

# Upravljački plan učinkovitosti brodske energije kod odabrane offshore kompanije

Tatjana Stanivuk, Teo Galić  
Pomorski fakultet u Splitu  
Sveučilište u Splitu  
Split, Hrvatska  
tstanivu@pfst.hr, nasta@net.hr

Frane Prolić  
Sveučilišni odjel za stručne studije  
Sveučilište u Splitu  
Split, Hrvatska  
frane.prolic@gmail.com

*Sažetak*—Posljednjih je desetljeća mnogo pažnje posvećeno ekologiji i odgovornom poslovanju, posebice kod offshore pomorskih kompanija. Zagađenje zraka ozbiljan je i stvaran problem koji utječe na naše društvo. Kako bi se smanjila emisija stakleničkih plinova iz međunarodnog prijevoza, Odbor za zaštitu morskog okoliša (MEPC) iz Međunarodne pomorske organizacije (IMO) je razvio tehničke i operativne mjere, pomažući u isto vrijeme poboljšanje učinkovitosti brodskog pogonskog goriva. U svrhu istoga, prikupljeni su i obrađeni podaci odabrane offshore kompanije, iz kojih je vidljiv stvarni učinak Upravljačkog plana učinkovitosti brodske energije (SEEMP) te su predložene mjere, kao i operativni zahtjevi koje valja provoditi.

*Ključne riječi*—offshore pomorska kompanija; SEEMP; energetska učinkovitost broda;

## I. UVOD

Svijet kakav danas poznajemo ne bi bio moguć bez prijevoza. Međutim, uz pozitivne ekonomske i socijalne učinke istoga; posljednjih desetljeća negativni utjecaji sve više dolaze do izražaja: pogoršanje kvalitete zraka, klimatske promjene i sl., tako da sve više raste potreba za njegovim smanjenjem. Pomorski promet nije izuzetak, iako se još uvijek smatra načinom prijevoza koji proizvodi najmanje negativnih utjecaja, pružajući jeftin i učinkovit prijevoz koji kao takav stimulira proizvodnju i međunarodnu trgovinu. Međutim, sagorena teška goriva iz brodskog pogona sadrže visoku razinu sumpora. Naravno da količina štetnih emisija ovisi o tipu plovila i starosti, području plovidbe, vjetru, kao i o meteorološkim uvjetima. S obzirom da je pomorski promet međunarodni posao, potreban je sporazum na globalnoj razini. Iako isti postoji, emisije štetnih plinova sa brodova u međunarodnim vodama i dalje su jedna od najmanje reguliranih segmenata globalnog transportnog sustava. U ranim 90-tim Ujedinjeni narodi prepoznali su da je klima zajednički resurs na koji se može utjecati strogom kontrolom emitiranja emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i drugih stakleničkih plinova (GHG). Okvira konvencija Ujedinjenih naroda o Promjeni klime (UNFCCC) potpisana je 1992. godine u Rio de Janeiru, a 1994. godine je stupila na snagu [1]. U posljednjih nekoliko godina, rast konkurentnosti na pomorskom tržištu i novi međunarodni propisi o okolišu utjecali su na brodare da povećaju pozornost na brodsku potrošnju goriva i količinu štetnih emisija jer je

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) usvojila dvostruki pristup smanjenju emisije stakleničkih plinova kod istih. Pod tim se podrazumijeva niz tehničkih mjera i strategija upravljanja koji će ili poboljšati učinkovitost goriva u sektoru pomorstva ili dovesti do smanjenja emisija stakleničkih plinova na neki drugi način. Uvođenjem obvezne primjene Brodskog plana upravljanja energetske učinkovitošću (SEEMP) trebala bi se poboljšati operativna energetska učinkovitost broda u 4 koraka: planiranjem, uvođenjem mjera (implementacijom), praćenjem i (samo) ocjenjivanjem [2]. U tu svrhu između 264 offshore kompanija izabrana je jedna odabrana offshore kompanija koja se bavi opskrbom i tegljenjem naftnih platformi. Ista posljednjih godina sve češće sudjeluje u velikim projektima vjetroelektrana koje se instaliraju u morskom okruženju.

