

Radni katamaran za ribogojilišta

Božić, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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:235:600752>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Domagoj Božić

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Vedran Slapničar , dipl. ing.

Student:

Domagoj Božić

Zagreb, 2014.

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

Zahvaljujem se svim profesorima i asistentima, ponajviše asistentu Ivanu Muniću, te docentima Jerolimu Andriću i Vedranu Slapničaru, koji su mi pomogli pri izradi diplomskog rada.

Također se zahvaljujem kolegi Davoru Vrankoviću na pruženim podacima i korisnim sugestijama.

Zahvaljujem se na podrškama tijekom cijelog studija svojim prijateljima i kolegama Hinku Zlopaši, Vjekoslavu Grubišiću i Filipu Flegi.

I naposljetku se posebno zahvaljujem svojim roditeljima, bratu i djevojci Helli što se me podržavali i cijelo vrijeme bili uz mene.

Domagoj Božić



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: **Domagoj Božić**

Mat. br.:

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **RADNI KATAMARAN ZA RIBOGOJILIŠTA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **CATAMARAN WORKBOAT FOR FISH FARMS**

Opis zadatka:

Osnovati radni katamaran za ribogojilišta čeličnog trupa i aluminijskog nadgrađa opremljen za plovidbu u teritorijalnom moru RH prema postojećem projektu katamarana s aluminijskim trupom i nadgrađem. Radni katamaran ima sljedeće značajke: duljina preko svega 13,5 m; širina 7,5 m i visina 2,5 m. U prikladnom programskom sklopu izraditi model projekta katamarana te izraditi sljedeće:

1. Proračunati strukturne dimenzije trupa radnog katamarana za ribogojilišta za obični brodograđevni čelik.
2. Napraviti proračun centracije prema dostupnim podacima.
3. Izvršiti transformaciju forme u skladu s proračunom centracije kako bi se postigla potrebna istisnina.
4. Napraviti preliminarni proračun stabiliteta.
5. Napraviti preliminarni proračun otpora.

Operativni radijus, brzina i gaz radnog katamarana prilagodit će se tokom izrade projekta s obzirom na gore izračunato.

Literatura:

1. Klasifikacijski nacrti brodske konstrukcije katamarana za opskrbu ribogojilišta.
2. Tehnička specifikacija katamarana za opskrbu ribogojilišta.
3. Popis glavne opreme katamarana za opskrbu ribogojilišta.
4. Nordic Boat Standard, Commercial Boat less than 15meters, 1990.

Zadatak zadan:

25. rujna 2014.

Rok predaje rada:

27. studenog 2014.

Predviđeni datumi obrane:

3., 4. i 5. prosinca 2014.

Zadatak zadao:


Doc. dr. sc. Vedran Slapničar

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Nastia Degiuli

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS OZNAKA	IV
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. PRORAČUN STRUKTURNIH DIMENZIJA TRUPA.....	3
2.1. Aluminijski trup	3
2.2. Čelični trup.....	5
3. PRORAČUN MASA I CENTRACIJA MASA.....	7
4. TRANSFORMACIJA FORME TRUPA.....	9
4.1. Proračun strukturnih dimenzija transformirane forme.....	12
4.2. Proračun masa i centracija masa transformirane forme	14
5. PRELIMINARNI PRORAČUN TRIMA I STABILITETA	16
5.1. Proračun masa i centracija kompletnog katamarana.....	16
5.2. Stabilitet katamarana s čeličnom trupom – bez tereta.....	18
5.3. Stabilitet katamarana s čeličnim trupom – s teretom	19
6. PRELIMINARNI PRORAČUN OTPORA.....	20
6.1. Otpor katamarana s čeličnim trupom bez tereta.....	21
6.2. Otpor katamarana s čeličnim trupom s teretom	23
7. ZAKLJUČAK.....	25
LITERATURA.....	26
PRILOZI.....	27
8.1. Proračun strukturnih dimenzija trupa.....	27
8.2. Preliminarni proračun stabiliteta	48
8.3. Preliminarni proračun otpora	72

POPIS SLIKA

Slika 1.	Radni katamaran.....	2
Slika 2.	Ovisnost gaza o istisnini.....	9
Slika 3.	Vodne linije aluminijskog i čeličnog trupa	10
Slika 4.	Usporedba stare i transformirane forme.....	11
Slika 5.	Ovisnost poluge stabiliteta o kutu nagiba.....	18
Slika 6.	Ovisnost poluge stabiliteta o kutu nagiba.....	19
Slika 7.	Ovisnost snage o brzini kod katamarana s aluminijskim trupom - bez tereta.....	21
Slika 8.	Ovisnost snage o brzini kod katamarana s čeličnim trupom - bez tereta	22
Slika 9.	Ovisnost snage o brzini kod katamarana s čeličnim trupom - s teretom.....	24

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba debljine limova aluminijskog trupa.....	3
Tablica 2. Usporedba ukrepa aluminijskog trupa.....	4
Tablica 3. Usporedba glavnih rebara aluminijskog trupa.....	4
Tablica 4. Debljine limova čeličnog trupa	5
Tablica 5. Ukrepe čeličnog trupa	5
Tablica 6. Glavno rebro čeličnog trupa	6
Tablica 7. Usporedba volumena i masa aluminijskog i čeličnog trupa.....	7
Tablica 8. Usporedba centracija masa aluminijskog i čeličnog trupa	8
Tablica 9. Ovisnost gaza o istisnini.....	9
Tablica 10. Debljine limova transformirane forme čeličnog trupa	12
Tablica 11. Usporedba ukrepa stare i transformirane forme čeličnog trupa	13
Tablica 12. Glavno rebro transformirane forme čeličnog trupa	13
Tablica 13. Usporedba volumena i masa svih triju trupova	14
Tablica 14. Usporedba centracije masa svih triju trupova.....	15
Tablica 15. Centracija mase cijelog katamarana s aluminijskim trupom	17
Tablica 16. Centracija masa cijelog katamarana s čeličnim trupom	17
Tablica 17. Otpor katamarana s aluminijskim trupom bez tereta.....	20
Tablica 18. Otpor katamarana s čeličnim trupom bez tereta	22
Tablica 19. Otpor katamarana s čeličnim trupom s teretom.....	23

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
LCG	[m]	Težište mase broda po duljini
TCG	[m]	Težište mase broda po širini
VCG	[m]	Težište mase broda po visini
LCB	[m]	Težište mase istisnine po duljini
TCB	[m]	Težište mase istisnine po širini
VCB	[m]	Težište mase istisnine po visini
Loa	[m]	Duljina broda preko svega
B	[m]	Širina broda
D	[m]	Visina broda
m	[kg]	Masa broda
v	[kn]	Brzina broda
V	[m ³]	Volumen
W	[m ³]	Moment tromosti (section modulus)
GZ	[m]	Poluga stabiliteta
A ₁	[m.rad]	Površina ispod krivulje GZ
A ₂	[m.rad]	Površina ispod krivulje GZ
DWT	[kg]	Masa ukrcanog tereta
HL ₂	[m]	Poluga nagiba zbog vjetra
HTL	[m]	Poluga nagiba zbog brzog okretanja (high speed turning)
θ_m	[°]	Kut maksimalne poluge stabiliteta
θ_h	[°]	Kut nagiba koji ovisi o HL ₂ i HLT
θ_r	[°]	Kut preokretanja (roll)
θ_d	[°]	Kut naplavljanja (downflooding)
p	[N/m ²]	Tlak - opterećenje
p _{min}	[N/m ²]	Minimalno opterećenje
p _{sea}	[N/m ²]	Opterećenje od mora
t	[m]	Debljina opločenja
s	[m]	Razmak između ukrepa / Razmak između rebra
l	[m]	Razmak između rebra / Nepoduprti raspon nosača
A _x	[m ²]	Površina uronjenog poprečnog presjeka
A _{wp}	[m ²]	Površina vodne linije
C _b		Koeficijent punoće forme (Blok koeficijent)
C _p		Uzdužni prizmatički koeficijent
C _x		Koeficijent poprečnog presjeka glavnog rebra

C_{wp}		Koeficijent punoće vodne linije
C_{vp}		Prizmatički vertikalni koeficijent
GMT	[m]	Poprečna metacentarska visina
GML	[m]	Uzdužna metacentarska visina
F_n		Froudeov broj
C_f		Koeficijent otpora trenja
C_r		Koeficijent preostalog otpora
R	[N]	Sila otpora
PE	[kW]	Snaga ukupnog otpora (efektivna snaga)
PP	[kW]	Snaga predana vijaku (snaga propulzije)
LCF	[m]	Uzdužno težište vodne linije
TCF	[m]	Poprečno težište vodne linije
VCF	[m]	Vertikalno težište vodne linije
m_{LS}	[kg]	Masa praznog opremljenog broda bez tekućina
L		Profil ukrepe u obliku slova L
FB		Profil ukrepe – flat bar – ravna ukrepa

SAŽETAK

Cilj ovog diplomskog zadatka je od postojećeg radnog katamarana, koji je u potpunosti izrađen od aluminijskog trupca, izraditi projekt katamarana s čeličnim trupom te aluminijskim nadgrađem. Napravljeni su proračuni strukturnih dimenzija aluminijskog i čeličnog trupa, te proračun masa i centracija masa tih trupova.

Uzimajući u obzir činjenicu da katamaran s čeličnim trupom ima veću masu, učinjena je i transformacija forme trupa radi potrebnog povećanja istisnine. S obzirom da se radi o iterativnom procesu, na transformiranoj formi ponovljen je proračun strukturnih dimenzija i centracija masa, te su napravljeni preliminarni proračuni stabilneta i otpora.

Ključne riječi: Radni katamaran
 Aluminijski trup
 Čelični trup
 Strukturne dimenzije
 Transformirana forma trupa
 Stabilitet
 Otpor

SUMMARY

The aim of this diploma thesis is to make the catamaran with a steel hull and aluminium superstructure based on project of the existing working catamaran, which is made entirely of aluminium. Calculations were performed for the structural dimensions of the aluminium and steel hull, so as the estimation of the masses and mass centration of these hulls.

Considering that a catamaran with a steel hull has a greater mass, transformation of the hull was done for the necessary increase in displacement. Since it is iterative process, for this transformed form the calculations of the structural elements, mass centration, preliminary stability and resistance were redone.

Key words: Working catamaran
 Aluminium hull
 Steel hull
 Structural dimensions
 Transformed hull form
 Stability
 Resistance

1. UVOD

Današnji brodovi se grade od različitih materijala. Najčešći materijali su drvo, čelik i aluminij. Ovisno o svrsi broda, bira se materijal koji je jedna od najbitnijih stavki te određuje hoće li brod u konačnici biti lakši ili teži odnosno skuplji ili jeftiniji.

Cilj ovog diplomskog zadatka je od postojećeg radnog katamarana [3,4] koji je u potpunosti izrađen od aluminijskim nadgrađem, ako se u obzir ne uzima oprema, izraditi projekt katamarana s čeličnim trupom te aluminijskim nadgrađem. Projektira se za područje plovidbe u teritorijalnom moru Republike Hrvatske, ali i prema potrebi za sjevernija mora u kojima postoji mogućnost za smrzavanjem same površine odnosno ledom. Iskustvo je pokazalo da se čelik puno bolje ponaša od aluminijskog u područjima gdje ima leda, s obzirom da je kao materijal tvrdi od aluminijskog.

Pretpostavka projektanata iz brodogradilišta je da će čelični trup imati dvostruko veću masu od aluminijskog. Uzimajući u obzir ovu činjenicu, forma katamarana će imati premalo istisnine.

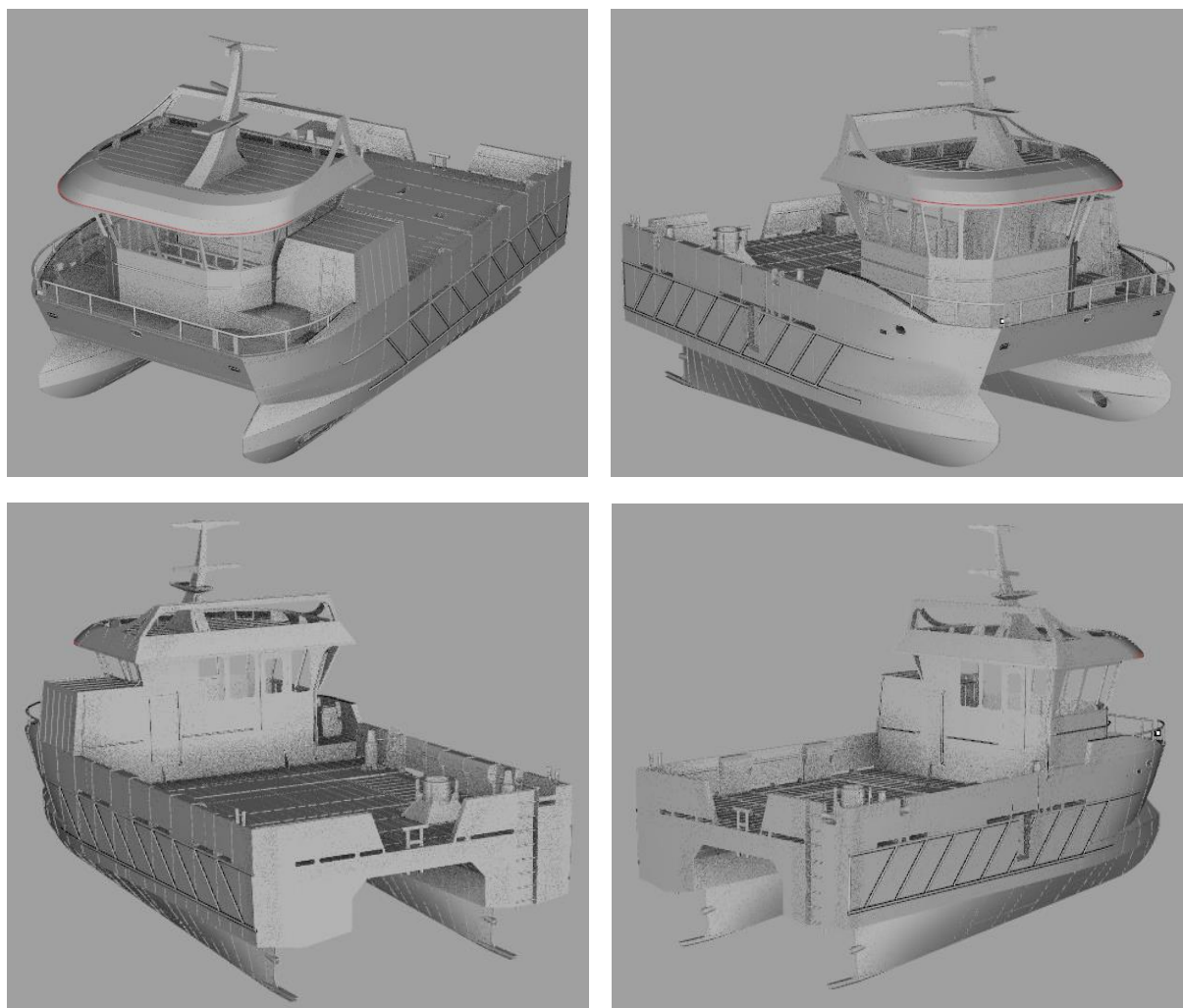
Projektni zadatak iz brodogradilišta glasi da duljina i širina katamarana moraju ostati nepromjenjive, dok gaz i brzina mogu biti promjenjivi u slučaju da se kroz proračun pokaže da čelični katamaran ima veću masu te posljedično nedovoljno istisnine uz opterećenje palube od 1 t/m^2 .

Za novu formu trupa biti će napravljen preliminarni proračun trima i stabiliteta te otpora. Ako zadovoljavaju uvjetima registara, moći će se reći da je radni katamaran s čeličnim trupom izvediv.

Dimenzije radnog katamarana su:

DIMENZIJE KATAMARANA:		
Loa =	13,5	m
B =	7,50	m
T =	1,765	m
D =	2,56	m
v =	17,5	kn
m_{LS} =	29310	kg

S obzirom da nigdje u tehničkoj specifikaciji i dokumentaciji ne piše koliki je gaz katamarana, gaz je očitao iz klasifikacijskih nacrtu brodske konstrukcije [3].



Slika 1. Radni katamaran

2. PRORAČUN STRUKTURNIH DIMENZIJA TRUPA

Strukturne dimenzije trupa proračunate su prema registru Nordic boat standard (NBS) [1]. Radi se o registru za brodove do 15 metara. S obzirom da aluminijske konstrukcije radnog katamarana već postoje i da ti katamarani plove, proračun je započet na taj način da se prvo dimenzionirao aluminijski trup, radi provjere točnosti podataka. Nakon usporedbe izvedene i proračunate konstrukcije trupa u aluminiju proračunale su se strukturne dimenzije čeličnog trupa.

2.1. Aluminijski trup

Prema registru NBS [1] proračunate su strukturne dimenzije aluminijskog trupa. Dimenzije debljine limova vidljive su u tablici 1.

Tablica 1. Usporedba debljine limova aluminijskog trupa

Debljine limova u mm	očitano iz nacrtu	proračunato minimalno
Kobilica	20	10
Dno	6	6
Bok	6	6
Linica	6	5
Paluba	7	5
Pregrada	5	4

Ako dimenzije limova usporedimo sa dimenzijama limova postojećeg katamarana, vidljivo je da su proračunate upravo na isti način s time da su skoro sve dimenzije uzete malo veće debljine sa strane sigurnosti. Jedino je paluba u potpunosti predimenzionirana. Prema projektnom zahtjevu, paluba mora podnositi opterećenje od 1 t/m^2 . Minimalna debljina palube prema registru iznosi 4.14 mm, što odgovara opterećenju od $1,22 \text{ t/m}^2$, dok debljina palube na postojećem brodu iznosi 7 mm, što odgovara opterećenju od 3 t/m^2 . U tablici 1 su zaokružene minimalno proračunate dimenzije debljine limova.

Isto tako je vidljivo u tablici 2 da su skoro sve ukrepe predimenzionirane, a pogotovo ukrepe palube.

Tablica 2. Usporedba ukrepa aluminijskog trupa

Profili ukrepa	očitano iz nacrtu	proračunato minimalno
Dno		
	FB 80x7	FB 70x7
Bok		
	FB 80x7	FB 70x7
Pregrada		
	L 65x50x6	L 65x50x6
Paluba		
	L 65x50x6	L 40x30x5
Most		
	L 60x40x5	L 50x30x5
Zrcalo		
	L 65x50x6	L 55x40x6

Proračunate dimenzije ukrepa su minimalnih dimenzija, a da pri tome zadovoljavaju uvjetima registra. Dakle, moglo bi se reći da su postojeće (očitane iz nacrtu) izabrane nešto većih dimenzija i debljina sa strane sigurnosti.

Na isti način su proračunata rebra.

Tablica 3. Usporedba glavnih rebara aluminijskog trupa

Rebra	očitano iz nacrtu	proračunato minimalno
Dno		
struk (mm)	120x6	120x6
flanza (mm)	50x6	50x6
Bok		
struk (mm)	120x6	120x6
flanza (mm)	50x6	50x6
Sponja		
struk (mm)	150x6	150x6
flanza (mm)	50x6	50x6

U tablici 3 je dan samo primjer na rebro 5 (uzeto kao glavno rebro).

Cijeli proračun je vidljiv u prilogu (str. 27-33).

2.2. Čelični trup

Čelik kao materijal ima skoro 3 puta veću specifičnu masu od aluminija. Kako bi se postigla što manja masa čeličnog trupa potrebno je proračunati strukturne dimenzije trupa tako da budu minimalne, a s druge strane da u potpunosti zadovoljavaju uvjetima registra. Na taj će se način možda izbjeći transformacija forme trupa.

Proračunate strukturne dimenzije čeličnog trupa dane su u sljedeće tri tablice dok je cijeli proračun vidljiv u prilogu (str. 34-40).

Tablica 4. Debljine limova čeličnog trupa

Debljine limova u mm	
Kobilica	10
Dno	5
Bok	5
Linica	4
Paluba	4
Pregrada	4

Tablica 5. Ukrepe čeličnog trupa

Profili ukrepa	proračunato minimalno
Dno	FB 55x5
Bok	FB 55x5
Pregrada	L 40x30x5
Paluba	L 30x25x4
Most	L 35x25x4
Zrcalo	L 30x20x4

S obzirom na nedostupnost podataka, te na činjenicu da se ne znaju opterećenja na ojačanim mjestima na samoj palubi, debljine limova i ukrepe na tim mjestima na čeličnom trupu ostavljene su kakve su prvobitno isprojektirane na već postojećem aluminijskom trupu, dakle istih dimenzija i debljina.

