

Analiza ugljičnog otiska plivaričara

Jelić, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:950839>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-06**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mateo Jelić

Zagreb, 2020 godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Nikola Vladimir, dipl. ing.

Student:

Mateo Jelić

Zagreb, 2020 godina.

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

Zahvaljujem se svom mentoru doc. dr. sc. Nikoli Vladimiru, dipl. ing. koji je bio dostupan za pomoć i savjete u svako doba. Htio bih se zahvaliti i Maji Perčić, mag. ing. koja me je uputila u proračun u programu GREET 2019, te mi je sa svojim savjetima i literaturom uvelike pomogla u izradi ovog rada.

Želio bih se zahvaliti i dr.sc. Ivici Ančiću, mag. ing. koji je predavao s velikim entuzijazmom i podučio me prvim znanjima o brodovima.

Također, zahvaljujem se roditeljima na podršci te svima koji su mi na bilo koji način pomogli tijekom studija.

Mateo Jelić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

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

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Mateo Jelić** Mat. br.: 0035206397

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza ugljičnog otiska plivaričara**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Carbon footprint assessment of a purse seiner**

Opis zadatka:

Ekološki kriteriji postaju sve važniji čimbenik u osnivanju, gradnji i eksploataciji svih tipova plovila, pa tako i ribarskih brodova. Pri analizi utjecaja broda na okoliš, određivanje njegova ugljičnog otiska danas predstavlja neizostavan korak. Preliminarne analize ukazuju da plovila hrvatske ribarske flote uglavnom koriste zastarjele dizelske motore razmjerno velike potrošnje goriva, a time i velike količine neželjenih emisija ispušnih plinova. U završnom radu potrebno je provesti analizu ugljičnog otiska jednog plivaričara hrvatske ribarske flote, te razmotriti smanjenje neželjenih emisija putem implementacije karakterističnih tehničkih i operativnih mjera, koje se za navedene svrhe primjenjuju u pomorskom sektoru.

U zadatku je potrebno:

1. Analizirati tehnike ribolova na Jadranskom moru,
2. Prikupiti i analizirati podatke o tehničkim značajkama plovila hrvatske ribarske flote,
3. Provesti odabir referentnog plivaričara, te analizu njegovih energetskih potreba i tipičnog operativnog profila,
4. Proračunati ugljični otisak odabranog plovila,
5. Prema ekološkim i ekonomskim kriterijima usporediti različite tehničke i operativne mjere za smanjenje neželjenih emisija.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
28. studenog 2019.

Datum predaje rada:
1. rok: 21. veljače 2020.
2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.
3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 24.2. – 28.2.2020.
2. rok (izvanredni): 3.7.2020.
3. rok: 21.9. – 25.9.2020.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Nikola Vladimir

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA.....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA.....	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY.....	VII
1. UVOD.....	1
2. TEHNIKE LOVA MALE PLAVE RIBE	4
2.1. Razvojne etape lova male plave ribe.....	4
2.2. Podjela ribolovnih tehnika na temelju alata za lov	4
2.2.1. Ribolov povlačnim mrežama (koćama)	4
2.2.2. Ribolov mrežama potegačama	5
2.2.3. Ribolov mrežama plivaričama	6
2.2.4. Ribolov mrežama stajačicama	7
2.2.5. Ribolov vršama	8
2.3. Plivaričar	8
2.3.1. Sjeverno američki tip plivaričara	9
2.3.2. Europski tip plivaričara	10
2.3.3. Drum tip plivaričara	11
3. PREGLED HRVATSKE RIBARSKE FLOTE.....	12
3.1. Općenito o hrvatskoj ribarskoj floti	12
3.2. Tehničke značajke hrvatske ribarske flote	13
3.2.1. Duljina broda.....	13
3.2.2. Snaga broda.....	13
3.2.3. Materijal i oprema broda.....	14
4. ANALIZA UGLJIČNOG OTISKA PLIVARIČARA	15
4.1. Tehničke značajke analiziranog plivaričara	15
4.1.1. Opći podaci i osnovne dimenzije broda.....	15

4.1.2. Glavni (pogonski) stroj	17
4.2. Proračun ugljičnog otiska plivaričara SIN KALI I	17
4.2.1. Analiza životnog ciklusa	17
4.2.2. Program GREET 2019	18
4.2.3. Proračun ugljičnog otiska u WTP fazi	19
4.2.4. Proračun ugljičnog otiska u PTW fazi	21
4.2.5. Rezultati WTW faze.....	23
5. TEHNIČKE I OPERATIVNE MJERE ZA SMANJENJE NEŽELJENIH EMISIJA	25
5.1. Alternativna goriva	26
5.2. Obnovljivi izvori energije	29
6. ZAKLJUČAK.....	31
7. LITERATURA	33

POPIS SLIKA

Slika 1.	Koncentracija CO_2 u zraku kroz razdoblje zadnjih 1000 godina.....	1
Slika 2.	Kočarenje pridnom mrežom [3]	5
Slika 3.	Kočarenje s lebdećom mrežom [4].....	5
Slika 4.	Tehnika ribolova obalnom mrežom potegačem [5]	6
Slika 5.	Mreža potegača [5].....	6
Slika 6.	Tehnika lova mrežom plivaricom [6].....	7
Slika 7.	Brod plivaričar [10]	8
Slika 8.	Sjeverno američki tip [12]	10
Slika 9.	Europski tip [13].....	10
Slika 10.	Drum tip [14].....	11
Slika 11.	Ribarski brodovi u luci na otoku Molatu [15].....	12
Slika 12.	Prikaz količine ulova prema vrsti ribe.....	13
Slika 13.	Plivaričar SIN KALI I [19]	15
Slika 14.	Opći plan broda SIN KALI I [19]	16
Slika 15.	Korisničko sučelje programa GREET 2019	18
Slika 16.	Plovidba tankera [21]	19
Slika 17.	Proces transporta sirove nafte u GREET-u	19
Slika 18.	Proces transporta plavog dizela u GREET-u.....	20
Slika 19.	Simulacija WTP faze u programu GREET	20
Slika 20.	Doprinos pojedinih plinova ugljičnom otisku WTP faze.....	21
Slika 21.	Proračun ugljičnog otiska PTW faze u programu GREET 2019	22
Slika 22.	Doprinos pojedinih plinova na ugljični otisak PTW faze	23
Slika 23.	Doprinos pojedinih faza na ukupni ugljični otisak plivaričara SIN KALI I	24

POPIS TABLICA

Tablica 1. Opći podaci i osnovne dimenzije broda	16
Tablica 2. Značajke pogonskog (glavnog) dizelskog motora.....	17
Tablica 3. Količina stakleničkih plinova u WTP fazi	20
Tablica 4. Ugljični otisak WTP faze	21
Tablica 5. Količina stakleničkih plinova u PTW fazi	22
Tablica 6. Ugljični otisak PTW faze	22
Tablica 7. Ugljični otisak plivaričara SIN KALI I.....	23
Tablica 8. Potencijalno smanjenje CO2 emisija koristeći postojeće tehnologije i mjere [22]	25

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
SFOC	g/kWh	Specifična potrošnja goriva
P_{MRC}	kW	Maksimalna trajna snaga
LCA	-	Analiza životnog ciklusa
WTP	-	Od izvora do pumpne stanice
PTW	-	Od pumpne stanice do kotača
GWP	-	Potencijal globalnog zagrijavanja
WTW	-	Od izvora do kotača (propulzora)

SAŽETAK

U ovom radu obrađeni su vrlo aktualni problemi utjecaja broda na okoliš, s ilustrativnim primjerom koji je vezan za ribarski brod iz hrvatske ribarske flote. Analizirane su tehnike ribolova na Jadranskom moru, pri čemu je utvrđeno da se oko 94% ukupnog ulova na hrvatskom dijelu Jadranskog mora ulovi plivaričarima. Nadalje, općenito je obrađena hrvatska ribarska flota, iz koje je kao reprezentativan izabran jedan plivaričar. Za navedeni brod, imajući u vidu njegove značajke, energetske potrebe, te operativni profil, provedena je analiza ugljičnog otiska, koristeći programski paket GREET 2019. Ulazni parametri za navedeni program su prilagođeni energetskej strukturi Republike Hrvatske. Naposljetku, obrađene su različite mjere kojima je spomenuti ugljični otisak moguće smanjiti.

Ključne riječi: ugljični otisak, globalno zatopljenje, analiza životnog ciklusa, hrvatska ribarska flota, plivaričar, brodski energetskej sustav

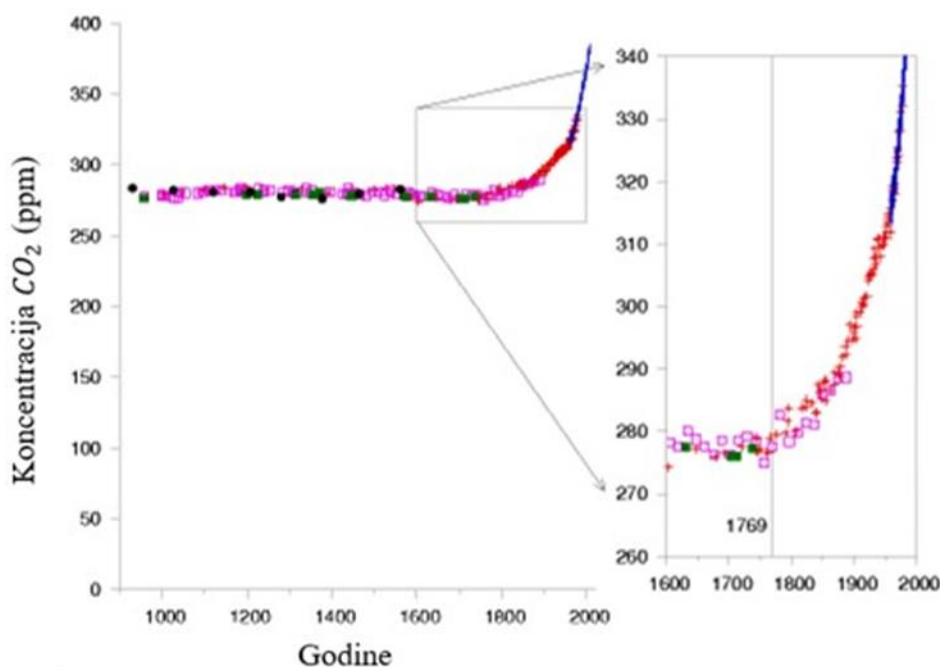
SUMMARY

This thesis is related to very actual research problem of ship effect on the environment, where a vessel from Croatian fishing fleet is taken as a test case. Fishing techniques in the Adriatic Sea are analysed, and it is found that about 94 % of fish is caught by purse seiners. Furthermore, analysis of Croatian fishing fleet was performed and one of purse seiner was selected for more detailed analysis. Bearing in mind technical characteristics of the vessel, its power needs and operative profile, its carbon footprint was assessed by means of GREET 2019 software. Input data for the GREET 2019 software are adapted for case study of Croatia. Finally, some measures for carbon footprint reduction applicable for fishing vessels.

