

**FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE
TIVAT**

Andela Milinić

**STABILITET KATAMARANA ZA
PREVOZ DO 85 PUTNIKA**

SPECIJALISTIČKI RAD

Tivat, 2016

FAKULTET ZA MEDITERANSKE POSLOVNE STUDIJE TIVAT



**STABILITET KATAMARANA ZA
PREVOZ DO 85 PUTNIKA**

SPECIJALISTIČKI RAD

Predmet: Projektovanje, konstrukcija i održavanje jahti

**Mentor:
Prof. dr Oto Iker**

**Student: Anđela Milinić
Smjer: Nautički turizam i
upravljanje marinama
Br. index-a: S33/16**

Tivat, Decembar, 2016. godine

Sadržaj:

1. UVOD.....	2
2. STABILITET BRODA.....	4
2.1. Opšte napomene o brodu.....	4
2.2. Opšte napomene o stabilitetu.....	5
2.3. Stabilnost broda pri malim uglovima nagiba.....	6
2.4. Stabilnost broda pri velikim uglovima nagiba.....	15
2.5. Prodor vode.....	21
2.6. Pokus nagiba broda.....	22
3. POMORSKI PROPISI O STABILITETU PUTNIČKIH BRODOVA.....	24
3.1. Međunarodni IMO propisi.....	24
3.1.1. SOLAS.....	24
3.1.2. MARPOL.....	27
3.1.3. LL66.....	28
3.1.4. Tonnage 69.....	29
3.2. Evropski propisi o stabilitetu putničkih brodova.....	29
3.3. Nacionalni propisi o stabilitetu putničkih brodova.....	33
3.4. Klasifikacioni propisi.....	35
4. STABILITETA KATAMARANA ZA PREVOZ DO 85 PUTNIKA.....	37
4.1. Opšte uvodne napomene o veličinama katamarana.....	37
4.2. Kriterijumi za proračun stabiliteta katamarana za prevoz do 85 putnika.....	41
5. ZAKLJUČAK.....	51
6. LITERATURA:.....	53

1. UVOD

Brod je plovno sredstvo koje posjeduje sposobnost da se kreće po moru, rijeci ili jezeru, najčešće se koristi za prevoz putnika i robe. Gradnja plovnih sredstava pojavila se još u starom vijeku, prva improvizovana plovna sredstva bila su debla stabala drveća koje je čovjek pokretao veslajući dlanovima svojih ruku. Radi sigurnijeg prevoza čovjek je tokom vremena povezivao više debala u jednu cjelinu, tako je nastao splav. Ubrzo nakon toga za kretanje i upravljanje splavom počela su da se koriste vesla, što je predstavljalo veliki tehnički napredak.

Početak gradnje morskih brodova (VII vijek prije naše ere) vezuje se za obale Sredozemnog mora i Feničku državu. Ona je gradila vojne i trgovačke brodove, i bila je primjer Grčkoj i Egipatskoj brodogradnji. Razvoju velikih morskih brodova doprinijela su velika geografska otkrića. Potrebe da se savladaju najveća okeanska prostranstva su povezana sa pomorskom trgovinom. To je omogućilo sticanje novih materijalnih bogatstava, što je bila osnova za razvoj nauke i tehnike. One su zatim omogućile industrijalizaciju, ali i seljenje brodogradnje iz Mediterana na obale Atlantika.

Od tada do danas, u svijetu se razvio veliki broj različitih vrsta brodova. Oni se mogu podijeliti prema namjeni, materijalu od kojeg su građeni, području plovidbe, vrsti pogona, itd. U tom pogledu i broj trupova može biti poseban kriterijum njihove podijele, pa tako imamo brodove sa jednim trupom, brodove sa dva trupa ili katamarane, brodove sa tri trupa ili trimarane itd.

Razvoj katamarana vezan je za udaljeni Pacifički region. Glavni pokretači razvoja katamarana bili su Polinežani. Oni su još u davna vremena razvili katamarane do tog stepena da su sigurno plovili po Tihom okeanu. Nakon Španskih, Holandskih, Engleskih i Francuskih geografskih otkrića Polinezije, vitki i brzi katamarani privukli su pažnju i postali predmet interesovanja zapadnih brodograditelja.

U Engleskoj je 1662. godine sagrađena i prva katamaranska jedrilica "Simon i Juda", a 1778. godine je sagrađen i parni katamaran „Experiment“. U Sjevernoj Americi je 1814. godine sagrađen i prvi katamaranski ratni brod „Demologos“. U tom vijeku sagrađen je i veliki broj katamarana za prevoz putnika po zalivima i na rijekama. Pred početak prvog svjetskog rata sagrađeni su i prvi katamarani za ratne potrebe, konkretno za spašavanje podmornica.

Prvi savremeni katamaran sagrađen je nakon drugog svjetskog rata na Havajima. Projektovao ga je i sagrađio poznati konstruktor W. Brown. Katamaran je nosio ime „Manu Kai“, bio je dugačak 10,4 m, širok 4 m, i postizao je brzine veće od 20 čvorova. Tek 1957. godine katamarani su u jedrenju prihvaćeni kao regatna klasa. U Engleskoj i Americi se u to doba počinju organizovati međunarodne regate različitih tipova i klasa katamarana kako bi se otkrio i utvrdio najbrži tip katamarana. Od 1960. godine raste interes za katamaranima i na prostoru SSSR-a gdje je u periodu od 7 godina sagrađeno više vrsta katamarana; riječni katamaran trajekt kapaciteta od 600 putnika, katamaran teretnjak, katamaran dizalica za radove i katamaran ribarica. U Americi je takođe u tom periodu sagrađeno nekoliko katamarana za različite namjene kao što su: katamaran platforma za bušenje nafte, katamaran ribarica i katamaran za istraživačke radove. Kasnije se počinju graditi katamarani i u Holandiji, Japanu i ostalim zemljama.

Tako su katamarani došli i na red da se projektuju i grade i u Crnoj Gori. Naša bogata pomorska i brodograđevna tradicija, kao i pomorsko iskustvo pomogli su da u izboru modela broda za prevoz do 85 putnika – turista kroz Kotorski zaliv, to bude brod sa dva trupa ili katamaran.

Ovi brodovi su jednostavne gradnje, imaju vitku i skladnu liniju, u kombinaciji dva spojena trupa oni postaju prostrana platforma koja im pruža dobru nosivost tj., mogućnost krcanja dovoljnog broja putnika.

Takođe, raspored težina na brodu zajedno sa ukrcanim putnicima, kao i tečnostima u tankovima, u meteorološkim i okeanografskim uslovima kakvi vladaju u zalivu tokom dužeg dijela godine, omogućavaju sigurnu plovidbu manjeg katamarana. Posebni ekološki, tehnološki i tehnički zahtjevi vezani za solarni izvor električne struje i električni pogon broda.

Uz podršku, domaće preduzeće „Monte Marine Yachting“ iz Kotora prihvatilo se ozbiljnog zadatka i izradilo je projektnu dokumentaciju za mali turistički katamaran.

U teorijskom i praktičnom istraživanju stabiliteta trgovačkih brodova a posebno stabiliteta putničkih brodova gdje su kriterijumi za očuvanje stabiliteta najstrožiji. Katamarani sa svojom širokom formom pa makar oni bili i za prevoz do 85 putnika zaslužuju našu stručnu i naučnu pažnju.

Istraživanje ove teme sprovedeno je kroz tri poglavlja. U prvom poglavlju su data teorijska određenja stabiliteta broda sa deskripcijom i šematskim prikazima stanja u kojima se stabilitet javlja kao svojstvo broda da se iz nagnutog stanja vrati u stabilan položaj. Drugo poglavlje se bavi pravnom regulacijom ovog segmenta sigurnosti brodova i to u okviru IMO konvencija, Evropskih direktiva i nacionalnih zakona i pravila. U trećem poglavlju su predstavljeni dijelovi proračuna stabiliteta putničkog katamarana za prevoz do 85 putnika. U ovom istraživanju oni imaju ulogu prikaza primjene brodograđevnih i pravnih normi u konkretnom projektovanju katamarana za prevoz do 85 putnika. Time se na neki način i ostvaruje naučni i praktični cilj ovog istraživanja.

Takođe, u određenom smislu problemi koji su pratili ovo istraživanje potisnuti su predusretljivošću preduzeća „Monte Marine Yachting“ iz Kotora, na čemu im se iskreno zahvaljujem.

2. STABILITET BRODA

2.1. Opšte napomene o brodu

Brodovi su plovna sredstva i mogu se podijeliti u više grupa, zavisno od namjene, materijala gradnje, područja plovidbe, vrste pogona, itd. Takođe, broj trupova može biti poseban kriterijum, pa tako imamo jednotrupce, dvotrupce ili katamarane, brodove sa tri trupa ili trimarane itd. U podjeli brodova prema namjeni razlikujemo putničke brodove, teretne brodove, ratne brodove i specijalne brodove za obavljanje posebnih zadataka. U podjeli brodova prema vrsti materijala od koga su građeni, brodove dijelimo na čelične, drvene, kompozitne, aluminijumske, plastične, betonske, itd. Prema području plovidbe, brodove dijelimo na brodove za plovidbu morem i brodove za plovidbu rijekama i jezerima. Prema vrsti pogona brodove dijelimo na brodove na: vesla, jedra, parni klipni pogon, parni turbinski pogon, dizel motorni pogon, gasni turbinski pogon, električni pogon i kombinovani pogon.

Brod kao plovno sredstvo i ima svoje glavne dimenzije: dužina (L), širina (B), visina (H) i gaz (T). U zavisnosti na kojoj vodnoj liniji plove brodovi imaju i više dužina npr., dužinu preko svega L_{OA} , L_{pp} - dužinu izmjerenu između dvije krajnje nepokretne tačke broda tj., perpendikulara, dužinu na konstruktivnoj vodenoj liniji L_{KVL} (udaljenost između spoljašnjih ivica pramčane i krmene statve pri konstruktivnom gazu broda), dužinu na vodenoj liniji L_{VL} (ova dužina zavisi od gaza i služi za određivanje trima broda). Kada se radi o širini broda razlikujemo: širinu preko svega B_{OA} (rastojanje između dvije najudaljenije nepokretne tačke na bokovima broda), širinu na konstruktivnoj vodenoj liniji B_{KVL} (širina podvodnog dijela broda mjerena na presjeku glavnog rebra) i širinu na vodenoj liniji B_{VL} (zavisi od gaza broda). Vrijednost visine broda se koristi za baždarenje brodova. Kod brodova sa kosim dnom visina se mjeri na sredini broda. U glavne dimenzije broda se još ubraja i gaz broda (T). Gaz broda je vertikalno rastojanje od kobilice do neke vodene linije. Razlikujemo konstruktivni gaz (T_{KVL}), najveći gaz (T_N), gaz na pramcu (T_P) i gaz na krmi (T_K). Konstruktivni gaz je vertikalno rastojanje od kobilice do konstruktivne vodene linije na sredini broda. On je ujedno i najveći gaz broda, obuhvata i debljinu kobilice. Gazovi na pramcu i krmi očitavaju se na zagaznicama u presjeku sa vodnom linijom. One se nalaze na poziciji pramčanog i krmenog perpendikulara i očitavaju se u centimetrima ili stopama. Razlika gazova na pramcu i krmi naziva se trim broda (t).

Preko gazova se izračunava deplasman broda, kao mnogi drugi parametri. Deplasman broda (D) je jednak težini vode koju brod istisne svojom težinom. Deplasman se izračunava kao proizvod zapremine uronjenog dijela broda i specifične težine vode u kojoj brod pliva. Deplasman se izražava u težinskim i registarskim tonama. Kod brodova razlikujemo bruto registarsku tonažu (BRT – ukupnu zapreminu broda) i neto registarsku tonažu (NRT – zapreminu tovarnog prostora za koji se plaća vozarina).

Brod se sastoji od trupa i nadgrađa. Trup je vodonepropusno i na krajevima zaobljeno tijelo koje se djelimično kreće kroz vodu a djelimično kroz vazduh. Njegova glavna uloga je da obezbjedi plovnost, stabilitet i čvrstoću kao i da posjeduje takvu formu koja pri kretanju stvara što manji otpor. Prednji kraj broda naziva se pramac a zadnji kraj broda naziva se krma. Trup broda se sastoji od strukture, oplata, paluba, platformi, dvodna, dvoboka, pregrada i izdanaka. Struktura ili kostur je rešetkasta konstrukcija sastavljena od raznih čeličnih profila koji se spajaju koljenima. Profili se postavljaju uzdužno, poprečno i vertikalno formirajući prstenove. Zavisno od položaja prstenova oni predstavljaju elemente uzdužne ili poprečne čvrstoće. U uzdužne elemente

ubrajaju se: kobilica, pramčana i krmena statva, pasme, proveze, palubne podveze, uzdužna rebra i uzdužnjaci. U poprečne elemente spadaju: rebra, rebrenice, spone i poprečne pregrade.

Plosna kobilica se prostire uzduž po dnu od krme do pramca. To je zapravo traka pravougaonog profila za koju se zavaruje oplata dna. Statve su vertikalna ojačanja sa kojima završava pramac i krma, tj., to su produžeci kobilice savijeni prema gore. Centralna pasma je uzdužni element u simetrali broda koji se prostire sa unutrašnje strane od krme do pramca. Bočne pasme su ukrćenja dna broda lijevo i desno od centralne pasme. Podveze su elementi koji se postavljaju u odnosu na rebra duž boka broda i služe kao oslonac rebrima. Uzdužnjaci učvršćuju oplatu dna i bokova, palube i uzdužne pregrade.

Rebra su osnovni elementi poprečne čvrstoće koja daju formu brodu. U donjem dijelu rebra se spajaju sa rebrenicama a u gornjem sa sponama gornje palube. Razmak između rebara na paralelnom srednjaku je isti dok se pramcu i krmi smanjuje zbog većeg opterećenja. Kod brodova koji plove u zoni leda ugrađuju se i međurebra.

Oplata obezbjeđuje plovnost i vodonepropusnost broda. Ona je limena opšivka od čeličnih limova. Oni se formiraju prema obliku trupa i međusobno se spajaju zavarivanjem. Debljina limova zavisi od veličine broda, područja plovidbe i pozicije na oplati na kojoj je lim ugrađen.

Svi otvori na oplati broda moraju osigurati vodonepropusnost. Palube su horizontalne pregrade koje dijele unutrašnji brodski prostor po dužini i po visini. Glavna paluba nepropusno zatvara brodski prostor sa oplatom i nadgrađem. Svaki brod mora da ima najmanje jednu palubu koja hermetički zatvara trup broda. Palube iznad glavne palube su palube nadgrađa. Palube ispod glavne su međupalube i donje palube. Ona ima svoju strukturu i čelične limove koji se spajaju zavarivanjem. Paluba je ojačana zbog palubne opreme dizalica, jarbola, vitla i slično. Pregrade po vertikali uzduž i poprijeko dijele unutrašnjost broda na brodske prostore. Takođe, pregrade mogu biti obične i vodonepropusne. Obične pregrade fizički dijele prostor, dok vodonepropusne pregrade spriječavaju prodor vode u susjedne prostore. Pregrade povećavaju čvrstoću broda. Po pravilu poprečne pregrade su vodonepropusne i postavljaju se u ravni poprečnih rebara. Prostori koji se najčešće dijele pregradama su: dvodno, dvobok, pramčani pik, krmeni pik, mašinski i tovarni prostor.

2.2. Opšte napomene o stabilitetu

Kada govorimo o stabilnosti broda podrazumjeva se da je to svojstvo broda da se odupre uticaju raznih sila koje ga nastoje pomjeriti iz ravnotežnog položaja, odnosno svojstvo broda da se vrati u ravnotežni položaj nakon prestanka uticaja tih sila. "Tendencija broda da se vrati u uspravan položaj nakon nakretanja, odnosno izvođenja iz ravnotežnog položaja, naziva se stabilitet broda."¹ Brod koji nema određenu stabilnost može se prevrnuti pod uticajem vjetera, valova ili nekog drugog faktora a to dovodi do gubitka broda ili što je još gore do gubitka ljudskih života. Stabilnost broda zavisi od više faktora, ali mogu se izdvojiti dva glavna faktora a to su:

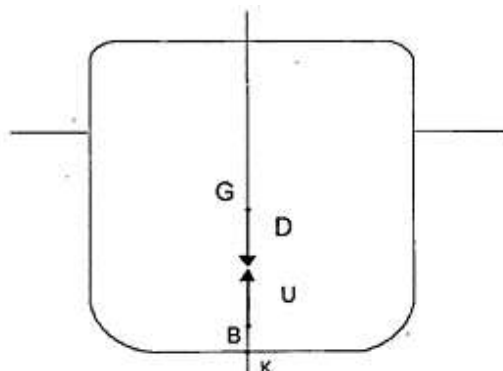
- raspored tereta na brodu
- forma podvodnog dijela trupa

Kada se radi o formi podvodnog dijela trupa tu najveću pažnju posvećuju projektanti dok o rasporedu tereta brinu kapetani ili oficiri zaduženi za ukrcaj odnosno iskrcaj tereta.

¹Lompar A., Nauka o brodu, Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2002, str. 71.

Nagibanje broda može biti oko poprečne i oko uzdužne ose. Razlika između ove dvije ose je ta što uzdužna osa prolazi kroz simetralu broda i dijeli brod na lijevu i desnu stranu dok poprečna osa prolazi kroz glavno rebro na sredini broda i dijeli brod na prednji i zadnji dio. Prilikom nagibanja broda oko udužne ose nastaju nagibi na lijevu i desnu stranu i takvo nagibanje se naziva poprečno nagibanje a stabilnost koja se javlja pri takvom nagibanju naziva se poprečna stabilnost. Kada se brod nagiba oko poprečne ose to nagibanje se naziva uzdužno nagibanje a stabilnost koja se javlja prilikom uzdužnog nagibanja naziva se uzdužna stabilnost.

Da bi brod posjedovao plovnost u položaju stabilne ravnoteže mora da budu ispunjena tri uslova plovnosti. Prvi uslov plovnosti je da ukupna težina broda D mora biti jednaka uzgonu U koji je jednak težini istisnute tečnosti u kojoj brod pliva.



Slika 1. Prvi uslov plovnosti.²

Drugi uslov plovnosti jeste da težište sile težina G i težište sile uzgona B moraju stajati vodoravno jedno na drugo a spojnica težišta težina G i težišta uzgona B mora biti vodoravna na plovnu vodenu liniju VL.

Treći zakon plovnosti zahtjeva da se težište sile težina G mora nalaziti ispod tačke metacentra M . Prva dva uslova zahtjevaju da tijelo koje pluta bude u ravnoteži dok se trećim uslovom ispunjava zahtjev stabilne ravnoteže.

Znajući da se stabilnost uvijek javlja pri nagnjanu broda pod uticajem nekih sila a te sile mogu djelovati statički i dinamički pa zato razlikujemo statičku i dinamičku stabilnost. Druga i mnogo važnija podjela stabilnosti jeste na poprečnu i uzdužnu stabilnost. Ova podjela proizilazi iz činjenice da se brod može nagnjati oko različitih osa a ove dvije se izdvajaju kao najvažnije. Poprečna stabilnost broda se dijeli na početnu stabilnost odnosno stabilnost broda pri malim uglovima nagiba i stabilnost broda pri velikim uglovima nagiba.

