

---

## 2 Hajóelmélet

A hajó bonyolult szerkezet, amelynek megalkotásához és tartós megőrzéséhez ki kell elégíteni számos, időnként ellentmondó feltételt. Első és legfontosabb ezek közül *Archimédész törvénye*, amely, amint a későbbiekben látni fogjuk, a folyadékokba merített testek viselkedését írja le. Ennek kielégítése teszi lehetővé a hajó úszását. Hasonlóan fontosak a hidrosztatika törvényei, amelyek a hajó úszás közben elfoglalt helyzetét és szilárdságát befolyásolják.

A sztatika és szilárdságtan törvényei határozzák meg a hajó egyensúlyi állapotát és szilárdságát. A kinematika a hajó, mint tömeggel bíró szilárd test mozgásait írja le, a dinamika a mozgással kapcsolatos erőviszonyok tanulmányozásához ad lehetőséget. A hajó haladása közben tanúsított *ellenállását* és az annak legyőzéséhez szükséges energiát a hidrodinamika törvényei szerint tudjuk meghatározni.

Lehetne tovább sorolni a természettudományok többi ágazatát, amelyek a hajóépítés és üzemeltetés során nemcsak fontos információkat szolgáltatnak, de ki is jelölik azokat a feltételeket, amelyek figyelmen kívül hagyása okozza általában a gondokat.

A hajó akkor úszik megfelelően, ha annyi szerkezeti anyagot és egyéb szükséges holmit (többek között a szállítandó rakományt) helyezünk el benne a megfelelő koordinátájú helyeken, amelynek alapján a vízen elfoglalt helyzet úszásvonala a hajófenék felett megfelelő magasságban jön létre, és azzal a kívánt szöveget zárja be. Szilárdsága akkor megfelelő, ha ezek közül az anyagok közül a szerkezethez felhasznált anyagok a kívánt minőségűek és a megfelelő elosztásban építették be őket a hajóba.

Hossz- és keresztstabilitása akkor kielégítő, ha a hajótest főméreteinek kiválasztása a hajó típusának, nagyságának, funkcióinak megfelelően történt, természetesen itt már ellentmond egymásnak a stabilitás és a hajótest ellenállása. Minél megfelelőbb a hajótest a stabilitás szempontjából (széles, telt víz alatti forma), annál kedvezőtlenebb a nagyobb sebességtartományokban az ellenállás szempontjából, vagyis a beépítendő főgép-teljesítmény oldaláról. Mindezek a megállapítások végső soron a hajónak azt a mutatóját befolyásolják, hogy milyen határfokkal képes a hajó azt a feladatot teljesíteni, amely megépítését szükségessé tette. Vagyis az építéshez és a használatához felhasznált pénzeszközök megtérülését.

### 2.1 Történeti áttekintés és elméleti alapok

A hajók tervezésének és használatának elméleti alapjai sokkal rövidebb múltra tekintenek vissza, mint amilyen hosszú idő óta építenek kiváló (és kevésbé jó) hajókat, és használják azokat igazán szakszerűen és mesterien (de néha pocsékul). A műszaki tudományok terén a gyakorlatnak és az elméletnek szerves egységben kell lenni, ami azt jelenti, hogy a legkiválóbb elméleti tudás is elégtelen a gyakorlat nélkül, a megfelelő gyakorlat pedig időnként képes arra, hogy akár elméleti felkészültség nélkül is jó szakember váljék valakiből.

#### 2.1.1 Történeti áttekintés

A legrégebbi olyan szabály, amely a hajók úszóképességét meghatározza, *Archimédész törvénye*.

Archimédész i.sz. 287-ben született a szicíliai Szirakúzában. Apja csillagász volt, Feidiász, róla keveset tudunk, de Archimédész szinte a tudomány minden ágában eredményeket ért el. Sokfelé járt, Egyiptomban is, ott fedezte fel a róla elnevezett Archimédészi spirálist, ami lényegében szivattyúként működik, még ma is alkalmazzák. Euklidesz követőinél tanult Alexandriában, így nemcsak az ottani matematikát ismerte, hanem magukat az ottani matematikusokat is. Archimédész legismertebb találmányai a hadigépezetek voltak, amelyeket a rómaiak ellen szülővárosa védelmében fejlesztett ki. Ez azonban már közvetlenül halála előtt volt, egyéb találmányai sokkal korábbiak.

Hieronimosz királynak írt levelében azt állította, hogy a megfelelő fix pontból ki tudja mozdtítani még a Földet is sarkaiból (akkor még laposnak gondolták). A király megbízta egy hajó kivontatásával, amit végre is hajtott a megfelelő kézi csigasorral.

A testek úszásával kapcsolatos törvényét úgy fedezte fel, hogy a közfürdőben észrevette, amikor a medencében belemerül a vízbe, a víz szintje megemelkedik, tehát a teste vizet szorít ki. A hirtelen felfedezés örömétől hajtva kiugrott a fürdőből, és ahogy volt, lepel nélkül szaladt végig a városon azt kiabálva: „Heuréka!” (megtaláltam). A görög szóból származik a heurisztika nevű tudományág a véletlenszerű találmányok területén.

A matematikában az integrálszámítás alapjainak lerakását és a közelítő gyökvonás módszerét neki tulajdonítják. Halála 212-ben a második pún háború alatt következett be, amikor a rómaiak Szirakúzákat bevették. A legenda szerint kérte a római katonát, hogy tegyen amit akar, csak „ne zavarja köreit”, mivel éppen egy mértani probléma megoldásán dolgozott. A katona, aki nem is sejtette ki ő, megölte.

*Archimédész törvénye* szerint minden folyadékba mártott testre a test térfogatával és a folyadék sűrűségével arányos felhajtóerő hat. Ennek eredeti megfogalmazása szerint a folyadékba mártott test annyit veszít a súlyából, amennyi az általa kiszorított folyadék súlya.

A hajók stabilitása csak azt követően vált központi kérdéssé, hogy a legősibb hajtási módról, az evezőről áttértek a szél erején alapuló vitorlás propulzióra. A vitorlát ugyan használták már korábban is, de csak segéd-hajtóeszközként. Amikor azonban a vitorlás hajók árbocmagassága jelentősen megnőtt, és a rajtuk levő vitorla felülete számottevő billentő nyomatékot képviselt, előfordultak balesetek. Tovább növelte ezt a hatást az is, hogy a tengereken a hadihajók lettek a katonai erő megtestesítői, és a nehéz hajóágyuk a fedélzeten és az alatta levő fedélzeteken voltak elhelyezve. A súlypont magasabb helyzete és a szél billentő hatása okozta a hasonló felborulásokat. Legismertebb ezek közül a Vasa svéd hadihajó 17. századi katasztrófája.

A stabilitás számításához szükség volt a matematikára, amelynek nagy fejlődése a 18. században következett be. A hajók kereszt- és hosszstabilitásának számítását azóta lehet egzakt módon elvégezni.

A stabilitással szoros kapcsolatban van a sérült hajók úszóképességének vizsgálata. Mindkét esetben integrálszámítás helyett véges számú rész összegzését alkalmazzuk, tehát lényegében közelítések vannak ezekben a vizsgálatokban, amelyek azonban azok pontosságát lényegesen nem befolyásolják, hiszen a számolásnál feltételezett

körülményektől minden esetben egyéb eltérések is vannak, amelyeket figyelmen kívül kell hagyni.

A hajók szilárdsága viszonylag új területe a hajóelméletnek. A legrégebbi korokban a hajók elsüllyedésének két fő oka volt. Túlterhelés miatti vízbejutás a hajótestbe, ezáltal az úszóképesség megszűnése, illetve kedvezőtlen időjárásban történő megfeneklés, sziklához csapódás vagy hullámozás miatti vízbejutás.

A hajók méreteinek növekedése, különösen a nagyobb sebességre való törekvés következtében a hajó hossz-szélesség viszonyának megnövelése azt eredményezte, hogy a hajó, mint hajlított és csavart tartószerkezet szilárdságtanilag nem bírta elviselni a hullámos vízen a vízkiszorítás felhajtóereje és a súlyeloszlás következtében fellépő igénybevételeket, és valamelyik szélső szálban törés következett be. Az ilyen balesetek a 20. század második harmadában szaporodtak meg. Az igénybevétel növekedése mellett az is okozta őket, hogy a vashajók építése során alkalmazni kezdték a hegesztést, és annak elméleti háttére még nagyon hiányos volt. Számos esetben a balesetet egyszerűen az okozta, hogy az anyag nem volt hegeszthető, és a varratnak szinte egyáltalán nem volt szilárdsága.

A hajók hossz- és keresztzilárdságának számításánál a tartószerkezetek méretezésénél használt szilárdságtani elveket alkalmazzuk.

A hajóelméletnek az a területe, amely legkésőbb tudott szert tenni elméleti háttérre (bár annak bonyolultsága a mai napig nagyon sok közelítést tesz szükségessé, ezért ez a háttér legfeljebb kvázi-elméleti), a hajók ellenállása és meghajtása (propulziója). Kezdetét az jelentette, hogy a 19. század elejétől a vitorlás hajók soha nem látott fejlődésen mentek keresztül. Az Egyesült Államok sok olyan hajóépítővel dicsekedhetett, akik kisebb hajótestek (főleg a kétárbocosok számos változatánál) precíz kidolgozásával utat nyitottak a legendás klipperek megteremtéséhez. A hajótervezők elkészítették fából a hajótest fél-modelljét, arra rárajzolták a vízvonalakat, elméleti bordákat és diagonál-metszeteket, ennek alapján voltak képesek olyan tökéletes hajótesteket megalkotni, amelyek ellenállása a tervezési sebességnél minimális volt. Ezeket a vonalrajzokat használták fel a vitorlás, majd vitorlás-gőzös, később pedig kizárólag gőzmeghajtású hadihajóknál is. A hajók ellenállásának vizsgálatát az angol és az amerikai haditengerészet önállóan kezdte végezni, a ma ismert és leginkább használható eredmények az amerikai David W. Taylor tengernagy által vezetett kísérlet-sorozatból valók, amelyet az azóta róla elnevezett és az idők folyamán állandóan korszerűsített modellkísérleti medencében végzett.

Taylor kísérleteivel és azok eredményeivel a 2.2.1 fejezetben foglalkozunk.

## 2.1.2 Alapfogalmak, mértékegységek, jelek és rövidítések

A következőkben a hajótervezésben-, építésben és hajózásban, illetve az ahhoz kapcsolódó alaptudományokban használatos mennyiségeket, mértékegységeket, jeleket és rövidítéseket soroljuk fel. Forrásként ezek összegyűjtéséhez elsősorban az International Towing Tank Conference (ITTC) 1999-es ülésének jegyzőkönyve szolgált.

### 2.1.2.1 Általános hajóelmélet

### **2.1.2.1.1 Alapvető mennyiségek**

$a$  – lineáris gyorsulás [hossz/idő<sup>2</sup>, m/s<sup>2</sup>]

$A$  – felület jelölése általában [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$B$  – szélesség [hossz, m]

$C$  – ellenállásra és felhajtóerőre merőleges oldalirányú erő [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$D$  – ellenálláserő, ellentétes a haladási iránnyal [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$d, D$  – átmérő [hossz, m]

$E$  – energia, munka [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm, J]

$f$  – frekvencia [1/idő, 1/s, Hz]

$F$  – erő általában [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$g$  – gravitációs gyorsulás [hossz/idő<sup>2</sup>, m/s<sup>2</sup>]

$h, H$  – mélység, magasság [hossz, m]

$I$  – másodrendű (inercia) nyomaték [tömeg\*hossz<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>]

$L$  – hossz [hossz, m]

$L$  – haladási irányra merőleges felhajtóerő [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$m$  – tömeg [tömeg, kg]

$n$  – fordulatszám percenként [1/idő, 1/min]

$P$  – teljesítmény, időegység alatt végzett munka [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]

$r$  – sugár [hossz, m]

$R$  – ellenálláserő, ellentétes a haladási iránnyal [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$s$  – megtett útszakasz [hossz, m]

$t$  – idő [idő, s]

$t$  – hőmérséklet [°K]

$T$  – periódusidő [idő, s]

$U$  – folyadék zavartalan áramlási sebessége [hossz/idő, m/s]

$v$  – test lineáris haladási sebessége [hossz/idő, m/s]

$V$  – térfogat [hossz<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>]

$W$  – testre ható gravitációs erő, súly [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$\gamma$ (gamma) – faj súly, egységnyi térfogatú anyag súlya viszonyítva egységnyi térfogatú 4°C hőmérsékletű víz súlyához [- , tömeg/idő<sup>2</sup>\*hossz<sup>2</sup>, kg/s<sup>2</sup>m<sup>2</sup>, N/m<sup>3</sup>]

$\eta$ (éta) – hatásfok, nyert teljesítmény/betáplált teljesítmény [-]

$\rho$ (ró) – fajlagos tömeg, sűrűség [tömeg/hossz<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>]

$\tau$ (tau) – nyírófeszültség [N/m<sup>2</sup>, Pa]

$\lambda$ (lambda) – méretarány, hajó/modell méretei [-]

$\sigma$ (szigma) – húzó- ill. nyomófeszültség [N/m<sup>2</sup>, Pa]

$\omega$ (omega) – szögsebesség,  $2\pi n$  [1/idő, rad/s]

