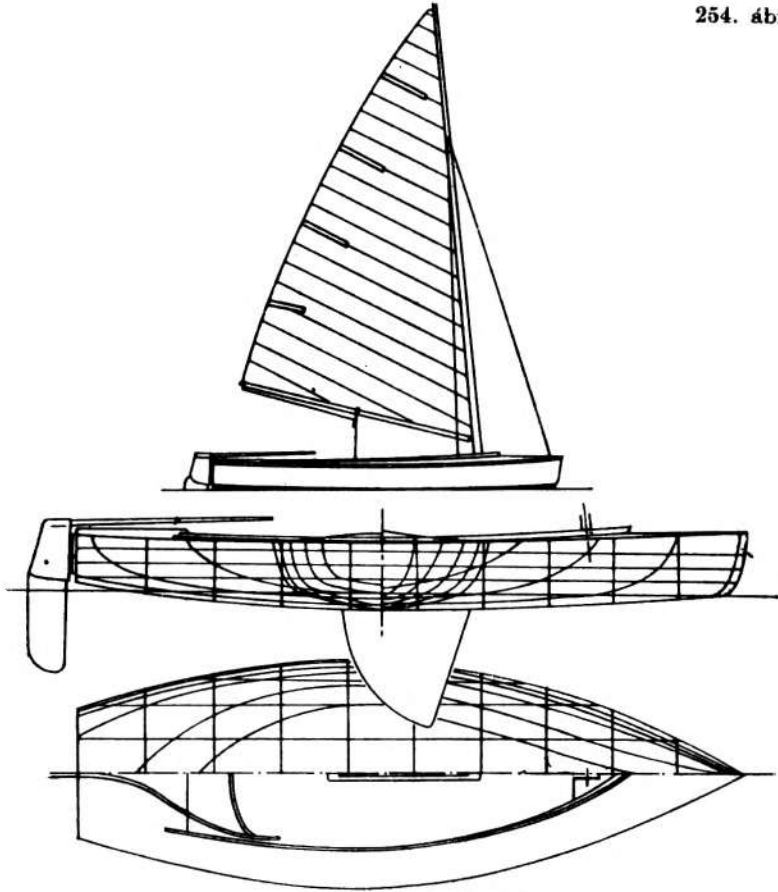
Az alkatrész neve	A hajó hossza, m					
	3	4	5	6	7	8
Gerinc keresztmetszete	25 × 110	30 × 125	33 × 135	35 × 150	40 × 180	45 × 200
Orrtőke	40	45	45	50	55	60
Tükör	16	18	20	20	25	28
Borda	45 × 13	50 × 15	60 × 15	65 × 16	70 × 18	75 × 20
Fenékmerevítő (fenékborda)	45 × 15	50 × 15	60 × 15	65 × 18	70 × 20	80 × 25
Hosszmerevítő	40 × 15	45 × 18	50 × 18	50 × 20	50 × 22	55 × 25
Sarokmerevítő (kimm)	33 × 16	36 × 18	40 × 18	50 × 25	55 × 22	60 × 30
Hosszborda	25 × 10	25 × 11	30 × 12	35 × 13	35 × 14	37 × 15
Külhøj	8	10	11	12,5	14	16
Külhøj hosszbordázás nélkül	—	—	15	16	17	18,5
Külhøj (rétegtlemezből)	4	5	6	7	8	8–10
Fedélzeti borda	40 × 15	45 × 16	50 × 18	50 × 20	55 × 22	55 × 25
Fedélzeti borda az árboznál	45 × 20	50 × 20	55 × 22	60 × 25	70 × 33	70 × 35
Fedélzet	8	10	11	12	12	12
Fedélzet (rétegtlemezből)	4	5	6	7	8	8
Uszonyszekrény alsó része	20	22	22	30	35	40
Uszonyszekrény felső része	20	22	22	25	27	30
Uszonyszekrény-támasz	40 × 15	40 × 18	45 × 18	50 × 22	60 × 24	70 × 25
Dörzsléc	20 × 12	22 × 14	25 × 15	28 × 16	30 × 18	30 × 20

Megjegyzés: A megadott értékek a külhøj kivételével tölgyfára vagy nehéz (sapeli) mahagónira vonatkoznak. Amennyiben a külhøj keményfából készül, vastagsága 10...15%-kal csökkenthető.

* A méretek mm-ben.



253. ábra. Korszerű kerek bordázatú uszonyos vitorlás vonalrajza



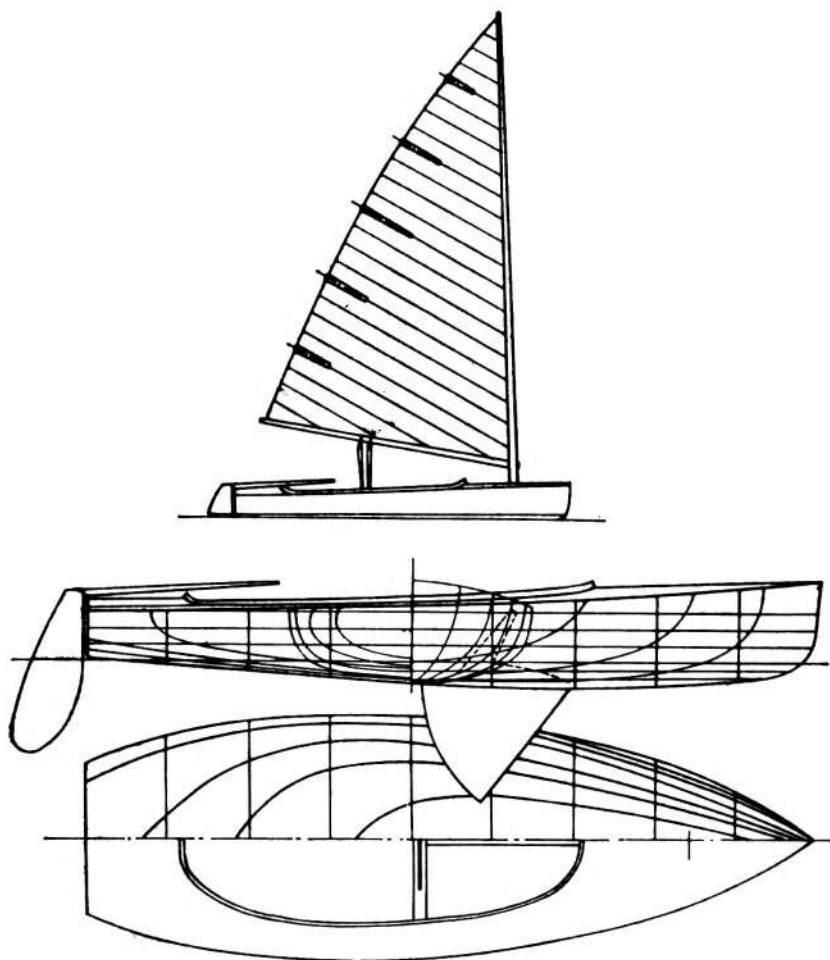
Finn dinghi (255. ábra).

Legnagyobb hossza: 4,5 m
 Vízvonalhossza: 4,05 m
 Legnagyobb szélessége: 1,51 m

Merülése: 0,18/0,85 m
 Súlya: 150 kp
 Vitorlafelülete: 10 m².

A hajó formája — elsősorban a lapos, széles far — lehetővé teszi, hogy könnyen siklásba jöjjön. Különlegessége a vitorlázata, az árboc nincs kifeszítve, hanem ún. szabadon hordó. A vitorlarúd négyszög keresztmetszetű, s az árbocban levő fészekbe van beillesztve. A vitorlázat rendkívül rugalmas, az árboc hajlékony. Ha a szél erősödik, s a vitorlarudat lehúzzuk, a vitorla laposabbá válik, s ez erős szélben kedvező.

Hogy a víz a hajótérből menet közben kifolyhasson, a tükör alsó részébe két szabályozható csappantyút építenek be. A Finn dinghi építhető tömör fából, karwel-palánkozással, hajlított bordákkal, építhető rétegekből formára préselve és műanyagból.



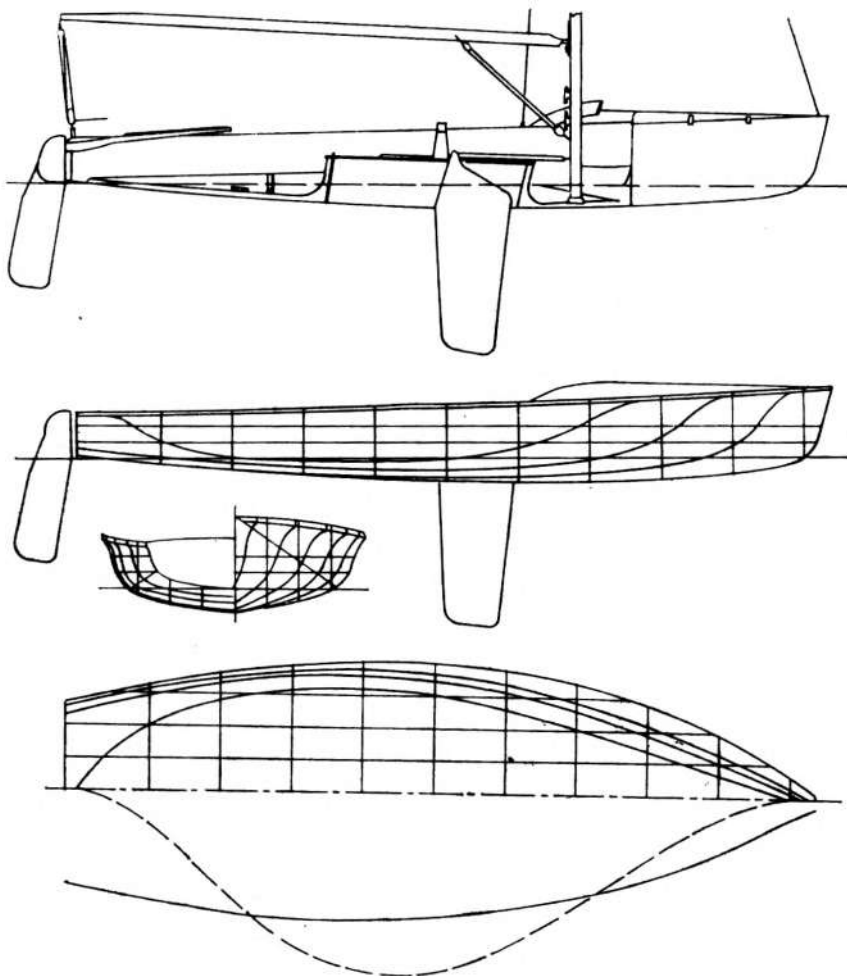
255. ábra. Finn dinghi

470-es jolle (256. ábra).

Legnagyobb hossza: 4,70 m
 Legnagyobb szélessége: 1,64 m
 Vízvonalhossza: 4,44 m

Merülése: 0,15/1,05 m
 Súlya: 115 kp
 Vitorlafelülete: 12,7 m².

Egységes terv szerint építendő hajó, igen szigorú előírásokkal. Bordái kiesők, vízvonalszélessége viszonylag kicsi. Kizárólag műanyagból épül. Az uszonyszekrény egyúttal a gerinc merevítője. Az árboc fából vagy alumíniumból készül, az uszony és a kormány rétegelt falemez.



256. ábra. 470-es jolle

Repülő hollandi (257. ábra).

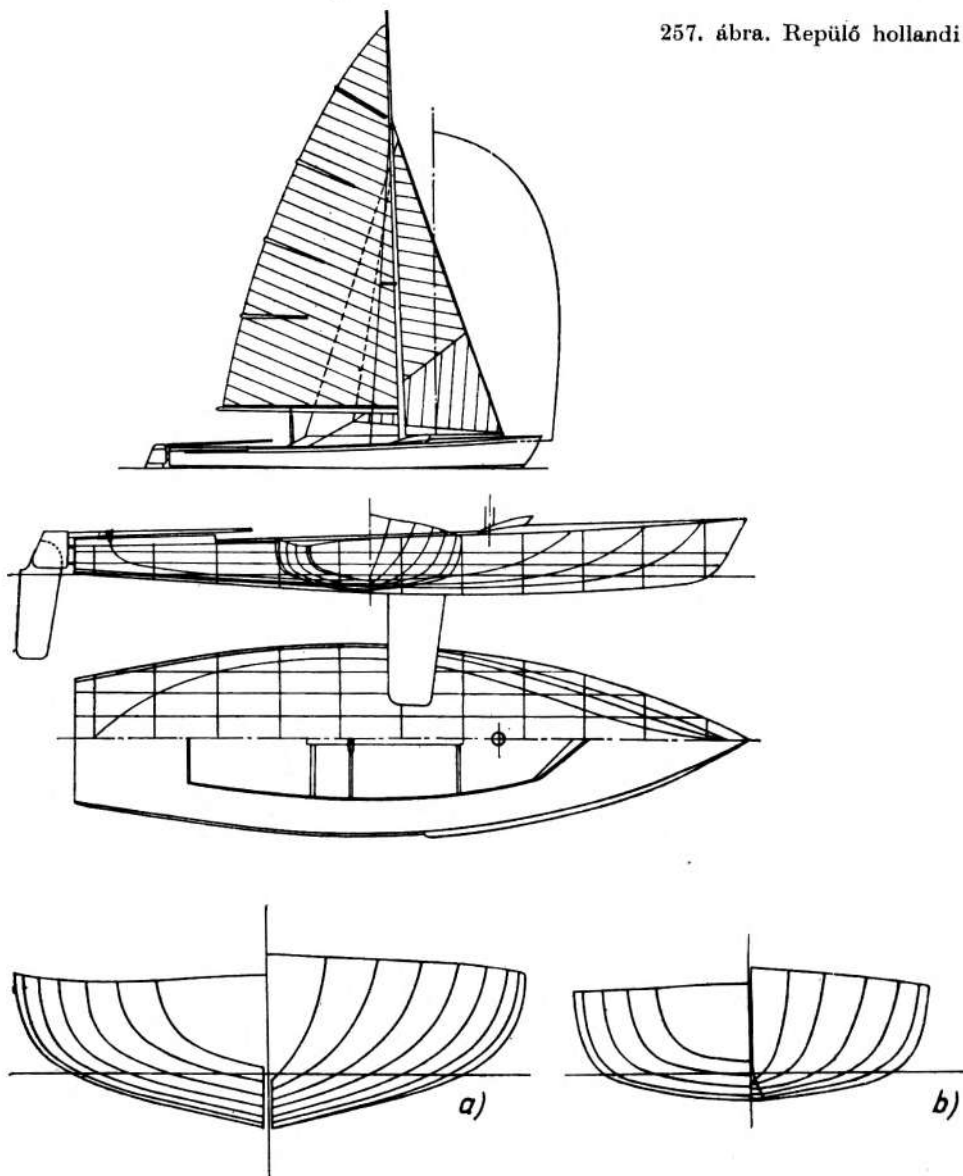
Legnagyobb hossza: 6,05 m
 Vízvonalhossza: 5,50 m
 Legnagyobb szélessége: 1,70 m

Merülése: 0,16/1,10 m
 Súlya: 160 kp
 Vitorlafelülete: 15 m².

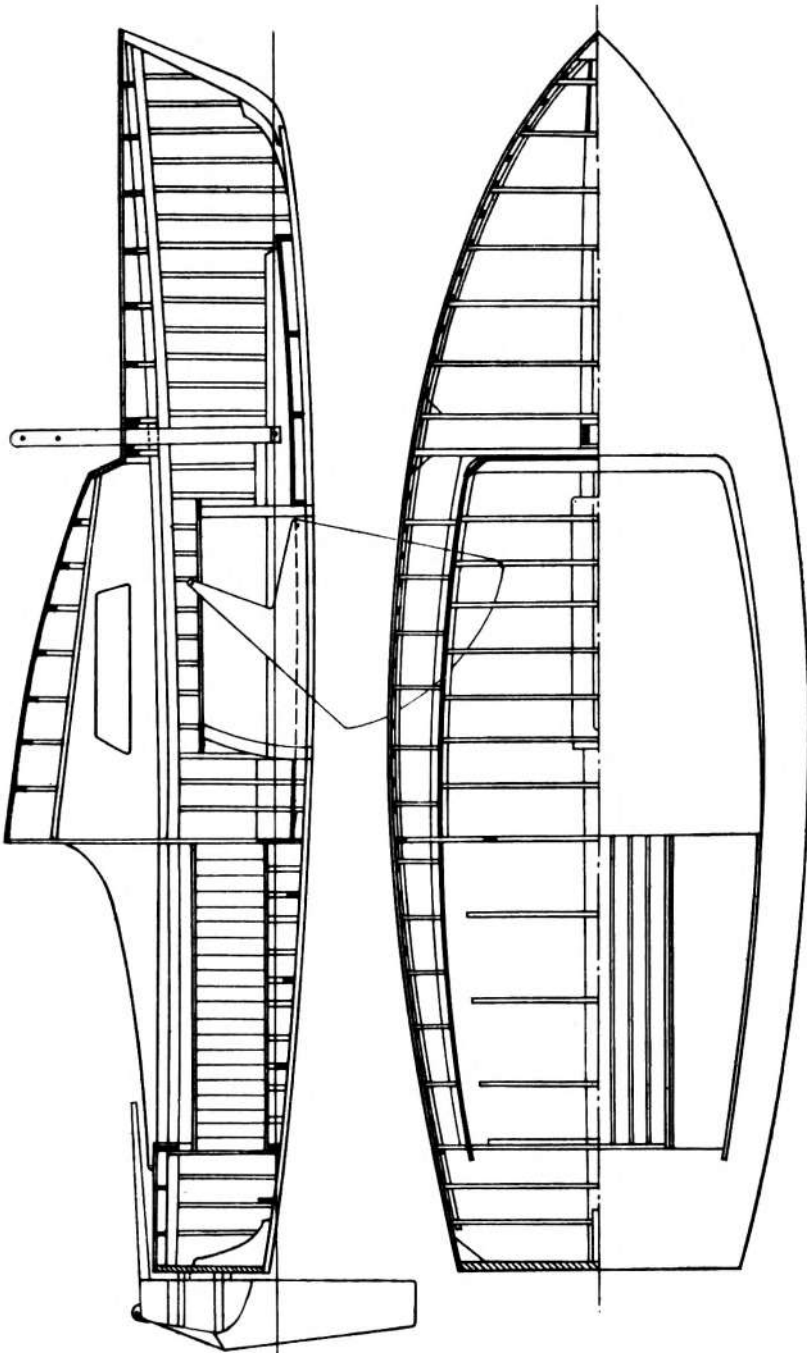
Könnyű, gyors, könnyen siklásba hozható, kétszemélyes versenyhajó. A hajó hátul széles és lapos, nagy felfekvő felülete van, a gerinc elnyújtott, hátul alig van hajlása. A külhøj egységes terv és előírások szerint épül, míg a fedélzet és a munkatér kiképzésében a szerkesztő szabad kezet kap. Az uszonysekrény helye és kiképzése sem kötött. Az árboc fa vagy alumínium, az uszony rétegelt falemez, a kormánylap alumínium. A külhøj rétegelve formára préselve és műanyagból készül.

A 258a ábra 15 m²-es hagyományos karwel-palánkozású túravitorlás bordametszetrajzát láthatjuk, amelynek legnagyobb hosszát 6,20 m, legnagyobb szélessége 1,76 m. Az U alakú bordák, a meglehetősen nagy, 1,45 m-es vízvonalszélességgel és 0,42 m-es szabad oldalmagassággal jó stabilitást és nagy stabilitás-terjedelmet biztosítanak. Ezzel szemben a 258b ábrán látható 15 m²-es versenyjolle, amelynek legnagyobb hosszát 7,20 m, legnagyobb szélessége 1,67 m, kimondottan nagy sebességre

257. ábra. Repülő hollandi



258. ábra. 15 m²-es vitorlás jollek bordametszetei



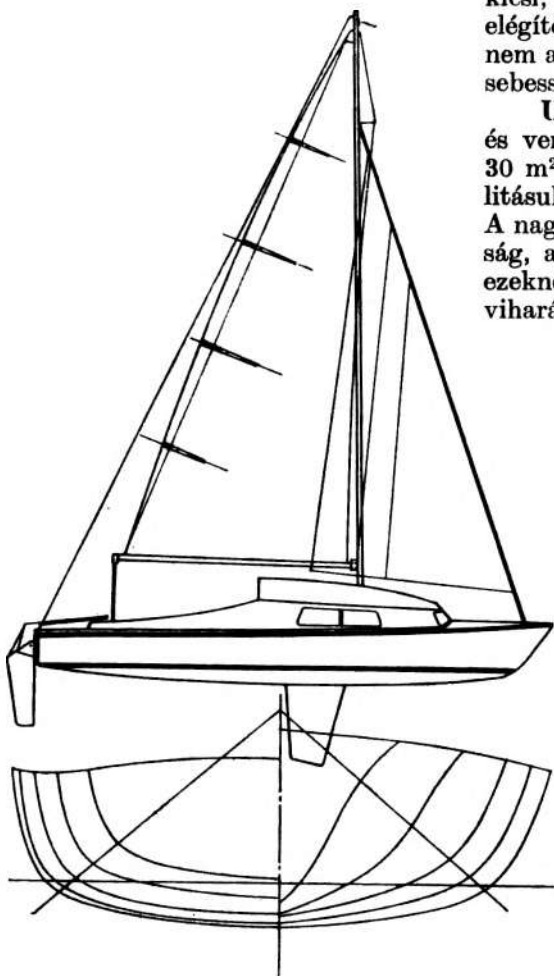
259, ábra. 15 m²-es uszonyos cirkáló szerkezeti rajza.

Az uszonyos cirkálók fő méretei:

Jellemző méretek	A cirkáló típusa			
	15 m ² -es	20 m ² -es	25 m ² -es	30 m ² -es
Legnagyobb hossz, m	6,50	7,75	8,00	9,00
Legnagyobb szélesség, m	1,70	2,15	2,30	2,60
Vízvonal-szélesség, m	1,35	1,85	2,05	2,30
Légkisebb szabad oldalmagasság, m	0,40	0,55	0,50	0,60
Árbocmagasság (max), m	7,50	8,50	9,50	10,50

konstruált hajó, éles vízvonallakkal, V bordametszetekkel. Kezdeti stabilitása kicsi, stabilitás-terjedelme azonban kielégítő. Annak ellenére, hogy siklásra nem alkalmas, könnyű kivitelben nagy sebességet ér el.

Uszonyos cirkálók. Ezek túrára és versenyre is alkalmas 15, 20, 25 és 30 m²-es kajütös hajók. Kezdeti stabilitásuk és stabilitás-terjedelmük nagy. A nagy szélesség és szabad oldalmagasság, az alkatrészek szilárd méretezése ezeknek a hajóknak kényelmet és jó viharállóságot biztosítanak.



260. ábra. Kerek bordázatú 20 m²-es uszonyos cirkáló vitorla és bordametszetrajza

Az uszonyos cirkálók bordametszeteinek alakja változó aszerint, hogy a hajót erős vagy gyenge szélre, nyugodtabb vagy hullámos vízre tervezzük. A tervezéskor figyelembe veendő, hogy a munkatér, tehát a hasznos terhelés meglehetősen hátul van, ezért a vízvonal hátul széles, a bordametszetek teltége pedig nagy legyen.

Az uszonyos cirkálók karwel-palánkozásúak, hajlított bordások. Nagyobb egységekbe néhány épített bordát vagy fémbordát is célszerű beépíteni. A kajüt szellőztetési lehetőségéről gondoskodni kell.

A 259. ábra egy 15 m²-es uszonyos cirkáló szerkezeti rajza. A hajóba két fekvőhely, egy vagy két szekrény építhető be, az uszonyszekrényre lehajtható asztal szerelhető, az árboc a könnyebb szerelhetőség céljából lehajtható.

A 260. ábrán egy korszerű 20 m²-es uszonyos cirkáló vitorla- és bordametszetrajzát láthatjuk. A hajó enyhén V bordametszetű, elől-hátul széles a fedélzet, ezért bordái felül kiesők. Nagy vízvonal-szélessége és nagy szabad oldalmagassága nagy kezdeti stabilitást és stabilitás-terjedelmet biztosít.

A 22. táblázat az uszonyos cirkálók főbb szerkezeti elemeinek méreteit tartalmazza.

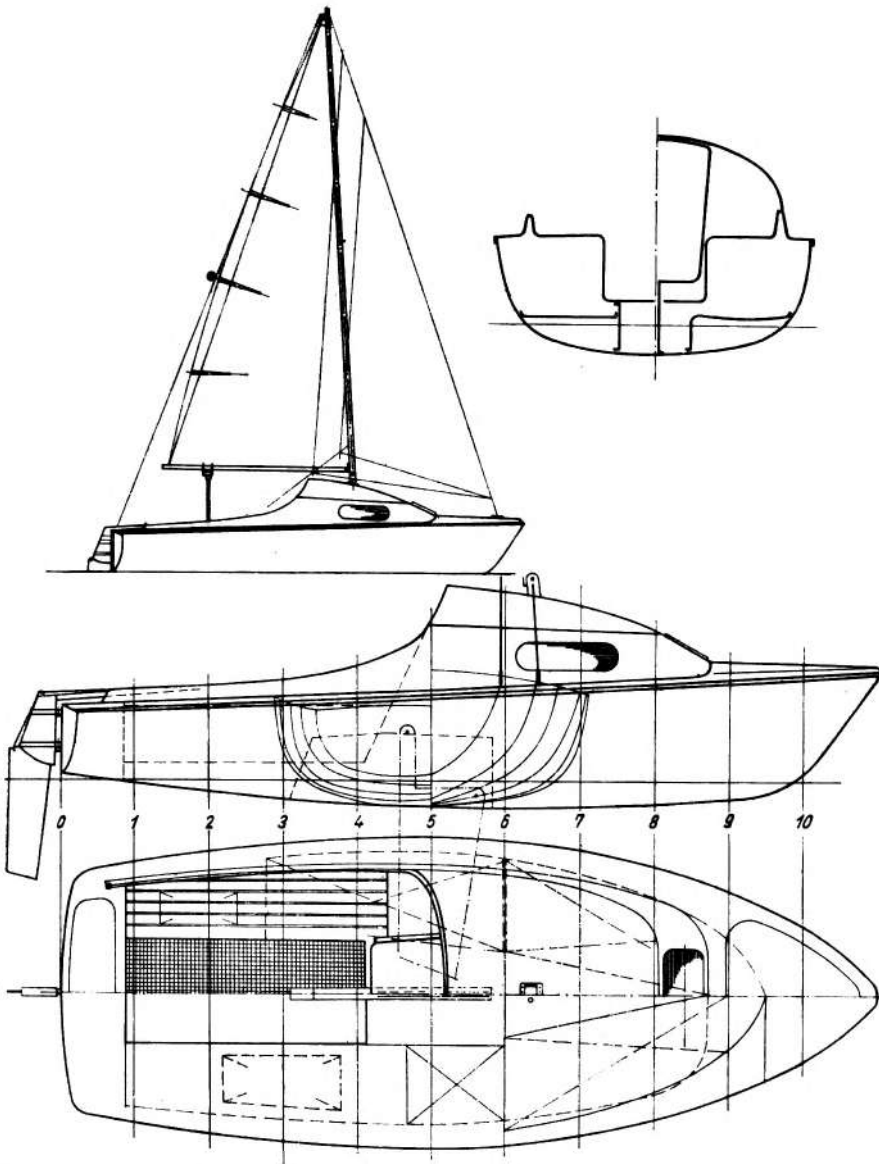
A 261. ábra 14 m²-es műanyagból készített túravitorlás vonal- és szerkezeti, valamint vitorlarajza.

Legnagyobb hossza:	5,60 m	Merülése:	0,16/1,27 m
Vízvonalhossza:	4,78 m	Oldalmagassága:	0,72 m
Legnagyobb szélessége:	2,12 m	Súly:	450 kp
Vízvonal-szélessége:	1,72 m	Vitorlafelülete:	14 m ² .

22. táblázat

Uszonyos cirkálók főbb alkatrészeinek méretei

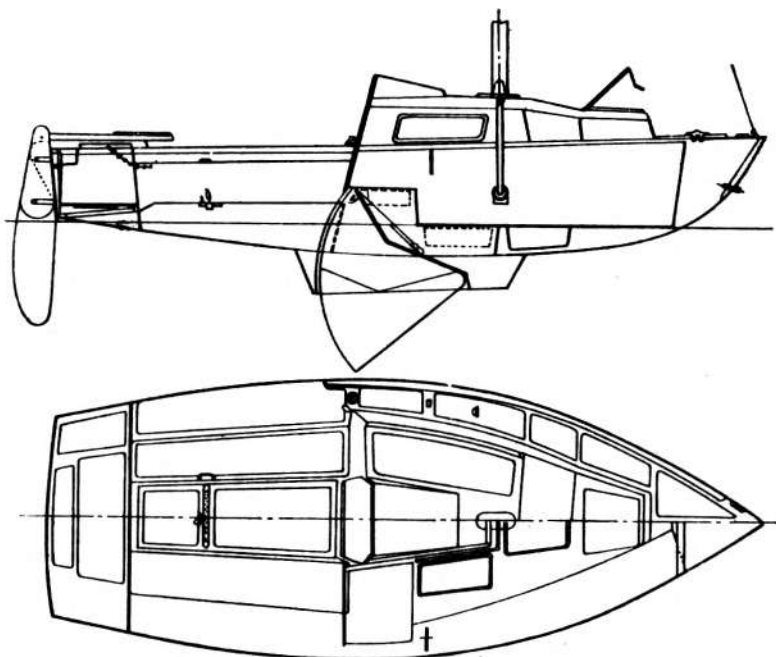
Alkatrész	Mérték-egység	A cirkáló típusa			
		15 m ² -es	20 m ² -es	25 m ² -es	30 m ² -es
Gerinc	mm	150 × 35	200 × 43	180 × 52	200 × 55
Orrtőke	mm	90 × 50	100 × 70	100 × 75	100 × 80
Orrtőke-könyök	mm	40	45	55	60
Tükör	mm	20	20	22	25
Borda (hajlított)	mm	12 × 18	16 × 24	16 × 25	18 × 30
Bordatávolság	mm	100	120	130	140
Fénkmerevítő	mm	16 × 80	26 × 65	25 × 55	30 × 60
Hosszmerevítő	cm ²	11,5	21,5	20	24
Külhøj	mm	11	13	13	15
Fedélzeti borda	mm	18 × 35	23 × 24	25 × 30	28 × 32
Fedélzeti borda az árbocnál	mm	22 × 60	33 × 70	45 × 45	50 × 50
Fedélzet	mm	11	12	12	11
Dörzsléc	mm	20 × 10	25 × 12	25 × 12	30 × 15
Uszonyszekrény alsó része	mm	23	28	30	40
Uszonyszekrény felső része	mm	18	20	25	30
Uszonyszekrény-támasz	mm	18 × 44	23 × 90	25 × 75	35 × 90
Fedélzeti bordatámasz	mm	20	22	25	30
Kajütoldal	mm	15	18	18	20
Kajüttető-borda	cm ²	16	18	18	24
Kajüttető-palánk	mm	11	12	12	14



261. ábra. 14 m²-es uszonyos műanyag cirkáló

A hajó fara széles, fedélzete elől telt, bordái elől V, hátul U alakúak, vízvonala elől éles, hátul telt, a viszonylag széles vízvonala, a nagy fedélzeti szélesség, a nagy oldalmagasság jó kezdeti stabilitást és nagy stabilitás-terjedelmet biztosít, a szélesen kiképzett far és a hátul telt vízvonal megakadályozza a hajó eltrimmelődését.

A hajó üvegszálas poliészterből (3×450-es paplan + egy 450-es roving-szövet) épül, a fedélzetet a kajüttel s az egész munkatérrel együtt egy darabból



262. ábra. Uszonyos-ballasztos hajó szerkezeti rajza

formált, s a külhéjjal össze van ragasztva. A munkatér önürítős, a kajüt réteglemezből készített tolóajtóval zárható, a kajütfal ferde, így tolótetőre nincs szükség. Az uszonysekrény a hajó fő hosszmerévítője, átnyúlik a munkatérbe.

A külső padok alatti tér fekvőhelynek képezhető ki, így ez a kis hajó négy személy részére nyújt lehetőséget. A mederhajlást (kimm) merevíti az ugyancsak műanyagból kiképzett és a külhéhoz belül hozzáragasztott fekvőhely. Az árboc a kajüt tetejére van szerelve, ezért vagy csővel támasztandó alá, vagy a kajüttetőt kell belaminált bordával megfelelőképpen megerősíteni.

Uszonyos-ballasztos hajók. Ezek a hajók alacsony, öntöttvasból vagy ólomból készített *ballaszt* van a hajó gerincéhez erősítve, s az ebben kiképzett nyílásban van az *acéllemez uszony* elhelyezve. Műanyag hajókon a ballasztot körülvevő héjazatot a külhével együtt formázzák, s ennek üregébe belülről helyezik be a ballasztot. Előnye ezeknek a hajóknak a nagyobb stabilitás; ugyanakkor a viszonylag kis merülés. Mennél nagyobb a hajó formastabilitása, annál kisebb lehet a ballaszt súlya. Megfelelő súlyú ballaszt alkalmazásával — ha a hajó rendszersúlypontja egyébként elég alacsony — a hajó hasonlóan a tőkesúlyos hajókhöz, nem borul fel.

A 262. ábra egy *uszonyos-ballasztos vitorláshajó* szerkezeti rajza. A hajó műanyagból készül és három különálló héjszerkezetből, a külhéből, az egyetlen darabból készített fedélzetből és kajútból, végül a kajüt belső berendezéséből van összeragasztva. A külhét három réteg 450-es paplanból és egy réteg 300-as szövetből készül, a gerinc további három réteg üvegszövettel van megerősítve.

A hajó 5,0 m hosszú, 2,0 m széles, merülése 0,5 m, súlya 400 kp, melyből a ballaszt 100 kp súlyú. A vitorlázat 13 m² felületű.

10. Tőkesúlyos vitorláshajók

A *tőkesúlyos hajók* ballasztját a hajótesten kívül helyezük el. A *ballaszt* (tőkesúly) növeli a hajó vízkiszorítását, nedvesített felületét s ezzel a súrlódási ellenállását, ugyanekkor — miután a hajó keskenyebbre építhető — csökken a hajó formaellenállása, a megnövekedett laterális felület miatt pedig javul a hajó széllal szembeni vitorlázóképessége. A tőkesúlyos hajóknak kisebb formastabilitás mellett *súlystabilitásuk is van*, ha ez elég nagy, a hajó nem borulhat fel. A tőkesúlyos hajók keskenyek, $R=2,0$ *Froude-szám* feletti sebességi fokon az összellenállás szempontjából az uszonyos hajóknál is kedvezőbb helyzetben vannak, mert alakellenállásuk kisebb.

A ballasztot vagy közvetlenül a gerincre erősítjük, vagy egy ún. *vakfa* közébeiktatásával erősítjük a hajótökére. A tőkesúly igen nagy harántirányú hajlító-, ill. csavarónyomatékokot fejt ki a hajótestre, ezért a tőkesúlyos hajó lényegesen erősebbre készítenődő, mint az uszonyos hajó. Vonatkozik ez elsősorban a bordákra és fenékmerevítőkre. A ballasztot a hajógerincre megbízható módon kell rögzíteni.

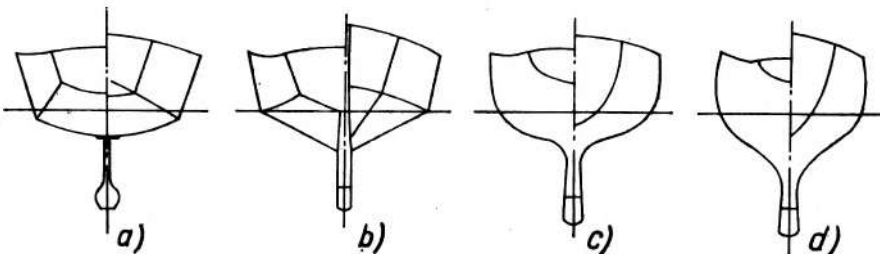
A tőkesúlyos hajók *gerince* hajlított is lehet, mely esetben a többnyire öntöttvasból készített ballasztot a ráöntött talpon át anyáscsavarokkal erősítjük a gerincre.

A tőkesúlyos hajók — miután súlystabilitásuk is van — keskenyebbek a tisztán formastabil uszonyos hajóknál, ennek megfelelően vízvonalaik is keskenyebbek, de elől általában teltebbek, nem homorúak, mint az uszonyos hajóké. A vízvonala alatti részeket, a tőkesúlyt és kormányt áramvonalasan alakítjuk ki.

A *bordametszetek alakja* az építési módtól és attól függ, hogy a hajót milyen célra és milyen szél-, ill. vízviszonyok mellett használjuk. A *bordametszetek* lehetnek *sarkosak* és *kerekék*. A 263a ábrán sarkos ívelt fenékkiképzésű, a b ábrán sarkos, mély V alakú, a c ábrán nagyobb formastabilitású körív alakú, a d ábrán pedig kis formastabilitású, mély S alakú bordametszeteket látunk.

A belvizeken használt hajók bordametszete általában laposabb, vízvonalszélessége nagyobb, bordái ívelték, a nagyobb igénybevételnek kitett, tengeren használt hajók bordametszete mélyebb, V, ill. S alakú.

A tőkesúlyos hajók szerkesztésekor ügyelni kell a *forma- és súlystabilitás helyes arányára*. A súlystabilitás általában nagyobb részét teszi ki a stabilitásnak, mert így keskeny, éles vízvonalú hajót kapunk, amely az alakellenállás szempontjából kedvező. A *ballaszt súlyának* a hajó összsúlyához való viszonya



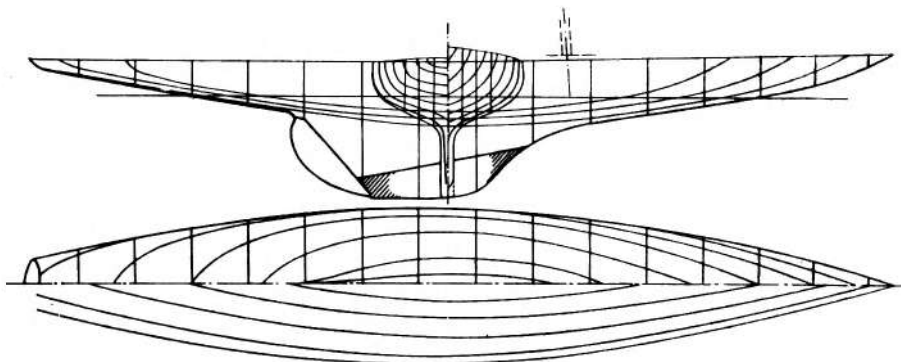
263. ábra. Tőkesúlyos hajók bordametszetei

függ a hajó formastabilitásától, a vitorlázat nagyságától és magasságától, s a szélviszonyoktól, ez százalékban:

Belvízi tőkesúlyos hajó	26...35% ;
Mélytengeri hajó:	32...45% ;
Osztály versenyhajó:	50...55% ;
Internacionális versenyhajó :	60...65%.

