

# Varijante katamarana za najam

---

**Romić, Darjan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:731309>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Darjan Romić**

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Vedran Slapničar

Student:

Darjan Romić

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svim profesorima na svom silnom znanju koje su mi prenijeli, a posebno svome mentoru Vedranu Slapničaru na stručnome vodstvu kroz ovaj diplomski rad.

Zahvaljujem se svojim roditeljima, bratu i bakama na beskrajnoj ljubavi, podršci a ponajviše strpljenju tokom svih godina studiranja.

Također se zahvaljujem Nikoli Brnardiću na ukazanom povjerenju i pruženoj prilici za rad u struci.

Posebno se zahvaljujem, na moju veliku tugu, prerano preminulom dragom prijatelju i kolegi Josipu Radetiću, bez kojeg sve ovo ne bi bilo moguće.

Darjan Romić





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**  
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija brodogradnje



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Darjan Romić** Mat. br.: 0036437938

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **VARIJANTE KATAMARANA ZA NAJAM**

Naslov rada na engleskom jeziku: **CATAMARAN VARIANTS FOR CHARTER**

Opis zadatka:

U prikladnom programskom sklopu izraditi model projekta katamarana u skladu s idejnim projektom i dostupnom dokumentacijom prema sljedećim zahtjevima:

- Namjena broda: katamaran s jedrima za cjelogodišnji najam.
- Broj putnika: 8 putnika smještenih u 4 dvokrevetne kabine visoke klase sa zahodom.
- Broj članova posade: opcija 2 člana posade u zasebnim kabinama sa zahodom.
- Brzina krstarenja i doplov pri brzini krstarenja: 10 čv, 1000 nm.
- Pogon: u oba trupa, uvlačiva kobilica.
- Duljina preko svega: oko 15 m.
- Područje plovidbe: neograničeno, alternativno Mediteran i Tropi.
- Klasifikacijsko društvo: Hrvatski registar brodova i Bureau Veritas

Dodatni zahtjevi u odnosu na idejni projekt:

- Analizirati glavne dimenzije katamarana.
- Napraviti ekonomsku analizu varijanti.
- Razraditi opcije materijala izrade: aluminij i čelik.
- Razraditi položaje strojarnice.
- Obratiti pažnju na položaj i potreban broj tankova za sive i crne vode.
- Ispitati mogućnost za opciju ograničenog područja plovidbe uz mogućnost transporta katamarana kao teškog tereta.
- Razraditi varijante smještaja: poveznica salona, kabina i mjesta za upravljanje. Ispitati mogućnosti upravljanja i iz salona.

Projektna dokumentacija: nacrt općeg plana broda, kratki tehnički opis, brodske linije, nacrt glavnog rebra, dijagram mase praznog opremljenog broda, karakteristična stanja krcanja broda s provjerom trima, stabiliteta i čvrstoće.

Zadatak zadan:

28. rujna 2017.

Datum predaje rada:

30. studenog 2017.


Predviđeni datumi obrane:

6., 7. i 8. prosinca 2017.

Zadatak zadao:

  
Izv. prof. dr .sc. Vedran Slapničar

Predsjednica Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Nastia Degiuli

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY .....	X
1. UVOD.....	11
2. IDEJNI PROJEKT.....	13
2.1. Tehnički zahtjevi.....	14
2.2. 3D prikaz.....	14
3. ANALIZA DIMENZIJA .....	17
4. PRELIMINARNO OSNIVANJE .....	33
4.1. Određivanje osnovnih dimenzija .....	33
4.2. EU faktor veličine .....	35
4.3. Snaga.....	35
4.4. Jedra .....	36
4.5. Momenti nagibanja i uspravljanja.....	37
4.6. Moment jarbola.....	38
4.7. Stabilitet .....	38
4.8. Privjesci.....	39
4.9. Performanse .....	40
4.10. Brzina broda.....	41
5. EKONOMSKA ANALIZA .....	43
5.1. Moguće varijante.....	51
5.2. Cijene najma .....	54
5.3. Troškovi i zarada.....	55
5.4. Krediti .....	56
6. PROTOTIP .....	61
6.1. Tehnički opis.....	61
6.2. Opći plan .....	61
6.3. Linije broda.....	63
6.4. Hidrostatika.....	64
6.5. Konstrukcija i čvrstoća.....	64
6.6. Stabilitet .....	67
6.7. Otpor i propulzija .....	67
6.8. Oprema.....	68
7. VARIJANTE KATAMARANA JEDRILICE.....	72
7.1. Materijal.....	72

---

7.2. Područje plovidbe .....	74
7.3. Položaj strojarnice.....	76
7.4. Kabine za posadu .....	77
7.5. Spoj kabina i salona .....	79
8. ZAKLJUČAK.....	82
LITERATURA.....	83
PRILOZI.....	85

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	3D prikaz prototipa.....	15
Slika 2.	Pogled odozgo .....	16
Slika 3.	Pogled u unutrašnjost .....	16
Slika 4.	Zavisnost duljine i širine .....	22
Slika 5.	Zavisnost duljine na vodnoj liniji i odnos duljine i širine na vodnoj liniji.....	22
Slika 6.	Zavisnost duljine i širine trupa .....	24
Slika 7.	Odnos duljine i LBR.....	24
Slika 8.	Zavisnost širine i gaza .....	25
Slika 9.	Zavisnost širine trupa i gaza.....	26
Slika 10.	Zavisnost istisnine i BTR-a .....	26
Slika 11.	Zavisnost duljine i istisnine .....	27
Slika 12.	Odnos duljine i istisnine .....	28
Slika 13.	Zavisnost duljine i površine jedara.....	29
Slika 14.	Zavisnost istisnine i površine jedara .....	29
Slika 15.	Zavisnost duljine i odnosa istisnine i jedara.....	30
Slika 16.	Zavisnost istisnine i snage .....	31
Slika 17.	Usporedba cijena .....	44
Slika 18.	Odnos cijene materijalnih troškova i LBR-a.....	47
Slika 19.	Zavisnost broja radnih sati i LBR-a .....	47
Slika 20.	Ukupna cijena izgradnje .....	48
Slika 21.	Cijena projekta na različitim BTR-ovima (LBR=11,5).....	49
Slika 22.	Cijena projekta na različitim BTR-ovima (LBR=9).....	50
Slika 23.	Odnos cijene i BTR-a pri LBR=10.....	51
Slika 24.	Projektni prostor varijanti.....	52
Slika 25.	Prikaz forme varijante 1 .....	53
Slika 26.	Prikaz forme varijante 2 .....	53
Slika 27.	Iznos za otplatu kredita jednakim anuitetima pri različitim kamatnim stopama i broju godina.....	58
Slika 28.	Iznos za otplatu kredita jednakim otplatnim kvotama pri različitim kamatnim stopama i broju godina .....	58
Slika 29.	Godišnji iznos anuiteta – jednaki anuiteti .....	59
Slika 30.	Godišnji iznos anuiteta – jednake otplatne kvote .....	59
Slika 31.	Opći plan prototipa .....	62
Slika 32.	Linije prototipa .....	63
Slika 33.	Glavno rebro.....	66
Slika 34.	Poluga stabiliteta .....	67
Slika 35.	Zavisnost snage i brzine .....	68
Slika 36.	Kapaciteti tankova za zadržavanje otpadnih voda sličnih brodova.....	71
Slika 37.	Strojarnica - prototip .....	77
Slika 38.	Kabina za posadu – prototip.....	78
Slika 39.	Kupaonica za posadu – prototip .....	79
Slika 40.	Kabina za posadu – preinaka.....	79
Slika 41.	Raspored prostora kabine - prototip .....	80
Slika 42.	Raspored prostora kabine – varijanta 1 .....	80
Slika 43.	Raspored prostora kabine – varijanta 2 .....	81
Slika 44.	Raspored prostora trup – varijanta 2 .....	81

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Maksimalne i minimalne vrijednosti iz baze brodova.....	18
Tablica 2. Baza brodova.....	19
Tablica 3. Cijene na tržištu i procjena.....	44
Tablica 4. Cijena materijalnih troškova i sati rada za različite LBR-ove.....	46
Tablica 5. Ukupna cijena izgradnje.....	46
Tablica 6. Cijena projekta za različite BTR-ove (LBR=11.5).....	48
Tablica 7. Cijena projekta za različite BTR-ove (LBR=9).....	49
Tablica 8. Cijena projekta za različite BTR-ove (LBR=7).....	50
Tablica 9. Karakteristike varijanti.....	52
Tablica 10. Tjedne cijena chartera za Jadran.....	54
Tablica 11. Tjedne cijena chartera za Trope.....	55
Tablica 12. Cijene za Jadran i Trope.....	55
Tablica 13. Mogući godišnji prihodi.....	56
Tablica 14. Iznos kredita za otplatu – jednaki anuiteti.....	57
Tablica 15. Iznos kredita za otplatu – jednake otplatne kvote.....	57
Tablica 16. Usporedba otplate – jednaki anuiteti.....	57
Tablica 17. Usporedba otplate – jednake otplatne kvote.....	57
Tablica 18. Hidrostatske karakteristike.....	64
Tablica 19. Strukturne dimenzije prototipa.....	65
Tablica 20. Strukturne dimenzije za katamaran od čelika.....	72
Tablica 21. Površine strukture.....	73
Tablica 22. Korigirana debljina.....	73
Tablica 23. Masa strukture za čeličnu konstrukciju katamarana.....	74
Tablica 24. Strukturne dimenzije za ograničenu plovidbu.....	75

---

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

- 001      Opći Plan prototip
- 002      Brodske linije prototip
- 003      Glavno rebro prototip

**POPIS OZNAKA**

Oznaka	Jedinica	Opis
$L_{WL}$	m	Duljina na vodnoj liniji
$B_{WL}$	m	Širina na vodnoj liniji
$A_{WL}$	m <sup>2</sup>	Površina vodne linije
$\nabla$	m <sup>3</sup>	Volumen istisnine
$\Delta$	kg	Istisnina
$T$	m	Gaz
$C_b$	/	Blok koeficijent
$C_p$	/	Prizmatički koeficijent
$C_m$	/	Koeficijent punoće glavnog rebra
$C_w$	/	Koeficijent vodne linije
$R^2$	/	Indeks korelacije
$L_{OA}$	m	Duljina preko svega
$B_{OA}$	m	Širina preko svega
$B_{hull}$	m	Širina trupa
$S_a$	m <sup>2</sup>	Površina jedara
$P_m$	kW	Snaga motora
$LBR$	/	Odnos duljine na vodnoj liniji i širine trupa
$BTR$	/	Odnos širine trupa i gaza
$LDR$	/	Odnos duljine na vodnoj liniji i istisnine
$SDR$	/	Odnos površine jedara i istisnine
$Am$	m <sup>2</sup>	Površina glavnog rebra
$m_{LDC}$	kg	Masa punog opremljenog broda
$m_{LCC}$	Kg	Masa praznog broda
$m_{MOC}$	Kg	Masa praznog opremljenog broda
$B_{CB}$	m	Razmak među trupovima
$L_{hull}$	m	Duljina trupa
$LBRC$	/	Odnos duljine trupa i razmaka među trupovima
$BM_T$	m	Poprečni metacentarski radijus
$BM_L$	m	Uzdužni metacentarski radijus
$Z_{WD}$	m	Udaljenost mosta od vodne linije
$SF$	/	EU faktor veličine
$P_m$	kW	Snaga motora
$V_m$	Čv	Brzina broda prilikom pogona motorom
$R_m$	nm	Domet
$Con$	kg/kW	Potrošnja goriva motora
$Vol$	L	Volumen tanka goriva
$kp$	%	Omjer visine glavnog jedra i duljine na vodnoj liniji

$k_e$	%	Omjer baze glavnog jedra i duljine na vodnoj liniji
$k_j$	%	Omjer visine prednjeg jedra i duljine na vodnoj liniji
$P$	m	Visina glavnog jedra
$E$	m	Baza glavnog jedra
$I$	m	Visina prednjeg jedra
$J$	m	Baza prednjeg jedra
$\Lambda_M$	/	Omjer dimenzija glavnog jedra
$\Lambda_F$	/	Omjer dimenzije prednjeg jedra
$A_{MS}$	m <sup>2</sup>	Površina glavnog jedra
$A_{FT}$	m <sup>2</sup>	Površina prednjeg jedra
$A_S$	m <sup>2</sup>	Ukupna površina jedara
$A_G$	m <sup>2</sup>	Površina Genakera
$H_a$	m	Udaljenost najviše točke jarbola od vodne linije
$H_{LP}$	m	Udaljenost težišta uronjenog dijela do vodne linije
$H_{MS}$	m	Udaljenost težišta površine glavnog jedra do vodne linije
$B_{AS}$	m	Udaljenost glavnog jedra od podnožja jarbola
$F_{BI}$	m	Nadvođe kod jarbola
$H_{FS}$	m	Udaljenost težišta površine prednjeg jedra do vodne linije
$H_{CE}$	m	Udaljenost težišta površine jedara do vodne linije
$RM_D$	Nm	Moment uspravljanja
$HM_D$	Nm	Moment nagibanja
$M_D$	Nm	Moment jarbola
$\Phi_{GZ \max}$	°	Kut nagiba kod maksimalne poluge stabiliteta
$LM_R$	Nm	Granični moment kod valjanja
$LM_P$	Nm	Granični moment kod posrtanja
$LM$	Nm	Granični moment
$V_W$	čv	Brzina vjetra kod koje se trimaju jedra
$V_{uw}$	čv	Maksimalna brzina broda s standardnim planom jedara
$C_{LH}$	/	Koeficijent uzgona na trup
$\alpha_L$	°	Kut nailaska
$C_{pl}$	/	Uzdužni prizmatički koeficijent
$F_H$	N	Lateralna sila na trup
$F_{SB}$	N	Bočna sila na kobilici
$A_B$	m <sup>2</sup>	Površina privjesaka
$A_d$	m <sup>2</sup>	Površina Kobilice
$T_d$	m	Gaz sa spuštenom kobilicom
$\Lambda_F$	/	Odnos površina kobilice i kormila
$C_d$	m	Tetiva kobilice
$A_r$	m <sup>2</sup>	Površina kormila
$T_r$	m	Gaz sa kormilom
$C_r$	m	Tetiva kormila



---

$A_{ws}$	$m^2$	Oplakana površina
$SWR$	/	Odnos površine jedara i oplakane površine
$BN$	/	Bruceov broj
$V_{uw1}$	čv	Potencijalna brzina s korištenjem Genove ili floka
$V_{uw2}$	čv	Potencijalna brzina s korištenjem Genakera

**SAŽETAK**

Diplomski rad bavi se izradom prototipa katamarana jedrilice namijenjenog za cjelogodišnji najam prema idejnom projektu, te izradom mogućih varijanti u odnosu na prototip. U radu je prikazan postupak preliminarnog osnivanja prototipa katamarana jedrilice kojim su određene početne značajke prototipa. Provedena je analiza dimenzija sličnih brodova na tržištu, te je dana usporedba vrijednosti značajki prototipa s vrijednostima značajki sličnih analiziranih brodova. Provedena je i ekonomska analiza kojom je dobiven projektni prostor na temelju cijene kao kriterija. U ekonomskoj analizi ispitana je isplativost samog prototipa. Rezultati procesa osnivanja ukratko su prikazani u radu. Na kraju su moguće varijante katamarana jedrilice detaljno opisane, te je dan i 3D grafički prikaz.

Ključne riječi: Katamaran jedrilica, Osnivanje katamarana jedrilica, Varijante katamarana, jedrilica, Analiza dimenzija, Ekonomska analiza

---

**SUMMARY**

This diploma thesis deals with the design of the sailing catamaran prototype intended for year round charter and possible variations of the prototype. The prototype is based on an existing conceptual project. The work shows the procedure of preliminary design through which the prototype features were determined. These features were compared to the similar sailing catamarans on the market. The comparison was made through dimensional analysis in which the boats features were examined. As a part of this work economic analysis was carried out, to show how it can be used to create a project space which is based on the price of the project. Additionally the feasibility of the prototype was examined. Results of the prototype design process are summarized and shown within the work. Finally the possible variations of the sailing catamaran prototype are described in detail, with 3D renderings included.

Key words: Sailing catamaran, Sailing catamaran design, Variations of sailing catamaran, Dimensional analysis, Economic analysis

## 1. UVOD

Katamaran je brod koji se sastoji od dva međusobno razmaknuta trupa spojena mostom. Korištenjem dva trupa umjesto jednog smanjuje se omjer duljine i širine trupa što pogoduje smanjenju otpora kod velikih brzina.

Konstrukcija mosta omogućava postavljanje dva trupa na široki raspon čime se ostvaruje veliki početni stabilitet. Tako, za razliku od jednotrupnih brodova kutovi nagibanja broda su puno manji. Kao posljedica toga je plovidba katamaranom puno lagodnija i komfornija. Široki raspon trupova također osigurava veliku površinu koja se može iskoristiti za smještaj putnika ili kao radni prostor. Ta površina u usporedbi s jednotrupnim brodovima nudi veću prostranost, što također znači i veću privatnost.

Kada se razmatraju katamarani jedrilice u usporedbi s jednotrupnim jedrilicama, katamarani za isti volumen istisnine imaju manji gaz, što znači da mogu doći u plića područja, što također predstavlja prednost.

Upravo zbog ovih prednosti kao što su veća brzina, stabilitet, manji gaz, veća prostranost i privatnost katamarani jedrilice su traženi na tržištu brodova za najam.

Cilj ovog diplomskog rada je izraditi projekt katamarana namijenjenog za cjelogodišnji najam na osnovu idejnog projekta. Za razradu projekta je potrebno u postupku osnivanja, definirati sve potrebne značajke broda. Uz izradu projekta samog prototipa, potrebno je razmotriti varijante i moguće modifikacije koje bi poboljšale projekt.

Ovaj rad je koncipiran kroz 8 poglavlja:

1. Uvod
2. Idejni projekt
3. Analiza dimenzija
4. Preliminarno osnivanje
5. Ekonomska analiza
6. Prototip
7. Varijante katamarana jedrilice
8. Zaključak

U drugom poglavlju biti će izložen idejni projekt koji je bio podloga za definiranje projektnog zadatka i izradu projekta prototipa. Idejnim projektom opisani su svi specifični zahtjevi vezani uz prototip, od rasporeda prostora do tehničkih zahtjeva kao što su materijal, brzina krstarenja i domet.

U trećem poglavlju je provedena analiza dimenzija sličnih brodova. Za provedbu analize brodova, napravljena je baza sličnih brodova čije će se značajke analizirati i uspoređivati sa značajkama prototipa. U poglavlju su prikazani su grafovi karakterističnih zavisnosti i odnosa značajki brodova.

U četvrtom poglavlju dane su formule za preliminarno osnivanje i prikazan je postupak za preliminarno određivanje značajki prototipa.

Kroz peto poglavlje provedena je ekonomska analiza, te je pokazan projektni prostor mogućih varijanti katamarana. Također je provedena detaljna ekonomska analiza isplativosti za prototip. Ekonomskom analizom procijenili su se troškovi i mogući prihodi i razmotreni su različiti načini financiranja kako bi se provjerila isplativost projekta.

U šestom poglavlju prikazani su sažetci rezultata izrade projekta prototipa katamarana. Kroz projekt napravljen je kratki tehnički opis i opći plan. Napravljeni su proračuni konstrukcije, otpora i propulzije te stabiliteta.

Kroz sedmo poglavlje obrađene su moguće varijante kako bi se poboljšao prototip. Varijante su detaljno opisane, te je dan 3D prikaz rješenja kod prototipa i rješenja koje daje varijanta.

Na kraju je dan zaključak u kojem su sažeti rezultati rada i dana opća razmatranja o prototipnom rješenju katamarana jedrilice.

## 2. IDEJNI PROJEKT

Idejni projekt je početak svakog novog projekta. Njime se opisuje tip i namjena novog projekta, daje se cilj projekta i ključne značajke i željene karakteristike koje bi novi projekt trebao ostvariti. Treba napomenuti kako idejni projekt nije isto što i izvedbeni projekt. U idejnom projektu daju se inicijalni tehnički zahtjevi na temelju kojeg se formira projektni zahtjev i kreće u postupak projektiranja. Izvedbeni projekt je projekt koji je nastao procesom projektiranja i koji se može realizirati.

Postupak projektiranja broda, bez obzira na veličinu, naziva se osnivanje broda. Za osnovati novi brod prvenstveno treba poznavati tip i namjenu broda. Također, projektni zadatak sadržava neke osnovne dimenzije u vidu ograničenja ili pak željenih vrijednosti dimenzija. Nadalje, sadržava i neke tehničke karakteristike kao što su npr. brzina i nosivost.

U ovom radu idejni projekt opisuje katamaran jedrilicu namijenjenu za cjelogodišnji najam. S obzirom na godišnja doba i vremenske prilike, kako bi to bilo ostvarivo, katamaran bi se iznajmljivao na Mediteranu u razdoblju od travnja do listopada, a ostatak godine na području tropa.

Zahtijeva se da katamaran ima smještaj za osam osoba u četiri dvokrevetne kabine visoke klase, svaka sa svojom kupaonicom. Za razliku od uobičajenih rješenja smještaja kod katamarana, koje se nalazi u trupovima, ovaj katamaran bi imao kabine smještene na konstrukciji mosta. Predviđene su 4 kabine, dvije na krmi broda i dvije na sredini. Smještajem kabina na prostoru mosta povećava se prostranost kabina i nudi veći komfor za putnike. Kupaonice bi pak bile smještene unutar trupova, te bi svaka kabina imala pristup svojoj vlastitoj kupaonici direktno iz sobe. Na taj način postigla bi se veća razina privatnosti za putnike na brodu. Osim kabina, na mostu, u pramčanom dijelu, bi bio smješten i salon. Unutar salona bila bi smještena kuhinja s dnevnim boravkom. Dok bi ispred salona bio prostor na palubi za sunčanje i odmaranje. Taj prostor bi bio dodatno povećan s mrežom koja bi bila razapeta naprijed prema kosniku. Na krovu nalazio bi se kokpit u kojem bi se nalazila stanica za upravljanje. No, također u prostoru kokpita je zamišljen i prostor za boravak putnika sa stolom za objedovanje. Na ovaj način kompenzirao bi se manjak prostora na otvorenom radi smještaj kabina na mostu.

Predviđeno je da katamaran ima dva člana posade, koji bi bili smješteni u vlastitoj kabini koja se nalazi u lijevom trupu broda. Također bi imali vlastitu kupaonicu koja bi bila smještena u desnom trupu broda.

## 2.1. Tehnički zahtjevi

Zahtijevana duljina katamarana iznosi 15 metara, materijal izgradnje treba biti aluminij. Katamaran mora moći samostalno doći do tropskih mora kako bi se tamo mogao staviti u najam. Odnosno mora biti projektiran za neograničenu plovidbu. Iako je zamišljeno da je primarni način propulzije jedra, također su predviđeni i motori u svakome trupu. Zahtijeva se da katamaran prilikom plovidbe na motorni pogon ima brzinu krstarenja od 10 čvorova i domet od 1000 nautičkih milja.

## 2.2. 3D prikaz

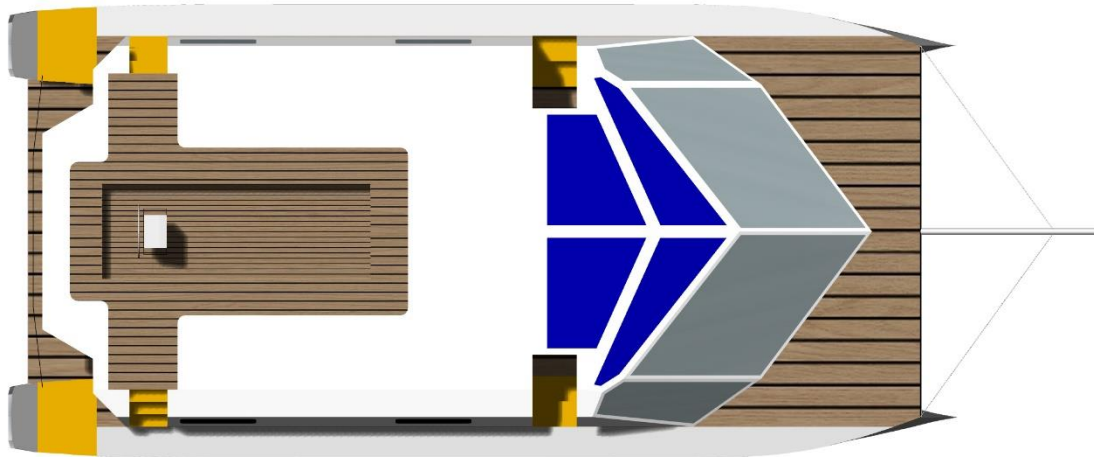
U programskom sklopu Rhinoceros 3D [1] napravljen je 3D model prototipa katamarana prema idejnom projektu. Sama forma modelirana je koristeći programski sklop Maxsurf [2], koji omogućava bolju kontrolu prilikom izrade forme. Maxsurf sučelje uz upravljanje kontrolnim točkama i zakrivljenosti, što je izuzetno važno prilikom stvaranja forme, također daje i hidrostatske karakteristike forme. Neke od hidrostatskih karakteristika koje se mogu izračunati unutar programskog sučelja su duljina na vodnoj liniji ( $L_{WL}$ ), širina na vodnoj liniji ( $B_{WL}$ ), površina vodne linije ( $A_{WL}$ ), volumen istisnine ( $\nabla$ ) i istisnina ( $\Delta$ ) na određenom gasu ( $T$ ). Zatim tu su koeficijenti forme za određeni gaz kao što su blok koeficijent ( $C_b$ ), prizmatički koeficijent ( $C_p$ ), koeficijent punoće glavnog rebra ( $C_m$ ), koeficijent vodne linije ( $C_w$ ) itd. S obzirom na te mogućnosti, postupak kreiranja forme je puno lakši nego korištenjem osnovne verzije Rhinoceros 3D-a.

Nakon što je kreirana forma, ubačena je u Rhinoceros 3D, gdje je onda modeliran ostatak strukture. Osim same strukture model sadrži u sebi i dodatke poput namještaja i sanitarija kako bi prikaz prostora bio potpun. Vanjski prikaz katamarana nalazi se na Slikama 1. i 2., dok je unutrašnjost prikazana na Slici 3.

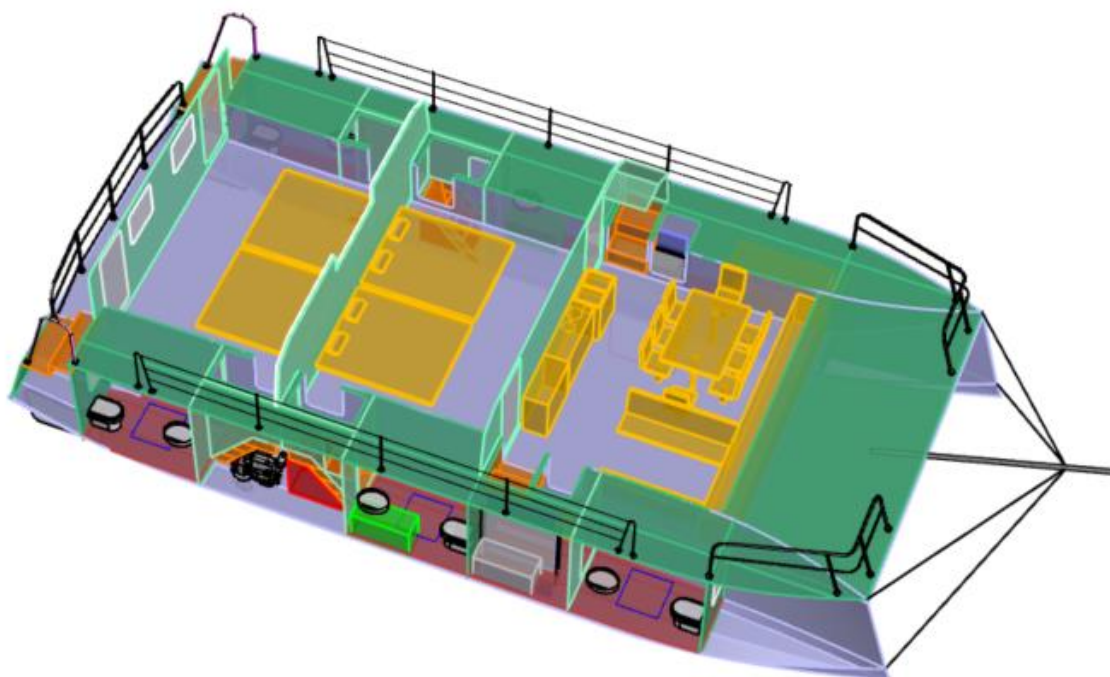


**Slika 1. 3D prikaz prototipa**





Slika 2. Pogled odozgo



Slika 3. Pogled u unutrašnjost

### 3. ANALIZA DIMENZIJA

Analiza dimenzija je postupak koji se koristi kako bi se utvrdila zavisnost među pojedinim karakterističnim veličinama ili njihovim odnosima. Kako bi se utvrdile veze između razmatranih veličina provlači se regresijska krivulja. Za određivanje koja regresijska krivulja najviše odgovara parovima promatranih vrijednosti koristi se metoda najmanjih kvadrata. Metoda najmanjih kvadrata utvrđuje sumu kvadrata odstupanja originalnih vrijednosti od vrijednosti regresijske krivulje. Ta vrijednost odstupanja mora biti minimalna. Vrijednost odstupanja iskazuje se indeksom korelacije  $R^2$ . Što je indeks korelacije veći, to je odstupanje manje.[3]

Jačina veze između karakterističnih veličina, odnosno vrijednost indeksa korelacije može se gradirati na sljedeći način:

- $R^2 > 0,9$ ..... vrlo uska veza
- $0,7 < R^2 < 0,9$ ..... uska veza
- $0,5 < R^2 < 0,7$ ..... veza je praktične vrijednosti
- $R^2 < 0,5$ ..... ne postoji značajna veza

Za potrebe analize dimenzija prototipa napravljena je baza podataka koja sadrži podatke o glavnim dimenzijama sličnih brodova. Podaci za formiranje baze uzeti su s internetskih stranica proizvođača brodova [4], [5], [6], [7], [8], [9] i [10], stranica koje se bave prodajom brodova [11], [12] i [13], te stranica koje se bave recenzijom brodova [14], [15] i [16] kako bi baza podataka bila što potpunija. Baza podataka sadrži podatke o 58 katamarana jedrilica u rasponu dimenzija duljine plus/minus pet metara od prototipa, dakle duljina od deset do dvadeset metara. Značajke koje su unošene u bazu su:

- duljina preko svega,  $L_{OA}$  [m]
- duljina na vodnoj liniji,  $L_{WL}$  [m]
- širina preko svega,  $B_{OA}$  [m]
- širina na vodnoj liniji,  $B_{WL}$  [m]
- širina trupa,  $B_{hull}$  [m]
- gaz,  $T$  [m]
- istisnina,  $\Delta$  [kg]
- površina jedara  $S_a$  [m<sup>2</sup>]
- snaga motora  $P_m$  [kW]

Na temelju tih značajki su računati njihovi međusobni odnosi. Baza podataka prikazana je u tablici 2. U tablici 1. su prikazane maksimalne i minimalne vrijednosti značajki brodova u bazi te njihova odstupanja.

**Tablica 1. Maksimalne i minimalne vrijednosti iz baze brodova**

	Minimum	Maksimum	Razlika
LOA	10,36	21,3	10,94
LWL	9,75	19,82	10,07
B	4,27	9,49	5,22
BWL	2,12	5,26	3,14
Bhull	1,075	2,495	1,42
T	0,5	1,88	1,38
$\Delta$	3500	35000	31500
Pm	9	140	131
Sa	45,52	217	171,48
BWL/LWL	0,40	0,65	0,25
LWL/BHULL	5,48	13,14	7,67
LDR	4,71	8,04	3,33
BWL/T	3,99	16,00	12,01
BTR	0,77	2,34	1,58
$\Delta$ /SAIL AREA	52,82	277,78	224,96
SDR	15,36	30,90	15,55

Tablica 2. Baza brodova

Ine broda	Material	$L_{0A}$	$L_{WL}$	$B$	$B_{WL}$	$B_{int}$	$T$	$\Delta$	$P_m$	$S_u$	$B_{WL}/L_{WL}$	LBR	LDR	$B_{WL}/T$	BTR	SDR
1	1999 Wilcat Wilcat 35	Stakloplastika	10,36	10,36	7,62	5,12	1,25	1,10	4989	20	77	8,29	6,11	6,93	1,14	26,81
2	1998 Victory Endeavour Catamaran Victory Catamaran	Stakloplastika	10,67	10,60	4,88	2,70	1,09	0,64	4082	40	57	9,72	6,69	7,63	1,70	22,69
3	1985 Catalac 95	Aluminij	10,73	10,73	6,85	/	/	3500	30	/	0,64	/	7,13	/	/	/
4	2014 Gemini Catamaran Legacy 35	Stakloplastika	10,79	9,75	4,27	2,12	1,08	0,64	4445	15	60	9,07	5,98	6,67	1,68	22,56
5	2016 C Catamarans 37	Kompozit	11,00	10,85	5,84	3,04	1,40	1,30	7900	30	/	7,75	5,49	4,49	1,08	/
6	2002 PDQ Capella	Stakloplastika	11,10	10,46	5,60	2,60	1,50	0,64	3628	9	46	6,97	6,86	8,75	2,34	19,60
7	2011 Robertson and Caine Leopard 38	Stakloplastika	11,46	10,98	6,07	3,16	1,46	1,07	8318	29	93	7,55	5,46	5,67	1,36	22,93
8	2011 Catamaran Andaman Cabriolet	Stakloplastika	11,50	11,50	6,00	3,00	1,50	0,70	3750	10	71	7,67	7,46	8,57	2,14	29,90
9	2006 Admiral Sailing Catamaran 38 Executive 4 Berth version	Stakloplastika	11,58	10,90	7,10	4,00	1,55	0,95	6800	20	107	7,03	5,80	7,47	1,63	30,31
10	2017 Bali Catamarans 4.0 Lounge (4cabini 4SBD)	Stakloplastika	11,99	11,50	6,72	3,00	1,86	1,12	11200	40	80	6,18	5,18	6,00	1,66	16,25
11	2016 Singapore Charter Business with Sailing Catamaran (Lagoon 400)	Stakloplastika	12,00	11,50	7,30	3,10	2,10	1,20	11400	40	81	5,48	5,15	6,08	1,75	16,32
12	2006 Admiral Sailing Catamaran 40 Executive 4 Berth version	Stakloplastika	12,20	11,80	7,30	4,10	1,60	1,10	8200	30	107	7,38	5,90	6,64	1,45	26,75
13	Bali 4.1 4 cabins	Stakloplastika	12,34	11,58	6,83	/	/	1,12	11800	40	104	/	5,13	6,10	/	20,40
14	Catana 42	Karbonaska vlakna	12,57	12,36	6,90	/	/	0,78	14400	30	112	/	5,12	8,85	/	19,24
15	2004 Leopard 42	Stakloplastika	12,64	11,43	7,00	4,00	1,50	1,40	10477	40	114	7,62	5,27	5,00	1,07	24,20
16	1996 Wharran Narai Mark 4	Aluminij	12,80	9,75	5,80	2,60	1,60	0,95	3500	9	49	6,09	6,47	6,11	1,68	21,65
17	2014 Asia Catamaran Stealth 13	Kompozit	13,00	13,00	6,70	4,20	1,25	1,10	5000	30	/	10,40	7,67	6,09	1,14	/
18	2010 Prometa Banana 43	Aluminij	13,00	11,70	6,60	3,20	1,70	1,20	9200	55	88	6,88	5,63	5,50	1,42	20,34
19	2017 Bali Catamarans 4.3 Loft	Stakloplastika	13,20	12,70	7,12	3,10	2,01	1,20	15500	40	94	6,32	5,14	5,93	1,68	15,36
20	Helia 44	Stakloplastika	13,30	13,30	7,40	/	/	1,15	10800	40	115	/	6,07	6,43	/	23,93
21	2011 Mama F44 Sailing Catamaran	Aluminij	13,41	13,41	7,62	/	/	1,22	12000	27	/	/	5,91	6,25	/	/
22	2015 Antares Antares 44	Stakloplastika	13,53	13,10	6,70	3,30	1,70	1,22	11793	40	100	7,71	5,80	5,49	1,39	19,62
23	2017 Bali Catamarans 4.5 Navigator	Stakloplastika	13,60	13,00	7,42	3,73	1,85	1,22	16400	40	112	7,05	5,16	6,08	1,51	17,64
24	Brady 48 Catamaran	Aluminij	13,70	13,70	7,30	/	/	1,20	14000	50	/	/	5,73	6,08	/	/
25	1997 Prout Catamarans 45	Stakloplastika	13,72	12,72	6,35	3,42	1,47	1,35	13000	47	106	8,68	5,45	4,70	1,09	19,49
26	2013 Lagoon 450	Stakloplastika	13,74	13,39	7,90	3,04	2,43	1,30	12152	54	130	5,51	5,87	6,08	1,87	25,00
27	2014 o-Yachts Lerouge 14m Catamaran	kompozit	13,99	13,99	7,60	4,30	1,65	1,06	7500	30	85	8,48	7,21	7,17	1,56	22,55
28	2007 Coporacion Ballota SAC Kelsall KSS 46	Stakloplastika	14,00	12,50	6,95	4,03	1,46	/	5987	55	/	8,56	6,94	/	/	/
29	1999 Alliana Marine Privilege 465	Stakloplastika	14,32	13,63	7,32	3,61	1,86	1,46	10500	56	130	7,35	6,28	5,01	1,27	27,56

30	Catana 47	Karbonska vlakna	14,33	13,86	7,65	/	/	1,10	/	40	139	/	0,55	/	6,95	/	/
31	2003 Mumbay 48	Aluminij	14,63	13,72	7,62	4,19	1,72	1,50	8450	35	76	8,00	0,56	6,79	5,08	1,14	18,62
32	2002 Dean Catamarans 440 Custom	Stakloplastika	14,63	14,63	7,22	4,07	1,58	1,06	11340	50	132	9,29	0,49	6,57	6,81	1,49	26,59
33	2014 Robertson and Caine Leopard 48	Stakloplastika	14,78	13,85	7,62	3,51	2,06	1,25	26027	54	145	6,74	0,55	4,71	6,10	1,64	16,73
34	HH Catamarans HH48 Catamaran	/	14,90	14,44	7,51	/	/	0,68	15000	40	125	/	0,52	5,90	11,04	/	20,89
35	Saba 50	Stakloplastika	14,98	14,30	7,99	/	/	1,25	15700	55	141	/	0,56	5,76	6,39	/	22,86
36	2004 Crowther 50	Aluminij	15,00	15,00	7,30	3,90	1,70	/	18500	130	113	8,82	0,49	5,72	/	/	16,38
37	1998 Lizard 50	Aluminij	15,00	15,00	8,00	4,00	2,00	1,35	12000	39	/	7,50	0,53	6,61	5,93	1,48	/
38	2011 St. Francis 50	Stakloplastika	15,24	14,33	8,00	4,00	2,00	1,28	12500	54	140	7,17	0,56	6,23	6,25	1,56	26,42
39	2001 Chantier Fernand Herve Catamaran 51'	Kompozit	15,55	15,55	8,60	/	/	1,60	12000	50	/	6,85	0,55	6,85	5,38	/	/
40	2014 Anton du Toit Aluminij Catamaran	Aluminij	16,00	16,00	8,00	/	/	1,20	18000	54	190	6,16	0,50	6,16	6,67	/	28,12
41	Catana 53	Karbonska vlakna	16,18	16,18	8,65	/	/	1,43	/	75	174	/	0,53	/	6,05	/	/
42	2016 Nicolas Gnet Catamaran 54	Stakloplastika	16,30	15,25	8,00	4,00	/	0,50	7000	33	/	8,04	0,52	8,04	16,00	/	/
43	2015 Gumbot 55	Kompozit	16,76	17,30	7,62	4,31	1,66	0,80	15750	39	191	10,45	0,44	6,96	9,53	2,07	30,90
44	Bati 5.4	Stakloplastika	16,80	16,20	8,70	/	/	1,45	28000	60	157	/	0,54	5,38	6,00	/	17,31
45	2015 HH Catamarans HH55 Catamaran 4 cabin version	Kompozit	16,89	16,58	8,26	5,26	1,50	1,50	17500	54	195	11,05	0,50	6,44	5,51	1,00	29,41
46	2015 Fontaine Pajot Ipanema 58	Stakloplastika	17,02	16,28	8,88	4,41	2,24	1,40	23000	110	169	7,28	0,55	5,77	6,34	1,60	21,24
47	2011 Lagoon 560	Stakloplastika	17,06	16,46	9,18	4,19	2,50	1,25	30300	110	201	6,60	0,56	5,32	7,34	2,00	21,02
48	2011 Wave Catamaran	Kompozit	17,65	16,73	9,20	/	/	1,40	14061	55	/	/	0,55	6,99	6,57	/	/
49	2014 Adventure catamaran 53 Cat	Aluminij	18,00	18,00	8,00	/	/	1,20	18000	54	190	/	0,44	6,93	6,67	/	28,12
50	2016 Alia Yachis Catamaran	Stakloplastika	18,30	17,70	8,66	/	/	1,85	26200	75	/	/	0,49	6,01	4,68	/	/
51	2015 TAG Yachis Tag 60 XR Catamaran	Kompozit	18,30	17,20	8,40	4,50	1,95	1,25	14600	75	/	8,82	0,49	7,10	6,72	1,56	/
52	2001 Crowther Alloy Catamaran	Aluminij	18,40	18,40	7,31	4,51	1,40	1,83	/	105	/	13,14	0,40	/	3,99	0,77	/
53	Catana 62	Karbonska vlakna	18,68	18,68	9,49	/	/	1,56	/	110	203	/	0,51	/	6,08	/	/
54	2006 Sunreef 62	Aluminij	18,90	18,28	9,30	4,60	2,35	1,60	26000	125	181	7,78	0,51	6,22	5,81	1,47	20,97
55	2002 Catana 582 Sailing catamaran	Karbonska vlakna	19,00	19,00	9,11	5,00	2,06	1,50	35000	125	126	9,25	0,48	5,86	6,07	1,37	/
56	2009 De Villiers FWD Cockpit Cat Aluminij Ketch Rigged Yacht	Aluminij	19,00	18,42	9,25	5,13	2,06	/	19500	75	/	8,94	0,50	6,90	/	/	/
57	2017 HH Catamarans HH66 Catamaran	Kompozit	20,11	19,82	8,71	4,46	2,13	1,88	21000	75	217	9,33	0,44	7,24	4,63	1,13	28,98
58	2017 Squall international CK 64	Aluminij	21,30	19,81	9,40	4,50	2,45	1,50	21500	140	/	8,09	0,47	7,18	6,27	1,63	/

Značajke sličnih brodova iz tablice 2. kao što su duljina i širina na vodnoj liniji, gaz, istisnina itd. analizirane su na način da se promotrila njihova međusobna zavisnost i odnosi. Zavisnosti karakterističnih veličina i njihovi odnosi prikazani su na slikama 4. do 16. Na grafovima su posebno istaknute vrijednosti koje postiže prototip radi lakše usporedbe sa sličnim brodovima, a što je prikazano masnije otisnutom oznakom na grafovima.

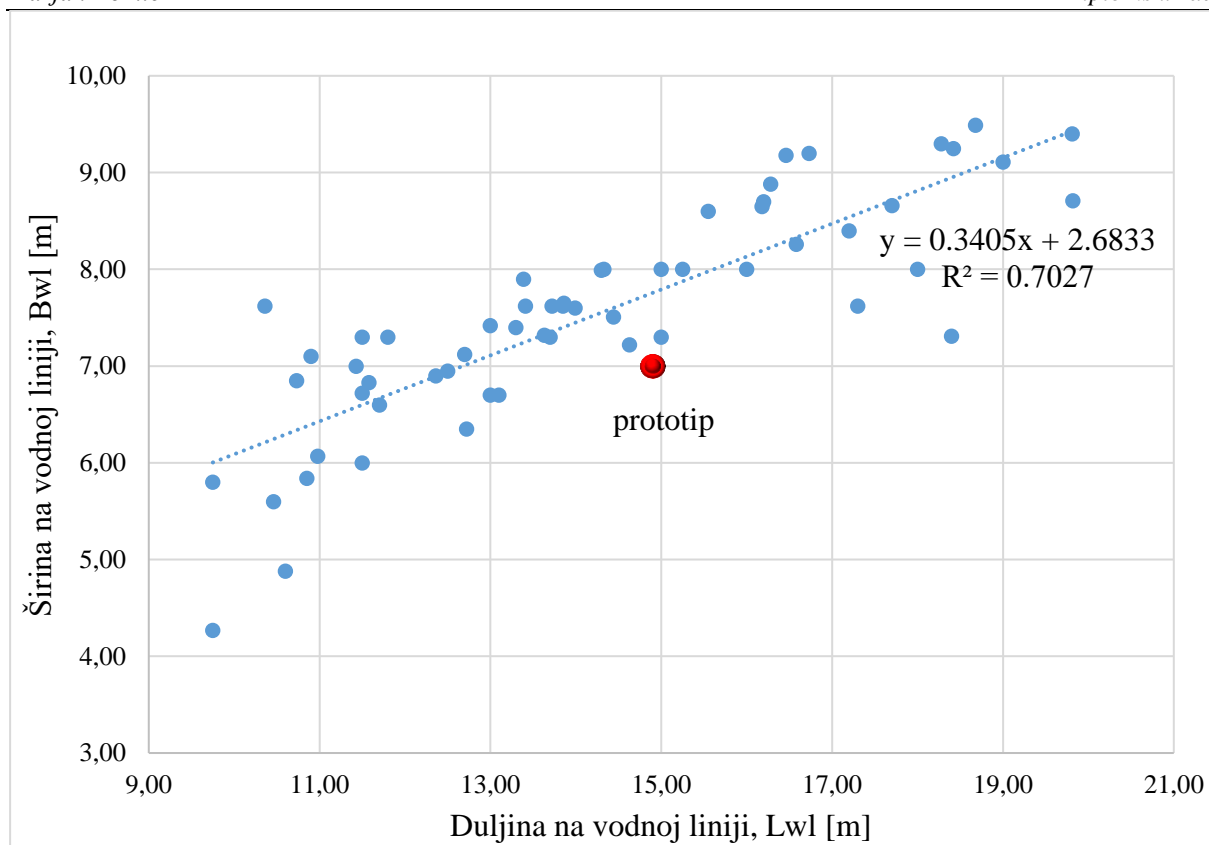
Regresijske jednadžbe s pripadnim koeficijentom korelacije  $R^2$  prikazane su na grafovima za  $R^2 > 0,6$ , grafovi koji sadrže krivulje gdje je  $R^2 < 0,6$  su također korisni jer prikazuju projektno područje katamarana jedrilica.

