

IDEJNI PROJEKT OKOLIŠNO PRIHVATLJIVOG BRODA ZA RIBOLOV NA HRVATSKOM DIJELU JADRANSKOG MORA

Kvadranti, Lovro

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:290495>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij brodogradnje

Diplomski rad

**IDEJNI PROJEKT OKOLIŠNO PRIHVATLJIVOG BRODA ZA
RIBOLOV NA HRVATSKOM DIJELU JADRANSKOG MORA**

Mentor: Prof. dr. sc. Roko Dejhalla

Rijeka, srpanj 2024.

Lovro Kvadranti

0069069546

Rijeka, 13. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**
Predmet: **Osnivanje plovni objekata I**
Polje: **2.02 Brodogradnja**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Lovro Kvadranti (0069069546)**
Studij: Sveučilišni diplomski studij brodogradnje
Modul: Tehnologija i organizacija brodogradnje

Zadatak: **IDEJNI PROJEKT OKOLIŠNO PRIHVATLJIVOG BRODA ZA RIBOLOV NA HRVATSKOM DIJELU JADRANSKOG MORA / PRELIMINARY DESIGN OF AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY VESSEL FOR FISHING IN THE CROATIAN PART OF THE ADRIATIC SEA**

Opis zadatka:

Prikupiti i obraditi podatke te dati pregled mogućih mjera za smanjenje štetnih utjecaja ribarskog broda na okoliš.

Razraditi projektni zahtjev za odabrani ribarski brod prikladan za ribolov u istočnom dijelu Jadranskog mora. Posebno razmotriti mogućnosti da ribarski brod bude okolišno prihvatljiv.

Prema projektnom zahtjevu izraditi idejni projekt ribarskog broda s pripadajućim proračunima, općim planom i tehničkim opisom.

Idejni projekt uskladiti s pravilima klasifikacijskog društva HRB.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Rok za predaju rada: 13. srpnja 2023.

Mentor:

Prof. dr. sc. Roko Dejhalla

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Prof. dr. sc. Roko Dejhalla

Izjava o samostalnoj izradi diplomskog rada

Ja, Lovro Kvadranti, rođen dana 4. 1. 1996. u Zagrebu, izjavljujem i svojim potpisom jamčim da sam diplomski rad pod naslovom „Idejni projekt okolišno prihvatljivog broda za ribolov na hrvatskom dijelu Jadranskog mora“ samostalno izradio uz konzultacije s mentorom te da su svi korišteni materijali adekvatno citirani.

U Rijeci, dana 04.07.2024.

Potpis studenta:

Potpis studenta:

U Rijeci, dana 04. 07. 2024.

ZAHVALA

Ovim putem volio bih zahvaliti mentoru, prof. dr. sc. Roku Dejhalli na ukazanom povjerenju, posvećenom vremenu i pomoći u izradi ovog diplomskog rada.

Isto tako zahvaljujem se svojoj porodici, prijateljima i kolegama te dugogodišnjoj djevojci na bezuvjetnoj podršci i strpljenju te drugim profesorima na Tehničkom fakultetu u Rijeci od kojih sam imao priliku puno toga naučiti.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Ribarski brodovi u Hrvatskoj.....	3
2.1. Tradicijski ribarski brodovi i brodice.....	3
2.2. Suvremeni ribarski brodovi.....	4
2.2.1. Plivaričari.....	4
2.2.2. Koćari.....	6
2.2.3. Ostali brodovi.....	7
3. Utjecaj ribarskih brodova na okoliš.....	9
3.1. Utjecaj propulzije.....	9
3.1.1. LNG propulzija.....	9
3.1.2. Električna propulzija.....	10
3.1.3. Hibridna propulzija.....	12
3.1.4. Jedro.....	13
3.2. Smanjenje brzine plovidbe.....	14
3.3. Štednjak.....	14
3.4. Redovno održavanje motora i broskog trupa.....	15
3.5. Ribolovna oprema za bolju energetska učinkovitost.....	15
3.6. Utjecaj broskog vijka.....	18
3.7. Utjecaj rashladne opreme.....	20
3.8. Utjecaj rasvjete broda.....	22
4. Idejni projekt ribarskog broda.....	23
4.1. Projektna spirala.....	23
4.2. Projektni zahtjevi.....	23
4.3. Analiza sličnih brodova.....	27
4.4. Usvojene mjere za smanjenje negativnog utjecaja predmetnog ribarskog broda na okoliš.....	28
4.5. Odabir glavnih dimenzija.....	28

4.5.1.	Širina broda	30
4.5.2.	Visina broda	30
4.5.3.	Procjenjeni gaz broda	30
4.6.	Bezdimenzijski koeficijenti	30
4.6.1.	Koeficijent punoće istisnine	31
4.6.2.	Koeficijent punoće glavnog rebra	32
4.6.3.	Koeficijent punoće vodne linije	32
4.6.4.	Prizmatički koeficijent	33
4.7.	Odabir forme broda (model)	33
4.8.	Hidrostatički podatci	36
4.9.	Proračun otpora	38
4.9.1.	Otpor koćarenja	39
4.10.	Propulzija	44
4.10.1.	Preliminarna procjena kavitacije brodskog vijka	47
4.10.2.	Odabir pogonskog sustava	50
4.10.3.	Odabir reduktora	52
4.10.4.	Odabir brodskog vijka	52
4.10.5.	Prognozni dijagram	57
4.10.6.	Vučna sila pri nultoj brzini broda	60
4.10.7.	Uspon brodskog vijka prilikom koćarenja	61
4.10.8.	Elektromotor	62
4.10.9.	Određivanje uspona brodskog vijka P elektromotora u slobodnoj vožnji	62
4.10.10.	Baterijski sustav	64
4.10.11.	Dizelski generator	65
4.11.	Električne instalacije	65
4.11.1.	Oprema bitne službe	66
4.11.2.	Oprema prikladna za boravak posade	66
4.11.3.	Gromobran	66

4.11.4.	Brodaska rasvjeta	66
4.11.5.	Navigacijska svjetla	66
4.11.6.	Navigacijska svjetla za ribarske brodove	67
4.12.	Oprema	68
4.12.1.	Vitla	68
4.12.2.	Koloturnici	70
4.12.3.	Sustav za praćenje ulova	71
4.12.4.	Hlađeno spremište ribe	71
4.12.5.	Oprema za navigaciju, radiooprema i druga oprema	72
4.12.6.	Mreža za ribarenje	74
4.13.	Razmještaj prostora u brodu	75
4.14.	Procjena mase praznog opremljenog broda	77
4.14.1.	Masa strukture	78
4.14.2.	Masa pogonskog stroja i pratećih sustava	79
4.14.3.	Masa električnih strojeva	80
4.14.4.	Masa električnih instalacija	80
4.14.5.	Masa pomoćnih sustava	80
4.14.6.	Masa opreme	80
4.14.7.	Masa posebnih sustava	80
4.15.	Proračun trima i stabiliteta u neoštećenom stanju	81
4.15.1.	Centracija masa praznog opremljenog broda	81
4.15.1.	Centracija masa tereta i zaliha	83
4.15.2.	Preliminarni proračun trima i stabiliteta	89
4.16.	Tehnički opis	101
4.16.1.	Općenito	101
4.16.2.	Osnovne dimenzije	102
4.16.3.	Kapaciteti skladišta i tankova	102
4.16.4.	Brzina i doseg	102

4.16.5.	Nosivost	103
4.16.6.	Specijalna oprema broda	103
4.16.7.	Stabilitet.....	103
4.16.8.	Pogonski sustav	103
5.	Zaključak.....	104
	Literatura	106
	Popis slika	113
	Popis tablica	115
	SAŽETAK.....	117
	SUMMARY	118

1. Uvod

Ovaj diplomski rad kao zadatak ima razraditi idejni projekt ribarskog broda kojemu je područje djelovanja istočni Jadran odnosno hrvatski dio Jadranskoga mora. Glavni fokus razmatranja za ovaj idejni projekt je pronaći načine kako poboljšati ekološku prihvatljivost ovoga broda, odnosno da se pokuša smanjiti negativan utjecaj broda, te njegove opreme i propulzije na okoliš.

Idejni projekt je prva faza projekta broda i često se naziva faza proučavanja troškova i izvedivosti. Gledano sa stajališta projektanta, zadatak ove faze je raditi s naručiteljem broda kako bi se definirala namjena i mogućnosti broda, te kako bi se odredile neke osnovne dimenzije s obzirom na zahtjeve nosivosti, volumena teretnog prostora ili restrikcije dimenzija s obzirom na mjesto plovidbe (prolazi li kroz neke kanale, u koje luke će uplovljavati, itd.) i na temelju tih informacija radi se preliminarna procjena troškova izrade projekta. Budući da ovaj projekt nema naručitelja i nije namijenjen za razvoj dalje od idejnog projekta, osnovni ulazni parametri biti će odabrani kako bi ovaj brod bio prikladan za plovidbu i eksploataciju u hrvatskom dijelu Jadranskoga mora, te će se raditi prema smjernicama HRB-a (Hrvatski registar brodova).

Prije same razrade idejnog projekta izloženi su teoretski dio o ribarskim brodovima u Hrvatskoj, te o njihovom utjecaju na okoliš. Nakon toga, i prije samog prijelaza na razradu idejnog projekta, razmatrane su potencijalne metode i prijedlozi koji bi se mogli primijeniti kako bi ovaj brod bio više ekološki prihvatljiv, odnosno kako bi se reducirao njegov negativni utjecaj na okoliš u usporedbi s ostalim ribarskim brodovima koji se koriste u hrvatskom dijelu Jadranskoga mora.

Razrada idejnog projekta započinje se određivanjem projektnih zahtjeva, te izradom baze podataka sličnih brodova. Projektni zahtjevi i baza podataka određuju parametre za preliminarnu procjenu dimenzija broda (duljina, širina, visina, gaz), kao i bezdimenzijskih koeficijenta forme broda. Nakon navedenih preliminarnih procjena, odrediti će se forma broda prema predlošku nekog sličnog, ranije napravljenog, ribarskog broda. Kada je forma broda određena, za njeno crtanje i prikaz koristiti će se softver za 3D modeliranje „*Rhinoceros 3D*“. Jednom kada je model broda napravljen, moguće je pomoću istoga dobiti hidrostatičke podatke ubacivanjem forme u program „*MaxSurf*“ kako bi se mogli točnije odrediti koeficijenti forme i ostali podaci za nastavak rada.

Zatim slijedi procjena otpora broda kako bi se mogli odrediti zahtjevi za propulziju koje brod mora zadovoljiti, na osnovu koji se bira propulzijski sustav. Nadalje, određuje se oprema broda, te se definira razmještaj brodskih prostora i opreme na brodu prikazanih općim planom.

Jednom kada je definirana sva oprema, pristupa se procijeni mase praznog opremljenog broda. Da bi se to moglo procijeniti potrebno je poznavati masu sve ugrađene opreme kao i masu trupa. Osim mase svih ugrađenih elemenata, procjenjuju se i njihova težišta. To je sve nužno kako bi se mogao napraviti proračun trima i stabiliteta broda čime će se zaokružiti idejni projekt obuhvaćen ovim diplomskim radom. Na kraju se sve navedeno sumira u tehničkom opisu broda. Posebna pažnja posvećena je tome da brod bude okolišno prihvatljiv. U tom smislu razmatrani su razni aspekti poboljšanja energetske učinkovitosti poput: različitih vrsta propulzije, optimizacija brzine kretanja i forme broda, odabir efikasnijih potrošača i opreme na brodu, itd.

2. Ribarski brodovi u Hrvatskoj

Ribarski brod je brod koji je opremljen i prilagođen za lovljenje ribe i drugih organizama koji žive u moru, kao i njihovo skladištenje te transport. Samim time ribarski brodovi obnašaju dvije funkcije: plovidbu i ribolov. Pomorskim zakonikom [1] je definirano da se plovila za ribolov klasificiraju kao ribarski brodovi samo ako su duži od petnaest metara, u suprotnom se klasificiraju kao ribarske brodice.

2.1. Tradicijski ribarski brodovi i brodice

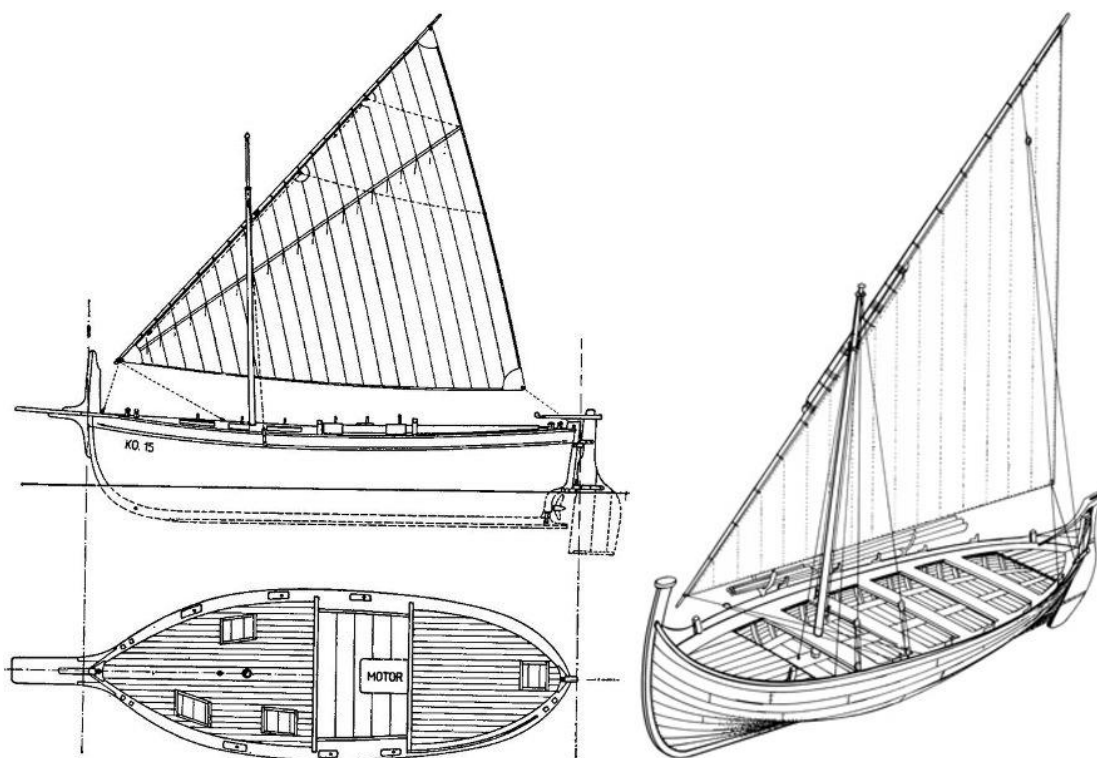
U Hrvatskoj od davnih vremena postoji bogata pomorska tradicija. Ruku uz ruku s pomorstvom ide i ribolov. Stanovnici priobalja su se stoljećima oslanjali na ribolov te su se samim time razvile i razne tradicionalne ribarske brodice i brodovi specifični za pojedine krajeve. Među prvim plovilima koja su se koristila u Jadranskom moru bili su monoksili, poput ladva i copulia, odnosno plovila koja su se radila tesanjem i paljenjem samo jednog debla. Veći ribarski brodovi u istočnom Jadranu počeli su se graditi od šesnaestog stoljeća. Primjeri brodice koji su se koristili za ribolov na otocima i obali hrvatskog Jadrana su leuti [2] i gajete [3] (slika 2.1.1.).

Leut je jedna od najvećih tradicijskih brodice za ribolov u istočnom Jadranu. Osim za ribolov, koristio se i za prijevoz tereta. Ti brodovi su se u pravilu kretali od osam do petnaest metara duljine, te su imali nosivost od osam do deset tona. Forma ovoga broda izvorno potječe s Korčule, a gradio se i koristio i na drugim otocima i gradovima u današnjoj Hrvatskoj. Ovaj brod prvi put se spominje 1617. godine u trogirskim spisima. Sličan je gajeti, ali ima puniju formu i veću duljinu te samim time i istisninu i nosivost.

Gajeta je također tradicijska brodice za ribolov koja ima zaobljeni trup koji je širi na pramcu, a uži na krmi. Također kao i leuti, nije imao samo jednu svrhu te se uz ribolov koristio za razne stvari od prijevoza ljudi, stoke i robe pa sve do ratovanja u nekim slučajevima. Ovi brodovi protezali su se od četiri do dvanaest metara, ovisno o mjestu gradnje, i imali su nosivost od tri do dvanaest tona u nekim slučajevima. Manje gajete (do pet metara) su se nazivale gajeticama. Kao i leuti, gajete su se isto radile po raznim gradovima i otocima istočnog Jadrana, a smatra se da su prve forme napravljene na Korčuli. Majstorstvo gradnje betinske gajete spada pod nematerijalno kulturno dobro Republike Hrvatske. Kulturnim dobrom se također smatra i zadnji održani primjerak te gajete iz 1931. godine zvan Cicibela [3].

Prvim motornim kočarom u Sredozemnom, a tako i Jadranskom moru smatra se brodice Galeb [4]. Brodica je bila pogonjena petrolejskim motorom snage 2,9 kW, a braća Skomerža

nabavili su je iz Danske 1908. godine. Iste godine je Josip Skomerža napravio pokus s dubinskom povlačnom mrežom te se zato Galeb smatra prvim kočarom na motorni pogon u Sredozemlju.



Slika 2.1.1 Primjer leuta (lijevo)[5] i gajete (desno)[3]

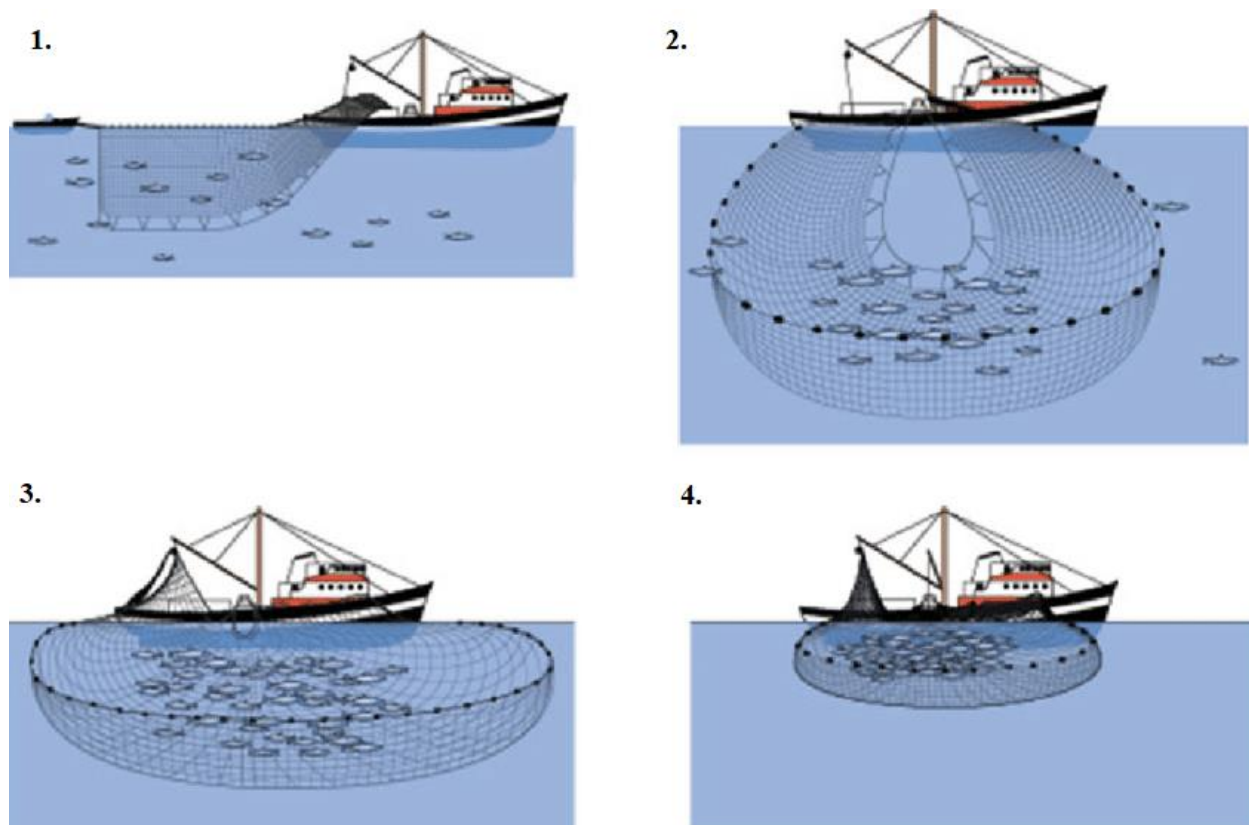
2.2. Suvremeni ribarski brodovi

Danas se ribarske brodove uglavnom razlikuje prema ribolovnom alatu i tehnici koju koriste. Dvije vrste ribarskih brodova koje su najjučestalije u hrvatskom dijelu Jadranskog mora danas su plivaričari i kočari, a uz njih postoje još i razne druge vrste.

2.2.1. Plivaričari

Plivaričari (engl. „*purse seiners*“) su ribarski brodovi koji koriste tradicionalnu metodu ribolova koja se naziva po mreži koja se koristi. Ova tehnika je jedan od najstarijih organiziranih načina ribarenja na području Jadranskog mora, posebno duž obale Hrvatske, ali se može pronaći i u drugim dijelovima svijeta. Ovi brodovi se većinom koriste za lov sitnih plavih riba koje se kreću u jatima blizu površine mora, poput srdela i incuna. Mreža plivarica cilindričnog je oblika kada se baci u vodu i rastegne. Gornja strana mreže obložena je plutom (plovkom) te tako ostaje na morskoj površini, dok je donja strana mreže obrubljena olovnicom (obično jednako duga ili duža od plutajuće strane). Za dno su pričvršćeni prstenovi, kroz koje stezaljka, obično izrađena od kombiniranog ili čeličnog užeta, omogućuje zatezanje i zatvaranje mreže [6]. Plovci se postavljaju na vodu u krug, a težina donjeg dijela mreže spušta ju u dubinu, stvarajući tako mrežu u obliku

vreće s otvorenim dnom. Ovi brodovi obično su opremljeni i jakim reflektorima ili feralima pomoću kojih privlače ribu. Kada svjetlost privuče dovoljno ribe u dohvat mreže, spušta se mreža tako da okruži okupljenu ribu i zatim se zatvara dno mreže potezanjem užeta stezaljke kako sakupljena riba ne bi pobjegla i povlači se na brod (Slika 2.2.1.). Ova metoda ribolova se koristi stoljećima i predstavlja važan dio kulturne baštine ovog područja. Međutim, važno je napomenuti da se u posljednje vrijeme u Hrvatskoj i drugim zemljama poduzimaju mjere za zaštitu prirodnih resursa, uključujući i reguliranje ribolova. Plivaričari moraju poštivati određene kvote i propise kako bi osigurali održivost ribljih populacija i zaštitili okoliš.



Slika 2.2.1 Lov mrežom plivaricom [7]

U ovu kategoriju brodova spadaju i **tunolovci** - vrsta ribarskog broda koji je namijenjen za ribolov tune, a koriste se i u hrvatskom području Jadranskog mora. Tunolovci, međutim, ne koriste mrežu plivaricu nego koriste tunaru koja je drugačija po svojoj konstrukciji i veličini (tunara je značajno teža od plivarice). Također su u praksi tunolovci veći od plivaričara koji se koriste za lov sitne plave ribe. Hrvatska flota tunolovaca je relativno mala u usporedbi s drugim zemljama koje su veliki proizvođači tune, ali ipak igra važnu ulogu u industriji ribolova u zemlji.

Postoji nekoliko vrsta tunolovaca koji se koriste u Hrvatskoj, a većina su manji ribarski brodovi koji se koriste za obalni ribolov. Najpoznatija mjesta u Hrvatskoj za lov na tunu su otok Pag i otok Vis.

2.2.2. Koćari

Koćari (engl. „*trawlers*“) su brodovi građeni i opremljeni za ribolov korištenjem mreže koće. Mreža koća je povlačna dvokrilna mreža koju povlači brod (ili brodovi) (slika 2.2.2.) [8]. Veličina mreže određena je uglavnom vučnom snagom brodske stroja. Koće se mogu podijeliti u dvije skupine s obzirom na način lova, a to su: pridnene i lebdeće koće.

Kako i samo ime kaže, pridnene (ili dubinske) koće su mreže koje se koriste za lov pridnene vrste ribe i ostalih morskih životinja koje žive na morskome dnu. Ova vrsta ribolova se može koristiti na svim vrstama morskoga dna, a najnepogodniji su tereni s puno zapreka na koje mreža može zapeti. Za vuču pridnene koće može se koristiti jedan brod ili dva u paru. U slučaju kada mrežu vuče samo jedan brod, onda je mreža opremljena s dvije daske širilice, koje šire mrežu vodoravno. Daske širilice se najčešće postavljaju na povlačne kabele nekoliko metara ispod krila mreže. Ukoliko se koriste dva broda za vuču mreže onda nisu potrebne daske širilice. Mreža se na brod izvlači pomoću vitla.

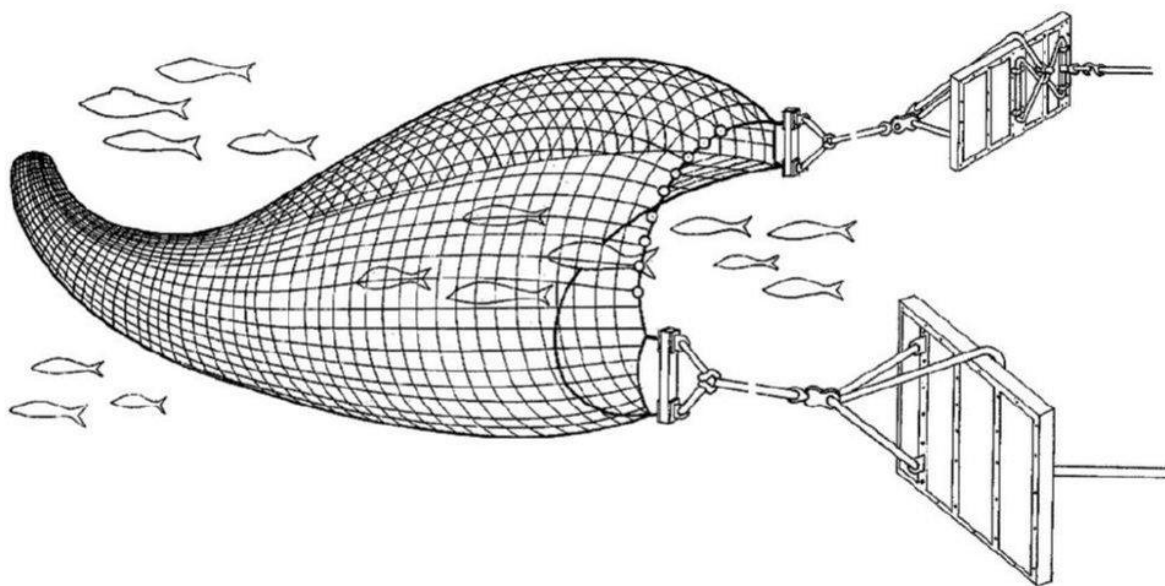
Lebdeće ili pelagične koće koriste se za lov sitne plave ribe. U hrvatskom dijelu Jadranskog mora takve mreže se najčešće koriste na sjevernom dijelu Jadrana gdje je pogodna dubina mora za to. Također i ovu mrežu može povlačiti jedan ili dva broda u paru. Kada ju povlači jedan brod onda se isto koriste širilice, ali većih dimenzija i od lakšeg materijala nego one koje se koriste kod pridnene koće. Širilicama se dobiva horizontalni raspon mreže dok se vertikalni dobiva korištenjem sredstva plivanja na gornjoj strani mreže i olovnicom na donjoj strani. Kada ovu mrežu vuku dva broda onda nije potrebna širilica jer se horizontalni raspon dobiva zbog udaljenosti između dva plovila.

Prilikom ribolova koćarenjem, ljudska snaga je zamijenjena mehaničkom s obzirom da brod povlači mrežu [9]. Prilikom povlačenja mreža je stožastog oblika jer se ulaz u mrežu (usta) širi u horizontalnom i vertikalnom smjeru i samim time sakuplja sve što se nađe na putu. Obično se mreža povlači na područjima gdje je prethodno detektirana riba, ali može se vući i „napamet“, što je manje efikasno.

Najzahtjevniji ručni rad je spuštanje mreže. Mreža se može spuštati s krme ili s boka pri minimalnoj brzini broda, koja se povećava spuštanjem širilica u vodu, tako da bi širilice počele

širiti mrežu čim uđu u more. Brzina se ne smije smanjivati sve dok se ne ispusti potrebna duljina čelične užadi, koju diktira dubina vode, a koja je najčešće u omjeru 3:1.

Kočari imaju posebnu opremu za vučenje ribarske mreže, kao i opremu za čuvanje i obradu ribe. Kočar može biti opremljen i drugom opremom za ribolov, kao što su elektronska navigacija, sonari i drugi uređaji za praćenje ribe. Kočarenje je dosta svestrana ribolovna tehnika koja se može koristiti ne samo za lov ribe nego i za lov škampa i drugih vrsta rakova i morskih životinja koje žive na morskom dnu. Kočari se koriste u mnogim dijelovima svijeta, uključujući i Hrvatsku, gdje se ribolov kočarima tradicionalno koristi u nekim regijama poput Istre i Kvarnera.

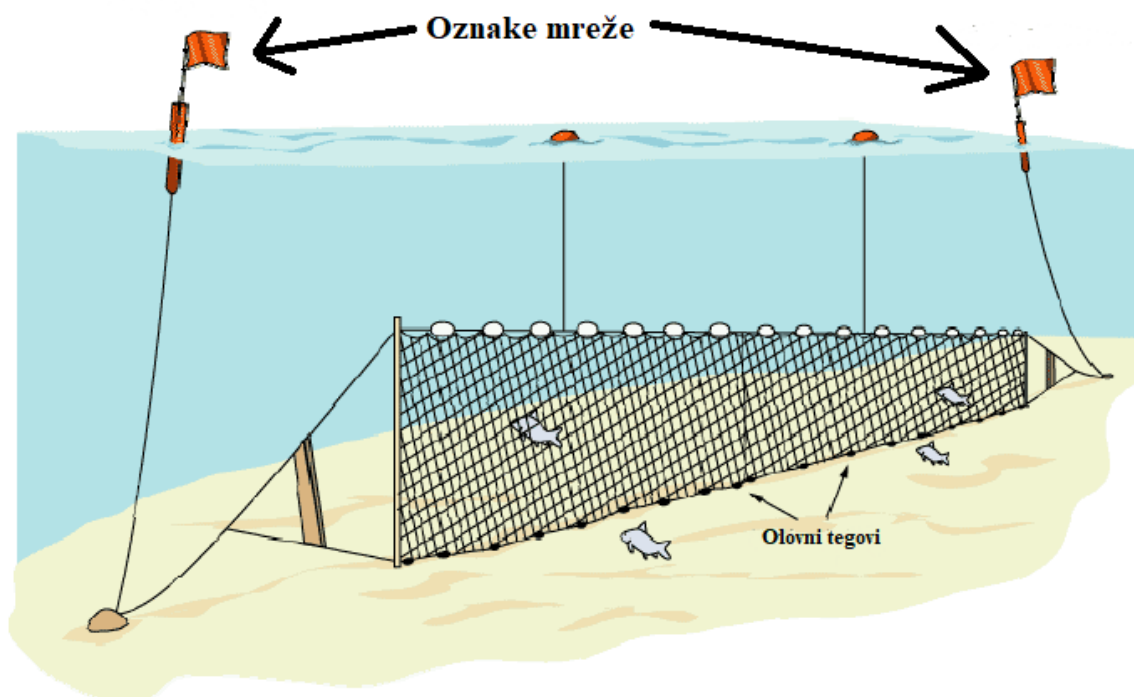


Slika 2.2.2 Mreža kočar [8]

2.2.3. Ostali brodovi

Brodovi za ribolov mrežama stajaćicama su specijalizirani ribarski brodovi koji se koriste za ribolov mrežama koje ostaju na jednom mjestu u moru, a ribe ulaze u mreže i zadržavaju se u njima [slika 2.2.3.1]. Postoje dvije vrste ribolovne tehnike s mrežom stajaćicom: potapanjem mreža na doček i potapanjem mreža za zapas [10]. Kod potapanja mreža na doček jedina aktivnost je potapanje mreža do određene dubine, a to najčešće bude dno, i to je jedina zamka. Kod topljenja mreža za zapas prvo se pronade mjesto gdje ima ribe ili se očekuju, te se onda jato ribe okružuje mrežom stajaćicom. Kada se postavi mreža oko jata, ribe se plaše bukom i svjetlom da uplivaju u mrežu. U obje situacije se mreža mora usidriti na oba kraja i označiti plutacom ili zastavicom. Ovi brodovi su opremljeni velikim skladišnim kapacitetom kako bi se mogla pohraniti ulovljena riba, a također imaju posebnu opremu poput dizalica i vitla za podizanje i spuštanje mreža. Također, često imaju rashladne sustave za održavanje kvalitete ulovljene ribe. Najveća prednost ove

ribarske tehnike je to što nije potreban jaki pogonski stroj radi pasivne prirode ovog ribarenja koja je ujedno i najveća mana.



Slika 2.2.3 Mreža stajaća [11]

Istraživački brod za ribolov (engl. „fishery exploration vessel“) je brod namijenjen i opremljen za istraživanje unapređenja komercijalnog ribolova (proučavanje kretanja jata riba, ispitivanje novih metoda i sredstva za ribolov.) Istraživački brodovi za ribolov su opremljeni različitom opremom, ovisno o vrsti istraživanja koja se provodi. To može uključivati sonare za praćenje riba, sustave za uzorkovanje vode, opremu za uzimanje uzoraka dna i opremu za obilježavanje riba radi praćenja njihovih migracija. U Hrvatskoj, postoji nekoliko istraživačkih brodova za ribolov koji se koriste za prikupljanje znanstvenih podataka o ribljim populacijama i ekosustavima u Jadranskom moru. Ovi brodovi često surađuju s hrvatskim znanstvenicima i institucijama, kao i s međunarodnim organizacijama koje se bave istraživanjem ribolova i očuvanjem morskih ekosustava. Veličina i tip se određuju s obzirom na namjenu.

3. Utjecaj ribarskih brodova na okoliš

Komercijalni ribolov trenutno se suočava s ekonomskim, društvenim i ekološkim izazovima koji tjeraju ribarski sektor da se razvija prema energetski učinkovitoj, održivoj aktivnosti s niskim emisijama. Na tržištu postoje različite tehnologije za smanjenje potrošnje goriva i emisije ispušnih plinova ribarskih brodova.

3.1. Utjecaj propulzije

Postoji mnogo faktora koji utječu na okoliš prilikom eksploatacije broda. Prvi i možda najosnovniji faktor je upotreba fosilnih goriva za propulziju broda. Sukladno tome, prva stvar koja pada na pamet za smanjenje negativnog utjecaja broda na okoliš, bilo ribarskog ili neke druge vrste broda, je pronalazak načina kako smanjiti potrošnju goriva. Smanjenjem potrošnje goriva ne samo da se smanjuje ugljikov otisak broda nego se samim time smanjuje i cijena rada plovila. Zato je bitno da se optimizira forma broda kako bi se smanjila potrošnja goriva što je više moguće. Nadalje, ribarski brodovi najčešće koriste četverotaktni dizelski motor. Ta vrsta motora se najčešće bira radi njegove jednostavnosti i niske cijene koju je potrebno investirati u početku, ali zato takva vrsta propulzije nije idealna za efikasnu optimizaciju prilikom plovidbe i kočarenja. Upotrebom alternativne metode propulzije moguće je smanjiti negativan utjecaj broda na okoliš. Različite izvedbe propulzije mogu biti korištene kako bi se poboljšala propulzivna učinkovitost prilikom plovidbe. S povećanjem učinkovitosti znači da će brod obavljati istu funkciju s manjom potrošnjom goriva, a samim time smanjuju se cijena plovidbe i onečišćenje okoliša.

3.1.1. LNG propulzija

Jedna od alternativnih metoda propulzije bila bi korištenje prirodnog ukapljenog plina (engl. „*Liquefied Natural Gas*“) (LNG) koji se pokazao najprihvatljivijim od trenutno održivih alternativa za propulziju brodova. Prirodni plin smjesa je metana (80 – 95%) s manjim udjelima etana, propana, butana i pentana [12]. U kemijskom smislu do reakcije dolazi između metana i kisika što kao rezultat daje ugljični dioksid, vodu i velike količine energije. S obzirom da je prirodni plin većinom metan, prilikom njegova izgaranja oslobađa se manje nusproizvoda nego prilikom izgaranja ostalih fosilnih goriva. Korištenje prirodnog ukapljenog plina kao gorivo pruža mnoge prednosti.

Jedna od prednosti je ta što ima visoku donju ogrjevnu moć. Donja ogrjevna moć je toplina koja se oslobađa procesom izgaranja goriva, bez dodatnog iskorištavanja topline kondenzirane vodene pare [13]. Prirodni ukapljeni plin ima superiorniju ogrjevnu moć od dizelskog goriva što

znači da prilikom izgaranja jednake količine goriva, prirodni ukapljeni plin oslobađa veću količinu toplinske energije što ga čini efikasnijim.

Nadalje, još jedan faktor koji ide u prilog korištenju prirodnog ukapljenog plina za propulziju je to što ima značajno niži, gotovo zanemarivi, postotak emisije sumpora. Prirodni plin je najčišći od svih fosilnih goriva te je glavni produkt njegova izgaranja ugljikov dioksid i vodena para, isti spojevi koji se izdišu prilikom disanja.

Smog, koji je jedan od glavnih ekoloških problema, nastaje kemijskom reakcijom koja uključuje ugljikov monoksid, dušikov oksid, hlapljive organske spojeve i toplinu od sunčeve svjetlosti. Korištenjem prirodnog plina može se smanjiti stvaranje smoga s obzirom da ima nisku emisiju dušikovog oksida.

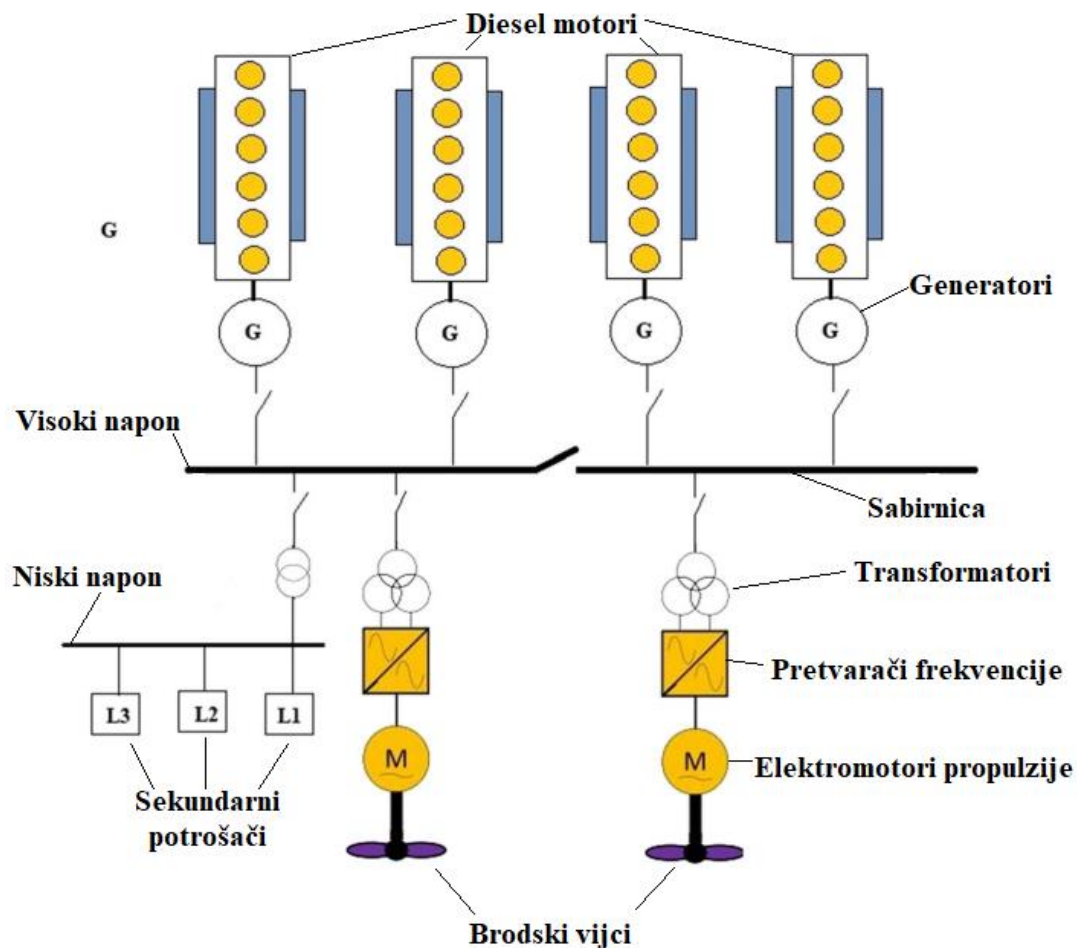
Mane korištenja prirodnog ukapljenog plina za propulziju su te što ima manju gustoću od dizelskog goriva pa je potreban veći spremnik za njegovo skladištenje, što znači da će tank zauzimati više prostora na brodu, a samim time će biti i manje mjesta za skladištenje ulovljene ribe. Prirodni ukapljeni plin se također mora držati na vrlo niskim temperaturama (oko -162°C) kako bi ostao u tekućem stanju, te spremnik mora biti dobro izoliran da se minimizira gubitak uslijed isparavanja i da se izbjegne kontakt hladnog plina s čeličnom konstrukcijom broda koja postane krhka pri jako niskim temperaturama što može dovesti do strukturalne štete koja nikako nije poželjna, a može biti i katastrofalna [14]. Sve to rezultira većom početnom cijenom koju je potrebno uložiti za izgradnju broda s takvom propulzijom za razliku od klasičnog dizelskog motora. Međutim, kod primijene ukapljenog plina na ribarskim brodovima postoji i pozitivna strana toga što se mora držati na jako niskim temperaturama, a to je da se dio može koristiti i za rad rashladnog stroja kojim se vrši hlađenje teretnog prostora za ribu.

Još jedan nedostatak korištenja prirodnog plina kao goriva je njegova limitirana dostupnost zbog nedostatka odgovarajuće infrastrukture. Postoji manji broj luka u blizini LNG terminala dok se druge luke moraju oslanjati na prirodni plin koji dovezu kamioni ili moraju izgraditi mala postrojenja za ukapljivanje. U Hrvatskoj postoji LNG terminal na Krku koji se otvorio u 2021. godini.

3.1.2. Električna propulzija

Ova vrsta propulzije pokreće brodski vijak isključivo pomoću elektromotora koji se preko propulzijskog pretvarača energije napaja generatorom, čija je funkcija pretvaranje mehaničke u električnu energiju [15]. Generator se može napajati preko dizelskog motora, plinske turbine, kombiniranog sustava plina i pare, itd. Najčešća je upotreba dizel-električnog pogona (slika 3.1.1.) [16]. Dizel-električni pogon se sastoji od nekoliko generatora koji se napajaju pomoću dizel

motora. Generatori napajaju sabirnicu visokog napona od koje se, najčešće preko transformatora, napajaju elektromotori i električni sustavi broda, odnosno sekundarni potrošači. Elektromotori se sastoje od pretvarača frekvencije koji služe za kontroliranje brzine okretanja osovinskog voda, te samim time i kontroliranje brzine broda [17].