Key words: carbon footprint, global warming, life cycle assessment, Croatian fishing fleet, purse seiner, ship power system

1. UVOD

Nalazimo se u dobu u kojem smo svjedoci globalnog zatopljenja i klimatskih promjena. Brojni dokazi ukazuju na povećanje temperature na globalnoj razini. Kako je poznato da klimatske prilike na Zemlji ovise u utjecaju Sunčeva zračenja, odnosno prolaskom tog zračenja kroz atmosferu u obliku vidljivog spektra svjetlosti, dolazi zagrijavanja Zemljine površine. Jedan dio dovedenog zračenja se apsorbira, dok drugi dio se reflektira nazad u atmosferu. Međutim, zbog prisustva stakleničkih plinova u atmosferi te zbog njihovih karakterističnih fizikalnih svojstava, oni apsorbiraju to zračenje i na taj način zadržavaju reflektirano zračenje u atmosferi što ima za posljedicu povećanja temperature na Zemlji. Ova pojava se naziva staklenički efekt. Staklenički plinovi odnose se primarno na emisije ugljičnog dioksida (CO_2), metana (CH_4) i dušikovog oksida (N_2O) te fluoriranih plinova. Biosfera i oceani ispuštaju 440 Gt i 330 Gt CO_2 godišnje u atmosferu, dok se spaljivanjem fosilnih goriva ispušta 26 Gt [1]. Iako su emisije iz prirode veće, one se poništavaju jer postoji prirodni tijek kojim se navedene emisije ponovo vraćaju u biosferu i oceane i na taj način uspostavljenja je ravnoteža. Drugim riječima, spaljivanjem fosilnih goriva narušava se ta prirodna ravnoteža te dolazi do povećanja količine CO_2 u atmosferi [1]. Na Slici 1, prikazana je koncentracija CO_2 u zadnjih 1000 godina mjerenjem u zraku koji se nalazi zarobljen u ledu.



Slika 1. Koncentracija CO_2 u zraku kroz posljednjih 1000 godina [1]

Vidljivo je da pojavom parnog stroja i početkom Industrijske revolucije dolazi do povećanja emisija stakleničkih plinova zbog spaljivanja fosilnih goriva čime je pokazano da je čovjek glavni uzročnik globalnog zatopljenja, a ne priroda.

S ciljem smanjivanja emisije stakleničkih plinova usvojen je niz dokumenata kao što su Protokol iz Kyota koji predstavlja međunarodni sporazum za smanjenje stakleničkih plinova iz 1997. godine. Trenutno ja na snazi Pariški sporazum potpisan 2016. god. koji ima za cilj zadržavanje povećana globalne prosječne temperature na 2 °C iznad razina u predindustrijskom razdoblju i postizanje nulte emisije stakleničkih plinova u sljedećoj polovici stoljeća.

Najveći izvor globalnih stakleničkih emisija čini proizvodnja energije spaljivanjem fosilnih goriva u energetsom sektoru i sektoru prometa. U sektoru prometa, najviše globalnih stakleničkih emisija dolazi iz kopnenog transporta, dok međunarodna plovidba kojom se prevozi oko 90 % od ukupnog svjetskog transporta, odgovorna je tek za 2,1 % globalne stakleničke emisije kako je pokazano na Trećoj IMO (eng. *Internatonal Maritime Organization*) studiji o stakleničkim plinovima. Prema spomenutoj studiji predviđeno je povećanje globalnih stakleničkih emisija u pomorskom sektoru za 50 % do 250 % do 2050. godine, što ovisi o ekonomskom rastu i razvoju energetike. To je u suprotnosti s ciljevima Pariškog sporazuma.

Na 72. zasjedanju MEPC-a (eng. *Marine Environment Protection Committee*) 2018. god. usvojena je strategija smanjenja globalnih stakleničkih plinova u međunarodnoj plovidbi, prema kojoj je potrebno smanjiti 50 % godišnjih emisija globalnih stakleničkih plinova do 2050. godine. U međuvremenu IMO-ova strategija je poboljšana s ciljem da se smanje emisije CO_2 za 40 % do 2030. god. te najmanje 70 % do 2050. u odnosu na 2008. god. gdje su CO_2 emisije izražene po obavljenom radu u prometu. Ova strategija je u skladu s Pariškim sporazumom. Također, uveden je i pojam ugljičnog otiska koji se odnosi na količinu CO_2 emisija nastalih izravno ili neizravno nekom radnjom ili je akumulirana tijekom cjeloživotnog vijeka proizvoda.

Kako je IMO, donošenjem tehničkih i operativnih mjera za smanjenje emisija stakleničkih plinova regulirao međunarodnu plovidbu, te sve mjere nisu primjenjive i na ostale plovidbe i tipove brodova. Međutim, IMO zahtjeva od globalne pomorske zajednice i država da smanje emisije ugljičnog otiska za svoju pomorsku flotu. To nije zaobišlo ni ribarski sektor koji troši 1,2 % od ukupne svjetske potrošnje goriva čime se ispušta približno 134 milijuna tona CO_2 u atmosferu [2].

Preliminarna analiza ukazuje da se hrvatska ribarska flota sastoji od zastarjelih brodova što ima za posljedicu da nisu ekološki prihvatljivi, te će uskoro morati biti zamijenjeni novim

brodovima ili će biti potrebna ugradnja novog pogonskog sustava. To daje priliku za primjenu novih energetske učinkovitijih i zelenijih tehnologija. Prije svega potrebo je provesti istraživanja kojima bi se odredile prikladne tehnologije za primjenu na hrvatskoj ribarskoj floti. To podrazumijeva detaljnu analizu tehničkih i operativnih značajki brodova, analizu regulatornog okvira, kao i analizu mogućnosti implementacije pojedinih rješenja u energetske sustavu broda imajući u vidu sigurnosne, tehničke i ekonomske aspekte. Stoga, u ovom radu je na pojednostavljenom primjeru obrađena analiza cjeloživotnih emisija jednog plivaričara, što predstavlja vrlo važan element sveobuhvatnih istraživanja koja bi valjalo provesti kako bi se osuvremenila hrvatska ribarska flota, te kako bi se smanjili njeni operativni troškovi i utjecaj na okoliš.

2. TEHNIKE LOVA MALE PLAVE RIBE

2.1. Razvojne etape lova male plave ribe

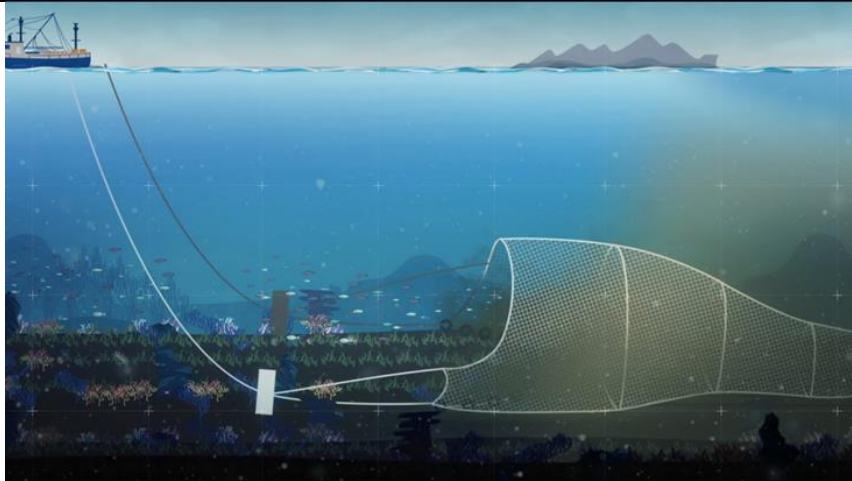
Istočnojadranski lov male plave ribe razvijao se u nekoliko razvojnih etapa. Prva etapa trajala je vrlo dugo, od prvog spomena lova male plave ribe do početka prošlog stoljeća i upotrebe svjetiljke na acetilen u ribolovu. Ribarsko svjetlo prolazilo je kroz niz tehničkih poboljšanja, no i dalje predstavlja važno pomoćno sredstvo u lovu male plave ribe. Druga razvojna etapa u lovu male plave ribe započela je krajem 30-tih godina 19. st. uvođenjem i masovnom uporabom mreže plivarice na stezanje. Ona predstavlja prekretnicu u lovu male plave ribe te se njenom primjenom omogućio lov i traženje ribe na otvorenom moru daleko od obale, što je za dotadašnje prilike bilo neizvedivo. Uvođenje mreže plivarice pratila je postupna motorizacija ribarskih čamaca što je donijelo veliko pojednostavljenje rada ribara i smanjenje broja posade na ribarskom brodu. Mreže od sintetičkih vlakana koje su lakše i trajnije u usporedbi s dotadašnjim korištenim pamučnim mrežama dodatno su pojednostavile rad ribara. Treću razvojnu etapu obilježava udaljavanje od priobalnih lovišta. Istodobno dolazi do uvođenja tehničkih inovacija kao što su ultrazvučni detektori, tj. naprave za vertikalno i horizontalno otkrivanje jata riba. Sve je to doprinijelo daljnjem uspješnom povećanju lovine male plave ribe [3].

2.2. Podjela ribolovnih tehnika na temelju alata za lov

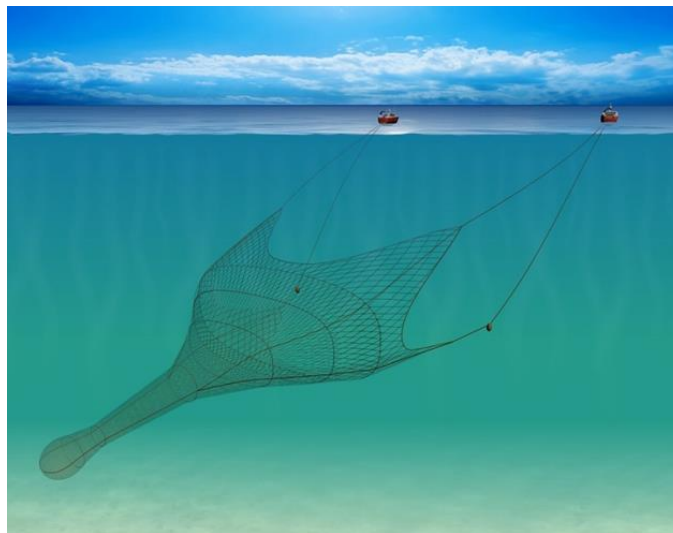
2.2.1. Ribolov povlačnim mrežama (koćama)

Kočarenje, odnosno ribolov povlačnim mrežama (koćama) danas predstavlja najvažniju tehniku privrednog ribolova na moru jer se njenom primjenom ulovi više od polovice ukupnog ulova ribe. Kočarenje je dobilo naziv zbog kočice, vrećaste mreže koju povlače jedan ili dva broda, pritom loveći sve na što naiđe. Kako ne bi došlo do oštećenja mreže, ribolov se vrši na čistom i ravnom morskom dnu bez krupnih potonulih predmeta ili grebena. Koćice se dijele na pridnene i lebdeće mreže. Pridnene mreže,

Slika 2, vuku se po dnu i koriste za lov riba koje žive pri dnu, može kontrolirati dubina na kojoj se nalazi mreža koja lovi manje ribe koje obitavaju u srednjim slojevima mora [4].