2.3. Stabilnost broda pri malim uglovima nagiba

Početna stabilnost je ona koju brod posjeduje pri malim uglovima nagiba približno od 10 do 12 stepeni bočnog nagiba. Početna stabilnost je veoma važna jer brod koji posjeduje dobru početnu stabilnost ima sve uslove da mu i stabilnost pri velikim uglovima nagiba bude dobra. Osnovne tačke početne stabilnosti su:

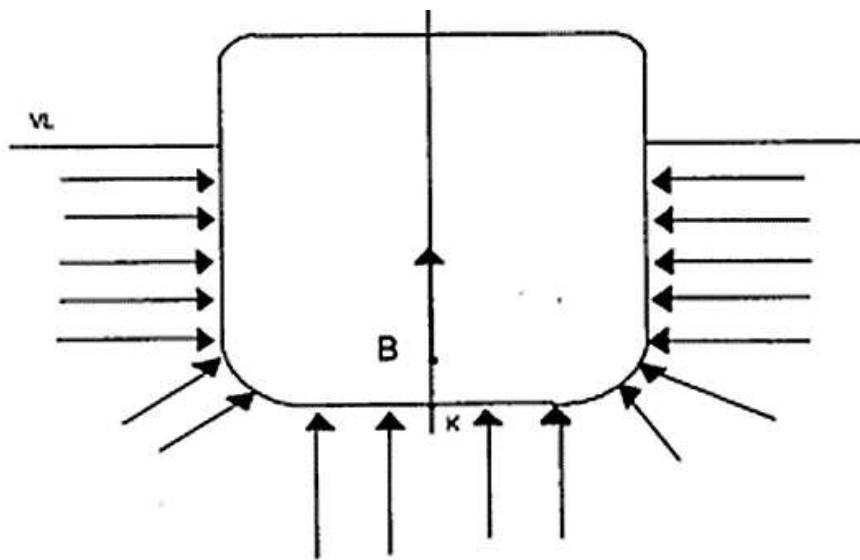
- tačka metacentra M

² Marnika F., Stabilnost broda, Tiskara ZNANJE d.d, Zagreb, 1999. str. 6.

- težište težina ili težište broda G
- težište istisnine ili uzgona B
- kobilica K

Kada brod plovi ove tačke se nalaze jedna ispod druge kako nalažu zakoni plovnosti. Položaj težišta istisnine, težišta težina i tačka metacentra M određen je udaljenošću od kobilice. Da bi se izučavao i rješavao problem brodske stabilnosti potrebno je poznavanje djelovanja sila i momenta tih sila. Djelovanje neke sile na tijelo određeno je jačinom sile, smjerom djelovanja te sile i tačkom hvatišta iz kojeg djeluje ta sila. Kada se govori o momentu sile on predstavlja vrijednost zakretanja sile oko tačke hvatišta. Vrijednost zakretanja sile zavisi od jačine sile i kraka odnosno poluge oko koje ta sila djeluje.

„Težište istisnine B je zamišljena tačka u kojoj smatramo da su koncentrisane sve sile uzgona uronjenog dijela broda.“³



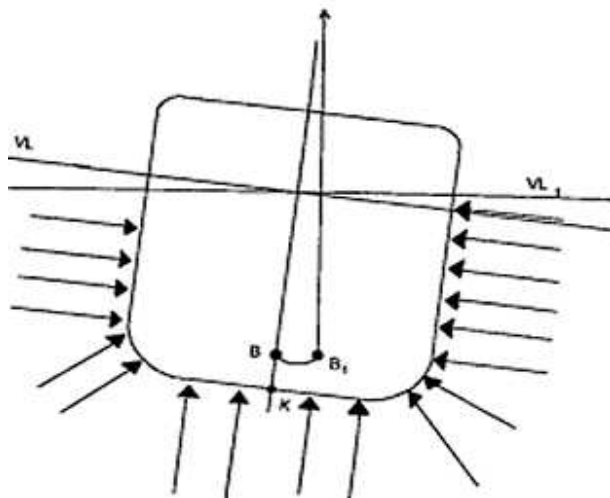
Slika 2. Težište uzgona ili istisnine broda.⁴

Kada je brod u uspravnom stanju odnosno kada nije nagnut na uronjeni dio broda sile uzgona djeluju ravnomjerno. Kada se brod iz bilo kojeg razloga nagne na jednu stranu doći će do promjene položaja težišta istisnine jer se promjenio i uronjeni dio broda.

Pri nagnjanu broda na jednu stranu dolazi do povećanja volumena uronjenog dijela broda na toj strani pa samim tim povećava se i djelovanje sile uzgona, dok se na drugoj strani dešava suprotno: smanjuje se volumen uronjenog dijela broda pa je i manje djelovanje sile uzgona. Zbog takvog odnosa težište se pomjera iz tačke B u tačku B₁ što je prikazano na sledećoj slici:

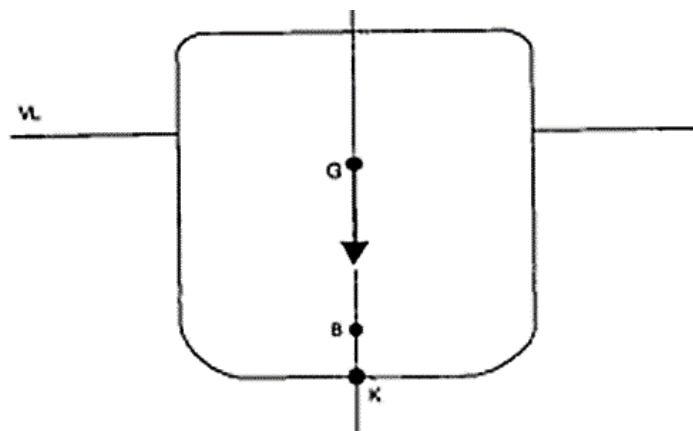
³Ibid., str. 8.

⁴Ibidem



Slika 3. Pomjerenje težišta uzgona ili istisnine.⁵

„Sustavno težište nekog tijela je zamišljena točka u kojoj su koncentrirane sve težine tog tijela i točka u kojoj sve sile težina djeluju okomito prema dolje ukupnom silom jednakom težini toga tijela.“⁶ Svaka promjena težina na brodu dovodi do pomicanja sistemskog težišta broda po visini, uzdužno i bočno a to uzrokuje promjena djelovanja sila težina prouzročenih tim težinama. Položaj sistemskog težišta broda G, po visini, određen je udaljenošću težišta od kobilice K i ta udaljenost je izražena u metrima.



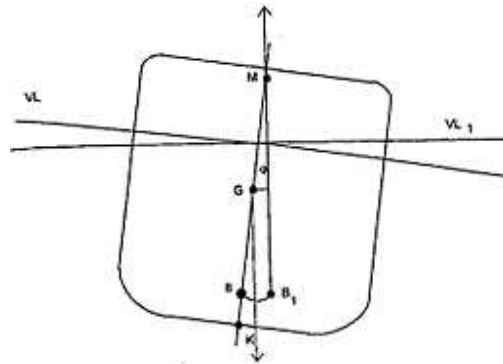
Slika 4. Sistemsko težište broda.⁷

Metacentar M je tačka koja se uvijek mora nalaziti iznad sistemskog težišta broda što potvrđuje i treći zakon plovnosti. Kod malih uglova nagiba smatra se da pravi i prividni metacentar leže u istoj tački.

⁵Ibid., str. 9.

⁶Ibid., str. 10.

⁷Ibidem.



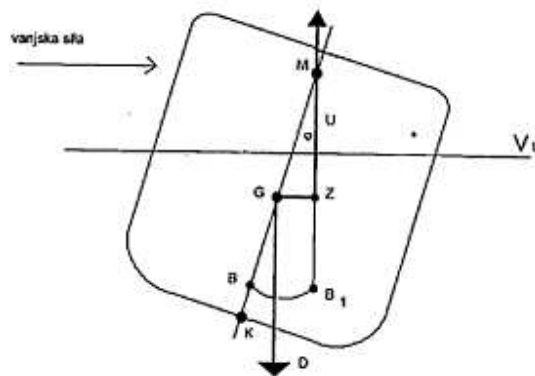
Slika 5. Tačka metacentra kod malih uglova nagiba.⁸

Položaj početnog metacentra M predstavlja udaljenost od kobilice i označava se sa KM a određivanje njegovog položaja vrši brodogradilište. Vrijednost izraženu u metrima daje brod u obliku tablica ili krivulje.

Brod se pod uticajem vanjskih sila mora nagnuti za neki ugao a zbog tog nagiba njegov podvodni volumen mora promjeniti oblik pa će se tako težište istisnine pomjeriti iz tačke B u tačku B₁. Sila istisnine djeluje isključivo prema gore a tačka u kojoj se sjeku simetrala broda i smjer sile uzgona se naziva metacentar M. Težište broda G, težište trupa i svih težina koje brod nosi se nalazi ispod tačke M. Sila deplasmana D djeluje uvijek prema dolje iz tačke G. Nagibom broda

nastaje spreg sila koje moraju biti iste: $D = U = V \cdot \gamma$, gdje je: V – volumen uronjenog dijela

broda a γ – gustina vode u kojoj brod plovi.



Slika 6. Spreg sila uspravljanja broda.⁹

Spreg sila omogućava moment koji se protivi nagnjanu broda i koji omogućava da se brod vrati u uspravan položaj nakon prestanka djelovanja spoljašnjih sila. Moment vanjske sile naziva se prekretni moment a moment koji se suprostavlja nagnibanju broda nazivamo moment statičke stabilnosti broda. U položaju statičke ravnoteže zbir svih momenata je jednak nuli a brod će se

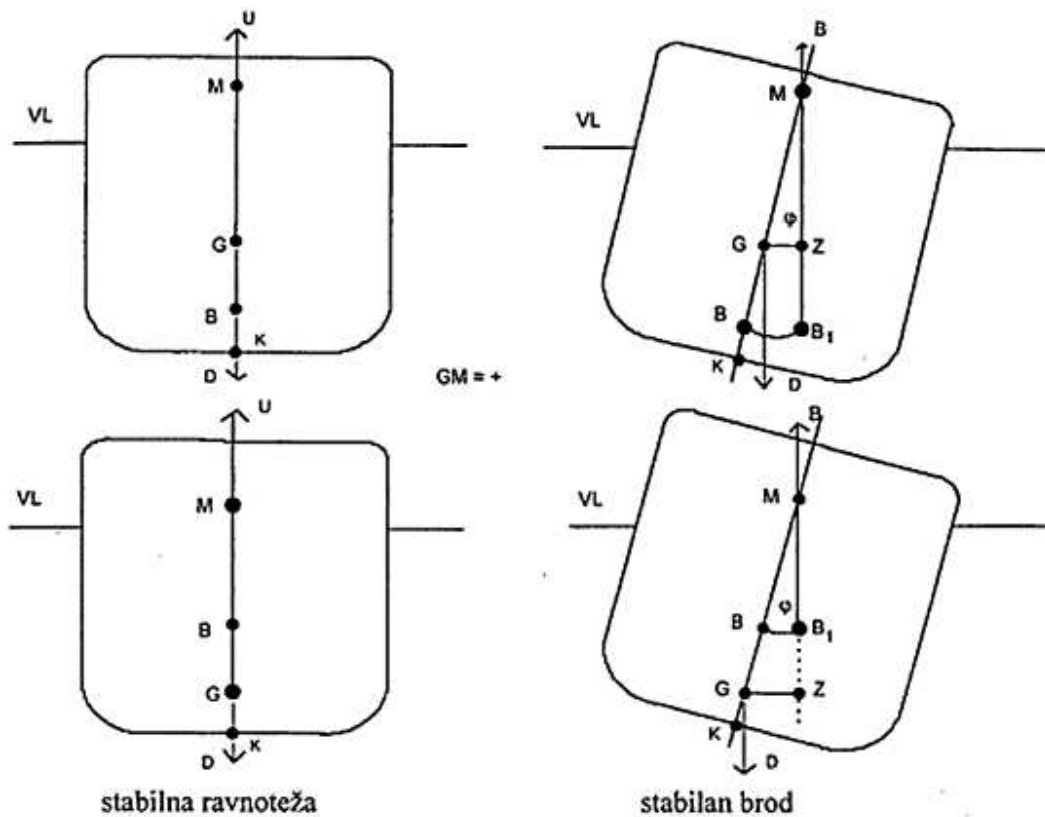
⁸Ibid., str. 11.

⁹Ibid., str. 13.

naginjati dok se ne izjednače moment statičke stabilnosti i prekretni moment. Na slici 6. je prikazano kako se računa moment statičke stabilnosti za male uglove nagiba, uz pretpostavku da se metacentarska visina GM ne mijenja. Metacentar ne mijenja svoj položaj jer se tačka B kreće po luku kružnice čije je središte u metacentru a težište broda ostaje isto jer nije došlo do promjene odnosa težina. Takođe se dolazi do zaključka da za bilo koji deplasman kod malih uglova nagiba moment statičke stabilnosti direktno zavisi od početne metacentarske visine GM a to pokazuje i sledeći izraz:

$$M_{st} = D \times GM \sin \varphi$$

Brod će se nalaziti u stabilnoj ravnoteži uvijek kada se tačka težišta broda G nalazi ispod tačke metacentra M.

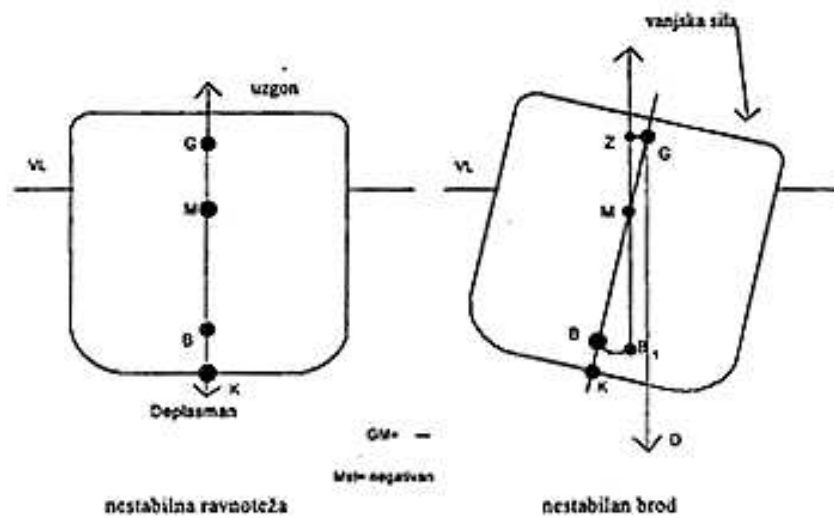


Slika 7. Brod u stabilnoj ravnoteži.¹⁰

Na slici 7. se može vidjeti da moment statičke stabilnosti djeluje suprotno od smjera djelovanja vanjske sile. To dovodi do toga da će se moment statičke stabilnosti suprotstaviti vanjskoj sili i da će vratiti brod u uspravan položaj čim dejstvo te sile prestane. Stabilna ravnoteža se može postići ako se teret krca što bliže kobilici. Povećanjem metacentarske visine povećava se i stabilnost broda.

Brod će se nalaziti u nestabilnoj ravnoteži uvijek kada se tačka težišta broda G nalazi iznad tačke metacentra M

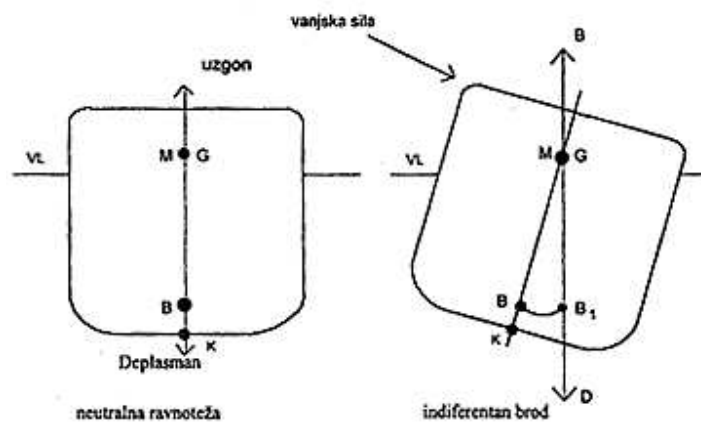
¹⁰Ibid., str. 15.



Slika 8. Brod u nestabilnoj ravnoteži.¹¹

Na slici 8. se može uočiti da moment statičke stabilnosti i vanjska sila djeluju u istom smjeru što će izazvati još veće nagnjane broda. Početna metacentarska visina GM biće negativna. Ovakvi slučajevi se dešavaju kada se teški tereti krcaju na palubu ili kada teret nije pravilno raspoređen.

Brod će se nalaziti u neutralnoj ravnoteži ako se težište broda G i metacentar M nalaze u istoj tački.



Slika 9. Brod u neutralnoj ravnoteži.¹²

Na slici 9. se može vidjeti da nema momenta statičke stabilnosti i da je metacentarska visina GM jednaka nuli. Kako brod nema moment koji će ga vratiti u uspravan položaj nakon djelovanja spoljašnje sile pa će ostati na uglu nagiba na koji ga je sila i dovela.

¹¹Ibid., str. 16.

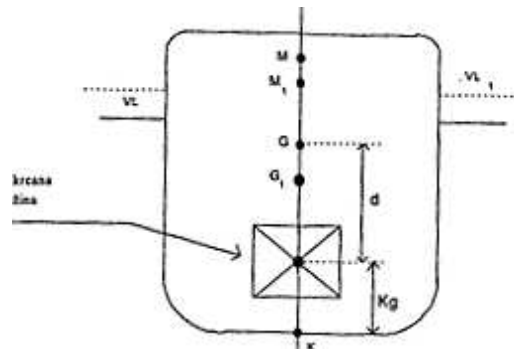
¹²Ibidem

Prilikom ukrcaja tereta može se zaključiti da se sve težine i njihovi momenti sabiraju sa početnim deplasmanom i momentima koje daje taj deplasman, dok se prilikom iskrcaja tereta sve težine oduzimaju od početnog deplasmana i momenata koji su bili prije iskrcaja. Ukrcajem neke težine, težište broda se pomjera u smjeru te težine koja može biti ukrcana:

- ispod sistemskog težišta broda G
- iznad sistemskog težišta broda G
- u visini sistemskog težišta broda G

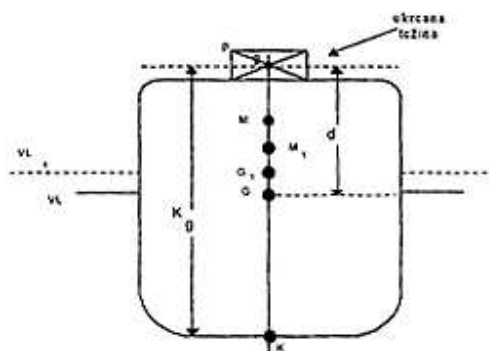
Za ova tri slučaja važe sledeća pravila:

- za ukrcaj težine ispod sistemskog težišta G , težište se pomjera prema dolje pa dolazi do smanjenja visine između težišta i kobilice
- za ukrcaj težine iznad sistemskog težišta G , težište se pomjera prema gore pa dolazi do povećanja visine između težišta i kobilice
- kada se težina ukrca na visini sistemskog težišta, ne dolazi do njegovog pomjeranja.