Zavisnost širine broda na vodnoj liniji o duljini broda na vodnoj liniji (Slika 4.) slijedi linearan trend rasta s povećanjem duljine broda. Međutim može se uočiti raspršenost vrijednosti širine na vodnoj liniji na krajevima područja.

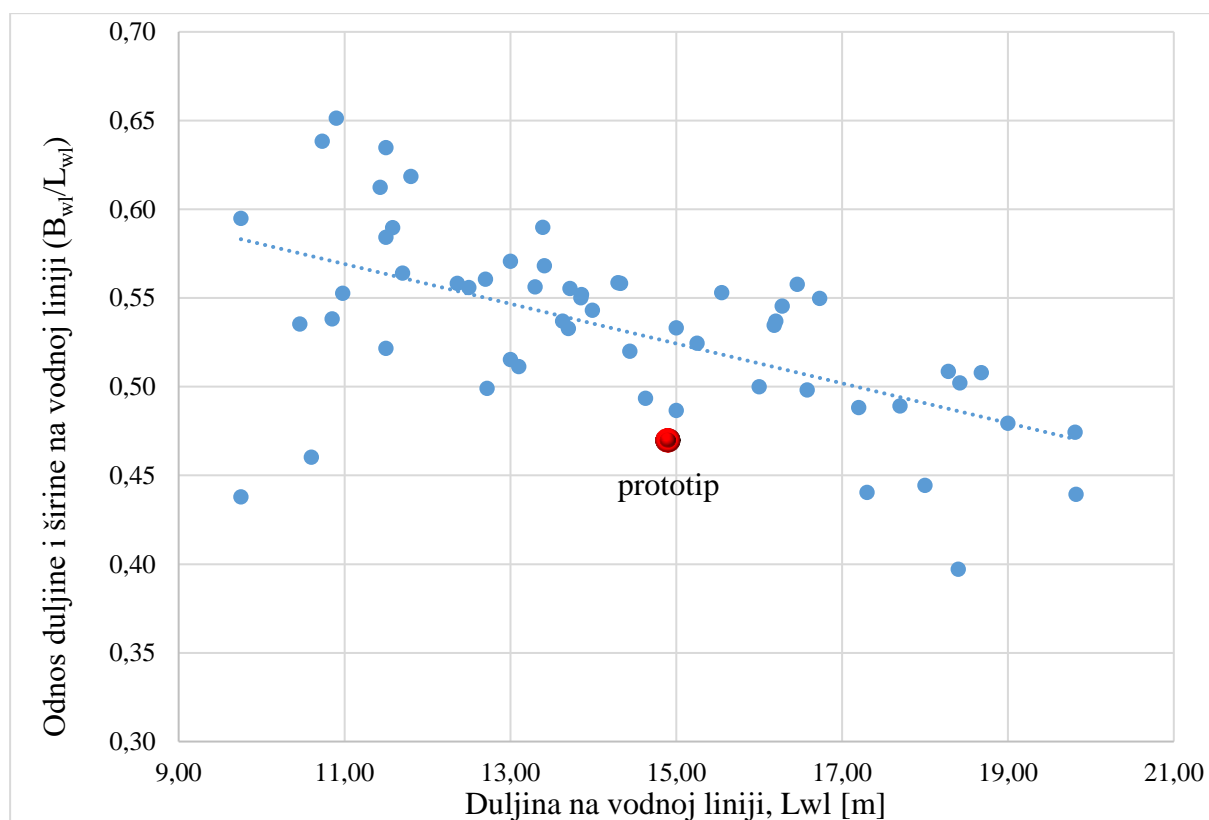
Važno je i promotriti zavisnost odnosa širine i duljine na vodnoj liniji ( $B_{WL}/L_{WL}$ ) u odnosu na vodnu liniju (Slika 5.). Može se primijetiti da se širina katamarana kreće u rasponu od 40 % do 65% duljine broda na vodnoj liniji. S porastom duljine postoji linearni trend pada vrijednosti omjera širine i duljine na vodnoj liniji. Najveći dio analiziranih brodova ima vrijednost širine na vodnoj liniji u području od 50 do 60% duljine na vodnoj liniji. Raspršenost vrijednosti omjera  $B_{WL}/L_{WL}$  također je koncentrirana na krajevima područja kao što je i slučaj kod zavisnosti širine i duljine na vodnoj liniji.

S porastom duljine na vodnoj liniji, veća je mogućnost za postizanje različite širine na vodnoj liniji a da se pritom ostane u standardnim omjerima širine i duljine na vodnoj liniji. S druge strane sa smanjenjem duljine na vodnoj liniji raspoloživi prostor se znatno ograničuje u odnosu na dulje brodove. Smanjenje dostupnog prostora se može kod manjih brodova riješiti povećanjem širine u odnosu na duljinu. Upravo zato se raspršenost vrijednosti događa na krajevima prostora.

Iz grafova se može primijetiti da se vrijednost  $B_{WL-a}$  i vrijednost omjera  $B_{WL}/L_{WL}$  koje postiže prototip nalaze na rubnom području u odnosu na vrijednosti sličnih brodova, te bi se dalo zaključiti kako ima prostora za povećanje širine na vodnoj liniji.



Slika 4. Zavisnost duljine i širine



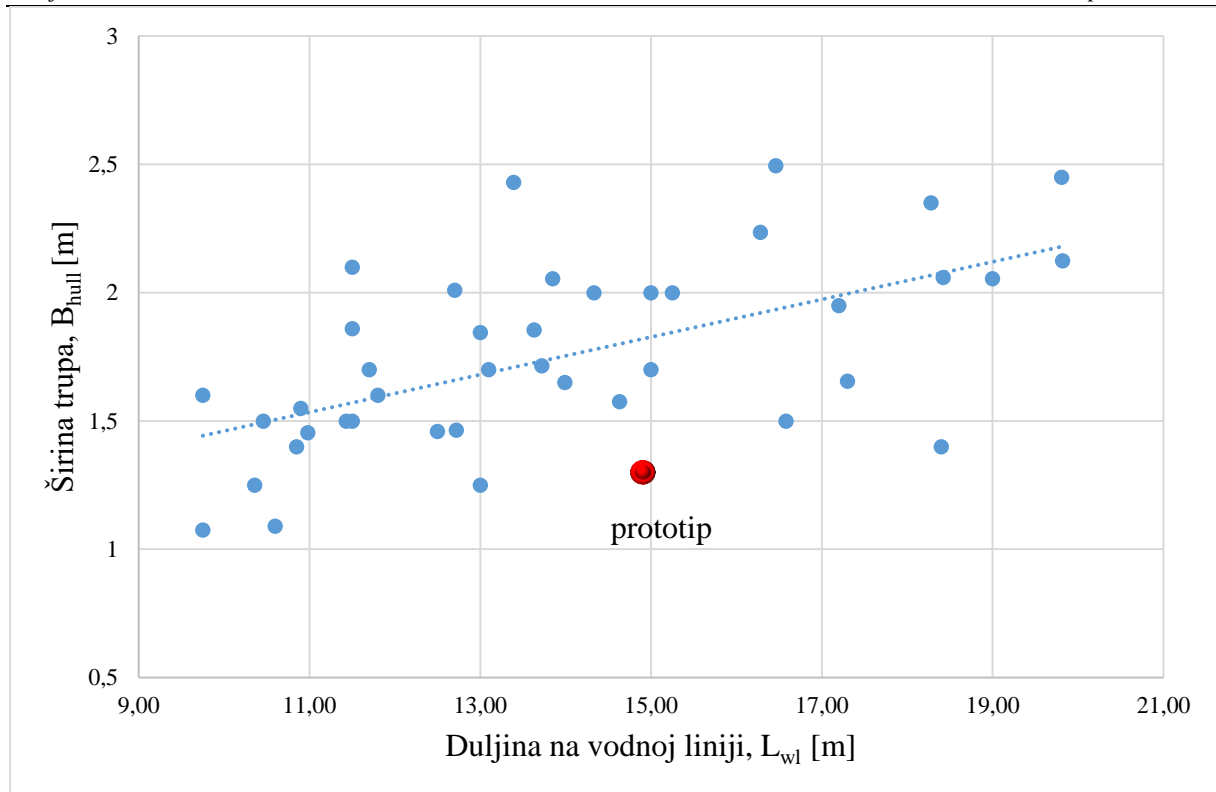
Slika 5. Zavisnost duljine na vodnoj liniji i odnos duljine i širine na vodnoj liniji

Kada se promotri zavisnost širine trupa i duljine na vodnoj liniji (Slika 6.), može se primijetiti znatno rasipanje vrijednosti u odnosu na zavisnost širine i duljine na vodnoj liniji (Slika 4.). Ovo rasipanje vrijednosti se može objasniti različitim konstrukcijskim i prostornim rješenjima različitih proizvođača. Vrijednosti širine trupa na nekoj vodnoj liniji ovise o istisnini koja se želi postići na određenom gazu, rasporedu prostora unutar samog trupa itd. Međutim, bez obzira na rasipanje, primjetan je trend rasta vrijednosti širine trupa s porastom duljine na vodnoj liniji. Kada se razmatra širina trupa, bitno je i sagledati odnos širine trupa i duljine broda na vodnoj liniji, *LBR* (eng. Length to Breadth Ratio). Slika 7. prikazuje odnos širine trupa i duljine na vodnoj liniji. Ovaj odnos je veoma značajan kod procjene performansi katamarana. Smatra se da bi katamaran za krstarenja trebao imati vrijednost  $LBR > 8$ . Vrijednost odnosa *LBR-a* za brze regatne brodove treba iznositi minimalno 12. Razlog tome je da vitki trupovi s vrijednošću tog odnosom većim od osam ne stvaraju velike pramčane valove, što rezultira smanjenjem otpora. [18]

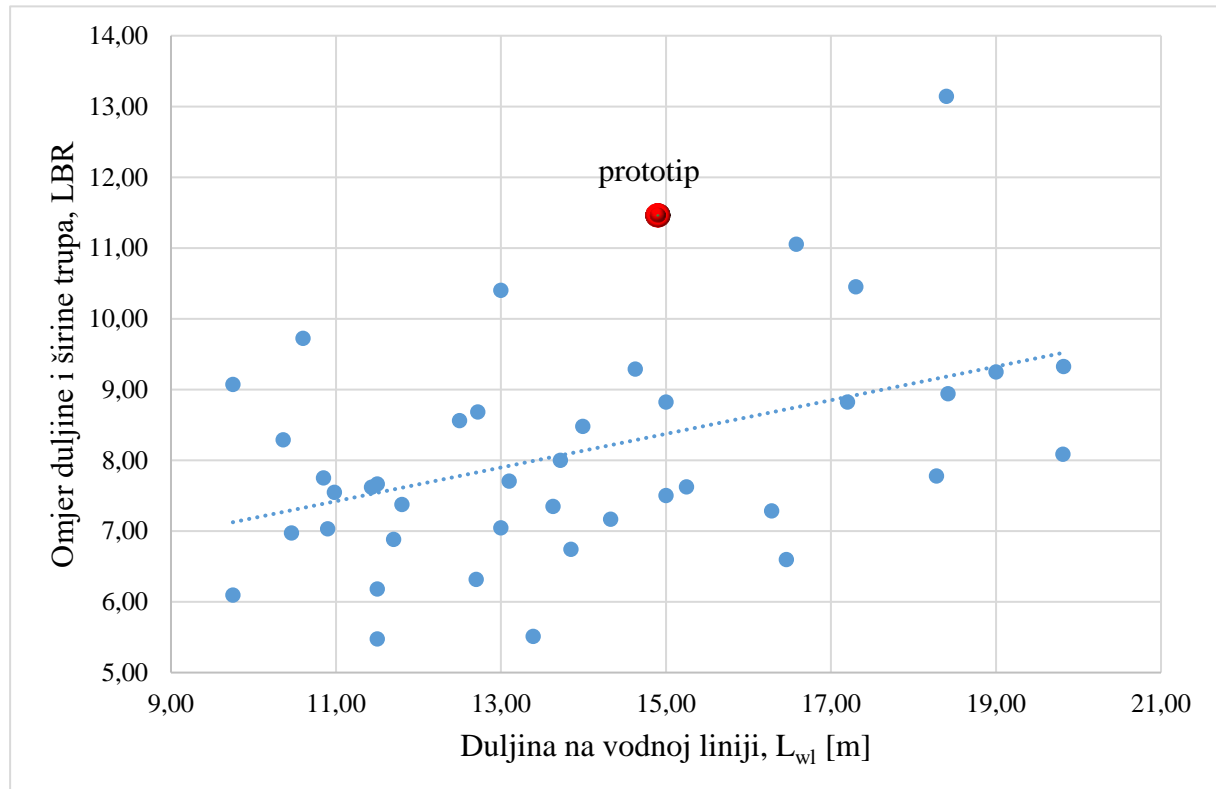
Općenite preporuka dana u [19] kod je ta da se ovaj odnos drži u rasponu od 9 do 12. Vrijednost *LBR-a* koju postiže prototip iznosi 11,5 tako da je ovaj uvjet zadovoljen.

Na grafu (Slika 7.) može se vidjeti kako vrijednosti ovog odnosa za analizirane slične brodove kreću od 5 do 13. Očit je i porast vrijednosti odnosa omjera duljine na vodnoj liniji i širine trupa s porastom duljine na vodnoj liniji. Što se tiče prototipa, vrijednost njegova širine trupa u odnosu na slične brodove se nalazi na rubnom području.





Slika 6. Zavisnost duljine i širine trupa

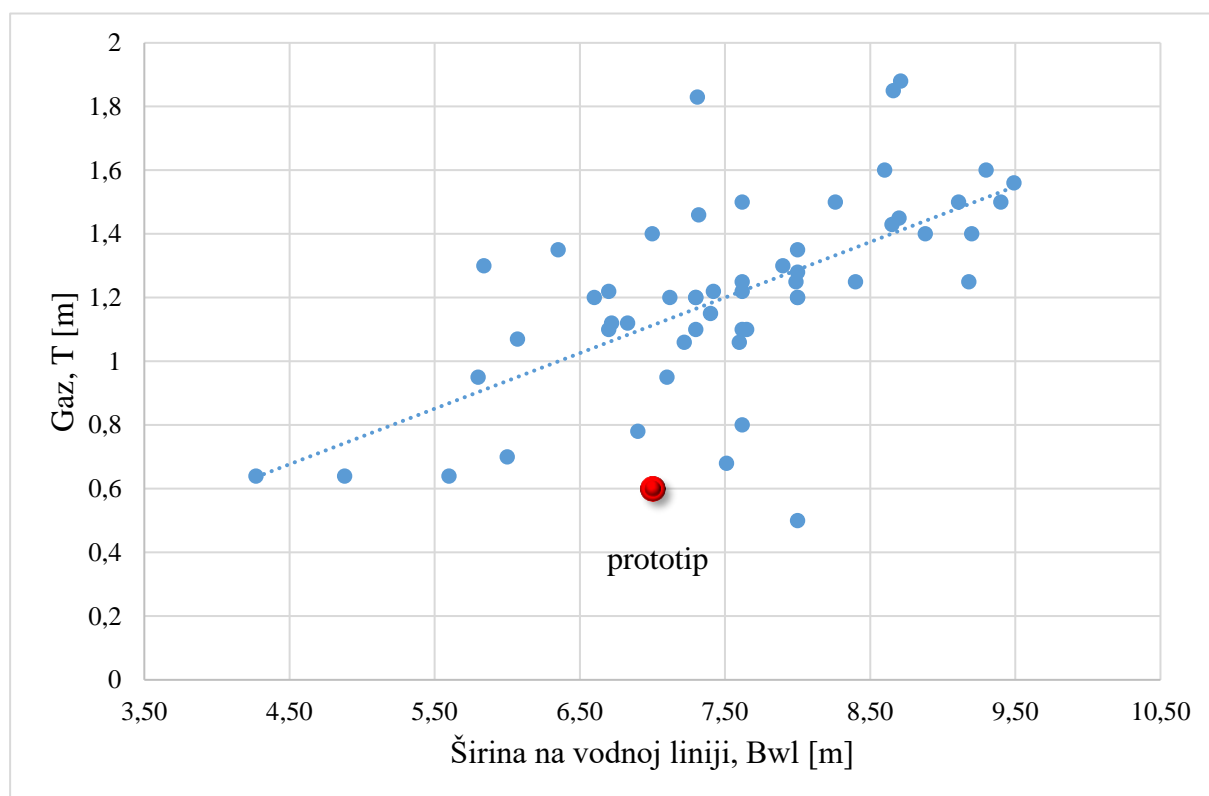


Slika 7. Odnos duljine i LBR

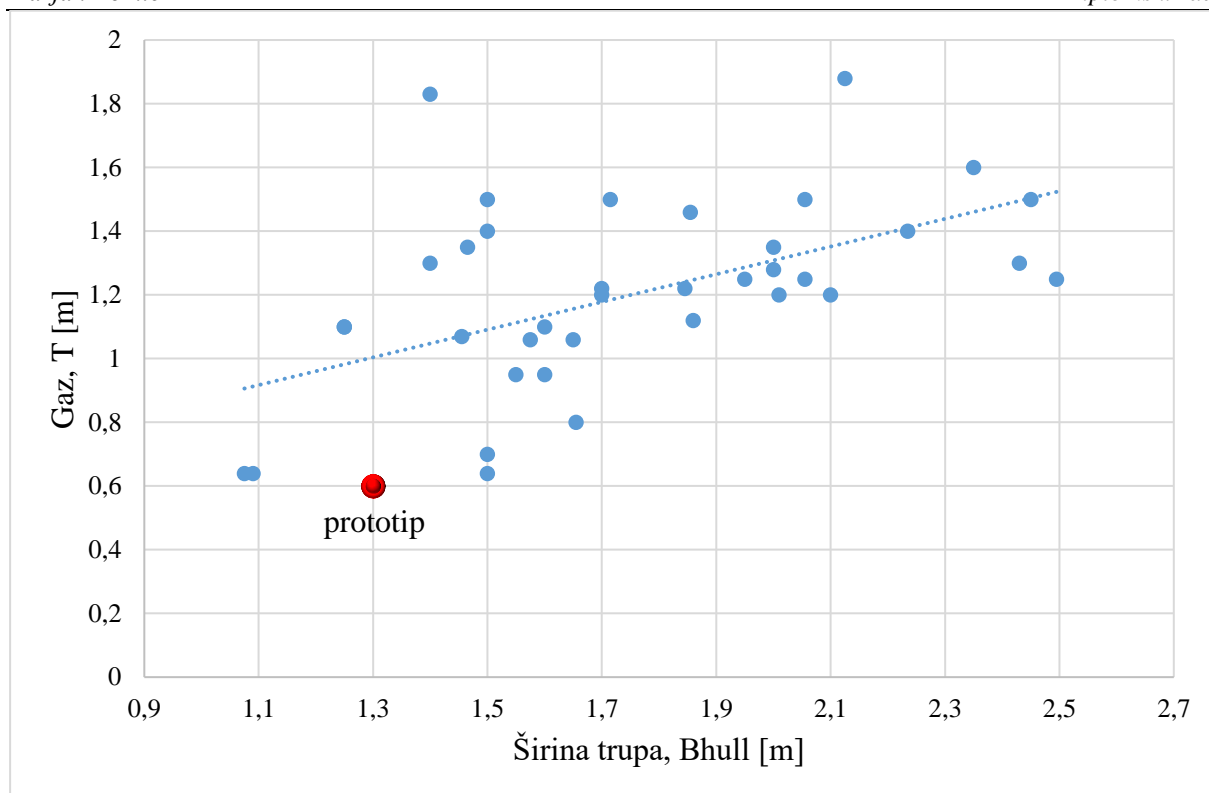
Zavisnost širine na vodnoj liniji i gaza (Slika 8.) slijedi linearan trend rasta. S porastom širine na vodnoj liniji raste i gaz, što je i za očekivati s obzirom da s porastom širine slijedi i porast istisnine, tako da je logično da će i brod uroniti više.

Slika 9. prikazuje zavisnost gaza o širini trupa. Tu se također može primijetiti linearan trend rasta koji je malo blaži u odnosu na trend rasta gaza s porastom širine na vodnoj liniji. Isto tako može se primijetiti da je raspršenost vrijednosti poprilično jednaka za zavisnost gaza o širini trupa i širini na vodnoj liniji, za razliku od zavisnosti širina o duljini na vodnoj liniji (Slika 4. i Slika 6).

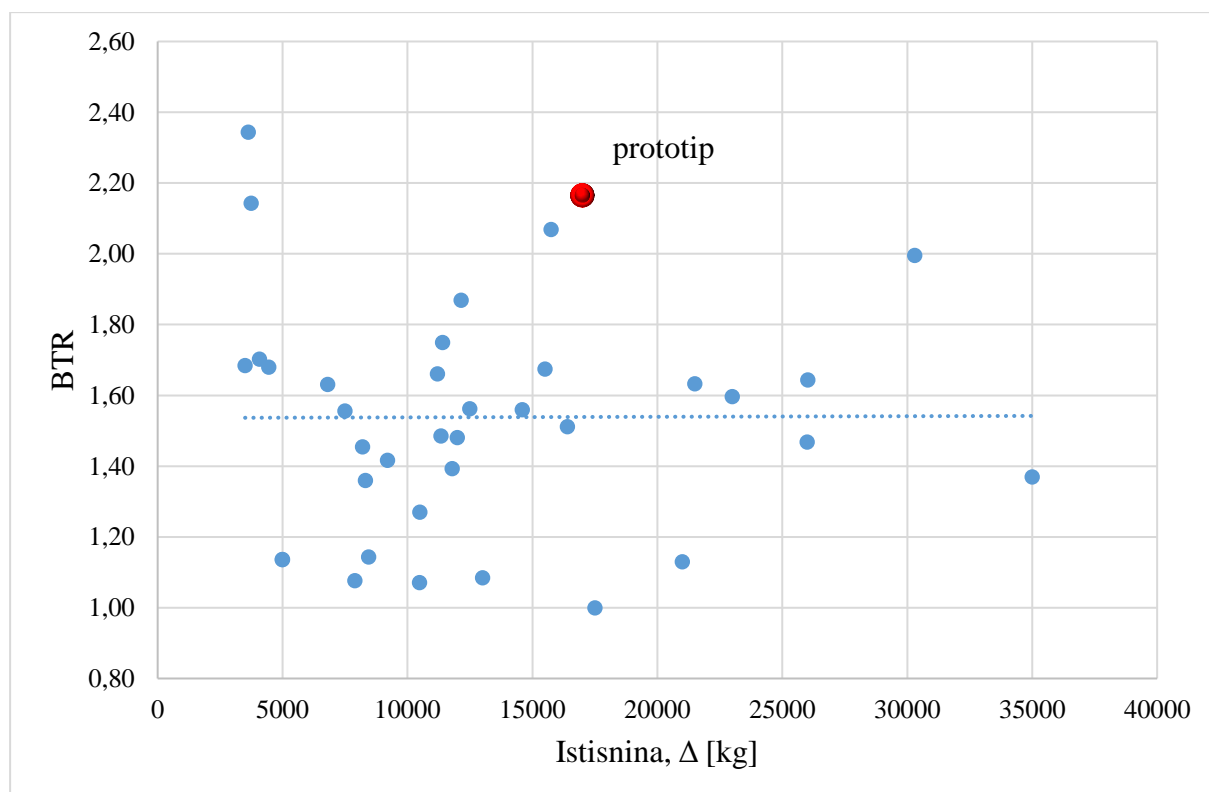
Kada se promotri odnos gaza i širine trupa (Slika 10.) *BTR* (eng. Breadth to Draft Ratio) može se vidjeti da se vrijednosti kreću od 0,5 do 2,5. Većina vrijednosti odnosa nalazi se u rasponu od 1 do 2. Vrijednosti odnosa gaza i širine trupa blizu 2 minimiziraju otpor trenja i malo ublažuju generiranje valova. Preporuka je da se vrijednost odnosa *BTR* nalazi u rasponu od 1,5 do 2,8. [19] U slučaju prototipa to je ostvareno, gdje je  $BTR=2,17$ .



Slika 8. Zavisnost širine i gaza



Slika 9. Zavisnost širine trupa i gaza

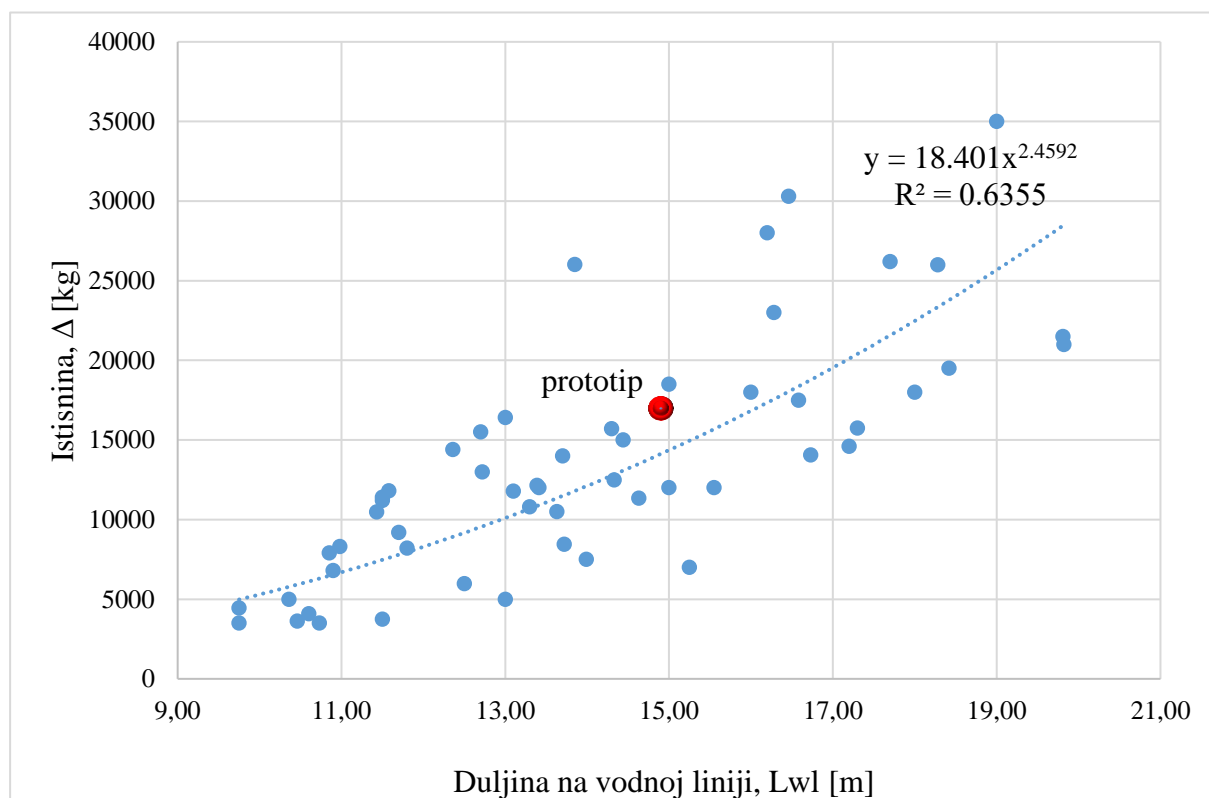


Slika 10. Zavisnost istisnine i BTR-a

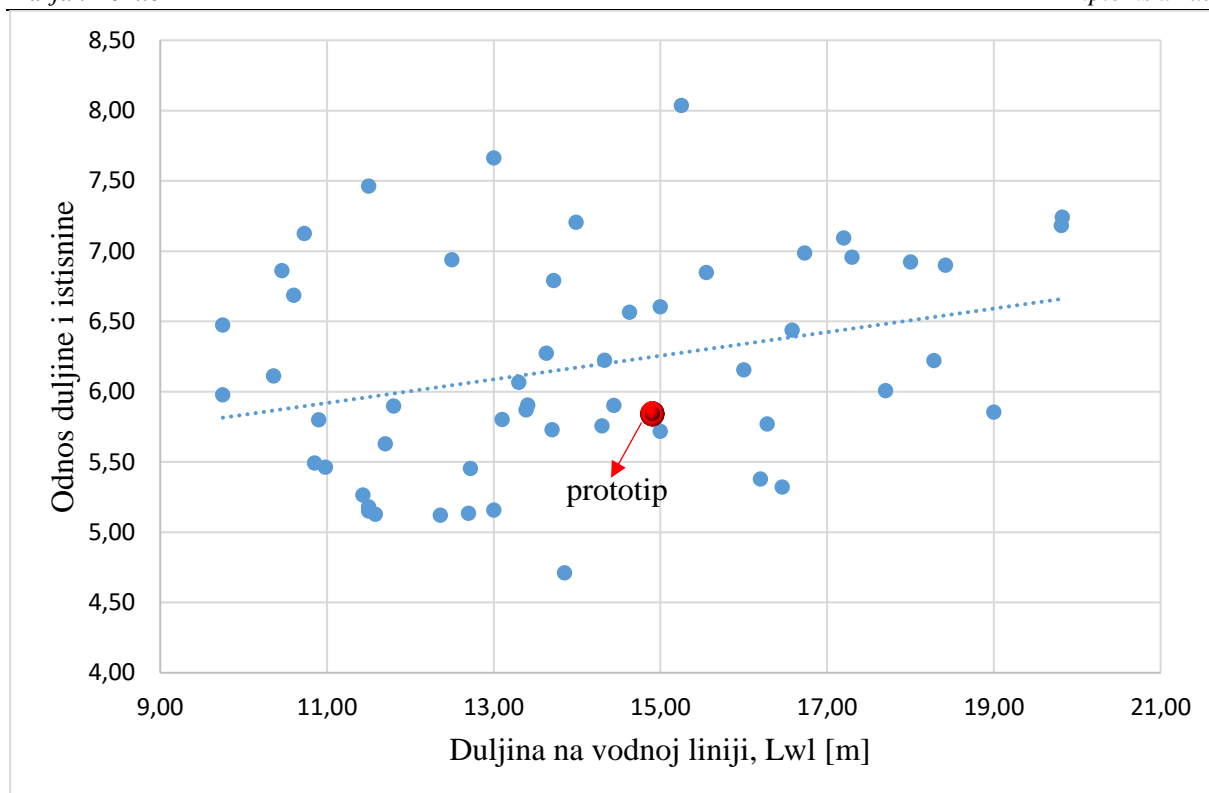
Slika 11. prikazuje zavisnost istisnine o duljini. Vrijednosti njihovog odnosa slijede zakon kubne parabole. Što bi značilo da sa svakim povećanjem duljine za jedan metar istisnina raste

otprilike tri puta. Indeks korelacije  $R^2$  pokazuje da je veza između duljine na vodnoj liniji i istisnine od praktične vrijednosti. Može se primijetiti veće rasipanje vrijednosti s porastom duljine na vodnoj liniji. Razlog tome je što na istisninu, osim duljine utječu vrijednosti širine na vodnoj liniji te gaz. S porastom duljine na vodnoj liniji veći je broj kombinacija tih vrijednosti ostvariv što rezultira većim rasipanjem vrijednosti.

Vrijednosti odnosa duljine na vodnoj liniji i istisnine (Slika 12.) sličnih brodova kreću se u rasponu od 5 do 8. Indeks korelacije u ovom slučaju nije primjenjiv, ne postoji značajna veza između prikazanih vrijednosti. Vrijednosti odnosa duljine i istisnine su raspršene po cijelom području duljine na vodnoj liniji, no ipak se može prepoznati blagi trend porasta tog odnosa s porastom duljine na vodnoj liniji. Manja vrijednost odnosa duljine i istisnine znači i teži brod. Vrijednosti istisnine prototipa te odnosa duljine na vodnoj liniji i istisnine ne odstupaju od vrijednosti koje postižu slični brodovi.



Slika 11. Zavisnost duljine i istisnine

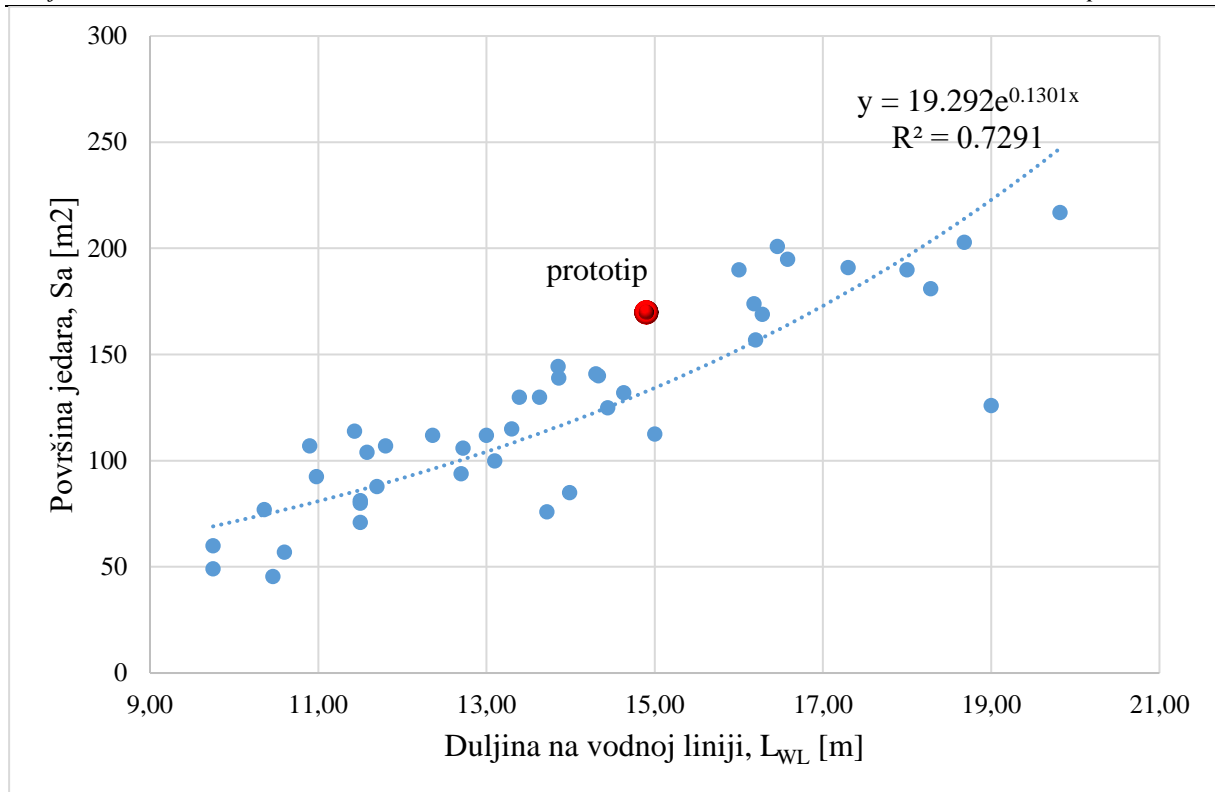


**Slika 12. Odnos duljine i istisnine**

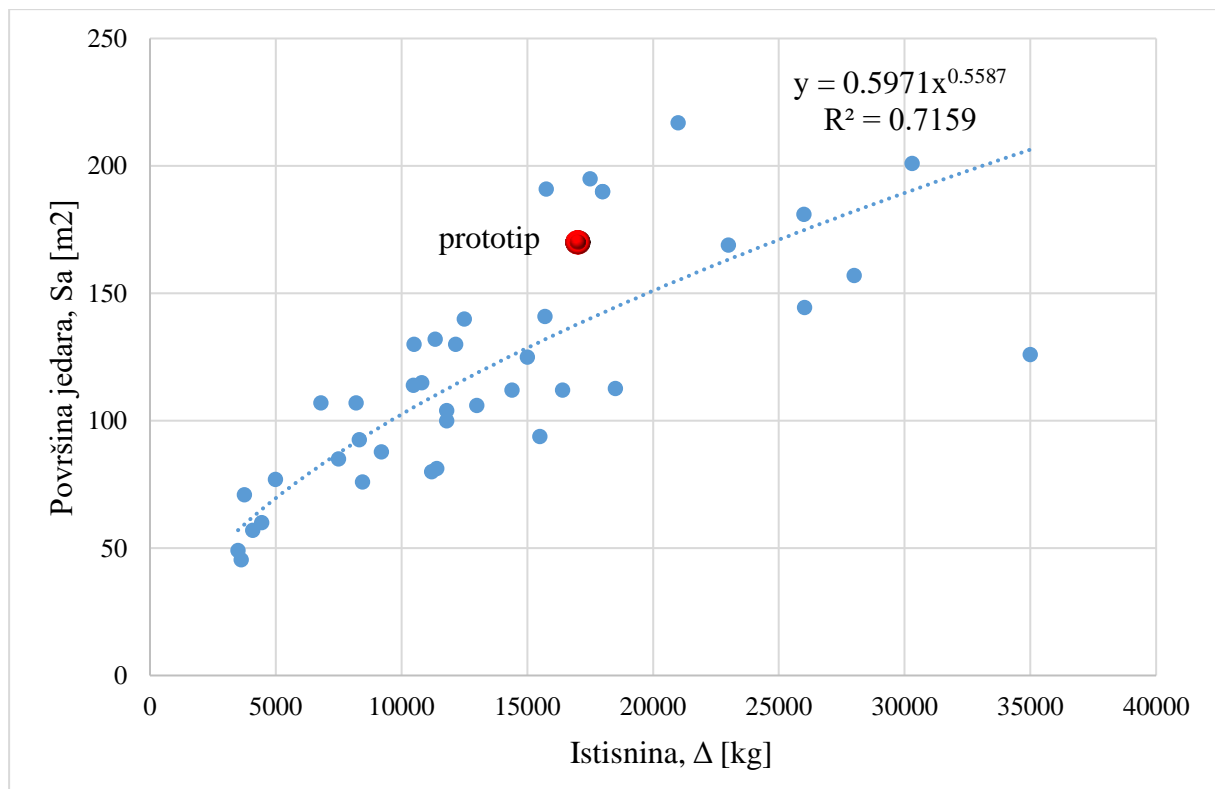
Površina jedara u zavisnosti od duljine na vodnoj liniji (Slika 13.) slijedi trend kvadratne parabole. Što bi značilo da s povećanjem duljine na vodnoj liniji za jedan metar površina jedara se poveća otprilike dva puta.

Površina jedara u zavisnosti od istisnine (Slika 14.) prati trend eksponencijalnog rasta, za razliku od zavisnosti duljine i površine jedara (Slika 13.) Može se zaključiti da je porast površine jedara veći s porastom duljine nego s rastom istisnine.

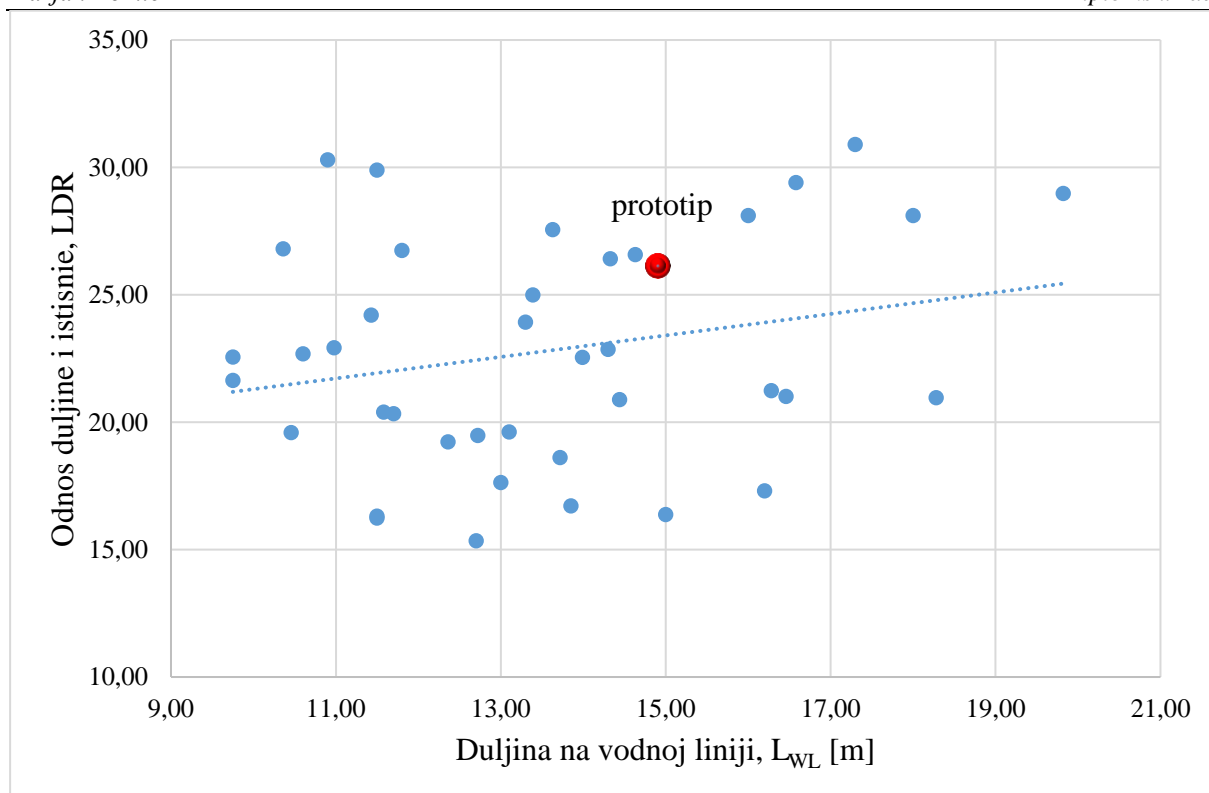
Slika 15. prikazuje odnos istisnine i površine jedara. Taj odnos je analogan odnosu snage i mase kod automobila ili uzgona i mase kod aviona. [18] Vrijednosti odnosa zapravo pokazuju potencijal za postizanje brzine u odnosu na njegovu veličinu. Većina vrijednosti za slične brodove nalazi se u rasponu od 20 do 30.



Slika 13. Zavisnost duljine i površine jedara

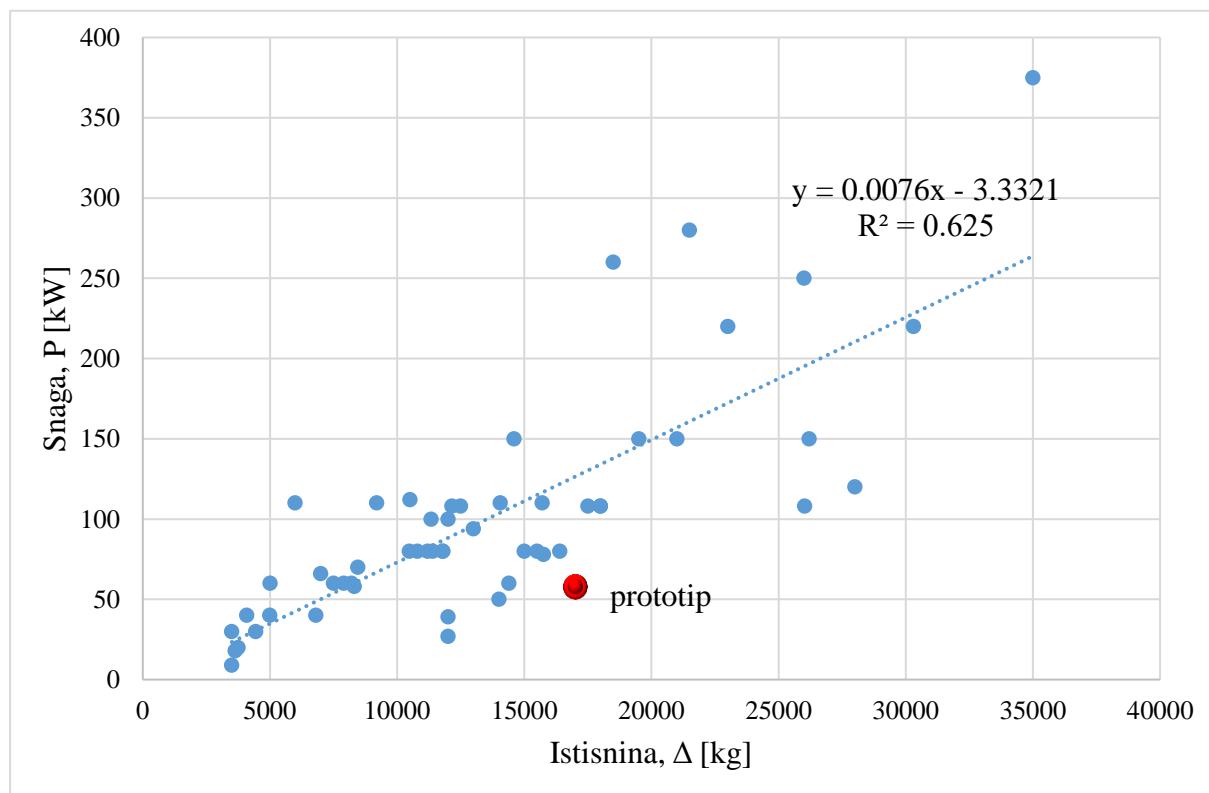


Slika 14. Zavisnost istisnine i površine jedara



**Slika 15. Zavisnost duljine i odnosa istisnine i jedara**

Zavisnost ugrađene snage od istisnine (Slika 16.) ima linearan trend rasta. Vrijednost ugrađene snage prototipa s obzirom na slične brodove nalazi se na granici područja.