Minél kisebb a hajó súlya ballaszt nélkül, annál nagyobb lehet a ballaszt, s annál nagyobb a stabilitás. Minél mélyebben helyezzük el a ballasztot, annál kisebb lehet a ballaszt súlya. Minél nagyobb fajsúlyú anyagból készül a ballaszt, annál mélyebbre kerül a súlypontja, tehát annál kisebb lehet a súlya.

A tőkesúlyos hajók főbordametszete kisebb, mint az uszonyos hajóké, ezért a *tőkesúlyos hajónak kisebb a formaellenállása és nagyobb a hullámálló-képessége*. A hullámállóképeséget növeli és tartalék-felhajtóerőt ad, ha az orr- és farrész a vízvonallal fölött még előre és hátra hosszabban kinyúlik.

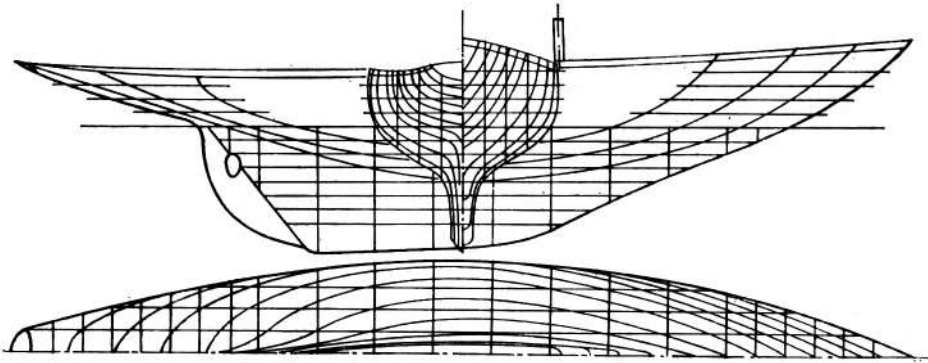


264. ábra. Belvízi tőkesúlyos hajó vonalrajza

Hullámos vízre és erős szélre tervezett hajóknál előfeltétel egy bizonyos minimális hajósúly, hogy a hullámokkal szemben kellő *tömegtehetetlensége* legyen. A hullámok a hajót könnyebben eltérítik haladási irányából, ha hosszúak a hajónak a vízvonalon túlérő részei. Éppen ezért a belvízi hajókkal ellentétben az orr- és farrészek vízvonalon túlérő részei rövidek.

A belvízi hajók laterális felülete nagy oldalviszonyú, középen koncentrált, mint pl. a 264. ábrán látható *Schärenkreuzer*. Az ilyen hajó könnyen kormányozható, iránystabilitása azonban kicsi, s kisebb a surlódási ellenállása. A tengerjáró hajóknak nagy iránystabilitásra, ennek megfelelően hosszú, kis oldalviszonyú laterális felületre van szükségük (265. ábra), az ilyen hajók bordametszetei V alakúak, mélyen lenyúlók, vízvonalai teljesebbek.

A *tőkesúlyos fahajók* épülhetnek hajlított bordákkal, épített bordákkal, s lehetnek vegyes építésűek is fémbordákkal. A gerincet, ill. hajótőkét az orr- és far-, valamint a kormánytőkével átmenő, tűzben horganyzott vagy bronz anyáscsavarokkal kötjük össze és ahol szükséges, nyírás ellen csapokkal biztosítjuk. A 266. ábrán 10 m hosszú tőkesúlyos vitorlás farrészekének a gerinccel, ill. orrtőkével való összeépítését szemléltetjük. Az összeépítésre használt csapokat erősebbre méretezzük, mert a hajó bukdacsoló és dőlő mozgásokor erős szélben az igénybevétel a statikus igénybevételnek többszöröse.



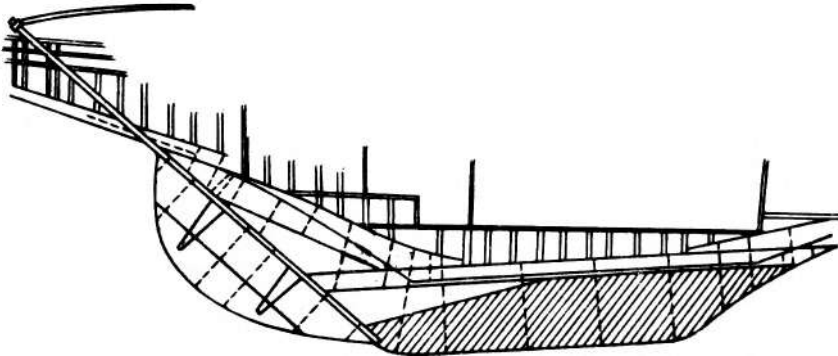
265. ábra. Mélytengeri tőkesúlyos hajó vonalrajza

A tőkesúlyos hajók *kormányát a kormánytőkére szereljük*, a kormányrúd áthalad a fartőkén s egy csövön keresztül a fedélzetig vezet. A fedélzetre van szerelve a kormánytengely felső csapágyazása, s e fölött a kormányrúd. Ezeknél a hajóknál a ballaszt általában a fartőkéig ér, s ebben van a kormánytengely alul csapágyazva (267. ábra). Maga a kormánylap tölgyfából készül, de lehet üreges acéllemez szerkezet, folytatását képezi a kormánytőkének, és áramvonalas kiképzésű.

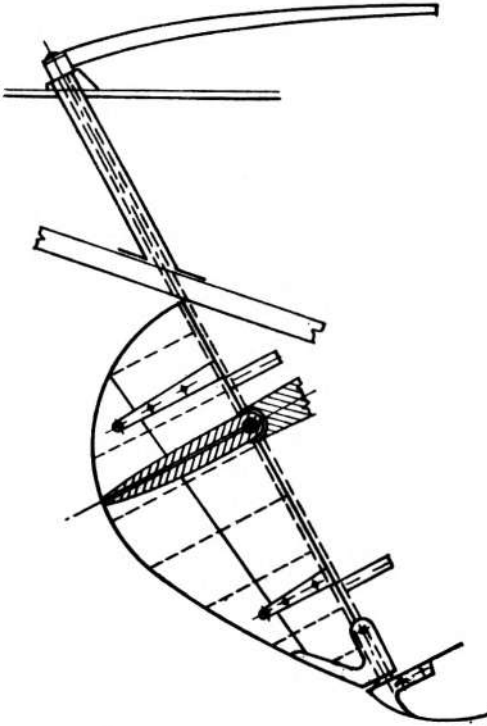
Nagy oldalviszonyú, keskeny laterális felületű hajók kormányát nem közvetlenül a tőkesúly mögé szereljük, hanem attól hátrább, így jobb a *kormányhatás*.

A ballasztot úgy kell kialakítani és elhelyezni, hogy ellenállása minimális legyen s súlypontja a ballaszt nélkül számított rendszersúlypont súlyvonalába essen. A ballaszt kialakításakor, megrajzolásakor hasonlóan járunk el, mint a hajótest tervezésekor. Megrajzoljuk a ballaszt három vetületét, s megszerkesztjük annak áramvonalazott vízszintes, valamint függőleges metszeteit. Ezeket metszősíkokkal ugyanúgy ellenőrizzük és kiigazítjuk, amint azt a hajótest vonalrajzán tettük. Végül *Simpson-* vagy trapézsabállyal meghatározzuk a térfogatát, s ellenőrizzük, egyezik-e a szükséges térfogattal. Amennyiben nem, kisebbre vagy nagyobbra készítjük, vagy keresztmetszetét változtatjuk.

A *ballaszt anyaga* ólom, öntöttvas és sörétballaszt, ami betonba ágyazott vashulladék. Legjobb, de legrágább az *óloballaszt*. Az ólom fajsúlya 11,3, az

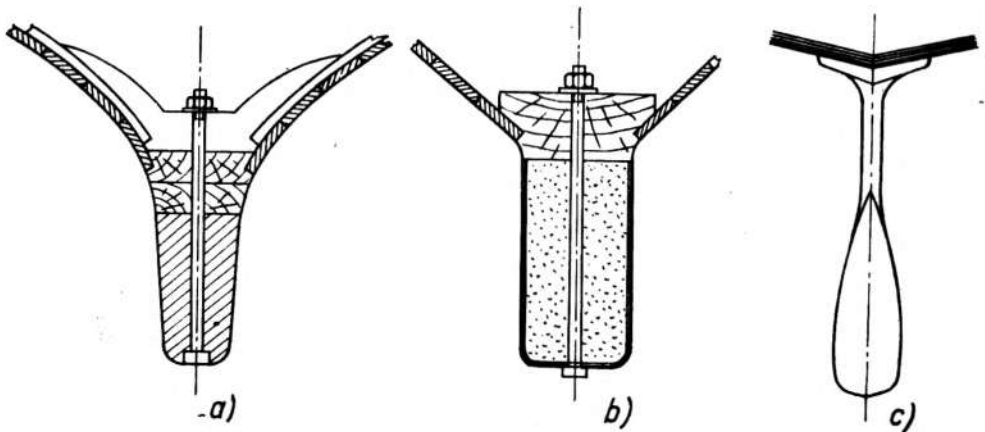


266. ábra. A tőkesúly összeépítése a hajótesttel



öntöttvasé 7,4, a söréballaszté 5,0 kp/dm³. Legegyszerűbb az ólomballasztot készíteni, mert az ólmot könnyű kiönteni. Az ólmot vastégelyben olvasztják, olvadáspontja 327 °C.

A fából készített öntőmintát homokba ágyazzuk, a tőkesúly felerősítő csavarjait be lehet önteni az ólomba. A kisebb tőkesúlyokat ki is lehet fúrni. A söréballasztot acéllemezből készített teknőbe ömlesztik, s ezt a széles hajótőkére erősítik. A 268. ábrán különböző ballaszt-megoldásokat látunk, az

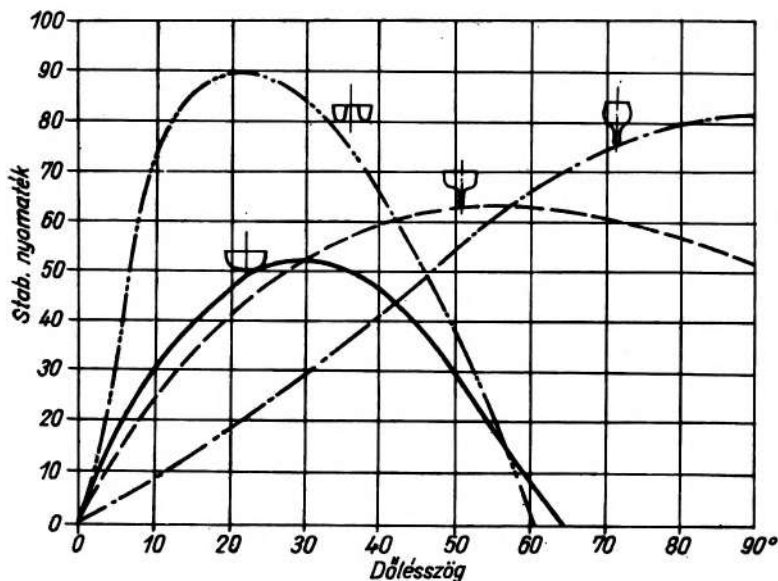


268. ábra. Különböző ballaszt-megoldások.

a ábra ólomballasztot, a b sörétballasztot és a c a hajógerincre csavarozott öntöttvas uszonyballasztot ábrázol.

A tőkesúlyos hajók súlystabilitása legalább akkora legyen, hogy a hajó ne borulhasson fel, bizonyos formastabilitás is szükséges, ellenkező esetben a hajó kezdeti stabilitása kicsi, kis szélben is erősen megdől. Nem célszerű a súlystabilitást túl nagyra választani, mert a hajó nehéz lesz, s nagyobb lesz a merülése.

A 269. ábrán egy uszonyos, egy belvízi tőkesúlyos, egy tengeri cirkáló és egy katamarán *stabilitási görbéjét* látjuk. A diagramból kitűnik, hogy az uszonyos hajó 30° körül éri el stabilitásának a maximumát és 65° -nál stabilitása 0, azaz felborul. A nagy formastabilitású belvízi tőkesúlyos hajó stabili-



269. ábra. Uszonyos és tőkesúlyos hajók stabilitási görbéi

tásának maximuma 45° -nál, a tengeri cirkálóé 80° -nál van. A katamarán stabilitási görbéje meredeken emelkedik, s maximális stabilitását kb. 10° -nál éri, innen kezdve stabilitása fokozatosan csökken, s 60° -nál 0.

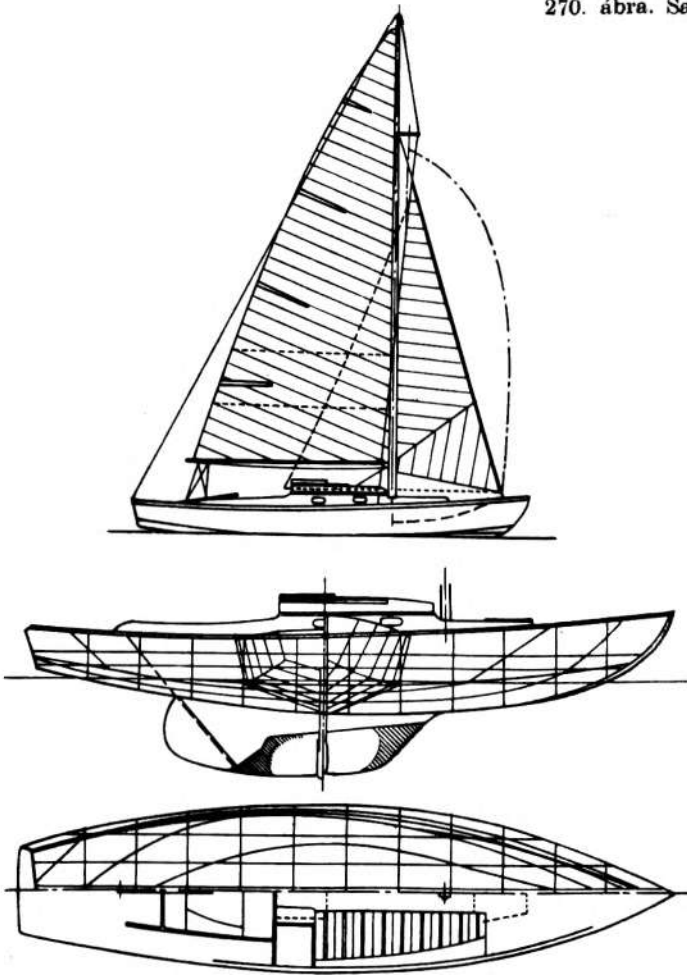
Sarkos építésű tőkesúlyos hajók. Ezeket fából, réteglemezből vagy fémből építik. Építési módjuk — különösen lemezből — egyszerűbb. Készülnek egy vagy két ballasztal (*Kimmkiel*).

Sarkos, V bordametszetű tőkesúlyos hajó (270. ábra).

Legnagyobb hossza:	7,20 m	Súlya:	1200 kp
Vízvonalhossza:	5,76 m	Ballaszttsúly:	500 kp
Legnagyobb szélessége:	1,90 m	Vitorlafelülete:	20 m ²
Mélyjárata:	1,05 m.		

A hajótest vonalai harmonikusak, a sarkos forma a vízvonalat csak kevéssé torzítja el. A hajó épített bordákra, tömörfából vagy réteglemezből építhető. A gerinc hajlított, a ballasztot egy fabetét közbeiktatásával erősítik a gerincre.

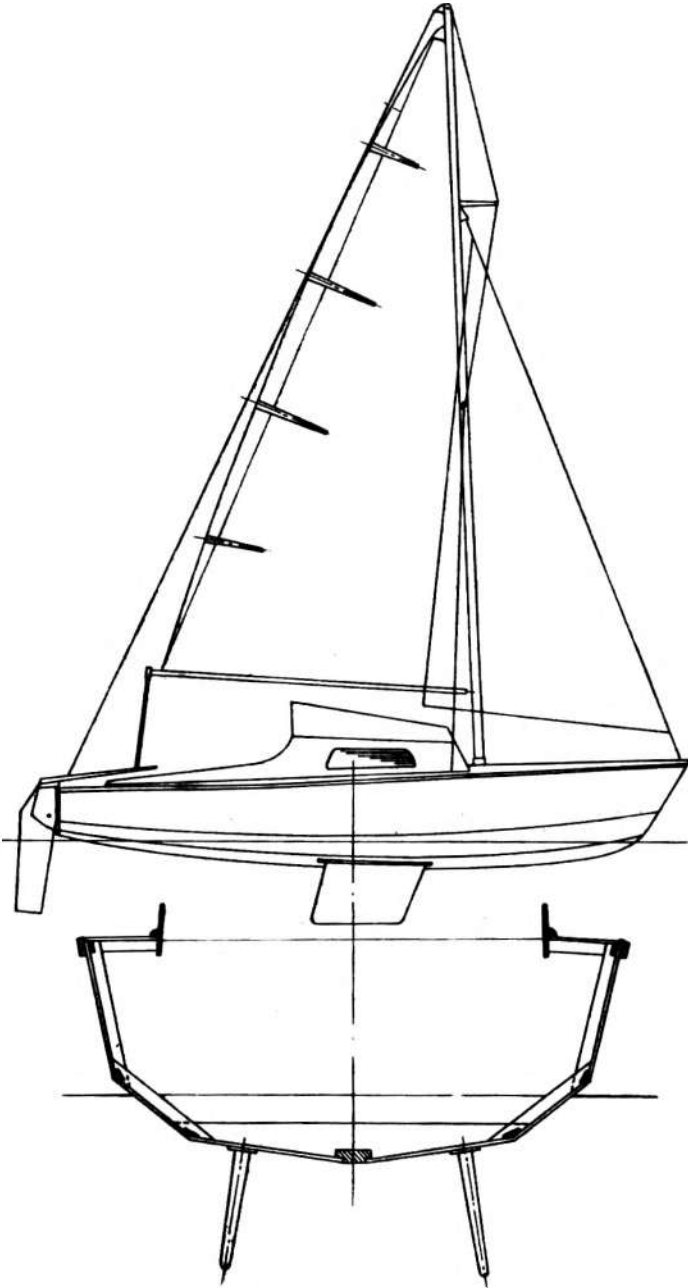
270. ábra. Sarkos tökesúlyos hajó



Kétballasztos, sarkos, 20 m²-es vitorláshajó (271. ábra).

Legnagyobb hossza:	7,20 m	Súlya:	1400 kp
Vízvonalhossza:	6,69 m	Ballaszt súly:	220 + 220 kp
Legnagyobb szélessége:	2,30 m	Vitorlafelülete:	20 m ²
Mélyjárata:	0,70 m.		

Belvízi vitorlázásra, kis vízmélységre igen alkalmas, mert kicsi a mélyjárata. Ha a hajó megdől, a szél alatti ballaszt merőlegesen áll, a szél fölötti pedig fokozott stabilitást biztosít. A hajónak a súlystabilitás mellett nagy formastabilitása is van, így kezdeti stabilitása igen nagy. Tömörfából vagy rétegtelmezből építhető. A ballasztok öntöttvasból készülnek és anyáscsavarok erősítik az erős fenékbordákhoz. A kormány a tükörre függesztett, lapja felhúzható.



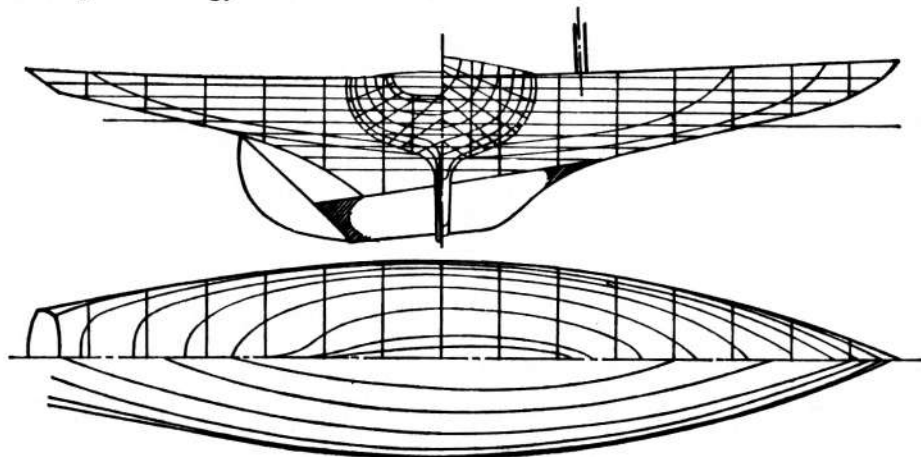
271 ábra. Kéballasztos sarkos tőkesúlyos hajó keresztmetszete

Kerek bordájú tókesúlyos hajók. A legkülönbözőbb formában és méretekben fából, fémből, de főleg műanyagból készülnek, a könnyű építésű és az erre alkalmas formájú hajók siklásba is hozhatók.

Sárkányhajó (272. ábra).

Legnagyobb hossza:	8,90 m	Súlya:	1720 kp
Vízvonalhossza:	6,00 m	Ballaszt súly:	1000 kp
Szélessége:	1,96 m	Vitorlafelülete:	26,6 m ²
Mélyjárata:	1,20 m.		

Tömörfából palánkozott vagy lécezett külhájú vitorlás, amely túra- és versenycélokra egyaránt alkalmas.



272. ábra. Sárkányhajó

A sárkányhajó bordái körív alakúak, L/B viszonya 4,5, vonalai karcsúak, kis formaellenállású, nagy súlystabilitású, viszonylag gyors hajó. Zárt kajüttel, két fekvőhellyel, ruhaszekrényvel, kis főzőfülkével készül. A kimondottan versenycélokra készült hajónak nagyobb a munkaterete, nincs kajütje, csak egy emelt hátsó fedélzetrésze van.

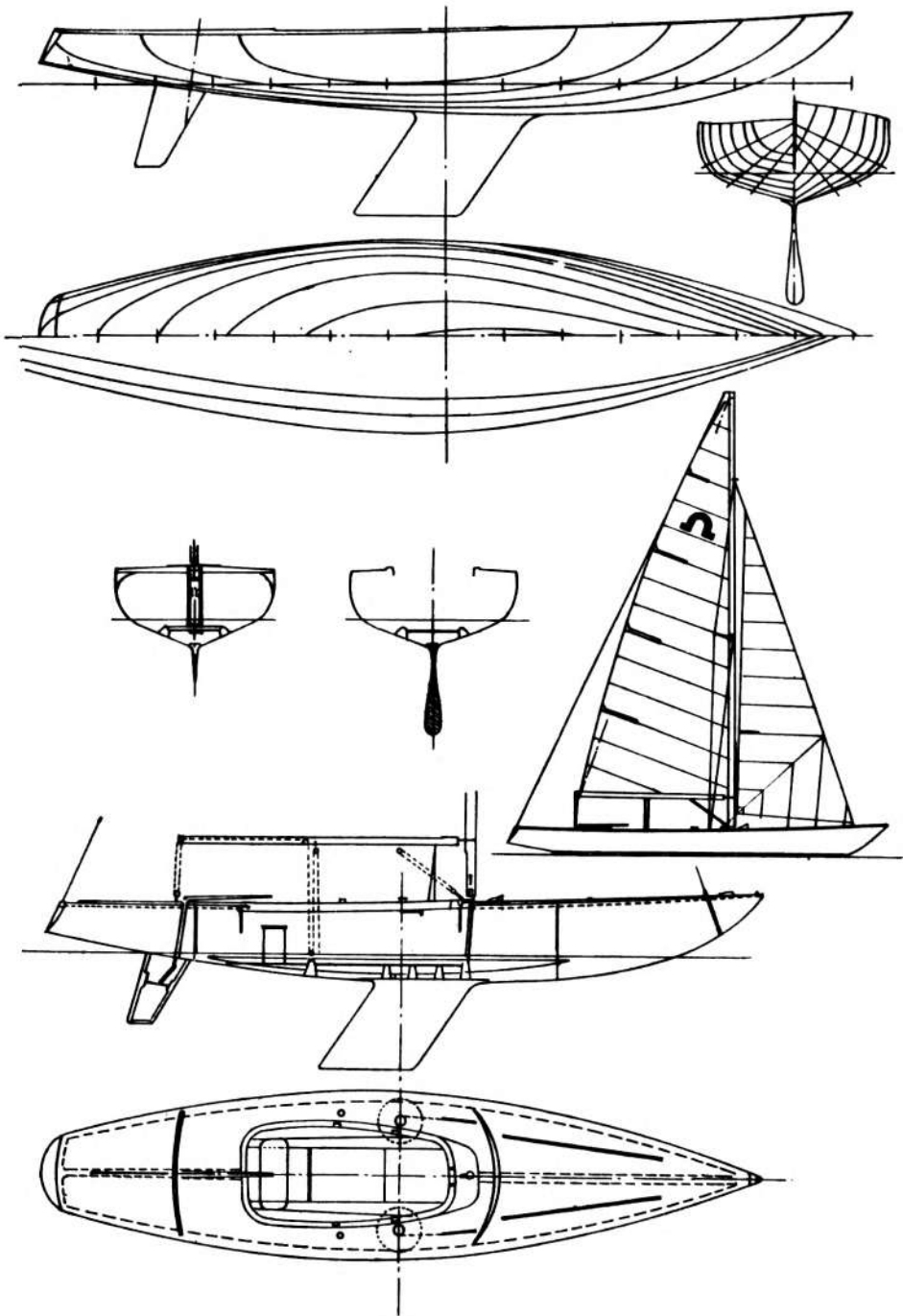
Soling (273. ábra).

Legnagyobb hossza:	8,15 m	Mélyjárata:	1,30 m
Vízvonalhossza:	6,10 m	Súlya:	1000 kp
Szélessége:	1,90 m	Ballaszt súly:	580 kp
		Vitorlafelülete:	24,30 m ²

Gyors és erős szélben való vitorlázásra alkalmas versenyhajó. Bordametsetei lekerekített V alakúak, vízvonalai elől élesek, hátul kissé teltek. A hajó jó forma- és súlystabilitású, ballaszt része: 85%.

Műanyagból készül, fenékét üreges hossz- és harántbordák merevítik. Az elülső és hátsó vízmentes válaszfallal lezárt tér fel van habosítva. A hátrafelé nyílazott, karcsú öntöttvas ballaszt leszerelhetően, csavarokkal van fel erősítve a több üvegpaplan-réteggel megerősített hajófenékhez. Az alumínium árboc a fedélzeten áll, s terhelését alumínium cső közvetítésével a fenékmerevítőkön keresztül adja át a hajófenékhez.

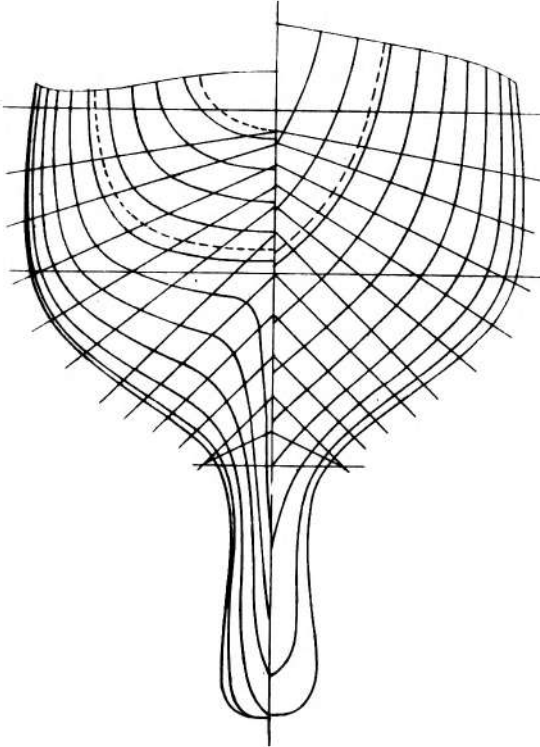
Internacionális versenyhajók (R hajók). Az internacionális R hajók méretei és alakja nincs szigorúan megkötve, mint az ún. *egységshajóké*, ezek szer-



273. ábra. Soling típusú tőkesúlyos vitorlás

kesztésekor tehát a tervezőnek szabadabb keze van. 5,5, 6, 8 és 12 R hajókat készítenek. A versenyértéket képlet alapján számítják ki.

Az internacionális R hajók L/B viszonya nagy (3,5...4), vízvonalai élesek, keskenyek, formastabilitásuk kicsi, súlystabilitásuk igen nagy, ballasztrészük 60...65%. A 274. ábra egy 6 R hajó bordametszetrája, az elülső bordametszettek mély V alakúak, a középsők S, a hátsók közvetlenül a vízvonal mögött



274. ábra. 6 R hajó bordametszete

körív alakúak. A hajónak viszonylag nagy a nedvesített felülete, de kicsi a formaellenállása. Nagy a stabilitása, ezért nagy oldalviszonyú, jó hatásfokú, magas vitorlázata van.

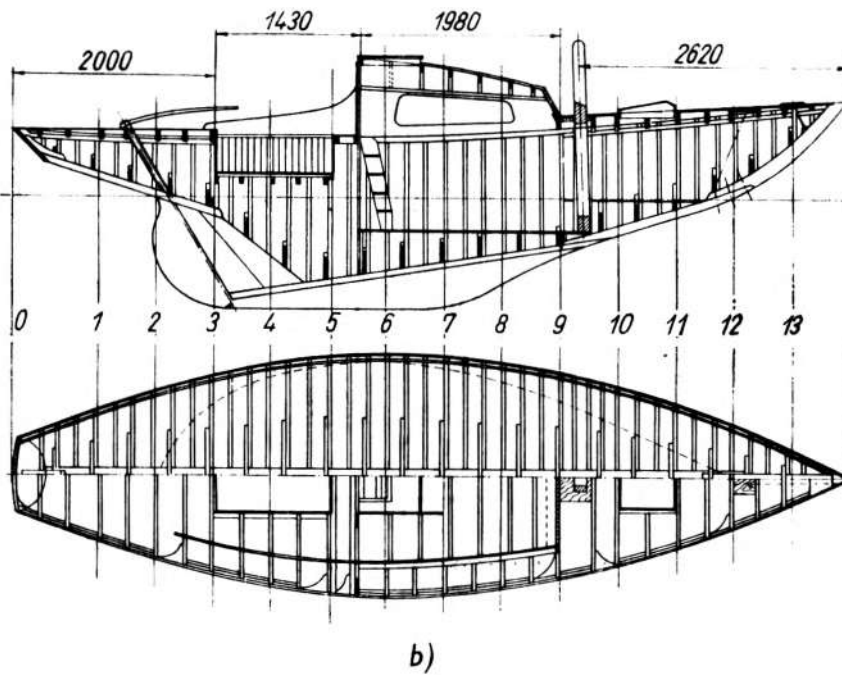
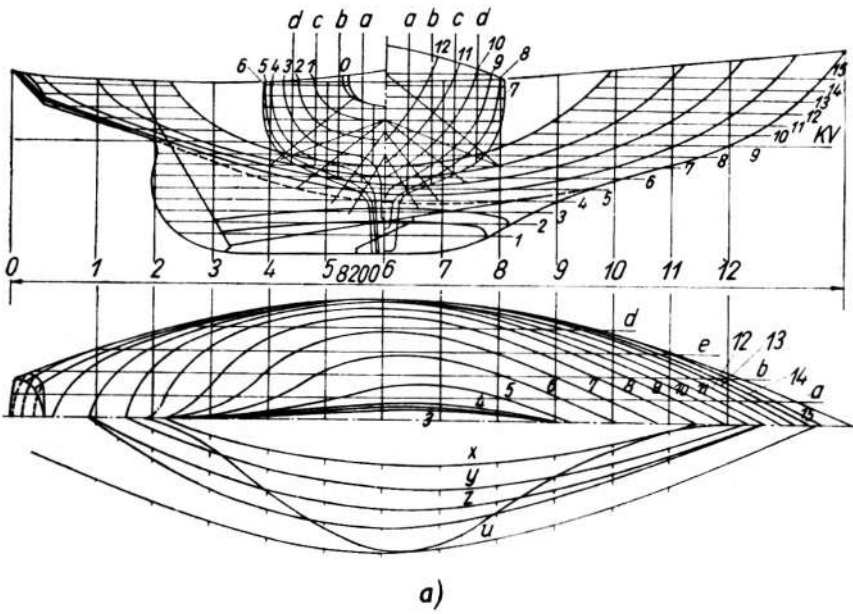
30 m²-es cirkáló (275a és b ábra)

Legnagyobb hossza:	7,75 m	Súlya:	2700 kp
Vízvonalhossza:	5,40 m	Ballaszt súly:	750 kp
Mélyjárata:	1,35 m	Vitorlafelülete:	30 m ² .

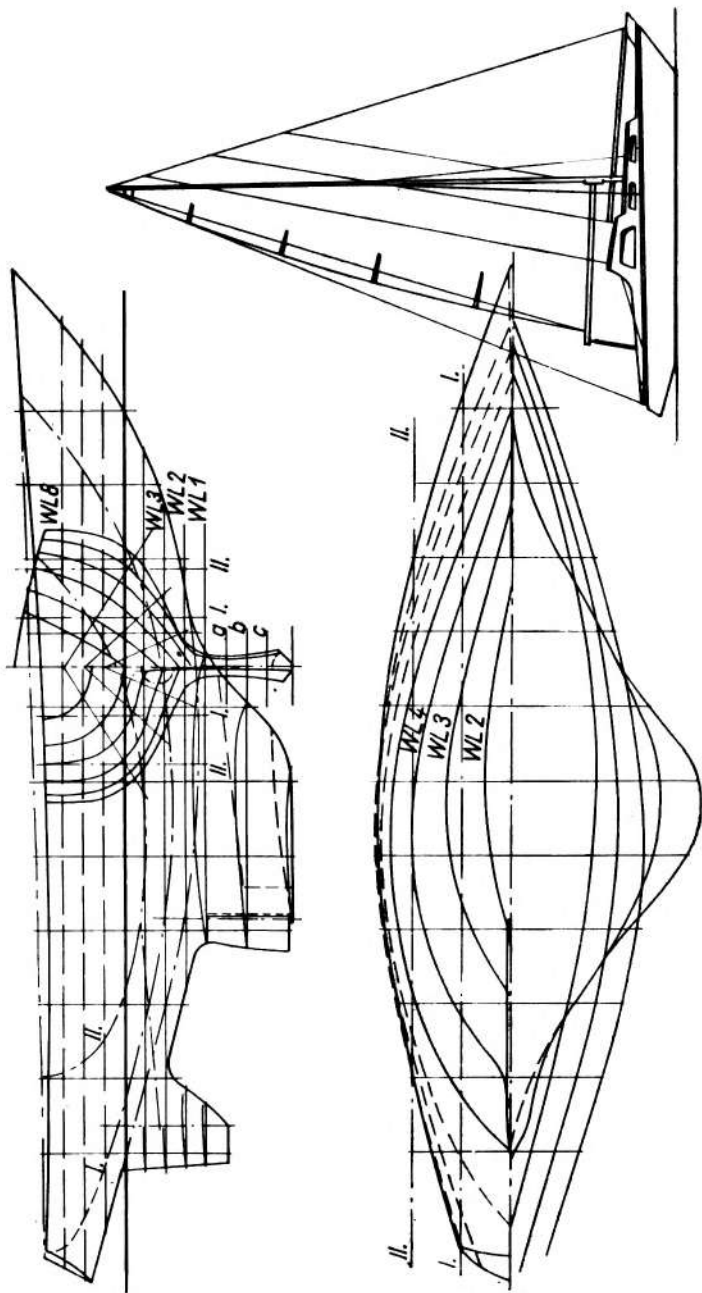
Nagy laterális felületű, kis oldalviszonyú, belvízi és tengeri cirkálásra alkalmas hajó.

Viszonylag széles, nagy formastabilitású, kis súlystabilitású, vízvonalai teltek, bordametszetei elöl V, középen S, hátul körív alakúak. A hajó kezdeti stabilitása, nagy vízvonalszélessége és vonalainak teltsége miatt nagy.

Hagyományos építési módon, karwel-palánkozással, hajlított bordázattal, épített tőkével, ólomballaszttal készül. A munkatér vízmentes, önürítő teknő, a kajütbe lépcsőkön keresztül lehet lejutni.



275. ábra. 30 m²-es tőkesúlyos cirkáló



276. ábra. 27 m²-es műanyag cirkáló

27 m²-es műanyag cirkáló (276. ábra).