Slika 3.1.1 Primjer dizel-električne propulzije [16]

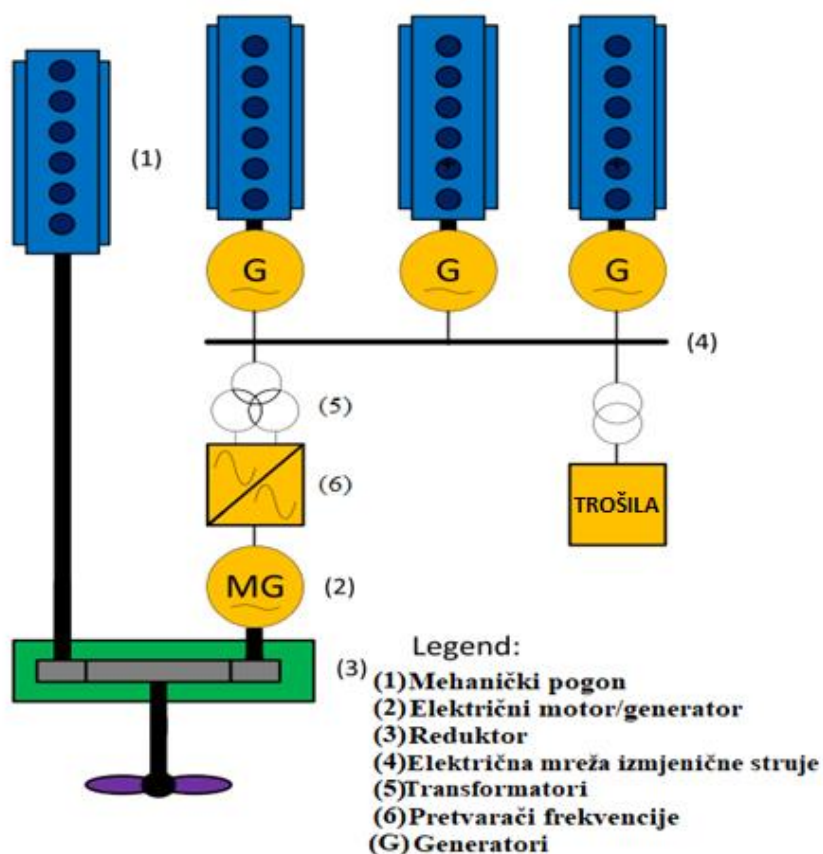
Elektromotor je jednostavnije izvedbe od dizelskog motora i manjih je dimenzija tako da zauzima i manje prostora u strojarnici što znači da i strojarnica može biti manja čime se mogu povećati neki drugi korisni prostori na brodu. U usporedbi s porivnim strojem s unutarnjim izgaranjem, elektromotor ima bolju energetska efikasnost, kao i pouzdanost, što znači da ima i manju potrošnju goriva, kao i manju potrebu za servisima i održavanjem. Nadalje, korištenjem elektromotora za propulziju ne proizvode se ispušni staklenički plinovi koji onečišćuju okoliš. Također, rad elektromotora proizvodi puno manje buke i vibracija, te samim time manje šteti morskim životinjama i organizmima koji su osjetljivi na takvu vrstu podražaja, kao i samoj konstrukciji broda s obzirom da su vibracije značajno manje. S napretkom tehnologije uređaja za

pretvorbu energije i baterija, kao i sa sve strožim regulacijama za zaštitu okoliša, ova vrsta propulzije koristi se sve češće.

Nedostaci ove vrste propulzije su visoka cijena izgradnje broda s takvom propulzijom. Također se značajno povećava količina električne opreme potrebne za rad motora. Zbog dodatnih konverzija električne energije povećava se broj gubitaka između različitih komponenti motora. Prilikom plovidbe većim brzinama i većim opterećenjima, ova vrsta propulzije postaje manje efikasna od mehaničke. kao i potreba za kvalificiranim ljudstvom za eksploataciju i održavanje električne propulzije.

3.1.3. Hibridna propulzija

Hibridna propulzija je kombinacija električne i mehaničke (dizelski motor), stoga ima prednosti i jedne i druge vrste propulzije. Kod hibridne propulzije dizelski motor (1) koristi se za efikasnu propulziju pri većim brzinama. Električni motor (2) koji je spojen na isto vratilo kao i dizelski motor preko reduktora (3), koristi se za vožnju pri manjim brzinama. Električni motor se također može koristiti i kao generator za potrebnu struju električne mreže broda (4). Navedeno je prikazano na slici 3.1.2. [17].



Slika 3.1.2 Primjer hibridne propulzije [17]

Ova vrsta propulzije interesantna je za brodove kod kojih postoje velike varijacije u potrebnoj snazi tijekom plovidbe (poput kočara, ledolomaca, tegljača...). Razlog toga je to što dizelski motor najefikasnije funkcionira prilikom plovidbe od otprilike 80% projektirane brzine, a kada brzina plovidbe padne ispod otprilike 70% projektirane brzine, efikasnost kreće značajno padati dok količina emisija raste, dok se elektromotor smatra efikasnim upravo pri nižim brzinama plovidbe. Stoga brodovi poput kočara, koji prilikom kočarenja plove drastično manjom brzinom, s manjom brzinom okretanja vijka nego tijekom slobodne vožnje do odredišta, mogu imati najviše koristi od ovakve vrste propulzije zbog toga jer se pri nižim brzinama može koristiti elektromotor dok se pri većim brzinama može koristiti dizelski motor ili oba odjednom.

Hibridna propulzija ima beneficije i mehaničke i električne propulzije. Hibridna propulzija, kada se uspoređuje sa samo mehaničkom, ima bolju energetska efikasnost i manju emisiju stakleničkih plinova radi upotrebe električnog motora pri manjim brzinama. Također, kao i kod električne propulzije, razina buke i vibracija koje brod proizvodi je puno niža nego korištenjem samo mehaničke propulzije. Još jedna prednost je ta što se generator električne energije može puniti korištenjem mehaničke energije. Nadalje, značajno se smanjuju šanse totalnog kvara propulzije s obzirom da se koriste dvije različite vrste.

Negativni aspekti korištenja ovakve vrste propulzije su to što dodatna električna oprema doprinosi masi, veličini i cijeni izgradnje broda.

3.1.4. Jedro

Korištenjem jedra za pomoćnu propulziju na manjim ribarskim brodovima može dovesti do značajne uštede goriva. Međutim, za korištenje jedra kao pomoćni izvor propulzije brod mora biti projektiran prema dodatnim zahtjevima za stabilitet i raspored opreme na palubi. Brodovi na kojima se dodaje jedro bi trebali biti opremljeni balastnom kobilicom za stabilitet broda koji se mijenja dodavanjem jarbola koji značajno povećava moment naginjanja broda. Također, prostor koji bi inače bio prazan sada zauzimaju jarbol i snast. Osim značajnih promjena u projektu broda, potrebno je i znanje i volja posade za jedrenjem. Jedrenje uključuje više znanja i truda od upravljanja broda motorom. Međutim, ukoliko se svi gore navedeni uvjeti osiguraju, moguće su uštede od 5 pa skroz do 80 % goriva prilikom ribolova [18]. Naravno, količina uštede ovisi o znanju posade, brodskoj formi, te vremenskim uvjetima prilikom ribolova.

3.2. Smanjenje brzine plovidbe

Smanjenjem brzine plovidbe također je moguće postići značajne uštede na potrošnji goriva. Dok brodski vijak tjera brod kroz vodu, određeni dio energije je utrošen na stvaranje valova duž i iza broskog trupa. Energija uložena u stvaranje tih valova zove se otpor valova. S povećanjem brzine, otpor valova raste nelinearno, tako da ukoliko se brzina broda poveća za duplo, otpor valova se neće povećati proporcionalno tome (za duplo) nego za značajno više. Pri većim brzinama ne samo da se više goriva troši na savladavanje otpora, nego i sami motor neće funkcionirati kod optimalne efikasnosti, pogotovo pri brzinama koje su blizu maksimalnoj brzini okretanja motora. Kombinacija te dvije stavke daje poprilično lošu stopu potrošnje goriva pri većim brzinama (veliko povećanje snage potrebno je za malo povećanje brzine), odnosno značajne uštede goriva mogu se postignuti malim smanjenjem brzine plovidbe. U prosjeku, mali dizelski motori su najefikasniji prilikom plovidbe kada se koristi 80 % maksimalne brzine okretanja motora. Rezultati istraživanja su pokazali da je moguće postići uštedu goriva od čak 10-15 % ako se brzina plovidbe, u ovom slučaju, smanji s jedanaest čvorova na deset i pol, što je razlika od samo pola čvora brzine plovidbe [19]. Naravno, točni brojevi razlikovati će se od broda do broda ovisno o brodskoj formi, motoru, itd. To je jedan od najjednostavnijih načina uštede goriva koji je jednostavan za primijenu.

Negativni aspekti smanjenja brzine su ti što će se onda time produžiti i vrijeme plovidbe pa samim time i radno vrijeme ribara na brodu, koji su najčešće plaćeni sukladno količini ulovljene ribe, a ne prema vremenu provedenom na moru. Smanjenjem brzine, stoga, najviše profitira okoliš s obzirom na smanjenu količinu goriva koje izgara za jednaki put, potom vlasnik broda koji će uštediti na gorivu, a trošak na posadu će mu ostati jednak, dok s druge strane to može dovesti do sukoba interesa s posadom i njihovim nezadovoljstvom s obzirom da za isti posao i zaradu troše više svojeg osobnog vremena.

3.3. Štednjak

Jedan od suptilnijih načina uštede goriva na brodu je korištenje indukcijskog štednjaka umjesto električnog. Energetskom analizom jednog baskijskog kočara [20] dobiveno je da bi se zamjenom postojećeg štednjaka s indukcijskim smanjila potrošnja goriva na rad istog za 31 %. Time bi se smanjila potrošnja goriva u godini za otprilike 2580 litara, odnosno smanjila bi se proizvodnja CO₂ za 7,01 tona. Takva ušteda energije je skromna kada se gleda šira slika, ali isto tako je skromna i potrebna investicija, te bi se uštedom na gorivu u potpunosti isplatila u manje od dvije godine pri istoj toj potrošnji.

3.4. Redovno održavanje motora i broskog trupa

Redovnim održavanjem motora broda, te održavanjem i čišćenjem broskog trupa također se mogu smanjiti potrošnja goriva i troškovi plovidbe. Druga najznačajnija vrsta otpora kod brodova je otpor trenja. Posljedice plovidbe koje rezultiraju povećanjem otpora trupa mogu se podijeliti u dvije skupine. Prva je povećanje hrapavosti trupa uslijed djelovanja morske vode na samu konstrukciju. To je najprimjetljivije kod brodova od čelične konstrukcije, iako ne isključuje i brodove koji imaju konstrukciju od drva ili stakloplastike. Neki od glavnih razloga zašto se povećava hrapavost trupa su korozija, loša primjena boje na trup, mehanička oštećenja na površini trupa, itd. Navedeno se može umanjiti redovnim održavanjem trupa i redovnom primjenom antikorozivne boje kada se stara istroši. Druga skupina je morsko obrastanje gdje se na trup priljepljuju morski životinjski i biljni organizmi što doprinosi hrapavosti trupa čime se povećava otpor. Redovnim čišćenjem i održavanjem obrasloga broskog trupa i vijka može se spriječiti povećanje otpora trenja i osigurati bolja efikasnost vijka. Osim redovnog čišćenja, razina porasta obrastanja može se značajno smanjiti primjenom antivegetativne boje na trupu. Prilikom gradnje i održavanja, najbitnije je da je prednja četvrtina trupa glatka i čista jer prednja četvrtina utječe na okvirno trećinu cijelog otpora trupa. Čišćenje broskog vijka zahtjeva malo napora, a može rezultirati značajnim uštedama.

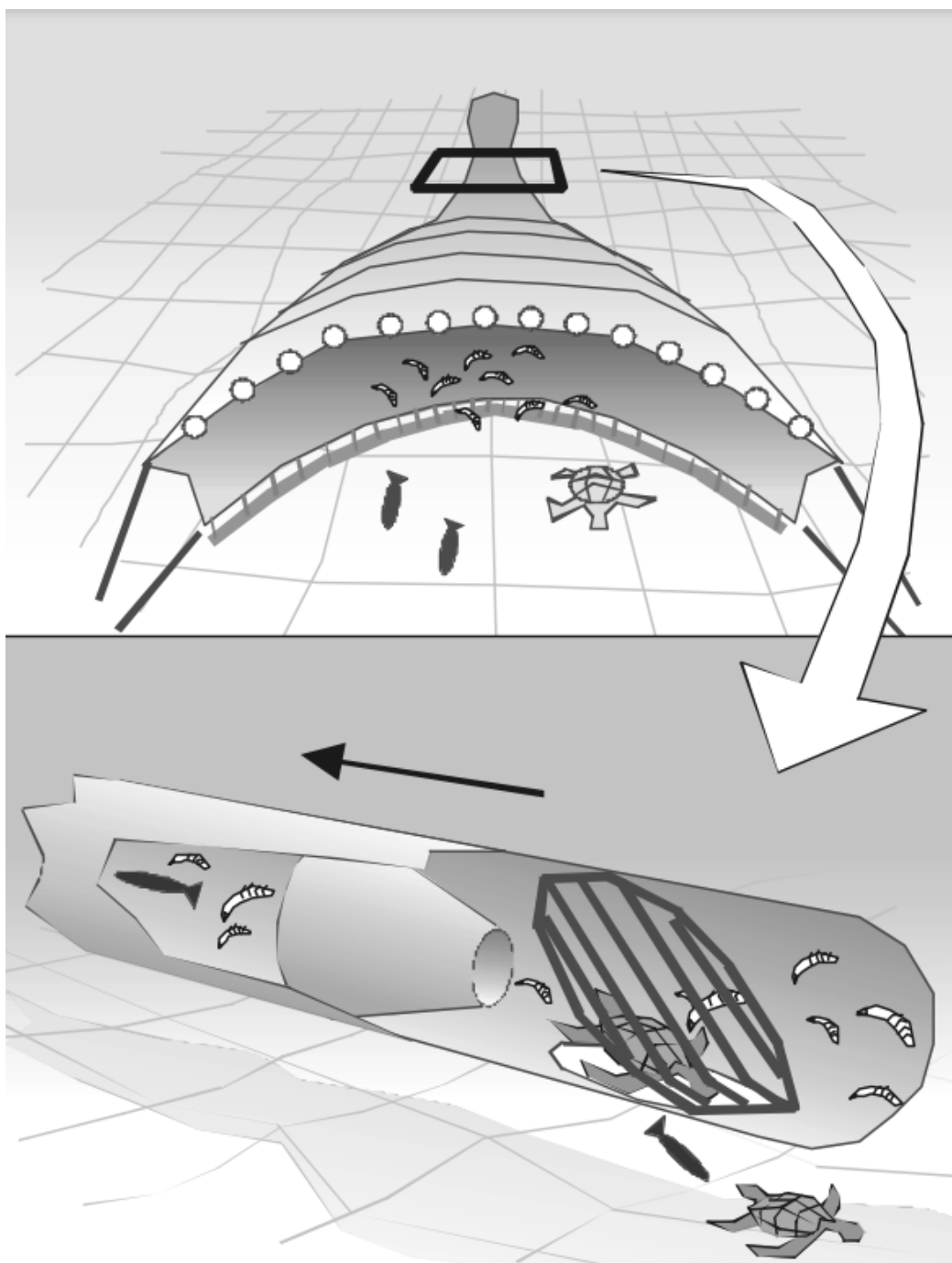
Nadalje svaki motor dolazi s uputstvima proizvođača o preporučenim intervalima servisiranja. Posljedice nepridržavanja preporučenih intervala servisiranja mogu dovesti do nepovratnih gubitaka efikasnosti motora. U analizi energetske efikasnosti provedenoj u Indiji [21], testirana su dva identična motora na istom plovilu. Jedan motor nije bio redovno održavan, te je trošio duplo više goriva, te je pri tome postizao samo 85 % brzine drugoga motora.

Kod brodova s dizelskim motorom, korištenje goriva niske kvalitete koja imaju visok udio sumpora može dovesti do ranije potrebe za mijenjanjem ubrizgača motora. Prvi znakovi koji sugeriraju da je potrebno promijeniti ubrizgač je povećana potrošnja goriva i crni dim u ispuhu. Šanse za pojavom takvih poteškoća moguće je umanjiti redovnim pregledima i servisima.

3.5. Ribolovna oprema za bolju energetske učinkovitost

Primjenom odgovarajuće opreme za ribarenje može se smanjiti potrošnja goriva i samim time onečišćenje okoliša. Jedan od primjera bio bi da kod kočarenja umjesto jednog broda, mrežu povlače dva broda. Podjelom povlačenja mreže na dva broda može se smanjiti potrošnja goriva po toni ulovljene riba za 25-35% [21].

Inherentni nedostatak mreže koće je da se, osim ciljanih vrsta, često ulove i organizmi koje bi iz raznih razloga trebalo izbjegavati, kao što su nedorasle jedinke ciljne vrste, ugrožene vrste, ribe niske vrijednosti i vrste poput morskih kornjača i morskih sisavaca. Uređaj za isključivanje kornjača (engl. „*turtle excluder device*“ - TED) je jedan od uređaja koji se koriste na kočama diljem svijeta kako bi se eliminirao slučajni ulov kornjača prilikom kočarenja [22]. TED je naprava, koja može biti meka ili kruta, te se postavlja ispred vreće mreže kako bi kornjače mogle izaći iz mreže, dok će većina ciljanih račića i manjih riba proći kroz uređaj i ostati zatočeni u mreži (slika 3.5.1.).



Slika 3.5.1 Uređaj za isključivanje kornjača [22]

Izgubljene ili napuštene mreže stajačice mogu imati nepogodan utjecaj na morske životinje. S obzirom da se koristi za pasivni ribolov, mreže stajačice mogu nastaviti s lovljenjem ribe i po nekoliko tjedana, mjeseci ili čak godina, ovisno o dubini i prevladavajućim uvjetima okoline (razine svjetlosti, temperatura, brzina morske struje). Ovaj problem može se djelomično riješiti upotrebom biorazgradivih materijala ili drugih sredstava za onesposobljavanje izgubljenih mreža stajačica, pojačanim naporima da se izbjegne njihov gubitak ili omogućavanjem brzog vraćanja izgubljenih mreže. U nekim se područjima poduzimaju aktivne kampanje za traženje izgubljenih mreža na područjima poznatih lovišta mrežama stajačicama.

Kod lova ribe s parangalima, konop s udicama na kojima su mamci često može biti opasan po morske ptice dok pokušavaju pojesti mamac na udicama prije nego što udice urone u vodu. Taj problem može se većinom riješiti implementacijom strašila za ptice odnosno konopa s trakicama koje ih tjeraju dalje od udica (slika 3.5.2.) ili uranjanjem konopa s udicama kroz cijev koja vodi direktno u vodu tako da ne dolazi do njihovog izlaganja pticama [22]. Još neke od metoda koje se mogu primijeniti u tu svrhu su postavljanje parangala tijekom noći i postavljanjem dodatnog tereta na konop s udicama kako bi brže potonuo prilikom bacanja u vodu.



Slika 3.5.2 Strašila za ptice na parangalima [23]

3.6. Utjecaj brodskog vijka

Zadatak brodskog vijka je da snagu dobivenu od motora broda pretvori u poriv, kako bi se plovni objekt kretao kroz vodu. Što je veća efikasnost pretvorbe snage motora u poriv, to će se manje goriva trošiti za isti rad, te samim time će biti smanjen i negativni utjecaj na okoliš.

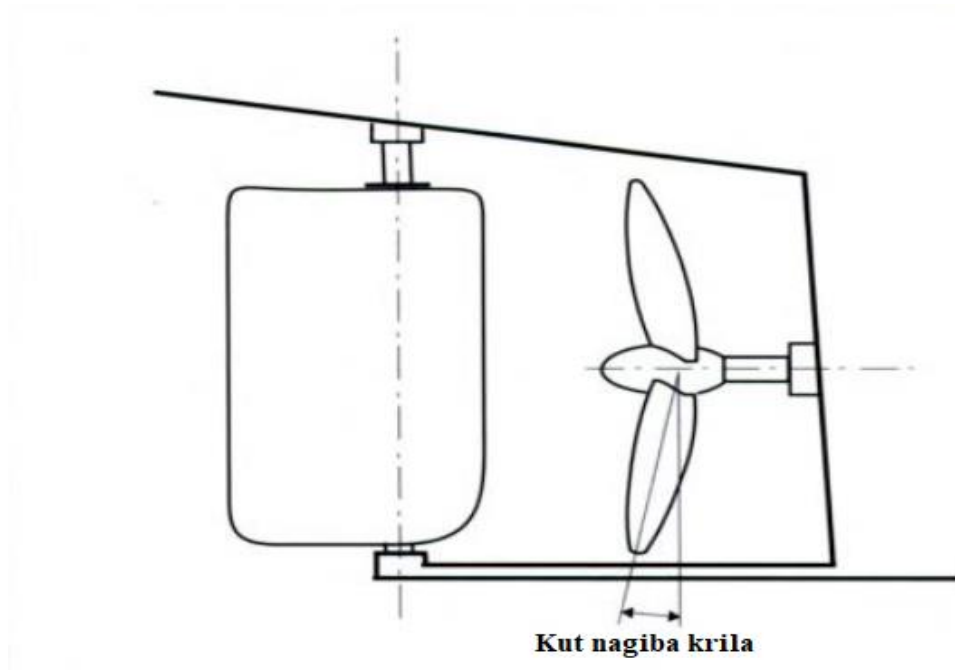
Kod efikasnosti brodskog vijka možda najbitniji faktor je njegov promjer. Brodski vijak funkcionira tako da ubrzava vodu iza krme te to rezultira kretanjem broda prema naprijed. U pogledu efikasnosti, bolje je ubrzavati velike količine vode relativno sporo nego manju količinu vode velikom brzinom. Radi toga bi promjer brodskog vijka uvijek trebao biti što veći, odnosno velik koliko god to instalacija motora i projekt broda dopuštaju (treba ostati adekvatan slobodni prostor između krila vijka i trupa broda) tako da vijak može ubrzavati što više vode sa svakim rotacijskim ciklusom [24]. Nadalje, da bi vijak bio što efikasniji ne samo da promjer mora biti što veći, nego onda i brzina okretanja osovine treba biti manja. To obično zahtjeva upotrebu reduktora čime se podiže cijena izgradnje takvog plovila, ali se smanjuje negativni utjecaj na okoliš.

Što se tiče broja krila vijka, generalno je bolje imati što manji broj istih da bi efikasnost vijka bila što veća. Međutim, što vijak ima manje krila, to će biti veće opterećenje na svakom krilu što može dovesti do snažnih vibracija i pojave kavitacije, tako da je potrebno pronaći balans između efikasnosti i opterećenja na krilima. Kavitacija nastaje kao rezultat loše projektiranog vijka. Javlja se kada tlak na licu vijka naglo padne ispod kritične razine što dovodi do toga da voda ispari. Ako voda ispari, pojavljuju se mjehurići pare na tom području koje struja kapljevine nosi prema području višeg tlaka. Jednom kada dođu u područje višeg tlaka, mjehurići pare implodiraju i ponovo prelaze iz pare u kapljevinu. Prilikom implozije, kapljevina oko mjehurića struji prema njegovom središtu gdje se čestice sudaraju i nastaju vrlo visoki udarni tlakovi. Implozije u blizini vijka dovode do erozije materijala te buke i vibracije. Jedino rješenje u slučaju pojave kavitacije je zamjena vijka.

Slično kao i kod broja krila vijka, površina svakog krila također ima utjecaj na efikasnost. Vijak s krilima manje površine biti će efikasniji od vijka koji imaju veću površinu krila, ali će imati veću sklonost kavitaciji pošto je poriv koji vijak daje raspoređen po manjoj površini. Debljina krila brodskog vijka s druge strane nema značajan utjecaj na efikasnost, potrebno je jedino osigurati minimalni zahtjev debljine da bi se održala dovoljna čvrstoća krila. Međutim kao i kod površine krila, vijci s većom debljinom krila skloniji su kavitaciji.

Udaljenost vijka od trupa broda određuje koliko efikasno vijak djeluje prilikom strujanja vode oko trupa i kolika će biti količina vibracija. Generalno, što ima više prostora između trupa i vijka, to je bolje. Ponekad je zračnost između vijka i broda ograničen geometrijom trupa, te je

potrebno pronaći balans između promjera vijka i slobodnog prostora između vijka i trupa, pošto mali promjer vijka također negativno djeluje na efikasnost plovidbe kako je ranije navedeno. U slučaju nedovoljnog slobodnog prostora za ugradnju vijka, moguće je osigurati veći promjer vijka bez narušavanja minimalne zračnosti od trupa broda, ugradnjom vijka koji ima krila s aksijalnim nagibom (slika 3.7.1.).



Slika 3.6.1 Kut nagiba krila vijka [18]

Projektiranje broskog vijka kočara zahtjeva posebnu pozornost s obzirom da će upotreba vijka biti kompletno drugačija prilikom slobodne vožnje do mjesta gdje će se loviti riba i prilikom kočarenja. Korištenjem vijka s nepomičnim krilima (FPP vijci) nije moguće postići optimalne uvjete i za slobodnu vožnju i za kočarenje, te je potrebno pronaći kompromis između toga koliko će vremena brod provesti u slobodnoj vožnji do destinacije i koliko će dugo kočariti. Ugradnjom vijka s krilima upravljivog uspona (CPP vijci) moguće je postići optimalne uvjete prilikom plovidbe i kočarenja zbog mogućnosti mijenjanja uspona krila, ali za to je potrebno i iskustvo i znanje zapovjednika. Nedostatci vijka s krilima upravljivog uspona su to što su skuplji od vijka s nepomičnim krilima s time da cijena drastično raste što je veći promjer vijka, te su potrebni češći pregledi i održavanje je skuplje radi kompleksnije izvedbe.

Još jedan od načina kako se može povećati efikasnost broskog vijka je izvedbom vijka u sapnici. Kao što i samo ime govori, to je vijak [25] koji je smješten unutar prstenaste sapnice. Vijak u sapnici je pogodan samo za brodove koji plove manjim brzinama, ali je vijak značajno hidrodinamički opterećen. Negativni aspekti sapnice su povišena cijena izgradnje plovila,

smanjena manevarabilnost, te se pri većim brzinama počinju gubiti pozitivni utjecaji sapnice na efikasnost i počinje se generirati više otpora nego poriva. Primjena sapnice je zato pogodna samo u specifičnim slučajevima, najčešće za brodove poput tegljača i kočara. Primjenom vijka u sapnici na kočarima moguće je smanjiti broj okretaja motora koji je potreban za kočarenje, bez da se gubi na brzini broda što dovodi do manje potrošnje goriva prilikom ribolova. Uz sapnicu se mogu koristiti i vijci s nepomičnim krilima i vijci s krilima upravljivog uspona.

3.7. Utjecaj rashladne opreme

Kada se ulovi riba na moru, potrebno ju je negdje i skladištiti do dolaska na kopno. Ribu bi trebalo držati u rashlađenom stanju kako bi što dulje bila svježja i jestiva, te samim time i spremna za prodaju prilikom dolaska do kopna. S obzirom na navedeno, dalo bi se zaključiti da svaki ribarski brod ima korist od hlađenja ribe nakon ulova. Riba se može držati ili u rashlađenom stanju pri temperaturama u blizini ledišta vode (0 °C) ili se može zamrzavati pri puno nižim temperaturama (otprilike -30 °C) za dugoročno skladištenje (na godinu ili više dana, ovisno o vrsti ribe) [26]. Većina ribarskih brodova koristi nekakvu vrstu rashladnog sredstva (led ili rashlađena morska voda), te skladišta s odgovarajućom toplinskom izolacijom kako bi se što duže održale niske temperature. Neki veći ribarski brodovi mogu imati i rashladni stroj ukoliko im to omogućuje prostor na brodu i njegove energetske mogućnosti, te ukoliko je brodovlasnik spreman uložiti dodatni kapital za njegovu ugradnju. Mimo propulzije, rashladni sistem troši najviše energije broda, tako da je njegova optimizacija jedan od ključnih faktora pri smanjenju potrošnje goriva broda.

Za hlađenje ribe najčešće se koristi led, koji može biti proizveden na kopnu i ukrcan na brod prije polaska ili koji se proizvodi na brodu ukoliko ima ugrađen ledomat. Led može biti napravljen od slatke ili morske vode, jedini uvjet je da voda ne smije biti kontaminirana ni na koji način s obzirom da će led biti u direktnom kontaktu s ulovljenom ribom.

Još jedna metoda za hlađenje ribe na brodu je korištenje rashlađene ili smrznute morske vode. Za sustav rashlađene morske vode (CSW – chilled sea water) najčešće se koriste tankovi morske vode u koje se dodaje led i ulovljena riba, a temperatura rashlađene vode se održava sa stlačenim zrakom ili pomoću recirkulacijske pumpe. Sustav smrznute morske voda (RSW – refrigerated sea water) se može postići rashladnim postrojenjem na brodu. Sustav smrznute morske vode je efikasniji, ali za to treba imati prostora na brodu za ugradnju, te je početna investicija značajno veća.

Ukoliko se na brod ugrađuje rashladno postrojenje, potrebno je odabrati i rashladno sredstvo koje će navedeni sustav koristiti. Početkom 1930-ih počela je raširena upotreba klorofluorugljika (CFC), zvanih freon, kao rashladno sredstvo [27]. Klorofluorugljici su se pokazali kao odlično rashladno sredstvo, vrlo stabilno i koje nije štetno za čovjeka. Međutim, klorofluorugljici imaju izrazito negativan utjecaj na ozonski omotač i globalno zatopljenje stoga se s godinama počelo udaljavati od toga kao rashladno sredstvo i počele su se razmatrati alternativne opcije. Danas su vodikofluorugljici (HFC) zamijenjena za klorofluorugljike s obzirom da nemaju utjecaj na ozonski omotač, međutim istraživanjima se pokazalo da su većina HFC-a staklenički plinovi, odnosno da imaju direktan utjecaj na globalno zatopljenje [28]. Kako bi se što više smanjio negativan utjecaj na okoliš, danas se su kao najbolja alternativna rješenja pokazali vodikofluoralkeni (HFO), te prirodna rashladna sredstva poput amonijaka, CO₂ i ugljikovodika poput izobutana i propana. Navedena alternativna rješenja nisu savršena i imaju svojih mana (poput zapaljivosti, otrovnosti, nekompatibilnosti s nekim materijalima...), ali su najbolja rješenja koja postoje s trenutnom razvijenosti tehnologije.

Kako bi brod bio što više energetske efikasan, potrebno je osigurati što bolju izolaciju skladišta za ribu. Pošto riba treba biti u stalno rashlađenom stanju, ugradnjom najbolje izolacije maksimalno se smanjuje izmjena topline s vanjskim prostorom te će se samim time trošiti manje snage na hlađenje prostora. Za toplinsku izolaciju se mogu koristiti: poliuretanska pjena, stiropor, stakloplastika, pluto, itd. Toplinska vodljivost materijala koji se koriste za termalnu izolaciju prikazana je u tablici 3.7.1.

Jedan od najefikasnijih materijala je poliuretanska pjena koja je punjena inertnim plinom. Poliuretanska pjena ima dobra svojstva toplinske izolacije, nisku permeabilnost vodene pare, visoku otpornost na upijanje vode, relativno visoku mehaničku snagu i nisku gustoću, te ju je jednostavno ugraditi. Samim time što poliuretanska pjena ima najbolju toplinsku vodljivost od materijala u tablici 3.7.1., potrebna debljina sloja, da bi se postigla jednaka izolacija u usporedbi s drugim materijalima, biti će minimalna. Time se štedi na limitiranom prostoru na brodu koji se može iskoristiti u druge svrhe. Najveći nedostaci poliuretana su ti što su šanse za upijanje vode veće nego kod primjerice stiropora, a ukoliko pjena upije vodu postaje teška i izolacijske karakteristike joj se smanjuju. Također, to je gorivi materijal koji, ukoliko se zapali u slučaju požara, može proizvesti toksične supstance. Osim same toplinske izolacije, bitno je također koji materijal se koristi kao obloga. Za oblogu na brodu nisu pogodni materijali koji imaju visoku higroskopsnost, odnosno visoko svojstvo upijanja vode iz okoline. To bi bili materijali poput pluta, drvenih dasaka, šperploče, itd. Najčešći materijali koji se koriste kao izolacijska obloga na brodovima su: aluminijske ploče, ploče od mekog čelika, plastika ojačana staklenim vlaknima, itd.

Tablica 3.7.1 Toplinska vodljivost materijala [29]

Materijal	Tipična toplinska vodljivost ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
Prirodna vlakna	
Drvena vlakna	0,038–0,050
Papir (celuloza)	0,035–0,040
Konoplja	0,038–0,040
Vuna	0,038–0,040
Lan	0,038–0,040
Pluto	0,038–0,070
Sintetička vlakna	
Mineralna vlakna	0,032–0,044
Staklena vlakna	0,038–0,041
Ekstrudirani polistiren	0,033–0,035
Ekspandirani polistiren	0,037–0,038
Poliuretan	0,023–0,026

3.8. Utjecaj rasvjete broda

Žarulje sa žarnom niti imaju relativno nisku cijenu, međutim njihova efikasnost i mogućnost prodora kroz vodu su relativno niske [30]. Kod brodova koji koriste svjetlo za privlačenje ribe tijekom ribolova, pokazalo se da je korištenjem svjetleće diode (engl. „*light emitting diode*“ - LED) moguće postići značajne uštede potrošnje goriva bez smanjenja ulova, a u nekim slučajevima se količina ulova čak i povećala. U 2012. godini, Shen je napravio pokus tako da je na tri plivaričara postavio LED lampe za privlačenje ribe umjesto tradicionalne rasvjete, te je na kraju pokusa zabilježeno smanjenje potrošnje goriva od 15 do 17%, dok je ulov ribe na jednom od brodova ostao jednak kao i s tradicionalnom rasvjetom, a na druga dva broda je ulov ribe bio veći za više od 20% [31]. U 2017. godini Susanto je također proučavao LED lampe, u ovom slučaju kao alternativnu rasvjetu za lov incuna umjesto štednih žarulja [32]. LED rasvjetu je odabrao jer u usporedbi s tradicionalnom rasvjetom ima visoku efikasnost, dugi životni vijek, ima manji negativni utjecaj na okoliš, potreban je niži napon za njihov rad, male su i prijenosne, te ne sadrže živu kao štedne žarulje. Pokusom je dobiveno da je korištenjem LED rasvjete potrošnja energije smanjena za 35,15 %, dok se prosjek ulovljene ribe povećao za 29,49%.

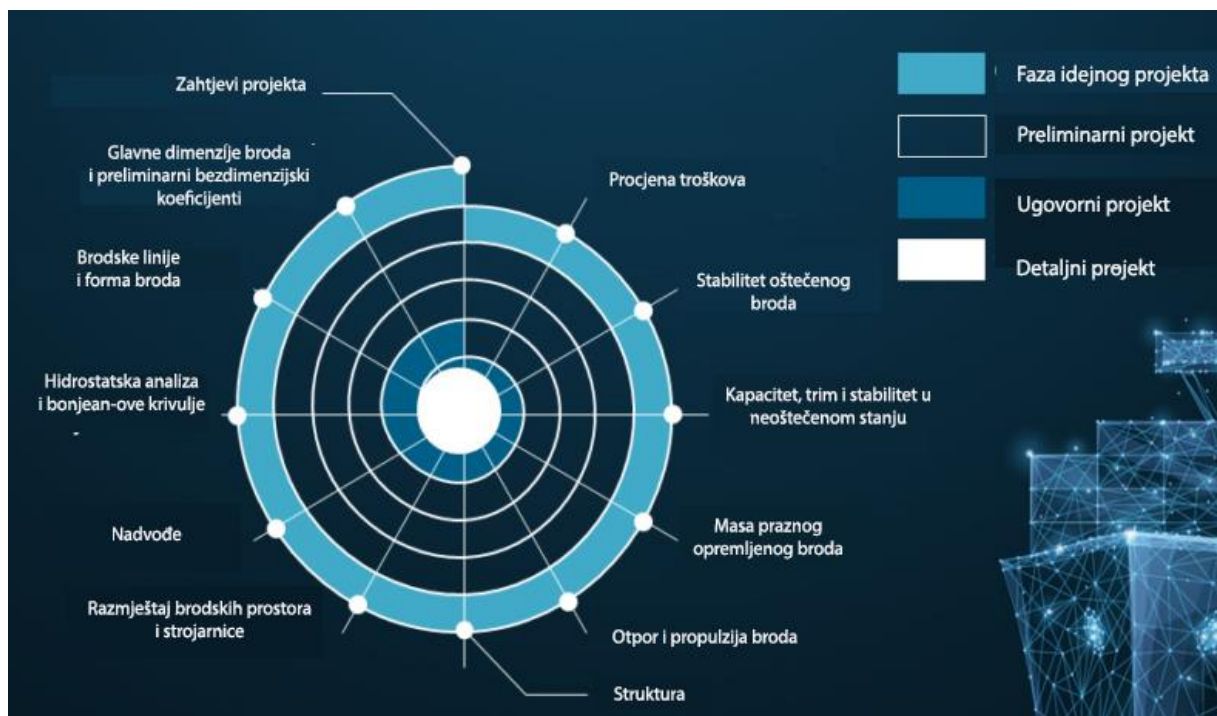
4. Idejni projekt ribarskog broda

4.1. Projektna spirala

Projektna spirala je razvijena 1959. i taj isti koncept vrijedi i danas (slika 4.1.1.)[33]. Spirala djeluje logično, ali je kroz godine projektiranje brodova postalo kompleksnije sa mnogo više zahtjeva koji se trebaju zadovoljiti, te više sustava koji se trebaju optimizirati.

Projektna spirala prikazuje više faza projektiranja broda. Postoje četiri faze: idejni, preliminarni, ugovorni i detaljni projekt. Svaka faza prolazi kroz isti niz zahtjeva redom, uključujući dimenzije, raspored prostora, kapacitete, stabilnost i konačnu procjenu troškova. Projekt mora ispuniti zahtjeve naručitelja broda.

Nakon što projekt ispuni prvu fazu, prelazi se na detaljniju preliminarnu fazu. Spirala se ponavlja iznova za svaku fazu redom.

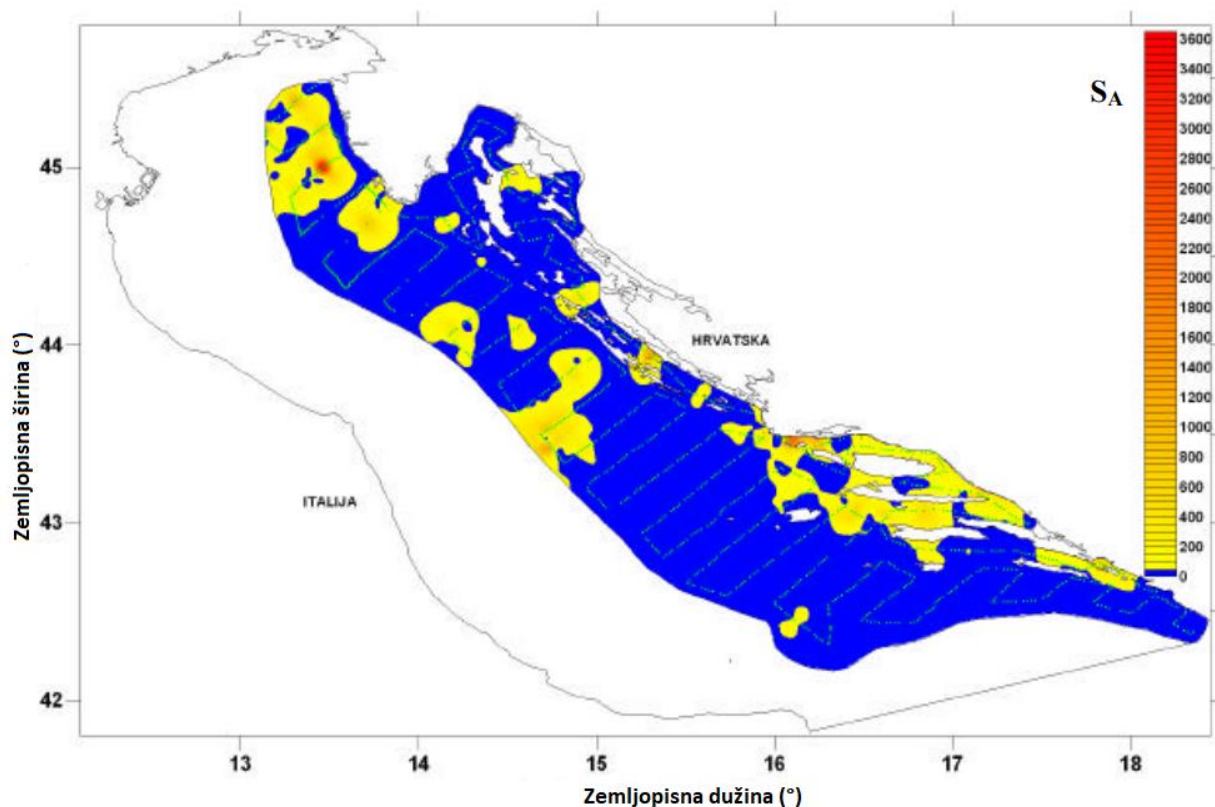


Slika 4.1.1 Projektna spirala [33]

4.2. Projektni zahtjevi

Predmet ovog diplomskog rada je osnivanje ribarskog broda za istočni dio Jadranskog mora. Za vrstu ribarskog broda odabran je pelagični, odnosno lebdeći kočar kojim se lovi plava riba. Za odabir optimalne luke pristanka predmetnog ribarskog broda korišteni su podatci o prostornoj rasprostranjenosti srdela i incuna u hrvatskom dijelu Jadrana. Korišteni podaci prikupljeni su tijekom rujna, 2004. godine, te ukazuju na to da se najveći dio populacije srdela

nalazi u sjevernom dijelu, zapadno od obale Istre, kao i u području jugozapadno od Dugog otoka (slika 4.2.1.) [34]. Na srednjem dijelu otvorenog mora, u akvatoriju Palagruže, zabilježena je manja rasprostranjenost srdela, dok se glavnina istih u ovome području nalazila između otoka Visa i otoka Korčule, kao i južno od rta Ploča i otoka Žirja (uglavnom u području unutrašnjeg mora). U južnom dijelu nije zabilježena značajna rasprostranjenost populacije srdela.

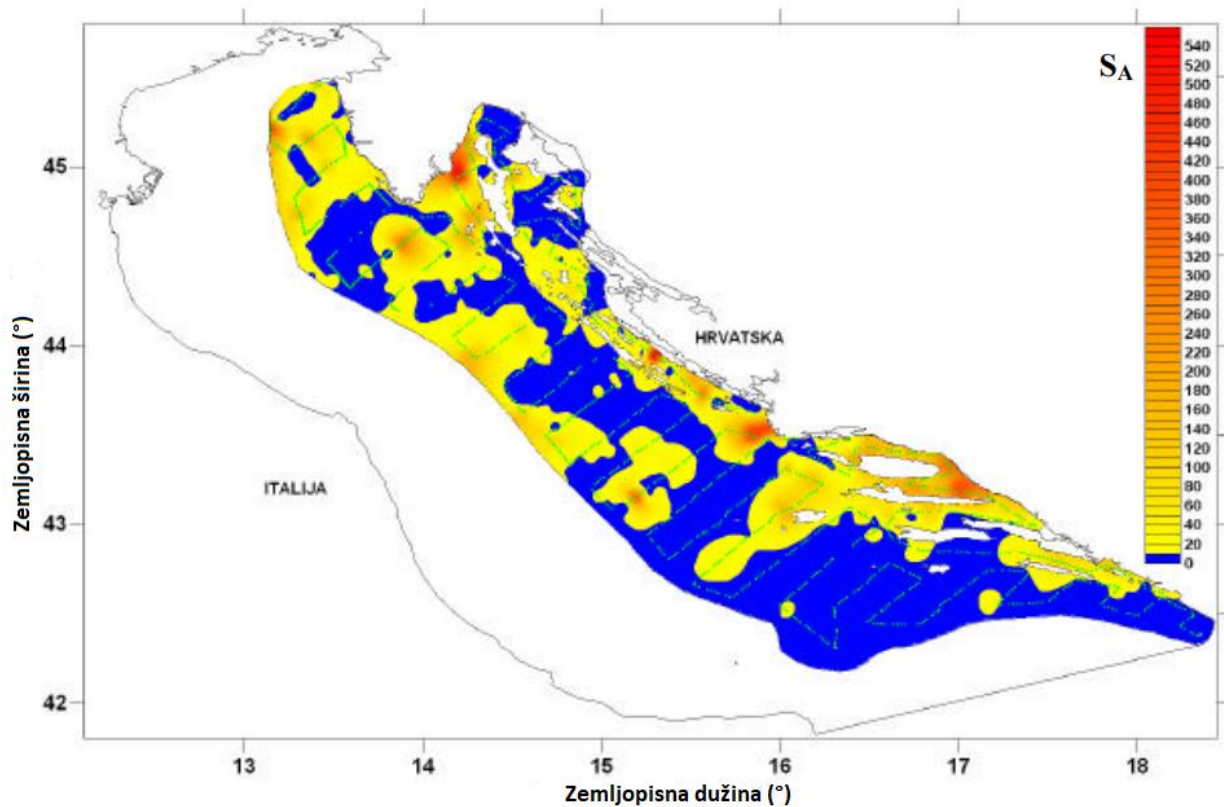


Slika 4.2.1 Prostorna rasprostranjenost srdela u istočnom dijelu Jadranskog mora - rujana, 2004. [34]

Prema istom istraživanju prikazana je i prostorna rasprostranjenost inćuna u istočnom Jadranu (slika 4.2.2.) [34]. Prema slici 4.2.2. vidljivo je da je populacija inćuna ravnomjernije raspodijeljena od srdela. Usporedbom rasprostranjenosti populacije inćuna i srdela odlučeno je da će ribarski brod, razrađen u ovom radu, loviti ribu na sjeveru istočnog dijela Jadranskog mora.