## II. ENERGETSKA UČINKOVITOST

Mnogo tehničkih i operativnih mjera je donešeno od strane IMO-a u cilju energetske učinkovitosti i kontrole emisije stakleničkih plinova u pomorstvu. Ove mjere uključuju: Index operativne energetske učinkovitosti (EEOI), Index energetske učinkovitosti dizajna (EEDI) i Upravljački plan učinkovitosti brodske energije (SEEMP) [2], [3], [4].

### A. Provođenje SEEMP-a u brodarstvu

Proteklih godina javlja se povećana zabrinutost IMO-a zbog povećanih emisija stakleničkih plinova (GHG) u pomorskom prometu [5]. Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova MARPOL sa novim poglavljem u Annexu VI koje je na snazi od 01.01.2013. godine sudjeluje u provedbi i usvajanju SEEMP-a. Isti se odnosi na sve brodove, postojeće i novogradnje od 400 GT i veće [3], [6]. Očekivanja IMO-a su da emisije GHG u pomorskom prometu mogu porasti 150–250% do 2050. godine u skladu s očekivanim rastom pomorske trgovine i trgovinskog prometa. Podatke je objavila nova UN stručna grupa koja proučava brodske emisije 2010. godine [7], [8].

Može se reći da je SEEMP vrlo praktičan upravljački alat koji pravilno proveden povećava energetske učinkovitost u mnogim brodskim operacijama kao što su: poboljšano planiranje putovanja, optimizacija brzine i snage, optimizirano upravljanje brodom, te upravljanje energijom na brodu.

Vjerojatno i malo povećanje učinkovitosti brodske energije utječe na to da emisije ugljika mogu biti značajno smanjene.

TABELA I. POTENCIJALNO SMANJENJE CO<sub>2</sub> EMISIJA S BRODOVA [1]

Dizajn	Potencijalna ušteda CO <sub>2</sub> / Toni tereta - Predenoj milji
Izvedba, brzina i sposobnost broda	2 % do 50 %
Trup i nadgrađe broda	2 % do 20 %
Snaga i pogonski sistem broda	5 % do 15 %
Upotreba niskougličnog pogonskog goriva	5 % do 15 %
Korištenje obnovljivih izvora energije	1 % do 10 %
Smanjenje CO <sub>2</sub> ispušnih plinova	0%

### III. PROVODJENJE SEEMP-A U ODABRANOJ OFFSHORE KOMPANIJ (CASE STUDY)

Promatrana offshore kompanija raspolaže sa 6 brodova tipa 755 te je uočen intenzivan napredak kod iste, posebice posljednjih godina. Analiza podataka [9], [10] prikupljenih za sve brodove u istom vremenskom razdoblju (prvih šest mjeseci 2016. godine) tj. usporedba svih relevantnih parametara potrebnih za izračun EEOI se bazira na aktualnoj

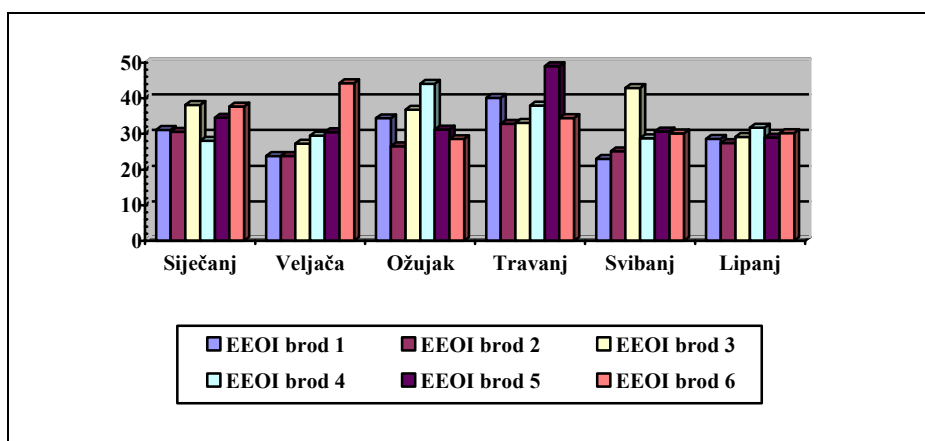
CO<sub>2</sub> emisiji i izvršenom radu prilikom putovanja. Koristi se EEOI index koji je odličan pokazatelj koliko je potrošeno pogonskog goriva, koliki je CF faktor (eng. Conversion factors) za korištenu vrstu goriva (bezdimezionalni pretvorbeni faktor između potrošnje goriva i CO<sub>2</sub> emisije bazirano na količini sadržanog ugljika), kolika je masa prenesenog tereta i udaljenost na koju je isti prenesen. Analizom unesenih podataka (putovanje po putovanje) nekog određenog broda dobiva se vrijednost indexa EEOI koji govori koliko se kvalitetno provode predložene mjere SEEMP-a [11]. Manja vrijednost EEOI indexa znači manju emisiju CO<sub>2</sub>, i naravno manju potrošnju goriva uz veću masu prevezenog tereta.