Tablica 6. Glavno rebro čeličnog trupa

Rebra	proračunato minimalno
Dno	
struk (mm)	90x5
flanza (mm)	40x5
Bok	
struk (mm)	60x5
flanza (mm)	40x5
Sponja	
struk (mm)	120x5
flanza (mm)	40x5

3. PRORAČUN MASA I CENTRACIJA MASA

Pretpostavka projektanata iz brodogradilišta je da će čelični trup otprilike imati dva puta veću masu od aluminijskog trupa. Proračun masa i centracija će dati točniji uvid u ovu pretpostavku.

Prema projektnom zahtjevu potrebno je zadržati duljinu i širinu trupa onakvom kakva jest. Ovisno o tome koliko čelični trup katamarana ima veću masu od aluminijskog trupa, toliko će biti potrebno promijeniti formu trupa. Za početak je napravljen čelični trup identičan vanjskim gabaritima i formom aluminijskom trupu.

Prema podacima iz proračuna strukturnih dimenzija, u programu Rhinoceros 3D [8], izrađeni su modeli za aluminijski i čelični trup. Pomoću 3D modela dobiveni su podaci o masama i centraciji što je prikazano sljedećim tablicama.

Tablica 7. Usporedba volumena i masa aluminijskog i čeličnog trupa

TRUP				
	VOLUMEN m ³		MASA kg	
	aluminij	čelik	aluminij	čelik
oplata	0,9799	0,8044	2655,49	5992,82
most	0,1738	0,1314	471,07	978,88
linica	0,1401	0,0989	379,57	736,78
gornje zrcalo	0,0714	0,0572	193,42	426,08
unutrašnjost linice	0,1394	0,0993	377,75	739,46
poklopci grotala	0,0663	0,0451	179,65	336,01
gornja paluba	0,1792	0,1219	485,58	908,20
oplata pramca	0,0363	0,0272	98,39	202,39
zrcalo	0,0628	0,0531	170,21	395,25
uzdužnjaci boka i dna	0,2934	0,1827	795,24	1361,06
glavna paluba	0,7364	0,4949	1995,60	3687,26
kobilica	0,1654	0,1328	448,26	989,37
pregrada 6	0,0799	0,0520	216,63	387,77
pregrada 10	0,0729	0,0597	197,66	444,80
rebra	0,4517	0,2725	1224,21	2030,37
ukupno	3,6490	2,6331	9888,73	19616,48

Iz tablice 7 se vidi da čelični trup ima dvostruko veću masu od aluminijskog trupa.

Tablica 8. Usporedba centracija masa aluminijskog i čeličnog trupa

CENTRACIJA MASA	ALUMINIJSKI TRUP			ČELIČNI TRUP		
	LCG mm	TCG mm	VCG mm	LCG mm	TCG mm	VCG mm
oplata	6156,97	40,89	1191,9	6085	1,5	1198
most	4851,69	10,6	2029,19	4730,86	5,25	2020,29
gornja oplata	5706	46	2866,6	6352,7	92,27	2864,19
gornje zrcalo	-520,6	-37,7	2885,7	-503,13	18,49	2889,25
unutrašnjost linice	5078,6	225	2986,3	5078,6	222	2983,3
poklopci grotala	4503,5	0	2415,25	4503,5	0	2415,25
gornja paluba	10374,99	-557,5	2809,4	10397,95	-568,54	2818,31
oplata pramca	12473,47	244,22	2927,1	12450,64	326,39	2947,78
zrcalo	-591,7	-83,7	1760,97	-592,6	-177,73	1769,31
uzdužnjaci boka i dna	5473,28	-52	912,37	5015,68	-51,77	766,57
glavna paluba	4157,43	-128,18	2389,99	4081,29	-353	2350,42
kobilica	4662,36	9,64	138,73	4662,36	9,64	138,73
pregrada 6	5993,45	3,13	1556,18	5999,25	3,29	1578,7
pregrada 10	9989,7	-342,1	1895,72	9989,7	-386,5	1890,65
rebra	4839,87	-324,2	1753,62	4627,41	-398,76	1797,59
cijeli trup	5413,17	-81,79	1789,60	5363,57	-133,01	1749,63

Iz tablice 8 se vidi da je centracija masa čeličnog trupa ostala uglavnom ista kao i kod aluminijskog, što znači da se ni ukupno težište katamarana neće puno razlikovati.

Bitna napomena je da se proračun masa i centracija masa radio prema koordinatnom sustavu modela izrađenog u Rhinu 3D. Na nultom rebru koje se nalazi na krmu katamarana je x koordinata postavljena na 0, što znači da je zrcalo na -620 milimetara po x koordinati.

Na temelju proračuna masa i centracija masa potrebno je napraviti izmjenu forme zbog premalo istisnine. Taj postupak je vidljiv u sljedećem poglavlju.

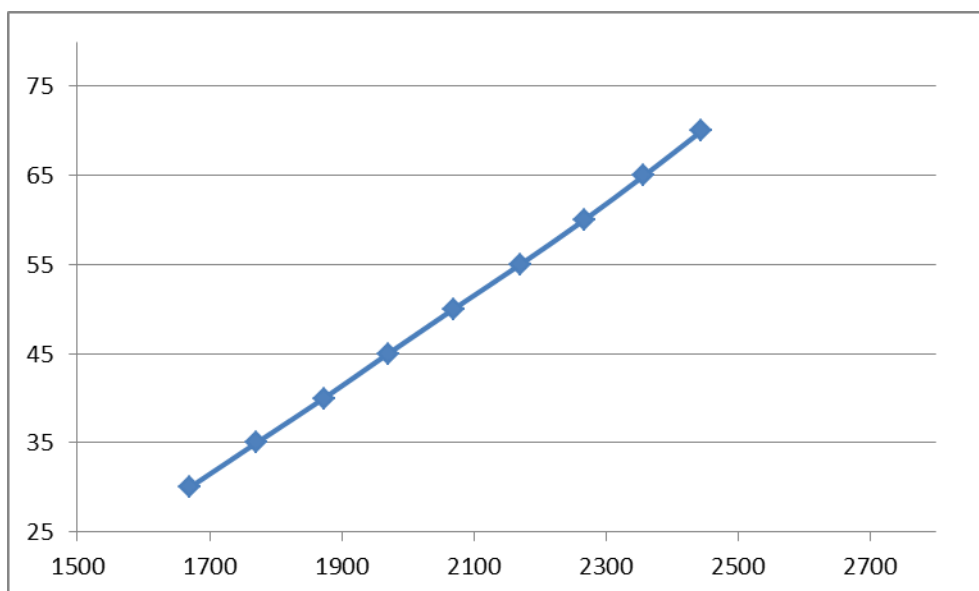
4. TRANSFORMACIJA FORME TRUPA

Prema podacima iz proračuna masa i centracije masa vidljivo ja da čelični trup ima dvostruko veću masu od aluminijskog. Zbog premalo istisnine potrebno je promjeniti formu.

Kao što je već rečeno, ukupna masa aluminijskog katamarana iznosi 35 tona sa svim tekućinama. Masa tereta iznosi 20 tona, što je sveukupno 55 tona. Masa katamarana s čeličnim trupom biti će veća za 10 tona, te će iznositi sveukupno 65 tona. U tablici 9 je prikazana ovisnost gaza o masi istisnine.

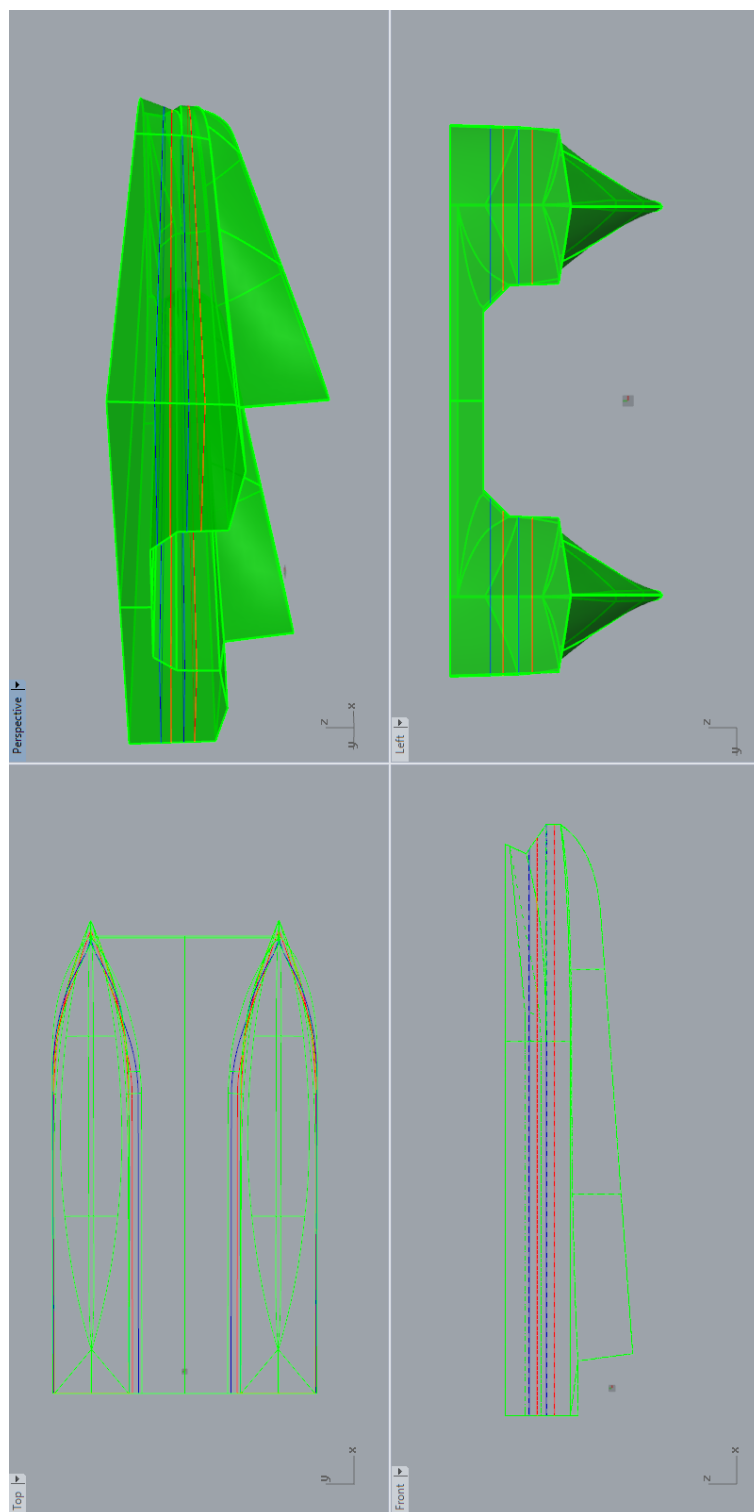
Tablica 9. Ovisnost gaza o istisnini

GAZ (mm)	MASA	
	ISTISNINE (t)	
1670	30	
1771	35	
1873	40	
1970	45	
2069	50	
2170	55	
2267	60	
2358	65	
2445	70	



Slika 2. Ovisnost gaza o istisnini

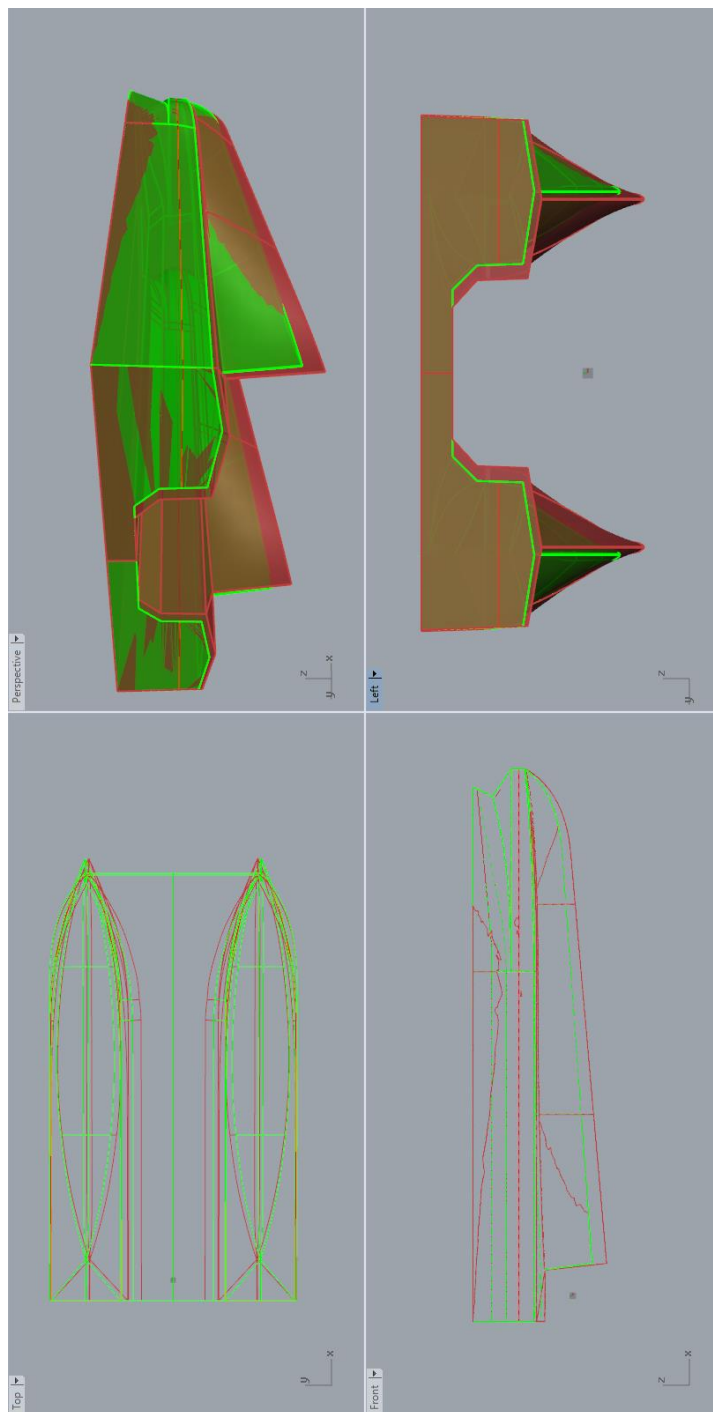
Iz tablice 9 i iz slike 2 je vidljivo da se gaz katamarana povećava za otprilike 0,1 m za svakih 5 tona istisnine. Čelični trup ima 10 tona veću masu od aluminijskog, što znači da će se njegov gaz povećati za 0,2 m. To povećanje gaza prikazano je na slici 3. Na nepromjenjenoj formi vidljive su crvene linije koje označavaju vodne linije katamarana s aluminijskim trupom, dok plave linije označavaju vodne linije katamarana s čeličnim trupom.



Slika 3. Vodne linije aluminijskog i čeličnog trupa

Iz slike 3 je vidljivo da kad bi katamaran s čeličnim trupom bio potpuno nakrcan da bi skoro most dodirivao površinu vode što nije prihvatljivo. Stoga je potrebno transformirati formu širenjem rebara.

Prema projektom zahtijevu trup će ostati iste duljine i širine, no što je izmjenjeno jest to da su trupovi prošireni prema simetrali broda (svaki za 0,2 m), te je povećan gaz za 0,35 m. Referentna točka je bilo zadržavanje visine nadvođa kao kod aluminijskog trupa, što je vidljivo na slici 4.



Slika 4. Usporedba stare i transformirane forme

Izmjenjena forma katamarana na toj vodnoj liniji ima 46 tona istisnine. Bez obzira na činjenicu da katamaran s čeličnim trupom ima 10 tona veću masu od katamarana s aluminijskim trupom, te da bi istisnina od 45 tona zadovoljila, forma je namjerno dotjerana do 46 tona istisnine iz razloga jer su trupovi veći od prvobitnih, što ujedno rezultira i većom masom.

4.1. Proračun strukturnih dimenzija transformirane forme

Kako bi se napravio proračun masa i centracija masa izmjenjenog čeličnog trupa, dakle transformirane forme, potrebno je napraviti proračun strukturnih dimenzija izmjenjene forme kako bi se vidjelo zadovoljavaju li proračunati strukturni elementi u transformiranoj novoj formi. U slučaju da neke debljine limova i ukrepe ne zadovoljavaju, potrebno ih je promjeniti i dimenzionirati na taj način da zadovoljavaju uvjetima registra.

Iz tablice 10 vidljivo je da transformirana forma, bez obzira što je veća, i dalje ima iste debljine limova kao i prvobitna forma.

Tablica 10. Debljine limova transformirane forme čeličnog trupa

Debljine limova u mm	
Kobilica	10
Dno	5
Bok	5
Linica	4
Paluba	4
Pregrada	4

Tablica 11. Usporedba ukrepa stare i transformirane forme čeličnog trupa

Profili ukrepa	Transformirana forma	Stara forma
Dno		
	FB 55x5	FB 55x5
Bok		
	FB 55x5	FB 55x5
Pregrada		
	L 50x30x5	L 40x30x5
Paluba		
	FB 45x5	L 30x25x4
Most		
	FB 50x5	L 35x25x4
Zrcalo		
	FB 40x5	L 30x20x4

Iz tablice 11 je vidljivo da su ukrepe na pregradi pojačane te radi lakše tehnološke izvodljivosti i malih dimenzija, umjesto prvobitnih L profila, uzeti su FB profili. Promjenom profila se minimalno utjecalo i na povećanje mase što je vidljivo u tablici 13.

Rebra su u prvobitnoj čeličnoj konstrukciji bila predimenzionirana tako da ona i na ovoj proširenoj konstrukciji zadovoljavaju. Dimenzije glavnog rebra su prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 12. Glavno rebro transformirane forme čeličnog trupa

Rebra	proračunato minimalno
Dno	
struk (mm)	90x5
flanza (mm)	40x5
Bok	
struk (mm)	60x5
flanza (mm)	40x5
Sponja	
struk (mm)	120x5
flanza (mm)	40x5

Cijeli proračun je vidljiv u prilogu (str. 41-47).

4.2. Proračun masa i centracija masa transformirane forme

Nakon što je napravljen proračun strukturnih dimenzija transformirane forme potrebno je napraviti novi proračun masa i centraciju istih.

Prema podacima iz proračuna strukturnih dimenzija, u programu Rhinoceros 3D [8], izrađen je model za transformirani čelični trup. Pomoću 3D modela dobiveni su podaci o masama i centraciji što je prikazano sljedećim tablicama.

Tablica 13. Usporedba volumena i masa svih triju trupova

TRUP						
	VOLUMEN m ³			MASA kg		
	aluminij	čelik	čelik - nova forma	aluminij	čelik	čelik - nova forma
oplata	0,9799	0,8044	0,9912	2655,49	5992,82	7384,34
most	0,1738	0,1314		471,07	978,88	
linica	0,1401	0,0989	0,0989	379,57	736,78	736,78
gornje zrcalo	0,0714	0,0572	0,0572	193,42	426,08	426,08
unutrašnjost linice	0,1394	0,0993	0,0993	377,75	739,46	739,46
poklopci grotala	0,0663	0,0451	0,0451	179,65	336,01	336,01
gornja paluba	0,1792	0,1219	0,1219	485,58	908,20	908,20
oplata pramca	0,0363	0,0272	0,0272	98,39	202,39	202,39
zrcalo	0,0628	0,0531	0,0571	170,21	395,25	425,12
uzdužnjaci boka i dna	0,2934	0,1827	0,1927	795,24	1361,06	1435,41
glavna paluba	0,7364	0,4949	0,5023	1995,60	3687,26	3742,21
kobilica	0,1654	0,1328	0,1328	448,26	989,37	989,37
pregrada 6	0,0799	0,0520	0,0599	216,63	387,77	446,04
pregrada 10	0,0729	0,0597	0,0620	197,66	444,80	462,08
rebra	0,4517	0,2725	0,2816	1224,21	2030,37	2098,26
ukupno	3,6490	2,6331	2,7291	9888,73	19616,48	20331,74

Iz tablice 13 vidljivo je da je masa izmijenjenog čeličnog trupa 715 kg veća od prvobitnog čeličnog trupa. Iz tog razloga je forma bila izmijenjena i transformirana na 46 tona istisnine.