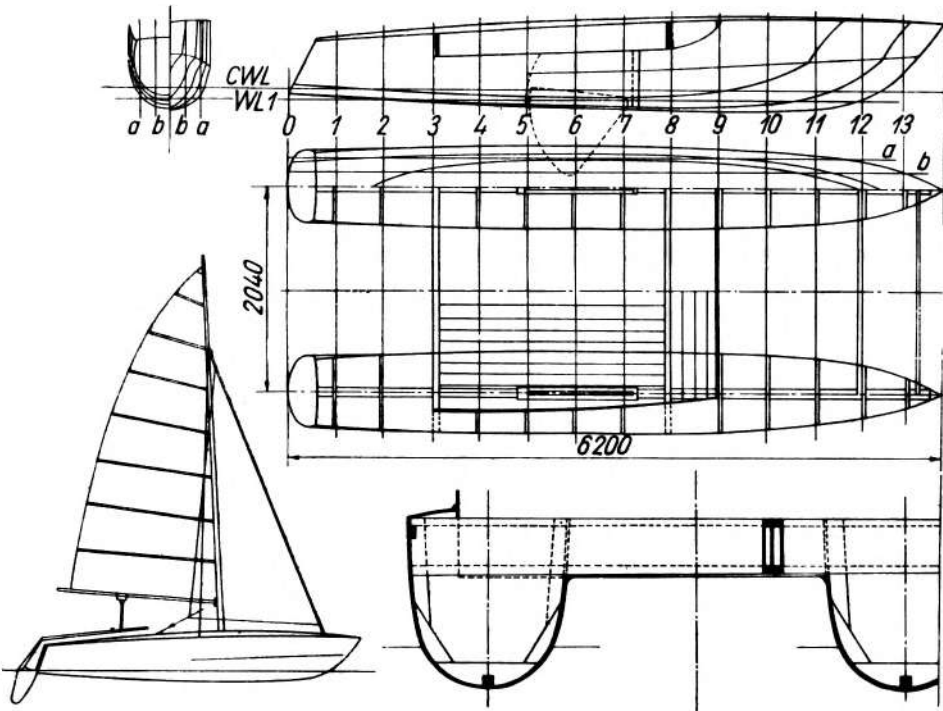
Legnagyobb hossza: 8,20 m
Vízvonalhossza: 6,25 m
Szélessége: 2,60 m
Szabad oldalmagassága: 0,84 m

Mélyjárata: 1,40 m
Súlya: 2400 kp
Ballaszt súly: 700 kp
Vitorlafelülete: 27 m².

Nagy formastabilitású, viszonylag kis súlystabilitású korszerű, üvegszálaspoliészterből készített hajó. Laterális felületének oldalviszonya nagy, a kormány nem a tókesúly folytatásában, hanem különállóan a hajó hátsó részén van felfüggesztve, a kormány tengelye merőleges a vízvonalra. A hátul felfüggesztett, nagy oldalviszonyú kormány a rövid, mély laterális felülettel igen jó kormányhatást biztosít. A hajó vonalai teltek, bordametszetei V alakúak. A kajütben öt fekvőhely, két szekrény, W. C. és főzőfülke helyezhető el. A 10,5 m magas árboc a bordázással megerősített fedélzetre van állítva, a fedélzet szendvicsszerkezet.

11. Katamaránok

Különleges típusa a vitorlásoknak a két- és háromtestű hajó, a *katamarán* és *trimarán*. Ezek előnye a kisebb ellenállás és az ezzel kapcsolatos nagyobb sebesség, de nem utolsó sorban a nagy formastabilitás. Minthogy a katamarán



277. ábra. Kerek bordametszetű katamarán

sokkal kevésbé dől, mint az egytestű hajó, hatásos vitorlafelületét tovább megtudja tartani. A katamaránoknál nem alkalmaznak ballasztot, csak *uszonyt*.

A katamaránok *úszótestei* keskenyek. L/B viszonyuk 8...10. Ha az úszótest túl éles, nagy lesz a nedvesített felülete, ezért rendszeren kerek bordametszetű testeket építenek. Az uszony vagy a hajó közepén van elhelyezve, vagy mindegyik úszótestben van egy-egy. Mindkét úszótestre kell egy-egy kormányt szerelni, s ezek rúdja egy csuklósan kapcsolódó vonórúddal van összekötve. A katamarán úszóinak bordametszetei elől élesek, hátul telték, hogy a nagy sebességen bekövetkező eltrimmelődésnél kellő alátámasztást nyújtsanak. A katamaránokkal 35 km/h sebesség is elérhető.

A 277. ábrán látható katamarán úszótestei műanyagból, rétegeltlemezből vagy formára préselt lemezből készülhetnek.

A katamarán fő méretei:

Legnagyobb hossza:	5,03 m	Az úszótest szélessége:	0,8 m
Vízvonalhossza	4,83 m	Mélyjárata:	0,18/0,78 m
Szélessége:	2,28 m	Súlya:	kb. 160 kp
Oldalmagassága:	0,50 m	Vitorlafelülete:	14,8 m ² .

A két úszótestet két tartógerenda köti össze, az egyik hátul, a másik az árbocnál. A két összekötő közötti munkatér alul rétegeltlemezzel vagy műanyaggal van burkolva, s lécezéssel vagy rálaminált bordázással van merevítve. Az összekötő gerendák fenyőfalécekből és rétegeltlemezből ragasztással összeerősített szekrénytartók, amelyek az úszótestek bordázatával anyáscsavarokkal vannak összeerősítve.

12. Az árboc és szerelvényei

a) Az árboc igénybevétele és méretezése

Az *árbcnak* és a *feszítő kötéletnek* azt a terhelést kell kibírnia, amelyet a vitorlát terhelő szélnyomás áthat az árbocnak, továbbá azt az erőt, amelyet a vitorla súlya, s a felhúzó kötelekben ébredő húzóerő áthat az árbocnak. Ehhez a *statikus igénybevételhez még dinamikus erőhatások járulnak*, amelyek a hajó bukdácsoló és dülöngélő mozgásából származnak. A *statikus igénybevétel* meghatározható, ha ismerjük a vitorlára ható szélerőt vagy a hajó stabilitási nyomatékát. A *dinamikus erők* nagysága csak becsléssel határozható meg. Ha stabilitási számításokat nem végzünk, akkor úgy méretezünk, hogy az árbocot oldalt kifeszítő acélkötelek (*Wantok*) szakadási szilárdsága az egyik oldalon a teljes hajósúly 1,5-szerese legyen.

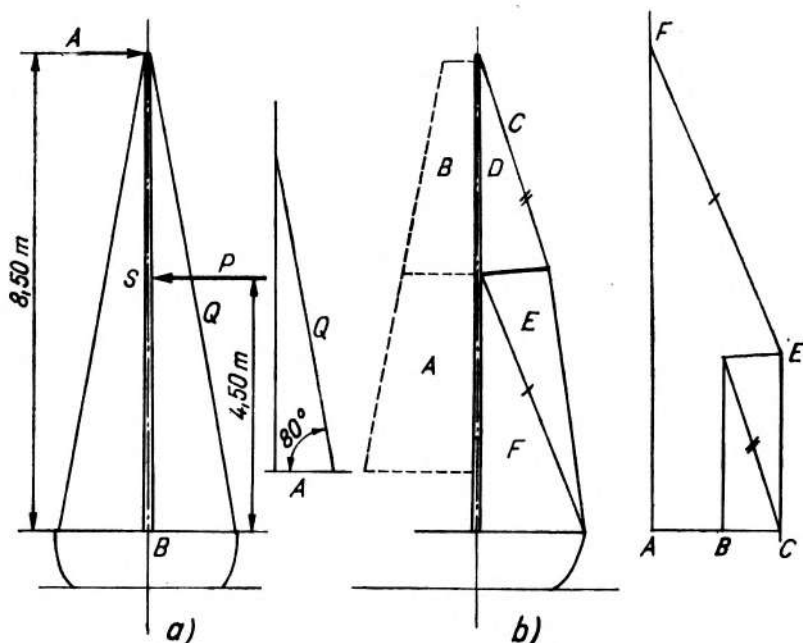
Az árbocoknak a kötelekben keletkező húzóerőt mint nyomást kell felvenniük, az *árbc* tehát *kihajlásra van igénybevéve*. A *törőerőt*, ill. ebből az *árbc keresztmetszetének másodrendű nyomatékát* az *Euler-tétel* segítségével határozhatjuk meg, amely szerint:

$$I = \frac{Pl^2}{\pi^2 E},$$

ahol P a törőerő, jelen esetben megközelítéssel a kifeszítő kötelekben ébredő húzóerő;

l az árboc hossza, cm;

E az árboc anyagának rugalmassági modulusa (fára 100 000 kp/cm²).



278. ábra. A feszítőkötélekben eredő erő grafikus meghatározása

Példa. A kifeszítő kötélekben ébredő húzóerő kiszámítását egy egyszerű példán mutatjuk be. Legyen egy 20 m²-es vitorlásnál a vitorlára nehezedő széléről 6-os szélénél 196 kp. Az árboc hossza a fedélzettől mérve 8,5 m, s a széléről támadáspontja 4,5 m-re van a fedélzet fölött (278a ábra).

$$\text{Az } A \text{ pontban a reakcióerő: } A = \frac{Pa}{l} = \frac{196 \cdot 4,5}{8,5} = 104 \text{ kp.}$$

A B pontban a reakcióerő $P - 104 = 92$ kp. A kötélt ezt az erőt nem az árbocra merőlegesen veszi fel, mert a vízszintessel 80°-ot zár be, így a kötéltben ébredő húzóerő:

$$Q = \frac{A}{\cos \alpha} = \frac{104}{0,174} = 599 \text{ kp.}$$

Minél nagyobb szög alatt hajlik a kifeszítő kötélt az árbochoz, annál kisebb feszültség keletkezik benne, tehát annál gyöngébbre méretezhető.

A 278b ábrán levő árbocnak felső és alsó feszítőkötéle és egy pár árbocmervítője van. Nem ismerjük a nyomás eloszlását az árboc mentén, de azt tudjuk, hogy a felületegységre eső nyomás a vitorla felső részén nagyobb. Az ábrán a szaggatott vonal jelentené a *vitorla equivalens alakját*. Ha feltételezzük, hogy az *AB* terhelés az alsó, a *BC* pedig a felső feszítőkötélekre hat, akkor az alsó *EF* és felső *CD* feszítőkötélekben keletkező erőket az ábrán látható módon grafikusán meghatározhatjuk. Az orrvitorla általában a feszítőpontokra van kötve, így az orrvitorlára eső nyomás fele szintén ide számítandó. Az elülső árbocfeszítő kötelet általában az alsó feszítőkötélel azonos vastagra vesszük.

Az *árbcemervítők* (*Saaling*) a rájuk feszített kötéltel az *árbc kihajlását akadályozzák meg*. Kőrisfából vagy acélcsőből készülnek, s minél hosszabbak, annál nagyobb lesz a feszítőkötéltnek az árboccal bezárt szöge, s annál kisebb a kötéltben keletkező feszültség. Ha az árbocmervítő nem merőleges a hajó hossz tengelyére, hanem azzal szöget (pl. 45°-os szöget) zár be, akkor nemcsak

oldal-, hanem hosszirányban is merevít (*Jumpstag*). Az árbocot nemcsak oldalirányban, hanem előre és hátra is ki kell kötni, az árboccsúcsra erősített hátrafeszítővel vagy az árbocmerevítőtől kiinduló, oldható hátrafeszítővel (*Backstag*).

Az árboc belsejében levő keresztmetszetek hatása az árboc szilárdságára kicsi, ezért többnyire üreges árbocot és rudazatokat készítünk, s ezzel súlyt takarítunk meg.

Egy árbocnak merevnek és egyenesnek kell lennie, a ránehezedő terhelést törés nélkül ki kell bírnia. Csak belvízi versenyhajó árboca méretezhető olyan könnyűre, hogy esetleg eltörhet. A korszerű árboc magas, lehetőleg vékony, kis súlyú, anyaga fa vagy könnyűfém.

Gyakorlatból vett *közelítő adatok az árboc méretezésére* belvízi magas vitorlátznál, üreges rudazatra (D az árboc átmérője, L_a pedig a hossza):

1. *Árbc kikötés nélkül* (szabadonhordó): $D = 0,0160 L_a$.

Legnagyobb az átmérő a befogás helyén (fedélzetnél); a csúcsonál az átmérő $0,406 D$, közbenső négy pontban $0,942 D$, $0,849 D$, $0,726 D$ és $0,575 D$.

2. *Árbc három kötéllel kifeszítve*: a kötelek a hossz 75%-ában be-kötve.

$D = 0,12 L_a$.

3. *Árbc öt kötéllel kifeszítve, egy árbocmerevítővel (Saaling)*:

$D = 0,011 L_a$.

4. *Árbc két árbocmerevítővel*:

$D = 0,010 L_a$.

Legnagyobb az árbocátmérő a fedélzet és az alsó árbocfeszítő közötti távolság felében, a csúcsonál az átmérő $0,5 D$, a tőben $0,8 D$, a fedélzetnél $9,0 D$. Ha az orrvitorla fölmege az árboccsúcsig, akkor az átmérő itt $0,55...0,60 D$.

A *vitorlarúd átmérője* üreges rudazatnál: $D = 0,017 L_a$. Legnagyobb az átmérő az árbocból mért távolság $1/3...1/2$ -ében, az árbocnál $0,8 D$, a csúcsonál $0,8 D$.

Az üreges árbocok falvastagsága az átmérő 15...20%-a, ahol a nagyobbik érték a kisebb átmérőre vonatkozik.

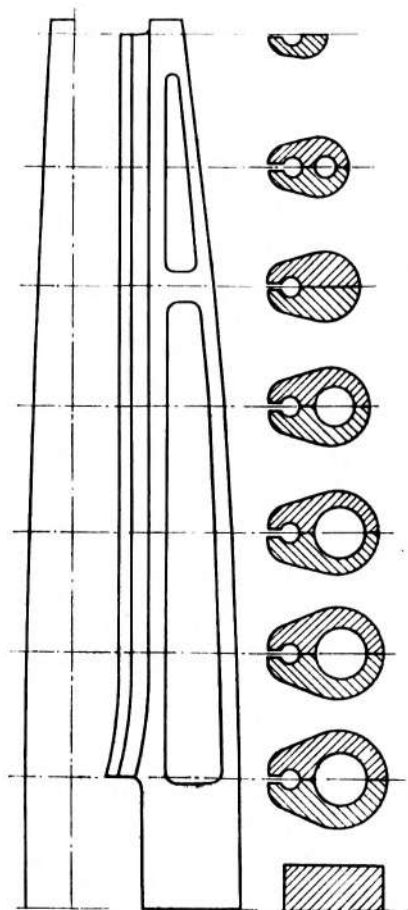
Az *árbcok anyaga fa* — lucfenyő, spruce, oregon fenyő — és *könnyűfém*. Az árboc lehet *tömör és üregelt*, lehet *kikötött és szabadonhordó*. Keresztmetszete kör vagy ovális, de lehet lekerekített négyszög is. Magas vitorlátznál a vitorla széle az árboc belsejébe mart horonyban vagy az árboc hátsó élére erősített sínen fut. A *gemesvitorla* belső szélét zsineggel kötjük az árboc köré.

Az árbocokat csak pontos *műhelyrajz* alapján tudjuk elkészíteni. A rajzon a hosszmetsetet torzított léptékben, a keresztmetseteket valódi nagyságban rajzoljuk (279. ábra). Egyenes árbocok hátsó éle mindig egyenes, az eleje ívelt. Az árboc alul és felül tömör, helyenként belül is hagyunk tömör falakat, főleg a szerelvények helyein.

A vitorlarudak is lehetnek tömörek és üregelték, keresztmetsetük kör, ellipszis vagy lekerekített négyszög.

A fa anyaga nem egyenletes, száradásakor vetemedik, görbül, repedezik, ezért a tömör — tehát nem üregelt — árbocot is *több darabból kell összeragasz-*

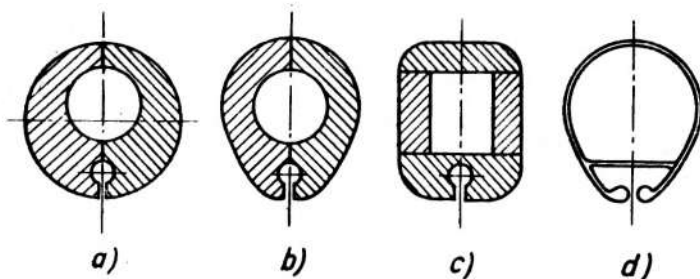
279. ábra. Az árboc műhelyrajza



tani. Az üreges árbocoknál nemcsak súlyt takarítunk meg, de ezek kevésbé vetemednek, mint a tömörek. Kisebb árbocokat két félből is összeragaszthatunk, a bennük kiképzendő hornyot és üreget völgyelő gyaluval vagy maróval készítjük el, mielőtt a két árbocfelet összeragasztanánk (280a ábra). Közepes és nagyobb árbocot négy darabból építjük össze, a nagyobbakat belül még saroklécekkel is megerősítjük (280b és c ábra). A vitorlát vezető horony átmérője a vitorla szélére varrt kötél átmérőjétől függ, de legalább 10 mm. Összeragasztás előtt a vitorla számára készített hornyot simára csiszoljuk és belakozzuk.

Az összeragasztott árbocot kívül a megfelelő formára gyaluljuk, a kidolgozáshoz sablonokat használunk, melyeket fa- vagy fémlemezről készítünk. A sablonok vezető éle az árboc hátsó éle, amely általában egyenes. A sablonok által megadott forma kidolgozása után az árbocot simára csiszoljuk és gondosan többször belakozzuk.

A könnyűfémből készített árboc vékonyabbra és valamivel könnyebbre készíthető, mint a faárbc. A könnyűfém árboc nem alakítható ki olyan tökéletesen, mint a faárbc, mivel profilja (280d ábra) vagy végig azonos, vagy



280. ábra. Az árbcok keresztmetszete

úgy készítik, hogy a végén felhasítják, kivesznek belőle egy ék alakú darabot, s összeheszesztik. Hogy a könnyűfém árbcok úszóképes legyen, vagy le kell mindkét végén zárni, vagy belsejét műanyaghabbal kell kitölteni.

Ha az árbcok hátrafelé dől, beállítását a dőlés figyelembevételével kell végezni.

Pl. a vitorlarajz szerint az árbcok dőlése 75 mm/m. Ha a fedélzet és az árbcok talpa közti függőleges távolság 0,6 m, akkor 0,60·75, azaz 54 mm-re kell lennie az árbcotálnak a fedélzeti nyílás középpontjából bocsátott függőlegestől.

A függőlegest a fedélzetnyílástól függőóonnal vetítjük le az árbcotot tartó bakra, ehhez azonban az szükséges, hogy a hajó az úzásnak megfelelő helyzetben álljon. Uszonyos hajókon a bemérést úgy végezzük, hogy a vízmértéket az uszonyszekrény tetejére helyezük, s a hajótestet így hozzuk vízszintes helyzetbe. Tőkesúlyos hajóknál a padlótartók összekötő síkjának kell vízszintesnek lennie.

b) Az árbcok szerelvényei és felerősítésük

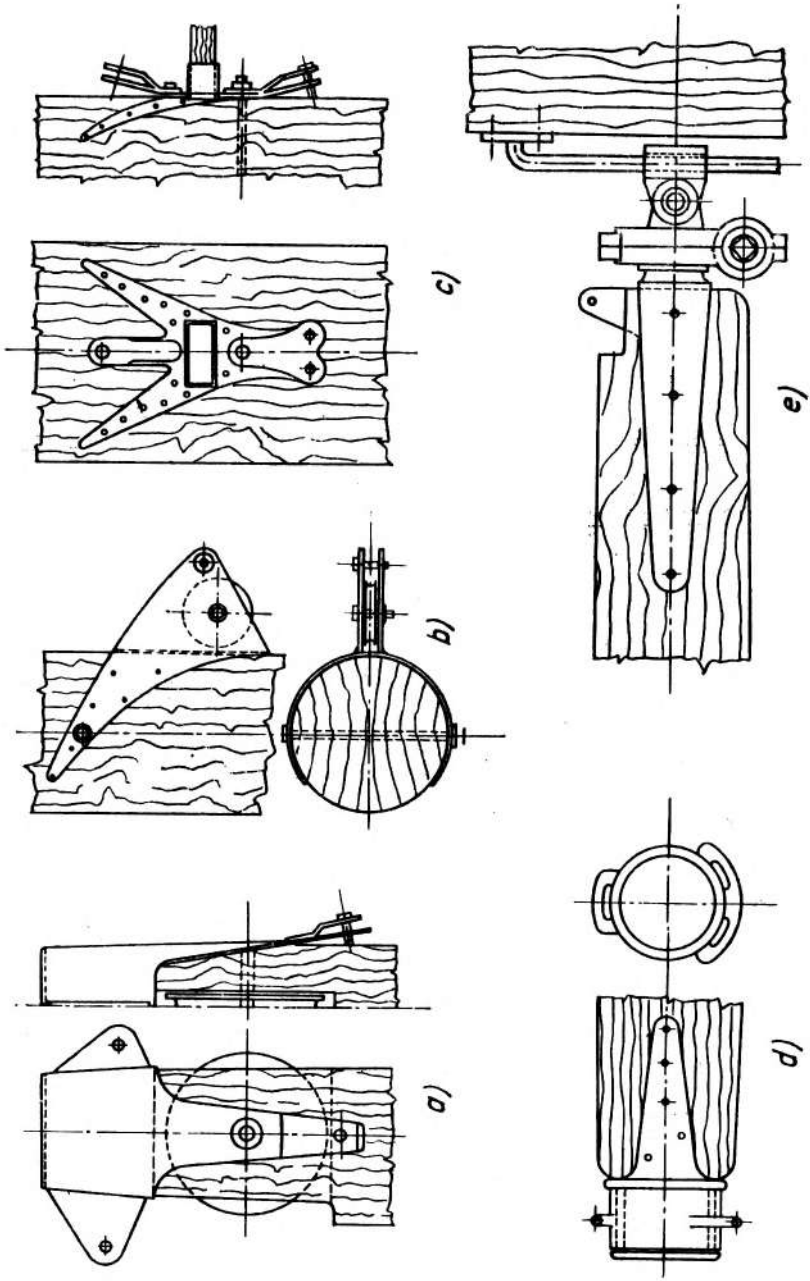
Az árbcok szerelvényei (281. ábra): az árbcovég a nagyvitorla csigával (a), az orrvitorla-szerelvény (b), az árbcocmerevítő vasalása (c), az árbcovég-szerelvény (d) és a reffelő szerkezet (e). Ide soroljuk a drótkötél-feszítőket és a drótköteleket megerősítő vasalásokat is.

A szerelvényeket a bennük keletkező erőhatásokra kell méretezni, és pedig minden részt külön-külön. Ehhez ismernünk kell az alkatrészek igénybevételeit és a szerelvények anyagának szilárdságát. A legtöbb szerelvény húzásra vagy nyírásra van igénybevéve. Az anyagban keletkező húzófeszültség arányos a húzóerővel és fordítottan arányos a keresztmetszettel: $\sigma = P/F$ kp/cm². Az adott igénybevétel és az anyagban megengedhető feszültség ismeretében a szükséges keresztmetszet: $F = P/\sigma$ cm².

Példa. Számítsuk ki egy drótkötél vasalásának keresztmetszetét, ha a kötélen jelentkező húzóerő 900 kp, az acél megengedett húzószilárdsága (ötszörös biztonsággal) 800 kp/cm².

$$F = P/\sigma = \frac{900}{800} = 1,125 \text{ cm}^2.$$

A drótköteleket a hajóttesthez erősítő vasalásokat kisebb hajóknál csak a kül-héjhoz, nagyobbaknál a bordákhoz erősítjük, általában anyáscsavarokkal.



281. ábra. Az árboc szerelvényei

Ferdén futó kötelek vasalása a kötelerő irányában erősítendő fel. Ha az árbocot elől kikötő kötél közvetlenül csak a fedélzethez van erősítve, az erős szélben keletkező nagy húzóerő a fedélzetet felszakíthatja, ezért át kell vinni a húzóerőt a gerincre. Ugyanez vonatkozik a kikötőbikára is.

Az árboc szerelvényeit facsavarokkal vagy átmenő anyáscsavarokkal erősítjük föl. Az átmenő csavarok az árbocot legyengítik, ezért csak a legszükségesebb helyen — akkor is csak tömör falban — alkalmazzuk őket.

A drótköteleket vezető csigák legkisebb átmérője az elemi szál átmérőjétől függ és annak legalább 60-szorosa. A csigák anyaga sárgaréz, bronz, alumínium-ötvözet, műanyag.

C) MOTOROS HAJÓK

1. A motoros hajók felosztása

A motoros hajókat feloszthatjuk működés szerint merüléses és siklóhajókra, a motor elhelyezése szerint külmotoros és beépített motoros hajókra, a hajótest formája szerint pedig kerek és sarkos bordakeresztmetszetű hajókra.

2. A motoros hajótest kialakítása

A hajótest alakját elsősorban a hajó sebessége, ill. sebességi foka (Froude-száma) határozza meg. A hajók ellenállásának tárgyalásakor láttuk, hogy az ellenállásgörbe a sebesség növekedésekor kezdetben lassan, $R=4,5$ sebességi fokon túl pedig erőteljesen emelkedik, majd az $R=5,25$ -nél levő púpon túl ismét laposabbá válik. $R=4,5$ sebességi fok elérésekor a hajó olyan hullámot kelt, amely megfelel a saját vízvonalhosszának, ekkor tehát elől és hátul egy-egy hullámhegy, középtől kissé hátrább pedig hullámvölgy keletkezik. Ha most a hajó gyorsabban halad, akkor saját hulláma hosszabb lesz, mint a vízvonalhossza, a far mögött egy hullámhegy halad és a hajó fara belemerül az előtte levő hullámvölgybe. Ez az állapot nemcsak kellemetlen, de nagyon gazdaságtalan. A hajó farának teljesebbé tételével széles, a vízre felfekvő tükörrel ezt az állapotot enyhíteni tudjuk, mindamellettt arra kell törekednünk, hogy az $R=5,25$ körüli sebességi fokot elkerüljük, s a hajó hosszát, ill. a sebességét úgy válasszuk meg, hogy az ennél kisebb vagy nagyobb sebességi fokkal haladjon.

Minél nagyobb egy hajó sebességi foka, annál élesebben kell kiképeznünk a hajó elejét és ennél teltebbé a farát. Amíg kis sebességeknél megfelel, sőt, előnyös a kenufar, s arra törekszünk, hogy a vízvonalak hátul oldalról és lehetőleg éles szögben záródjanak, addig növekvő sebességnél az eltrimmelődés csökkentésére a hajó farát szélesebbre és tükörrel képezzük ki.

Kerek és sarkos bordametszetű hajók. A kerek forma mint klasszikus bordametszet-kiképzés, főleg mérsékelt sebességekre alkalmas, azonban kerek formával is nagy sebesség érhető el, éppen úgy a sarkos hajó sem lesz kis sebességeknél különösen kedvezőtlen. Hullámos vízben sincs köztük különösebb különbség, jóllehet a kerek formájú hajó hullámos vízben lágyabban mozog.

$R=11,5$ -ig a különbség sebességben és hullámállóságban alig észrevehető, a sarkos forma tulajdonképpeni előnye csak nagy sebességnél, $R=12$ fölött mutatkozik, mert ezzel a formával a valódi siklás állapotát könnyebben elérjük.

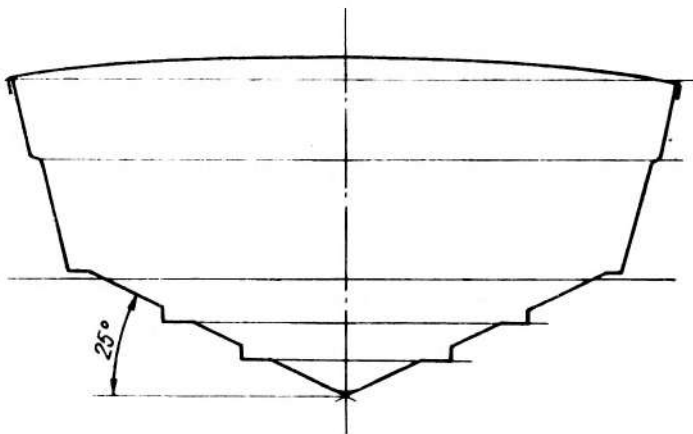
A klasszikus sarkos V forma nagy sebesség esetén hullámos vizen nem használható, mert a hajó oly mértékben ugrál, hogy sebességét nagyon le kell csökkenteni. *Raymond Hunt* 1958-ban fejlesztette ki az ún. mély V hajóformát, s ez a hullámszásban nagy sebesség esetén is kedvezően viselkedik. Ezek a hajók ugyan nem lettek gyorsabbak, de elviselhetővé tették a hajón való tartózkodást nagy sebességnél, hullámos vizen is. A *hajó fenékhajlását* illetően négy fokozatot állíthatunk föl:

- 10° alatt lapos V forma;
- 10...14°-ig mérsékelt V forma;
- 15...19°-ig közép mély V forma;
- 20...26°-ig mély V forma.

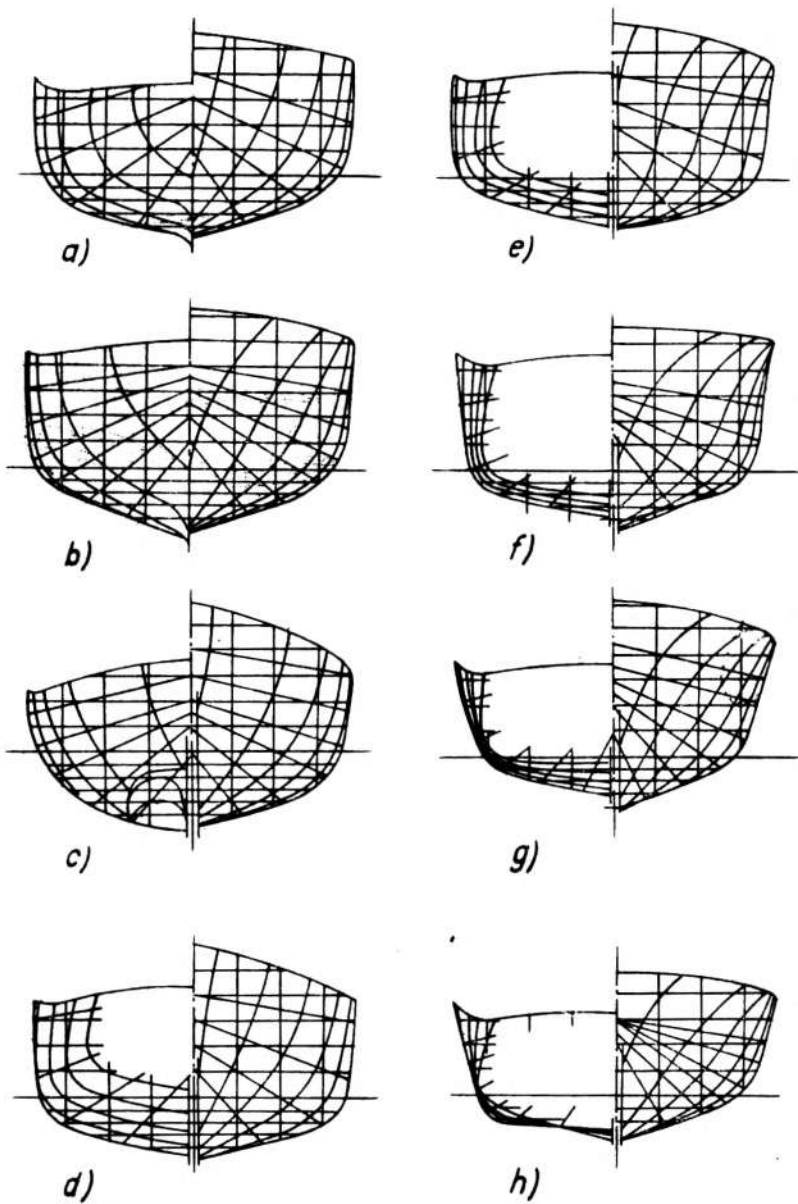
A fenékhajlást a tükörnél mérjük.

Sima vízre nincs értelme mély V formájú hajót építeni, mert nagyobb az ellenállása, s nagyobb sebességnél jön siklásba, mert a keletkező felhajtóerő kisebb. Az ún. *siklólécek* alkalmazásával a dinamikus felhajtóerő növelhető (282. ábra).

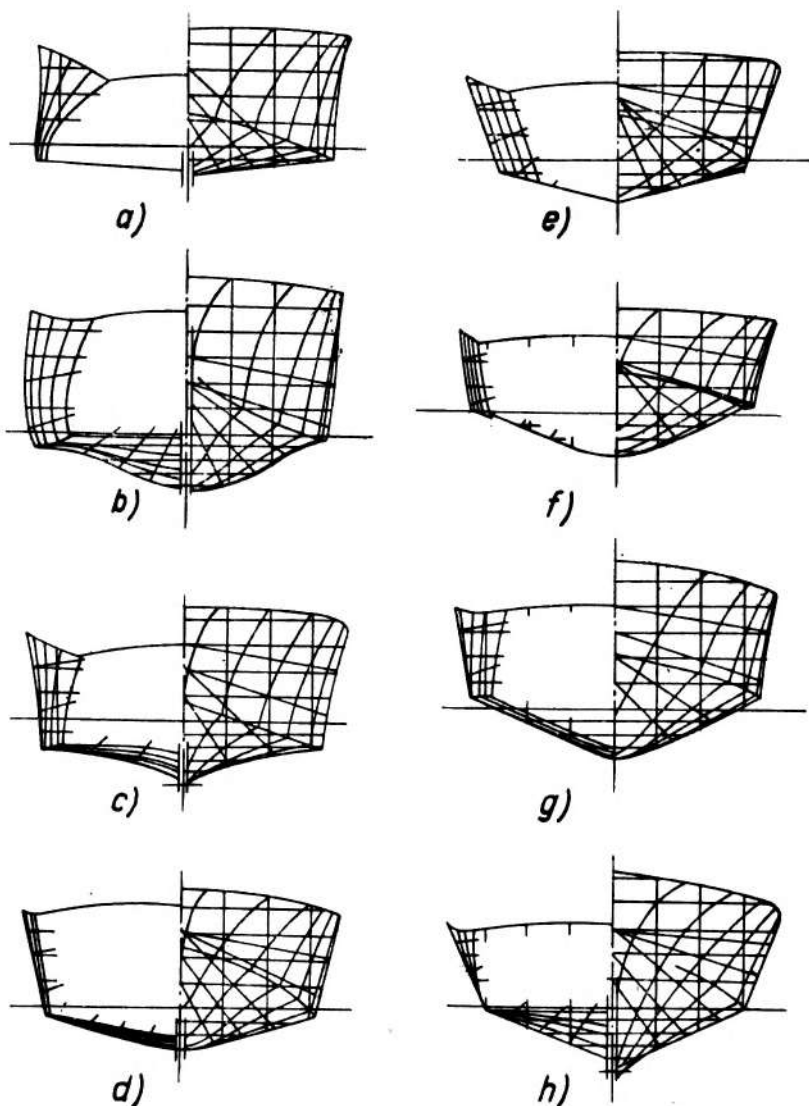
Motoros hajók bordametszetei. A 283. ábrán nyolc különböző *kerek formájú hajó* bordametszetét láthatjuk; *a* ábra egy motoros cirkáló bordametszete, kenufarral; *b* hasonló az előbbihez, de a hajó elejének bordái kiesők, stabil forma, $R=4$ sebességi fokig használható; *c* motoros mentőhajó bordametszetrája, nem teherviselő hegyes farral. A hajócsavar alagútban van, hogy védve legyen. A *d* ábra egy kisebb motorosónak bordametszetrája, vonalai olyanok, hogy kis motorteljesítménnyel jó sebesség érhető el, természetesen $R=4,5$ -ön alul. A kis tükör nem érinti a vizet és nagyobb sebességnél nem nyújt alátámasztást. Az *e* ábrán a tükör kissé bemerül és szélesebb, ez már nagyobb sebességre is alkalmas; az *f* közepes sebességű motoros cirkáló bordametszetrája, a tükör széles, bemerül a vízbe, a hajó eleje éles, bordái erősen kiesők. A *g* ábra gyors motoros cirkáló bordametszetrája, előrésze feltűnően éles.



282. ábra. Siklóléc



283. ábra. Kerek motoros hajó bordametszetei



284. ábra. Sarkos motoros hajók bordametszetei

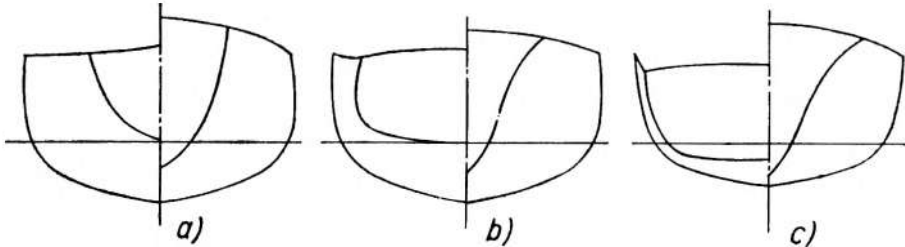
farrésze lapos, széles, a tükör kissé a vízbe merül. A *h* ábra könnyű, gyors motorcsónak bordametszetrája, igen éles orr-résszel és felfelé behúzott farral, ez az ún. *tetraéderforma*.

A 284. ábrán nyolc különböző *sarkos hajó bordametszetét* láthatjuk. Az *a* jelű kis gyors sportmotorcsónak bordametszetrája, a fenék igen lapos és széles tükörben végződik, hullámos vízre nem alkalmas. A *b* különleges forma, ún. *Wellenbinder*, ennél az orrhullámot a mederhajlás alatti homorú fenékrész fogja fel, s ezzel kiemeli a hajót. Sikláskor a fenék nedvesített felülete erősen

csökken. A *c* az *a* jelű bordametszetrajztól csak a homorú fenékkialakításban különbözik, amelynek egyébként semminemű előnye nincs. A *d* lekerekített konvex bordaforma, amely hullámos vízre és nagy sebességre jól beválik. Az *e* lefejthető hajóforma fémből vagy rétegeltlemezből való építésre igen alkalmas. A hajófenék a főbordától hátra nem csavarodott. Az aránylag keskeny tükör miatt nagy sebességre nem felel meg. Az *f* bordái a gerincnél erősen lekerekítettek, ez már közepes mély V forma, amely hullámos vízre és nagy sebességre alkalmas, a kimm széle a teljes hajóhosszon előáll és ún. spriclécet képez. A *g* bordametszetrajz mély V forma, nagy sebességre és hullámos vízre. A *h* bordametszeten ábrázolt hajó teste erősen csavarodik, az orr-rész igen éles és mély, a tükör teljesen lapos, csak nyugodt vízre alkalmas forma.

3. Merüléssel hajók

A merüléssel hajók a súlyuknak megfelelő mennyiségű vizet szorítanak ki: haladásuk folyamán nagyobb dinamikus erők nem keletkeznek, alakjukat ezért ennek megfelelően kell kialakítani. Kis sebességi fokoknál a merüléssel hajó nem igényel különösebb kiképzést, az U és V alakú bordametszet egyaránt



285. ábra. Motoros hajók farkkiképzése

megfelelő, a hajó vonalai teltek lehetnek, lényeges, hogy a vízvonalak oldalról és élesen záródjanak, s a tükör ne merüljön vízbe. Az ilyen hajóknál előnyös a kenufar-kiképzés (285a ábra). A hossz/szélesség viszony: 3,5...6.