Slika 10. Uticaj ukrcaja težine ispod G na njegov pomak.¹³

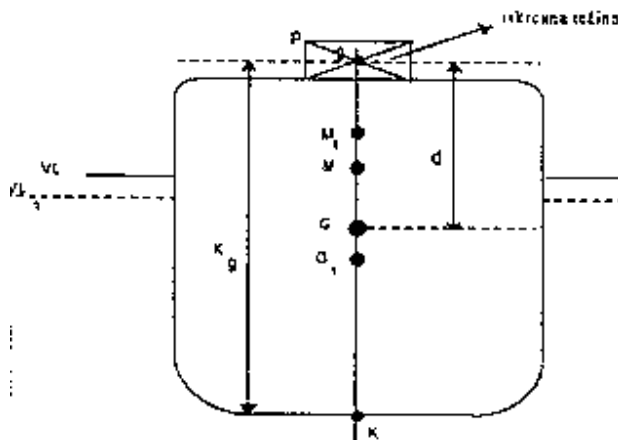
„Ukrcajem težine ispod sustavnog težišta broda G dolazi do smanjenja njegove visine iznad kobilice KG . Smanjenje visine sustavnog težišta broda iznad kobilice KG dovodi do povećanja metacentarske visine. Znači da svaki ukrcaj težine ispod sustavnog težišta G donosi poboljšanje opće stabilnosti broda.“¹⁴



¹³Ibid., str. 26.

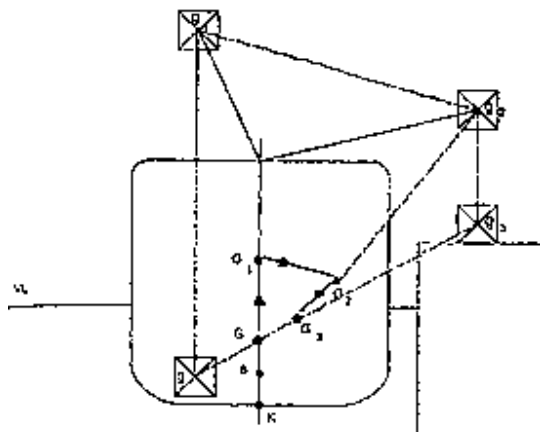
¹⁴Ibid., str. 27.

Kada se težina iskrca iznad sistemskog težišta broda onda dolazi do pomjeranja težišta ka dolje odnosno prema kobilici što dovodi do toga da se povećava početna metacentarska visina.



Slika 14. Uticaj iskrcaja težine iznad G na njegov pomak.¹⁹

„U trenutku kada se težina podigne sa svog položaja težište težine se pomiče u točku u kojoj je težina ovješena, bez obzira kolika je udaljenost između same težine i točke o koju je ona ovješena.“²⁰



Slika 15. Pomak sistemskog težišta broda kod rada samaricom.²¹

Promjena stabilnosti broda prilikom premještanja tereta po visini uzrokuje i promjenu položaja težišta sistema broda pa se ta promjena izračunava na sledeći način:

$$G_0 G_1 = \frac{p \cdot h}{D}$$

p – masa tereta

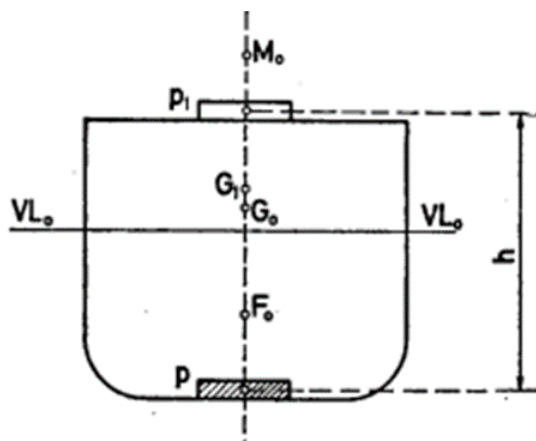
h – visina

¹⁸ Ibidem.

¹⁹ Ibid., str. 31.

²⁰ Ibid., str. 47.

²¹ Ibidem.



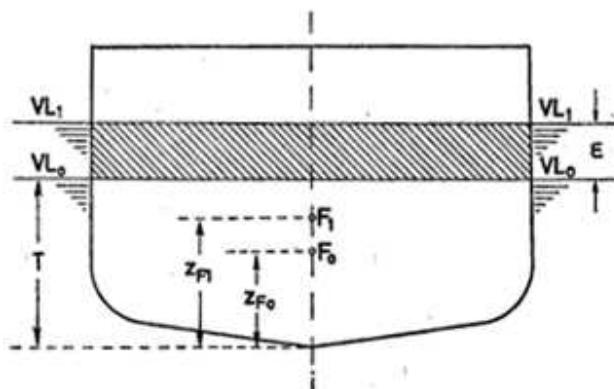
Slika 16. Promjena stabilnosti broda pri premještanju tereta.²²

Kada se brodu uzima ili dodaje teret određene mase (p), stabilnost broda se mijenja a to znači da se mijenja i metacentarska visina što dovodi do toga da se mijenjaju i tri tačke značajne za stabilnost broda a to su: metacentar M , težište sistema G i težište deplasmana F . Promjena položaja težišta sistema se može izračunati prema sledećoj formuli:

$$G_0G_1 = \pm \frac{p \cdot h}{D \pm h}$$

Treba napomenuti da „ h “ u formuli predstavlja udaljenost težišta tereta koji je ukrcan ili iskrcan od težišta sistema broda G . Nova metacentarska visina će iznositi:

$$M_0G_1 = M_0G_0 \pm \frac{p \cdot h}{D \pm p}$$



Slika 17. Promjena položaja težišta uzgona pri krcanju i iskrcavanju tereta.²³

2.4. Stabilnost broda pri velikim uglovima nagiba

U prethodnom poglavlju je objašnjeno razmatranje statičke stabilnosti pri malim uglovima nagiba do 12° nagiba. Kada govorimo o statičkoj stabilnosti, važno je da se poprečni metacentar

²²Ivo Buljan, Stabilnost broda, Školska knjiga, Zagreb, 1982. godine, str. 17.

²³Ibid., str. 19.

M nalazi u simetrali broda. Kod malih uglova nagiba on ne mijenja svoj položaj a njegova udaljenost od kobilice zavisi od deplasmana broda. Moment uspravljanja broda zavisiće od vrijednosti GZ poluge koja se kod malih uglova nagiba, zbog nepromjenjenosti metacentra, izračunava u zavisnosti sa početnom metacentarskom visinom i uglom nagiba:

$$GZ = GM \times \sin \varphi$$

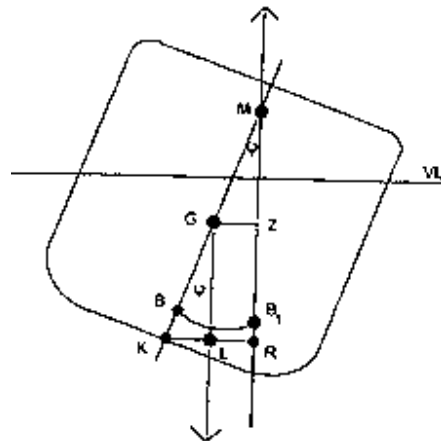
Iz gornjeg izraza se može zaključiti da je mjerilo početne stabilnosti broda metacentarska visina kod malih uglova nagiba. Kada bi metacentarska visina GM bila stalna kod svih uglova nagiba onda bi najveća stabilnost broda bila kod ugla nagiba od 90°. Ali kada se brod nagne preko 12° nagiba težište istisnine ne izbija ravnomjerno po kraju kružnice na stranu nagiba a metacentar M je središte zakrivljenosti krivulje težišta istisnine i mora da slijedi svaku promjenu njene zakrivljenosti i zatim mijenja svoj položaj iznad kobilice i počinje izlaziti iz uzdužnice broda. To dovodi do zaključka da mjerilo stabilnosti pri većim uglovima nagiba nije GM već vrijednost poluge uspravljanja GZ.

Kod velikih uglova nagiba, sa promijenom ugla φ mijenja se i GM. Zbog tih promjena stabilnost broda kod velikih uglova nagiba se prikazuje krivuljama, a najčešće se upotrebljavaju:

- krivulja poluga statičke stabilnosti (GZ krivulja)
- krivulja momenata statičke stabilnosti

Vrijednost poluge uspravljanja se može pročitati na nekoliko načina a najčešće je to:

1. Proračun GZ poluge pomoću S krivulja ili pantokarena
2. Proračun GZ poluge pomoću ispravke



Slika 18. Proračun vrijednosti GZ poluge uspravljanja.²⁴

Na slici 18. se može primjetiti da je vrijednost poluge uspravljanja broda GZ za neki deplasman i ugao nagiba određena dužinom LR.

$$GZ = LR$$

$$LR = KR - KL$$

²⁴ Franko Marinka, op. cit., str. 65.

$$KR = KM \times \sin \varphi$$

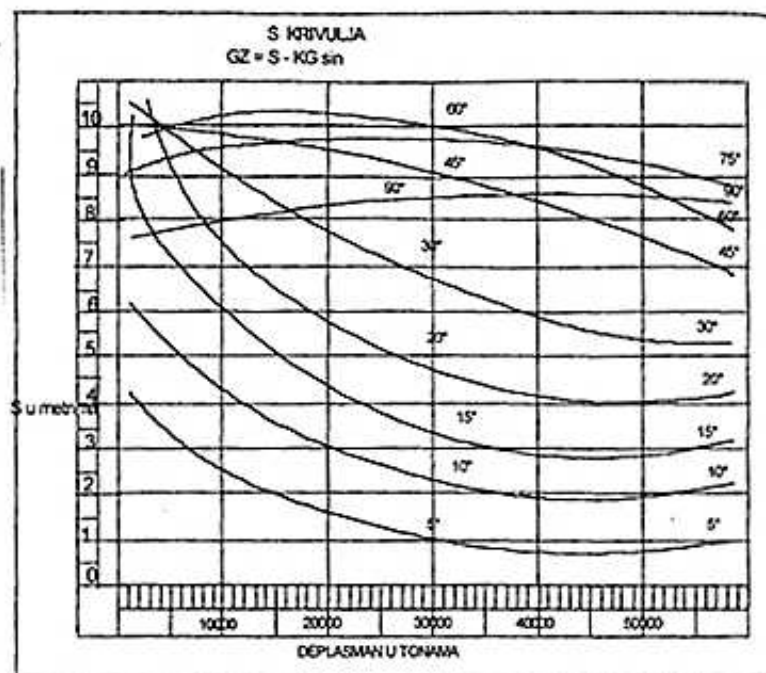
$$KL = KG \times \sin \varphi$$

$$LR = KM \sin \varphi - KG \sin \varphi$$

Izraz $KM \sin \varphi$ - zavisi od udaljenosti metacentra od kobilice i od ugla nagiba.

Izraz $KG \sin \varphi$ - zavisi od udaljenosti sistemskog težišta broda G od kobilice i od ugla nagiba.

„U dijagram se ulazi sa odgovarajućim deplasmanom broda. Podignemo okomicu do krivulje za odgovarajući kut nagiba. Iz sjecišta okomice i S krivulje povučemo vodoravnu liniju do lijevog ruba dijagrama i očitamo vrijednost S u metrima.“²⁵



Slika 19. Dijagram „S“ krivulja²⁶

Od vrijednosti S za neki ugao treba oduzeti vrijednost $KG \sin \varphi$ dobijenu za isti taj ugao i na taj način ćemo dobiti vrijednost GZ. Zatim vrijednost GZ nanesimo kao ordinatu u pravougli koordinantni sistem gdje su na apcisi uglovi nagiba. Kada se spoje svi vrhovi ordinata GZ dobija se krivulja poluge GZ u zavisnosti od uglova nagiba za neki određeni deplasman.

Zbog lakšeg računanja poluge uspravljanja broda brodogradilište nam u posebnim knjigama daje gotove vrijednosti GZ poluge za jednu stalnu visinu sistemskog težišta iznad kobilice i različite deplasmane broda.

Vrijednost GZ poluge za sve uglove nagiba može se dobiti na osnovu križanih krivulja stabilnosti koje su nastale združivanjem običnih krivulja stabilnosti odnosno upoređivanjem:

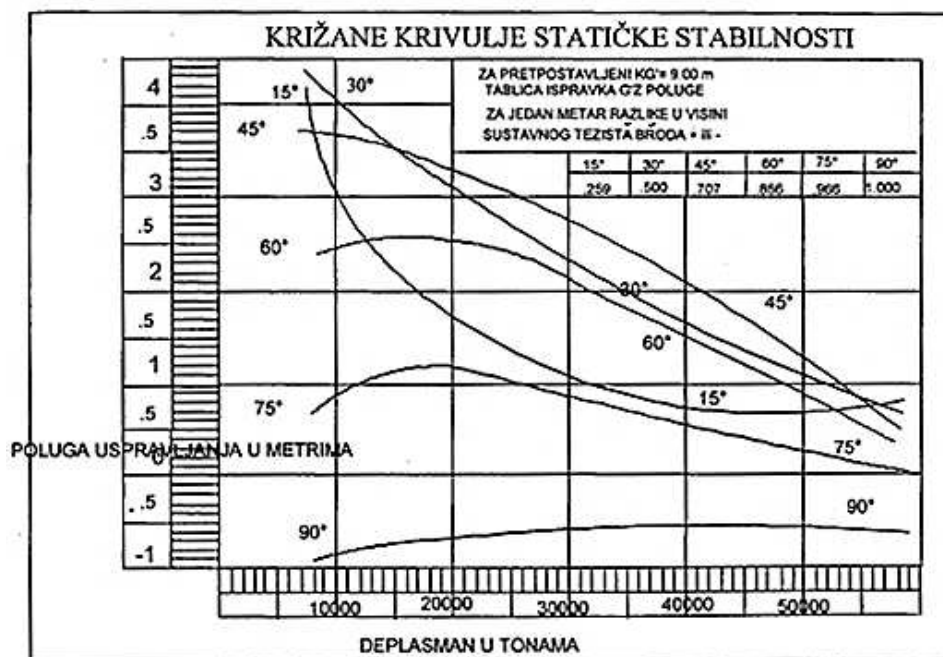
²⁵Ibid., str. 66.

²⁶Ibidem.

- krivulja statičke stabilnosti, gdje su poluge računate za stalni deplasman i različite uglove nagiba

- krivulja stabilnosti, gdje su poluge računate za stalni ugao nagiba i različiti deplasman.

Prednost križanih krivulja stabilnosti je ta što se one mogu upotrebljavati za cijeli vijek trajanja broda.



Slika 20. Križane krivulje stabilnosti za stalni KG.²⁷

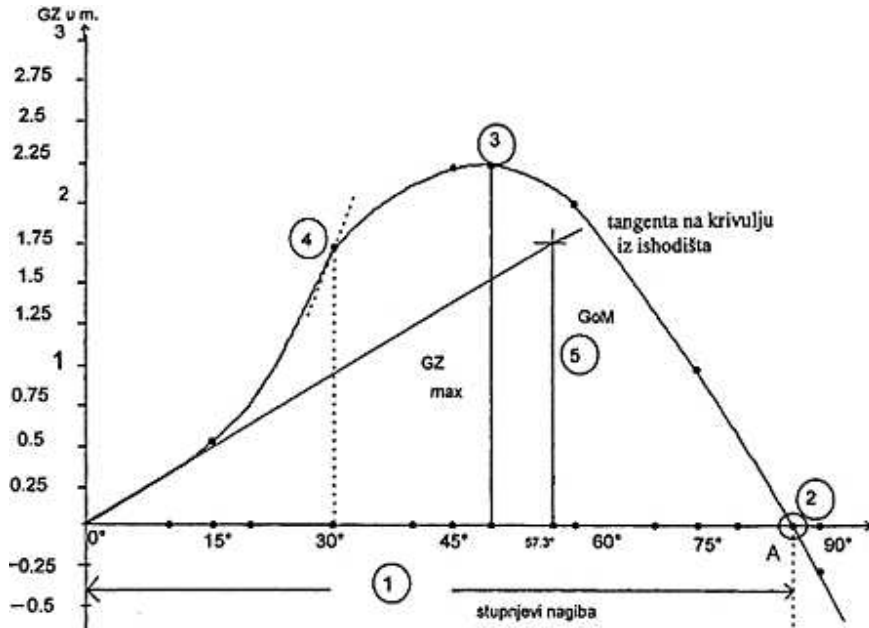
Konstrukcija krivulje statičke stabilnosti je ista bez obzira da li se računa vrijednost GZ pomoću S krivulja ili pomoću križanih krivulja stabilnosti. Iz tablice deplasmana na osnovi izračunatog ili očitano srednjeg gaza broda izvodi se deplasman broda. Sa tako dobijenim deplasmanom iz S krivulja izvadi se vrijednost S za svakih 10° nagiba pa se tablično izračuna vrijednost GZ. Na osnovu deplasmana iz križanih krivulja stabilnosti izvadi se G'Z a zatim izvrši ispravka poluge uspravljanja i tako se dobije vrijednost G₀Z. Nakon toga se nacrtava pravougli koordinatni sistem gdje se na apcisi označi vrijednost uglova nagiba u intervalu 5° - 10° a na ordinati se označe vrijednosti GZ ili G₀Z. Svaka izračunata vrijednost poluge se zatim nanosi kao ordinata na ugao nagiba za koji je izračunata od 0° do 90°. Nakon nanošenja svih vrijednosti poluga uspravljanja vrhovi ordinata se spoje krivuljom a krivulja koja se dobije naziva se krivulja statičke stabilnosti ili krivulja poluge uspravljanja.

Na slici 21 se mogu očitati sledeće informacije:

- područje stabilnosti broda (to je područje u kojoj brod ima pozitivnu polugu uspravljanja)
- ugao prestanka stabilnosti (to je ugao nagiba na kojem poluga uspravljanja ponovo postaje nula)

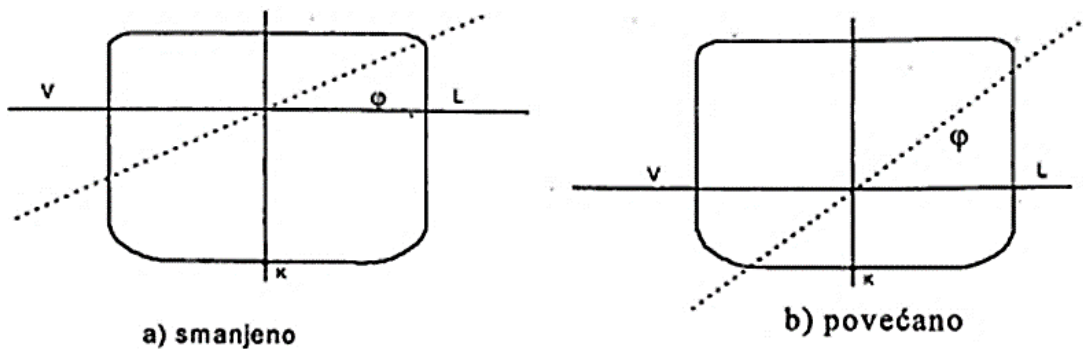
²⁷Ibid., str. 67.