Tablica 14. Usporedba centracije masa svih triju trupova

CENTRACIJA MASA	ALUMINIJSKI TRUP			ČELIČNI TRUP			ČELIČNI TRUP - NOVA FORMA		
	LCG mm	TCG mm	VCG mm	LCG mm	TCG mm	VCG mm	LCG mm	TCG mm	VCG mm
oplata	6156,97	40,89	1191,9	6085	1,5	1198	5981,7	2,3	1222,25
most	4851,69	10,6	2029,19	4730,86	5,25	2020,29			
gornja oplata	5706	46	2866,6	6352,7	92,27	2864,19	6352,7	92,27	2864,19
gornje zrcalo	-520,6	-37,7	2885,7	-503,13	18,49	2889,25	-503,13	18,49	2889,25
unutrašnjost linice	5078,6	225	2986,3	5078,6	222	2983,3	5078,6	222	2983,3
poklopci grotala	4503,5	0	2415,25	4503,5	0	2415,25	4503,5	0	2415,25
gornja paluba	10374,99	-557,5	2809,4	10397,95	-568,54	2818,31	10397,95	-568,54	2818,31
oplata pramca	12473,47	244,22	2927,1	12450,64	326,39	2947,78	12450,64	326,39	2947,78
zrcalo	-591,7	-83,7	1760,97	-592,6	-177,73	1769,31	-592,6	-177,73	1714,11
uzdužnjaci boka i dna	5473,28	-52	912,37	5015,68	-51,77	766,57	5106,9	-51,77	641,78
glavna paluba	4157,43	-128,18	2389,99	4081,29	-353	2350,42	4081,29	-353	2350,42
kobilica	4662,36	9,64	138,73	4662,36	9,64	138,73	4662,36	9,64	138,73
pregrada 6	5993,45	3,13	1556,18	5999,25	3,29	1578,7	5997,69	0	1483,77
pregrada 10	9989,7	-342,1	1895,72	9989,7	-386,5	1890,65	9994,38	-214	1794,83
rebra	4839,87	-324,2	1753,62	4627,41	-398,76	1797,59	4627,41	-398,76	1787,59
cijeli trup	5413,17	-81,79	1789,60	5363,57	-133,01	1749,63	5402,21	-127,4	1690,24

Iz tablice 14 vidljiva je centracija transformirane forme čeličnog trupa u odnosu na preostale dvije.

5. PRELIMINARNI PRORAČUN TRIMA I STABILITETA

S dobivenim podacima masa i centracijama istih, može se napraviti proračun trima i stabiliteta. Proračun je napravljen u podprogramu Rhinocerosa 3D – Orca 3D [9].

Za referentne podatke se koriste podaci iz knjige trima i stabiliteta postojećeg aluminijskog katamarana [7], te su iz nje preuzete preostale centracije što će biti vidljivo kroz daljnji proračun.

5.1. Proračun masa i centracija kompletnog katamarana

Osim centracije trupa, potrebne su i centracije ostalih masa na katamaranu. Međutim, tu se javlja nekonzistentnost nekih podataka, a to je masa praznog opremljenog broda (m_{LS}) aluminijskog katamarana. U knjizi trima i stabiliteta [7] piše da je masa praznog opremljenog broda, bez ikakvih tekućina, 26 tona. Podaci iz brodogradilišta nam ukazuju drugačije. Na dizalici je izmjerena masa praznog opremljenog broda od 31 tone s otprilike 20 % tekućina u svakom tanku.

U ovom proračunu trima i stabiliteta, kao referentni podatak je uzet podatak iz brodogradilišta, a to je masa od 29,3 tona praznog opremljenog aluminijskog broda bez tekućina. Na tu masu je dodan višak mase od čeličnog trupa. Ukupna masa katamarana s čeličnim trupom i sa svim tekućinama iznosi 45,443 tone. U sljedećoj tablici su prikazane sve mase i njihove centracije te centracija cijelog katamarana. Ti podaci su potrebni te se koriste kao ulazni podaci za program Orca 3D [9], pomoću kojeg će se izračunati stabilitet broda.

Kako bi se utvrdila točnost rezultata dobivenih Orcom 3D [9], prvo je izračunat stabilitet za katamaran s aluminijskim trupom. S obzirom da se rezultati poklapaju s podacima iz knjige trima i stabiliteta [7], na isti način je izračunat stabilitet za katamaran s čeličnim trupom.

Za obje varijante radnog katamarana, čeličnu i aluminijsku, izračunat je stabilitet za dva stanja krcanja. Prvo stanje krcanja je katamaran sa svim tekućinama bez tereta, dok je drugo stanje krcanja sa teretom.

U prilogu je dan kompletan proračun trima i stabiliteta za sva 4 stanja krcanja (str. 48-71), a u nastavku poglavlja se vide rezultati stabiliteta za katamaran s čeličnom trupom. Provjera

stabilnosta zadovoljava uvjetima prema High Speed Craftu (HSC), 2002. [2], te je vidljiva u nastavku poglavlja.

Tablica 15. Centracija mase cijelog katamarana s aluminijskim trupom

Aluminijski katamaran bez tereta					Rhino
	masa (t)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	LCG (m)
Light ship	29,31	5,957	2,261	0,175	
Gorivo tank 1	1,72	7,295	1,371	-2,857	
Gorivo tank 2	1,72	7,295	1,371	2,857	
Voda tank	1,95	9,575	1,396	-2,897	
Posada	0,3	10,5	4,8	0	
Teret	0	0	0	0	
UKUPNO	35	6,391	2,123	-0,041	5,771
Aluminijski katamaran s teretom					Rhino
	masa (t)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	LCG (m)
Light ship	29,31	5,957	2,261	0,175	
Gorivo tank 1	1,72	7,295	1,371	-2,857	
Gorivo tank 2	1,72	7,295	1,371	2,857	
Voda tank	1,95	9,575	1,396	-2,897	
Posada	0,3	10,5	4,8	0	
Teret	20	5,4	2,92	0	
UKUPNO	55	6,003	2,435	-0,025	5,383

Tablica 16. Centracija masa cijelog katamarana s čeličnim trupom

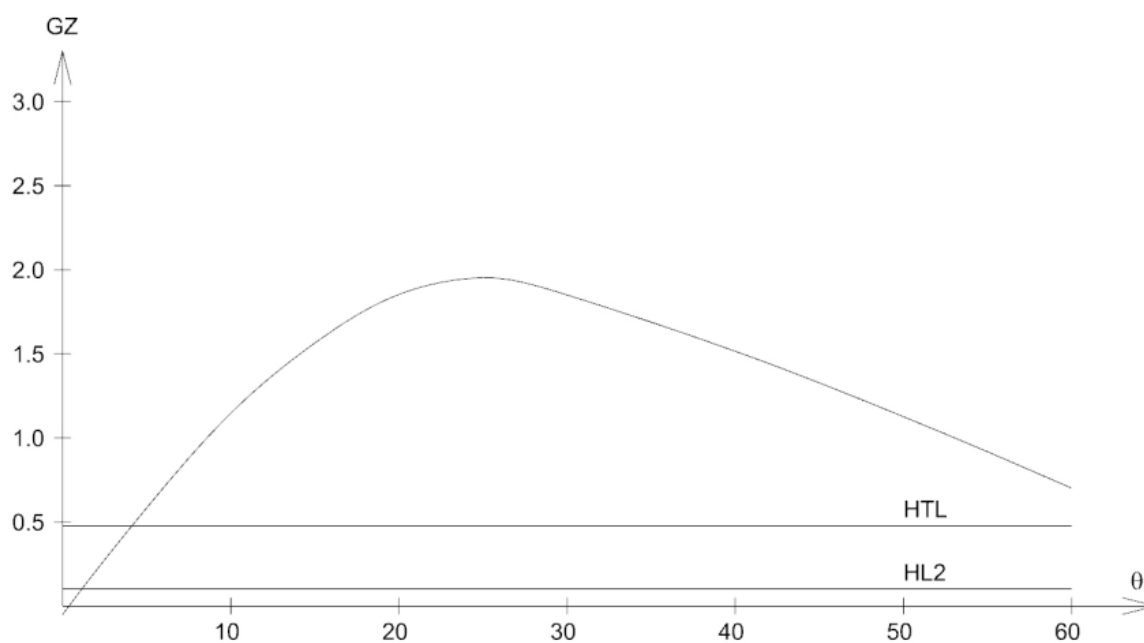
Čelični katamaran bez tereta					Rhino
	masa (t)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	LCG (m)
Light ship	39,753	5,809	2,086	0,084	
Gorivo tank 1	1,72	7,295	1,371	-2,857	
Gorivo tank 2	1,72	7,295	1,371	2,857	
Voda tank	1,95	9,575	1,396	-2,897	
Posada	0,3	10,5	4,8	0	
Teret	0	0	0	0	
UKUPNO	45,443	6,1137	2,0205	-0,051	5,494
Čelični katamaran s teretom					Rhino
	masa (t)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	LCG (m)
Light ship	39,753	5,809	2,086	0,084	
Gorivo tank 1	1,72	7,295	1,371	-2,857	
Gorivo tank 2	1,72	7,295	1,371	2,857	
Voda tank	1,95	9,575	1,396	-2,897	
Posada	0,3	10,5	4,8	0	
Teret	20	5,4	2,92	0	
UKUPNO	65,443	5,896	2,295	-0,035	5,276

5.2. Stabilitet katamarana s čeličnom trupom – bez tereta

Displacement = 45.44 t LCG = 5.494 m VCG = 2.02 m

Mean draught = 0 m Trim = 0 m

GZ_{max}	1.952 m	
θ_m	25 °	(req. ≥ 10 °)
HL ₂	0.101 m	
HTL	0.478 m	
θ_h	0.2 °	(req. ≤ 10 °)
θ_r	15 °	
θ_d	30 °	
A ₁	0.537 m.rad	(req. ≥ 0.066 m.rad)
A ₂	0.129 m.rad	(req. ≥ 0.028 m.rad)
GMT	7.25 m	



θ	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60
GZ	-0.05	0.584	1.146	1.564	1.853	1.952	1.850	1.516	1.126	0.702

Slika 5. Ovisnost poluge stabiliteta o kutu nagiba

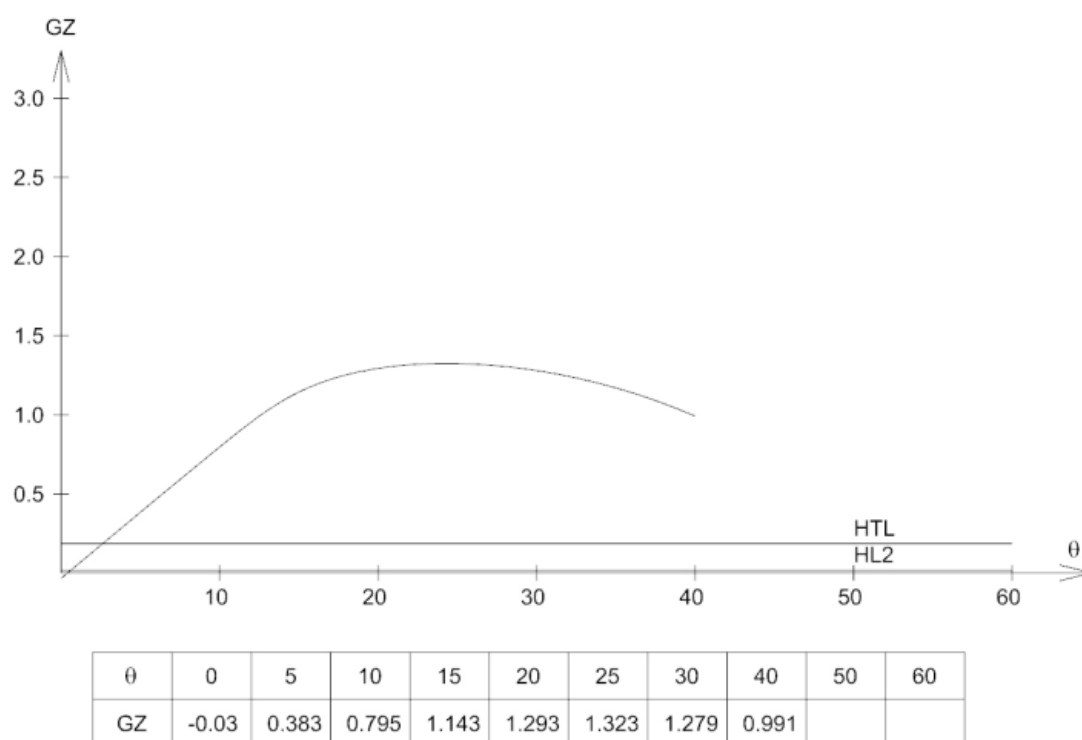
Prema zahtjevima HSC-a [2] vidljivo je da stabilitet za ovo stanje krcanja zadovoljava.

5.3. Stabilitet katamarana s čeličnim trupom – s teretom

Displacement = 65.44 t LCG = 5.276 m VCG = 2.295 m

Mean draught = 0 m Trim = 0 m

GZ_{\max}	1.323 m	
θ_m	25 °	(req. ≥ 10 °)
HL_2	0.017 m	
HTL	0.184 m	
θ_h	0.1 °	(req. ≤ 10 °)
θ_r	15 °	
θ_d	15 °	
A_1	0.153 m.rad	(req. ≥ 0.11 m.rad)
A_2	0.118 m.rad	(req. ≥ 0.028 m.rad)
GMT	4.87 m	



Slika 6. Ovisnost poluge stabiliteta o kutu nagiba

Prema zahtjevima HSC-a [2] vidljivo je da stabilitet za ovo stanje krcanja zadovoljava.

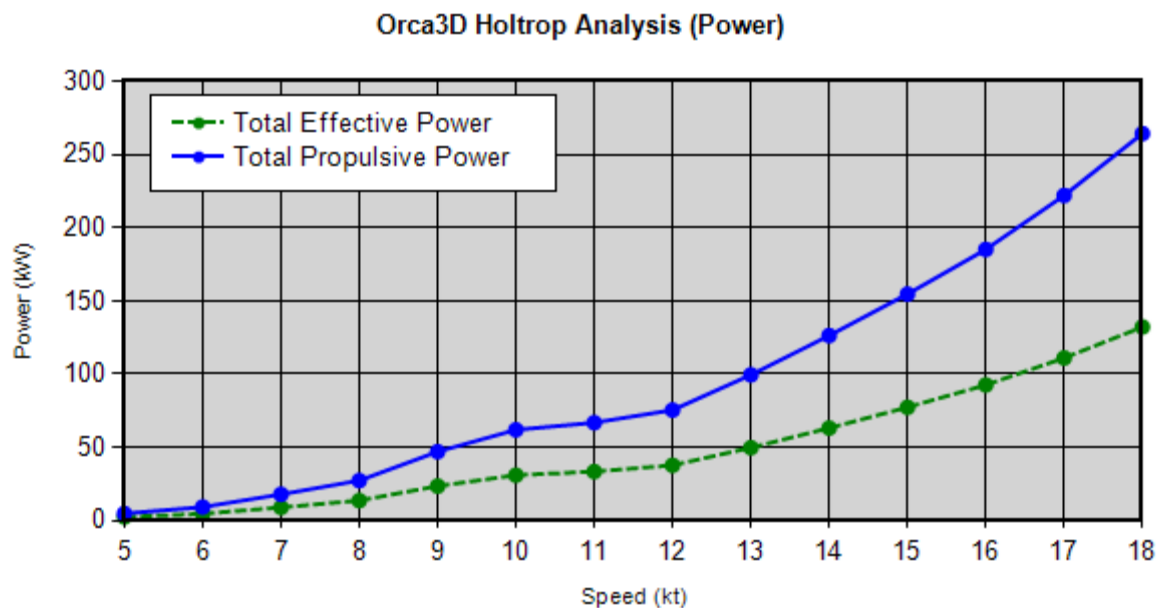
6. PRELIMINARNI PRORAČUN OTPORA

Proračun otpora je napravljen u istom programu kao i proračun stabiliteta, u Orci 3D [9], prema Holtrop metodi. Za referentne podatke se koriste podaci iz brodogradilišta, a to su maksimalna brzina aluminijskog katamarana od 17,5 čvorova bez tereta, uz ugrađena dva motora *John Deere 6090 SFM 75, (325 hp) 242 kW @ 2100 rpm*. Svaki motor je smješten u svom trupu. Iz tog podatka je vidljivo da katamaran razvija maksimalnu brzinu od 17,5 čvorova pri maksimalnoj snazi od 242 kW po motoru.

S obzirom da program ne može izračunati otpor za katamaransku formu, proračun je proveden za jedan trup. Naravno da se u tom slučaju ti podaci ne smiju uzimati kao referentni podaci niti kao potpuno točni podaci. To su podaci koji nam okvirno pokazuju proračun otpora. Treba uzeti u obzir interferenciju valova između dva trupa. U sljedećoj tablici su prikazani rezultati proračuna otpora za jedan trup aluminijskog katamarana bez tereta.

Tablica 17. Otpor katamarana s aluminijskim trupom bez tereta

Speed (kt)	Rbare (N)	PEtotal (kW)	PPtotal (kW)
5,000	925,3	2,4	4,8
6,000	1490,8	4,6	9,2
7,000	2478,5	8,9	17,9
8,000	3317,9	13,7	27,3
9,000	5076,9	23,5	47,0
10,000	6022,0	31,0	62,0
11,000	5907,4	33,4	66,9
12,000	6112,0	37,7	75,5
13,000	7440,6	49,8	99,5
14,000	8772,7	63,2	126,4
15,000	10027,8	77,4	154,8
16,000	11251,9	92,6	185,2
17,000	12699,3	111,1	222,1
18,000	14279,1	132,2	264,4



Slika 7. Ovisnost snage o brzini kod katamarana s aluminijskim trupom - bez tereta

Iz tablice 17 je vidljivo da je rezultat proračuna otprilike točan ako se gleda da je za maksimalnu brzinu jednog trupa od 17,5 čvorova razvijena snaga propulzije od 242 kW. Cijeli proračun je vidljiv u prilogu (str. 72-75).

Sva tri proračuna otpora su napravljena s ukupnim hidrodinamičkim stupnjem djelovanja koji iznosi 0,5 , što se vidi po snagama.

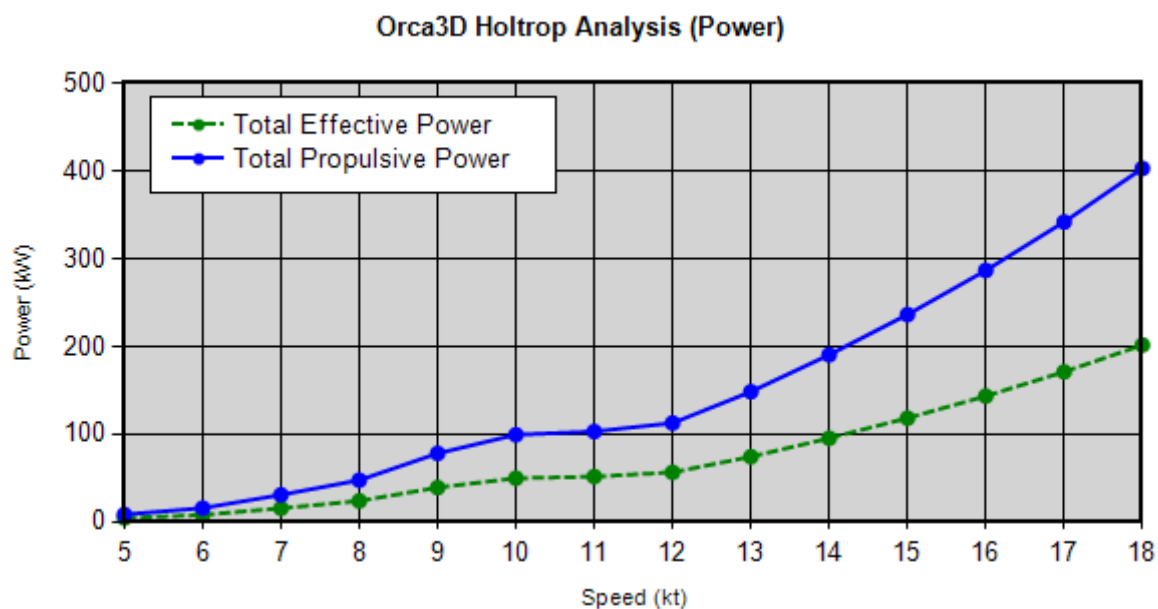
6.1. Otpor katamarana s čeličnim trupom bez tereta

Na isti način je napravljen proračun otpora za katamaran s čeličnim trupom bez tereta. U tablici 18 su prikazani dobiveni rezultati. Ako je pretpostavka da će katamaran zadržati isti motor, iz tablice je vidljivo da će moći razviti maksimalnu brzinu od 15 čvorova. Naravno da tu treba uzeti u obzir da je proračun rađen na jednom trupu, te sa strane sigurnosti reći da će maksimalna brzina katamarana biti nešto manja od 15 čvorova. Isto tako treba uzeti u obzir i da će motor raditi na 90% snage te SM (sea margin) od 10%. Uključujući te podatke, brzina katamarana bez tereta će iznositi oko 14 čvorova.