**Slika 16. Zavisnost istisnine i snage**

Razmatrajući zavisnosti  $L_{WL}/B_{WL}$  (Slika 4.),  $L_{WL}/B_{hull}$  (Slika 6.),  $B_{WL}/T$  (Slika 8.) te  $B_{hull}/T$  (Slika 9.) vrijednosti prototipa  $B_{WL}$ ,  $B_{hull}$  i  $T$  u usporedbi sa sličnim brodovima nalaze na donjem rubnom području.

Kada se promotre zavisnosti odnosa  $B_{WL}/L_{WL}$  s duljinom na vodnoj liniji (Slika 5.) te zavisnosti odnosa  $LBR$  s duljinom na vodnoj liniji (Slika 7.), vrijednosti koje postiže protitp se nalaze na gornjem rubnom području u odnosu na slične brodove. Prema preporukama danim u [18] vrijednost odnosa  $B_{WL}/L_{WL}$  trebala bi biti u rasponu od 0,4 do 0,6 što je zadovoljeno kod prototipa ( $B_{WL}/L_{WL}=0,47$ ). Prema [19] vrijednost odnosa  $LBR$ -a trebala bi se nalaziti u rasponu od 9 do 12 što je isto tako zadovoljeno kod prototipa ( $LBR=11,5$ ).

Promatrajući zavisnost odnosa  $BTR$ -a s istisninom (Slika 10.), vidi se da je vrijednost odnosa koju postiže prototip na rubnom području u odnosu na slične brodove. Prema preporuci danoj u [19], vrijednosti  $BTR$ -a trebala bi se nalaziti u rasponu od 1,5 do 2,8. Prototip postiže vrijednost  $BTR$ -a od 2,15, što se nalazi u preporučenom rasponu.

Razmatranje zavisnosti  $L_{WL}/\Delta$  (Slika 11.) te vrijednost odnosa  $LDR$ -a u zavisnosti od duljine na vodnoj liniji (Slika 12.), vrijednosti koje postiže prototip poklapaju se s vrijednostima koje postižu slični brodovi.

Što se tiče zavisnosti vezanih uz površinu jedara,  $L_{WL}/S_a$  (Slika 13.), te zavisnosti  $\Delta/S_a$  (Slika 14.) vrijednosti koje postiže prototip nalaze se na gornjem rubnom području u odnosu na slične brodove. Vrijednost odnosa  $SDR$  (Slika 15.) koju postiže prototip ne odstupa od vrijednosti koje postižu slični brodovi.

Zavisnost snage i istisnine (Slika 16.) pokazuje da se vrijednost snage nalazi u donjem rubnom području u odnosu na slične brodove. Tako da ovu vrijednost treba dodatno potvrditi proračunom otpora i propulzije.

Analiza dimenzija je pokazala da većina vrijednosti koje postiže prototip nalazi na rubnom području u odnosu na slične analizirane brodove. Razlog što su vrijednosti  $B_{WL}$  i  $T$  te njihovih odnosa, koje postiže prototip nalaze u donjem rubnom području je zato što prototip ima značajno drugačiju formu od formi koje se inače koriste za katamarane jedrilice namijenjene za najam. Radi drugačijeg koncepta smještaja, širina trupova uža je nego kod sličnih brodova jer se u njima ne nalazi smještaj putnika. Razlog manje širine je i ušteda na masi, te postizanje boljih performansi. No, kako bi se osiguralo dovoljno prostora za smještaj kupaonica i kabina za posadu, forma je punija te postoji dugi dio paralelnog srednjaka što nije uobičajeno. Punoća



---

forme rezultira manjim gazom. Takva forma odstupa od uobičajeno korištenih rješenja, te vrijednosti odstupaju od sličnih brodova. Međutim treba napomenuti kako ovo odstupanje ne izlazi van područja.

## 4. PRELIMINARNO OSNIVANJE

U [19] dane su iskustvene formule za preliminarno osnivanje katamarana jedrilica. Postupkom opisanim u ovom radu pokriveno je određivanje osnovnih dimenzija, mase i istisnine. Potom određivanje potrebne snage i površine jedara.

U nastavku je prikazan cjeloviti postupak ovog preliminarnog osnivanja prototipa.

### 4.1. Određivanje osnovnih dimenzija

Određivanje osnovnih dimenzija kod preliminarnog osnivanja vrši se preko bezdimenzionalnih odnosa dimenzija i koeficijenata koji se trebaju nalaziti u preporučenim područjima. Odnosi koji se koriste su odnos duljine na vodnoj liniji  $L_{wl}$  i širine trupa,  $LBR$ , odnos širine trupa  $B_{hull}$  i gaza,  $BTR$ .

Preporuka je da se  $LBR$  nalazi u rasponu od 9 do 12, dok se preporuča da se  $BTR$  nalazi u rasponu od 1,5 do 2,8.

Određivanje širine trupa na vodnoj liniji

$$B_{hull} = \frac{L_{wl}}{LBR}$$

gdje je: (4.1)

$$L_{wl} = 14,93 \text{ m}$$

$$LBR = 11,5$$

$$B_{hull} = 1,3 \text{ m}$$

Određivanje gaza

$$T = \frac{B_{wl}}{BTR}$$
(4.2)

$$T = 0,6 \text{ m}$$

Određivanje gaza (4.3)

$$A_m = c_m \cdot L_{wl} \cdot B_{wl} \cdot T ;$$
(4.3)

$$A_m = 0,73 \text{ m}^2$$

Određivanje istisnine

$$\Delta = C_p \cdot A_m \cdot L_{wl}$$
(4.4)

$$\Delta = 17700 \text{ kg}$$

Površina vodne linije

$$A_w = B_{WL} \cdot L_{WL} \cdot C_w \quad (4.5)$$

$$A_w = 0,73 \text{ m}^2$$

Određivanje mase istisnine

$$m_{LDC} = 2 \cdot B_{WL} \cdot L_{WL} \cdot T_C \cdot C_p \cdot C_M \cdot 1025 \quad (4.6)$$

$$m_{LDC} = 17.966 \text{ kg}$$

Omjer duljine i istisnine

$$LDR = L_{WL} \cdot \sqrt[3]{\frac{1025}{m_{LDC}}} \quad (4.7)$$

$$LDR = 5,74$$

Određivanje mase punog opremljenog broda

$$m_{LCC} = 0,7 \cdot m_{LDC} \quad (4.8)$$

$$m_{LCC} = 12.576 \text{ kg}$$

Određivanje mase lakog opremljenog broda

$$m_{MOC} = 0,8 \cdot m_{LDC} \quad (4.9)$$

$$m_{MOC} = 14.373 \text{ kg}$$

Određivanje razmaka među trupovima

$$B_{CB} = \frac{L_H}{LBRC} \quad (4.10)$$

$$B_{CB} = 5,7 \text{ m}$$

Procjena udaljenosti od težišta istisnine do poprečnog metacentra odnosno poprečni metacentarski radijus

$$BM_T = \left[ \frac{B_{WL}^3 \cdot L_{WL} \cdot C_w^2}{12} + L_{WL} \cdot B_{WL} \cdot C_w \cdot (0,5B_{CB})^2 \right] \cdot \frac{1025}{m_{LDC}} \quad (4.11)$$

$$BM_T = 21,73 \text{ m}$$

Procjena udaljenosti od težišta istisnine do uzdužnog metacentra

$$BM_L = \frac{2 \cdot 0,92 \cdot L_{WL}^3 \cdot B_{WL} \cdot C_w^2}{12} \cdot \frac{1025}{m_{LDC}} \quad (4.12)$$

$$BM_L = 24,00 \text{ m}$$

Određivanje maksimalne širine trupa

$$B_{hullOA} = 1,4 \cdot B_{WL} \quad (4.13)$$

\* U slučaju prototipa BH1=BWL

$$B_{hullOA} = 1,3 \text{ m}$$

Određivanje širine broda preko svega

$$B_{OA} = B_{hullOA} + B_{CB} \quad (4.14)$$

$$B_{OA} = 7 \text{ m}$$

Određivanje udaljenosti od vodne linije do mosta

$$Z_{WD} = 0,06 \cdot L_{WL} \quad (4.15)$$

$$Z_{WD} = 0,89 \text{ m}$$

#### 4.2. EU faktor veličine

Katamaran može biti certificiran za kategoriju A, odnosno neograničenu plovidbu, ukoliko je njegov faktor veličine preko četrdeset tisuća.

Faktor veličine

$$SF = 1,75 \cdot m_{MOC} \cdot \sqrt{L_H \cdot B_{CB}} \quad (4.16)$$

$$SF = 257819$$

#### 4.3. Snaga

Pretpostavlja se da potrebno četiri kilovata snage po toni istisnine.

Određivanje snage

$$P_m = 4 \cdot \frac{m_{LDC}}{1025} \quad (4.17)$$

$$P_m = 70,11 \text{ kW}$$

Određivanje brzine

$$V_m = 2,44 \cdot \sqrt{L_{WL}} \quad (4.18)$$

$$V_m = 9,42 \text{ čv}$$

Određivanje volumena tanka za gorivo

Potrebni volumen tanka za gorivo se određuje prema željenom dometu ( $R_m$ ), potrošnji diesel motora ( $con$ )

$$Vol = 1,2 \cdot \frac{R_m}{V_m} \cdot con \cdot P_m \quad (4.19)$$

$$Vol = 1340 \text{ l}$$

#### 4.4. Jedra

Dimenzije jedara se određuju preko omjera koji su u proporciji s duljinom broda na vodnoj liniji  $L_{wl}$ .

- $k_p$  – omjer visine glavnog jedra i duljine na vodnoj liniji
- $k_e$  – omjer baze glavnog jedra i duljine na vodnoj liniji
- $k_j$  – omjer baze prednjeg jedra i duljine na vodnoj liniji

Određivanje visine glavnog jedra

$$P = k_p \cdot L_{wl} \quad (4.20)$$

$$P = 19,82 \text{ m}$$

Određivanje baze glavnog jedra

$$E = k_e \cdot L_{wl} \quad (4.21)$$

$$E = 5,96 \text{ m}$$

Određivanje visine prednjeg jedra

$$I = 0,85 \cdot (P + B_{AS}) \quad (4.22)$$

$$I = 18,28 \text{ m}$$

Određivanje baze prednjeg jedra

$$J = k_j \cdot L_{wl} \quad (4.23)$$

$$J = 9,54 \text{ m}$$

Određivanje odnosa dimenzija glavnog jedra

$$\Lambda_M = \frac{P}{E} \quad (4.24)$$

$$\Lambda_M = 3,33$$

Određivanje odnosa dimenzija prednjeg jedra

$$\Lambda_F = \frac{I}{J} \quad (4.25)$$

$$\Lambda_F = 1,92$$

Određivanje površine glavnog jedra

$$A_{MS} = 0,7 \cdot P \cdot E \quad (4.26)$$

$$A_{MS} = 82,7 \text{ m}^2$$

Određivanje površine prednjeg jedra

$$A_{FT} = 0,5 \cdot I \cdot J \quad (4.27)$$

$$A_{FT} = 87,2 \text{ m}^2$$

Određivanje ukupne površine jedara

$$A_S = A_{MS} + A_{FT} \quad (4.28)$$

$$A_S = 169,9 \text{ m}^2$$

Određivanje površine „Gennaker“

$$A_G = 1,65 \cdot I \cdot J \quad (4.29)$$

$$A_G = 287,6 \text{ m}^2$$

Udaljenost najviše točke jarbola od vodne linije

$$H_a = 1,01 \cdot P + B_{AS} + F_{BI} \quad (4.30)$$

$$H_a = 25,0 \text{ m}$$

Udaljenost od težišta uronjenog djela do vodne linije

$$H_{LP} = 0,04 \cdot \sqrt[3]{m_{LDC}} \quad (4.31)$$

$$H_{LP} = 1,05 \text{ m}$$

Udaljenost težišta površine glavnog jedra do vodne linije

$$H_{MS} = F_{BI} + B_{AS} + 0,4 \cdot P \quad (4.32)$$

$$H_{MS} = 12,9 \text{ m}$$

Udaljenost težišta površine prednjeg jedra do vodne linije

$$H_{FS} = F_{BI} + 0,4 \cdot I \quad (4.33)$$

$$H_{FS} = 10,6 \text{ m}$$

Udaljenost težišta površine jedara do vodne linije

$$H_{CE} = \frac{A_{MS} \cdot H_{MS} + A_{FT} \cdot H_{FS}}{A_S} \quad (4.34)$$

$$H_{CE} = 11,7 \text{ m}$$

#### 4.5. Momenti nagibanja i uspravljanja

Moment uspravljanja (4.35)

$$RM_D = 10 \cdot m_{LDC} \cdot \frac{B_{CB}}{2} \quad (4.35)$$

$$RM_D = 627967 \text{ Nm}$$

Moment nagibanja

$$HM_D = 0,16 \cdot A_S \cdot V_{AWK}^2 \cdot (H_{CE} + H_{LP}) \quad (4.36)$$

$$HM_D = 335117 \text{ Nm}$$

#### 4.6. Moment jarbola

Moment jarbola (4.37)

$$M_D = \min(RM_D, HM_D) \quad (4.37)$$

$$M_D = 335117 \text{ Nm}$$

#### 4.7. Stabilitet

Preliminarno određivanje stabiliteta provedeno je u skladu s ISO normom [33]

Kut nagiba kod kojeg je poluga stabiliteta najveća (4.38)

$$\Phi_{GZ \max} = a \tan\left(\frac{m_{MOC}}{254 \cdot L_{WL} \cdot 2B_{WL} \cdot B_{CB}}\right) \quad (4.38)$$

$$\Phi_{GZ \max} = 11,85^\circ$$

Granični moment kod valjanja

$$LM_R = 9,4 \cdot m_{MOC} \cdot (0,5 \cdot B_{CB} \cdot \cos(\Phi_{GZ \max}) - F_{BI} \sin(\Phi_{GZ \max})) \quad (4.39)$$

$$LM_R = 371261 \text{ Nm}$$

Površina vodne linije

$$A_{WP} = 2 \cdot C_W \cdot L_{WL} \cdot B_{WL} \quad (4.40)$$

$$A_{WP} = 30,88 \text{ m}^2$$

Granični moment posrtanja

$$LM_P = 2,4 \cdot m_{MOC} \cdot \frac{A_{WP}}{2 \cdot B_{WL}} \quad (4.41)$$

$$LM_P = 419739 \text{ Nm}$$

Granični moment

$$LM = \text{if} \left[ \frac{(L_H + L_{WL})}{B_{CB}} \right] \geq 4, LM_R, \min(LM_R, LM_P) \quad (4.42)$$

$$LM = 371261 \text{ Nm}$$

Maksimalna brzina vjetra za jedrenje

$$V_w = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{LM}{A_S \cdot (H_{CE} + H_{LP})}} \quad (4.43)$$

$$V_w = 20,95 \text{ čv}$$

#### 4.8. Privjesci

Brzina koja se može postići na punoj istisnini koristeći standardnu konfiguraciju jedara

$$V_{uw} = \frac{1,64 \cdot V_w^{0,66} \cdot L_{WL}^{0,3} \cdot A_S^{0,4}}{m_{LDC}^{0,3}} \cdot \frac{1852}{3600} \quad (4.44)$$

$$V_w = 5,84 \text{ čv}$$

Koeficijent uzgona na trup

$$C_{LH} = \frac{0,1 \cdot \alpha_L}{\left(1 + \frac{2L_{WL}}{T}\right)} \quad (4.45)$$

$$C_{LH} = 0,0099$$

Uzdužni prizmatički koeficijent trupa

$$C_{pl} = \frac{C_p \cdot C_m}{C_w} \quad (4.46)$$

$$C_{pl} = 0,94$$

Lateralna površina trupa

$$A_{LP} = C_{pl} \cdot T \cdot L_{WL} \quad (4.47)$$

$$A_{LP} = 8,46 \text{ m}^2$$

Lateralna sila na trup

$$F_H = 2 \cdot C_{LH} \cdot 0,5 \cdot 1025 \cdot A_{LP} \cdot V_{uw}^2 \quad (4.48)$$

$$F_H = 2919 \text{ N}$$

Određivanje bočne sile na jednu kobilicu

$$F_{SB} = 0,5 \cdot (F_S - F_H) \quad (4.49)$$

$$F_{SB} = 13086 \text{ N}$$

Određivanje koeficijenta uzgona na privjeske

$$C_L = \frac{0,1 \cdot \alpha_L}{1 + \frac{2}{\Lambda_A}} \quad (4.50)$$



$$C_L = 0,278$$

Potrebna površina privjesaka

$$A_B = \frac{F_{SB}}{C_L \cdot 0,5 \cdot 1025 \cdot V_{uv}^2} \quad (4.51)$$

$$A_B = 2,7 \text{ m}^2$$

Određivanje površine kobilice

$$A_d = 0,75 \cdot A_B \quad (4.52)$$

$$A_d = 2,03 \text{ m}^2$$

Određivanje gaza sa spuštenom kobilicom

$$T_d = \sqrt{\Lambda_A \cdot A_d} \quad (4.53)$$

$$T_d = 2,25$$

Duljina kobilice

$$C_d = \frac{A_d}{T_d} \quad (4.54)$$

$$C_d = 0,9 \text{ m}$$

Određivanje površine kormila

$$A_r = 0,25 \cdot A_B \quad (4.55)$$

$$A_r = 0,67 \text{ m}^2$$

Određivanje gaza s kormilom

$$T_r = \sqrt{\Lambda_A \cdot A_r} \quad (4.56)$$

$$T_r = 1,3 \text{ m}$$

Određivanje duljine kormila

$$C_r = \frac{A_r}{T_r} \quad (4.57)$$

$$C_r = \frac{A_r}{T_r}$$

#### 4.9. Performanse

Određivanje oplakane površine

$$A_{WS} = \frac{\sqrt{B_{WL}^2 + (2T_C)^2}}{B_{WL}} \cdot (1,2434 \cdot C_m^3 - 1,4545 \cdot C_m^2 + 0,6935 \cdot C_m + 0,8614) \cdot A_{WP} \quad (4.58)$$

$$A_{WS} = 36,34 \text{ m}^2$$

Odnos oplakane površine i površine jedara

$$SWR = \frac{A_S}{A_{WS} + 4 \cdot A_B} \quad (4.59)$$

$$SWR = 3,95$$

Određivanje površine jedara i istisnine

$$SDR = \frac{A_S}{\left(\frac{m_{LDC}}{1025}\right)^{0,667}} \quad (4.60)$$

$$SDR = 25,15$$

Određivanje Bruceovog broja

$$BN = \frac{\sqrt{10,764 \cdot A_S}}{\sqrt[3]{2,2046 \cdot m_{LDC}}} \quad (4.61)$$

#### 4.10. Brzina broda

Procjena prosječne potencijalne brzine sa JIB OR GENOVA

$$V_{uv1} = \frac{1,64 \cdot V_W^{0,66} \cdot L_{WL}^{0,3} \cdot A_S^{0,4}}{m_{MOC}^{0,3}} \quad (4.62)$$

Procjena prosječne potencijalne brzine sa GENNAKER

$$V_{uv2} = \frac{1,64 \cdot V_W^{0,66} \cdot L_{WL}^{0,3} \cdot (A_S + A_G)^{0,4}}{m_{MOC}^{0,3}} \quad (4.63)$$

#### Bruce-ov broj

Bruce-ov broj je još jedan oblik odnosa površine jedara i istisnine. On pokazuje površinu jedara u usporedbi s istisninom, ali ne govori ništa o stabilitetu. Međutim koristi se za izračun indeksa stabiliteta.

#### Sažetak dimenzija prototipa

##### Osnovne dimenzije

$$L_{OA} = 15,03 \text{ m}$$

$$L_{WL} = 14,93 \text{ m}$$

$$B_{WL} = 7,0 \text{ m}$$

$$B_{HULL} = 1,3 \text{ m}$$

$$B_{CB} = 5,7 \text{ m}$$

$$Z_{WD} = 0,89 \text{ m}$$

$$P_m = 70,11 \text{ kW}$$

$$A_{MS} = 82,7 \text{ m}^2$$

Rezultati koji proizlaze iz preliminarnog osnivanja vezani su ulazne podatke kojima projektant raspolaže na početku projekta. Osnovni ulazni podatak je duljina na vodnoj liniji na koju se sve ostale vrijednosti nadovezuju. Odabirom vrijednosti odnosa *LBR-a*, *BTR-a* dobivaju se širina na vodnoj liniji i gaz. Odabirom vrijednosti odnosa *LBRC*, dobiva se razmak među trupovima. Prilikom preliminarnog osnivanja treba biti okvirno definiran raspored prostora. To je važno kako bi se pravilno odabrali parametri *LBR-a*, *BTR-a* te *LBRC-a*, kako bi se unutar dobivenih dimenzija mogao smjestiti traženi raspored.

Također je potrebno poznavati formu koja se želi postići kako bi se mogli procijeniti faktori vezani uz formu,  $C_m$  i  $C_p$ , koji utječu na istisninu broda a posljedično i na masu broda. Uz masu broda je vezana potrebna snaga, parametri stabiliteta ( $BM_T$  i  $BM_L$ ) te brzina broda.

Određivanje površine i dimenzije jedara vrši se pomoću koeficijenata  $k_p$ ,  $k_e$ ,  $k_j$ , čije su vrijednosti postotak duljine na vodnoj liniji.

Vrijednosti značajki prototipa dobivenih na ovaj način, odnosno prikazanim postupkom preliminarnog osnivanja uspoređene su se s vrijednostima koje postiži slični brodovi na tržištu. Usporedba tih vrijednosti prikazana je u poglavlju analiza dimenzija.

## 5. EKONOMSKA ANALIZA

Ekonomska analiza je provedena koristeći formule za preliminarno osnivanje [19] koje daju procjenu troškova materijala u Eurima (5.1) te broj sati potrebnih za izradu (5.2). Tako da ukupnu cijenu broda čine troškovi materijala i cijena rada pomnožena sa prosječnom nadnicom, odnosno cijenom rada. Pod troškovima materijala obuhvaćena je cijena materijala te opreme. Formula daje procjenu potrebnih sati za izradu, no međutim ne daje i prosječnu cijenu rada. Formule za procjenu tih vrijednosti su iskustvene, te se temelje na pretpostavci da su troškovi materijala i broj potrebnih sati proporcionalni masi praznog opremljenog broda. Uz masu praznog opremljenog broda, uzet je u obzir i omjer duljine na vodnoj liniji i istisnine. Taj omjer se uzima u obzir budući da gradnja lakšeg broda zahtijeva više vremena, te su materijali i oprema koji se koriste skuplji.

Cijena troškova materijal u Eurima

$$\text{Materijalni troškovi} = 4 \cdot LDR \cdot m_{LCC} \quad (5.1)$$

Broj radnih sati za gradnju projekta

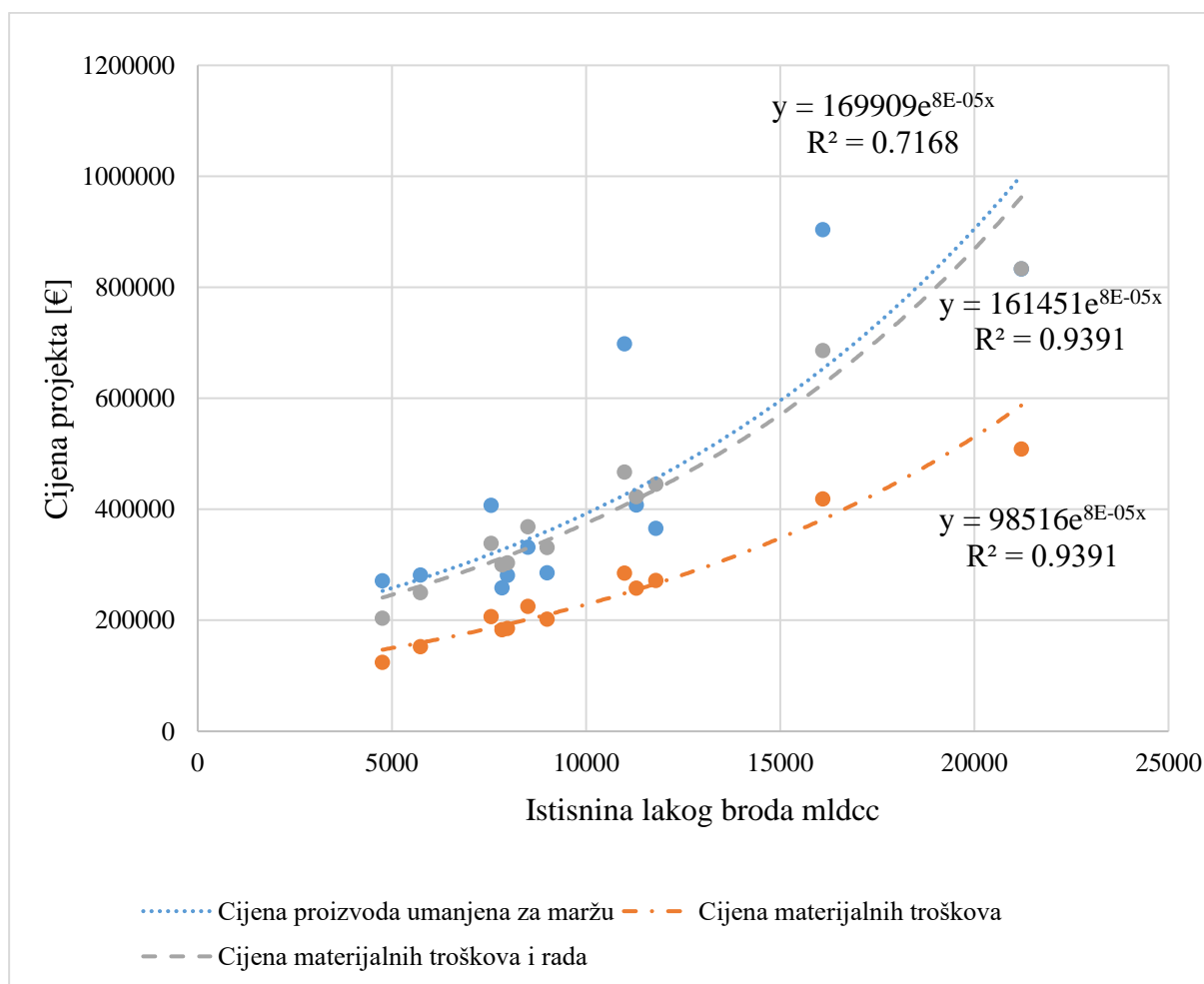
$$\text{Broj radnih sati} = \frac{LDR}{6} \cdot m_{LCC} \quad (5.2)$$

Kako bi se provela validacija formula (5.1) i (5.2), u ovom radu napravljena je usporedba stvarnih cijena koje daju proizvođači [22], umanjениh za pretpostavljenu maržu od 15. Cijene su prikazane u tablici 4. Cijena rada je dobivena dijeljenjem medijana tržišnih cijena umanjениh za dobit s medijanom potrebnog broja sati za izradu. Dobivena cijena rada iznosi 15 Eura što se slaže s trenutnim cijenama rada na tržištu. Rezultati su prikazani na Slici 17. Može se primijetiti dovoljno dobro poklapanje procijenjenih vrijednosti sa stvarnim vrijednostima. Međutim treba napomenuti da formula ima i nedostataka. Ne uzima u obzir materijal izgradnje, razinu opreme koja će se ugraditi, standard smještaja odnosno razina luksuza koja se želi postići. Nadalje, cijena rada se mijenja s obzirom na kompleksnosti izgradnje. Isto tako, nije ista cijena rada za izgradnju trupa i ugrađivanje opreme. Tako, da ovo treba imati na umu prilikom procijene cijene rada. S obzirom na ove parametre stvarna cijena izgradnje i procijenjena cijena se mogu razlikovati.

Ipak formula je dovoljno dobra za primjenu u preliminarnoj fazi projekta kada je još uvijek puno nepoznanica. Korištenje jedinstvene formule za procjenu vrijednosti projekta otvara mogućnost usporedbi različitih varijanti u ranim fazama projektiranja. Na taj način se može odrediti projektni prostor cjenovno prihvatljivih rješenja.

Tablica 3. Cijene na tržištu i procjena

Model broda	Cijena na tržištu	Cijena materijalnih troškova	Broj radnih sati	Procjena cijene izgradnje
	[€]	[€]	[h]	[€]
Fountaine Pajot Ipanema 58	1063000	418639	17443	686045
Lagoon 560	980000	508657	21194	833561
Fountaine Pajot Saba 50	821000	285082	11878	467177
Bali Catamarans 4,3 Loft	479500	257923	10747	422672
Fountaine Pajot Helia 44	479000	206618	8609	338595
Bali Catamarans 4.5	430140	271748	11323	445327
Lagoon 450	390000	225033	9376	368772
Bali 4.1 4 cabins	335695	202071	8420	331145
Admiral Catamaran 40	331500	152566	6357	250018
Lagoon 400	330490	185211	7717	303515
Admiral Catamaran 38	318750	124394	5183	203851
Bali Catamarans 4.0 Lounge	303840	183039	7627	299955



Slika 17. Usporedba cijena

Kao što je već rečeno glavni parametar u formulama (5.1) i (5.2) je masa praznog opremljenog broda.

Dimenzije i koeficijenti koji utječu na masu praznog opremljenog broda:

- Duljina na vodnoj liniji,  $L_{WL}$  [m]
- Širina na vodnoj liniji,  $B_{WL}$  [m]
- Gaz,  $T$  [m]
- Koeficijent punoće glavnog rebra,  $C_m$  [-]
- Prizmatički koeficijent,  $C_p$  [-]

Odnosi na temelju tih dimenzija koji utječu na masu punog opremljenog broda i istisninu su:

- $LBR$  [-]
- $BTR$  [-]

Variranjem ovih karakterističnih veličina i odnosa može se brzo stvoriti veliki broj varijanti koji onda čini projektni prostor dostupnih rješenja za zadani projektni zahtjev. S obzirom na zahtjev u idejnom projektu da duljina broda iznosi oko 15 metara, duljina na vodnoj liniji se držala konstantnom prilikom stvaranja varijanti. Varijacija širine na vodnoj liniji i gaz je napravljena mijenjanjem odnosa  $LBR$ -a i  $BTR$ -a. Varijacija koeficijenata je napravljena za 3 karakteristična slučaja. Prve korištene vrijednosti su vrijednosti prototipa ( $C_m=0,93$  i  $C_p=0,8$ ). Druge dvije vrijednosti su uzete za karakteristične oblike rebara, duboki V i eliptični oblik rebara prema preporukama za vrijednosti koeficijenata iz [19]. Ovako karakteristična forma, duboki V, ima vrijednosti  $C_m=0,785$  i  $C_p=0,6$ , a forma s eliptičnim oblikom rebara ima vrijednosti koeficijenata  $C_m=0,5$  te  $C_p=0,55$ .

Varijacija vrijednost omjera duljine na vodnoj liniji i širine trupa,  $LBR$  te izračun vrijednosti materijalnih troškova i broja potrebnih radnih sati su prikazani u tablici 4. Varijacija omjera  $LBR$  je napravljena pri konstantnoj vrijednosti omjera  $BTR$  od 2,17. Ta vrijednost odgovara vrijednosti koju postiže prototip. Tablica 5. prikazuje ukupnu cijenu izgradnje projekta pri različitim omjerima  $LBR$ -a.

Slika 18. prikazuje zavisnost cijene materijalnih troškova od  $LBR$ -a, dok je zavisnost broja radnih sati prikazana na slici 19. S obzirom da su ulazni podaci za određivanje tih vrijednosti jednaki, krivulje se međusobno prate. Grafički prikaz ukupne cijene izgradnje nalazi se na Slici 20. Može se primijetiti kako postoji linija istog cjenovnog razreda za različite forme. Tako da forma s V oblikom rebara postiže istu cijenu pri vrijednosti  $LBR=9$ , dok forma s U oblikom rebara postiže istu cijenu pri vrijednosti  $LBR=7$ . Različite forme mogu postići približno istu vrijednost mase istisnine praznog te odnosa duljine i istisnine što rezultira istom procijenjenom

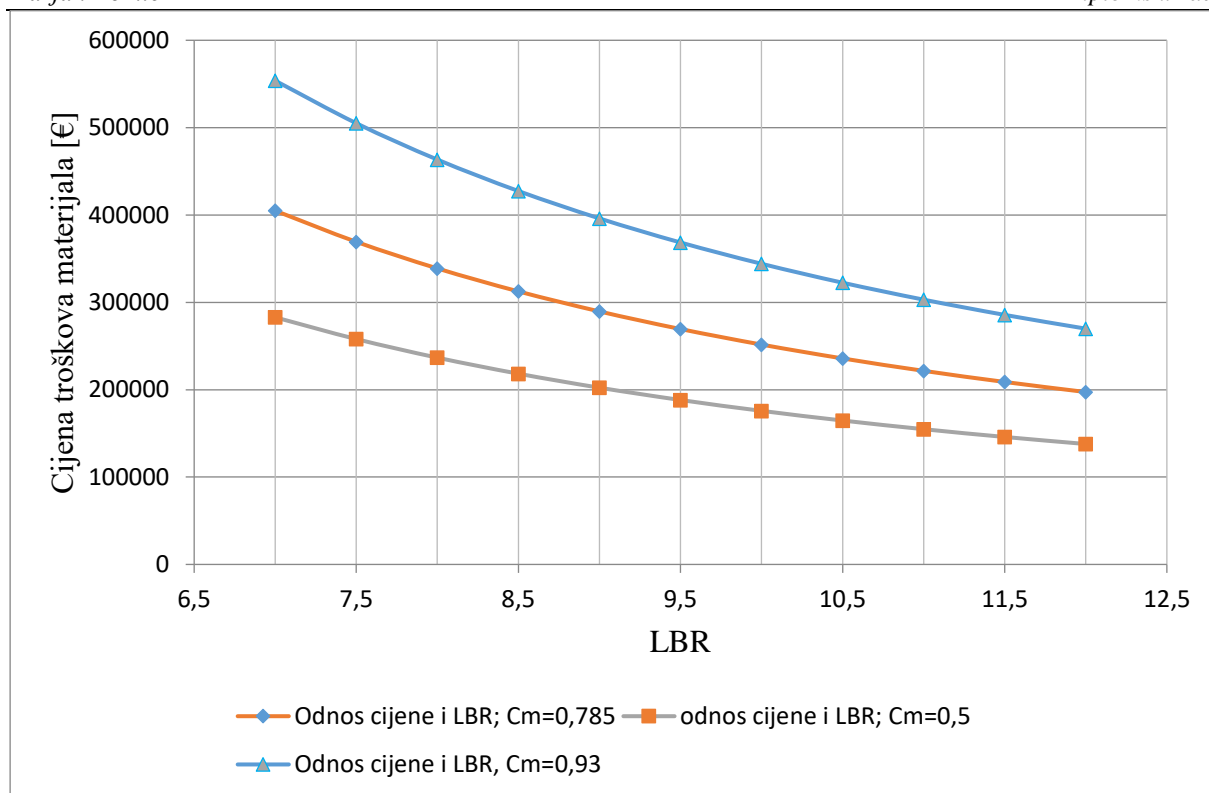
vrijednosti za izgradnju broda. Očiti je da postoji velik projektni prostor unutar kojeg se može tražiti rješenje za projektni zadatak. Također, može se zaključiti kako povećanjem odnosa  $LBR$ -a pada istisnina praznog opremljenog broda te pada i cijena. To je i jedan od razloga za uzimanje tri karakteristične forme s različitim koeficijentima  $C_{m-a}$  i  $C_{p-a}$ , jer samo variranje  $LBR$  bi dovelo do očitih zaključaka, tj. da se povećanjem mase praznog opremljenog broda povećava cijena projekta.

**Tablica 4. Cijena materijalnih troškova i sati rada za različite LBR-ove**

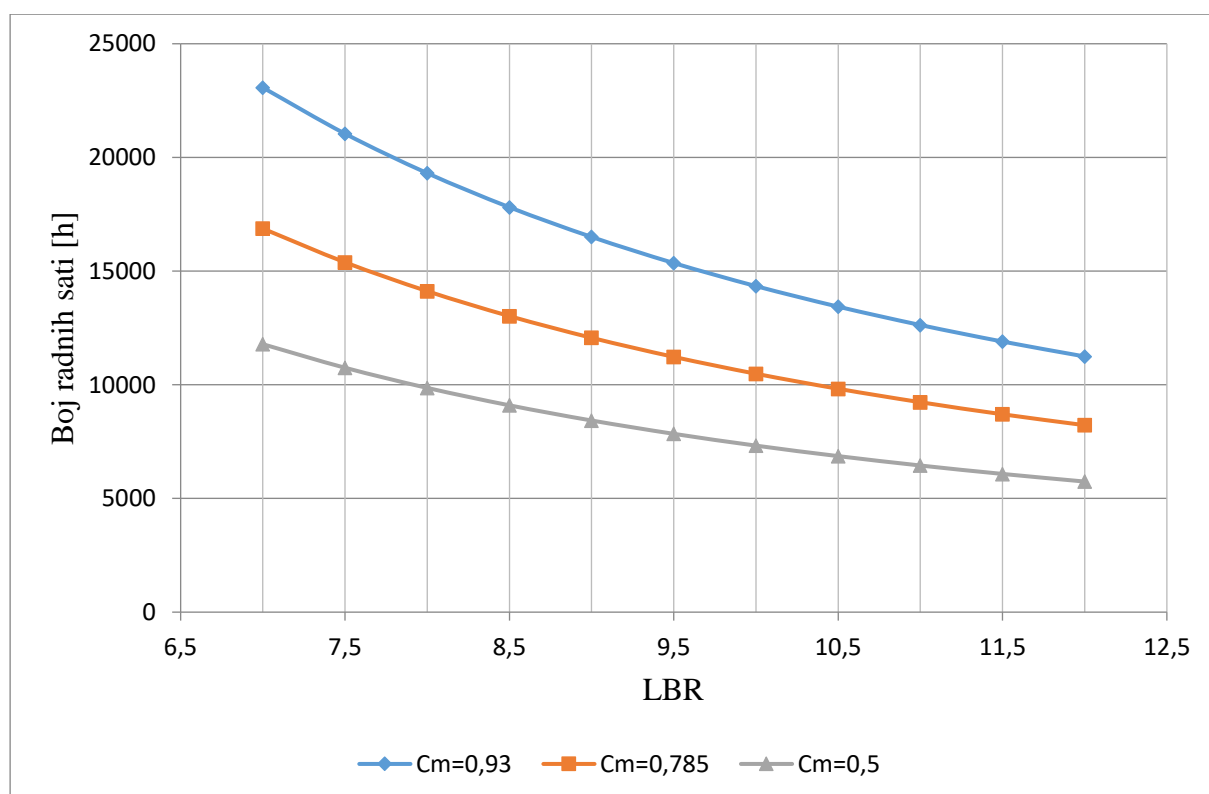
LBR	Euros			Hours			Bwl	T	mLDC		
	Cm	0,93	0,785	0,5	0,93	0,785			0,5	0,93	0,785
7	553737	404892	282844	23072	16870	11785	2,12	0,99	39967	33735	21487
7,5	505071	369307	257986	21045	15388	10749	1,98	0,92	34815	29387	18718
8	463427	338857	236714	19309	14119	9863	1,86	0,86	30599	25829	16451
8,5	427441	312544	218333	17810	13023	9097	1,75	0,81	27105	22879	14573
9	396075	289610	202312	16503	12067	8430	1,65	0,77	24177	20408	12999
9,5	368527	269466	188240	15355	11228	7843	1,56	0,73	21699	18316	11666
10	344166	251653	175797	14340	10486	7325	1,49	0,69	19584	16530	10529
10,5	322489	235804	164725	13437	9825	6864	1,41	0,66	17763	14993	9550
11	303094	221622	154818	12629	9234	6451	1,35	0,63	16185	13661	8702
11,5	285652	208868	145908	11902	8703	6080	1,29	0,60	14808	12499	7961
12	269894	197346	137859	11246	8223	5744	1,24	0,58	13600	11479	7312

**Tablica 5. Ukupna cijena izgradnje**

LBR	Cijena izgradnje		
	Cm	0.93	0.785
7	907437	663516	463510
7.5	827685	605202	422774
8	759440	555302	387915
8.5	700468	512181	357793
9	649068	474598	331538
9.5	603924	441588	308479
10	564002	412397	288087
10.5	528479	386423	269942
11	496695	363183	253707
11.5	468112	342283	239107
12	442288	323400	225917

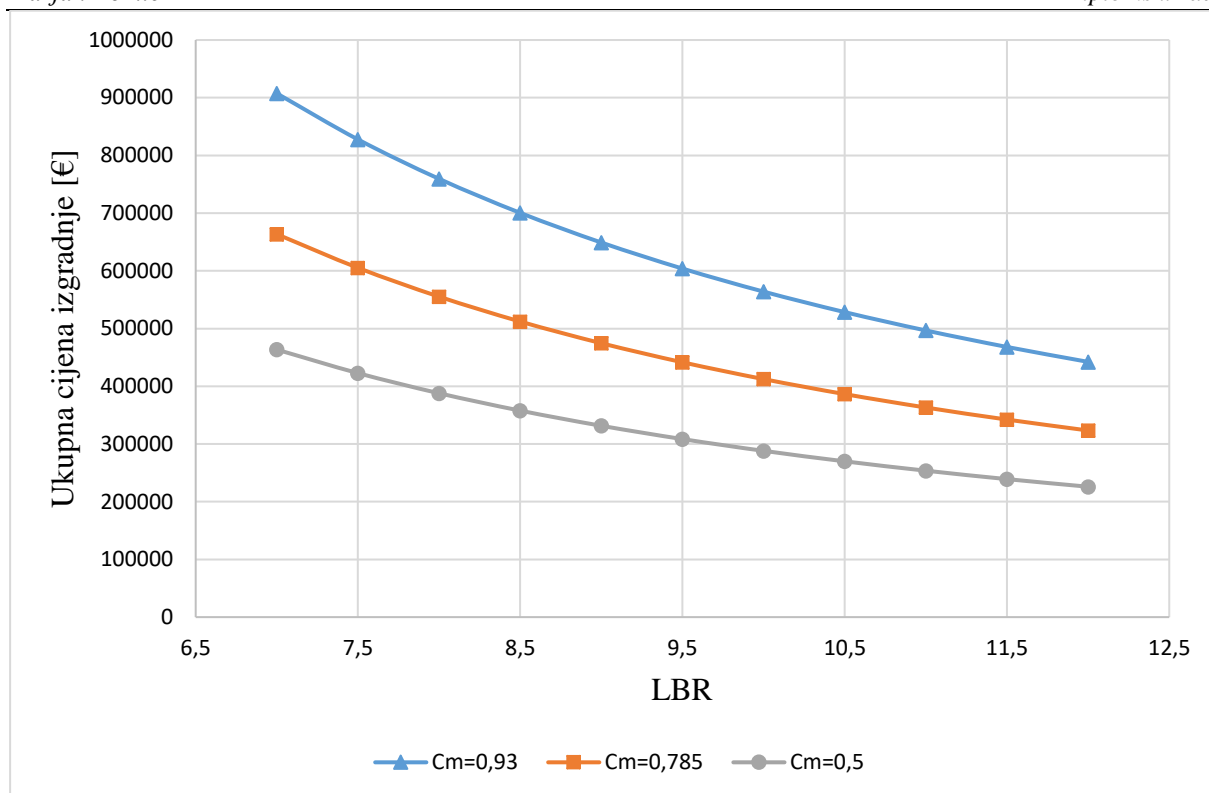


Slika 18. Odnos cijene materijalnih troškova i LBR-a



Slika 19. Zavisnost broja radnih sati i LBR-a



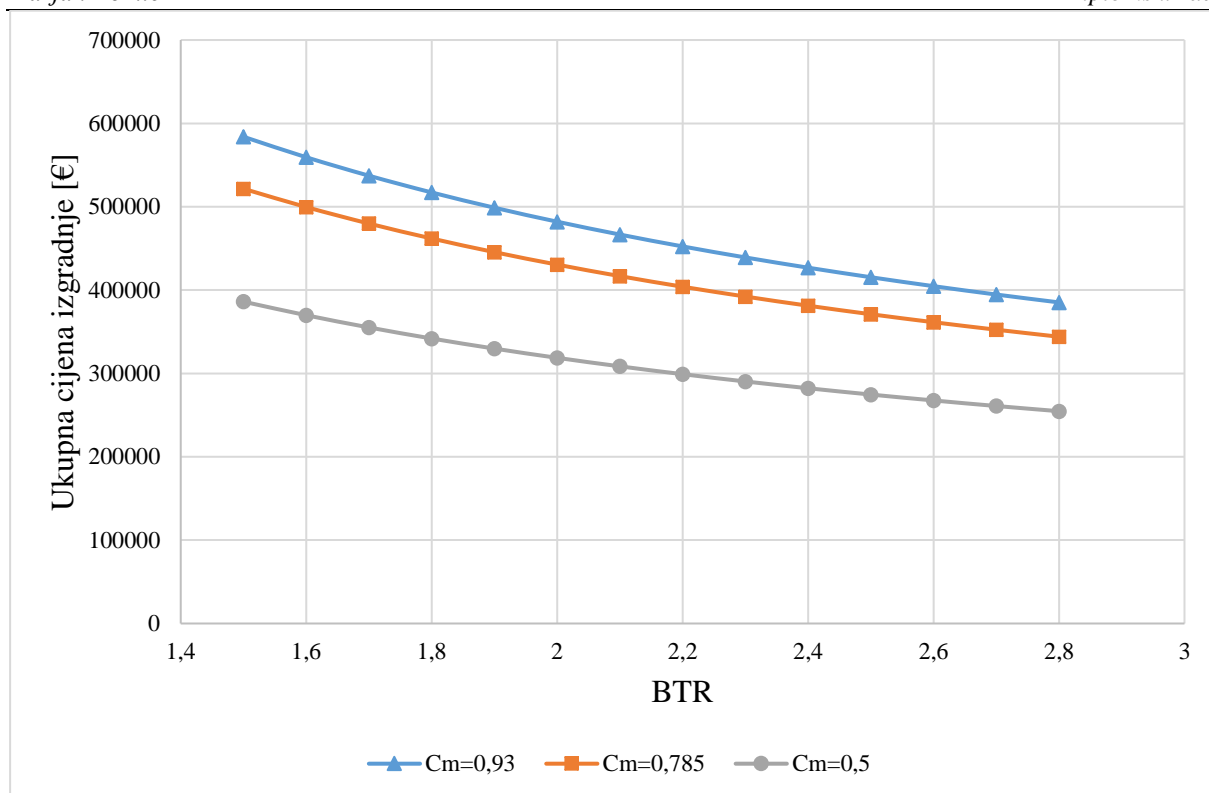


Slika 20. Ukupna cijena izgradnje

Osim varijacije vrijednosti *LBR*-a, napravljena je i varijacija vrijednosti *BTR*-a za konstantne vrijednosti *LBR*-a u iznosu od 11,5, 9 i 7. Dobivene vrijednosti su prikazane u tablicama 6., 7. i 8. Grafički prikaz nalazi se na slikama 21., 22. i 23. Može se vidjeti da se povećanjem odnosa *BTR* smanjuje istisnina a posljedično tome i cijena izgradnje broda.