Prema Pravilniku o granicama u ribolovnom moru Republike Hrvatske, bira se ribolovna zona u kojoj će predmetni ribarski brod obavljati ribolov [35]. Ribolovne zone dijele se na vanjsko ribolovno more i na unutarnje ribolovno more. Prema podjeli ribolovnih zona Republike Hrvatske bira se ribolovno područje A, kao zona u kojoj će djelovati predmetni ribarski brod (slika 4.2.3.), s obzirom da se tamo može pronaći velika koncentracija i inćuna i srdela. Zona A spada u vanjsko

ribolovno more Republike Hrvatske. S obzirom na mjesto ribolova odabran je ribarski dio luke Pula kao pristanište za predmetni brod (slika 4.2.4.).



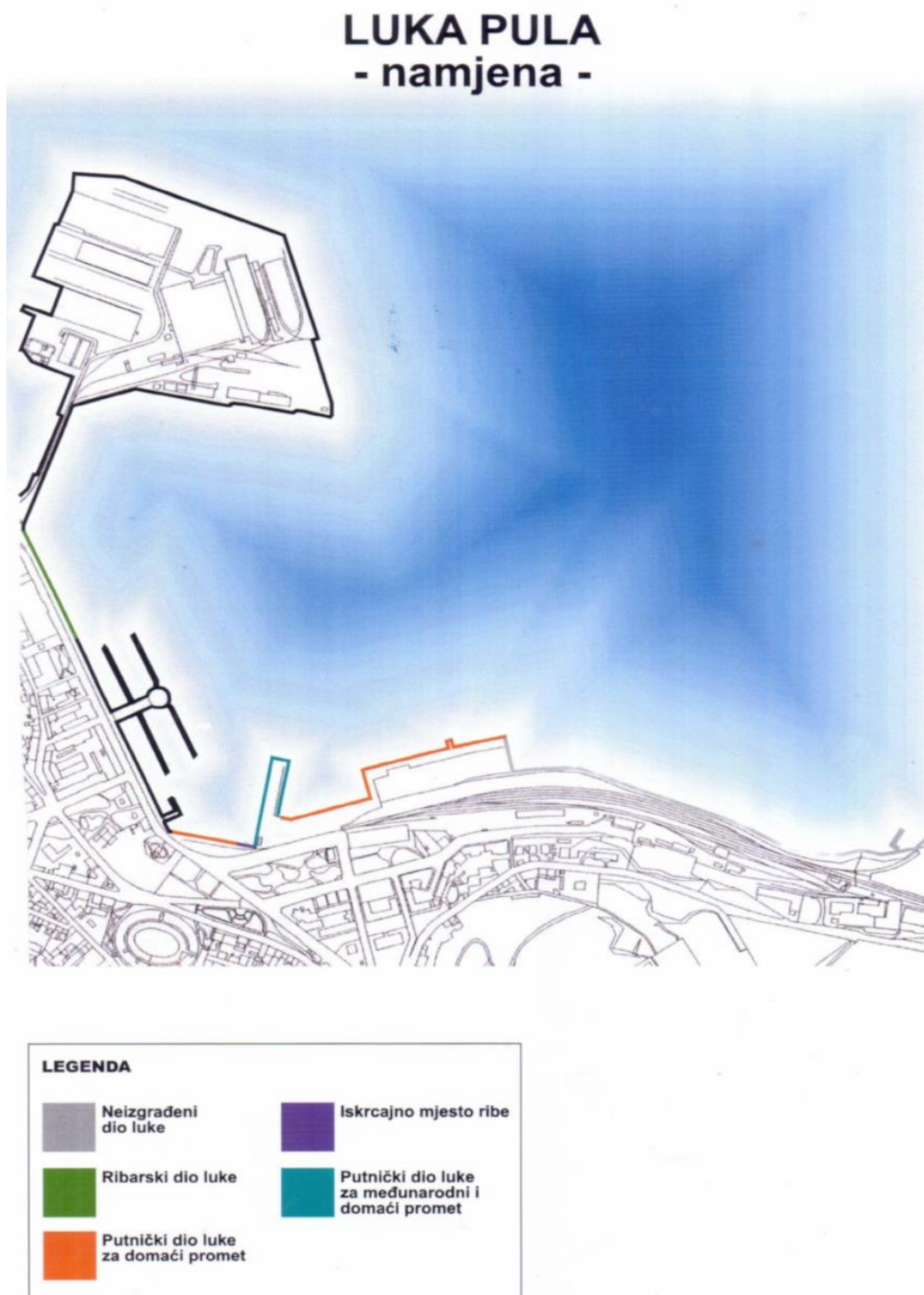
Slika 4.2.2 Prostorna rasprostranjenost incuna u istočnom dijelu Jadranskog mora - rujan, 2004. [34]



Slika 4.2.3 Ribolovne zone Republike Hrvatske [35]

Vrijednosti koje se usvajaju za predmetni brod:

- Usvojena luka – Pula, ribarski dio luke
- Maksimalni dozvoljeni gaz za luku Pula – 4 m
- Usvojena brzina broda – 10 čv
- Doseg (do lovišta plave ribe s povratnim putem i rezervom) – 300 nautičkih milja



Slika 4.2.4 Situacija u luci Pula [36]

4.3. Analiza sličnih brodova

Za potrebe ovog diplomskog rada izrađena je baza podataka od jedanaest sličnih ribolovnih brodova – kočara. Za navedenu bazu podataka koristili su se podaci prikupljeni s interneta na stranici „Food and Agriculture Organization of the United Nations [37]. Prilikom izrade idejnog projekta broda, potrebno je prikupiti podatke sličnih brodova kako bi se dimenzije broda, instalirana snaga motora i druge karakteristike mogle usporediti s postojećom flotom. Cilj prikupljanja baze podataka je bio dobiti prosječne vrijednosti ukupne duljine, širine, gaza, visine i snage motora (tablica) sličnih brodova.

Tablica 4.3.1 Tablica sličnih kočara

Brod	LOA (m)	Širina (m)	Gaz (m)	Visina (m)	Materijal	Snaga motora (kW)
1 [38]	23,65	6,4	2,85	3,5	čelik	206
2 [39]	15,24	3,96	1,75	2,15	čelik	92
3 [40]	15	5	2	2,6	čelik	121
4 [41]	23	5,8	2,5	3	čelik	-
5 [42]	32,65	7	3,1	3,65	čelik	625
6 [43]	33	8,9	3,7	4,7	čelik	-
7 [44]	16	4,54	1,65	2,25	čelik	132
8 [45]	14	4,3	1,9	2,1	čelik	88
9 [46]	12	3,75	1,5	2	GRP	124
10 [47]	14,9	4	1,64	2,1	čelik	66
11 [48]	23,98	6,5	3	3,4	čelik	-
Prosjek	20,31	5,47	2,33	2,86		181,75

Nakon što su dobiveni prosjeci dimenzija sličnih ribarskih brodova, oni se dalje koriste za omjere (L_{pp}/B), (B/D) i (T/D). S obzirom da je za duljinu dan L_{OA} , za aproksimaciju prosječne L_{pp} se gleda 96% od L_{OA} , te se dobiva brojka od 19,5 m. S obzirom na dane informacije dobivene su iduće vrijednosti za omjere:

- $L_{pp}/B = 3,57$, koristi se za aproksimaciju širine broda preko dane duljine između perpendikulara;
- $B/D = 1,91$, koristi se za aproksimaciju visine broda preko dobivene širine broda;
- $T/D = 0,81$, koristi se za aproksimaciju gaza preko dobivene visine broda.

4.4. Usvojene mjere za smanjenje negativnog utjecaja predmetnog ribarskog broda na okoliš

Mjere koje se usvajaju za veću energetska efikasnost broda i smanjenje stakleničkih plinova:

- Hibridni pogon (dizel i električni motori),
- Korištenje baterijskog sustava za pohranu stvorene električne energije na brodu,
- Brodski vijak u sapnici,
- Brodski vijak s krilima upravljivog uspona,
- Rashladni prostor s izolacijom od poliuretanske pjena te plastika ojačana staklenim vlaknima kao pokrovom izolacije,
- Riba se unutar rashladnog prostora slaže u izolirane kašete zapremnine 220 litara,
- LED lampe za rasvjetu broda.

4.5. Odabir glavnih dimenzija

Prva dimenzija, od koje će krenuti proračun, je volumen hlađenog teretnog prostora za ribu, s obzirom da je to jedna od najbitnijih stavki za ribarski brod. Volumen teretnog prostora će se aproksimirati pomoću okvirnog, prosječnog dnevnog ulova plave ribe u istočnom dijelu Jadranskog mora. Prema podacima iz 2018. godine, ukupni ulov plave ribe u Hrvatskoj je iznosio 67.500 tona, te je u ribolovu sudjelovalo 207 aktivnih brodova [49].

Za svrhe ovog diplomskog rada, da bi se dobio prosječni dnevni ulov plave ribe po ribarskom brodu, pretpostavilo se da brod sudjeluje u ribolovu dvadeset dana u mjesecu, s tim da je uzet u obzir i lovostaj, koji ima okvirno trajanje od mjesec dana unutar jedne godine. Tom računom dobiveno je da brod tijekom godine lovi ribu otprilike dvjesto dvadeset dana. Zatim, ako se godišnji ulov od 67.500 tona podjeli s 207 brodova, dobije se da jedan brod u godini prosječno ulovi 326 tona plave ribe, te ako se ta brojka podjeli s brojem ribolovnih dana dobiva se da dnevni prosječni ulov po brodu iznosi 1,48 tona.

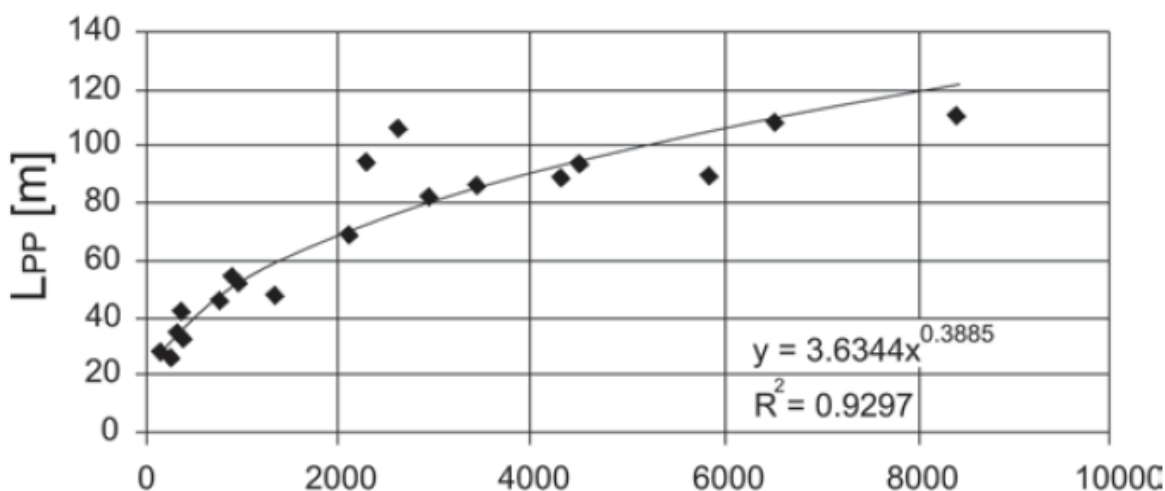
Kada je dobivena prosječna masa ulova, dalje se aproksimira volumen istog. U tu svrhu preuzeti su podaci o prosječnoj masi i dužini srdela iz 2004. godine koji glase da je prosječna masa jedna srdele 15,59 grama, dok prosječna dužina iste iznosi 130 mm [34]. Kako bi se od tih podataka dobio prosječni volumen jedne srdele, potrebno je procijeniti također i visinu i širinu iste, te je u ovom slučaju za te vrijednosti odabrana ista vrijednost od 50 mm. Kada se pomnože duljina, širina i visina dobiva se da je volumen jedne srdele otprilike 0,000325 m³.

Nakon što je dobiven volumen jedne srdele potrebno je aproksimirati koliko srdela se ulovi tijekom prosječnog dnevnog ulova jednog broda. Ta vrijednost dobiva se tako da se prosječni dnevni ulov od 1,48 tona podjeli s prosječnom masom jedne srdele koja, kako je ranije navedeno,

iznosi 15,59 grama. Dobiva se da jedan brod prosječno ulovi 95.075 srdela. Do prosječnog volumena dnevnog ulova plave ribe po brodu dolazi se množenjem broja ulovljenih srdela s prosječnim volumenom jedne, odnosno pomnoži se broj od 95.075 srdela s 0,000325, te taj umnožak iznosi 30,9 m³.

Kada je dobiven volumen prosječnog dnevnog ulova plave ribe u istočnom dijelu Jadranskog mora, može se pretpostaviti koliki bi trebao biti volumen teretnog prostora za ribu da bi brod bio u stanju skladištiti tu količinu ribe. Preko volumena teretnog prostora može se procijeniti potrebna duljina broda između perpendikulara (L_{PP}) da bi na brodu bilo mjesta za teretni prostor takvog volumena. Za dobivanje L_{PP} preko traženog volumena teretnog prostora koristi se formula koja je dobivena iz krivulje prema slici 4.5.1. Krivulja je dobivena omjerom L_{PP} i volumena teretnog prostora iz baze podataka ribarskih brodova [50].

S obzirom da se računicom dobilo da je za prosječnu dnevnu količinu ulova ribe potrebno 30,9 m³, te ako se uzme u obzir da se riba slaže u kašete, skupa s ledom za hlađenje ribe, kao i rezerva za volumen s obzirom da se ovdje radi samo o procjeni pa je bolje uzeti malo veću brojku za sigurnost, u formulu se ulazi s vrijednosti za volumen teretnog prostora od 100 m³. Za brod s teretnim prostorom volumena 100 m³ pretpostavljena dužina će biti $L_{PP} = 21,75$ m.



Slika 4.5.1 Omjer duljine između perpendikulara L_{PP} (m) i volumena rashlađenog teretnog prostora za ribarske brodove (m³) [50]

Ostale glavne dimenzije broda dobit će se iz omjera glavnih dimenzija iz baze podataka o sličnim ribarskim brodovima iz poglavlja 4.3.

4.5.1. Širina broda

Za širinu broda koristi se omjer (L_{pp}/B) koji prema dijagramu iznosi 3,57. Za usvojeni $L_{pp}=21,75$ slijedi:

$$B = \frac{21,75}{3,57} = 6,09 \text{ m} \quad (4.1)$$

4.5.2. Visina broda

Za visinu broda koristi se omjer (B/D) koji prema dijagramu iznosi 1,91. Za usvojeni $B=6,09$ m slijedi:

$$D = \frac{6,09}{1,91} = 3,19 \text{ m} \quad (4.2)$$

4.5.3. Procjenjeni gaz broda

Za gaz broda koristi se omjer (T/D) koji prema dijagramu iznosi 0,81. Za usvojeni $D=3,19$ m slijedi:

$$T = 3,19 * 0,81 = 2,58 \text{ m} \quad (4.3)$$

4.6. Bezdimenzijski koeficijenti

Koeficijenti forme broda mogu se izračunati pomoću formula kojima se opisuje svaki koeficijent. Međutim, neke od varijabli su nepoznate u ovom trenutku projektiranja broda, što onemogućava računanje koeficijenata forme na ovaj način. Koeficijenti forme također se mogu izračunati pomoću empirijskih formula izvedenih iz statističkih podataka ili očitavanjem koeficijenata forme iz grafova.

Početne vrijednosti koeficijenata forme procjenjuju se prema bazi podataka postojećih sličnih brodova. Za ribarske brodove, vrijednost koeficijenta punoće istisnine prema radu Papanikolau-a [51] iznosi između 0,53 i 0,56. Prema istoj bazi podataka, prosječni prizmatički koeficijent za ribarske brodove iznosi 0,61-0,63, dok se koeficijent punoće glavnog rebra kreće u vrijednostima od 0,87 do 0,90. Prosjek koeficijenta punoće vodne linije obično se nalazi između vrijednosti od 0,76 i 0,79, [51]. Međutim, „ribarski brodovi“ je širok pojam i vrijednosti će varirati za različite vrste ribarskih brodova, s obzirom da nemaju svi istu ribolovnu tehniku i opremu.

4.6.1. Koeficijent punoće istisnine

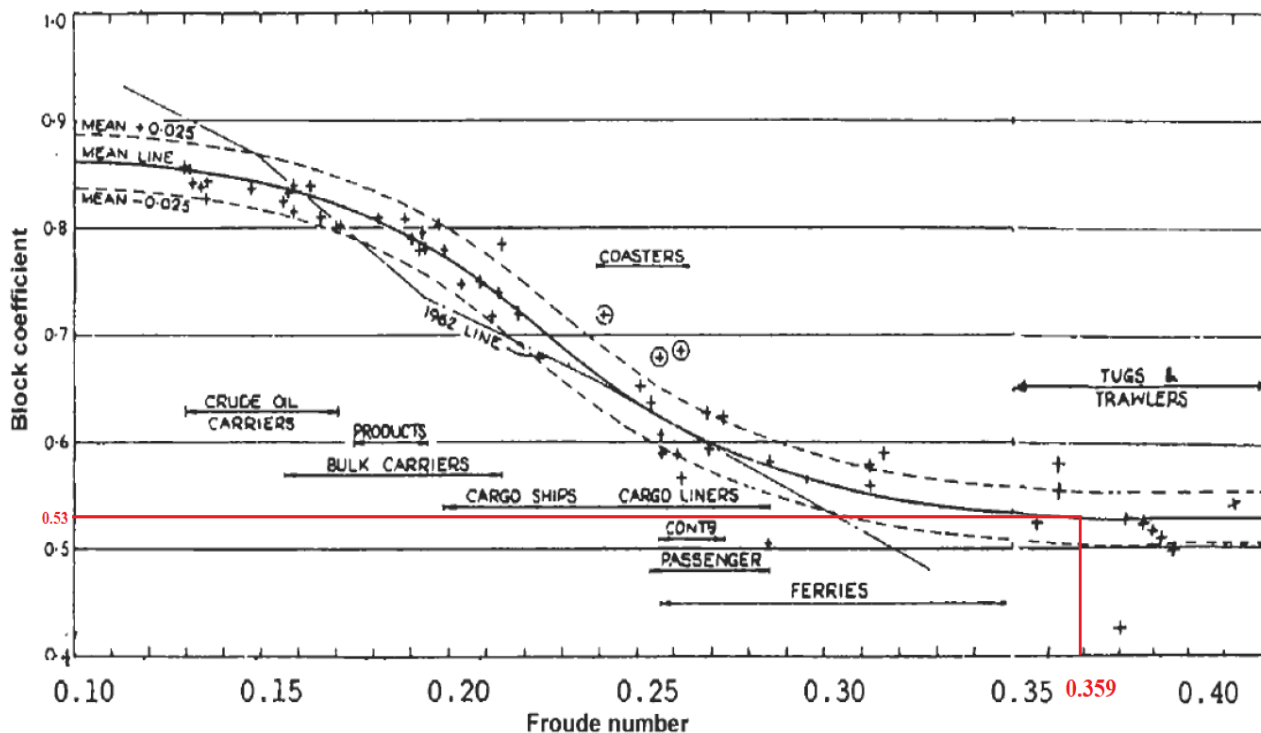
Preliminarni koeficijent punoće istisnine moguće je dobiti iz Watson – Gilfillan krivulje (slika 4.6.1.) [52], koja se temelji na odnosu koeficijenta punoće istisnine C_B i Froude-ovog broja Fr . Za izradu navedene krivulje koristili su se svi dostupni podaci za različite tipove brodova. Sve prikazane vrijednosti nalaze se unutar granice $\pm 0,025$ od središnje linije. Da bi se mogla očitati vrijednost C_B , potrebno je znati Froude-ov broj za brzinu predmetnog broda. Froude-ov broj računa se prema izrazu:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * L_{WL}}} = \frac{5,144}{\sqrt{9,81 * 20,94}} = 0,359 \quad (4.4)$$

Pri čemu je:

- V = brzina plovila koja iznosi 5,144 m/s (10 čv)
- g = ubrzanje sile teže i iznosi 9,80665 m/s²
- L_{WL} = duljina broda na vodnoj liniji 20,94 m
- Fr = izračunom je dobiveno da Froude-ov broj iznosi 0,359

Za vrijednost Froude-ovog broja od 0,359, očitana prosječna vrijednost C_B iznosi 0,53.



Slika 4.6.1 Dijagram za dobivanje C_B -a preko Froude-ovog broja [52]

Drugi način dobivanja vrijednosti C_B moguć je preko Towsin-ove formule 4.5 [53]:

$$C_B = 0,7 + 0,225 \tan^{-1}[25(0,23 - F_r)] \quad (4.5)$$

U tablici 4.6.1. prikazana je usvojena srednja vrijednost C_B .

Tablica 4.6.1 Vrijednost C_B

C_B (grafički)	0,53
C_B (formula)	0,414
C_B (srednja vrijednost)	0,47

4.6.2. Koeficijent punoće glavnog rebra

Koeficijent punoće glavnog rebra C_M bazira se na omjeru površine uronjenog djela glavnog rebra i površine pravokutnika kojemu su stranice opisane sa širinom i gazom glavnog rebra. Dobivena vrijednosti C_M prikazana je u tablici 4.6.2.

Koeficijent punoće glavnog rebra moguće je dobiti preko formule Kerlena [53]:

$$C_M = 1,006 - 0,0056 C_B^{-3,56} \quad (4.6)$$

Tablica 4.6.2 Vrijednost C_M

C_M	0,91
-------	------

4.6.3. Koeficijent punoće vodne linije

Koeficijent punoće vodne linije predstavlja omjer površine vodne linije i površine pravokutnika opisanog duljinom vodne linije i širinom glavnog rebra. Preliminarni koeficijent C_{WL} , za brodove koji imaju normalni oblik rebara (oblik koji nije ni u obliku slova U, ni u obliku slova V), može se računati po formuli [51] te glasi:

$$C_{WL} = \sqrt{C_B - 0,025} \quad (4.7)$$

Tablica 4.6.3 Vrijednost C_{WL}

C_{WL}	0,67
----------	------

4.6.4. Prizmatički koeficijent

Prizmatički koeficijent C_P omjer je koeficijenta punoće broda C_B i koeficijenta punoće glavnog rebra C_M te iznosi:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} \quad (4.8)$$

Tablica 4.6.4 Vrijednost C_P

C_P	0,52
-------	------

Odabiru se bezdimenzijski koeficijenti koji najbliže opisuju formu predmetnoga broda, a da su unutar dobivenog raspona iz baze podataka sličnih brodova. Koeficijenti su prikazani u tablici 4.6.5.

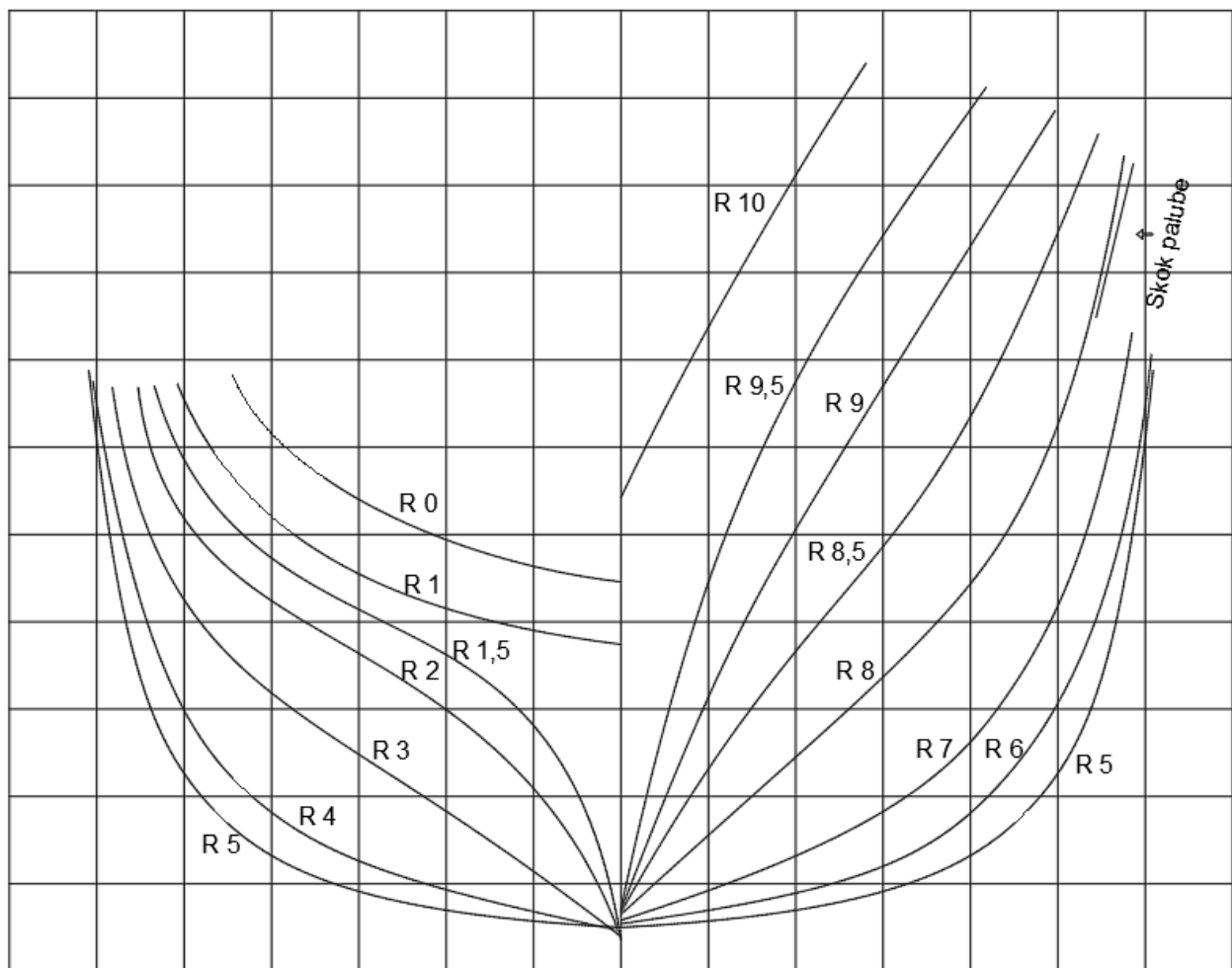
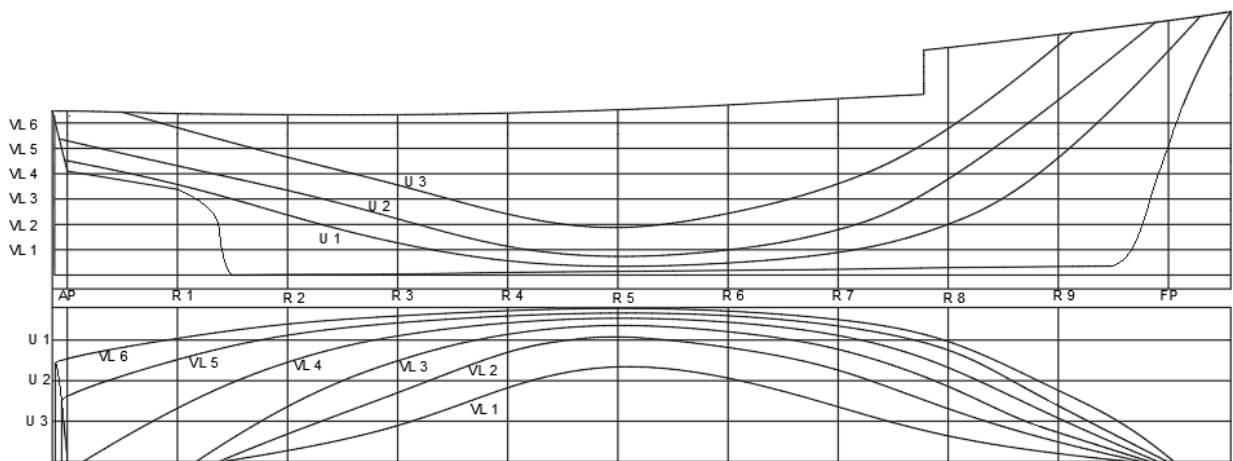
Tablica 4.6.5 Usvojeni bezdimenzijski koeficijenti

C_B	0,47
C_M	0,91
C_{WL}	0,67
C_P	0,52

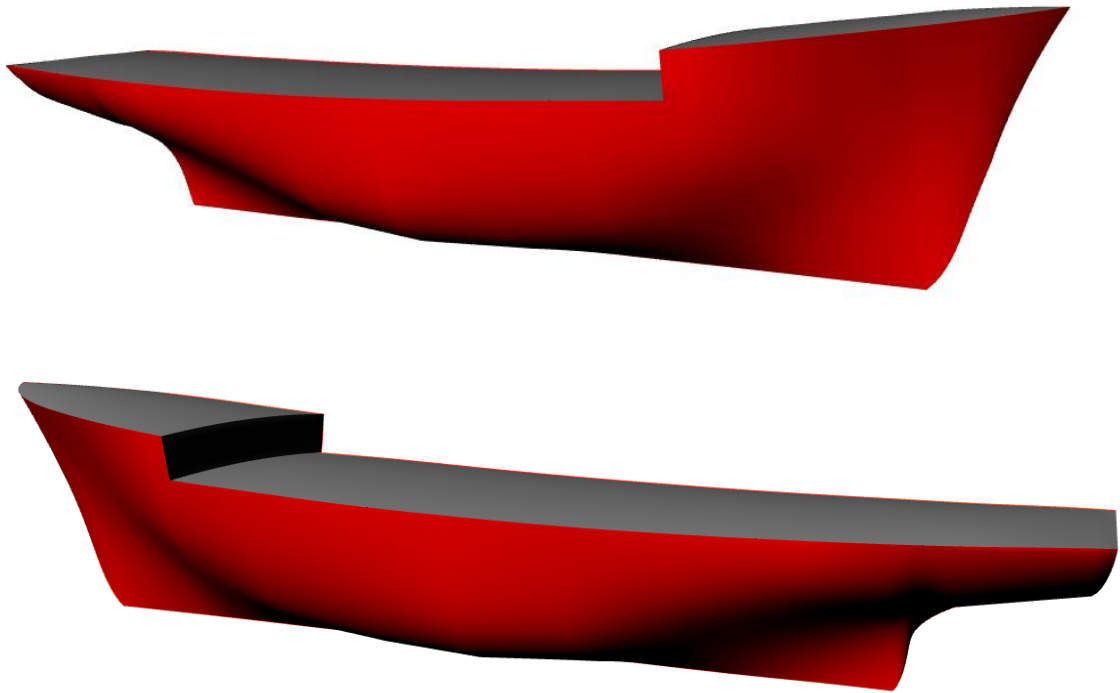
4.7. Odabir forme broda (model)

Prema preliminarnim izračunima osnovnih dimenzija, određuje se forma trupa broda. Forma broda prikazuje se izradom iste u 3D programu za modeliranje *Rhinoceros*. Modeliranjem forme moći će se preciznije odrediti ostale osnovne dimenzije kao i stvarne vrijednosti bezdimenzijskih koeficijenata. Forma je modelirana crtanjem linija brodske forme prema modificiranim linijama sličnog ribarskog broda (slika 4.7.1) [38]. Linije forme broda prikazane su u prilogu 1.

Kada su linije rebara ucrtane u jednoj ravnini, idući korak je razmjestiti ih po duljini, odnosno rebro 0 predstavlja krmenu okomicu, dok rebro 10 predstavlja pramčanu okomicu i nalazi se na udaljenosti od 21,75 metara od krmene okomice. Ostala rebra su ravnomjerno raspoređena po dužini. Jednom kada se to napravi, dobiva se „kostur“ broda, te je potrebno formirati površine prema tim linijama da bi se dobio prikaz broskog trupa. Za formiranje površina koristila se naredba „*Surface from network of curves*“ te je dobiven konačni trup broda (slika 4.7.2).



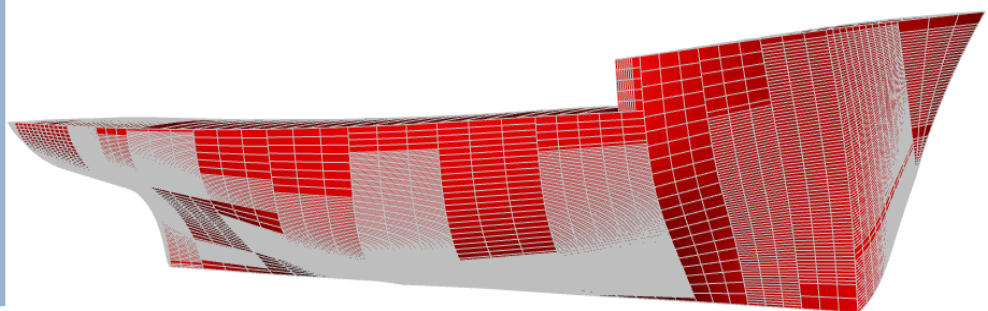
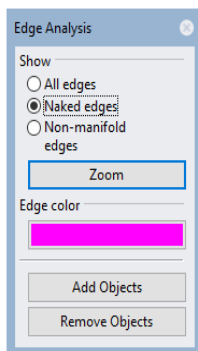
Slika 4.7.1 Brodske linije nacrtane u programu Rhinoceros



Slika 4.7.2 Forma predmetnog broda

Kada je dobiven trup broda od formiranih površina, potrebno je još provjeriti postoje li neke nepovezane plohe u modeliranom trupu jer ako postoje doći će do grešaka i nepravilnosti prilikom daljnjeg računanja u kompjuterskim programima. Provjera nepovezanih ploha radi se tako da se označi ploha koja se želi provjeriti i koristi se naredba „Show edges“, te se zatim biraju „Naked edges“. Na modelu predmetnog broda niti jedna točka nije postala ružičasta, što znači da je trup broda s palubom u potpunosti zatvoren (slika 4.7.3.).

```
Command: _ShowEdges  
Found 114 edges total; no naked edges, no non-manifold edges.  
Command: |
```



Slika 4.7.3 Analiza rupa na modelu trupa

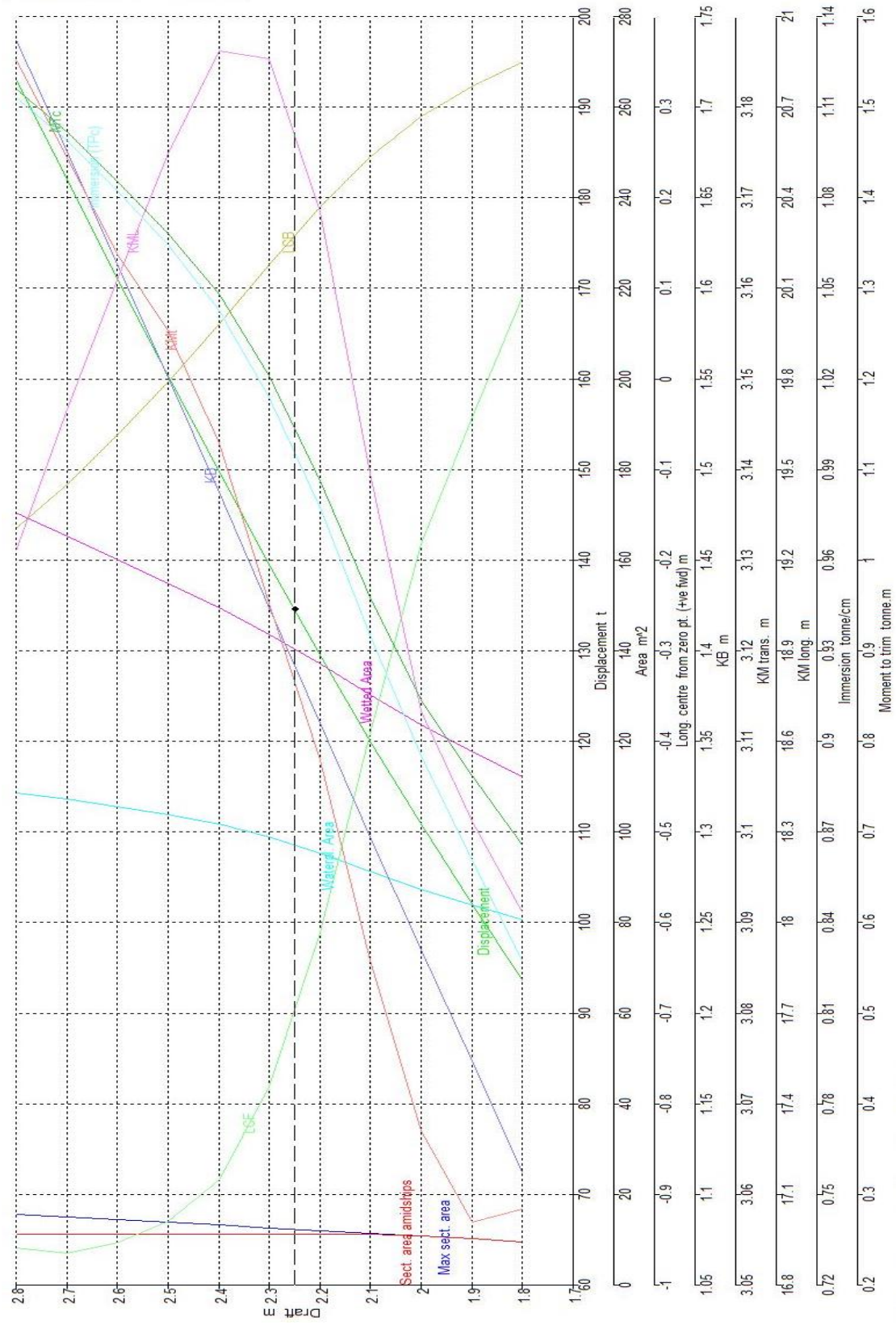
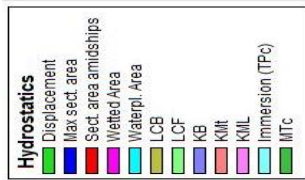
4.8. Hidrostatički podatci

Kada je napravljen trup broda u programu „*Rhinoceros*“, sprema se u IGES formatu, te se ubacuje u program „*MaxSurf*“ gdje se mogu dobiti hidrostatički podatci. Nakon izrade modela broda i analize hidrostatičkih podataka broda, pretpostavljena vrijednost gaza od $T = 2,58$ m ispala je previsoka za tražene koeficijente broda, stoga se usvaja novi gaz u vrijednosti od $T = 2,1$ m. Hidrostatički podatci prikazani su u obliku dijagramskog lista. Prikazan je dijagramski list dimenzija u funkciji gaza (slika 4.8.1.). Svi hidrostatički podatci prikazani su u prilogu 2.

Za novi usvojeni gaz od 2,1 m, analizom u „*MaxSurf*“ programu dobiveni su podatci dani u tablici 4.8.1. Dobiveni bezdimenzijski koeficijenti forme iz modela broda odstupaju manje od 10% od vrijednosti dobivenih računskim putem u poglavlju 4.6.

Tablica 4.8.1 Hidrostatički podatci za $T = 2,1$ m

Duljina preko svega L_{OA}	23,28	m
Duljina broda između perpendikulara L_{PP}	21,75	m
Duljina broda na vodnoj liniji L_{WL}	20,94	m
Širina broda B_M	6,09	m
Širina broda na vodnoj liniji B_{WL}	6,07	m
Visina broda D	3,19	m
Pretpostavljeni gaz T	2,10	m
Istisnina Δ	120,00	t
Volumen istisnine ∇	117,09	m ³
Koeficijent punoće istisnine C_B	0,43	-
Koeficijent punoće glavnog rebra C_M	0,90	-
Koeficijent punoće površine vodne linije C_{WL}	0,72	-
Prizmatički koeficijent C_P	0,49	-
Uzdužni položaj težišta istisnine od glavnog rebra prema krmi LCB	0,245	m
Uzdužni položaj težišta vodne linije od glavnog rebra prema krmi LCF	-0,392	m



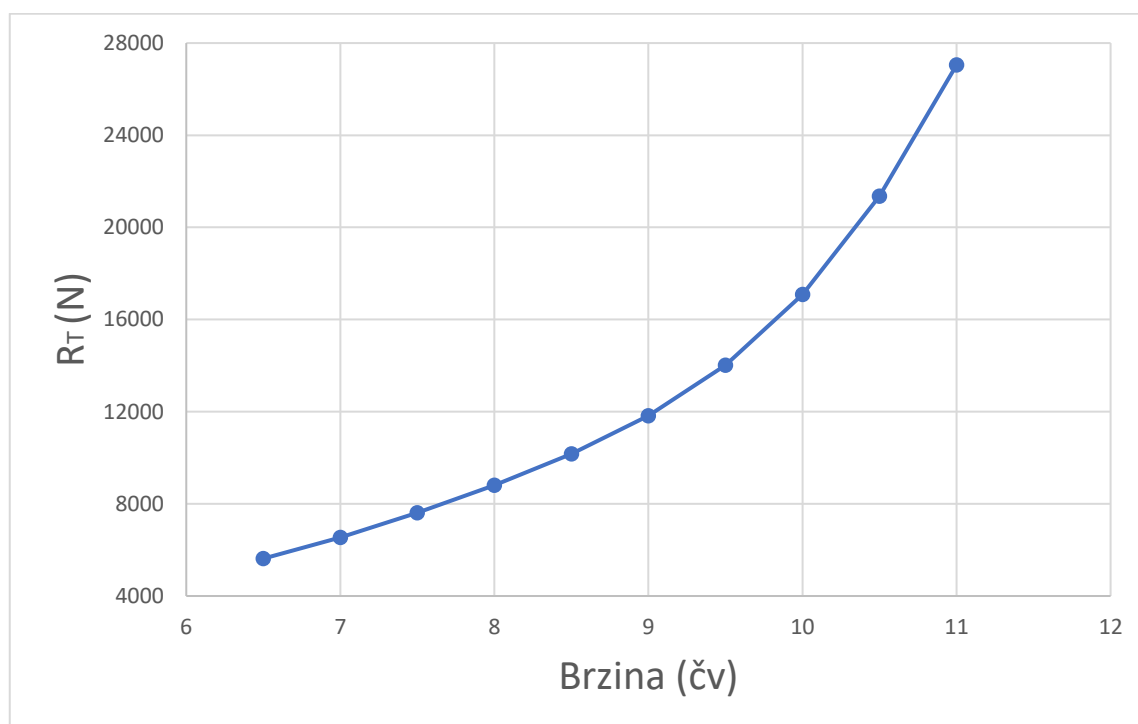
Slika 4.8.1 Dijagramski list

4.9. Proračun otpora

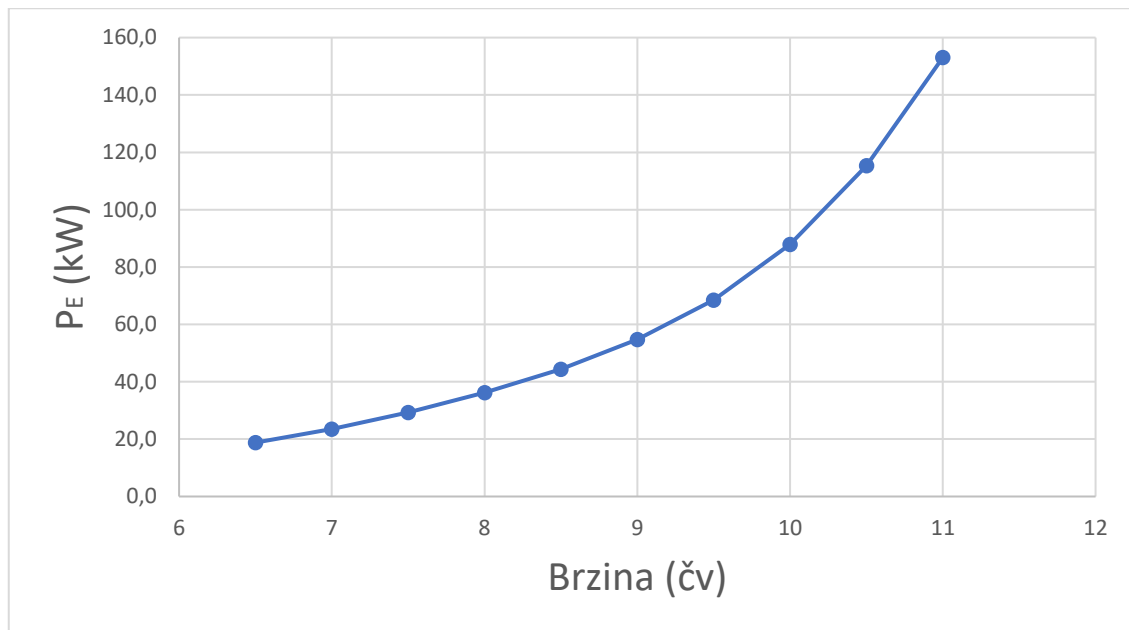
Za proračun otpora koristio se program „NavCad“. Za dobivanje otpora koristeći navedeni program koristili su se podaci hidrostatičke dobiveni iz programa „MaxSurf“ prikazani u tablici 4.8.1. Kada su upisani svi traženi parametri za analizu otpora broda, dobile su se vrijednosti ukupnog otpora R_T i efektivna snaga P_E za raspon brzina od šest i pol do jedanaest čvorova s korakom od pola čvora, a otpor vjetra se zanemario (tablica 4.9.1.). Na osnovi podataka iz tablice 4.9.1. napravljeni su i dijagrami s krivuljama ovisnosti ukupnog otpora o brzini broda (slika 4.9.1.) i ovisnosti efektivne snage o brzini broda (slika 4.9.2.). Od ponuđenih metoda za računanje otpora danih unutar programa odabrala se Holtrop 1984 metoda.