TABELA II. PRIKAZUJE VRIJEDNOSTI KOEFICIJENTA CF ZA RAZLIČITE VRSTE BRODSKOG GORIVA [4]

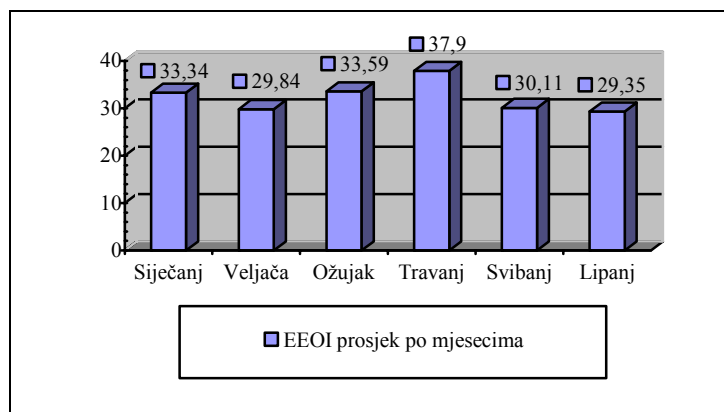
Vrsta goriva	Referenca	CO <sub>2</sub>	CF (t-CO <sub>2</sub> /t-Fuel)
Diesel/Gas Oil (DGO)	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3.206000
Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.860	3.151040
Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.850	3.114400

TABELA III. IZRAČUN SREDNJE VRIJEDNOSTI EEOI ZA ANALIZIRANE BRODOVE NA NIVOU ODABRANE OFFSHORE KOMPANIJE (U PERIODU PRVIH 6 MJESECI 2016. GODINE)

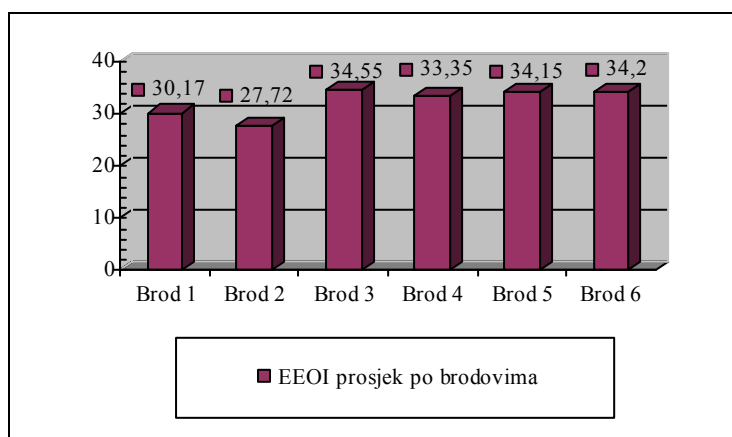
		EEOI (Prosječna vrijednost po mjesecima)						TOTAL Brodova 1- 6	Prosječna vrijednost na nivou kompanije
		Brod 1	Brod 2	Brod 3	Brod 4	Brod 5	Brod 6		
EEOI (Prosječna vrijednost po mjesecima)	Siječanj	31.10	30.60	38.14	28.02	34.51	37.67	200.04	33.34
	Veljača	23.80	23.82	27.22	29.48	30.50	44.27	179.09	29.84
	Ožujak	34.39	26.53	36.80	44.08	31.24	28.55	201.59	33.59
	Travanj	40.09	32.80	33.10	37.98	49.03	34.44	227.44	37.90
	Svibanj	23.04	25.14	42.92	28.81	30.65	30.11	180.67	30.11
	Lipanj	28.61	27.46	29.12	31.76	28.97	30.19	176.11	29.35
TOTAL		181.03	166.35	207.30	200.13	204.90	205.23	194.13 PROSJEK KOMPANIJE	
PROSJEK		30.17	27.72	34.55	33.35	34.15	34.20	32.35	