Tablica 6. Cijena projekta za različite *BTR*-ove (*LBR*=11.5)

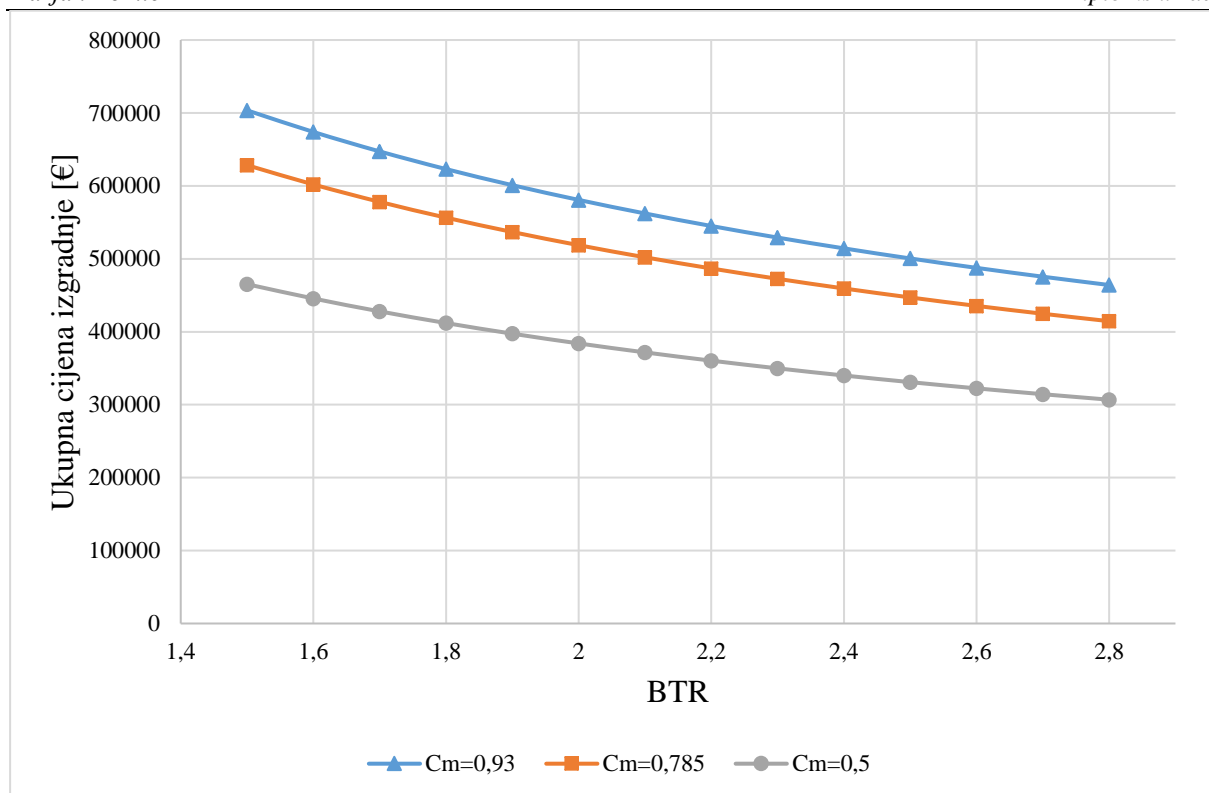
BTR				Bwl	T	mLDC			
	Cm	0.93	0.785			0.5	[m]	[m]	0.93
1.5		583965	521568	386110	1,30	0,86	18757	15832	10084
1.6		559372	499603	369850	1,30	0,81	17585	14843	9454
1.7		537215	479814	355200	1,30	0,76	16550	13970	8898
1.8		517129	461874	341920	1,30	0,72	15631	13194	8404
1.9		498821	445522	329815	1,30	0,68	14808	12499	7961
2		482052	430545	318727	1,30	0,65	14068	11874	7563
2.1		466625	416766	308527	1,30	0,62	13398	11309	7203
2.2		452375	404039	299105	1,30	0,59	12789	10795	6876
2.3		439166	392241	290371	1,30	0,56	12233	10325	6577
2.4		426881	381269	282248	1,30	0,54	11723	9895	6303
2.5		415420	371033	274671	1,30	0,52	11254	9499	6051
2.6		404699	361457	267582	1,30	0,50	10821	9134	5818
2.7		394644	352476	260933	1,30	0,48	10420	8796	5602
2.8		385190	344033	254683	1,30	0,46	10048	8482	5402



Slika 21. Cijena projekta na različitim BTR-ovima (LBR=11,5)

Tablica 7. Cijena projekta za različite BTR-ove (LBR=9)

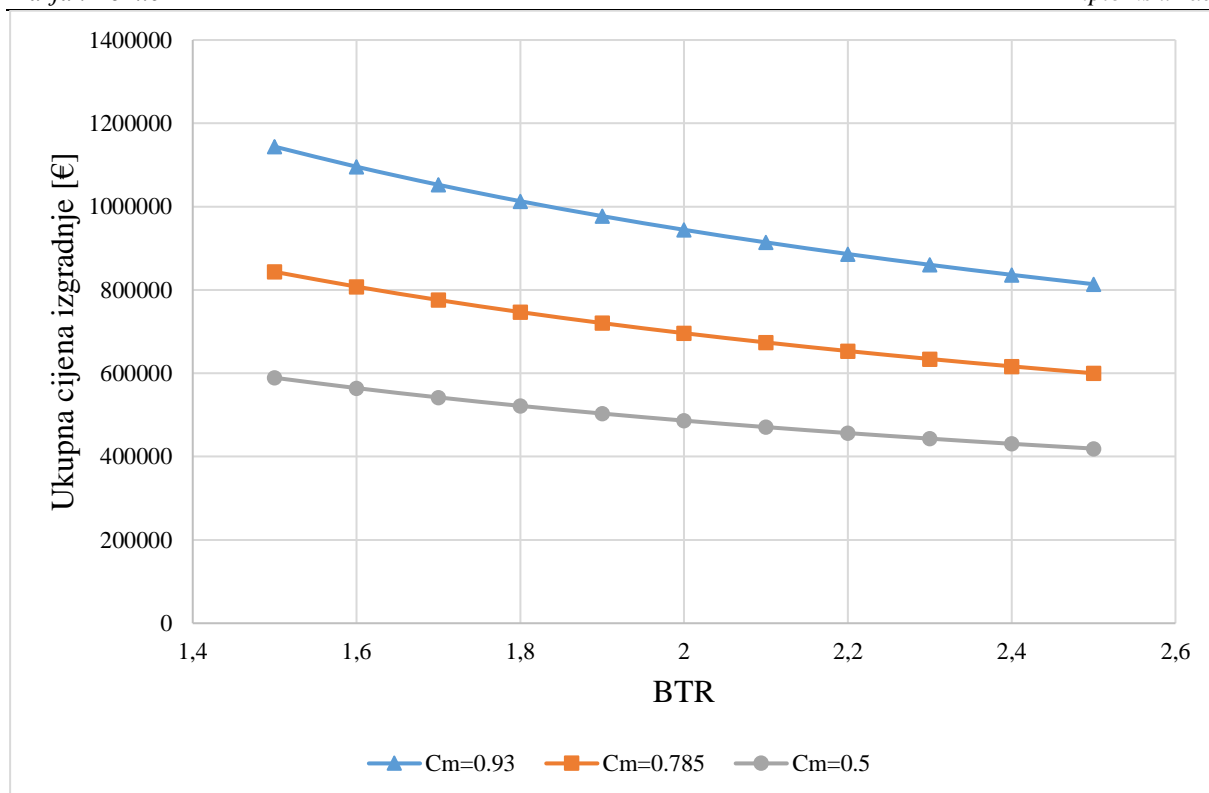
BTR	Euros			Bwl	Tc	mLDC		
	0.93	0.785	0.5			0.93	0.785	0.5
1.5	703586	628408	465202	1,49	0,99	24806	20938	13337
1.6	673956	601944	445611	1,49	0,93	23256	19630	12503
1.7	647260	578100	427960	1,49	0,88	21888	18475	11768
1.8	623060	556486	411959	1,49	0,83	20672	17449	11114
1.9	601002	536785	397375	1,49	0,78	19584	16530	10529
2	580797	518739	384016	1,49	0,75	18604	15704	10002
2.1	562210	502138	371726	1,49	0,71	17719	14956	9526
2.2	545041	486804	360375	1,49	0,68	16913	14276	9093
2.3	529126	472589	349852	1,49	0,65	16178	13655	8698
2.4	514324	459369	340065	1,49	0,62	15504	13086	8335
2.5	500516	447036	330935	1,49	0,60	14884	12563	8002
2.6	487599	435499	322394	1,49	0,57	14311	12080	7694
2.7	475483	424678	314384	1,49	0,55	13781	11632	7409
2.8	464094	414506	306853	1,49	0,53	13289	11217	7145



Slika 22. Cijena projekta na različitim BTR-ovima (LBR=9)

Tablica 8. Cijena projekta za različite BTR-ove (LBR=7)

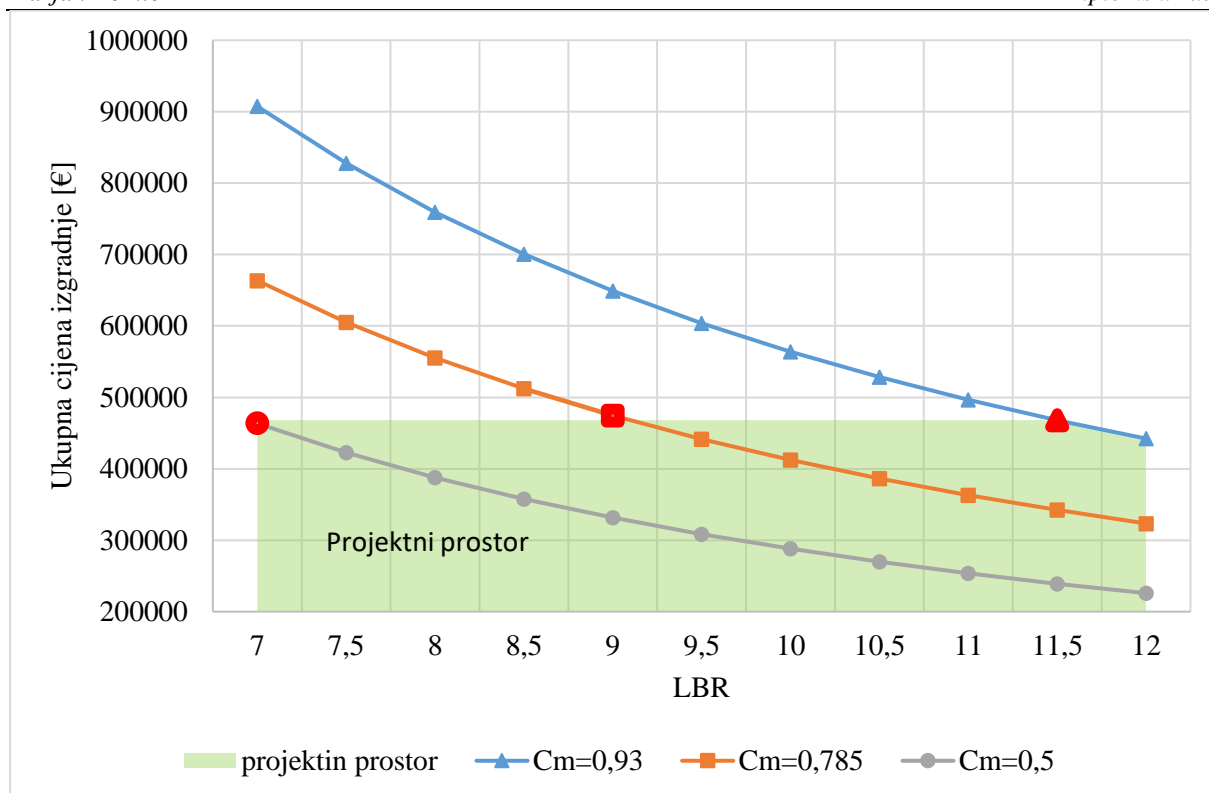
BTR	Euros			Bwl	Tc	mLDC		
	0,93	0,785	0,5			0,93	0,785	0,5
1,5	1144066	843496	589238	2,12	1,41	67955	43019,64	25117,63
1,6	1095886	807974	564423	2,12	1,33	63707	40330,91	23547,77
1,7	1052477	775969	542066	2,12	1,25	59960	37958,51	22162,61
1,8	1013126	746957	521799	2,12	1,18	56629	35849,7	20931,35
1,9	977259	720512	503326	2,12	1,12	53648	33962,88	19829,7
2	944406	696291	486405	2,12	1,06	50966	32264,73	18838,22
2,1	914181	674007	470839	2,12	1,01	48539	30728,32	17941,16
2,2	886265	653424	456461	2,12	0,96	46333	29331,57	17125,65
2,3	860386	634345	443132	2,12	0,92	44318	28056,29	16381,06
2,4	836317	616599	430736	2,12	0,88	42472	26887,28	15698,52
2,5	813864	600045	419171	2,12	0,85	40773	25811,79	15070,58



Slika 23. Odnos cijene i BTR-a pri LBR=10

### 5.1. Moguće varijante

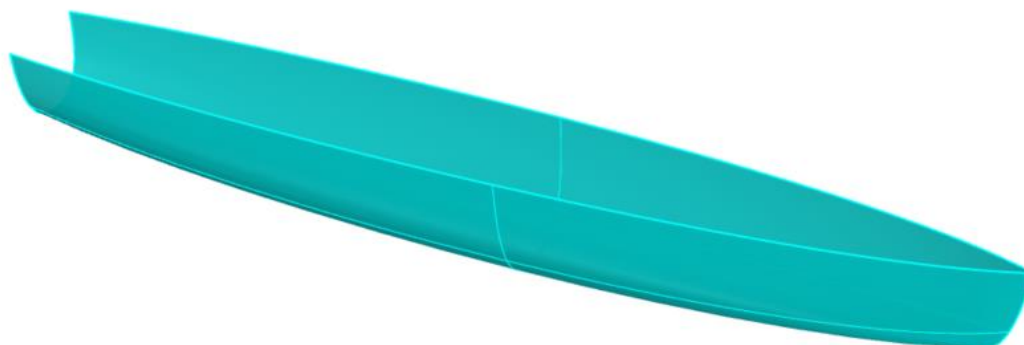
Varijacijom vrijednosti *LBR-a* se zatvorio projektni prostor u kojem se na temelju cijene kao ograničavajući faktor može odrediti prostor podobnih rješenja. Slika 24. prikazuje taj prostor te su posebno istaknuta granične varijante koje će se pomnije promotriti. Za varijante s ovim značajkama je proveden postupak preliminarnog osnivanja prema formulama koje su korištene za prototip te su rezultati prikazani u tablici 9. Može se primijetiti kako su najveće razlike u pogledu osnovnih dimenzija.



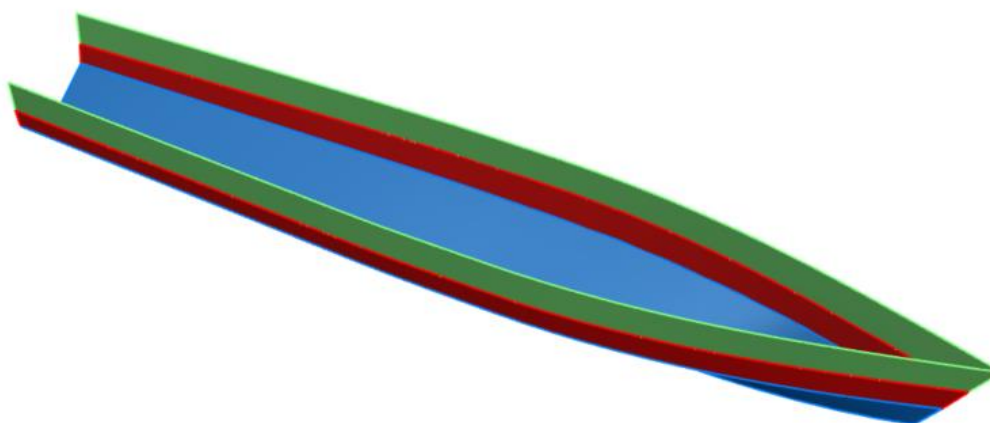
Slika 24. Projektin prostor varijanti

Tablica 9. Karakteristike varijanti

	prototip	U forma	V forma
<i>LBR</i>	11,5	9	7
<i>BTR</i>	2,15	2,15	2,15
<i>C<sub>m</sub></i>	0,93	0,785	0,5
<i>C<sub>p</sub></i>	0,81	0,6	0,55
<i>L<sub>WL</sub></i>	14,9	14,9	14,9
<i>B<sub>WL</sub></i>	1,30	1,66	2,13
<i>T</i>	0,60	0,77	0,99
<i>Td</i>	2,25	2,28	2,27
<i>m<sub>LDC</sub></i>	17966	18341	17702
<i>M<sub>ICC</sub></i>	14373	14672	14161
<i>LDR</i>	5,74	5,70	5,76
<i>V<sub>uw1</sub></i>	5,83	5,94	6,04
<i>V<sub>uw2</sub></i>	12,12	12,35	12,55
<i>V<sub>uw3</sub></i>	16,55	16,87	17,14



**Slika 25. Prikaz forme varijante 1**



**Slika 26. Prikaz forme varijante 2**

Varijante forme 1 i 2 su pogodnije za smještaj kabina u trupove. Također su pogodnije za izradu od kompozitnih materijala nego od aluminija. Međutim, moglo bi se razmisliti i o takvom nekakvom rješenju kako bi prostor namijenjen kupaonicama, strojarnici i smještaju posade bio prostorniji. Za takvo rješenje bi trebalo napraviti detaljnu analizu kako bi se vidjelo kakve su razlike u otporu, koliko je povećanje mase i cijene samog projekta. Nadalje koliko se mijenja cijena rada s kompleksnosti izrade.

## 5.2. Cijene najma

Kao referentni brod za procjenu cijene najma koju prototip može postići, uzet je katamaran Lagoon 420. Taj model katamarana je izabran zbog sličnih značajki kao i prototip. Iako postoji razlika u konceptu, gdje su kabine kod referentnog broda smještene u trupovima, dok je na mostu smješten samo salon, postoje i sličnosti. Lagoon 420 ima smještaj za 8 putnika u 4 kabine isto kao i prototip. Uz četiri kabine tu su također i četiri kupaonice s zahodom. Također ima mogućnost za primanje dva člana posade. Manjih je duljine nego prototip, no veće je širine. Brodovi većih dimenzija nego Lagoon 420 imaju više kabina i nude smještaj za veći broj ljudi. Procijenjena cijena izgradnje Lagoon 420 je manja nego prototipa, što bi se moglo smatrati argumentom da nije primjereno uzimati brod koji nije u istom cjenovnom razredu kao prototip za referentni brod. Međutim, ovdje se primijenio konzervativniji pristup kako se ne bi precijenila vrijednost najma koju prototip može postići.

Cijena najma katamarana iste klase i karakteristika kao Lagoon 420 se ne razlikuje više od 10% pa je zato izabran samo jedan model kao referentni brod za procjenu cijene najma.

Cijene najma za hrvatsko tržište odnosno Jadran [23] su prikazane u tablici 10. Raspon cijena se kreće od 2290 Eura za tjedan do 8800 Eura za tjedan. Prosječna tjedna cijena najma iznosi 4190 Eura. Cijene najma za Trope, u konkretnom slučaju Tortola na Britanskim Djevičanskim otocima su prikazane u tablici 11. Cijene se kreću u rasponu od 6825 Eura do 8014 Eura za tjedan. Prosječna tjedna cijena iznosi 7470 Eura.

**Tablica 10. Tjedne cijena chartera za Jadran**

Mjesec	Cijena [€]
siječanj	2290
veljača	2290
ožujak	2290
travanj	2290
svibanj	4280
lipanj	6575
srpanj	7600
kolovoz	8800
rujan	6175
listopad	3100
studeni	2290
prosinac	2290

**Tablica 11. Tjedne cijena chartera za Trope**

Mjesec	Cijena [€]
siječanj	8014
veljača	8103
ožujak	8125
travanj	7689
svibanj	7515
lipanj	7515
srpanj	6849
kolovoz	6825
rujan	6825
listopad	6825
studeni	7490
prosinac	7864

Tablica 12. prikazuje cijene tjednog najma za poslovanje na Jadranu od svibnja do Listopada, te poslovanje u tropima ostatak vremena. Raspon cijena se kreće od 3100 Eura za tjedan pa do 8125 Eura za tjedan. Prosječna cijena najma iznosi 6984 Eura.

**Tablica 12. Cijene za Jadran i Trope**

Mjesec	Cijena [€]
siječanj	8013
veljača	8102
ožujak	8125
travanj	7688
svibanj	4280
lipanj	6575
srpanj	7600
kolovoz	8800
rujan	6175
listopad	3100
studeni	7490
prosinac	7863

### 5.3. Troškovi i zarada

Troškovi održavanja i uporabe broda mogu biti poprilični. Treba izdvojiti sredstva za popravke, vez, lučke pristojbe, servis i redovito održavanje itd. U ovom radu će troškovi održavanja i uporabe broda biti uzeti u obzir kao postotak cijene najma. Troškovi održavanja, uporabe i poslovanja (porezi i nameti) su procijenjeni na 50% cijene najma. Tako da se prihodi koji se mogu ostvariti najmom računaju s reduciranom cijenom i nekim prosjekom popunjenosti (Tablica 13.) U tablici su prikazani prihodi za svako područje najma zasebno i za kombinaciju



najma u oba područja. Razina popunjenosti se uzimala u rasponu od 50% što bi odgovaralo scenariju u kojem je najam u pojedinom području pa do 80%, što bi odgovaralo scenariju u kojem je najam u oba područja.

**Tablica 13. Mogući godišnji prihodi**

Popunjenost/cijena	Godišnji Prihodi [€]		
	Jadran	Tropi	Zajedno
	2095	3735	3492
50%	54459.17	97107.29	90798.23
60%	65351	116528.8	108957.9
70%	76242.83	135950.2	127117.5
80%	87134.67	155371.7	145277.2
90%	98026.5	174793.1	163436.8

#### 5.4. Krediti

Pretpostavlja se da će se projekt financirati kreditom. Postoje dvije vrste otplate kredita, otplata u konstantnim anuitetima i otplata s konstantnom otplatnom kvotom. Pretpostavlja se da će kamatna stopa biti fiksna. Razmatrale su se kamatne stope od 2 do 6%, što je moguće postići kod investicijskih kredita, te rok otplate kredita u razdoblju od 5 do 10 godina. Za dane raspone su napravljene otplatne tablice. Sažetak rezultata nalazi se u tablicama 14. i 15., te su rezultati grafički prikazani za otplatu kredita u jednakim anuitetima (Slika 27.), te otplatu kredita jednakim otplatnim kvotama (Slika 28.). [25]

Na temelju određene cijene sljedeće se analizirala isplativost samog projekta u kojoj su u razmatranje uzeti kamatna stopa, broj godina otplate kredita, troškovi i mogući prihodi.

Na Slikama 27. i 28. može se vidjeti kako s brojem godina raste i vrijednost iznosa koji se mora otplatiti. Međutim, s brojem godina se smanjuje iznos koji se mora otplatiti na godišnjoj razini (Slika 29. i 30.) Usporedbe radi napravljene su tablice za kredit s najmanjom kamatnom stopom i najmanjim brojem godina otplate (2% kamata i 5 godina otplate) s najvećom razmatranom kamatom i najvećim razmatranim brojem godina otplate (6% kamata i 10 godina otplate). Rezultati za otplatu kredita u jednakim anuitetima prikazani su u Tablici 16., a rezultati za otplatu kredita jednakim otplatnim kvotama prikazani su u Tablici 17. Može se vidjeti da razlike između načina financiranja nisu zanemarive. Za kredite s jednakim anuitetima ukupni iznos otplate se razlikuje za 20,5% a kamata za 84,1%. Kod kredita sa jednakim otplatnim kvotama ta razlika je nešto manja, te iznosi 18,9% za ukupni iznos, te 82,9% za razliku u kamatama.

**Tablica 14. Iznos kredita za otplatu – jednaki anuiteti**

Rok otplate	Kamatna stopa [%]								
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
5 godina	99412	100633	101857	103085	104317	105553	106792	108035	109281
6 godina	83653	84879	86110	87348	88590	89838	91092	92350	93614
7 godina	72401	73633	74872	76120	77374	78635	79904	81179	82461
8 godina	63965	65204	66453	67710	68977	70252	71536	72829	74130
9 godina	57408	58654	59911	61180	62459	63749	65049	66359	67679
10 godina	52165	53419	54685	55965	57257	58561	59877	61205	62544

**Tablica 15. Iznos kredita za otplatu – jednake otplatne kvote**

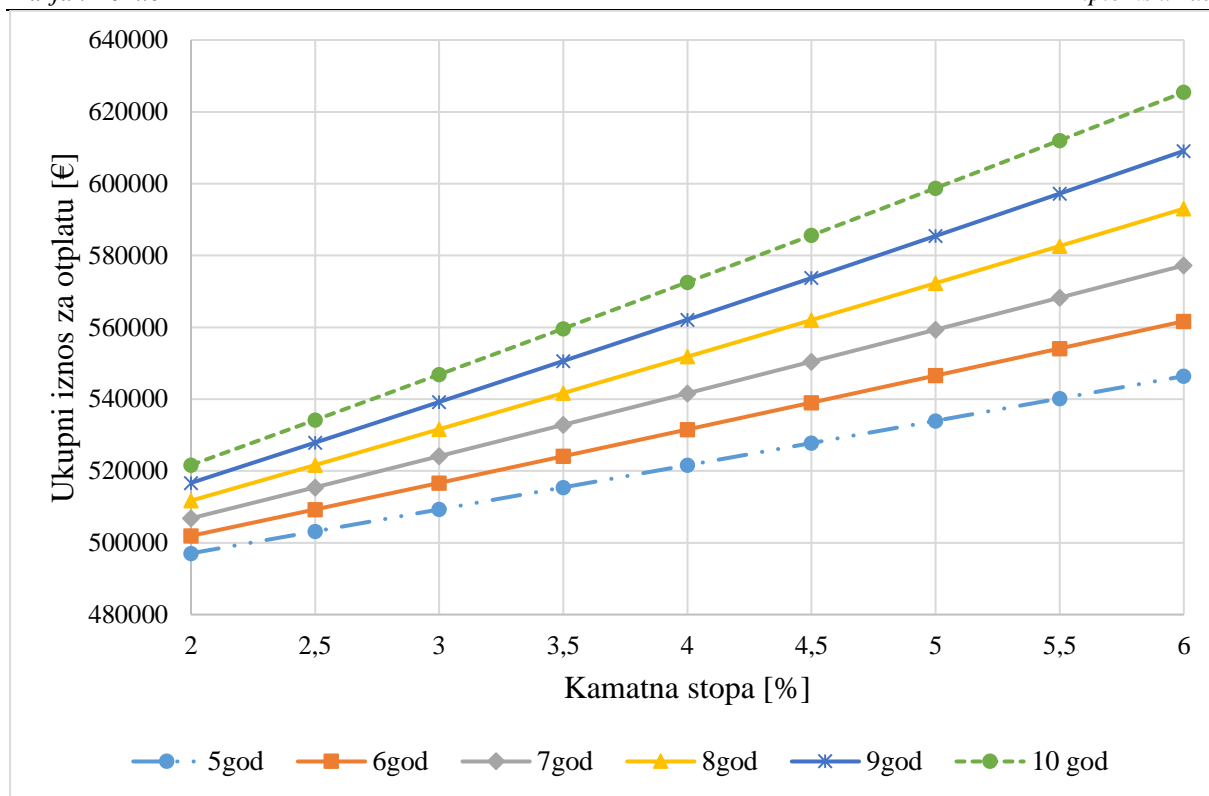
Rok otplate	Kamatna stopa [%]								
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
5 godina	103084	105188	107283	109368	111445	113512	115570	117619	119659
6 godina	87465	89605	91735	93855	95967	98068	100161	102245	104319
7 godina	76309	78474	80629	82775	84911	87038	89155	91263	93362
8 godina	67942	70126	72300	74464	76619	78764	80900	83027	85144
9 godina	61434	63632	65821	68000	70170	72330	74480	76621	78753
10 godina	56228	58438	60639	62829	65010	67182	69344	71496	73640

**Tablica 16. Usporedba otplate – jednaki anuiteti**

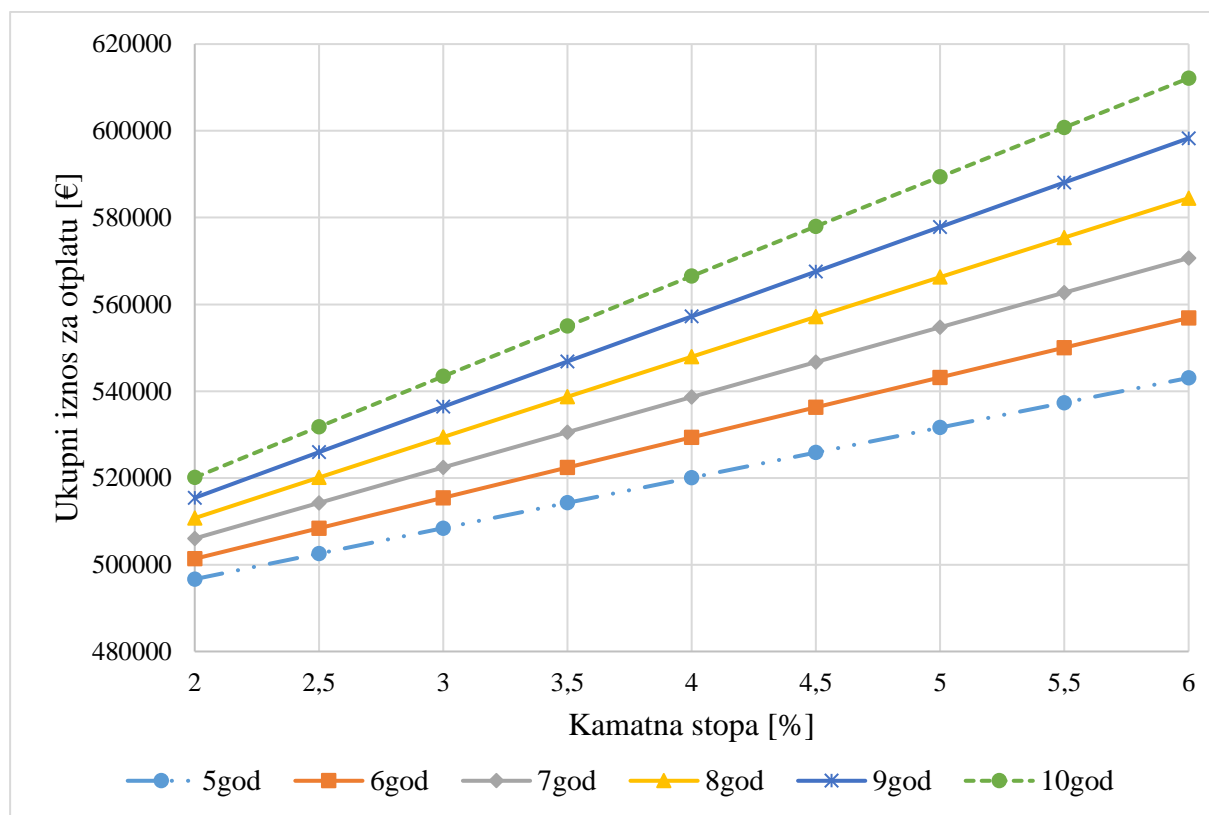
	5 godina	10 godina	Razlika	
	2	6	[€]	[%]
iznos za otplatu	497062	625442	12837948	20.5
glavnica	472856	472856	/	/
kamate	24206	152585	12837948	84.1
anuitet	8284	5212	-307236	-58.9
godišni iznos anuiteta	99412	62544	-3686827	-58.9

**Tablica 17. Usporedba otplate – jednake otplatne kvote**

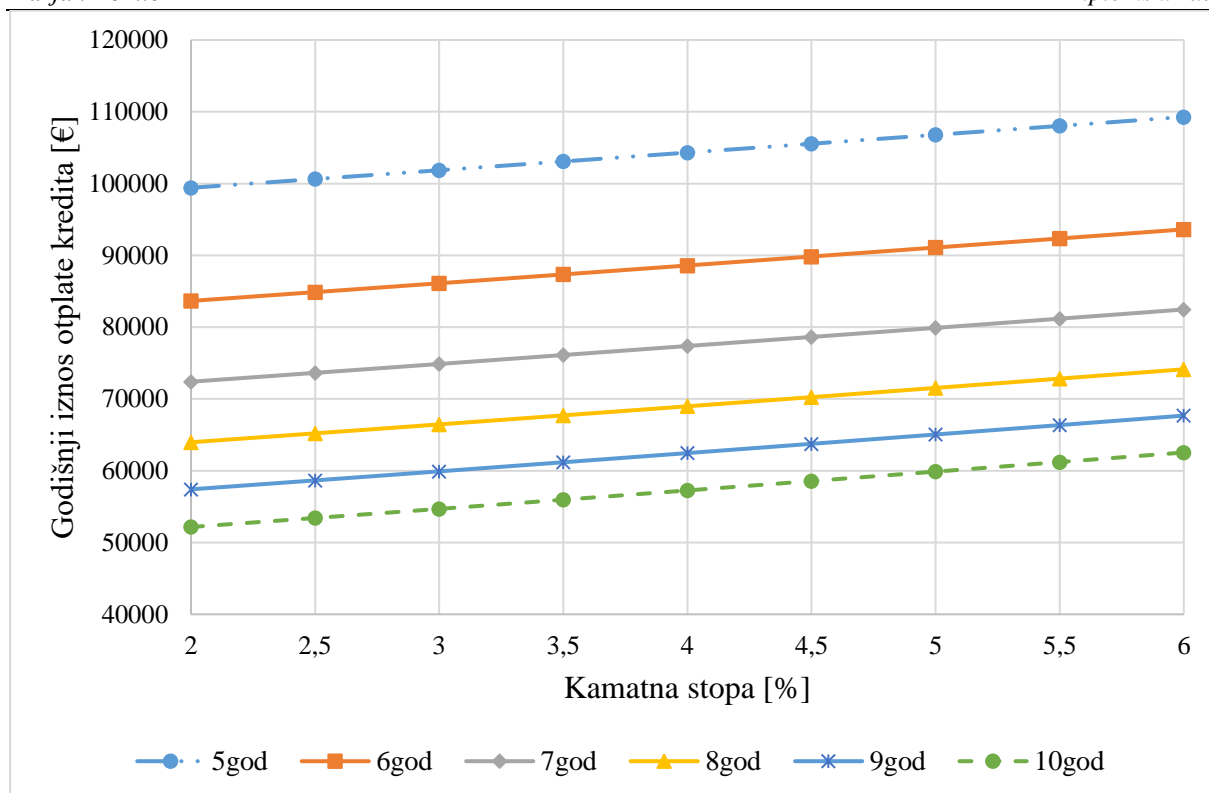
	5 godina	10 godina	Razlika	
	2	6	[€]	[%]
iznos za otplatu	496676	612106	11543067	18.9
glavnica	472856	472856	/	/
kamate	23819	139250	11543067	82.9
najveći anuitet	8662	6242	-241978	-38.8
godišni iznos anuiteta	103084	73640	-2944419	-40.0



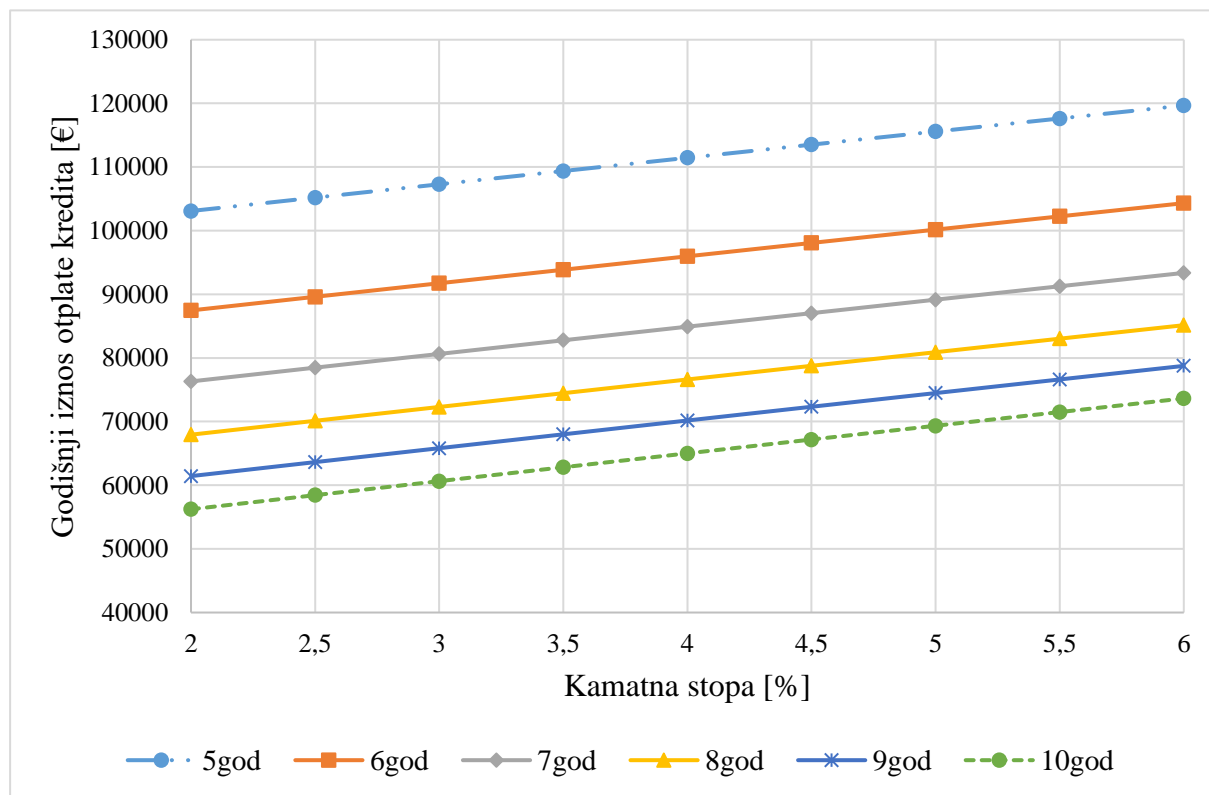
**Slika 27.** Iznos za otplatu kredita jednakim anuitetima pri različitim kamatnim stopama i broju godina



**Slika 28.** Iznos za otplatu kredita jednakim otplatnim kvotama pri različitim kamatnim stopama i broju godina



Slika 29. Godišnji iznos anuiteta – jednaki anuiteti



Slika 30. Godišnji iznos anuiteta – jednake otplatne kvote

Analizom grafa godišnjeg iznosa anuiteta za otplatu kredita prilikom otplate jednakim anuitetima (Slika 29.), te usporedbom sa mogućim prihodima prikazanim u tablici 13. može se zaključiti kako u slučaju poslovanja isključivo na Jadranu uz popunjenost od 50% godišnje, u obzir dolazi isključivo kredit s rokom otplate od 10 godina uz kamatnu stopu manju od 3%. Kada bi se katamaran iznajmljivao isključivo u Tropima uz popunjenost od 50% u obzir bi dolazili krediti s rokom otplate od 6 godina na više za sve razmatrane kamatne stope. Kada se razmotri cjelogodišnji najam u oba područja, uz prosječnu popunjenost od 70% može se zaključiti kako bi takva vrsta najma bila u stanju podmiriti obveze za sve razmatrane kombinacije kredita.

Razmatrajući graf godišnjeg iznosa anuiteta za kredite s jednakim otplatnim kvotama (Slika 30.), te usporedbom sa mogućim prihodima prikazanim u Tablici 13. može se zaključiti kako iznajmljivanje isključivo na Jadranu uz prosječnu popunjenost od 50% ne bi bilo isplativo za nijednu od razmatranih opcija kreditiranja. Iznajmljivanje katamarana u Tropskim područjima bi bilo isplativo uz financiranje s rokom otplate od 6 godina na više. U slučaju financiranja s rokom otplate od 6 godina, isplative kamatne stope bi trebale iznositi manje od 4%, dok za dulje razdoblje financiranja sve razmatrane kamatne stope dolaze u obzir. Cjelogodišnji najam u oba područja, uz prosječnu popunjenost od 70% može se kreditirati bilo kojom razmatranom kombinacijom.

Očito je da je prije upuštanja u ovakav projekt potrebno napraviti detaljnu ekonomsku analizu i ispitivanje tržišta, kako bi se preciznije mogli procijeniti troškovi poslovanja, moguća godišnja popunjenost kapaciteta te cijena najma koja se može postići na tržištu.

Za odabir najpovoljnijeg načina financiranja potrebna je detaljnija ekonomska analiza koja bi uključivala analizu mogućnosti tržišnog financiranja i uvjeta koji se mogu postići, kretanje novčanih tokova, predviđanje pokazatelja poslovanja itd.

## 6. PROTOTIP

Prototip će biti projektiran prema pravilima [26]. Sama pravila su usklađena s Direktivom 2013/53/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 20. studenoga 2013. o rekreacijskim plovilima i osobnim plovilima na vodomlazni pogon. Pravila se za razliku od pravila za klasifikaciju pozivaju na određene ISO norme koja pokrivaju traženo područje.