Tablica 4.9.1 Dobivene vrijednosti otpora i snage ukupnog otpora

Brzina (čv)	Froude-ov broj	R_T (N)	P_E (kW)
6,5	0,23	5 623	18,8
7	0,25	6 543	23,6
7,5	0,27	7 607	29,4
8	0,29	8 805	36,2
8,5	0,31	10 162	44,4
9	0,32	11 818	54,7
9,5	0,34	14 018	68,5
10	0,36	17 084	87,9
10,5	0,38	21 349	115,3
11	0,39	27 046	153,1



Slika 4.9.1 Krivulja otpora i brzine



Slika 4.9.2 Krivulja snage otpora i brzine

Snaga otpora P_E dobila se preko R_T pomoću formule:

$$P_E = R_T * V, kW \quad (4.9)$$

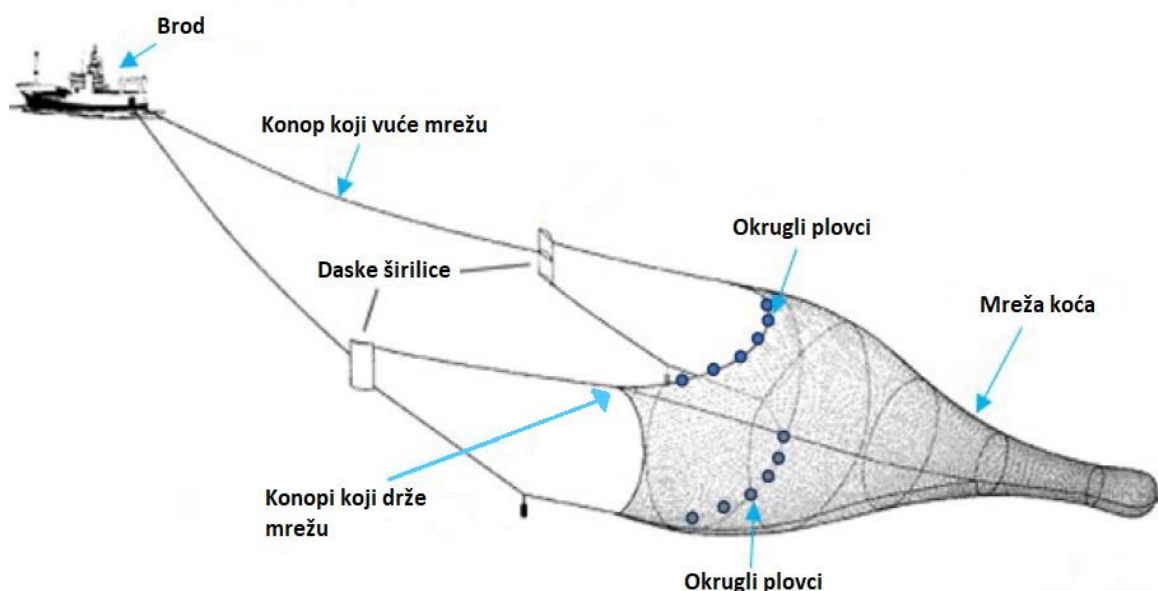
- R_T - Sila ukupnog otpora u kN
- V - Brzina broda u m/s

Na krivuljama snage i sile ukupnog otpora vidljivo je da su krivulje s povećanjem brzine sve strmije, a razlog toga je to što se s povećanjem brzine otpor valova naglo povećava te ima sve veći utjecaj na ukupni otpor broda.

4.9.1. Otpor kočarenja

Otpor kočarenja se dobiva preko proračuna otpora prilikom povlačenja mreže kočice. Za predmetni brod, sukladno njegovoj namjeni (lov sitne plave ribe), odabrana je pelagična mreža kočica (slika 4.9.3.). Za računanje otpora, pelagična mreža kočica može se detaljnije raščlaniti na iduće elemente:

- mreža kočica
- okrugli plovci: gornji plovci su šuplji, kako bi podizali mrežu, dok donji imaju težinu, kako bi spuštali mrežu, te na taj način vertikalno šire otvor mreže kako bi površina istoga bila što veća
- daske širilice: također imaju svrhu širenja otvora mreže
- konop koji vuče mrežu



Slika 4.9.3 Elementi pelagične mreže koće [54]

Prije računanja otpora, potrebno je odrediti dimenzije pojedinih elemenata mreže koji utječu na otpor. Dimenzije mreže uzete su iz primjera postojećih kočara [55] te su se usvojile iduće vrijednosti:

- Mreža: Površina raširene mreže iznosi $A = 451,7 \text{ m}^2$
- Daske širilice: Površina daske širilice koja utječe na otpor iznosi $A_D = 1,71 \text{ m}$
- Konopi koji drže mrežu: Duljina konopa koji drže mrežu iznosi $L_S = 100 \text{ m}$ te imaju promjer $d_S = 0,032 \text{ m}$
- Konopi koji vuku mrežu: Duljina konopa koji vuku mrežu iznosi $L_W = 125 \text{ m}$ te imaju promjer $d_W = 0,02 \text{ m}$
- Okrugli plovci: Plovci su sfere koje imaju dijametar od 40 cm što rezultira projiciranom površinom pojedinog plovka koja utječe na otpor $A_F = 0,126 \text{ m}^2$, dok se za broj plovaka uzeo broj deset, koji je prosječan za Mediteran

Za računanje otpora koće korištena je formula [55]:

$$R_{TT} = R_N + 2R_D + 2R_S + 2R_W + nR_F \quad (4.10)$$

- R_{TT} – ukupni otpor kočarske opreme (kN)
- R_N – otpor mreže (kN)
- R_D – otpor dasaka širilica (kN)
- R_S – otpor konopa koji drže mrežu (kN)
- R_W – otpor konopa koji vuku mrežu (kN)
- R_F – otpor okruglih plovaka (kN)
- n – broj okruglih plovaka

Otpor mreže R_N se procijenio preko formule Reid-a [56]:

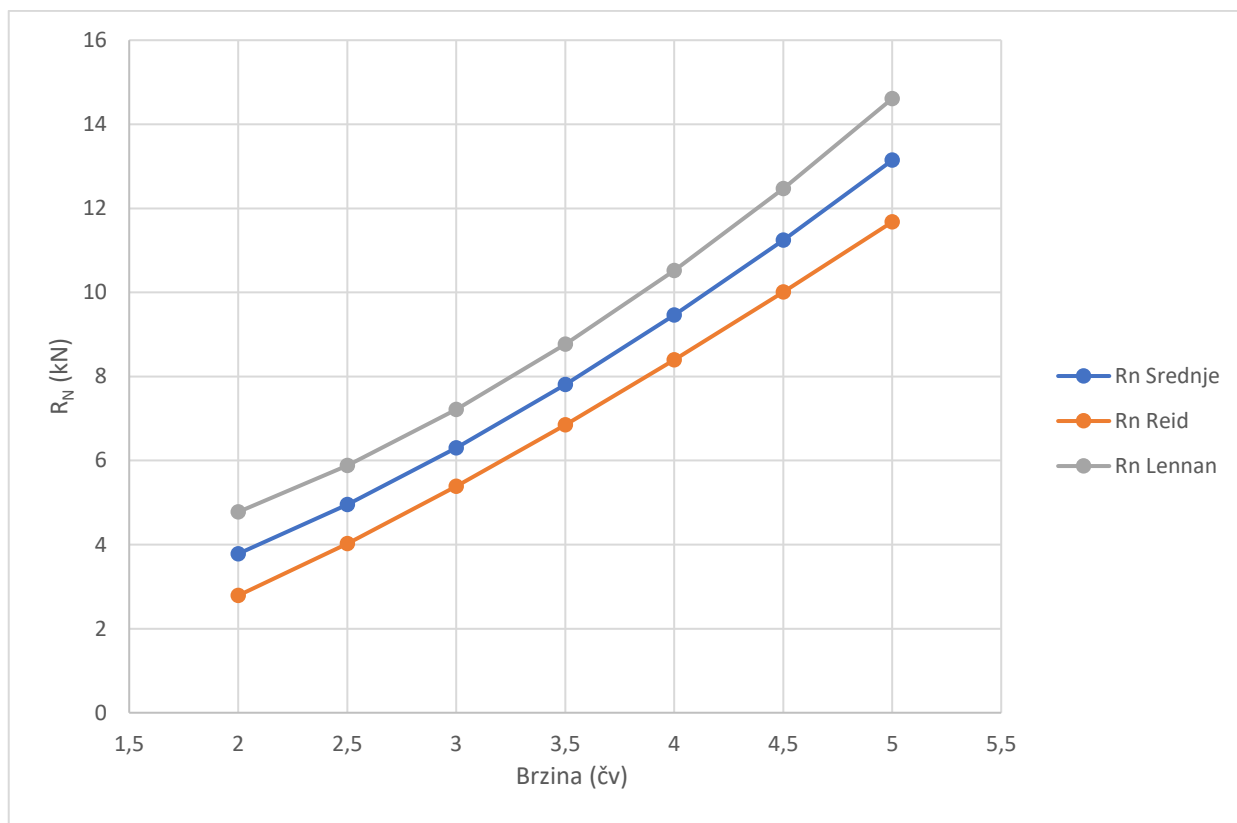
$$R_{N-REID} = \frac{V^2 * A}{54,72 * v + 115,2} \quad (4.11)$$

- V – brzina plovidbe u (m/s)
- A – procijenjena površina mreže, 451,7 m²

Druga metoda procjene otpora mreže je preko formule [57]:

$$R_{N-LENNAN} = \frac{A}{9807} \left(\frac{46,6 * V^2 + 61,2}{0,0641 * V + 1} \right) \quad (4.12)$$

Kada je napravljen proračun otpora mreže za obje metode, usvojila se srednja vrijednost dobivenih rezultata (slika 4.9.4.).



Slika 4.9.4 Krivulja otpora mreže prema brzini

Otpor dasaka širilica računa se prema izrazu [58]:

$$R_D = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * C_D * A_D \quad (4.13)$$

- ρ – gustoća morske vode, 1,025 kg/m³
- V – brzina plovidbe (m/s)
- C_D – koeficijent otpora dasaka širilica, 0,6
- A_D – površina daske širilice, 1,71 m²

Otpor konopa koji drže mrežu računa se prema izrazu [59]:

$$R_S = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * C_S * L_S * d_S \quad (4.14)$$

- ρ – gustoća morske vode, 1,025 kg/m³
- V – brzina plovidbe (m/s)
- C_S – koeficijent otpora konopa koji drži mrežu, 0,04
- L_S – duljina konopa koji drži mrežu, 100 m
- d_S – promjer konopa koji drži mrežu, 0,032 m

Otpor konopa koji vuku mrežu računa se prema izrazu [59]:

$$R_W = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * C_W * L_W * d_W \quad (4.15)$$

- ρ – gustoća morske vode, 1,025 kg/m³
- V – brzina plovidbe (m/s)
- C_W – koeficijent otpora konopa koji vuče mrežu, 0,04
- L_W – duljina konopa koji vuče mrežu, 125 m
- d_W – promjer konopa koji vuče mrežu, 0,02 m

Otpor plovaka moguće je dobiti prema izrazu [60]:

$$R_F = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * C_F * A_F \quad (4.16)$$

- ρ – gustoća morske vode, 1,025 kg/m³
- V – brzina plovidbe (m/s)
- C_F – koeficijent otpora plovaka, 0,47
- A_F – projicirana površina plovaka, 0,126 m² (promjer kugle = 40 cm)

Kada su izračunati otpori svih elemenata, može se dobiti ukupni otpor mreže (tablica 4.9.2.).

Za brzine plovidbe od 2 do 5 čvorova se zatim računa sila otpora broda R_T u programu „NavCad“, te se dobiveni rezultati pridodaju dobivenim rezultatima otpora mreže kako bi se mogla

procijeniti snaga ukupnog otpora broda prilikom kočarenja (tablica 4.9.3.)(slika 4.9.5). Kočarenje će se odvijati pri brzini plovidbe od tri čvora.

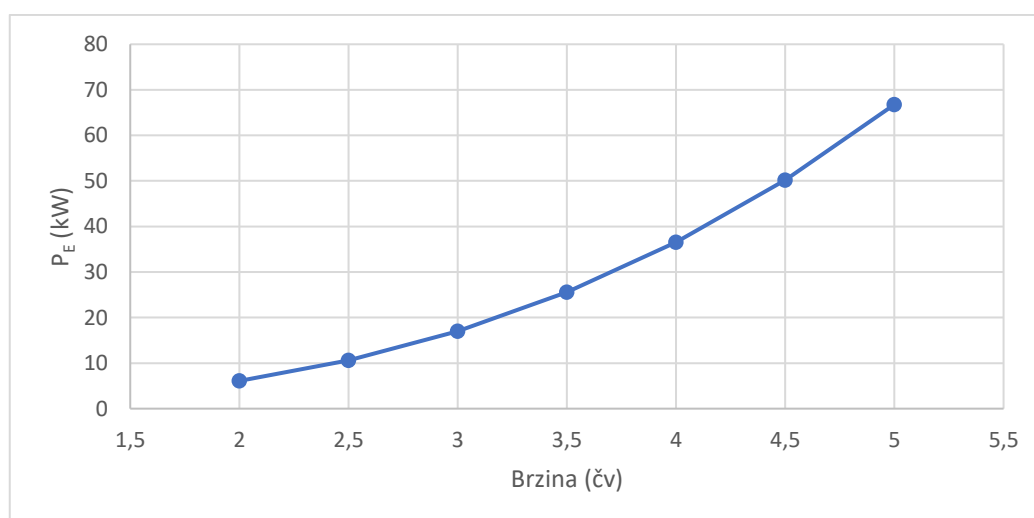
Tablica 4.9.2 Otpor mreže koće za dane brzine

V_{KN} (čv)	V (m/s)	R_N (kN)	$2R_D$ (kN)	$2R_S$ (kN)	$2R_W$ (kN)	R_F (kN)	n	Nr_F (kN)	R_{TT} (kN)
2	1,029	3,782	1,113	0,139	0,109	0,00801	10	0,0801	5,223
2.5	1,286	4,955	1,740	0,217	0,170	0,01252	10	0,1252	7,206
3	1,543	6,303	2,505	0,313	0,244	0,01802	10	0,1802	9,545
3.5	1,801	7,809	3,409	0,425	0,332	0,02453	10	0,2453	12,221
4	2,058	9,458	4,453	0,556	0,434	0,03204	10	0,3204	15,221
4.5	2,315	11,240	5,636	0,703	0,549	0,04056	10	0,4056	18,534
5	2,572	13,144	6,958	0,868	0,678	0,05007	10	0,5007	22,149

Tablica 4.9.3 Ukupna snaga otpora prilikom kočarenja

V (čv)	v (m/s)	R_{TT} (kN)	R_T (kN)	$R_{TT}+R_T$ (kN)	P_E (kW)
2	1,029	5,22	0.63	5.85	6.02
2.5	1,286	7,21	0.96	8.16	10.50
3	1,543	9,54	1.35	10.89	16.81
3.5	1,801	12,22	1.79	14.01	25.23
4	2,058	15,22	2.29	17.51	36.04
4.5	2,315	18,53	2.84	21.38	49.48
5	2,572	22,15	3.44	25.59	65.83

Dobivena snaga otpora prilikom kočarenja manja je nego snaga otpora prilikom slobodne vožnje maksimalnom projektiranom brzinom, stoga će potrebna snaga motora biti određena prema maksimalnom otporu prilikom plovidbe (slika 4.9.1.).



Slika 4.9.5 Krivulja snage otpora prilikom kočarenja po brzini

4.10. Propulzija

Dobivena snaga i sila otpora koriste se za procjenu snage pogonskoga stroja te raspon brzina okretanja broskog vijka. Na osnovi dobivenih vrijednosti odabrat će se pogonski motor.

Za procjenu snage motora P_B koristi se slijedeći izraz:

$$P_B = \frac{P_E}{\eta_P} \quad (4.17)$$

- P_B – snaga motora
- P_E – maksimalna snaga otpora, 87,9 kW
- η_P – stupanj djelovanja propulzije, gruba procjena $\approx 0,5$ (točna brojka će se odrediti kasnije)

$$P_B \approx 175,8 \text{ kW}$$

Za proračun broskog vijka koristi se Oosterveld-ov niz za brodski vijak u sapnici [61]. Promjer broskog vijka se bira tako da vijak ima maksimalni promjer koji mu geometrija krme dopušta. Na osnovi modela forme, te pretpostavljenog gaza, maksimalni promjer vijka iznosi $D = 1,6$ m. Odabran je vijak u sapnici 19A s četiri krila iz Ka 4-70 niza, omjera $A_E/A_0 = 0,7$.

- Koeficijent smanjenja poriva t , računa se prema izrazu [62]:

$$t = \frac{0,25014 * \left(\frac{B}{L}\right)^{0,28956} * \left(\frac{\sqrt{B * T}}{D}\right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 * L_{CB})^{0,01762}} + 0,0015 * C_{stern} \quad (4.18)$$

- $B = 6,09$ m
- $L_{PP} = 21,75$ m
- $T = 2,1$ m
- $D =$ maksimalni promjer vijka, 1,6 m
- $C_P = 0,49$
- $L_{CB} = 1,172$ %
- C_{stern} - ovisi o obliku trupa na krmi, za predmetni brod = 0

$$t = 0,216$$

- T (kN) – sila poriva, računa se prema izrazu:

$$T = \frac{R_T}{1 - t} \quad (4.19)$$

- R_T – sila ukupnog otpora za brzinu od 10 čv, 17,084 kN
- t – koeficijent smanjenja poriva, 0,216

$$T = 21,79 \text{ kN}$$

- Koeficijent sustrujanja w prema Holtropu [62]:

$$w = c_9 c_{20} C_V \frac{L}{T_A} \left(0,050776 + 0,93405 c_{11} \frac{C_V}{(1 - C_{P1})} \right) + 0,27915 c_{20} \sqrt{\frac{B}{L(1 - C_{P1})}} + c_{19} c_{20} \quad (4.20)$$

- T_A – gaz broda na krmi, 2,17 m
- c_9 – koeficijent, 10,8
- c_{11} – koeficijent, 1,36
- c_{19} – koeficijent, 0,00769
- c_{20} – koeficijent, 1
- C_V – koeficijent viskoznog otpora, 0,0026
- C_{P1} – koeficijent, 0,369

$$w = 0,209$$

- V_A (m/s) – brzina pritjecanja vode na brodski vijak, računa se prema izrazu:

$$V_A = V(1 - w) \quad (4.21)$$

$$V_A = 4,069 \text{ m/s}$$

gdje je V brzina broda u m/s

- η_H – koeficijent utjecaja trupa, računa se prema izrazu:

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad (4.22)$$

$$\eta_H = 0,991$$

S pretpostavljenom brzinom okretanja te prethodno određenim preliminarnim promjerom brodskog vijka D , silom poriva T te brzinom pritjecanja vode na brodski vijak V_A , računaju se koeficijenti poriva K_T i koeficijenti napredovanja vijka:

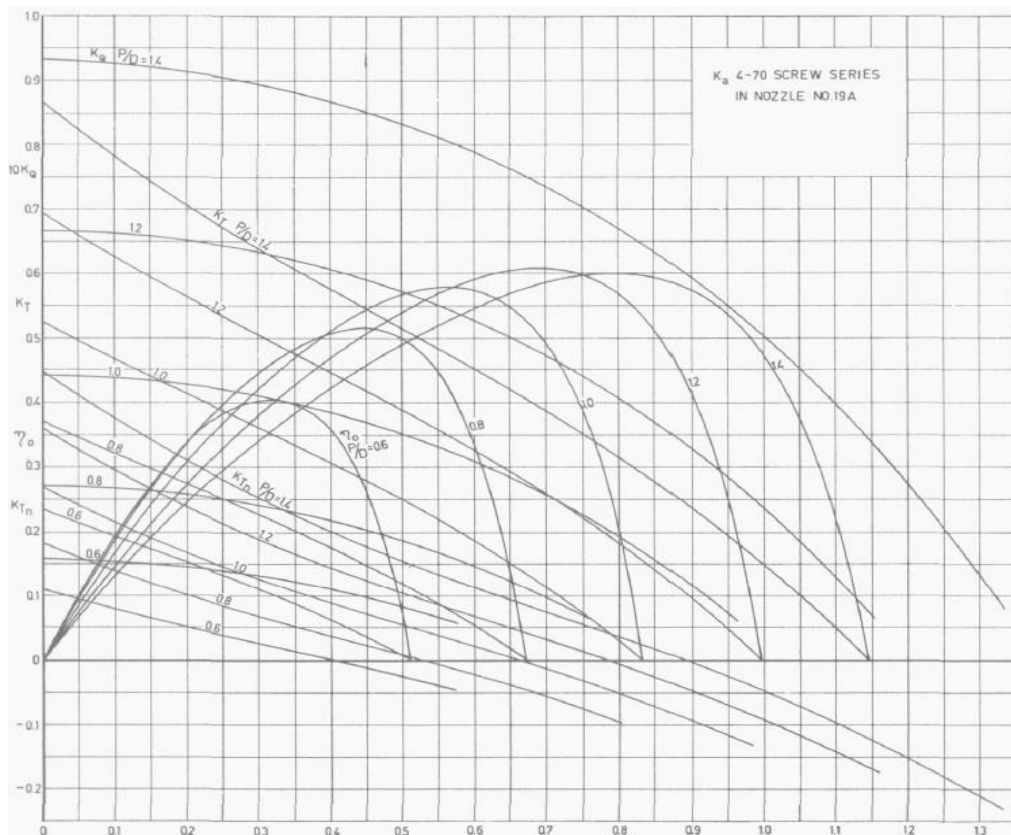
$$K_T = \frac{T}{\rho * n^2 * D^4} \quad (4.23)$$

$$J = \frac{V_A}{n * D} \quad (4.24)$$

S dobivenim rezultatima ulazi se u dijagram slobodne vožnje Ka-4-70 niza (slika 4.10.1.) od kuda se iščitavaju vrijednosti za P/D i η_0 te se upisuju u tablicu 4.10.1.

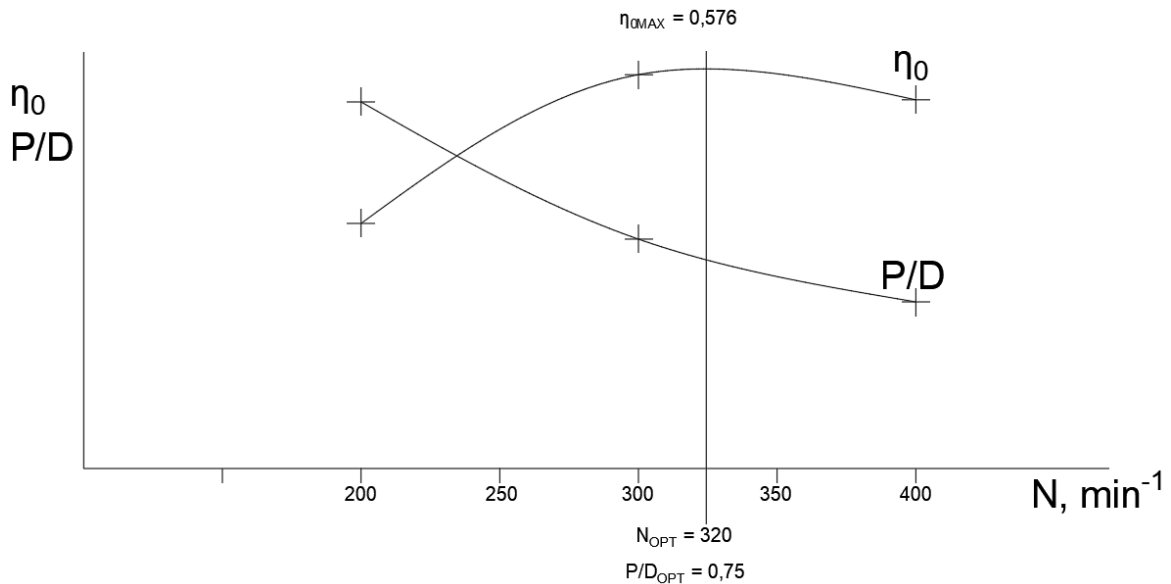
Tablica 4.10.1 Vrijednosti za $A_E/A_0 = 0,7$

$A_E/A_0 = 0,7$			
N, min^{-1}	200	300	400
n, s^{-1}	3,333	5,000	6,667
K_T	0,292	0,130	0,073
J	0,763	0,509	0,381
P/D	1,32	0,826	0,6
η_0	0,353	0,572	0,495



Slika 4.10.1. Dijagram slobodne vožnje vijka Ka 4-70 niza u sapnici 19A [61]

Vrijednosti dobivene iz tablice 4.10.1. ucrtavaju se u dijagram (slika 4.10.2.) iz kojeg se izvlače vrijednosti za optimalni broj okretaja vijka N , optimalni omjer P/D tamo gdje je maksimalni stupanj djelovanja vijka η_0 . Dobivene vrijednosti upisane su u tablici 4.10.2.



Slika 4.10.2 Dijagram za N_{OPT} , P/D_{OPT} i η_{0MAX}

Tablica 4.10.2 Očitane vrijednosti N_{OPT} , P/D_{OPT} i η_{0MAX} iz dijagrama

	η_{0MAX}	P/D_{OPT}	N_{OPT} (min^{-1})
Ka 4-70	0,576	0,75	320

4.10.1. Preliminarna procjena kavitacije broskog vijka

U preliminarnoj fazi proračuna potrebno je procijeniti značajke kavitacije, odnosno potrebno je osigurati dovoljnu površinu krila broskog vijka za izbjegavanje kavitacije. Preliminarni proračun kavitacije radi se prema Burrill-ovoj metodi [63].

Brzina pritjecanja na karakteristični presjek na $0,7R$:

$$V_S = V_{0,7R} = \sqrt{V_A^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2} \quad (4.25)$$

- V_A - brzina pritjecanja vode na brodski vijak, 4,069 m/s
- n – broj okretaja vijka po sekundi, 5,33 s^{-1}
- D – promjer vijka, 1,6 m

$$V_S = 19,19 \text{ m/s}$$

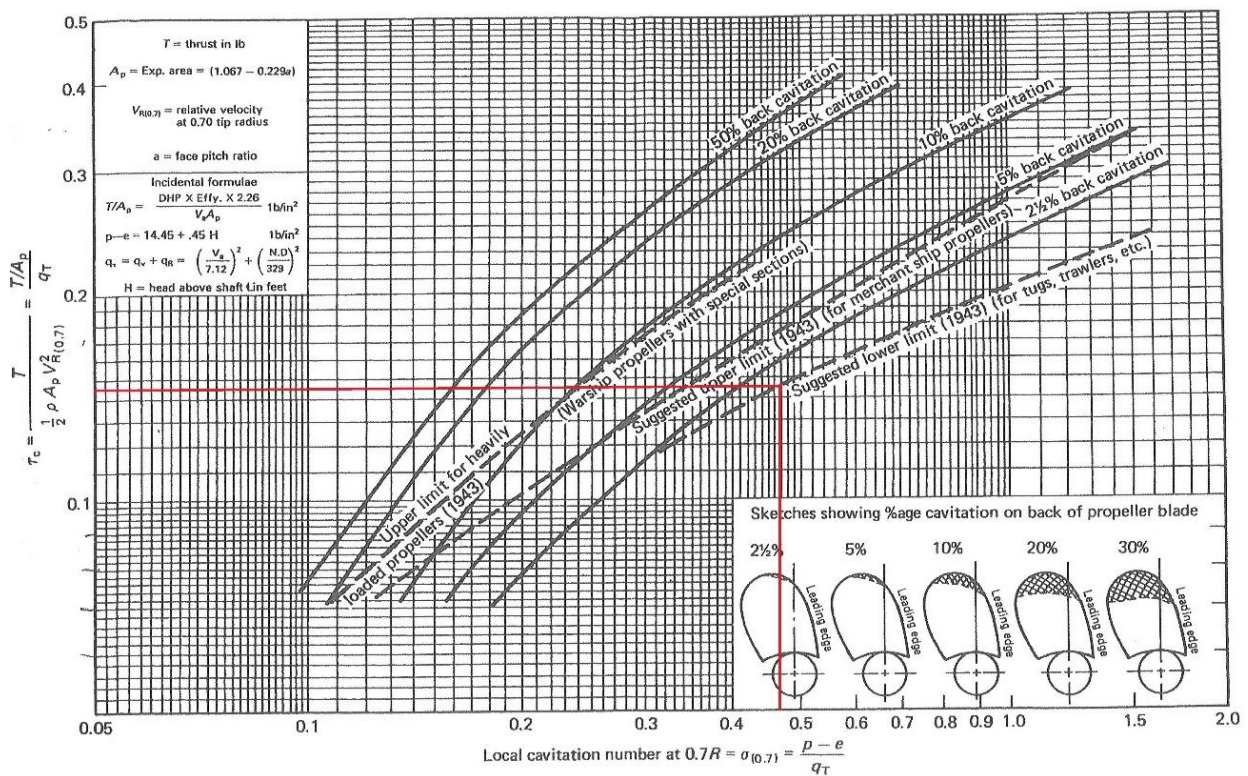
Koeficijent specifičnog poriva τ_C iščitava se iz Burrilovog dijagrama (slika 4.10.3) preko kavitacijskog broja $\sigma_{0,7R}$:

$$\sigma_{0,7R} = \frac{\Delta p}{q} = \frac{p_0 - p_V}{\frac{1}{2} * \rho * V_S^2} \quad (4.26)$$

- $p_0 = p_{atm} + \rho * g * h$, 116 800 Pa
- p_{atm} – atmosferski tlak, 101 325 Pa
- p_v – tlak isparavanja morske vode pri 15° C, 1646 Pa
- h – visina stupca vode iznad osi osovine broskog vijka,
- $h = T - E + h_v = 2,1 - 0,67 + 0,10875 = 1,539$ m
- E – visina osi osovine broskog vijka iznad osnovice broda (iščitano iz općeg plana broda), 0,67 m
- H_v – visina krmenog vala, $\approx L_{pp}/200 = 0,10875$ m
- ρ – gustoća morske vode, 1025 kg/m³
- V_s – brzina pritjecanja na karakteristični presjek na 0,7R, 19,19 m/s

Radi sigurnosti se dobiveni kavitacijski broj smanjuje za 20%:

$$\sigma_{0,7R} = 0,61 - 20\% = 0,488$$



Slika 4.10.3 Burrilov dijagram [63]

$$\tau_c = 0,144$$

Minimalna projicirana površina krila potrebna za izbjegavanje kavitacije:

$$A_p = \frac{T}{\frac{1}{2} * \tau_c * \rho * V_s^2} \quad (4.27)$$

- $T = 21790 \text{ N}$, sila poriva (4.19)
- $\tau_c = 0,144$
- $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$
- $V_s = 19,19 \text{ m/s}$

$$A_P = 0,802 \text{ m}^2$$

Raširena površina krila:

$$A_E = \frac{A_P}{1,067 - 0,229 * \frac{P}{D}} \quad (4.28)$$

- $A_P = 0,802 \text{ m}^2$
- $P/D = 0,75$

$$A_E = 0,896 \text{ m}^2$$

Omjer raširene površine krila:

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{A_E}{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad (4.29)$$

- $A_E = 0,896 \text{ m}^2$
- $D = 1,6 \text{ m}$

$$A_E/A_0 = 0,45$$

Kako je odabran niz Ka 4-70 s omjerom raširene površine krila $A_E/A_0 = 0,70$, vidljivo je da je ta vrijednost veća od minimalnog potrebnog omjera raširene površine krila za izbjegavanje kavitacije dobivenog iz formule 4.29.

Za stupanj djelovanja prijenosa snage η_s pretpostavlja se vrijednost od 0,95.

Koeficijent prijelaza:

$$\eta_R = 0,9922 - 0,005908 * \frac{A_E}{A_0} + 0,07424 * (C_P - 0,0225 * L_{CB}) \quad (4.30)$$

- $A_E/A_0 = 0,45$
- $C_P = 0,49$
- $L_{CB} = 1,172 \%$

$$\eta_R = 1$$

- koeficijent utjecaja trupa:

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad (4.31)$$

- $t = 0,216$
- $w = 0,209$

$$\eta_H = 0,99$$

Zatim je moguće izračunati ukupni stupanj djelovanja propulzije prema formuli:

$$\eta_P = \eta_S \eta_R \eta_H \eta_0 \quad (4.32)$$

$$\eta_P = 0,5417$$

Kada je dobiven stupanj djelovanja propulzije, moguće je izračunati snagu motora za određenu maksimalnu snagu otpora $P_E = 87,9$ kW prema sljedećem izrazu:

$$P_B = \frac{P_E}{\eta_P} \quad (4.33)$$

$$P_B = 162,3 \text{ kW}$$

4.10.2. Odabir pogonskog sustava

Prije nego što se odabere pogonski sustav, za procijenjenu potrebnu snagu motora P_B dodaje se još i 5% projektne rezerve. Time je dobiveno da potrebna maksimalna snaga, odabranog pogonskog sustava, mora iznositi:

$$MCR = NCR * \left(1 + \frac{5}{100}\right) \quad (4.34)$$

- $NCR = P_B = 162,3 \text{ kW}$

$$MCR = 170,4 \text{ kW}$$

U tablici 4.3.1. s podacima sličnih brodova dobivena je prosječna snaga motora od 181,75 kW, stoga je procijenjena snaga pogonskog sustava približna prosječnoj (6,2 % niža).

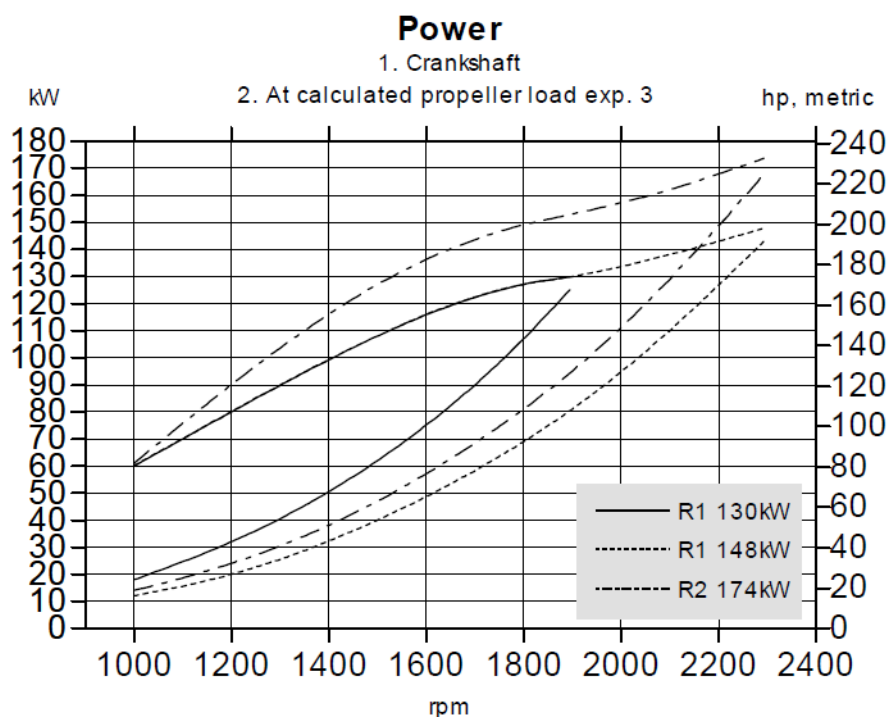
Na osnovi dobivene snage odabire se dizel motor. Odabran je motor švedskog proizvođača Volvo Penta. Izabran je model D7A TA Heavy Duty Commercial (slika 4.10.4.) s karakteristikama navedenim u tablici 4.10.3. [64]. Dijagram radne snage motora prikazan je na slici 4.10.5.

Tablica 4.10.3 Karakteristike Volvo Penta D7A TA Heavy Duty Commercial motora

MODEL	D7A TA Rating 2
DIMENZIJE (duljina x širina x visina)	1663x878x1015 mm
MASA	760 kg
SNAGA	174 kW
BRZINA OKRETANJA	2300 min ⁻¹
SPECIFIČNA POTROŠNJA GORIVA	226 g/kWh



Slika 4.10.4 Volvo Penta D7A TA Heavy Duty Commercial dizel motor [64]



Slika 4.10.5 Dijagram radne snage motora u odnosu na brzinu okretanja motora

4.10.3. Odabir reduktora

Vidljivo je da je brzina vrtnje brodskog vijka manja od brzine vrtnje motora, stoga je potrebno ugraditi i reduktor kako bi se brzine vrtnje uskladile. Za odabir reduktora potrebno je izračunati potrebni prijenosni omjer preko formule:

$$i = \frac{\text{Brzina okretanja motora}}{\text{Brzina okretanja vijka}} \quad (4.35)$$

- Brzina okretanja motora = 2300 min^{-1}
- Brzina okretanja vijka = 320 min^{-1}

$$i = 7,1875$$

Kada je dobiven potrebni prijenosni omjer, moguće je odabrati odgovarajući reduktor. Odabran je reduktor „Mekanord marine C.P Gearbox 350HS“ (slika 4.10.6.) [65]. Odabrani reduktor namijenjen je za kontinuirani rad s maksimalnom snagom od 470 kW te maksimalnim brojem okretaja od 2300. Prijenosni omjer za ovaj reduktor je 6,94 što daje brzinu okretanja vijka od 331 min^{-1} pri maksimalnoj brzini okretanja motora od 2300 min^{-1} . Masa reduktora iznosi 0,6 t.



Slika 4.10.6 Odabrani reduktor Mekanord marine C.P. Gearbox 350HS [66]

4.10.4. Odabir brodskog vijka

Konačni podaci propulzije dani su u tablici 4.10.4.

Tablica 4.10.4 Podaci propulzije

Snaga motora (MCR)	174 kW
N_{motora}	2300 min^{-1}
Prijenosni omjer reduktora	6,94:1

Podaci iz tablice 4.10.4. koriste se za izradu proračuna brodskog vijka koji će se odabrati tako da bude usklađen s motorom i formom broda.

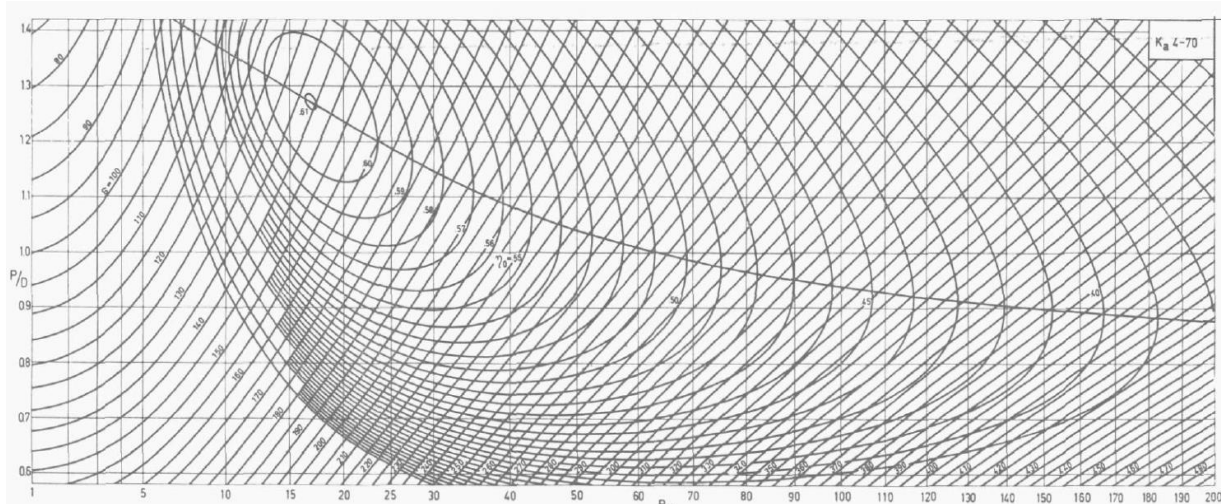
Radna točka brodskog vijka određuje se kao:

$$NCR = 0,9 * MCR = 0,9 * 174 = 156,6 \text{ kW} \quad (4.36)$$

$$N_{max. \text{ vijka}} = 1,05 * N_{osovine \text{ iza reduktora}} = 1,05 * \left(\frac{2300}{6,94} \right) = 348 \text{ min}^{-1} \quad (4.37)$$

$$V_{pp} = 10 \text{ čv}$$

Konačni promjer vijka D te uspon P dobivaju se iz dijagrama na slici 4.10.7.



Slika 4.10.7 BP- δ dijagram za dobivanje promjera i uspona vijka, Ka 4-70

Za ulazak u dijagram sa slike 4.10.6. potrebno je izračunati iduće vrijednosti:

$$P_D = NCR * \eta_S = 156,6 * 0,95 = 148,77 \text{ kW} \quad (4.38)$$

Za dijagram se koristi P_D u HP umjesto kW stoga je potrebno pretvoriti jedinice prema omjeru 1 HP = 0,7457 kW. Također se gleda gustoća slatke vode umjesto morske te kada se to uvrsti dobije se:

$$P_{Dslatka \text{ voda}}(HP) = P_{Dslatka \text{ voda}}(kW) * \frac{\rho_{slatka \text{ voda}}}{\rho_{morska \text{ voda}}} * \frac{1}{0,7457} = 194,64 \text{ HP} \quad (4.39)$$

$$V_{AKN} = V_{PP} * (1 - w) = 10 * (1 - 0,209) = 7,91 \text{ čv} \quad (4.40)$$

$$B_P = \frac{N * \sqrt{P_D}}{V_{AKN}^{2,5}} = \frac{348 * \sqrt{194,64}}{7,91^{2,5}} = 27,59 \quad (4.41)$$

Iz dijagrama sa slike 4.10.6. iščitava se vrijednosti:

Tablica 4.10.5 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.6.