- maksimalna poluga uspravljanja (dobija se kada se povuče tangenta na najveću tačku krivulje)
- tačka u kojoj rub palube uranja u more (kada se spusti linija iz te tačke na apcisu dobija se ugao pod kojim se to dešava)
- približna početna metacentarska visina (dobija se tako što se povuče tangenta na krivulju iz ishodišta do okomite linije podignute iz apcise na $57,3^\circ$).



Slika 21. Krivulja statičke stabilnosti za određeni deplasman.²⁸

Što veće nadvođe ima brod to će biti i veći ugao do kojeg se brod mora nagnuti da bi dio palube uronio u more.

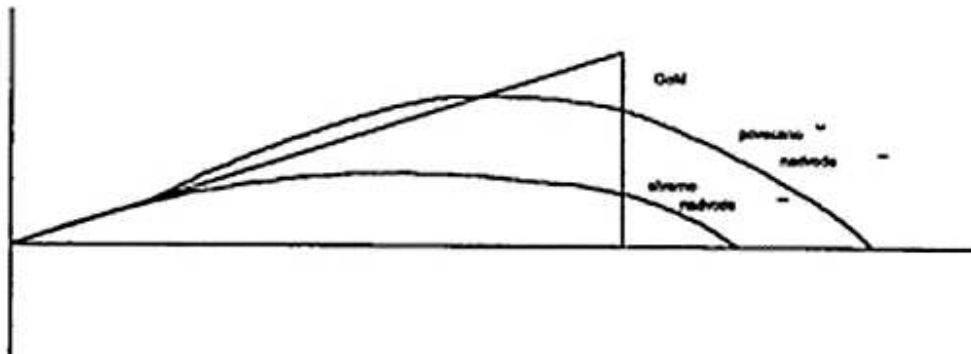


Slika 22. Uticaj nadvođa na krivulju statičke stabilnosti.²⁹

Na slici 22. se može uočiti da povećanjem nadvođa dolazi do povećanja područja stabilnosti, što brodu daje i veću dinamičku stabilnost.

²⁸Ibid., str. 71.

²⁹Ibid., str. 73.



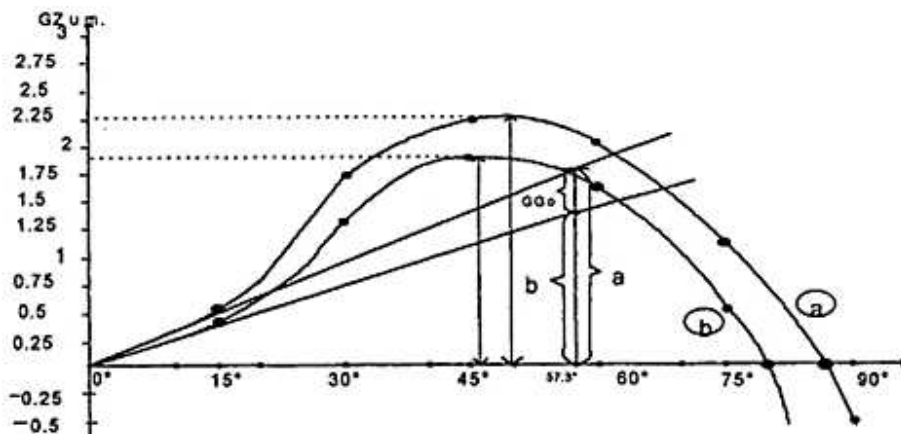
Slika 23. Krivulje statičke stabilnosti osnovnog i povećanog nadvođa.³⁰

Kada je nadvođe veće, manji je volumen uronjenog dijela broda. Udaljenost metacentra od težišta uzgona je veća ako se pretpostavi da je moment tromosti vodene linije stalan. Nadvođe direktno zavisi od deplasmana broda, veći deplasman – manje nadvođe i obrnuto.

Uticaj slobodnih površina na brodu uzrokuje smanjenje metacentarske visine, a smanjenje početne metacentarske visine dovodi do smanjenja poluge uspravljanja broda. Na slici 24. prikazane su dvije krivulje i to:

- Krivulja statičke stabilnosti za KG dobijen centracijom (a)
- Krivulja statičke stabilnosti zbog uticaja slobodnih površina (b)

Kod krivulje (a) opseg stabilnosti je od 0° do 85° nagiba za razliku od krivulje (b) gdje je opseg smanjen i ide u intervalu od 0° do 80°. Takođe dolazi do razlike i kod maksimalne poluge uspravljanja koja je kod krivulje (a) 2.25 m i javlja se pri uglu nagiba od 52° a kod krivulje (b) iznosi 1.88 m i javlja se pri uglu nagiba od 46°.



Slika 24. Uticaj slobodnih površina tečnosti na krivulju stabilnosti.³¹

³⁰ Ibidem.

³¹ Ibid., str. 75.

2.5. Prodor vode

Kada se govori o prodoru vode odnosno naplavlivanju podrazumjeva se svaki ulazak vode u bilo koji od zatvorenih brodskih prostora. Uzroci prodora vode u zatvoreni brodski prostor, mogu biti razni; sudar, nasukanje, udar broda o obalu i ubacivanje vode protivpožarnim sistemom prilikom gašenja požara, itd. Takođe prodor vode može nastati i od loših vremenskih prilika. Tako prouzrokovan, prodor vode dovešće do gubitka stabilnosti broda a u težim slučajevima i do potonuća.

Ako brod ima dovoljno rezervnog uzgona, prodor vode (težina prodrle vode) se može razmatrati kao dodata količina tereta koja je ukrcana na brod. Kod izračunavanja gaza nova vodna linija ne smije prelaziti preko palube do koje dostižu nepropusne pregrade. Ako je količina prodrle vode u brod veća od rezervnog uzgona doći će do potonuća broda.

Kod prodora vode postoje tri slučaja i to:

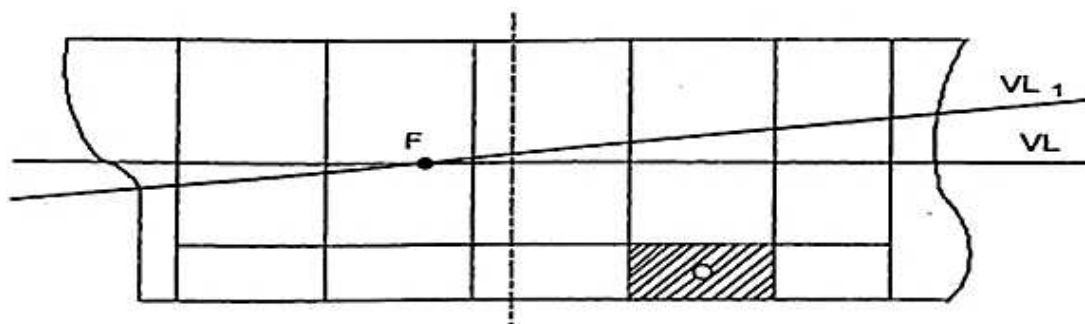
- naplavljeno područje je u dodiru sa vodom a sa gornje strane je ograđeno čvrstom palubom koja se nalazi ispod plovne vodene linije,
- naplavljeno područje nije u dodiru sa vodom niti je sa gornje strane ograđeno čvrstom palubom, i
- naplavljeno područje je u dodiru sa vodom a sa gornje strane nije ograđeno čvrstom palubom.

Prvi slučaj se javlja kod prodora vode u tankove dvodna. Može nastati pri sudaru, nasukanju ili pri balansiranju broda. Voda ispunjava čitav tank dvodna i smatra se čvrstim teretom. Težina vode u tanku „p“ se može dobiti na sledeći način:

$$p = V \times \gamma_r$$

V – volumen tanka

γ – gustina vode koja je ušla u tank



Slika 25. Naplavljeno područje u dodiru sa vodom, ograđeno sa gornje strane čvrstom palubom.³²

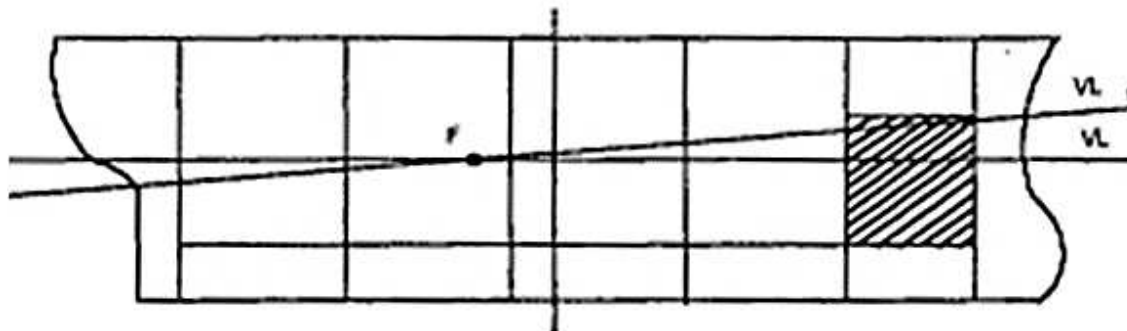
Prodor vode izazvaće i pomjeranje sistemskog težišta broda prema dolje, pa će iznositi:

$$GG_1 = \frac{p \cdot d}{D + p}$$

³²Ibid., str. 130.

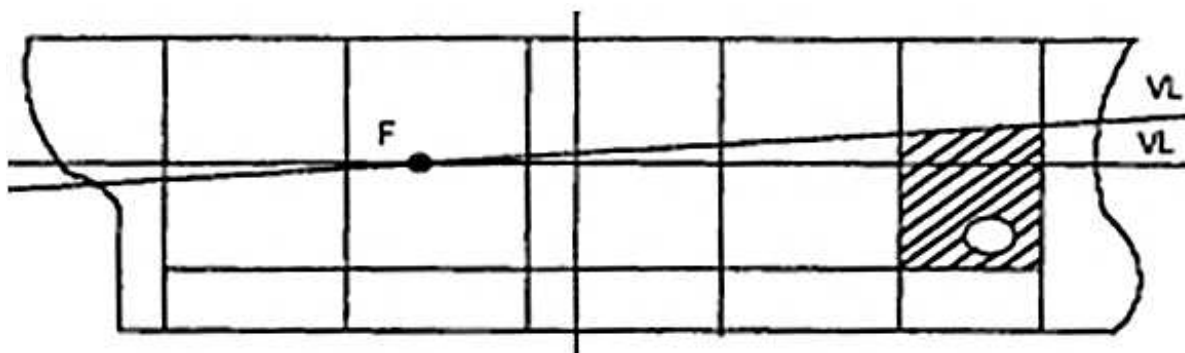
d – razlika udaljenosti visine težišta tanka iznad kobilice i visine sistemskog težišta broda

Drugi slučaj nastaje kada je jako nevrjeme pa talasi razbiju poklopce grotla i zatim dolazi do djelimičnog ili potpunog naplavljenja skladišta. Voda koja je ušla u skladište smatra se dodatnim teretom sa slobodnom površinom pa se svi proračuni stabiliteta rade za takav slučaj.



Slika 26. Naplavljeno područje nije u dodiru sa vodom niti je ograđeno sa gornje strane čvrstom palubom.³³

Treći slučaj je ujedno i najteži slučaj jer brod gubi rezervni uzgon koje je činilo područje u koje je došlo do prodiranja vode. Voda će prodirati u skladište sve dok se ne izjednači nivo vode u skladištu sa novom vodnom linijom. Nova vodna linija odnosno novi deplasman se povećao za težinu vode koja je prodrla. Dolazi do smanjenja poprečne stabilnosti zbog smanjenja površine vodene linije i zbog uticaja momenta tromosti slobodne površine vode u skladištu.



Slika 27. Naplavljenje područje je u dodiru sa vodom a sa gornje strane nije ograđeno čvrstom palubom.³⁴

2.6. Pokus nagiba broda

“Pokusom nagiba pri bilo kojem deplasmanu možemo odrediti ne samo trenutnu visinu sustavnog težišta broda KG već i početnu metacentarsku visinu kao kontrolu stabilnosti broda.”³⁵

³³Ibid., str. 133.

³⁴Ibid., str. 134.

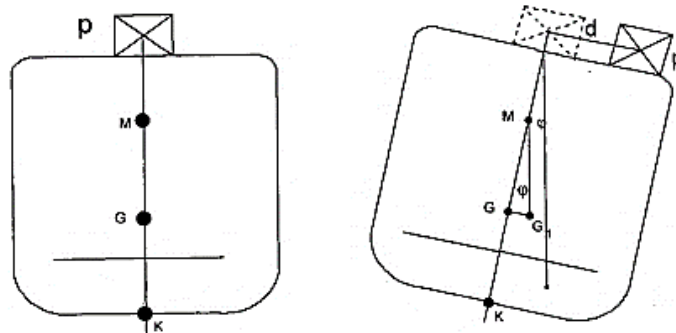
³⁵Ibid., str. 51.

Pokus nagiba izvodi brodogradilište kod lakog deplasmana broda. Brod se tada naginje pomjeranjem težine - utega (čvrsti blok) na palubi. Nagib broda se odražava pomoću viska čiji je olovni vrh uronjen u posudu sa uljem. Posuda sa mjernom skalom je u vodoravnom položaju. Na skali se očitava otklon viska od simetrale broda prilikom naginjanja broda. Ulje u posudi služi za smirivanje oscilacija viska pri naginjanu broda.

Da bi se dobila što tačnija visina sistemskog težišta broda moraju biti ispunjeni određeni uslovi:

- na mjestu pokusa nagiba ne smije biti vjetera
- brod mora slobodno plutati
- svi predmeti koji su skloni pomjeranju moraju biti pričvršćeni
- brod ne smije imati slobodne površine
- ljudi koji ne učestvuju u pokusu nagiba broda moraju biti iskrcani sa broda a ostali se ne smiju kretati
- brod mora biti u uspravnom položaju prije nagibanja

Prije samog pomjeranja težine očita se gaz broda a zatim se iz tablica izvadi deplasman i visina početnog metacentra iznad kobilice. Kada se sve te radnje završe onda se težina pomjeri za određenu udaljenost i brod se nagne.



Slika 28. Pokus nagiba broda.³⁶

Pomjeranje težine izazvaće pomjeranje i sistemskog težišta broda i doći će do nagiba broda za neki ugao.

$$GG_1 = \frac{p \cdot d}{D}$$

$$GM = \frac{p \cdot d \cdot l}{D \cdot s}$$

p – težina za pokus koja je poznata

d – udaljenost pomaka težine

l – dužina olovnice

s – otklon olovnice iz uzdužnice broda

D – deplasman broda pri pokusu nagiba

³⁶Ibid., str. 52.

3. POMORSKI PROPISI O STABILITETU PUTNIČKIH BRODOVA

3.1. Međunarodni IMO propisi

Međunarodna pomorska organizacija (International Maritime Organization) ima globalni međunarodni karakter i zavisi od politike UN. Na konferenciji UN 1948. godine konvencijom je ustanovljena Međunarodna pomorska savjetodavna organizacija (International Governmental Maritime Consultative Organization) koja je počela sa radom 1959. godine sa sjedištem u Londonu kao specijalizovana ustanova UN-a za pitanja pomorstva. 1982. godine IMCO mijenja ime u IMO. Trenutno ima 163 člana a kao rezultat rada ove organizacije usvojeno je oko 30 konvencija i 700 rezolucija i preporuka koje se tiču sigurnosti na moru i zaštiti morske okoline.

3.1.1. SOLAS

„Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskog života na moru (Safety Of Life At Sea) donešena je na zasjedanju održanom 1914. godine u Londonu, na podsticaj britanske vlade potstaknute potonućem Titanika. Zbog nametanja što većih standarda sigurnosti usledile su revizije 1929, 1948 i 1960 godine kao i revizija 1974 godine koja je i danas na snazi.“³⁷ Tekst konvencije i njen prilog mogu se mijenjati ili dopunjavati na konferencijama država ugovornica ili što se mnogo češće primjenjuje odlukama odbora za pomorsku sigurnost (MSC).

Poglavlje I – opšte odredbe u tri dijela A, B i C.

Dio A: Primjena i definicije – utvrđuje se opseg primjene konvencije pa se može zaključiti da se konvencija odnosi na sve putničke brodove bez obzira na veličinu kao i na teretne brodove u međunarodnoj plovidbi veće od 500 BT, osim ratnih brodova, brodova koji nisu pokretni mehaničkim sredstvima, drvenih brodova, jahti i ribarskih brodova.

Dio B: Pregledi i svjedožbe – propisuju se načini pregleda brodova odnosno svjedožbe koje se izdaju temeljom konvencije. Odredbama ovoga dijela utvrđeno je pravo države ugovornice da pregleda brodove (Port State Control) drugih država ugovornica ako postoji sumnja da brod i njegova oprema ne ispunjavaju zahtjeve konvencije.

Dio C: Nezgode – države se obavezuju sprovoditi istražne radnje u slučaju pomorskih nezgoda

Poglavlje II – konstrukcija podijeljena u dva dijela II-1 i II-2.

II-1 konstrukcija – struktura, pregradnja i stabilnost:

Dio A: opšti dio

Dio A1: struktura brodova

Dio B: pregradnja i stabilnost

Dio B1: pregradnja i stabilnost trgovačkih brodova u oštećenom stanju – utvrđuju se uslovi pregradnje vodonepropusnim vratima. Pregradnja mora biti takva da brod nakon oštećenja trupa mora i dalje da pliva sa pozitivnom stabilnošću.

Dio C: strojni uređaj – navode se zahtjevi vezani za strojne uređaje i uređaje za upravljanje (kormilarke uređaje).

³⁷Grabovac.I., Doprinos nekih međunarodnih konvencija sigurnosti plovidbe, str. 430.

Dio D: električni uređaji – ovim dijelom se utvrđuju uslovi koji se moraju ispuniti posebno u slučaju opasnosti za brod i ljude na njemu.

Dio E: posebni zahtjevi za prostorije strojeva bez stalne službe – ovim dijelom utvrđuju se uslovi koje moraju ispunjavati brodovi sa tek povremeno nadziranim strojnim prostorima.

II-2– sastoji se od četiri dijela:

Dio A – opšti dio kojim se utvrđuju načela protivpožarne zaštite kao i uslovi koje moraju ispunjavati ugrađeni sistemi za gašenje požara, sistemi za otkrivanje požara, lična protivpožarna oprema, planovi protivpožarne zaštite i slično.

Dio B – mjere sigurnosti za slučaj požara na putničkim brodovima, a navedeni su i dodatni uslovi protivpožarne zaštite koje moraju ispunjavati putnički brodovi.

Dio C – mjere sigurnosti za slučaj požara na teretnim brodovima, kao i odredbe koje se odnose na teretne brodove.

Dio D – mjere sigurnosti za slučaj požara na tankerima, a navode se i posebni zahtjevi koje moraju ispunjavati tankeri.

Poglavlje III – sredstva i uređaji za spašavanje

Dio A – opšti dio koji donosi opšte odredbe, izuzeća kao i način ispitivanja sredstava za spašavanje.

Dio B – zahtjevi za brodove i sredstva za spašavanje: ove zahtjeve mora ispunjavati svaki brod vezano za broj i kvalitet opreme, te dodatne zahtjeve koji se odnose kako na putničke tako i na teretne brodove.

Poglavlje IV – radiokomunikacije: ovo poglavlje utvrđuje broj i obilježja telekomunikacijske opreme broda sa staništa sigurnosti broda i ljudi.

Dio A – navode se opšte odredbe o primjeni, izuzećima i zadacima sistema.