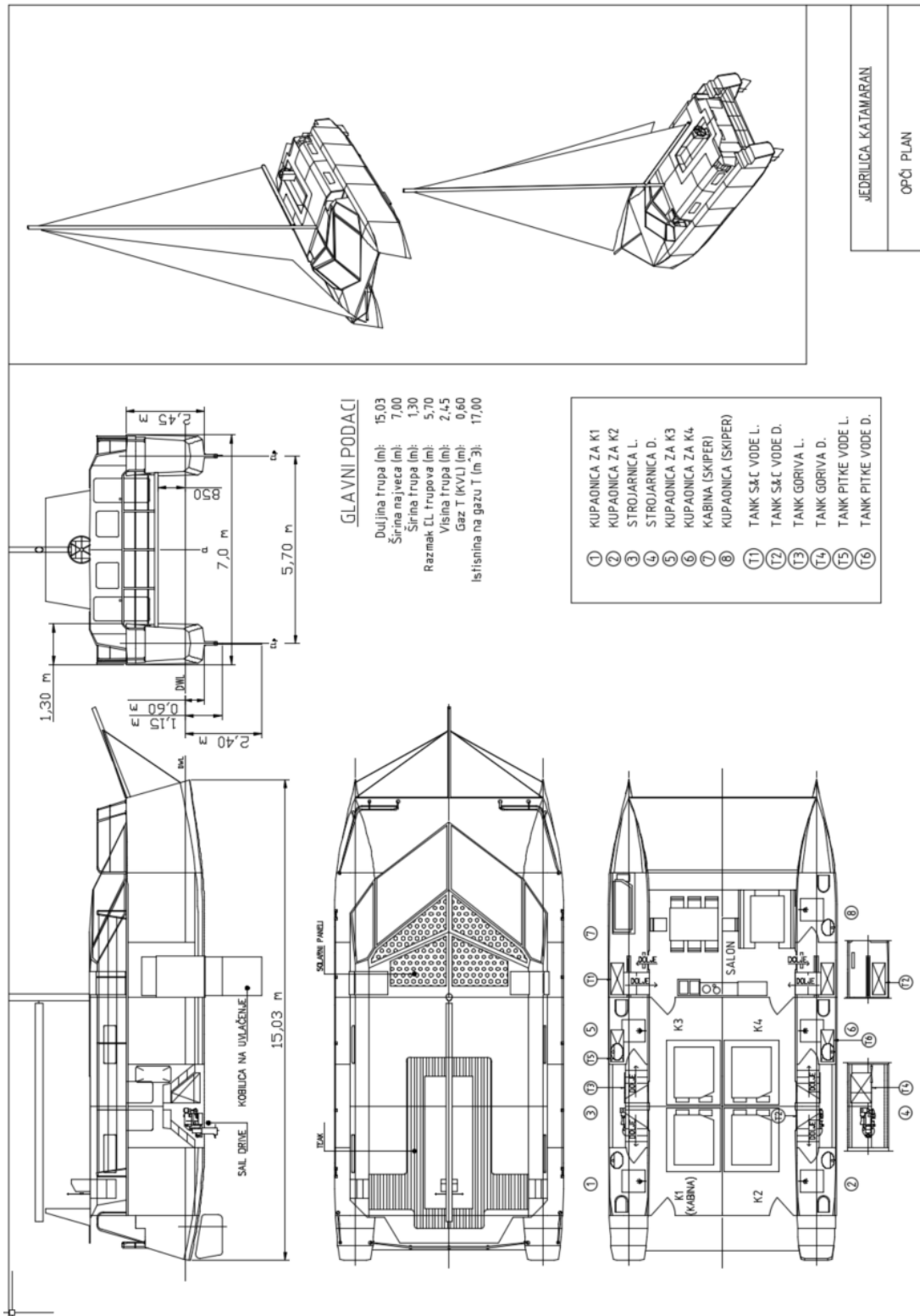
Katamaran je namijenjen za neograničenu plovidbu što odgovara Području plovidbe I, prema Pravilima, koje obuhvaća međunarodnu plovidbu svim morima i vodama koje su pristupačne s mora. Njegova projektna kategorija je A, odnosno, rekreacijsko plovilo projektirano za vjetar čija snaga može biti veća od 8 Bf i za značajnu valnu visinu od 4 metra i veću, pri čemu su isključeni ekstremni uvjeti, kao što su oluje, snažne oluje, orkani, tornada i ekstremni morski uvjeti ili golemi valovi.

### 6.1. Tehnički opis

Najvažniji dokument koji daje detaljan opis broda je tehnički opis. Tehnički opis je podloga za sklapanje ugovora o izgradnji broda. On definira pravila i norme po kojima će brod biti izveden, definira sve tehničke značajke broda i njegovih sustava. Kratki tehnički opis prototipa dan je u prilogu I.

### 6.2. Opći plan

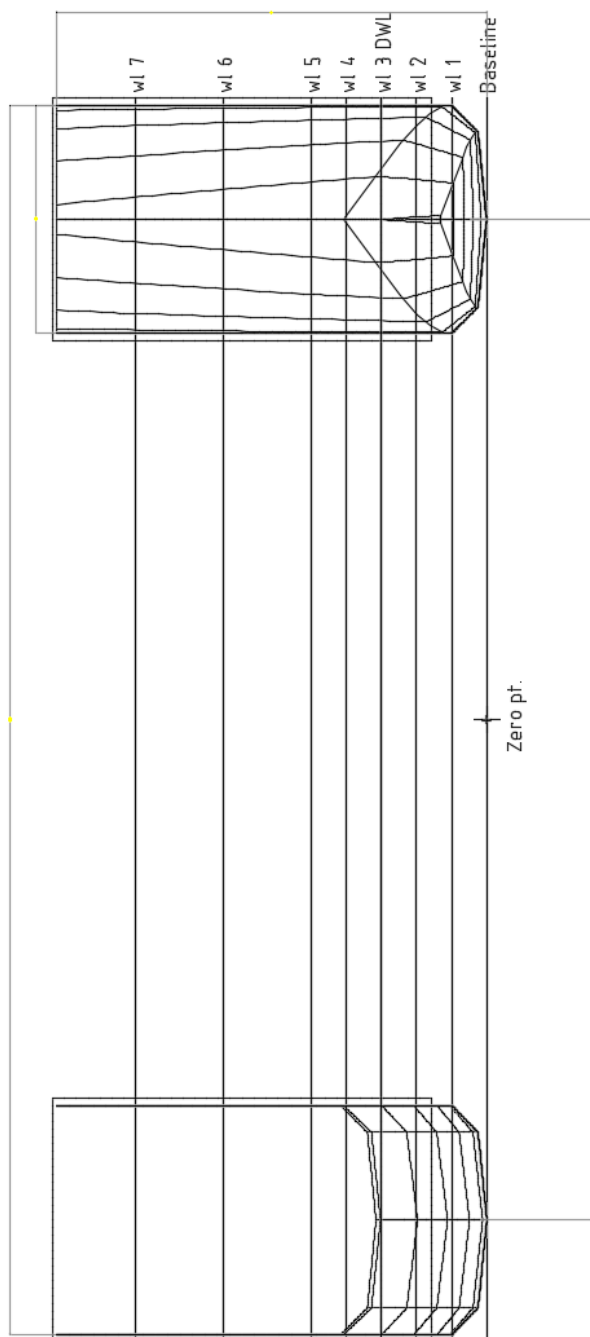
Slika 31. prikazuje pojednostavljeni opći plan broda napravljen za idejni projekt, dok je nacrt općeg plana nastao tijekom projekta dan u prilogu II.



Slika 31. Opći plan prototipa

### 6.3. Linije broda

Pojednostavljeni prikaz linija broda se nalazi na slici 32., dok je u prilogu III je dan nacrt linija broda.



Slika 32. Linije prototipa



#### 6.4. Hidrostatika

Proračun hidrostatike je proveden koristeći programski sklop Maxsurf. Sažetak rezultata proračuna prikazan je u tablici 18.

**Tablica 18. Hidrostatske karakteristike**

Gaz na sredini broda, T [m]	0,58
Istisnina [t]	17,07
Volumen istisnine m <sup>3</sup>	16,65
Kut nagiba	0,00
Gaz na P.P. [m]	0,47
Gaz na K.P. [m]	0,69
Gaz na LCF m	0,59
Trim (prema krmi) m	0,22
Duljina na vodnoj liniji [m]	14,97
Širina preko svega	7,00
Oplakan površina m <sup>2</sup>	57,86
Površina vodne linije m <sup>2</sup>	35,28
Prizmatički koeficijent (Cp)	0,73
Blok koeficijent (Cb)	0,25
Koeficijent punoće glavnog rebra (Cm)	0,34
Koeficijent vodne linije (Cwp)	0,34
LCB od K.P. (+ve fwd) [m]	7,01
LCF od K.P. (+ve fwd) [m]	6,96
KB [m]	0,34
KG fluid [m]	1,43
BMt [m]	17,49
BML [m]	33,21
GMt corrected [m]	16,40
GML [m]	32,12
KMt m	17,82
KML [m]	33,54
Uron (TPc) tonne/cm	0,36
MTc tonne.m	0,37
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4,89
Max deck inclination deg	0,84
Trim angle (+ve by stern) deg	0,84

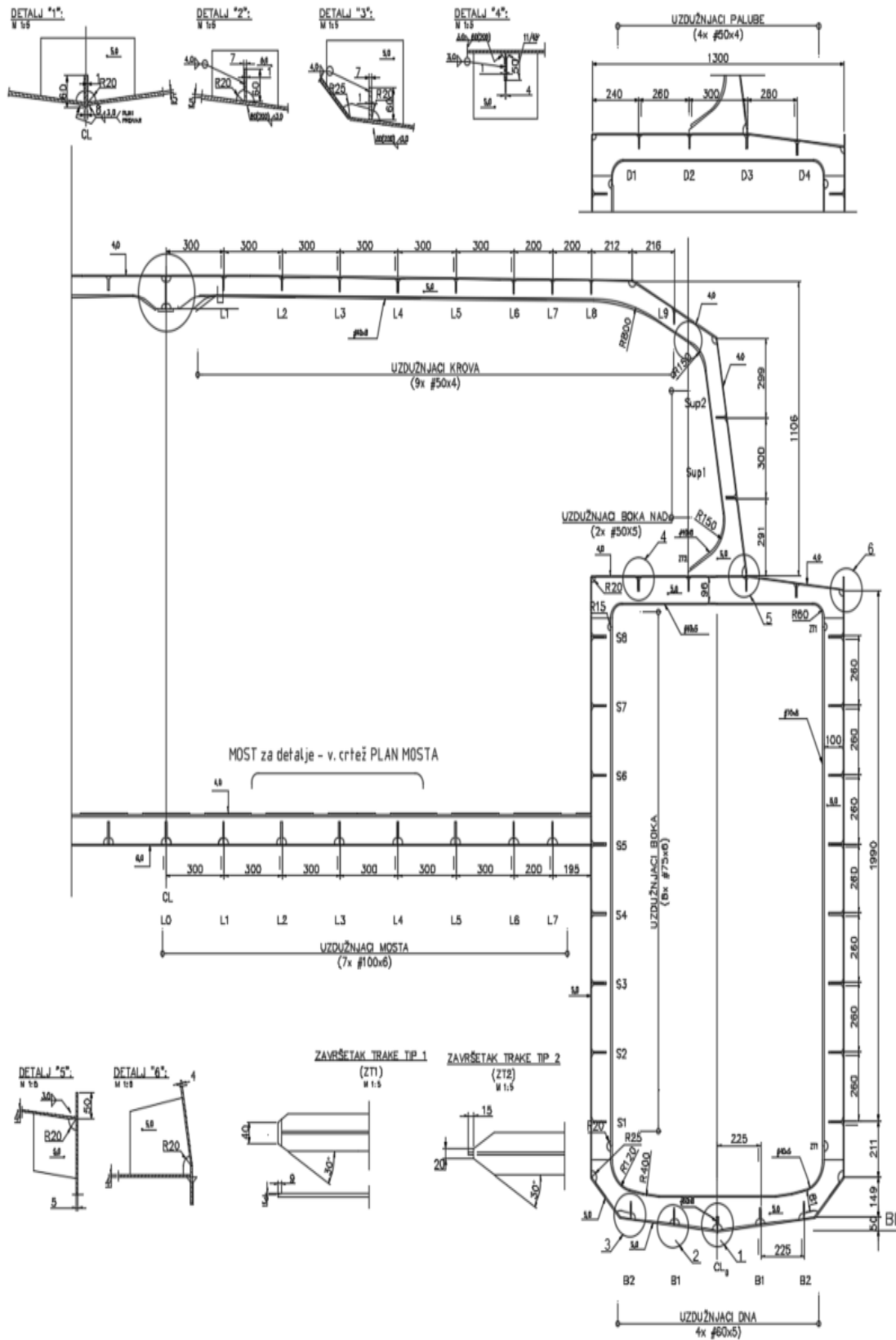
#### 6.5. Konstrukcija i čvrstoća

Proračun konstrukcije je proveden prema pravilima Bureau Veritasa. Strukturne dimenzije dobivene proračunom su prikazane u tablici 12. Sažeti proračun nalazi se u prilogu IV.

Pojednostavljeni prikaz glavnog rebra nalazi se na slici 33., dok je u prilogu V dan nacrt glavnog rebra.

**Tablica 19. Strukturne dimenzije prototipa**

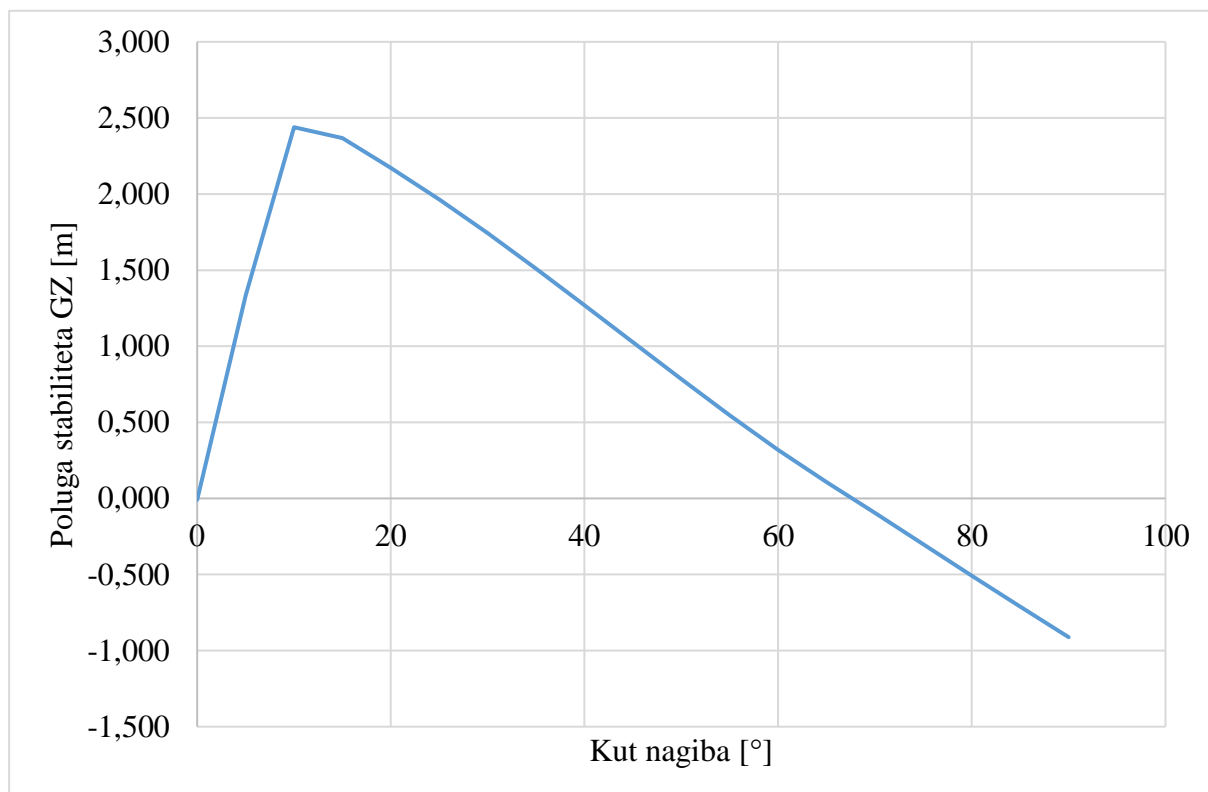
		Primarno orebrenje		Sekundarno orebrenje	
Pozicija	Oplata	Struktura	Dimenzije	Struktura	Dimenzije
Dno	5mm	Kobilica	# 60x8	Uzdužnjak	# 60x5
		Rebrenica	T 80x5/40x5		
Uzvojj	5mm	Rebrenica	T 80x5/40x5	-	-
Bokovi	5mm	Rebro	T 100x5/70x8	Uzdužnjak	# 75x6
Paluba	4mm	Sponja	T 70x5/40x5	Uzdužnjak	# 50x4
Most	6mm	Rebrenica	T 100x6/60x8	Uzdužnjak	# 100x6
K,zrcalo	5mm	-	-	Ukrepa	# 75x6
S. pregrada	5mm	-	-	Ukrepa	# 75x6
Pregrade	4mm	-	-	Ukrepa	# 50x4
NADGRAĐE					
B. stijene	4mm	Rebro	T 60x5/40x8	Uzdužnjak	# 50x5
K. stijena	4mm	-	-	Ukrepa	# 40x4
Pregrade	4mm	-	-	Ukrepa	# 40x4
Krov	4mm	Sponja	T 60x5/40x8	Uzdužnjak	# 50x4
Kokpit	4mm	Sponja	T 60x5/40x8	Uzdužnjak	# 50x4



Slika 33. Glavno rebro

## 6.6. Stabilitet

Proračun stabiliteta napravljen je u programskom sklopu Maxsurf prema [29]. Ovdje je prikazana poluga stabiliteta za prazan opremljen brod (Slika 34.). Prikaz poluge stabiliteta je dan kako bi se uočila razlika između jednotrupnih i višetrupnih brodova. Višetrupni brodovi postižu maksimum vrijednosti na puno manjim kutovima nego jednotrupni, te poluga ima puno strmiji oblik. U prilogu VI dani rezultati, centracije, raspored masa i proračun stabiliteta.

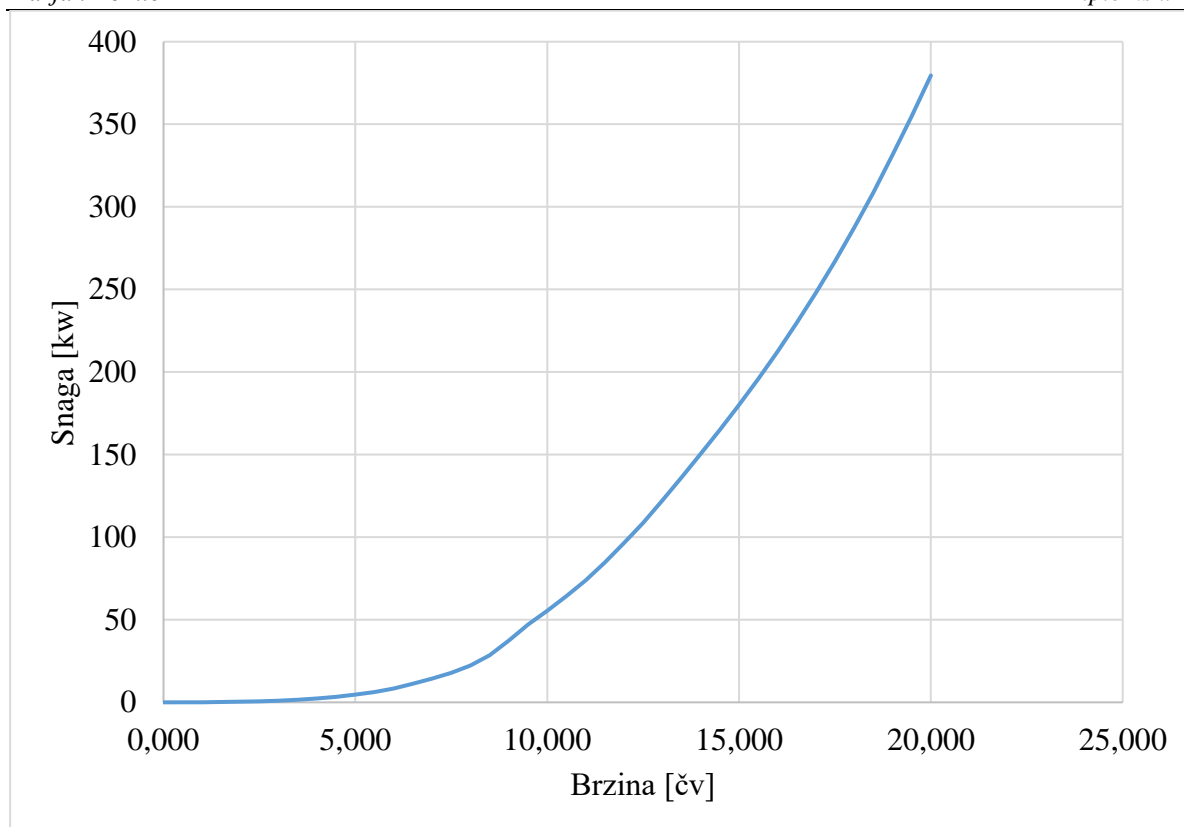


Slika 34. Poluga stabiliteta

## 6.7. Otpor i propulzija

Proračun otpora i propulzije je napravljen koristeći programski sklop Maxsurf. Slika 35. prikazuje zavisnost snage o brzini. Na temelju tog dijagrama, za brzinu krstarenja od 10 čv odabran je sljedeći motor:

Volvo Penta Sail drive D2-40. Specifikacije se nalaze u prilogu VII.



Slika 35. Zavisnost snage i brzine

### **UPRAVLJANJE IZ SALONA**

Jedan od zadatak ovog rada je bio ispitati mogućnost upravljanja katamarnom iz salona kao jedno od poboljšanja, s obzirom da takvo što nije predviđeno idejnim projektom. Dobavljač motora nudi različite dodatke za motor, pa tako i sustav upravljanja na dvije stanice. Cijena troška takvog susava prema je zanemariva u usporebi s cijenom motora.

Što se tiče upravljanja kormilom sa dvije stanice treba predvidjeti hidrulički razvod do dva mjesta upravljanja, te odgovarajuće pumpe konstantne dobave i hidruličke cilindre za upravljanje kormilom. Cijena takvog sustava je sigurno veća nego za upravljanje motorima, jer treba napraviti cijeli projekt hidraulike.

## **6.8. Oprema**

### **Oprema za sidrenje i vez**

Prema [26] određeno je prema duljini broda da masa glavnog sidra mora biti najmanje 27kg, s promjerom karike lanca od minimalno 10mm. Minimalna duljina lanca mora biti najmanje četiri duljine broda, odnosno 60m. Minimalna masa pomoćnog sidra iznosi 13 kg s debljinom karike od 8mm.

**Oprema za spašavanje**

Prema [26] oprema za spašavanje ovisi o području plovidbe za koju je brodica namijenjena. Tako su zahtjevi za neograničeno područje plovidbe sljedeći:

9. Najmanje jednu pneumatsku splav za spašavanje kapaciteta dovoljnog za smještaj svih osoba na jahti, izrađenu u skladu s zahtjevima SOLAS konvencije i opremljenu SOLAS A paketom opreme.
10. Kolut za spašavanje s plutajućim užetom, kolut za spašavanje sa samoupaljivim svjetlom i samoaktivirajućim dimnim signalom.
11. Prsluke za spašavanje opremljene svjetlom, za sve osobe na jahti.
12. Prsluke za spašavanje pogodne za djecu opremljene svjetlom (za svako ukrcano dijete po jedan).
13. 12 raketa s padobranom.
14. 6 ručnih buktinja.
15. 2 plutajuća dimna signala
16. Sredstava za zaštitu od gubitka topline za sve osobe na jahti (SOLAS izvedba).
17. Crtež koji objašnjava rukovanje sredstvima za spašavanje, postavljen na sredstvima za spašavanje ili blizu njih.
18. Priručnik za vježbu.
19. Primjerak tablice signala.
20. Dva sigurnosna pojasa s užetom (samo za jahte s pogonom na jedra)

Za područja plovidbe Ia i II :

1. Jednu ili više pneumatskih splavi za spašavanje, ukupnog kapaciteta dovoljnog za smještaj svih osoba na jahti, izrađene u skladu s zahtjevima ISO:9650-1, paket opreme 1.
2. Kolut za spašavanje s plutajućim užetom i svjetlom, kolut za spašavanje s plutajućim užetom.
3. Prsluke za spašavanje opremljene svjetlom, za sve osobe na jahti.
4. Prsluke za spašavanje pogodne za djecu opremljene svjetlom (za svako ukrcano dijete po jedan).

5. 4 rakete s padobranom.
6. 6 ručnih buktinja.
7. 2 plutajuća dimna signala.
8. Sredstva za zaštitu od gubitka topline za sve osobe na jahti, a od toga najmanje dva SOLAS izvedbe.
9. Crtež koji objašnjava rukovanje sredstvima za spašavanje postavljen na sredstva za spašavanje, ili blizu njih.
10. Priručnik za vježbu.
11. Dva sigurnosna pojasa s užetom (samo za jahte s pogonom na jedra)

Može se primijetiti kako reduciranje područja plovidbe ne donosi značajne promjene u pogledu opreme za spašavanje koju brod mora posjedovati.

### **Tankovi**

Jedan od zadataka ovog rada bio je obratiti pažnju na položaj i potreban broj tankova za sive i crne vode.

Prema **Error! Reference source not found.** definicija otpadne vode za pranje iz domaćinskih i stambenih prostorija odnosno sive vode je:

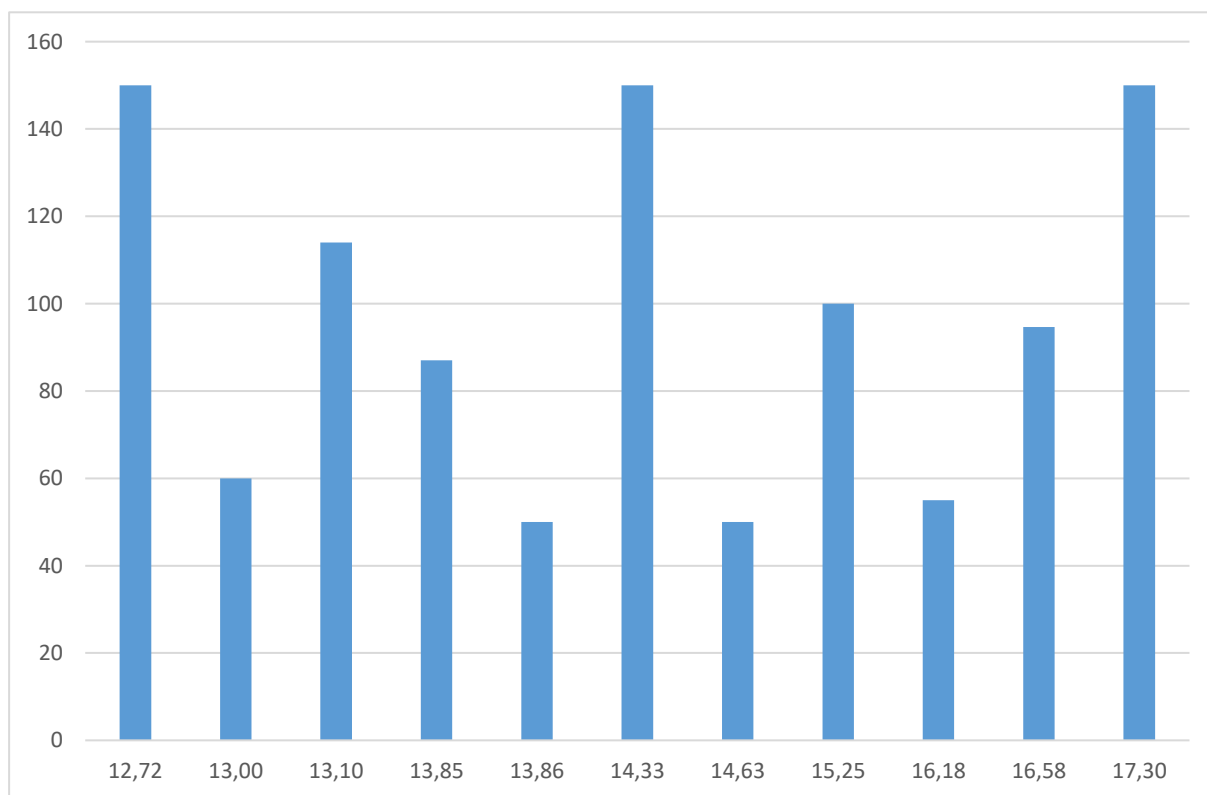
- otpadne vode iz umivaonika, tuševa, kada i izljeva;
- otpadne vode iz praonica;
- otpadne vode od pranja namirnica, iz kuhinjskih strojeva i iz prostorija gdje se drži ili služi hrana.

Prema **Error! Reference source not found.** također su definirane fekalne otpadne vode odnosno crne voda, koje su:

- izljevi i ostali otpaci iz svih vrsti zahoda (nužnika), pisoara i zahodskih školjki;
- izljevi iz umivaonika, kada i ostalih uređaja medicinskih prostorija (ambulanta, bolnica, itd.);
- izljevi iz prostorija u kojima se nalaze žive životinje;
- druge otpadne vode, ako se miješaju s gore navedenim izljevima.

Slika 36. prikazuje kapacitete tankova za zadržavanje otpadnih voda kod sličnih brodova. Za prototip je odlučeno da će se ugraditi dva tanka kapaciteta 250 litara u krmene kupaonice za

zadržavanje crnih i sivih voda. Kapacitet je nešto veći kod prototipa jer se skupljaju sive i crne vode zajedno. Proračun stabiliteta je pokazao kako nema značajnijeg utjecaja slobodnih površina tekućina u tankovima.



**Slika 36. Kapaciteti tankova za zadržavanje otpadnih voda sličnih brodova**



## 7. VARIJANTE KATAMARANA JEDRILICE

### 7.1. Materijal

Jedan od zadataka diplomskog rada je bio ispitati mogućnost izgradnje katamarana od čelika. Za ovu potrebu proveden je proračun strukturnih elemenata prema [29] i [30], te su dobivene sljedeće dimenzije (Tablica 20):

**Tablica 20. Strukturne dimenzije za katamaran od čelika**

		Primarno orebrenje		Sekundarno orebrenje	
Pozicija	Oplata	Struktura	Dimenzije	Struktura	Dimenzije
Dno	4mm	Kobilica	# 60x8	Uzdužnjak	# 50x5
		Rebrenica	T 70x4/40x5		
Uzvoj	4mm	Rebrenica	T 70x4/40x5	-	-
Bokovi	4mm	Rebro	T 100x5/70x8	Uzdužnjak	# 60x6
Paluba	4mm	Sponja	T 70x4/40x5	Uzdužnjak	# 50x4
Most	4mm	Rebrenica	T 60x6/40x8	Uzdužnjak	# 60x6
K,zrcalo	4mm	-	-	Ukrepa	# 75x6
S. pregrada	4mm	-	-	Ukrepa	# 75x6
Pregrade	4mm	-	-	Ukrepa	# 40x4
<b>NADGRAĐE</b>					
B. stijene	4mm	Rebro	T 70x4/40x5	Uzdužnjak	# 50x4
K. stijena	4mm	-	-	Ukrepa	# 30x4
Pregrade	4mm	-	-	Ukrepa	# 40x4
Krov	4mm	Sponja	T 60x4/40x5	Uzdužnjak	# 40x4
Kokpit	4mm	Sponja	T 60x4/40x5	Uzdužnjak	# 40x4

Proračunski bi i manje debljine oplata zadovoljavale, no međutim sa tehnološke strane je to Na temelju ovih dimenzija provedeno je preliminarno određivanje mase trupa. Masa trupa određena je koristeći površine ploha koje zatvaraju brodski prostor (oplata trupova, oplata nadgrađa i pregrade). Volumen površina dobiven je množenjem s korigiranom debljinom koja

u sebi uzima u obzir masu primarnih i sekundarnih ukrepa. Na temelju proračuna konstrukcijskih elemenata određuje se jedinična masa ukrepe koja se u skladu s korakom ukrepe raspoređuje na površinu na kojoj se nalazi.

**Tablica 21. Površine strukture**

	(m <sup>2</sup> )	kol.	(m <sup>2</sup> )
Dno	6.6	4	26.5
Uzvoaj	2.9	4	11.6
Bok, vanjski	30.9	2	61.7
Bok, unutarnji	28.8	2	57.7
Zrcalo	2.9	2	5.8
Paluba	39.0	1	39.0
Nepropusna Pregrada (std.)	3.0	8	23.9
NP (sud.)	3.0	2	6.0
NP stroj.	8.8	2	17.6
Most, sredina	54.4	1	54.4
Most, pramac	12.7	1	12.7
Most, vertikalna	4.7	1	4.7
Bunari	4.3	2	8.5
Nadgrađe, stijena-K	10.0	1	10.0
Nadgrađe, bokovi	11.7	2	23.4
Nadgrađe, stijena-s	10.1	1	10.1
Nadgrađe, stijena-P	15.3	1	15.3
Nadgrađe, pal. krova	53.6	1	53.6

**Tablica 22. Korigirana debljina**

Korigirane debljine	Oplata		Ukrepa 1		Ukrepa 2		G1 (kg/m <sup>2</sup> )	d' (mm)	fd
	d (mm)	G1 (kg/m <sup>2</sup> )	korak ukrepe (m)	G11 (kg/m <sup>2</sup> )	korak ukrepe (m)	G12 (kg/m <sup>2</sup> )			
Dno	4,00	31,40	0,23	10,47	1,49	3,69	45,55	5,80	1,45
Uzvoaj	4,00	31,40	0,26	9,06	1,49	3,69	44,15	5,62	1,41
Bok, vanjski	4,00	31,40	0,26	9,06	1,49	3,69	44,15	5,62	1,41
Bok, unutarnji	4,00	31,40	0,26	9,06	1,49	3,69	44,15	5,62	1,41
Zrcalo	4,00	31,40	0,26	13,59			44,99	5,73	1,43
Paluba	4,00	31,40	0,26	7,55	1,49	5,58	44,53	5,67	1,42
NP sudarna	4,00	31,40	0,30	3,53			34,93	4,45	1,11
NP	4,00	31,40	0,26	6,04			37,44	4,77	1,19
Most, sredina	8,00	62,80	0,30	15,70	1,49	5,69	84,19	10,72	1,34
Most, pramac	4,00	31,40	0,30	15,70	1,49	5,69	52,79	6,72	1,68
Most, vertikalna	4,00	31,40	0,30	11,78			43,18	5,50	1,38
Bunari	4,00	31,40	0,25	14,13			45,53	5,80	1,45
Nadgradje, stijene	4,00	31,40	0,30	4,19	1,49	3,16	38,75	4,94	1,23
Nadgradje, krov	4,00	31,40	0,30	7,85	1,49	3,42	42,67	5,44	1,36

**Tablica 23. Masa strukture za čeličnu konstrukciju katamarana**

		A (m <sup>2</sup> )	kg/m <sup>2</sup>	G (kg)
<b>Oplata</b>				
Dna		26,52	45,55	1 208,04
Uzvoji		11,59	44,15	511,52
Bokovi				
	vanjski	61,71	44,15	2 724,06
	unutarnji	57,68	44,15	2 546,43
Zrcala		5,83	44,99	262,21
Paluba		39,03	44,53	1 738,01
Nepropusne pregrade				
	sudarna	5,98	34,93	208,90
	standardna	23,92	37,44	895,53
	strojarnica	17,55	37,44	657,09
Most				
	sredina	54,36	92,04	5 003,24
	pramac	12,70	60,64	770,02
	vertikala	4,70	51,03	239,65
Bunari		8,53	53,38	455,56
Nadgrađe				
	stijena-K	10,03	38,75	388,53
	bokovi	23,42	38,75	907,52
	stijena-S	10,12	38,75	392,10
	stijena-P	15,34	38,75	594,35
	pal-krov	53,60	42,67	2 287,54
			Σ	21 790,29

S obzirom na gustoću čelika koja je skoro tri puta veća nego aluminija, dobiva se i skoro trostruko veća masa broda. Iako čelik ima bolja svojstva u pogledu čvrstoće s obzirom na aluminij, budući da se radi o malim debljinama te uzimajući u obzir tehnološke mogućnosti prilikom zavarivanja nije moguće dodatno smanjiti strukturne dimenzije te samim time i ukupnu masu.

S obzirom da je masa jedan od ključnih faktora za određivanje cijene, konstrukcija od čelika u ovom slučaju nije pogodna.

## 7.2. Područje plovidbe

Prototip katamarana je projektiran za neograničenu plovidbu. Jedan od zadataka ovog rada bio je istražiti donosi li smanjenje klase, odnosno ograničenje plovidbe od obale na 20nm kakve pogodnosti.

**Dimenzije strukture**

Ograničavanje područja plovidbe smanjuje projektne tlakove te samim time i dimenzije konstrukcijskih elemenata. Dimenzije konstrukcijskih elemenata potrebne za ograničeno područje plovidbe dane su u tablici 20.

**Tablica 24. Strukturne dimenzije za ograničenu plovidbu**

		Primarno orebrenje		Sekundarno orebrenje	
Pozicija	Oplata	Struktura	Dimenzije	Struktura	Dimenzije
Dno	4mm	Kobilica	T 70x4/40x5	Uzdužnjak	# 50x4
		Rebrenica	T 70x4/40x5		
Uzvoj	4mm	Rebrenica	T 80x5/40x8	-	-
Bokovi	4mm	Rebro	T 100x5/70x8	Uzdužnjak	# 60x6
Paluba	4mm	Sponja	T 70x4/40x5	Uzdužnjak	# 50x4
Most	5mm	Rebrenica	T 80x6/60x8	Uzdužnjak	# 80x6
K,zrcalo	4mm	-	-	Ukrepa	# 75x6
S. pregrada	4mm	-	-	Ukrepa	# 75x6
Pregrade	4mm	-	-	Ukrepa	# 40x4
<b>NADGRADE</b>					
B. stijene	4mm	Rebro	T 70x4/40x5	Uzdužnjak	# 50x5
K. stijena	4mm	-	-	Ukrepa	# 30x4
Pregrade	4mm	-	-	Ukrepa	# 40x4
Krov	4mm	Sponja	T 60x4/40x5	Uzdužnjak	# 40x5
Kokpit	4mm	Sponja	T 60x4/40x5	Uzdužnjak	# 40x5

***Masa trupa***

Istim postupkom kao i kod određivanja mase trupa za čelični brod, određena je masa broda projektne kategorije B. Dobivena masa iznosi 7.098,00 kg, što je za 1350 kg manje nego kod prototipa koji je projektiran za projektnu kategoriju B.

### **Prijevoz kao teški teret**

Kompanije koje se bave prijevozom brodova kao teškog tereta ne objavljuju javno cijene prijevoza, već se cijena formira zasebno na upit za svaki pojedini brod. Za procjenu cijene prijevoza se iskoristio članak [32] iz 2013. godine u kojem je opisan prijevozom brodova preko oceana s opisanim cijenama. Kao brod za usporedbu uzeo se Jeanneau 53, jednotrupna jedrilica sljedećih dimenzija:

Loa=16,06 m

Boa=4,77 m

Tmin=1,80 m

Cijena prijevoza iz Atene do Miamija iznosila je 25000 dolara.

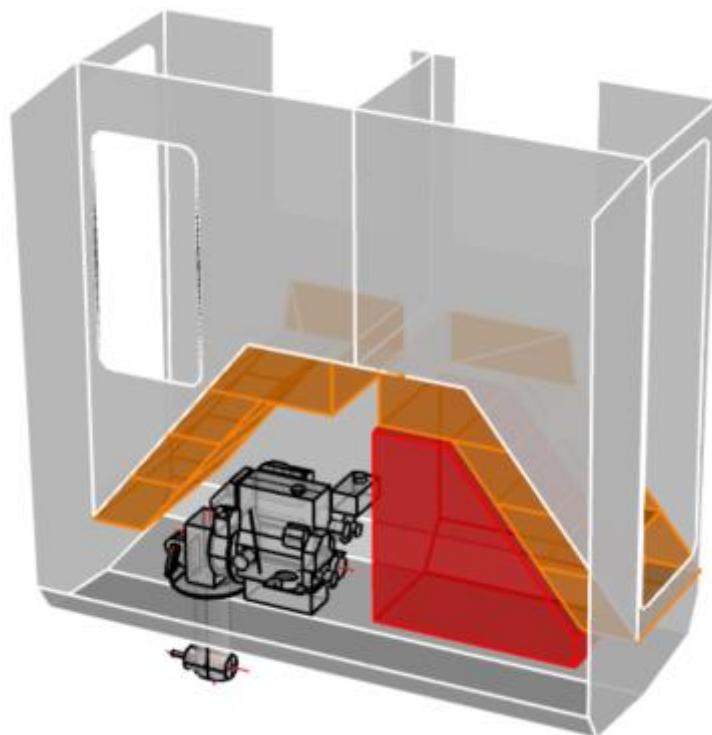
Još jedan od pristupa procijene cijene koji se iskoristio je cijena za prijevoz ekvivalentnoga broja kontejnera koliko bi zauzimaio prototip. S obzirom na dimenzije prototipa i dimenzije kontejnera od 20 stopa, taj broj bi iznosio 18 kontejnera gdje uz cijenu od 1.500,00 dolara po kontejneru ukupni iznos za prijevoz iznosio bi 27.000 dolara.

Iznajmljivanje posade za prijevoz iz Atene do Tortole na Britanskim djevičanskim otocima, što je ujedno i mjesto koje je izabrano za procjenu cijena najma iznosi 15.000 dolara. [33]

Tako da opcija prebacivanja broda kao teškog tereta i sa ekonomske strane svakako dolazi u obzir.

### **7.3. Položaj strojarnice**

Strojarnica prototipa je smještena prema sredini broda. Prostor strojarnice je omeđen s pramčane i krmene strane nepropusnim pregradama prema kupaonicama za goste. U sredini trupa između poprečnih nepropusnih pregrada nalazi se uzdužna pregrada. Pregrada odjeljuje hodnik s stepenicama koje se spuštaju prema kupaonicama i prostor strojarnice. Motor i tank goriva su smješteni ispod stepenica u hodniku. Za pristup strojarnicama mora se proći kroz krmene kabine za goste. Prikaz strojarnice nalazi se na slici 37.



**Slika 37. Strojarnica - prototip**

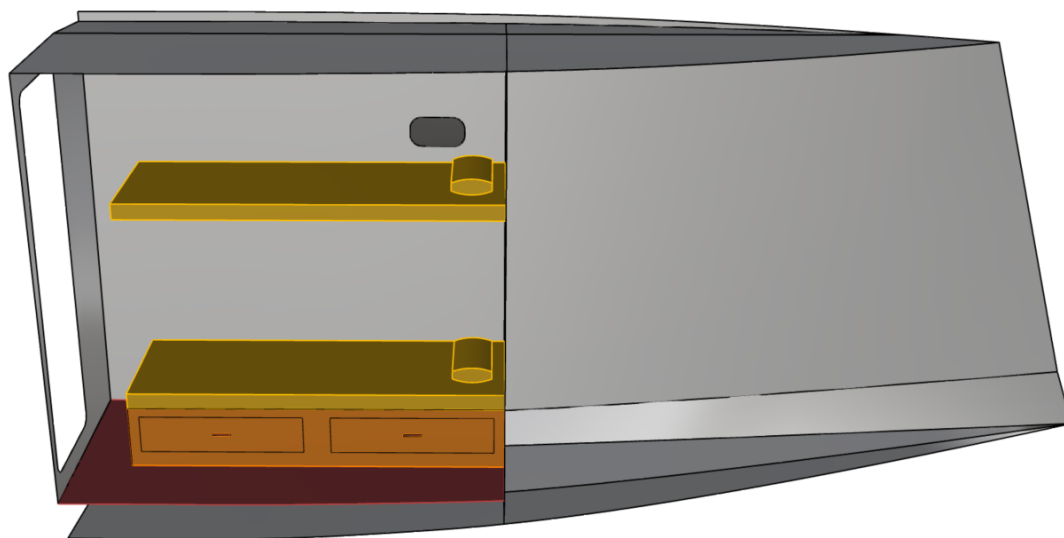
Kao jedno od poboljšanja predlaže se smještanje strojarnice u prostor krmenog pika zajedno s kormilarskim uređajem. Na taj način omogućava se jednostavno nepropusno pregrađivanje strojarnice te se smanjuje broj nepropusnih pregrada čime se štedi na masi potrebnog materijala. Pomicanjem motora prema krmi poboljšava se upravljivost broda, tako što je motor dalje od težišta tlaka koji djeluje na lateralnu površinu. Na ovaj način se povećava krak na kojem djeluje motor, a samim time se i povećava moment zakretanja. Pomicanjem strojarnice prema krmi rješava se i pristup strojarnici za koji više nije potreban prolazak kroz sobe, već joj se pristupa direktno sa palube. Nadalje, pristup motoru je olakšan većom širinom strojarnice.

#### **7.4. Kabine za posadu**

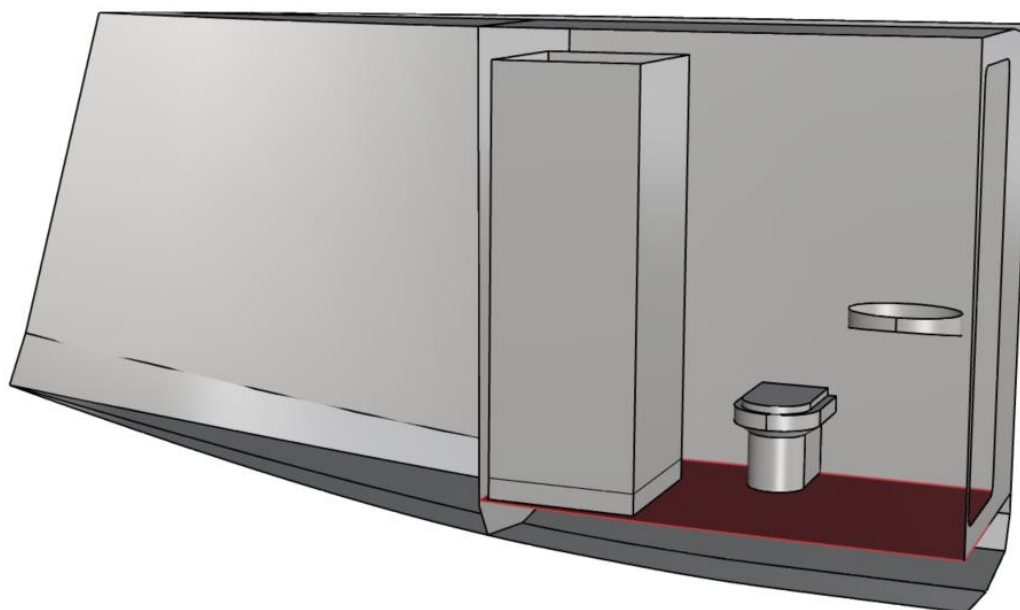
Prema idejnom projektu kabina za posadu nalazi se u lijevom trupu katamarana (Slika 38.), dok je kupaonica za posadu smještena u desnom trupu katamarana (Slika 39.). Poveznica kabine i kupaonice za posadu ostvarena je kroz salon. Takvim rješenjem je smanjena privatnost članova posade.