δ	172
δ_{OPT}	165
η_0	0,595
P/D	1,16

Zatim je moguće izračunati J po formuli:

$$J = \frac{101,33}{\delta} = 0,589 \quad (4.42)$$

Kada je poznat J, moguće je izračunati optimalni promjer vijak prema formuli:

$$D = \frac{V_A}{n * J} = \frac{4,069}{5,8 * 0,589} = 1,2 \text{ m} \quad (4.43)$$

Konačni uspon vijka iznosi:

$$P = \frac{P}{D} * D = 1,16 * 1,2 = 1,392 \text{ m} \quad (4.44)$$

Na temelju dobivenih J i P/D, u dijagramu slobodne vožnje vijka Ka 4-70 niza u sapnici 19A sa slike 4.10.1. očitavaju se vrijednosti za K_T , K_Q te je zatim moguće izračunati poriv i okretni moment.

Tablica 4.10.6 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.1.

K_T	0,305
K_Q	0,053

Poriv:

$$T_0 = K_T * \rho * n^2 * D^4 = 0,305 * 1025 * 5,8^2 * 1,2^4 = 21807 \text{ N} \quad (4.45)$$

Poriv koji je ranije dobiven preko otpora u formuli 4.19 iznosi 21,79 kN stoga je vidljivo da su vrijednosti za poriv gotovo jednake.

Okretni moment:

$$Q_0 = K_Q * \rho * n^2 * D^5 = 0,053 * 1025 * 5,8^2 * 1,2^5 = 4547 \text{ Nm} \quad (4.46)$$

Snaga predana vijku $P_D = 148,77 \text{ kW}$ s kojom se ušlo u proračun, mora biti približno jednako snazi predanoj vijku prema slijedećoj formuli:

$$P_D = 2\pi * n * Q_0 = 2\pi * 5,8 * 4547 = 165\,703 \text{ W} \quad (4.47)$$

Snaga predana vijku s kojom se ušlo u proračun je 10 % manja od snage predane vijku iz formule 4.47.

Iduće je potrebno provjeriti kavitaciju prema metodi Burrill-a, na isti način kao i ranije napravljeno u poglavlju 4.10, ali s usvojenim N i P/D koji su dobiveni za optimalni brodski vijak.

Nova brzina pritjecanja na karakteristični presjek na 0,7R:

$$V_S = V_{0,7R} = \sqrt{V_A^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2} \quad (4.48)$$

- V_A - brzina pritjecanja vode na brodski vijak, 4,069 m/s
- n – broj okretaja vijka po sekundi, 5,8 s⁻¹
- D – promjer vijka, 1,2 m

$$V_S = 15,84 \text{ m/s}$$

Novi koeficijent specifičnog poriva τ_c iščitava se iz Burrilovog dijagrama (slika 4.10.3) preko kavitacijskog broja $\sigma_{0,7R}$:

$$\sigma_{0,7R} = \frac{\Delta p}{q} = \frac{p_0 - p_V}{\frac{1}{2} * \rho * V_S^2} \quad (4.49)$$

- $p_0 - p_{atm} + \rho * g * h$, 116 800 Pa
- p_V – tlak isparavanja morske vode pri 15° C, 1646 Pa
- ρ – gustoća morske vode, 1025 kg/m³

- V_s – brzina pritjecanja na karakteristični presjek na 0,7R, 15,84 m/s
- Radi sigurnosti se dobiveni kavitacijski broj smanjuje za 20%:

$$\sigma_{0,7R} = 0,90 - 20\% = 0,72$$

Iščitavanjem iz dijagrama dobiva se da je novi $\tau_c = 0,18$.

Nova minimalna projicirana površina krila potrebna za izbjegavanje kavitacije:

$$A_P = \frac{T}{\frac{1}{2} * \tau_c * \rho * V_s^2} \quad (4.50)$$

- $T = 21807 \text{ N}$
- $\tau_c = 0,18$
- $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$
- $V_s = 15,84 \text{ m/s}$

$$A_P = 0,94 \text{ m}^2$$

Nova raširena površina krila:

$$A_E = \frac{A_P}{1,067 - 0,229 * \frac{P}{D}} \quad (4.51)$$

- $A_P = 0,94 \text{ m}^2$
- $P/D = 1,16$

$$A_E = 1,17 \text{ m}^2$$

Novi omjer raširene površine krila:

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{A_E}{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad (4.52)$$

- $A_E = 1,17 \text{ m}^2$
- $D = 1,2 \text{ m}$

$$A_E/A_0 = 1,03$$

Novi dobiveni omjer raširene površine krila veći je početnog stoga je tome potrebno posvetiti posebnu pozornost u drugom krugu projektne spirale.

Tablica 4.10.7 Tablica značajki odabranog brodskog vijka

D	1,2 m
P/D	1,16
P	1,392 m
T ₀	21,807 kN
Q ₀	4,55 kNm
η ₀	0,595
A _E /A ₀	1,03
P _D	165,7 kW
N _{vijak}	348 min ⁻¹
V _A	4,069 m/s

4.10.5. Prognozni dijagram

Za izradu prognoznog dijagrama potrebno je ponovno izračunati neke vrijednosti s obzirom da su sada sve informacije o vijku poznate. Mijenjaju se vrijednosti poput koeficijenta sustrujanja w i koeficijenta smanjenja poriva t s obzirom da se sada u formule ulazi s novim promjerom vijka D , a samim time se mijenjaju i koeficijenti propulzije. Sve vrijednosti potrebne za izradu prognoznog dijagrama navedene su u tablici 4.10.8.:

Tablica 4.10.8 Vrijednosti potrebne za izradu prognoznog dijagrama

V _{KN} , čv	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11
V, m/s	3,34	3,6	3,86	4,12	4,37	4,63	4,89	5,14	5,4	5,66
R _T , kN	5,62	6,54	7,61	8,81	10,2	11,8	14	17,1	21,4	27,1
w	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
V _A , m/s	2,64	2,84	3,05	3,25	3,45	3,66	3,86	4,06	4,27	4,47
t	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
T, kN	7,33	8,53	9,92	11,5	13,3	15,4	18,3	22,3	27,8	35,3
η _H	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
η _R	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
(K _T /J ²) _{progn.}	0,71	0,71	0,72	0,74	0,75	0,78	0,83	0,91	1,04	1,2
η ₀	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,56	0,55
J	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	0,59	0,57	0,54
N, min ⁻¹	207	223	240	257	275	294	317	344	376	412
η _P	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52
P _B , kW	34,2	43	53,6	66	81,1	100	126	164	219	297

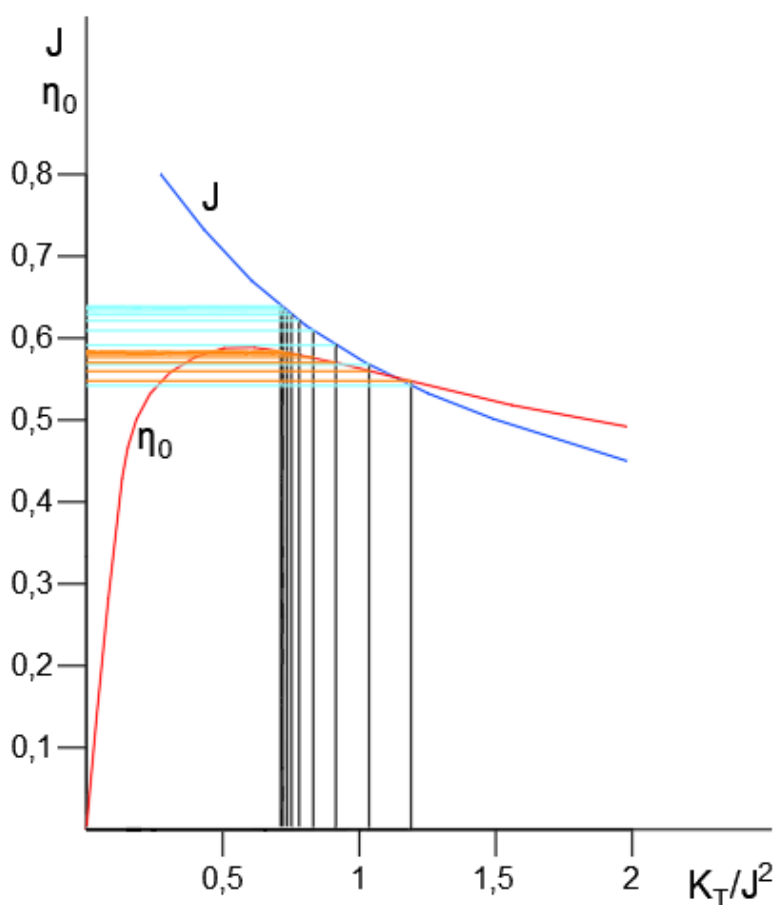
U tablici 4.10.8. prikazane su vrijednosti za raspon brzina od 6,5 do 11 čvorova s korakom od 0,5 čvorova. Prvo se preko snage otpora za svaku brzinu računaju sile poriva T po formuli 4.19. Zatim se J dobiven iz formule 4.42 podijeli na deset dijelova te se s deset vrijednosti ulazi u dijagram slobodne vožnje (slika 4.10.1.) od kuda iščitavaju vrijednosti K_T i η_0 za $P/D = 1,16$ (tablica 4.10.5.). S dobivenim vrijednostima radi se dijagram s krivuljama J i η_0 u funkciji od K_T/J^2 (slika 4.10.7).

Za sve sile poriva T iz tablice 4.10.8. računaju se vrijednosti $(K_T/J^2)_{progn.}$ prema idućoj formuli:

$$\left(\frac{K_T}{J^2}\right)_{progn.} = \frac{T}{\rho * V_A^2 * D^2} \quad (4.53)$$

Gdje je ρ gustoća vode od 1025 kg/m^3 , a D promjer vijka koji iznosi 1,2 m. Ostale vrijednosti se uzimaju iz tablice 4.10.8. ovisno o brzini.

S dobivenim vrijednostima za $(K_T/J^2)_{progn.}$ ulazi se u dijagram sa slike 4.10.8. i očitavaju se vrijednosti za J i η_0 koje se upisuju u tablicu 4.10.8.

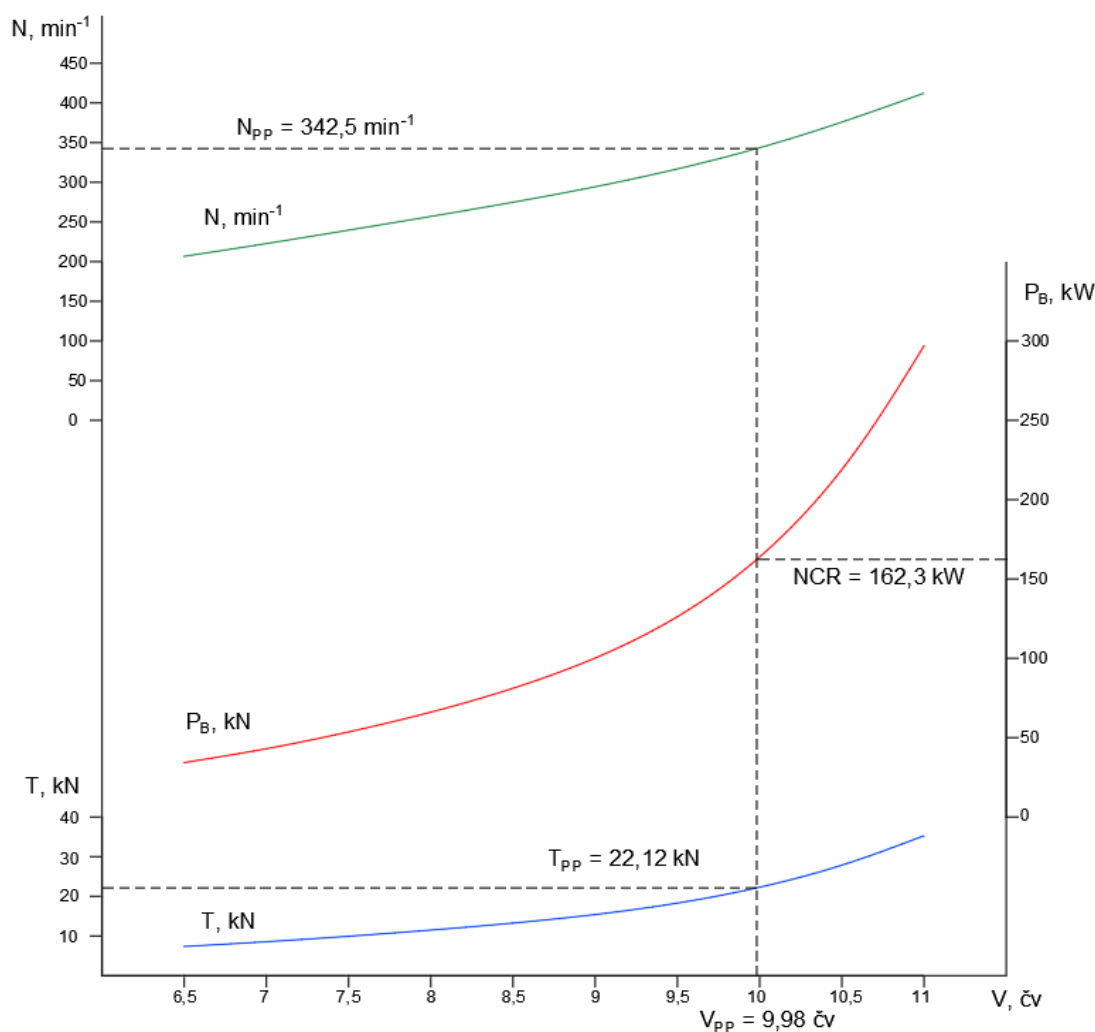


Slika 4.10.8 Dijagram s krivuljama J i η_0 u funkciji od K_T/J^2

S dobivenim vrijednostima moguće je izračunati brzinu okretanja N preko formule:

$$N = \frac{V_A}{J * D * 60}, (\text{min}^{-1}) \quad (4.54)$$

Dobivene vrijednosti koriste se za izradu prognoznog dijagrama (slika 4.10.9.). U prognoznom dijagramu crtaju se krivulje T , P_B i N u funkciji brzine V_{KN} . Zatim se u dijagram ulazi s $NCR = 162,3 \text{ kW}$ i presijeca se krivulja snage P_B te se u toj točki povlači vertikalna koja presijeca druge dvije krivulje te se očitavaju vrijednosti krivulja i brzine koja se očekuje.



Slika 4.10.9 Prognozni dijagram

Prognozni dijagram pokazuje da će brzina u pokusnoj plovidbi V_{PP} iznositi 9,98 čv, da će broj okretaja N za tu brzinu iznositi $342,5 \text{ min}^{-1}$ te da će poriv T biti 22,12 kN. Projektna brzina iznosi 10 čv, proračunati broj okretaja iznosi 348 min^{-1} , a izračunati poriv iznosi 22,27 kW. Iz navedenog je vidljivo da će razlika biti minimalna te je time zadovoljen zahtjev za brzinom.

4.10.6. Vučna sila pri nultoj brzini broda

Za određivanje vučne sile koriste se slijedeće vrijednosti:

- $V_{KN} = 0$ čv
- $P_B = 174$ kW
- $N = 348 \text{ min}^{-1} = 5,8 \text{ s}^{-1}$
- $D = 1,2$ m
- $P = 1,392$ m

te formule:

$$P_D = P_B * \eta_S = 174 * 0,95 = 165,3 \text{ kW} \quad (4.55)$$

$$Q = \frac{P_D}{2 * \pi * n} = \frac{165,3}{2 * \pi * 5,8} = 4,536 \text{ kNm} \quad (4.56)$$

$$\frac{P}{D} = \frac{1,392}{1,2} = 1,16 \quad (4.57)$$

Za K_T i K_Q se očitavaju iz dijagrama slobodne vožnje (slika 4.10.1.) za $J=0$:

- $K_T = 0,66$
- $K_Q = 0,062$

S tim vrijednostima se ulazi u formule:

$$n = \sqrt{\frac{Q}{\rho * K_Q * D^5}} = \sqrt{\frac{4536}{1025 * 0,062 * 1,2^5}} = 5,356 \text{ s}^{-1} = 321,4 \text{ min}^{-1} \quad (4.58)$$

$$T = K_T * \rho * n^2 * D^4 = 0,66 * 1,025 * 5,356^2 * 1,2^4 = 40,24 \text{ kN} \quad (4.59)$$

Iz čega slijedi da je vučna sila jednaka:

$$Z = T * (1 - t_z) - R_T = 40,24 * (1 - 0,04) - 0 = 38,63 \text{ kN} \quad (4.60)$$

- $t_z = 0,04$ (to je uobičajena vrijednost)
- $R_T = 0$, pri nultoj brzini nema otpora

4.10.7. Uspon broskog vijka prilikom kočarenja

Brod će obavljati ribolovne operacije (kočarenje) pri brzini od 3 čvora. Za to brzinu je potrebno odrediti uspon na koji je potrebno namjestiti krila kako bi vijak mogao apsorbirati maksimalnu snagu i okretanje motora.

Brzina pritjecanja vode na brodski vijak V_A dobivena je prema formuli:

$$V_A = V * (1 - w) = 1,543 * (1 - 0,21) = 1,219 \text{ m/s} = 2,37 \text{ čv} \quad (4.61)$$

Kočarenje se vrši pri 75 % od maksimalne snage motora. Maksimalna snaga motora iznosi 174 kW što znači da je 75% snage motora jednako 130,5 kW. Prema dijagramu sa slike 4.10.5. za snagu od 130,5 kW, brzina okretanja motora iznosi 1550 min^{-1} . Primjenom prijenosnog omjera reduktora od 6,94 dobiva se da brzina okretanja vijka u uvjetima kočarenja iznosi $N = 224 \text{ min}^{-1}$.

Delta s kojim se ulazi u dijagram sa slike 4.10.7. računa se prema formuli:

$$\delta = \frac{N * D_{ft}}{V_{AKN}} = \frac{224 * 3,94}{2,37} = 372 \quad (4.62)$$

- D_{ft} je promjer vijka u stopama, 3,94 ft
- V_{AKN} je brzina pritjecanja vode na brodski vijak u čvorovima, 2,37 čv

Zatim se iz dijagrama na slici 4.10.6. iščitavaju vrijednosti prikazane u tablici 4.10.9:

Tablica 4.10.9 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.7.

η_0	0,41
P/D	0,892

Zatim je moguće dobiti uspon vijka prilikom kočarenja prema formuli:

$$P = \frac{P}{D} * D = 0,892 * 1,2 = 1,0704 \text{ m} \quad (4.63)$$

Na posljatku je moguće izračunati poriv u uvjetima kočarenja prema formuli:

$$T = \frac{P_D}{V_A} * \eta_0 = \frac{165,3}{1,219} * 0,41 = 55,597 \text{ kN} \quad (4.64)$$

4.10.8. Elektromotor

Kako je za predmetni brod izabrana hibridna propulzija, radi bolje energetske efikasnosti, potrebno je uz dizel motor odabrati i elektromotor.

Elektromotor se koristi:

- Kao rezervni izvor propulzije, u slučaju kvara glavnog pogonskog stroja (dizelskog motora)
- Pri plovidbi s manjim brzinama kada dizelski motor gubi svoju efikasnost, naročito prilikom kočarenja kada brod plovi puno manjom brzinom nego tijekom slobodne plovidbe do odredišta
- Za napajanje svih električnih sustava na brodu (rasvjeta, klima, navigacija, itd.)

Također se može koristiti i istovremeno s dizelskim motorom, ukoliko je potrebno postići veću snagu propulzije.

Odabran je elektromotor „e'dyn Marine 150 250 Inboard Electric“ (slika 4.10.10.) slovenskog proizvođača „e'dyn by Podkrižnik“ [67] s karakteristikama navedenim u tablici 4.10.10.

Tablica 4.10.10 Karakteristike e'dyn Marine 150 250-IN električnog motora

MODEL	e'dyn Marine 150 250-IN
MASA	171 kg
SNAGA	150 kW
MAKSIMALNA BRZINA OKRETANJA	3100 min ⁻¹
NAPON	320 V



Slika 4.10.10 e'dyn Marine 150 250-IN elektromotor [67]

4.10.9. Određivanje uspona brodskog vijka P elektromotora u slobodnoj vožnji

Za računanje uspona brodskog vijka P prilikom korištenja elektromotora u slobodnoj vožnji koriste se podaci iz tablice 4.10.10.

Radna točka brodskog vijka određuje se kao:

$$NCR = 0,9 * MCR = 0,9 * 150 = 135 \text{ kW} \quad (4.65)$$

$$N_{max. \text{ vijka}} = 1,05 * N_{osovine \text{ iza reduktora}} = 1,05 * \left(\frac{3100}{6,94}\right) = 447 \text{ min}^{-1} \quad (4.66)$$

Za ulazak u dijagram sa slike 4.10.7. potrebno je izračunati iduće vrijednosti:

$$P_D = NCR * \eta_S = 135 * 0,95 = 128,25 \text{ kW} \quad (4.67)$$

Za dijagram se koristi P_D u HP umjesto kW stoga je potrebno pretvoriti jedinice prema omjeru $1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ kW}$. Također se gleda gustoća slatke vode umjesto morske te kada se to uvrsti dobije se:

$$P_{Dslatka \text{ voda}}(HP) = P_{Dslatka \text{ voda}}(kW) * \frac{\rho_{slatka \text{ voda}}}{\rho_{morska \text{ voda}}} * \frac{1}{0,7457} = 167,79 \text{ HP} \quad (4.68)$$

$$V_{AKN} = V_{PP} * (1 - w) = 10 * (1 - 0,21) = 7,9 \text{ } \check{c}v \quad (4.69)$$

$$B_P = \frac{N * \sqrt{P_D}}{V_{AKN}^{2,5}} = \frac{447 * \sqrt{167,79}}{7,9^{2,5}} = 33 \quad (4.70)$$

Iz dijagrama sa slike 4.10.7. iščitava se vrijednosti:

Tablica 4.10.11 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.6.

δ	186
δ_{OPT}	179
η_0	0,581
P/D	1,125

Konačni uspon vijka elektromotora pri slobodnoj plovidbi iznosi:

$$P = \frac{P}{D} * D = 1,125 * 1,2 = 1,35 \text{ m} \quad (4.71)$$

4.10.10. Baterijski sustav

Kako bi se maksimalno smanjila potrošnja goriva za generiranje energije te samim time i negativan utjecaj izgaranja istog, na brodu se ugrađuje i baterijski sustav. Kada se elektromotor ne koristi za pogon broda, moguće ga je koristiti kao generator električne energije za električna trošila na brodu (grijanje, hlađenje, rasvjeta, itd.). Ukoliko se generira više električne energije nego li je potrebno u tom trenutku za trošila broda, višak te energije se može iskoristiti za punjenje baterijskog sustava te se ta energija može kasnije iskoristiti po potrebi. Dodatno, baterijski sustavi mogu se puniti i u luci pristaništa. Ekološka efikasnost predmetnog broda može se optimizirati ukoliko se baterije u luci pune preko električne mreže koja je generirana preko obnovljivih izvora energije (hidroelektrana, vjetroelektrana, fotonaponskih panela, itd.). Za potrebe predmetnog broda, odabire se devet baterija KBP63 (slika 4.10.11.) tvrtke „KREISEL“ iz Austrije [68]. Navedeni baterijski sustav ima certifikat klasifikacijskog društva DNV. Devet baterija imaju ukupnu energiju od 567 kWh, pri punom kapacitetu, što elektromotoru omogućuje autonomiju od otprilike četiri i pol sati pri brzini od 4,3 čvorova bez korištenja dizelskog motora [69]. Karakteristike odabranog baterijskog sustava dane su u tablici 4.10.12.

Tablica 4.10.12 Karakteristike baterijskog sustava KBP63

MODEL	KBP63
PROIZVOĐAČ	KREISEL Electric
VRSTA	21700 litij ionska baterija
MASA	400 kg
ENERGIJA	63 kWh
MAKSIMALNI NAPON	407 V
DIMENZIJE (duljina x širina x visina) [mm]	1111 x 795 x 351
BROJ BATERIJA	9
UKUPNA ENERGIJA	567 kWh



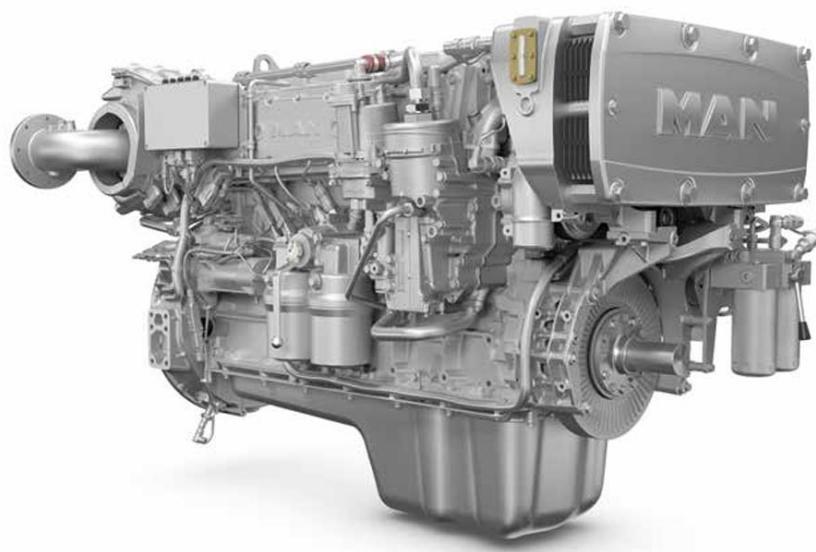
Slika 4.10.11 KREISEL KBP63 baterijski sustav [68]

4.10.11. Dizelski generator

Dizelski generator je generator električne energije na brodu. Stvara električnu energiju koja se pohranjuje u baterijskom sustavu iz kojeg se napaja električna mreža broda. Konkretno, u ovom slučaju se koriste se dva dizelska generatora D2676 LE332 snage 190 kW, njemačkog proizvođača MAN [70]. Karakteristike dizelskog generatora dane su u tablici 4.10.13. te je prikazan na slici 4.10.12.

Tablica 4.10.13 Karakteristike dizelskog generatora D2676 LE332

MODEL	D2676 LE332
PROIZVOĐAČ	MAN SE
VRSTA	Dizelski generator
MASA	1251 kg
SNAGA	190 Kw
SPECIFIČNA POTROŠNJA GORIVA	210 g/kWh
DIMENZIJE (duljina x širina x visina) [mm]	1763 x 983 x 1103



Slika 4.10.12 Dizelski generator D2676 LE332 [70]

4.11. Električne instalacije

Pod električne instalacije na brodu smatraju se svi brodski sustavi koji koriste ili predaju električnu energiju.

4.11.1. Oprema bitne službe

Oprema koja osigurava konstantno funkcioniranje poriva, sustava za manevriranje i sigurnost broda i posade. Pod opremu bitne službe spadaju: kormilarski sustavi, ventilatori strojarne, pumpe goriva, rashladne pumpe, te električni generatori potrebni za napajanje svega navedenog.

4.11.2. Oprema prikladna za boravak posade

Oprema koja svojim radom osigurava minimalne uvjete potrebne za udobnost posade na brodu. To su kuhinja, grijanje, rashladni uređaji za domaćinstvo, sanitarna i pitka voda (električne pumpe za dotok vode), te prisilna ventilacija neke su od stvari koje su neophodne za održavanje ugodnog boravka na brodu.

4.11.3. Gromobran

Instalacija gromobrana sastoji se od tri dijela: hvatača groma, odvodnog voda i uzemljenja. Hvatač groma najviši je dio uređaja za odvod groma, te služi da privuče grom na sebe i odvodnim vodom prenese grom do uzemljenja, koje je ujedno i zadnji dio uređaja kojim se sprječava udar groma.

4.11.4. Brodska rasvjeta

Svjetla na ribarskom brodu služe za nekoliko važnih funkcija, na prije svega vezano je za sigurnost na moru i navigaciju. Svjetla osiguravaju da je brod vidljiv drugim plovilima i da se pridržava pomorskih propisa.

4.11.5. Navigacijska svjetla

Svjetla za navigaciju - Ribarski brodovi, kao i sva druga plovila, obvezni su prikazivati svjetla za navigaciju kako bi drugim brodovima pokazali svoj status i kurs. Ta svjetla su ključna za sigurnu noćnu navigaciju i obično se klasificiraju prema navedenom [71]:

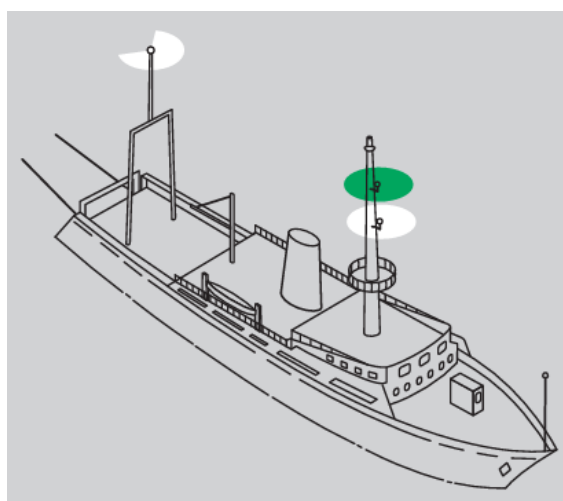
- Crveno i zeleno svjetlo na bokovima – Svjetla koja se postavljaju se na lijevoj (engl. „port“) i desnoj (engl. „starboard“) strani broda. Crveno svjetlo označava lijevu stranu broda, dok zeleno svjetlo označava desnu stranu. Pomažu drugim plovilima da odrede smjer u kojem se brod kreće.

- Bijelo svjetlo na najvišoj točki broda - Ovo bijelo svjetlo nalazi se na najvišoj točki broda. Ono označava da je brod u plovidbi i svijetli u luku obzorja od 225°.
- Bijelo svjetlo na krmi - Postavljeno blizu krme broda, ovo bijelo svjetlo svijetli u luku obzorja od 135° označava da je brod u pokretu i pomaže drugim plovilima da odrede njegov položaj.
- Bijelo svjetlo na sidru – koristi se kada je brod usidren. Trebalo bi biti vidljivo iz svih smjerova kako bi signaliziralo da se brod ne kreće.
- Svjetla na palubi - osvjetljavaju palubu broda i koriste se tijekom ribolovnih operacija. Pružaju vidljivost članovima posade koji rade na palubi noću ili u uvjetima smanjene vidljivosti.
- Reflektori - snažna svjetla koja se koriste za otkrivanje objekata ili opasnosti u mraku. Posebno su korisni u operacijama traganja i spašavanja ili pri plovidbi nepoznatim vodama. Također se može koristiti i za signalizaciju drugim plovilima ili za komunikaciju s članovima posade na kopnu.
- Svjetla za hitne situacije - U slučaju nužde, ribarski brodovi mogu imati svjetla ili signale za označavanje potrebe za pomoći ili uzbune. To mogu uključivati svjetlosne signale poput svjetlosnih raketa ili drugih oblika upozorenja.

4.11.6. Navigacijska svjetla za ribarske brodove

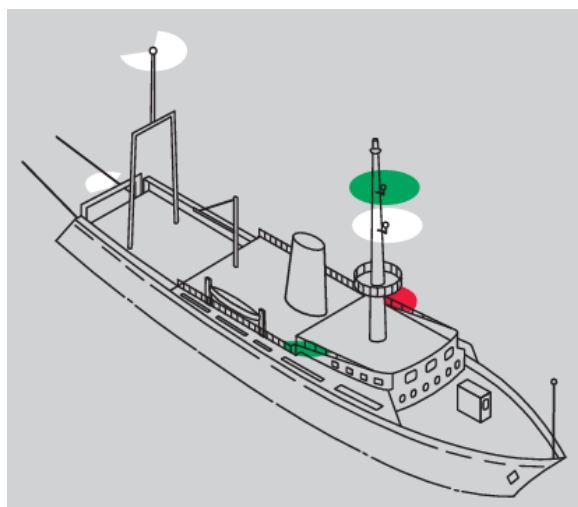
Brodovi koji se bave ribolovom, bilo u plovidbi ili dok su usidreni, moraju imati posebna navigacijska svjetla. Navigacijska svjetla za ribarske brodove nisu ista te ovise o vrsti ribarskog broda. Konkretno, kočari moraju imati:

- Ukoliko se ne kreću kroz vodu ili su usidreni, a obavljaju ribolov mrežom kočom, moraju imati dva kružna svjetla koja su vidljiva iz bilo kojeg smjera, postavljena u vertikalnoj liniji od kojih je donje bijelo, a gornje zeleno. Dodatno, za brodove duže od pedeset metara, potrebno je i bijelo svjetlo na krmi koje mora biti pozicionirano više od ranije navedenih svjetala te mora biti vidljivo s prednje i bočnih strana (slika 4.11.1) [71].



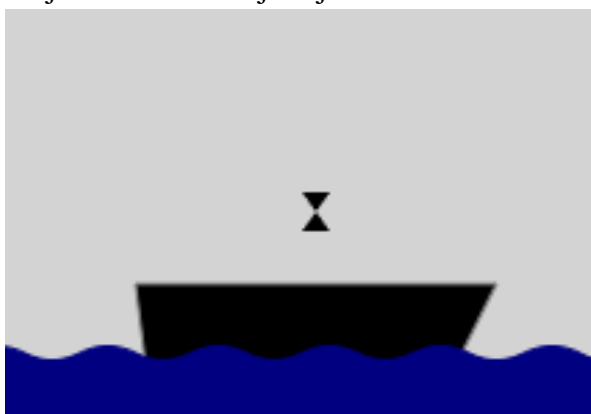
Slika 4.11.1 Navigacijska svjetla prilikom kočarenja kada se brod ne kreće kroz vodu [72]

- Ukoliko se kreću kroz vodu i obavljaju ribolov mrežom kočom, uz svjetla navedena u prethodnoj točki, moraju imati i bočna svjetla, od kojih je svjetlo na desnoj strani broda zelene boja, a svjetlo na lijevoj strani broda crvene te bijelo svjetlo na krmi koje je vidljivo drugim brodovima koji plove prema krmi navedenog broda (slika 4.11.2.)



Slika 4.11.2 Navigacijska svjetla prilikom kočarenja kada se brod kreće kroz vodu [72]

- Prilikom dnevne plovidbe brodovi koji obavljaju ribolov moraju imati dnevnu oznaku u obliku dva stošca postavljena u vertikalnoj liniji tako da im se vrhovi spajaju (slika 4.11.3.)



Slika 4.11.3 Dnevna oznaka za brod koji obavlja ribolov [71]

4.12. Oprema

4.12.1. Vitla

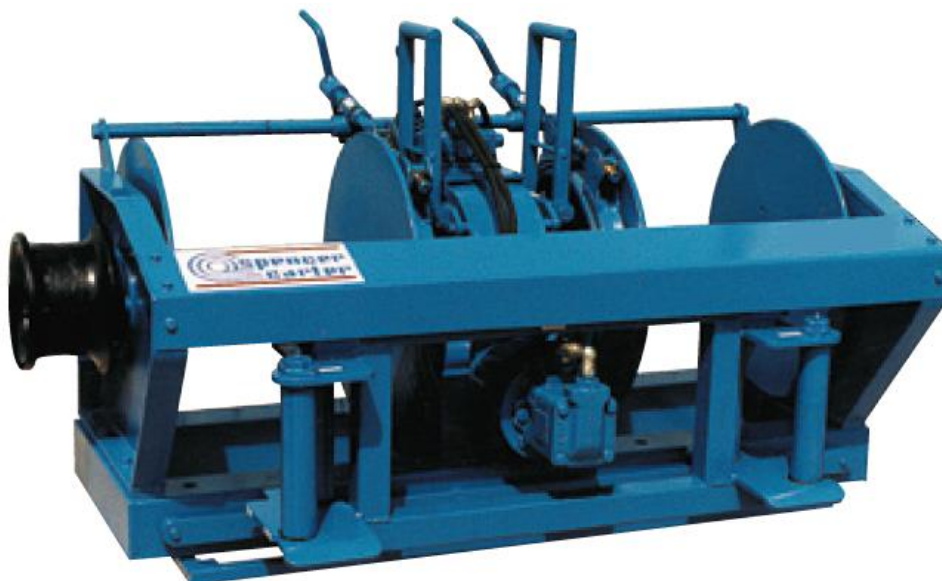
Vitla su važan dio opreme na ribarskim brodovima i igraju ključnu ulogu u olakšavanju različitih operacija na moru, kao što su podizanje i spuštanje ribarskih mreža, sidrenje, vučenje tereta te obavljanje raznih drugih zadataka. Kod ribarskih brodova specifični dio opreme su vitla za povlačenje i izvlačenje mreže.

Vitlo za povlačenje mreže predstavlja ključni uređaj koji omogućuje učinkovito izvlačenje ribarske mreže. Mehanizam je sačinjen od dva bubnja, smještena paralelno, oko kojih se namotavaju krajevi užeta. Konstrukcija bubnjeva omogućava precizno upravljanje mrežom tijekom operacije izvlačenja.

Dok se ribarska mreža povlači iz vode, uža se namata na bubanj, osiguravajući čvrsto držanje i siguran transport mreže prema brodu. Istodobno, slobodni kraj užeta se pažljivo odmotava kako bi se omogućilo nesmetano izvlačenje mreže.

Nehrđajući čelik je nedvojbeno najbolji izbor za vitla zbog svojih jakih i robusnih svojstava. Ipak, najbolji izbor ima veću cijenu u usporedbi s drugim vitlima. Druge, jeftinije opcije uključuju anodizirani aluminij i kromiranu broncu. Iako su ovi materijali pogodni za neke povremene upotrebe, bit će izgubani oštećenjem žice, korozijom i radom pod opterećenjem [73].

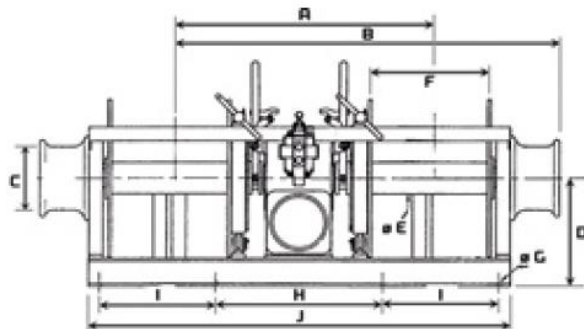
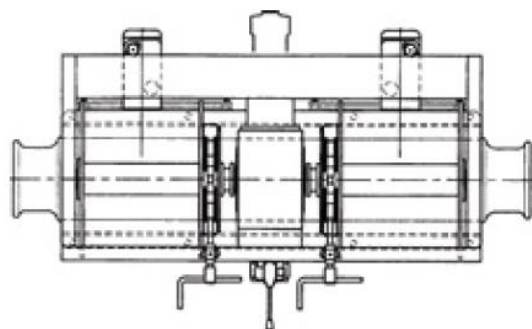
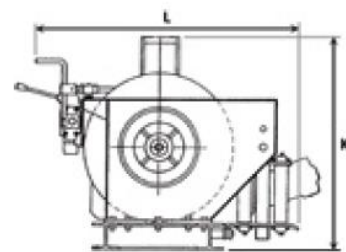
Radi velike snage potrebne za povlačenje mreže, odabire se hidrauličko vitlo. Za predmetni brod odabrano je vitlo iz kataloga francuskog proizvođača SEIMI Marine Equipment [74]. Riječ je o vitlu TW2 za povlačenje kočice kapaciteta 5400 N, odnosno može izvući do 550 kg tereta [slike 4.12.1.].



Slika 4.12.1 Odabrano vitlo za povlačenje mreže kočice [74]

Masa odabranog vitla iznosi 390 kg, a osnovne dimenzije prikazane su na slici 4.12.2.

Réf.	Dimensions (en mm)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
TW 1	680	1400	180	275	75	305	17	440	240	1056	650	600
TW 2	712	1480	230	360	100	315	21	452	260	1180	800	700
TW 3	767	1650	230	360	100	370	21	452	315	1290	850	1000
TW 4	937	1872	230	392	115	420	22	600	420	1520	816	1011
TW 6	1420	2860	280	530	170	610	28	700	540	2300	1200	1400



Slika 4.12.2 Osnovne dimenzije odabranog vitla za povlačenje koće [75]

4.12.2. Koloturnici

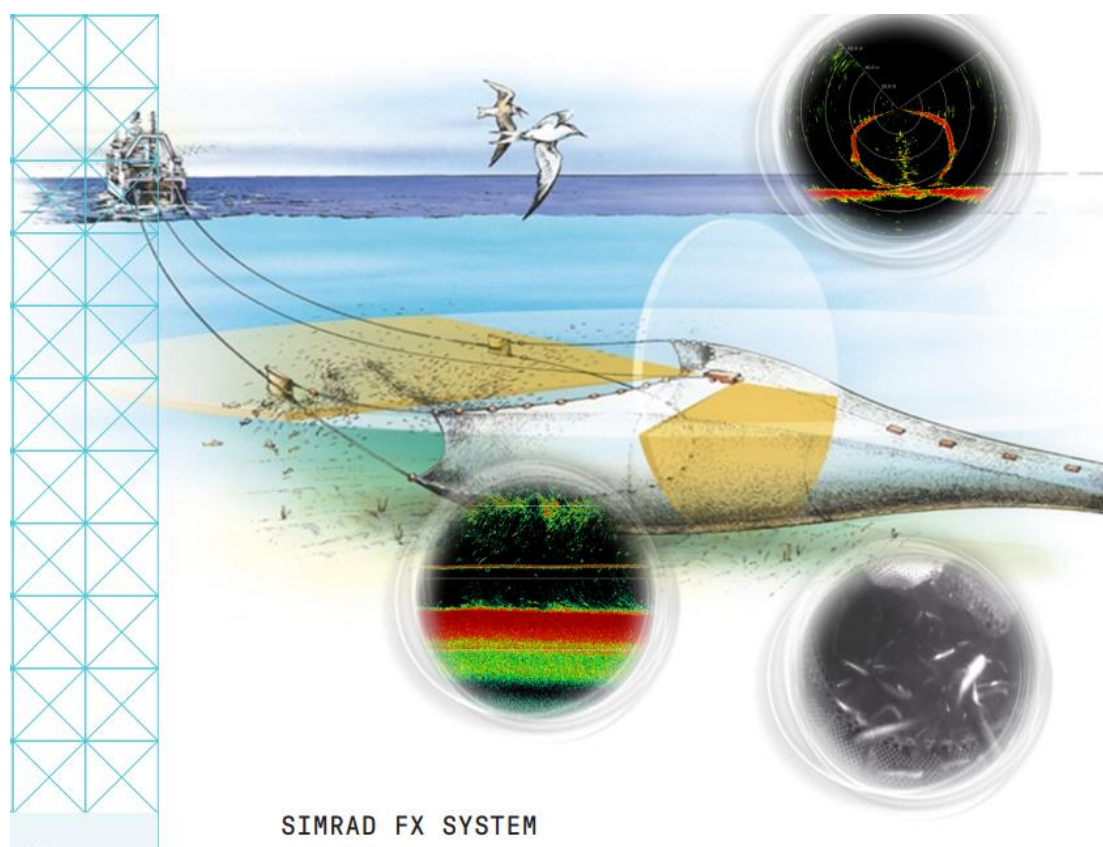
Koloturnici su sastavni dio funkcionalnog sklopa vitlo – koloturnik (slika 4.12.3.). Koloturnici služe kako bi se osiguralo izvlačenje mreže.



Slika 4.12.3 Primjer koloturnika na kočaru [76]

4.12.3. Sustav za praćenje ulova

Industrija ribarenja u današnje vrijeme mora paziti na ekološki obnovljivo ribarenje, te je potrebno sustavno praćenje ulova (slika 4.12.4.). Sustav za praćenje ulova je sustav kombiniran od kamere koja se nalazi u moru, softvera za obradu slike, monitora koji se nalazi na brodu te kabela. Ovakva sustav ima za mogućnost precizno odrediti koja vrsta ulova se nalazi u mreži, te ima li među ulovom zaštićenih životinjskih i biljnih vrsta. Životinjske vrste se identificiraju preko obrade zvuka [77].