Dio B – navode se obaveze vlada ugovornica.

Dio C – zahtjevi koje mora ispunjavati brod: navode se zahtjevi koje za pojedina područja mora ispunjavati brodska radiokomunikacijska oprema. Ovo poglavlje je temeljno izmjenjeno 1988. godine na konferenciji u Londonu čime je uveden GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System).

Poglavlje V – sigurnost plovidbe

Ovo poglavlje sadrži odredbe koje se odnose na uređaje, ponajprije za uređaje zapovjedničkog mosta kao i djelatnosti važne sa staništa sigurnosti plovidbe. Posebno se određuju načini prijema i slanja poruke pogibli, plovidbe u blizini leda, rada meteorološke službe te sistemi usmjeravanja plovidbe i izvještavanja sa brodova, korišćenje publikacija i opreme broda i saradnja sa službama traganja i spašavanja.

Poglavlje VI – prevoz žita

Dio A – opšti zahtjevi koji se odnose na poravnjanje i krcanje žita.

Dio B –proračun pretpostavljenih momenata nagibanja:

Odlomak I – opis pretpostavljenih potpalubnih praznina i način proračuna stabiliteta u neoštećenom stanju.

Odlomak II – pretpostavljeni volumetrički moment nagibanja za pune prostore

Odlomak III – pretpostavljeni volumetrički moment nagibanja za napajanje i grotlišta

Odlomak IV – pretpostavljeni volumetrički moment nagibanja za djelimično pune prostore

Odlomak V – alternativni načini krcanja postojećih brodova.

Dio C – oprema za prevoz i osiguranje žita:

Odlomak I – čvrstoća žitnih pregrada

Odlomak II – osiguranje djelimično punih prostora

Poglavlje VII – prevoz opasnih tereta

Dio A – prevoz upakovanih i čvrstih rasutih opasnih stvari

Dio B – konstrukcija i oprema brodova za prevoz opasnih tečnih hemikalija u razlivenom stanju

Dio C – konstrukcija i oprema brodova za prevoz ukapljenih plinova u razlivenom stanju

Poglavlje VIII – nuklearni brodovi

Ovo poglavlje propisuje način primjene ostalih odredbi konvencije, izuzeća, način odobrenja, mjere sigurnosti, nadzori svjedožbe te način istrage u slučaju nazgode nuklearnih brodova.

Poglavlje IX – sistem upravljanja u svrhu sigurnosti

Sistem upravljanja u svrhu sigurnosti je usvojen 1994. godine na konferenciji država članica. Njime je kao obavezan prihvaćen pravilnik upravljanja u svrhu sigurnosti. Ovom rezolucijom se brodar obavezuje da na brodovima kojima upravlja uspostavi sistem upravljanja sigurnošću i zaštitom okoline ISM.

Poglavlje X – mjere sigurnosti za brze brodove

Mjere sigurnosti za brze brodove SOLAS konvencije, usvojeno je na istoj konferenciji kao i poglavlje IX. Odnosi se na plovila koja se kreću velikom brzinom pa se zato na njih primjenjuju različita pravila o izgradnji i opremi u odnosu na trgovačke brodove standardne izgradnje.

Poglavlje XI – posebne mjere za unapređenje sigurnosti

Poglavlje koje se odnosi na posebne mjere za unapređenje sigurnosti prihvaćeno je na istoj konferenciji kao poglavlja IX i X. Ovim poglavljem se utvrđuje način ovlašćenja za rad organizacija koje u ime pojedine države izdaju svjedožbe o sposobnosti broda za plovidbu. Ovo poglavlje se takođe odnosi na postupke poboljšanog nadzora na tankerima za ulja, obavezu unošenja IMO broja na svjedožbu broda kao i pravo države u čiju luku je brod uplovio da obavlja pregled toga stranog broda.

Poglavlje XII – dodatne mjere za brodove za rasute terete

Na konferenciji država ugovornica 1997. godine dodato je ovo poglavlje. Ovo poglavlje obavezuje brodove za prevoz teških rasutih tereta dužine 150m ili više da izdrže naplavljivanje

jednog prostora, da budu pregledavani prema poboljšanom postupku nadzora kao i da budu opremljeni uređajem za proračun smičnih sila i momenata savijanja.

3.1.2. MARPOL

MARPOL (International Convention for the Prevention of Maritime Pollution from ships) je međunarodna konvencija o spriječavanju onečišćenja sa brodova kojoj je cilj potpuna eliminacija namjernog ili slučajnog onečišćenja morske okoline sa brodova, svim štetnim stvarima za ljude i ostala živa bića. „Ova konvencija je potpisana 1973. godine u Londonu, međutim kao takva nikada nije stupila na snagu već je preinačena Protokolom iz 1978. godine. Sadašnja konvencija predstavlja kombinaciju ta dva akta a stupila je na snagu 1983. godine.“³⁸ Članice konvencije su 136 država čije flote predstavljaju 98% svjetske brodske tonaže. Konvencija se sastoji iz šest priloga.

Prilog I – spriječavanje zagađenja mora uljima:

Poglavlje 1 – opšti dio;

Poglavlje 2 – pregledi, izdavanje i potvrđivanje svjedožbe;

Poglavlje 3 – zajtjevi za prostorije mašina na svim brodovima;

Poglavlje 4 – zahtjevi za prostor tereta na tankerima za ulje;

Poglavlje 5 – spriječavanje onečišćenja uljem nastalog nezgodom;

Poglavlje 6 – obalni uređaji za prihvat;

Poglavlje 7 – posebni zakoni za fiksne i plutajuće platforme.

Prilog II – spriječavanja zagađenja mora hemikalijama u tečnom stanju:

Poglavlje 1 – opšti dio;

Poglavlje 2 – razvrstavanje štetnih tečnih materija;

Poglavlje 3 – pregledi, izdavanje i potvrđivanje svjedožbi;

Poglavlje 4 – izvedba, konstrukcija, uređaji i oprema;

Poglavlje 5 – ispuštanje ostataka štetnih tečnih materija;

Poglavlje 6 – mjere nadzora država luka;

Poglavlje 7 – spriječavanje zagađenja koje potiče od nezgode u koju su uključene štetne tečne materije;

Poglavlje 8 – obalni uređaji za prihvat.

Prilog III – spriječavanje zagađenja mora štetnim opasnim materijama u posebnim pakovanjima, kontejnerima ili prevoznim tankovima.

Prilog IV – spriječavanje zagađenja mora fekalijama sa brodova:

Poglavlje 1 – opšti dio;

Poglavlje 2 – pregledi, izdavanje i potvrđivanje svjedožbi;

³⁸ <http://www.azo.hr/MARPOL>.

3.1.4. Tonnage 69

Obzirom da je mjerenje tonaže brodova predstavljalo veliki problem u međunarodnom pomorskom saobraćaju, IMO je 1969. godine usvojio Međunarodnu konvenciju o mjerenju nosivosti brodova (International Convention on Tonnage Measurement Ships).

Ova konvencija je unicifirala postupke mjerenja BRT i NRT brodova a stupila je na snagu tek 1982. godine. Konvencija se odnosi na sve trgovačke brodove dužine preko 24 metra. Iako ova konvencija nema direktne sigurnosne zahtjeve, ona određuje koji se zahtjevi na koji brod odnose i zbog toga je ona bitna.

3.2. Evropski propisi o stabilitetu putničkih brodova

Direktiva 2009/45/EZ Evropskog parlamenta i vijeća o sigurnosnim pravilima i normama za putničke brodove

„Svrha ove direktive je uvođenje jednakog nivoa sigurnosti života i imovine na novim i postojećim putničkim brodovima i brzim putničkim plovilima kada obje kategorije brodova i plovila obavljaju nacionalnu plovidbu, te utvrditi postupke pregovaranja na međunarodnom nivou kako bi se uskladila pravila za putničke brodove koji obavljaju međunarodnu plovidbu.“⁴⁰

1. Ova direktiva se primjenjuje na sledeće putničke brodove i plovila, bez obzira na zastavu pod kojom plove kada obavljaju nacionalnu plovidbu:

- (a) nove putničke brodove;
- (b) postojeće putničke brodove dužine 24 metra i više;
- (c) brza putnička plovila.

2. Ova direktiva se ne odnosi na:

(a) putničke brodove koji su:

- ratni brodovi i vojni transportni brodovi;
- brodovi koji nemaju mehanički pogon;
- brodovi izgrađeni od materijala koji nije čelik ili jednakovrijedni materijal i koji nisu obuhvaćeni normama za brza plovila ili dinamički podržavana plovila;
- drveni brodovi jednostavne gradnje;
- originali i pojedinačne replike istorijskih putničkih brodova projektovanih prije 1965. godine izgrađene pretežno od izvornih materijala;
- plovila za razonodu, osim ako imaju ili će imati više od 12 članova posade i putnika koji prevoze u komercijalne svrhe;
- brodovi koji plove isključivo u lučkim područjima.

(b) brza putnička plovila koja su:

- ratna plovila i vojna transportna plovila;
- plovila za razonodu, osim ako imaju ili će imati više od 12 članova posade i putnika koje prevoze u komercijalne svrhe;
- plovila koja plove isključivo u lučkim područjima.

⁴⁰ Direktiva 2009/45/EZ Evropskog parlamenta i vijeća o sigurnosnim pravilima i normama za putničke brodove.

3. Putnički brodovi su razvrstani u sledeće klase prema području u kojem plove:

Klasa A: putnički brod koji obavlja putovanja u nacionalnoj plovidbi osim putovanja obuhvaćenih klasama B,C i D.

Klasa B: putnički brod koji obavlja putovanja u nacionalnoj plovidbi, pri čemu ni u jednom trenutku nije udaljen više od 20 milja od obalne linije kopna na koje se mogu iskrcati osobe koje pretpe brodolom, uzimajući u obzir srednju visinu morskih mijena.

Klasa C: putnički brod koji obavlja putovanja u nacionalnoj plovidbi u morskim područjima gdje je vjerovatnost premašivanja značajne visine talasa od 2,5m manja od 10% na godišnjem nivou za brodove koji plove cijelu godinu ili na nivou pojedinog ograničenog razdoblja za brodove koji plove isključivo u tom razdoblju, pri čemu ni u jednom trenutku nije udaljen više od 15 milja od mjesta zakloništa ni više od 5 milja od obalne linije kopna na koje se mogu iskrcati brodolomci, uzimajući u obzir srednju visinu mijena.

Klasa D: putnički brod koji obavlja putovanja u nacionalnoj plovidbi u morskim područjima gdje je vjerovatnost premašivanja značajne visine talasa od 1.5m manja od 10% na godišnjem nivou za brodove koji plove cijelu godinu ili na nivou pojedinog ograničenog razdoblja za brodove koji plove isključivo u tom razdoblju, pri čemu ni u jednom trenutku nije udaljen više od 6 milja od mjesta zakloništa ni više od 3 milje od obalne linije kopna na koje se mogu iskrcati osobe koje pretpe brodolom, uzimajući u obzir srednju visinu morskih mijena.

4. Zahtjevi za stabilitet ro-ro putničkih brodova i njihovo isključenje iz plovidbe

(a) svi ro-ro putnički brodovi klase A, B i C kojima je kobilica položena ili koji su bili u sličnoj fazi gradnje 1. oktobra 2004. godine ili nakon tog datuma, moraju ispuniti zahtjeve iz članaka 6, 8 i 9 Direktive 2003/25/EZ.

(b) svi ro-ro putnički brodovi klase A i B kojima je kobilica položena ili koji su bili u sličnoj fazi gradnje prije 1. oktobra 2004. godine moraju ispuniti zahtjeve iz članaka 6, 8 i 9 Direktive 2003/25/EZ do 1. oktobra 2016. godine ako prije toga ne budu isključeni iz plovidbe jer su dostigli 30 godina starosti.

5. Rezolucija o stabilitetu u neoštećenom stanju A.749 (18)

(a) Novi brodovi klase A,B,C i D dužine 24 metra i više:

Sve klase novih brodova dužine 24 metra i više moraju biti u skladu sa odgovarajućim odredbama za putničke brodove iz Kodeksa o stabilitetu u neoštećenom stanju, koji je usvojen na zasijedanju skupštine IMO-a rezolucijom A.749 (18) 4. novembra 1993. godine.

Ako države članice smatraju da je primjena kriterijuma jakog vjetra i ljuljanja broda iz rezolucije IMO-a A.749 (18) neodgovarajuća, može se primjeniti neki drugi pristup kojim će se osigurati zadovoljavajući stabilitet.

(b) postojeći brodovi klase A i B, dužine 24 metra i više:

Svi poстоjeći brodovi klase A i B moraju u svim stanjima krcanja, nakon ispravki zbog uticaja slobodnih površina tečnosti u tankovima, ispunjavati sledeće kriterijume stabiliteta, u skladu sa pretpostavkama iz stavke 3.3 rezolucije IMO-a A.749 (18) ili jednakovrijednim pretpostavkama.

- površina ispod krivulje poluga statičkog stabiliteta (GZ krivulje) ne smije biti manja od:
 - 0.055 metar radijana do ugla nagiba od 30°;

- 0.09 metar radijana do ugla nagiba od 40° ili ugla naplavlivanja, tj. ugla nagiba pri kojem su donji krajevi svih otvora na trupu, ili nadgrađu ili palubnim kućicama koji se ne mogu vodonepropusno zatvoriti, uronjeni ako je taj ugao manji od 40°;
- 0.03 metar radijana između uglova nagiba od 30° i 40° ili između ugla nagiba od 30° i ugla naplavlivanja ako je taj ugao manji od 40°.
- poluga statičkog stabiliteta GZ mora iznositi najmanje 0.20 metara pri uglu nagiba od 30° i većem;
- poželjno je da maksimum poluge statičkog stabiliteta GZ bude pri uglu nagiba većem od 30° ali ne manjem od 25°;
- početna poprečna metacentarska visina ne smije biti manja od 0.015 metara.

„Stanja krcanja koja treba uzeti u obzir za provjeru usklađenosti sa navedenim uslovima stabiliteta, uključuju najmanje ona koja se navode u stavci 3.5.1.1. rezolucije IMO-a A.748 (18). Svi postojeći brodovi klase A i B dužine 24 metra i više moraju ispunjavati i dodatne kriterijume navedene u rezoluciji IMO-a A.749 (18) pod stavkama 3.1.2.6. (dodatni kriterijumi za putničke brodove) i 3.2. (kriterijum jakog vjetera i ljuljanja).“⁴¹

6. Vodonepropusno pregrađivanje

Novi brodovi klase B,C i D te postojeći brodovi klase B:

Svaki se brod mora pregraditi pregradama koje moraju biti vodonepropusne do pregradne palube, u vodonepropusne odjeljke čija se najveća dužina izračunava u skladu sa posebnim zahtjevima. Umjesto tih zahtjeva mogu se upotrebiti pravila o pregrađivanju i stabilitetu putničkih brodova utvrđena u poglavlju II. dijelu B Međunarodne konvencije o zaštiti ljudskog života na moru iz 1960. navedena u rezoluciji IMO-a A.265 (VIII), ako se primjenjuju u cjelosti. Svaki drugi dio unutrašnje strukture koji utiče na učinkovitost pregrađivanja broda mora biti vodonepropustan.

7. Naplavljiva dužina

Novi brodovi klase B,C i D te postojeći brodovi klase B:

- naplavljiva dužina za određenu tačku je najveći dio dužine broda, sa središtem u toj tački, koji može biti naplavljen a da brod pri tom ne uroni preko granične linije urona;
- na brodu koji nema neprekinutu pregradnu palubu, naplavljiva dužina za svaku tačku može se odrediti uz pretpostavku jedne neprekinute granične linije urona koja ni u jednoj tački nije manja od 76mm ispod gornjeg kraja palube na boku broda do koje su te pregrade i vanjska oplata vodonepropusno izvedene;
- ako je jedan dio pretpostavljene granične linije urona znatno ispod palube do koje dostižu pregrade, administracija države zastave može odobriti ograničena odstupanja u pogledu vodonepropusnosti onih djelova pregrada koji su iznad granične linije urona i neposredno ispod više palube.

8. Dopuštena dužina odjeljaka

Najveća dopuštena dužina odjeljaka, sa središtem u bilo kojoj tački dužine broda dobija se tako što se naplavljiva dužina pomnoži sa odgovarajućim faktorom koji se naziva faktor pregrađivanja.

⁴¹ Direktiva 2009/45/EZ Evropskog parlamenta i vijeća o sigurnosnim pravilima i normama za putničke brodove.

9. Faktor pregrađivanja

Faktor pregrađivanja je:

- 1.0 za brodove koji su ovlašćeni za prevoz manje od 400 osoba;
- 0,5 za brodove koji su ovlašćeni za prevoz 400 ili više osoba.

10. Stabilitet u oštećenom stanju

(a) Novi brodovi klase B,C i D te postojeći brodovi klase B:

- u svim uslovima plovidbe mora se osigurati takav stabilitet u neoštećenom stanju koji će omogućiti da brod izdrži konačnu fazu naplavlivanja bilo kojeg glavnog odjeljka za koji je propisano da se nalazi unutar naplavljive dužine;
- ako su dva susjedna glavna odjeljka odvojena stepenastom pregradom stabilitet u neoštećenom stanju mora biti takav da brod izdrži naplavlivanje ta dva susjedna odjeljka;
- ako je potrebn faktor pregrađivanja 0.50, stabilitet u neoštećenom stanju mora biti takav da brod izdrži naplavlivanje bilo koja dva susjedna odjeljka;
- zahtjevi prethodnih stavki određuju se proračunima koji uzimaju u obzir odnose i projektne karakteristike broda kao i smještaj i konfiguraciju oštećenih odjeljaka;
- ako je predloženo postavljanje paluba, unutrašnjih oplata ili uzdužnih pregrada dovoljne nepropusnosti čime se stvarno ograničava prodor vode, ta ograničenja treba u odgovarajućoj mjeri uzeti u obzir u proračunima.

(b) Novi brodovi klase B,C i D te postojeći ro-ro putnički brodovi klase B i postojeći putnički brodovi klase B koji nisu ro-ro putnički brodovi, izgrađeni 29. aprila 1990. godine ili nakon tog datuma.