### **2.1.2.2 Geometria és hidrosztatika**

#### **2.1.2.2.1 Hajótest geometriája**

**2.1.2.2.1.1 Alapvető mennyiségek**

- $A_{BL}$  – bulbaorr felülete a mellső függély előtt az oldalnézeten [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_{BT}$  – bulbaorr keresztmetszete a mellső függélyen (bal és jobb együtt) [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_M$  – főborda-metszet felülete (bal és jobb együtt) [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_T$  – tranzom (tükrös) far keresztmetszete a hátsó függélyen (bal és jobb együtt) [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_V$  – szélnek kitett felület a szélirányra merőlegesen a vízvonal felett [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_W$  – vízvonalfelület [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_{WA}$  – vízvonalfelület a főborda mögött [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_{WF}$  – vízvonalfelület a főborda előtt [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_{WS}$  – hajó nedvesített felülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $A_X$  – maximális bordametszet felülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $B$  – hajótest szélessége sablon szerint [hossz, m]  
 $B_M$  – hajótest szélessége a főbordánál a konstrukciós vízvonalon [hossz, m]  
 $B_T$  – tranzom far szélessége a hátsó függélyen a konstrukciós vízvonalon [hossz, m]  
 $B_{WL}$  – maximális szélesség sablon szerint a konstrukciós vízvonalon [hossz, m]  
 $B_X$  – maximális keresztmetszetenél mért szélesség a konstrukciós vízvonalon [hossz, m]  
 $T$  – hajótest merülése sablon szerint [hossz, m]  
 $d_{kl}$  – gerincvonal ferdesége a hátsó és mellső függély között [hossz, m]  
 $D$  – hajótest oldalmagassága sablon szerint [hossz, m]  
 $f$  – szabadoldal magasság a szabadoldal jel és szabadoldal fedélzet között a szabályok szerint [hossz, m]  
 $i_E$  – vízvonal belépési szöge a hajó középső szimmetriasíkjához képest [szög, rad]  
 $i_R$  – vízvonal kilépési szöge a hajó középső szimmetriasíkjához képest [szög, rad]  
 $L$  – hajóhossz (általában függélyek között) [hossz, m]  
 $L_E$  – hajótest mellsőrész hossza a mellső függély és a hengeres középrész mellső határa között [hossz, m]  
 $L_{OA}$  – hajó teljes hossza [hossz, m]  
 $L_{OS}$  – hajó vízbemerült részének teljes hossza [hossz, m]  
 $L_p$  – hajó hengeres középrészének hossza [hossz, m]  
 $L_p$  – hajó függélyek közötti hossza [hossz, m]  
 $L_R$  – hajótest hátsórész hossza a hátsó függély és a hengeres középrész hátsó határa között [hossz, m]  
 $L_{WL}$  – vízvonal hossza [hossz, m]  
 $L_{FS}$  – bordaosztás a vasszerkezetben [hossz, m]  
 $L_{SS}$  – elméleti bordaosztás a vonalrajzon [hossz, m]  
 $t$  – a vízvonal alatti bordametszetek görbéjének Taylor tangense (a görbének az ornál levő pontjához húzott érintő metszéspontja a hajóközép ordinátáján) [-]  
 $T$  – hajótest merülése sablon szerint [hossz, m]  
 $T_A$  – merülés a hátsó függélynél [hossz, m]  
 $T_{AD}$  – konstrukciós merülés a hátsó függélynél [hossz, m]  
 $T_F$  – merülés a mellső függélynél [hossz, m]  
 $T_{FD}$  – konstrukciós merülés a mellső függélynél [hossz, m]  
 $T_H$  – hajótest maximális merülése gerinc és uszony nélkül [hossz, m]  
 $T_M$  – merülés a főbordán, egyenes gerincű hajónál  $T_A + T_F / 2$  [hossz, m]

$T_{MD}$  – konstrukciós merülés a főbordán, egyenes gerincű hajónál  $T_{AD}+T_{FD}/2$  [hossz, m]  
 $T_T$  – merülés a tranzomnál a hátsó függéllynél a gerincen [hossz, m]  
 $\nabla, V$  – vízkiszorítás térfogata [hossz<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>]  
 $\nabla_{BH}$  – csupasz hajótest vízkiszorítás-térfogata [hossz<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>]  
 $\nabla_{AP}$  – függelékek vízkiszorítás-térfogata [hossz<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>]  
 $\Delta$  – vízkiszorítás súlya,  $g\rho\nabla$  [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $\Delta_{BH}$  - csupasz hajótest vízkiszorítás súlya,  $g\rho\nabla_{BH}$  [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $\Delta_{AP}$  - függelékek vízkiszorítás súlya,  $g\rho\nabla_{AP}$  [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $\lambda$ (lambda) – méretarány, hajó/modell méretei [-]

### 2.1.2.2.1.2 Származtatott mennyiségek

$B^C$  – R.E. Froude szélességi koefficiense,  $B/\nabla^{1/3}$  [-]  
 $C_B$  – hasábos teltség,  $\nabla/(LBT)$  [-]  
 $C_{IL}$  – vízvonallal hosszirányú másodrendű nyomaték koefficiens,  $12I_L/(BL^3)$  [-]  
 $C_{IT}$  – vízvonallal keresztirányú másodrendű nyomaték koefficiens,  $12I_T/(B^3L)$  [-]  
 $C_M$  – főborda-teltség,  $A_M/(BT)$  [-]  
 $C_P$  – hengeres teltség,  $\nabla/(A_XL)$  vagy  $\nabla/(A_ML)$  [-]  
 $C_{PA}$  – hajótest főborda mögötti részének hengeres teltsége,  $\nabla_A/(A_XL/2)$  vagy  $\nabla_A/(A_ML/2)$  [-]  
 $C_{PF}$  – hajótest főborda előtti részének hengeres teltsége,  $\nabla_F/(A_XL/2)$  vagy  $\nabla_F/(A_ML/2)$  [-]  
 $C_{PE}$  – hajótest mellsőrész hengeres teltsége,  $\nabla_E/(A_XL_E)$  vagy  $\nabla_E/(A_ML_E)$  [-]  
 $C_{PR}$  – hajótest hátsórész hengeres teltsége,  $\nabla_R/(A_XL_R)$  vagy  $\nabla_R/(A_ML_R)$  [-]  
 $C_{WS}$  – nedvesített felület koefficiens,  $A_{WS}/(\nabla L)^{1/2}$  [-]  
 $C_{VP}$  – függőleges hengeres teltség,  $\nabla/(A_W T)$  [-]  
 $C_{WP}$  – vízvonalteltség,  $A_W/BL$  [-]  
 $C_{WA}$  – vízvonallal főborda mögötti részének teltsége,  $A_{WA}/BL/2$  [-]  
 $C_{WF}$  – vízvonallal főborda előtti részének teltsége,  $A_{WF}/BL/2$  [-]  
 $C_X$  – maximális bordametszet teltsége,  $A_X/BT$  ( $B$  és  $T$  a maximális bordametszetenél mért szélesség és merülés) [-]  
 $C_V$  – térfogati koefficiens,  $\nabla/L^3$  [-]  
 $f_{BL}$  – bulbaorr felületaránya,  $A_{BL}/LT$ , [-]  
 $f_{BT}$  – bulbaorr keresztmetszetaránya,  $A_{BT}/A_X$   
 $f_T$  – tranzom far keresztmetszetaránya,  $A_T/A_X$  [-]  
 $M^C$  – R.E. Froude hossz koefficiense,  $L/\nabla^{1/3}$  [-]  
 $S^C$  – R.E. Froude nedvesített felület koefficiense,  $A_{WS}/\nabla^{2/3}$  [-]  
 $T_C$  – R.E. Froude merülés koefficiense,  $T/\nabla^{1/3}$  [-]

### 2.1.2.2.1.3 Indexjelek magyarázata

A, AB (after body)	hajótestnek a főborda mögötti része
AP (aft perpendicular)	hátsó függély
LPP (appendages)	függelékek
B, BH (bare hull)	csupasz hajótest

---

---

DW (design waterline)	konstrukciós vízvonal
E, EN (entry)	hajótest mellsőrész
F, FB (fore body)	hajótestnek a főborda előtti része
FP (fore perpendicular)	mellső függély
FS (frame spacing)	bordaosztás (vasszerkezet)
H, HE (hull)	hajótest
LR (reference line)	referencia (alap)vonal
LP	$L_{PP}$ -re vonatkoztatva
LW	$L_{WL}$ -re vonatkoztatva
M, MS (midships)	főborda
PB (parallel body)	hengeres középrész
R, RU (run)	hajótest hátsórész
SS (station spacing)	elméleti bordaosztás (vonalrajz)
W, WP (water plane)	vízvonal
S, WS (wetted surface)	nedvesített felület

### 2.1.2.2.2 Propulziós eszközök geometriája

#### 2.1.2.2.2.1 Hajócsavar

$A_D$  – hajócsavar szárnyainak kifejtett felülete az agy kivételével [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$A_E$  – hajócsavar szárnyainak nyújtott felülete az agy kivételével [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$A_0$  – hajócsavar-kör teljes felülete,  $D^2\pi/4$  [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$A_P$  – hajócsavar szárnyainak vetített felülete az agy kivételével [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$a_D$  – kifejtett felület viszonyszáma,  $A_D/A_0$  [-]

$a_E$  – nyújtott felület viszonyszáma,  $A_E/A_0$  [-]

$a_P$  – vetített felület viszonyszáma,  $A_P/A_0$  [-]

$c$  – szelvényhossz [m]

$c_m$  – közepes szelvényhossz (egy hajócsavarszárny nyújtott vagy kifejtett felülete elosztva a szárnycsúcs és az agy közötti sugárirányú távolsággal) [m]

$c_S$  – szárny íveltségének mértéke adott szárnyszelvényénél (a szelvény közepének távolsága a szárnyalkotótól), pozitív, ha a szelvényközép a kilépőél felé esik [m]

$d_h$  – hajócsavar agy átmérője [m]

$D$  – hajócsavar átmérője [m]

$f$  – szárnyszelvény középvonal íveltsége [m]

$G_z$  – szomszédos hajócsavar-szárnyak azonos pontjai közötti távolság,  $2r\pi\sin(\varphi)/z$  [m]

$h_0$  – bemerülés, hajócsavar középpontjának távolsága a szabad vízfelszíntől [m]

$H_{TC}$  – hajócsavarszárny csúcsa és a hajótest közötti távolság [m]

$i_G$  – hajócsavarszárny hátrahajlása adott szelvényénél, szárnyalkotó tengelyirányú távolsága a hajócsavar síkjától, pozitív, ha az alkotó a csavar síkja mögött van [m]

$i_S$  – hajócsavarszárny íveltsége miatt mérhető hátrahajlás adott szelvényénél, pozitív, ha hátrafelé mérhető [m]

$i_T$  – hajócsavarszárny teljes hátrahajlása adott szelvényénél,  $i_T = i_G + i_S$  [m]

$N_{PR}$  – hajócsavarok száma [-]

- $P$  – hajócsavar emelkedése [m]  
 $p$  – hajócsavar emelkedési viszonya,  $P/D$  [-]  
 $r$  – adott szárnyszelvény sugara [m]  
 $r_h$  – hajócsavaragy sugara [m]  
 $R$  – hajócsavar sugara [m]  
 $t$  – adott hajócsavar szelvény vastagsága [m]  
 $t_0$  – hajócsavarszárny vastagsága a csavar tengelyén a hátoldali és tolóoldali sugárirányú érintő meghosszabbításával [m]  
 $x_B$  – agyátmérő viszonzszám,  $d_h/D$  [-]  
 $x_p$  – hajócsavar hosszirányú helyzete, a hajócsavar középpontjának távolsága a hátsó függélytől előre [m]  
 $y_p$  – hajócsavar keresztirányú helyzete, az oldalsó hajócsavar középpontjának távolsága a hajó középső szimmetriasíkjától arra merőlegesen [m]  
 $z_p$  – hajócsavar magassága, a hajócsavar középpontjának függőleges távolsága az alapvonal felett [m]  
 $Z, z$  – hajócsavar szárnyszáma [-]  
 $\varepsilon, \psi^{bP}$  – hajócsavar tengely szöge a hajó alapvonalához és középső szimmetriasíkjához képest [szög, rad]  
 $\theta_S$  – íveltségi szög, a hajócsavar tengely körül mérhető szögeltérés az adott szárnyszelvény referenciapontja és a szárnyalkotónak a forgás síkjában levő vetülete között; pozitív, ha a forgásiránnyal ellenkező értelmű [szög, rad]  
 $\theta$  – hajócsavarszárny hátrahajlási szöge [szög, rad]  
 $\theta_{EXT}$  – hátrahajlási szög intervalluma, a maximális és minimális hátrahajlási szög különbsége [szög, rad]  
 $\varphi$  – hajócsavar emelkedési szöge,  $\arctg(P/(2R\pi))$  [szög, rad]  
 $\varphi_F$  – hajócsavar adott szelvényén mért emelkedési szög a tolóoldalon mérve [szög, rad]  
 $\psi^{aP}$  – hajócsavar tengely szögeltérése a vízszintes síkhoz képest [szög, rad]  
 $\tau_b$  – hajócsavarszárny vastagsági viszony,  $t_0/D$  [-]

#### **2.1.2.2.2.2 Gyűrű**

- $A_{DEN}$  – gyűrű belépőnyílás felülete [m<sup>2</sup>]  
 $A_{DEX}$  – gyűrű kilépőnyílás felülete [m<sup>2</sup>]  
 $d_D$  – hajócsavarszárny-vég rész, sugárirányú távolság a csavarszárny vége és a gyűrű belső felülete között [m]  
 $f_D$  – gyűrűprofil középvonalának íveltsége [m]  
 $L_D$  – gyűrű hossza [m]  
 $L_{DEN}$  – gyűrű belépőhossz, axiális távolság a gyűrű belépőéle és a hajócsavar síkja között [m]  
 $L_{DEX}$  – gyűrű kilépőhossz, axiális távolság a gyűrű kilépőéle és a hajócsavar síkja között [m]  
 $t_D$  – gyűrűprofil vastagsága [m]  
 $\alpha_D$  – gyűrűprofil szöge, a gyűrűprofil belépő- és kilépőélét összekötő egyenes és a hajócsavar tengely által bezárt szög [szög, rad]