Pomicanjem sudarne pregrade prema naprijed može se dobiti još prostora za smještaj sanitarija, odnosno tuš kabine, umivaonika i zahoda u prostor kabine za posadu. Na taj način bi se

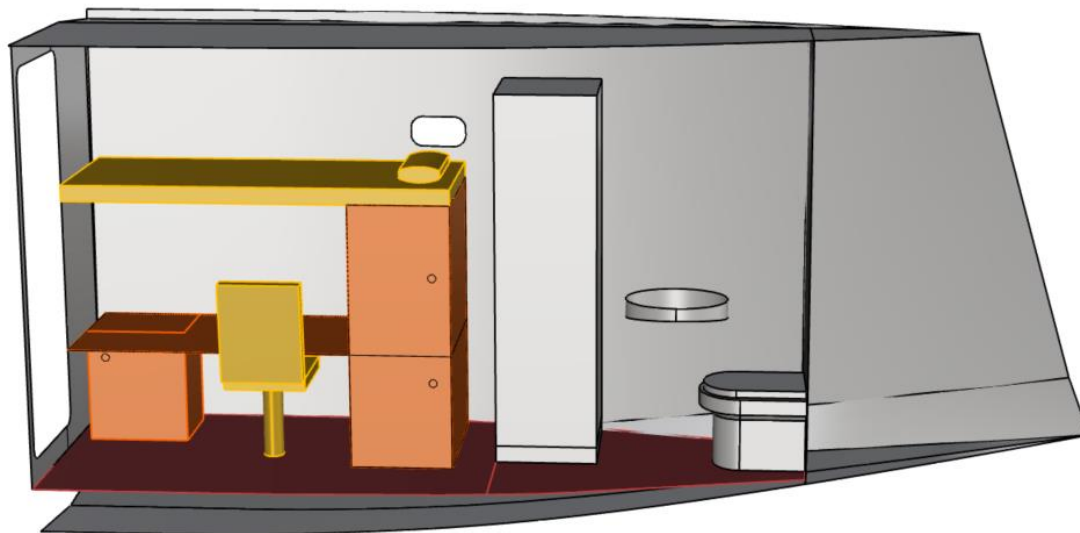
osigurale dvije zasebne kabine za svakog člana posade sa svim sanitarnim uvjetima. Sa čisto financijske strane to predstavlja dodatni trošak prilikom izgradnje. No, međutim dugoročno gledajući je ekonomski isplativo jer poboljšava standard smještaja za posadu te samim time umanjuje izgledje za nezadovoljstvo. U sklopu ovog rada je takvo rješenje modelirano i prikazano je na Slici 40.



**Slika 38. Kabina za posadu – prototip**



Slika 39. Kupaonica za posadu – prototip



Slika 40. Kabina za posadu – preinaka

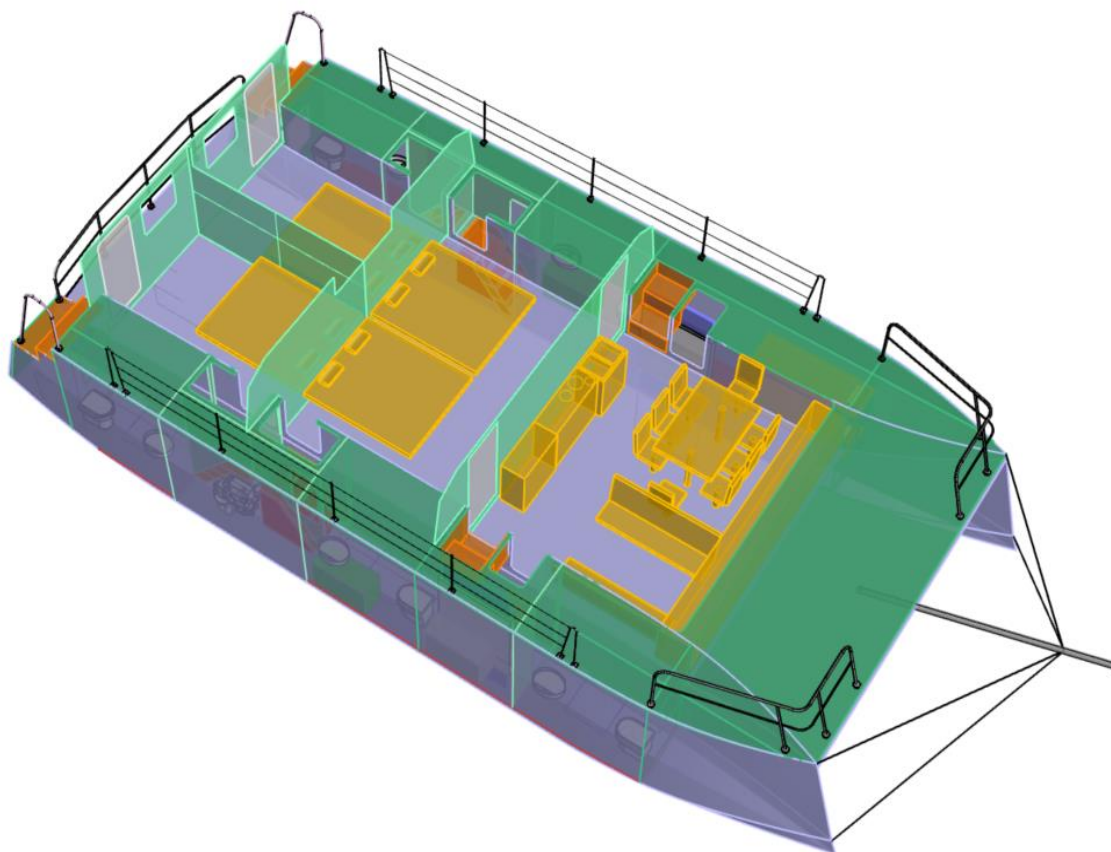
### 7.5. Spoj kabina i salona

Idejni projekt predviđa četiri kabine na prostoru mosta. Pristup krmenim kabinama nalazi se na samoj palubi mosta s krmene strane, dok je pristup pramčanim kabinama omogućen iz prostora salona (Slika 41.). Poveznica krmenih kabina i salona je ostvarena okolnim putem po palubi. To može predstavljati problem prilikom lošeg vremena, jer u tom slučaju putnici moraju izaći van kako bi pristupili salonu.

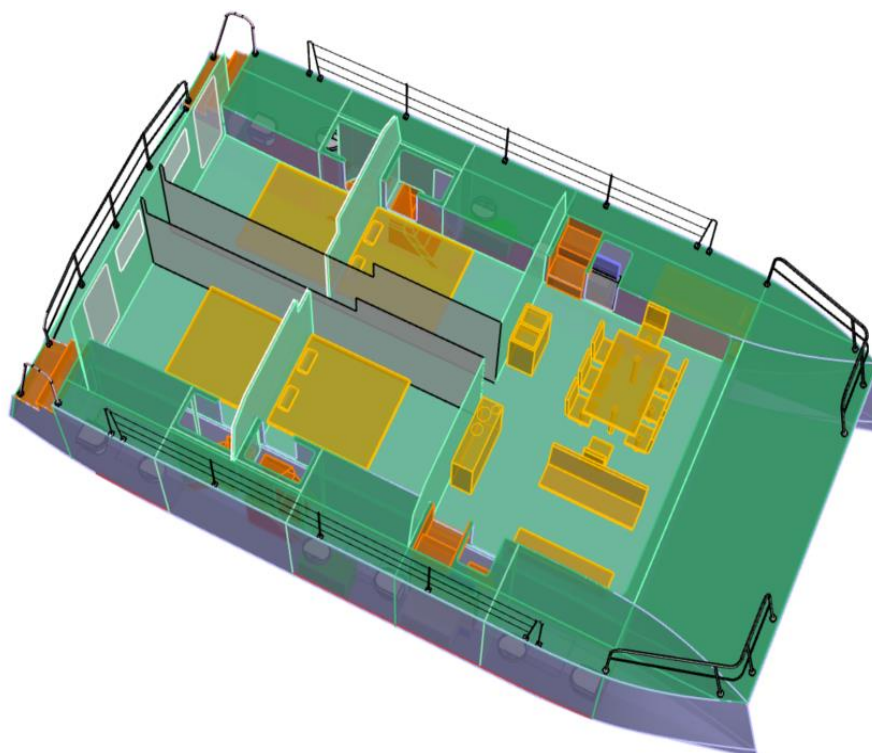
Razmicanjem pregrada između kabina može se ostvariti prostor potreban za povezivanje krmenih kabina i salona unutar samog prostora nadgrađa.

U prvoj varijanti (Slika 42.) je uzdužna pregrada prototipa zamijenjena s dvije uzdužne pregrade. Uzdužne pregrade su razmaknute od CL-a za 350 mm prema unutrašnjosti sobe, kako bi se dobio prostor za hodnik koji povezuje sobe sa salonom. Kako bi se postigla zadovoljavajuća visina hodnika potrebno je povećati visinu na kojoj se nalaze krov i kokpit. U ovoj varijanti pristup kupaonicama i položaj strojarnice ostaju isti kao i kod prototipa.



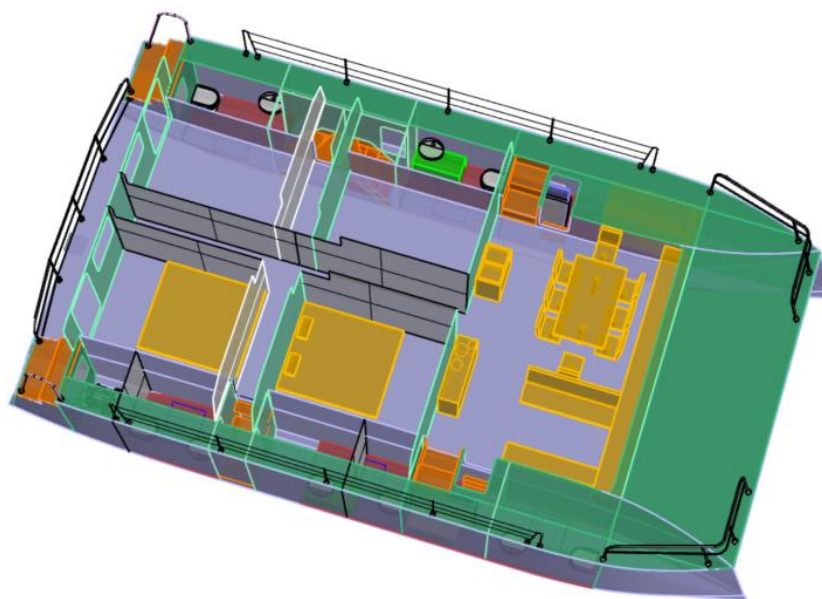


**Slika 41. Raspored prostora kabine - prototip**

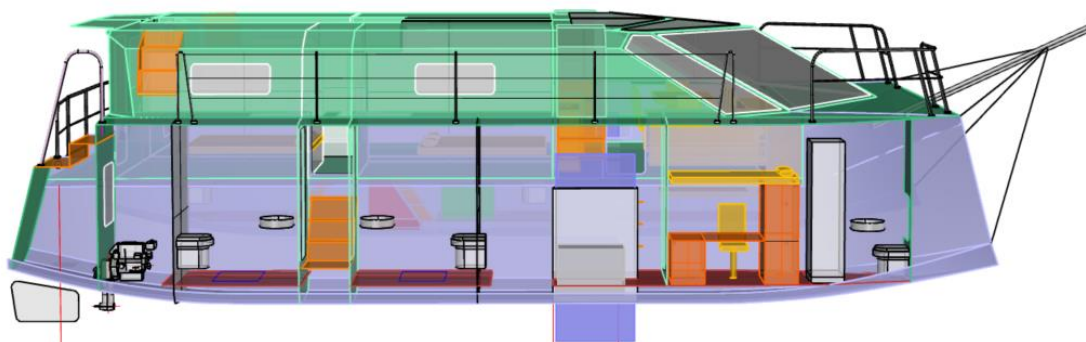


**Slika 42. Raspored prostora kabine – varijanta 1**

U drugoj varijanti (Slika 43.) uz dodavanje uzdužnih pregrada, dodane su i dvije poprečne pregrade soba umijesto jedne središnje. Poprečne pregrade pomaknute su za 350 mm prema krmu i pramcu od pozicije središnje pregrade prototipa. Na taj način se ostvaruje prostor za središnji poprečni hodnik koji bi vodio prema kupaonicama dok bi strojarnica bila pomaknuta prema krmu.



Slika 43. Raspored prostora kabine – varijanta 2



Slika 44. Raspored prostora trup – varijanta 2

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana izrada projekta prototipa aluminijskog katamarana jedrilice za cjelogodišnji najam prema idejnom projektu. Prototip se razlikuje od većine brodova na tržištu jer ima kabine smještene na mostu, a ne u trupovima kao što je uobičajeno. Uz prikaz projekta prototipa razrađene su moguće varijante katamarana jedrilica u odnosu na prototip.

Prikazan je postupak preliminarnog osnivanja katamaran jedrilice, kojim su određene njegove značajke, te je provedena analiza dimenzija značajki prototipa u odnosu na slične brodove na tržištu. Analiza dimenzija pokazala je da se većina značajki prototipa nalazi na rubnom području u odnosu na vrijednosti sličnih brodova koji su analizirani u ovom radu.

Uz analizu dimenzija u ovom radu provedena je i ekonomska analiza kojom je prikazano formiranje projektnog prostora na temelju cijene kao odlučujućeg faktora. Unutar projektnog prostora postoji mogućnost odabira varijanti koje se razlikuju po dimenzijama i formi a postižu usporedive vrijednosti traženih značajki, te im je cijena izgradnje ista. Tako da projektant ima velike mogućnosti ispitivanja različitih varijanti u preliminarnoj fazi projekta.

Nadalje, ekonomskom analizom ispitala se isplativost samog projekta prototipa, uz konzervativni pristup prilikom procjene mogućih prihoda i troškova. Pokazalo se da je cjelogodišnji najam isplativ uz različite varijante kreditnog financiranja. No, za točniju procjenu ekonomskih učinaka trebalo bi napraviti detaljno ispitivanje tržišta.

Prikazane su moguće varijante koje donose određena poboljšanja u odnosu na prototip, kao što su bolja povezanost kabina i salona, adekvatniji smještaj za posadu, te drugačiji smještaj strojarnice koji je prostraniji i pristupačniji.

Koncept smještaja kabina na mostu katamarana umjesto u trupovima zanimljiv je jer donosi veću prostranost soba, a samim time i veću privatnost i komfor. No, s druge strane smanjuje prostor dostupan putnicima na palubi, tako da bi vrijedilo ispitati takav koncept na duljim brodovima.

**LITERATURA**

- [1] Rhinoceros for Windows, User's guide, Rhino 5, McNeel & Associates. 2016.
- [2] Maxsurf Windows, User Manual Formation Design Systems Pty Ltd 2016.
- [3] Pavić, I., Statistička teorija i primjena, Tehnička knjiga Zagreb, 1985.
- [4] <https://www.cata-lagoon.com/en> , 09/2017
- [5] <http://www.catana.com/en/>, 09/2017
- [6] <http://www.bali-catamarans.com/en/>, 09/2017
- [7] [www.gunboat.com/](http://www.gunboat.com/), 09/2017
- [8] [www.fontaine-pajot.com/en/](http://www.fontaine-pajot.com/en/), 09/2017
- [9] <http://www.celticyachts.co.za>, 09/2017
- [10] <https://www.leopardcatamarans.com/>, 09/2017
- [11] [www.hhcatamarans.com/](http://www.hhcatamarans.com/), 09/2017
- [12] <https://www.boatsonline.com.au/>, 09/2017
- [13] [www.multihullcompany.com](http://www.multihullcompany.com), 09/2017
- [14] [www.yachtworld.com](http://www.yachtworld.com), 09/2017
- [15] <https://www.cruisingworld.com/>, 09/2017
- [16] <https://catamaranguru.com/>, 09/2017
- [17] <https://www.sailmagazine.com/>, 09/2017
- [18] Calvin H. Markwood, Analysis and Comparisons of Cruising Multihulls, 2013, izvor: <http://www.multihulldynamics.com>, 09/2017
- [19] Terho Halme, HOW TO DIMENSION A SAILING CATAMARAN?, 2008 izvor: <http://www.multihull.de/technik/catdimension.pdf>, 09/2017
- [20] <http://www.texelrating.org/site/pub/Pagina.php?paginaid=81>, 09/2017
- [21] <https://www.sailmagazine.com/cruising/stability-is-the-key>, 09/2017
- [22] [www.kiriacoulis.com](http://www.kiriacoulis.com), 09/2017
- [23] <https://www.croatia-yacht-charter.com/>, 09/2017
- [24] <https://www.boatbureau.com/>, 09/2017
- [25] G. Barić, Predavanja iz Računovodstva i financija za menadžere, FSB, 2017.
- [26] Pravila za statutarnu certifikaciju brodica i jahti, Hrvatski registar brodova
- [27] Direktiva 2013/53/EU, Europski parlament i Vijeće od 20. studenoga 2013
- [28] ISO norma 12215 Konstrukcija trupa i dimenzije konstrukcijskih elemenata
- [29] Rules for the certification and Classification of Yachts, Bureau Veritas
- [30] Hull in Aluminium Alloys, Design Principles, Construction and Survey, Bureau Veritas

- 
- [31] International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL), IMO
- [32] [www.volvopenta.com/marineleisure/en](http://www.volvopenta.com/marineleisure/en), 09/2017
- [33] <https://www.cruisingworld.com/how/how-cross-ocean-bringing-ranger-home>, 09/2017
- [34] ISO norma 12217 Mala plovila – Ocjenjivanje i razredba stabiliteta i plovnosti

---

## **PRILOZI**

- I. Tehnički opis (4 stranice)
- II. Opći plan
- III. Linije broda
- IV. Proračun strukture (16 stranica)
- V. Glavno rebro
- VI. Stabilitet (8 stranica)
- VII. Specifikacija motora (3 stranice)

## TEHNIČKI OPIS PROTOTIPA

### 1. TIP PLOVILA, GLAVNE ZNAČAJKE, PROJEKTNJA KATEGORIJA

#### 1.1 Tip plovila

Plovilo je jahta na jedra, katamaran, za gospodarske namjene.

#### 1.2 Glavne značajke

duljina najveća, $L_{\max}$ (m)	15,03
duljina trupa, $L_H$ (m)	15,03
duljina vodne linije, $L_{WL}$ (m)	14,84
širina najveća, $B_{\max}$ (m)	7,00
širina trupa, $B_H$ (m)	1,30
širina vodne linije trupa, $B_{WL}$ (m)	1,30
širina vodne linije, najveća, $B_{WL \max}$ (m)	7,00
razmak CL trupova, $B_{CH}$ (m)	5,70
visina trupa, najveća, $D_{\max}$ (m)	2,45
visina trupa na sredini, $D_{LWL/2}$ (m)	2,45
nadvodje, $F$ (m)	1,85
gaz, $T$ (m)	0,60
istisnina na gazu $T$ ( $m^3$ )	17,00

#### 1.3 Projektna kategorija

Jahta je projektne kategorije A, područje plovidbe: I (sva područja).

Jahta se projektira u skladu s Pravilima za brodice i jahte.

### 2. FORMA I PROSTORI

#### 2.1 Forma

Trupovi katamarana su poprečno simetrične "U" - forme, s dugačkim paralelnim srednjakom, vertikalnim bokovima i pramčanom statvom nagnutom prema natrag. Krmeno zrcalo je pune širine trupa i nagnuto prema naprijed.

Platforma (most) katamarana je dvoslojna konstrukcija - dno i paluba, s roštiljem uzdužnjaka i poprečnih okvira visine 100 mm. Platforma je zavarena na unutarnje bokove trupova i proteže se od krmnih zrcala do mjesta gdje vodne linije prestaju biti paralelne s CL trupova. Od te točke dno platforme koso se diže do paluben na vrhu pramčanih statvi.

Dno platforme je na 1,40 m od osnovice.

#### 2.2 Prostori

U trupovima su, zrcalno simetrično, od krme rasporedjeni prostori: krmni pikovi, kupaonice krmnih kabina, strojarnice, kupaonice pramčanih kabina, prostori bunara uvlačive kobilice i dva prostora posade, lijevo kabina a desno kupaonica i pramčni pikovi.

Vodonepropusni prostori su pikovi i strojarnice. Ulazi u kupaonice su kroz vrata na strukturnim pregradama, a u prostore posade i bunara kobilica ulazi se iz salona, bez vrata. U strojarnicu se ulazi kroz veliku vodonepropusnu provlaku s bravama u uglovima.

Nadgradnje katamarana, s palubom na pokrovu platforme, proteže se od pregrade na 1,04 m od krmnog ruba platforme do NP 5 (R37). Pramčana stijena nadgradnja izvedena je plohama

skošenim prema krovu i poprečno prema krmi do bokova nadgradja; cijelom površinom svake od ovih ploha ugrađuju se neotvorivi prozori. Bokovi nadgradja penju se na palube trupova do malo preko CL, prema vanjkim bokovima trupova.

Nadgradje je poprečnim strukturnim pregradama podijeljeno na tri prostora po duljini: par krmernih dvokrevetnih kabina, par pramčanih dvokrevetnih kabina i salon. Parove kabina dijele uzdužne lake pregrade.

Ulazi u krmene kabine su kroz vremenski nepropusna vrata na krmenoj stijeni nadgradja, a u pramčane kabine kroz vrata u lakoj pregradi prema salonu.

U salon se ulazi silaznim stepenicama s bokova, otvor se zatvara kliznim vremenski nepropusnim vratima.

Na krovu nadgradja je upušteni kokpit,  $L \times B \times h = 4,0 \times 1,3 \times 0,4$  m, krmeni krajem na krmenoj stijeni nadgradja. Uz krmeni kraj je mjesto skipera - centralno mjesto upravljanja jedrilicom, a duž stranica kokpita mogu se smjestiti svi putnici.

Do kokpita se dolazi stepenicama na bokovima pri krmenom kraju nadgradja.

Kokpit se drenira dvama izljevima koj se vode do palube platforme, uz krmenu stijenu nadgradja.

### 3. KONSTRUKCIJA

#### 3.1 Općenito

Materijal gradnje trupova, platforme i nadgradja je aluminjska legura.

Sistem gradnje trupova, mosta i nadgradja je uzdužni; uzdužnjaci su poduprti okvirnim rebrima i poprečnim strukturnim pregradama.

Gradjevni elementi spajaju se zavarivanjem, odobenim postupcima prema Tehnologiji zavarivanja.

#### 3.2 Temeljenje porivnih strojeva i drugih uređaja

U pravilu, temelji porivnih strojeva i drugih uređaja izvode s zavarenom aluminijskom konstrukcijom.

Kada se temelje uređaji - oprema koji su iz nehrdjajućeg čelika (jarbol, hvatišta pripona jarbola, kosnik, stupovi ograda, ljestve, nestrukturni tankovi i dr.) koriste se vijčani spojevi ili spojevi klinovima. Dodiri različitih materijala izoliraju se na odgovarajući način kojim se zaustavljaju ili smanjuju galvanske struje.

#### 3.3 Temeljenje - spoj s trupom balastne kobilice

Jedrilica ima uvlačivu kobilicu, da bi se omogućila plovidba akvatorijem male dubine.

Kobilica je smještena u bunaru kobilice, koji je dio strukture trupa. Kobilica je volumenskog tipa i strujnog profila, izvedena od nehrdjajućeg čelika.

Uređaj za spuštanje i podizanje, uključujući i vodilice, izveden je tako da se ovim operacijama upravlja s mjesta upravljanja jedrilicom (iz kokpita) a sva naprezanja od sila na kobilicu u plovidbi prenose na konstrukciju bunara i njegove spojeve sa strukturom trupa.

#### 3.4 Jarbol i temeljenje jarbola

Jarbol je u osnovi cijev od nehrdjajućeg čelika, ukupne visine 24,0 m.

Temelj jarbola ja na palubi mosta, s potkonstrukcijom koja omogućava raspored aksijalne sile na okolnu strukturu roštilja mosta. Spoj dvaju materijala (aluminij - čelik) je prirubnički, vijcima.

#### 3.5 Ugrađeni spremnici

Svi spremnici (tankovi) na jedrilici izvedeni su kao nestrukturni, iz nehrdjajućeg čelika.



## 4. OPREMA I SUSTAVI

### 4.1 Ograde, rukohvati, ljestve

Duž bokova ugradjena je laka ograda: užad i stupovi.

Na pramcu na bokovima i dijelu zrcala a na krmi cijelom širinom mosta je rešetkasta cijevna ograda.

Na krmeno zrcalu lijevog trupa su preklopne ljestve za ukrcaj osobe iz mora.

### 4.2 Sidrenje i vez

Električno sidreno vitlo na pramcu, sidreni lanac i sidro. Mase i karakteristike - prema Pravilima.

Dvostruke bitve, jedan par na pramcu i jedan na krmi.

Po dvije kljune na svakom vanjskom boku i jedna manja kljuna na krmi (zrcalo mosta), za čamac u moru.

Sve bitve i kljune s aluminijskom potkonstrukcijom spojene kako je opisano u t. 3.2.

### 4.3 Sustav kaljuže - drenaže i odušnika

Svi prostori u trupovima katamarana kaljužiraju se samostalnim kaljužnim pumpama: pumpa s nepovratnim ventilom (klapnom), senzor razine, tlačni vod do vanjskog boka trupa, s nepovratnim ventilom uz priključak na oplati.

Alarmi i upravljanje pumpama smješteno je na konzoli u kokpitu i na priručnom pultu u salonu (dvojni sustav alarma).

Pikovi se ventiliraju odušnicima na plaubi.

Prostor "dvodna" mosta ventilira se do krova nadgradja, a drenira se (po potrebi) čepovima u oplati dna, pri krmenom kraju mosta.

Kaljuža strojarne prazni se u nestrukturani tank za uljane kaljuže, u strojarnici.

### 4.4 Oplatni ventili i prolazi

U svakoj strojarnici ugradjen je po jedan oplatni ventila za usis mora u sustav hladjenja motora.

### 4.5 Sprečavanje onečišćenja sanitarnim otpadom

Voda iz sudopera u salonu, umivaonika u kupaonicama (5 kom) i tuš-kabina (5 kom) sustavom sabirnica s pumpama prebacuje se u dva tanka sive i crne vode u krmenim kupaonicama.

WC-školjke prazne se u tankove sive i crne vode.

Tankovi sive i crne vode prazne se svojim pumpama u more ili u prihvatne instalacije u marini.

### 4.6 Navigacijska svjetla

Navigacijska svjetla - prema zahtjevima COLREG 72.

## 5. KORMILARSKI UREDJAJ

Po jedan kormilarski uredjaj u svakom krmenom piku.

Plošno kormilo, vratilo, statvena cijev s ležajevima i šupernicom, rudo - nehrdjajući čelik.

Jedna ručna hidraulička pumpa pogonjena kormilarskim točkom u kokpitu, dvojni cjevovod i do hidrauličkih cilindara na rudama kormila.

Pokazivač otklona, na konzoli u kokpitu.

## 6. STROJNI UREDJAJ

### 6.1 Porivni motori

Motorni poriv jedrilice rješen je s po jednim diesel motorom u svakom trupu s kojih se snaga poriva do broskog vijka (za jedrilice) prenosi Z-prijenosom ("Sail Drive").

Snaga pojedinog motora na radilici: 29,1 kW.

Motori su temeljni na aluminijske temelje zavarene za strukturu dna trupova. Prolaz vertikalnog kraka Z-prijenosa je prirubničkim spojem na cijev - bunar zavaren za oplatu dna.

### 6.2 Sustav goriva

Po jedan tank goriva u svakoj strojarnici, kapaciteta 500 litara.

Tankovi su nestrukturni, materijal AISI 316.

Tankovi su opremljeni priključcima za punjenje, odušivanje, predaju goriva motorima i povrat goriva od motora.

U tankove su ugrađeni senzori razine, s pokazivačima na konzoli skipera u kokpitu.

### 6.3 Sustav hladjenja

Vanjski krug hladjenja: morska voda od usisnog oplatnog ventila do pumpe na motoru.

Izlaz vanjskog kruga hladjenja u mokri ispuh motora.

### 6.4 Ispuh

Mokri ispuh, na vanjski bok trupa.

### 6.5 Izolacija i protupožar strojarnice

Strojarnica se prema prostorima u trupu izolira protupožarnom i zvučnom izolacijom.

Ugrađeni sustav gašenja požara rješava se PP ampulom, s javljačima dima i temperature koji su spojeni na alarme u pultu salona i na konzoli u kokpitu.

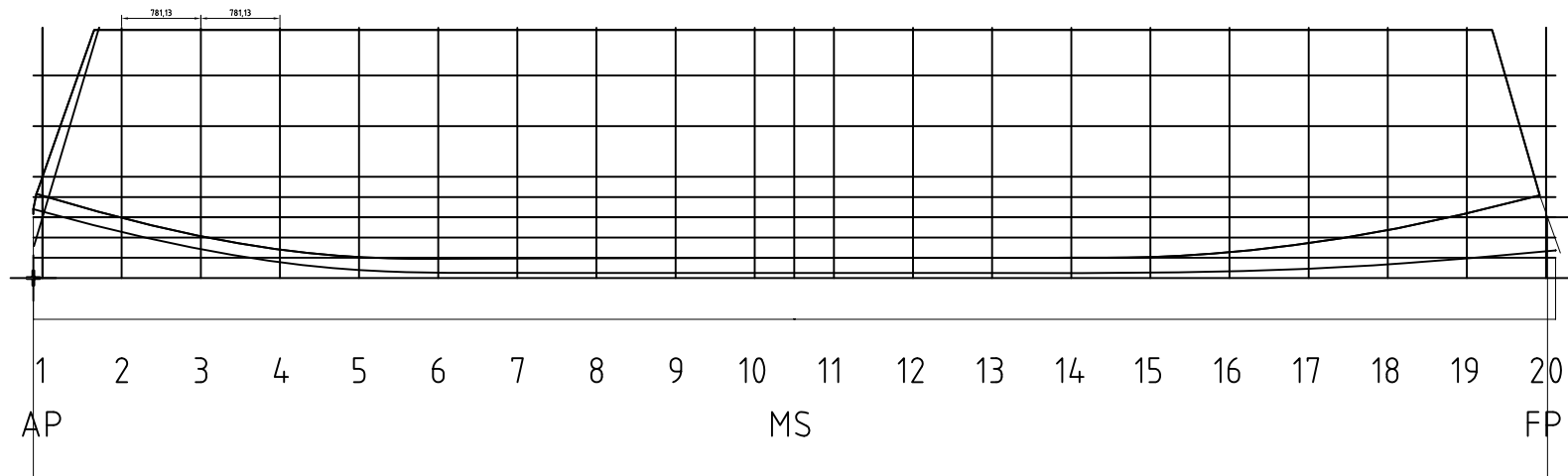
## 7. ELEKTRIČNA OPREMA

Mreža na jahti je 12/24 V DC.

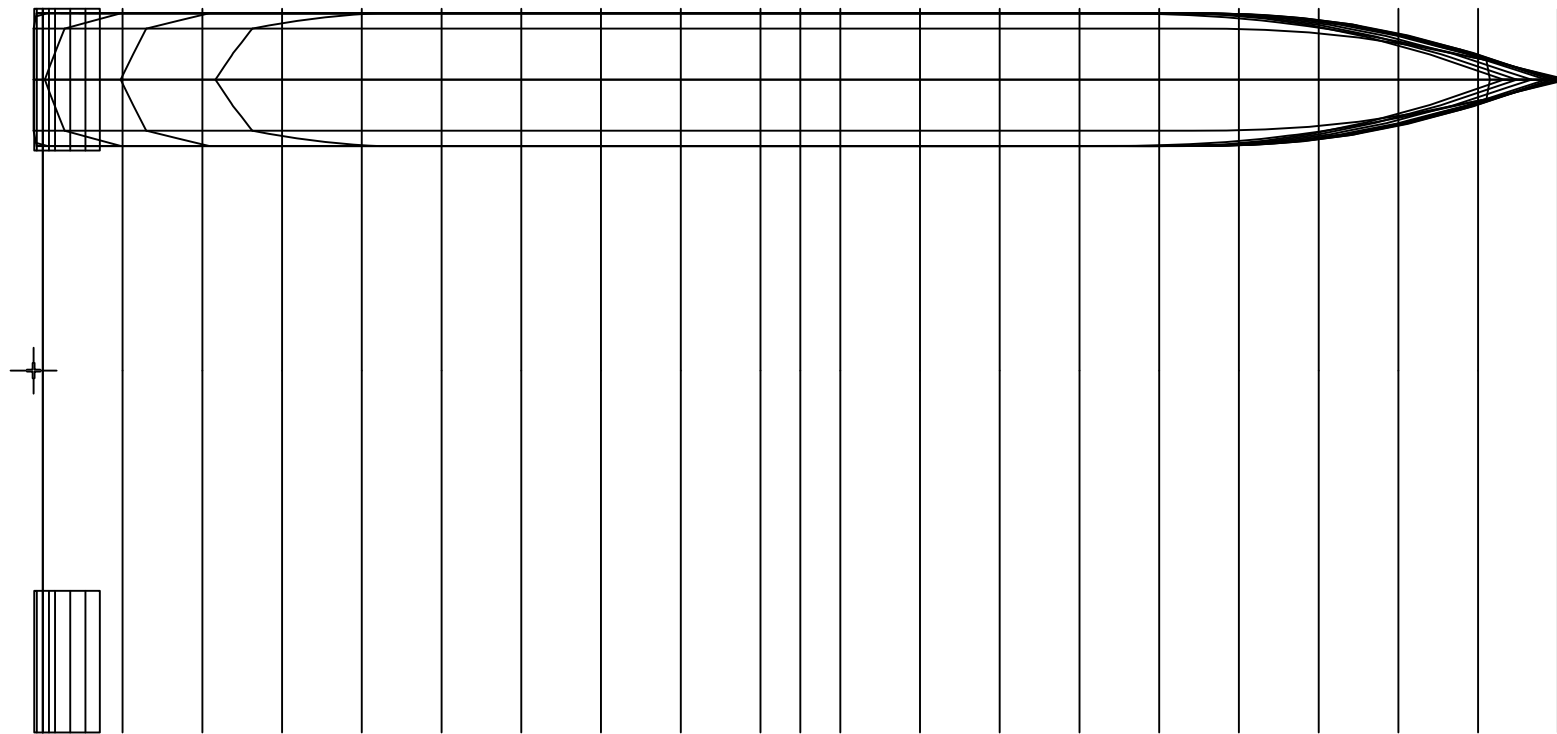
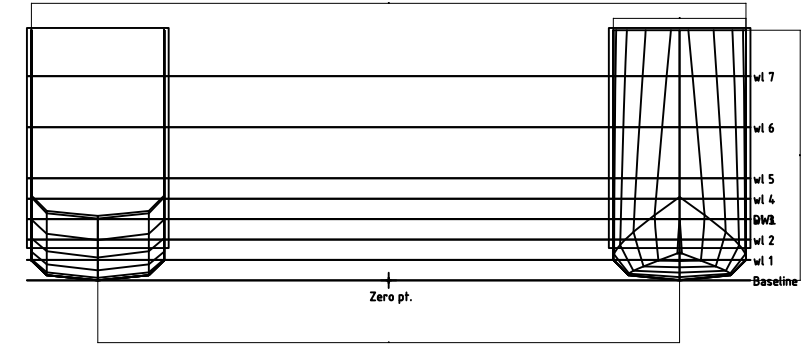
Napajanje svih potrošača s grupa baterija: opća služba i služba u nužnosti.

Punjenje baterija: mali diesel agregat na brodu i obalni priključak - punjač.





wl 7  
 wl 6  
 wl 5  
 wl 4  
 wl 3  
 wl 2  
 wl 1  
 Baseline



PROTOTIP  
 LINIJE  
 M 1:75

## PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Napomena:

Proračun je proveden za 5 sekcija katamarana prema Pravilima Bureau Veritasa, za certifikaciju i klasifikaciju jahti. Prikazani su sažeti rezultati za sve sekcije te proračun za jednu sekciju. Ostale sekcije su proračunate analognim postupkom.

## CH 5 STRUCTURE DESIGN AND CALCULATION PRINCIPLES FOR STEEL AND ALUMINIUM

## S1 GENERAL REQUIREMENTS AND CHARACTERISTICS

## 2.2 Aluminium alloys

## 2.2.1 Application

The characteristics of aluminium alloys to be used in the construction are to comply with the applicable

- NR216 Rules on Materials and Welding
- NR561 Hull in Aluminium Alloys.

Materials with different characteristics may be accepted, provided their specification (manufacture, chemical composition, mechanical properties, welding, etc.) is submitted to the Society for approval.

**NR 561****Hull in Aluminium Alloys,****Design Principles, Construction and Survey**

## S2 SECTION 2 MATERIALS

## Symbols

E : Young's modulus of aluminium, equal to 70000 N/mm<sup>2</sup>

v : Poisson ratio of aluminium, equal to 0,33

R<sub>m</sub> : Tensile strength, in N/mm<sup>2</sup>, of the parent metal in elivery condition, as specified

R<sub>p0,2</sub> : Proof stress (yield strength), in N/mm<sup>2</sup>, of the parent metal in delivery condition, as specified

R'<sub>m</sub> : Tensile strength, in N/mm<sup>2</sup>, of the parent metal in as-welded condition, as defined in [2.1.3] or [2.1.4]

R'<sub>p0,2</sub> : Proof stress (yield strength), in N/mm<sup>2</sup>, of the parent metal in as-welded condition, as defined in [2].

## 1 General

## 1.1 Application

## 1.1.1 As a rule, the aluminium alloys used for the construction of aluminium ships are as follows:

- For rolled or extruded products:
  - series 5000: aluminium-magnesium alloy
  - series 6000: aluminium-magnesium-silicon alloy
- For cast products:
  - aluminium-magnesium alloy
  - aluminium-silicon alloy
  - aluminium-magnesium-silicon alloy.

In the early stages of the project, the shipyard is to submit to the Society the characteristics of the materials they intend to use for the construction of the hull and of the structures. In particular, the temper of parent metal is to be indicated.

## 1.1.2 Manufacture, inspection and certification

The general requirements relevant to the manufacture, inspection and certification of aluminium alloy products entering in the hull construction are given in NR216 Rules on Materials and Welding for the Classification of Marine Units.

## 1.1.3 Aluminium alloy characteristics

The characteristics of aluminium alloy to be used in the construction are to comply with the applicable requirements of NR216 Materials and Welding, Ch 3, Sec 2. Materials with different characteristics may be considered provided their specification (manufacture, chemical composition, mechanical properties, welding, etc.) is submitted to the Society for approval.

## 1.1.4 1.1.4 In the case of structures subjected to low service temperatures or intended for other specific applications, the alloys to be employed are to be agreed by the Society.

## 2 Aluminium structure

## 2.1 Influence of welding on mechanical characteristics

2.1.1 Welding heat input lowers locally the mechanical characteristics R<sub>p0,2</sub> and R<sub>m</sub> of aluminium alloys hardened by work hardening (series 5000 other than condition O) or by heat treatment (series 6000).

## 2.1.2 Consequently, where necessary, a drop in the mechanical characteristics of welded structures, with respect to those of the parent material, is to be considered for the structure calculation. As a general rule, the heat affected zone (HAZ) is to be taken extending over 25 mm on each side of the weld axis.

## 2.1.3 Aluminium alloys of series 5000 (rolled and extruded)

Aluminium alloys of series 5000 in O condition (annealed) are not subject to a drop in mechanical strength in the welded areas. Aluminium alloys of series 5000 other than condition O are subject to a drop in mechanical strength in the welded areas. The mechanical characteristics to be considered are normally those of condition O.

Note 1: Higher mechanical characteristics may be taken into account, provided they are duly justified.

#### 2.1.4 Aluminium alloys of series 6000

Aluminium alloys of series 6000 are subject to a drop in mechanical strength in the vicinity of the welded areas. The mechanical characteristics to be considered in this HAZ are normally indicated by the supplier. When no information is provided by the supplier, the values given in Tab 1 may be used.

Note 1: Higher mechanical characteristics may be taken into account, provided they are duly justified.

#### 2.1.5 Hardened aluminium alloys

For welded constructions in hardened aluminium alloys (series 5000 other than condition O and series 6000), higher characteristics than those in welded condition may be considered, provided that welded connections are located in areas where stress levels are acceptable for the alloy considered in annealed or as-welded condition.

#### 2.3 Material factor k

##### 2.3.1 The scantling of structure element is based on an aluminium alloy in welded condition of minimum yield stress $R'_{lim}$ equal to 100 N/mm<sup>2</sup>. A material factor k, used on the scantling formula to take into account aluminium alloy in welded condition with her values of minimum yield stress, is to be taken equal to:

$$k=100/R'_{lim}$$

where:

$R'_{lim}$  : Minimum yield stress of the aluminium alloys considered, to be taken equal to the minimum value, in welded condition, between  $R'_{p0,2}$  (proof stress) and  $0,7 R'_m$  (tensile strength).

##### 2.3.2 In the case of welding of two different aluminium alloys, the material factor k to be considered for the scantlings is the greater material factor of the aluminium alloys of the assembly.

#### 2.4 Minimum yield stress for scantling criteria of hull structure

##### 2.4.1 The minimum yield stress of aluminium $R_y$ , in N/mm<sup>2</sup>, used for the scantling criteria of the hull structure is to be taken, unless otherwise specified, equal to:

$$R_y=100/k$$

where:

k : Material factor defined in [2.3.1].

#### 2.5 Aluminium properties

##### 2.5.1 Mechanical properties of aluminium alloys are to comply with the applicable requirements of NR216 Materials and Welding.

Material used for plating and primary stiffeners:

EN 5083 O/H111

Material used for secondary stiffeners:

EN 6082 T6

CH6

S1 SECTION 1 RULE ADMISSIBLE STRESSES AND SAFETY COEFFICIENTS

1 Application

1.1 General

1.1.1 The requirements of the present section are applicable to structural members of hull and superstructures of yachts built, totally or partly, in steel or in aluminium alloys.

2 General

2.1 Characteristics of materials

2.1.1 Steel and aluminium

The mechanical characteristics of steel and aluminium alloys used in the construction are to be comply with Ch 5,

2.2 Rule scantling criteria

2.2.1 The rule scantling criteria are defined by a minimum:

- admissible stresses for local and global hull structure scantling check, and
- safety coefficient for hull structure buckling check.

2.2.2 Admissible stresses

The admissible stress levels are dependent on:

- the type of loads applied, and
- the type of hull structure element considered

2.2.3 2.2.3 Safety coefficient

The actual safety coefficient calculated for the hull structure buckling check is to be taken equal to the ratio between the buckling critical stress determined according to Ch 5, Sec 3 for the platings and Ch 5, Sec 4 for the stiffeners and the actual stress induced in the considered element.

## 3 Stress notations

## 3.1 General

3.1.1 As a rule, the notations used for the stresses are:

$\sigma$  : Bending, compression or tensile stress

$\tau$  : Shear stress.

3.1.2 Following index are used depending on type of stress considered:

am : Rule admissible stress values

gl : Stresses resulting from global loads as defined

in Ch 4, Sec 2 and global strength analysis as defined in Ch 5, Sec 2

loc : Stresses resulting from local loads as defined in Ch 4, Sec 3 and in Ch 4, Sec 4

VM : Combined stress calculated according to Von Mises criteria.

## 5 Aluminium alloys

## 5.1 Admissible stresses

5.1.1 The rule admissible stresses for aluminium alloys are defined in Tab 2 and are based on a proof stress (yield strength) value  $R'p_{0,2}$ , after welding, taken equal to 100 Mpa and a material factor K as defined in NR561 Hull in Aluminium Alloys, Section 2.

5.1.2 For specific component of the structure, different rule admissible stress values may be taken. In such a case, these specific values are indicated in the dedicated parts of the present Rules, dealing with the specific component under consideration.