A sebesség növelésével a hajó elejét mind élesebben képezzük ki. Nagyobb sebességnél növekszik a hajó orrhulláma, s a hajó kezd eltrimmelődni. A kenufar csak $R = 3,55$ sebességi fokig használható, ezen felül a fart alá kell támasztani, és pedig annál nagyobb mértékben, mennél nagyobb a sebességi fok. A 285b ábra nagyobb sebességű vízkiszorításos hajót ábrázol, amelynek L/B viszonya 3,6...4, s amely $R = 4,0$ sebességi fokig használható. Itt a hajó orr-része már élesebb, vonalai elől kevésbé teltek, a hajó tükre széles és éppen érinti a vizet.

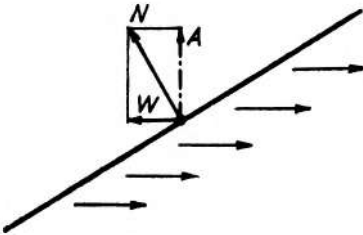
Még nagyobb sebességeknél ($R = 5$ -ig) a hajó elejét még élesebben képezzük ki, hogy az orrhullám hátrább jöjjön létre, a tükör még szélesebb, s bemerül a vízbe (285c ábra), az L/B viszony 3,3...3,5, a merülés/szélesség viszony: 0,25...0,27.

Kis sebességű hajóknál kerüljük el a nagy merülést, nagy sebességű hajóknál az elülső bordákat élesen képezzük ki, s ehhez nagyobb merülés is szükséges. Előnyös ez még azért is, mert így a hajó kevésbé fog bukdácsolni.

Merüléssel hajók számára kedvezőbb a kerek, mint a sarkos forma, mert kisebb a nedvesített felülete, a hullámos vízen nyugodtabb a mozgása.

4. Siklás, siklóhajók

Ha egy lemezt, amely a haladási iránnyal ferde szöget zár be, a vízben mozgatunk (286. ábra), akkor az nem merül alá akkor sem, ha vízkiszorítása kisebb, mint a súlya. A lemezre az A dinamikus felhajtóerő hat, amely a vízből kiemeli. Ugyanakkor a haladási iránnyal ellentétes irányú W ellenállás keletkezik. A két erő N eredője sík lemeznél közel merőleges a lemez felületére.



286. ábra. A felhajtóerő keletkezése

A keletkező felhajtóerő a sebesség négyzetével és a beállításszög szinuszával változik. A beállítási szög növelésével tehát növekszik a felhajtóerő, de ugyanakkor növekszik az ellenállás is. Siklóhajóknál a *felhajtóerő*:

$$A = f \frac{\rho}{2} v^2 C_a \sin \varphi \text{ kp,}$$

ahol f a siklófelület, m^2 ;

ρ a víz sűrűsége;

v a hajó sebessége, m/s ;

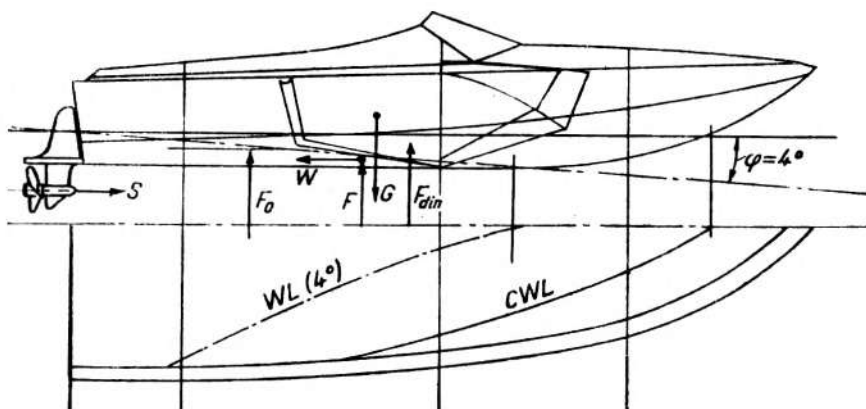
φ a siklófelület beállítási szöge;

C_a állandó (jó keresztmetszetre 1,5).

A siklóhajó fenekének tehát a menetiránnyal ferde szöget kell alkotnia. A beállítási szöget elsősorban a hajó nyugalmi trimmhelyzete befolyásolja. Nyugalmi állapotban nem adhatjuk meg a hajónak a legkedvezőbb beállítási szöveget, mert menetközben úgyis eltrimmelődik a hajó. Az *eltrimmelődés mértékét* a hajó sebessége, vízkiszorítása (súlya) és formája, a propeller tolóereje, e tolóerő iránya és az ellenállások befolyásolják. A hajó formáját illetően fontos a hajó elejének élessége és a sarokél (*kimm*) alakja és helyzete. Szükséges, hogy a növekvő sebességgel a növekvő ellenállású erők a hajó trimmhelyzetét úgy változtassák, hogy az a várt legnagyobb sebességnél a legkedvezőbb legyen.

A siklóhajók nagy sebessége arra vezethető vissza, hogy a dinamikus felhajtóerő a sebesség növekedésével egyre jobban *kiemeli* a hajót, s így annak ellenállásai lényegesen kisebbek, mint az azonos sebességű merülő hajó ellenállása.

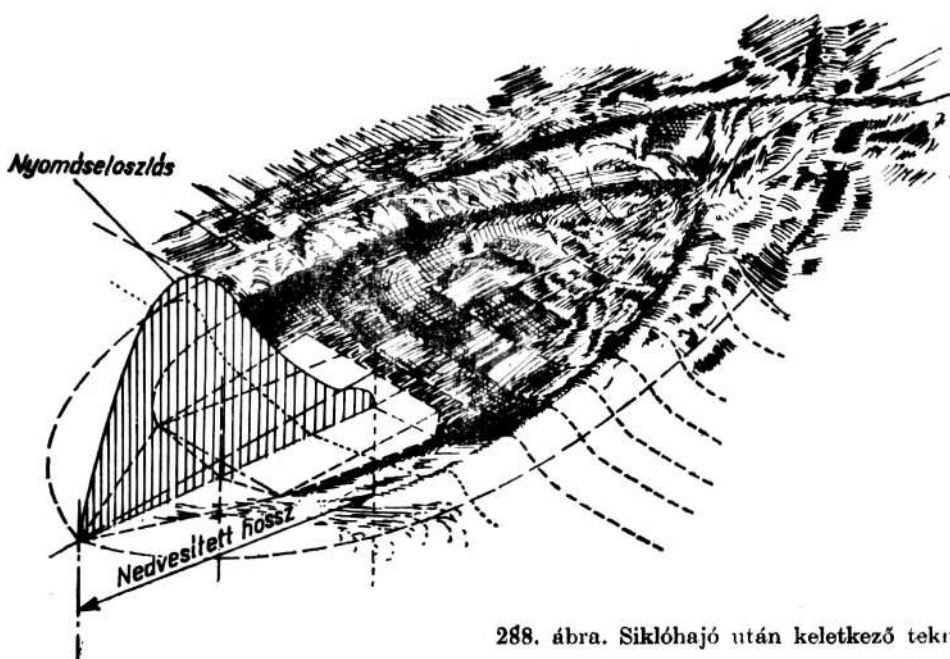
A 287. ábrán egy motorcsónak oldal- és felülnézetét, valamint bordametseteit látjuk. Berajzoltuk a vízvonalat nyugvó helyzetben, amikor a hajó beállítási szöge 0° és berajzoltuk a vízvonalat sikláskor, 4° -os beállítási szögnél. *Nyugalmi állapotban* csak a hajó G súlya és az F felhajtóerő hatnak a hajóra, amelyek egymással egyenlők, s hatásvonaluk egy függőlegesbe esik. *Sikláskor* a hajóra ható erők: a hajó G súlya, az F statikus felhajtóerő, az F_{din} dinamikus



287. ábra. Siklóhajó trimm-helyzetének változása

felhajtóerő, a hajócsavar S tolóereje és a W ellenállások. Az erők bonyolult egymásra hatása útján áll be a *siklási trimmhelyzet* és a φ *siklási szög*, amelynek kedvező értéke $3...5^\circ$ között van.

Teljes sikláskor a hajó hullámkeltés okozta teljesítményvesztése elhanyagolható a súrlódási ellenálláshoz képest. A siklásban levő hajó hatalmas *hajósodort* húz maga után, egyidejűleg a hajó után egy mélyedést — *teknőt* — észlelhetünk (288. ábra), amely körül a víz minden irányból radiálisan befelé áramlik. A radiálisan futó áramlási vonalakat egy párhuzamosan futó áramlás keresztezi a hajó oldala mentén, s ez harántirányú hullámzást okoz. Az ábrán



288. ábra. Siklóhajó után keletkező teknő

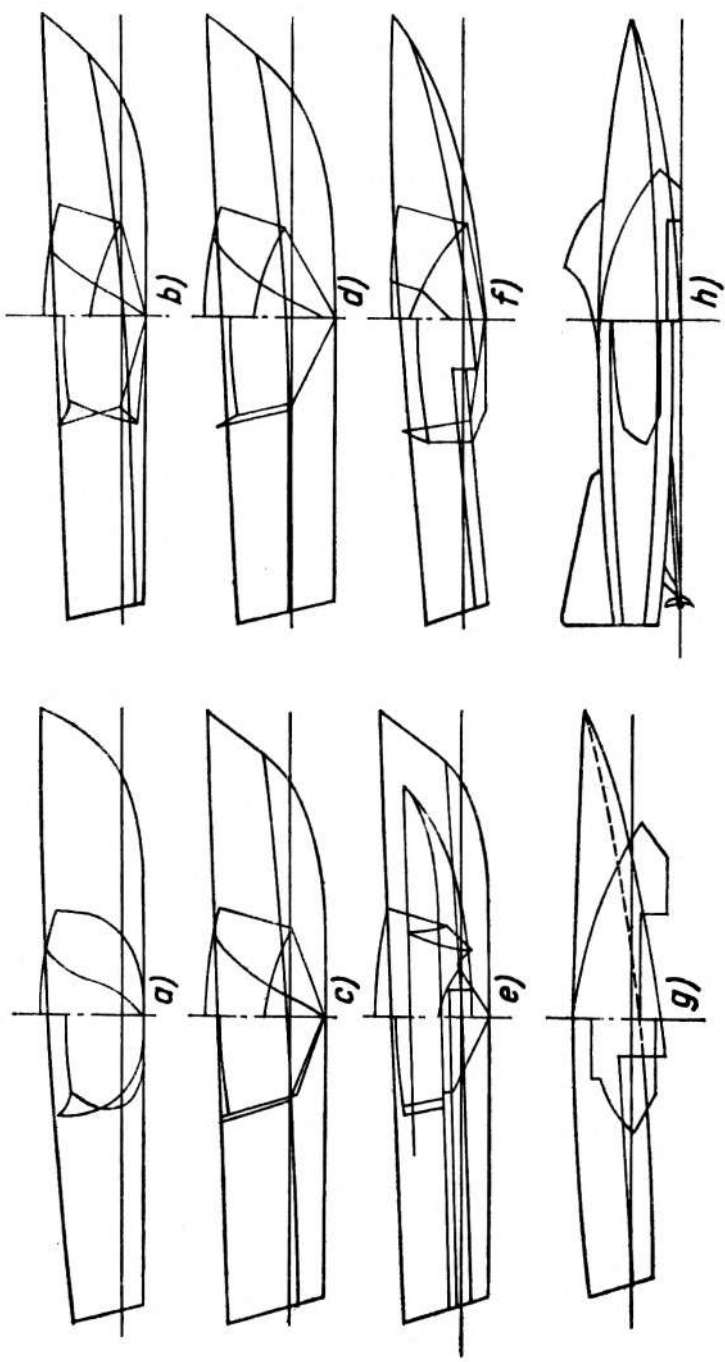
a hajótest nedvesített felületét pontvonalal határoltuk, a gerinevonal fölötti vonalkázott görbe pedig a nyomáseloszlást jelzi a hajófenék vízzel érintkező része mentén.

Amíg a kisebb sebességű merülékes hajóknál az L/B viszony 4...6, sőt több is lehet, addig a siklóhajóknál ez a viszonyszám 3,5, de lecsökken 2,4-ig is. A legjobb hatásfokú siklófelület a sík felület, hullámállóság céljából azonban V alakú bordametszeteket alkalmazunk, ami azonos súlynál nagyobb merülést jelent, ugyanakkor csökkenti a bukdácsoló mozgást, növeli az iránystabilitást és jobb manőverezőképeséget biztosít. A fenékvonal hajlási szöge változik a hajó farától — ahol a legkisebb — a hajó elejéig, tehát a hajófenék csavarfelület. A mély V fenékkiképzésű hajóknál ügyelni kell arra, hogy a fenék a hajó közepétől a tükörig csavarodás nélkül fusson, ezeknél tehát a fenék hajlásszöge a hajóközéptől végig azonos.

A hajó vonalait — elsősorban a fenék hajlásszögét és elcsavarodásának mértékét — a sarokél vonala befolyásolja. Ha a sarokél vízszintes vetülete elől éles, akkor az orr fenékhajlása nagy, a hajó formaellenállása kisebb lesz. A sarokélvonal emelkedése befolyásolja az elcsavarodás mértékét, továbbá a hajótest φ *siklási beállítási szögét*, azaz trimm helyzetét.

A *lépcsőzés* a hajó fenekét két vagy több különálló — külön-külön nagyobb oldalviszonyú és nagy felhajtóerőt adó — siklófelületre bontja. Ezzel egyidejűleg a nedvesített felület is csökken, mert közvetlenül a lépcsőzés mögötti fenékrész a hajótest kiemelkedésekor nem érintkezik a vízzel. A megnövekedett felhajtóerő és a kisebb közegellenállás eredményeként a *lépcsős fenék* nyugodt vízben nagyobb sebesség elérését teszi lehetővé $R=12$ fölötti sebességeknél.

Siklóhajók kialakítása. Láttuk, hogy a *nagysebességű siklóhajók számára a sarkos forma megfelelőbb*, mindamelllett a kerek építésű hajók is siklásba hozhatók, feltéve, hogy fenékkiképzésük erre alkalmas és súlyuk kicsi. A 289. ábrán különböző siklóhajó-típusok oldalnézetét és bordametszetrajzát láthatjuk. Az *a* ábra kerek bordametszetű siklóhajót ábrázol, széles és lapos tükörrel, elől éles bordákkal. A *b* sarkos siklótest, amely csak nyugodt vízre alkalmas, a széles lapos tükör mélyen bemerül, az elülső bordák élesek, kiesők. Az ilyen hajótest, amennyiben nem nehéz, viszonylag kis motorteljesítménnyel siklásba hozható. A *c* ábra mérsékelt V fenékkiképzésű műanyag hajó, ennél formázási okokból hátul sem szabad a bordákat behúzni. A *d* ábra mély V fenékkiképzésű motoros cirkáló rajza, melynél a fenék a főbordától a tükörig csavarodás nélkül fut. Ahhoz, hogy siklásba jöjjön, nagyobb motorteljesítmény szükséges. Az *e* ábra trimaran-kiképzésű hajótest, fenékkiképzése mély V, a fenéken hosszában végigfutó lécek merevítik a hajófeneket és a felhajtóerőt növelik. A trimaran-kiképzés nem járul hozzá a hajó sebességének növeléséhez, kizárólag stabilitási szempontból előnyös; bonyolult forma, ezért csak műanyagból építhető. Az *f* ábra egylépcsős siklótest, a két sarokéles kiképzés csökkenti a hajó kiemelkedésekor a nedvesített felületet. A *g* ábrán korszerű három ponton futó siklótest vázlatát láthatjuk. Ennél a hajó két oldalán levő sítálpyszerű kiképzések kiemelkednek a fenékből és lépcsőt képeznek. A hajótest a vízből kiemelkedve a két oldalsó felületen és a hajófenék tükör előtti keskeny felületén siklik. Minthogy az elülső két támasztófelület egymástól messze van, a hajó nagy sebességnél is biztosan fekszik a vízen. A *h* ábra két ponton futó siklóhajó, amelynél a teljes hajósúlyt a két oldalsó támasztófelület hordja. A hajócsavar csak az átmérőjének feléig merül be, a tengely pedig siklászor

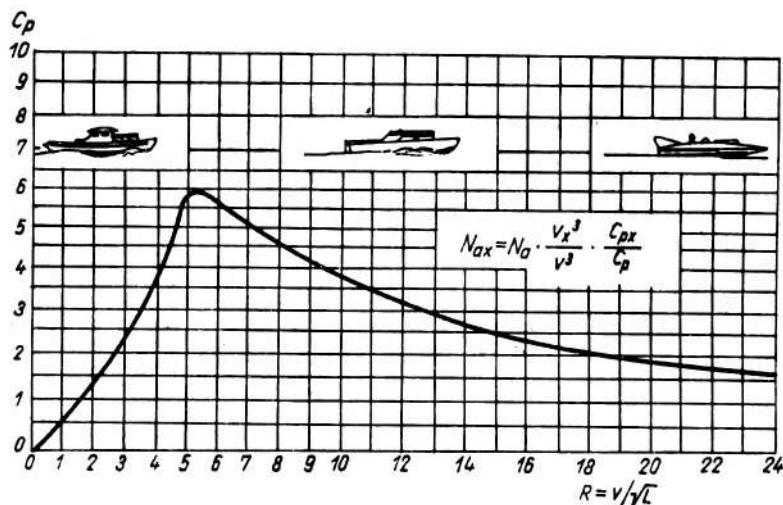


289. ábra. Siklóhajók oldalnézete és brodametszetei

a vízvonallal fölé kerül. A két ponton futó hajóknál minden erő és súly igen gondos kiegyensúlyozására kell törekedni, a kiegyensúlyozás a vezető helyzetének változtatásával és a hajócsavar-tolóerő irányának változtatásával lehetséges. Csak sima vízre alkalmas.

5. A sebesség és a motorteljesítmény

Egy hajó várható sebessége az ellenállások ismeretében megközelítőleg meghatározható, miután azonban ezt igen sok tényező befolyásolja, pontos meghatározása csak modellkísérletekkel lehetséges. A szükséges motorteljesítmény a sebesség harmadik hatványával nő, de befolyásolja az R sebességi fok is. Mint az előbbieken láttuk, a nagy ellenállási púp $R = 5,25$ -nél keletkezik. Minden hajó belekerül ebbe, amelyik ebben a körzetben halad, hatása érezhető



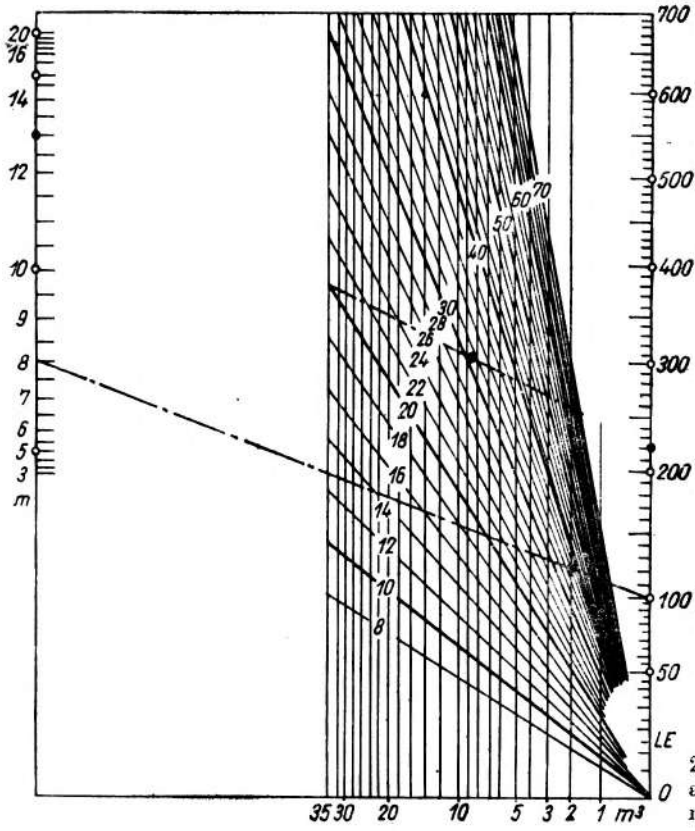
290. ábra. Teljesítménytényező a sebességi fok függvényében

$R = 4$ és 8 között. Az ellenállásgörbét felrajzolhatjuk úgy, hogy a függőleges tengelyre nem a hajó ellenállását, hanem az ún. C_p teljesítménytényezőt visszük fel $0 \dots 10$ -ig (290. ábra). Ha egy hajó pl. az ellenállásgörbe legkedvezőtlenebb helyén, $R = 5,25$ -nek megfelelő sebességgel halad, akkor $R = 10,5$ -nél, tehát kétszeres sebességnél lényegesen kedvezőbb helyzetbe kerül, a teljesítménytényező ugyanis ekkor $5,9$ -ról $3,6$ -ra csökken. Miután a teljesítményszükséglet a sebesség harmadik hatványával növekszik, a kétszeres sebesség eléréséhez nem nyolcszoros, hanem csak $3,6/5,9 \cdot 8 = 4,9$ -szeres teljesítmény szükséges.

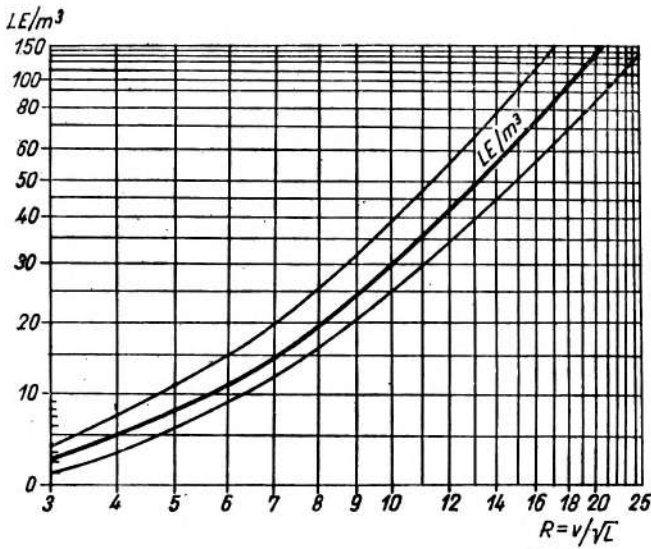
A teljesítményszükségletet a teljesítménytényező segítségével megközelítőleg kiszámíthatjuk. A hajócsavaron leadott teljesítmény:

$$N_a = \frac{C_p v^3 D^{2/3}}{100 \eta_p} \quad \text{LE,}$$

ahol D a hajó vízkiszorítása;
 η_p a hajócsavar hatásfoka.



291. ábra. Nomogram a várható sebesség meghatározására



292. ábra. Kisebb hajók teljesítményszükségletének meghatározása

Az így kapott teljesítmény a hajócsavarra átadott teljesítmény, ebben tehát nincs benne a tengelyveszték, az áttétel stb. vesztesége.

Középnehéz motoros hajók várható sebességének meghatározására a 291. ábra nomogramját használhatjuk.

Példa. Határozzuk meg a nomogram alapján egy $L=8$ m hosszú, $D=2$ Mp vízkiszorítású, 100 LE teljesítményű motoros hajó várható sebességét. A várható sebesség $v=36$ km/h.

Ez a nomogram nem veszi figyelembe a hajócsavar hatásfokát, a hajó alakját, a hullámképzést, tehát sok bizonytalanság van benne, ezért csak megközelítő eredményt ad.

Kisebb hajók teljesítményszükségletének vagy várható sebességének megközelítő meghatározására alkalmas a 292. ábra diagramja. Ennek függőleges tengelyén a hajó 1 m^3 vízkiszorítására eső teljesítmény (LE), vízszintes tengelyén pedig az R sebességi fok látható.

Példa. Számítsuk ki a diagram segítségével egy $L=5$ m hosszú, $0,4$ m vízkiszorítású motoros hajó sebességét, ha a motorteljesítmény $N=20$ LE. A hajó 1 m^3 vízkiszorítására eső teljesítmény 50 LE/m^3 , ennek megfelel a diagramból $R=13,1$ sebességi fok.

$$R = v/\sqrt{L} = 13,1 \quad \text{és ebből}$$

$$v = 13,1\sqrt{5} = 29 \text{ km/h.}$$

A hajócsavar terhelési görbéje a fordulatszám harmadik hatványával nő. Feleakkora fordulatszámon a hajócsavar teljesítményfelvétele $1/8$ -a a legnagyobb teljesítménynek; a sebesség kb. a felére csökken, a teljesítményszükséglet azonban csak $1/8$ -a a teljes fordulatszámhoz szükségesnek.

A szükséges motorteljesítményt befolyásolja a hajócsavar hatásfoka, a hajó nagysága és alakja. Kisebb hajók a nagyobb fajlagos súrlódás miatt mindig kedvezőtlenebb hatásfokúak, mint a nagy hajók. Hosszú hajók — eltekintve a kisebb hullámképzéstől — a súrlódási ellenállás szempontjából is kedvezőbbek, mert már mozgásban levő víz érintkezik a hajó hátsó részével.

Kis sebességeknél a széles hajók kedvezőtlenebbek, nagy sebességi foknál a szélesség kisebb mértékben hat a sebességre. A rövidebb hajók relatív sebessége nagyobb, ezek tehát kisebb sebességnél jönnek siklásba. Rövid hajóknál azonban nagyobb az eltrimmelődés.

6. A hajómotor

A hajókba beépíthető motorok két- vagy négyüteműek, benzin- vagy diesel-üzeműek, egy- vagy többhengerűek. Nagyobb hengershámú motorok nyugodtabban, rezgésektől mentesebben működnek. A benzinmotor csak fele olyan súlyú, mint a diesel-motor, nyugodtabb a járása, olcsóbb, könnyebb a javítása. A diesel-motor kevésbé tűzveszélyes, kisebb a fogyasztása, nehéz és nagyobbak a méretei, kevésbé nyugodt és zajos a járása, s kellemetlen szagú a kipufogógáza. A diesel-motornak nagyobb a beszerzési költsége, drágább a javítása.

A kis fordulatszámú motorok nagyobbak, nehezebbek, drágábbak, zajosabbak. Nagy fordulatszámú motor, kisebb súlya miatt könnyebben beépíthető, azonban kevésbé tartós.

A hajócsavar fordulatszáma és hatásfoka között összefüggés van, lassú és közepes sebességű hajók kis fordulatszámot, nagyon gyors hajók viszont nagy fordulatszámot kívánnak. Amennyiben kis hajócsavar-fordulatszám kívánatos és a motor ugyanakkor nagy fordulatszámú, akkor áttételt kell közbeiktatni. A legnagyobb hajócsavar-hatásfok elérésére törekszünk, ez azonban nem mindig lehetséges, mert nincs mindig elegendő hely a nagy átmérőjű hajócsavar elhelyezésére.

A motorok teljesítményét LE-ben vagy kW-ban adjuk meg ($1 \text{ LE} = 0,736 \text{ kW}$; $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ LE}$).

A *féklóerő*: a motor lendkereken mért teljesítmény (DIN LE).

A *tengelylóerő*: az irányváltó mögött mért teljesítmény. A hajócsavaron mért teljesítmény figyelembe veszi a hajócsavar tengelyén jelentkező veszteségeket is.

Autómotorok nem építhetők be minden további nélkül a hajóba, fő probléma ezeknél a megfelelő hűtés. Vízszivattyú szükséges, ha állandóan friss vízzel hűtünk vagy közvetett hűtés hőcserélővel. A közvetett hűtés kétkörös rendszerű, amelynél a motor hűtőköpenyében mindig ugyanaz a víz cirkulál. Előnye, hogy nem kerül be szennyezés a hűtőrendszerbe és nincs lerakódás. Indirekt hűtésnél a cirkuláló víz hőkicserélőn áramlik keresztül, amelyet friss vízzel hűtünk. A friss vizet a motor főtengelyéről hajtott centrifugálszivattyú szállítja. Vízsükséglet: $7,5 \text{ l/LEh}$, a hőkicserélő hűtőfelülete: $0,1 \text{ m}^2/\text{LE}$. Autómotoroknál szükséges a motorral összeépített kipufogócső vízzel való hűtése, ezenkívül nagyobb motoroknál olajhűtő beépítése. Az autómotor sebességváltójának hátramenete irányváltóként nem használható, mert a fordulatszám nem megfelelő.

7. A különböző hajtások összehasonlítása

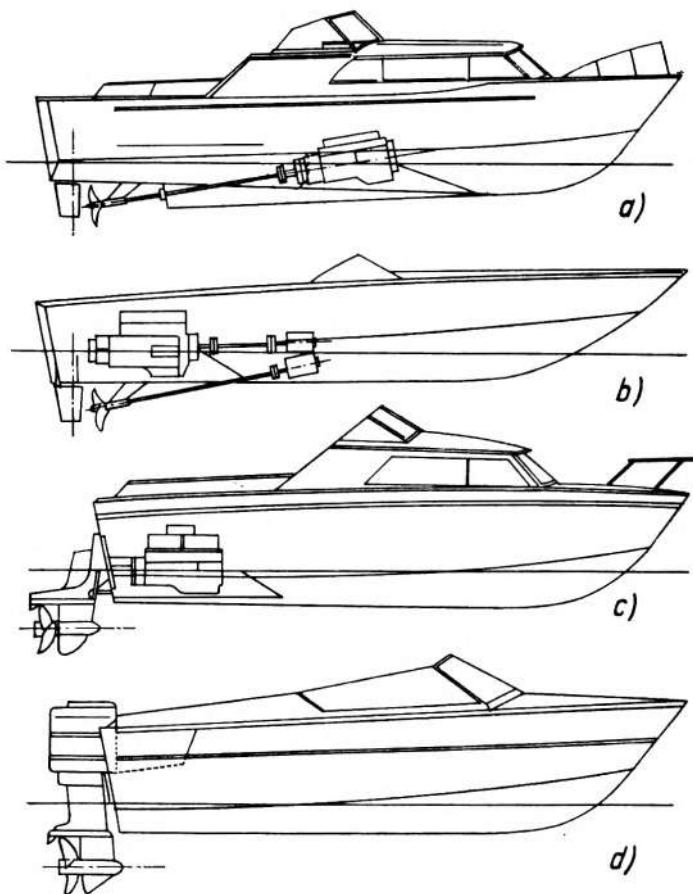
M o t o r o s h a j ó k h a j t á s i m ó d j a i :

- a) Beépített motor, közvetlen tengelyhajtással;
- b) Beépített motor szöghajtással (V hajtómű);
- c) Beépített motor a hajó farában (Z hajtómű);
- d) Farmotor (külmotor);
- e) Vízugarhajtás (beépített szivattyúval);
- f) Légcsavaros hajtás.

A hajtás módját befolyásolja a hajó nagysága, a helysükséglet, a motor elhelyezhetősége, a hajtómű, valamint a beépítés költségei.

a) *Beépített motor közvetlen tengelyhajtással* (293a ábra). A motort általában valamivel a hajó közepe mögött helyezzük el, így ez sokszor a hajó legértékesebb helyét foglalja el. Általában a motor fordulatszáma túl nagy ahhoz, hogy a hajócsavart közvetlenül hajtja, ezért áttételt kell közbeiktatni. Hosszú élettartamú, megbízható és gazdaságos megoldás.

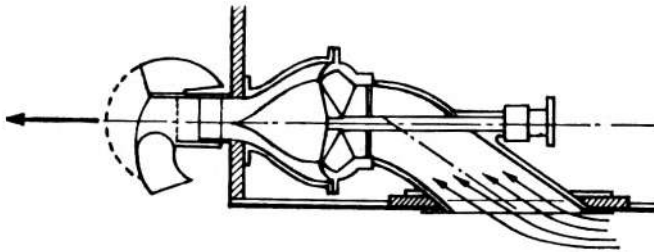
b) *Beépített motor V meghajtással* (293b ábra). Akkor alkalmazzuk, amikor a motort helykihasználás céljából hátul, körülbelül a hajócsavar fölött kell elhelyezni. Megfelelő trimm tartására az üzemanyagtartályt és egyéb súlyokat ilyenkor elől kell elhelyezni. V hajtásnál a tengely dőlésszöge meglehetősen nagy, ami hátrányos. Drága hajtómű és nincs különösebb előnye.



293. ábra. Különböző hajtások

c) A külső, azaz *Z hajtásnál* a motor a hajó belsejében, a hajtómű a hajótesten kívül van elhelyezve (293c ábra). Előnye a könnyű beépíthetősége, mert nincs szükség tengelyvezetékre, kipufogócsőre, hűtővíz-keringető berendezésre. Előnye még, hogy szállítás esetén vagy sekély vízben a hajtómű a hajócsavarral együtt felemelhető. A *Z hajtóműnél* a motor nyomatéka két kúpkeréken át fut a hajócsavarra. Az alsó kúpkerékpár és ennek háza az ellenállások csökkentésére a lehetőség szerint kicsire méretezendő, s ez az élettartam rovására megy. Hogy a berendezés ne legyen nehéz, nagy fordulatszámú motort és kis átmérőjű hajócsavart alkalmaznak, ezért csak könnyű és gyors hajókba való beépítés esetén jó a hatásfoka.

d) *Farmotor (külmotor)*. Előnye, hogy teljes egészet képez, könnyen felszerelhető, kis súlyú, nagy teljesítményű. A farmotorok jórésze kétütemű, ezért viszonylag nagy a fajlagos üzemanyag-fogyasztásuk, s nagy a fordulatszámuk; könnyű, gyors hajók üzemeltetésére igen alkalmasak. A farmotoros hajókat a motor elfordításával kormányozzuk. A motor felbillenthető, s hogy ebben a helyzetben elférjen, hátul a hajótestben egy teknőt kell kiképezni



294. ábra. Axialis csavarszivattyú

(293d ábra). A legtöbb farmotornak van üresjárata és hátramenete, s 20 LE-n felül gyakori az indítómotorral felszerelt farmotor.

e) *Vízugarhajtás.* A vízugarhajtás alapján véve ugyanúgy hat, mint a hajócsavar, az elöl beszívott vizet a szivattyú szárnyai felgyorsítják és hátul a vízvonal fölött elhelyezett fúvókán keresztül hátralökik. A 294. ábrán látható axiális csavarszivattyúnál a forgásba hozott víztömeget a forgórész mögött elhelyezett vezetőlapátok párhuzamos helyzetbe hozzák, s ezzel az energia egy részét visszanyerik. A vízugar irányításával nemcsak kormányozni, hanem hátrafelé haladni is lehet. A *vízugarhajtás előnyei:* kevésbé sérülékeny, hínáros vízben is jól használható, kicsi a mélyjárata, könnyebb szállítani. *Hátránya* hogy drágább és rosszabb hatásfokú, mint a hajócsavaros hajtás. Kis, könnyű hajók vízugarhajtással és nagy motorteljesítménnyel nagy sebességet érnek el. Nagy hátránya a vízugarhajtásnak, hogy a szivattyú egy bizonyos fordulatszámán a hajó sebessége hirtelen lecsökken, mert a víz a nyomás csökkenésekor a fúvókát nem tölti ki, nem sugárban lép ki a fúvókából.

f) *Légszavaros hajtás.* A légszavarhajtásos hajók előnyösen használhatók mocsaras, hínáros, sekély vizeken. A légszavar jobb hatásfokot érhet el, mint a hajócsavar, azonban ehhez nagy átmérő és mérsékelt fordulatszám szükséges. A légszavar zajos, szele kellemetlen, s nagy hátránya, hogy erős ellenszélben alig használható.

8. A motorok száma és forgásiránya

Az, hogy egy hajó hajtására egy vagy két motort használunk, függ a hajó nagyságától, sebességétől, a beépítési magasságtól, a megengedett mélyjárattól és a biztonsági követelményektől.

Egy nagyobb motor jobb termikus hatásfokú, kisebb tehát a fogyasztása, mint azonos teljesítményű két kisebb motornak. A nagyobb hajócsavar önmagában is jobb hatásfokú, a közepén elhelyezett hajócsavar a hajóval együttfutó vízben, a hajósodorban dolgozik, s ezzel többlet-tolóerőt szolgáltat. A tengelyvesztéség is kisebb egy motornál, mint két különállónál. Egy nagy motor olcsóbb, mint két kisebb, s a beépítési költségek is alacsonyabbak.

Két motor ott előnyös, ahol nagyobbak a biztonsági követelmények, kisebb mélyjáratra kell törekedni, további előnye, hogy a hajó kisebb körben fordul, s hátramenetnél jobban kormányozható.

Hogy milyen fordulatszám, ill. milyen áttételezés kívánatos, az a hajó sebességétől és méreteitől függ. Miután a nagy átmérőjű és kisebb fordulatszámú hajócsavar jobb hatásfokú, meg kell vizsgálni, van-e elég hely a hajófenék alatt nagyobb hajócsavar elhelyezésére. Megvizsgálandók továbbá a

beszerzési költségek, az élettartam, s hogy érdemes-e egyáltalán a maximális hajócsavar-hatásfokra törekedni. Az áttételezés is teljesítményt igényel, a teljesítményvesztés kisebb hajóknál 1,5...2%.