---

$\beta_D$  – gyűrű diffúziós szöge, a gyűrűprofil kilépőélénél a hátoldal érintője és a hajócsavar tengely által bezárt szög [szög, rad]

### 2.1.2.2.2.3 Vízugárhajtás

$A_j$  –  $j$  metszetenél mérhető keresztmetszet felülete [ $m^2$ ]  
 $b_1$  – a keresztmetszet maximális szélessége az 1-es elméleti bordán [m]  
 $h_1$  – a keresztmetszet maximális magassága az 1-es elméleti bordán [m]  
 $h_j$  – vízugár középvonala az érintetlen vízfelület felett [m]  
 $\alpha$  – vízugár középvonala és vízszintes sík által bezárt szög [szög, rad]

### 2.1.2.2.2.4 Indexjelek magyarázata

a (absolute)	fix térbeli alaphoz viszonyított érték
b (body)	hajótest referenciavonalhoz vagy síkhoz viszonyított érték
P (propeller)	hajócsavar
D (duct)	gyűrű

### 2.1.2.2.3 Függelékek geometriája

#### 2.1.2.2.3.1 Alapmennyiségek

$A_C$  – sikló- vagy hordszárny alatti felület [ $m^2$ ]  
 $A_{FB}$  – mellső magassági kormány felülete [ $m^2$ ]  
 $A_{FR}$  – függelék vetített felülete előlnézetben [ $m^2$ ]  
 $A_{RF}$  – mozgatható áramvonalas szelvényű lapát felülete [ $m^2$ ]  
 $A_R$  – kormányfelület [ $m^2$ ]  
 $A_{RX}$  – kormány fix részének felülete [ $m^2$ ]  
 $A_{RP}$  – kormány felülete a hajócsavar sodrában [ $m^2$ ]  
 $A_{RT}$  – kormány teljes felülete,  $A_{RX}+A_{RP}$  [ $m^2$ ]  
 $A_{FS}$  – hátsó magassági kormány felülete [ $m^2$ ]  
 $A_{SK}$  – uszony felülete [ $m^2$ ]  
 $A_{WBK}$  – medersori lengéscsillapító gerinc nedvesített felülete [ $m^2$ ]  
 $c$  – áramvonalas szelvény hossza [m]  
 $c_m$  – közepes szelvényhossz,  $A_{RT}/S$  [m]  
 $c_r$  – szelvényhossz a lapáttőnél [m]  
 $c_t$  – szelvényhossz a lapátvégnél [m]  
 $f$  – áramvonalas szelvény középvonal íveltisége [m]  
 $L_F$  – kormánylapát hajógerinccel párhuzamos hosszmérete [m]  
 $t$  – áramvonalas szelvény maximális vastagsága a középvonalra merőlegesen mérve [m]  
 $\delta_{FB}$  – mellső magassági kormány szöge [szög, rad]  
 $\delta_{FS}$  – hátsó magassági kormány szöge [szög, rad]  
 $\delta_F$  – mozgatható áramvonalas szelvényű lapát szöge az előtte levő fenékhez képest (általában) [szög, rad]  
 $\delta_W$  – ék szöge az előtte levő fenékhez képest [szög, rad]

$\delta_R$  – kormány szöge [szög, rad]

$\lambda_R$  – kormánylapát kúpossága,  $c_t/c_r$  [-]

$A_R$  – kormánylapát magassági viszonya,  $S^2/A_{RT}$  [-]

#### **2.1.2.2.4 Hidrosztatika és stabilitás**

##### **2.1.2.2.4.1 Súlypontok**

A – feltételezett súlypont a gerinc felett a keresztstabilitási görbék adatainak meghatározásánál

b – a hajótest vízbemerült részéhez hozzáadódó vagy abból levonandó elemi vízkiszorítás súlypontja

B – a hajótest vízkiszorításának súlypontja

F – adott vízvonal súlypontja

g – a rendszerhez hozzáadott vagy levont elemi súlyegység súlypontja

G – a hajó rendszersúlypontja

K – gerincpont (bordametszetben a szimmetriasík és alapvonal metszéspontja)

M – metacentrum

$x_{cb}$  – hozzáadott vagy levont elemi vízkiszorítás hosszirányú koordinátája, a referenciaponttól (hátsó függély vagy főborda, előre pozitív) mérve [hossz, m]

$X_{CB}$  – vízkiszorítás-súlypont hosszirányú koordinátája a referenciaponttól mérve [hossz, m]

$X_{CF}$  – vízvonalfelület-súlypont hosszirányú koordinátája a referenciaponttól mérve [hossz, m]

$x_{cg}$  – hozzáadott vagy levont elemi g súly súlypontjának hosszirányú koordinátája a referenciaponttól mérve [hossz, m]

$X_{CG}$  – rendszersúlypont hosszirányú koordinátája a referenciaponttól mérve [hossz, m]

$y_{CG}$  – rendszersúlypont keresztirányú koordinátája a referenciaponttól (hajóközép, jobbra pozitív) mérve [hossz, m]

Z – stabilizáló nyomaték karjának metszéspontja a vízkiszorítás súlypontjából húzott függőleges egyenessel

##### **2.1.2.2.4.2 Sztatikus stabilitás**

$\overline{AB}$  – vízkiszorítás-súlypont hosszirányú távolsága a hátsó függélytől [hossz, m]

$\overline{AF}$  – vízvonalsúlypont hosszirányú távolsága a hátsó függélytől [hossz, m]

$\overline{AG}_L$  – rendszersúlypont hosszirányú távolsága a hátsó függélytől [hossz, m]

$\overline{AG}_T$  – valóságos rendszersúlypont (G) keresztirányú távolsága a feltételezett rendszersúlyponttól (A) [hossz, m]

$\overline{AG}_V$  – valóságos rendszersúlypont (G) függőleges távolsága a feltételezett rendszersúlyponttól (A) [hossz, m]

$\overline{AZ}$  – keresztstabilitás karja, a feltételezett rendszersúlypont (A) és a Z pont közötti vízszintes távolság (a keresztstabilitási görbék táblázatában) [hossz, m]

- 
- $\overline{BM}$**  – kezdeti keresztstabilitás metacentrumának magassága a vízkiszorítás súlypontja felett, metacentrikus sugár:  $I_T/\nabla = \overline{KM} - \overline{KB}$  [hossz, m]
- $\overline{BM}_L$**  – kezdeti hosszstabilitás metacentrumának magassága a vízkiszorítás súlypontja felett, hosszirányú metacentrikus sugár:  $I_L/\nabla = \overline{KM}_L - \overline{KB}$  [hossz, m]
- $\overline{GG}_H$**  – súlyegység elmozdítása vagy hozzáadása illetve elvétele által okozott keresztstabilitás karja vízszintes vetületben [hossz, m]
- $\overline{GG}_L$**  – súlyegység elmozdítása vagy hozzáadása illetve elvétele által okozott hosszstabilitás karja vízszintes vetületben [hossz, m]
- $\overline{GM}$**  – keresztstabilitás metacentrikus magassága, rendszersúlypont függőleges távolsága a metacentrumtól:  $\overline{KM} - \overline{KG}$  [hossz, m]
- $\overline{GM}_{\text{eff}}$**  – keresztstabilitás effektív metacentrikus magassága,  **$\overline{GM}$**  korrigálva a szabad felszín, stb. hatásával [hossz, m]
- $\overline{GM}_L$**  – hosszstabilitás metacentrikus magassága, rendszersúlypont függőleges távolsága a hosszstabilitás metacentrumától:  $\overline{KM}_L - \overline{KG}$  [hossz, m]
- $\overline{GZ}$**  – keresztstabilitás karja:  $\overline{AZ} - \overline{AG}_V \sin\varphi - \overline{AG}_T \cos\varphi$  [hossz, m]
- $\overline{GZ}$**  – keresztstabilitás maximális karja [hossz, m]
- $\overline{KA}$**  – feltételezett rendszersúlypont magassága az alapvonal (sablon szerinti gerinc) felett [hossz, m]
- $\overline{KB}$**  – vízkiszorítás súlypontjának magassága az alapvonal (sablon szerinti gerinc) felett [hossz, m]
- $\overline{KG}$**  – rendszersúlypont magassága az alapvonal (sablon szerinti gerinc) felett [hossz, m]
- $\overline{Kg}$**  – hozzáadott vagy levont elemi g súly súlypontjának magassága az alapvonal (sablon szerinti gerinc) felett [hossz, m]
- $\overline{KM}$**  – keresztstabilitás metacentrumának magassága az alapvonal (sablon szerinti gerinc) felett [hossz, m]
- $\overline{KM}_L$**  – hosszstabilitás metacentrumának magassága az alapvonal (sablon szerinti gerinc) felett [hossz, m]
- $l$  – trimet okozó nyomaték karja:  $x_{cb} - x_{CB}$  [hossz, m]
- $t$  – keresztirányú stabilizáló nyomaték egyenértékű karja: stabilizáló nyomaték/ $\Delta$  [hossz, m]

#### 2.1.2.2.4.3 Stabilitás dinamikus hatás ellen és lékesedett állapotban

- $C_{\text{MTL}}$  – trim viszonyszám, a trimet okozó nyomaték és a trimváltozás hányadosa, ami megközelítőleg:  $\overline{BM}_L/L$  [-]
- $f$  – szabadoldal, a szabadoldal-jeltől a szabadoldal fedélzetig mért függőleges távolság a szabályok szerint [hossz, m]
- $M_S$  – hajó stabilizáló nyomatéka általában [tömeg hossz<sup>2</sup> / idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]
- $m$  – hajó tömege, W/g [tömeg, kg]
- $M_{\text{TC}}$  – 1 cm trimet okozó nyomaték [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, 100kgm/s<sup>2</sup>, Nm/cm]
- $M_{\text{TM}}$  – 1 m trimet okozó nyomaték [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, Nm/m]
- $R_{\text{si}}$  – előírt térbeosztási index [-]
- $t_s$  – sztatikus trim,  $T_A - T_F - d_{\text{KL}}$  [hossz, m]
- $W$  – hajó súlya, mg [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $\Delta$  – vízkiszorítás súlya,  $g \rho \nabla$  [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$\nabla$  – vízkiszorítás térfogata,  $\Delta / (g \rho)$  [hossz<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>]

$\theta_S$  – sztatikus trimszög,  $\arctg(t_s/L)$  [szög, rad]

$\mu$  – térkitöltési tényező, a térbe lékesedés miatt beáramló víz térfogata osztva a tér térfogatával [-]

$\varphi$  – hajó dőlési szöge [szög, rad]

$\varphi_F$  – hajó dőlési szöge lékesedés esetén [szög, rad]

$\varphi_{VS}$  – hajó dőlési szöge zéró stabilitásnál [szög, rad]

### 2.1.2.2.4.4 Indexek jelentése

a (apparent)	látszólagos, alap
A, att (attained)	származtatott
d, dyn (dynamic)	dinamikus
e, eff (effective)	hatékony, érvényes
f (false)	hamis
KL (keel line)	gerincvonal
L (longitudinal)	hosszirányú
MAX (maximum)	maximális
MTL (longitudinal trimming moment)	trimet okozó hosszirányú nyomaték
R, req (required)	előírt
s (static)	sztatikus
S, sqt (sinkage, squat)	beljebb merülés
TC (trim in cm)	trim cm-ben
TM (trim in m)	trim m-ben
T (transverse)	keresztirányú
V (vertical)	függőleges
0 (initial)	kezdeti
$\varphi$ (at heel angle $\varphi$ )	$\varphi$ dőlésszögnél
$\theta$ (at trim angle $\theta$ )	$\theta$ trimszögnél

### 2.1.2.3 Ellenállás és propulzió

#### 2.1.2.3.1 Hajótest ellenállása

##### 2.1.2.3.1.1 Alapvető mennyiségek

$m$  – blokkolási paraméter, hajómodell maximális bordametszete osztva a tank keresztmetszetével [-]

$R_A$  – modell ellenállás-korrekció, elemi ellenállásérték, amelyet hozzá kell adni a sima hajó ellenállásához a modell/hajó átszámítás pontosságának javítása érdekében [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$R_{AA}$  – lég- vagy szélellenállás [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$R_{AP}$  – függelékek ellenállása [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

$R_{AR}$  – érdességi ellenállás [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]

- 
- $R_C$  – ellenállás-korrekción a propulzió nélkül és propulzióval végzett modellkísérlet hőmérséklet-eltérése miatt,  $R_{TM} ((1 + k) C_{FMC} + C_R) / ((1 + k) C_{FM} + C_R)$ , ahol  $C_{FMC}$  a sűrűlási tényező a propulziós teszt hőmérsékletén [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_F$  – test sűrűlási ellenállása folyadékban [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_{F0}$  – sík lemez sűrűlási ellenállása folyadékban [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_P$  – test torló-ellenállása folyadékban [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_{VP}$  – test torló-ellenállása viszkózus folyadékban [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_R$  – maradék ellenállás,  $R_T - R_F$  vagy  $R_T - R_{F0}$  [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_{RH}$  – csupasz hajótest maradék ellenállása [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_S$  – permetképző ellenállás [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_T$  – teljes ellenállás vontatásnál [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_{TBH}$  – csupasz hajótest teljes ellenállása vontatásnál [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_V$  – teljes viszkózus ellenállás,  $R_F + R_{VP}$  [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_W$  – hullámképző ellenállás [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_{WB}$  – hullámtörő ellenállás [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $R_{WP}$  – hullámforma ellenállás [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]
- $S$  – nedvesített felület menet közben,  $S_{BH} + S_{AP}$  [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]
- $S_0$  – álló hajó nedvesített felülete,  $S_{BH0} + S_{AP0}$  [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]
- $S_{AP}$  – függelékek nedvesített felülete menet közben [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]
- $S_{AP0}$  – függelékek nedvesített felülete álló hajónál [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]
- $S_{BH}$  – csupasz hajótest nedvesített felülete menet közben [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]
- $S_{BH0}$  – csupasz álló hajótest nedvesített felülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]
- $V$  – modell vagy hajó haladási sebessége [hossz / idő, m/s]
- $V_{KN}$  – sebesség csomóban [kn]
- $V_R$  – relatív szélsébség [hossz / idő, m/s]
- $z_{VF}$  – menet közben mérhető süllyedés a mellső függélýnél [hossz, m]
- $z_{VA}$  – menet közben mérhető süllyedés a hátsó függélýnél [hossz, m]
- $z_{VM}$  – közepes süllyedés menet közben,  $(z_{VF} + z_{VA}) / 2$  [hossz, m]
- $\eta$  – pillanatnyi hullámmagasság adott helyen [hossz, m]
- $\theta_V, \theta_D$  – menet közbeni (dinamikus) trimszög,  $\arctg((z_{VF} - z_{VA}) / L)$  [szög, rad]
- $\tau_W$  – helyi határréteg-sűrűlási [tömeg / hossz idő<sup>2</sup>, kg/ms<sup>2</sup>, N/m<sup>2</sup>]