Cijeli proračun je vidljiv u prilogu (str. 76-79).

Tablica 18. Otpor katamarana s čeličnim trupom bez tereta

Speed (kt)	Rbare (N)	PEtotal (kW)	PPtotal (kW)
5,000	1578,7	4,1	8,1
6,000	2510,0	7,7	15,5
7,000	4248,3	15,3	30,6
8,000	5751,1	23,7	47,3
9,000	8413,2	39,0	77,9
10,000	9640,5	49,6	99,2
11,000	9093,2	51,5	102,9
12,000	9109,8	56,2	112,5
13,000	11086,1	74,1	148,3
14,000	13215,3	95,2	190,4
15,000	15310,6	118,1	236,3
16,000	17408,0	143,3	286,6
17,000	19548,3	171,0	341,9
18,000	21760,3	201,5	403,0



Slika 8. Ovisnost snage o brzini kod katamarana s čeličnim trupom - bez tereta

6.2. Otpor katamarana s čeličnim trupom s teretom

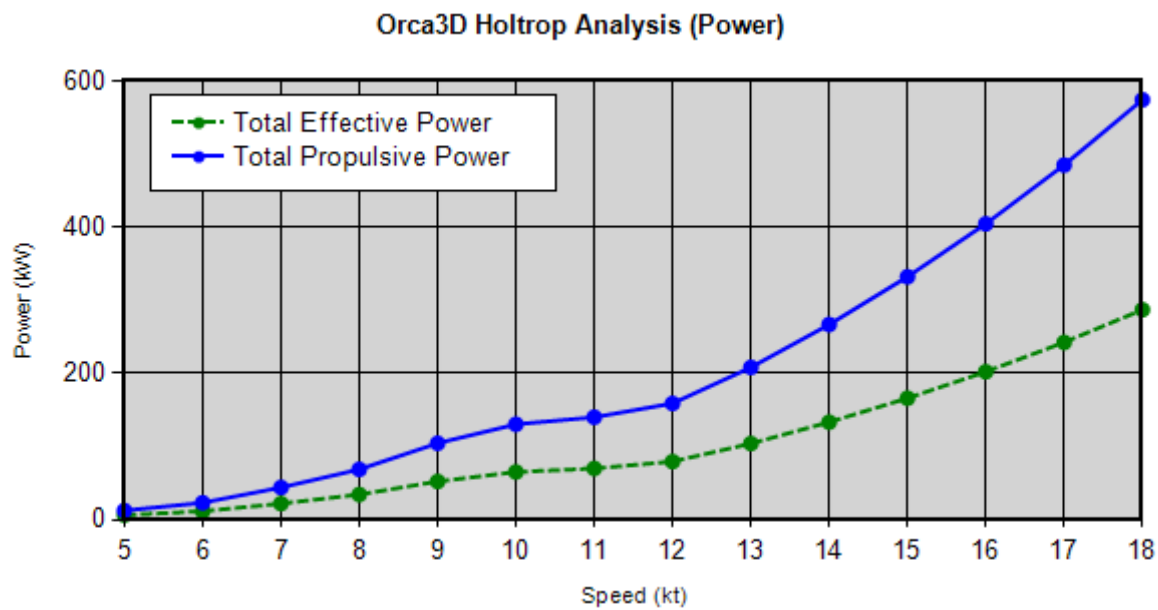
U tablici 19 su prikazani rezultati otpora za katamaran s čeličnim trupom s teretom. S obzirom na nedostatak podatka o radnoj brzini katamarana, nemoguće je reći kolika će biti ukupna snaga otpora katamarana. Prema ovoj tablici, ovisno o radnoj brzini katamarana, može se predvidjeti kolika će biti snaga otpora, naravno opet uzimajući u obzir da su ovi rezultati dobiveni na temelju proračuna otpora za jedan trup.

Uz pretpostavku da je zadržan isti motor, maksimalna brzina radnog katamarana s teretom pri maksimalnoj snazi motora bi iznosila 13,5 čvorova. Uzimajući u obzir da će motor raditi na 90% snage te SM (sea margin) od 10%, brzina katamarana s teretom će iznositi oko 12,5 čvorova.

Cijeli proračun je vidljiv u prilogu (str. 80-83).

Tablica 19. Otpor katamarana s čeličnim trupom s teretom

Speed (kt)	Rbare (N)	PEtotal (kW)	PPtotal (kW)
5,000	2430,5	6,3	12,5
6,000	3756,4	11,6	23,2
7,000	6121,1	22,0	44,1
8,000	8363,1	34,4	68,8
9,000	11299,9	52,3	104,6
10,000	12689,8	65,3	130,6
11,000	12391,4	70,1	140,2
12,000	12890,7	79,6	159,2
13,000	15585,1	104,2	208,5
14,000	18542,0	133,5	267,1
15,000	21544,4	166,3	332,5
16,000	24603,3	202,5	405,0
17,000	27755,7	242,7	485,5
18,000	31034,5	287,4	574,8



Slika 9. Ovisnost snage o brzini kod katamarana s čeličnim trupom - s teretom

7. ZAKLJUČAK

Ovim radom je pokazana mogućnost gradnje radnog katamarana čeličnog trupa s aluminijskim nadgrađem.

Prema projektnom zahtjevu, katamaran je predviđen za plovidbu teritorijalnim morem Republike Hrvatske. U slučaju plovidbe teritorijalnim morem Republike Hrvatske nema stvarne potrebe gradnje broda s čeličnim trupom jer vremenski uvjeti nisu takvi koji zahtijevaju veću otpornost materijala na habanje. Katamaran s čeličnim trupom u konačnici ima 10-ak tona veću masu od aluminijskog, što iznosi otprilike 25% ukupne mase praznog opremljenog broda, bez tekućina i tereta. Prema preliminarnom proračunu brodogradilišta, cijena katamarana s čeličnim trupom bila bi oko 10% manja. Gotovo da se može ustvrditi, za konkretan slučaj, da vrijedi postavka da je omjer mase trupa broda i cijene broda obrnuto proporcionalan.

Prednosti koje nudi katamaran s čeličnim trupom su jeftinija cijena izrade te mogućnost korištenja odnosno opskrbljivanje ribogojilišta u sjevernim morima (sjeverne Europe), gdje postoji opasnost od oštećivanja broda ledom. Nedostatci su veća masa, veći gaz, veći otpor te manja brzina. Stabilitet obje verzije radnog katamaran zadovoljava.

U ovom slučaju se prednosti i nedostatci mogu zanemariti. Bitno je samo koja je namjena ovog katamarana te u kojem području plovidbe će on obavljati svoj posao. Ako bi katamaran u takvoj izvedbi s čeličnim trupom bio namijenjen za ribogojilišta u sjevernim morima, tu bi se u potpunosti vidjela svrha takve izvedbe, bez obzira na prethodno navedene nedostatke.

LITERATURA

- [1] Nordic Boat Standard, Commercial Boats less than 15 meters, 1990.
- [2] High Speed Craft, 2002.
- [3] Klasifikacijski nacrti brodske konstrukcije katamarana za opskrbu ribogojilišta
- [4] Tehnička specifikacija katamarana za opskrbu ribogojilišta
- [5] Popis glavne opreme katamarana za opskrbu ribogojilišta
- [6] Rezna lista limova i profila katamarana za opskrbu ribogojilišta
- [7] Knjiga trima i stabiliteta katamarana za opskrbu ribogojilišta
- [8] Računalni 3D program Rhinoceros 5
- [9] Računalni 3D program Orca 3.1
- [10] Microsoft Excel 2010

PRILOZI

8.1. Proračun strukturnih dimenzija trupa

8.1.1. Aluminijски trup (primjer dan na rebru 11) + sve tablice

OPTEREĆENJA:					
Dno					
	$p = k_1 * p_{sea} =$		0,07624	N/mm ²	
	$p = p_{min} = 0,003 * Lo_a =$		0,0405	N/mm ²	
	$k_1 =$	0,953			
	$p_{sea} =$	0,08	t/m ²		
Bokovi					
	$p = k_1 (1,4 * F - h) * p_{sea} / (1,4 * F) =$		0,07624	N/mm ²	
	$p_{min} = 0,3 * p_{sea} =$		0,024	N/mm ²	
	$F =$	1,58	m	(F=1,1915m za R0-R8)	
	$h =$	0	m	(F=1,580m za R9-R12)	
Bokovi nadgrađa					
	$p = 0,2 * p_{sea} =$	0,016	t/m ²		
Paluba					
	$p = 0,01 + 0,002 * Lo_a + 0,06 * p_{sea} =$		0,0418	N/mm ²	
	$P_{(FOR\ LOAD)} = 0,08 * g =$		0,08	N/mm ²	
	$g =$	1	t/m ²		
Pregrade					
	$p_{min} = 0,003 * Lo_a =$	0,0405	N/mm ²		

DIMENZIONIRANJE					
Materijal					
	AlMg4.5Mn	yield stress =	125	N/mm ²	(sigma)
Korekcije					
	$f_1 = (170/sigma)^{1/2} =$	1,16619			
	$f_2 = 0,6 + 0,2 * a/b =$	1			
	$a =$	2			
	$b =$	1			
	$f_3 = 1 - 0,8 * f/s =$	1	0,85	najmanje	
	$f =$	0,00001			
	$s =$	300			

$f_4 = 1.1 - k/s =$		0,7 najmanje
$k = 7$		
$s = 300$		
$f = f_1 * f_2 * f_3 =$	1,16619	
$f_w = 170 / \sigma =$	1,36	
Kobilica		
$W = 1,44 * G * L_{oa} =$	641520 mm ³	
$t = 1,5 * t_b =$	7,294532 mm	
$t = 1,5 * t_b =$	8,283546 mm	
$b = 10 * L_{oa} =$	135 mm	
Opločenje dna		
$t_b = 0,049 * f * s * p^{1/2} =$		5,522364 mm
$s =$	350 mm	
$t_b = 1,15 (0,4 + 0,2 * f_1 * L_{oa} + 0,04 * V) =$		4,863021 mm
Opločenje boka		
$t_s = 0,028 * f * s * p^{1/2} =$		2,885153 mm
$t_{s_{min}} = 1,15 (0,2 * f_1 * L_{oa} + 0,04 * V) =$		4,403021 mm
$s =$	320 mm	
Pregrada		
$t_s = 0,028 * f * s * p^{1/2} =$		1,971407 mm
$t_s = 0,75 * t_{s_{min}} =$		3,302266 mm
$s =$	300 mm	
Opločenje palube		
$t_d = 0,038 * f * s * p^{1/2} =$		3,760272 mm
$t_d = 1,05 (0,8 + 0,2 * f_1 * L_{oa}) =$		4,14615 mm
		min = 1,5 mm
$s =$	300 mm	

TABLICA DEBLJINE LIMOVA OPLOČENJA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
k1													
	0,6662	0,6922	0,7183	0,7444	0,7705	0,7965	0,8226	0,8487	0,8747	0,9008	0,9269	0,953	0,979
F													
	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,58	1,58	1,58	1,58
Kobilica													
t (mm)	7,29	7,29	8,21	8,36	8,51	8,65	8,79	7,29	7,29	7,29	7,29	8,28	7,29
očitano iz nacrtu	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Dno													
t (mm)	4,86	4,86	5,47	5,57	5,67	5,77	5,86	4,86	4,86	4,86	4,86	5,52	4,86
s (mm)	300	300	400	400	400	400	400	300	300	300	300	350	300
očitano iz nacrtu	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Bok													
t (mm)	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41	4,41
s (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	320	320
očitano iz nacrtu	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Paluba													
t (mm)	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
s (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
očitano iz nacrtu	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5
Paluba za opterećenje $g = 3 \text{ t/m}^2$													
t (mm)	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52				
s (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300				
očitano iz nacrtu	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
Pregrada													
t (mm)							3,31				3,31		
s (mm)							300				300		
očitano iz nacrtu							6				5		

LEGENDA: ulazne vrijednosti dobivene vrijednosti

Radi lakšeg i bržeg proračuna strukturnih dimenzija trupa, napravljen je kalkulator u Microsoft Excelu [10] prema formulama i uvjetima registra NBS [1]. Crveni brojevi su ulazni parametri u proračunu.

Prilikom proračuna debljine limova boka i dna:

- uzdužnjaci oplata boka i dna nemaju konstantan razmak
- uzet je najveći razmak između dva uzdužnjaka na boku i dnu

UKREPE						
		Dno				
		$W = 2,4 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			8709,658	mm ³
			$l =$	1000	mm	
		Bok				
		$W = 1,5 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			4976,947	mm ³
			$l =$	1000	mm	
		Pregrada				
		$W = 1,5 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			4417,423	mm ³
			$l =$	1335	mm	
		Paluba				
		$W = 2,4 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			7833,6	mm ³
			$l =$	1000	mm	

TABLICA UKREPA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dno													
W (mm ³)	5219	5423	7503	7776	8048	8320	8592	6649	6852	7057	7261	8710	7669
odabrani minimalni	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7
očitanji iz nacrtā	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7
Bok													
W (mm ³)	3262	3389	3517	3645	3773	3900	4028	4156	4283	4411	4539	4977	5113
odabrani minimalni	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7	FB 70x7
očitanji iz nacrtā	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7	FB 80x7
Pregrada													
W (mm ³)							13794				9815		
odabrani minimalni							L 65x50x6				F 60x8		
očitanji iz nacrtā							L 65x50x6				F 60x8		
Glavna paluba													
W (mm ³)	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834	7834
odabrani minimalni	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5	L 40x30x5
očitanji iz nacrtā	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6	L 65x50x6
Ojačanja glavne palube													
W (mm ³)													
odabrani minimalni		tu fale opterećenja											
očitanji iz nacrtā	L 130x80x8	L 122x80x8	L 122x80x8	L 130x80x8			L 92x50x6	L 92x50x6	L 92x50x6				
W (mm ³)													
odabrani minimalni		tu fale opterećenja											
očitanji iz nacrtā	L 100x50x6	L 92x50x6	L 92x50x6	L 100x50x6				L 108x50x6					
Most													
W (mm ³)	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557
odabrani minimalni	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5	L 50x30x5
očitanji iz nacrtā	L 60x40x5	L 60x40x5	L 60x30x5	L 60x30x5	L 60x30x5	L 60x30x5	L 60x30x5	L 60x30x5	L 60x30x5	L 65x32x5	L 65x32x5	L 65x32x5	L 65x32x5

Rebra						
		Dno				
		$W = 2,4 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			32910,06 mm ³	
			$l =$	1150 mm		
			$s =$	1000 mm		
		Bok				
		$W = 1,5 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			17147,14 mm ³	
			$l =$	1050 mm		
			$s =$	1000 mm		
		Sponja				
		$W = 2,4 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$			84602,88 mm ³	
			$l =$	1800 mm		
			$s =$	1000 mm		

REBRA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nacrt													
LJEVI TRUP													
Dno													
W (mm ³)	50274	52236	48016	49760	45270	43750		37500	35700	28470		32900	24900
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	1000
l (mm)	1700	1700	1600	1600	1500	1450		1300	1250	1100		1150	1000
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
Bok													
W (mm ³)	15011	15597	16880	17494	18108	18720		19950	20550	21170		17150	
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	120x6		130x6	
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200		1200	1200	1200		1050	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	120x6		130x6	
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
Sponja													
W (mm ³)	84603	84603	84603	84603				84603	84603	84603		84603	
struk (mm)	150x7	150x7	150x7	150x7				150x6	150x6	150x6		200x6	
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6				50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000				1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1800	1800	1800	1800				1800	1800	1800		1800	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	150x7	150x7	150x7	150x7				150x6	150x6	150x6		200x6	
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6				50x6	50x6	50x6		50x6	
SREDINA													
Sponja													
W (mm ³)	235008	235008	235008	235008	235008	235008		235008	235008	235008		377057	
struk (mm)	450x7	450x7	450x7	450x7	450x7	450x6		450x7	450x6	400x6		400x6	
flanza (mm)													
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000	3000	3000		3800	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	450x7	450x7	450x7	450x7	450x6	450x6		450x7	450x6	400x6		400x6	
flanza (mm)													
DESNI TRUP													
Dno													
W (mm ³)	50274	52236	48016	49760	45270	43750		37500	35700	28470		32900	24900
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	1000
l (mm)	1700	1700	1600	1600	1500	1450		1300	1250	1100		1150	1000
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
Bok													
W (mm ³)	15011	15597	16880	17494	18108	18720		19950	20550	33080		17150	
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	140x6		130x6	
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200		1200	1200	1500		1050	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	140x6		130x6	
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
Sponja													
W (mm ³)								84603	84603	84603		84603	
struk (mm)								180x6	150x6	200x6		200x6	
flanza (mm)								50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)								1000	1000	1000		1000	
l (mm)								1800	1800	1800		1800	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)								180x6	150x6	200x6		200x6	
flanza (mm)								50x6	50x6	50x6		50x6	

8.1.2. Čelični trup (primjer dan na rebru 11) + sve tablice

OPTEREĆENJA					
Dno					
	$p = k_1 * p_{sea} =$		0,07624	N/mm ²	
	$p = p_{min} = 0,003 * Lo_a =$		0,0405	N/mm ²	
	$k_1 =$	0,953			
	$p_{sea} =$	0,08	t/m ²		
Bok					
	$p = k_1 (1,4 * F - h) * p_{sea} / (1,4 * F) =$		0,07624	N/mm ²	
	$p_{min} = 0,3 * p_{sea} =$		0,024	N/mm ²	
	$F =$	1,58	m	(F=1,1915m za R0-R8)	
	$h =$	0	m	(F=1,580m za R9-R12)	
Bokovi nadgrađa					
	$p = 0,2 * p_{sea} =$	0,016	t/m ²		
Paluba					
	$p = 0,01 + 0,002 * Lo_a + 0,06 * p_{sea} =$		0,0418	N/mm ²	
	$P (FOR LOAD) = 0,08 * g =$		0,08	N/mm ²	
	$g =$	1	t/m ²		
Pregrada					
	$p_{min} = 0,003 * Lo_a =$	0,0405	N/mm ²		

DIMENZIONIRANJE					
Materijal					
	Steel	yield stress =	235	N/mm ²	(sigma)
Korekcije					
	$f1 = (240/sigma)^{1/2} =$	1,010582			
	$f2 = 0,6 + 0,2 * a/b =$	1			
	$a =$	2			
	$b =$	1			
	$f3 = 1 - 0,8 * f/s =$	1	0,85	najmanje	
	$f =$	0,00001			
	$s =$	300			

	$f = f_1 * f_2 * f_3 =$	1,010582		
	$f_w = 240 / \sigma =$	1,021277		
Kobilica				
	$W = 1,04 * G * L_{oa} =$	463320	mm ³	
	$t = 1,5 * t_b =$	6,569787	mm	
	$t = 1,5 * t_b =$	7,178249	mm	
	$b = 10 * L_{oa} =$	135	mm	
Oploćenja dna				
	$t_b = 0,049 * f * s * p^{1/2} =$		4,785499	mm
	$s =$	350	mm	
	$t_b = 1,15 (0,4 + 0,2 * f_1 * L_{oa} + 0,04 * V) =$		4,379858	mm
Oploćenje boka				
	$t_s = 0,023 * f * s * p^{1/2} =$		2,053719	mm
	$t_{s_{min}} = 1,15 (0,2 * f_1 * L_{oa} + 0,04 * V) =$		3,919858	mm
	$s =$	320	mm	
Pregrada				
	$t_s = 0,023 * f * s * p^{1/2} =$		1,403293	mm
	$t_s = 0,75 * t_{s_{min}} =$		2,939894	mm
	$s =$	300	mm	
Oploćenje palube				
	$t_d = 0,032 * f * s * p^{1/2} =$		2,744024	mm
	$t_d = 1,05 (0,8 + 0,2 * f_1 * L_{oa}) =$		3,705001	mm
			min = 1,5	mm
	$s =$	300	mm	

Radi lakšeg i bržeg proračuna strukturnih dimenzija trupa, napravljen je kalkulator u Microsoft Excelu [10] prema formulama i uvjetima registra NBS [1]. Crveni brojevi su ulazani parametri u proračunu.