Ha egy hajónak jobbmenetű csavarja van, ennek jobbra forgató nyomatéka a hajót balra dönti. A *döntőnyomaték*:

$$M = 716 N/n \text{ mkp,}$$

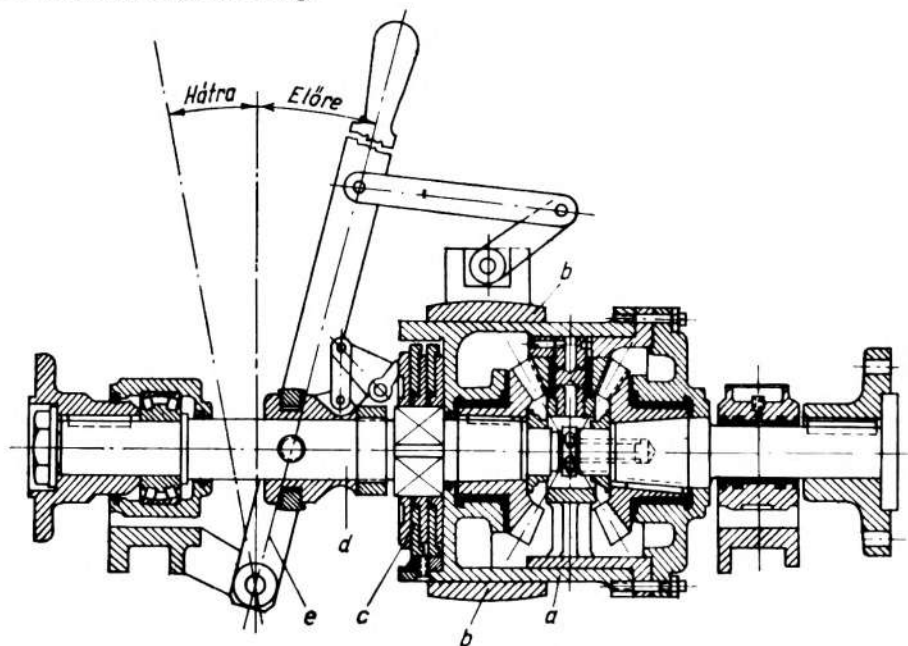
ahol N a motor teljesítménye, LE;

n a hajócsavar fordulatszáma, 1/min.

Kétszavas hajónál a hajócsavarok általában kifelé ütnek, azaz a bal oldali hajócsavar az óramutató járásával ellentétesen, a jobb oldali az óramutató járásával azonos irányban forog (hátról nézve). Lapos farkiképzésű hajónál mindegy, hogy a hajócsavarok merre forognak. Ha mind a két motor egyirányban forog, ennek előnye, hogy a hajócsavar és a motor összes alkatrésze cserélhető.

A beépített motoros hajókon *irányváltókat* kell felszerelni, amelyeket a motor- és hajócsavar-tengely közé iktatunk. Az irányváltóba gyakran az áttételezést is beépítik. A leggyakrabban használt *bolygókerékes irányváltó* (295. ábra) a bolygókerékházába négy bolygókerék van építve. A bolygókerékház b fékszalaggal rögzíthető. A bolygókerékházat a d tengellyel a c oldható tengelykapcsoló köti össze. A tengelykapcsoló és fék az e emelőkarral működtethető.

Előremenetnél az emelőkart előre nyomjuk, ezzel a tengelykapcsolót bekapcsoljuk, s ekkor a motor és a hajócsavar tengelye a bolygókerékházon keresztül össze van kötve. A bolygókerékek ekkor nem forognak, s a hajócsavar a motorral azonos irányban forog.



295. ábra. Bolygókerékes irányváltó

Ha az emelőkar középhelyzetben van, a tengelykapcsoló kikapcsol, a bolygókerék legördülnek a tányérkerekeken és a hajócsavar áll.

Hátramenetkor a kart hátrahúzzuk, a tengelykapcsoló ekkor ki van kapcsolva, a kar közvetítésével a fék megfogja a bolygókerékházat, a motortengely ekkor a bolygókerék közbeiktatásával ellentétes irányban forgatja a hajócsavart.

9. Farmotoros hajók

a) Farmotoros hajók kialakítása

A farmotoros vagy külmotoros hajók legnagyobb része nyitott, 2,5...6 m hosszú, többnyire könnyű, siklásra alkalmas hajó. Nagyobb hajókra általában két farmotort szerelnek, amelyek együttesen adják a szükséges tolóerőt.

A *farmotor* a hajótestben nem foglal el helyet, így több a hasznos tér. Ennél is fontosabb előnyei a kisebb beszerzési költség, az egyszerűbb szerkezet, a beépítési költségek elmaradása. A farmotorok többnyire kétüteműek, vízhűtésűek, hengerei soros, ritkábban boxer elrendezésűek, fajlagos teljesítményük nagy, 1 LE-re eső súlyuk 1,5...5 kp.

Farmotoros hajótestek legnagyobb része sarkos építésű, hosszbordás, csak kis sebességű és teljesítményű, valamint egyes műanyag hajók készülnek kerek formákkal. A külmotoros hajó tükkrét mindig ferdén képezzük ki, dőlésszöge 6...12°, a víz kifogástalan hozzáfolyása a hajócsavarhoz biztosított kell legyen. A távolság a tükör felső éle és legalsó pontja között motoronként változó, de általában 380...415 mm.

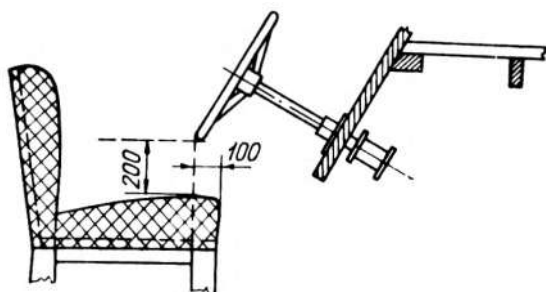
Nagy sebességű siklóhajók feneké — különösen hullámos vízen — igen erősen igénybe van véve, ezért a fából készült hajók fenekét sűrűn hossz-

23. táblázat

Farmotoros hajótestek alkatrészeinek méretei*

Alkatrész	Hajóhossz					
	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m
Gerinc	38 × 20	38 × 22	40 × 23	40 × 23	42 × 25	44 × 25
Orrtőke	40 × 75	45 × 80	50 × 85	55 × 90	55 × 90	57 × 95
Tükör	12	12	12	12	12	13
Tükörkeret	25	26	26	28	28	28
Borda	11 × 40	11 × 45	11 × 45	11 × 50	11 × 50	12 × 52
Hosszmerevítő	25 × 10	28 × 10	30 × 11	30 × 12	30 × 12	30 × 13
Sarokmerevítő	28 × 17	28 × 28	28 × 20	30 × 20	30 × 20	30 × 22
Hosszborda	22 × 10	22 × 10	22 × 11	22 × 11	22 × 11	22 × 12
Külháj (tömőrfából)	6	7	8	8	8	9
Külháj (rétegeltlemezből)	4,5	4,5	4,5	5	5	6
Fedélzeti borda	15 × 40	16 × 45	16 × 45	16 × 50	16 × 50	16 × 50
Fedélzet (tömőrfából)	9	9	10	10	10	10
Fedélzet (rétegeltlemezből)	4,5	4,5	5	5	5	5
Dörzsléc	20 × 10	20 × 10	20 × 10	22 × 11	22 × 11	22 × 11

* A méretek mm-ben.



296. ábra. Motorcsónakülés

bordázzuk, a műanyaghajók fenekét pedig erősebbre készítjük és ugyancsak hosszbordázással merevítjük. A farmotoros hajók tükre veszi fel nemcsak a motor súlyát, de a rezgéseket is, ezért a tükröt különösen erőse készítjük, a fenékhez és a gerinchez kimerevítjük. A versenyhajók külhéja rétegeltlemez, a váza sűrűrostú és egyenesszalú fenyőfából készül, az egyes alkatrészeket a nagyobb szilárdság biztosítására összeépítjük. A farmotoros hajótestek alkatrészeinek főbb méreteit a hajó hosszának függvényében a 23. táblázat tartalmazza.

A motorcsónakok ülései mozgathatók vagy beépítettek, készülhetnek fából, lécezve, csövazzal, műanyagból és lehetnek kárpitozottak (296. ábra).

b) Farmotoros hajók kormányzása

Farmotoros hajókon külön kormányra nincs szükség, a kormányzást a motor elfordításával rúddal vagy közvetve kormánykerékkel végezzük. A kormányvezeték 3...5 mm-es hajlékony acélkötél, amelyet a kormánykerék dobján többször körültekerünk. A kötélvezetést a 297. ábra szemlélteti. A kormánykereket az armatúra-deszkára szereljük.

Nagy sebességű siklóhajóknak a teljes siklás állapotában nincs laterális felületük, ezek csak úgy kormányozhatók, ha a hajó fenekére egy kis vezetőuszonyt szerelünk. Ennek helyzete határozza meg azt a pontot, amely körül a hajó elfordul. A vezetőuszonyt a szerkesztési vízvonal tükörtől mért hosszának 60%-ában helyezzük el.

A farmotoros hajók sebességét a motor teljesítményén kívül a hajó súlya, méretei és alakja, a külháj simasága, a hajócsavar és a terhelés nagysága határozzák meg. A 24. táblázatból leolvashatjuk a közepes súlyú farmotoros hajók (nem versenyhajók) súlyát, a hajócsavar fő méreteit és a várható sebességet a motor teljesítményének függvényében.

c) Farmotoros hajótípusok

Legnagyobb részük nyitott sport-motoros, siklásra alkalmas, de készülnek kisebb farmotoros kajütös cirkálók is 8 m hosszúig.

4,5 m-es lemez-farmotoros (298. ábra).

Legnagyobb hossza: 4,50 m
Vízvonalhossza: 3,80 m
Szélessége: 1,75 m.

Oldalmagassága: 0,70 m
Súlya: kb. 90 kp

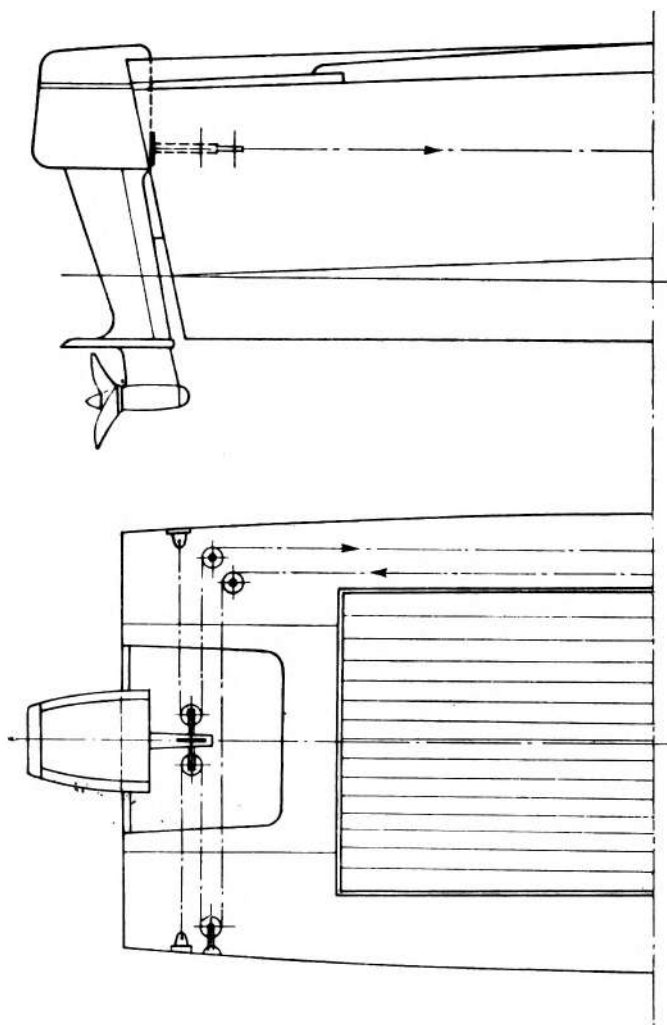
2—4 személyes, kizárólag sima vízre alkalmas hajótípus. Sarkos építésű, a sarokléc a tükörtől egyenesen emelkedik, ezért a fenék végig csavarodott. A tükör majdnem teljesen lapos, a fenékkiképzés olyan, hogy viszonylag kis teljesítménynél a sikláshoz elegendő felhajtóerőt ad. A hajó egymástól 450 mm-re levő kórisfa bordákra épül, a külhéz 5—6 mm vastag rétegeltlemez, a külhéjat merevítő hosszbordák a harántbordákba vannak beerezstve.

4,7 m-es műanyag motoros (299. ábra).

Legnagyobb hossza: 4,70 m
 Vízvonalhossza: 4,00 m
 Szélessége: 1,90 m.

Oldalmagassága: 0,68 m
 Súlya: kb. 225 kp

A hajó középnyelvű V bordázatú, hátul alig keskenyebb, mint a legszélesebb helyén, elülső bordái erősen kiesők. 20 LE-vel 30 km/h-s, 40 LE-vel 45 km/h-s sebességet ér el. Hullámos vízre is alkalmas, kényelmes hajótípus. A hajó



297. ábra. Farmotoros hajók kormányvezetéke

Farmotorok jellemző adatai

Teljesítmény LE	Súly kp	Hajócsavar fordulatszáma 1/min	Hajócsavar- átmérő és emelkedés (D×P) mm	Elérhető sebesség a hajótesttől függően km/h
2	13...15	2800	170×125	8...12
3	15...18	2800	170×160	10...15
4	17...20	2200	210×140	12...17
5	19...25	2200	210×140	14...21
6	20...27	2350	220×160	16...23
7,5	21...28	2700	230×200	18...28
10	26...35	2550	230×220	22...32
12	28...36	2600	230×240	25...38
14	30...38	2400	230×260	27...40
15	30...38	2500	230×260	28...42
18	36...45	2700	230×260	32...52
20	40...50	2800	230×260	35...55
25	45...53	3100	230×250	40...60
28	50...58	2800	260×320	45...64
35	55...60	2900	270×280	50...68
40	55...70	2750	270×300	55...70
50	65...78	2600	285×310	58...72
55	70...85	3100	285×310	64...78
60	75...92	3200	285×320	66...80

oldalát saját anyagából kiképzett hosszborða, a feneket három hosszborða merevíti, amelyek egyúttal a padlót is alátámasztják.

4,8 m-es mély V műanyag motoros (300. ábra).

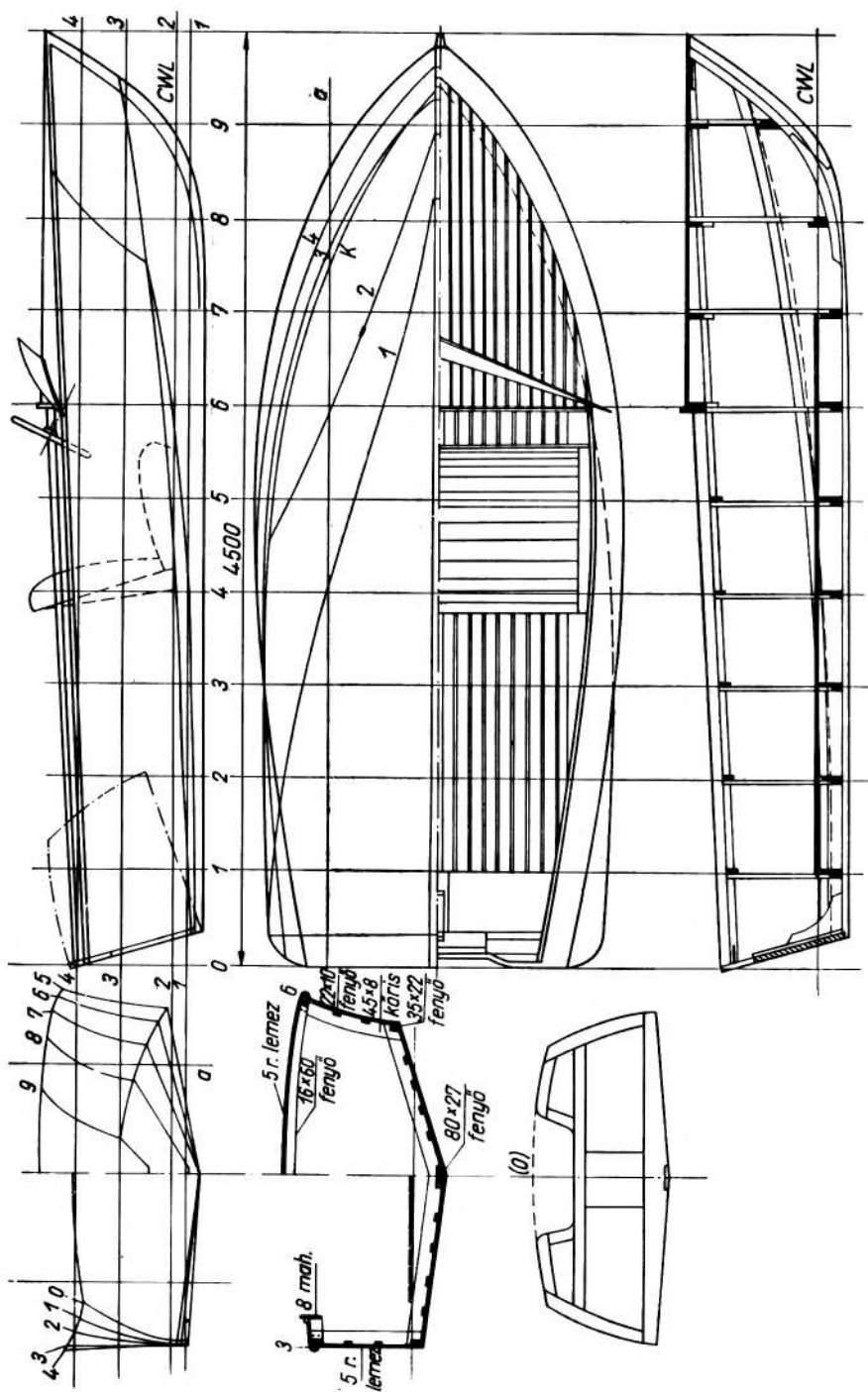
Legnagyobb hossza: 4,80 m	Oldalmagassága: 0,78 m
Vízvonalhossza: 4,20 m	Súlya: kb. 260 kp
Szélessége: 1,96 m.	

5 személy részére alkalmas, 30...75 LE-s motorral használható farmotoros hajó. A mély V forma miatt siklásba hozására nagyobb teljesítmény szükséges, ezzel szemben hullámos vízen lágyan fut és jobban kormányozható. A hajófenék a főbordától csavarodás nélkül fut a tükörig, a feneket kívül két-két hosszborða merevíti, amelyek egyúttal siklófelületek is.

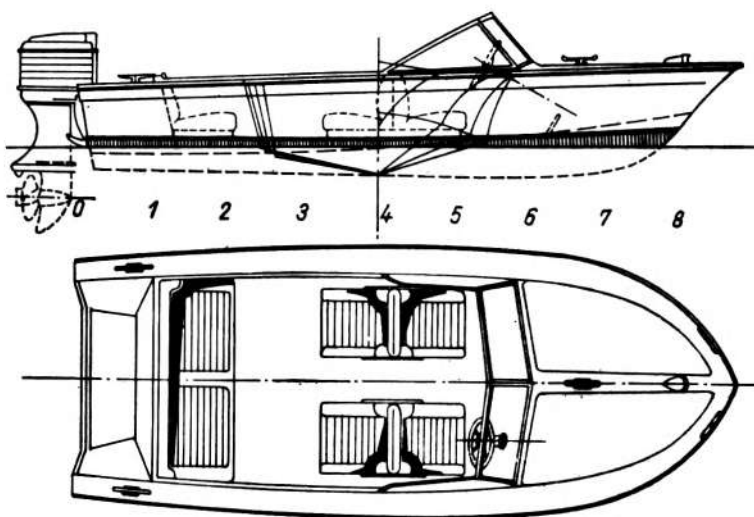
Háromgerinces, 5,2 m-es siklóhajó (301. ábra).

Legnagyobb hossza: 5,20 m	Oldalmagassága: 0,93 m
Vízvonalhossza: 4,20 m	Súlya: kb. 300 kp
Szélessége: 2,10 m.	

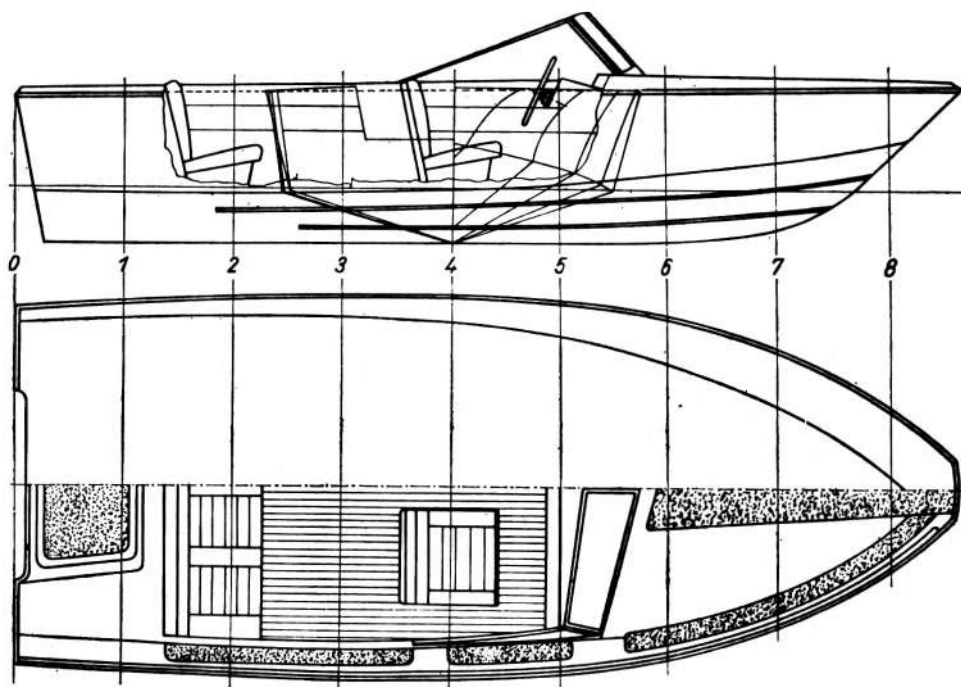
Az ilyen típusú motoros hajóknál a hajótesthez kétoldalt egy-egy fél hajótest kapcsolódik, így három gerinc keletkezik, amelyek közül általában csak a középső fut végig, a szélsők elvesznek a hossz 1/2...3/4 részén. Egyes hajókon a két szélső test is kiér a tükörig, ekkor a fenékforma hullámosnak látszik. E hajók súlya nagyobb, sebessége kisebb, mint a normál siklóhajóké. Egyetlen előnyük, hogy tágasak és nagy a stabilitásuk.



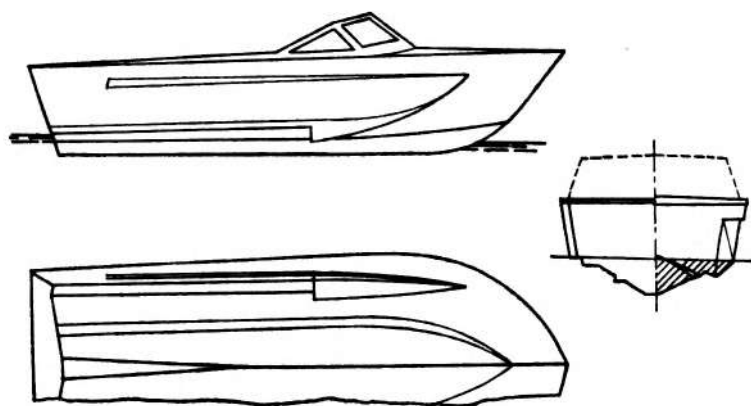
298. ábra. 4,5 m-es lemez-farmotoros



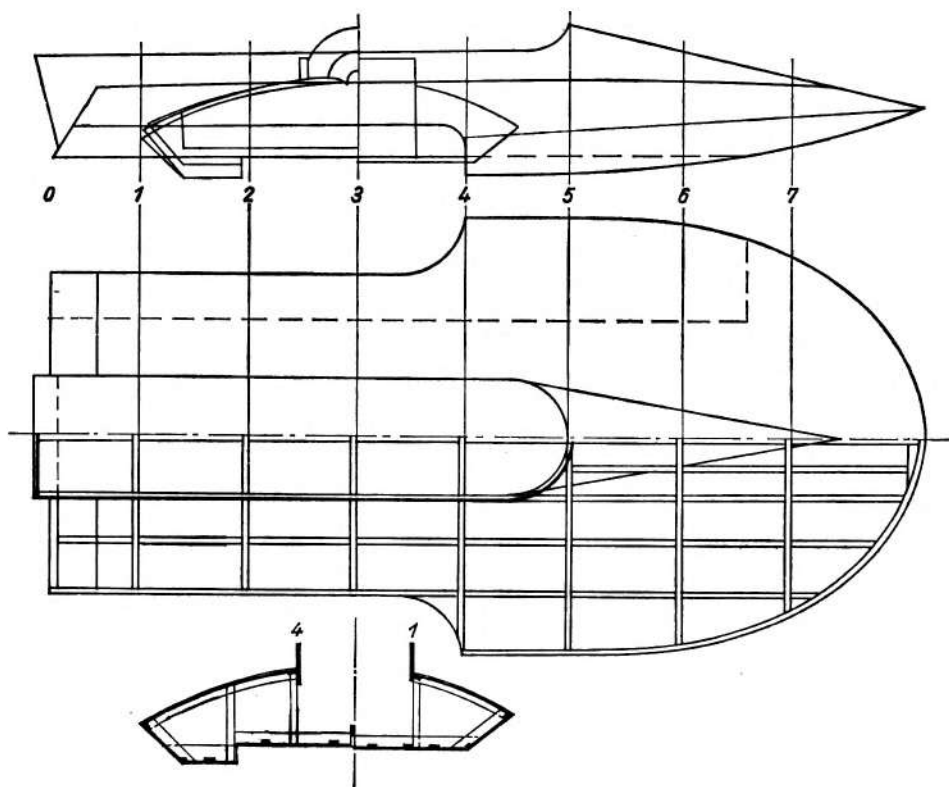
299. ábra. 4,7 m-es műanyag motoros



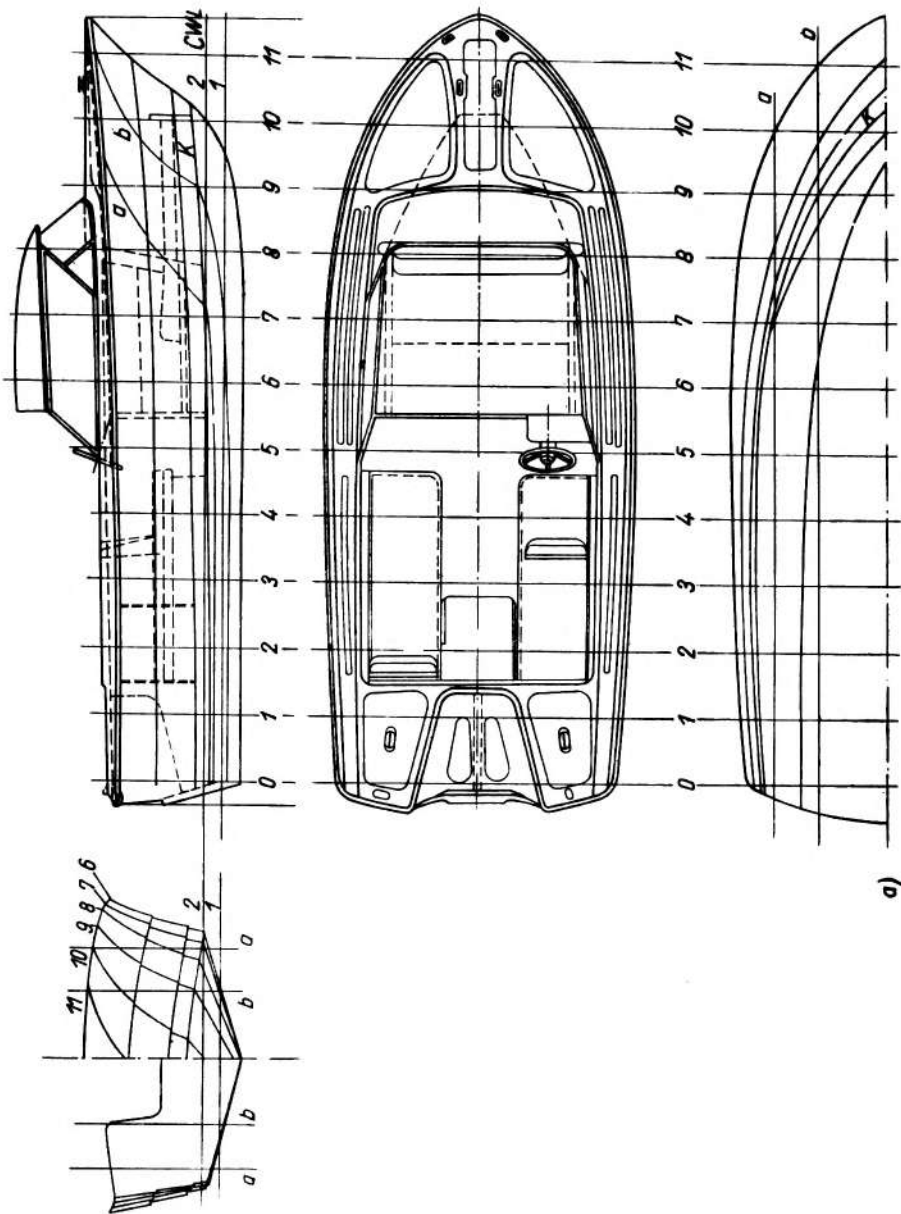
300. ábra. 4,8 m-es mély V műanyag motoros



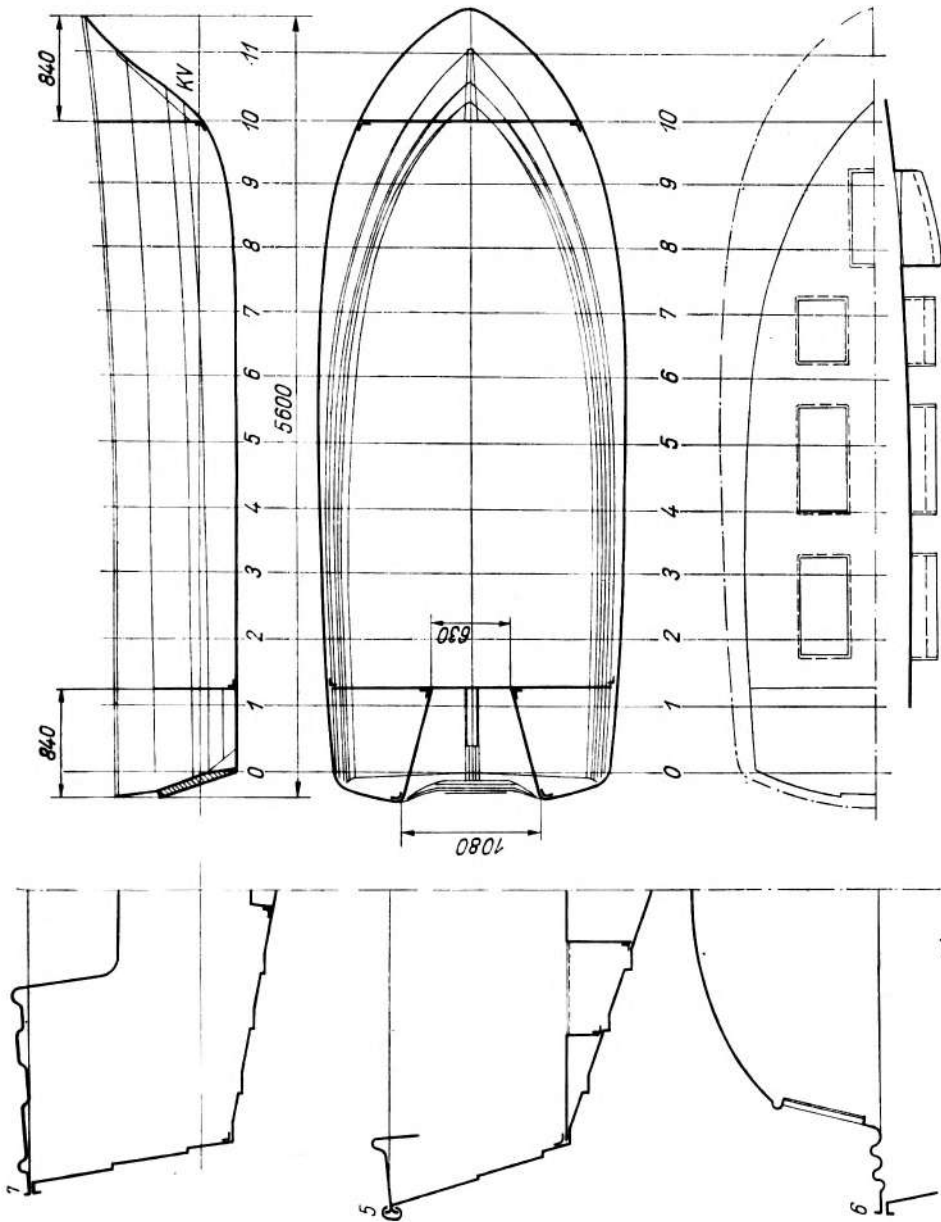
301. ábra. Háromgerinces siklóhajó



302. ábra. Három ponton futó siklóhajó



303a. ábra. 5,8 m-es farnotoros műanyag cirkáló



b)

303b. ábra. 5,8 m-es farnotoros műanyag cirkáló

Három ponton futó siklóhajó (302. ábra).

Legnagyobb hossza:	3,08 m	Szélessége hátul:	1,10 m.
Legnagyobb szélessége:	1,50 m	Súlya:	kb. 60 kp
Oldalmagassága a lépcsőnél:	0,12 m.		

A külháj anyaga 6 mm-es rétegeltlemez, a bordák kőrisfából, a hosszbordák sűrű- és egyenesszálú fenyőfából készülnek. A váz alkatrészeit egymással és a külhájjal a nagyobb szilárdság biztosítására ragasztással erősítjük össze.

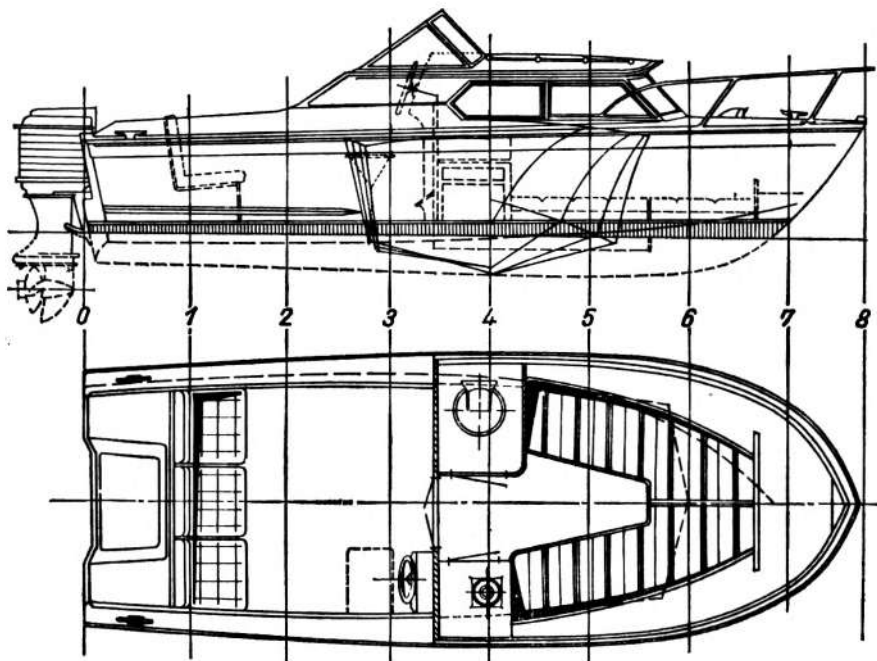
5,8 m-es farmotoros kis műanyag cirkáló (303a és b ábra)

Legnagyobb hossza:	5,80 m	Oldalmagassága:	1,07 m
Vízvonalhossza:	4,85 m	Merülése:	0,27 m
Szélessége:	2,25 m	Súlya:	kb. 600 kp.

A hajó közepesen mély V bordázatú, fara széles, ezért kedvezőtlen sebességi fokoknál sem trimmelődik el túlságosan. A főbordától hátra a fenék csak kis mértékben csavarodik. Az elülső bordák erősen kiesők. Az üvegszálás poliészterből készített hajó oldalait saját anyagából kiképzett két borda, a fenékét pedig három-három siklófelületnek kiképzett borda merevíti. A fenéket belülről a kazettásan kiképzett és a fenékkal összeragasztott belső fenék merevíti. A fedélzet igen erősen profilozott és ragasztással van a külhájhoz erősítve. A siklásra alkalmas hajótípus 35...65 LE-s farmotorokkal használható.

6 m-es farmotoros kajütös cirkáló (304. ábra).

Legnagyobb hossza:	6,00 m	Oldalmagassága:	1,07 m
Vízvonalhossza:	5,20 m	Merülése:	0,33 m
Szélessége:	2,24 m	Súlya:	kb. 650 kp.



304. ábra. 6 m-es farmotoros kajütös cirkáló

A hajótest közepesen mély V bordázatú, orr-része éles, az elülső bordák erősen kiesők. A műanyagból készített hajó oldalát egy-egy, fenekét két-két saját anyagából kiképzett borda merevíti. A kajútben két fekvőhely, W. C. és kis főzőfülke helyezhető el.

10. Hajók beépített motorral

A *merüléssel beépített motoros hajó* többnyire kerek, a siklásra alkalmas típus sarkos építésű. A beépített motorral épült hajók a nagyobb igénybevételnek, a megkövetelt nagyobb tartósságnak és biztonságnak megfelelően erősebbre méretezendők, mint a külmotoros hajók. Így általában nehezebbek, s azonos sebességre elérésére nagyobb a fajlagos teljesítményszükségletük.

A szerkesztéskor figyelembe veendő: a motor paraméterei, az irányváltó, az esetleges fordulatszám-csökkentő hajtómű, a tengelyvezeték, a hajócsavar, az üzemanyagtartály és szivattyú, a motor hűtőberendezése, az indításra, világításra szolgáló berendezések, a hangtompító és kipufogócső, végül a kormány szerkezet.

a) A motor elhelyezése és alapozása

A motort — amennyiben nem Z vagy V hajtóművet alkalmazunk — leghelyesebb a *főborda közepe* táján elhelyezni. Előnyös ez a hajó vonalai, a tengelyvezeték és kormányzás szempontjából egyaránt. Hátránya viszont, hogy a motor a hajó legértékesebb helyét foglalja el. Ennek elkerülésére igen sokszor kényszerülnek a motort elöl vagy hátul elhelyezni. Ha a motort előre visszük — különösen nehéz motoroknál —, nehézséget okoz a megfelelő trimm, tehát a helyes úszási helyzet beállítása. Nagy orr-trimm esetén a hajó rosszul kormányozható. Ha a motor súlyát hátul elhelyezhető terheléssel nem tudjuk kiegyensúlyozni, akkor a hajó vonalait vagyunk kénytelenek elöl kedvezőtlenül teltté — azaz nagyobb ellenállást keltő alakra — kialakítani. Nagyobb egységeknél a motor a padló alá kerül, így kedvezőbb elhelyezése nem okoz problémát.