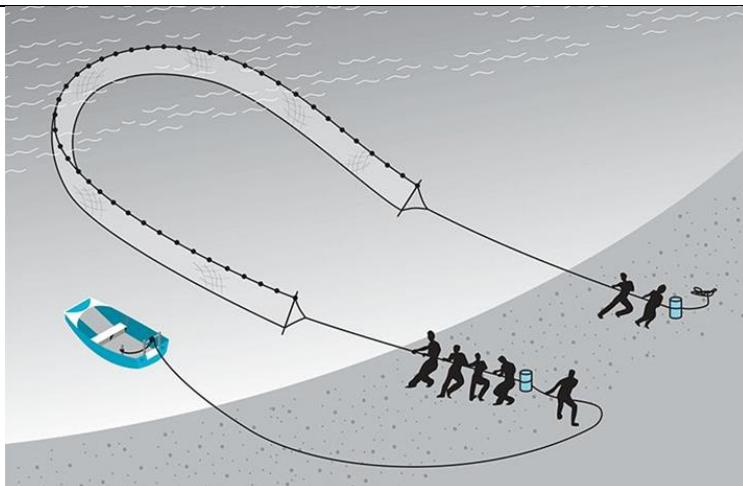
Slika 2. Koćarenje pridnenom mrežom [5]



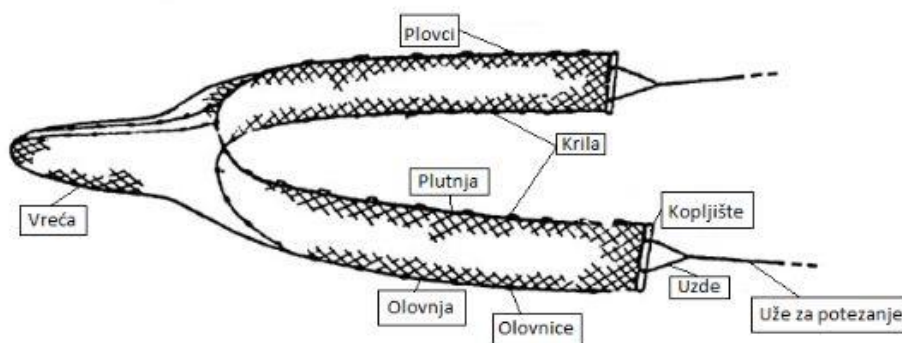
Slika 3. Koćarenje s lebdećom mrežom [6]

2.2.2. Ribolov mrežama potegačama

Mreže potegače su mreže koje se potežu prema nepomičnom brodu ili obali pomoću ljudske snage ili vitla, Slika 4. Ovisno o njihovoj namjeni mogu biti veće ili manje, gušće ili rjeđe. Zajedničko svim potegačama je ribolovna tehnika. Potegača se sastoji od tijela i armiranja. Tijelo čine krilo, grlo i vreća, a armiranje se sastoji od sredstava za plivanje i opterećenje, kopljišta, uzda kopljišta i užadi za potezanje. Prema konstrukcijskim značajkama potegače se dijele na mreže s vrećom koje mogu biti simetrične ili asimetrične i na mreže potegače bez vreće. Slika 5 prikazuje simetričnu mrežu potegaču s vrećom [7].



Slika 4. Tehnika ribolova obalnom mrežom potegačom [7]

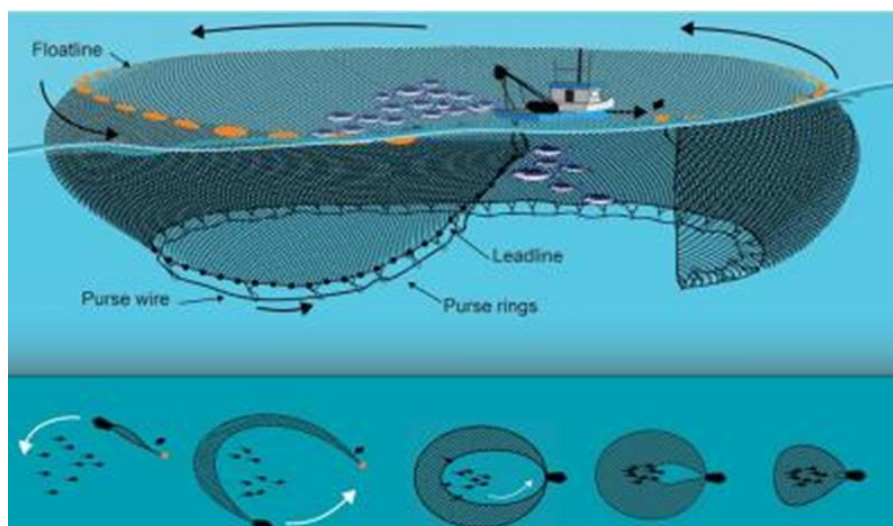


Slika 5. Mreža potegača [7]

2.2.3. Ribolov mrežama plivaricama

Mreže plivarice pogodne su za ribolov krupne ili sitne plave ribe koja živi u jatu. Za razliku od potegača kod kojih se dno mreže ne može zatvoriti, kod plivarica je to omogućeno. Ribolov se odvija na sljedeći način: jato riba okruži se spuštrenom mrežom, donja strana mreže se steže dok se njeno dno ne zatvori i riba ostaje uhvaćena u njoj, Slika 6. Mreže mogu biti različitih dimenzija, od 200 m do 2 km duljine i od 20-200 m visine. Za plivarice je karakteristično da trebaju biti duboke jer na prvi znak opasnosti ribe počinju bježati u dublje more. Iz tog razloga, okruženje jata i zatvaranja dna mreže potrebno je izvršiti u što kraćem vremenu. Gornji rub plivarice je obrubljen plutima što omogućuje mreži da pluta, tj. pliva što joj i samo ime govori. Na donjem rubu nalazi se olovo i željezni prsteni kroz koje prolazi sajla spojena s vitlom na

brodu, čijim se povlačenjem i namatanjem mreža skuplja i zatvara. Ribolov se može odvijati i noću i danju, a jedini mu je preduvjet mirno more. Noću se koriste jaka umjetna svjetla kako bi se riba namamila i zadržala na mjestu, dok se za dnevni ribolov koristi bačeni mamac. U slučaju pronalaska mirujućeg jata, lov je moguće obaviti bez pomoći mamaca i svjetla [4].



Slika 6. Tehnika lova mrežom plivaricom [8]

Početkom 19. st. plivarica se kao revolucionarno otkriće počela upotrebljavati u lovu na malu plavu ribu na istočnoj obali Jadranskog mora. S obzirom da se plivarica isključivo upotrebljava u lovu na otvorenom moru, ribolov je prestao biti ograničen samo na lov s obale. U novije vrijeme dolazi do smanjivanja broja plivarica, prije svega zbog trenda opadanja broja ribarskih brodova [1].

2.2.4. Ribolov mrežama stajačicama

Ribolov mrežom stajačicom se može obavljati bez prisustva čovjeka. Lov se vrši na način da se mreža razvuče na određenim mjestima u moru i ostavi preko noći tijekom koje se zalutale i zapetljale ribe u mreži skupljaju do sljedećeg jutra. Ove mreže, kojih ima različitih dimenzija i gustoća, su u obliku izduženog pravokutnika te su jednostavnije konstrukcije za razliku od drugih mreža. Naglasak se stavlja na čvrstoću mreže jer se mora podizati na brod natopljena i opterećena ulovom [9].

2.2.5. Ribolov vršama

Ribolov vrše odvija se na principu zamki. Vrša predstavlja kavez u koji je lako ući, ali je iz njega otežan izlaz. Može biti izrađena od žica, pruća ili mrežnog konca. Njeni osnovni dijelovi su kostur i plašt. Mjesto koje je predviđeno za ulaz ribe naziva se usta, a za njeno privlačenje koriste se razni mamci. U Jadranskom moru upotrebljavaju se od davnina, te su prošle kroz mnogo promjena i prilagodbi za razne vrste ribe. Osim toga koristile su se za lov rakovica, škampa i slično. S njom se lovi u blizini obale i na manjim dubinama mora. Vrša se spušta na dno, a užetom je spojena sa plutom na površini prije svega kako bi se omogućilo izvlačenje vrše, ali i radi uočavanja mjesta na kojem se nalazi [10].

2.3. Plivaričar

Najvažniji i najučinkovitiji brodovi za lov riba koje se skupljaju u jatima na površini mora su plivaričari, ribarski brodovi koji primjenjuju mrežu plivaricu, Slika 7. U Hrvatskoj se plivaričari najviše koriste za lov male plave ribe poput srdela i incuna [11].



Slika 7. Brod plivaričar [12]

Izvlačenje mreže plivarice vrši se pomoću laganog malog vitla s dva bubnja na koje se namataju krajevi užeta mreže. Za velike mreže plivarice (tzv. tunolovke) vitlo je veće i snažnije. Moderna vitla za velike plivarice imaju po tri bubnja na koje se namataju dva kraja plutnja i olovnja. Radi lakšeg rukovanja mrežom, neki plivaričari osim vitla na krmu imaju dugački uski valjak s

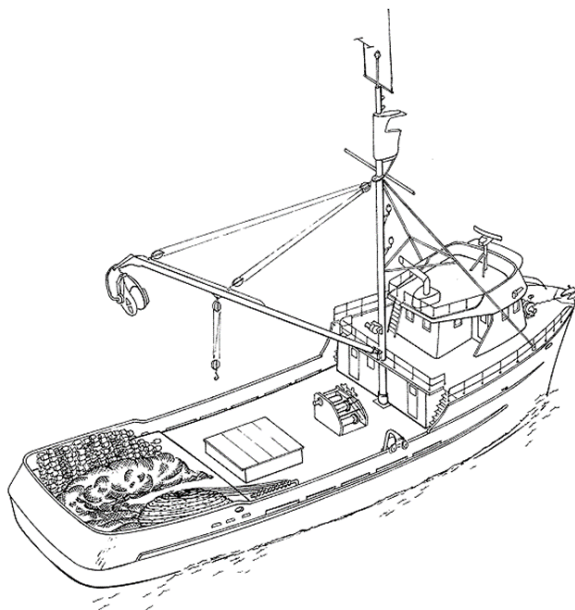
mehaničkim pogonom, preko kojeg se spušta i izvlači mreža. U SAD-u se iz tog valjka razvio bubanj velikog promjera (1,5-2,7 m) na koji se namataju i užad i mreža. Pogon bubnja je hidraulički, a sam bubanj je smješten na krmi. Najnoviji uređaj za izvlačenje plivarica je koloturnik s hidrauličkim pogonom. Ova naprava se nakon 1959. počela primjenjivati u SAD-u, a zatim i u drugim zemljama. Hidraulički koloturnik za izvlačenje plivarice ima promjer oko 50 cm, a preko tankih i gibljivih cijevi spojen je s hidrauličkim motorom na palubi i obješen je na sohu jarbola ili na posebnu malu dizalicu. Pomoću takvog kolotura izvlačenje plivarice je znatno lakše, potrebno je manje vremena i osoblja za rukovanje mrežom, a i mreža se manje oštećuje. Drugi važan dio opreme na plivaričarima je svjetiljka pomoću koje se noću mami riba. Najvažnija radnja prilikom plivaričarenja je pronalazak jata ribe koje se uočava promatrajući s jarbola. Pored toga opremljeni su ultrazvučnim detektorima, i sonarima [13].