Prilikom proračuna debljine limova boka i dna:

- uzdužnjaci oplata boka i dna nemaju konstantan razmak
- uzet je najveći razmak između dva uzdužnjaka na boku i dnu

Ukrepe			
Dno			
$W = 1,73 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		4714,552 mm ³	
		l = 1000 mm	
Bok			
$W = 1,27 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		3164,317 mm ³	
		l = 1000 mm	
Pregrada			
$W = 1,27 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		3688,979 mm ³	
		l = 1530 mm	
Paluba			
$W = 1,68 * f_w * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		4117,787 mm ³	
		l = 1000 mm	

TABLICA UKREPA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dno													
W (mm ³)	2825	2936	4062	4209	4357	4504	4651	3599	3710	3820	3931	4715	4152
odabrani minimalni očitani iz nacrta	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7
Bok													
W (mm ³)	2074	2155	2236	2318	2399	2480	2561	2642	2723	2805	2886	3165	3251
odabrani minimalni očitani iz nacrta	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7	FB 55x5 FB 80x7
Pregrada													
W (mm ³)							8770				6241		
odabrani minimalni očitani iz nacrta							L 40x30x5 L 65x50x6		l=2359mm		FB 60x6 FB 60x8		
Zrcalo													
W (mm ³)	2808												
odabrani minimalni očitani iz nacrta	L 30x20x4 L 65x50x6	l=1335mm											
Glavna paluba													
W (mm ³)	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118
odabrani minimalni očitani iz nacrta	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6	L 30x25x4 L 65x50x6
Ojačnja glavne palube													
W (mm ³)													
odabrani minimalni očitani iz nacrta	tu	fale opterećenja											
W (mm ³)													
odabrani minimalni očitani iz nacrta	L 130x80x8	L 122x80x8	L 122x80x8	L 130x80x8			L 92x50x6	L 92x50x6	L 92x50x6				
Most													
W (mm ³)	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024
odabrani minimalni očitani iz nacrta	L 35x25x4 L 60x40x5	L 35x25x4 L 60x40x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 60x30x5	L 35x25x4 L 65x32x5	L 35x25x4 L 65x32x5

Primjer na rebru 5 (uzeto kao glavno rebro).

Rebra					
		Dno			
		$W = 1,73 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		23670,16	mm ³
			$l = 1450$	mm	
			$s = 1000$	mm	
		Bok			
		$W = 1,27 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		11901,05	mm ³
			$l = 1200$	mm	
			$s = 1000$	mm	
		Sponja			
		$W = 1,68 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		44472,1	mm ³
			$l = 1800$	mm	
			$s = 1000$	mm	

REBRA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nact													
LJEVI TRUP													
Dno													
W (mm³)	13559	14088	14620	15151	17016	23670		20275	19318	15410		17815	18300
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
fianza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	1000
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1250	1450		1300	1250	1100		1150	1000
ODABRANO MIN:													
struk (mm)								90x5		90x5			
fianza (mm)								40x5		40x5			
Bok													
W (mm³)	9955	10343	10733	11123	11513	11902		12681	13070	13460		10903	
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	120x6		130x6	
fianza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200		1200	1200	1200		1050	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)								60x5		60x5			
fianza (mm)								40x5		40x5			
Sponja													
W (mm³)	44472	44472	44472	44472				44472	44472	44472		44472	
struk (mm)	150x7	150x7	150x7	150x7				150x6	150x6	150x6		200x6	
fianza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6				50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000				1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1800	1800	1800	1800				1800	1800	1800		1800	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)									120x5				
fianza (mm)									40x5				
SREDINA													
Sponja													
W (mm³)	123535	123535	123535	123535	123535	123535		123535	123535	123535		198203	
struk (mm)	450x7	450x7	450x7	450x7	450x7	450x6		450x7	450x6	400x6		400x6	
fianza (mm)													
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000	3000	3000		3800	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)	450x5	450x5	450x5	450x5	450x5	450x5		450x5	450x5	450x5		450x5	
fianza (mm)													
DESNI TRUP													
Dno													
W (mm³)	13559	14088	14620	15151	17016	23670		20275	19318	15410		17815	18300
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
fianza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	1000
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1250	1450		1300	1250	1100		1150	1000
ODABRANO MIN:													
struk (mm)								90x5		90x5			
fianza (mm)								40x5		40x5			
Bok													
W (mm³)	9955	10343	10733	11123	11513	11902		12681	13070	13460		14240	
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	140x6		130x6	
fianza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200		1200	1200	1500		1050	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)								60x5		60x5			
fianza (mm)								40x5		40x5			
Sponja													
W (mm³)	44472	44472	44472	44472				44472	44472	44472		44472	
struk (mm)	305x7	305x7	305x7	305x7				180x6	150x6	200x6		200x6	
fianza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15				50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000				1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1800	1800	1800	1800				1800	1800	1800		1800	
ODABRANO MIN:													
struk (mm)									120x5				
fianza (mm)									40x5				

8.1.3. Čelični trup – transformirana forma (primjer dan na rebru 11) + sve tablice

OPTEREĆENJA					
Dno					
	$p = k_1 * p_{sea} =$		0,07624	N/mm ²	
	$p = p_{min} = 0,003 * Lo_a =$		0,0405	N/mm ²	
	$k_1 =$	0,953			
	$p_{sea} =$	0,08	t/m ²		
Bok					
	$p = k_1 (1,4 * F - h) * p_{sea} / (1,4 * F) =$		0,07624	N/mm ²	
	$p_{min} = 0,3 * p_{sea} =$		0,024	N/mm ²	
	$F =$	1,58	m	(F=1,1915m za R0-R8)	
	$h =$	0	m	(F=1,580m za R9-R12)	
Bokovi nadgrađa					
	$p = 0,2 * p_{sea} =$	0,016	t/m ²		
Paluba					
	$p = 0,01 + 0,002 * Lo_a + 0,06 * p_{sea} =$		0,0418	N/mm ²	
	$P \text{ (FOR LOAD)} = 0,08 * g =$		0,08	N/mm ²	
	$g =$	1	t/m ²		
Pregrada					
	$p_{min} = 0,003 * Lo_a =$	0,0405	N/mm ²		

DIMENZIONIRANJE					
Materijal					
	Steel	yield stress =	235	N/mm ²	(sigma)
Korekcije					
	$f_1 = (240/\text{sigma})^{1/2} =$	1,010582			
	$f_2 = 0,6 + 0,2 * a/b =$	1			
	$a =$	2			
	$b =$	1			
	$f_3 = 1 - 0,8 * f/s =$	1	0,85	najmanje	
	$f =$	0,00001			
	$s =$	300			

	$f = f_1 * f_2 * f_3 =$	1,010582	
	$f_w = 240 / \sigma =$	1,021277	
Kobilica			
	$W = 1,04 * G * L_{oa} =$	463320	mm ³
	$t = 1,5 * t_b =$	6,569787	mm
	$t = 1,5 * t_b =$	7,178249	mm
	$b = 10 * L_{oa} =$	135	mm
Opločenje dna			
	$t_b = 0,049 * f * s * p^{1/2} =$		4,785499 mm
	$s =$	350	mm
	$t_b = 1,15 (0,4 + 0,2 * f_1 * L_{oa} + 0,04 * V) =$		4,379858 mm
Opločenje boka			
	$t_s = 0,023 * f * s * p^{1/2} =$		2,053719 mm
	$t_{s_{min}} = 1,15 (0,2 * f_1 * L_{oa} + 0,04 * V) =$		3,919858 mm
	$s =$	320	mm
Pregrada			
	$t_s = 0,023 * f * s * p^{1/2} =$		1,403293 mm
	$t_s = 0,75 * t_{s_{min}} =$		2,939894 mm
	$s =$	300	mm
Opločenje palube			
	$t_d = 0,032 * f * s * p^{1/2} =$		2,744024 mm
	$t_d = 1,05 (0,8 + 0,2 * f_1 * L_{oa}) =$		3,705001 mm
			min = 1,5 mm
	$s =$	300	mm

TABLICA DEBLJINE LIMOVA OPLOČENJA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K1	0,6662	0,6922	0,7183	0,7444	0,7705	0,7965	0,8226	0,8487	0,8747	0,9008	0,9269	0,953	0,979
F	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,1915	1,58	1,58	1,58	1,58
Kobilica													
t (mm)	6,56	6,56	7,12	7,25	7,38	7,5	7,63	6,56	6,56	6,56	6,56	7,17	6,56
Dno													
t (mm)	4,38	4,38	4,75	4,84	4,92	5	5,09	4,38	4,38	4,38	4,38	4,79	4,38
s (mm)	300	300	400	400	400	400	400	300	300	300	300	350	300
Bok													
t (mm)	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92
s (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	320	320
Paluba minimalna													
t (mm)	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71
s (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Paluba za opterećenje $g = 3 \text{ t/m}^2$													
t (mm)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
s (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Pregrada													
t (mm)							2,94						2,94
s (mm)							300						300

LEGENDA: ulazne vrijednosti dobivene vrijednosti

Radi lakšeg i bržeg proračuna strukturnih dimenzija trupa, napravljen je kalkulator u Microsoft Excelu [10] prema formulama i uvjetima registra NBS [1]. Crveni brojevi su ulazani parametri u proračunu.

Prilikom proračuna debljine limova boka i dna:

- uzdužnjaci oplata boka i dna nemaju konstantan razmak
- preraspodijeljeni su tako da najveći razmak ostane isti, a manji razmaci da se povećaju
- uzet je najveći razmak između dva uzdužnjaka na boku i dnu

Ukrepe			
Dno			
$W = 1,73 * f_w * s * \rho * l^2 * 10^{-4} =$			4714,552 mm ³
	$l =$	1000	mm
Bok			
$W = 1,27 * f_w * s * \rho * l^2 * 10^{-4} =$			3164,317 mm ³
	$l =$	1000	mm
Pregrada			
$W = 1,27 * f_w * s * \rho * l^2 * 10^{-4} =$			10400,44 mm ³
	$l =$	2569	mm
Paluba			
$W = 1,68 * f_w * s * \rho * l^2 * 10^{-4} =$			4117,787 mm ³
	$l =$	1000	mm

TABLICA UKREPA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dno													
W (mm ³)	2825	2936	4062	4209	4357	4504	4651	3599	3710	3820	3931	4715	4152
odabrani minimalni	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5
Bok													
W (mm ³)	2074	2155	2236	2318	2399	2480	2561	2642	2723	2805	2886	3165	3251
odabrani minimalni	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5	FB 55x5
Pregrada													
W (mm ³)							10401				7836		
odabrani minimalni							L 50x30x5		l=2569mm		FB 60x6		l=2230
Zrcalo													
W (mm ³)	3245		1435										
odabrani minimalni	FB 40x5												
Glavna paluba													
W (mm ³)	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118	4118
odabrani minimalni	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5	FB 45x5
Ojačnja glavne palube													
W (mm ³)													
odabrani minimalni													
očítani iz nacrtá	L 130x80x8	L 122x80x8	L 122x80x8	L 130x80x8			L 92x50x6	L 92x50x6	L 92x50x6				
W (mm ³)													
odabrani minimalni													
očítani iz nacrtá	L 100x50x6	L 92x50x6	L 92x50x6	L 100x50x6				L 108x50x6					
Most													
W (mm ³)	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024	5024
odabrani minimalni	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5	FB 50x5

Primjer na rebru 5 (uzeto kao glavno rebro).

Rebra				
Dno				
		$W = 1,73 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		30650,19 mm ³
		$l =$	1650 mm	
		$s =$	1000 mm	
Bok				
		$W = 1,27 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		11901,05 mm ³
		$l =$	1200 mm	
		$s =$	1000 mm	
Sponja				
		$W = 1,68 * fw * s * p * l^2 * 10^{-4} =$		44472,1 mm ³
		$l =$	1800 mm	
		$s =$	1000 mm	

REBRA													
REBRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nacrt													
LJEVI TRUP													
Dno													
W (mm³)						30650							
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	1000
l (mm)	1400	1400	1400	1400	1450	1650		1500	1450	1300		1350	1200
ODABRANO MN:													
struk (mm)								90x5		90x5			
flanza (mm)								40x5		40x5			
Bok													
W (mm³)	9955	10343	10733	11123	11513	11902		12681	13070	13460		10903	
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	120x6		130x6	
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200		1200	1200	1200		1050	
ODABRANO MN:													
struk (mm)								60x5		60x5			
flanza (mm)								40x5		40x5			
Sponja													
W (mm³)	44472	44472	44472	44472				44472	44472	44472		44472	
struk (mm)	150x7	150x7	150x7	150x7				150x6	150x6	150x6		200x6	
flanza (mm)	50x6	50x6	50x6	50x6				50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000				1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1800	1800	1800	1800				1800	1800	1800		1800	
ODABRANO MN:													
struk (mm)										120x5			
flanza (mm)										40x5			
SREDINA													
Sponja													
W (mm³)	123535	123535	123535	123535	123535	123535		123535	123535	123535		198203	
struk (mm)	450x7	450x7	450x7	450x7	450x6	450x6		450x7	450x6	400x6		400x6	
flanza (mm)													
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000	3000	3000		3800	
ODABRANO MN:													
struk (mm)	450x5	450x5	450x5	450x5	450x5	450x5		450x5	450x5	450x5		450x5	
flanza (mm)													
DESNI TRUP													
Dno													
W (mm³)						30650							
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	150x7	160x6	120x6		150x6	190x6	130x6		130x6	100x6
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	50x6
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	1000
l (mm)	1400	1400	1400	1400	1450	1650		1500	1450	1300		1350	1200
ODABRANO MN:													
struk (mm)								90x5		90x5			
flanza (mm)								40x5		40x5			
Bok													
W (mm³)	9955	10343	10733	11123	11513	11902		12681	13070	13460		14240	
struk (mm)	120x7	120x7	120x7	120x7	120x6	120x6		170x6	130x6	140x6		130x6	
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15	50x6	50x6		50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000		1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200		1200	1200	1500		1050	
ODABRANO MN:													
struk (mm)								60x5		60x5			
flanza (mm)								40x5		40x5			
Sponja													
W (mm³)	44472	44472	44472	44472				44472	44472	44472		44472	
struk (mm)	305x7	305x7	305x7	305x7				180x6	150x6	200x6		200x6	
flanza (mm)	100x15	100x15	60x15	90x15				50x6	50x6	50x6		50x6	
s (mm)	1000	1000	1000	1000				1000	1000	1000		1000	
l (mm)	1800	1800	1800	1800				1800	1800	1800		1800	
ODABRANO MN:													
struk (mm)										120x5			
flanza (mm)										40x5			

8.2. Preliminarni proračun stabiliteta

8.2.1. Katamaran s aluminijskim trupom – bez tereta

Condition Summary

Load Condition Parameters

Condition	Weight / Sinkage	LCG / Trim	TCG / Heel	VCG (mm)
Condition 1	35,000 tonne-f	5771,000 mm	-41,000 mm	2123

Resulting Model Attitude and Hydrostatic Properties

Condition	Sinkage (mm)	Trim(deg)	Heel(deg)	Ax(m ²)
Condition 1	1185,965	1,080	0,247	0,00

Condition	Displacement Weight (tonne-f)	LCB(mm)	TCB(mm)	VCB(mm)	Wet Area (m ²)
Condition 1	35,000	5795,084	-46,508	845,518	94,852

Condition	Awp(m ²)	LCF(mm)	TCF(mm)	VCF(mm)
Condition 1	49,958	5307,473	-2,937	1286,258

Condition	BMt(mm)	BMI(mm)	GMt(mm)	GMI(mm)
Condition 1	10783,804	17733,155	9506,084	16455,434

Condition	Cb	Cp	Cwp	Cx	Cws	Cvp
Condition 1	0,204	0,000	0,502	0,000	4,438	0,406

Notes

1. Locations such as the center of buoyancy and center of flotation are measured from the origin in the Rhinoceros world coordinate system.
2. The orientation of the model for an Orca3D hydrostatics solution is defined in terms of "sinkage," "trim," and "heel." The sinkage value represents the depth of the body origin (i.e. the Rhino world origin) below the resultant flotation plane, and is sometimes referred to as "origin depth." Heel and trim represent angular rotations about the Rhino longitudinal and transverse axes, respectively, and are taken in that order. For a more detailed description of these terms see the Orca3D documentation.
3. Hull form coefficients are non-dimensionalized by the waterline length.
4. Calculation of Cp and Cx use Orca sections to determine Ax. If no Orca sections are defined, these values will be reported as zero.

Condition Name=Condition 1,Weight=35,00,LCG=5.771,00,TCG=- 41,00

General Info

Analysis Type	FreeFloatEquilibrium	Up Direction = Positive_Z
		Fwd Direction = Positive_X

Surface Meshing Parameters

Density	1	Minimum edge length	0,0001 mm
Maximum angle	0	Maximum edge length	0 mm
Maximum aspect ratio	0	Max distance, edge to surf.	0 mm
Minimum initial grid quads	0	Jagged seams	False
Refine mesh	True	Simple planes	True

Load Condition Parameters

Weight	35,000 tonne-f
LCG	5771,000 mm
TCG	-41,000 mm
VCG	2123 mm
Fluid Type	Seawater
Fluid Density	1025,900 kg/m ³
Mirror Geometry	False

Resultant Model Attitude

Heel Angle	0,247 deg	Sinkage	1185,965 mm
Trim Angle	1,080 deg		

Overall Dimensions

Length Overall, LOA	13389,818 mm	Loa / Boa	1,780
Beam Overall, Boa	7520,470 mm	Boa / D	2,602
Depth Overall, D	2890,260 mm		

Waterline Dimensions

Waterline Length, Lwl	13392,198 mm	Lwl / Bwl	1,801
Waterline Beam, Bwl	7436,181 mm	Bwl / T	4,425
Navigational Draft, T	1680,379 mm	D / T	1,720

Volumetric Values

Displacement Weight	35,000 tonne-f	Displ-Length Ratio	406,110
Volume	34,116 m ³		
LCB	5795,084 mm	FB/Lwl	0,523
TCB	-46,508 mm	AB/Lwl	0,477
VCB	845,518 mm	TCB / Bwl	-0,006
Wetted Surface Area	94,852 m ²		
Moment To Trim	0,430 tonne- m/cm		

Waterplane Values

Waterplane Area, Awp	49,958 m ²		
LCF	5307,473 mm	FF/Lwl	0,559
TCF	-2,937 mm	AF/Lwl	0,441
Weight To Immerse	0,513 tonne-f/cm	TCF / Lwl	0,000

Sectional Parameters

Ax	0,000 m ²		
Ax Location	0,000 mm	Ax Location / Lwl	0,000

Hull Form Coefficients

Cb	0,204	Cx	0,000
Cp	0,000	Cwp	0,502
Cvp	0,406	Cws	4,438

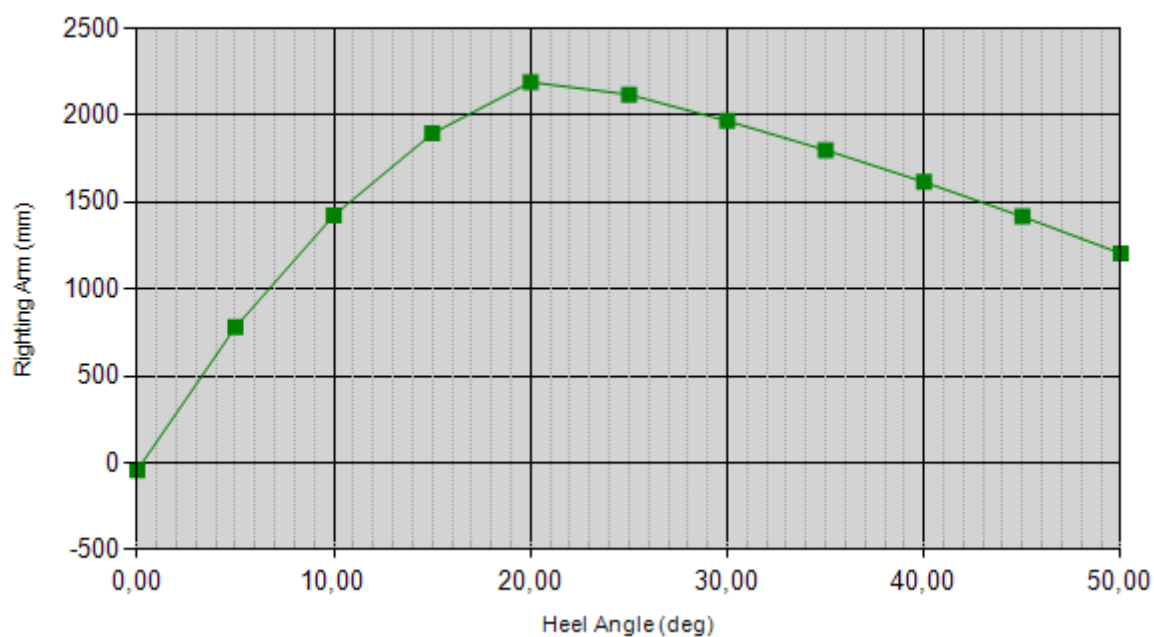
Static Stability Parameters

I(transverse)	367,904 m ⁴	I(longitudinal)	604,991 m ⁴
BMT	10783,804 mm	BMI	17733,155 mm
GMt	9506,084 mm	GMI	16455,434 mm
Mt	10333,769 mm	MI	17283,119 mm