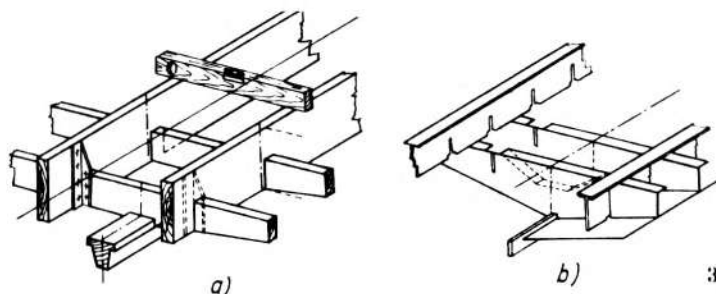
A motornak a hajó hátsó részén való elhelyezése sok szempontból előnyös, ez esetben azonban a tengelyvezeték lesz túlságosan ferde. Teljesen a farban elhelyezett motoron a költséges Z vagy V hajtóművet kell alkalmazni. A hajócsavar tolóereje a tengely dőlésszögének cosinusával csökken. Lehetőleg 10°-nál jobban ne lejtessen a tengely, nem kívánatos ez a motor élettartama szempontjából sem. Ha kardáncsuklót építünk a motor és tengelyvezeték közé, akkor a motor vízszintesen is elhelyezhető. A kardáncsukló azonban tengelyirányú erőt nem tud felvenni, ezért a hajócsavar és a kardáncsukló közé ilyenkor nyomócsapágyat kell közbeiktatni, amely a hajócsavar által átadott tengelyirányú erőt felveszi.

Az *üzemanyagtartályt* nagyobb hajókon lehetőleg a hajó rendszersúlypontja közelében helyezjük el, hogy a nagy mennyiségű üzemanyag változó súlya a hajó trimm-helyzetét ne nagyon befolyásolja. Az *akkumulátor* a motor közelében legyen, s minél rövidebb vezetéket használjunk. Lehetőleg mélyre, de jól hozzáférhetően helyezjük el, hogy ellenőrizhető legyen. A *hőkicserélőt* ugyancsak a motor közelében és mélyen kell elhelyezni, hogy a hajó stabilitását ne csökkentse.

A hajócsavar nagyságát már az előtervben meg kell határozni; ne csökkentjük az átmérőjét s ne vigyük nagyon közel a hajóttesthez. Ha hajócsavar nem fér el, mert kicsi a vízmélység, akkor alagútba helyezzük, mivel a hajócsavar fele kiállhat a vízből. A hajócsavar 15...20%-os előállásnál és elől-hátul jól ívelt alagútkialakítás esetén a tolóerő-csökkenés jelentéktelen.

A motor nagy erőt fejt ki a hajófenékre. A motor súlyán kívül növelik az igénybevételt a rezgések és a hajó dülöngélő, valamint bukducsoló mozgásából eredő dinamikus erők. Ezek az erők csak úgy csökkenthetők, ha a motor súlya nagy hosszon oszlik meg. A *motoralap* legalább a motor hosszának a másfélszeresére veendő. Hosszát egyébként a rendelkezésre álló hely szabja meg. Minél nagyobb a motor teljesítménye és minél kisebb a hengerek száma, annál hosszabb és annál erősebb motoralap szükséges.

A *fából készített motoralap* 30...50 mm vastag élére állított tölgyfapalló, amely a fenékmerevítőkre fekszik fel. A fenékmerevítőknél általában kivágják és leviszik a külhégig, s azzal összezsavarozzák (305a ábra). A motortartó gerendákat legalább két harántirányú kötéssel kell egymáshoz erősíteni.



305. ábra. Motoralapok

A *motoralapokat acélból* hasonló módon készítjük. A motortartó gerenda élére állított lemez, melynek felső élére övlemezt vagy szögvasat erősítünk. A motoralapot a fenékmerevítőknél kivágjuk. A lemezt összehegesztjük vagy szögvasak segítségével összeszegecseljük a fenékmerevítőkkal (305b ábra). Igen fontos, hogy a motoralapok a tengellyel pontosan párhuzamosan fussanak.

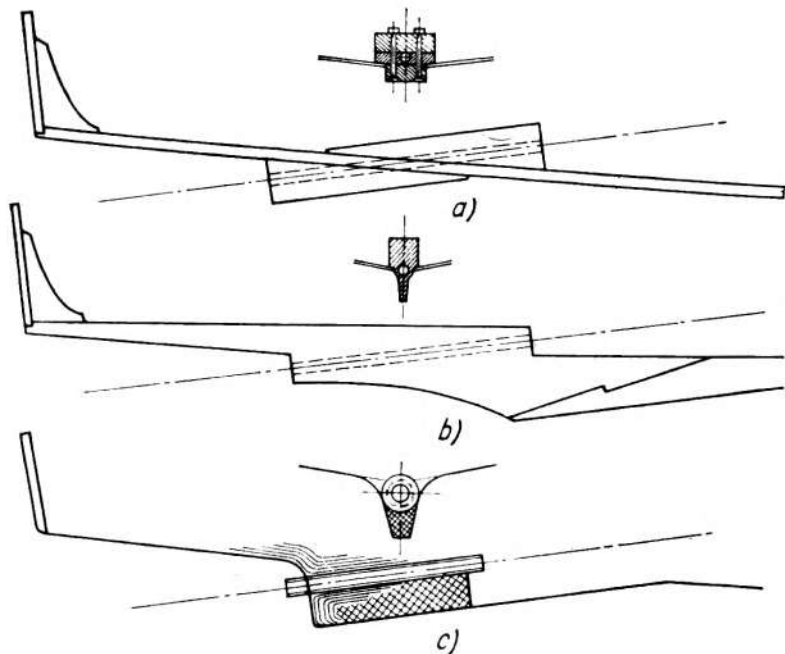
Műanyag hajók motoralapjait a műanyag hajók készítésénél tárgyaljuk. Ezeket lehetőleg fabetéttel nélkül készítjük, s a hajófenékkal nagy hosszon kössük össze, mert a helytelenül méretezett és a hajóttesttel nem megfelelő módon összeerősített motoralap közelében a külhég az átvett rezgések következtében kifárad és felreped.

A rezgéseket és részben a zajt is a *motor rugalmas ágyazásával* csökkentjük. Nem elegendő azonban egyedül a hajómotort rugalmasan ágyazni, mert a rezgések a különböző csatlakozások — tengelyvezeték, kipufogócső stb. — útján a hajóttestnek átadódnak. Az elasztikus tengelycsapágyazásnál a tengely és a hajóttest között minden fémes érintkezést kikapcsolunk. A tömszelencénél a tengelyt egy gumimuff hordja, a csillagpersely is gumicsapágyvat kap, és gumicsapágy van a hajócsavar előtt a bakcsapágyban is.

A dinamót, a ventillátort és a szivattyút lehetőleg a motorra szereljük. Amennyiben ez nem lehetséges, úgy ezeket a motorról hosszú ékszíjjal hajtjuk meg.

b) A tengelyvezeték és a tengelycsapágyazás

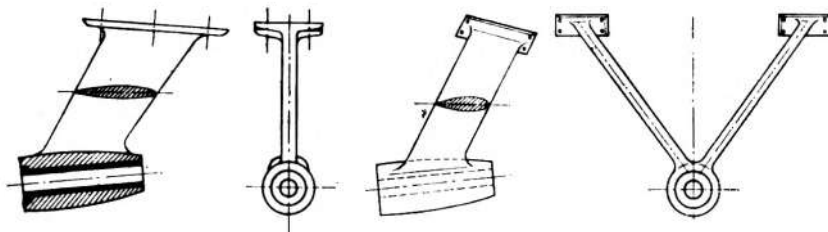
A *tengelyvezeték* helyzetét a motor és hajócsavar méretei határozzák meg. A tengelyt a fartőkén, ill. a gerincen keresztül vezetjük ki a hajótestből (306a, b és c ábra). A tengelyvezeték — kívül-belül — a tengelyre merőleges felfekvő felületeket kíván.



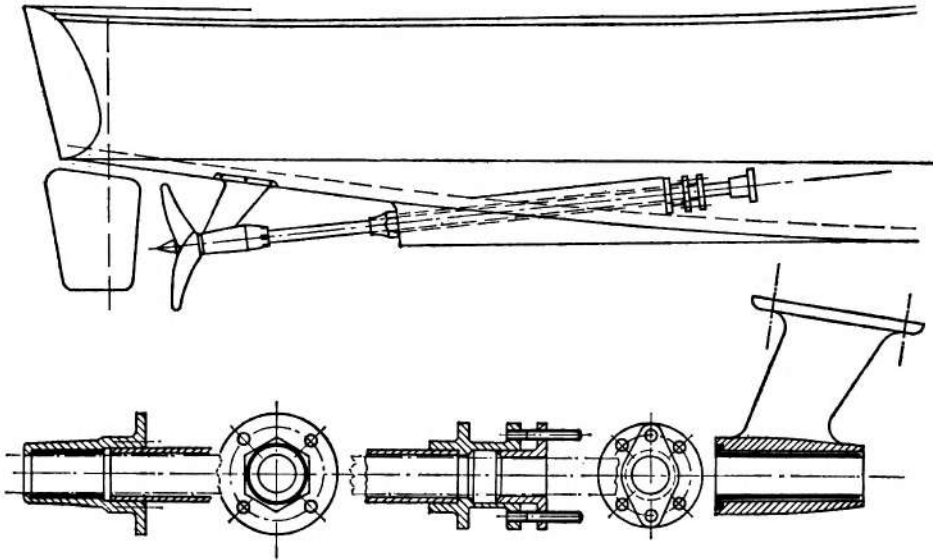
306. ábra. Tengelykivezetés

A hajómotorokba a hajócsavar tolóerejének felvételére *axiális nyomócsapágyat* kell beépíteni. Amennyiben ez hiányzik, akkor külön kell ilyen nyomócsapágyat alkalmazni. Külön nyomócsapágyról kell gondoskodnunk akkor is, ha fordulatszám-csökkentő hajtóművet építünk be a motor és hajócsavartengely közé. Ezt a csapágyat mindig a gépalap meghosszabbításához erősítjük.

Ha a tengely hosszú, akkor bakcsapágyban alá kell támasztani (307. ábra). Ez lehet egy- vagy kétkarú, utóbbinak nagyobb ugyan az ellenállása, de sok-



307. ábra. Bakcsapágy



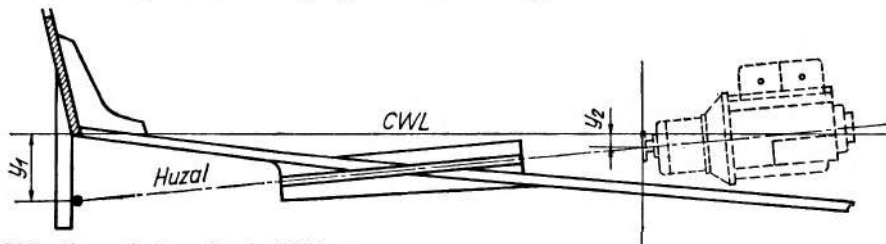
308. ábra. Tönkcső és tömszelence

kal biztosabb és rezgésektől mentesebb. A tengelybak karjait áramvonalasan képezzük ki. A bakcsapágy anyaga acélöntvény vagy bronz, de készülhet hegesztve, lemezből vagy csőből is. A csapágyperselyt bronzból, gumiból vagy pockfából készítik. A két utóbbi vízkenésű, míg a bronzcsapágyat a hajó belsejéből zsírzószelencével kenjük.

A *tengelycső (tönkcső)* (308. ábra) legegyszerűbb kivitelében gázcső mindkét végén menettel, a külső végére csavarjuk a csillagperselyt, a belsőre a tömszelencét, amely megakadályozza a víznek a hajó belsejébe jutását.

Ha a tengely a motor és tengelykilépés között hosszú, akkor a hajótest belsejében — esetleg több helyen is — *csapággal* kell alátámasztanunk. A tengely csapágypontjai pontosan egy vonalban fekszenek, különben a tengely állandóan hajlik, kifárad, a csapágyak tönkremennek, s a teljesítmény egy része is veszendőbe megy. A tartócsapágyakat úgy válasszuk meg, hogy azok a tengely axiális elmozdulását lehetővé tegyék.

A motor és tengely beépítésekor ügyeljünk arra, hogy a tengely, a tönkcső, a hajtómű és a motor *egy egyenesbe essen*. A szerelés megkönnyítésére kifeszített acélhuzalt használunk, amelynek egyik végét a tükörre erősített léchez kötjük, a másik vége a már kifűrt gerincen át a hajótestbe vezet (309. ábra). A huzal helyzetét műhelyrajz határozza meg.



309. ábra. A tengely beállítása

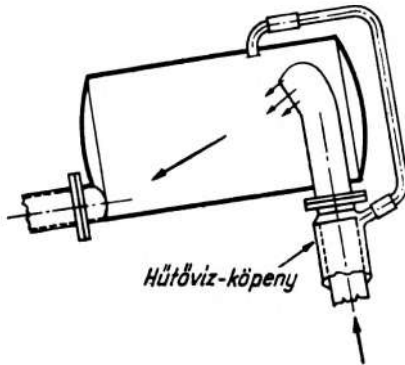
Acélhajókon a tönksövet szilárdan a hajótestbe hegesztjük. A bronz-csapágyat úgy rögzítjük, hogy az ki ne lazulhasson. Fahajókon a tőkét, ill. a gerincet a tönkső átmérőjének megfelelően kifúrjuk. Az ehhez szükséges készüléket úgy készítjük el, hogy a tőke mindkét oldalára erősítünk egy-egy lécet, amelyek felső végére erősített furattal ellátott lécz vezet a fúrót. A fúrónak pontosan párhuzamosan kell futnia a kifeszített huzallal.

Műanyag hajók tönksövet belamináljuk a hajó fenekébe. A laminát-rétegek hosszát a tönkső felé fokozatosan csökkentjük.

c) Zaj elleni védelem motoros hajókon

Lehetőségek a *zaj elleni védelemre*: a motor rugalmas ágyazása; a tengelyvezeték rugalmas ágyazása; zajsökkentő hangtompítódob alkalmazása; vízzel hűtött kipufogócső, második kipufogódob felszerelése.

A motoros hajók nedves kipufogással dolgozhatnak, ami nem okoz lényeges teljesítményvesztést, annál is inkább, mert a kipufogógázok is adnak némi tolóerőt. Egyes farmotorokból a hajócsavaragyon keresztül vezetik el a

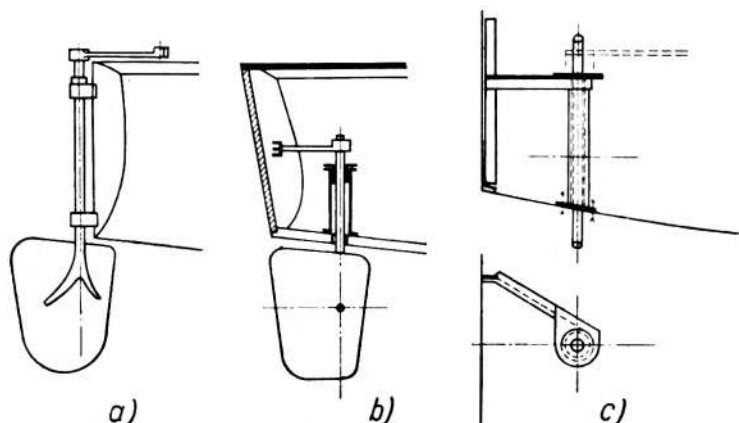


310. ábra. Nedves kipufogódob

gázokat. A nedves kipufogódobban (310. ábra) meggy végbe a kipufogógázok expanziója, amelyek ugyanakkor a befecskendezett hűtővízzel keverednek. A felszereléskor arra kell ügyelni, hogy álló motor esetében ne tudjon víz visszaáramolni a kipufogószelepeken keresztül. A legtöbb hajón — főleg a nagyobbakon — a motor olyan mélyen fekszik, hogy a kipufogócsatlakozás a vízvonal alá kerül. A kipufogócsövet ezért előbb felfelé kell vezetni, hogy a víz visszafutását a motorhoz megakadályozzuk. Legcélszerűbb a motor kipufogócsöve után mindjárt egy nedves kipufogódobot csatlakoztatni.

d) A kormányberendezés

A hajó kormányzásának tárgyalásakor láttuk, hogy a kormányfelület nagyságát a laterális felület nagysága és alakja, továbbá a hajó sebessége befolyásolják. Gyors motoros hajókon a kormányfelületet olyan kicsire méretezzük, amennyire az lehetséges, hogy ezzel csökkentjük az ellenállásokat.



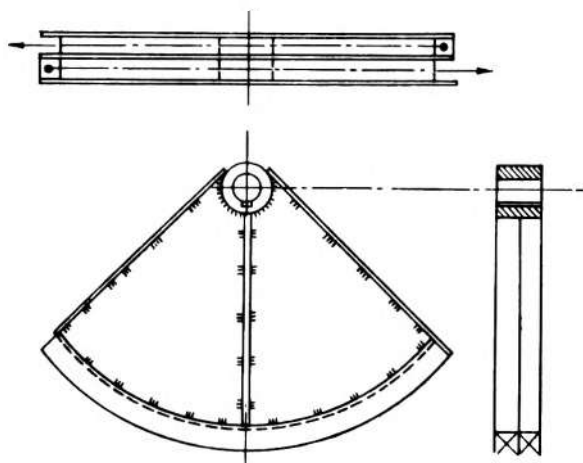
311. ábra. Kormányelrendezések

Így gyakran előfordul, hogy a kormányfelület kis sebességeknél nem elegendő. Szokásos a kormány mélységét a csavartengely helyzetétől függően meghatározni. Ha a kormánylapát csak a hajócsavartengely meghosszabbított középvonaláig ér, akkor előremenetnél kielégítő a kormányhatás, de a manőverezés nehéz. Csak kivételesen engedjük le a kormányt a hajócsavar csúcsáig, mert könnyen sérülhet.

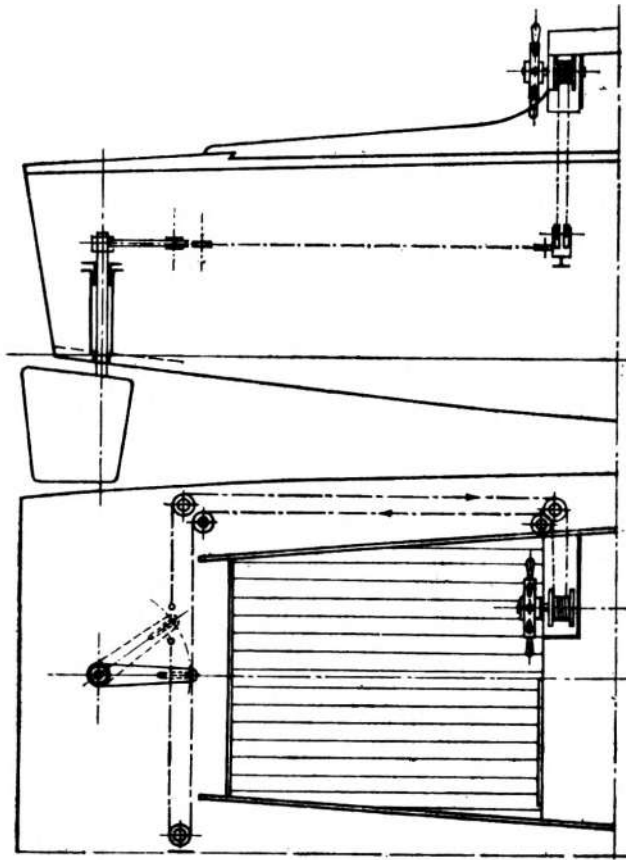
Motoros hajókon a kormány felülete a laterális felület 3...5%-ára veendő, sikhajókon — miután ezeknek nincs laterális felületük — a kormányfelület az L_k teljes hajóhossz 1%-a m^2 -ben. Pl. 6 m-es hajó kormányfelülete $0,06 m^2$.

A kormány legegyszerűbb kivitelében felhasított acélrúd, amelybe beillesztjük és behegesztjük vagy beszegecseljük a kormánylapot. Az áramvonalas kormányt üregesen képezzük ki oly módon, hogy készítünk egy két-három bordából álló áramvonalas keresztmetszetű vázát és ezt belemezeljük.

A kormányt felerősíthetjük a tükörre (311a ábra). A kormányrúd végére ekkor egy szárat erősítünk, amelyre bilinccsel rákötjük a kormányt működ-



312. ábra. Quadráns



313. ábra. Kormányműködtető kötéel vezetése

tető acélkötelet. A kormányrúd végét négyzet keresztmetszetűre képezzük ki, erre húzzuk rá a szárat, s rögzítjük anyáscsavarral. Ha nem akarjuk a kormánykötelet a fedélzet felett vezetni, akkor át kell törni a tükröt.

Ha a kormányt a *tükör előtt* helyezzük el, akkor a kormány rúdját egy csőbe helyezzük, s ezt ráhegesztett karima segítségével erősítjük a gerinchez (311b és c ábra). A cső legyen magasabb a vízvonalnál. Ha nem elég magas, felül tömszelencével zárjuk le. A kormánytengelyre ékeléssel erősítjük fel a negyedkörív alakú *quadránst*, amelynek kerületén két horony van a kormánykötelek számára (312. ábra). A *kormánykötelet* terelőcsigákon át vezetjük a kormánykerékhez (313. ábra), a kötéel nyúlásának kiegyenlítésére *kötélfeszítőket* iktatunk közbe. A *terelőcsigák* mélyhornyúak, s átmérőjük a kötéel átmérőjének legalább húszszorosa. Úgy erősítjük fel őket, hogy síkjuk a két kötélvég által képzett síkba essék. A kormánykötelet úgy vezetjük, ill. a kormánykerék dobjára úgy tekerjük fel, hogy a kerék balra fordításakor a hajó is balra térjen ki.

Egészségügyi berendezések beépítése. Egyszerű a mosdó és W. C. hajóba való beépítése, ha sikerül a szennyvizet természetes eséssel eltávolítani. Ehhez

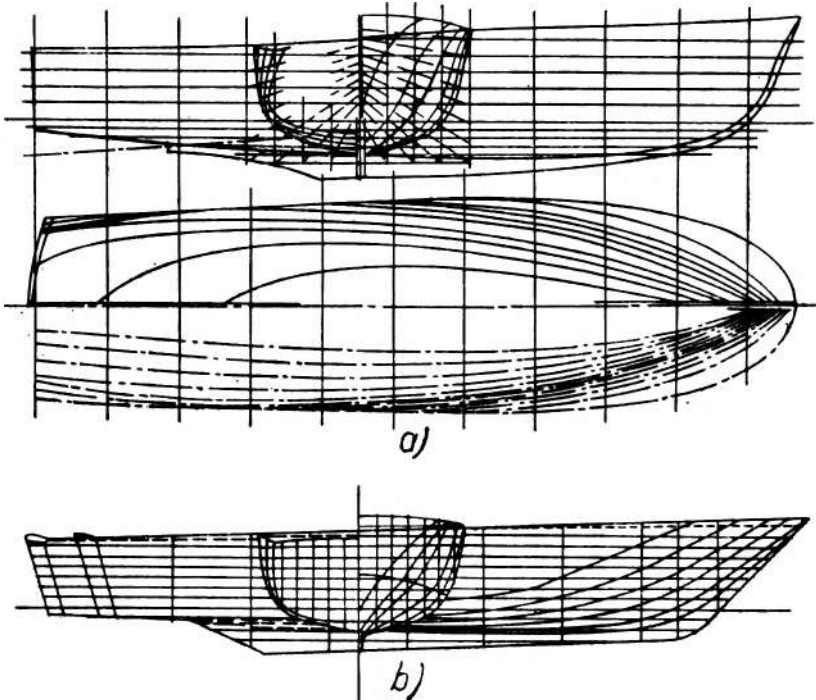
az szükséges, hogy a kagyló olyan magasan legyen a vízvonallal felett, hogy legalsó pontja még erős dőlés esetén is a vízvonallal fölé kerüljön.

Kis és közepes nagyságú hajókon általában a vízvonallal alá kell beépíteni az egészségügyi berendezéseket, s ennek költségei nem éppen csekélyek. Ezekhez öblítő- és ürítőszivattyú szükséges. Az ürítőcső ívből megy felfelé, majd visszafordul és a vízvonallal alatt torkollik be. A csővezeték legfelső pontján levegőzőcsőhöz csatlakozik, s ez biztosítja az ürítést.

e) Hajótípusok beépített motorral

A *beépített motoros hajók* nagyobb része kajütös, a méreteitől függően megfelelő komforttal berendezett, hosszabb tartózkodásra alkalmas; a kisebbek s a versenyzésre épített hajók nyitottak. A kisebb sebességre szerkesztett hajók általában kerek bordázatúak, a nagy sebességű, siklásra is alkalmas hajók sarkosak.

A 314a ábra 10 m hosszú, 2,8 m széles, kerek bordázatú, beépített motoros hajó vonalrajza. A hajó vonalai elől élesek, hátul teltek, a meglehetősen széles tükör a vízbe merül. Az elülső bordák erősen kiesők, ami elől széles fedélzet kialakítását teszi lehetővé és eltereli a vizet a fedélzetről. A mélyen lenyúló gerinc biztosítja a hajó jó iránystabilitását és védi a hajócsavart és kormányt a mederfenékekkel való ütközések esetén. A hajó ún. felsíkló $R > 5,25$ sebességi



314. ábra. Kerek bordázatú felsíkló és siklómotoros hajók

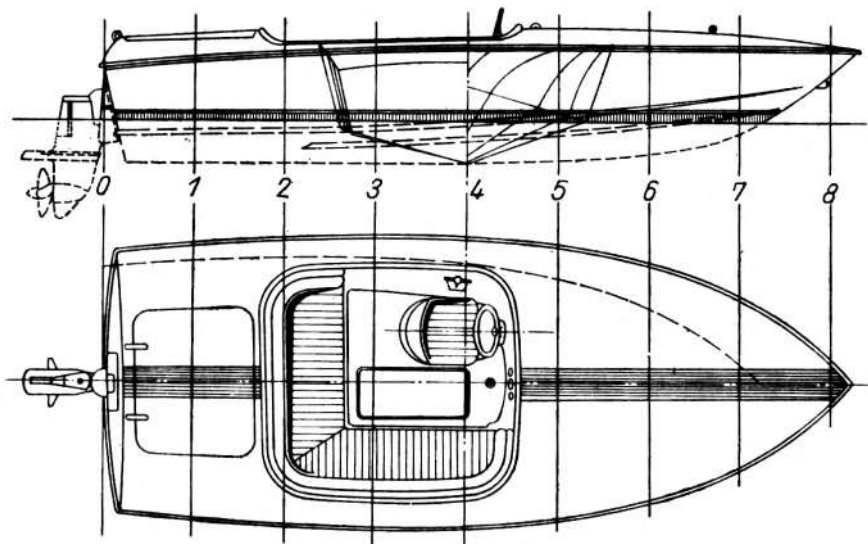
fokokra is használható, s megfelelő motorteljesítménnyel részben siklásba hozható.

A 314b ábra ugyancsak 10 m hosszú, kerek bordázatú hajó vonalrajza. Ez a hajó mint merülésező hajó is használható alacsonyabb sebességekre, de tulajdonképpen nagy sebességű siklóhajó. A hajó vonalai elől élesek, hátul teltek, a tükör széles, lapos és teljes szélességében belemerül a vízbe. A hajó eleje sarkos kiképzésű, a sarokél mentén a fenékvonal kissé visszaugrik, s ezzel egy szalagot képez, amely a spriccelő vizet eltereli.

5 m-es nyitott siklóhajó (315. ábra).

Legnagyobb hossza:	5,05 m	Oldalmagassága:	0,8 m
Vízvonalhossza:	4,40 m	Súlya:	kb. 440 kp
Szélessége:	2,10 m.		

Mély V bordázatú, nagy sebességekre alkalmas, hullámálló műanyag motoros. A hajó elől éles, hátul telt, a tükör alig keskenyebb, mint a főborda, ily módon



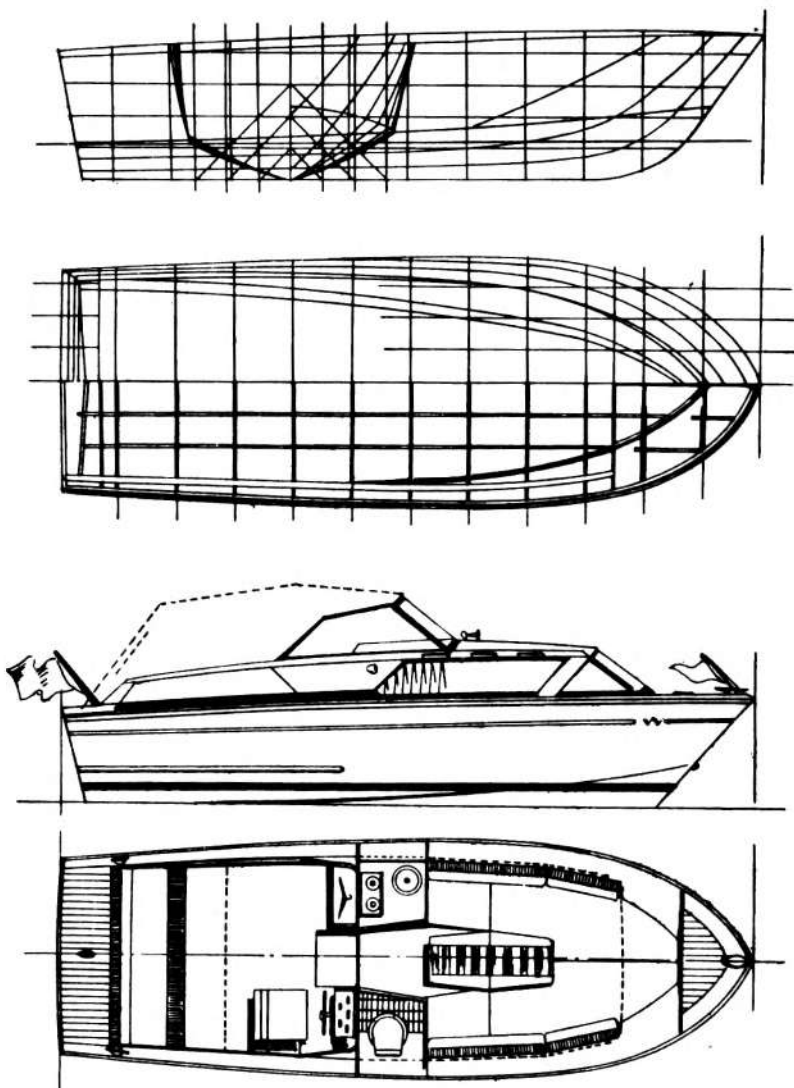
315. ábra. 5 m-es nyitott siklóhajó

a far jó alátámasztást és széles siklófelületet nyújt. A motor a hajó hátuljában foglal helyet és Z hajtómű útján hajtja a hajócsavart.

6,5 m-es sarkos siklóhajó (316. ábra).

Legnagyobb hossza:	6,50 m	Oldalmagassága:	1,30 m
Vízvonalhossza:	5,65 m	Merülése:	0,36 m
Szélessége:	2,40 m	Súlya:	kb. 700 kp.

A hajó mély V bordázatú, vonalai elől élesek, hátul a fenék csavarodás nélkül fut a főbordáig. Az egyszerű vonalú hajó rétegtlemezből vagy fémllemezből könnyen építhető. A motor a hajó farában van elhelyezve s Z hajtóművel forgatja a hajócsavart. A hajó építhető kajúttal vagy anélkül, a kajútban két fekvőhely, W. C. és főzőfülke helyezhető el.

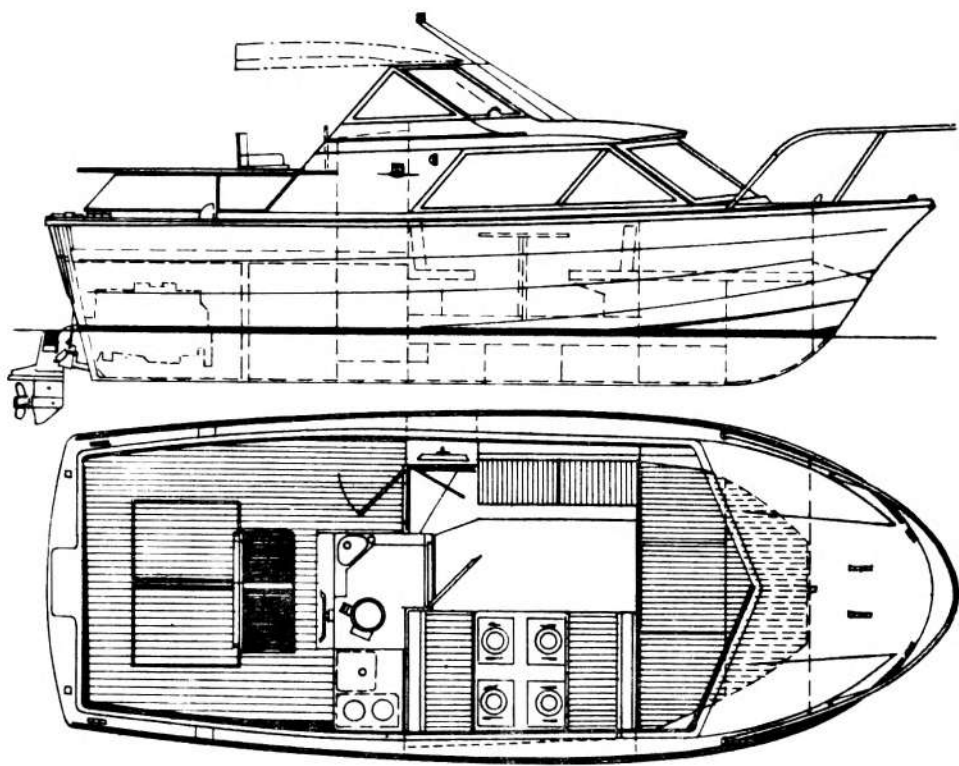


316. ábra. 6,5 m-es sarkos siklóhajó

7,6 m-es kajütös motoros cirkáló (317. ábra).

Legnagyobb hossza:	7,60 m	Oldalmagassága:	1,42 m
Vízvonalhossza:	6,40 m	Merülése:	0,42 m
Szélessége:	3,10 m	Súlya:	kb. 1250 kp.

A hajó sarkos, mély V bordázatú, eleje éles, elülső bordái erősen kiesők, fara széles, a fenék csavarodás nélkül fut a főbordától a tükörig. A hajó műanyagból készül, oldalait saját anyagából kiképzett három-három borda, fenekét ugyancsak három-három siklófelületnek kiképzett borda merevíti. A fenék



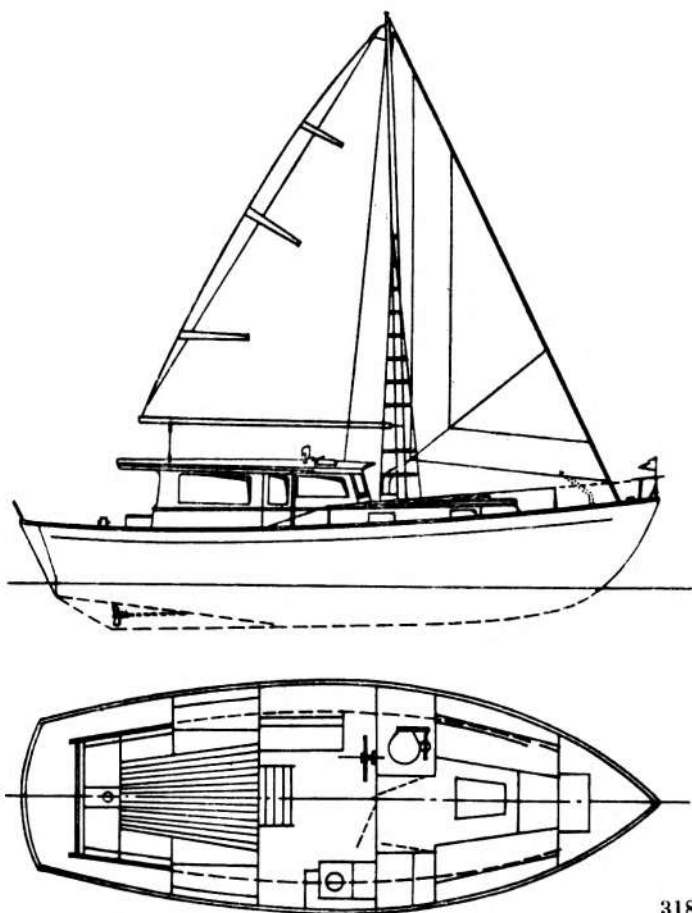
317. ábra. 7,6 m-es kajütös motoros cirkáló

kazettás merevítésű, a fedélzet a kajüttel egyetlen darabban formázott, profilozással merevített. A hajó farában elhelyezett motor Z hajtómű útján forgatja a hajócsavart. A kajütben az állómagasság 1,85 m, a kajütbe három fekvőhely, W. C., főzőfülke és beépített szekrények helyezhetők el. 120 LE-nél nagyobb teljesítményű motorral a hajó siklásba hozható.

II. Motoros vitorlások

A legtöbb nagyobb vitorlásnak van segédmotorja. A vitorla viszont a motoros hajó biztonságát növeli és oldalszélben a hajó futását kellemesebbé teszi, mert dülöngélő mozgását csökkenti. A *motoros vitorlásnak* a következő feltételeknek kell megfelelnie:

- A szél okozta dülés miatt nagyobb a stabilitás-terjedelme, s lehetőleg mélyen elhelyezett ballasztja van;
- a jó vitorlázó tulajdonság nagyobb laterális felületet követel, s ügyelni kell a belépő él profiljára is;
- a motoros vitorlás nagyobb kormányfelületet kíván;
- nagy átmérőjű hajócsavar kerülendő, mert nagy az ellenállása.