Plivaričari se uglavnom mogu podijeliti u dvije osnovne grupe: brodovi za plivaričarenje čiju mrežu polažu dva pomoćna čamca i brodovi koji sami polažu svoju mrežu. Modernija metoda plivaričarenja obuhvaća polaganje mreže pomoću samog broda ili zajedno s jednim pomoćnim čamcem. Većina brodova plivaričara koji ribare na ovaj način drvene su konstrukcije, dužine 10-25 m, širine 3,5-6,5 m, s gazom 1,0-2,8 m i pogonskim strojem od 45-186 kW. Plivaričari za lov tuna su znatno veći, čelične konstrukcije i dužine od 30-60 m. Plivaričari imaju široku elipsastu ili zrcalnu krmu sa širokom krmenom palubom koja služi kao radna površina. Skladište ribe je na sredini broda pa brod zadržava isti trim bez obzira na to koliko je skladište ribe puno. Kormilarnica, nastambe i strojarnica su na pramcu, a spremnici goriva na krmi i u strojarnici. Iza kormilarnice nalazi se jarbol sa samaricom i vitlo za mrežu. Vitlo je postavljeno uzdužno na brod, a na samoj krmi nalazi se okretna platforma za mrežu [13].

Na osnovi palubnog razmještaja, plivaričari se mogu podijeliti na sjeverno američki, europski i drum tip broda.

2.3.1. Sjeverno američki tip plivaričara

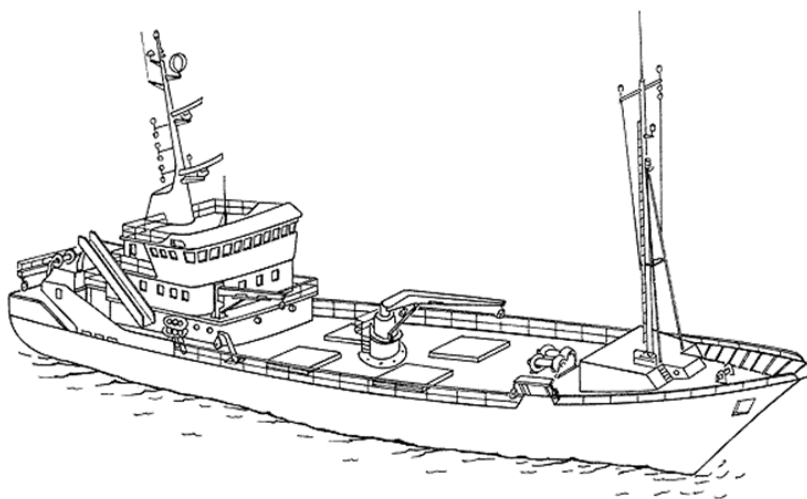
Sjeverno američki tip plivaričara obilježava smještaj kormilarnice i nastambi na pramcu broda, Slika 8. Hidraulički koloturnik koji je obješen na dizalicu, a koja je pričvršćena na jarbol, nalazi se iza kormilarnice. Vitla su obično opremljena sa paralelnim bubnjevima smještenih nasuprot samarice. Mreža je smještena na krmi broda [11].



Slika 8. Sjeverno američki tip plivaričara [14]

2.3.2. *Europski tip plivaričara*

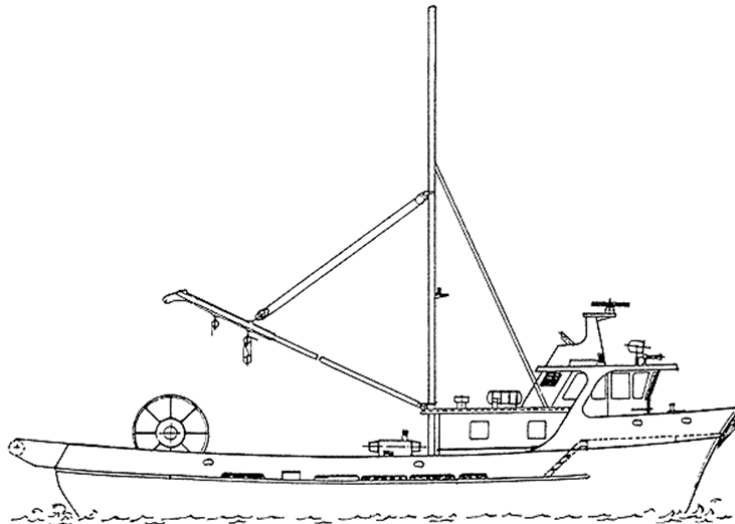
Kod europskog tipa plivaričara kormilarnice i nastambe su smještene na krmi, Slika 9. Skladište ribe nalazi se na sredini broda. Mreža je smještena na gornjoj palubi, a hidraulički koloturnik postavljen je sa strane kormilarnice. Vitla su postavljena naprijed sa bubnjevima okrenutim prema sohamu za čamac [11].



Slika 9. Europski tip plivaričara [15]

2.3.3. Drum tip plivaričara

Drum tip plivaričara ima isti razmještaj kao i sjeverno američki tip s iznimkom korištenja valjka (bubanj) umjesto hidrauličkog koloturnika, Slika 10. Ovaj tip plivaričara uglavnom se koristi u Kanadi i SAD-u [11].



Slika 10. Drum tip plivaričara [16]

3. PREGLED HRVATSKE RIBARSKE FLOTE

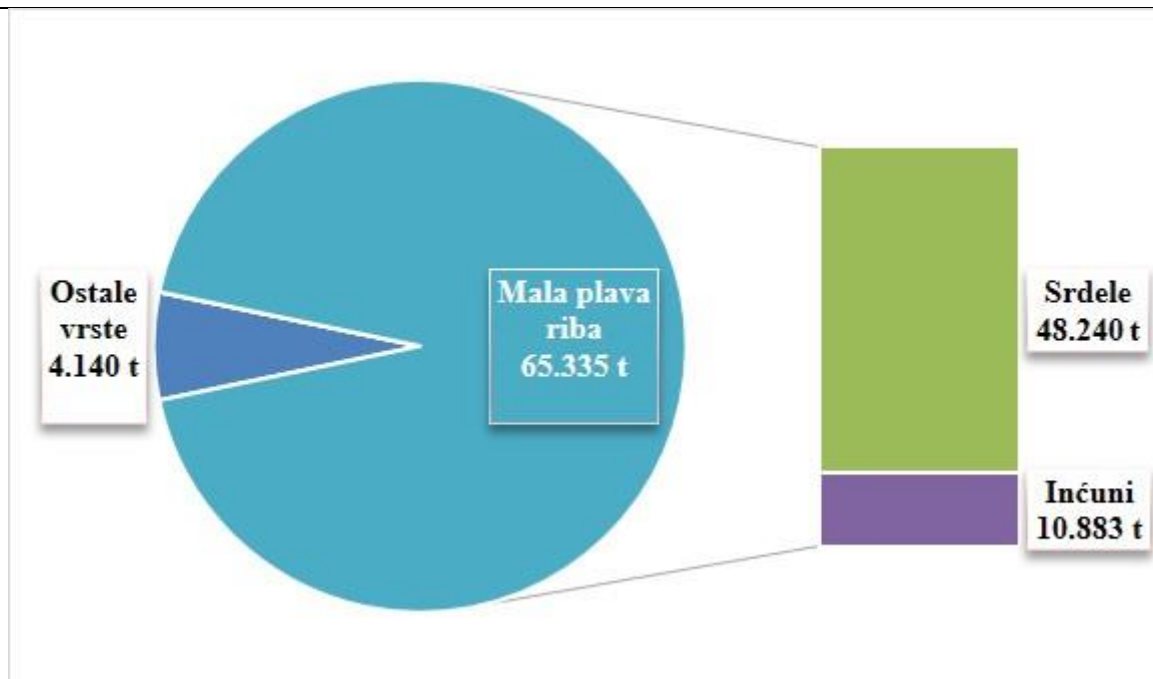
3.1. Općenito o hrvatskoj ribarskoj floti

Hrvatska ribarska flota broji 7559 brodova prosječne starosti od 35 godina, Slika 11. Mali priobalni brodovi, duljine manje od 12 m, čine 95,7 % flote. Iako plivaričari čine samo 3 % ribarske flote, ulove 94 % ukupnog hrvatskog ulova ribe [11].



Slika 11. Ribarski brodovi u luci na otoku Molatu [17]

Ciljana lovina ovih brodova je mala plava riba među kojima prednjače srdele i inćuni. Prema podacima iz 2018. godine, ukupni ulov Republike Hrvatske iznosio je 69475 tona, od čega 65335 tona otpada na malu plavu ribu, Slika 12, [11]. Lov male plave ribe ograničen je na 180 lovnih dana u godini te dodatnih 144 dana ukoliko se love inćuni. Većina ribarske flote registrirana je u Zadru, Splitu i Rijeci [11].



Slika 12. Prikaz količine ulova prema vrsti ribe

3.2. Tehničke značajke hrvatske ribarske flote

3.2.1. Duljina broda

Duljine brodova kreću se u rasponu od 10,9 do 31,4 m, dok prosječna duljina iznosi 21,59 m. Prosječna bruto tonaža broda iznosi 73,35 GT, dok raspon se kreće od 7,39 do 183 GT. Analizom hrvatske ribarske flote uočena je korelacija između duljine broda i količine ulova ribe. Brodovi dulji od 24 m obično imaju ulov veći za 30,22 % u odnosu na brodove manje od 18 m [11].

3.2.2. Snaga broda

Praćenjem razvoja hrvatske ribarske flote, posebice plivaričara kao najznačajnijeg predstavnika flote, uočen je primjetan razvoj. Prema podacima iz perioda od 1963. do 1978. godine, najveći plivaričari bili su 24,6-25,8 m dugački s bruto tonažom od 98-109 GT i snage od 176-294 kW [18]. Većina ovih brodova je i danas u upotrebi, međutim danas se smatraju srednje velikim plivaričarima. Snage današnjih ribarskih brodova kreću se u rasponu od 54-625 kW. U usporedbi s periodom 1963-1978 kada je najveća snaga broda iznosila 293 kW, danas najveća iznosi 625 kW. Povećanje snage posljedica je korištenja plivaričara i u svrhe lova tune koji zahtjeva velike brzine plovidbe [11].

3.2.3. Materijal i oprema broda

Brodovi hrvatske ribarske flote izgrađeni su od različitih građevnih materijala, polazeći od tradicionalnog drveta, čelika i stakloplastike do ferocementa i aluminijsa. Brodovi manji od 24 m najvećim dijelom su izgrađeni od drveta sa velikim udjelom od stakloplastike, dok su brodovi veći od 24 m većinom izgrađeni od čelika. Analizom plivaričara utvrđeno je da ih je većina izgrađena je od drveta (63 %), stakloplastike (22 %) i čelika (15 %) [11].

4. ANALIZA UGLJIČNOG OTISKA PLIVARIČARA

4.1. Tehničke značajke analiziranog plivaričara

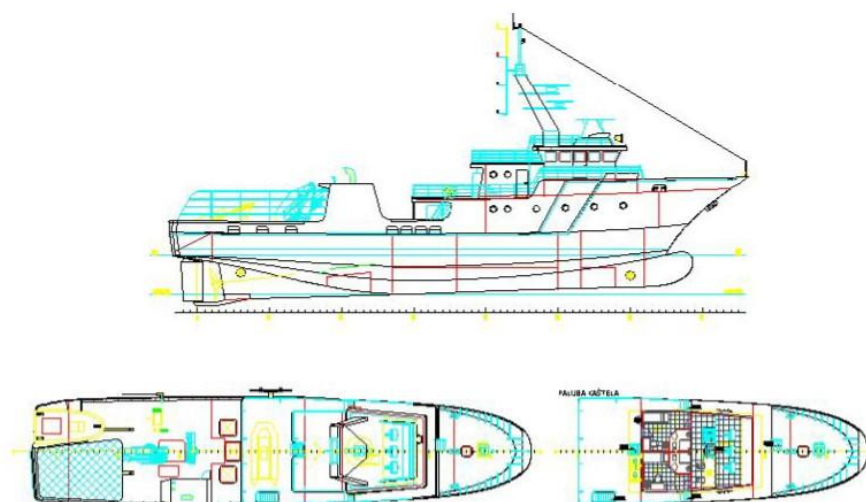
4.1.1. Opći podaci i osnovne dimenzije broda

Analiza ugljičnog otiska provela se za brod SIN KALI I, Slika 13. Brod je izgrađen 2008. godine u pulskom brodogradilištu Tehnomont, u vlasništvu je tvrtke Kali d.o.o., registriran je u Zadru i pripada među najveće ribarske brodove u Republici Hrvatskoj [19].