### 2.1.2.3.1.2 Származtatott mennyiségek

- $C_A$  – elemi ellenállás-tényező modell/hajó viszonyhoz,  $R_A / (S q)$  [-]
- $C_{AA}$  – lég- vagy szélellenállás tényező,  $R_{AA} / (A_V q_R)$  [-]
- $C_D$  – vontatási ellenállás tényezője,  $D / S q$  [-]
- $C_F$  – test sűrűlási ellenállása folyadékban,  $R_F / S q$  [-]
- $C_{F0}$  – megfelelő sík lemez sűrűlási ellenállása folyadékban,  $R_{F0} / S q$  [-]
- $C_p$  – helyi torló-nyomás tényező [-]
- $C_{PR}$  – torló-ellenállás tényező, beleértve a hullámhatást is,  $R_P / S q$  [-]
- $C_{VP}$  – viszkózus torló-ellenállás tényező,  $R_{VP} / S q$  [-]
- $C_R$  – maradék-ellenállás tényező,  $R_R / S q$  [-]
- $C_S$  – permetképző ellenállás tényező,  $R_S / S q$  [-]

- $C_T$  – teljes-ellenállás tényező,  $R_T/Sq$  [-]  
 $C_{TL}$  – Telfer ellenállás-tényező,  $g R L / (\Delta V^2)$  [-]  
 $C_{TQ}$  – minősített ellenállás tényezője,  $C_{T\nabla} / (\eta_H \eta_R)$  [-]  
 $C_{T\nabla}$  – ellenállás/víz kiszorítás tényező,  $R_T / (\nabla^{2/3} q)$  [-]  
 $C_V$  – teljes viszkozus-ellenállás tényező,  $R_V/Sq$  [-]  
 $C_W$  – hullámképző-ellenállás tényező,  $R_W/Sq$  [-]  
 $C_{WP}$  – hullámforma ellenállás tényező hullámelemzésnél [-]  
 $C^C$  – R.E.Froude ellenállás-tényező,  $1000 R / (\Delta(K^C)^2)$  [-]  
 $F^C$  – R.E.Froude súrlódási-ellenállás tényező,  $1000 R_F / (\Delta(K^C)^2)$  [-]  
 $f$  – súrlódási tényező, két elcsúszó test között ébredő érintőirányú erő viszonya a felületre merőleges erőhöz [-]  
 $k$  – háromdimenziós alakfaktor sík lemez súrlódásánál,  $(C_V - C_{FO}) / C_{FO}$  [-]  
 $k(\theta)$  – szélirány tényező,  $C_{AA} / C_{AA0}$  [-]  
 $K^C$  – R.E.Froude sebesség/víz kiszorítás tényező,  $(4\pi)^{1/2} F_{n\nabla}$  vagy  $(4\pi / g)^{1/2} V_K / \nabla^{1/6}$  [-]  
 $K_R$  – ellenállás-tényező  $K_Q$  ill.  $K_T$  szerint,  $R / (\rho D^4 n^2)$  [-]  
 $q$  – dinamikus nyomás, áramlás kinetikai energiájának sűrűsége,  $\rho V^2/2$  [tömeg / (hossz idő<sup>2</sup>), kg/(ms<sup>2</sup>), N/m<sup>2</sup>, Pa]  
 $q_R$  – dinamikus nyomás a látszólagos szélesebbség alapján,  $\rho V_{WR}^2/2$  [tömeg / (hossz idő<sup>2</sup>), kg/(ms<sup>2</sup>), N/m<sup>2</sup>, Pa]  
 $S^C$  – R.E.Froude nedvesített felület tényező,  $S/\nabla^{2/3}$  [-]  
 $\varepsilon$  – ellenállás/víz kiszorítás viszony általában,  $R/\Delta$  [-]  
 $\varepsilon_R$  – maradék ellenállás/víz kiszorítás viszony,  $R_R/\Delta$  [-]

### 2.1.2.3.1.3 Indexek jelentése

FW (fresh water)	édesvíz
MF (faired model data)	kiegyenlített modell-adatok
MR (raw model data)	nyers modell-adatok
OW (open water)	nyíltvíz
SF (faired full scale data)	kiegyenlített teljes léptékű adatok
SR (raw full scale data)	nyers teljes léptékű adatok
SW (salt water)	sósvíz

### 2.1.2.3.2 Hajó teljesítménye

#### 2.1.2.3.2.1 Alapvető mennyiségek

- $F_D$  – határréteg súrlódási korrekció a propulziós tesztnél [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $F_P$  – hajó vontatásához vagy tolásához szükséges erő [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $F_{P0}$  – állópróbai tolóerő [tömeg hossz / idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $n$  – frekvencia, fordulatszám [1/idő, 1/s, 1/min, Hz]  
 $P_B$  – fékpadai teljesítmény, főgép tengelyén leadott teljesítmény [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]

-----  
 $P_D, P_P$  – hajócsavarra leadott teljesítmény,  $Q\omega$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]  
 $P_E, P_R$  – effektív teljesítmény, az ellenállás legyőzésére fordított teljesítmény,  $RV$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]  
 $P_I$  – indikált teljesítmény [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]  
 $P_S$  – hajócsavar-tengelyen mért teljesítmény [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]  
 $P_T$  – tolóerő teljesítménye,  $TV_A$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s, W]  
 $Q$  – nyomaték a hajócsavaron,  $P_D/\omega$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $t_V$  – menet közben kialakuló trim [hossz, m]  
 $V$  – hajósebesség [hossz/idő, m/s]  
 $V_A$  – hajó haladása miatt a hajócsavar helyén kialakuló sebesség [hossz/idő, m/s]  
 $z_V$  – modell vagy hajó haladása közben kialakuló lesüllyedés [hossz, m]  
 $\omega$  – hajócsavar tengely szögsebessége,  $2\pi n$  [szög/idő, rad/s]

### 2.1.2.3.2.2 Származtatott mennyiségek

$a$  – ellenállás-növelő korrekció,  $(T+F_P)/R_T-1$  [-]  
 $C_{ADM}$  – admirális tényező,  $\Delta^{2/3}V^3/P_S$  [-]  
 $C_{DV}$  - teljesítmény/víz kiszorítás viszony,  $P_D/(\rho V^3 \nabla^{2/3}/2)$  [-]  
 $C_N$  – hajócsavar fordulatszám próbakorrekció megfelelő sebességnél,  $n_T/n_S$  [-]  
 $C_{NP}$  – hajócsavar fordulatszám próbakorrekció megfelelő teljesítménynél,  $P_{DT}/P_{DS}$  [-]  
 $C_P$  – hajócsavarra leadott teljesítmény alapján végzett próbakorrekció [-]  
 $K_1$  – hajó/modell korrelációs tényező a propulziós határfok alapján,  $\eta_{DS}/\eta_{DM}$  [-]  
 $K_2$  – hajó/modell korrelációs tényező a hajócsavar fordulatszám alapján,  $n_s/n_M$  [-]  
 $K_{AP}$  – függelék korrelációs tényező, léptékhatás korrekciós tényező a modell propulziós próbájánál alkalmazott függelékek ellenállásához [-]  
 $s_V$  – dinamikus lesüllyedési tényező, merülés-változás hátul és elől osztva a hosszal [-]  
 $t_V$  – dinamikus trimtényező, a dinamikus hatás miatt bekövetkező trimváltozás osztva a hosszal [-]  
 $t$  – tolóerő-csökkentési tényező,  $1-(R_T-F_P)/T$  [-]  
 $w$  – Taylor sodortényező általában,  $(V-V_A)/V$  [-]  
 $w_F$  – Froude sodortényező,  $(V-V_A)/V_A$  [-]  
 $w_Q$  – Taylor nyomatéki sodortényező,  $V_A$  hajócsavar helyén mérhető sebesség meghatározása a nyomatékazonosság alapján történik [-]  
  
 $w_T$  – Taylor tolóerő sodortényező,  $V_A$  hajócsavar helyén mérhető sebesség meghatározása a tolóerő-azonosság alapján történik [-]  
 $\Delta w$  – hajó/modell korrelációs tényező sodortényezőhöz,  $w_{T,M}-w_{T,S}$  [-]  
 $\Delta w_C$  – hajó/modell korrelációs tényező az ITTC 1978-as  $w_{T,S}$  képletének módszere alapján [-]  
 $x$  – terhelési tényező a teljesítmény becslésénél,  $\eta_D P_D/P_E-1$  [-]  
 $\beta$  – függelék léptékhatás tényező, hajó függelék-ellenállása osztva a modell függelék-ellenállásával [-]

**2.1.2.3.2.3 Hatásfokok**

- $\eta_{AP}$  – függelékhatásfok,  $P_{Ew0AP}/P_{EwAP}$ ,  $R_{TBH}/R_T$  [-]  
 $\eta_B$  – hajócsavar hatásfoka a hajótest mögött,  $P_T/P_D = TV_A/(Q\omega)$  [-]  
 $\eta_D$  – propulziós hatásfok vagy kvázipropulziós tényező,  $P_E/P_D = P_R/P_P$  [-]  
 $\eta_G$  – hajtómű hatásfoka [-]  
 $\eta_H$  – hajótest hatásfoka,  $P_E/P_T = P_R/P_T = (1-t)/(1-w)$  [-]  
 $\eta_M$  – mechanikai hatásfok,  $P_S/P_1$  vagy  $P_B/P_1$  [-]  
 $\eta_0$  – hajócsavar nyíltvízi hatásfoka [-]  
 $\eta_R$  – relatív forgási hatásfok,  $\eta_B/\eta_0$  [-]  
 $\eta_S$  – tengelyrendszer hatásfoka,  $P_D/P_S = P_P/P_S$  [-]

**2.1.2.3.3 Propulziós eszköz teljesítménye****2.1.2.3.3.1 Alapvető mennyiségek**

- $A_0$  – hajócsavarkör felülete,  $D^2\pi/4$  [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $D$  – hajócsavar átmérője [hossz, m]  
 $n$  – hajócsavar fordulatszáma [1/idő, 1/s, Hz]  
 $K_S$  – hajócsavar felületi minősége, felületi érdesség magassága [hossz, m]  
 $q_A$  – hajócsavar haladási sebességéből származó dinamikus nyomás,  $\rho V_A^2/2$   
[tömeg/(hossz\*idő<sup>2</sup>), kg/(ms<sup>2</sup>), N/m<sup>2</sup>, Pa]  
 $q_S$  – hajócsavar szelvény eredő sebességéből származó dinamikus nyomás,  $\rho V_S^2/2$   
[tömeg/(hossz\*idő<sup>2</sup>), kg/(ms<sup>2</sup>), N/m<sup>2</sup>, Pa]  
 $Q_S$  – csavarszárny csapot terhelő nyomaték állítható szárnyú hajócsavarnál,  $Q_{SC}+Q_{SH}$   
pozitív értelemnél növeli az emelkedést [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $Q_{SC}$  – csavarszárny csapot terhelő nyomaték állítható szárnyú hajócsavarnál a  
centrifugális erőből [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $Q_{SH}$  – csavarszárny csapot terhelő nyomaték állítható szárnyú hajócsavarnál a  
hidrodinamikusan erőből [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $T$  – hajócsavar tolóereje [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $T_D$  – gyűrű tolóereje [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $T_{DP}$  – hajócsavar tolóereje gyűrűs csavarnál [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $T_{DT}$  – hajócsavar és gyűrű együttes tolóereje gyűrűs csavarnál [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>,  
kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $T_{XP}$  – hajócsavar tolóerejének a hajócsavar tengely vonalába eső összetevője  
[tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $T_{YP}$  – hajócsavar tolóerejének a hajó szimmetriasíkjára merőlegesen oldalirányba eső  
összetevője [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $T_{ZP}$  – hajócsavar tolóerejének a hajó alapvonalára merőleges összetevője  
[tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $V_A$  – hajó haladásából eredően a hajócsavar helyén mérhető haladási sebesség  
[hossz/idő, m/s]



$V_P$  – közepes axiális haladási sebesség a hajócsavarkör felületén gyűrűs csavarnál  
[hossz/idő, m/s]

$V_S$  – hajócsavar szelvény eredő sebessége  $0,7R$ -nél,  $(V_A^2 + (0,7R\omega)^2)^{1/2}$  [hossz/idő, m/s]

$\rho_P$  – hajócsavar anyagának sűrűsége [tömeg/hossz<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>]

$\omega$  – hajócsavar forgásának szögsebessége [szög/idő, rad/s]

### 2.1.2.3.3.2 Származtatott mennyiségek

$B_P$  – Taylor hajócsavar tényező a hajócsavarra átadott teljesítmény alapján,  $nP_D^{1/2}/V_A^{2,5}$   
ahol  $n$  1/min,  $P_D$  lóerő,  $V_A$  csomó mértékegységben helyettesítendő be [-]