318. ábra. Motoros vitorlás

Vitorlázáskor az álló hajócsavarnak nagy az ellenállása, ez az összellenállás 20%-át is kiteheti. Ennek csökkentése céljából kétszárnyú hajócsavart kell alkalmazni, s azt a kormánytőke mögött függőleges helyzetben rögzíteni, vagy tengelykapcsolót kell közbeiktatni. A 318. ábra 8 m hosszú, 2,90 m széles, 0,80 m mélyjártatú, 2750 kp súlyú, 15 LE-s motorral felszerelt, 20 m² vitorla-felületű motoros vitorlás rajza. A hajón négy személy részére van megfelelő férőhely.

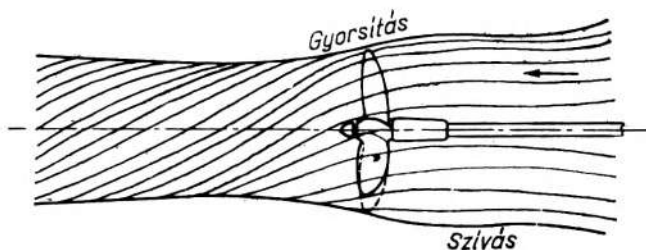
12. A hajócsavar

A hajócsavar a motor által teljesített munkával a méreteitől és a hajótól függő mennyiségű vizet hoz mozgásba a hajó mozgásával ellenkező irányban. A felgyorsított víz impulzusából eredő reakcióerő a *tolóerő*. Minél nagyobb a hajócsavar, s minél nagyobb a víz gyorsulása, annál nagyobb lesz a *tolóerő*.

Tolóerő szempontjából a kis, de nagy gyorsulással hátralökött víztömegnek ugyanaz a hatása, mint a nagyobb víztömegnek kisebb gyorsulással való hátrataszítása, azonban ez utóbbinak jobb a hatásfoka.

A hajócsavar szárnyának két oldala közül a haladás irányát tekintve a hátsó, az ún. *tolóoldal*, míg a mellső, domború oldal az ún. *hátoldal*. A hajócsavar szárnya *hidrodinamikus profil*, melynek a víz áramlásához képest beállítási szöge van, s így felhajtóerőt, ill. tolóerőt szolgáltat.

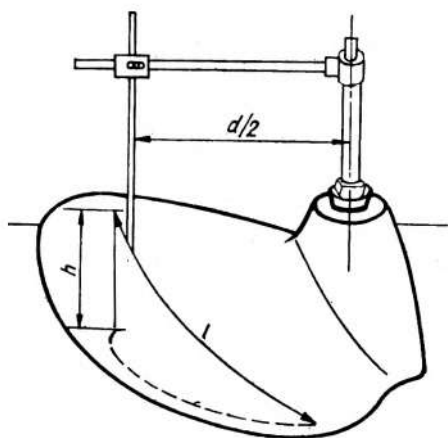
A *hajócsavar szárnya* csavarfelületre illesztett szárnymetszetekből áll, amelyeknek tolóoldalán nyomás, hátoldalán szívás keletkezik. Ez észlelhető



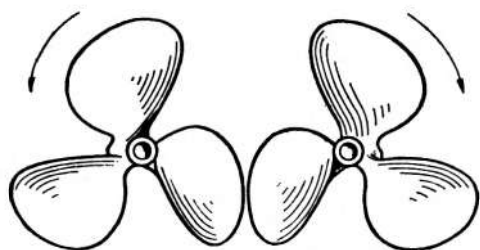
319. ábra. A hajócsavar-áram a csavar után forgásba jön és beszűkül

a csavar előtti víztükör süllyedéséről is. A csavarszárny metszetének profilja (íveltége) és beállítási szöge szabja meg a keletkező nyomáskülönbség nagyságát. A nyomáskülönbség miatt létrejövő vízsebesség-növekedés már a hajócsavar előtt egy bizonyos szakasszal jelentkezik, és a csavar mögött távolabb lesz a legnagyobb, egyidejűleg a felgyorsított víz forgásba jön és összesűkül (319. ábra).

Csavarfelület úgy keletkezik, hogy egy alkotó egy egyenesen — a csavartengelyen — és a tengellyel koncentrikus csavarvonalon mozog. Az a távolság, amelyet a csavar egy pontja egy körülfordulás alatt tengelyirányban megtesz, a *P emelkedés*. Az emelkedést a könnyen mérhető nyomóoldalon kell mérni. Kész csavaron az emelkedést úgy határozzuk meg, hogy egy rajztűvel a szárny tolóoldali felületére csavarvonalat rajzolunk (320. ábra) és bemérjük a vonal



320. ábra. Hajócsavar emelkedésének meghatározása



321. ábra. Jobb- és balmenetű hajócsavar

hosszát, l -t és a szintkülönbséget, h -t. Ha a csavarvonal sugara $D/2$, akkor az emelkedés:

$$P = \frac{D\pi h}{\sqrt{l^2 - h^2}}$$

A hajócsavar lehet *jobb-* és *balmenetű*. Jobbos az a csavar, amely hátulról nézve az óramutató járásával megegyező irányban forog (321. ábra).

a) A hajócsavar alakja

A *hajócsavar szárnyainak* száma kettő és öt között változik. Leggyakrabban háromszárnyú csavart alkalmazunk. A szárnyak számának növelésével kisebb terhelésű csavaroknál a hatásfok kismértékben csökken. Minél nagyobb viszont a szárnyak száma, annál nyugodtabban jár a csavar. Ha az átmérőt csökkenteni kell és így a kavitáció elkerüléséhez túl széles szárnyak adódnának, akkor a szárnyak számát növelhetjük.

A *szárnyak alakja* általában ellipszis vagy ahhoz hasonló aszimmetrikus alakú. A szárnyak alakjának semmilyen mérhető hatása nincs a hajócsavar hatásfokára.

A *felületi viszony* a csavarszárnyak vetített felületének viszonya a hajócsavarkör felületéhez ($F_p/F\%$). A felületi viszony a szárnyak számának növelésével általában nő. Mind a széles, mind pedig a keskeny szárnyak megvannak az előnyei. A keskeny szárnyak kisebb a súrlódása, ugyanakkor azonban a szárny metszet viszonylag vastagabb, mert rövidebb, mint a széles szárny metszetei. Leggyakrabban az 50%-os felületi viszonyú hajócsavart alkalmazzuk.

b) A slip

A hajó nem halad olyan mértékben előre, mint amennyit a hajócsavar egyedül és terhelés nélkül a vízben előrecsavarodna. A vízben a csavar terhelésekor *csúszás* — *slip* — keletkezik. Ez mutatja a különbséget a számított útszakasz (emelkedés \times fordulatszám) és a valóságban megtett út között. A slip nem jelent veszteséget, mert slip nélkül nem volna beállítási szög a csavarszárny és a víz áramlása között, azaz nem volna tolóerő. Nem mindig a legkisebb slipű hajócsavar a legjobb hatásfokú. A slip általában soha nem kisebb

15%-nál, többnyire 30% körüli, de 40...50% is lehet. Nagy terhelés, kis hajósebesség, nagy fordulatszámú és kis átmérőjű hajócsavar esetén a slip nagy, és ez már nem kedvező.

Példa. Ha egy hajó sebessége 20 km/h, a hajócsavar emelkedése 0,4 m, fordulatszáma 1200 1/min, 0 slip esetén ez $0,4 \cdot 1200 \cdot 60 = 28,8$ km/h sebességet jelentene, miután a valóságos sebesség 20 km/h, a slip 8,8 km, a százalékos slip: $s = \frac{8,8}{28,8} 100 = 30,3\%$.

c) Hajósodor tényező

A hajócsavar a hajótest által zavart vízben dolgozik. A v_a hajócsavar haladási sebessége alatt azt a sebességet értjük, amelyre működése közben fel kell gyorsítania. Ez a haladási sebesség — azaz a hajócsavar helyén a hajótest közelében kialakuló sebesség — eltér a hajó v haladási sebességétől. Ennek három oka van:

1. a hajótest közelében a súrlódások miatt a hajó sebességénél kisebb a víz sebessége (határréteg);
2. a hajótest mellett a határrétegen kívül, a hajótestet kikerülő vírzecskek sebessége eltér a hajó haladási sebességétől (lehet kisebb, de nagyobb is);
3. a hajótest mellett létrejövő hullámokban a vírzecskek körpályán haladó mozgást végeznek.

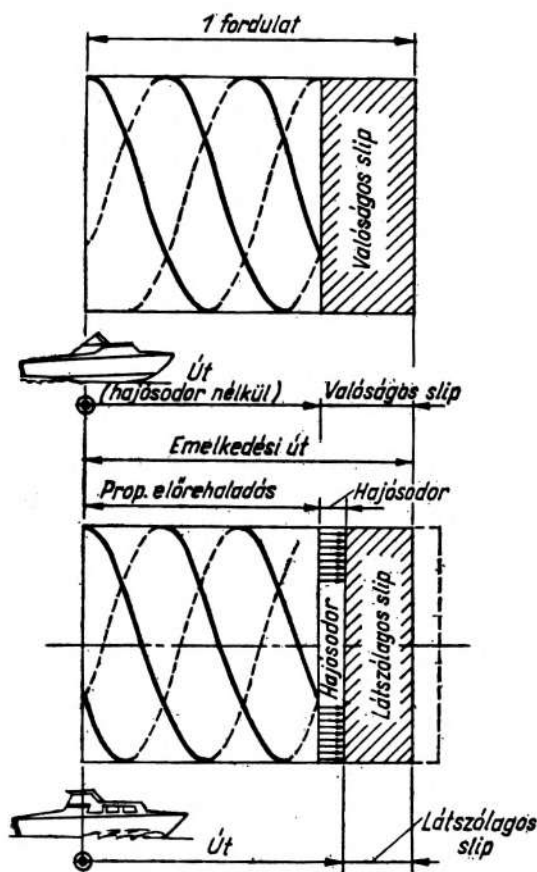
Az eltérést, amely főleg a hajótest alakjától, kisebb mértékben a sebességétől függ, egy viszonyszámmal, a w hajósodor tényezővel szokás kifejezni:

$$w = \frac{v - v_a}{v}$$

Pontos értékét csak kísérleti úton lehet meghatározni. Közelítő meghatározására szolgáló összefüggések csak a kereskedelmi hajókra található az irodalomban. Kereskedelmi hajóknál nem ritka a 0,30...0,40 értékű hajósodor tényező. Motorcsónakoknál értéke jóval kisebb, általában 0,05...0,10 alatt marad, sőt gyakran ugyanilyen számértékű, de negatív is lehet. A nagyobb értékek teltebb hajóknál és a hajótesthez közel levő hajócsavarokra vonatkoznak.

A v_a hajócsavar haladási sebessége alatt a teljes csavarkörbe belépő víz átlagsebességét értjük. A körön belül azonban az egyes pontokban ez a sebesség változó, azaz változó a w hajósodor tényező értéke is. Ha a csavar minden egyes koncentrikus körvonalán a hajósodor tényező körvonalmenti átlaga azonos, akkor *állandó emelkedésű hajócsavart* célszerű alkalmazni. Ez az eset akkor, amikor a hajócsavar előtt nincs lényeges keresztmetszetű hajótestrészt. Az állandó emelkedés alatt azt értjük, hogy a hajócsavar minden sugarán azonos az emelkedés.

Ha a hajócsavar előtt nagyobb hajórész árnyékolja a csavart — pl. far-tőke, a Z hajtás kúpkerék háza stb. —, akkor az egyes koncentrikus körökön vett átlagos hajósodor tényező értéke minden körön más és más értéket adhat. Ez esetben a *sugárirányban változó emelkedésű hajócsavar lesz a megfelelőbb*. Az emelkedés tehát minden sugarra más értékű. A kisebb haladású körön, azaz az agyhoz közel kisebb lesz a csavar emelkedése.



322. ábra. A valóságos, a látzólagos slip és a hajósodor összefüggése

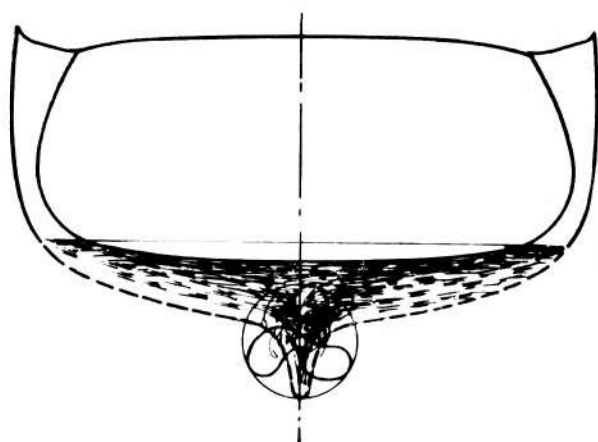
A hajósodor kedvező a propulzió szempontjából. Mindenek előtt a *súrlódási hajósodor* az, ami jelentős nyereséget ad, azaz többlet-tolóerőt anélkül, hogy erre teljesítményt kellene fordítani. A hajócsavar ugyanis a hajóval együtt áramló vízben dolgozik és ez ugyanaz, mintha egy hajót a víz sodorna.

A slip tárgyalásakor láttuk, hogy a hajó egy időegység alatt rövidebb utat tesz meg, mint amennyi a hajócsavar emelkedésének és fordulatszámának megfelelően, azaz slip keletkezik (322. ábra). Ugyanakkor, mint azt az ábrából is látjuk, a hajó által megtett út a hajósodor mértékével nagyobb. Csak a *látzólagos slip*-et ismerjük, mert a *valóságos slip*-et befolyásolja a hajósodor.

A hajósodor a hajófenék mellett a legnagyobb, attól távolodva fokozatosan csökken (323. ábra). Arra kell törekedni, hogy a hajócsavart kedvezően helyezzük el a hajósodor mezőjében.

A hajócsavar által elszívott víztömeg fékezőleg hat a hajóra, s az ellenállásokat növeli, ezt az ellenállásnövekedést *szívásnak* (*Sog*) nevezzük, ez növekvő sebességgel csökken és sikláskor teljesen megszűnik.

A hajócsavarhoz hozzáfolyó víz, valamint a hajócsavar által felgyorsított víztömeg útjában levő akadályok zavarják az áramlást, így elsősorban a mérü-



323. ábra. Hajósodor a hajófenék mentén

léses hajó egész középső része (ezen ellenállás egy része a hasznosítható hajósodor alakjában visszanyerhető), továbbá a gerinc, a hajócsavartengely és bak. A csavar mögött fekszik a kormánylapát, amely a víz szabad áramlását zavarja. Ügyelni kell ezért a hajócsavaráramban levő részek gondos áramvonalazására.

Káros a hajócsavart túl közel vinni a hajófenékhez. Ideális távolság a csavar átmérőjének 12...15%-a, de 10% még jól megfelel, 5% pedig a legkisebb még megengedhető távolság.

d) A hajócsavar fő méretei

A hajócsavar fő méreteinek meghatározásakor a cél az adott körülmények között maximális hatásfokú csavar megválasztása. Minden hajóhoz, minden sebességhez, minden fordulatszámhoz, minden teljesítményhez csak egyetlen optimális hajócsavar szerkeszthető.

Két méretet kell meghatározni, a D átmérőt és a P emelkedést. A helyes átmérő alapvető fontosságú a hajócsavar és a hajótest egymásra hatását illetően, ezt követi fontosságban a helyes emelkedés megválasztása, hogy a maximális sebességet elérhessük. A csavarszárnyak száma és alakja, továbbá a felületi viszony normál körülmények között kevésbé befolyásolják a hatásfokot, nem érvényes ez azonban 60...70 km/h-n felüli sebességeknél, ahol a kezdődő kavitáció miatt szélesebb szárnyakat és vékonyabb profilt kell alkalmazni.

A megfelelő hajócsavar megválasztásához ismerni kell a hajó ellenállásának változását a hajó sebességének függvényében, a hajósodor tényező értékét, a tervezendő hajócsavarnak a hajó ellenállására gyakorolt hatását, továbbá a rendelkezésre álló motor teljesítményét a fordulatszám függvényében. Az adatok összehangolása nem könnyű feladat. A munka nehézségét beláthatjuk, ha figyelembe vesszük, hogy a hajó ellenállása a sebesség függvényében változik, s ezt az ellenállást a hajócsavar befolyásolja. Ugyanakkor egy adott hajócsavar a hajó sebessége által meghatározott hajócsavar-haladási sebességénél csak egy bizonyos fordulaton adja a hajóellenállás leküzdéséhez szükséges tolóerőt és ehhez meghatározott teljesítményt használ fel. Ennek a teljesítménynek pedig azonosnak kell lennie a motor által leadott teljesítménnyel.

Ha szabadon választhatjuk meg a hajócsavar üzemi fordulatszámát, akkor általában az elhelyezhető legnagyobb átmérőjű csavart célszerű alkalmazni és a hajótest ellenállásától, a sebességtől és a csavar átmérőjétől függő optimális fordulatszámmal kell a csavart járítani. Ha viszont a fordulatszám kötött, akkor már nem feltétlenül a legnagyobb átmérő adja a legjobb hatásfokot. Ez esetben a hajótest ellenállása, a sebesség és fordulatszám együttesen egy optimális, legjobb hatásfokot biztosító átmérőt határoz meg.

e) A hajócsavar hatásfoka

A hajócsavar a motor teljesítményét nem alakítja át veszteségmentesen. A veszteségek nagyobb részét súrlódás, kisebb részben örvényképző veszteségek. A súrlódás nem egyedül a csavarszárnyon keletkezik, hanem magában a vízben is, ahol a gyors hajócsavarsugár súrlódik a nyugalomban levő vízhez. Ez a súrlódási veszteség akkor a legkisebb, ha a tolóerőt nagy víztömeg, tehát nagy csavarátmérő lehetőleg kis gyorsulással állítja elő.

A hajócsavar várható hatásfokát az ún. *terhelési fok* segítségével határozzuk meg. A terhelési fok:

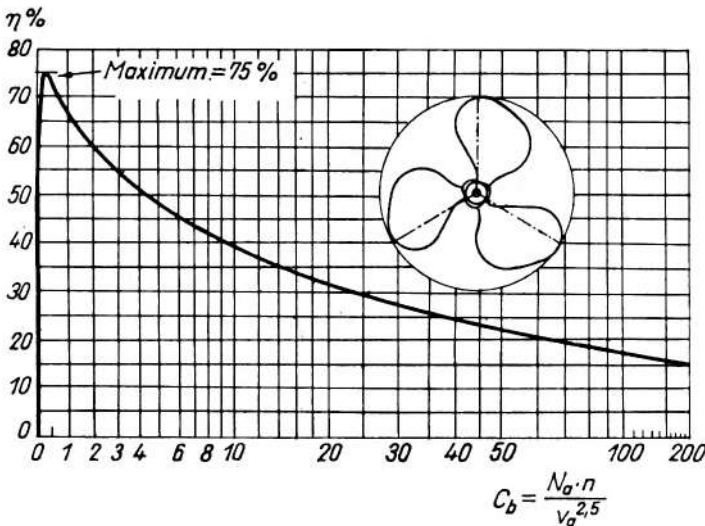
$$C_b = \frac{N_a n}{v_a^{2,5}},$$

ahol N_a a hajócsavaron leadott teljesítmény, LE;

n a hajócsavar fordulatszáma 1/s;

v_a a csavar előrehaladása a hajósodorban, m/s.

A 324. ábrán a hajócsavar-hatásfok diagramját látjuk a terhelési fok függvényében. A fordulatszám csökkentésével a terhelési fok is csökken, s a hatásfok növekszik. A fordulatszám áttétel segítségével széles határok között



324. ábra. Hajócsavar-hatásfok görbéje

változtatható, a hajócsavar átmérőjét befolyásolja azonban az, hogy elhelyezhető-e a hajó alatt. Ezért gyakran nem tudjuk a legnagyobb hatásfokot biztosító — többnyire nagy átmérőjű — hajócsavart alkalmazni. Ha a csavar átmérőjét csökkentjük, az emelkedését növelhetjük, a hatásfok csökken: 1% átmérőcsökkenésnek kb. 1,2% emelkedésnövelés felel meg.

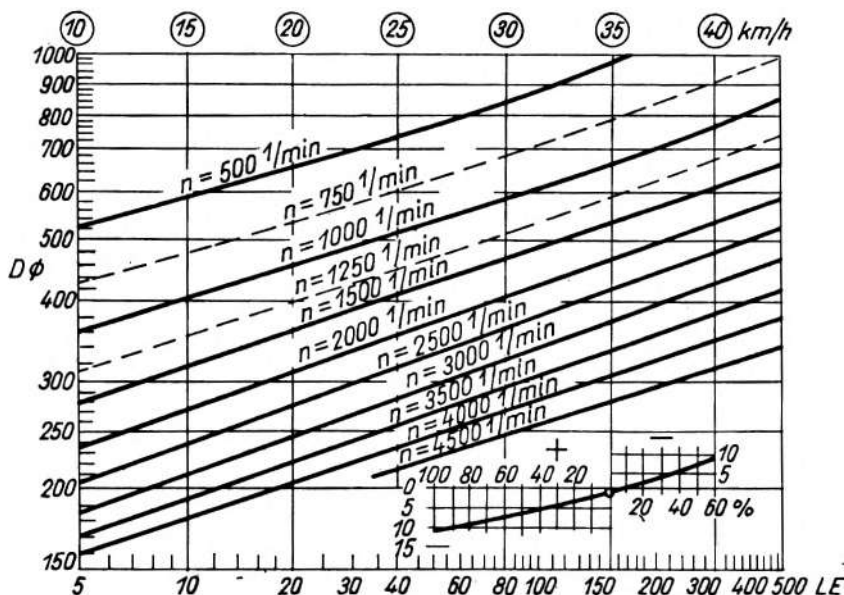
Kis motorteljesítmény, kis fordulatszám és nagy hajósebesség adja a jó hajócsavar-hatásfokot. A maximálisan elérhető hatásfok 75%. A kishajóknál a gyakorlatban általában 60%-os hatásfokkal meg kell elégednünk.

f) A hajócsavar fő méreteinek közelítő meghatározása

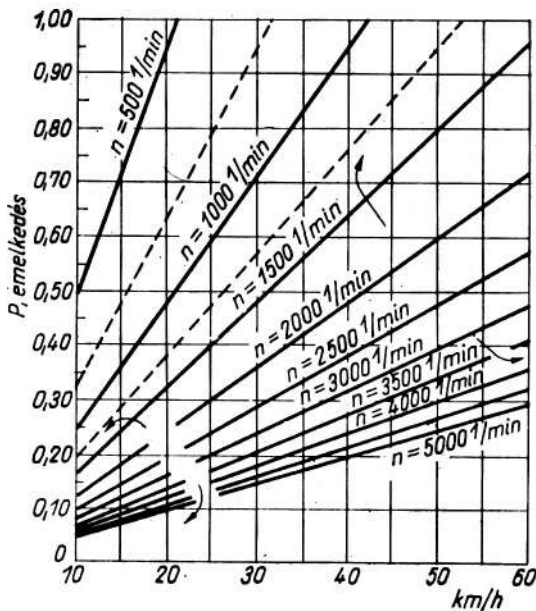
Előzetes tervezéshez gyakran szükséges a *hajócsavar-átmérő* és *emelkedés* gyors közelítő *meghatározása*. Ehhez a 325. ábra diagramját használhatjuk, amelynek vízszintes tengelyén a motor teljesítményét, a függőleges tengelyen a csavar átmérőjét olvashatjuk le.

Példa. Legyen a hajócsavaron leadott teljesítmény 60 LE, a várható sebesség előzetes számítás alapján 36 km/h, a hajócsavar fordulatszáma pedig 2500 1/min. A diagramban 60 LE-nek 27 km/h alapsebesség felel meg, a számított sebesség tehát 33%-kal nagyobb, mint az alapsebesség. A 2500 1/min fordulatszámnak megfelel a diagramból 350 mm-es csavarátmérő. A diagram alján levő korrekcióradiogram bal oldalán azt látjuk, hogy a 33%-os sebességkülönbségnek 4%-os átmérőcsökkenés felel meg, ezért a 350 mm-es csavar helyett $350 - 14 = 336$ mm átmérőjű csavart veszünk. A kapott értékek háromszárnyú hajócsavarokra vonatkoznak, kétszárnyú csavarnál 3%-kal nagyobb, négyzárnyúnál 2,5%-kal kisebb átmérő választandó.

Az *emelkedés pontos meghatározása* csak a várható slip és a hajósodor tényező ismeretében lehetséges. Közelítő — tehát nem pontos — meghatáro-



325. ábra. Diagram a csavarátmérő megközelítő meghatározására



326. ábra. Diagram a csavar emelkedésének közelítő meghatározására

zására a 326. ábra diagramját használhatjuk, amelyet 30%-os slipértékre dolgoztak ki. A diagram vízszintes tengelyén a várható sebesség, a függőlegesen az emelkedés található.

Példa. Határozzuk meg egy csavar emelkedését, ha a hajó várható sebessége 30 km/h, fordulatszáma pedig 2500 1/min. Ennek a diagram alapján megfelel 0,29 m emelkedés.

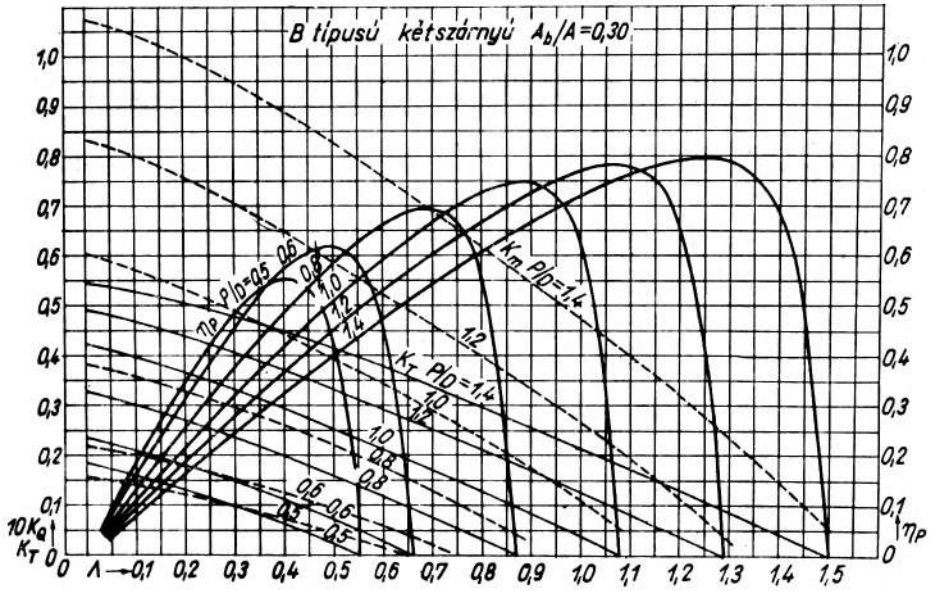
g) A hajócsavar fő méreteinek meghatározása csavarsorozatok mérési eredményei alapján

A hajócsavar fő méreteinek pontosabb meghatározására csavarmodell-sorozatok kísérleti mérési eredményeit használjuk. A különböző hajókísérleti intézetek e célra csavarsorozatokat terveztek és kísérletileg is kipróbáltak. A legkorszerűbb e téren a holland *Wageningen Tank* hajókísérleti intézet csavarsorozata, amely elsősorban kereskedelmi hajók céljaira készült, de kishajókon is jól alkalmazható. A mérési eredményeket kilenc diagramban tették közzé, amelyek közül kettőt, a 327. és 328. ábrákon láthatunk. Az első diagram kétszárnyú, 0,3 felületviszonyú, a másik háromszárnyú, 0,5 felületviszonyú hajócsavar diagramja.

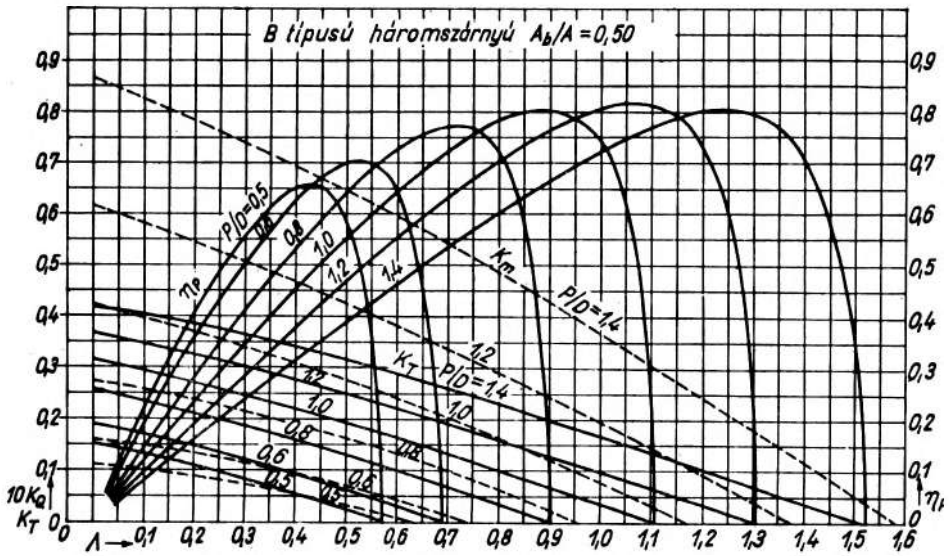
Első feladat a hajótest ellenállásának meghatározása a kívánt üzemi sebességen. Ha ezt számítással vagy méréssel meghatároztuk (W), akkor megállapíthatjuk a hajócsavar által kifejtendő T tolóerőt:

$$T = \frac{W}{i(1-t)},$$

ahol i a hajón alkalmazott hajócsavarok száma;
 t szívási tényező, értéke kishajóknál 0,01...0,08.



327. ábra. B2-30 típusú csavar diagramja



328. ábra. B3-50 típusú csavar diagramja

Ezzel a tolóerővel megvalósítható fordulatszám (n , 1/s) és a D_m csavar-
átmérő felvételével egy *tolótényezőt*:

$$K_t = \frac{T}{102n^2 D^4},$$

és egy *sebességi tényezőt*

$$J = \frac{v_a}{nD}$$

képzünk.

A 327. ábrán látható diagramban a két érték által meghatározott pont-
nak a két szomszédos folyamatosan kihúzott görbéhez való helyzete megadja
a megvalósítandó *emelkedési viszonyt* (P/D).

A vízszintes tengelyen felmért J pont függőlegesen megkeressük a meg-
felelő emelkedésű K_Q értéket is, amit a függőleges tengelyen leolvassunk. Ebből
a szükséges teljesítmény a hajócsavar tengelyén:

$$N = 8,55n^3 D^5 K_Q \quad \text{LE.}$$

Ezt a számítást különböző elérhető fordulatszámok és átmérők felvételé-
vel megismételve különböző teljesítményeket kapunk, s így a legkisebb telje-
sítményt adó optimális adatokat meghatározhatjuk.

Sok esetben nem áll módunkban a hajótest ellenállásának meghatározása,
ekkor a 329. ábrán látható diagram segítségével határozhatjuk meg hajónk
tengelyteljesítmény-igényét. A diagramon alkalmazott betűjelek jelentése:

g nehézségi gyorsulás, 9,81 m/s²;

G vízkiszorítás, kp;

v haladási sebesség, m/s;

L a hajó vízvonalhossza, m;

y teljesítménytényező, amelyből a *tengelyteljesítmény*:

$$N_a = y \frac{Gv}{75} \quad \text{LE.}$$

Ennek alapján választott N motorteljesítménnyel (LE) megadott fordulat-
szám és D_m hajócsavar-átmérő felvételével $K_Q = \frac{N^r}{8,55n^3 D^5}$ nyomatóktényezőt és

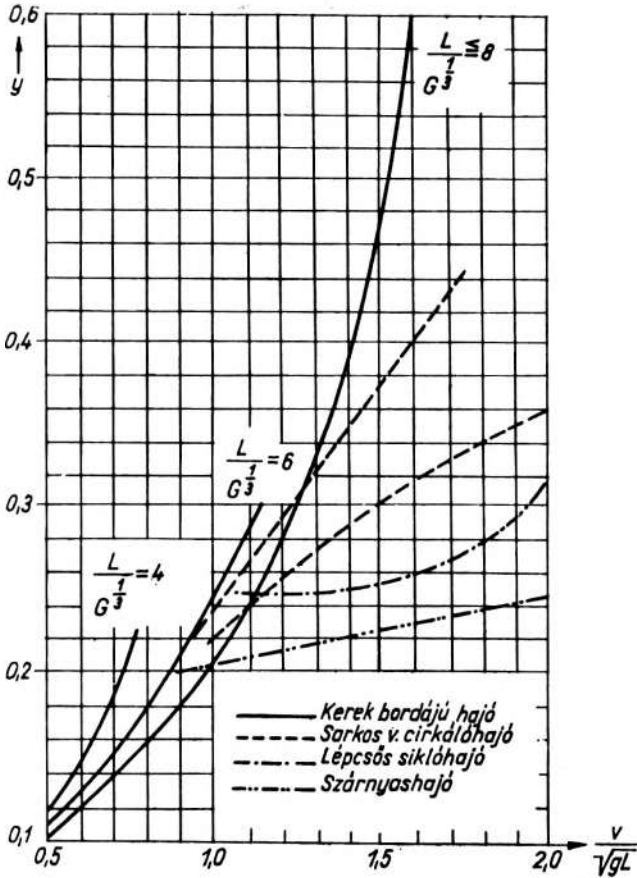
$J = \frac{v_a}{nD}$ sebességi tényezőt képzünk.

Az előzőkben ismertetetthez hasonlóan a 327. ábrán látható diagramban
a két tényező által meghatározott pontnak most a két szomszédos szaggatott
görbéhez való helyzetéből meghatározhatjuk a szükséges emelkedési viszonyt,
majd a J függőlegesen megkeressük azt a pontot, mely a folyamatosan kihú-
zott, megfelelő emelkedésű vonalak között hasonló helyzetben van (azonos
emelkedés) és az ahhoz tartozó K_T értéket a függőleges tengelyen leolvassuk
hatjuk.

A *csavar tolóereje*: $T = 102n^2 D^4 K_T$ értékű lesz.

Számításainkat különböző megvalósítható fordulatszámokkal és átmé-
rőkkel ismételve a legnagyobb tolóerőt biztosító adatok adják az optimális
fordulatszám- és átmérőértékeket.

329. ábra. Kishajók teljesítményszükséglete



A hajócsavar számításakor nem a hajósebességgel számolunk, hanem a számítás alapja mindig a hajócsavar közepes haladási sebessége a hajósodrommezőben, azaz a relatív sebesség, amelyet megkapunk, ha a hajósebességből levonjuk a hajósodort: $v_a = v(1 - w)$.

Példa. Számítsuk ki pl. egy $G = 300$ kp vízkiszorítású, $L = 4,8$ m vízvonalhosszú síklómotoros hajó teljesítményszükségletét és hajócsavarjainak adatait. A hajó maximális sebessége legyen 40 km/h, azaz 11,1 m/s.

$$\text{A hajó Froude-száma: } \frac{v}{\sqrt{gL}} = \frac{11,1}{\sqrt{9,81 \cdot 4,8}} = 1,62.$$

A teljesítményszükséglet a diagramból $y = 0,402$, a tengelyteljesítmény tehát:

$$N_a = y \frac{Gv}{75} = 0,402 \frac{300 \cdot 11,1}{75} = 17,7 \text{ LE.}$$

A veszteségek figyelembevételével az effektív teljesítményszükséglet $N_a = 19$ LE.

Háromszárnyú B 3–50 típusú, $A_b/A = 0,50$ felületviszonyú és $D = 0,30$ m átmérőjű csavart választva, a csavar emelkedését a 328. ábra diagramjának segítségével az alábbiak szerint határozzuk meg:

Legyen a motor fordulatszáma 2400 1/min, azaz 40 1/s, akkor

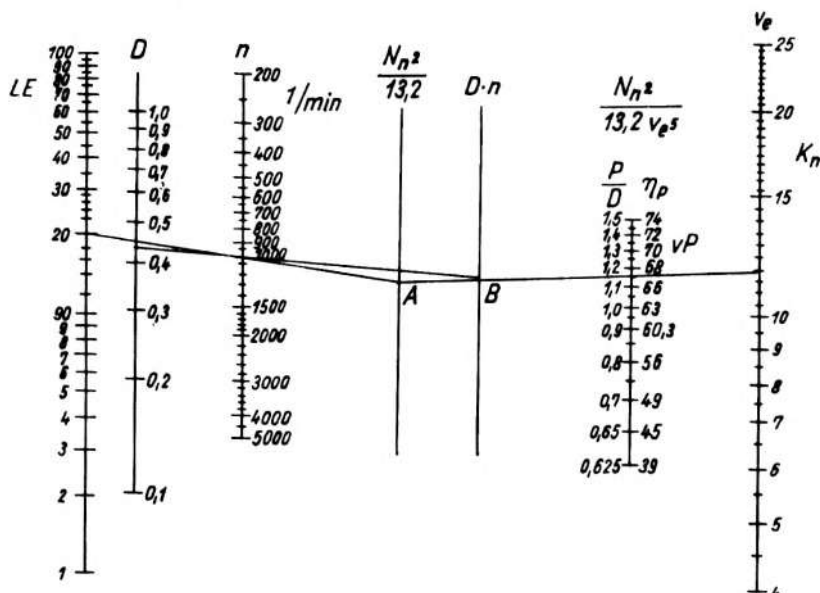
$$K_Q = \frac{N}{8,55n^2D^5} = \frac{19}{8,55 \cdot 40^2 \cdot 0,3^5} = 0,0144.$$

Ha a hajósodor tényező $w=0,05$, akkor

$$v_a = v(1-w)10,3 \text{ m/s}$$

$$\text{és } J = \frac{v_a}{nD} = \frac{10,4}{40 \cdot 0,3} = 0,870.$$

K_Q és J értékeiből a 327. diagramon $P/D=0,93$ és a csavar emelkedése $P=0,93D=0,279=0,28 \text{ m}$.



330. ábra. Nomogram a hajócsavar fő méreteinek gyors meghatározására

Durva megközelítéssel háromszárnyú, 0,50 felületviszonyú csavarokra a 330. ábra nomogramja szerint határozhatjuk meg a hajócsavar átmérőjét és emelkedését.