Stabilitet koji se zahtjeva u konačnom stanju nakon oštećenja i popravljanja, ako se predviđa, određuje se na sledeći način:

1. Krivulja pozitivnih poluga stabiliteta nakon oštećenja mora imati opseg od najmanje 15° iznad ugla ravnoteže. Taj opseg se može smanjiti na najmanje 10°, ako je površina ispod krivulje poluge uspravljanja određena u narednoj stavci pomnožena sa odnosom 15/opseg, pri čemu je opseg izražen u stepenima.
2. Površina ispod krivulje poluga stabiliteta mora iznositi najmanje 0.015 m-rad, mjereno od ugla ravnoteže do manjeg od sledećih uglova:
 - ugla kod kojeg nastupa progresivno naplavlivanje;
 - 22° u slučaju naplavlivanja jednog odjeljka ili 27° u slučaju istovremenog naplavlivanja dva susjedna objekta.
3. Poluga stabiliteta nakon oštećenja dobiće se unutar opsega pozitivnog stabiliteta, uzimajući u obzir najveći od sledećih momenata poprečnog nagiba:
 - okupljanje svih putnika na jednom boku;
 - spuštanje svih potpuno opterećenih brodica za spašavanje pomoću sohe, na jednom boku;
 - pritisak vjetra koji se izračunava prema sledećoj formuli:

$$GZ = \frac{\text{moment poprečnog nagiba}}{l_{stl} \cdot s_{ntna}} + 0,04$$

4. Radi izračunavanja momenata poprečnog nagiba treba pretpostaviti sledeće:
 - o Moment zbog mnoštva putnika:
 - 4 osobe po kvadratnom metru;

- masa od 75 kg po putniku;
 - putnici se raspoređuju po raspoloživim površinama palube na jednom boku broda, na palubama na kojima se nalaze zborna mjesta tako da se ostvari najnepovoljniji moment poprečnog nagiba.
5. Moment zbog spuštanja svih potpuno opterećenih brodica za spašavanje pomoću sohe, na jednom boku:
- za sve brodice za spašavanja i brodice za prikupljanje smještene na boku na koji je brod nagnut nakon oštećenja, pretpostavlja se da su potpuno opterećene i dovedene u položaj za spuštanje;
 - za brodice za spašavanje koje su pripremljene za spuštanje sa potpunim opterećenjem sa mjesta gdje su smještene, uzima se u obzir maksimalni moment poprečnog nagiba tokom spuštanja;
 - za potpuno opterećene splavove za spašavanje koji se spuštaju pomoću sohe, obješene na sohu na boku na koji je brod nagnut nakon oštećenja, pretpostavlja se da su dovedene u položaj za spuštanje;
 - osobe koje se ne nalaze u sredstvima za spašavanje koja su dovedena u položaj za spuštanje ne uzrokuju dodatni moment poprečnog nagiba ni moment uspravljanja;
 - za sredstva za spašavanje koja se nalaze na suprotnom boku od boka na koji je brod nagnut, pretpostavlja se da su u smještanom položaju.
6. Momenti zbog pritiska vjetra:
- klasa B: primjenjuje se pritisak vjetra od 120 N/m^2
 - klase C i D: primjenjuje se pritisak vjetra od 80 N/m^2
 - kao površina za proračun primjenjuje se lateralna površina broda iznad vodene linije koja odgovara neoštećenom stanju;
 - krak momenta je vertikalna udaljenost od tačke na polovini srednjeg gaza koji odgovara neoštećenom stanju, do težišta lateralne površine.
7. Kada nastupi značajno progresivno naplavljivanje smatraće se da je krivulja poluge uspravljanja prekinuta pod uglom pod kojim nastupa progresivno naplavljivanje pa se opseg i površina mjere do tog ugla.
8. Ako je progresivno naplavljivanje ograničeno i ne nastavlja se nesmanjenim intezitetom te uzrokuje prihvatljivo sporo smanjivanje poluge uspravljanja manje od 0,04 metra, ostatak krivulje se djelimično skraćuje pod pretpostavkom da je progresivno naplavljen prostor tako naplavljen od početka.
9. U međufazama naplavljivanja maksimalna poluga uspravljanja mora biti najmanje 0,05 metara a opseg pozitivnih poluga uspravljanja mora biti najmanje 7.

3.3. Nacionalni propisi o stabilitetu putničkih brodova

Zakoni o sigurnosti pomorske plovidbe:

Plovni put – član 7

„Plovni put u unutrašnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Crne Gore je morski pojas dovoljno dubok i širok za sigurnu plovidbu plovnog objekta, koji je po potrebi i označen.“⁴²

Spašavanje ugroženih ljudskih života – član 24

⁴² Zakon o sigurnosti pomorske plovidbe, Podgorica, 2012. str. 6.

„Ako u luci ili drugim djelovima unutrašnjih morskih voda i teritorijalnog mora Crne Gore, nastane požar ili druga nezgoda koja ugrožava sigurnost ljudskih života ili plovnog objekta, Lučka kapetanija je dužna da najbližem brodu naredi da bez odlaganja na mjestu požara ili nezgode preduzme mjere radi spašavanja ugroženih ljudskih života, odnosno plovnog objekta.“⁴³

Sposobnost broda za plovidbu – član 42

Brod je sposoban za plovidbu i za određenu namjenu ako ispunjava određene uslove odnosno ako:

- 1) njegova konstrukcija, mašine i uređaji ispunjavaju određene tehničke uslove radi:
 - a) smještaja ljudi i zaštite njihovih života;
 - b) zaštite na radu članova posade i ostalih radnika na brodu;
 - c) zaštite broda;
 - d) zaštite tereta na brodu;
 - e) spriječavanje zagađenja mora sa plovnih objekata.
- 2) ima sistem upravljanja sigurnošću kompanije, brodara i broda;
- 3) ima sistem bezbjednosne zaštite;
- 4) ima određen broj posade koja je stručno osposobljena;
- 5) ima određen broj smještenih odnosno ukrcanih putnika u skladu sa propisima;
- 6) je teret ukrcan u skladu sa dobijenom teretnom linijom;
- 7) ima određene uslove za pružanje medicinske pomoći.

Prevoz putnika brodom koji nije putnički – član 55

Ministarstvo ima pravo da na osnovu predloga Uprave proglasi neki od brodova koji nije putnički proglasi sposobnim, odnosno izda dozvolu za prevoz putnika teritorijalnim morem Crne Gore na određeno vrijeme pod uslovom ako se pregledom utvrdi da brod ispunjava uslove za obavljanje takvog prevoza putnika.

Brod za prevoz putnika – član 56

„Brod može da prevozi samo određeni broj putnika čiji se broj i smještaj na brodu određuje na osnovu propisanih uslova, plovnih svojstava broda, raspoložive površine za smještaj putnika, uređaja i opreme namjenjene putnicima i higijenskih uslova.“⁴⁴

Teret na brodu – član 57

Teret na brodu mora da bude pravilno raspoređen kako ne bi ugrozio stabilitet broda i doveo do naprezanja pojedine konstrukcijske djelove broda više nego što je to dozvoljeno. Teret mora da bude ukrcan u granicama dozvoljenog opterećenja broda, pravilno složen i osiguran, kako ne bi došlo do pomjeranja tereta i ugrožavanja života ljudi na brodu i životne sredine. Iz tih razloga postoje tehnička pravila o prevozu tereta.

Privremeno svjedočanstvo o sposobnosti teretnog broda za prevoz putnika – član 68

Ovo svjedočanstvo mora imati teretni brod na koji se ne odnosi SOLAS konvencija a za koji je utvrđeno da je sposoban da prevozi putnike na jednom ili više putovanja u granicama unutrašnjih morskih voda.

⁴³Ibid., str. 9.

⁴⁴Ibid., str. 19.

Knjiga stabiliteta i isprave i knjige za brod za prevoz rasutog, hlađenog ili opasnog tereta – član 76

„Brod dužine najmanje 24 metra, kao i putnički brod moraju da imaju knjigu stabiliteta.“⁴⁵ Brodu koji prevozi opasni, rasuti ili hlađeni teret treba da bude utvrđena sposobnost za prevoz neke od ove tri vrste tereta.

Minimalni broj članova posade – član 118

Za vršenje poslova pri plovidbi, brod mora da ima određen broj članova posade sa odgovarajućom stručnom spremom. Da bi se obezbjedila sigurna plovidba Ministarstvo propisuje minimalan broj članova posade koje mora da ima jedan brod.

3.4. Klasifikacioni propisi

Pravila za statutarnu certifikaciju jahti i brodica

U skladu sa odredbama pomorskog zakonika i pravilnika o brodicama i jahtama propisuju se tehnički zahtjevi koje moraju da ispune brodice i jahte kako bi se utvrdilo da li su sposobne za plovidbu a vezani su za:

1. Sigurnost ljudskih života, brodice, jahte ili njihove imovine;
2. Spriječavanje zagađenja mora uljima, štetnim materijama, otpadnim vodama i smećem;
3. Spriječavanje zagađenja morske okoline od štetnog djelovanja sistema protiv obrastanja trupa;
4. Zaštitu tokom rada, smještaj posade i putnika;
5. Spriječavanje zagađenja vazduha;
6. Uslove za prevoz putnika;
7. Sigurnost uređaja za rukovanje teretom.

Pravila se primjenjuju na:

1. Rekreativna plovila (plovila za sport i razonodu) za lične potrebe (brodice i jahte);
2. Rekreativna plovila za gospodarske namjene (brodice i jahte u svrhu iznajmljivanja);
3. Brodice za gospodarske namjene (brodice namjenjene za prevoz tereta, ratne brodice, brodice namjenjene za prevoz do 12 putnika);
4. Javne brodice.

Pravila se sastoje od 4 priloga:

1. Prilog 1 – opšti dio
2. Prilog 2 – nadzor i ocjena skladnosti tokom gradnje brodica i jahti, kojim se propisuju:
 - a) temeljni tehnički zahtjevi;
 - b) postupci ocjene skladnosti projekta i gradnje plovila;
 - c) certifikacija rekreativnih plovila prema direktivi;
 - d) tehnički zahtjevi za statutarnu certifikaciju jahti koje viju zastavu Republike Crne Gore;
 - e) tehnički zahtjevi za statutarnu certifikaciju brodica koje viju zastavu Republike Crne Gore.
3. Prilog 3 – pregledi jahti kojim se propisuju tehničke norme za obavljanje pregleda radi utvrđivanja sposobnosti za plovidbu jahti.

⁴⁵Ibid., str. 26.

4. Prilog 4 – pregledi brodica kojim se propisuju:
 - a) tehničke norme za obavljanje pregleda radi utvrđivanja sposobnosti za plovidbu brodica;
 - b) zahtjevi prilikom gradnje brodica za lične potrebe.

Pravila uključuju odredbe Direktive 94/25/EZ koja je dopunjena Direktivom 2003/44/EZ kao i odredbe Direktive 2013/53/EU koje se odnose na:

1. Zahtjeve za projektovanje i izgradnju plovila;
2. Postupke ocjene skladnosti;
3. Postupak certifikacije;
4. Postupak ocjenjivanja skladnosti nakon izgradnje.

Direktiva 2013/53/EU se primjenjuje na sledeće proizvode:

- rekreacijska plovila djelimično ili potpuno završena;
- plovila na vodomazni pogon koja su djelimično ili potpuno završena;
- sastavne djelove plovila;
- porivne sisteme koji su već ugrađeni ili namjenjeni za ugradnju;
- porivne sisteme koji su ugrađeni na plovilo a podliježu preinakama motora;
- plovila koja podliježu značajnim preinakama plovila.

Direktiva 2013/53/EU se ne primjenjuje na sledeće proizvode:

- a) u pogledu temeljnih tehničkih zahtjeva na:
 - plovila namjenjena isključivo za trke;
 - kanue i kajake;
 - daske za jedrenje;
 - originalna istorijska plovila izgrađena prije 1950. godine;
 - eksperimentalna plovila;
 - plovila građena za vlastite potrebe;
 - plovila posebno namjenjena za komercijalni prevoz putnika i rad sa posadom;
 - ronilice;
 - lebdjelice;
 - hidrokrlina plovila;
 - plovila na parni pogon koja koriste ugalj, drvo, plin ili ulje a imaju vanjsko izgaranje;
 - amfibijska vozila odnosno vozila koja se pomoću gusjenica kreću i po vodi i po kopnu.
- b) u pogledu zahtjeva za emisiju izduvnih plinova na:
 - plovila namjenjena isključivo za trke;
 - eksperimentalna plovila;
 - plovila namjenjena za komercijalni prevoz putnika i rad sa posadom;
 - ronilice;
 - lebdjelice;
 - hidrokrlina plovila;
 - amfibijska vozila;
 - porivne sisteme građene za vlastite potrebe;
 - originalne istorijske porivne sisteme izgrađene prije 1950. godine.
- c) u pogledu zahtjeva u vezi sa emisijom buke na:
 - sva plovila navedena pod tačkom b);
 - plovila građena za vlastite potrebe graditelja.

4. STABILITETA KATAMARANA ZA PREVOZ DO 85 PUTNIKA

4.1. Opšte uvodne napomene o veličinama katamarana

Katamaran je brod sa dva trupa koji su postavljeni jedan pored drugog na određenom razmaku a povezana u jednu cjelinu mosnom konstrukcijom postavljenom preko trupova. U ovu grupu spadaju i brodovi sa više trupova sa malom površinom vodene linije kao i trimarani (brodovi sa tri trupa). „Princip združivanja dvaju brodskih trupova potječe od starih Polinežana, koji su svoje brze i pomorstvene jedrilice gradili sastavljanjem dvaju plovila u jedno.“⁴⁶



Slika 30. Model katamaranskog broda.⁴⁷

U suštini povećanje stabiliteta se može postići na dva načina. Prvi način je da se na dno broda ukrci balast a drugi način je da se dva trupa spoje u jednu cjelinu. Prvi način su koristili zapadni brodograditelji dok su drugi način primjenjivali narodi Okeanije. Oba načina se zasnivaju na primjeni dva teoretska aspekta stabiliteta plovila odnosno stabiliteta težine i stabiliteta forme.

Brodovi katamaranskog tipa nisu usavršavani sve do kraja drugog svjetskog rata. Zahtjevi koji su tada su postavljani trgovački, ratni i specijalni brodovi odgovarali su brodovima sa jednim trupom. Tek sedamdesetih godina prošlog vijeka ozbiljno se pristupilo daljem razvoju katamarana i počeli su se riješavati njihovi problemi kako bi se iskoristile prednosti brodova sa dva trupa.

⁴⁶Pomorska enciklopedija, Jugoslavenski Leksikografski Zavod, Zagreb 1976, str. 535.

⁴⁷ Ibidem.

Danas postoje razne vrste katamarana koje se koriste u različite svrhe. Jedriličari koriste katamarane kada žele postizati velike brzine od 20 do 30 čvorova. Postoje i katamarani za sport i duga krstarenja. Izgrađeni su takođe i: putnički katamarani sa istisninom od 60 do 600t; ribarski katamarani sa istisninom od 180t; trajektni katamarani sa istisninom od 500 do 6000t; istraživački katamarani sa istisninom od 2000 do 13200 t; katamarani nosači aviona; kontejnerski katamarani sa istisninom i do 40000t i postižu brzine od 35 čvorova. Sve ove vrste katamarana mogu da odgovore na sve zahtjeve vezane za stabilitet, površinu i prostor kao i zahtjeve vezane za brzinu i minimalno ljuljanje na talasima.



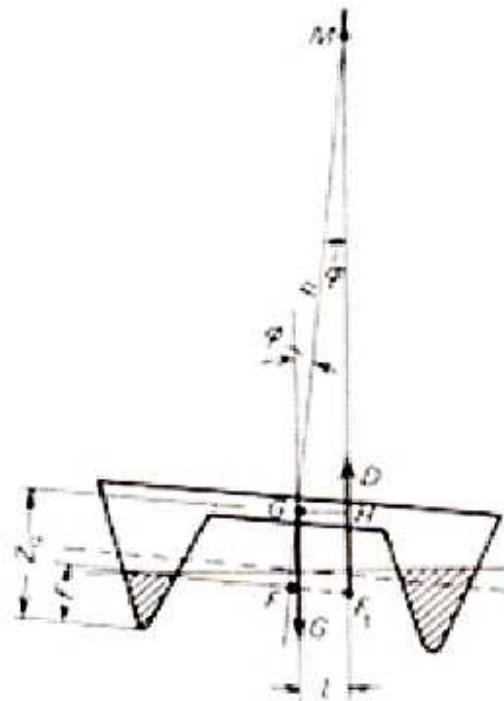
Slika 31. Katamaran jedrilica.⁴⁸

Kada govorimo o stabilitetu katamarana tu ima određene razlike u odnosu na stabilitet brodova sa jednim trupom. Stabilitet kod jednotrupih brodova pri zadanom položaju sistemskog težišta G zavisi od nagiba tj., veličine pomjeranja istisnine u poprečnoj ravnini. Taj pomak može maksimalno dostići $1/4$ širine broda a to je i vrijednost momenta uspravljanja.

Kod katamarana je to za nijansu drugačije jer brodovi sa dva trupa omogućavaju mnogo veća poprečna pomjeranja težišta istisnine a to omogućava i veliki porast momenta uspravljanja pri malim uglovima nagiba. „Maksimalni moment uspravljanja nastaje u trenutku kada dno privjetrenog trupa katamarana izroni iz vode, što se događa pri nagibu od oko 10° , a nakon toga moment uspravljanja naglo pada.“⁴⁹

⁴⁸Ibid., str. 536.

⁴⁹ Ibidem.



Slika 32. Početni stabilitet katamarana.⁵⁰

Na primjeru ispod se može uočiti da pri jednakoj dubini i ukupnoj istisnini brod sa jednim trupom može biti nestabilan dok to nije slučaj i sa katamaranom.

	Obična jedrilica	Katamarani
Duljina vodne linije	$L = 6,0 \text{ m}$	$6,0 \text{ m}$
Širina preko svega	$B = 1,2 \text{ m}$	$2,5 \text{ m}$ ($b = 0,6 \text{ m}$)
Površina VL	$A = 5,0 \text{ m}^2$	$2 \times 2,5 \text{ m}^2$
Istisnina	$V = 2,0 \text{ m}^3$	$2 \times 1,0 \text{ m}^3$
Moment inercije	$I = 0,417 \text{ m}^4$	$7,92 \text{ m}^4$
Metacentarski radijus	$r = 0,208 \text{ m}^2$	$3,96 \text{ m}$
Daljina između G i L	$a = 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m}$
Metacentarska visina	$h = -0,79 \text{ m}$	$2,96 \text{ m}$

Slika 33. Poređenje obične jedrilice i katamarana.⁵¹

„Moment inercije katamarana jednak je sumi momenata inercije svakog trupa povećanoj za umnožak površine svake vodne linije i kvadrata razmaka težišta VL od osi simetrije katamarana. Zbog toga je razmak između trupova jedna od osnovnih dimenzija katamarana i glavno mjerilo njegovog stabiliteta.“⁵²

⁵⁰ Ibidem.

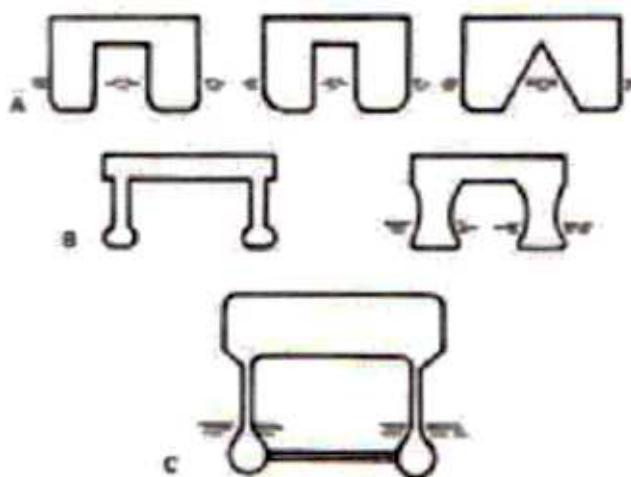
⁵¹ Ibidem.

⁵² Ibid. str. 537.