$B_U$  – Taylor hajócsavar tényező a tolóerőből számított teljesítmény alapján,  $nP_T^{1/2}/V_A^{2,5}$   
ahol  $n$  1/min,  $P_T$  lóerő,  $V_A$  csomó mértékegységben helyettesítendő be [-]

$C_P$  – teljesítmény-terhelési tényező,  $P_D/(A_P q_A V_A)$  [-]

$C_Q$  – nyomaték-index,  $Q/(A_P q_S)$  [-]

$C_{Th}$  – tolóerő-terhelési tényező,  $T/(A_P q_A) = (T_P/A_P)/q_A$  [-]

$C_T$  – tolóerő tényező,  $T/(A_P q_S)$  [-]

$J$  – hajócsavar sebességtényező,  $V_A/(Dn)$  [-]

$J_A, J_H$  – látszólagos vagy hajótest sebességtényező,  $V/(Dn) = V_H/(Dn)$  [-]

$J_P$  – hajócsavar sebességtényező gyűrűs csavarnál,  $V_P/(Dn)$  [-]

$J_T, J_{PT}$  – hajócsavar sebességtényező tolóerő azonosság alapján [-]

$J_Q, J_{PQ}$  – hajócsavar sebességtényező nyomaték azonosság alapján [-]

$K_P$  – hajócsavarra leadott teljesítmény tényezője,  $P_D/(\rho n^3 D^5) = 2\pi K_L$  [-]

$K_L$  – nyomatéktényező,  $Q/(\rho n^2 D^5)$  [-]

$K_{SC}$  – centrifugális nyomatéktényező hajócsavarszárny csapnál,  $Q_{SC}/(\rho n^2 D^5)$  [-]

$K_{SH}$  – hidrodinamikusan nyomatéktényező hajócsavarszárny csapnál,  $Q_{SH}/(\rho n^2 D^5)$  [-]

$K_T$  – tolóerő-tényező,  $T/(\rho n^2 D^4)$  [-]

$K_{TD}$  – gyűrű tolóerő-tényező,  $T_D/(\rho n^2 D^4)$  [-]

$K_{TP}$  – hajócsavar tolóerő-tényező gyűrűs csavarnál,  $T_P/(\rho n^2 D^4)$  [-]

$K_{TT}$  – teljes tolóerő-tényező gyűrűs csavarnál,  $K_{TP} + K_{TD}$  [-]

$K_{Q0}$  – hajócsavar hajótest mögötti próbáról nyíltvízire konvertált nyomatéktényezője,  
 $K_0 \eta_R$  [-]

$K_{QT}$  – hajócsavar nyomatéktényező tolóerő-tényező azonosság alapján [-]

$P_J$  – hajócsavar vízszög teljesítménye,  $\eta_{TJ} TV_A$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>3</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, Nm/s, J/s,  
W]

$S_A$  – látszólagos szlip,  $1 - V/(nP)$  [-]

$S_R$  – valóságos szlip,  $1 - V_A/(nP)$  [-]

$\delta$  – Taylor sebességtényező,  $nD/V_A$  ahol  $n$  1/min,  $D$  láb,  $V_A$  csomó mértékegységben  
helyettesítendő be [-]

$\eta_{JP}$  – hajócsavar szivattyú- vagy hidraulikus hatásfoka,  $P_J/P_D = P_J/P_P$  [-]

$\eta_{JP0}$  – hajócsavar szivattyúhatásfoka álló helyzetben, más néven állópróbai tolóerő-  
tényező,  $T/(\rho \pi/2)^{1/3}/(P_D D)^{2/3}$  [-]

$\eta_I$  – ideális hajócsavar hatásfoka, hatásfok nem-viszkózus folyadékban [-]

$\eta_{TJ}$  – hajócsavar vízszög hatásfoka,  $2/(1+(1+C_{Th})^{1/2})$  [-]

$\eta_O, \eta_{TPO}$  – hajócsavar nyíltvízi hatásfoka,  $P_T/P_D = TV_A/(Q\omega)$  nyíltvízi adatok alapján [-]

$\lambda$  – hajócsavar elméleti haladási sebességtényezője,  $V_A/(nD)/\pi = J/\pi$  [-]

$\tau$  – hajócsavar tolóerő viszonya a teljes tolóerőhöz gyűrűs csavarnál,  $T_P/T_T$  [-]

### **2.1.2.3.3 Indukált sebességek**

$U_A$  – hajócsavar által létrehozott axiális sebesség [hossz/idő, m/s]

$U_{AD}$  – gyűrű által létrehozott axiális sebesség gyűrűs hajócsavarnál [hossz/idő, m/s]

$U_{AP}$  – hajócsavar által létrehozott axiális sebesség gyűrűs hajócsavarnál [hossz/idő, m/s]

$U_{RP}$  – hajócsavar által létrehozott radiális sebesség gyűrűs hajócsavarnál [hossz/idő, m/s]

$U_{RD}$  – gyűrű által létrehozott radiális sebesség gyűrűs hajócsavarnál [hossz/idő, m/s]

$U_R$  – hajócsavar által létrehozott radiális sebesség [hossz/idő, m/s]

$U_{TD}$  – gyűrű által létrehozott tangenciális sebesség gyűrűs hajócsavarnál [hossz/idő, m/s]

$U_{TP}$  – hajócsavar által létrehozott tangenciális sebesség gyűrűs hajócsavarnál [hossz/idő, m/s]

$U_T$  – hajócsavar által létrehozott tangenciális sebesség [hossz/idő, m/s]

$\beta$  – emelkedési szög hajócsavar szárnyszelvényénél,  $\arctg(V_A/(r\omega))$  [szög, rad]

$\beta_1$  – hidrodinamikai emelkedési szög hajócsavar szárnyszelvényénél, amely számításba veszi az indukált sebességet is [szög, rad]

$\beta_E$  – effektív emelkedési szög,  $\arctg(V_A/(0,7R\omega))$  [szög, rad]

### **2.1.2.3.4 Változó erők hajócsavarnál**

Ld. ITTC 1999 1.3.4 fejezet

### **2.1.2.3.4 Vízszugárhajtás**

Ld. ITTC 1999 1.3.5 fejezet

### **2.1.2.4 Kormányzás és tengerállóság**

#### **2.1.2.4.1 Kormányzás**

##### **2.1.2.4.1.1 Geometriai mennyiségek**

$A_{FB}$  – mellső magassági kormány felülete [m<sup>2</sup>]

$A_{FS}$  – hátsó magassági kormány felülete [m<sup>2</sup>]

$A_{HL}$  – hajó laterál-felülete, a hajó víz alatti részének a középső szimmetriasíkon levő vetülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$A_{LV}$  – hajótest víz feletti részének laterál-felülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$A_R$  – kormány teljes laterál-felülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

$A_{Rmov}$  – kormány mozgatható részének laterál-felülete [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]

---

$A_{RN}$  – kormány névleges laterál-felülete,  $(A_R + A_{Rmov})/2$  [hossz<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>]  
 $b_R$  – kormány hossza [hossz, m]  
 $b_{RM}$  – kormány közepes hossza [hossz, m]  
 $C_{AL}$  – hajó laterál-felület tényezője,  $A_{HL}/(L_T)$  [-]  
 $h$  – vízmélység [hossz, m]  
 $h_M$  – közepes vízmélység [hossz, m]  
 $x_R$  – kormánytengely hosszirányú koordinátája [hossz, m]  
 $\lambda_R$  – kormány alaptényezője,  $b_R^2/A_R$  [-]

#### 2.1.2.4.1.2 Mozgás és viselkedés

$p$  – hajó x tengelye körüli keresztirányú billegés frekvenciája [1/idő, 1/s]  
 $q$  – hajó y tengelye körüli hosszanti bukdácsolás frekvenciája [1/idő, 1/s]  
 $r$  – hajó z tengelye körüli imbolygó lengőmozgás frekvenciája [1/idő, 1/s]  
 $\dot{p}$  – x tengely körüli billegés gyorsulása,  $dp/dt$  [1/idő<sup>2</sup>, 1/s<sup>2</sup>]  
 $\dot{q}$  – y tengely körüli bukdácsolás gyorsulása,  $dq/dt$  [1/idő<sup>2</sup>, 1/s<sup>2</sup>]  
 $\dot{r}$  – z tengely körüli imbolygó mozgás gyorsulása,  $dr/dt$  [1/idő<sup>2</sup>, 1/s<sup>2</sup>]  
 $u$  – hajó x tengely menti hosszanti lengőmozgásának sebessége [hossz/idő, m/s]  
 $v$  – hajó y tengely menti keresztirányú lengőmozgásának sebessége [hossz/idő, m/s]  
 $w$  – hajó z tengely menti függőleges lengőmozgásának sebessége [hossz/idő, m/s]  
 $\dot{u}$  – x tengely menti hosszanti lengőmozgás gyorsulása,  $du/dt$  [hossz/idő<sup>2</sup>, m/s<sup>2</sup>]  
 $\dot{v}$  – y tengely menti keresztirányú lengőmozgás gyorsulása,  $dv/dt$  [hossz/idő<sup>2</sup>, m/s<sup>2</sup>]  
 $\dot{w}$  – z tengely menti függőleges lengőmozgás gyorsulása,  $dw/dt$  [hossz/idő<sup>2</sup>, m/s<sup>2</sup>]  
 $V$  – egyenes vonalú egyenletes mozgás sebessége a hajó tengelyei mentén [hossz/idő, m/s]  
 $V_A, V_0$  – megközelítés sebessége [hossz/idő, m/s]  
 $V_u$  – általánosított sebesség [hossz/idő, m/s]  
 $\dot{V}_u$  – általánosított gyorsulás [hossz/idő<sup>2</sup>, m/s<sup>2</sup>]  
 $V_F$  – folyadékáramlás sebessége [hossz/idő, m/s]  
 $V_{WR}$  – relatív szélesebesség [hossz/idő, m/s]  
 $V_{WT}$  – tényleges szélesebesség [hossz/idő, m/s]  
 $\psi$  – imbolygási vagy irányyszög [szög, rad]  
 $d_t\psi$  – irányváltási sebesség,  $d\psi/dt$  [szög/idő, rad/s]  
 $\psi_0$  – eredeti irány [szög, rad]  
 $\theta$  – bukdácsolás (trim) szöge [szög, rad]  
 $\varphi$  – billenési szög [szög, rad]

#### 2.1.2.4.1.3 Áramlási szögek, stb.

$\alpha$  – bukdácsolási szög, megfúvási (támadási) szög a hajótesten bukdácsolásnál [szög, rad]  
 $\beta$  – sodródási szög, megfúvási (támadási) szög a hajótesten imbolygásnál [szög, rad]  
 $\beta_{WR}$  – szél relatív támadási szöge [szög, rad]  
 $\delta_{eff}$  – effektív kormány hozzáfolyási szög [szög, rad]  
 $\delta_0$  – semleges kormányyszög [szög, rad]

$\delta_B$  – mellső magassági kormány szöge [szög, rad]  
 $\delta_S$  – hátsó magassági kormány szöge [szög, rad]  
 $\delta_R$  – kormány szöge [szög, rad]  
 $\delta_{R0}$  – kormány elrendelt szöge [szög, rad]  
 $\psi_C$  – pillanatnyi sebesség irányszöge [szög, rad]  
 $\psi_{WA}$  – abszolút szélirány szöge [szög, rad]  
 $\psi_{WR}$  – relatív szélirány szöge [szög, rad]

#### 2.1.2.4.1.4 Erők és származtatott mennyiségek

(a teljes listát ld. ITTC 1999 1.4.1.4 fejezet)

$K$  – billegési nyomaték a hajótesten, x tengely körüli nyomaték [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $M$  – bukdácsolási nyomaték a hajótesten, y tengely körüli nyomaték [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $N$  – imbolygási nyomaték a hajótesten, z tengely körüli nyomaték [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $N_r$  – imbolygási nyomaték imbolygási sebesség szerinti deriváltja,  $\delta N/\delta r$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő, kgm<sup>2</sup>/s, Nms]  
 $N_{\dot{r}}$  – imbolygási nyomaték imbolygási gyorsulás szerinti deriváltja,  $\delta N/\delta \dot{r}$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>, Nms<sup>2</sup>]  
 $N_v$  – imbolygási nyomaték y tengely menti keresztirányú lengőmozgás sebessége szerinti deriváltja,  $\delta N/\delta v$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő, kgm<sup>2</sup>/s, Nms]  
 $N_{\dot{v}}$  – imbolygási nyomaték y tengely menti keresztirányú lengőmozgás gyorsulása szerinti deriváltja,  $\delta N/\delta \dot{v}$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>, Nms<sup>2</sup>]  
 $N_{\delta}$  – imbolygási nyomaték kormányzög szerinti deriváltja,  $\delta N/\delta \delta$  [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $Q_{FB}$  – nyomaték a mellső magassági kormányon [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $Q_R$  – nyomaték a kormányzáron [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $Q_{FS}$  – nyomaték a hátsó magassági kormányon [tömeg\*hossz<sup>2</sup>/idő<sup>2</sup>, kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, Nm]  
 $X$  – hajó x tengely menti hosszanti lengőmozgásából eredő erő a hajótesten [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $X_R$  – hosszirányú kormányerő [tömeg\*hossz/idő<sup>2</sup>, kgm/s<sup>2</sup>, N]  
 $X_u$  – hajó x tengely menti hosszanti lengőmozgásából eredő saját mozgás sebessége szerinti deriváltja,  $\delta X/\delta u$  [tömeg/idő, kg/s, Ns/m]  
 $X_{\dot{u}}$  – hajó x tengely menti hosszanti lengőmozgásából eredő saját mozgás gyorsulása szerinti deriváltja,  $\delta X/\delta \dot{u}$  [tömeg, kg, Ns<sup>2</sup>/m]

#### 2.1.2.4.1.5 Lineáris modellek

Ld. ITTC 1999 1.4.1.5 fejezet)