Slika 13. Plivaričar SIN KALI I [20]

Slika 14 prikazuje opći plan broda koji je prvenstveno tunolovac, ali kako bi bio u potpunosti iskorišten uz mrežu za ulov tuna (tunarom) opremljen je i mrežom plivaricom kao plivaričar te modernim sonarom i tzv. radarom ptica, odnosno radarom koji pokazuje gdje se nalaze jata ptica iznad morske površine, što upućuje na to da se ispod površine vjerojatno nalaze jata riba.



Slika 14. Opći plan broda SIN KALI I [21]

Tablica 1 sadrži osnovne podatke o brodu, preuzete iz baze Hrvatskog registra brodova [19].

Tablica 1. Opći podaci i osnovne dimenzije broda

Brodogradilište	Tehnomont brodogradilište Pula d.o.o.
Tip broda	Ribarski brod: plivaričar/tunolovac
Duljina preko svega, LOA (m)	39,81
Duljina između okomica, LPP (m)	32,4
Širina, konstruktivna, B (m)	8,65
Visina, konstruktivna, H (m)	4,2
Gaz na ljetnoj vodnoj liniji, najveći, T_{max} (m)	3,35
Bruto tonaža, GT	328
Neto tonaža, NT	98
Brzina plovidbe (čv)	14

4.1.2. Glavni (pogonski) stroj

Tablica 2 sadrži glavne značajke pogonskog stroja [19].

Tablica 2. Značajke pogonskog (glavnog) dizelskog motora

Proizvođač	Sagamihara Machinery Works Mitsubishi HI Ltd.
Vrsta porivnog stroja	Dizelski četverotakni, jednoradni
Tip	MITSUBISHI S16R-MPTK
Mjesto i godina gradnje	ALMERE, 2006
Maksimalna trajna snaga, P_{MCR} (kW)/broj okretaja (o/min)	1250/1600
SFOC pri 85 %, P_{MRC} (g/kWh)	215
Broj cilindara	16
Promjer cilindra (mm)	170
Hod stapa (mm)	180
Komada	1
Vrsta goriva (na probnom stolu proizvođača)	Plavi dizel

4.2. Proračun ugljičnog otiska plivaričara SIN KALI I

4.2.1. Analiza životnog ciklusa

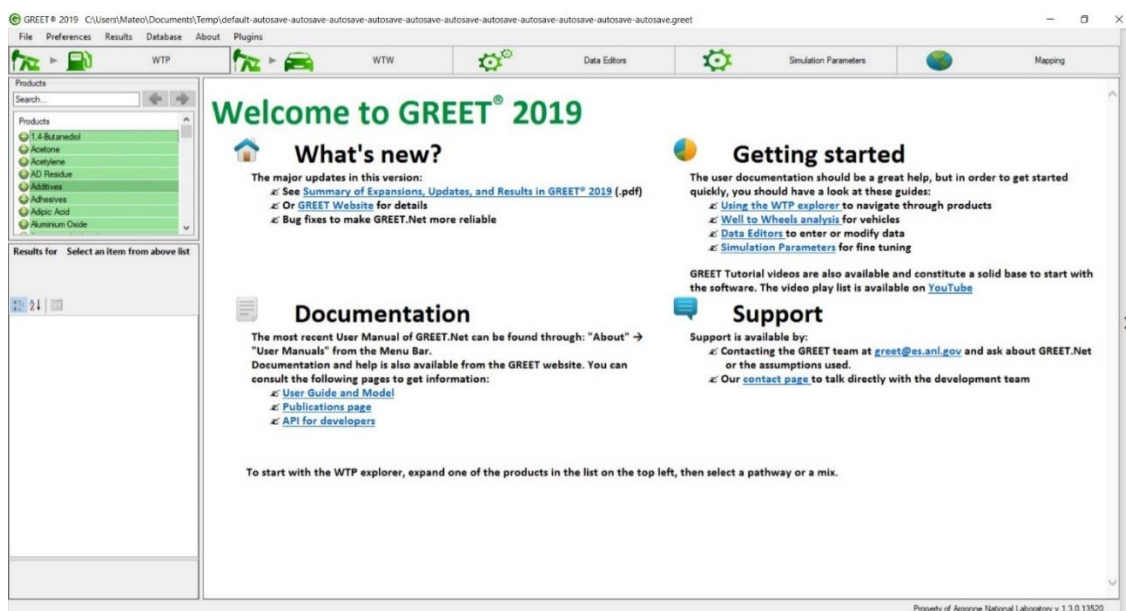
Povećana svijest o globalnom zagrijavanju i važnosti zaštite okoliša dovela je do razvoja metode za procjenu utjecaja proizvoda na okoliš, kroz emisije tvari koje su s njim povezane. Ova metoda je poznata kao analiza životnog ciklusa (eng. *Life Cycle Assessment*, LCA). Prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju [22], LCA istražuje utjecaj proizvoda na okoliš tijekom njegovog životnog ciklusa (tj. „od kolijevke do groba“), što uključuje:

- Eksploataciju sirovine,
- Proizvodnju ili izradu proizvoda,
- Upotrebu proizvoda,
- Tretiranje proizvoda na kraju životnog vijeka,
- Recikliranje i konačno uklanjanje.

LCA kroz uključivanje i procjenu utjecaja svih procesa i aktivnosti životnog ciklusa proizvoda daje opsežan uvid na održivost proizvoda kao i relevantne utjecaje na okoliš [22]. Ugljični otisak broda plivaričara u ovom radu izračunat je pomoću LCA programa GREET 2019. LCA plivaričara kojeg pokreće dizelski motor započinje eksploatacijom sirove nafte i njenim transportom do rafinerije gdje se prerađuje u dizelsko gorivo. Gorivo se zatim transportira pumpama i na kraju završava u plivaričaru, gdje njegovim izgaranjem nastaju ispušni plinovi.

4.2.2. Program GREET 2019

Kako bi se u cijelosti ispitao utjecaj alternativnih goriva i naprednih tehnologiju s ciljem smanjivanja štetnih emisija iz brodskog sektora, potrebno je provesti njihovu LCA. Pod pokroviteljstvom američkog Ureda za energetska učinkovitost i obnovljive izvore energije (EERE), Argonne je razvio model cjelovitog životnog analize pod nazivom GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation). Ovaj je model javne domene dostupan svima besplatno za upotrebu, a njegovo korisničko sučelje nalazi se na Slici 15.



Slika 15. Korisničko sučelje programa GREET 2019

Poračun u GREET-u 2019 podijeljen je u dvije osnovne faze:

- WTP (Well-to-Pump) - faza uzima u obzir emisije nastale tijekom životnog ciklusa goriva od eksploatacije sirovina za proizvodnju goriva, prijevoza sirovina, prerađivanja sirovina u konačni željeni oblik goriva, te prijevoza dobivenog goriva do crpke za konačnu uporabu.
- WTW (Well-to-Wheel) – faza uzima u obzir emisije ispuštene tijekom cijelog životnog ciklusa goriva, od eksploatacije do sagorijevanja u motoru tijekom kojih se ispuštaju ispušni plinovi i ta se faza označava kao PTW (Pump-to-Wheel). WTW faza se sastoji od WTP i PTW.

4.2.3. Proračun ugljičnog otiska u WTP fazi

Sirova nafta je sirovina koja je potrebna za proizvodnju dizelskog goriva. Za ovu se procjenu pretpostavlja da se sirova nafta uvozi iz Saudijske Arabije i prevozi tankerima u Hrvatsku, Slika 16.



Slika 16. Plovidba tankera [23]

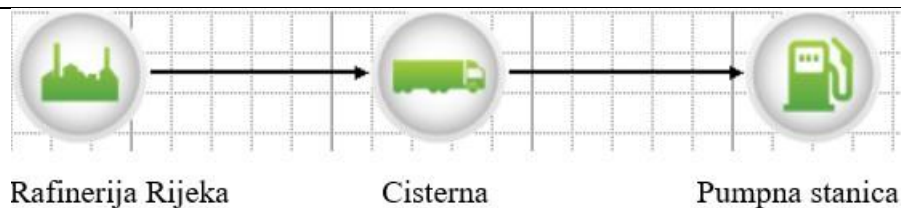
Nakon što tankeri isporuče sirovu naftu na terminal u Omišlju na otoku Krku, dalje se sirovina transportira naftovodom (7 km) do rafinerije nafte u Rijeci. Cijeli transport sirove nafte simuliran je u programu GREET 2019, Slika 17.



Slika 17. Proces transporta sirove nafte u GREET-u

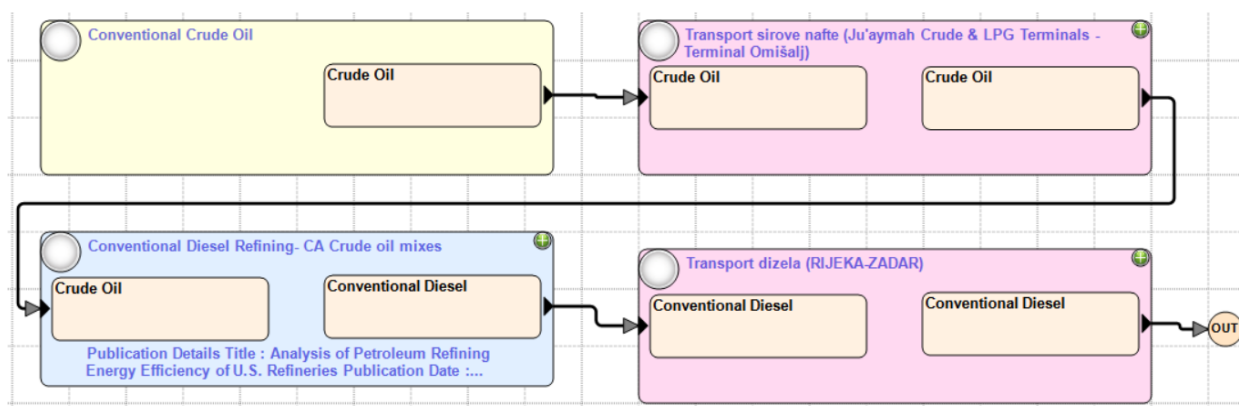
Nakon prijevoza, sirova nafta se rafinira u stacionarnom procesu u rafineriji kako bi se dobilo dizel. Hrvatska flota ribarskih brodova koristi plavi dizel kao pogonsko gorivo koji po viskoznosti odgovara konvencionalnom dizelu iz baze podataka GREET 2019, pa se time parametri procesa dobivaju iz zadanih postupaka rafiniranja konvencionalnog dizela iz baze GREET 2019. („Conventional Diesel Refining“).