Katamarani se po klasama dijele na katamarane slobodnih klasa, katamarane ograničenih klasa i monotipove. Za katamarane slobodne klase ograničenja su minimalna u vidu tehničkih pokazatelja (površina jedara i najveća širina). Kada se govori o katamaranima ograničene klase ograničenja se odnose na sve tehničke karakteristike (glavne dimenzije, površina jedara, težina trupa itd.). Monotipovi se grade po nacrtu od kojeg nema nikakvih odstupanja. Međunarodni savez za takmičenje jedrilica u slobodnoj klasi predviđa sledeće grupe katamarana:

- A. Brod za samca – najveća površina jedara $13,9 \text{ m}^2$, najveća širina 2,3 m i najveća dužina 5,2 m;
- B. Brod sa posadom od jednog čovjeka – najveća površina jedara $21,8 \text{ m}^2$, najveća širina 3,05 m i najveća dužina 6,1 m;
- C. Brod sa posadom od dva čovjeka – najveća površina jedara $28,9 \text{ m}^2$, najveća širina 4,26m i najveća dužina 7,65 m;
- D. Brod sa posadom od tri čovjeka – najveća površina jedara $46,5 \text{ m}^2$.

Katamarani su obično dobijeni spajanjem dva standardna deplasmanska trupa koja se izvode simetrično ili nesimetrično s obzirom na vlastitu osu ili u formi morskih saonica. Ostali tipovi predviđaju katamarane sa malom površinom vodene linije čija je forma izvedena iz konvencionalnih brodskih formi. Poluuronjeni katamaran se sastoji od potpuno uronjenih trupova koji su sa nadvodnom platformom povezani sa po dva skroka.



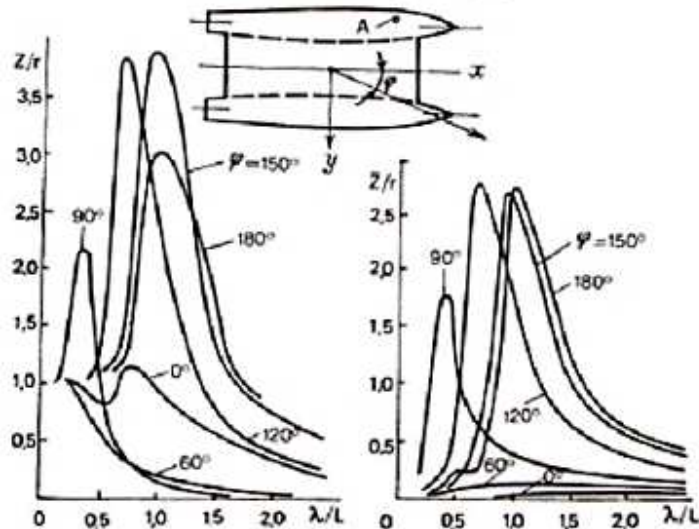
Slika 34. Tipovi katamaranskih trupova (konvencionalni, modificirani i poluuronjeni).⁵³

Osim što katamarani imaju prednosti u odnosu na obične brodove kada govorimo o stabilitetu, površini palube, veličini prostora iznad palube njihov kvalitet se ocenjuje po brzini ili stabilnosti platforme na valovima. „Otpor vode napredovanja katamarana pri velikom razmaku između trupova jednak je sumi otpora pojedinih trupova.“⁵⁴ Pri smanjenju razmaka između trupova otpor vode raste ili opada. To se tumači uzajamnim djelovanjem brodskih valnih sistema oba trupa, kao i uvećavanjem brzine strujanja između njih što utiče na otpor trenja.

⁵³ Ibidem.

⁵⁴ Ibidem.

Ispitivanja katamarana pokazuju da su njihove amplitude valjanja manje skoro 2,5 puta nego kod brodova sa jednim trupom. Manji uglovi nagiba katamarana pri valjanju na niskim valovima objašnjavaju se velikim poprečim stabilitetom brodova sa dva trupa.



Slika 35. Nihanj, poniranje i vertikalno ubrzanje tačke A pri različitim kursnim uglovima.⁵⁵

„Za smanjenje stvaranja talasa pogodna je visoka vrijednost prizmatičnog koeficijenta. Posebno ima važnost kod teških katamarana za krstarenje kod kojih je između 0,6 i 0,75. Kod lakih čamaca zavisnost otpora od raspodjele deplasmana po dužini trupa čamca je manja (za njih je obično između 0,55 i 0,6).“⁵⁶

4.2. Kriterijumi za proračun stabiliteta katamarana za prevoz do 85 putnika

Opšti kriterijumi:

1. Površina dijagrama poluga statičkog stabiliteta ne smije biti manja od 0,055 metar radiana do ugla nagiba od 30° i ne manja od 0,09 metar radiana do ugla nagiba od 40° ili do ugla naplavlivanja ako je ovaj ugao manji od 40°. Površina dijagrama poluga statičkog stabiliteta između ugla nagiba 30° i 40° ili između ugla nagiba od 30° i ugla naplavlivanja, ako je ovaj manji od 40°, ne smije biti manji od 0,03 metar radijana;
2. Najveća poluga dijagrama statičkog stabiliteta mora iznositi najmanje 0,20 m kod ugla nagiba jednakog ili većeg od 30°;
3. Predviđa se da maksimum dijagrama poluga statičkog stabiliteta bude kod ugla nagiba većeg od 30° ali ni u kom slučaju ne smije biti kod ugla nagiba manjeg od 25°;
4. Ispravljena metacentarska visina ne smije biti manja od 0,15 m.

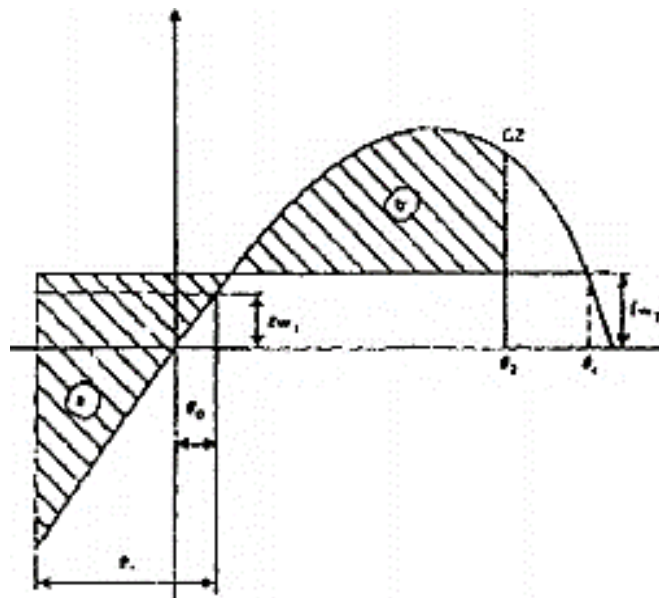
Kriterijumi jakog vjetra i ljuljanja brodova:

1. Brod je izložen ravnomjernom pritisku zbog vjetra koji djeluje na uzdužnu centralnu ravninu što rezultira sa konstantnom polugom momenta nagiba;

⁵⁵ Ibidem.

⁵⁶ Ibidem.

2. Pretpostavlja se da se brod zbog djelovanja valova od rezultujućeg ugla ravnoteže naginje protiv vjetra za ugao ljuljanja. Ugao nagiba zbog djelovanja ravnomjernog vjetra treba ograničiti na dozvoljenu vrijednost prema registru. Može se kao pokazatelj uzeti ugao od 16° ili 80% vrijednosti ugla kod kojeg dolazi do uranjanja kraja palube, prema tome što je manje;
3. Brod je izložen djelovanju pritiska usled jakog naleta vjetra što rezultira polugom momenta nagiba;
4. Površina „b“ sa slike 36. mora biti jednaka ili veća od površine „a“;
5. Učinak slobodnih površina treba uzeti u obzir za sve standardne slučajeve opterećenja



Slika 36. Jak vjetar i ljuljanje broda.⁵⁷

Uglovi na slici 37. se definišu na sledeći način:

φ_0 – ugao nagiba zbog ravnomjernog djelovanja vjetra;

φ_1 – ugao ljuljanja protiv vjetra zbog djelovanja valova;

φ_2 – ugao naplavlivanja φ_f ili 50° ili φ_c prema tome što je manje, gde je:

φ_f – ugao nagiba kod kojeg uranjaju otvori na trupu, nadgrađu ili palubnim kućicama, koji ne mogu biti vremenski nepropusno zatvoreni. Kod primjene ovog kriterijumima ne smatraju se otvorenima mali otvori kroz koje ne može doći do progresivnog naplavlivanja;

φ_c – ugao drugog presijecanja poluge jakog naleta vjetra l_{w1} i GZ krivulje

Poluge nagibanja uslijed djelovanja vjetra l_{w1} i l_{w2} su konstantne vrijednosti kod svih uglova nagiba i za njihovo računanje su potrebni sledeći parametri:

P – pritisak vjetra od 504 N/m^2 . Za brodove ograničenog područja plovidbe vrijednost P se može smanjiti uz odobrenje registra;

⁵⁷D.o.o. „Monte Marine Yachting“ Kotor, Projektna dokumentacija katamarana za prijevoz putnika, Proračun stabilneta katamarana do 85 putnika, str. 5.

A – laterarna površina broda i palubnog tereta iznad vodene linije;

z – vertikalna udaljenost od težišta površine A do težišta laterarne površine uronjenog dijela broda ili približno do tačke koja se nalazi na jednoj polovini gaza broda;

V – istisnina;

g – ubrzanje sile zemljine teže koje iznosi $9,81 \text{ m/s}^2$.

Amplituda ljuľanja broda računa se uz pomoć sledećih koeficijenata odnosno parametara:

X_1 – koeficijent prema tabeli 2.2.3-1;

X_2 – koeficijent prema tabeli 2.2.3-2;

k – koeficijent koji iznosi:

k = 1 za brodove zaobljenog uzvoja bez gredne kobilice;

k = 0,7 za brodove oštrog uzvoja

B – udaljenost između težišta težine broda i vodene linije (ako je težište iznad vodene linije znak “+” a ako je težište ispod vodene linije znak “-”);

d – srednji gaz broda;

s – koeficijent prema tabeli 2.2.3-4.

Tablica 2.2.3-1 Vrijednosti koeficienta X_1		Tablica 2.2.3-2 Vrijednosti koeficienta X_2		Tablica 2.2.3-3 Vrijednosti koeficienta k		Tablica 2.2.3-4 Vrijednosti koeficienta s	
B/d	X_1	C_B	X_2	k		T	s
= 2,4	1,0	= 0,45	0,75	0	1,0	=6	0,100
2,5	0,98	0,50	0,82	1,0	0,98	7	0,098
2,6	0,96	0,55	0,89	1,5	0,95	8	0,093
2,7	0,95	0,60	0,95	2,0	0,88	12	0,065
2,8	0,93	0,65	0,97	2,5	0,79	14	0,053
2,9	0,91	= 0,70	1,0	3,0	0,74	16	0,044
3,0	0,90			3,5	0,72	18	0,038
3,1	0,88			=4,0	0,70	=20	0,035
3,2	0,86						
3,3	0,84						
3,4	0,82						
= 3,5	0,80						

(Međuvrijednosti se dobiju linearnom interpolacijom)

Tabela 1. Vrijednosti koeficijenata; X_1 , X_2 , k i s.⁵⁸

⁵⁸ Ibidem.

Za brodove zbog čijih karakteristika nije moguće udovoljiti određenim zahtjevima sa odnosom širine i visine $B/D > 2$, zahtjeva se da zadovolje sledeće kriterijume:

1. Površina ispod krivulje poluga statičkog stabiliteta ne smije biti manja od 0,070 metar radijana do ugla od 15° kada se maksimalna poluga pojavljuje kod 15° i 0,055 metar radijana do ugla od 30° kada se maksimalna poluga pojavljuje kod 30° ili više. Gdje se maksimalna poluga pojavljuje pri uglu između 15° i 30° , odgovarajuća površina ispod krivulje mora iznositi: $0,055 + 0,001 (30^\circ -)$ metar radijana;
2. Površina ispod krivulje poluga stabiliteta između nagiba 30° i 40° ili između 30° i φ_f ako je ovaj ugao manji od 40° ;
3. Poluga stabiliteta GZ mora iznositi najmanje 0,20m kod ugla nagiba koji je jednak ili veći od 30° ;
4. Maksimalna poluga stabiliteta GZ mora se pojaviti kod ugla nagiba ne manjeg od 15° ;
5. Početna metacentarska visina ne smije biti manja od 0,15m.

Uticaj slobodnih površina tečnosti u tankovima:

1. Za sva stanja krcanja broda početna metacentarska visina i krivulja poluga statičkog stabiliteta moraju se ispraviti zbog uticaja slobodnih površina tečnosti u tankovima;
2. Uticaj slobodnih površina mora se uzeti u obzir uvijek kada je nivo tečnosti ispod 98% ukupnog volumena tanka. Uticaj slobodnih površina ne uzima se u obzir kada je tank nominalno pun odnosno kada se nivo tečnosti nalazi na 98% ili više od ukupnog volumena tanka;
3. Uticaj slobodnih površina na stabilitet uzima se kao smanjenje metacentarske visine MG i povećanje težišta broda KG.

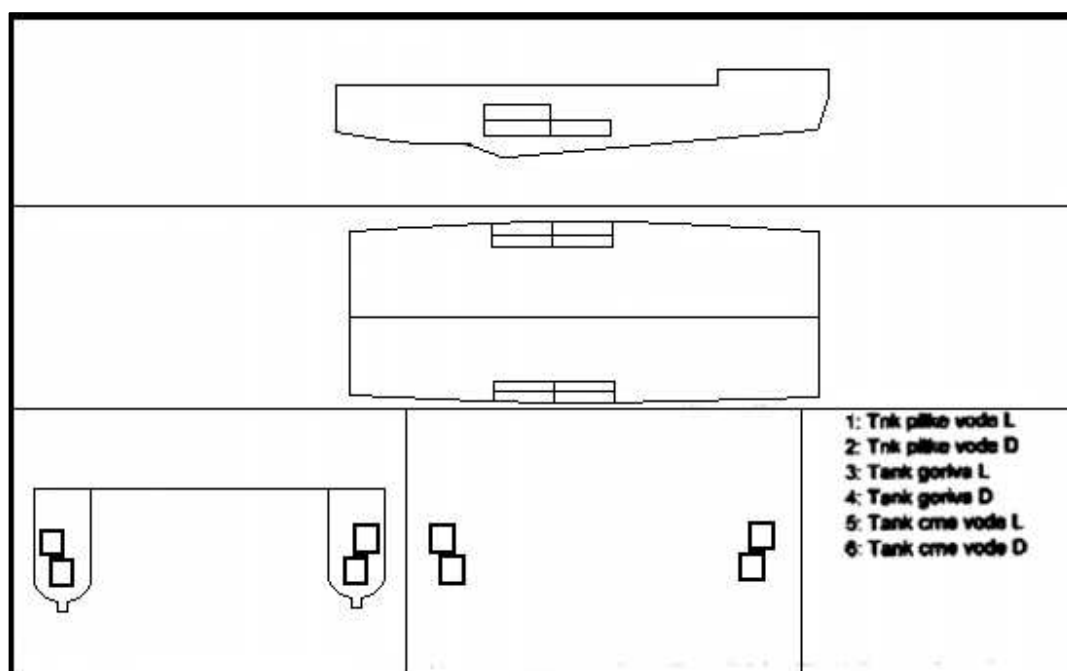
<i>Naziv</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>Težina</i>	<i>KG</i>	<i>LCG</i>	<i>YG</i>	<i>MSP</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(t)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(t.m)</i>
<i>1 Tok pitke vode L</i>	<i>6.250</i>	<i>8.450</i>	<i>0.44</i>	<i>0.900</i>	<i>7.350</i>	<i>-2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>2 Tok pitke vode D</i>	<i>6.250</i>	<i>8.450</i>	<i>0.44</i>	<i>0.900</i>	<i>7.350</i>	<i>2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>3 Tank goriva L</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.37</i>	<i>0.925</i>	<i>5.100</i>	<i>-2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>4 Tank goriva D</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.37</i>	<i>0.925</i>	<i>5.100</i>	<i>2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>5 Tank crne vode L</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.45</i>	<i>1.475</i>	<i>5.100</i>	<i>-2.890</i>	<i>0.01</i>
<i>6 Tank crne vode D</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.45</i>	<i>1.475</i>	<i>5.100</i>	<i>2.890</i>	<i>0.01</i>
<i>Tankovi 100%</i>			<i>2.53</i>	<i>1.112</i>	<i>5.883</i>	<i>0.000</i>	<i>0.06</i>

Tabela 2. Raspored tečnosti u tankovima 100%⁵⁹

⁵⁹Ibid., str. 10.

<i>Naziv</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>Težina</i>	<i>KG</i>	<i>LCG</i>	<i>YG</i>	<i>MSP</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(t)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(t . m)</i>
<i>1 Tok pitke vode L</i>	<i>6.250</i>	<i>8.450</i>	<i>0.04</i>	<i>0.675</i>	<i>7.350</i>	<i>-2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>2 Tok pitke vode D</i>	<i>6.250</i>	<i>8.450</i>	<i>0.04</i>	<i>0.675</i>	<i>7.350</i>	<i>2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>3 Tank goriva L</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.04</i>	<i>0.692</i>	<i>5.344</i>	<i>-2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>4 Tank goriva D</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.04</i>	<i>0.692</i>	<i>5.344</i>	<i>2.690</i>	<i>0.01</i>
<i>5 Tank crne vode L</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.05</i>	<i>1.242</i>	<i>5.344</i>	<i>-2.890</i>	<i>0.01</i>
<i>6 Tank crne vode D</i>	<i>4.000</i>	<i>6.200</i>	<i>0.05</i>	<i>1.242</i>	<i>5.344</i>	<i>2.890</i>	<i>0.01</i>
<i>Tankovi 10%</i>			<i>0.25</i>	<i>0.882</i>	<i>6.042</i>	<i>0.000</i>	<i>0.07</i>

Tabela 3. Raspored tečnosti u tankovima 10%⁶⁰



Slika 37. Šema rasporeda tankova.⁶¹

⁶⁰ Ibidem.

⁶¹ Ibid., str. 11.