**Table 2 : Admissible stresses for aluminium structures**

Type of stress considered	Structural component considered	Design admissible stress (N/mm <sup>2</sup> )
Global stress induced by longitudinal hull girder loads and by hull girder torque for multi hull (I)	Plating	$\sigma_{glam} = 0,5.100 / k$
		$\tau_{glam} = 0,45.100 / k$
	Stiffeners	$\sigma_{glam} = 0,5.100 / k$
		$\tau_{glam} = 0,45.100 / k$
Safety factor for buckling - plating and stiffeners		SF = 1,6
Local stress induced by local hydrodynamic loads and by concentrated forces (I)	Plating	$\sigma_{locam} = 0,75.100 / k$
		$\sigma_{locam} = 0,7.100 / k$
	Stiffeners	$\tau_{locam} = 0,45.100 / k$
		SF = 1,6
Von Mises stress		$\sigma_{VMam} = 0,8.100 / k$
Local stress induced by slamming loads on bottom or by impact pressure on side shells	Plating	$\sigma_{locam} = 0,8.100 / k$
	Stiffeners	$\sigma_{locam} = 0,75.100 / k$
		$\tau_{locam} = 0,5.100 / k$
Local stress induced by tank testing loads or by exceptional damage loads	Plating	$\sigma_{locam} = 0,9.100 / k$
	Stiffeners	$\sigma_{locam} = 0,9.100 / k$
		$\tau_{locam} = 0,5.100 / k$
(I) Admissible stress values indicated in above Table may be increased by 10% when a Finite Element Calculation is submitted to the Society.		



Material used for plating and primary stiffeners:

EN **5083 O/H111**

Mechanical properties :

Rm	Rp0.2	Rm'	R'lim	k
275,00	125,00	275,00	125,00	0,80

Admissible stresses

Global stress induced by longitudinal hull girder loads and by hull girder torque for multi hull

*Plating*

$\sigma_{\text{glam}}$	<b>62,50</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{glam}}$	<b>56,25</b>	N/mm <sup>2</sup>

*Stiffeners*

$\sigma_{\text{glam}}$	<b>62,50</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{glam}}$	<b>56,25</b>	N/mm <sup>2</sup>

Local stress induced by local hydrodynamic loads and by concentrated forces

*Plating*

$\sigma_{\text{locam}}$	<b>93,75</b>	N/mm <sup>2</sup>
-------------------------	--------------	-------------------

*Stiffeners*

$\sigma_{\text{locam}}$	<b>87,50</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{locam}}$	<b>56,25</b>	N/mm <sup>2</sup>

Local stress induced by slamming loads on bottom or by impact pressure on side shells

*Plating*

$\sigma_{\text{locam}}$	<b>100,00</b>	N/mm <sup>2</sup>
-------------------------	---------------	-------------------

*Stiffeners*

$\sigma_{\text{locam}}$	<b>93,75</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{locam}}$	<b>62,50</b>	N/mm <sup>2</sup>

Material used for secondary stiffeners:

EN **6082 T6**

Mechanical properties :

Rm	Rp0.2	Rm'	R'lim	k
310,00	260,00	186,00	130,20	0,77

Admissible stresses

Global stress induced by longitudinal hull girder loads and by hull girder torque for multi hull

*Stiffeners*

$\sigma_{\text{glam}}$	<b>65,10</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{glam}}$	<b>58,59</b>	N/mm <sup>2</sup>

Local stress induced by local hydrodynamic loads and by concentrated forces

*Stiffeners*

$\sigma_{\text{locam}}$	<b>91,14</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{locam}}$	<b>58,59</b>	N/mm <sup>2</sup>

Local stress induced by slamming loads on bottom or by impact pressure on side shells

*Stiffeners*

$\sigma_{\text{locam}}$	<b>97,65</b>	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{\text{locam}}$	<b>65,10</b>	N/mm <sup>2</sup>

CH4 Chapter 4 Design loads  
 S3 Section 3 Local loads

1.1 General

1.1.1 The structure of the bottom and the side shell of yachts are to be checked taking into account the external wave loads and the external dynamic loads.

The internal local loads induced by flooding are only considered for the scantling of ordinary watertight bulkheads and are defined in Ch 4, Sec 4, [4].

1.2 Definition and application

1.2.1 Wave loads

The wave loads,  $P_s$ , are the hull loads due to wave pressure and ship motions and are calculated on the basis of the wave parameter  $CW$  defined in [2].

These wave loads are to be calculated for the scantling of the bottom and the side shell of all type of yachts.

1.2.2 Dynamic loads

The dynamic loads,  $P_{sl}$  and  $P_{smin}$ , are loads which have a duration much shorter than the period of wave loads and are constituted by:

- bottom slamming pressures ( $P_{sl}$ ): to be calculated for the scantling of the bottom of high speed motor yachts (see [3.3.3]) and of sailing yacht of monohull type (see [3.3.4])
- side shell impacts and under cross deck impact for catamaran ( $P_{smin}$ ): to be calculated for the scantling of the side shell of all type of yacht and for the scantling of the cross deck of catamaran (see

Figure 2 : Load areas and coefficient  $X_i$  for the external side shell and bottom sea pressure

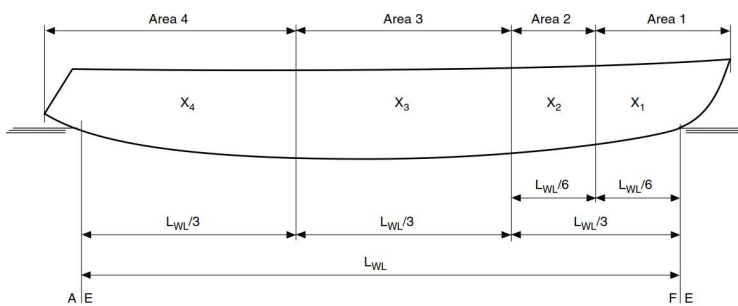
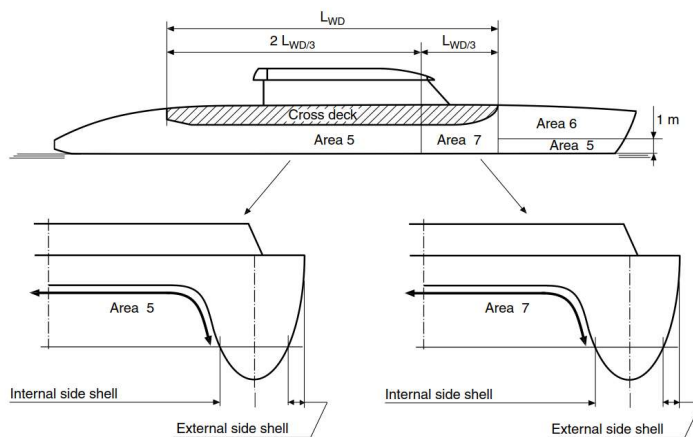


Figure 7 : Load areas for the impact pressure on internal side shell on catamaran



NOTE: According to figure 2. and figure 7. , the scantling calculation is carried out for five sections, so that each combination of zones and their perspective loads are taken into account for scantlings. The position of zones are shown bellow on FIGURE. 1. ZONES.

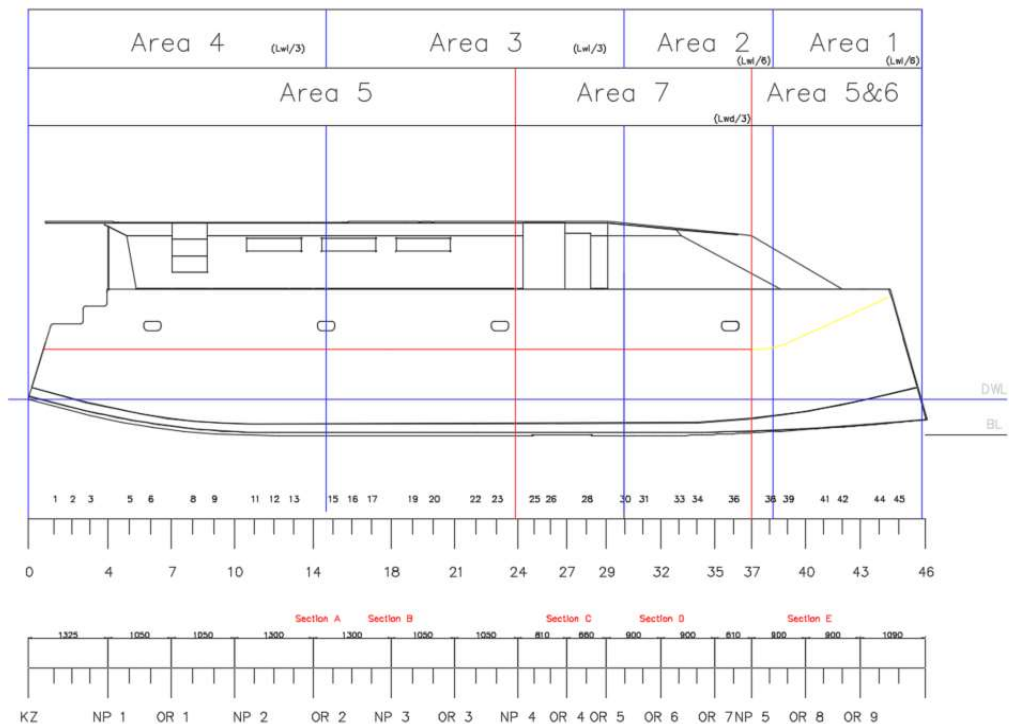


FIGURE 1. Zones

Notes:

Cross deck is a grillage consisting of two plate panels. The lower plate has a thickness of 6 mm, while the upper face has a thickness of 4mm. Girders are placed in longitudinal and transverse manner between the two plates. The upper plate will be welded onto longitudinal and transverse girders using slot welding.

Cross Deck Transverse frames T 100x6/60x8\* section modulus is calculated as if it were an I section, due to the attached plating on both sides of the frame. [see FIGURE 2.]

Overall summary of all sections is given below, actual values are compared to maximum minimal values of all sections.

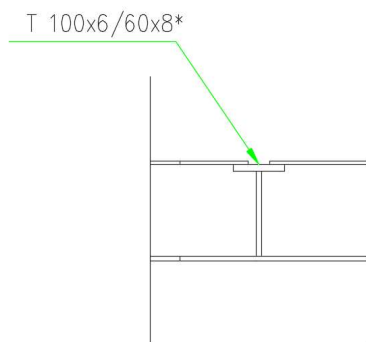


FIGURE 2. T 100x6/ 60x8\*

## Overall summary

Thickness	t_actua tmin			
Bottom	5,00	2,14	mm	Pass
Inner Side	5,00	4,27	mm	Pass
Outer Side	5,00	3,49	mm	Pass
Cross Deck	6,00	4,82	mm	Pass
Deck	4,00	1,95	mm	Pass
Superstructure Roof	4,00	1,95	mm	Pass
Superstructure Side	4,00	2,27	mm	Pass
Superstructure Aft	4,00	2,27	mm	Pass

## Ordinary stiffeners

		Zactual Zmin			Aactual A min			
Bottom	FB 60x5	6,15	4,97	cm <sup>3</sup>	3,00	0,36	cm <sup>2</sup>	Pass
Inner side	FB 75x6	11,14	8,68	cm <sup>3</sup>	4,50	0,65	cm <sup>2</sup>	Pass
Outer side	FB 75x6	11,14	5,66	cm <sup>3</sup>	4,50	0,43	cm <sup>2</sup>	Pass
Cross deck	FB 100x6	19,72	10,02	cm <sup>3</sup>	6,00	0,75	cm <sup>2</sup>	Pass
Cross deck f.	FB 75x6	11,54	6,36	cm <sup>3</sup>	4,50	0,50	cm <sup>2</sup>	Pass
Deck	FB 50x4	3,49	3,03	cm <sup>3</sup>	2,00	0,22	cm <sup>2</sup>	Pass
Roof	FB 50x5	4,32	3,03	cm <sup>3</sup>	2,50	0,22	cm <sup>2</sup>	Pass
Side	FB 50x5	4,32	4,10	cm <sup>3</sup>	2,50	0,29	cm <sup>2</sup>	Pass
Aft	FB 40x4	2,32	0,53	cm <sup>3</sup>	1,60	0,09	cm <sup>2</sup>	Pass

## Primary stiffeners

		Zactual Zmin			Aactual A min			
Bottom	T 80x5/40x5	25,51	15,71	cm <sup>3</sup>	6,00	1,13	cm <sup>2</sup>	Pass
Inner side	T 100x5/70x8	70,00	59,43	cm <sup>3</sup>	10,60	2,72	cm <sup>2</sup>	Pass
Outer side	T 100x5/70x8	70,00	52,11	cm <sup>3</sup>	10,60	2,36	cm <sup>2</sup>	Pass
Cross deck	<b>T 100x6/60x8*</b>	284,23	199,96	cm <sup>3</sup>	32,40	4,24	cm <sup>2</sup>	Pass
Cross deck f.	T 100x6/60x8	65,79	37,28	cm <sup>3</sup>	10,80	1,58	cm <sup>2</sup>	Pass
Deck	T 60x5/40x5	17,22	6,18	cm <sup>3</sup>	5,00	0,45	cm <sup>2</sup>	Pass
Deck 2	T 60x5/40x8	24,50	20,25	cm <sup>3</sup>	6,20	0,45	cm <sup>2</sup>	Pass
Roof	T 60x5/40x8	24,02	22,41	cm <sup>3</sup>	6,20	0,95	cm <sup>2</sup>	Pass
Super Side	T 70x5/40x8	29,43	15,79	cm <sup>3</sup>	6,70	0,94	cm <sup>2</sup>	Pass

## Longitudinal girders

Cross deck	T 100x6/60x8	66,40	58,83	cm <sup>3</sup>	10,80	2,03	cm <sup>2</sup>	Pass
Deck	T 100x5/40x5	35,05	34,55	cm <sup>3</sup>	7,00	1,19	cm <sup>2</sup>	Pass
Roof	T 120x6/60x8	80,33	16,68	cm <sup>3</sup>	12,00	0,62	cm <sup>2</sup>	Pass

## Bulkheads

## Thickness

Watertight	4,00	2,01	mm	Pass
Collision	5,00	3,52	mm	Pass

## Ordinary stiffeners

		Zactual Zmin			Aactual A min			
Watertight	FB 50x4	3,49	3,20	cm <sup>3</sup>	2,00	0,12	cm <sup>2</sup>	Pass
Collision	FB 75x6	11,25	9,84	cm <sup>3</sup>	4,50	0,41	cm <sup>2</sup>	Pass

**SECTION A**

Location 3425 mm from AP

Outer side area	4,00
Inner side area	5,00
Fr. Spacing	1,30 m

**Section summary****Thickness** t\_actual tmin

Bottom	5,00	2,14	mm	Pass
Inner Side	5,00	3,52	mm	Pass
Outer Side	5,00	2,78	mm	Pass
Cross Deck	6,00	3,99	mm	Pass
Deck	4,00	1,95	mm	Pass
Superstructure Roof	4,00	1,95	mm	Pass
Superstructure Aft	4,00	2,27	mm	Pass
Superstructure Side	4,00	2,27	mm	Pass

**Ordinary stiffeners**

		Zactual	Zmin		Aactual	A min		
Bottom	FB 60x5	6,15	4,97	cm <sup>3</sup>	3,00	0,36	cm <sup>2</sup>	Pass
Inner side	FB 75x6	11,14	8,68	cm <sup>3</sup>	4,50	0,48	cm <sup>2</sup>	Pass
Outer side	FB 75x6	11,14	5,66	cm <sup>3</sup>	4,50	0,41	cm <sup>2</sup>	Pass
Cross deck	FB 100x6	19,72	10,02	cm <sup>3</sup>	6,00	0,50	cm <sup>2</sup>	Pass
Deck	FB 50x4	3,49	3,03	cm <sup>3</sup>	2,00	0,22	cm <sup>2</sup>	Pass
Roof	FB 50x5	4,32	3,03	cm <sup>3</sup>	2,50	0,22	cm <sup>2</sup>	Pass
Aft	FB 40x4	2,32	0,53	cm <sup>3</sup>	1,60	0,09	cm <sup>2</sup>	Pass
Side	FB 50x5	4,32	4,10	cm <sup>3</sup>	2,50	0,29	cm <sup>2</sup>	Pass

**Primary stiffeners**

		Zactual	Zmin		Aactual	A min		
Bottom	T 80x5/40x5	25,51	15,71	cm <sup>3</sup>	6,00	1,13	cm <sup>2</sup>	Pass
Inner side	T 100x5/70x8	70,00	58,85	cm <sup>3</sup>	10,60	2,69	cm <sup>2</sup>	Pass
Outer side	T 100x5/70x8	70,00	52,11	cm <sup>3</sup>	10,60	2,36	cm <sup>2</sup>	Pass
Cross deck	<b>T 100x6/60x8*</b>	284,23	195,52	cm <sup>3</sup>	32,40	4,15	cm <sup>2</sup>	Pass
Deck	T 60x5/40x5	17,22	6,18	cm <sup>3</sup>	5,00	0,44	cm <sup>2</sup>	Pass
Roof	T 60x5/40x8	24,02	22,41	cm <sup>3</sup>	6,20	0,95	cm <sup>2</sup>	Pass
Side	T 70x5/40x8	29,43	15,79	cm <sup>3</sup>	6,70	0,94	cm <sup>2</sup>	Pass

- 2 Wave loads on bottom and side shell 0,00
- 2.1 Wave load calculation
- 2.1.1 The wave loads on bottom and side shell are to be taken into account for the platings, secondary stiffeners and primary stiffeners scantling of all type of yacht.
- 2.1.2 The wave loads values, in kN/m<sup>2</sup>, in the different areas of the hull defined in Fig 2, are to be calculated by the following formula:

$$P_s = 9.807 n \left[ T + \left( \frac{C_w}{X_i} + h_2 \right) - z \right] \geq P_{dmin}$$

Where:

**Pdmin** Minimum sea pressure on exposed deck, in KN/m<sup>2</sup>, on the considered area, as defined in Ch 4, Sec 4, [1.1.2]

**1.1.2 [4.4] Minimum sea pressure**

The minimum sea pressure Pdmin, in kN/m<sup>2</sup>, is to be determined according the following formulae:

in areas 1 and 2: Pdmin = 19,6 n φ1 φ2 φ3 ≥ 7

in areas 3 and 4: Pdmin = 17,6 n φ1 φ2 φ3 ≥ 5

area 4

or exposed decks not accessible to passengers or crew members: Pdmin = 3 KN/m<sup>2</sup>

**φ1** Reduction coefficient depending of the location of the considered deck with respect to the full load waterline:

for freeboard deck(m), as defined in Ch 2, Sec 3, [2.2.1]: φ1 = 1,00

φ1 1,00

**φ2** Coefficient taken equal to:

- 0,42 if LWL < 50 m

- LWL/120 if L ≥ 50 m

φ2 0,42

**φ3** Reduction coefficient, to be taken equal to 0,7, when the exposed deck is partially protected and not directly exposed to green sea effect

φ3 1,00

**C<sub>w</sub>** : Wave height, in m, to be taken equal to:

- CW = 10 log (LW) – 10 for LW ≥ 18 m

- CW = 0,065 LW + 1,5 for LW < 18 m

Pdmin 7,39 kN/m<sup>2</sup>

C<sub>w</sub> 2,49 m

**L<sub>w</sub>** : Wave length, in m, to be taken equal to:

L<sub>w</sub> = 0,5 (LWL + LHULL )

LWL 14,90 m

LHULL 15,50 m

L<sub>w</sub> 15,20 m

**Xi**

Wave load coefficient, defined in Tab 1, in relation to the area considered

Xi 2,5

**Table 1 : Wave load coefficients**

Type of yachts	Area 4 X <sub>4</sub>	Area 3 X <sub>3</sub>	Area 2 X <sub>2</sub>	Area 1 X <sub>1</sub>
Monohull motor yacht	2,8	2,2	1,9	1,7
Monohull sailing yacht	2,2	1,9	1,7	1,4
Multihull motor yacht	2,8	2,2	1,9	1,4
Multihull sailing yacht	2,5	2,2	1,7	1,2

**z** : Height, in m, of the calculation point, measured as defined in Fig 1 in relation to the type of yacht

**h2** : Distance in m, equal to:

- for bottom and external side shell of hull:

h2 = 0

- for internal side shell of catamaran and bottom of cross deck of catamaran:

$$h_2 = \frac{B_w \left( T + \frac{C_w}{X_i} \right) C_B}{B_i}$$

Where:

**B<sub>w</sub>** : Breadth at full load waterline at considered transverse section (see Fig 3)

B<sub>w</sub> 1,30 m

**B<sub>i</sub>** : Distance between internal side shells at waterline at considered transverse section, in m,

B<sub>i</sub> 5,00 m

Wave loads				Ps	
		h2	z		
Bottom		0,00	0,00	Ps_bottom	15,64 kN/m <sup>2</sup>
External shell	lower pt.	0,00	0,00	Ps_outer_side_low	15,64 kN/m <sup>2</sup>
	upper pt.	0,00	2,20	Ps_outer_side_up	7,39 kN/m <sup>2</sup>
Internal shell	lower pt.	0,27	0,00	Ps_inner_side_low	18,31 kN/m <sup>2</sup>
	upper pt.	0,27	2,20	Ps_inner_side_up	7,39 kN/m <sup>2</sup>
Cross deck		0,27	0,85	Ps_cross_deck	9,97 kN/m <sup>2</sup>

3 Dynamic loads

3.1 General

3.1.1 Dynamic loads are to be taken into account in the following cases:

- For bottom slamming: for platings, secondary stiffeners and primary stiffeners in bottom area (where slamming may occur) of high speed motor yacht and of sailing yacht of monohull type
- For side shell and cross deck impact: for platings and secondary stiffeners in side shell of all type of yacht and in cross deck areas for catamarans.

3.4 Side shell and cross deck impacts

3.4.1 General

The side shell impacts are to be considered for all type of yacht and are to be determined as indicated in [3.4.2]. The side shell and cross deck impacts considered for catamaran are to be determined as indicated in [3.4.3].

Note 1: For information, this type of impact pressure represents the local wave impact load acting on the hull, independently of yacht motion, and is considered as locally distributed like a water column of 0,6 m diameter.

3.4.3 Catamaran

The impact pressure psmin, in kN/m2, acting on the external side shell is to be not less than the value defined in [3.4.2].

3.4.2 Monohull

The impact pressure psmin, in kN/m2, acting on the side shell of monohull is to not be less than:

- in areas 1 and 2 (as defined in Fig 2), between the full load waterline and 1 m above: psmin = 80 n K2

- elsewhere:

psmin = 50 n K2

where:

K2: Coefficient defined in [3.2.3].

3.2.3 Area factor K2 for all type of yacht

The factor K2 is a coefficient taking into account the dimension and the material of the structure element submitted to bottom slamming load or side shell and cross deck impact. This factor is defined by the following formula:

$$K_2 = 0,455 - 0,35 \cdot \frac{u^{0,75} - 1,7}{u^{0,75} + 1,7} > K_{2min}$$

With:

$$u = 100 \cdot \frac{S_a}{S_r}$$

Where:

sa : Area, in m2, supported by the element (plating, stiffener, floor or bottom girder)

Note 1: For plating, the supported area is the spacing between the stiffeners multiplied by their span (the span is not to be taken more than three times the spacing between the stiffeners).

Sr : Reference area, in m2, equal to:

$$S_r = 0,7 \cdot \frac{\Delta}{T}$$

Δ 7,79 t

Note 2: For catamaran, Δ is to be taken as half of the total displacement.

Sr 9,09 m<sup>2</sup>

with K2min :

- a) For steel and aluminium structure, and for glass sidescuttle:  
 K2min = 0,50 for plating and side scuttle  
 K2min = 0,45 for ordinary stiffeners  
 K2min = 0,35 for primary stiffeners  
 The impact pressure p<sub>smin</sub>, in kN/m<sup>2</sup>, acting on the internal side shell and on the underside of cross deck is to be not less than the following values taking into account location areas shown on Fig 7:
- in area 5: p<sub>smin</sub> = 80 n K2
  - in area 6: p<sub>smin</sub> = 50 n K2
  - in area 7: p<sub>smin</sub> = 120 n K2
- where:  
 K2 : Coefficient defined in [3.2.3].

impact loads								
plating [Note1]	s (spacing)	l (span)	Sa	u	K2		plating	p <sub>smin</sub>
Outer Side shell	0,26	0,78	0,20	2,23	0,50	external		25,00 kN/m <sup>2</sup>
Internal shell	0,26	0,78	0,20	2,23	0,50	internal		40,00 kN/m <sup>2</sup>
Cross Deck	0,30	0,90	0,27	2,97	0,50			40,00 kN/m <sup>2</sup>
ordinary stiffeners								
s (spacing)	l (span)	Sa	u	K2				
Outer Side shell	0,23	1,30	0,29	3,22	0,45	external		22,50 kN/m <sup>2</sup>
Internal shell	0,26	1,30	0,34	3,72	0,45	internal		36,00 kN/m <sup>2</sup>
Cross Deck	0,30	1,30	0,39	4,29	0,45			36,00 kN/m <sup>2</sup>

4 SECTION 4  
 LOCAL LOADS ON DECKS, SUPERSTRUCTURES, WATERTIGHT BULKHEADS AND TANKS

1 Local loads on decks

1.1 Exposed decks

1.1.1 Sea pressure

The sea pressure on any point of exposed deck, in kN/m<sup>2</sup>, is to be determined as follow:

$$P_s = (p_0 - z_D 9.807) \varphi_1 \varphi_3 \geq P_{dmin}$$

φ<sub>1</sub> : Reduction coefficient depending of the location of the considered deck with respect to the full load waterline:

- for freeboard deck(m), as defined in Ch 2, Sec 3, [2.2.1]: φ<sub>1</sub> = 1,00
- for the first deck just above the freeboard deck(m): φ<sub>1</sub> = 0,75
- for the decks above: φ<sub>1</sub> = 0,50

φ<sub>1</sub> 1,00

φ<sub>3</sub> : Reduction coefficient, to be taken equal to 0,7, when the exposed deck is partially protected and not directly exposed to

φ<sub>2</sub> 1,00

p<sub>0</sub> : Taken equal to the sea bottom pressure P<sub>S</sub> in the considered area, in kN/m<sup>2</sup>, calculated according to Ch 4, Sec 3, [2.1.2] with: z = 0

p<sub>0</sub> 15,64

z<sub>D</sub> : Vertical distance, in m, between the deck at side at the considered transverse section and:

- the full load waterline for sailing yacht monohull
- the baseline for other type of yacht

z<sub>D</sub> 2,20 m

P<sub>dmin</sub> : Minimum sea pressure on deck as defined in [1.1.2].

P<sub>dmin</sub> 7,39 kN/m<sup>2</sup>

plating Ps  
 Ps\_deck 7,39 kN/m<sup>2</sup>

1.1.3 Primary deck structure

The sea pressure of primary structure of exposed deck calculated according to [1.1.1] may be reduced by the following value:

$$(1 - 0,05 l) > 0,8$$

where:

l : Length, in m, of the primary stiffener.

l 1,30 m  
 reduction 0,94

primary stiffeners Ps  
 Ps\_deck\_PS 6,91 kN/m<sup>2</sup>



**Superstructure loads**

1.2 Accommodation decks

1.2.1 The pressure on accommodation decks is to be not less than:

- in large spaces (lounges, cinema, restaurant, kitchens, etc.):  $p_s = 5 \text{ kN/m}^2$
- in cabins:  $p_s = 3 \text{ kN/m}^2$
- in technical spaces and machinery spaces:  $p_s = 10 \text{ kN/m}^2$

Superstructure deck (Roof)

plating  $P_s$   
 $P_{s\_roof} = 7,39 \text{ kN/m}^2$

2 Local loads on superstructures

2.1 Sea pressure on superstructure decks

2.1.1 The sea pressure on superstructure decks is to be determined according to [1].

primary stiffeners  $P_s$   
 $P_{s\_roof\_PS} = 6,91 \text{ kN/m}^2$

2.2 Sea pressure on superstructure walls

2.2.1 The sea pressure of the exposed walls of superstructures and deckhouses, in  $\text{kN/m}^2$ , is to be determined as follow:

$$p_s = 7 \cdot a \cdot c \cdot n \cdot (b \cdot f - z_s) \geq P_{s\_min}$$

where:

a : Coefficient given in Tab 1

**Table 1 : Coefficient a**

Location		a
Front wall	First tier (1)	$2,0 + L_{wl} / 120$
	2nd tier and above (2)	$1,0 + L_{wl} / 120$
Aft wall		$0,5 + L_{wl} / 1000$
Side walls		$0,5 + L_{wl} / 150$
(1) First tier is that which is directly situated above the Free Board deck <sup>(m)</sup>		
(2) The 2nd tier is that which is situated above the first tier, and so on.		

$a_{aft} = 0,51$

$a_{side} = 0,60$

c : Coefficient equal to:

- for monohull motor yacht:  $c = 0,3 + 0,7 b_i / B_i$
- for monohull sailing yacht:  $c = 1,0$
- for catamarans (sailing or motor):  $c = 0,5$

$c = 0,50$

b : Coefficient equal to:

- in areas 1 and 2:  $b = 1,5$
- in areas 3 and 4:  $b = 1,0$

$b = 1,00$

f : Coefficient equal to:

$$f = \frac{-2L_w^2}{8000} + 0,1L_w - 1$$

$f = 0,43$

$z_s$  : Vertical distance, in m, between the full load waterline and the calculation point, located as follows:

- for plating: mid-height of the elementary plate panel
- for stiffeners: mid-span

$P_{s\_min}$  : Minimum sea pressure, in  $\text{KN/m}^2$ , as defined in Tab 2.

**Table 2 : Minimum pressures  $P_{s\_min}$**

Type of wall	Location	$P_{s\_min}$ (in $\text{kN/m}^2$ )
Unprotected front wall	Lower tier, areas 1 and 2	21
	Lower tier, areas 3 and 4	15
	Upper tiers	10
Protected front wall or side walls	Lower tier	10
	Second tier	7
	Upper tiers	5
Unprotected aft wall	Lower tier, area 4	10
	Lower tier, areas 1, 2 and 3	7
	Second tier	7
	Upper tiers	5
Protected aft wall	Anywhere	5

$ps\_aft = 10,00 \text{ kN/m}^2$

$ps\_S\_side = 10,00 \text{ kN/m}^2$

Pt B, Ch 6, Sec 3

SECTION 3 PLATING, ORDINARY AND PRIMARY STIFFENER

LOCAL SCANTLING

**2 Plating scantling**

2.1 General

2.1.1 Local scantlings of platings are to be checked under the following loads:

- for bottom platings: wave loads and bottom slamming pressures (when slamming may occur)
- for side shell and cross decks platings: wave loads and side shell impacts
- for deck and superstructure platings: The greater value between wave loads and minimum loads

Note 1: When they are sustaining compressive loads induced by overall longitudinal or transversal stresses, the platings are also to be checked against buckling criteria as defined in Ch 5, Sec 3.

2.1.2 For each plate, the scantling is obtained considering successively the different loads sustained by the plate (defined in [2.1.1]) and the relevant associated permissible stresses defined in Ch 6, Sec 1.

2.2 Plating scantling

2.2.1 As a rule, the thickness of plating sustaining lateral pressure is to be not less than the value obtained, in mm, by the following formula:

$$t = 22,4 \cdot \text{coeff} \cdot \mu \cdot s \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{locam}}}}$$

where:

coeff : Coefficient equal to:

- In case of wave load, bottom slamming, pressure in tank or on bulkhead:

coeff = 1

- In case of impact pressure on side shells and cross deck of catamaran:

- coeff = 1, if

$$\frac{l'}{0,6} \leq 1 + s'$$

coeff = (1+s')-1/2, if

$$\frac{l'}{0,6} > 1 + s'$$

where:

l' : Longer side, in m, of the plate panel

s' : Shorter side, in m of the plate panel.

μ : Aspect ratio coefficient of the elementary plate panel, equal to:

$$\sqrt{1,1 - \left(0,5 \cdot \frac{s'}{l'}\right)^2} \leq 1$$

s : Spacing, in m, of the secondary or primary stiffener under consideration

l : Span, in m, as defined in Ch 5, Sec 4, [2.3] of the secondary or primary stiffener under consideration

σ<sub>locam</sub> : Local admissible bending stress, in N/mm<sup>2</sup>, as defined in Ch 6, Sec 1, depending on the type of load (hydrodynamic or dynamic)

τ<sub>locam</sub> : Local admissible shear stress, in N/mm<sup>2</sup>, as defined in Ch 6, Sec 1, depending on the type of load (hydrodynamic or dynamic)

p : Local loads (wave loads, dynamic loads and pressure in tanks), in KN/m<sup>2</sup>, as defined in [1.2.2]

m : Ends stiffener condition coefficient, defined in [3.1.3].

Wave loads thickness

coeff=1

	s	l	μ	p
Bottom	0,23	1,30	1,04	15,64
Outer side	0,26	1,30	1,04	15,64
Inner side	0,26	1,30	1,04	18,31
Cross deck	0,30	1,30	1,04	9,97

thickness (wave loads)

t <sub>bottom</sub>	2,14	mm
t <sub>outer_side</sub>	2,47	mm
t <sub>inner_side</sub>	2,67	mm
t <sub>cross_deck</sub>	2,27	mm

**Impact loads thickness**

	s'	l'	(l'/0.6)	ratio	(1+s')	coeff
Outer Side	0,26	1,30	2,17	>	1,26	0,89
Inner Side	0,26	1,30	2,17	>	1,26	0,89
Cross Deck	0,30	1,30	2,17	>	1,30	0,88

	s	l	μ	p	
Outer Side	0,26	1,30	1,039	25,00	external
Inner Side	0,26	1,30	1,039	40,00	internal
Cross Deck	0,30	1,30	1,036	40,00	

t_outer_side	2,78	mm
t_inner_side	3,52	mm
t_cross_deck	3,99	mm

**Superstructure loads thickness**

	s	l	μ	p
Deck	0,30	1,30	1,036	7,39
Superstructure roof	0,30	1,30	1,036	7,39
Superstructure aft	0,30	1,30	1,036	10,00
Superstructure side	0,30	1,30	1,036	10,00

t_deck	1,95	mm
t_roof	1,95	mm
t_aft	2,27	mm
t_S_side	2,27	mm

t Bottom	2,14	mm
t Outer side	2,78	mm
t Inner side	3,52	mm
t Cross deck	3,99	mm
t Deck	1,95	mm
t Roof	1,95	mm
t Aft	2,27	mm
t Side	2,27	mm

3.2 Secondary stiffener scantling

3.2.1 Secondary stiffener under wave loads

As a rule, the section modulus Z, in cm<sup>3</sup>, and the shear area Ash, in cm<sup>2</sup>, of the secondary stiffeners sustaining lateral wave loads are to be not less than the values obtained by the following formulae:

- for longitudinal stiffeners and transverse deck stiffeners:

$$Z = 1000 \cdot \text{coeff} \cdot \frac{p \cdot s \cdot \ell^2}{m \cdot \sigma_{locam}}$$

$$A_{sh} = 5 \cdot \text{coeff} \cdot \frac{p \cdot s \cdot \ell}{\tau_{locam}}$$

- for vertical transversal stiffeners:

$$Z = 1000 \cdot \text{coeff} \cdot \frac{(3p_{slower} + 2p_{supper}) \cdot s \cdot \ell^2}{60 \cdot \sigma_{locam}}$$

$$A_{sh} = 5 \cdot \text{coeff} \cdot \frac{(0,7p_{slower} + 0,3p_{supper}) \cdot s \cdot \ell}{\tau_{locam}}$$

with:

p<sub>supper</sub>, p<sub>slower</sub>: Wave loads as defined in [1.3.1].

where:

coeff, coeff: Reduction coefficient equal to  $(1 - s / 2l) \geq 0$

**Wave loads Ordinary Stiffeners section modulus Z**

	s	l	coeff	m	p
Bottom	0,23	1,30	0,91	12,00	15,64
Inner Side	0,26	1,30	0,90	12,00	18,31
Outer Side	0,26	1,30	0,90	12,00	15,64
Cross Deck	0,30	1,30	0,88	12,00	9,97
Deck	0,30	1,30	0,88	12,00	7,39

Z_bottom_OS	4,97	cm <sup>3</sup>
Z_inner_side_OS	6,62	cm <sup>3</sup>
Z_outer_side_OS	5,66	cm <sup>3</sup>
Z_cross_deck_OS	4,09	cm <sup>3</sup>
Z_deck_OS	3,03	cm <sup>3</sup>

**Superstructure loads Ordinary Stiffeners section modulus Z**

Roof	0,30	1,30	0,88	12,00	7,39
Aft	0,30	0,52	0,71	12,00	10,00
Side	0,30	1,30	0,88	12,00	10,00

Z_roof_OS	3,03	cm <sup>3</sup>
Z_aft_OS	0,53	cm <sup>3</sup>
Z_side_OS	4,10	cm <sup>3</sup>

## Wave loads Ordinary Stiffeners sheer area A

	s	l	coeft	m	p
Bottom	0,23	1,30	0,91	12,00	15,64
Inner Side	0,26	1,30	0,90	12,00	18,31
Outer Side	0,26	1,30	0,90	12,00	15,64
Cross Deck	0,30	1,30	0,88	12,00	9,97
Deck	0,30	1,30	0,88	12,00	7,39

A_bottom_OS	0,36	cm <sup>2</sup>
A_inner_side_OS	0,48	cm <sup>2</sup>
A_outer_side_OS	0,41	cm <sup>2</sup>
A_cross_deck_OS	0,29	cm <sup>2</sup>
A_deck_OS	0,22	cm <sup>2</sup>

## Superstructure loads Ordinary Stiffeners sheer area A

Roof	0,30	1,30	0,88	12,00	7,39
Aft	0,30	0,52	0,71	12,00	10,00
Side	0,30	1,30	0,88	12,00	10,00

A_roof_OS	0,22	cm <sup>2</sup>
A_aft_OS	0,09	cm <sup>2</sup>
A_side_OS	0,29	cm <sup>2</sup>

## 3.2.3 Secondary stiffener under side shell impact

sustaining lateral side shell impacts are to be not less than the values obtained by the following formulae:

$$Z = 1000 \cdot \text{coeff} \cdot \frac{p \cdot s \cdot \ell^2}{m \cdot \sigma_{\text{locam}}}$$

$$A_{\text{sh}} = 5 \cdot \text{coeff} \cdot \frac{p \cdot s \cdot \ell}{\tau_{\text{locam}}}$$

where:

coeff : Reduction coefficient equal to:

$(312 - 0,36) \cdot 0,3/13$  with  $l \geq 0,6$  m

coeff : Reduction coefficient equal to:

$0,6/l$ , without being taken greater than 1.

## Impact loads Ordinary Stiffeners section modulus Z

	s	l	coeft	p	m
Outer Side	0,26	1,30	0,64	22,50	12,00
Inner Side	0,26	1,30	0,64	36,00	12,00
Cross Deck	0,30	1,30	0,64	36,00	12,00

Z_outer_side_OS	5,43	cm <sup>3</sup>
Z_inner_side_OS	8,68	cm <sup>3</sup>
Z_cross_deck_OS	10,02	cm <sup>3</sup>

## Impact loads Ordinary Stiffeners sheer area A

	s	l	coeft	p	m
Outer Side	0,26	1,30	0,46	22,50	12,00
Inner Side	0,26	1,30	0,46	36,00	12,00
Cross Deck	0,30	1,30	0,46	36,00	12,00

A_outer_side_OS	0,27	cm <sup>2</sup>
A_inner_side_OS	0,43	cm <sup>2</sup>
A_cross_deck_OS	0,50	cm <sup>2</sup>

	Z	A
Bottom	4,97 cm <sup>3</sup>	0,36 cm <sup>2</sup>
Inner side	8,68 cm <sup>3</sup>	0,48 cm <sup>2</sup>
Outer side	5,66 cm <sup>3</sup>	0,41 cm <sup>2</sup>
Cross deck	10,02 cm <sup>3</sup>	0,50 cm <sup>2</sup>
Deck	3,03 cm <sup>3</sup>	0,22 cm <sup>2</sup>
Roof	3,03 cm <sup>3</sup>	0,22 cm <sup>2</sup>
Aft	0,53 cm <sup>3</sup>	0,09 cm <sup>2</sup>
Side	4,10 cm <sup>3</sup>	0,29 cm <sup>2</sup>

## 4 Primary stiffener scantling

## 4.1 General

## 4.1.1 Loading cases

Scantlings of primary stiffeners are to be checked under the following loading cases:

- for bottom primary stiffeners: wave loads and bottom slamming pressure (when slamming may occur)
- for side shell primary stiffeners: wave loads
- for deck and superstructure primary stiffeners: the greater value of wave loads and minimum loads.

Note 1: When they are sustaining compressive loads induced by overall longitudinal or transversal stresses, the primary stiffeners and their attached platings are also to be checked against buckling criteria as defined in Ch 5, Sec 4.

4.2 Primary stiffener scantling

stiffeners sustaining lateral wave pressure and/or bottom slamming pressure are to be not less than the values obtained for the ordinary stiffeners as defined in [3.2].

4.2.2 Primary stiffeners on deck exposed to sea pressure

For the primary stiffeners on deck exposed to sea pressure, the section modulus Z and shear area Ash, can be reduced by the following coefficients:

- 0,8 for primary structure of exposed superstructure decks
- $(1-0,05l) > 0,8$  for primary structure of exposed decks.

Wave loads Primary Stiffeners section modulus Z

Horizontal	s	l	coeff	m	p	reduction
Bottom	1,30	1,30	0,50	12,00	15,64	0,89
Cross Deck	1,30	4,40	0,85	12,00	9,97	
Deck	1,30	1,30	0,50	12,00	6,91	

Z_bottom_PS	15,71	cm <sup>3</sup>
Z_cross_deck_PS	195,52	cm <sup>3</sup>
Z_deck_PS	6,18	cm <sup>3</sup>

Wave loads Primary Stiffeners sheer area A

	s	l	coeff	m	p	reduction
Bottom	1,30	1,30	0,50	12,00	15,64	0,89
Cross Deck	1,30	4,40	0,85	12,00	9,97	
Deck	1,30	1,30	0,50	12,00	6,91	

A_bottom_PS	1,13	cm <sup>2</sup>
A_cross_deck_PS	4,15	cm <sup>2</sup>
A_deck	0,44	cm <sup>2</sup>

Wave loads Primary Stiffeners section modulus Z

Vertical	s	l	coeff	plow	pup
Outer side	1,30	2,20	0,70	15,64	7,39
Inner side	1,30	2,20	0,70	18,31	7,39

Z_outer_side_PS	52,11	cm <sup>3</sup>
Z_inner_side_PS	58,85	cm <sup>3</sup>

Wave loads Primary Stiffeners sheer area A

	s	l	coeff	plow	pup
Outer side	1,30	2,20	0,70	15,64	7,39
Inner side	1,30	2,20	0,70	18,31	7,39

A_outer_side_PS	2,36	cm <sup>2</sup>
A_inner_side_PS	2,69	cm <sup>2</sup>

Superstructure loads Primary Stiffeners section modulus Z

	s	l	coeff	m	p	reduction
Roof	1,30	2,20	0,70	12,00	6,91	0,80
Side	1,30	1,50	0,57	10,00	10,00	

Z_roof_PS	22,41	cm <sup>3</sup>
Z_S_side_PS	15,79	cm <sup>3</sup>

Super

Superstructure loads Primary Stiffeners section modulus Z

	s	l	coeff	m	p	reduction
Roof	1,30	2,20	0,70	12,00	6,91	0,80
Side	1,30	1,50	0,57	10,00	10,00	

A_roof_PS	0,95	cm <sup>2</sup>
A_S_side_PS	0,94	cm <sup>2</sup>

	Z		A	
Bottom	15,71	cm <sup>3</sup>	1,13	cm <sup>2</sup>
Inner side	58,85	cm <sup>3</sup>	2,69	cm <sup>2</sup>
Outer side	52,11	cm <sup>3</sup>	2,36	cm <sup>2</sup>
Cross deck	195,52	cm <sup>3</sup>	4,15	cm <sup>2</sup>
Deck	6,18	cm <sup>3</sup>	0,44	cm <sup>2</sup>
Roof	22,41	cm <sup>3</sup>	0,95	cm <sup>2</sup>
Side	15,79	cm <sup>3</sup>	0,94	cm <sup>2</sup>



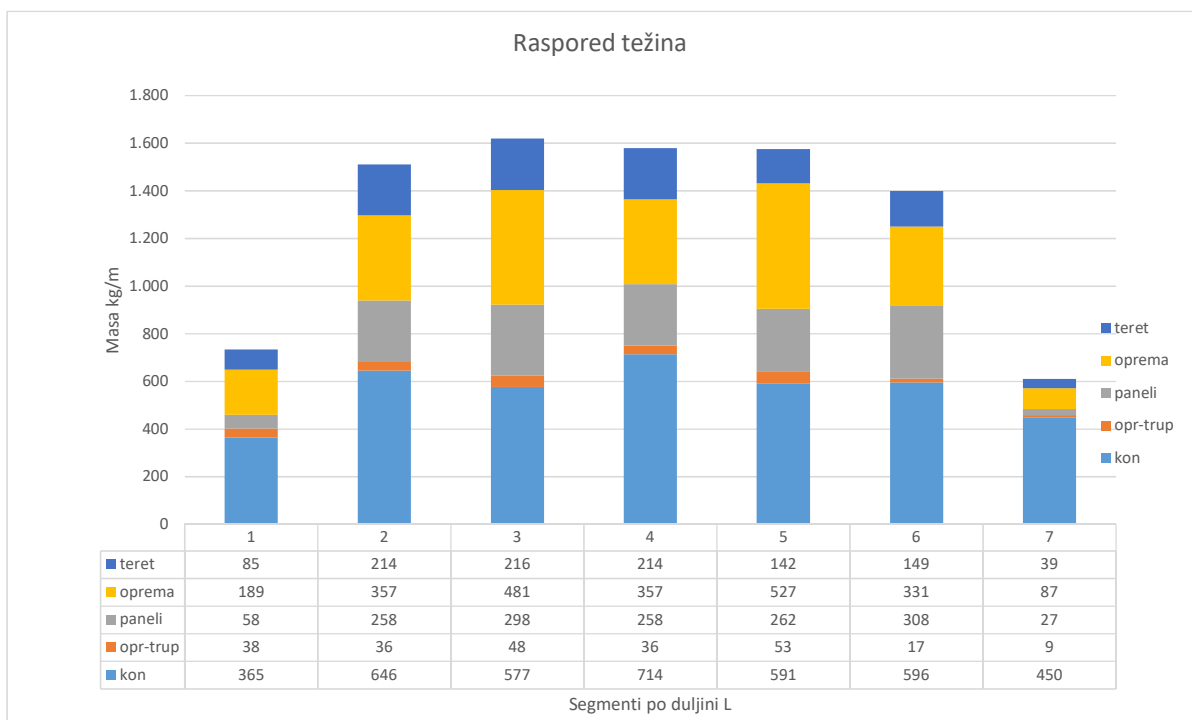
## STABILITET

Napomena:

Prikazan je raspored masa, hidrostatske karakteristike forme, dijagrami poluge stabiliteta za karakteristična stanja krcanja. Međutim za detaljnu provjeru stabiliteta treba napraviti proračun jedara te izraditi plan jedara, kako bi ulazni podaci za proračun stabiliteta bili mjerodavni. Taj proračun izlazi iz opsega ovog rada.