Nakon proizvodnje, dizel se distribuira cisternama 237 km do pumpne stanice u Zadru, Slika 18.



Slika 18. Proces transporta plavog dizela u GREET-u

Na Slika 19 prikazana je simulacija WTP faza u programu GREET 2019, dok su u Tablica 3 prikazani rezultati.



Slika 19. Simulacija WTP faze u programu GREET

Tablica 3. Količina stakleničkih plinova u WTP fazi (g/nmi)

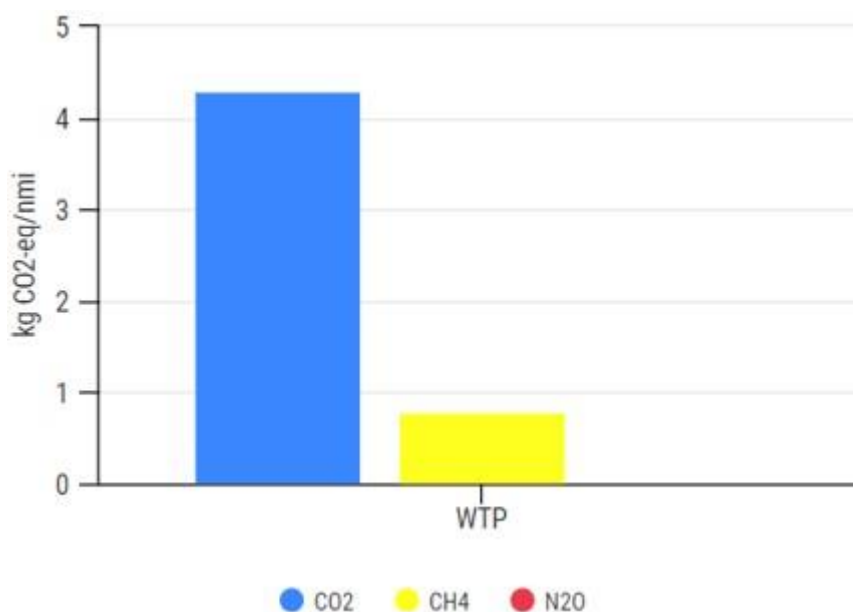
Emisije stakleničkih plinova	
CO ₂	4290
CH ₄	31,76
N ₂ O	0,03035

Međutim, kako pojedini plinovi podjednako ne doprinose globalnom zagrijavanju, uveden je pojam Potencijala globalnog zagrijavanja (eng. *Global Warming Potential*, GWP). To je mjera koja pokazuje koliko će energije apsorbirati 1 tona ispuštenog stakleničkog plina tijekom određenog vremena, najčešće tijekom 100 godina, u usporedbi s 1 tonom CO₂. Što je veći GWP, to plin više doprinosi globalnom zagrijavanju. Množenjem dobivenih rezultata, Tablica 3, s GWP-om za pojedini staklenički plin dobiven je iznos ugljičnog otiska koji se izražava u jedinici CO₂ ekvivalenta (CO₂-eq) što omogućuje procjenu utjecaja različitih stakleničkih plinova na globalno zagrijavanje. Tablica 4 prikazuje GWP-e za navedene stakleničke plinove te ukupni ugljični otisak WTP faze za plivaričar.

Tablica 4. Ugljični otisak WTP faze (kg CO₂-eq/nmi)

	GWP	Emisije stakleničkih plinova
CO ₂	1	4,29
CH ₄	25	0,79
N ₂ O	298	0,026
Ugljični otisak		5,11

Slika 20. prikazuje usporedbu ispuštenih stakleničkih plinova u WTP fazi.

**Slika 20. Doprinos pojedinih plinova ugljičnom otisku WTP faze**

4.2.4. Proračun ugljičnog otiska u PTW fazi

Ugljični otisak PTW faze odnosi se na izgaranje goriva u brodskom motoru, čija je simulacija prikazana na, Slika 21. To je brzohodni četverotaktni dizelski motor s maksimalnom trajnom snagom (eng. *Maximum Continuous Rating*, MCR) od 1250 kW pri 1600 o/min. Međutim, za proračun je korištena je trajna eksploatacijska snaga (eng. *Continuous Service Rating*, CSR) koja iznosi 85 % MCR-a, tj. 1063 kW. Specifična potrošnja goriva (eng. *Specific Fuel Oil Consumption*, SFOC) za ribarske brodove iznosi oko 215 g/kWh [24]. Množenjem potrošnje energije po nmi sa specifičnom potrošnjom goriva dobivamo potrošnju goriva koja iznosi 16,32 kg/nmi.

Slika 21. Proračun ugljičnog otiska PTW faze u programu GREET 2019

Kako bi se dobile količine ispušnih plinova nastalih izgaranjem goriva korišteni su emisijski faktori za pojedine plinove prema koji su prikazani u tablici zajedno s dobivenim rezultatima proračuna PTW faze [25].

Tablica 5. Količina stakleničkih plinova u PTW fazi

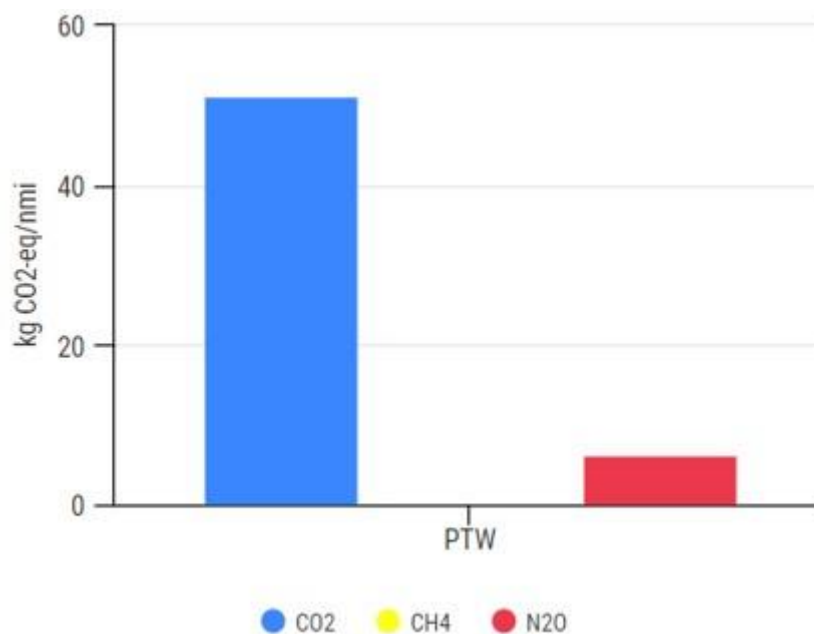
	Emisijski faktori (g emisija/kg goriva)	Emisije stakleničkih plinova(g/nmi)
CO ₂	3140	51230
CH ₄	0,18	2,94
N ₂ O	1,3	21,21

Množenjem dobivenih rezultata iz Tablice 5 s GWP za pojedine plinove dobivamo ukupni ugljični otisak u PTW fazi.

Tablica 6. Ugljični otisak PTW faze (kg CO₂-eq/nmi)

	GWP	Emisije stakleničkih plinova
CO ₂	1	51,23
CH ₄	25	0,073
N ₂ O	298	6,32
Ugljični otisak		57,61

Slika 22. prikazuje doprinose različitih stakleničkih plinova u ukupnom ugljičnom otisku PTW faze.



Slika 22. Doprinos pojedinih plinova ugljičnom otisku za PTW fazu

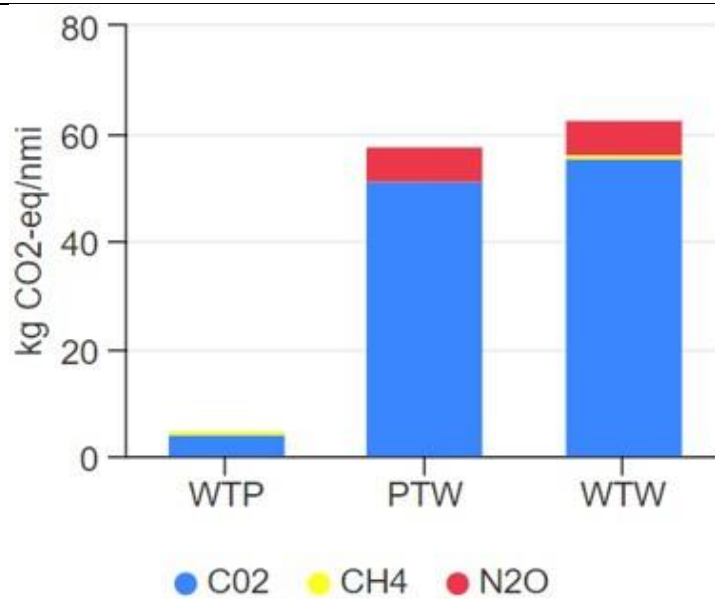
4.2.5. Rezultati WTW faze

Ugljični otisak WTW faze dobiva se zbrajanjem ugljičnih otisaka WTP i PTW faze, što predstavlja ukupni ugljični otisak plivaričara SIN KALI I.

Tablica 7. Ugljični otisak plivaričara SIN KALI I (kg CO₂-eq/nmi)

Staklenički plinovi	WTP	PTW	WTW
CO ₂	4,29	51,23	55,52
CH ₄	0,79	0,073	0,863
N ₂ O	0,026	6,32	6,35
UKUPNO	5,11	57,61	62,73

Slika 23. prikazuje usporedbu koliko pojedine faze doprinose ukupnom ugljičnom otisku plivaričara SIN KALI I. Ukupni ugljični otisak ispitivanog broda iznosi 62,73 kg CO₂-eq/nmi.



Slika 23. Doprinos pojedinih faza u ukupnom ugljičnom otisku plivaričara SIN KALI I

5. TEHNIČKE I OPERATIVNE MJERE ZA SMANJENJE NEŽELJENIH EMISIJA

Analizom ugljičnog otiska plivaričara SIN KALI I u prethodnoj točki pokazano je da sam proces izgaranja goriva predstavlja najveći izvor atmosferskog onečišćenja uzrokovanog ispuštenim emisijama plinova. Utvrđivanjem glavnog uzročnika neželjenih emisija ujedno nam ukazuje i na potencijalne načine smanjenja istih. Primarno se to odnosi na smanjenje potrošnje goriva, a samim time i neželjenih emisija. Drugim riječima cilj je analizirani brod učiniti energetski učinkovitijim koristeći se prvenstveno već postojećim tehnologijama i ujedno na taj način smanjiti potrošnju goriva. S tom svrhom je u Drugoj IMO studiji o stakleničkim plinovima 2009. god. utvrđeno da dodatnim poboljšanjima na trupu broda, glavnom (porivnom) motoru i konstrukciji broskog vijka zajedno sa smanjenjem eksploatacijske brzine moguće postići znatna smanjenja koja su prikazana u, Tablica 8, [26].