Points Of Interest

Name	Long'l (mm)	Transv (mm)	Vert (mm)	Dist Abv WL (mm)
New POI	-620,000	-3739,423	2422,000	1231,149
New POI	7858,040	-3758,373	2422,000	1071,266
New POI	12329,277	-2565,751	2422,000	992,130
Ta	-620,000	0,000	0,000	-1174,279
Tf	12110,000	0,000	0,000	-1414,224

Stability Curve



Heel(deg)	Trim(deg)	Righting Arm (mm)	Righting Moment (tonne-m)
0,000	1,080	-40,979	-1,4
5,000	1,089	782,132	27,4
10,000	1,681	1424,456	49,9
15,000	2,541	1894,601	66,3
20,000	3,130	2189,758	76,6
25,000	3,299	2117,905	74,1
30,000	3,467	1966,062	68,8
35,000	3,661	1798,316	62,9
40,000	3,884	1614,868	56,5
45,000	4,127	1416,429	49,6
50,000	4,390	1204,977	42,2

Heel(deg)	Point Name and Distance Above WL (mm)
0,000	New POI 1247.282
	New POI 1087.468
	New POI 1003.183
	Ta -1174.287
	Tf -1414.253

5,000	New POI	920.269
	New POI	757.464
	New POI	776.398
	Ta	-1166.226
	Tf	-1408.202
10,000	New POI	687.577
	New POI	435.514
	New POI	511.321
	Ta	-1047.536
	Tf	-1421.076
15,000	New POI	531.564
	New POI	150.870
	New POI	261.050
	Ta	-838.726
	Tf	-1402.991
20,000	New POI	391.161
	New POI	-78.158
	New POI	85.033
	Ta	-604.330
	Tf	-1299.308
25,000	New POI	282.575
	New POI	-213.332
	New POI	32.537
	Ta	-331.135
	Tf	-1063.747
30,000	New POI	183.962
	New POI	-338.162
	New POI	-13.317
	Ta	-43.423
	Tf	-813.205
35,000	New POI	82.949
	New POI	-469.257
	New POI	-72.101
	Ta	243.479
	Tf	-569.386

40,000	New POI	-19.013
	New POI	-605.385
	New POI	-143.380
	Ta	528.023
	Tf	-334.181
45,000	New POI	-120.753
	New POI	-744.269
	New POI	-224.932
	Ta	808.390
	Tf	-107.767
50,000	New POI	-220.187
	New POI	-883.576
	New POI	-314.886
	Ta	1083.710
	Tf	109.347

8.2.2. Katamaran s aluminijskim trupom –s teretom

Load Condition Parameters

Condition	Weight / Sinkage	LCG / Trim	TCG / Heel	VCG (mm)
Condition 1	55,000 tonne-f	5383,000 mm	-25,000 mm	2435

Resulting Model Attitude and Hydrostatic Properties

Condition	Sinkage (mm)	Trim(deg)	Heel(deg)	Ax(m ²)
Condition 1	1680,388	-0,061	0,259	0,00

Condition	Displacement Weight (tonne-f)	LCB(mm)	TCB(mm)	VCB(mm)	Wet Area (m ²)
Condition 1	55,000	5381,542	-31,154	1074,421	118,013

Condition	Awp(m ²)	LCF(mm)	TCF(mm)	VCF(mm)
Condition 1	50,692	5158,940	-3,347	1674,891

Condition	BMt(mm)	BMI(mm)	GMt(mm)	GMI(mm)
Condition 1	6885,151	10894,923	5524,557	9534,329

Condition	Cb	Cp	Cwp	Cx	Cws	Cvp
Condition 1	0,253	0,000	0,516	0,000	4,443	0,490

Notes

1. Locations such as the center of buoyancy and center of flotation are measured from the origin in the Rhinoceros world coordinate system.
2. The orientation of the model for an Orca3D hydrostatics solution is defined in terms of "sinkage," "trim," and "heel." The sinkage value represents the depth of the body origin (i.e. the Rhino world origin) below the resultant flotation plane, and is sometimes referred to as "origin depth." Heel and trim represent angular rotations about the Rhino longitudinal and transverse axes, respectively, and are taken in that order. For a more detailed description of these terms see the Orca3D documentation.
3. Hull form coefficients are non-dimensionalized by the waterline length.
4. Calculation of Cp and Cx use Orca sections to determine Ax. If no Orca sections are defined, these values will be reported as zero.

Condition Name=Condition 1,Weight=55,00,LCG=5.383,00,TCG=- 25,00

General Info

Analysis Type	FreeFloatEquilibrium	Up Direction = Positive_Z
		Fwd Direction = Positive_X

Surface Meshing Parameters

Density	1	Minimum edge length	0,0001 mm
Maximum angle	0	Maximum edge length	0 mm
Maximum aspect ratio	0	Max distance, edge to surf.	0 mm
Minimum initial grid quads	0	Jagged seams	False
Refine mesh	True	Simple planes	True

Load Condition Parameters

Weight	55,000 tonne-f
LCG	5383,000 mm
TCG	-25,000 mm
VCG	2435 mm
Fluid Type	Seawater
Fluid Density	1025,900 kg/m ³
Mirror Geometry	False

Resultant Model Attitude

Heel Angle	0,259 deg	Sinkage	1680,388 mm
Trim Angle	-0,061 deg		

Overall Dimensions

Length Overall, LOA	13389,818 mm	Loa / Boa	1,780
Beam Overall, Boa	7520,470 mm	Boa / D	2,602
Depth Overall, D	2890,260 mm		

Waterline Dimensions

Waterline Length, Lwl	13158,907 mm	Lwl / Bwl	1,762
Waterline Beam, Bwl	7469,761 mm	Bwl / T	3,459
Navigational Draft, T	2159,792 mm	D / T	1,338

Volumetric Values

Displacement Weight	55,000 tonne-f	Displ-Length Ratio	672,720	
Volume	53,611 m ³			
LCB	5381,542 mm	FB/Lwl	0,544	AB/Lwl 0,456
TCB	-31,154 mm	TCB / Bwl	-0,004	
VCB	1074,421 mm			
Wetted Surface Area	118,013 m ²			
Moment To Trim	0,399 tonne- m/cm			

Waterplane Values

Waterplane Area, Awp	50,692 m ²			
LCF	5158,940 mm	FF/Lwl	0,561	AF/Lwl 0,439
TCF	-3,347 mm	TCF / Lwl	0,000	
Weight To Immerse	0,520 tonne-f/cm			

Sectional Parameters

Ax	0,000 m ²			
Ax Location	0,000 mm	Ax Location / Lwl	0,000	

Hull Form Coefficients

Cb	0,253	Cx	0,000	
Cp	0,000	Cwp	0,516	
Cvp	0,490	Cws	4,443	

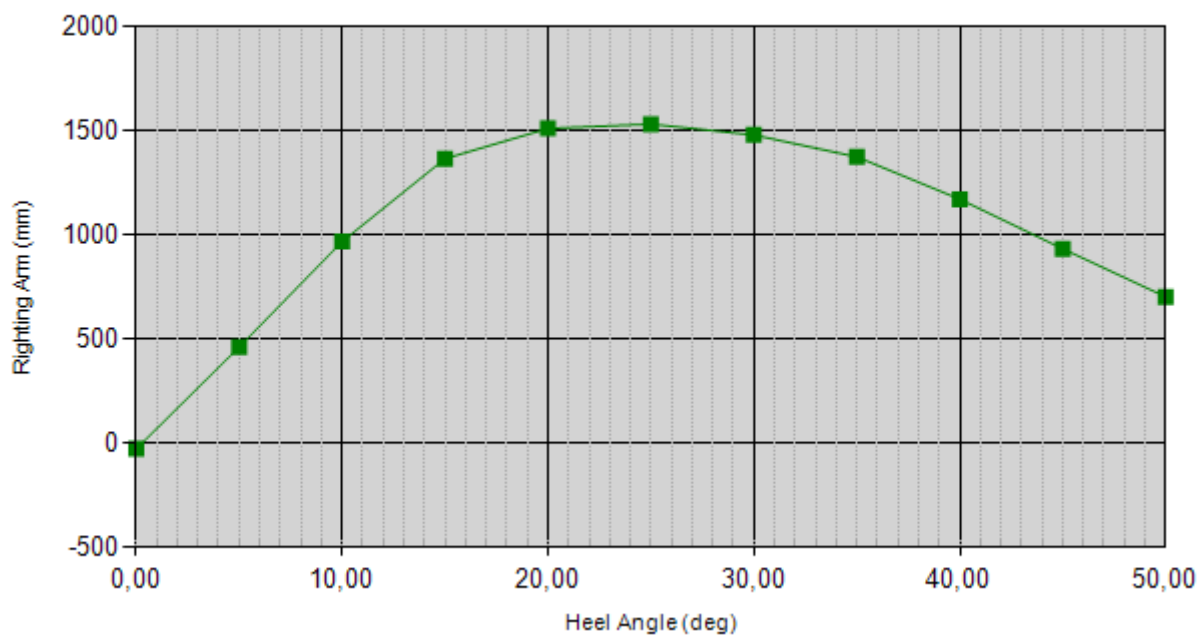
Static Stability Parameters

I(transverse)	369,123 m ⁴	I(longitudinal)	584,093 m ⁴	
BMT	6885,151 mm	BMI	10894,923 mm	
GMt	5524,557 mm	GMI	9534,329 mm	
Mt	6284,800 mm	MI	10294,572 mm	

Points Of Interest

Name	Long'l (mm)	Transv (mm)	Vert (mm)	Dist Abv WL (mm)
New POI	-620,000	-3739,423	2422,000	724,007
New POI	7858,040	-3758,373	2422,000	733,009
New POI	12329,277	-2565,751	2422,000	743,197
Ta	-620,000	0,000	0,000	-1681,052
Tf	12110,000	0,000	0,000	-1667,407

Stability Curve



Heel(deg)	Trim(deg)	Righting Arm (mm)	Righting Moment (tonne-m)
0,000	-0,062	-24,987	-1,4
5,000	0,005	462,785	25,5
10,000	0,047	967,633	53,2
15,000	0,065	1365,044	75,1
20,000	0,346	1509,721	83,0
25,000	1,116	1530,442	84,2
30,000	2,582	1478,524	81,3
35,000	4,904	1373,610	75,5
40,000	9,536	1170,896	64,4
45,000	13,866	933,454	51,3
50,000	17,220	703,178	38,7

Heel(deg)	Point Name and Distance Above WL (mm)
0,000	New POI 740.901
	New POI 750.019
	New POI 754.827
	Ta -1681.097
	Tf -1667.407

5,000	New POI	421.141
	New POI	418.700
	New POI	522.227
	Ta	-1665.730
	Tf	-1666.916
10,000	New POI	101.618
	New POI	91.424
	New POI	294.880
	Ta	-1634.242
	Tf	-1644.607
15,000	New POI	-222.202
	New POI	-236.669
	New POI	66.961
	Ta	-1593.840
	Tf	-1608.198
20,000	New POI	-561.901
	New POI	-619.566
	New POI	-238.667
	Ta	-1558.860
	Tf	-1635.715
25,000	New POI	-867.570
	New POI	-1040.641
	New POI	-623.765
	Ta	-1482.183
	Tf	-1730.030
30,000	New POI	-1096.490
	New POI	-1487.863
	New POI	-1093.571
	Ta	-1324.061
	Tf	-1897.505
35,000	New POI	-1213.591
	New POI	-1949.166
	New POI	-1649.834
	Ta	-1053.321
	Tf	-2141.546

40,000	New POI	-959.790
	New POI	-2376.279
	New POI	-2360.976
	Ta	-419.071
	Tf	-2527.929
45,000	New POI	-691.231
	New POI	-2735.964
	New POI	-2988.738
	Ta	213.183
	Tf	-2837.504
50,000	New POI	-534.516
	New POI	-3058.259
	New POI	-3509.295
	Ta	714.596
	Tf	-3054.050

8.2.3. Katamaran s čeličnim trupom –bez tereta

Condition Summary

Load Condition Parameters

Condition	Weight / Sinkage	LCG / Trim	TCG / Heel	VCG (mm)
Condition 1	45,443 tonne-f	5494,000 mm	-51,000 mm	2020

Resulting Model Attitude and Hydrostatic Properties

Condition	Sinkage (mm)	Trim(deg)	Heel(deg)	Ax(m ²)
Condition 1	1268,041	-0,018	0,398	0,00

Condition	Displacement Weight (tonne-f)	LCB(mm)	TCB(mm)	VCB(mm)	Wet Area (m ²)
Condition 1	45,443	5493,599	-59,881	743,132	108,432

Condition	Awp(m ²)	LCF(mm)	TCF(mm)	VCF(mm)
Condition 1	55,970	5421,325	-4,779	1266,404

Condition	BMt(mm)	BMI(mm)	GMt(mm)	GMI(mm)
Condition 1	8525,950	16080,970	7249,052	14804,071

Condition	Cb	Cp	Cwp	Cx	Cws	Cvp
Condition 1	0,211	0,000	0,563	0,000	4,452	0,376

Notes

1. Locations such as the center of buoyancy and center of flotation are measured from the origin in the Rhinoceros world coordinate system.
2. The orientation of the model for an Orca3D hydrostatics solution is defined in terms of "sinkage," "trim," and "heel." The sinkage value represents the depth of the body origin (i.e. the Rhino world origin) below the resultant flotation plane, and is sometimes referred to as "origin depth." Heel and trim represent angular rotations about the Rhino longitudinal and transverse axes, respectively, and are taken in that order. For a more detailed description of these terms see the Orca3D documentation.
3. Hull form coefficients are non-dimensionalized by the waterline length.
4. Calculation of Cp and Cx use Orca sections to determine Ax. If no Orca sections are defined, these values will be reported as zero.

Condition Name=Condition 1, Weight=45,44, LCG=5.494,00, TCG=- 51,00

General Info

Analysis Type	FreeFloatEquilibrium	Up Direction = Positive_Z
		Fwd Direction = Positive_X

Surface Meshing Parameters

Density	1	Minimum edge length	0,0001 mm
Maximum angle	0	Maximum edge length	0 mm
Maximum aspect ratio	0	Max distance, edge to surf.	0 mm
Minimum initial grid quads	0	Jagged seams	False
Refine mesh	True	Simple planes	True

Load Condition Parameters

Weight	45,443 tonne-f
LCG	5494,000 mm
TCG	-51,000 mm
VCG	2020 mm
Fluid Type	Seawater
Fluid Density	1025,900 kg/m ³
Mirror Geometry	False

Resultant Model Attitude

Heel Angle	0,398 deg	Sinkage	1268,041 mm
Trim Angle	-0,018 deg		

Overall Dimensions

Length Overall, LOA	13389,818 mm	Loa / Boa	1,779
Beam Overall, Boa	7524,632 mm	Boa / D	2,321
Depth Overall, D	3241,764 mm		

Waterline Dimensions

Waterline Length, Lwl	13389,819 mm	Lwl / Bwl	1,802
Waterline Beam, Bwl	7430,784 mm	Bwl / T	3,530
Navigational Draft, T	2105,219 mm	D / T	1,540

Volumetric Values

Displacement Weight	45,443 tonne-f	Displ-Length Ratio	527,563	
Volume	44,296 m ³			
LCB	5493,599 mm	FB/Lwl	0,543	AB/Lwl 0,457
TCB	-59,881 mm	TCB / Bwl	-0,008	
VCB	743,132 mm			
Wetted Surface Area	108,432 m ²			
Moment To Trim	0,502 tonne- m/cm			

Waterplane Values

Waterplane Area, Awp	55,970 m ²			
LCF	5421,325 mm	FF/Lwl	0,549	AF/Lwl 0,451
TCF	-4,779 mm	TCF / Lwl	0,000	
Weight To Immerse	0,574 tonne-f/cm			

Sectional Parameters

Ax	0,000 m ²			
Ax Location	0,000 mm	Ax Location / Lwl	0,000	

Hull Form Coefficients

Cb	0,211	Cx	0,000
Cp	0,000	Cwp	0,563
Cvp	0,376	Cws	4,452

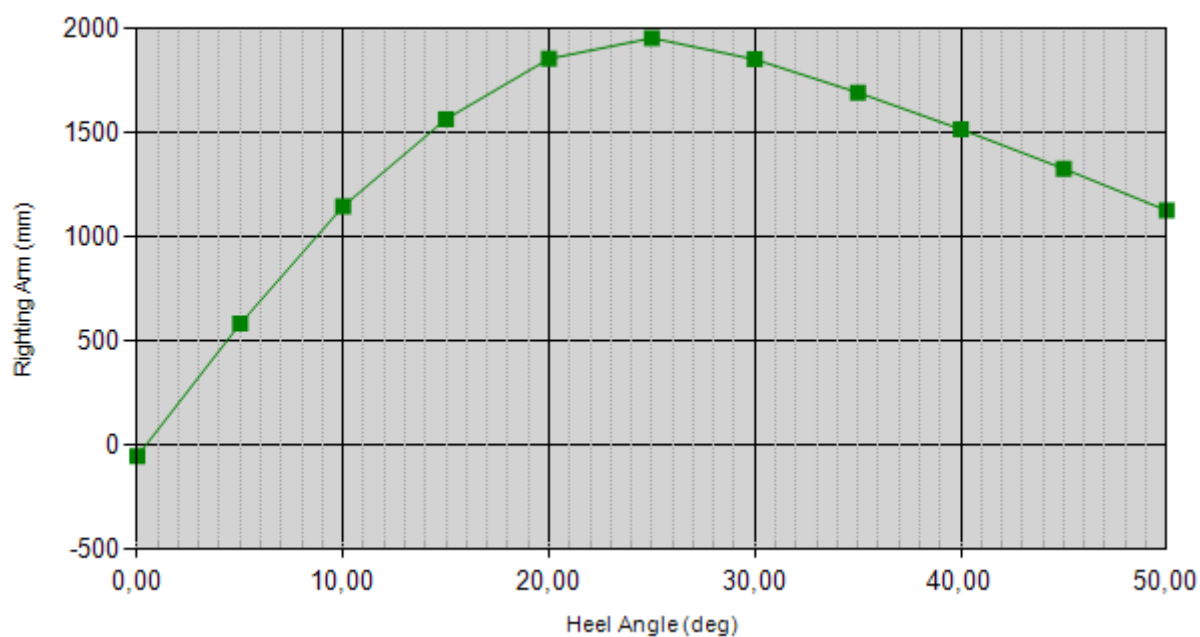
Static Stability Parameters

I(transverse)	377,663 m ⁴	I(longitudinal)	712,319 m ⁴
BMT	8525,950 mm	BMI	16080,970 mm
GMt	7249,052 mm	GMI	14804,071 mm
Mt	8002,331 mm	MI	15557,351 mm

Points Of Interest

Name	Long'l (mm)	Transv (mm)	Vert (mm)	Dist Abv WL (mm)
New POI	-620,000	-3739,423	2422,000	1127,699
New POI	7858,040	-3758,373	2422,000	1130,227
New POI	12329,277	-2565,751	2422,000	1139,924
Ta	-620,000	0,000	0,000	-1268,235
Tf	12110,000	0,000	0,000	-1264,242