#### 2.1.2.4.1.6 Fordulási körök

- $D_C$  – fordulókör átmérő állandó sebességénél [hossz, m]  
 $D_C'$  – fordulókör átmérő tényező állandó sebességénél,  $D_C/L_{PP}$  [-]  
 $D_0$  – természetes fordulókör átmérő állandó sebességénél,  $\delta_R=\delta_0$  [hossz, m]  
 $D_0'$  – természetes fordulókör átmérő tényező állandó sebességénél,  $D_0/L_{PP}$  [-]  
 $l_r$  –  $r$ - $\delta$  görbe hurokmagassága instabil hajónál [1/idő, 1/s]  
 $l_\delta$  –  $r$ - $\delta$  görbe hurokszélessége instabil hajónál [-]  
 $r_C$  – fordulás sebessége (frekvenciája) állandó sebességénél [1/idő, 1/s]  
 $r_C'$  – fordulási sebesség tényező állandó sebességénél,  $r_C L_{PP}/U_C$  vagy  $2L_{PP}/D_C$  [-]  
 $R_C$  – fordulósugár állandó sebességénél [hossz, m]  
 $t_{90}$  – ahhoz szükséges idő, hogy 90-fokos irányváltás bekövetkezzék [idő, s]  
 $t_{180}$  – ahhoz szükséges idő, hogy 180-fokos irányváltás bekövetkezzék [idő, s]  
 $U_C$  – sebesség állandó sebességű fordulásnál [hossz/idő, m/s]  
 $x_{090}$  – x irányú elmozdulás a 90-fokos irányváltásig [hossz, m]  
 $x_{0180}$  – x irányú elmozdulás a 180-fokos irányváltásig [hossz, m]  
 $x_{0max}$  – maximális x irányú elmozdulás [hossz, m]  
 $y_{090}$  – y irányú elmozdulás a 90-fokos irányváltásig [hossz, m]  
 $y_{0180}$  – y irányú elmozdulás a 180-fokos irányváltásig, taktikai átmérő [hossz, m]  
 $y_{0max}$  – maximális y irányú elmozdulás [hossz, m]  
 $\beta_C$  – sodródási szög állandó sebességű fordulásnál [szög, rad]

#### 2.1.2.4.1.7 Cikk-cakk manőverek

Ld. ITTC 1999 1.4.1.7 fejezet

#### 2.1.2.4.1.8 Megállási manőverek

Ld. ITTC 1999 1.4.1.8 fejezet

#### 2.1.2.4.2 Tengerállóság

Ld. ITTC 1999 1.4.2 fejezet

Az International Towing Tank Conference (ITTC) 1999-es ülésének jegyzőkönyve további tartalmát a következőkben találhatják.

- 2 Különleges hajók
  - 2.1 Sikló- és részleges vízkiszorítású hajók
  - 2.2 Többtestű hajók
  - 2.3 Szárnyashajók
  - 2.4 Légpárnás és felületi hatással működő hajók
  - 2.5 Jégben járó hajók
  - 2.6 Vitorlás hajók
- 3 Mechanika
  - 3.1 Alapelvek

- 3.1.1 Koordináták és a térrel kapcsolatos fogalmak
- 3.1.2 Idő és frekvencia tárgykörébe tartozó elvek
- 3.1.3 Véletlen mennyiségek és sztohasztikai eljárások
- 3.1.4 Egyensúlyi állapotok és rendszerekkel kapcsolatos elvek
- 3.2 Szilárd testek mechanikája
  - 3.2.1 Inerciák és hidrodinamikai tulajdonságok
  - 3.2.2 Külső és szekcionális terhelések
  - 3.2.3 Merev testek mozgása
- 3.3 Folyadékok mechanikája
  - 3.3.1 Áramlási paraméterek
  - 3.3.2 Áramlási mezők
  - 3.3.3 Felhajtóerőt indukáló felületek
  - 3.3.4 Határrétegek
  - 3.3.5 Kavitáció
- 3.4 Környezeti mechanika
  - 3.4.1 Hullámok
  - 3.4.2 Szél
  - 3.4.3 Jég-mechanika
- 4 Háttér és referenciák
- 5 Függelékek

### 2.1.3 A hajógyártás eszközei és szervezése

Már a korábbi fejezetekben volt szó arról, hogy a hajó milyen bonyolult műszaki termék, amelynek – elsősorban a szállított áruk és emberek biztonsága érdekében – nemcsak olyan kialakításúnak kell lennie, amely tökéletesen megbízhatóvá teszi, hanem azoknak a szerkezeti anyagoknak is ezt a célt kell szolgálnia, illetve gyártásának (vagy inkább a hajókra jobban illő szóval) építésének olyan létesítményben kell megtörténnie, amely garantálhatja ugyanezt. Azt is látni fogjuk a későbbiekben, hogy a hajózás biztonságossá tétele érdekében létrehozott nemzeti és nemzetközi intézmények mind a három területen komoly követelményeket állítanak a hajóépítők és üzemeltetők elé. *A magyar hajógyártásról* is érdemes néhány szót szólni.

A magyar hajógyártás korábban három területre koncentrált. Az első hajókat a Balatonon építették, ahol két helyen alakítottak ki megfelelő kapacitású hajógyárat, Balatonfüreden és Siófokon. Az első volt az a gyár, ahol a hatvanas években számos dunai vontató és dunai illetve tiszai jégtörő hajó épült.

A másik természetes környezet a Duna volt, ahol Budapesten mindkét parton építettek hajógyárat, amelyek egy évszázadnál is tovább folytatták ezt a tevékenységet. A régebbi az Óbudai Hajógyár volt, ez a létesítmény – ha eltekintünk a Duna vízállásának máig szabályozatlan jellegétől, amelynek változására jelenleg remény sincs – optimális feltételeket kínált a folyami hajók gyártására. A másik oldalon levő Ganz Hajógyár hasonlóan jó feltételekkel bírt, amelyek még tengeri hajók nagy sorozatban való gyártását is lehetővé tették.

---

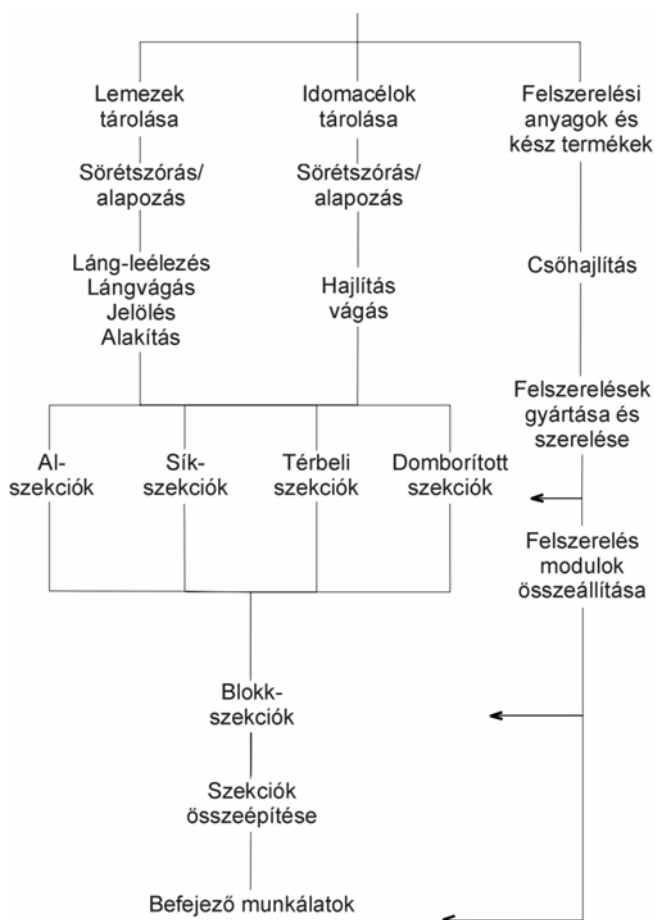
A harmadik a korábban tengeri hozzáféréssel bíró Osztrák-Magyar Monarchia fiemei hajógyára volt, ez a gyár azonban az első világháború után idegen kézbe került, mindössze annyit lehetett tenni, hogy azokat a szakembereket, akik hajlandóak voltak a tevékenység Angyalföldre való telepítése miatt átköltözni, Budapestre hozták. A Ganz folytatta tehát a tengeri hagyományokat.

Sajnálatos, hogy jelenleg olyan hajók építése és tervezése gyakorlatilag nem folyik, amelyek a magyar gazdaság kereskedelmi vagy ipari tevékenységéhez pozitívan hozzájárulhatnának. Ennek okai a hajótervezők és építők számára ismeretesek: egyrészt megszűnt a hajóipar, létesítményei helyén olyan vállalkozások találhatóak, amelyek csupán az ingatlant hasznosítják, másrészt már nem létezik olyan hajózó és hajófuvarozó gazdasági egység az országban, amelynek ezekre a hajókra szüksége lehetne. Bár az utóbbi nincs szoros kapcsolatban magával a hajógyártás leépülésével (vagy inkább leépítésével), hiszen a hajóipar csak kis mértékben szolgálta a hajózási vállalatot korábban is, a két negatív folyamat együttesen majdnem feleslegessé tette a szakemberképzést, ami a több évszázados tudás elvesztéséhez vezet. Az okok részletes tárgyalása politikai fórumot igényelne, hiszen az események háttere is az volt. Ebben a fejezetben a hajó tervezésének és gyártásának két olyan területét tárgyaljuk, amely az építés minden további részletére alapvető hatással van, ez pedig a hajógyár maga és a tervezési folyamat.

### 2.1.3.1 A hajógyár optimális kialakítása

A legtöbb hajógyár nagy múlttal rendelkezik, és eredetileg olyan helyet szemeltek ki számára, amely megfelelő a kisebb hajók építéséhez olyan módszerekkel, amelyek ma már elavultak. A hajók méretének növekedése és az új szerkezeti anyagok megjelenése miatt sok cég felismerte, hogy előnyös lenne a hajógyár telepítési tervének módosítása. A legfontosabb célok ennél a fejlesztésnél amellet, hogy a nagyobb hajók építésének lehetőségét megteremtsék, elsősorban az egyenletes munkaterhelés, a rövidebb építési ciklus, illetve a gazdaságosság az építési eljárások alkalmazása során. Ezeket a célokat legtöbbször csak akkor lehet elérni, ha olyan helyszínrajzot választanak, amely lehetővé teszi a jó anyagáramlást az egyik építési stádiumból a másikba anélkül, hogy szűk keresztmetszetek keletkeznének. Az sem elhanyagolható tényező természetesen, hogy a termelési folyamatot akadálytalanul lehessen megszervezni, tehát a lehető legjobb üzem- és berendezés-elosztást kell a *telepítési terveken* megvalósítani.

Az nagyon ritka eset, hogy a hajóépítőnek sikerüljön egy teljesen új helyet kiválasztania, és ezzel ideális helyszíntervet készíteni. Normális esetben a meglévő ingatlant kell használnia, és az ideálisból kiindulva ahhoz képest kell azokat a módosításokat elvégeznie, amelyek a hely specialitásaiból következnek. A legtöbb esetben a hajóépítésnek folytatódnia kell a hajógyárban, ezért a kívánt módosításokat apránként kell végrehajtania, hogy ne akadályozza túlzottan a jövedelmet biztosító tevékenységet.



2.1.3.1.1 ábra A hajóépítés munkafolyamata

Az ideális elrendezés egy korszerű hajógyár esetében a gyártás menetén alapul, amikor a hajógyár az építéshez elengedhetetlen *sólyatér* és *vízi szerelőcsarnokok* számára helyet biztosító vízterületnél kezdődik, és a telek távolabbi részén helyezkednek el a többi egységek. A vízi szerelőcsarnoktól legtávolabbi első hely az *anyagraktárnak* van fenntartva, a kettő között pedig a termelés menetének megfelelő sorrendben helyezkednek el a többi csarnokok és műhelyek. Az viszont gyakran előfordul, hogy a meglévő hajógyár a folyópartot kénytelen követni, mivel a folyótól távolabb beépített területek vannak, amelyek akadályozzák a terjeszkedést, tehát módosítani kell a gyártási folyamatot.

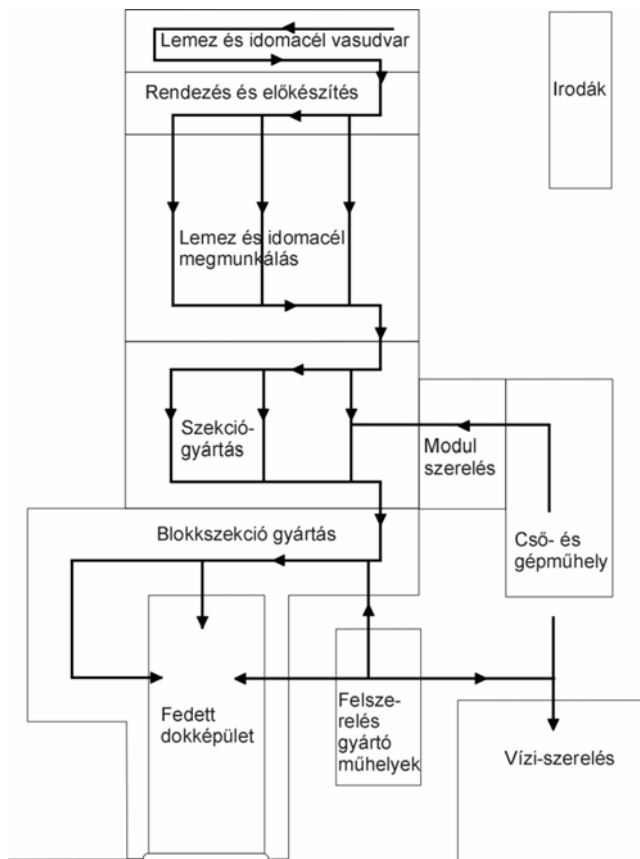
Egy új *hajógyár telepítési terveinek* elkészítésekor vagy egy meglévő gyár átalakításakor a következőkben felsorolt kérdésekről kell döntést hozni:

- építendő hajó(k) mérete és típusa,
- éves anyagszükséglet,
- anyagmozgató és kezelő berendezések,
- telepítendő gépi megmunkáló berendezések,
- a gyártandó és összeépítendő szekciók mérete,
- a hajóra és hajóba kerülő felszerelések és gépek,
- ellenőrzési szolgáltatások terjedelme,
- irányító személyzet és berendezések.