Tablica 8. Potencijalno smanjenje CO_2 emisija koristeći postojeće tehnologije i mjere [26]

Konstrukcija (Novi brod)	Ušteda CO_2 /tona-milja	Zajedno	Sveukupno
Poboljšanja konceptualnog dizajna, redukcija brzine plovidbe	2-50 % ⁺	10-50 % ⁺	25-75 % ⁺
Trup i nadgrađe	2-20 %		
Snaga i propulzijski sustav	5-15 %		
Niskougljična goriva	5-15 % [*]		
Energija iz obnovljivih izvora	1-10 %		
Smanjenje CO_2 u ispušnim plinovima	0 %		
OPERATIVNI REŽIM (Svi brodovi)			
Upravljanje flotom, logistikom i poticaji	5-50 % ⁺	10-50 % ⁺	
Optimiranje plovidbe	1-10 %		
Upravljanje energijom	1-10 %		

Najveća smanjenja CO_2 emisija označenih s (+) u Tablica 8 postignuta su ukoliko se primjeni smanjenje eksploatacijske brzine, dok maksimalno postignuto smanjenje označeno s (*) određeno je korištenjem ukapljenog zemnog plina (LNG). Međutim, za ribarske brodove nisu

pogodne sve tehnologije i operativni režimi. Plivaričari većinu vremena provedu ploveći u potrazi ribom na što se troši 80 % od ukupne potrošnje goriva glavnog motora [27]. Gledajući sa stajališta emisije štetnih plinova, smanjenje brzine plovidbe plivaričara značilo bi i smanjenje potrošnje goriva, a time i štetnih emisija. Međutim, time bi se povećalo vrijeme plovidbe te za isto ukupno vrijeme ribolova, ostalo bi manje vremena za sam čin lova ribe. To se izravno odražava i na količinu ulova ribe, odnosno količina ulovljene ribe bila bi manja. Gledano iz ekonomske perspektive, zarada će biti manja i dovelo bi se u pitanje sama isplativost ribolova. Isto tako, ukoliko sam ulov ribe više traje rastu i ostali operativni troškovi, poput troškova posade. Za vlasnika broda to znači optimiranje između smanjenja brzine plovidbe, odnosno potrošnje goriva i količine ulova ribe s ciljem postizanja ekonomske isplativosti. Intuitivno se može zaključiti da bi najpogodnije tehnologije za primjenu na plivaričarima bile upotreba alternativnih goriva i energije iz obnovljivih izvora za pomoćne svrhe.

5.1. Alternativna goriva

Alternativna goriva koje se mogu koristiti u brodskim dizelskim motorima nalazimo u dvije faze; tekuća goriva kao što su metanol (CH_3OH), etanol (C_2H_5OH), tekuća biogoriva i biodizel; i plinovita goriva kao što su propan, vodik i prirodni plin [28].

Metanol i etanol su vrsta alkohola koji mogu biti proizvedeni iz obnovljivih izvora destruktivnom destilacijom drveta, poljoprivrednih proizvoda i reformacijom iz velikih količina prirodnog plina i rasplinjenog ugljena. Karakteristike alkohola su mala viskoznost, koja omogućuje lako ubrizgavanje, dobro miješanje s zrakom; manje emisija zbog visokog stehiometričkog omjera gorivo-zrak, visok sadržaj kisika, visok H/C omjer te strukura ne sadrži sumpor; izvrsna rashladna svojstva čime se povećava volumetrička učinkovitost tijekom usisa i kompresije. S druge strane treba uzeti u obzir da je metanol otrovan, korozivan i ima dva puta veći volumen nego brodsko dizelsko gorivo (MDO). Metanol i etanol ne mogu zamijeniti dizelsko gorivo zbog njihovog visokog samozapaljenja, niskog cetanskog broja, visoke latentne topline isparivanja i smanjenje sposobnosti podmazivanja zbog niske viskoznosti. Moguće je koristiti spomenuta goriva u dizelskim motorima na dva različita načina. Prvi je korištenje pripremljene smjese metanola ili etanola i dizela. Glavni problem pripremljene smjese je odvajanje faza alkohola. To se rješava dodavanjem odgovarajućeg otapala. Drugi način je ubrizgavanje ili metanola ili etanola odvojeno od dizela [28].

Popularna goriva u plinovitom stanju su prirodni plin i vodik. Prirodni plin sastoji se od parafinskih ugljikovodika kao što su metan, etan, propan i butan. Koristi se u dva oblika; kao ukapljeni prirodni plin (LNG) koji nastaje hlađenjem prirodnog plina na ($-162\text{ }^{\circ}\text{C}$) i

komprimirani prirodni plin (CNG) ako se prirodni plin stlači na 250 bar-a. Zbog male gustoće, volumen koji zauzima LNG je dva puta veći od brodskog dizela dok CNG zauzima 4,5 puta veći volumen od brodskog dizela. Zbog toga se na brodovima više upotrebljava LNG [28].

Vodik je pri normalnom stanju plin te ga se smatra obnovljivim gorivom. Posebno je zanimljiv istraživačima zbog toga što reagiranjem s kisikom, odnosno njegovim izgaranjem nastaje voda. Vodik ima široko područje zapaljivosti, veliku brzinu izgaranja, dobro raspršivanje, propagiranje plamena pri manjem promjeru što sve omogućava potpunije izgaranje i druge izvrsne karakteristike. S druge strane, ima visoku temperaturu samozapaljenja što ima za posljedicu da ga ne možemo koristiti u kompresijskim zapaljivim motorima bez upotrebe svjećice. Sve te karakteristike zajedno s visokim stehiometričkim omjerom zrak-gorivo, čine vodik idealnim za kombiniranje s drugim gorivima. Vodik može biti skladišten komprimiran ili ukapljen na vrlo niskoj temperaturi ($-253\text{ }^{\circ}\text{C}$). Komprimirani vodik zahtjeva 6 do 7 puta više prostora nego teško gorivo za isti sadržaj energije, a ukapljeni vodik zahtjeva kriogeno skladištenje s dobro izoliranim tankovima za što se troši velika količina energije. Skladištenje vodika na brodu bilo bi neprikladno zbog gore navedenih razloga. Prikladna tehnologija za dobivanje vodika na brodu je alkalna elektroliza. Ona ne zahtjeva tank čiste vode, ukoliko brod ima generator slatke vode. Ukoliko brod nema generator slatke vode, može se koristiti tank slatke vode za skladištenje čiste vode [28].

Glavna svrha upotrebe alternativnih goriva na brodovima je smanjenje emisije štetnih plinova. Međutim, kako bi se dobila kompletna slika o tome koje je gorivo najprikladnije za korištenje na brodovima, potrebno je uzeti u obzir i druge čimbenike. Neki od njih su sigurnost, dostupnost goriva, rezerve goriva, sposobnost adaptacije na postojeće brodove, utjecaji na učinkovitost motora, ekonomičnost [28].

Sa stajališta sigurnosti vodik je najsigurniji za upotrebu na brodu, zatim slijede LNG, dok su metanol i etanol najlošiji. Vodik je najdostupnije gorivo ukoliko ga dobivamo alkalnom elektrolizom i ujedno u pogledu rezervi na najvišem je mjestu. Poslije vodika slijedi LNG te metanol i etanol [28].

Adaptacija postojećih brodova za korištenje alternativnih goriva može biti otežana zbog neadekvatnog potrebnog prostora kao i zbog modifikacija na glavnom motoru. Metanol i etanol zahtijevaju dodatne tankove za gorivo ili prenamjenu balastnih tankova u tankove za gorivo. Potrebne su odvojene prostorije za transfer i visokotlačne pumpe te dodatni ubrizgavači goriva i pumpe za dobavu goriva u cilindre glavnom motora. Brodovi pogonjeni na LNG zahtijevaju specijalnu konstrukciju tankova za skladištenje LNG-a kao i prostor za povezivanje tankova zbog hlađenja LNG-a i omogućavanje dobave do glavnog motora. Također je potreban prostor

za ventilaciju, dvostruka stijenka kod cjevovoda, posebno zaštićen prostor skladištenja te odvajanje glavnog motora od strojarnice pomoću zidova s dobrim brtvljenjem. Slično kao i kod metanola i etanola, potrebne su modifikacije na glavnom motoru. Kako se vodik dobiva alkalnom elektrolizom na brodu, potreban je prostor u strojarnici za smještaj sustava za alkalnu elektrolizu i kontrolne uređaje. Zatim potrebne su dvostruke stijenke cjevovoda kao i male modifikacije na kompresoru zraka glavnog motora [28].

Zbog razlike u gustoći i donje ogrijevne vrijednosti navedenih goriva, količina potrošenog goriva za istu plovidbu bit će različita. Metanol i etanol imaju istu gustoću kao i dizel, ali imaju dvostruko manju donju ogrijevnu vrijednost što rezultira dvostrukom većom količinom potrebnog metanola i etanola za isto oslobađanje topline te potreban je dvostuko veći tank goriva. LNG ima istu donju ogrijevnu vrijednost kao i dizel, ali gustoća mu je dvostruko manja s tim da je potreban dva puta veći tank za istu plovidbu. Vodik se dobiva alkalnom elektrolizom, pa nije potreban dodatan prostor [28].

LNG i vodik najbolje utječu na performanse motora povećavajući termički stupanj djelovanja te smanjujući specifičnu potrošnju goriva [28].

Međutim, kada se uzme u obzir smanjenje emisije štetnih plinova, odnosno primarno razmatranih stakleničkih plinova, stvari postaju kompliciranije u pogledu odabira prikladnog alternativnog goriva. Prema istraživanju pokazano je da LNG nije dobra alternativa konvencionalnim gorivima jer iznos ekvivalentnog CO_2 po kWh mjerenom na izlaznom vratilu, neznatno je manji u cjeloživotnom ciklusu goriva [29]. Međutim, pokazano je da bio LNG dobiven iz poljoprivrednog i životinjskog otpada uvelike smanjuje količinu CO_2 -eq/kWh te smanjenje iznosi 40-41 % u odnosu na konvencionalna goriva [29]. Nedostatak mu je što su ograničene količine sirovine za njegovu proizvodnju. Isto tako pokazano je za metanol dobiven iz fosilnih goriva, da dolazi do povećanja emisija stakleničkih plinova u cjeloživotnom ciklusu goriva za 12-15 % u odnosu na konvencionalna goriva, dok metanol dobiven iz biogoriva zapravo smanjuje emisije za 57-79 % [29]. Izgaranjem vodika ne nastaju CO_2 emisije. Međutim, kao i u gore navedenim slučajevima, gledajući cjeloživotni ciklus goriva, emisije nastaju u samom procesu dobivanja goriva, te način dobivanja uveliko može utjecati na ukupnu emisiju CO_2 -eq. Stoga ako potrebnu energiju za dobivanje vodika alkalnom elektrolizom dobivamo na konvencionalne načine, onda vodik uveliko premašuje ukupnu emisiju CO_2 -eq u odnosu na konvencionalna goriva. Kada bi dobivali energiju potrebu za alkalnu elektrolizu iz obnovljivih izvora, to bi onda vodik učinilo gorivom s najmanje stakleničkih emisija u odnosu na razmatrana alternativna goriva [29].

U konačnici pri odabiru prikladnog alternativnog goriva za korištenje na ribarskim brodovima od presudnog značaja je njegova ekonomska isplativost. Kako navedena alternativna goriva zahtijevaju različite preinake na glavnom motoru, prostoru strojarnice, spremnika goriva te koriste u svom sustavu različite komponente, sve će to odraziti na ukupne investicijske troškove primjene alternativnih goriva. Isto tako cijene navedenih goriva se razlikuju te različita goriva zahtijevaju različite troškove održavanja. Prema rađenim istraživanjima dobiveni su slijedeći investicijski troškovi metanola i etanola, LNG-a i vodika, te iznose redom 350 €/kWh [30], 1000 €/kWh [30] i 100 USD/kWh [31].