Stability Curve



Heel(deg)	Trim(deg)	Righting Arm (mm)	Righting Moment (tonne-m)
0,000	-0,018	-50,597	-2,3
5,000	-0,093	583,543	26,5
10,000	-0,364	1146,280	52,1
15,000	-0,080	1564,405	71,1
20,000	0,376	1853,198	84,2
25,000	0,234	1952,175	88,7
30,000	0,127	1850,058	84,1
35,000	0,200	1691,187	76,9
40,000	0,228	1515,543	68,9
45,000	0,230	1326,533	60,3
50,000	0,202	1126,478	51,2

Heel(deg)	Point Name and Distance Above WL (mm)
0,000	New POI 1153.742
	New POI 1156.362
	New POI 1157.743
	Ta -1268.258
	Tf -1264.324

5,000	New POI	819.351
	New POI	831.505
	New POI	942.729
	Ta	-1267.518
	Tf	-1246.789
10,000	New POI	486.775
	New POI	537.338
	New POI	772.832
	Ta	-1249.050
	Tf	-1168.188
15,000	New POI	245.746
	New POI	252.736
	New POI	567.682
	Ta	-1125.891
	Tf	-1108.031
20,000	New POI	66.259
	New POI	4.111
	New POI	382.644
	Ta	-930.697
	Tf	-1014.283
25,000	New POI	-129.936
	New POI	-172.578
	New POI	313.176
	Ta	-744.660
	Tf	-796.663
30,000	New POI	-288.668
	New POI	-316.997
	New POI	269.370
	Ta	-516.470
	Tf	-544.779
35,000	New POI	-422.391
	New POI	-462.857
	New POI	205.589
	Ta	-261.533
	Tf	-305.974

40,000	New POI	-563.130
	New POI	-609.061
	New POI	139.736
	Ta	-14.839
	Tf	-65.516
45,000	New POI	-708.284
	New POI	-755.653
	New POI	69.737
	Ta	223.267
	Tf	172.262
50,000	New POI	-856.823
	New POI	-901.248
	New POI	-3.427
	Ta	450.902
	Tf	405.992

8.2.4. Katamaran s čeličnim trupom - s teretom

Condition Summary

Load Condition Parameters

Condition	Weight / Sinkage	LCG / Trim	TCG / Heel	VCG (mm)
Condition 1	65,443 tonne-f	5276,000 mm	-35,000 mm	2295

Resulting Model Attitude and Hydrostatic Properties

Condition	Sinkage (mm)	Trim(deg)	Heel(deg)	Ax(m ²)
Condition 1	1731,594	-1,400	0,403	0,00

Condition	Displacement Weight (tonne-f)	LCB(mm)	TCB(mm)	VCB(mm)	Wet Area (m ²)
Condition 1	65,443	5243,309	-44,411	957,732	127,734

Condition	Awp(m ²)	LCF(mm)	TCF(mm)	VCF(mm)
Condition 1	65,125	6027,419	-23,537	1584,973

Condition	BMt(mm)	BMI(mm)	GMt(mm)	GMI(mm)
Condition 1	6204,049	14901,216	4866,349	13563,515

Condition	Cb	Cp	Cwp	Cx	Cws	Cvp
Condition 1	0,250	0,000	0,652	0,000	4,370	0,384

Notes

1. Locations such as the center of buoyancy and center of flotation are measured from the origin in the Rhinoceros world coordinate system.
2. The orientation of the model for an Orca3D hydrostatics solution is defined in terms of "sinkage," "trim," and "heel." The sinkage value represents the depth of the body origin (i.e. the Rhino world origin) below the resultant flotation plane, and is sometimes referred to as "origin depth." Heel and trim represent angular rotations about the Rhino longitudinal and transverse axes, respectively, and are taken in that order. For a more detailed description of these terms see the Orca3D documentation.
3. Hull form coefficients are non-dimensionalized by the waterline length.
4. Calculation of Cp and Cx use Orca sections to determine Ax. If no Orca sections are defined, these values will be reported as zero.

Condition Name=Condition 1, Weight=65,44, LCG=5.276,00, TCG=- 35,00

General Info

Analysis Type	FreeFloatEquilibrium	Up Direction = Positive_Z
		Fwd Direction = Positive_X

Surface Meshing Parameters

Density	1	Minimum edge length	0,0001 mm
Maximum angle	0	Maximum edge length	0 mm
Maximum aspect ratio	0	Max distance, edge to surf.	0 mm
Minimum initial grid quads	0	Jagged seams	False
Refine mesh	True	Simple planes	True

Load Condition Parameters

Weight	65,443 tonne-f
LCG	5276,000 mm
TCG	-35,000 mm
VCG	2295 mm
Fluid Type	Seawater
Fluid Density	1025,900 kg/m ³
Mirror Geometry	False

Resultant Model Attitude

Heel Angle	0,403 deg	Sinkage	1731,594 mm
Trim Angle	-1,400 deg		

Overall Dimensions

Length Overall, LOA	13389,818 mm	Loa / Boa	1,779
Beam Overall, Boa	7524,632 mm	Boa / D	2,321
Depth Overall, D	3241,764 mm		

Waterline Dimensions

Waterline Length, Lwl	13393,819 mm	Lwl / Bwl	1,796
Waterline Beam, Bwl	7458,201 mm	Bwl / T	2,925
Navigational Draft, T	2549,772 mm	D / T	1,271

Volumetric Values

Displacement Weight	65,443 tonne-f	Displ-Length Ratio	759,069	
Volume	63,791 m ³			
LCB	5243,309 mm	FB/Lwl	0,559	AB/Lwl 0,441
TCB	-44,411 mm	TCB / Bwl	-0,006	
VCB	957,732 mm			
Wetted Surface Area	127,734 m ²			
Moment To Trim	0,663 tonne- m/cm			

Waterplane Values

Waterplane Area, Awp	65,125 m ²			
LCF	6027,419 mm	FF/Lwl	0,501	AF/Lwl 0,499
TCF	-23,537 mm	TCF / Lwl	-0,002	
Weight To Immerse	0,668 tonne-f/cm			

Sectional Parameters

Ax	0,000 m ²			
Ax Location	0,000 mm	Ax Location / Lwl	0,000	

Hull Form Coefficients

Cb	0,250	Cx	0,000
Cp	0,000	Cwp	0,652
Cvp	0,384	Cws	4,370

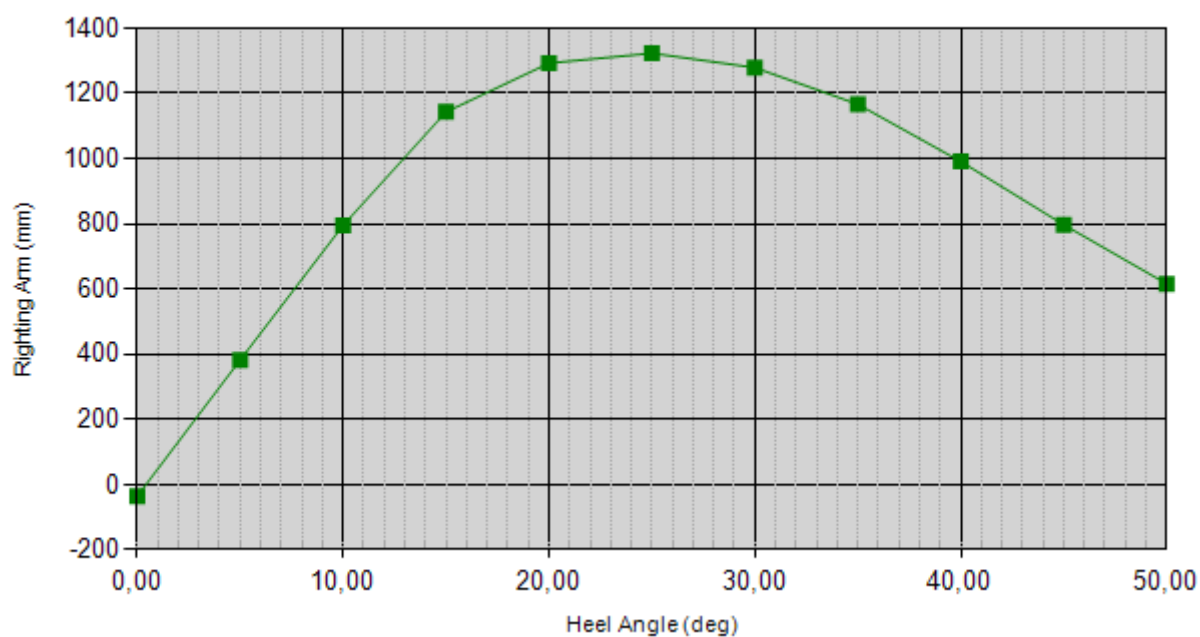
Static Stability Parameters

I(transverse)	395,761 m ⁴	I(longitudinal)	950,561 m ⁴
BMT	6204,049 mm	BMI	14901,216 mm
GMt	4866,349 mm	GMI	13563,515 mm
Mt	5557,702 mm	MI	14254,869 mm

Points Of Interest

Name	Long'l (mm)	Transv (mm)	Vert (mm)	Dist Abv WL (mm)
New POI	-620,000	-3739,423	2422,000	648,162
New POI	7858,040	-3758,373	2422,000	855,217
New POI	12329,277	-2565,751	2422,000	972,876
Ta	-620,000	0,000	0,000	-1746,746
Tf	12110,000	0,000	0,000	-1435,647

Stability Curve



Heel(deg)	Trim(deg)	Righting Arm (mm)	Righting Moment (tonne-m)
0,000	-1,396	-34,720	-2,3
5,000	-1,310	382,847	25,1
10,000	-1,231	795,389	52,1
15,000	-1,564	1142,926	74,8
20,000	-2,206	1292,857	84,6
25,000	-2,886	1322,912	86,6
30,000	-4,008	1278,728	83,7
35,000	-6,945	1166,465	76,3
40,000	-11,178	990,926	64,8
45,000	-14,699	797,328	52,2
50,000	-17,031	615,945	40,3

Heel(deg)	Point Name and Distance Above WL (mm)
0,000	New POI 674.883
	New POI 881.366
	New POI 990.263
	Ta -1746.398
	Tf -1436.359

5,000	New POI	353.335
	New POI	545.542
	New POI	751.698
	Ta	-1732.990
	Tf	-1441.907
10,000	New POI	34.403
	New POI	213.259
	New POI	516.370
	Ta	-1701.057
	Tf	-1427.560
15,000	New POI	-324.345
	New POI	-97.816
	New POI	332.797
	Ta	-1695.472
	Tf	-1347.972
20,000	New POI	-747.309
	New POI	-427.486
	New POI	152.199
	Ta	-1743.547
	Tf	-1253.601
25,000	New POI	-1204.034
	New POI	-785.159
	New POI	-56.645
	Ta	-1817.983
	Tf	-1177.022
30,000	New POI	-1709.190
	New POI	-1126.043
	New POI	-218.659
	Ta	-1936.435
	Tf	-1046.632
35,000	New POI	-2339.078
	New POI	-1324.661
	New POI	-104.937
	Ta	-2179.400
	Tf	-640.025

40,000	New POI	-3006.920
	New POI	-1375.368
	New POI	243.460
	Ta	-2469.026
	Tf	-1.264
45,000	New POI	-3589.803
	New POI	-1451.502
	New POI	498.764
	Ta	-2688.733
	Tf	541.444
50,000	New POI	-4073.374
	New POI	-1604.200
	New POI	578.879
	Ta	-2822.987
	Tf	905.385

8.3. Preliminarni proračun otpora

8.3.1. Otpor katamarana s aluminijskim trupom za jedan trup –bez tereta

Prediction Parameter	Value	Vessel Data	Value
Method	Holtrop 1984 (mod)	LengthWL	13391 mm
SpeedCheck	OK	BeamWL	2084,9 mm
HullCheck	Check	MaxMoldedDraft	1697,5 mm
DesignMarginPercent	0	DisplacementBare	15 tonne-f
DesignSpeed	12 kt	WettedSurface	44,637 m ²
WaterType	Salt	MaxSectionArea	1,543 m ²
WaterDensity	1025,9 kg/m ³	WaterplaneArea	24,196 m ²
WaterViscosity	1,1883E-06 m ² /s	LCBFwdTransom	6408,5 mm
FormFactor	1,2546	BulbAreaAtFP	0 m ²
CorrAllowance	0,0005613	BulbCentroidBelowWL	0 mm
Propulsive Efficiency	50 %	TransomArea	0,55 m ²
		HalfEntranceAngle	20,119 deg
		SternTypeCoef	-18,853

Parameter Check	Value	Minimum	Maximum	Type
FnMax	0,53871	0	0,36174	Computed
PrismaticCoef	0,71	0,55	0,85	Computed
LwlBwlRatio	6,4227	3,9	14,9	Computed
LambdaCoef	0,83	0	0,99	Computed
BwlDraftRatio	1,23	2,1	4	Computed

Speed (kt)	Fn	Cf (x 1000)	Cr (x 1000)	Rbare (N)	PEtotal (kW)	Rtotal (N)
5,000	0,224	2,514	3,033	925,3	2,4	925,3
6,000	0,269	2,442	3,830	1490,8	4,6	1490,8
7,000	0,314	2,384	5,402	2478,5	8,9	2478,5
8,000	0,359	2,336	5,658	3317,9	13,7	3317,9
9,000	0,404	2,294	7,488	5076,9	23,5	5076,9
10,000	0,449	2,258	7,118	6022,0	31,0	6022,0
11,000	0,494	2,226	5,270	5907,4	33,4	5907,4
12,000	0,539	2,197	4,246	6112,0	37,7	6112,0
13,000	0,584	2,171	4,533	7440,6	49,8	7440,6
14,000	0,628	2,148	4,677	8772,7	63,2	8772,7
15,000	0,673	2,126	4,667	10027,8	77,4	10027,8
16,000	0,718	2,106	4,586	11251,9	92,6	11251,9

17,000	0,763	2,088	4,603	12699,3	111,1	12699,3
18,000	0,808	2,071	4,641	14279,1	132,2	14279,1

Speed (kt)	Fv	Rbare (N)	PEtotal (kW)	PPtotal (kW)	Prediction Check
5,000	0,525	925,3	2,4	4,8	OK
6,000	0,630	1490,8	4,6	9,2	OK
7,000	0,735	2478,5	8,9	17,9	OK
8,000	0,840	3317,9	13,7	27,3	OK
9,000	0,945	5076,9	23,5	47,0	Check=2
10,000	1,051	6022,0	31,0	62,0	Check=2
11,000	1,156	5907,4	33,4	66,9	Check=2
12,000	1,261	6112,0	37,7	75,5	Check=2
13,000	1,366	7440,6	49,8	99,5	Check=2
14,000	1,471	8772,7	63,2	126,4	Check=2
15,000	1,576	10027,8	77,4	154,8	Check=2
16,000	1,681	11251,9	92,6	185,2	Check=2
17,000	1,786	12699,3	111,1	222,1	Check=2
18,000	1,891	14279,1	132,2	264,4	Check=1,2

Sensitivity Analysis	Index	To Reduce Drag
Max section area	1,9521	Increase
Waterplane area	0,17368	Decrease
Immersed transom area	0,20869	Decrease
LCB forward of transom	0,12176	Increase

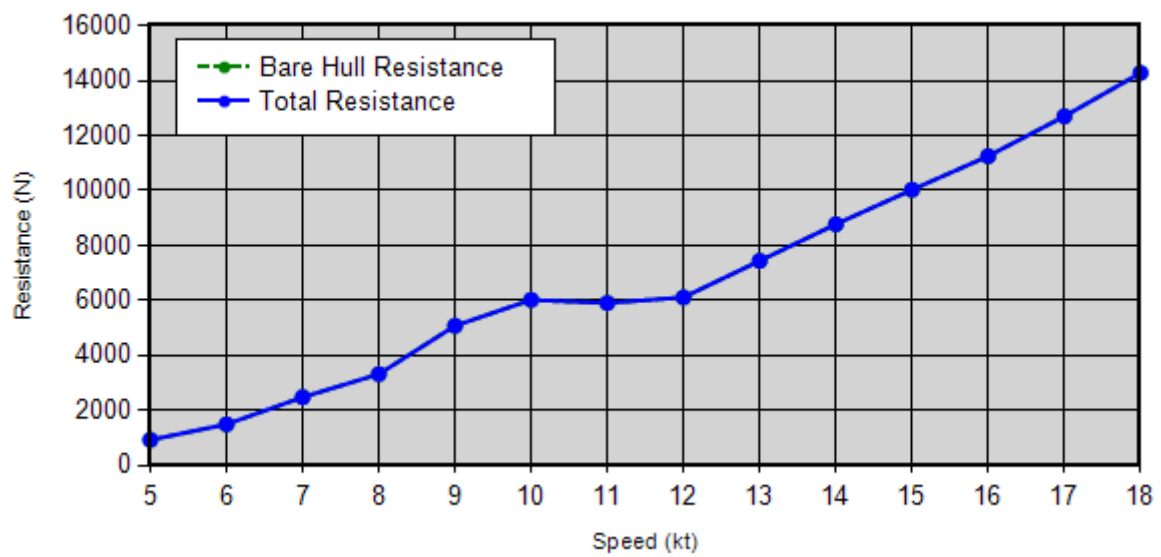
Prediction Checks

1. The Holtrop prediction method has a defined upper limit of 0.80 for the length-based Froude number (Fn). Extrapolating speed beyond this value is not recommended.
2. The Holtrop prediction method contains a calculation parameter (Lambda) that is used to estimate the humps and hollows in the drag curve. Anecdotal experience and testing by HydroComp have identified combinations of parameters that can produce significant errors with the Holtrop method. The relationship between Lambda and length-based Froude number (Fn) has proven to be one such indicator of potential errors. The prediction results may be unreliable for speeds that exceed this Lambda-Fn relationship.
3. The Holtrop prediction method is based on a variety of hull forms, including collections of transom-stern round-bilge hulls. As part of a broader evaluation of prediction methods for high-speed round-bilge hulls, HydroComp has identified a combination of parameters pertaining to the effect of stern geometry that is an indicator of potential errors. The prediction results may be unreliable for speeds that exceed this indicator.

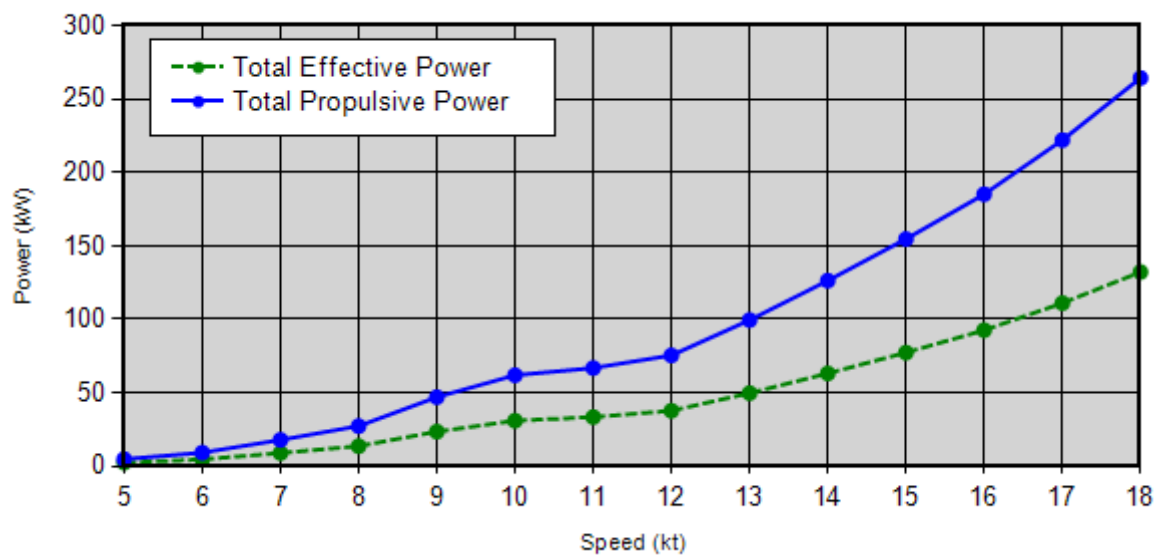
Notes

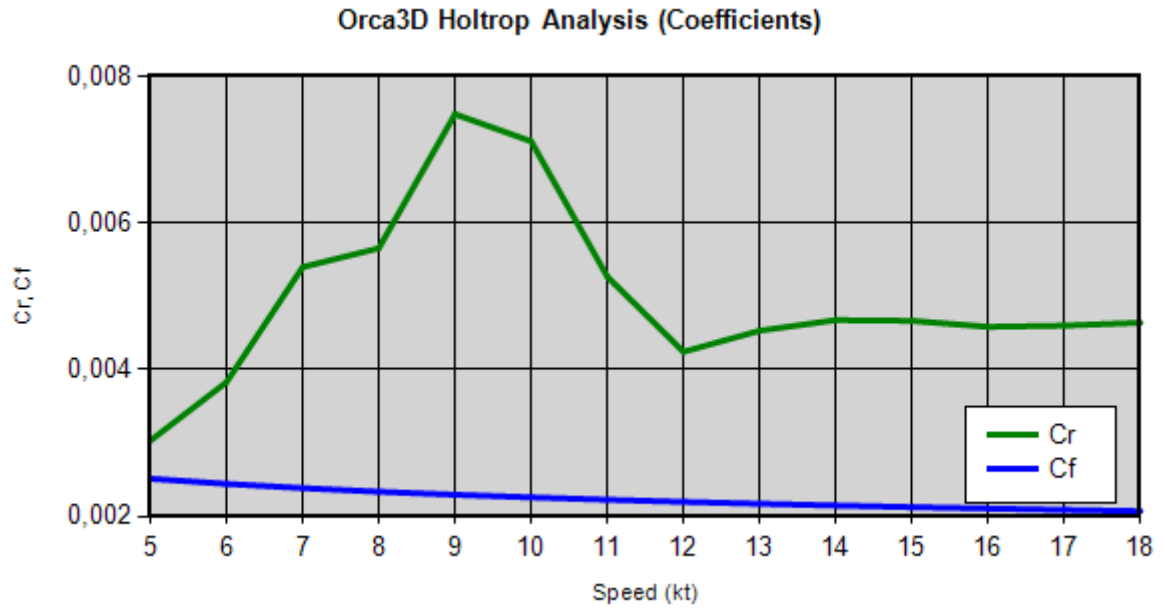
A Sensitivity index with a higher value has a greater influence on drag. Sensitivity values greater than 1.0 are considered significant.