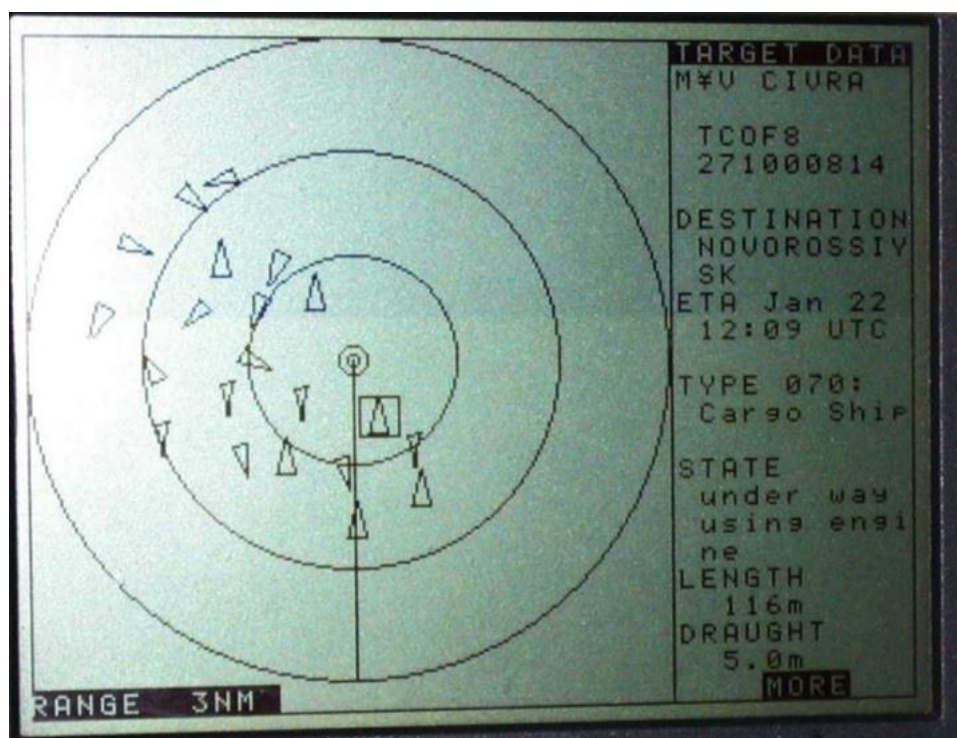
Slika 4.12.4 Primjer rada sustava za praćenje ulova [77]

4.12.4. Hlađeno spremište ribe

Hlađeno spremište ribe je spremište u kojemu se riba skladišti zajedno s ledom u posebnim kašetama koje imaju toplinsku izolaciju, kako bi se led sporije otapao i riba održavala što duže svježja. Kod ovog specifičnog primjera, kao dodatna mjera održavanja niske temperature rashlađenog spremišta ribe, koristiti će se i adekvatna izolacija za cijelo spremište. Rashlađeno spremište ribe se u slučaju predmetnog broda izolira poliuretanskom pjenu i plastikom ojačanom staklenim vlaknima.

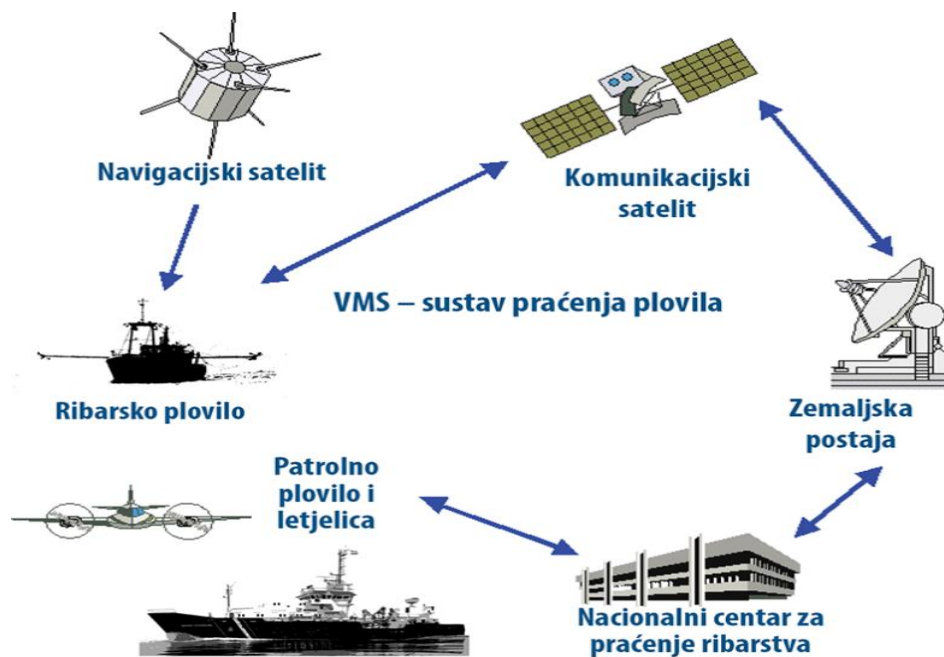
4.12.5. Oprema za navigaciju, radiooprema i druga oprema

Automatski sustav identifikacije, poznat kao AIS, predstavlja tehnološki sustav za kratkodometno praćenje pomorskih brodova i njihovog kretanja duž obale (slika 4.12.5.). Kroz ovaj sustav, brodovi efikasno razmjenjuju informacije. Osim što olakšava komunikaciju između brodova i s lukama, AIS je također dostupan na internetu u čak 17 jezika, uključujući i hrvatski jezik. Ovaj sustav značajno doprinosi i povećanju sigurnosti morske plovidbe, posebno u smislu sprječavanja potencijalnih sudara [78].



Slika 4.12.5 AIS monitor [79]

VMS sustav (engl. „*Vessel Monitoring System*“) je sustav za praćenje i nadzor pomorskih brodova, posebno ribarskih flota. Ovaj sustav koristi satelitsku tehnologiju i druge komunikacijske tehnike kako bi omogućio nadzor, identifikaciju i praćenje aktivnosti brodova na moru. Glavna svrha VMS sustava je pružiti nadležnim vlastima, kao što su ribarske agencije ili upravne organizacije, uvid u kretanje i aktivnosti ribarskih brodova. Putem VMS sustava, brodovi su opremljeni s GPS uređajem koji šalje informacije o njihovoj poziciji, brzini, smjeru i drugim relevantnim podacima putem satelitske veze do baze Centra za nadzor morskog ribarstva (slika 4.12.6.) [80]. Ove informacije se potom analiziraju i koriste za praćenje usklađenosti s regulacijama ribolova, očuvanje ribljih resursa i osiguranje sigurnosti na moru. VMS sustavi igraju ključnu ulogu u suzbijanju nezakonitog, neprijavljenog i nereguliranog ribolova.



Slika 4.12.6 Princip rada VMS sustava [82]

Ministarstvo poljoprivrede nalaže da svaki ribarski brod mora imati e-očevidnik (slika 4.12.7.) [81]. To je platforma u kojoj ribarski brodovi upisuju vrijeme izlaska iz luke, povratak u istu, opaske o tunolovu i druge opaske.



Slika 4.12.7 Naslovna strana e-očevidnika [83]

4.12.6. Mreža za ribarenje

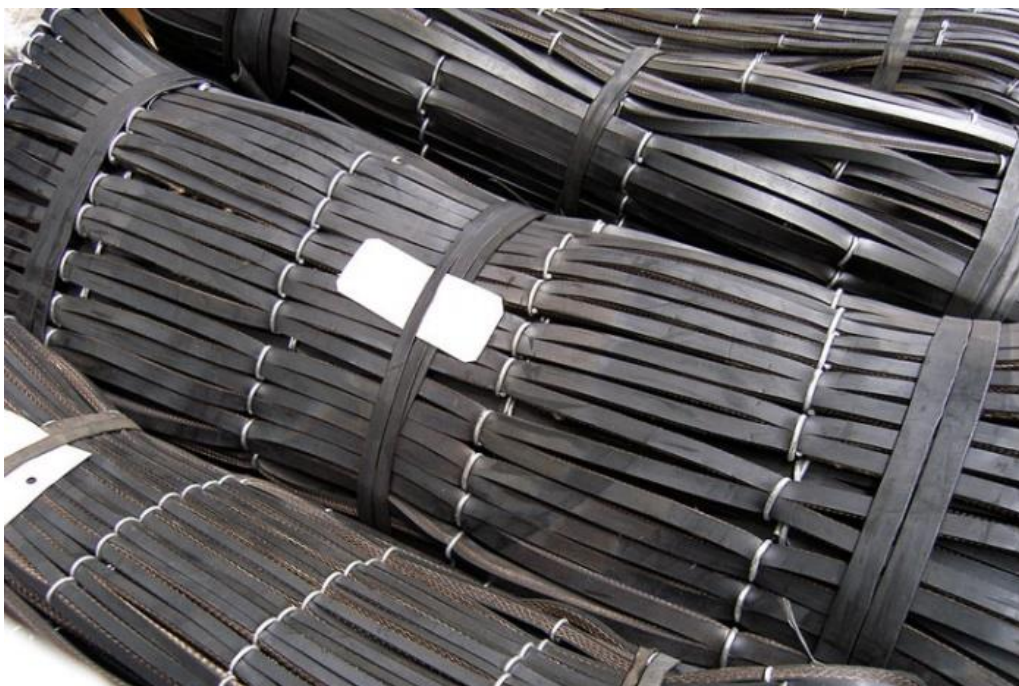
Ribarska mreža je mrežasta struktura neodređenog oblika i veličine, izrađena od jedne niti ili više sustava međusobno povezanih niti [84]. U slučaju predmetnog broda koristi se pelagična mreža koća za ulov sitne plave ribe. Konkretno dimenzije mreže za predmetni broj su sljedeće:

- Mreža: Površina raširene mreže iznosi $A = 451,7 \text{ m}^2$
- Daske širilice: Površina daske širilice koja utječe na otpor iznosi $A_D = 1,71 \text{ m}$
- Konopi koji drže mrežu: Duljina konopa koji drže mrežu iznosi $L_S = 100 \text{ m}$ te imaju promjer $d_S = 0,032 \text{ m}$
- Konopi koji vuku mrežu: Duljina konopa koji vuku mrežu iznosi $L_W = 125 \text{ m}$ te imaju promjer $d_W = 0,02 \text{ m}$
- Okrugli plovci: Plovci su sfere koje imaju dijametar od 40 cm što rezultira projiciranom površinom pojedinog plovka koja utječe na otpor $A_F = 0,126 \text{ m}^2$, dok se za broj plovaka uzeo broj deset, koji je prosječan za Mediteran

Mreže koće nekoć su se proizvodile ručno, no danas se isključivo proizvode strojno. Za izradu ribarskih mreža u prošlosti su se uglavnom koristila prirodna biljna vlakna celuloznog podrijetla, dok se u današnje vrijeme koriste umjetna vlakna iz sintetskih polimera. Sintetska vlakna imaju bolja mehanička svojstva, otporna su na djelovanja UV zraka, mikroorganizama, a uz odgovarajuće održavanje imaju i dulji radni vijek. Dodatna velika prednost mreža od sintetskih vlakana je da ih nije potrebno dodatno zaštititi prilikom skladištenja, već ih je nakon uporabe dovoljno isprati vodom bez posebnog sušenja [84]. Nadalje, mreže izrađene od polimera su lakše, te se jednostavnije povlače. Na slikama ispod prikazane su ribarske mreže koće izrađene od polimernih vlakna (slika 4.12.8.) i gumenih niti (slika 4.12.9.)



Slika 4.12.8 Mreža koća od polimernih vlakana [85]



Slika 4.12.9 Mreža koća od gumenih niti [85]

4.13. Razmještaj prostora u brodu

Palubu krme većinom zauzima oprema za povlačenje i izvlačenje mreže. Mreža se povlači hidrauličkim vitlom velike snage. Vitlo povlači mrežu preko valjka kako bi se smanjilo trenje prilikom kretanja mreže, te se osigurao duži vijek trajanja. Valjak se nalazi na rampi te je samim time uzvišen od razine palube.

Ispod rampe na krmi nalazi se prostor koji služi za skladištenje mreže kada se ne koristi. Spremište mreže se pozicionira tako da je odmah blizu mjesta izvlačenja mreže kako bi se osiguralo brže i jednostavnije spremanje iste. Ispod vitla za povlačenje mreže nalazi se rashlađeno spremište ribe s poliuretanskom izolacijom. Rashlađeno skladište ribe zauzima veliku većinu prostora s obzirom da je to najbitniji prostor na ribarskom brodu. Konkretno, unutarnje dimenzije rashlađenog skladišta ribe iznose:

- Duljina: 7,00 m
- Širina: 5,42 m
- Visina: 0,57 m

U rashladnom prostoru riba se slaže u Rotogal kašetama zapremnine 220 litara i dimenzija 0,98 m x 0,585 m x 0,57 m (slika 4.13.1.) [86]. Sukladno navedenom, u rashladno skladište navedenih dimenzija stane 216 Rotogal kašeta zapremnine 220 litara, odnosno ukupni volumen iskoristiv za skladištenje ribe jednak umnošku broja kašeta i volumenu svake kašete te iznosi 47,52 m³. Ako se uzme u obzir da će omjer ribe i leda u kašetama biti 3:1 dobiva se da maksimalna

moćuća zapremnina ulovljene ribe koju je moguće skladištiti na brodu iznosi 35,64 m³ što zadovoljava traćeni volumen od 30,9 m³ s kojim se zapoćeo proraćun procjene dimenzija broda.

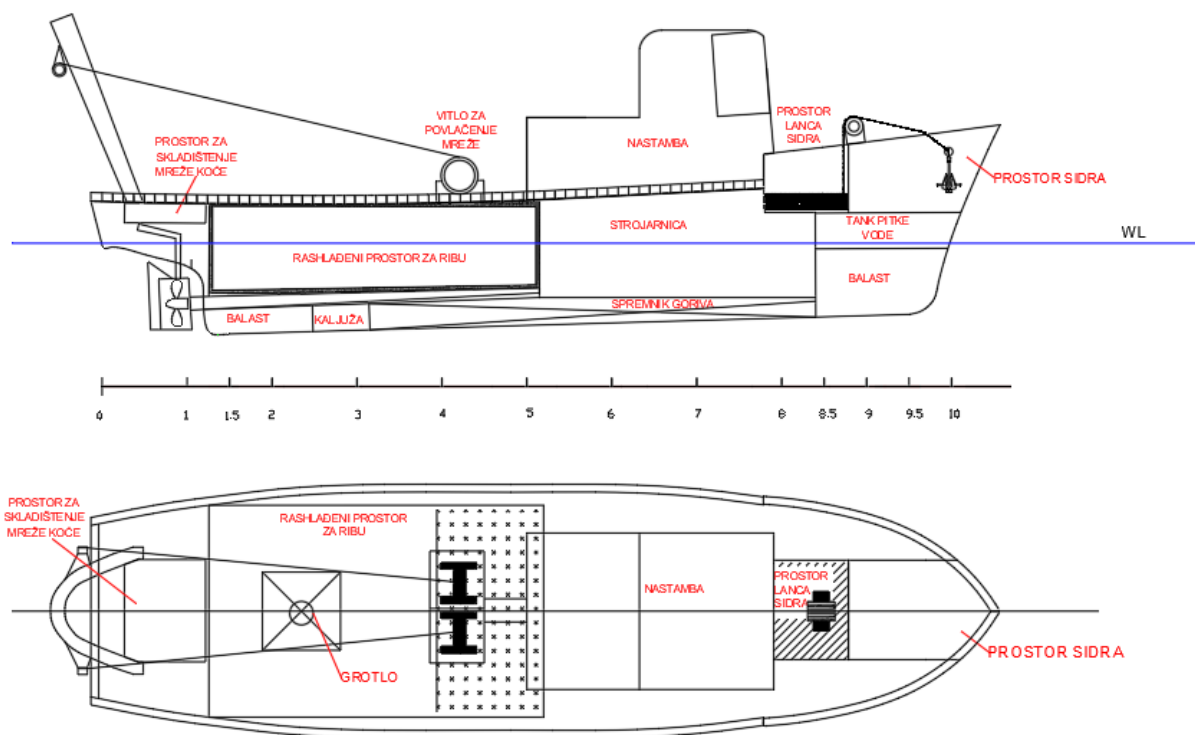


	Exterior Extérieur	Interior Max. Intérieur Max.	Interior Min. Intérieur Min.
Length/Longueur	980 mm	905 mm	890 mm
Width/Largeur	585 mm	515 mm	500 mm
Height/Hauteur	570 mm	517 mm	517 mm
	PUR	Lid Couvercle	
Weight/Poids	21 Kgs	5.5 Kgs	

Slika 4.13.1 Izolirana kašeta za skladištenje ribe na brodu iz kataloga proizvođaća Rotogal [86]

Ispod rashlađenog prostora za ribu na krmi se nalazi krmeni balast. Prostor kaljuže pozicioniran je ispod prostora za skladištenje ribe i poslije krmenog balasta prema pramcu. Kroz cijelo dno, od prostora kaljuže do balasta na pramcu, proteže se spremnik goriva. Iznad spremnika goriva, na sredini broda, pozicionirana je strojarnica u kojoj se nalaze dizelski motor, dizelski generator i elektrićni motor s baterijskim sustavom te prateća oprema povezana s propulzijom. Iznad strojarnice postavljeno je nadgrađe iz kojeg se upravlja brodom.

Ispred nadgrađa, prema pramcu, smješten je prostor za spremanje lanca sidra koji značajno doprinosi istisnini broda. Na samom pramcu nalazi se prostor za spremanje sidra, dok se ispod prostora lanca sidra i prostora za sidro nalazi tank pitke vode, a ispod tanka pitke vode je pozicioniran pramčani balast. Sve navedeno prikazano je na slici 4.13.2. te u prilogu 3 - opći plan broda.



Slika 4.13.2 Razmještaj brodskih prostora

4.14. Procjena mase praznog opremljenog broda

Masa praznog opremljenog broda, kao što i samo ime nalaže, je masa kompletno gotovog, potpuno opremljenog broda, spremnog za plovidbu bez tereta, posade, goriva, zaliha, itd. Masa praznog opremljenog broda se može jedino procijeniti prilikom projektiranja tj. njena točna vrijednost ne može se znati dok brod nije izgrađen u potpunosti. Masa praznog opremljenog broda bitna je jer se pomoću iste, u kombinaciji s nosivosti, može dobiti istisnina broda:

$$\Delta = W_{LS} + W_{DW} \quad (4.72)$$

- Δ - istisnina broda (t)
- W_{LS} – masa praznog opremljenog broda (t)
- W_{DW} – nosivnost broda (t)

Najčešća podjela masa praznog opremljenog broda radi se prema USN SWBS-u, s obzirom da je primjenjiva na razne vrste brodova, te glasi [87]:

$$W_{LS} = W_{100} + W_{200} + W_{300} + W_{400} + W_{500} + W_{600} + W_{700} \quad (4.73)$$

- W_{100} – Masa strukture (t)
- W_{200} – Masa pogonskog stroja i pratećih sustava (t)
- W_{300} – Masa električnih strojeva (t)
- W_{400} – Masa električne opreme (t)
- W_{500} – Masa pomoćnih strojeva (t)
- W_{600} – Masa opreme (t)
- W_{700} – Masa posebnih sustava (t)

4.14.1. Masa strukture

Masa čeličnog trupa dobiva se preko rane verzije opremljenog broja trupa definiran preko izraza [52]:

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85\sum l_1 h_1 + 0,75 \sum l_2 h_2 \quad (4.74)$$

- $L_{pp} = 21,75$ m
- $B = 6,09$ m
- $T = 2,1$ m
- $D = 3,19$ m
- l_1 je duljina nadgrađa, 6,1 m
- h_1 je visina nadgrađa, 1,2 m
- l_2 je duljina nastambi, 2,9 m i 3,5 m
- h_2 je visina nastambi, 2,1 m i 4,2 m

Kada se navedeni brojevi uvrste u formulu (4.74) slijedi da E iznosi 220,1 m².

Masa trupa se zatim može izračunati preko formule:

$$W_S = KE^{1,36} \quad (4.75)$$

Pri čemu je K koeficijent koji za ribarske brodove iznosi između 0,041-0,042 [88]. Usvojiti će se da je vrijednost $K = 0,042$.

Sukladno navedenom, kada se sve uvrsti u formulu (4.75), dobiva se da je procijenjena masa trupa $W_{100} = 64,45$ t.

4.14.2. Masa pogonskog stroja i pratećih sustava

Masu pogonskog stroja jednostavno je izračunati s obzirom da je dizel motor odabran u poglavlju 4.10, te mu je poznata masa. Na masu suhog dizel motora treba se dodati još masa svih tekućina koje su stalno u optjecaju tijekom normalnog rada motora prema formuli [87]:

$$\frac{W_{mokrog\ motora}}{W_{suhog\ motora}} \cong 1,066 \quad (4.76)$$

Masa suhog motora iznosi 0,76 t, stoga se dobiva da je masa „mokrog“ motora jednaka 0,81 t.

Isto vrijedi i za masu dizelskog generatora čija masa suhog motora iznosi 1,251 t iz čega se dobiva da je masa „mokrog“ motora jednaka 1,334 t, a s obzirom da se ugrađuju dva, njihova ukupna masa iznosi 2,668 t.

Masa vijka procjenjuje se prema formuli [87]:

$$W_{FPP} \cong 1,1D_P^3 \frac{A_E}{A_O} \quad (4.77)$$

$$W_{FPP} = 1,98 \text{ t}$$

Masa osovinskog voda procjenjuje se prema izrazu:

$$W_{OV} \cong 0,0241 * \left(\frac{P_B}{N}\right)^{\frac{2}{3}} * l_{OV} \quad (4.78)$$

- P_B – kočena snaga motora, 219,794 HP
- N – broj okretaja osovine, $343,6 \text{ min}^{-1}$
- l_{os} – duljina osovine, 29,347 ft

$$W_{OV} = 0,525 \text{ t}$$

Reduktor je odabran u poglavlju 4.10.2, te je masa istog dana od strane proizvođača i iznosi 0,6 t.

Ukupna masa pogonskog stroja i pratećih sustava jednaka je zbroju mase motora s tekućinama, mase vijka, mase osovinskog voda i mase reduktora te iznosi $W_{200} = 6,583 \text{ t}$.

4.14.3. Masa električnih strojeva

Elektromotor koji se koristi kao druga vrsta pogona u hibridnoj propulziji predmetnog broda, ujedno služi i za generiranje električne energije kada se ne koristi za plovidbu. Elektromotor odabran je u poglavlju 4.10.4. te je njegova masa dana od strane proizvođača, te iznosi 0,171 t. Za pohranu električne energije koristi se devet baterijskih sustava odabranih u poglavlju 4.10.5; a masa pojedine baterije iznosi 0,4 t. Zbroj mase baterijskog sustava i elektromotora daje masu električnih strojeva $W_{300} = 3,771$ t.

4.14.4. Masa električnih instalacija

Masa električne opreme može se dobiti prema izrazu (4.30) [88]:

$$W_{400} = 0,0365 + 0,0015 * L * B * D \quad (4.79)$$

$$W_{400} = 0,67 \text{ t}$$

4.14.5. Masa pomoćnih sustava

Pod pomoćne sustave spadaju sve cijevi, pumpe, kormilo, oprema za gašenje požara, rashladna oprema, itd. Masa pomoćnih sustava dobiva se preko izraza [87]:

$$W_{500} = \frac{(L * B)^{1,784}}{1295} \quad (4.80)$$

$$W_{500} = 4,72 \text{ t}$$

4.14.6. Masa opreme

Masa opreme računa se prema izrazu [87]:

$$W_{600} = \frac{L^{2,132}}{102,5} \quad (4.81)$$

$$W_{600} = 6,93 \text{ t}$$

4.14.7. Masa posebnih sustava

Masa posebnih sustava odnosi se na sve sustave koji su specifični za ribarski brod, odnosno kočar. Glavna oprema koja spada u tu kategoriju su ribarska mreža, vitlo za povlačenje mreže, rampa i koloturnici za izvlačenje mreže itd.

Masa posebnih sustava računati će se prema izrazu (4.34) [88] koji glase:

$$W_{700} = 0,000333 * (L * B * D)^{1,422} \quad (4.82)$$

$$W_{700} = 1,805 \text{ t}$$

Kada je svaka komponenta mase praznog opremljenog broja zasebno procijenjena, njihove vrijednosti se zbrajaju te se na to dodaje projektna rezerva od 3-9% kako bi se dobila konačna procjena mase praznog opremljenog broda. Za predmetni brod će se uzeti rezerva od 9%, te će masa praznog opremljenog broda biti prikazana u tablici 4.14.1.

Tablica 4.14.1 Konačna vrijednost mase praznog opremljenog broda

Grupe	Masa
W ₁₀₀	64,45 t
W ₂₀₀	5,249 t
W ₃₀₀	3,771 t
W ₄₀₀	0,67 t
W ₅₀₀	4,72 t
W ₆₀₀	6,93 t
W ₇₀₀	1,805 t
W _{LS}	88,929 t
W _{LS} +9% rezerve	96,933 t

4.15. Proračun trima i stabiliteta u neoštećenom stanju

Kako bi se mogla napraviti provjera trima i stabiliteta broda potrebno je napraviti centraciju masa, odnosno odrediti točne pozicije težišta svih masa na brodu. To se odnosi na masu praznog opremljenog broda i nosivost. Nosivost uključuje mase dizel goriva, mazivnog ulja, pitke vode, rashladne vode, posade, provijanata i tereta. Ishodište koordinatnog sustava za centraciju masa se postavlja na sjecište krmene okomice i osnovice broda.

4.15.1. Centracija masa praznog opremljenog broda

Koordinate težišta strukture broda dobivene su preko modela broda izrađenog u Rhinoceros-u korištenjem naredbe „volume centroid“. To uključuje trup broda, nastambe i nadgrađe.

Koordinate težišta pogonskog postrojenja dobivene su zasebnim određivanjem težišta pojedinih elemenata. Dimenzije dizelskog motora, elektromotora, reduktora i baterijskog sustava dobivene su od strane proizvođača te se preko toga može dobiti njihovo težište koje se logično raspoređuje po brodu prema nacrtu općeg plana. Koordinate težišta broskog vijka i osovinskog voda iščitane su iz općeg plana broda (slika 4.13.2.).

Koordinate težišta opreme određuju se na malo drugačiji način. Masa opreme podijeli se na dvije polovine te se za jednu polovinu postavlja težište po duljini tamo gdje je težište nastambi, a po visini na visinu palube, dok se druga polovica mase opreme postavlja na polovinu dužine broda a po visini na polovini visine strojarnice.

Koordinate težišta projektne rezerve postavljaju se u težište trupa po duljini i po visini.

Rezultati centracije masa praznog opremljenog broda prikazani su u tablici 4.15.1.

Tablica 4.15.1 Centracija masa praznog opremljenog broda

	mi, t	xi, m	yi, m	zi, m	mi*xi, kg*m	mi*yi, kg*m	mi*zi, kg*m		
Struktura									
Trup do glavne palube	43,71	10,88	0,00	2,08	475,56	0,00	90,70	xG, m	12,21
Nadgrađe	5,57	18,42	0,00	4,11	102,60	0,00	22,89	yG, m	0,00
Nastambe	15,17	13,75	0,00	4,83	208,59	0,00	73,27	zG, m	2,90
Σ	64,45				786,75	0,00	186,86		
Pogonsko postrojenje									
Dizel motor	0,81	11,70	0,00	1,50	9,48	0,00	1,22		
Dizel generator	1,33	11,70	-2,00	1,56	15,61	-2,67	2,08		
Dizel generator	1,33	11,70	2,00	1,56	15,61	2,67	2,08		
Brodski vijak	1,98	1,70	0,00	0,78	3,37	0,00	1,54		
Osovinski vod	0,53	6,53	0,00	0,94	3,43	0,00	0,49		
Reduktor	0,60	10,08	0,00	1,04	6,05	0,00	0,62	xG, m	10,91
Elektromotor	0,17	13,12	0,00	1,50	2,24	0,00	0,26	yG, m	0,00
Baterijski sustav	3,60	15,89	0,00	2,10	57,20	0,00	7,56	zG, m	1,53
Σ	10,35				112,98	0,00	15,85		
Oprema									
1/2 opreme	7,06	13,75	0,00	3,19	97,12	0,00	22,53	xG, m	12,31
1/2 opreme	7,06	10,88	0,00	1,85	76,81	0,00	13,07	yG, m	0,00
								zG, m	2,52
Σ	14,1				173,93	0,00	35,60		
Rezerva									
	8,00	10,88	0	2,08	87,07	0,00	16,61	xG, m	10,88
								yG, m	0,00
								zG, m	2,08
Σ	8,00				87,07	0,00	16,61		
Ukupno:									
	96,933				1160,73	0,00	254,92	xG, m	11,975
								yG, m	0,000
								zG, m	2,630

4.15.1. Centracija masa tereta i zaliha

Pod masu tereta spada ulovljena riba, kašete za pohranu ribe i led za hlađenje ribe. Centracija masa zaliha radi se za stanje krcanja od 100% zaliha i za stanje krcanja od 10% zaliha. Stanje krcanja od 100% zaliha predstavlja slučaj kada se brod napuni u luci i isplovljava, a stanje krcanja od 10% predstavlja stanje broda kada se vraća u luku. Radi toga se kod stanja zaliha 100 % ne dodaje masa ribe, dok će se za stanje zaliha od 10 % dodavati s obzirom da će riba biti na brodu tek nakon ribolovnih operacija. Kod stanja krcanja od 10% zaliha dolazi do stvaranja slobodnih površina tekućina, međutim s obzirom da se radi o tankovima zaliha malih kapaciteta, moment slobodnih površina je vrlo nizak pa će se u ovom slučaju zanemariti. Dodaju se još i dva balasta, jedan na krmi, a drugi na pramcu u svrhu poboljšanja stabiliteta. Navedeni balasti stalno će biti napunjeni do vrha stoga se ne pojavljuje efekt slobodne površine. Prvo je potrebo odrediti sve potrebne mase da bi se mogla dobiti njihova težišta.

4.15.1.1 Masa Balasta

Balasti na krmi i na pramcu biti će jednaki. Volumen jednog balasta iznosi šest metara kubnih, a s obzirom da će balasti stalno biti napunjeni do 100 % volumena, masa jednog balasta iznosi 6 tona.

4.15.1.2 Masa kašeta za pohranu ribe

U poglavlju 4.13. dobiveno je da u rashladno skladište stane 216 odabranih Rotogal kašeta. Na slici 4.13.1. prikazana je masa jedne kašete koja iznosi 21 kg i masa njenog poklopca koja iznosi 5,5 kg. Sukladno navedenom dobiva se da će masa kašeta iznositi:

$$m_K = 216 * (21 + 5,5) = 5,724 t \quad (4.83)$$

4.15.1.3 Masa leda za hlađenje ribe

Kako je dobiveno u poglavlju 4.13. ukupni volumen svih kašeta za pohranu ribe iznosi 47,52 m³. S obzirom da će omjer ribe i leda u kašetama biti 3:1, dobiva se da će led zauzimati volumen od 11,88 m³. Prosječna gustoća leda iznosi 917 kg/m³. S navedenim informacijama moguće je dobiti masu leda:

$$m_L = V_L * \rho = 11,88 * 917 = 10,893 t \quad (4.84)$$

4.15.1.4 Masa ribe

Kako je dobiveno u poglavlju 4.5. volumen jedne srdele iznosi otprilike $0,000325 \text{ m}^3$, dok procijenjena prosječna masa iste iznosi 15,59 grama. Kako je navedeno u poglavlju 4.13. volumen u kašetama koji se koristi za pohranu ribe iznosi $35,64 \text{ m}^3$. S navedenim informacijama moguće je dobiti ukupnu masu ulovljene ribe:

$$m_R = \frac{V_{kašeta}}{V_{srdele}} * m_{srdele} = 1,71 \text{ t} \quad (4.85)$$

4.15.1.5 Masa posade

Broj članova posade određuje se sukladno Pravilniku o najmanjem broju članova posade za sigurnu plovidbu koji moraju imati pomorski brodovi, plutajući objekti i nepomični odobalni objekti [89]. Sukladno navedenom pravilniku, minimalni broj članova posade za ribarski brod, u kategoriji plovidbe 5 (nacionalna plovidba) s bruto tonažom od 50 do 500 i snagom glavnog porivnog uređaja do 500 kW, je četiri. To su:

- Zapovjednik
- Dva mornara
- Upravitelj stroja

Za masu posade uzima se 120 kg po osobi pa ukupna masa posade iznosi:

$$m_p = N_p * 120 = 0,48 \text{ t} \quad (4.86)$$

4.15.1.6 Masa dizel goriva

Potrebna količina dizelskog goriva ovisi o brzini i dosegu broda te o odabranom motoru, s obzirom da specifična potrošnja goriva varira od motora do motora. Prvo se računa dnevna potrošnja goriva za glavni motor prema izrazu [90]:

$$DPG = 24 * SPG * 10^{-6} * P \quad (4.87)$$

- SPG – Specifična potrošnja goriva definirana od strane proizvođača motora [64]
- SPG = 226 g/kWh
- P – Maksimalna snaga motora, 174 kW

$$DPG = 0,944 \text{ t/dan}$$

Kada je dobivena dnevna potrošnja goriva, moguće je izračunati i ukupnu minimalnu potrebnu količinu goriva s dodatnih 10 % rezerve za glavni motor prema izrazu:

$$m_{DG} = \frac{doplov}{V_{KN}} * \frac{DP}{24} * 1,1 \quad (4.88)$$

- Doseg = 300 nautičkih milja
- V_{KN} – brzina plovidbe, 10 čv
- DPG – dnevna potrošnja goriva, 0,944 t/dan

$$m_{DG} = 1,3 \text{ t}$$

Količina goriva za dizelski generator računa se prema istom principu, jedino se pomnoži s dva s obzirom da se predviđena dva dizelska generatora:

$$DPG = 24 * SPG * 10^{-6} * P * 2 \quad (4.89)$$

- SPG = 210 g/kWh
- P – Maksimalna snaga motora, 190 kW

$$DPG = 1,915 \text{ t/dan}$$

Ukupna minimalna potrebna količina goriva s dodatnih 10 % rezerve za dizelske generatore:

$$m_{DG} = \frac{doplov}{V_{KN}} * \frac{DP}{24} * 1,1 \quad (4.90)$$

- Doseg = 300 nautičkih milja
- V_{KN} – brzina plovidbe, 10 čv
- DPG – dnevna potrošnja goriva, 1,915 t/dan

$$m_{DG} = 2,63 \text{ t}$$

Dobiveno je da ukupna masa minimalno potrebnog dizelskog goriva iznosi 3,93 t. Potrebno je dodati još rezerve da brod ne mora punit gorivo nakon svake vožnje te će se usvojiti vrijednost od 10 t.

Za potrebnu količinu goriva volumen tanka iznosi:

$$V_{TDG} = \frac{m_{DG}}{\rho} * 1,015 \quad (4.91)$$

- $m_{DG} = 10 \text{ t}$
- ρ – specifična masa goriva, 0,84 t/m³

$$V_{TDG} = 12,08 \text{ m}^3$$

4.15.1.7 Masa mazivnog ulja

Masa maziva ovisi o potrošnji goriva. Za masu mazivnog ulja uzima se od tri do šest posto ukupne mase goriva [90]. U ovom slučaju uzima se 6 % mase goriva:

$$m_{MU} = m_{DG} * 0,06 = 0,078 \text{ t} \quad (4.92)$$

Za potrebnu količinu mazivnog ulja volumen tanka iznosi:

$$V_{MU} = \frac{m_{MU}}{\rho} * 1,015 \quad (4.93)$$

- $m_{MU} = 0,078 \text{ t}$
- ρ – specifična masa maziva, $0,944 \text{ t/m}^3$

$$V_{TDG} = 0,084 \text{ m}^3$$

4.15.1.8 Masa pitke vode

Za dnevnu količinu pitke vode se uzima 100 litara po osobi [90], pa slijedi da je masa vode:

$$m_{PV} = 100 * N_P * N_D = 100 * N_P * \frac{\text{doplov}}{V_{KN} * 24} \quad (4.94)$$

- N_P – broj članova posade, 4
- N_D – Dani plovidbe
- Doseg = 300 nautičkih milja
- V_{KN} – brzina plovidbe, 10 čv

$$m_{PV} = 0,5 \text{ t}$$

Za potrebnu količinu pitke vode volumen tanka iznosi:

$$V_{PV} = \frac{m_{PV}}{\rho} * 1,015 \quad (4.95)$$

- $m_{PV} = 0,5 \text{ t}$
- ρ – specifična masa slatke vode, $1,0 \text{ t/m}^3$

$$V_{TDG} = 0,5075 \text{ m}^3$$

4.15.1.9 Masa rashladne vode

Količina potrebne rashladne vode dobiva se prema formuli [90]:

$$m_{RV} = 0,4 * \frac{P}{1000} * N_D = 0,4 * \frac{P}{1000} * \frac{doplov}{V_{KN} * 24} \quad (4.96)$$

- P – Maksimalna snaga motora, 174 kW
- N_D – Dani plovidbe
- Doseg = 300 nautičkih milja
- V_{KN} – brzina plovidbe, 10 čv

$$m_{RV} = 0,087$$

Za potrebnu količinu pitke vode volumen tanka iznosi:

$$V_{RV} = \frac{m_{RV}}{\rho} * 1,015 \quad (4.97)$$

- $m_{RV} = 0,087$ t
- ρ – specifična masa rashladne vode, 1,0 t/m³

$$V_{TDG} = 0,088 \text{ m}^3$$

4.15.1.10 Masa provijanata

Provijanti su zalihe hrane i pića na brodu. Za svakog člana posade se računa količina provijanata od 5 kg po danu [90]. Masa provijanata iznosi:

$$m_{Pr} = \frac{N_P * N_D}{1000} * 5 = \frac{N_P}{1000} * 5 * \frac{doplov}{V_{KN} * 24} \quad (4.98)$$

- N_P – broj članova posade, 4
- N_D – Dani plovidbe
- Doseg = 300 nautičkih milja
- V_{KN} – brzina plovidbe, 10 čv

$$m_{Pr} = 0,03 \text{ t}$$

U tablicama od 4.15.2 do 4.15.5 prikazane su mase zaliha s njihovim težištima za četiri različita stanja krcanja.

Tablica 4.15.2 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 100 %

	mi, t	xi, m	yi, m	zi, m	mi*xi, kg*m	mi*yi, kg*m	mi*zi, kg*m		
Masa zaliha 100%									
Kašete	5,72	6,60	0,00	1,98	37,78	0,00	11,33		
Led	10,89	6,60	0,00	1,98	71,89	0,00	21,57		
Balast krma	6,00	4,16	0,00	0,45	24,96	0,00	2,70		
Balast pramac	6,00	19,10	0,00	1,22	114,60	0,00	7,32		
Tank dizel goriva	10,00	8,98	0,00	0,50	89,79	0,00	5,00		
Tank mazivog ulja	0,08	12,00	-1,00	1,45	0,94	-0,08	0,11		
Tank pitke vode	0,50	19,10	0,00	2,68	9,55	0,00	1,34		
Tank rashladne vode	0,09	12,00	1,00	1,45	1,04	0,09	0,13	xG, m	8,993
Posada	0,48	14,45	0,00	5,11	6,94	0,00	2,45	yG, m	0,000
Provijanti	0,03	12,18	0,00	4,71	0,30	0,00	0,12	zG, m	1,309
Ukupno:	39,79				357,79	0,01	52,07		

Tablica 4.15.3 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 50 % zaliha s punim ulovom

	mi, t	xi, m	yi, m	zi, m	mi*xi, kg*m	mi*yi, kg*m	mi*zi, kg*m		
Masa zaliha 50% s punim ulovom									
Kašete	5,72	6,60	0,00	1,98	37,78	0,00	11,33		
Led	10,89	6,60	0,00	1,98	71,89	0,00	21,57		
Riba	1,71	6,60	0,00	1,98	11,29	0,00	3,39		
Balast krma	6,00	4,16	0,00	0,45	24,96	0,00	2,70		
Balast pramac	6,00	19,10	0,00	1,22	114,60	0,00	7,32		
Tank dizel goriva	5,00	8,98	0,00	0,50	44,90	0,00	2,50		
Tank mazivog ulja	0,04	12,00	-1,00	1,45	0,47	-0,04	0,06		
Tank pitke vode	0,25	19,10	0,00	2,68	4,78	0,00	0,67		
Tank rashladne vode	0,04	12,00	1,00	1,45	0,52	0,04	0,06	xG, m	8,804
Posada	0,48	14,45	0,00	5,11	6,94	0,00	2,45	yG, m	0,000
Provijanti	0,01	12,18	0,00	4,71	0,15	0,00	0,06	zG, m	1,441
Ukupno:	36,15				318,27	0,00	52,11		

Tablica 4.15.4 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 10 % s punim ulovom

	mi, t	xi, m	yi, m	zi, m	mi*xi, kg*m	mi*yi, kg*m	mi*zi, kg*m		
Masa zaliha 10% s punim ulovom									
Kašete	5,72	6,60	0,00	1,98	37,78	0,00	11,33		
Led	10,89	6,60	0,00	1,98	71,89	0,00	21,57		
Riba	1,71	6,60	0,00	1,98	11,29	0,00	3,39		
Balast krma	6,00	4,16	0,00	0,45	24,96	0,00	2,70		
Balast pramac	6,00	19,10	0,00	1,22	114,60	0,00	7,32		
Tank dizel goriva	1,00	8,98	0,00	0,50	8,98	0,00	0,50		
Tank mazivog ulja	0,01	12,00	-1,00	1,45	0,09	-0,01	0,01		
Tank pitke vode	0,05	19,10	0,00	2,68	0,96	0,00	0,13		
Tank rashladne vode	0,01	12,00	1,00	1,45	0,10	0,01	0,01	xG, m	8,703
Posada	0,48	14,45	0,00	5,11	6,94	0,00	2,45	yG, m	0,000
Provijanti	0,003	12,18	0,00	4,71	0,03	0,00	0,01	zG, m	1,550
Ukupno:	31,90				277,62	0,00	49,43		

Tablica 4.15.5 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 10 % s minimalnim ulovom

	mi, t	xi, m	yi, m	zi, m	mi*xi, kg*m	mi*yi, kg*m	mi*zi, kg*m		
Masa zaliha 10% i minimalan ulov									
Kašete	5,72	6,60	0,00	1,98	37,78	0,00	11,33		
Led	10,89	6,60	0,00	1,98	71,89	0,00	21,57		
Riba	1,71	6,60	0,00	1,98	11,29	0,00	3,39		
Balast krma	6,00	4,16	0,00	0,45	24,96	0,00	2,70		
Balast pramac	6,00	19,10	0,00	1,22	114,60	0,00	7,32		
Tank dizel goriva	1,00	8,98	0,00	0,50	8,98	0,00	0,50		
Tank mazivog ulja	0,01	12,00	-1,00	1,45	0,09	-0,01	0,01		
Tank pitke vode	0,05	19,10	0,00	2,68	0,96	0,00	0,13		
Tank rashladne vode	0,01	12,00	1,00	1,45	0,10	0,01	0,01	xG, m	8,709
Posada	0,48	14,45	0,00	5,11	6,94	0,00	2,45	yG, m	0,000
Provijanti	0,003	12,18	0,00	4,71	0,03	0,00	0,01	zG, m	1,551
Ukupno:	31,88				277,62	0,00	49,43		

4.15.2. Preliminarni proračun trima i stabiliteta

Stabilitet broda se računa preko programa „MaxSurf Stability“. U navedeni program potrebno je ubaciti 3D model broda izrađen u Rhinoceros-u, isto kao i za dobivanje hidrostatičkih podataka iz poglavlja 4.8. U programu „MaxSurf Stability“ potrebno je definirati krmenu i pramčanu okomicu te upisati podatke za centraciju masa iz tablica. Simulacija se radi za stanja polaska broda iz luke sa 100 %, odlazak s ribarskog područja s punim ulovom i 50% zaliha, dolazak u luku s punim ulovom i s 10 % zaliha te dolazak u luku s 10% zaliha i minimalnim ulovom koji iznosi 20% maksimalnog ulova prema pravilima za statutarnu certifikaciju ribarskih brodova Hrvatskog registra brodova [91].

4.15.2.1 Stanje krcanja polaska iz luke sa 100 % zaliha

Za stanje krcanja sa 100 % zaliha se u program ulazi s podacima iz tablice 4.15.6, a rezultati su prikazani na slici 4.15.1 i u tablici 4.15.7. U tablici 4.15.8. napravljena je provjera stabiliteta za brod sa 100 % zaliha. Brodovi koji se bave kočarenjem moraju zadovoljiti oštrije kriterije stabiliteta, a to uključuje početnu metacentarsku visinu od 0,5 m umjesto standardnih 0,15 m te veće površine ispod GZ krivulje. GZ krivulja prikazana je na slici 4.15.2.