Iako je pokazano da su investicijski troškovi za primjenu LNG-a najveći, uzimajući u obzir i druge značajke kao dostupnost LNG-a, manji troškovi održavanja, kao i da je već uvriježena tehnologija koja se primjenjuje na brodovima čini ga najprikladnijim za korištenje na ribarskim brodovima. Iako treba imati na umu opasnosti koju predstavlja upotreba LNG-a na ribarskim brodovima. LNG je najprikladniji za norvešku ribarsku flotu kako je pokazano istraživanjem te pokazano da je ekonomski isplativiji nego konvencionalna goriva s rokom otplate investicije od 7 godina [32]. Upotreba vodika na brodovima predstavlja još tehnologiju razvitku. Međutim, za hrvatsku ribarsku flotu nisu još rađena istraživanja s ciljem određivanja prikladnih tehnologija za smanjenje štetnih emisija.

5.2. Obnovljivi izvori energije

Obnovljivom energijom smatramo energiju dobivenu iz prirodnih izvora kao što su sunčeva svjetlost, vjetar, kiša, valovi, plima te geotermalna toplina. Tehnologije obnovljivih izvora energije uključuju sunčevu energiju, snagu vjetra, hidroenergiju, energiju biomase i biogoriva.

Prikladne tehnologije obnovljivih izvora koje bi se mogle primijeniti na plivaričaru na direktan način su sunčeva energija koju bi pomoću sunčevih kolektora iskoristili za dobivanje tople vode koja se koristi za pomoćne svrhe na brodu. Isto tako dolaze u obzir i fotonaponske ćelije kojima bi proizvodili električnu energiju i na taj način smanjili opterećenje dizelskog agregata što sve u konačnici rezultira smanjenim štetnim emisijama. Direktno možemo koristiti i biogoriva o kojima je bila riječ u prethodnoj točki jer i ona spadaju u obnovljive izvore energije.

Kako se u Republici Hrvatskoj 28 % ukupne energije dobiva iz obnovljivih izvora [33], to nam omogućava da na indirektan način možemo koristiti električnu energiju iz mreže koja je dobivena iz obnovljivih izvora pri čemu je neizbježno korištenje litij-ionskih baterija na brodu za pohranu iste. Takvu dobivenu električnu energiju koristimo na brodu za pomoćne

svrhe te posebno kod plivaričara gdje se koriste jake svjetlosne lampe za privlačenje ribe noću koja su veliki potrošač električne energije. Troškovi punjenja baterije iz električne mreže mogu biti manji nego da ju proizvodimo dizelskim agregatom na brodu [34].

6. ZAKLJUČAK

Kako bi se dobio uvid u ekološku prihvatljivost hrvatske ribarske flote prije svega je bilo potrebo analizirati tehnike i načine lova koji se koriste na Jadranskom moru te napraviti pregled hrvatske ribarske flote. Kako Hrvatska ima veoma bogatu ribarsku povijest, tijekom nje razvijale su se razne tehnike lova ribe među kojima su najznačajnije: ribolov povlačnim mrežama (koćama), mrežama potegačama, mrežama plivaričama, mrežama stajaćicama te ribolov vršama. Zatim, pregledom hrvatske ribarske flote pokazano je da ona broji 7559 brodova, s prosječnom starošću od 35 godina. Mali priobalni brodovi, duljine manje od 12 m, čine 95,7 % flote. Iako plivaričari čine samo 3 % ribarske flote, ulove 94 % ukupnog hrvatskog ulova ribe. Ciljana lovina plivaričara je mala plava riba, među kojima prednjače srdele i incuni. Ukupni ulov Republike Hrvatske za 2018. godinu iznosi 69.475 tona, od čega 65.335 tona otpada na malu plavu ribu. Većina ribarske flote registrirana je u Zadru, Splitu i Rijeci. Analizirane su i tehničke značajke hrvatske ribarske flote. Pokazano je da se duljine brodova kreću u rasponu od 10,9-31,4 m, dok prosječna duljina iznosi 21,59 m. Snage se kreću u rasponu od 54-624 kW. Analizom plivaričara je utvrđeno da ih je većina izgrađena od drveta (63%), stakloplastike (22 %) i čelika (15 %). Nadalje, kao reprezentativan brod hrvatske ribarske flote odabran je plivaričar SIN KALI I koji je izgrađen u pulskom brodogradilištu Tehnomont 2008. god. Za njega je provedena analiza životnog ciklusa (LCA) u programskom paketu GREET 2019 s ciljem određivanja ugljičnog otiska. Proračun ugljičnog otiska podijeljen je u dvije faze: WTP i PTW. U WTP fazi je izračunat ugljični otisak koji nastaje eksploatacijom nafte do proizvodnje plavog dizela i njegovog transporta do pumpne stanice. Ugljični otisak WTP faze iznosi 5,11 kg CO_2 -eq/nmi. U PTW fazi računat je ugljični otisak koji nastaje izgaranjem goriva u dizelskom motoru plivaričara SIN KALI I. Ugljični otisak PTW faze iznosi 57,61 kg CO_2 -eq/nmi. Ukupni ugljični otisak označen s WTW koji predstavlja zbroj WTP i PTW faze iznosi 62,73 kg CO_2 -eq/nmi. Analizom ugljičnog otiska plivaričara SIN KALI I pokazano je da sam proces izgaranja goriva predstavlja najveći izvor atmosferskog onečišćenja uzrokovanog ispuštenim emisijama plinova. Naposljetku, predložene su tehničke mjere za smanjenje ugljičnog otiska primjenjive na ribarske brodove, a time i na analiziranog plivaričara. U razmatranje su uzeta alternativa goriva i obnovljivi izvori energije. Od alternativnih goriva razmatrani su metanol i etanol, LNG i vodik sa stajališta tehničke primjenjivosti na ribarskim brodovima, kao i s ekološkog stajališta te ekonomske isplativosti. Predloženi su neki od načina iskorištenja obnovljivih izvora energije na ribarskim brodovima, kao što su sunčev kolektor, fotonaponske ćelije te ugradnja litij-ionskih baterija. Daljnje analize uključile bi detaljnu

analizu cjeloživotnih emisija te cjeloživotnih troškova pojedinih energetske konfiguracije, te imajući u vidu operativni profil broda, ispravno dimenzioniranje pojedinih komponenti energetske sustava broda iz perspektive sigurnosti, minimalne cijene, te zadane razine energetske učinkovitosti i ekološke prihvatljivosti. Evidentno je da bi konačna konfiguracija takvog energetske sustava bila rezultat primjene odgovarajućih optimizacijskih postupaka.

7. LITERATURA

- [1] Mackay JC. D. Sustainable Energy-without the hot air. UIT Cambridge Ltd. 2009.
- [2] Tyedmers P.H., Watson R, Pauly D. Fueling global fishing fleet: *Ambio* 34, 635-638. 2005.
- [3] Basioli J, Ribarstvo na Jadranu. Zagreb: Nakladni zavod Znanje, 1984.
- [4] Treer T, Safner R, Aničić J, Lovrinov M. Ribarstvo. Zagreb: Nakladni zavod Globus; 1995.
- [5] <https://images.app.goo.gl/2puQHRKRCJPBeepm8> (pristup: 3. prosinac 2019.).
- [6] <https://images.app.goo.gl/CAQMtUZRvzX5BhVr5> (pristup: 3. prosinac 2019.).
- [7] <http://www.podvodni.hr/ribolov/1714-obalne-mreze-potegace> (pristup: 19. veljača 2020.).
- [8] <https://images.app.goo.gl/GGA5mgCzXnapx4zs7> (pristup: 3. prosinac 2019.).
- [9] Fiana M, Najčešće ribe i ribolovni alati na zapadnoj obali Istre. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, 2015.
- [10] Ivanišević A, Sportski ribolov na moru. Zagreb: Mladost; 1989.
- [11] Soldo A, Bosnić N, Mihanović N. Characteristics of the Croatian anchovy purse seiner fleet. *ACTA ADRIATICA*, 60(1): 79 - 86, 2019
- [12] <http://www.fao.org/figis/servlet/IRS?iid=7998> (pristup: 4. prosinac 2019.).
- [13] Ercegović S.: BRODOGRADNJA. Tehnička enciklopedija, sv. 2, 1966., str. 423–428.
- [14] <http://www.fao.org/figis/servlet/IRS?iid=7998> (pristup: 4. prosinac 2019.).
- [15] <http://www.fao.org/figis/servlet/IRS?iid=8004> (pristup: 4. prosinac 2019.).
- [16] <http://www.fao.org/figis/servlet/IRS?iid=8017> (pristup: 4. prosinac 2019.).
- [17] <https://zadarski.slobodnadalmacija.hr/Portals/3/Images/2018/04/16/molat%202.jpg> (pristup: 14. siječanj 2020.).
- [18] Alegria-Hernandez, V. Assessment of pelagic fish abundance along eastern Adriatic coast with special regard to sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) population. *Acta Adriat.*, (1/2): 55-95, 1983
- [19] Hrvatski registar brodova. Status lista pregleda i primjedbi. Brod SIN KALI I.
- [20] <https://images.app.goo.gl/xGSMJumMThvobKoL7> (pristup: 8. veljača 2020.).
- [21] http://repozitorij.fsb.hr/1132/1/23_11_2010_Diplomski_rad_-_Luka_Mudronja.pdf (pristup: 8. veljača 2020.).
- [22] International Organization for Standardization (ISO 14040), 1997. Life cycle assessment, <https://web.stanford.edu/class/cee214/Readings/ISOLCA.pdf>

- [23] <https://sea-distances.org/> (pristup: 12. veljača 2020.).
- [24] https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/chapter2_ship_emissions.pdf (pristup: 13. veljača 2020.).
- [25] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2_4_Water-borne_Navigation.pdf – Tablica 8. (pristup: 13. veljača 2020.).
- [26] <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/COP%2017/Submissions/Final%20SBSTA%20EEDI%20SEEMP%20COP17.pdf> (pristup: 17. veljača 2020.).
- [27] Oihane B, Gorka G, Zigor U. Energy performance of fishing vessels and potential savings: *Journal of Cleaner Production* 54 (2013) 30-40
- [28] Banawan A.A., El Gohary M.M., Sadek I.S. Environmental and economical benefits of changing from marine diesel oil to natural-gas fuel for short-voyage high power passenger ships. *J. Eng. Marit. Environ.* 224 (2), 103-113. 2009.
- [29] Gilbert P, Walsh C, Traut M, Kesieme U, Pazouki K. Assessment of full life-cycle air emissions of alternative shipping fuels: *Journal of Cleaner Production* 172 (2018) 855-866
- [30] Stefenson P. The use of Biofuel in the Marine Sector or Methanol, the Marine Fuel of the Future: European Biofuels Technology Platform, Brussels. 2014.
- [31] Bourgeois R.P.E.. Advanced Alkaline Electrolysis: General Electric Global Research Center Niskayuna, NY. Project #PDP16.
- [32] Jafarzadeh S, Paltrinieri N, Utne B.I., Ellingsen H. LNG-fuelled fishing vessels: A systems engineering approach: *Transportation Research Part D* 50 202-222. 2017.
- [33] https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ren&lang=en (pristup: 18. veljača 2020.).
- [34] Ritari A, Huotari J, Halme J, Tammi K. Hybrid electric topology for short sea ships with high auxiliary power availability requirement: *Energy*. 2019.

PRILOZI

I. CD-R disc