A meglévő hajógyárak elrendezési terveit a hegesztési eljárások elterjedése és az ezzel lehetségessé vált *szekciógyártás* miatt, illetve az azt követően elengedhetetlenül szükségessé váló precíz gépi *lemez- és szelvény-előkészítés* meghonosítása következtében át kellett alakítani, hogy kihasználhatóak legyenek az új eljárásokkal lehetségessé váló termelékenységi előnyök, és így a hajóépítőnek meg lehessen adni az esélyt a versenyképességre.

Mielőtt a hajógyár tényleges elrendezési tervét elkészítettetnénk, a legfontosabb dolog átgondolni a hajóépítésben érintett gyártás-technológiák kapcsolatát, amint az a 2.1.3.1.1 ábrán látható.





2.1.3.1.2 ábra Hajógyár optimális alaprajza

A hajógyárak általában rendelkeznek olyan létesítménnyel, mint *szárazdokk* vagy *vízi összeszerelő csarnok*, ahol a gyakorlatilag kész hajót vízrebocsátás után felállítják vagy kikötik, és ahol a hátralevő munkafázisokat elvégzik. Itt megfelelő daruzási lehetőségek vannak, illetve annak előkészítése, és a gépműhelyek sincsenek túl messze innen. A felszerelések és gépek nagy részét ma már a szekciógyártás során beépítik a helyére, ezért ez a szempont a hajógyár számára nem annyira fontos. A 2.1.3.1.2 ábrán egy új telepítésű hajógyár idealizált elrendezése látható, amely olyan

kisebb hajógyár esetében lehet megfelelő, amely egy vagy két járatos hajótípusra specializálódott, amelyek átfutási ideje meglehetősen rövid, így egyetlen *fedett dokk* vagy vízi szerelőcsarnok elegendő.

A dokkok rendelkeznek néhány előnnyel a vízi szereléssel szemben. Főleg ott jobb velük dolgozni, ahol nagyobb hajókat építenek, amelyek vízrebocsátása körülményes és költséges, és mindig előfordulhat, hogy a szokásos vízrebocsátási eljárás során szerkezeti károsodások keletkeznek a hajó életében kizárólag ennél az egy esetenél jelentkező nagy feszültségek miatt. A dokkok esetében a daruzás is könnyebben megoldható. A dokkok egyetlen hátránya a nagy beruházási igény.

Számos hajógyár átépítésénél olyan fedett létesítményeket hoztak létre, mint pl. a dokkok vagy a csarnokok belsejében elhelyezett sólyatér. Más esetekben az építő csarnokokból, amelyek a sólyatér felső végénél vannak, fejlett szállítóberendezés tolja ki a hajótestet a sólyára vízrebocsátás előtt. Az ilyen létesítmények lehetővé teszik a hajóépítést olyan gyári környezetben, amelyet sem az időjárás viszontagságai, sem a természetes fény hiánya nem befolyásolhat.

## 2.1.3.2 Hajótervező irodák és rajzpadlás

### 2.1.3.2.1 Hajótervező iroda

A *hajótervező iroda* hagyományosan felelős az *általános vasszerkezeti és elrendezési rajzok*, illetve a *vasszerkezeti és egyéb részletrajzok* elkészítéséért. A tervezőiroda által elkészített szerkezeti rajzok az osztályozó intézeti előírások (pl. Lloyd's) szerint vannak kidolgozva, és jóváhagyást igényelnek; a rajzokba belekerülnek a tulajdonos egyéb követelményei és a standard hajógyári gyakorlati elvek is. Általános elrendezési rajzok készülnek valamennyi lakótérről és raktérről ill. ellátmányraktárról, amelyek kielégítik a rendeletekben lefektetett követelményeket és a hajótulajdonos előírásait, valamint az érvényes szabványokat. Az iroda elkészíti a többi gyártási rajzot is, mint pl. gépészeti és fedélzeti felszerelések elrendezése, csőrendszerek, szellőzés és légkondicionálás (ezt gyakran külső alvállalkozó készíti el), hajózási és kikötési felszerelések, lakberendezési tervek, stb.

Az 1970-es évek végétől a mikroprocesszoron alapuló számítástechnikai hardver fejlődése hozzáférhetővé tette az ipárnak a nagy teljesítményű számítógépeket viszonylag mérsékelt árszinten. Ez a technika vezetett el azokhoz a fejlesztésekhez, amelyeknek része a *számítógépes tervezés* (computer aided design, CAD), a *számítógépes mérnöki tevékenységek* (computer aided engineering, CAE) és a *számítógépes gyártás* (computer aided manufacture, CAM), amelyek ma már mindennapiak a hajóépítésben. Ezek a rendszerek tökéletesen kiszorították a kézi rajzolást és az egyes alkatrészek *számjegyzévrésű megmunkáló-gépeken* való elkészítését a legtöbb hajógyárban. Azokat a számítógépes alapon működő hajóépítési rendszereket, amelyeket eredetileg az 1960-as és 1970-es évek fordulóján dolgoztak ki az NC gépekkel való gyártáshoz és a rajzpadláshoz, a mai műszaki háttér segítségével továbbfejlesztették, hogy a tervezőiroda funkcióihoz igazítsák őket, és a hajógyár többi rendszeréhez is átfogó illesztő-programokat (interface) hozzanak létre.

A CAD/CAE/CAM rendszerek alapjául a *háromdimenziós hajótermék modell* (3D Ship Product Model) szolgál, amelyben tárolva vannak a hajó összes elemének geometriai és paraméterekkel megadott jellemzői, amelyek részben a szerződésnek megfelelő tervekől, részben az osztályozó intézet szerkezeti elemekre vonatkozó előírásaiból származnak. Ez a modell az összes építési fázisban megjeleníthető, és arra is felhasználható, hogy a hajó gyártására vonatkozó információt szolgáltatson.

A tervezőiroda hagyományosan *anyagigénylési osztállyal* is rendelkezett, amely a rajzok alapján összeírta az igényeket, és azokat továbbította. Az iroda a *rajzpadlással* és a *gyártástervezési irodával* is szorosan együttműködött. Ezek a funkciók kibővültek és tökéletesebbé váltak a CAD/CAE/CAM rendszereknek a tervezőirodára való telepítésével. A 3D hajótermék modellből generált szerkezeti rajzok precizitása lehetővé teszi, hogy jobban megbízzanak bennük, mint a kézzel készített rajzokban, és a rendelkezésre álló információ a számítógépben tárolható, hogy az illesztő-programokon át a hajógyár kereskedelmi rendszerei megkapják a számukra szükséges adatokat az anyagbeszerzéshez és tároláshoz. A részszekciók, szekciók és testszekciók rajzai akár 2-, akár 3-dimenziós formában elkészíthetőek, amelyek alapján a standard gyártási sorrend és gyártóberendezések ismeretében a rajzvizsgáló szakemberek megbizonyosodhatnak arról, hogy a szerkezeti tervek a hajógyár erőforrásait hatékonyan használják ki, és a megalapozott optimális költségszerkezetű gyakorlatot követik. A rajzból nyerhető információk alapján kigyűjthetőek a hegesztések hosszai és

típusai, az acélsúlyok és a részletes alkatrészlisták, és továbbíthatóak a gyártásszervezési rendszerekhez. A 3D acélszerkezeti szekciót a rajzvizsgáló körülforgathatja a képernyőn, hogy a legjobb kézalatti hegesztési pozíciót megtalálja. A 3-dimenziós rajzok alkalmazása különösen a felszerelési rajzok területén értékelhető, ahol pl. a csőrendszereket 'meg lehet tekinteni' 3-dimenziós képen, és pontosan fel lehet mérni, mielőtt a 2-dimenziós rajzot elkészítik. A továbbiakban a tervezőirodában elkészített néhány rajztípust tárgyaljuk, amelyek fontossága nagyobb a többiekénél.

### **Vonalterv**

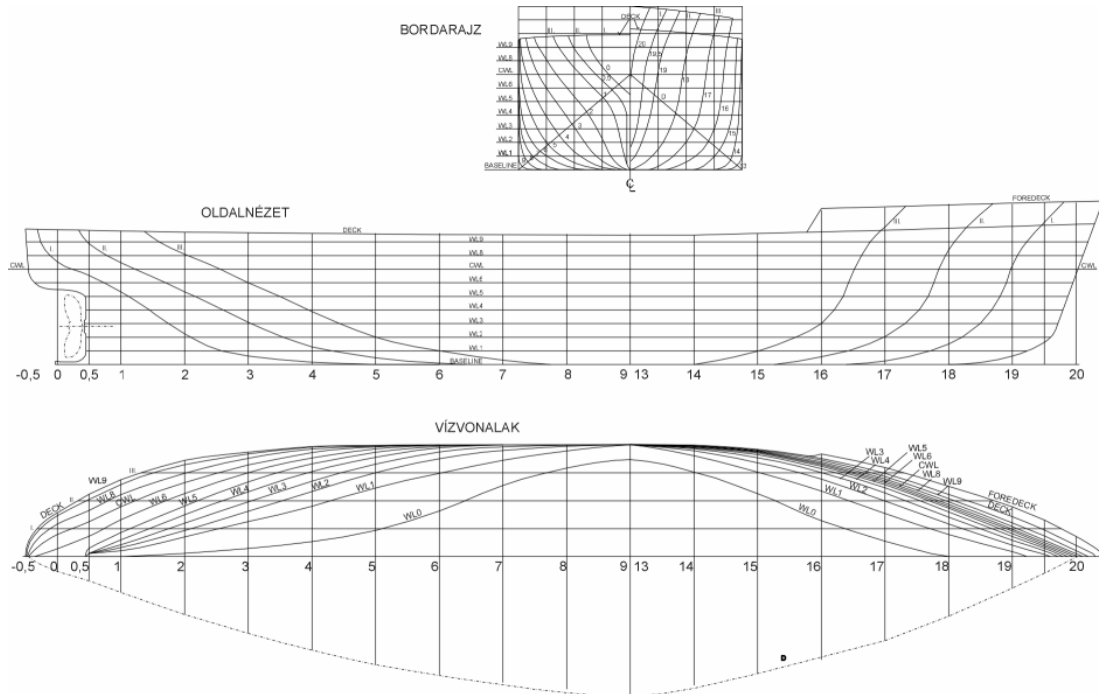
A *vonaltervről* a 2.3 Geometriai tervezés fejezetben írtunk többet. Ennek előzetes változatát valójában már az elképzelés fázisában el kell készíteni, hogy a hajó igényelt kapacitását, vízkiszorítását és propulziós jellemzőit meg lehessen határozni. A vonaltervet a későbbiekben finomítani kell az ajánlati terv fázisában, és utána minden modellkísérleti mérés vagy más módszer alkalmazása után, amely a hajó propulziós és menettulajdonságainak pontosabb megismerését célozza. A vonalterv tulajdonképpen megfelelő léptékben ábrázolja a hajótest vízvonalait felülnézetben, függőleges metszeteit oldalnézetben és keresztirányú (borda-) metszeteit hátulról ill. előlről nézve, ez utóbbiak a hátsó és mellső függély közötti egyenletes elosztásban helyezkednek el. A bordametszetek általában a függélyek közötti hossz tíz részre osztásával adódnak, de fél-távolságra a függélyektől a feles bordák is meg vannak rajzolva, mivel ott a hajótest erősebben változik. A bordarajzok csak a fél hajótestet mutatják, mivel a hajó szimmetrikus a hajó hossz tengelyére, a hátsó metszetek a baloldalra a mellsők a jobboldalra kerülnek. Az előzetes vonaltervet csak a vízkiszorítás, trim, hordképesség, stb. közelítő meghatározására készítik el, és csak a felül- és oldalnézet van ábrázolva a hajótest áramvonalassága érdekében. Amikor a végső kiegyenlített vonalterv is rendelkezésre áll, a teljes vonaltervhez tartozik a hajó *oldalprofilja* és az összes *vízvonal* az *alapvonal* felett egyenletes osztásban.

A 2.1.3.2.1.1 ábrán vonalterv látható. Az *oldalnézetben* a *függőleges metszetek* vannak megrajzolva, hátul far, elől orr megnevezéssel. A *medersoron* át szokás úgy nevezett *diagonálmetszetet* készíteni és a vízvonalak között feltüntetni, ez is segít a hajótest áramvonalasságának kialakításában.

Amikor még kézzel készült a vonalterv, a tervezők '*mérettáblázat*' néven táblázatot állítottak össze, ami minden bordametszetre tartalmazta a vízvonalankénti *félszélességeket*, ill. a függőleges metszetek magasságát az alapvonal felett, stb. Ezt a táblázatot aztán a rajzpadlásnak adták át, hogy 1:10 léptékű rajzon egyenlítsék ki a tervet, vagy egy számítóközpontnak teljes kiegyenlítésre. A vonalterv kis léptéke miatt és amiatt, hogy a bordametszetek a vasszerkezeti *bordakeretekhez* képest nagyon távol voltak egymáshoz, ez a kiegyenlítés még nem volt elégséges az építés céljaira. A rajzpadlás szakemberei vagy a számítóközpont alkalmazottai minden bordakeretre kiterjedő teljes mérettáblázatot készítettek.