## Raspored masa

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	uk. (kg)	
L	mm	1325	2100	2600	2100	2370	1510	2890		
V	mm <sup>3</sup>	8,79E+07	2,47E+08	3,24E+08	2,12E+08	2,96E+08	1,49E+08	2,35E+08		
pola broda	kg	242	679	891	583	815	411	647	4.267	
cijeli brod	kg	483	1.357	1.781	1.166	1.630	821	1.294	8.533	8500
corr	kg	483	1357	1500	1500	1400	900	1300	8.440	8500
	kg/m	365	646	577	714	591	596	450		
Oprema trupa	koef.	0,1	0,15	0,25	0,15	0,25	0,05	0,05		1
	masa	50	75	125	75	125	25	25	500	500
	kg/m	38	36	48	36	53	17	9		
Izolacija i paneli	koef.	0,025	0,175	0,25	0,175	0,2	0,15	0,025		1
	masa	77,5	542,5	775	542,5	620	465	77,5	3100	3100
	kg/m	58	258	298	258	262	308	27		
Oprema, uređaji, namještaj, motori, tankovi	koef.	0,05	0,15	0,25	0,15	0,25	0,1	0,05		1
	masa	250	750	1250	750	1250	500	250	5000	5000
	kg/m	189	357	481	357	527	331	87		
Osobe, zalihe	koef.	0,05	0,2	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05		1
	masa	112,5	450	562,5	450	337,5	225	112,5	2250	2250
	kg/m	85	214	216	214	142	149	39		
		734	1.512	1.620	1.580	1.575	1.401	611	19.290	





HYDROSTATICS - Modeller modul

Measurement	Value	Units
Displacement	17,430	t
Volume (displaced)	17,002	m^3
Draft Amidships	0,600	m
Immersed depth	0,600	m
WL Length	14,841	m
Beam max extents on WL	7,000	m
Wetted Area	59,716	m^2
Max sect. area	1,436	m^2
Waterpl. Area	34,886	m^2
Prismatic coeff. (Cp)	0,798	
Block coeff. (Cb)	0,273	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,342	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,336	
LCB length	7,477	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	7,035	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	50,380	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	47,403	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	0,339	m
KG fluid	0,000	m
BMT	16,937	m
BML	31,498	m
GMT corrected	17,276	m
GML	31,838	m
KMT	17,276	m
KML	31,838	m
Immersion (TPc)	0,358	tonne/cm
MTC	0,374	tonne.m
RM at 1deg = Gmt.Disp.sin(1)	5,254	tonne.m
Length:Beam ratio	2,120	
Beam:Draft ratio	11,667	
Length:Vol^0.333 ratio	5,772	
Precision	Medium	73 stations

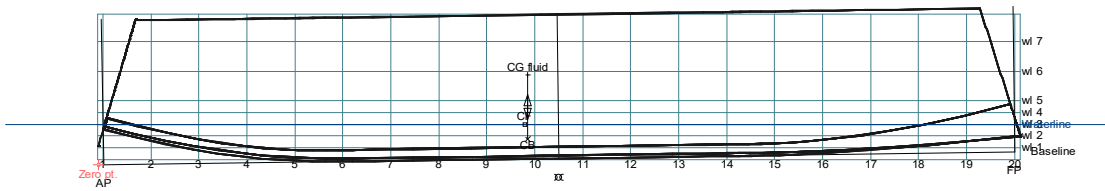
UPRIGHT HYDROSTATICS - Stab modul

DIJAGRAMNI LIST

Draft Amidships m	0,600	Draft Amidships m	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080
Displacement t	17,430	Displacement t	0,000	0,003	0,014	0,033	0,060	0,096	0,140	0,193	0,255	0,327	0,408	0,496	0,587	0,681	0,778	0,877	0,979
Heel deg	0,000	Heel deg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Draft at FP m	0,600	Draft at FP m	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080
Draft at AP m	0,600	Draft at AP m	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080
Draft at LCF m	0,600	Draft at LCF m	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080
Trim (+ve by stern) m	0,000	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	14,841	WL Length m	5,318	7,334	7,714	8,008	8,235	8,449	8,630	8,799	8,968	9,125	9,269	9,407	9,545	9,683	9,821	9,946	10,066
Beam max extents on WL m	7,000	Beam max extents on WL m	0,000	5,800	5,900	6,000	6,100	6,200	6,300	6,400	6,500	6,600	6,700	6,710	6,720	6,731	6,741	6,752	6,762
Wetted Area m^2	58,592	Wetted Area m^2	0,000	1,385	2,889	4,502	6,117	7,773	9,515	11,258	13,079	14,945	16,848	17,543	18,198	18,805	19,418	20,133	20,533
Waterpl. Area m^2	34,900	Waterpl. Area m^2	0,000	1,378	2,875	4,480	6,087	7,735	9,469	11,202	13,015	14,872	16,766	17,401	17,991	18,530	19,072	19,718	20,040
Prismatic coeff. (Cp)	0,798	Prismatic coeff. (Cp)	0,000	0,914	0,901	0,896	0,890	0,882	0,877	0,873	0,867	0,863	0,859	0,857	0,855	0,852	0,851	0,850	0,849
Block coeff. (Cb)	0,273	Block coeff. (Cb)	0,000	0,016	0,031	0,045	0,058	0,071	0,084	0,095	0,107	0,118	0,128	0,139	0,149	0,157	0,164	0,170	0,175
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,342	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,000	0,017	0,034	0,050	0,066	0,081	0,095	0,109	0,123	0,136	0,149	0,163	0,174	0,184	0,192	0,200	0,207
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,336	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,000	0,032	0,063	0,093	0,121	0,148	0,174	0,199	0,223	0,247	0,270	0,276	0,280	0,284	0,288	0,294	0,294
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,477	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,800	7,439	7,435	7,438	7,426	7,433	7,444	7,452	7,457	7,463	7,475	7,489	7,500	7,511	7,523	7,535	7,545
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,033	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,800	7,396	7,435	7,447	7,414	7,451	7,468	7,469	7,487	7,509	7,535	7,546	7,569	7,595	7,618	7,662	7,652
KB m	0,339	KB m	1,300	0,003	0,007	0,010	0,013	0,017	0,020	0,024	0,027	0,030	0,034	0,037	0,040	0,043	0,046	0,049	0,052
KG m	0,600	KG m	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
BMT m	16,943	BMT m	0,000	3,338,120	1,679,836	1,128,335	844,586	676,120	566,426	485,939	427,478	381,781	345,211	294,895	257,778	228,974	206,368	189,147	172,274
BML m	31,532	BML m	0,000	1,644,489	901,564	654,712	509,012	420,740	367,012	323,430	294,000	270,790	251,822	225,277	205,756	189,868	177,715	170,766	157,396
GMT m	16,682	GMT m	0,700	3,337,524	1,679,242	1,127,745	844,000	675,537	565,846	485,362	426,905	381,211	344,645	294,332	257,218	228,417	205,814	188,597	171,726
GML m	31,271	GML m	0,700	1,643,892	900,970	654,122	508,426	420,157	366,432	322,854	293,427	270,221	251,256	224,715	205,196	189,311	177,161	170,215	156,848
KMT m	17,282	KMT m	1,300	3,338,124	1,679,842	1,128,345	844,600	676,137	566,446	485,962	427,505	381,811	345,245	294,932	257,818	229,017	206,414	189,197	172,326
KML m	31,871	KML m	1,300	1,644,492	901,570	654,722	509,026	420,757	367,032	323,454	294,027	270,821	251,856	225,315	205,796	189,911	177,761	170,815	157,448
Immersion (TPc) tonne/cm	0,358	Immersion (TPc) tonne/cm	0,000	0,014	0,029	0,046	0,062	0,079	0,097	0,115	0,133	0,152	0,172	0,178	0,184	0,190	0,195	0,202	0,205
MTC tonne.m	0,367	MTC tonne.m	0,000	0,004	0,009	0,015	0,021	0,027	0,034	0,042	0,050	0,059	0,069	0,075	0,081	0,087	0,093	0,101	0,103
RM at 1deg = Gmt.Disp.sin(1) tonne.m	5,074	RM at 1deg = Gmt.Disp.sin(1) tonne.m	0,000	0,200	0,418	0,651	0,885	1,126	1,379	1,633	1,900	2,174	2,455	2,549	2,635	2,714	2,793	2,887	2,935
Max deck inclination deg	0,000	Max deck inclination deg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,000	Trim angle (+ve by stern) deg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**LC1** Prazan opremljen

Item Name	Quantity	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volume	Long. Arm	Trans. Arm	Vert. Arm	Total FSM	FSM Type
Lightship	1,00	tonne	17,07	m <sup>3</sup>		m	m	m	tonne.m	User Specified
Total Loadcase			17,07	0,00	0,00	7,02	-0,01	2,18	0,00	
FS correction								0,00		
VCG fluid								2,18		

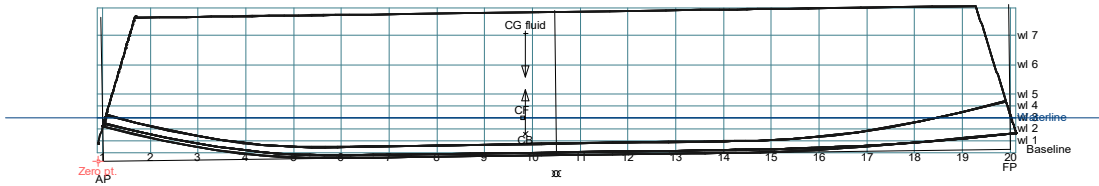


Disp: 17,07 t, Tamid: 0,582 m, Trim: 0,218 m, Heel: 0 deg (stbd)

Draft Amidships m	0,58
Displacement t	17,07
Volume (displaced) m <sup>3</sup>	16,65
Heel deg	0,00
Draft at FP m	0,47
Draft at AP m	0,69
Draft at LCF m	0,59
Trim (+ve by stern) m	0,22
WL Length m	14,97
Beam max extents on WL m	7,00
Wetted Area m <sup>2</sup>	57,86
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	35,28
Prismatic coeff. (Cp)	0,73
Block coeff. (Cb)	0,25
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,34
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,34
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,01
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6,96
KB m	0,34
KG fluid m	1,43
BMt m	17,49
BML m	33,21
GMt corrected m	16,40
GML m	32,12
KMt m	17,82
KML m	33,54
Immersion (TPc) tonne/cm	0,36
MTC tonne.m	0,37
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4,89
Max deck inclination deg	0,84
Trim angle (+ve by stern) deg	0,84

LC2 Pun brod

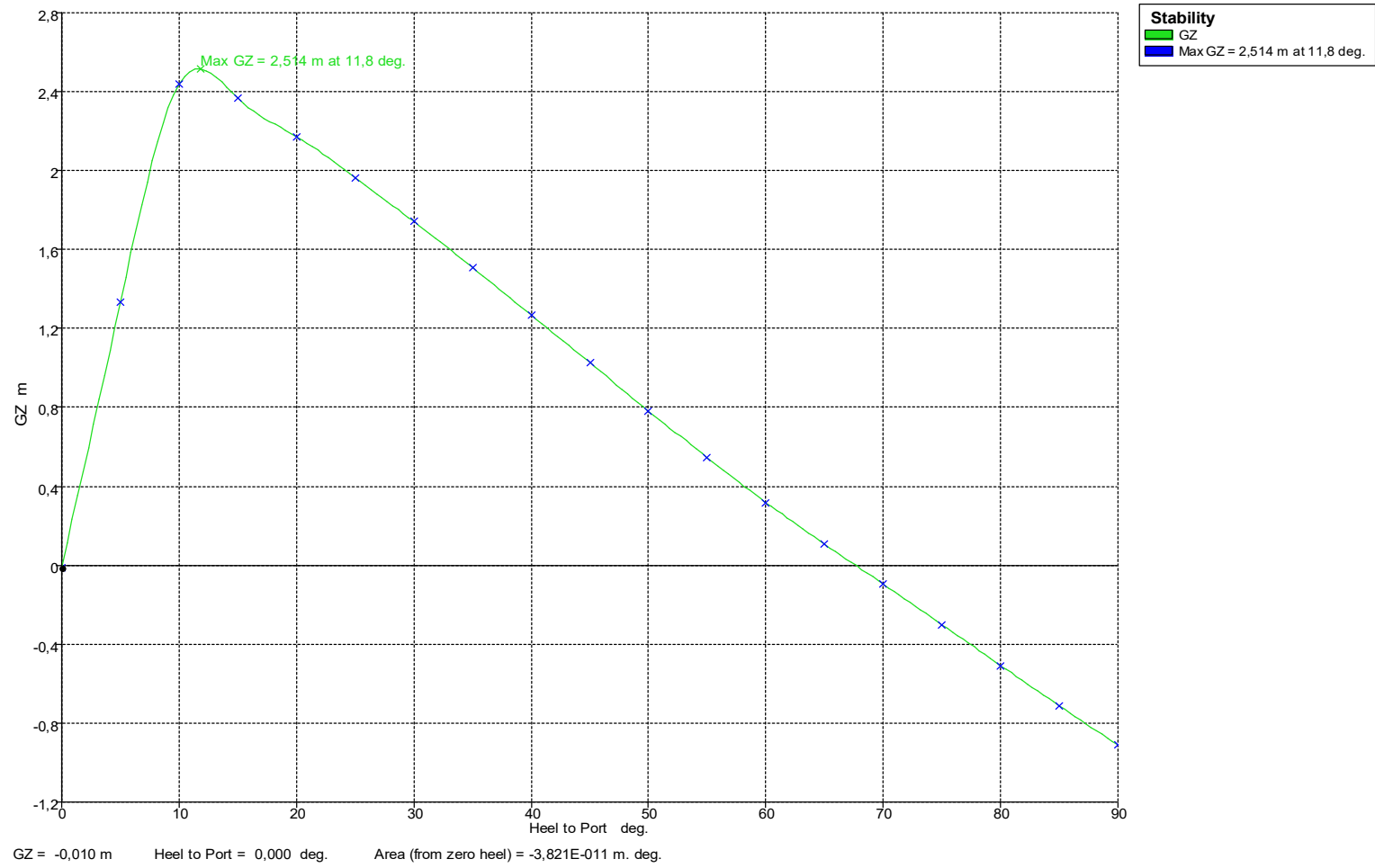
Item Name	Quantity	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volume	Long. Arm	Trans. Arm	Vert. Arm	Total FSM	FSM Type
		tonne	tonne	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	m	m	tonne.m	
Lightship	1,00	17,07	17,07			7,02	-0,01	2,18	0,00	User Specified
Osobe, zalihe	1,00	2,25	2,25			7,08	0,00	1,43	0,00	User Specified
Total Loadcase			19,32	0,00	0,00	7,03	-0,01	2,09	0,00	
FS correction								0,00		
VCG fluid								2,093		



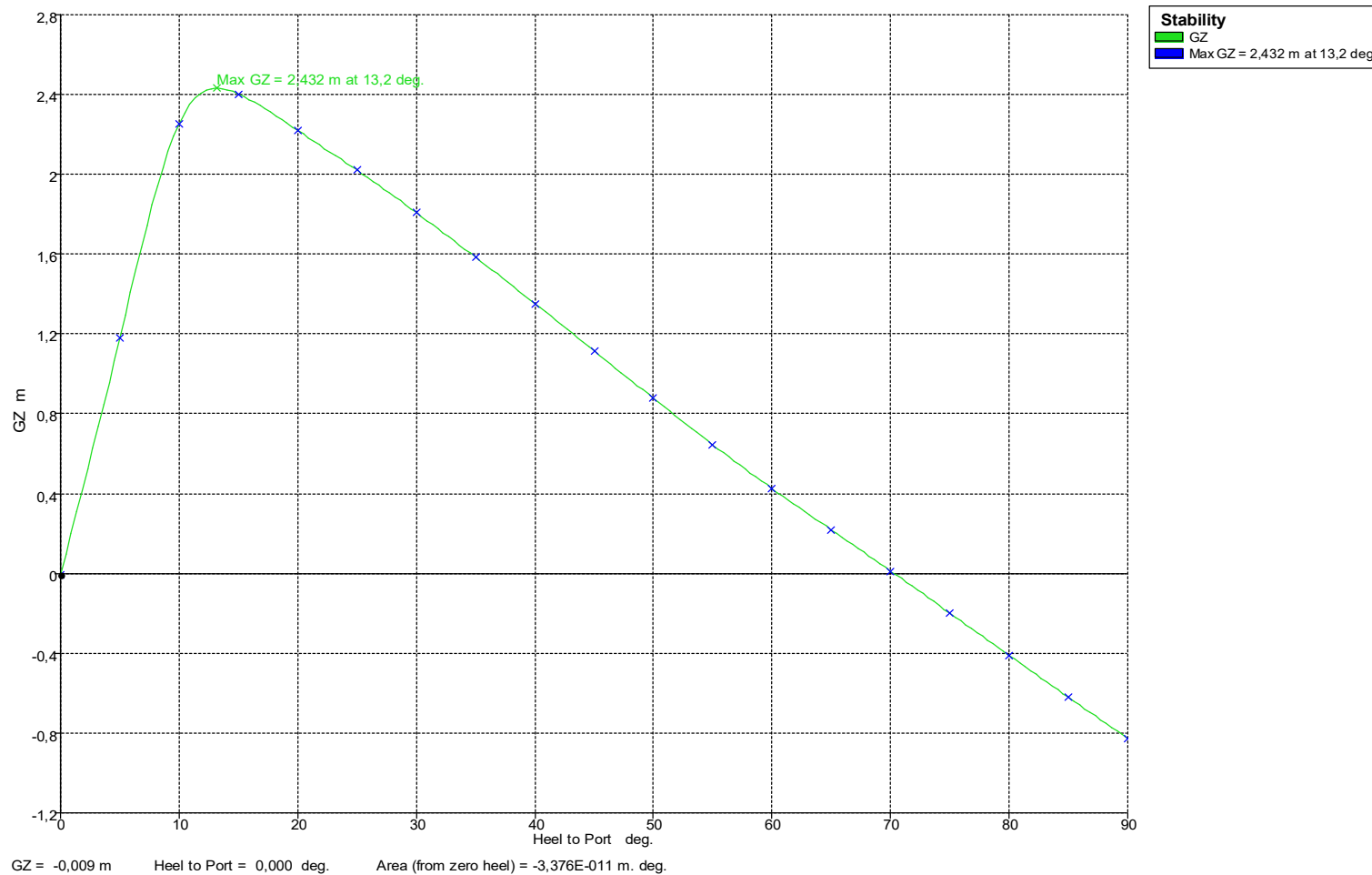
Disp: 19,32 t, Tamid: 0,645 m, Trim: 0,216 m, Heel: 0 deg (stbd)

Draft Amidships m	0,65
Displacement t	19,32
Volume (displaced) m <sup>3</sup>	18,85
Heel deg	0,00
Draft at FP m	0,54
Draft at AP m	0,75
Draft at LCF m	0,65
Trim (+ve by stern) m	0,22
WL Length m	14,94
Beam max extents on WL m	7,00
Wetted Area m <sup>2</sup>	61,59
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	35,32
Prismatic coeff. (Cp)	0,75
Block coeff. (Cb)	0,26
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,35
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,34
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,00
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6,96
KB m	0,37
KG fluid m	2,09
BMT m	15,47
BML m	29,42
GMt corrected m	13,75
GML m	27,70
KMt m	15,84
KML m	29,79
Immersion (TPc) tonne/cm	0,36
MTC tonne.m	0,36
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4,64
Max deck inclination deg	0,84
Trim angle (+ve by stern) deg	0,84

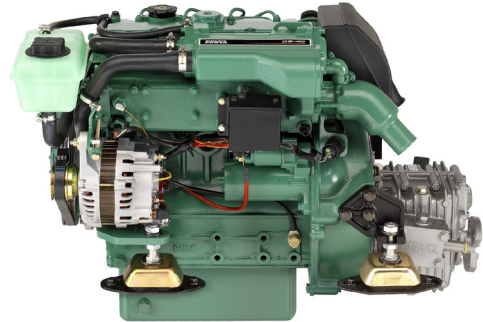
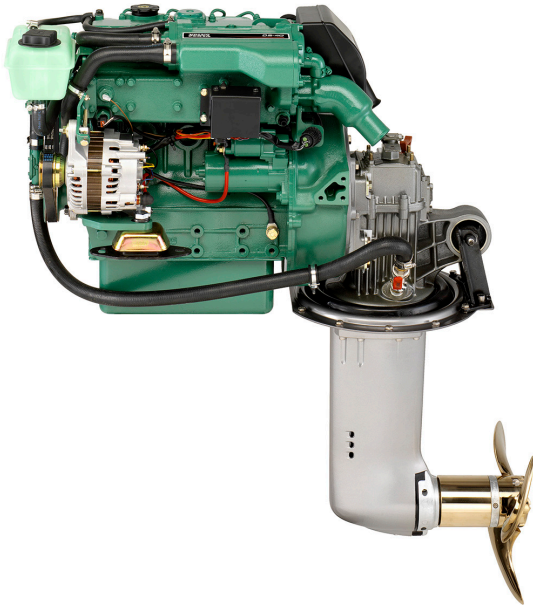
LC1	Prazan opremljen																		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Heel to Port deg																			
GZ m	-0,010	1,335	2,439	2,367	2,173	1,964	1,742	1,509	1,269	1,026	0,783	0,546	0,318	0,107	-0,095	-0,301	-0,508	-0,712	-0,912
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	3,289	13,086	25,423	36,730	47,091	56,357	64,489	71,438	77,176	81,695	85,013	87,168	88,225	88,252	87,262	85,240	82,188	78,127
Displacement t	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070	17,070
Draft at FP m	0,471	0,476	0,443	0,185	-0,090	-0,382	-0,698	-1,048	-1,443	-1,901	-2,443	-3,113	-3,981	-5,168	-6,928	-9,812	-15,502	-32,419	n/a
Draft at AP m	0,694	0,682	0,631	0,402	0,130	-0,161	-0,477	-0,827	-1,222	-1,681	-2,231	-2,911	-3,795	-5,015	-6,810	-9,734	-15,484	-32,542	n/a
WL Length m	14,968	14,874	14,618	14,626	14,644	14,664	14,685	14,698	14,711	14,723	14,726	14,727	14,729	14,735	14,749	14,773	14,822	14,892	14,553
Beam max extents on WL m	7,000	7,027	6,730	3,571	3,563	3,538	3,500	3,451	3,394	3,333	3,270	3,220	3,188	3,155	2,903	2,637	2,476	2,459	2,440
Wetted Area m^2	57,853	56,938	49,390	43,072	43,053	43,044	43,031	43,009	42,990	42,980	43,014	43,394	44,384	45,783	46,083	46,160	46,202	46,210	46,159
Waterpl. Area m^2	35,282	34,009	24,217	18,005	18,517	19,192	20,076	21,214	22,654	24,478	26,744	29,098	31,425	34,129	34,043	33,734	33,582	33,544	33,329
Prismatic coeff. (Cp)	0,730	0,744	0,807	0,827	0,825	0,823	0,822	0,821	0,820	0,819	0,820	0,823	0,828	0,834	0,841	0,846	0,849	0,844	0,863
Block coeff. (Cb)	0,251	0,183	0,154	0,277	0,274	0,275	0,278	0,285	0,295	0,305	0,317	0,332	0,349	0,375	0,440	0,530	0,627	0,710	0,846
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,993	6,994	6,995	6,988	6,985	6,984	6,985	6,985	6,986	6,986	6,990	6,994	6,999	7,006	7,011	7,016	7,019	7,022	7,024
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6,963	7,120	6,827	6,976	6,973	6,975	6,977	6,979	6,987	7,003	7,024	7,032	7,072	7,121	7,253	7,339	7,407	7,451	7,461
Max deck inclination deg	0,861	5,062	10,025	15,021	20,015	25,011	30,008	35,006	40,004	45,003	50,002	55,001	60,001	65,000	70,000	75,000	80,000	85,000	90,000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,861	0,794	0,726	0,840	0,848	0,854	0,852	0,854	0,853	0,847	0,817	0,781	0,718	0,590	0,453	0,301	0,070	-0,476	-1,##IND



LC2	Pun brod																		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Heel to Port deg																			
GZ m	-0,009	1,181	2,255	2,403	2,220	2,021	1,808	1,585	1,353	1,116	0,878	0,645	0,425	0,218	0,012	-0,199	-0,411	-0,621	-0,827
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	2,894	11,736	23,700	35,283	45,884	55,463	63,950	71,296	77,468	82,450	86,253	88,922	90,527	91,104	90,639	89,114	86,533	82,911
Displacement t	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320	19,320
Draft at FP m	0,536	0,539	0,537	0,318	0,044	-0,249	-0,566	-0,916	-1,311	-1,768	-2,312	-2,981	-3,844	-5,025	-6,761	-9,600	-15,197	-31,825	n/a
Draft at AP m	0,753	0,748	0,707	0,523	0,251	-0,040	-0,355	-0,705	-1,100	-1,559	-2,106	-2,783	-3,658	-4,857	-6,602	-9,445	-15,040	-31,641	n/a
WL Length m	14,937	14,981	14,800	14,551	14,570	14,589	14,611	14,634	14,653	14,667	14,681	14,687	14,688	14,691	14,698	14,710	14,732	14,796	14,772
Beam max extents on WL m	7,000	7,027	6,973	3,602	3,603	3,589	3,561	3,521	3,473	3,418	3,366	3,325	3,307	3,142	2,882	2,621	2,470	2,452	2,447
Wetted Area m^2	61,589	60,957	57,063	46,815	46,815	46,793	46,773	46,752	46,721	46,695	46,677	46,724	47,492	48,280	48,370	48,421	48,438	48,468	48,460
Waterpl. Area m^2	35,314	34,459	28,744	17,917	18,404	19,084	19,973	21,117	22,584	24,433	26,788	29,786	32,687	34,431	34,102	33,795	33,671	33,726	33,821
Prismatic coeff. (Cp)	0,750	0,752	0,795	0,842	0,840	0,839	0,837	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,836	0,840	0,846	0,851	0,855	0,856	0,862
Block coeff. (Cb)	0,260	0,191	0,155	0,283	0,280	0,281	0,285	0,291	0,302	0,313	0,326	0,341	0,358	0,400	0,467	0,558	0,651	0,733	0,843
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,003	7,002	7,006	6,998	6,996	6,995	6,994	6,994	6,994	6,996	6,999	7,002	7,007	7,012	7,015	7,018	7,021	7,024	7,026
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	6,958	7,084	6,974	6,976	6,981	6,980	6,979	6,978	6,976	6,983	7,003	7,029	7,044	7,175	7,279	7,367	7,441	7,500	7,535
Max deck inclination deg	0,835	5,064	10,021	15,019	20,014	25,010	30,008	35,006	40,004	45,003	50,002	55,001	60,001	65,000	70,000	75,000	80,000	85,000	90,000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,835	0,804	0,656	0,789	0,799	0,807	0,814	0,816	0,816	0,811	0,795	0,767	0,718	0,648	0,616	0,599	0,605	0,712	-1, #IND



# D2-40



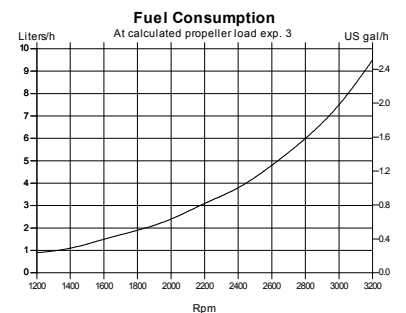
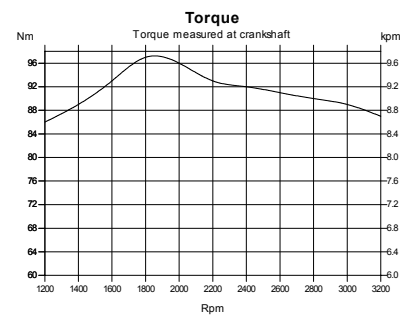
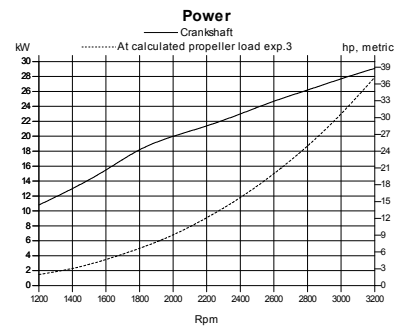
## Technical Data

Engine designation	D2-40
Crankshaft power, kW (hp)	29.1 (39.6)
Propeller shaft power, kW (hp)	27.9 (38.0)
Engine speed, rpm	2800–3200
Displacement, l (in <sup>3</sup> )	1.51 (92.1)
Number of cylinders	4
Bore/stroke, mm (in.)	77/81 (3.03/3.19)
Compression ratio	23.5:1
Dry weight with reverse gear MS15A/MS15L, kg (lb)	178/177 (392/390)
Dry weight with saildrive 130S, kg (lb)	189 (417)
Emission compliance	BSO, EU RCD, US EPA Tier 3
Rating	R5*

Technical data according to ISO 8665. With fuel having an LHV of 42700 kJ/kg and density of 840 g/liter at 15°C (60°F).

Merchant fuel may differ from this specification which will influence engine power output and fuel consumption.

\*RATING 5. For pleasure craft applications, and can be used for high speed planing crafts in commercial applications



**VOLVO  
PENTA**



# D2-40

## Technical description:

### Engine block and head

- Cylinder block and cylinder head manufactured from high grade cast iron. Crankcase features a rigid tunnel block design.
- Chrome molybdenum forged crankshaft, statically and dynamically balanced with integral counterweights. Pistons are cast from high silicon aluminum, are heat treated and fitted with two cast iron, chromium faced compression rings and a single oil ring.
- Replaceable, hardened valve seats
- Elastic coupling on flywheel

### Engine mounting

- Tuned front and rear cushion-type rubber mounts. Adjustable.

### Lubrication system

- Spin-on fullflow oil filter
- Separate oil scavenger pipe
- Closed circuit crankcase ventilation
- One top and one side oil filling position

### Fuel system

- Flange mounted, cam driven in-line injection pump
- Feed pump with hand primer
- Spin-on type fine fuel filter
- Auxiliary stop button on engine

### Exhaust system

- Freshwater cooled exhaust manifold and seawater cooled exhaust elbow

### Cooling system

- Freshwater cooling system governed by thermostat
- Tubular heat exchanger with integral expansion tank
- Easily accessible sea water pump and impeller

### Electrical system

- 12V corrosion-protected electrical system
- 14V/115A marine alternator
- Charging regulator with electronic sensor for voltage drop compensation
- Glow plugs for excellent cold starting
- Electric starter motor
- Electrical stop function
- Extension cable harness with plug-in connection available in various lengths

### EVC instruments

- Start/stop panel
- Tachometer with alarms and engine hour counter

#### Options:

- Separate instruments for:
  - Fuel level
  - Temperature
  - Voltage

- LCD display with multisensor
- NMEA interface presenting engine data on chart plotters

### Choice of transmissions:

- Housing of gravity die-cast aluminum alloy
- Mechanical multiple-disc clutch shift
- Safety coupling with built-in overload protection

**MS15A** – reverse gear with 8° down angle output.

- Ratio 2.14:1/1.95:1 (RH/LH) and 2.63:1/1.95:1 (RH/LH).

**MS15L** – reverse gear with straight output.

- Ratio 2.14:1/1.95:1 (RH/LH) and 2.63:1/1.95:1 (RH/LH).

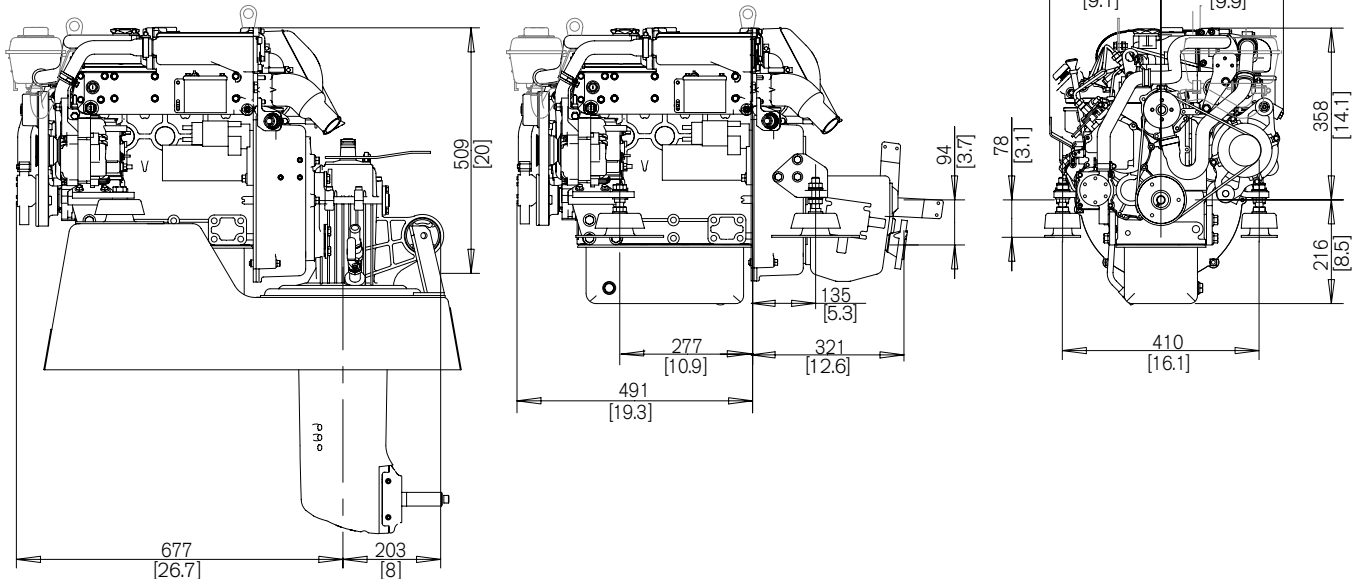
**S-drive 130S and 130SR** for reverse installation of engine. Ratio 2.19:1.

### Accessories

- Engine controls and steering systems
- Battery and battery switches
- Hot water systems
- Separate expansion tanks
- Cooling water seacocks, strainers and hoses
- Exhaust systems and hull fittings
- Fuel systems including filters, pipes etc.
- Propeller shaft systems and propellers
- Chemical products – paints, oils, cleaners etc.

## Dimensions D2-40/MS15A/130S

Not for installation



## More information

Contact your nearest Volvo Penta dealer for more information about Volvo Penta engines and optional equipment/accessories or go to [www.volvopenta.com](http://www.volvopenta.com)



IOS



Android

Download the Volvo Penta dealer locator App for your iPhone or Android

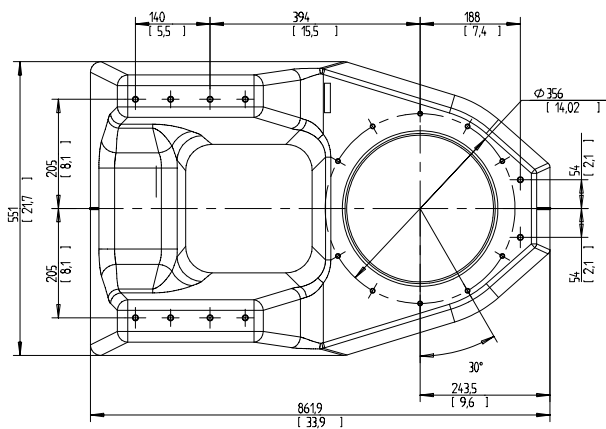
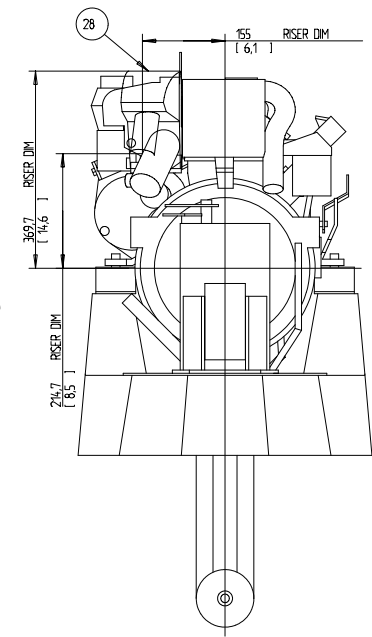
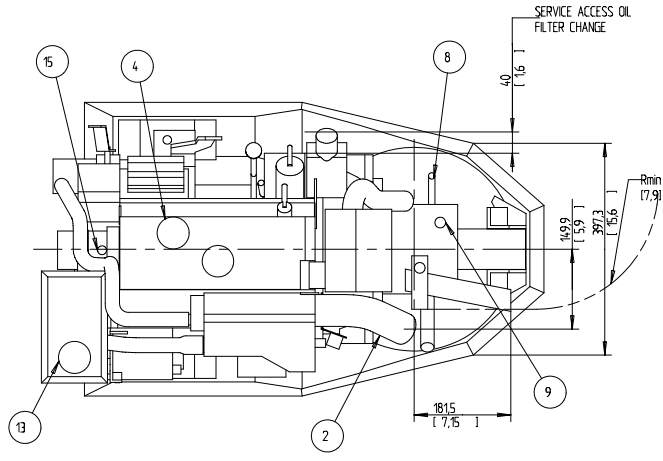
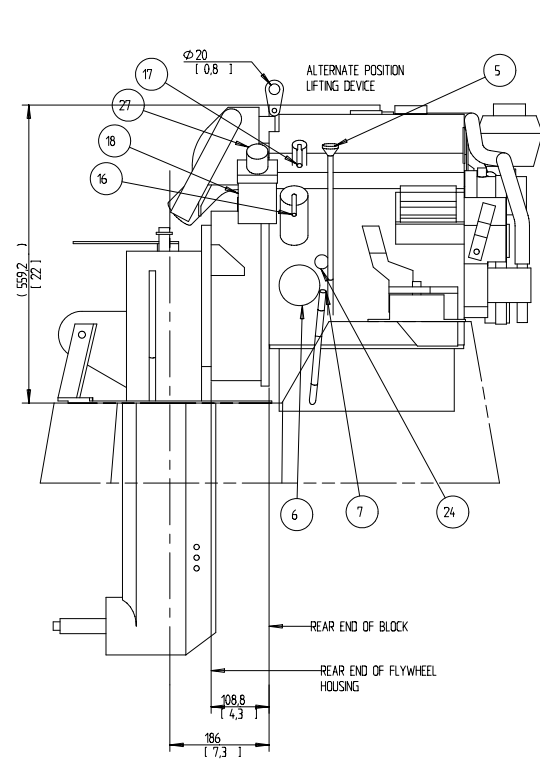
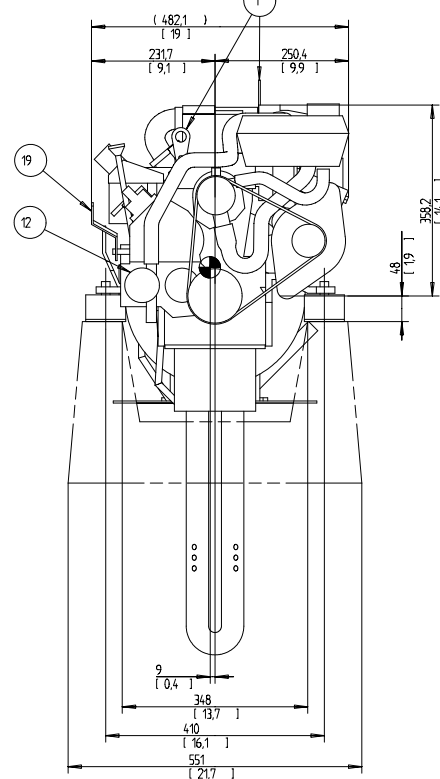
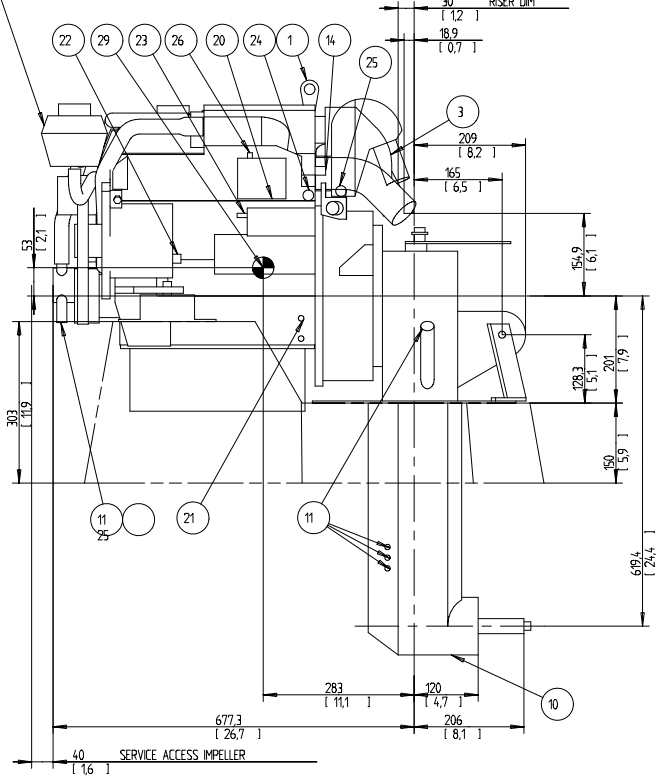
# VOLVO PENTA

**AB Volvo Penta**

SE-405 08 Göteborg, Sweden  
[www.volvopenta.com](http://www.volvopenta.com)

Not all models, standard equipment and accessories are available in all countries. All specifications are subject to change without notice. The engine illustrated may not be entirely identical to production standard engines.

EXPANSION TANK CAN BE BULK HEAD MOUNTED THEN USE HOSE Ø75 943366 AND Ø16 952969



Customer Name Mitsui O.S.K.	Order description P/A	P/A D 1.2 min	Document Code RELEASED
Location Address Country	Material Code	Doc	Revision Code

SCALE 1:5  
 OIL CAPACITY INCLUDING OIL FILTER: 5,7 LITERS  
 FRESHWATER SYSTEM CAPACITY: 6,4 LITERS  
 WEIGHTS:  
 DRY 175 kg  
 OIL & WATER 183 kg  
 DIMENSION IN MILLIMETRES AND (INCHES)

NR	ITEM
1	LIFTING DEVICE
2	EXHAUST ELBOW FOR HOSE ID 45(175)
3	AIR FILTER (SILENCER)
4	OIL FILLING
5	OIL DIPSTICK ENGINE
6	OIL FILTER
7	OIL DRAIN (WITH PUMP) ENGINE ID 8 (10.35)
8	OIL DIPSTICK REVERSE GEAR
9	OIL FILLER CAP REVERSE GEAR
10	OIL DRAIN REVERSE GEAR
11	SEA WATER INLET FOR HOSE ID 19(0.75)
12	SEA WATER PUMP
13	WATER FILLER CAP FRESH WATER
14	HOTWATER OUTLET
15	HOTWATER INLET
16	FUEL CONNECTION FOR HOSE ID 10 (13/8)
17	FUEL RETURN CONNECTION FOR HOSE ID 10 (13/8)
18	FUEL FILTER
19	SPEED CONTROL LEVER
20	CONNECTION BOX FOR EXTENSION CABLE
21	BATTERY MINUS (-) CONNECTION
22	PLUS (+) CONNECTION FOR CHARGING DISTRIBUTOR
23	STARTER BATTERY PLUS (+) CONNECTION
24	WATER DRAIN FRESH WATER
25	WATER DRAIN SEAWATER
26	AUTOMATIC FUSE RESET
27	HAND PRIMER PUMP
28	RISER (OPTIONAL)
29	CENTRE OF GRAVITY

The copying, alteration and utilization of this document as well as the communication of its contents to others without the prior written consent of the copyright holder is prohibited. In case of any doubt, please refer to the copyright notice on the drawing.	VOLVO PENTA DIMENSION DRAWING D2-40/130S	Drawing No. 3591395	Rev. No. 101	Sheet No. 1/1
	DIMENSIONS D2-40/130S	Drawing type DIMENSION DRAWING	Drawing No. 3591395	Rev. No. 101