A nomogramon pl. az $N=20$ LE-n és $n=1000$ 1/min-on keresztülfektetett egyenes megadja az A pontot. Az A -n és $v_e=12$ csomón (20 km/h=12 csomó) keresztül $P/D=1,16$ $\eta_p=67,2$ -t és a B pontot metszi ki. A B -n és $n=1000$ -en keresztül húzott egyenes kimetszi a $D=0,435$ -öt. A $P/D=1,16$ -ból pedig $P=1,16D=0,505 \text{ m}$.

h) Kavitáció

Azt a jelenséget, amikor a hajócsavar környezetében a vízben levő nyomás értéke az adott hőmérséklethez tartozó telített vízgőz nyomására csökken és ott gőzbuborékok keletkeznek, *kavitációnak* nevezzük. Ezek a buborékok a környezetükben csökkentik a víz sűrűségét, így a hajócsavar nem a tervezés-

nek megfelelően viselkedik. A gőzképződéshez energia szükséges, mely nagymértékű kavitáció esetén jelentős lehet. Ugyanakkor veszélyessé válható rongálódások keletkeznek, ha a gőzbuborékok valahol a csavarszárny vagy a kormánylapát felületén omlanak össze. Erős kavitáció hatására szivacsossá válhat a hajócsavar felülete.

A nyomáscsökkenés a hajócsavar szívott, azaz hátoldalán jelentkezhet. A kavitáció veszélye annál nagyobb, minél kisebb csavarral akarunk elérni egy bizonyos tolóerőt, mert annál nagyobb nyomáskülönbségeket kell létrehozunk a hajócsavar két oldala között. A kavitációt előidézhetik ezenkívül a *nem megfelelő állásszög* vagy a helytelenül kialakított belépőél esetén keletkező leválások okozta *örvények*. Összefoglalva, a *kavitációt előidéző tényezők*:

1. a szárnyfelület egységére eső nagy fajlagos terhelés;
2. nagy fordulatszám, ill. kerületi sebesség;
3. kis merülés;
4. túl nagy emelkedés;
5. a csavarszárnyak durva felülete;
6. nagy szárnyvastagsági viszony.

A hajócsavar szárnyai *hajlításra* vannak igénybevéve. Rézötvezetű csavarkörnél a szárny vastagsága az agynál $0,04D$ értékűre választható. Ezt a vastagságot a szárny csúcsáig fokozatosan csökkentjük az önthetőség szempontjából szükséges minimális vastagságig.

i) A hajócsavar rajza

A hajócsavar rajzának elkészítésekor általában a *csavarszárny nyújtott felületéből* indulunk ki, amelynek megszerkesztésére először az *egyes szárny-metszetek hosszát* határozzuk meg. A kiindulási alap az $r_6 = 0,6D/2$ sugarú körön levő szárnymetszet hossza, amely az említett holland csavarsorozatnál

$$\text{három szárny alkalmazása esetén: } l_6 = 0,74 \frac{A_D}{A} D,$$

$$\text{két szárny alkalmazása esetén: } l_6 = 1,10 \frac{A_D}{A} D.$$

Az A_D/A viszonyszám a hajócsavar ún. *nyújtott felület viszonya* (a csavarszárnyak nyújtott felületének viszonya a csavarkör felületéhez).

A további 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; $0,9D/2$ sugarakon elhelyezett metszetek hossz méreteit a megállapított l_6 százalékában a 25. táblázat tartalmazza.

Ezután meghatározzuk az egyes sugarakon levő metszetek φ *beállítási szögét*:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P/D}{x\pi},$$

ahol $x = \frac{r}{D/2}$ (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 0,9).

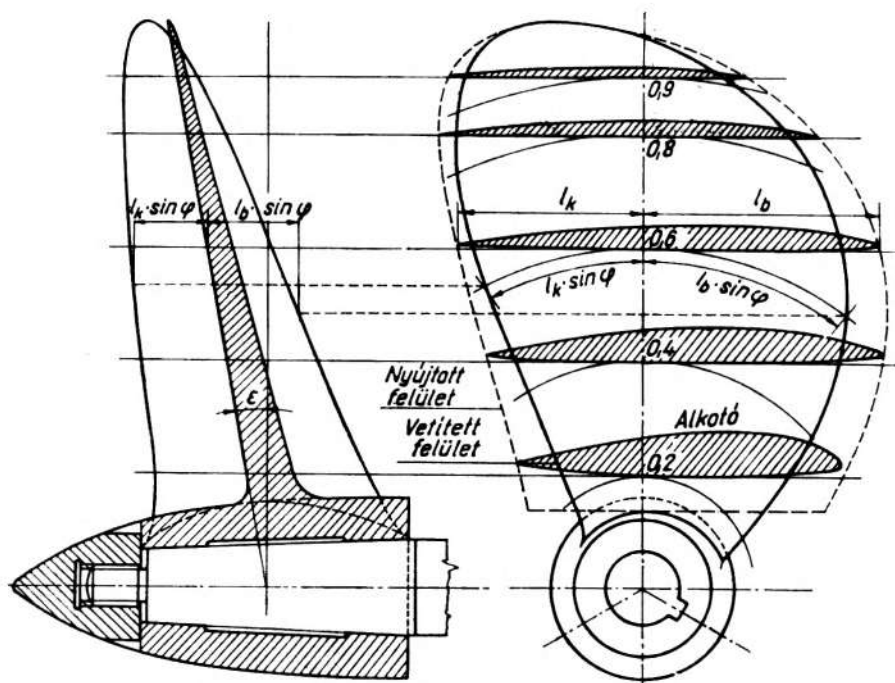
A 331. ábra szerint a vízszintesen berajzolt tengelyközépvonallal párhuzamosan, az adott r sugárnak megfelelő távolságokban párhuzamosakat húzunk. Most a középvonaltól (alkotótól) a jobbra forgó csavarnál jobbra (balra forgónál balra) felmérjük az l_b , az ellenkező oldalra az l_k értékeit. A végpontokat szaggatott vonallal és alul meghosszabbítjuk az agy középmérvőjével húzott érintő egyenesig. Az így körülzárt terület egy *csavarszárny nyújtott felülete* (A_D).

25. táblázat

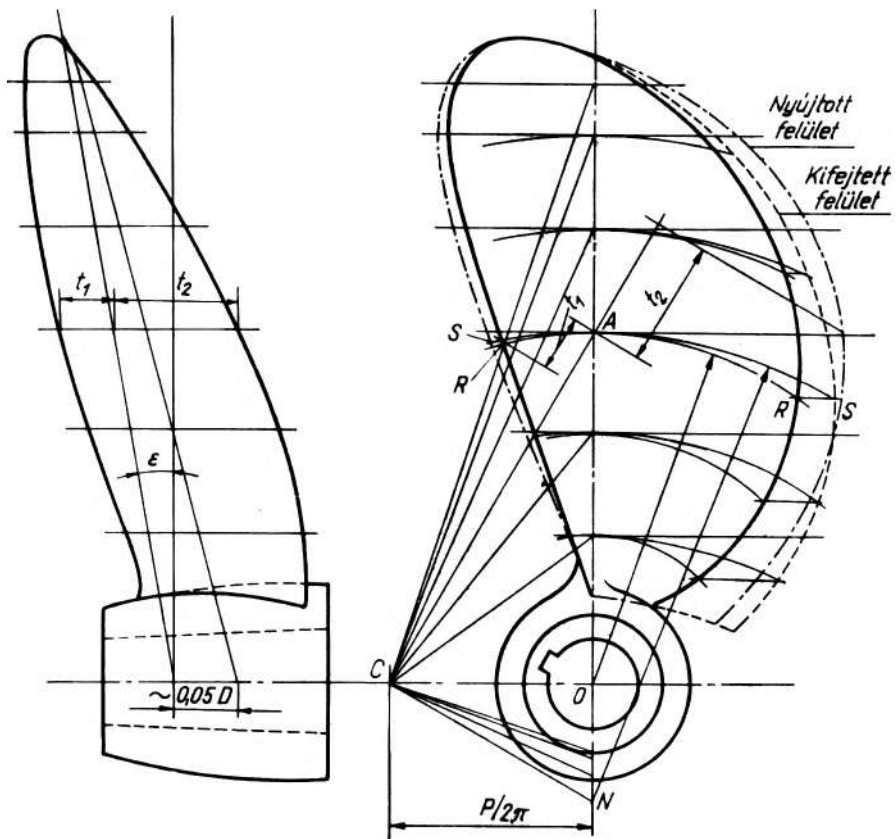
B3–50 hajócsavar nyújtott szárny-körvonal méretei

$r/D/2$	l	l_b	l_k	l_m
0,2	76	47	29	27
0,4	94	57	37	33
0,6	100	56	44	39
0,8	90	42	48	43
0,9	72	25	47	36

Ezután a középpontból koncentrikus köröket húzunk, s e körívekre az alkotótól jobbra és balra hajlítható mérőléccel felmérjük az $l_b \cos \varphi$ és $l_k \cos \varphi$ értékeket. Az így kapott pontok a szárnymetszetek végpontjai, amelyeknek összekötése a csavar tengelyirányú vetületének körvonala.



331. ábra. A hajócsavar rajza



332. ábra. A hajócsavar *Holst*-féle szerkesztése

B3—50 típusú csavarszárny-szelvények méretei

$r/D/2$	Maximális vastagságtól a kilépő élig, %				
	100	80	60	40	20
A hátoldal ordinátái a					
0,9	—	45,15	70,00	87,00	97,00
0,8	—	40,95	67,80	85,30	96,70
0,6	—	40,20	67,15	85,40	96,80
0,4	—	47,70	70,25	86,55	97,00
0,2	—	53,35	72,65	86,90	96,45
A tolóoldal ordinátái a					
0,6	5,10	—	—	—	—
0,4	17,85	6,20	1,50	—	—
0,2	30,00	18,20	10,90	5,45	1,55

A szárnykörvonal oldalnézetének megrajzolásakor kijelöljük az alkotó vonalát, amely $\varepsilon = 0 \dots 15^\circ$ -kal hátrahajlik a függőlegestől. Az egyes sugarakhoz tartozó vízszintesekre az alkotótól jobbra felmérjük az $l_b \sin \varphi$, balra pedig az $l_k \sin \varphi$ távolságokat. Az így kapott pontokat levetítjük a jobb oldali képen meghatározott szárnymetszet-végpontokból húzott vízszintesekre. Az így adódó metszéspontok adják a szárny oldalnézetének körvonalát.

Ha a csavar megrajzolásakor a szárny vetített felületéből indulunk ki, a Holst-féle szerkesztést használhatjuk (332. ábra). A csavar középpontjából több koncentrikus kört rajzolunk, amelyek a szárnyból egy-egy szelvényt metszenek ki. E köröknek a középvonallal való metszéspontjaihoz a C pontból — amely a középponttól $P/2\pi$ távolságra van — egyeneseket húzunk, s ezekre ugyancsak a C pontból merőlegeseket állítunk, amelyek kimetszik a tengelyvonalon az N pontokat. Az N pontból az A ponton keresztül körívet húzunk, majd az előbbi koncentrikus körnek a hajócsavar körvonalával való R metszéspontjából vízszintest húzva, ez kimetszi a köríven az S pontot, amely a kifejtett felület körvonalának egy pontja.

A nyújtott felület egy pontját úgy kapjuk meg, hogy az A pontból húzott vízszintesre rámérjük az \overline{AS} távolságot. Az így kapott pontokat összekötve, kapjuk a *nyújtott felület körvonalát*, amelybe a szárnymetszeteket berajzolhatjuk.

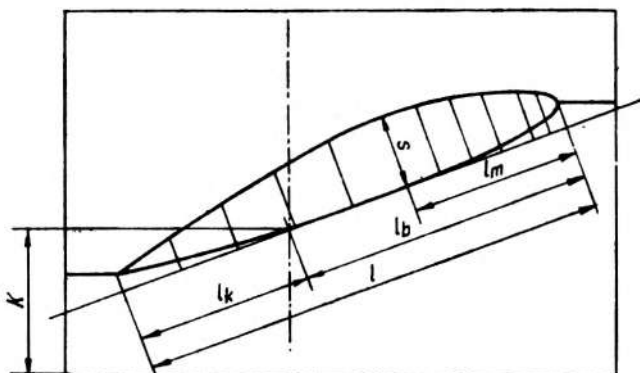
A csavar másik képét az alkotó és szárnyközépmetszet megrajzolásával kezdjük. A szárnyak kontúrgörbéjét úgy kapjuk, hogy a \overline{CA} egyenesekre merőlegesen átvetítjük a szárnymetszet legszélső (T) pontjait, majd az így kimetszett t_1 és t_2 távolságokat rámérjük az oldalnézet megfelelő vízszintesekre.

A Holst-féle csavarábrázolási mód közelítő eljárás, a nagy terhelésű, széles szárnyú csavarok esetén nem használható.

Sablonok. A csavar gyártásához az egyes szárnymetszetek sablonjait el kell készítenünk (333. ábra). E célból lágy fémlemez közepén annak alsó élére merőlegest húzunk. A lemezre $K = C - r \operatorname{tg} \varepsilon$ magasságban a vízszintessel

26. táblázat

$r/D/2$	Maximális vastagságtól a belépő élig, %						
	20	40	60	80	90	95	100
maximális vastagság %-ában							
0,9	97,00	87,00	70,00	45,15	30,10	22,00	—
0,8	97,00	85,30	68,70	47,25	31,65	22,45	—
0,6	98,10	89,35	73,55	51,65	34,85	25,30	—
0,4	97,50	90,40	78,35	61,60	48,75	40,75	—
0,2	98,15	92,45	62,35	67,45	57,20	50,65	—
maximális vastagság %-ában							
0,6	—	—	—	—	0,50	1,95	10,25
0,4	—	0,30	1,75	5,90	9,90	13,45	24,35
0,2	0,45	2,80	7,40	15,50	21,65	25,95	36,75



333. ábra. A szárnymetszet sablonja

φ szöggel — a metszet beállítási szögével — hajló egyenest húzunk. C értéke tetszőleges lehet, de legyen nagyobb a csavaragy hosszának felénél.

Erre az egyenesre felmérjük a metszetre jellemző hosszakat (l , l_b , l_k , l_m). Ezután a szárnymetszet maximális vastagsági helyétől a belépő és kilépő él felé eső távolságokat öt-öt egyenlő részre osztjuk. A belépő él felé eső utolsó szakaszt felezzük, majd az így nyert utolsó félszakaszt ismét felezzük. Így megjelöltük a szárnyrész hosszának 20, 40, 60, 80, 90 és 95%-ú helyeit.

A kijelölt helyeken a φ szöggel hajló egyenesre merőleges rendezőket húzunk és azokra felmérjük a hátoldal és tolóoldal pontjainak a 26. táblázatban leolvasható rendezőit. A rendezők nagyságát a táblázat a legnagyobb vastagság százalékában adja meg. A tolóoldali értékek egyes helyeken hiányoznak, itt a tolóoldal a φ hajlásszögű egyenessel egybeesik. A nyert pontokat folytonos vonallal összekötve megkapjuk a csavar szárny nyújtott metszetét.

A lemezt ezután a metszet két végpontján áthaladó egyenes mentén kettévágjuk és a metszet körvonalát kivágjuk. Így a szárnymetszet két félből álló *negatív sablonjához* jutunk, amelyet a metszet helyének megfelelő sugárra hajlítunk. Az egyes *szárnymetszet-sablonokat* alsó élükkel egy lemezre erősítve kapjuk a minta elkészítéséhez vagy az öntvény ellenőrzésére alkalmas sablont.

Irodalomjegyzék

- Andersson*: On planing boats. Göteborg, Elander, 1959.
- Baader*: Segelsport, Segeltechnik, Segelyachtbau Bielefeld, Delius-Klasing, 1967.
- Baader*: Schnelle Motorboote. Bielefeld, Delius-Klasing, 1969.
- Balogh—Vikár*: A hajók elmélete. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1955.
- Benedek*: Hajócsavarok üzemi jellemzői. Budapest, Felsőoktatási Jegyzetellátó, 1961.
- Beale*: Glass reinforced plastics. Little-Green, 1962.
- Bowman*: Outbord boating handbook. New York, Arco, 1956.
- Eichler*: Yacht und Bootsbau. Bielefeld, Delius-Klasing, 1963.
- Empacher*: Der Bau von Kunststoff Booten. Bielefeld, Delius-Klasing, 1964.
- Germanischer Lloyd: Vorschriften für den Bau und Klassifikation von Yachten, 1972.
- Henschke*: Schiffbautechnisches Handbuch. Berlin, Fachbuchverlag, 1964.
- Howard-Williams*: Das Segel. Bielefeld, Delius-Klasing, 1969.
- Krujckov*: Vitorlázó katamaránok. Leningrád, Szudosztroenie, 1963.
- Laborie*: La construction de bateau en bois collé. Paris, 1952.
- Phillips—Birt*: The naval architecture of small craft. London, Hutchinson, 1957.
- Reher*: Bootsbau mit Glasharz. Hamburg, Joachim-Schult Verlag, 1963.
- Schaller*: Taschenbuch für Schiffbauer. Berlin, Richard C. Schmidt, 1960.
- Shektar*: Standars Handbook of pleasure boats. New York, Crowell, 1959.
- Sturtzel*: Systematische Untersuchungen vom Kleinschiffsformen, Köln, West-deutsch. Verlag, 1963.
- Tavasz*: Folyami és tengeri hajók építése és szerkesztése. Budapest, Tankönyvkiadó, 1953.
- Teale*: Small boat design and construction. London, Temple, 1964.
- Tiller*: Yachtbau. Berlin, Richard C. Schmidt, 1938.
- Tiller*: Kanubau und Segeln Berlin, Richard C. Schmidt 1937.
- Voss*: Fiberglasboote im Selbstbau. Holstein, Klaus-Voss 1965.
- Die Yacht. Bielefeld-Berlin, Delius-Klasing, 1955—1973.

Tárgymutató

A, Á

- ablak kiképzése 213
- acél tulajdonságai 102
 - anyagok hajóépítéshez 171
 - hajók építése 171
 - hajók felületkezelése 219
 - kötelek tulajdonságai 106
 - szerkezetű hajók alkatrészeinek méretei 172
 - szilárdsági jellemzői 186
- adalekok poliészterhez 187
- aerodinamika, vitorlás 254
- afrikai körte (makoré) fa tulajdonságai 101
- akácfa tulajdonságai 100
- alakellenállás 40
- aljazott palánkok 157
 - sarokléc elkészítése 133
- általános elrendezési rajz 84
- alumínium tulajdonságai 103
 - ötvözetek 178
 - szegecsek 180
- anyagok fajsúlya 31
- áramvonalazás célja 46
- árbc beerősítése 216
 - elhelyezése 85
 - és szerelvényei 288, 292
 - méretezése és anyaga 290
 - merekítők (Saaling) 289
- Arkhimédész-törvénye 11
- árokcsapos palánkok 157

B

- ballaszt helyének meghatározása 14
 - megoldások 277
 - nélküli uszonyos hajók (jolle) 247
- beépített motoros hajtás 306, 320, 327
- beeresztéses csapozás 110
- belső gerinc 167
- belvízi vitorláshajók 276
- blokkmodell szerepe 151
- bókonylemez 168, 170

- borda hegesztése 177
 - idomok kihajlítása 169
 - készítése 118, 224
- bordametszet 17
 - görbe 26, 63
 - szerkesztése 91
 - területe 23
- borda összeerősítése 132
 - végek beerősítése 125
- bordázás 146
- borítóvászon 158
- borovi fenyő tulajdonságai 100
- búvólyuk 163
- bükkfa tulajdonságai 100

C, CS

- cat vitorla 249
- cedrela fa tulajdonságai 101
- cirkáló 269, 270, 272, 284, 286, 317, 319, 329
- csavarok 104
- csellengés, hajóé 39

D

- deplacement (vízkiszorítás) 11
 - teltsége 18
- derivációs szög 55
- diagonál-karvel építési mód 148
- diagonál-palánkozás 147
- dinamikus stabilitás 35
- Dingi vonalrajza 27
- dörzsléc 129, 159
 - javítása 224
- drótkötelek adatai 106
- dugarolás 144
- egészségügyi berendezések beépítése 326
- egyres evezős versenycsónak 239
 - versenykajak 245
- egypárevezős csónak 228, 231
- elektrolitikus korrózió 181

ellenállás, hajótesté 40, 46
- -görbe, hajóé 48
elrendezési rajz 84
erdei fenyő tulajdonságai 100
erők kiegyensúlyozása 12
építés, kishajóké 95
- -i mód, hajótesté 130
épített bordák 121
építőanyagok 95
építóbordák 122
építőgerenda 130
epoxigyanta 187
epoxiragasztó 108
evezők méretezése és készítése 241
evezős gig bordametszete 232, 236
evezőcsónak 227, 237
- kormány 243

F

faalkatrészek hajlítása 11
faanyagok 95
fa betegségei 99
- csavarok 104
- dagadása 96
- -fajták 99
- fizikai és szilárdsági jellemzője 98
- gesztje 97
fahajók bevonása poliészterrel 220
- építése 109
- felületkezelése 218
fa három főiránya 97
- -hibák 99
- higroszkopikus egyensúlya 96
fajsúly, különböző anyagoké 31
fa kifáradása 99
- -modell 198
- nedvességtartalma 96
- szijáca 97
- szilárdsága 97
- zsugorodása 96
farhullám 43
farmoteros hajók 310, 311, 313
- hajtás 307, 310, 311, 312
farnéhez hajók 33
fartőke 168
fedélzet alakja 156
- anyaga 157
- -i bordák anyaga 156
- -i bordák készítése 126
- -i bordák megszerkesztése 82, 84
- -i palánkok felerősítése 157
- javítása 225
- készítése 156
- kialakítása 212
- , lécezett 158
- merevítése 208
- -vásznon megerősítése 157
- -vonal torzított rajza 82
felépítmény (kajüt) oldalfala 159
felhajtóerő 11, 54, 89, 299
felületi bevonatok 218

felületi bevonatok hibái 220
felülvilágítók 163, 214
fém építőanyagok 102
- -forma műanyaghajókhoz 199
- hajók építése 166
- hajók váza 167
fenék alakjának meghatározása 79
- hajlás, motoros hajóé 295
- kimerevítése 211
- -merevítő beszabása és beerősítése 143
- -merevítő cseréje 224
- -merevítő készítése 123
fenolragasztó 108
ferde metszet szerkesztése 72
- tükör szerkesztése 93
festés, hajóké 222
fesztítő kötélzet vitorlásnál 288, 289
finn dinghi 266
fogyóanyagok korrózióvédelem 181
folyami csónakok evezői 242
- evezőcsónakok 227, 231
fordítónyomaték, kormánylapáté 55
fordulási kör átmérője 57
forma műanyaghajókhoz 199
- nélküli építés, szendvicsszerkezetű hajóé 195
formára hajlítás, faalkatrészeké 112
formázás pozitív magra 194
főbordametszet 18, 63, 68
fő méretek, hajótesté 17
francia palánkozási rendszer 145
Froude-szám 46, 48
furnérok illesztése 152
- -ból ragasztott külháj 151
függő könyökök 127
függőleges metszet szerkesztése 71

G, Gy

gémes (gaffos) vitorla 248
gerendagerinc 114, 167
gerincaljázás vonalának átmásolása 136
gerinc behelyezése 132
- felállítási terv 88
- javítása 222
- készítése 114
- kialakítása 210
- -merevítő készítése 123
gipszmodell 198
gombásodás megakadályozása 134, 220
gőzöléses hajlítás, faalkatrészeké 112
gyanta edényideje 186

H

habléc 159
hajlítás, faalkatrészeké 111
hajlított bordák 122
- - beépítése 142
- javítása 224

hajócsavar 331, 333, 336–343, 344–348
 hajó eleje 64
 – ellenállásainak változása 46
 – ellenállás görbéje 48
 – -far kiképzése 61, 66
 – -fenék felületkezelése 218
 – -geometriai és súlyszámítások 22
 – -gerinc illesztése 109
 – hátulja 64
 – közepe 63
 – -motor 305
 – orr-részének kiképzése 61
 – -sebesség és hullámhossz összefüggése 59
 – -sodor 40
 – -sodor tényező 334, 336
 – szélének befedése 126
 – -szerkesztés elvei 11, 70
 – -tér 165
 – -tervezés 67
 – -váz 133
 hajótest ábrázolása 20
 – alakja, fő méretei, arányai 17
 – ellenállásai 40
 – építési módja 130
 – geometriája 11
 – igénybevételei 88
 – korróziója 181
 – metszősíkjai 20
 – oldalának szerkesztése 79
 – stabilitása 35
 – súlya 29, 68
 – teltségi foka 18
 – úszási helyzete 33
 hajótükör kiképzése 215
 hajtások összehasonlítása 306
 haladás, mint menetállapot 49
 halászesónak 227, 230
 hálózat megrajzolása 70
 háromgerinces siklóhajó 316
 háromszög súlypontja 16
 hasábos teltség 18
 hegesztés 175
 – -varrat 176
 hegesztett bordák 169
 hengeres teltség 18
 horgászesónak 228
 horgonyok tulajdonságai 107
 horizontális könyökök 127
 hosszbordák beillesztése 135
 hosszbordás hajótest építése 131
 hossz-élességi fok 19
 hosszmerevítő beépítése 124, 132, 144
 hullám a hajótest mentén 43
 – -állóság 39
 – -hossza 43
 – -hossz és hajósebesség összefüggése 59
 – -hoz való hozzáigazítás 58
 – -képző ellenállás 42, 45
 – -képződés különböző *Froude*-számok-nál 50
 – magassága 43

I

ikerépítőgerenda 131
 indián (kanadai) kenu 245
 internacionális versenyhajók 282
 iránystabilitás 53
 irányváltók, beépített motoros hajókon 309
 ívelt tükör szerkesztése 94
 ívhegesztés 175, 177, 180

J

javítási munkák fahajókon 222
 jawl, ketsch és schooner kétárbócos vitorla 249
 jegenyefenyő tulajdonságai 100
 jolle, 470-es 267

K

kajak 227, 244
 – -lapát 247
 kajüt ablaka 163
 – -ajtók 160, 162
 – -fal sarka 160
 – keresztmetszete 86
 – -oldal elhelyezése 129
 – oldalfala 169
 – -tető 160, 217
 – -válaszfal 162
 kanadai lucfenyő tulajdonságai 100
 karbamid-formaldehid-ragasztó 108
 karbantartás és javítás kishajókon 221
 karwel-palánk cseréje 223
 karwel-palánkozás 144
 katamarán vitorlás 287
 kavitáció-jelenség 343
 kenderkötél tulajdonságai 107
 kenu 227, 244, 246
 kenulapát 247
 kerek borda 121
 – bordájú hajó vonalrajza 73
 – – tókesúlyos hajók 282
 – bordametszetű motoros hajó 294, 296
 – – uszonyos vitorlášhajók 264, 265, 271, 282
 – bordázatú, beépített motoros hajó 327
 keretbordák 169
 kétballsztos, sarkos vitorlás hajó 280
 kétpárevezős palánkos túracsonak 231, 233
 kétsarokéles hajótest vonalrajza 76, 78
 kezdeti stabilitás 37, 60
 kézi felrakóeljárás műanyag hajó esetén 191
 kielboot 231
 kiegyensúlyozás, erőké 12
 kiegyensúlyozott kormánylapát 56
 kikeményedési idő, műgyantáé 186

kishajók építése 95
 – fogalma 5
 – könnyűfémből 178
 klinker-palánkozás 138
 kompozit építési mód 155
 kormány alakja 56
 – -berendezés motoros hajókon 324
 – , folyami evezős csónaké 243
 – hatásfoka 56
 – -lapát-felület, szükséges 57
 – -lapát fordítónyomatéka 55
 – -lapát helye 57
 – működése 54
 – -os nélküli kettős versenyhajó 239
 – -tengely 56
 – , tökesúlyos vitorláshajóé 278
 – , uszonyos hajóké 261
 – -vezeték, farmotoros hajóké 312
 kormányzás 54, 312
 korrózió, hajótesté 181
 – -védelem, hajótesté 181
 könnyűfémek 103
 – alakítása 178
 – szilárdsági jellemzői 186
 könnyűfém hajók felületkezelése 219
 – – hegesztése 180
 – – szegecselése 180
 – kishajók 178
 kör, körcikkk, körszelet súlypontja 17
 kőrisfa 100
 kötelek tulajdonságai 107
 kritikus sebesség 60
 – vízmélység 60
 kutter vitorla 249
 külháj és fedélzet összeerősítése 213
 – felülete 31
 – formára ragasztott és préselt furnér-
 ból 151
 – hegesztése 176
 – hosszbordázása hegesztéssel 179
 – javítása 224
 – lécekből 148
 – méretezése műanyaghajónál 202, 204
 – merevítése 179, 208
 – rétegeltlemezből 149
 – síkbafejtése 31
 – súlya 68
 – , szendvics építésű 194
 – szerelése 155
 – -vastagságok 153, 238
 külmotoros hajtás 307

L

lakkozás, hajóké 222
 laminálási hibák és okai 193
 laminát fajlagos szakítóterhelése 206
 – felépítése 190, 192
 – szilárdsági jellemzői és jóságai foka 203
 láncok tulajdonságai 107
 lánghegesztés 180
 laterális felület 53, 252
 – súlypont vitorláshajóknál 252

latin vitorla 248
 laposgerinc 114, 167
 lapos fenékű csónak vonalrajza 76
 lécek összeerősítése 148
 – szélessége 148
 – -ből épített külháj 148
 léces építés 148
 lécezett fedélzet 158
 légcsaváros hajtás 308
 légellenállás 46
 lemezes külhájú hajó 150
 lemezterv külhájhoz 166
 lépcsős fenék, siklóhajóké 301
 lucfenyő tulajdonságai 99
 lugger vitorla 248

M

maganyagok 188
 magas (*Bermuda*) vitorla 249
 mahagoni fa tulajdonságai 100
 manilakötél tulajdonságai 107
 manőverezési képesség 57
 maradék- vagy alakellenállás 40
 megdőlt vízvonal szerkesztése 72, 74
 melaminragasztó 108
 mélytengeri tökesúlyos hajó 277
 mentőcsónak 227
 meredek gémes (Huoari) vitorla 249
 mérettáblázat műhelyrajzhoz 90
 merev bordák 119
 merevítés, külhájé 208
 mértani idomok súlypontja 16
 merülőes beépített motoros hajó 320
 – hajó 298
 metacentrikus magasság 36
 metacentrum és stabilitás 35
 modellek előállítás 197
 moskító 263
 motoralap, motoros hajókon 321
 – műanyaghajókon 216
 motorcsónak rendszerű súlypontja 13
 – -ülés 311
 motorok száma és forgásiránya 308
 motoros hajó 294
 – – bordametszetei 295
 – farkiképzése 298
 – – hajtása 306
 – – külhájvastagsága 153
 – – -n a zaj elleni védelem 324
 – – -test kialakítása 294
 – vitorlás 330
 műanyag építőanyagok 103
 – forma, műanyag hajókhoz 199
 műanyaghajók építése 182
 – felületkezelése 219
 – javítása 225
 – méretezése 202
 – szerkezete 202
 műgyanta 185
 – -ragasztók 108
 műhelyrajz 90

N, Ny

natúrlakkozás 218
negatív szerszám 199
négyzetek súlypontja 16
neoprén alapanyagú ragasztók 108
nyílászkeret 159
– kiképzése 213
– -szegélyléc 128
nyílások kiképzése 214
nyomási középpont, vitorlái 252

O, Ö

okumé (Gabun) fesztfa 101
oldalviszony 53, 55
olympia jolle 264, 266
oregon (Douglas) fenyő tulajdonságai 100
orrhullám 43
orrnehéz hajó 33
orrtoke 167
– készítése 115
– műhelyrajza 92
önürítő kockpit 163
örvényképző ellenállás 45

P

pad kiképzése 165
padló kiképzése és alátámasztása 212
padozat kiképzése 163
palánk cseréje 223
– dugozása 147
– -sablón 145
– szegecselése és csavarozása 146
– toldása 145
palánkos evezőshajók 231, 235
palánkozás 68, 130, 135, 137, 140
pamutkötél tulajdonságai 107
peremléc 129
perlonkötél tulajdonságai 107
planiméteres területmérés 25
poliészter tulajdonságai 103
polimerizáció folyamata 185
polipropilén-kötél tulajdonságai 107
polisztirol hab 188
poliuretán habanyagok 188
– lakk 219
préselési idő 155
PV Ac ragasztó 108

R

R hajók 282
ragasztás, túlnyomásos 155
– -i szilárdság 108
ragasztóanyagok 108, 188
rajzpadlási munka 90

rálapolásos kötés 110
relatív sebességi fok 47
rendszer súlypont, hajóé 12
– meghatározása 32
repülő hollandi 268, 269
resorcinragasztó 108
részleges siklás állapota 51
rétegelt falemez 101
rétegeltlemez külháj javítása 224
– lamellált erősített 224
– -es építés 149
– -es külháj 137
rétegelve ragasztás, faalkatrészeké 112
rétegterv készítése 205, 207
részszegecsek 105
réztárcsák adatai 105
részelési mérték 121
részü lemérése a bordákon 134
– szöge 166
roving vázanyag 184
rudazat javítása 225

S

saját hullámképzés 58
sárkányhajók 282
sarkos bordák 119
– bordametszetű motoros hajó 294, 297
– építésű vitorláhajó 259, 264, 265, 279
– hajók vonalrajza 74, 76, 80
–, V bordametszetű tőkesúlyos vitorláhajó 279
sarokléc (klimmléc) elkészítése 132
Schärenkreuzer vonalrajza 276
sebesség meghatározása 303, 305
segédanyagok kishajók építéséhez 104
segéd-fenekvonal berajzolása 74
siklás 49, 52, 251, 299
siklőhajó 299, 301, 328
–, háromgerinces 316
–, három ponton futó 316
Simpson-szabály területszámításhoz 23
slip (csúszás) 333, 335
slop vitorla 249
sodródás, mint menetállapot 49, 252
soling típusú vitorlás 282
spruce (Sitka fenyő) tulajdonságai 100
stabilitás, hajótesté 35
– karja 35
– -számítás, Middendorf-féle eljárással 38
– terjedelme 37
– -i nyomaték 35, 37
statikus stabilitás 35
steppelt paplan vázanyag 184
súlypont, felületké, testké 12, 16
–, hajóé 30
súlyszámítás 22, 29
súrlódási ellenállás 40
süllyesztettfejű facsavarok 106

SZ

szabad oldalmagasság 39
szárnymetszet sablonja 348
szegecsek 104
— a palánkon 142
szegecseles 173
szegecselt bordák 168
— külháj lemezelése 173
szegecskötések 110, 174
szélró hatása a vitorlára 251
szélességi (haránt) stabilitás 37
szendvics építésű külháj 194
— szerkezet javítása 225
szerkezeti elemek acélhajók esetén 171
— rajz 84, 86
szerszámok (formák) előállítás mőanyag-hajókhoz 199
szilárdsági követelmények a hajótesttel szemben 88
szilfa tulajdonságai 100
szkiff 239
szóroljárás 197
szög (kötőelem) 104

T

támaszok 127
tárolás, hajóké 221
tartalék-felhajtóerő 39
tavi csónakok evezői 242
— evezőcsónak 227
teakfa tulajdonságai 101
teherbíróképesség 57
teljesítményszükséglet meghatározása 303
teljes siklás állapota 52
teltségi fok, hajótesté 17, 19
tengelyvezeték és tengelycsapágyazás motoros hajókon 322
terheléeloszlás 89
terhelési mérték 33
területmérés planiméterrel 25
területszámítás trapézsabállyal 22
tervezési munka 67
tixotrop anyagok 188
tolótető, kajüté 160
torzított vonalrajz készítése 81
tőkesúlyos fahajó 276
— hajó 247
— — palánkesereje 223
— — vonalrajza 72, 75
— vitorláhajó 275, 277
— — gerendagerince 115
— — kormány 278
tölgyfa tulajdonságai 100
töltőanyagok poliészterhez 187
trapéz súlypontja 16
— -szabály területszámításhoz 22
trimarán 287
trimmszámítás 33
tűnyomásos ragasztás 154

tűracsónak 231
tűrakajak 244
tűkör 168
— anyag 117
— készítése 116
— kiképzése 66
— kimerevítése 215

U

úszás esete 11
— -i helyzet meghatározása 33
uszony anyaga és méretei 258
uszonyos cirkálók 270, 271, 272
— hajók kormány 261
— vitorlás gerince 31
— vitorláhajók 257, 274
uszonysekreány 260
— helye 85
— javítása 222
— kialakítása 214
— magja 193
úszótest mechanikája 11

Ü

ülések és üléstartók készítése 125, 165, 212
üvegfátyol vázanyag 184
üvegyapot vázanyag 183
üvegpaplan vázanyag 184
üvegselyem vázanyag 183
— -szövet vázanyag 185
üvegszállal erősített poliészter 182, 186
üvegszállváz mőanyaghajók 183, 191, 201
— mőgyanta feldolgozása 189

V

vákuumformázás 196
válaszfalak 128
választóanyagok 188
vásznazott fedélzet 157
— — festése 218
vázanyagok 183
váz felállítás 130, 170
— — pontosságának ellenőrzése 140
verseny evezőcsónak 237, 238
— -kajak 244
— -kenu 246
— nyolcas 241
— palánkos csónak 232
vezető uszony a kormány előtt 57
viharállóság, hajótesté 39
vitorla aerodinamikája 254
— anyaga és szabása 255
— ellenállásai 254
— felhajtóereje 255
— görbülete 255

vitrola nagysága 255
— nyomási középpontja 252
— súlypontja 15
— -rúd átmérője 290
vitrolázás mechanikája 251
vitrolázattípusok 248
vitroláshajó 247
— külhéjvastagsága 153
— sebessége 249
— -test alakja 249
—, motoros 330
vízbe merült testre ható erők 12
víz kiszorítás 11
— -i görbék 38
— súlypontja 25, 28, 38
vízmentes teknő 129

víz sugarhajtás 308
vízszálak útja a hajótest mentén 65
vízvonal felülete 22, 24, 29
— kialakítása 65
— szerkesztése 71
— tehetetlenségi nyomatéka 60
— teltség 18
vonalarajz, hajóé 20
— készítése 69
vörösfenyő tulajdonságai 100

Z

zaj elleni védelem motoros hajókon 324
zománclakkozás 218