Tablica 4.15.6 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja od 100 %

	Masa, t	x, m	y, m	z, m
Masa POB	96,933	11,975	0,000	2,630
Masa zaliha 100%	39,79	8,993	0,000	1,309
Ukupno	136,72	11,107	0,000	2,246

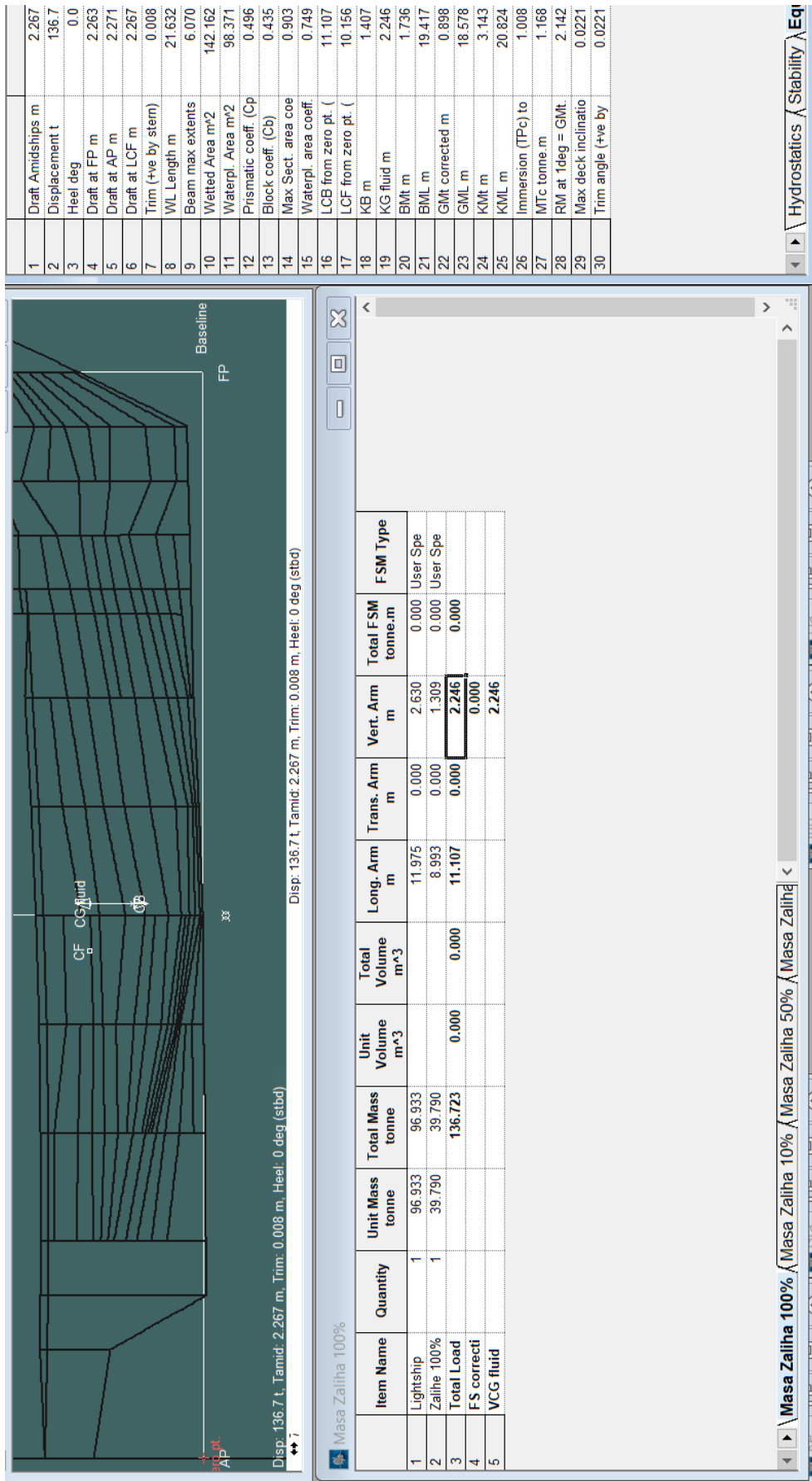
Tablica 4.15.7 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 100 % zaliha

Istisnina broda Δ , t	136,72
Srednji gaz broda u težištu vodne linije od osnovice T , m	2,267
Uzdužni položaj težišta istisnine po duljini od KO xF , m	11,107
Uzdužni položaj težišta sistema po duljini od KO xG , m	11,107
Vertikalni položaj težišta sistema od osnovice zG , m	2,245
Jedinični moment trima Mt1 , tm	1,168
Ukupni trim broda, m	0,008
Gaz na krmu na KO Tk = Ts \pm t/2 , m	2,271
Gaz na pramcu na PO Tp = Ts \pm t/2 , m	2,267
Vertikalna udaljenost poprečnog metacentra od osnovice KMT , m	3,143
Vertikalni položaj težišta istisnine od osnovice KF, m	1,407
Početa metacentarska visina MoG = KMT - zG , m	0,898
Metacentarski radijus MF =KM – KF , m	1,736

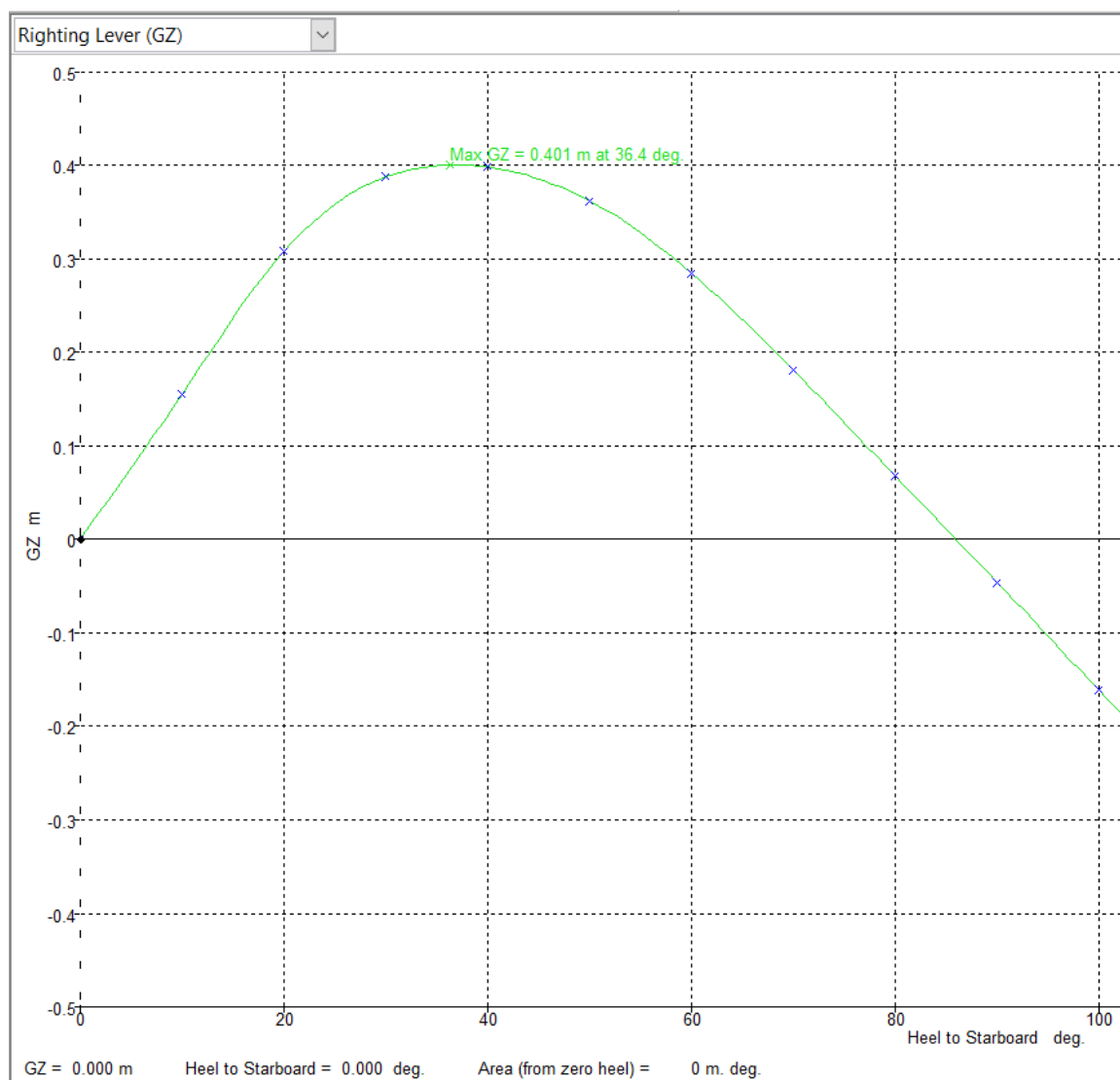
Pretpostavljeni gaz na početku proračuna iznosi 2,1 m, a dobiveni gaz u programu MaxSurf Stability za prazni opremljeni brod sa 100 % zaliha iznosi 2,27 m. Pretpostavljena vrijednost gaza T manja je od dobivene za 7,5 %.

Tablica 4.15.8 Provjera stabiliteta broda sa 100% zaliha prema kriterijima CRS-a

Kriteriji	Zahtijevano	Dobiveno
Površina ispod GZ krivulje do 30°, mrad	0,066	0,117
Površina ispod GZ krivulje do 40°, mrad	0,108	0,186
Površina ispod GZ krivulje od 30° do 40°, mrad	0,036	0,07
Minimalna poluga stabiliteta GZ > 0,2 m za 30° ili više	0,2	0,401
Maksimalna poluga stabiliteta GZ _{max} > 25°	25°	36,4°
Metacentarska visina M ₀ G , m	0,5	0,898



Slika 4.15.1 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 100% zaliha u programu MaxSurf Stability



Slika 4.15.2 GZ krivulja za stanje krcanja od 100 % zaliha

4.15.2.2 Stanje krcanja odlaska s ribarskog područja s punim ulovom i 50% zaliha

Za stanje krcanja s 50 % zaliha i s punim ulovom se u program ulazi s podacima iz tablice 4.15.9, a rezultati su prikazani na slici 4.15.3 i u tablici 4.15.10. U tablici 4.15.11 napravljena je provjera stabiliteta za brod s 50 % zaliha i punim ulovom prema kriterijima propisa Hrvatskog registra brodova [91]. GZ krivulja prikazana je na slici 4.15.4.

Tablica 4.15.9 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha

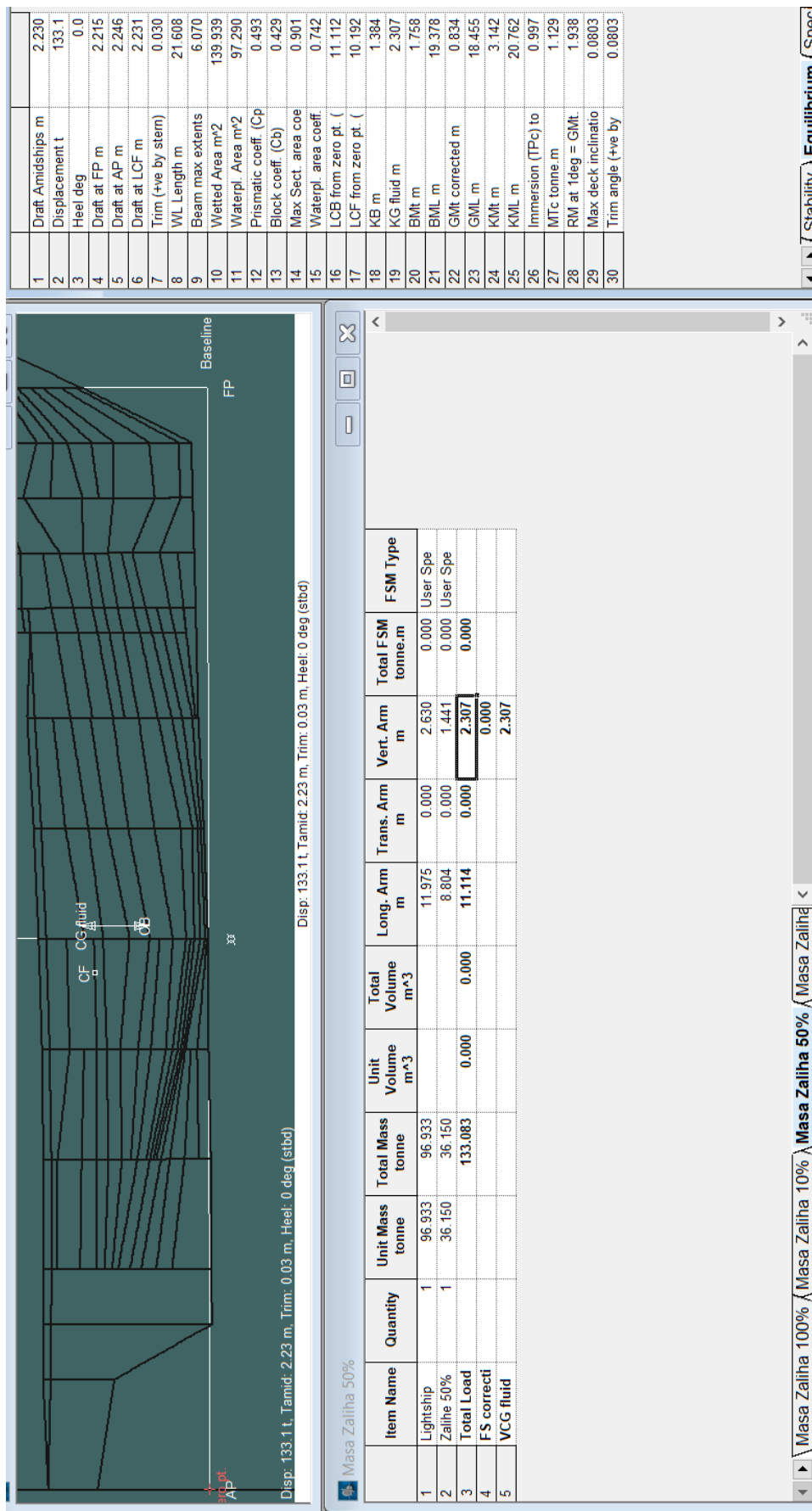
	Masa, t	x, m	y, m	z, m
Masa POB	96,933	11,975	0,000	2,630
Masa zaliha 50%	36,15	8,804	0,000	1,441
Ukupno	133,09	11,114	0,000	2,307

Tablica 4.15.10 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha

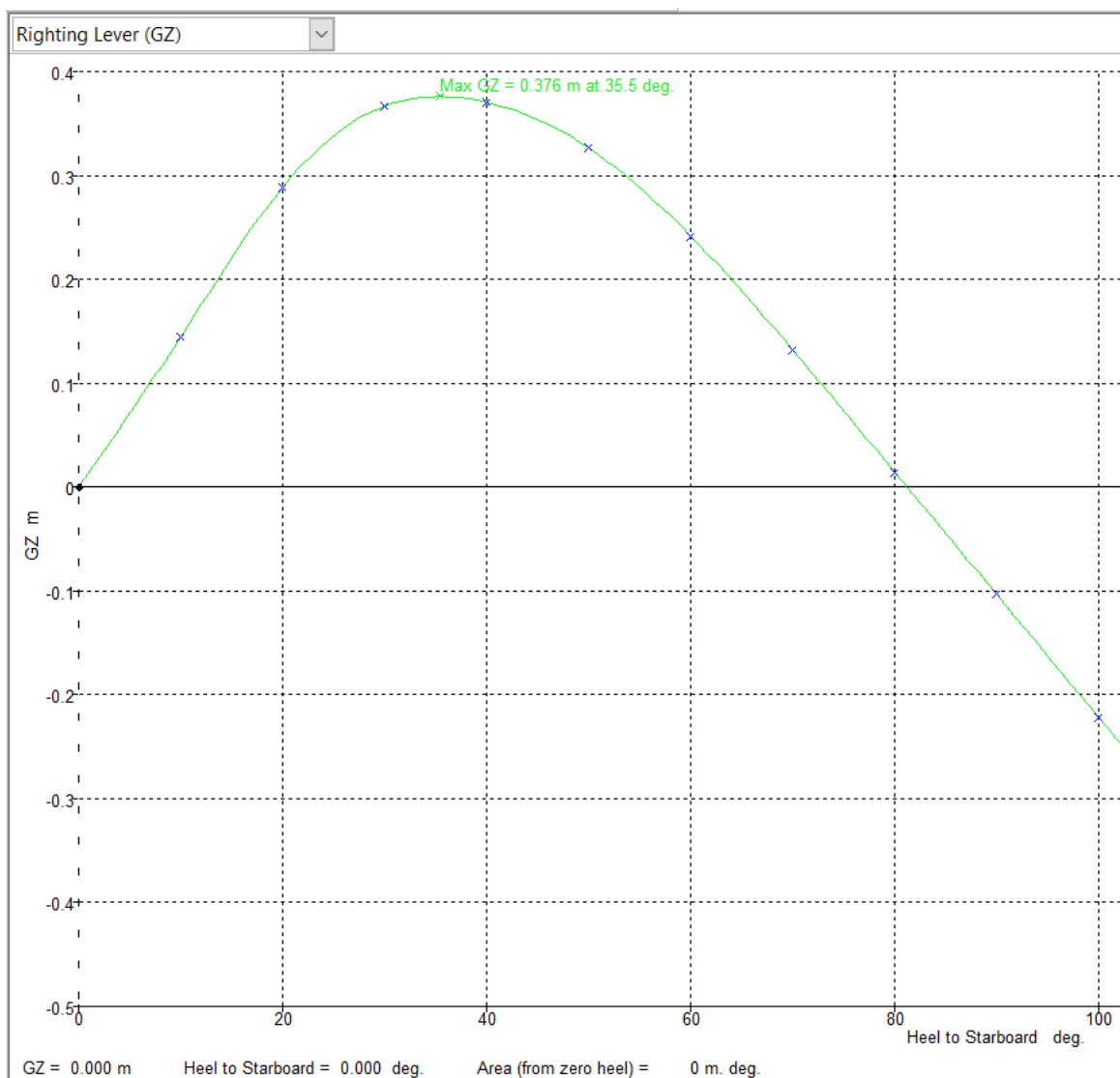
Istisnina broda Δ , t	133,09
Srednji gaz broda u težištu vodne linije od osnovice T's , m	2,23
Uzdužni položaj težišta istisnine po duljini od KO xF , m	11,112
Uzdužni položaj težišta sistema po duljini od KO xG , m	11,114
Vertikalni položaj težišta sistema od osnovice zG , m	2,307
Jedinični moment trima Mt1 , tm	1,129
Ukupni trim broda, m	0,030
Gaz na krmi na KO Tk = Ts \pm t/2 , m	2,246
Gaz na pramcu na PO Tp = Ts \pm t/2 , m	2,215
Vertikalna udaljenost poprečnog metacentra od osnovice KMT , m	3,142
Vertikalni položaj težišta istisnine od osnovice KF, m	1,384
Početna metacentarska visina MoG = KMT - zG , m	0,834
Metacentarski radijus MF =KM – KF , m	1,758

Tablica 4.15.11 Provjera stabiliteta broda pri stanju krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha prema kriterijima CRS-a

Kriteriji	Zahtijevano	Dobiveno
Površina ispod GZ krivulje do 30°, mrad	0,066	0,109
Površina ispod GZ krivulje do 40°, mrad	0,108	0,174
Površina ispod GZ krivulje od 30° do 40°, mrad	0,036	0,065
Minimalna poluga stabiliteta GZ > 0,2 m za 30° ili više	0,2	0,376
Maksimalna poluga stabiliteta GZ _{max} > 25°	25°	35,5°
Metacentarska visina MoG , m	0,5	0,834



Slika 4.15.3 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha u programu MaxSurf Stability



Slika 4.15.4 GZ krivulja za stanje krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha

4.15.2.3 Stanje krcanja s 10 % zaliha i punim ulovom

Za stanje krcanja s 10 % zaliha se u program ulazi s podacima iz tablice 4.15.12, a rezultati su prikazani na slici 4.15.5 i u tablici 4.15.13. U tablici 4.15.14 napravljena je provjera stabiliteta za brod s 10 % zaliha i punim ulovom prema kriterijima propisa Hrvatskog registra brodova [91]. GZ krivulja prikazana je na slici 4.15.6.

Tablica 4.15.12 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom

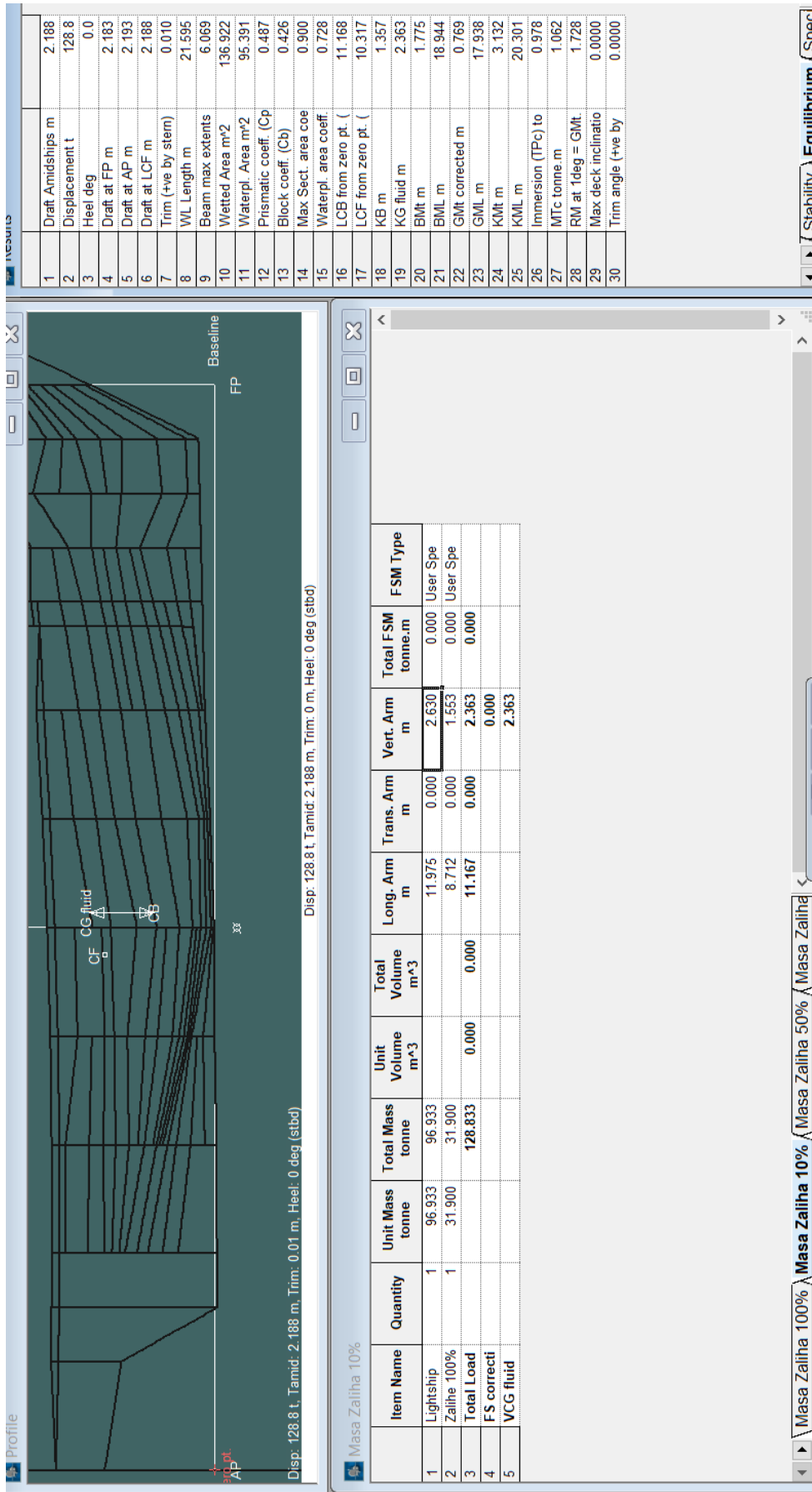
	Masa, t	x, m	y, m	z, m
Masa POB	96,933	11,975	0,000	2,630
Masa zaliha 10%	31,90	8,712	0,000	1,553
Ukupno	128,833	11,167	0,000	2,363

Tablica 4.15.13 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom

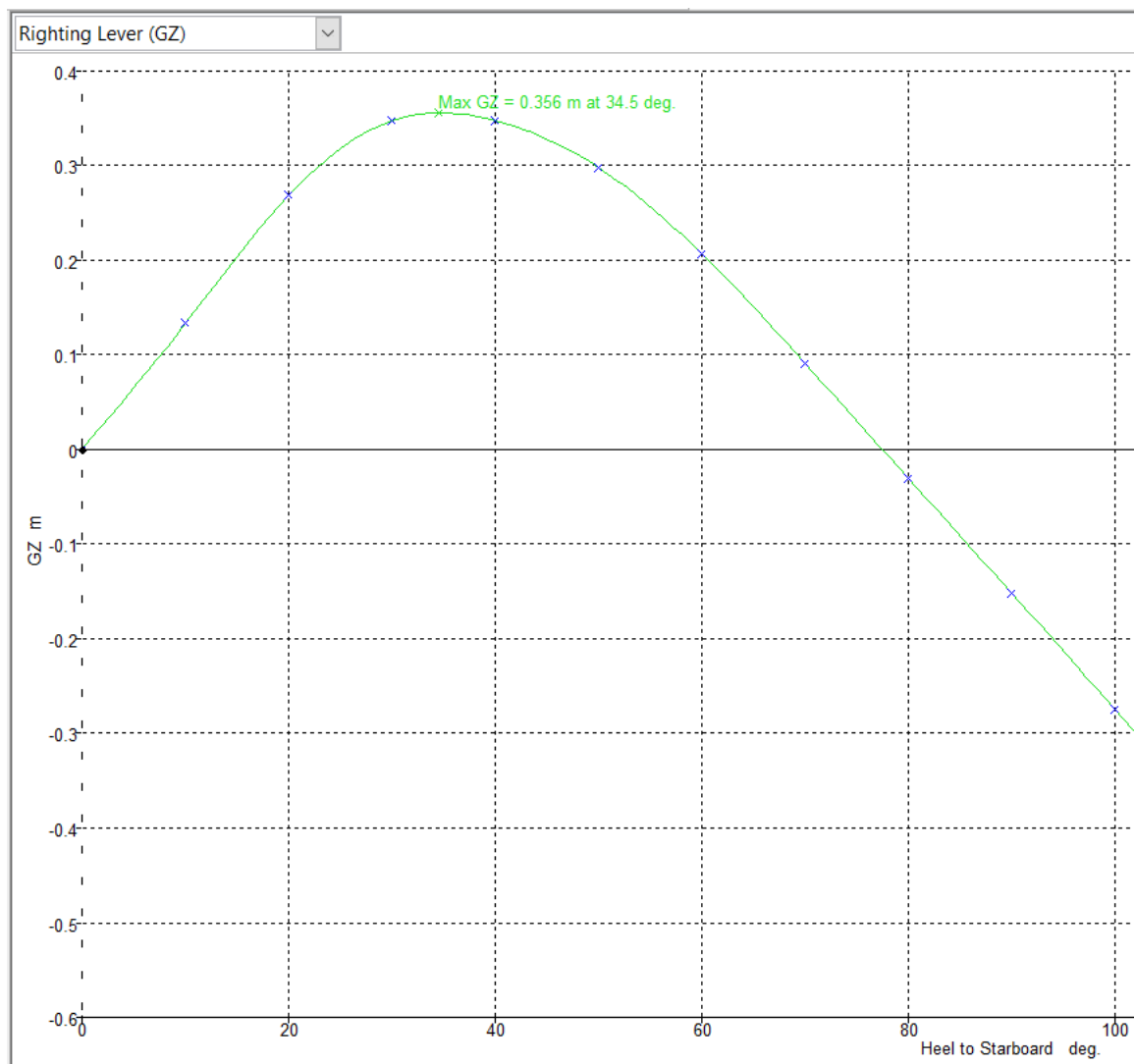
Istisnina broda Δ , t	128,83
Gaz T , m	2,188
Uzdužni položaj težišta istisnine po duljini od KO xF , m	11,168
Uzdužni položaj težišta sistema po duljini od KO xG , m	11,167
Vertikalni položaj težišta sistema od osnovice zG , m	2,363
Jedinični moment trima Mt1 , tm	1,062
Ukupni trim broda, m	0,010
Gaz na krmi na KO Tk = Ts \pm t/2 , m	2,193
Gaz na pramcu na PO Tp = Ts \pm t/2 , m	2,183
Vertikalna udaljenost poprečnog metacentra od osnovice KMT , m	3,132
Vertikalni položaj težišta istisnine od osnovice KF , m	1,357
Početna metacentarska visina MoG = KMT - zG , m	0,769
Metacentarski radijus MF =KM – KF , m	1,775

Tablica 4.15.14 Provjera stabiliteta broda sa 10 % zaliha s punim ulovom prema kriterijima CRS-a

Kriteriji	Zahtijevano	Dobiveno
Površina ispod GZ krivulje do 30°, mrad	0,066	0,102
Površina ispod GZ krivulje do 40°, mrad	0,108	0,164
Površina ispod GZ krivulje od 30° do 40°, mrad	0,036	0,062
Minimalna poluga stabiliteta GZ > 0,2 m za 30° ili više	0,2	0,356
Maksimalna poluga stabiliteta GZ _{max} > 25°	25°	34,5°
Metacentarska visina MoG , m	0,5	0,769



Slika 4.15.5 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom u programu MaxSurf Stability



Slika 4.15.6 GZ krivulja za stanje krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom

4.15.2.4 Stanje krcanja s 10 % zaliha i minimalnim ulovom

Za stanje krcanja s 10 % zaliha s minimalnim ulovom se u program ulazi s podacima iz tablice 4.15.15, a rezultati su prikazani na slici 4.15.7 i u tablici 4.15.16. U tablici 4.15.17 napravljena je provjera stabiliteta za brod s 10 % zaliha i punim ulovom prema kriterijima propisa Hrvatskog registra brodova [91]. GZ krivulja prikazana je na slici 4.15.8.

Tablica 4.15.15 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja od 10 % zaliha s minimalnim ulovom

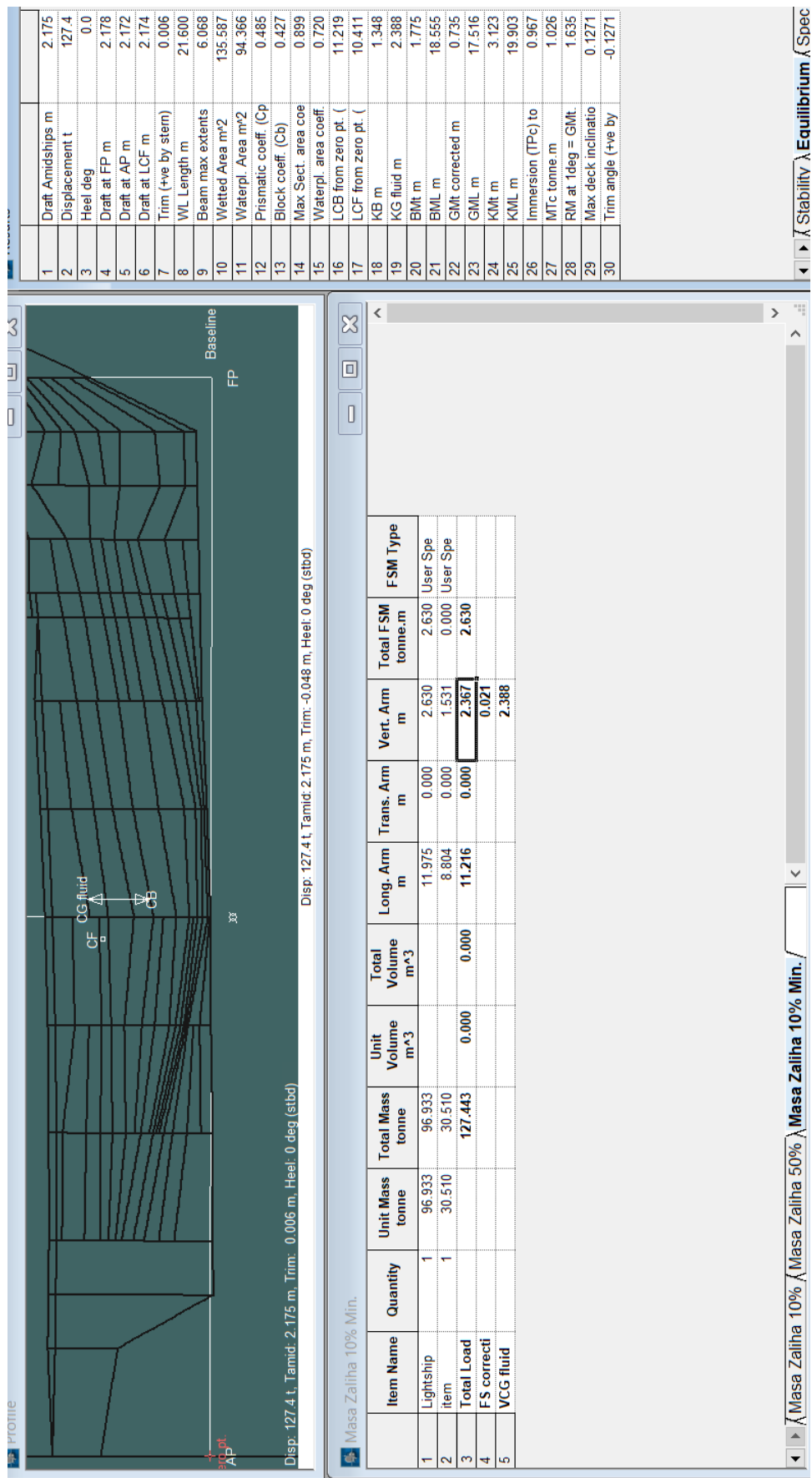
	Masa, t	x, m	y, m	z, m
Masa POB	96,933	11,975	0,000	2,630
Masa zaliha 10%	30,51	8,804	0,000	1,531
Ukupno	127,44	11,216	0,000	2,367

Tablica 4.15.16 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s minimalnim ulovom

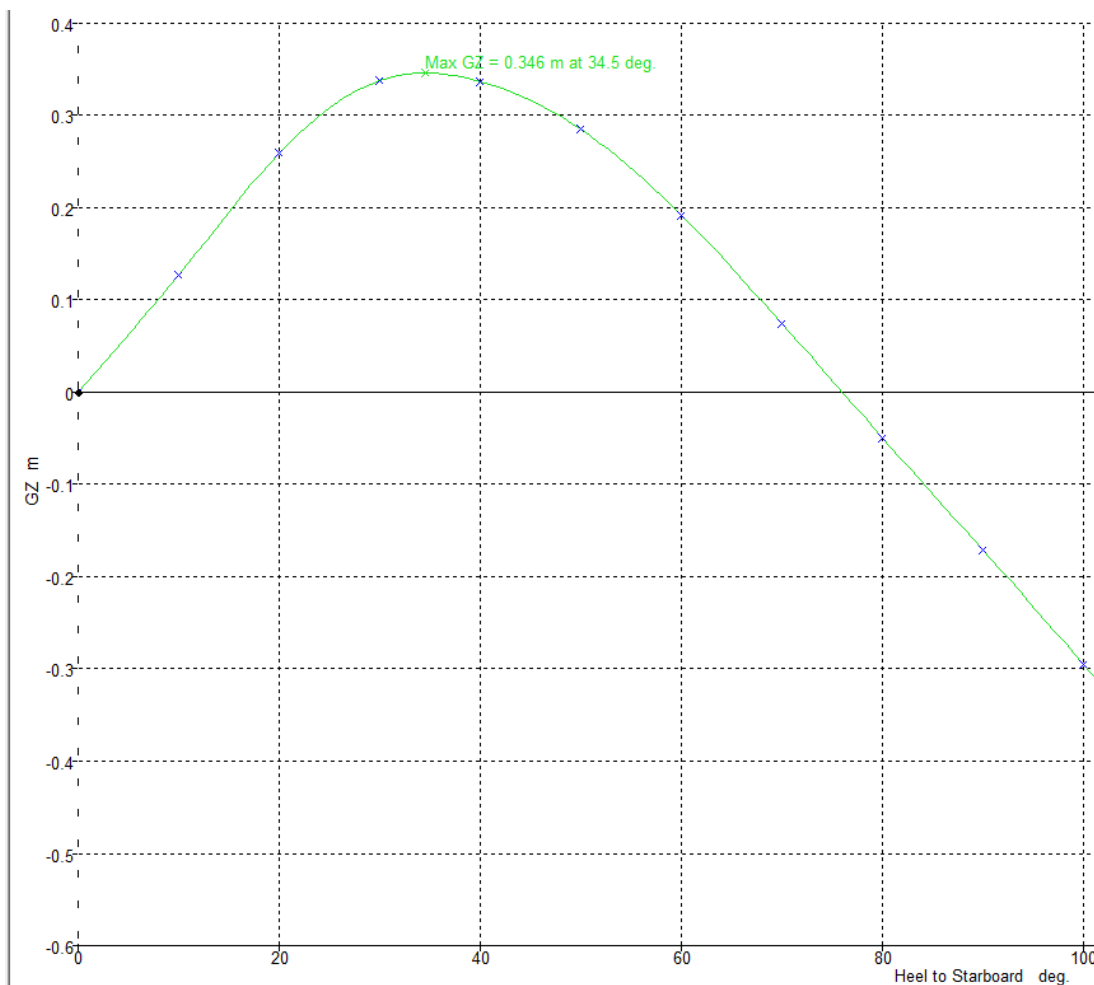
Istisnina broda Δ , t	127,44
Gaz T, m	2,175
Uzdužni položaj težišta istisnine po duljini od KO xF , m	11,219
Uzdužni položaj težišta sistema po duljini od KO xG , m	11,216
Vertikalni položaj težišta sistema od osnovice zG , m	2,367
Jedinični moment trima Mt1 , tm	1,026
Ukupni trim broda, m	0,006
Gaz na krmi na KO Tk = Ts \pm t/2 , m	2,178
Gaz na pramcu na PO Tp = Ts \pm t/2 , m	2,172
Vertikalna udaljenost poprečnog metacentra od osnovice KMT , m	3,123
Vertikalni položaj težišta istisnine od osnovice KF, m	1,348
Početna metacentarska visina MoG = KMT - zG , m	0,735
Metacentarski radijus MF =KM – KF , m	1,775

Tablica 4.15.17 Provjera stabiliteta broda sa 10 % zaliha s punim ulovom prema kriterijima CRS-a

Kriteriji	Zahtijevano	Dobiveno
Površina ispod GZ krivulje do 30°, mrad	0,066	0,098
Površina ispod GZ krivulje do 40°, mrad	0,108	0,158
Površina ispod GZ krivulje od 30° do 40°, mrad	0,036	0,06
Minimalna poluga stabiliteta GZ > 0,2 m za 30° ili više	0,2	0,346
Maksimalna poluga stabiliteta GZ _{max} > 25°	25°	34,5°
Metacentarska visina MoG , m	0,5	0,735



Slika 4.15.7 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s minimalnim ulovom u programu MaxSurf Stability



Slika 4.15.8 GZ krivulja za stanje krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom

Iz rezultata je vidljivo da su za oba stanja krcanja zadovoljeni svih minimalni kriteriji sa stajališta stabiliteta.

4.16. Tehnički opis

4.16.1. Općenito

Brod je jednovijčani kočar namijenjen za lov sitne plave ribe u hrvatskom dijelu Jadranskog mora. Brod je svrstan u kategoriju plovidbe 5 – nacionalna plovidba te je projektiran prema propisima Hrvatskog registra brodova i ostalim važećim propisima relevantnim za brodove koji plove pod hrvatskom zastavkom. Mjesto pristaništa mu je ribarski dio luke Pula u Istri. Brod se pokreće pomoću hibridne propulzije, odnosno ima ugrađen dizelski motor i elektromotor za propulziju. Pri plovidbi projektiranom brzinom brod će koristiti dizelski motor, a prilikom plovidbe manjim brzinama koristiti će elektromotor s obzirom da efikasnost dizelskog motora drastično pada pri nižim brzinama.

Brod ima jednu palubu i podijeljen je u slijedeće glavne brodske prostore: krmeni pik, teretni prostor (hlađeno spremište ribe), strojarnica i pramčani pik. Brodsko nadgrađe nalazi se na pramcu broda. Ispred nadgrađa nalazi se palubna nastamba, gledano od krme prema pramcu. Iza palubne nastambe smješten je hidraulički motor za povlačenje mreže kočice. Mreža kočice se izvlači preko rampe s koloturnicima na krmi te se mreža s ribom otvara iznad grotla hlađenog skladišta ribe radi jednostavnijeg smještaja iste u kašete unutar skladišta. Na brodu se predviđa minimalno četiri člana posade sukladno Pravilniku o najmanjem broju članova posade za sigurnu plovidbu koji moraju imati pomorski brodovi, plutajući objekti i nepomični odobalni objekti, a to uključuje: zapovjednika, dva mornara i upravitelja stroja.

4.16.2. Osnovne dimenzije

Duljina preko svega:	23,38 m
Duljina između okomica:	21,75 m
Širina, maksimalna na rebrima:	6,09 m
Visina do glavne palube:	3,19 m
Projektirani gaz:	2,1 m

4.16.3. Kapaciteti skladišta i tankova

Volumen hlađenog skladišta ribe:	47,52 m ³
Volumen balasta:	6 m ³ na krmi i 6 m ³ na pramcu
Tank dizelskog goriva:	1,57 m ³
Tank mazivnog ulja:	0,084 m ³
Tank pitke vode:	0,5075 m ³
Tank rashladne vode:	0,088 m ³

4.16.4. Brzina i doseg

Projektirana brzina broda je 10 čvorova na gazu od 2,1 m, a maksimalni doseg plovila iznosi 300 nautičkih milja pri istoj brzini.

4.16.5. Nosivost

Nosivost na projektnom gazu od 2,1 m iznosi 23,067 t. Plovilo je projektirano za ulov od 1,71 tona ribe koja se pohranjuje u izolirane kašete koje se pune ledom i pohranjuju u hladeno skladište ribe s termalnom izolacijom. U skladište stane 216 kašeta ukupne mase od 5,72 tone, a tri četvrtine kašeta se pune ribom dok je jedna četvrtina prostora u kašetama predviđena za led čija masa u tom slučaju iznosi 10,89 tona.

4.16.6. Specijalna oprema broda

Brod je opremljen s hidrauličkim vitlom za izvlačenje mreže koće te rampom s koloturnicama preko koje se izvlači mreža kako bi se smanjilo trenje koje djeluje na konope. Riba se skladišti u posebnom teretnom prostoru izoliranim s poliuretanskom pjenu i plastikom ojačanom staklenim vlaknima kako bi se održala niska temperatura i produžio period iskoristivosti ulovljene ribe. Riba se lovi mrežom kočom koja se baci u vodu i povlači pri brzini od 3 čvora. Specijalna oprema broda uključuje i sustav za praćenje ulova kojim je moguće saznati što se nalazi u mreži prije nego li se izvuče van, odnosno moguće je saznati je li u mreži zahvaćena neka zaštićena životinjska vrsta tako da se stigne reagirati što prije da se izbjegne ugrožavanje zaštićenih životinja.

4.16.7. Stabilitet

Plovilo zadovoljava kriterije stabiliteta te je projektirano u skladu s važećim hrvatskim propisima i pravilima koji se odnose na ribarske brodove. Proračun trima i stabiliteta proveo se za dva osnovna stanja krcanja. Prvo stanje krcanja je kada brod kreće iz luke polaska sa 100 % zaliha, a drugo stanje krcanja je kada se brod vraća u luku s 10 % zaliha i ulovljenom ribom.

4.16.8. Pogonski sustav

Brod je opremljen hibridnom propulzijom, odnosno može se pokretati i dizelskim motorom i elektromotorom. Odabran je dizelski motor D7A TA Heavy Duty Commercial švedskog proizvođača Volvo Penta. Snaga dizelskog motora je 174 kW, a njegova brzina okretanja je 2300 min⁻¹. Odabrani elektromotor e'dyn Marine 150 250 Inboard Electric proizvodi slovenski proizvođač e'dyn by Podkrižnik. Snaga elektromotora je 150 kW, a njegova maksimalna brzina okretanja iznosi 3100 min⁻¹. Elektromotor koristi električnu energiju pohranjenu u 9 baterija KBP63 austrijske tvrtke KREISEL koje čine baterijski sustav predmetnog broda. Baterijski sustav se ujedno koristi i za napajanje električnih potrošača na brodu, a može se puniti u luci pristanka ili dizelskog generatora na brodu.