Ma már a hajógyárak számítógépein levő integrált tervezőrendszerek széleskörű használata miatt a hajótest formáját koncepcionálisan meg lehet alkotni és azt utána kiegyenlíteni a gyártás céljainak megfelelően anélkül, hogy a terv papíron megjelenne. A hajótest formáját a számítógépes rendszerben 3-dimenziós '*drótmodell*' formájában

őrzik, amely tipikusan meghatározza a szerkezeti elemek sablonkörvonalait, így a hajó bármelyik szerkezeti metszetét automatikusan generálni tudja a 'drótmodellből'.



2.

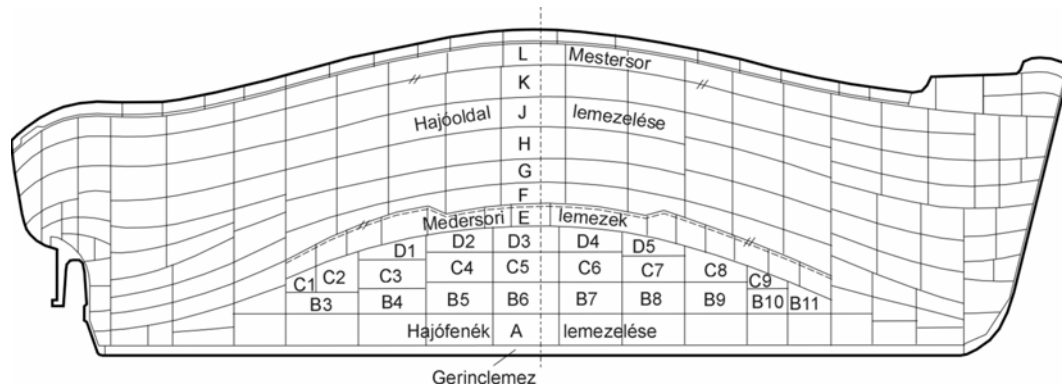
2.1.3.2.1.1 ábra Vonalterv

### ***A héjlemezek 3-dimenziós megjelenítése***

Amikor a rajzkészítési fázisban a *héjlemezek kiosztását* és elrendezését készítjük elő, időnként nehézségbe ütközik a varratok és a lemezformák pontos meghatározása a hagyományos kétdimenziós rajzon. A hajógyarak ezért a 'fél-modell' alkalmazását részesítették előnyben, amely lényegében egy hajó tömör fából kifaragott egyik oldala a hossz-szimmetriasíktól a hajóoldalig, amelyet a középsík helyén levő falpra szerelnek fel. A rendkívüli precizitással elkészített és végül fehérre festett fél-modellt arra használták, hogy felrajzolják rá a valóságos (szerkezeti) bordametszeteket, lemezvarratokat kereszt- és hosszirányban, fedélzetek vonalát, hossz- és keresztirányú keretbordákat, válaszfalakat, sík felületeket, az orrnál és a farnál felszerelt külső szerkezetek helyét, tengelykivezetést, stb.

A CAD rendszer segítségével a héjlemez elrendezését interaktív módon lehet elkészíteni a képernyőn (azaz a képet elő lehet hívni, dolgozni rajta, módosítani, stb.) a vonalrajzból összeálló 3-dimenziós 'drót-modell' alapján, és össze lehet állítani a kétdimenziós lemeztervet. Ezt a rajzot azután fel lehet használni a térbeli görbült felületen levő valamennyi vonal 3-dimenziós képének megalkotására, lényegében egy vizuális 'fél-modell' segítségével.

*Kiterített héjlemez rajza.* A 3-dimenziós modellről származó héjlemezelés ábrázolható egy 2-dimenziós rajzon, amelyet *héjlemez-kiterítésnek* neveznek. Ezen a rajzon az összes függőleges méretet a hajó bordametszetének kerületéről veszik le, tehát nem vetített ábrázolásról van szó.

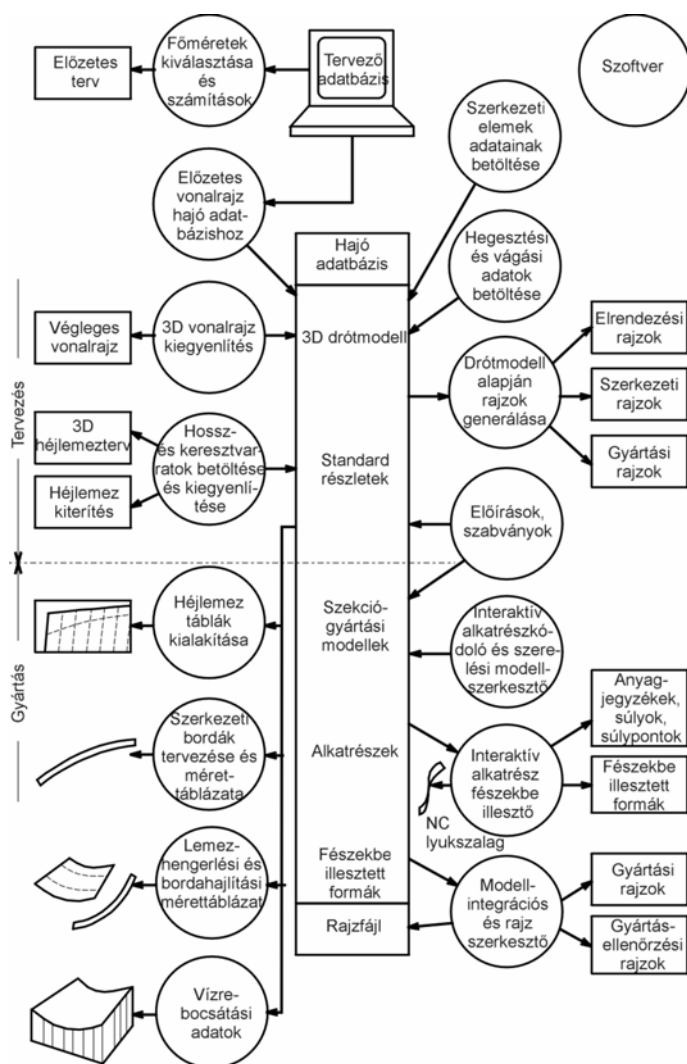


2.1.3.2.1.2 ábra Kiterített héjlemez

Ez a technika mind a fenék, mind az oldal lemezelését összefüggő egységben ábrázolja. A 2.1.3.2.1.2 ábra egy tankhajó tipikus héjlemez-kiterítését mutatja. Az ábráról az egyszerűség érdekében hiányzik a héjlemezzel összehegesztett fedélzetek és merevítők (bordák, hosszmerevítők) helyének megjelölése, amely az ilyen rajzokon mindig fel van tüntetve. Ez a lemezek számozást is magában foglalja, illetve a lemezsorok betűjeleit hivatkozási célból, és jól mutatja a rendszer jellegzetességét, hogy a lemezsorok 'kifutnak', ahogy hátul és elöl a bordametszet kerülete csökken. Itt meg kell jegyezni, hogy számos esetben a korszerű hajók héjlemez-kiterítése tartalmaz egy másik számozási rendszert is, amely a szekciók összeállítási sorrendjére utal, nem pedig az egyes lemezekre, ezért az ilyen rajz használata alapján nem könnyű az egyes lemezeket meghatározni. Azonban az egyes lemezek gyakorta abban a sorrendben vannak megjelölve, ahogy legjobban segíthetik a gyártási azonosítást.

### 2.1.3.2.2 Rajzpadlásán végzett munka a tervezőirodai tevékenység után

A hajógyárakban a *rajzpadlás* eredetileg egy nagy fapadlós terület volt, ahol a hajót természetes nagyságban meg lehetett rajzolni. Amikor a hagyományos módon készült adott léptékű vonalterv és a mérettáblázat a rajzpadlás személyzetéhez került a tervezőirodától, a hajótest vonalait teljes méretarányban felrajzolták és kiegyenlítették. Ez azt jelentette, hogy tekintélyes hosszúságú padlófelületre volt szükség még úgy is, hogy a lépték az oldalnézet és a felülnézet elkészítésénél különböző volt hossz- és harántirányban (a hossz általában 1:2 arányban zsugorítva volt), illetve a hajó hátsó és mellső részét egymásra rajzolták.



2.1.3.2.2.1 ábra A hajótervezés és előgyártás blokk-sémája

A bordametszeteket teljes méretarányban rajzolták fel, mivel azokat korrigálták, hogy a 'bordasablon' néven ismert eszközöket megszerkesszék. A hajóépítők azonban, amint lehetőségük nyílt rá, elhagyták a nagy méretű rajzpadlás alkalmazását, és a hajó vonaltervének kiegyenlítését inkább az erre a célra kidolgozott számítógépes programokkal végeztették el a számítóközpontokban. Amint ezek elvégezték a teljes léptékű kiegyenlítést, már csak a bordasablonok elkészítésére volt szükség a kiegyenlített méret táblázat alapján.

### Bordasablonok

A bordasablonokat arra használták, hogy elkészítsék a gyártási sablonokat a bordakeretek hajlításához és a domborítást vagy hajlítást

igénylő lemezekhez. A héjlemez tábláit természetes nagyságban kiserkesztették a padlás padlóján, és az így készülő gyártási sablonok alapján a lemezeket a műhelyben ki tudták vágni pontos méretre és alakra, majd a bordákra felerősítették őket.

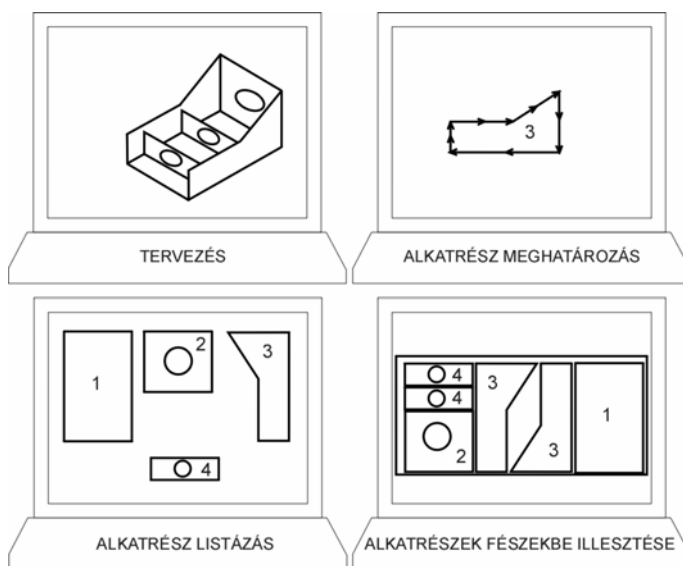
### 1:10 léptékű rajzpadlás-munka

Az 1950-es évek végén az 1:10 léptékű rajzpadlás-munka terjedt el. Ez a rajzpadlást tulajdonképpen speciális rajzolóirodává zsugorította, és sokban hozzájárult a gyártástechnológia fejlődéséhez. A hajótest vonaltervének kiegyenlítése és a bordasablonok megrajzolása 1:10 méretarányban történt. Sok hajógyár dolgozott fotocellás lángvágó gépekkel, amelyek vezérléséhez 1:10 arányú sablonokat használtak (ld. 4.1.3. fejezet). Ezeknek a sablonrajzoknak a készítésénél a kiserkesztett vagy szabályos lemezformákat fehér papírra ceruzával előrajzolták, majd a körvonalat tussal kihúzták az arra helyezett átlátszó anyagon (pausz vagy celluloid). Az utóbbi volt gyakoribb, mivel az anyagnak különféle hőmérséklet és légnedvesség mellett is alaktartónak kellett lennie, illetve meg kellett akadályoznia, hogy a tusvonalak

'kiszőrösödjenek'. Rendkívüli pontosság volt szükséges a vonalvastagságnál is, a vonalakat pedig kívülről húzták meg, vagyis a lemez leeső oldalán. A profilvezérlő sablonok egy részét egyszerűen át lehetett másolni a bordasablonokról, pl. a keretborda gerinceket.

### **CAD/CAM rajzpadlás-munka**

Már volt szó arról, hogy a hajógyárakban telepített számítógépes rendszerek képesek a vonalterv kiegyenlítésére természetes nagyságban és ezek tárolására *3-dimenziós modellként*. Ez a tárolt információ hozzáférhető a szakembernek, hogy a hagyományos rajzpadlás-munkát elvégezze, mint pl. a bordák és hosszmerítők hajlításának előkészítése, a héjlemezek alakjának kiszervezése és azok domborítására vagy hajlítására vonatkozó információ összeállítása, egy interaktív megjelenítő segítségével.



2.1.3.2.2.2 ábra CAD/CAM rajzpadlás-munka

A számjegyvezérlésű lángvágó gép számára a kivágandó alkatrészeket 'fészekbe teszik', azaz beillesztik arra a lemeztáblára, amelyből az a leggazdaságosabban kiszabható a legkisebb anyagvesztéssel. A kiszervezést már a rajzolási fázisban meg lehet oldani, és tárolni az adatokat addig, amíg az interaktív beillesztésre sor kerül. A legkedvezőbb vágási

módot a rajzoló szakember választja ki a grafikus képernyőn. Amikor kész a vágási utasítás, szimulációt tud végezni és kiszűrheti a hibákat. Az NC szalag ellenőrzése annak kilyukasztása után egy nyomtatón is elvégezhető. A szakember az utasításokat is elkészítheti a lemezek vágásához, azt követő összeállításukhoz szekciókba, a domborított héjlemez-táblák behegesztésére szolgáló fogókészülékek paramétereinek meghatározásához, a bordák és egyéb vasszerkezeti elemek hegesztéséhez, stb. Azok a héjlemez-alkatrészek, amelyek a hajótest legvégén elől vagy hátul vannak, vagyis azok, amelyek nemcsak hajlításra vagy hengerlésre várnak, hanem domborításra a hegesztett fartőkénél és a bulba-ornnál, ma is még manuális szerkesztést igényelnek a rajzpadláson 1:10 léptékben.