Orca3D Holtrop Analysis (Resistance)



Orca3D Holtrop Analysis (Power)





8.3.2. Otpor katamarana s čeličnim trupom za jedan trup – bez tereta

Prediction Parameter	Value	Vessel Data	Value
Method	Holtrop 1984 (mod)	LengthWL	13390 mm
SpeedCheck	OK	BeamWL	2301,4 mm
HullCheck	Check	MaxMoldedDraft	2215,6 mm
DesignMarginPercent	0	DisplacementBare	23 tonne-f
DesignSpeed	12 kt	WettedSurface	54,634 m ²
WaterType	Salt	MaxSectionArea	2,308 m ²
WaterDensity	1025,9 kg/m ³	WaterplaneArea	26,812 m ²
WaterViscosity	1,1883E-06 m ² /s	LCBFwdTransom	6114,4 mm
FormFactor	1,4916	BulbAreaAtFP	0 m ²
CorrAllowance	0,0005613	BulbCentroidBelowWL	0 mm
Propulsive Efficiency	50 %	TransomArea	1,199 m ²
		HalfEntranceAngle	21,959 deg
		SternTypeCoef	16,8

Parameter Check	Value	Minimum	Maximum	Type
FnMax	0,53873	0	0,30215	Computed
PrismaticCoef	0,73	0,55	0,85	Computed
LwlBwlRatio	5,8181	3,9	14,9	Computed
LambdaCoef	0,87	0	0,99	Computed
BwlDraftRatio	1,04	2,1	4	Computed

Speed (kt)	Fn	Cf (x 1000)	Cr (x 1000)	Rbare (N)	PEtotal (kW)	Rtotal (N)
5,000	0,224	2,514	5,439	1578,7	4,1	1578,7
6,000	0,269	2,442	6,397	2510,0	7,7	2510,0
7,000	0,314	2,385	8,744	4248,3	15,3	4248,3
8,000	0,359	2,336	9,219	5751,1	23,7	5751,1
9,000	0,404	2,294	11,149	8413,2	39,0	8413,2
10,000	0,449	2,258	10,179	9640,5	49,6	9640,5
11,000	0,494	2,226	7,345	9093,2	51,5	9093,2
12,000	0,539	2,197	5,771	9109,8	56,2	9109,8
13,000	0,584	2,171	6,112	11086,1	74,1	11086,1
14,000	0,629	2,148	6,382	13215,3	95,2	13215,3
15,000	0,673	2,126	6,487	15310,6	118,1	15310,6
16,000	0,718	2,106	6,501	17408,0	143,3	17408,0
17,000	0,763	2,088	6,471	19548,3	171,0	19548,3

18,000	0,808	2,071	6,423	21760,3	201,5	21760,3
--------	-------	-------	-------	---------	-------	---------

Speed (kt)	Fv	Rbare (N)	PEtotal (kW)	PPtotal (kW)	Prediction Check
5,000	0,489	1578,7	4,1	8,1	OK
6,000	0,587	2510,0	7,7	15,5	OK
7,000	0,685	4248,3	15,3	30,6	Check=2
8,000	0,783	5751,1	23,7	47,3	Check=2
9,000	0,880	8413,2	39,0	77,9	Check=2
10,000	0,978	9640,5	49,6	99,2	Check=2
11,000	1,076	9093,2	51,5	102,9	Check=2
12,000	1,174	9109,8	56,2	112,5	Check=2
13,000	1,272	11086,1	74,1	148,3	Check=2
14,000	1,370	13215,3	95,2	190,4	Check=2
15,000	1,467	15310,6	118,1	236,3	Check=2
16,000	1,565	17408,0	143,3	286,6	Check=2
17,000	1,663	19548,3	171,0	341,9	Check=2
18,000	1,761	21760,3	201,5	403,0	Check=1,2

Sensitivity Analysis	Index	To Reduce Drag
Max section area	1,3414	Increase
Waterplane area	0,15271	Decrease
Immersed transom area	0,40421	Decrease
LCB forward of transom	0,25589	Increase

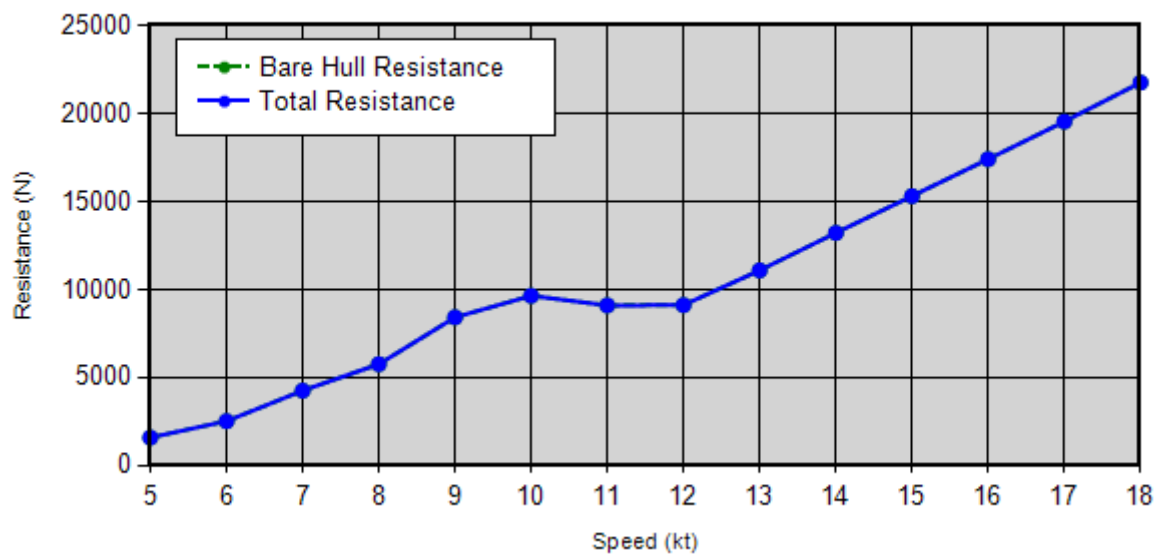
Prediction Checks

1. The Holtrop prediction method has a defined upper limit of 0.80 for the length-based Froude number (Fn). Extrapolating speed beyond this value is not recommended.
2. The Holtrop prediction method contains a calculation parameter (Lambda) that is used to estimate the humps and hollows in the drag curve. Anecdotal experience and testing by HydroComp have identified combinations of parameters that can produce significant errors with the Holtrop method. The relationship between Lambda and length-based Froude number (Fn) has proven to be one such indicator of potential errors. The prediction results may be unreliable for speeds that exceed this Lambda-Fn relationship.
3. The Holtrop prediction method is based on a variety of hull forms, including collections of transom-stern round-bilge hulls. As part of a broader evaluation of prediction methods for high-speed round-bilge hulls, HydroComp has identified a combination of parameters pertaining to the effect of stern geometry that is an indicator of potential errors. The prediction results may be unreliable for speeds that exceed this indicator.

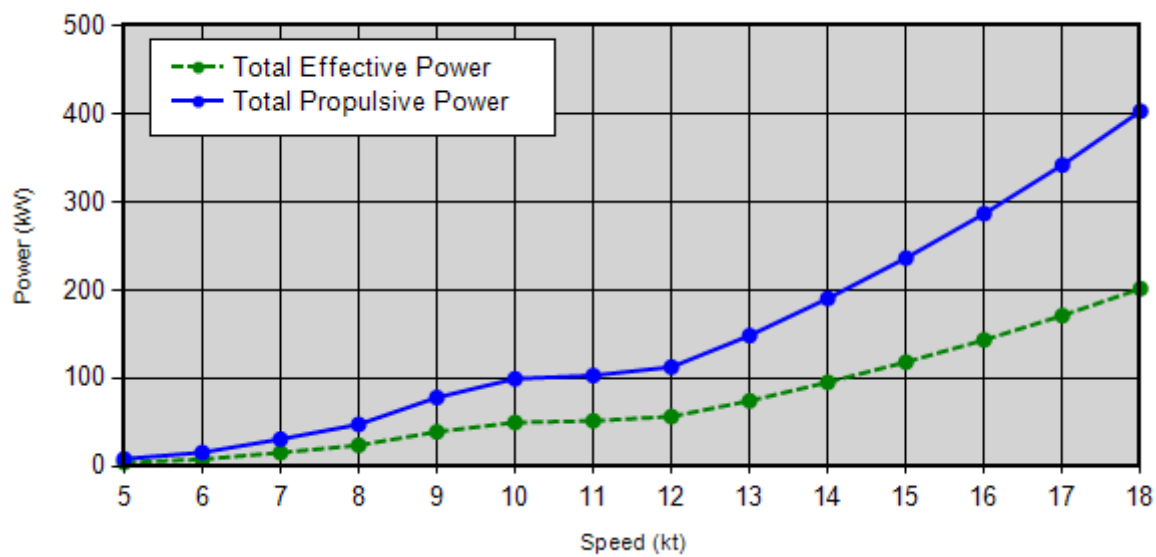
Notes

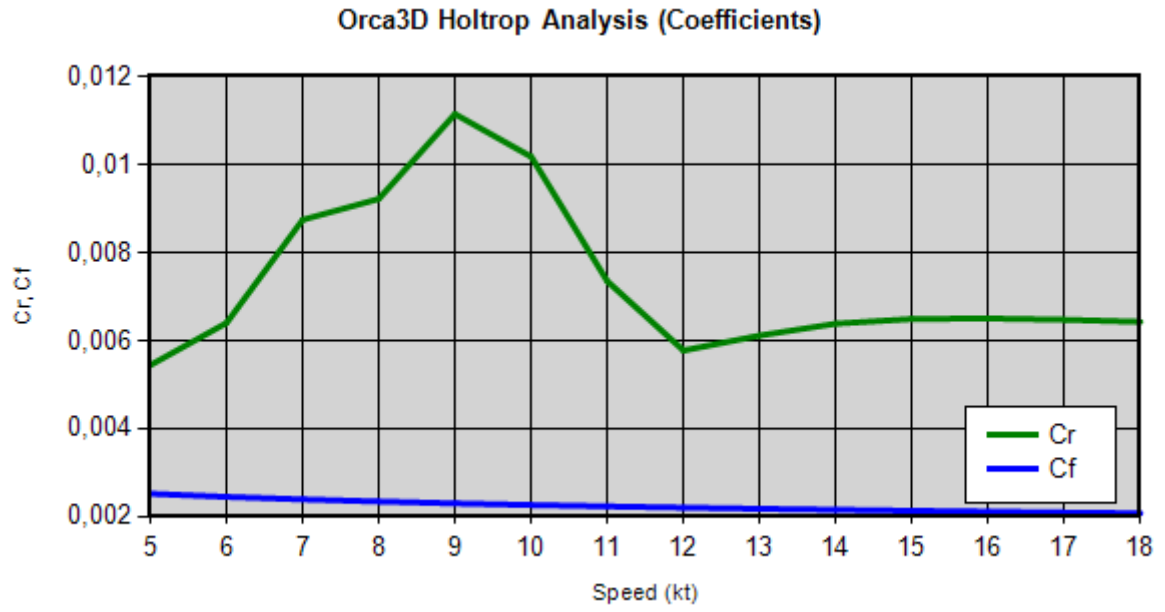
A Sensitivity index with a higher value has a greater influence on drag. Sensitivity values greater than 1.0 are considered significant.

Orca3D Holtrop Analysis (Resistance)



Orca3D Holtrop Analysis (Power)





8.3.3. Otpor katamarana s čeličnim trupom za jedan trup – s teretom

Prediction Parameter	Value	Vessel Data	Value
Method	Holtrop 1984 (mod)	LengthWL	13329 mm
SpeedCheck	OK	BeamWL	2331,7 mm
HullCheck	Check	MaxMoldedDraft	2647,4 mm
DesignMarginPercent	0	DisplacementBare	33 tonne-f
DesignSpeed	12 kt	WettedSurface	64,169 m ²
WaterType	Salt	MaxSectionArea	3,169 m ²
WaterDensity	1025,9 kg/m ³	WaterplaneArea	26,976 m ²
WaterViscosity	1,1883E-06 m ² /s	LCBFwdTransom	5872,5 mm
FormFactor	1,5535	BulbAreaAtFP	0,038 m ²
CorrAllowance	0,00056152	BulbCentroidBelowWL	2836,1 mm
Propulsive Efficiency	50 %	TransomArea	2,27 m ²
		HalfEntranceAngle	21,431 deg
		SternTypeCoef	16,8

Parameter Check	Value	Minimum	Maximum	Type
FnMax	0,53995	0	0,26669	Computed
PrismaticCoef	0,76	0,55	0,85	Computed
LwlBwlRatio	5,7165	3,9	14,9	Computed
LambdaCoef	0,93	0	0,99	Computed
BwlDraftRatio	0,88	2,1	4	Computed

Speed (kt)	Fn	Cf (x 1000)	Cr (x 1000)	Rbare (N)	PEtotal (kW)	Rtotal (N)
5,000	0,225	2,516	8,083	2430,5	6,3	2430,5
6,000	0,270	2,444	8,972	3756,4	11,6	3756,4
7,000	0,315	2,386	11,392	6121,1	22,0	6121,1
8,000	0,360	2,338	12,101	8363,1	34,4	8363,1
9,000	0,405	2,296	13,157	11299,9	52,3	11299,9
10,000	0,450	2,260	11,746	12689,8	65,3	12689,8
11,000	0,495	2,227	8,967	12391,4	70,1	12391,4
12,000	0,540	2,199	7,516	12890,7	79,6	12890,7
13,000	0,585	2,173	7,852	15585,1	104,2	15585,1
14,000	0,630	2,149	8,149	18542,0	133,5	18542,0
15,000	0,675	2,128	8,303	21544,4	166,3	21544,4
16,000	0,720	2,108	8,363	24603,3	202,5	24603,3
17,000	0,765	2,089	8,374	27755,7	242,7	27755,7

18,000	0,810	2,072	8,362	31034,5	287,4	31034,5
--------	-------	-------	-------	---------	-------	---------

Speed (kt)	Fv	Rbare (N)	PEtotal (kW)	PPtotal (kW)	Prediction Check
5,000	0,461	2430,5	6,3	12,5	OK
6,000	0,553	3756,4	11,6	23,2	Check=2
7,000	0,645	6121,1	22,0	44,1	Check=2
8,000	0,737	8363,1	34,4	68,8	Check=2
9,000	0,829	11299,9	52,3	104,6	Check=2
10,000	0,921	12689,8	65,3	130,6	Check=2
11,000	1,013	12391,4	70,1	140,2	Check=2
12,000	1,105	12890,7	79,6	159,2	Check=2
13,000	1,198	15585,1	104,2	208,5	Check=2
14,000	1,290	18542,0	133,5	267,1	Check=2
15,000	1,382	21544,4	166,3	332,5	Check=2
16,000	1,474	24603,3	202,5	405,0	Check=2
17,000	1,566	27755,7	242,7	485,5	Check=2
18,000	1,658	31034,5	287,4	574,8	Check=1,2

Sensitivity Analysis	Index	To Reduce Drag
Max section area	0,79574	Increase
Waterplane area	0,10484	Decrease
Immersed transom area	0,52416	Decrease
LCB forward of transom	0,37829	Increase

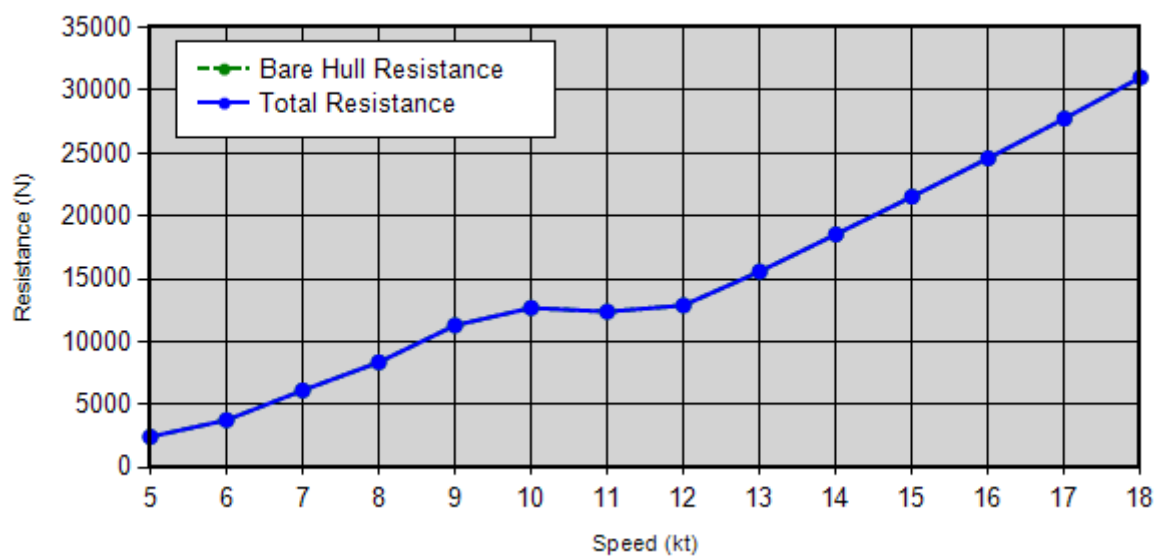
Prediction Checks

1. The Holtrop prediction method has a defined upper limit of 0.80 for the length-based Froude number (Fn). Extrapolating speed beyond this value is not recommended.
2. The Holtrop prediction method contains a calculation parameter (Lambda) that is used to estimate the humps and hollows in the drag curve. Anecdotal experience and testing by HydroComp have identified combinations of parameters that can produce significant errors with the Holtrop method. The relationship between Lambda and length-based Froude number (Fn) has proven to be one such indicator of potential errors. The prediction results may be unreliable for speeds that exceed this Lambda-Fn relationship.
3. The Holtrop prediction method is based on a variety of hull forms, including collections of transom-stern round-bilge hulls. As part of a broader evaluation of prediction methods for high-speed round-bilge hulls, HydroComp has identified a combination of parameters pertaining to the effect of stern geometry that is an indicator of potential errors. The prediction results may be unreliable for speeds that exceed this indicator.

Notes

A Sensitivity index with a higher value has a greater influence on drag. Sensitivity values greater than 1.0 are considered significant.

Orca3D Holtrop Analysis (Resistance)



Orca3D Holtrop Analysis (Power)