Smještaj putnika za potrebe proračuna stabiliteta:

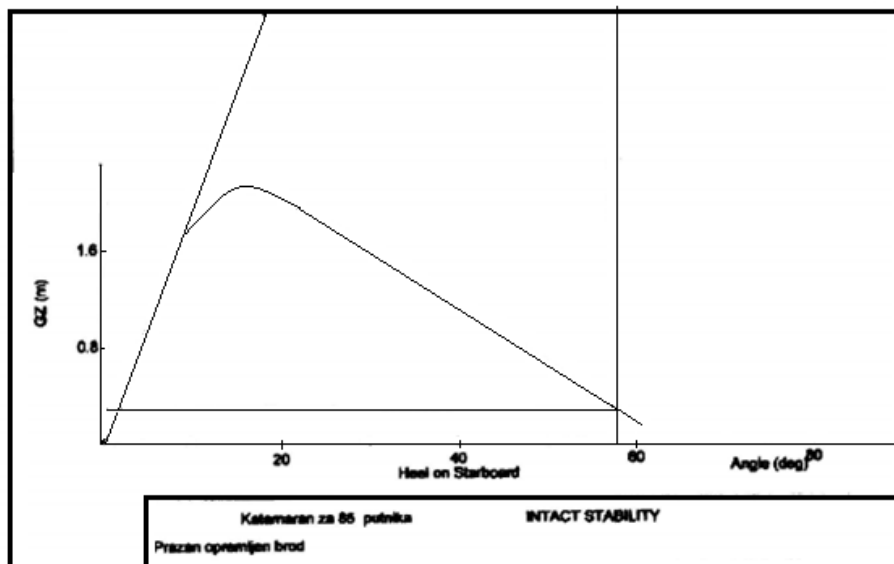
<i>NAZIV</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>Težina</i>	<i>KG</i>	<i>LCG</i>	<i>YG</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(t)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>
<i>Gl pal 8 L krma st</i>	<i>3.100</i>	<i>4.100</i>	<i>0.60</i>	<i>3.650</i>	<i>3.600</i>	<i>-2.500</i>
<i>Gl pal 8 S krma sj</i>	<i>3.100</i>	<i>4.100</i>	<i>0.60</i>	<i>3.450</i>	<i>3.600</i>	<i>0.000</i>
<i>Gl pal 8 D krma sj</i>	<i>3.100</i>	<i>4.100</i>	<i>0.60</i>	<i>3.450</i>	<i>3.600</i>	<i>2.500</i>
<i>Salon 4 L sj</i>	<i>7.500</i>	<i>8.500</i>	<i>0.30</i>	<i>3.450</i>	<i>8.000</i>	<i>-0.700</i>
<i>Salon 7 D st</i>	<i>8.150</i>	<i>9.150</i>	<i>0.53</i>	<i>3.650</i>	<i>8.650</i>	<i>2.000</i>
<i>Salon 9 L prm st</i>	<i>9.250</i>	<i>10.250</i>	<i>0.68</i>	<i>3.650</i>	<i>9.750</i>	<i>-1.200</i>
<i>Gl pal bok 6 L st</i>	<i>7.400</i>	<i>8.400</i>	<i>0.45</i>	<i>3.650</i>	<i>7.900</i>	<i>-2.500</i>
<i>Gl pal bok 6 D st</i>	<i>7.400</i>	<i>8.400</i>	<i>0.45</i>	<i>3.650</i>	<i>7.900</i>	<i>2.500</i>
<i>Gl pal prm 9 D st</i>	<i>11.300</i>	<i>12.300</i>	<i>0.68</i>	<i>3.950</i>	<i>11.800</i>	<i>0.000</i>
<i>Gor pal 8 L st</i>	<i>6.900</i>	<i>7.900</i>	<i>0.60</i>	<i>5.650</i>	<i>7.400</i>	<i>-1.550</i>
<i>Gor pal 8 D st</i>	<i>6.900</i>	<i>7.900</i>	<i>0.60</i>	<i>5.650</i>	<i>7.400</i>	<i>1.550</i>
<i>Gor pal 4 S st</i>	<i>8.750</i>	<i>9.750</i>	<i>0.30</i>	<i>5.650</i>	<i>9.250</i>	<i>0.000</i>
<i>Prtljaga putnika</i>	<i>6.840</i>	<i>7.840</i>	<i>0.45</i>	<i>3.600</i>	<i>7.340</i>	<i>0.000</i>
<i>Putnici 85 centralno</i>			<i>6.84</i>	<i>4.071</i>	<i>7.337</i>	<i>0.005</i>

Tabela 4. Raspored putnika na brodu - putnici raspoređeni simetrično.⁶²

<i>Naziv</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>Težina</i>	<i>KG</i>	<i>LCG</i>	<i>YG</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(t)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>
<i>Gl pal 8 L krma st</i>	<i>5.100</i>	<i>6.100</i>	<i>0.60</i>	<i>3.650</i>	<i>5.600</i>	<i>2.950</i>
<i>Gl pal 8 S krma st</i>	<i>1.100</i>	<i>2.100</i>	<i>0.60</i>	<i>3.650</i>	<i>1.600</i>	<i>2.850</i>
<i>Gl pal 8 D krma st</i>	<i>3.100</i>	<i>4.100</i>	<i>0.60</i>	<i>3.650</i>	<i>3.600</i>	<i>2.950</i>
<i>Salon 4 L st</i>	<i>9.500</i>	<i>10.500</i>	<i>0.30</i>	<i>3.650</i>	<i>10.000</i>	<i>2.800</i>

⁶²Ibid., str. 18.

Tabela 5. Raspored putnika na brodu - putnici raspoređeni bočno.⁶³



Slika 38. Dijagram stabilnosti (prazan opremljen brod).⁶⁴

	<i>WEIGHT</i>	<i>KG</i>	<i>LCG</i>	<i>YG</i>	<i>FSM</i>
	(t)	(m)	(m)	(m)	(t. m)
<i>Posada i efektivni</i>	0.45	4.500	8.000	0.000	0.00
<i>Provijant 100 %</i>	0.25	3.250	8.500	0.000	0.00
<i>Tankovi 100%</i>	2.53	1.112	5.883	0.000	0.06
<i>LOADING EXCEPT ELEM. CASES</i>	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
<i>DEADWEIGHT</i>	3.23	1.750	6.380	0.000	0.06
<i>LIGHT SHIP</i>	16.25	2.700	6.500	0.000	0.00
<i>TOTAL WEIGHT</i>	19.48	2.542	6.480	0.000	0.06

⁶³ Ibidem.

⁶⁴ Ibid., str. 19.

Tabela 6. Suma ukrcaja tereta na brod.⁶⁵

STABILITY CRITERIA ACCORDING TO A. 562 IMO Resolution

<i>HEEL AT EQUILIBRIUM</i>		<i>0. 000</i>	<i>deg</i>	
<i>AREA [0, 30]</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>0. 822</i>	<i>m. rad</i>	<i>(0. 055)</i>
<i>AREA [0. 40]</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>1. 085</i>	<i>m. rad</i>	<i>(0. 090)</i>
<i>AREA [30. 40]</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>0. 263</i>	<i>m. rad</i>	<i>(0. 030)</i>
<i>Angle GZmax [0. 0, 60]</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>19. 619</i>	<i>deg</i>	
<i>GZ Max [0. 0, 60]</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>2. 117</i>	<i>m</i>	
<i>GM</i>		<i>9. 162</i>	<i>m</i>	<i>(0. 150)</i>
<i>RANGE GZ > 0</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>60. 000</i>	<i>deg</i>	
<i>GZ Max [30, 60]</i>	<i>(GZ curve limited to 60. 0 deg)</i>	<i>1. 728</i>	<i>m</i>	<i>(0. 200)</i>
<i>AREA GZ max</i>		<i>0. 466</i>	<i>m. rad</i>	
<i>GZ (30 deg)</i>		<i>1. 728</i>	<i>m</i>	
<i>Dynamic stability angle</i>		<i>10. 090</i>	<i>deg</i>	
<i>Associated lever arm</i>		<i>1. 578</i>	<i>m</i>	

Tabela 7. Kriterijumi stabiliteta po IMO standardima.⁶⁶

⁶⁵Ibid., str. 20.

⁶⁶Ibid., str. 21.

<i>Wind Presaure</i>	<i>(P)</i>	<i>0. 0300</i>	<i>t/m2</i>
<i>Wind Exposed Lateral Areaa</i>	<i>(A)</i>	<i>47. 792</i>	<i>m2</i>
<i>X Coordinate of the Centre of the Exposed Lateral Area</i>		<i>7. 438</i>	<i>m</i>
<i>Z Coordinate of the Centre of the Exposed Lateral Area</i>		<i>2. 941</i>	<i>m</i>
<i>Underwater Lateral Area</i>		<i>13. 615</i>	<i>m2</i>
<i>Lever Arm</i>	<i>(Z)</i>	<i>2. 095</i>	<i>m</i>
<i>Block Coefficient</i>	<i>(Cb)</i>	<i>0. 1390</i>	
<i>Total overall Area of Bilge Keels, or Area of the Lateral</i>			
<i>Projection of the Bar Keel, or Sum of these Areas</i>	<i>(Ak)</i>	<i>1. 700</i>	<i>m2</i>
<i>Coefficient k</i>	<i>(k)</i>	<i>0. 931</i>	
<i>Rolling Period</i>	<i>(T)</i>	<i>2. 061</i>	
<i>Angle of Roll due to Wave Action</i>	<i>(Theta 1)</i>	<i>21.95</i>	<i>deg</i>
<i>Steady Wind Heeling Lever Arm</i>	<i>(Lwl)</i>	<i>0. 154</i>	<i>m</i>
<i>Resultant Angle of Equilibrium</i>	<i>(Theta 0)</i>	<i>1. 0</i>	<i>deg</i>
<i>Limit Angle of Heel under Action of Steady Wind</i>		<i>16. 0</i>	<i>deg</i>
<i>Gust Wind Heeling Lever Arm</i>	<i>(Lw2)</i>	<i>0. 231</i>	<i>m</i>
<i>Resultant Angle of Equilibrium</i>		<i>1. 5</i>	<i>deg</i>
<i>Angle of Second Intercept between Lw2 and GZ Curve</i>	<i>(Theta c) 60. 0</i>		<i>deg</i>
<i>Minimum Angle between Theta f, 50 deg. And Theta c</i>	<i>(Theta 2)</i>	<i>50.0</i>	<i>deg</i>
<i>Area a</i>		<i>0. 604</i>	<i>m. rad</i>
<i>Area b</i>		<i>1. 072 m. rad</i>	<i>(0. 604)</i>

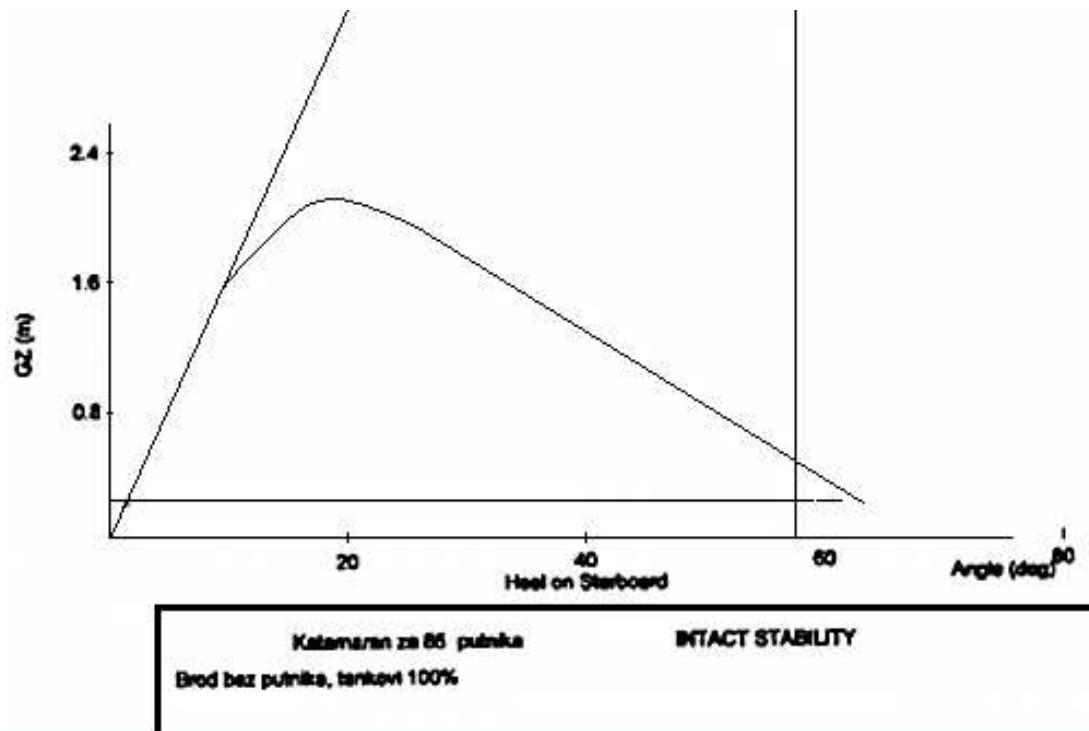
Tabela 8. Kalkulacija po A.562 (14) IMO rezoluciji (kriterijumi vremena).⁶⁷

⁶⁷Ibid., str. 22.

GZ CURVE - Heel on starboard

<i>HEEL</i>	<i>DMID</i>	<i>TRIM</i>	<i>LCB</i>	<i>YB</i>	<i>KB</i>	<i>KN</i>	<i>GZ</i>	<i>AREA</i>
<i>(deg)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m.rad)</i>
0.0	1.315	-0.175	6.498	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000
5.0	1.310	-0.168	6.497	0.944	0.962	1.025	0.803	0.035
10.0	1.293	-0.188	6.500	1.849	1.081	2.009	1.567	0.140
20.0	1.003	-0.287	6.516	2.711	1.280	2.985	2.114	0.480
30.0	0.429	-0.287	6.518	2.723	1.285	3.001	1.728	0.822
40.0	-0.275	-0.287	6.522	2.738	1.296	2.931	1.295	1.085
50.0	-1.225	-0.271	6.512	2.758	1.316	2.780	0.830	1.271
60.0	-2.654	-0.239	6.503	2.779	1.346	2.555	0.350	1.374

Tabela 9. GZ krivulja.⁶⁸



⁶⁸Ibid., str. 23.

Slika 39. Dijagram stabilnosti (brod bez putnika, tankovi 100%).⁶⁹

5. ZAKLJUČAK

Razvoj brodova počeo je od dubljenja stabla do vezivanja više trupaca u jednu cjelinu, što uslovno predstavlja početak razvoja svih brodova (sa jednim i više trupova) i splavova.

Razvoj katamarana vezan je za udaljeni Pacifički region, a od nedavno su prisutni i na našem prostoru i u projektnom birou i hangarima brodograđevnog preduzeća „Monte Marine Yachting“ u Kotoru.

Brodogradnja je privredna djelatnost koja se bavi projektovanjem i gradnjom brodova. Ona zavisi od mnogih pratećih djelatnosti kao što su elektroindustrija, proizvodnja motora, proizvodnja pumpi, proizvodnja protivpožarnih uređaja, industrija čelika i slično. Brodogradnja je posebno usko povezana sa brodarstvom.

Brodovi kao složeni proizvodi imaju svoje dimenzije kao što su dužina, širina i visina, kao i dimenzije trupa i nadgrađa od kojih se brod sastoji. Brod ostvaruje svoju čvrstoću preko strukturnih elemenata uzdužne i poprečne čvrstoće.

Da bi brod sigurno plovio on mora da posjeduje stabilitet, njega možemo podijeliti na poprečni i uzdužni stabilitet, kao i stabilitet pri malim i velikim uglovima nagiba. Takođe, stabilitet je direktno zavisn i od prodora vode u brod, jer naplavljivanje može u velikoj mjeri uticati na stabilnost broda. U tom pogledu za rešavanje problema gubitka stabiliteta oštećenog broda sa prodorom vode primjenjuju se metoda ukrcanog tereta ili metoda izgubljenog uzgona.

Tokom svog eksplatacionog vijeka brodovi se mijenjaju, kao što se i raspored težina na brodu tokom vremena (remonta, rekonstrukcija itd.,) mijenja. Iz tih razloga pažnja nam mora biti usmjerena na pokus nagiba broda. Ovim eksperimentom određujemo kolika je stvarna metacentarska visina broda, a time računamo vrijednost poluge stabiliteta i momenta stabiliteta.

Stabilitet putničkih brodova je uređen pomorskim propisima. U prvom pogledu to se odnosi na međunarodne IMO propise kao što je SOLAS konvencija sa njenih 12 poglavlja, kao i MARPOL sa svojih 6 aneksa, a zatim i LL66 i Tonnage 69. Pored ovih konvencija problemima stabiliteta bave se i evropski propisi o stabilitetu putničkih brodova, tačnije Direktiva 2009/45/EZ. Tim istim pitanjem bavi se i nacionalno zakonodavstvo. Ono posebnu pažnju usmjerava ka stabilitetu putničkih brodova i nacionalnim propisima odnosno zakonima o sigurnosti pomorske plovidbe.

U tom pogledu kao metod slučaja, projekat katamarana za prevoz do 85 putnika predstavlja evolutivni iskorak u razvoju ovog tipa broda. Njegova namjena za prevoz putnika sa svom pripadajućim sistemima, opremom i sredstvima u određenim meteorološkim i okeanografskim uslovima omogućava adekvatan proračun stabiliteta katamarana kako bi se ostvarilo sigurno prevoženje do 85 putnika.

Stečena iskustva u projektovanju i razvoju katamarana za prevoz do 85 putnika. Sa pouzdanim proračunima svih površina, zapremina i rasporeda težina (broda i putnika), kao i uticaja slobodnih površina tečnosti u tankovima na položaj sistemskog težišta a time i stabilitet

⁶⁹ Ibidem.

katamarana. Na kraju katamaran sa projektovanim rasporedom težina i širinom forme broda sa dva trupa zadovoljava sve pomorske propise (međunarodne i nacionalne za očuvanje stabiliteta) u datim uslovim eksploatacije i uslovima eventualnog prodora vode u brod. Navedeni brod u projektnoj dokumentaciji tj., putnički katamaran obezbeđuje pouzdanu stabilnost za prevoz pravilno ukrcanih do 85 putnika.

Istraživanjem ove zanimljive i osetljive teme stabiliteta putničkog katamarana do 85 putnika, razvija se nova poslovna i proizvodna aktivnost male brodogradnje u Boki Kotorskoj. Istim proizvodom ili konkretnim katamaranom sa svim njegovim eksploatacionim i ekološkim svojstvima otvara se nova perspektiva primjene čistih tehnologija u nautičkom turizmu. Na taj način se čuva okolina od zagađenja i doprinosi razvoju Crne Gore kao ekološke države.

6. LITERATURA:

Štampani izvori:

1. Lompar.A., Nauka o brodu, Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2002.
2. Marinka F., Stabilnost broda, Tiskara Znanje d.d., Zagreb, 1999.
3. Buljan.I., Stabilnost broda, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
4. PRAVILA ZA STATUTARNU CERTIFIKACIJU JAHTI I BRODICA (Narodne Novine 19/2016) sukladno odredbama Pomorskog zakonika Republike Hrvatske (Narodne Novine 181/2004, s dopunama) i Pravilnika o brodicama i jahtama (Narodne Novine 27/2005, s dopunama).
5. Zakon o jahtama RCG.
6. Zakon o zaštiti mora od zagađenja sa plovnih objekata, Podgorica 2011.
7. Zakon o moru Crne Gore, Podgorica 2007.
8. Šilović.S., Čamac brod brodogradnja, Zagreb, 1989.
9. Pomorska enciklopedija, Drugo izdanje, Zagreb, 1976.
10. Pomorska enciklopedija, 1 A-cez, Zagreb, 1972.
11. Dvornik.J., Konstrukcija broda, Split, 2013.
12. SOLAS, Lloyd's Register Rulefinder – version 9.4, 2005.
13. Belamarić.G., Poznavanje broda i tereta, Split.
14. Kristić.A., Priručnik iz odabranih poglavlja stabilnosti broda i ukrcanja tereta, Rijeka, 1993.
15. Rhodes.M., Ship Stability for Masters, Glasgow, 2008.
16. Eyres.D.J., Ship Construction, Sixth edition, 2007.
17. Hrvatski registar brodova.
18. Ship Structure Comitee, Catamarans.
19. Jugoslovenski registar brodova, Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskog života na moru (konvencije SOLAS 1974, SOLAS protokola 1978, amandmana 1981. i 1983. na SOLAS), Split, 1987.
20. Zakon o sigurnosti pomorske plovidbe, Podgorica, 2012.