5. Zaključak

U ovom diplomskom radu napravljen je idejni projekt okolišno prihvatljivog ribarskog broda na hrvatskom dijelu Jadranskog mora. Za vrstu ribarskog broda odabran je kočar koji je specifičan jer za ribolov koristi mrežu koču koja se baci u vodu i povlači plovidbom pri manjim brzinama s velikim otporom. Takvi brodovi često imaju lošu energetska efikasnost i proizvode puno stakleničkih plinova koji zagađuju okoliš. Osim zagađenja okoliša, radi porasta cijena nafte i inflacije, takvim je brodovima sve teže postići profit stoga se ovom idejnom projektu pristupilo istraživanjem kako povećati energetska efikasnost i smanjiti negativan utjecaj broda na okoliš, a samim time i profitabilnost.

Najveći utjecaj na okoliš kod brodova ima propulzija zato su razrađene različite vrste propulzije s njihovim prednostima i manama te je na osnovu toga odabrana hibridna propulzija koja se pokazala idealnom za uvjete plovidbe kočara koji pola vremena plove konstantno maksimalnom brzinom a pola vremena plove kočarenjem pri niskim brzinama s visokim opterećenjima. Osim odabira najpogodnije propulzije, raspravljene su i optimizacije broda poput prilagođavanja maksimalne brzine za optimalnu potrošnju goriva i vrijeme plovidbe, izgladivanje forme radi smanjenja trenja, redovito održavanje trupa broda iz istog razloga te redovito održavanje pogonskog sustava kako bi radilo pri maksimalnoj efikasnosti. Jedna od metoda uštede energije na brodu koja je raspravljena u ovom radu je i odabir najefikasnijih električnih potrošača poput indukcijske ploče umjesto električnog štednjaka i korištenje LED lampi za osvjetljenje brodskih prostora.

Ovaj idejni projekt obuhvatio je prvi krug projektne spirale čiji su čvorovi definirani i obrađeni u ovom radu. Za projektiranje broda postavili su se projektne zahtjevi s obzirom na luku pristanka te se projektiranju pristupilo s odabirom volumena teretnog prostora kao prvi zahtjev prema kojemu su određene inicijalne dimenzije broda. Za određivanje volumena teretnog prostora proučeni su statistički podaci prosječnog ulova plave ribe na području Jadranskog mora te se sukladno tome odredio adekvatni volumen teretnog prostora. Ostale osnovne dimenzije i preliminarni koeficijenti forme određeni su preko analize baze podataka sličnih brodova. Jednom kada su se definirale osnovne karakteristike broda, koristio se program za 3D modeliranje Rhinoceros za izradu 3D modela forme broda. Model broda je zatim omogućio dobivanje hidrostatičkih podataka ubacivanjem u drugi program MaxSurf. S hidrostatičkim podacima pristupilo se računanju otpora broda kako bi se mogao odabrati pogonski sustav broda potreban za savladavanje otpora i postizanje projektirane brzine plovidbe. Zatim je uslijedila razrada sve opreme na brodu te je izrađen opći plan razmještaja brodskih prostora. Na kraju ovog idejnog projekta napravio se preliminarni proračun trima i stabiliteta broda za stanja krcanja broda od 100

% i 10 % zaliha. Za izradu proračuna trima i stabiliteta potrebno je procijeniti masu praznog opremljenog broda i nosivosti skupa s težištima svih masa na brodu te je sve skupa sumirano u tehničkom opisu broda.

Na kraju ovog projekta dobivene su sve informacije potrebne za ulazak u drugi krug projektne spirale u kojemu bi se sve procijene iz prvog kruga zamijenile konkretnim brojevima dobivenim na kraju proračuna dok bi se svi brojevi dodatno izgladili iterativnim procesom dok se ne dobe svi potrebni brojevi za izradu samog broda.

Literatura

- [1] Pomorski zakonik, Članak 5 (NN 26/15, 17/19), točka 42; na snazi od 01.01.2020.
- [2] Hrvatska tehnička enciklopedija, s interneta, dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/leut/> , datum pristupa: 01.04.2023
- [3] Hrvatska tehnička enciklopedija, s interneta, dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/gajeta/> , datum pristupa: 01.04.2023
- [4] Hrvatska tehnička enciklopedija, s interneta, dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/skomerza/> , datum pristupa: 01.04.2023
- [5] Hrvatska enciklopedija, s interneta, dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=36229> , datum pristupa: 17.08.2023
- [6] Plan upravljanja za okružujuće mreže plivarice „srdelare“, s interneta, dostupno na: https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/PLAN_PLIVARICE_SRDELARE.pdf , datum pristupa: 01.05.2023
- [7] Marçalo, A.; Breen, M.; Tenningen, M.; Onandia, I.; Arregi, L.; Gonçalves, M.S.: Mitigating Slipping-Related Mortality from Purse Seine Fisheries for Small Pelagic Fish: Case Studies from European Atlantic Waters, The European Landing Obligation, siječanj 2019.
- [8] Hrvatska enciklopedija – ribarska mreža, s interneta, dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=68754> , datum pristupa: 02.05.2023.
- [9] Pomorska enciklopedija, s interneta, dostupno na: <https://pomorska.lzmk.hr/Natuknica?id=3407> , datum pristupa: 02.05.2023.
- [10] Narodne novine (NN 84/2015) - Pravilnik o obavljanju gospodarskog ribolova na moru mrežama stajaćicama, klopkastim, udičarskim i probodnim ribolovnim alatima te posebnim načinima ribolova
- [11] Michigan Sea Grant, s interneta, dostupno na: <https://www.michiganseagrant.org/topics/coastal-hazards-and-safety/commercial-fishing-net-safety/> , datum pristupa: 17.08.2023.
- [12] Wikipedia, s interneta, dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Prirodni_plin , datum pristupa: 05.05.2023.

- [13] Wikipedia, s interneta, dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Ogrjevna_vrijednost , datum pristupa:05.05.2023.
- [14] Altosole, M.; Buglioni, G.; Figari, M.: Alternative propulsion technologies for fishing vessels: A case study, International Review of Mechanical Engineering, Vol. 8, N. 2, ožujak 2014.
- [15] Kovaček, G.: Električna propulzija na brodovima – prednosti i nedostaci, Sveučilište u Zadru, 2019.
- [16] Ammar, N. R. & Seddiek, I.S.: Evaluation of the environmental and economic impacts of electric propulsion systems onboard ships: case study passenger vessel; Environmental Science and Pollution Research, ožujak 2021.
- [17] Geertsma, R.D.; Negenborn, R.R.; Visser, K.; Hopman J.J.: Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments; Applied Energy, Vol 194, pages 30-54; svibanj, 2017.
- [18] Wilson, J.D.K.: Fuel and financial savings for operators of small fishing vessels, FAO Fisheries Technical Paper No. 383. Rome, FAO. 1999. 46 pp.
- [19] Sala, A.; De Carlo, F.; Buglioni, G.; Lucchetti, A.: Energy performance evaluation of fishing vessels by fuel mass flow measuring system; Ocean engineering, Vol. 38, Issue 5-6, pp 804-809, travanj 2011.
- [20] Basurko, O. C.; Gabina, G.; Uriondo, Z.: Energy performance of fishing vessels and potential savings, Journal of Cleaner Production, Vol. 54, pp 30-40, rujan 2013.
- [21] Aegisson, G. & Endal, A.: Energy conservation programme in the Indian fisheries; Energy conservation programme, 1992.
- [22] Valdemarsen, J.W.; Suuronen, P.: 19 Modifying Fishing Gear to Achieve Ecosystem Objectives, veljača 2003.
- [23] The Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels, s interneta, dostupno na: <https://www.acap.aq/latest-news/bird-scaring-lines-and-night-setting-on-pelagic-longliners-save-albatrosses-from-drowning-on-hooks> , datum pristupa: 17.08.2023.
- [24] Breslin, J.P.; Andersen, P.: Hydrodynamics of Ship Propellers; Cambridge University Press 1993.
- [25] Hrvatska enciklopedija, s interneta, dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=638> , datum pristupa: 10.09.2023

- [26] Shawyer, M. & Medina Pizzali A.F.: The Use of Ice on Small Fishing Vessels; Food & Agriculture Org., 2003
- [27] Ciconkov, R.: Refrigerants: there is still no vision for sustainable solutions; International Journal of Refrigeration, 2017.
- [28] Pigani, L.; Boscolo, M.; Pagan, N.: Marine refrigeration plants for passenger ships: low-GWP refrigerants and strategies to reduce environmental impact, International Journal of Refrigeration, 2016.
- [29] Ariany, Z.; Said S.D.; Hartono: The Development of Thermal Insulation System on Fish Cargo Hold by Utilizing Paper Waste (Cellulose) for Improving Catch Quality, Advanced Science Letters, Vol. 24, No. 12, prosinac 2018.
- [30] Kuo, C.J. & Shen, S.C.: Design of Secondary Lens for LED Fishing Lamps to Evaluation Catches Energy Efficiency in Saury Fishing, IEEE Access, Vol. 6, listopad 2018.
- [31] S. C. Shen and H. J. Huang, “Design of LED fish lighting attractors using horizontal/vertical LIDC mapping method,” Opt. Express, vol. 20, no. 24, pp. 26135–26146, 2012.
- [32] Susanto, A.; Irnawati, R.; Mustahal, M.; Syabana, M.A.: Fishing efficiency of LED lamps for fixed lift net fisheries in banten bay Indonesia, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 17, Pages 283-291, 2017.
- [33] Siemens blog, s interneta, dostupno na: <https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/ship-design-spiral-simcenter/> , datum pristupa: 01.09.2023.
- [34] Institut za oceanografiju i ribarstvo: Procjena rasprostranjenosti i obimnosti populacije sitne plave ribe u Jadranskom moru ultrazvučnom detekcijom (eho-monitoring), Split, 2004.
- [35] Narodne novine (NN 144/2005) - Pravilnik o granicama u ribolovnom moru Republike Hrvatske
- [36] Lučka uprava Pula, s interneta, dostupno na: <https://www.lup.hr/luka-pula/> , datum pristupa: 16.08.2023.
- [37] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/home/en/> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [38] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/ind-35> , datum pristupa: 18.08.2023.

- [39] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/cey-50> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [40] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/sb-1> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [41] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/ind-23> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [42] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/ira-156> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [43] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/uru-517> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [44] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/tha-1> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [45] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/ven-14> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [46] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/moz-77> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [47] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/ind-30> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [48] Food and Agriculture Organization of the United Nations, s interneta, dostupno na: <https://www.fao.org/fishery/en/vesseldesign/net-23> , datum pristupa: 18.08.2023.
- [49] Burza Nautike, s interneta, dostupno na: https://www.burzanautike.com/hr/poceo_jos_jedan_lovostaj/6260/5 , datum pristupa: 20.08.2023.
- [50] Lamb, T.: Ship design and construction, SNAME publication, 2003., revizija knjige: D'Arcangelo, A.M.: Ship design and construction. SNAME publication, New York, 1969.
- [51] Papanikolaou, A: „Ship Design Methodologies of Preliminary Design“, Springer, 2014.
- [52] Watson, D. G. M.: Practical Ship Design, Elsevier, 1998.
- [53] Ventura, M: „Estimation Methods for Basic Ship Design“, s interneta, dostupno na: <http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/EN/SD-1.3.1-Estimation%20Methods.pdf> , datum pristupa: 04.05.2024.

- [54] Bilec, M.; Obreja C.D.: Ship resistance and powering prediction of a fishing vessel, IOP Conference Series Materials Science and Engineering, rujun 2020.
- [55] Soykan, O.; Aydin, C.: A Theoretical Approach to Determine the Total Resistance on Different Trawl Gears Used in Turkiye, Aquatic Science and Engineering, 2022.
- [56] Reid, A.J.: A net drag formula for pelagic nets, Scottish Fisheries Research Report, No.7, pp. 12-25, 1977.
- [57] Mac Lennan, D.N.: The drag of four panel demersal trawls Fish. Research, 1:1, pp. 23-33, 1981.
- [58] Fridman, A.L.: Calculation for fishing gear designs, FAO Fishing Manuals, London: Fishing News Books Ltd., 1986.
- [59] Nomura, M.; Yamazaki, T.: Fishing techniques; compilation of transcript of lectures presented at the Training Department, SEAFDEC (Southeast Asian Fisheries Development Center), 1975.
- [60] Fridman, A. L.: Theory and design of commercial fishing gear, Moskva: Pischevaya Promyshlennost, 1969.
- [61] Oosterveld, M.W.C.: Wake Adapted Ducted Propellers, Publication No. 345, Netherlands, Ship Model Basin, Wageningen, Netherlands, 1970.
- [62] Holtrop, J.; Mennen, G. G. J.: An Approximate Power Prediction Method, International Shipbuilding Progress, Vol. 24, No.270, 1977.
- [63] Burrill, L.C.; Emerson, A.: Propeller cavitation: Further tests on 16in. propeller models in the King's College cavitation tunnel, Transactions North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, Vol. 79, 1962–1963.
- [64] Katalog s interneta, dostupno na: <https://www.wajax.com/product/marine-inboard-engines-4/>, datum pristupa: 29.05.2024.
- [65] Katalog s interneta, dostupno na: <https://www.p-s.dk/produktpdf/350HS.pdf>, datum pristupa: 06.06.2024.
- [66] Petersen & Sørensen Motorværksted, s interneta, dostupno na: <https://www.p-s.dk/125-c.p-gear.html?caction=idetail&itid=43>, datum pristupa: 06.06.2024.

[67] Green boat solutions, s interneta, dostupno na: <https://greenboatsolutions.com/shop/motor/inboard/edyn-150-250-in> , datum pristupa: 24.03.2024.

[68] Kreisel, s interneta, dostupno na: <https://www.kreiselectric.com/products/battery-systems/> , datum pristupa: 24.03.2024.

[69] Green boat solutions, s interneta, dostupno na: <https://greenboatsolutions.com/adviser/drive-time-and-range> , datum pristupa: 24.05.2024.

[70] MAN Auxiliary gensets katalog, s interneta, dostupno na: https://www.man.eu/ntg_media/media/content_medien/doc/man_engines_1/produkte/marine_1/Marine_Auxiliary.pdf , datum pristupa 01.07.2024.

[71] Aventin, s interneta, dostupno na: <http://www.aventin.hr/index.php?m=navigacijska-svjetla> , datum pristupa: 25.05.2024.

[72] Navigation Center, United States Coast Guard, s interneta, dostupno na: <https://www.navcen.uscg.gov/navigation-rules-amalgamated> , datum pristupa: 25.05.2024.

[73] Copeland international, s interneta, dostupno na: <https://www.copelandintl.com/blog/marine-winning/finding-the-right-winch-for-your-boat/> , datum pristupa: 29.05.2024.

[74] SEIMI Marine Equipment, s interneta, dostupno na: https://www.seimi-equipements-marine.com/en/fishing-hydraulics/fishing-gear/fishing-winch/2-reel-trawl-winch-tw2-without-cable-gu/pdt_5133 , datum pristupa: 30.05.2024

[75] SEIMI katalog s interneta, dostupno na: <https://www.seimi-equipements-marine.com/en/catalog> , datum pristupa: 24.05.2024

[76] S interneta, dostupno na: <https://www.gettyimages.co.uk/detail/news-photo/two-fishermen-prepare-their-boat-lilley-g-to-head-out-to-news-photo/1220932975?adppopup=true> , datum pristupa: 24.05.2024

[77] Kongsberg Maritime, s interneta, dostupno na: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/commercial-fisheries/fisherycatch/fx/> , datum pristupa: 01.06.2024.

[78] Wikipedia, s interneta, dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Automatski_identifikacijski_sustav , datum pristupa: 05.06.2024.

- [79] Knowledge of sea, s interneta, dostupno na: <https://knowledgeofsea.com/automatic-identification-system/> , datum pristupa: 05.06.2024.
- [80] Gržan, M.; Nekić, D. Ostović. Lj.: Poboľšanje sustava za nadzor morskog ribarstva u plinskom eksploatacijskom polju sjeverni Jadran, svibanj, 2013.
- [81] Morski.hr, Jadranski web portal, s interneta, dostupno na: <https://www.morski.hr/objavljeni-pravilnici-o-izdavanju-odobrenja-za-koce-i-plivarice-srdelare/> , datum pristupa: 05.06.2024.
- [82] Europski revizorski sud, s interneta, dostupno na: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/fisheries-08-2017/hr/> , datum pristupa: 06.06.2024.
- [83] Ministarstvo poljoprivrede, s interneta, dostupno na: <https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Tomo/Prirucnik%20e-o%C4%8Devidnik%202.0.pdf> , datum pristupa: 06.06.2024.
- [84] Tomljenović, A.; Rusak, K.: Ribarske mreže - vrste, značajke i karakterizacija, Tekstil 63 (5-6) 179-194, 2014.
- [85] B&S Ribomaterijal, s interneta, dostupno na: <http://www.bs-ribomaterijal.hr/kocarice/mreze-za-kocarice> , datum pristupa: 08.06.2024.
- [86] Rotogal, s interneta, dostupno na: https://www.rotogal.com/PDF/cat_Rotogal_en.pdf , datum pristupa: 05.06.2024.
- [87] Grubišić, E. Begović, Upgrading weight prediction in small craft concept design, IMAM 2009.
- [88] Grubišić: Reliability of weight prediction in the small craft concept design, University of Naples, 2008.
- [89] Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka, Pravilnik o najmanjem broju članova posade za sigurnu plovidbu brodova unutarnje plovidbe, Narodne Novine, 63/2007.
- [90] Dejhalla R.: „Materijali s vježbi iz kolegija „Osnivanje broda 2“, Tehnički fakultet Rijeka, 2020.
- [91] Pravila za statutarnu certifikaciju ribarskih brodova, 2012.

Popis slika

Slika 2.1.1 Primjer leuta (lijevo)[5] i gajete (desno)[3]	4
Slika 2.2.1 Lov mrežom plivaricom [7]	5
Slika 2.2.2 Mreža koća [8]	7
Slika 2.2.3 Mreža stajačica [11]	8
Slika 3.1.1 Primjer dizel-električne propulzije [16]	11
Slika 3.1.2 Primjer hibridne propulzije [17]	12
Slika 3.5.1 Uređaj za isključivanje kornjača [22]	16
Slika 3.5.2 Strašila za ptice na parangalima [23]	17
Slika 3.6.1 Kut nagiba krila vijka [18]	19
Slika 4.1.1 Projektna spirala [33]	23
Slika 4.2.1 Prostorna rasprostranjenost srdele u istočnom dijelu Jadranskog mora - rujan, 2004. [34]	24
Slika 4.2.2 Prostorna rasprostranjenost incuna u istočnom dijelu Jadranskog mora - rujan, 2004. [34]	25
Slika 4.2.3 Ribolovne zone Republike Hrvatske [35]	25
Slika 4.2.4 Situacija u luci Pula [36]	26
Slika 4.5.1 Omjer duljine između perpendikulara L_{PP} (m) i volumena rashlađenog teretnog prostora za ribarske brodove (m^3) [50]	29
Slika 4.6.1 Dijagram za dobivanje CB-a preko Froude-ovog broja [52]	31
Slika 4.7.1 Brodske linije nacrtane u programu Rhinoceros	34
Slika 4.7.2 Forma predmetnog broda	35
Slika 4.7.3 Analiza rupa na modelu trupa	35
Slika 4.8.1 Dijagramski list	37
Slika 4.9.1 Krivulja otpora i brzine	38
Slika 4.9.2 Krivulja snage otpora i brzine	39
Slika 4.9.3 Elementi pelagične mreže koće [54]	40
Slika 4.9.4 Krivulja otpora mreže prema brzini	41
Slika 4.9.5 Krivulja snage otpora prilikom kočarenja po brzini	43
Slika 4.10.1. Dijagram slobodne vožnje vijka Ka 4-70 niza u sapnici 19A [61]	46
Slika 4.10.2 Dijagram za N_{OPT} , P/D_{OPT} i η_{0MAX}	47
Slika 4.10.3 Burrilov dijagram [63]	48
Slika 4.10.4 Volvo Penta D7A TA Heavy Duty Commercial dizel motor [64]	51
Slika 4.10.5 Dijagram radne snage motora u odnosu na brzinu okretanja motora	51

Slika 4.10.6 Odbrani reduktor Mekanord marine C.P. Gearbox 350HS [66]	52
Slika 4.10.7 BP- δ dijagram za dobivanje promjera i uspona vijka, Ka 4-70	53
Slika 4.10.8 Dijagram s krivuljama J i η_0 u funkciji od K_T/J^2	58
Slika 4.10.9 Prognozni dijagram	59
Slika 4.10.10 e'dyn Marine 150 250-IN elektromotor [67]	62
Slika 4.10.11 KREISEL KBP63 baterijski sustav [68]	64
Slika 4.10.12 Dizelski generator D2676 LE332 [70]	65
Slika 4.11.1 Navigacijska svjetla prilikom kočarenja kada se brod ne kreće kroz vodu [72]	67
Slika 4.11.2 Navigacijska svjetla prilikom kočarenja kada se brod kreće kroz vodu [72]	68
Slika 4.11.3 Dnevna oznaka za brod koji obavlja ribolov [71]	68
Slika 4.12.1 Odabrano vitlo za povlačenje mreže kočice [74]	69
Slika 4.12.2 Osnovne dimenzije odabranog vitla za povlačenje kočice [75]	70
Slika 4.12.3 Primjer koloturnika na kočaru [76]	70
Slika 4.12.4 Primjer rada sustava za praćenje ulova [77]	71
Slika 4.12.5 AIS monitor [79]	72
Slika 4.12.6 Princip rada VMS sustava [82]	73
Slika 4.12.7 Naslovna strana e-očevidnika [83]	73
Slika 4.12.8 Mreža kočice od polimernih vlakana [85]	74
Slika 4.12.9 Mreža kočice od gumenih niti [85]	75
Slika 4.13.1 Izolirana kašeta za skladištenje ribe na brodu iz kataloga proizvođača Rotogal [86]	76
Slika 4.13.2 Razmještaj brodskih prostora	77
Slika 4.15.1 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 100% zaliha u programu MaxSurf Stability	91
Slika 4.15.2 GZ krivulja za stanje krcanja od 100 % zaliha	92
Slika 4.15.3 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha u programu MaxSurf Stability	94
Slika 4.15.4 GZ krivulja za stanje krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha	95
Slika 4.15.5 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom u programu MaxSurf Stability	97
Slika 4.15.6 GZ krivulja za stanje krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom	98
Slika 4.15.7 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s minimalnim ulovom u programu MaxSurf Stability	100
Slika 4.15.8 GZ krivulja za stanje krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom	101

Popis tablica

Tablica 3.7.1 Toplinska vodljivost materijala [29]	22
Tablica 4.3.1 Tablica sličnih kočara.....	27
Tablica 4.6.1 Vrijednost C_B	32
Tablica 4.6.2 Vrijednost C_M	32
Tablica 4.6.3 Vrijednost C_{WL}	32
Tablica 4.6.4 Vrijednost C_P	33
Tablica 4.6.5 Usvojeni bezdimenzijski koeficijenti	33
Tablica 4.8.1 Hidrostatički podaci za $T = 2,1$ m	36
Tablica 4.9.1 Dobivene vrijednosti otpora i snage ukupnog otpora.....	38
Tablica 4.9.2 Otpor mreže kočice za dane brzine	43
Tablica 4.9.3 Ukupna snaga otpora prilikom kočarenja.....	43
Tablica 4.10.1 Vrijednosti za $A_E/A_0 = 0,7$	46
Tablica 4.10.2 Očitane vrijednosti N_{OPT} , P/D_{OPT} i η_{0MAX} iz dijagrama.....	47
Tablica 4.10.3 Karakteristike Volvo Penta D7A TA Heavy Duty Commercial motora.....	51
Tablica 4.10.4 Podaci propulzije.....	52
Tablica 4.10.5 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.6.....	54
Tablica 4.10.6 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.1.....	54
Tablica 4.10.7 Tablica značajki odabranog brodskog vijka.....	57
Tablica 4.10.8 Vrijednosti potrebne za izradu prognoznog dijagrama	57
Tablica 4.10.9 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.7.....	61
Tablica 4.10.10 Karakteristike e'dyn Marine 150 250-IN električnog motora	62
Tablica 4.10.11 Iščitane vrijednosti iz dijagrama sa slike 4.10.6.....	63
Tablica 4.10.12 Karakteristike baterijskog sustava KBP63	64
Tablica 4.10.13 Karakteristike dizelskog generatora D2676 LE322	65
Tablica 4.14.1 Konačna vrijednost mase praznog opremljenog broda	81
Tablica 4.15.1 Centracija masa praznog opremljenog broda	82
Tablica 4.15.2 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 100 %	88
Tablica 4.15.3 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 50 % zaliha s punim ulovom .	88
Tablica 4.15.4 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 10 % s punim ulovom	88
Tablica 4.15.5 Centracija masa zaliha prilikom stanja krcanja od 10 % s minimalnim ulovom ..	89
Tablica 4.15.6 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja od 100 %	89
Tablica 4.15.7 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 100 % zaliha	90
Tablica 4.15.8 Provjera stabiliteta broda sa 100% zaliha prema kriterijima CRS-a.....	90

Tablica 4.15.9 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha.....	92
Tablica 4.15.10 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha	93
Tablica 4.15.11 Provjera stabiliteta broda pri stanju krcanja s punim ulovom i 50 % zaliha prema kriterijima CRS-a	93
Tablica 4.15.12 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom..	95
Tablica 4.15.13 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s punim ulovom	96
Tablica 4.15.14 Provjera stabiliteta broda sa 10 % zaliha s punim ulovom prema kriterijima CRS-a	96
Tablica 4.15.15 Podaci masa i težišta prilikom stanja krcanja od 10 % zaliha s minimalnim ulovom	98
Tablica 4.15.16 Rezultati stabiliteta pri stanju krcanja od 10 % zaliha s minimalnim ulovom....	99
Tablica 4.15.17 Provjera stabiliteta broda sa 10 % zaliha s punim ulovom prema kriterijima CRS-a	99

SAŽETAK

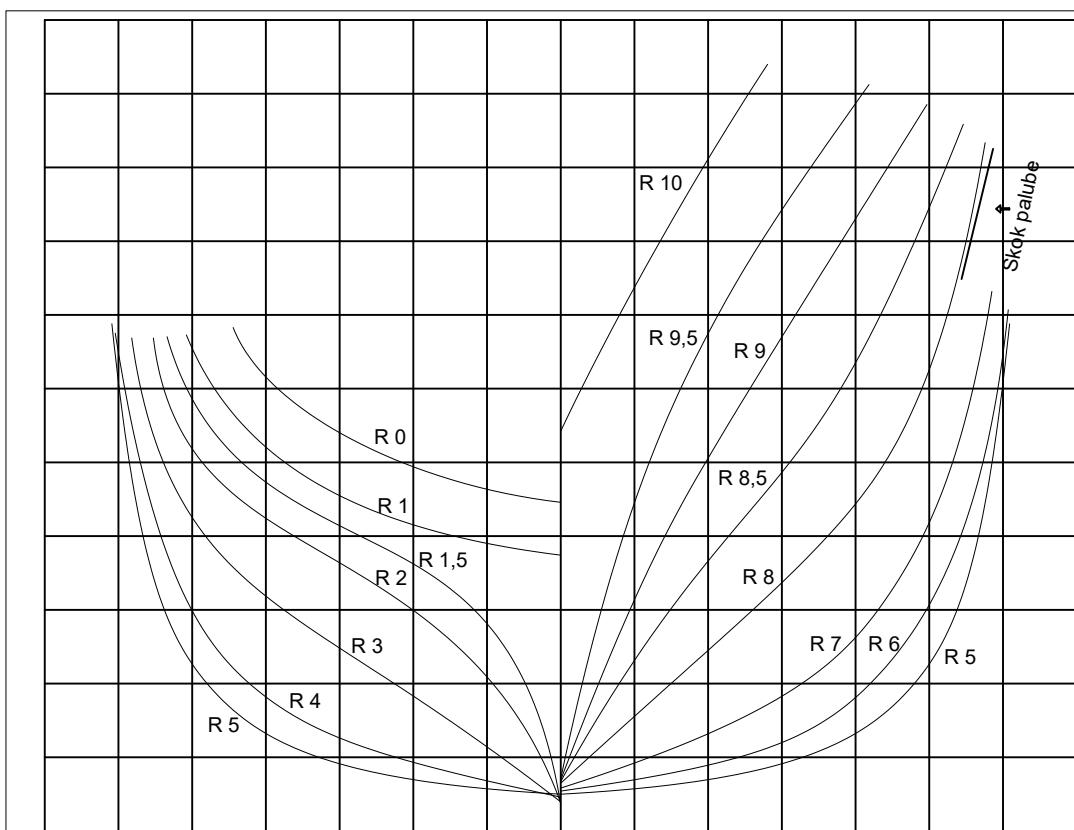
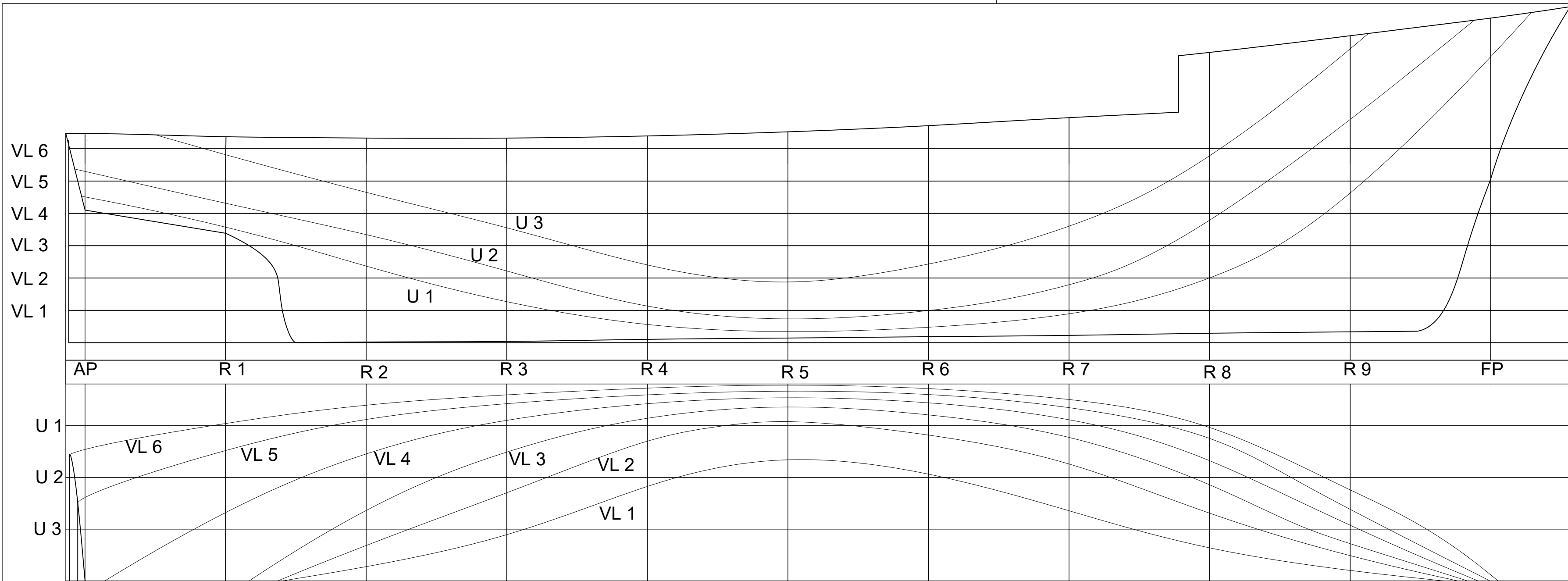
U ovom diplomskom radu napravljen je idejni projekt okolišno prihvatljivog broda za ribolov na hrvatskom dijelu jadranskog mora. Vrsta ribarskog broda koji se razradio u prvom krugu projektne spirale je kočar. Analizirale su se razne metode poboljšanja energetske efikasnosti pomoću kojih se može smanjiti negativan utjecaj broda na okoliš. Određene su osnovne dimenzije broda i koeficijenti forme te je na osnovu toga napravljen 3D model brodske forme u programu Rhinoceros. Hidrostatički podaci su dobiveni ubacivanjem modela u program MaxSurf te je na osnovu toga napravljen proračun otpora i propulzije. Odabrali su se pogonski sustavi iz kataloga te se obradila sva oprema na brodu. Određen je raspored brodskih prostora u općem planu te je napravljena procjena mase praznog opremljenog broda i nosivosti. Za proračun stabiliteta broda odredila su se težišta svih masa na brodu te se procijenio stabilitet broda za 2 stanja krcanja u programu MaxSurf Stability.

Ključne riječi: idejni projekt, kočar, okolišno prihvatljivi brod, hibridni pogon, elektromotor, dizelski generator, baterijski sustav

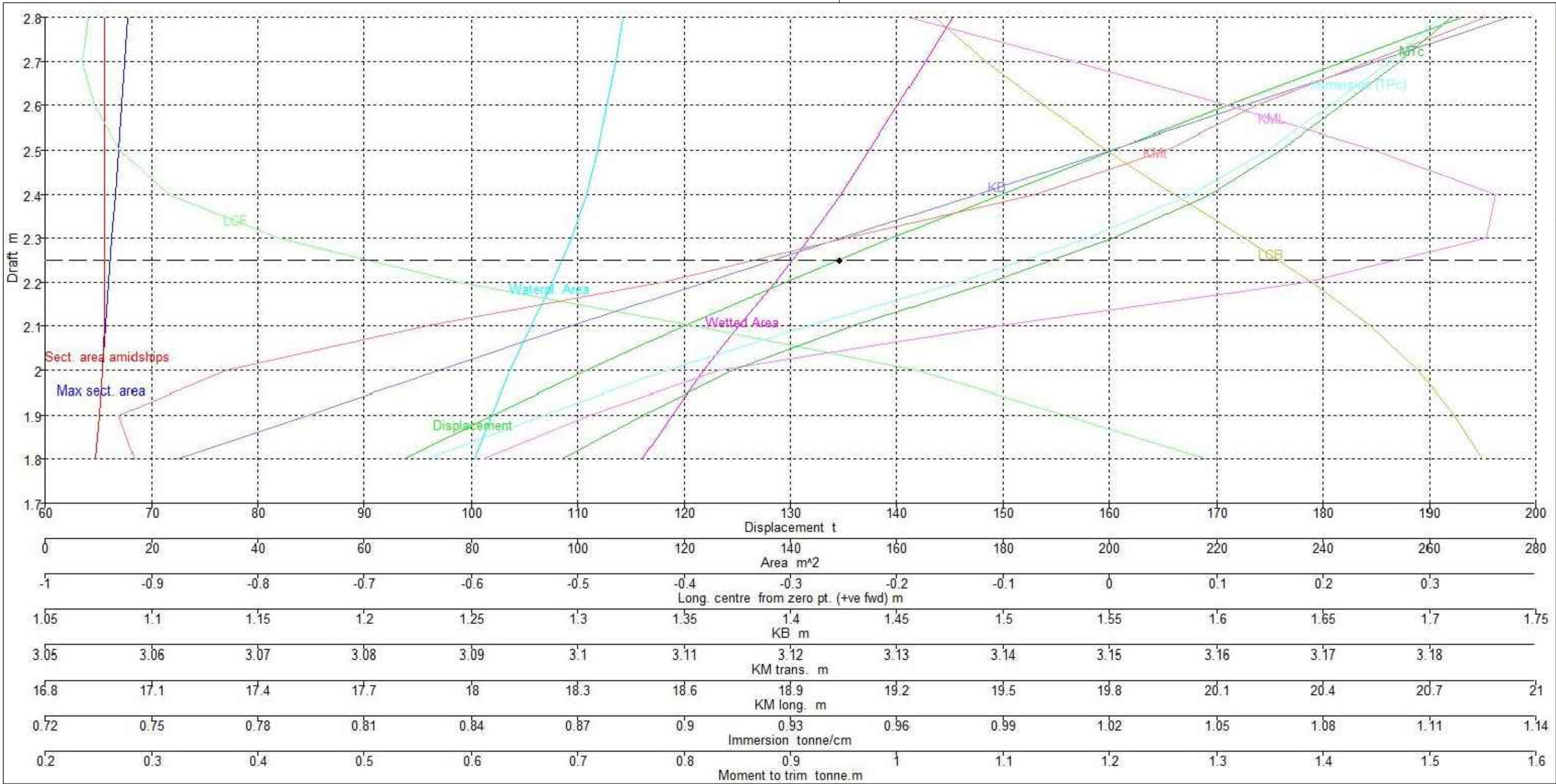
SUMMARY

The topic of this thesis is a preliminary design of an environmentally friendly vessel for fishing in the Croatian part of the Adriatic Sea. This thesis covers the first phase of the spiral model for the design of a fishing trawler. Various methods of improving energy efficiency were analyzed, which directly leads to the reduction of the vessel's negative impact on the environment. The preliminary dimensions and form coefficients of the ship were determined, which were used to create a 3D model of the ship's hull in the Rhinoceros software. The created 3D model of the ship's hull was imported into the MaxSurf software to obtain hydrostatic data which was used to make preliminary calculations of the vessel's resistance and propulsion. All the elements of the propulsion system were selected from the catalogs while all the equipment on board was covered verbally. The general arrangement plan was created which showcases the layout of the vessel, and the ship's lightweight and deadweight were approximated. The centers of gravity of all masses onboard the vessel were determined so an approximation of its stability can be made. The stability of the ship was estimated for 2 loading conditions in the MaxSurf Stability program.

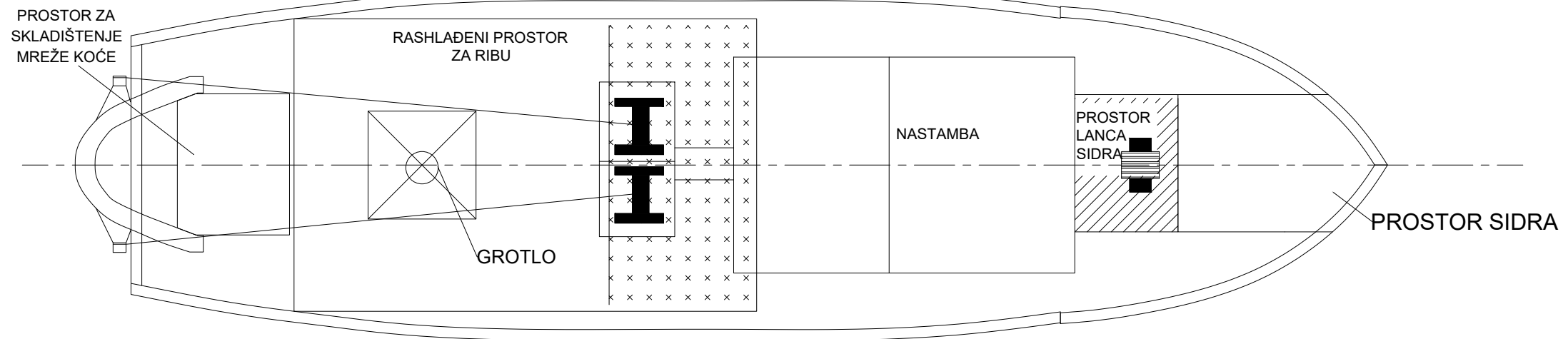
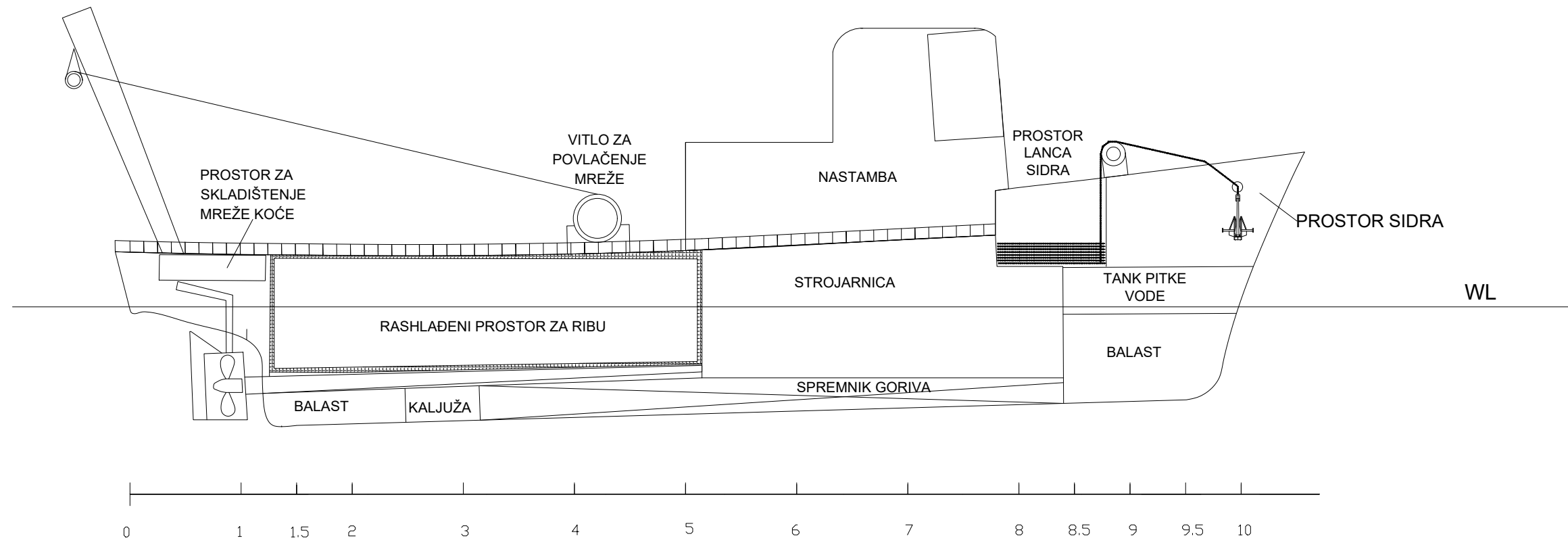
Key words: Preliminary design, trawler, Environmentally friendly vessel, hybrid propulsion, electric motor, diesel generator, battery system



Mjerilo: 1:100	Projektni zadatak: PRILOG 1: LINIJE BRODA	Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET Diplomski sveučilišni studij brodogradnje Akad.god.2023/2024
Format: CAD	Podaci o brodu: Lpp = 21,75 m CB = 0,43 B = 6,09 m LCB = 1,172 % D = 3,19 m Istisnina = 120,0 t T = 2,10 m V = 10 čv	
Crtao: Lovro Kvadranti	Datum: 04. srpanj 2024.	Potpis: <i>Kvadranti</i>
—⊕— Metric	Kolegij: Diplomski rad	Stranica: 1/3



Mjerilo: 1:100	Projektni zadatak: PRILOG 2: DIJAGRAMSKI LIST	Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET Diplomski sveučilišni studij brodogradnje Akad.god.2023/2024	
Format: CAD	Podaci o brodu: Lpp = 21,75 m CB = 0,43 B = 6,09 m LCB = 1,172 % D = 3,19 m Istisnina = 120,0 t T = 2,10 m V = 10 čv		
Crtao: Lovro Kvadranti			
—⊙ Metric			
Kolegij: Diplomski rad	Datum: 04. srpanj 2024.	Potpis: <i>Kvadranti</i>	Stranica: 2/3



Mjerilo: 1:100	Projektni zadatak: PRILOG 3: OPĆI PLAN BRODA	Sveučilište u Rijeci TEHNIČKI FAKULTET Diplomski sveučilišni studij brodogradnje Akad.god.2023/2024	
Format: CAD	Podaci o brodu: Lpp = 21,75 m CB = 0,43 B = 6,09 m LCB = 1,172 % D = 3,19 m Istisnina = 120,0 t T = 2,10 m V = 10 čv		
Crtao: Lovro Kvadranti			
—⊕— Metric	Datum: 04. srpanj 2024.	Potpis: <i>Kvadranti</i>	Stranica: 3/3
Kolegij: Diplomski rad			