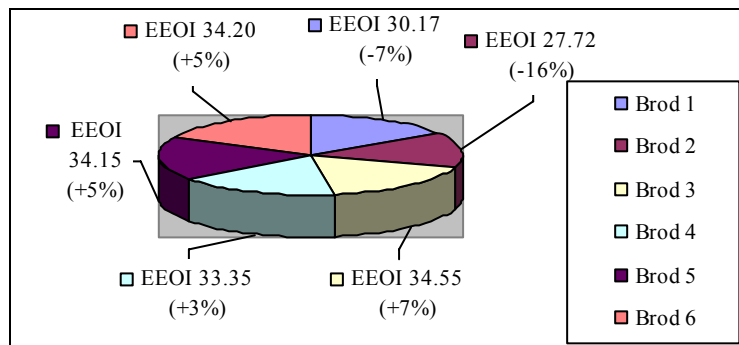
Slika 1. Prikazane su vrijednosti EEOI indexa svih šest brodova po odabranim mjesecima (prvih šest mjeseci 2016. godine) u odnosu na srednju vrijednost indexa na nivou kompanije (EEOI = 32.35)



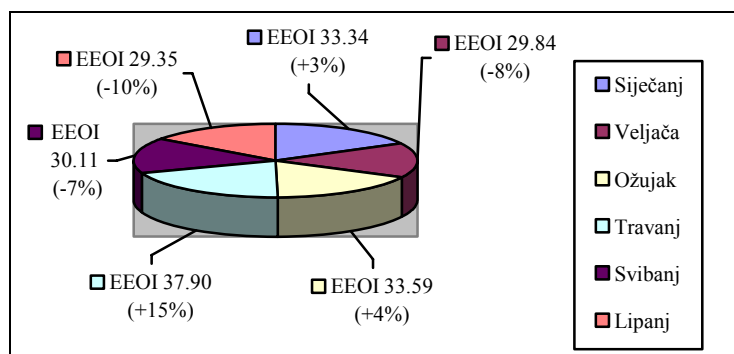
Slika 2. Prikazane su srednje vrijednosti EEOI indexa po odabranim mjesecima u 2016. godini i u odnosu na srednju vrijednost indexa na nivou kompanije (EEOI = 32.35)



Slika 3. Prikazane su srednje vrijednosti EEOI indexa po odabranim brodovima u odabranom vremenskom periodu 2016. godine i u odnosu na srednju vrijednost indexa na nivou kompanije (EEOI = 32.35)



Slika 4. Usporedba prosječne vrijednosti po brodovima u odnosi na prosječnu vrijednost kompanije (EEOI = 32.35) za odabranih šest mjeseci 2016. godine



Slika 5. Usporedba prosječne vrijednosti po mjesecima u odnosi na prosječnu vrijednost kompanije (EEOI = 32.35) za odabranih šest mjeseci 2016. godine

Sve vrijednosti EEOI su uspoređene sa prosječnim EEOI na nivou kompanije koji iznosi 32.35 za taj vremenski period od prvih šest mjeseci 2016. godine. Može se uočiti da su oni brodovi i oni mjeseci koji imaju manje (bolje) vrijednosti EEOI indexa istaknuti zelenom bojom uz izraženu vrijednost indexa i postotkom niže vrijednosti indexa u odnosu na prosjek kompanije. Oni brodovi i oni mjeseci koji imaju veće (lošije) vrijednosti EEOI indexa istaknuti su crvenom bojom uz izraženu vrijednost indexa i postotkom više vrijednosti indexa u odnosu na prosjek kompanije.

Uspoređujući graf broj 5 za odabrane brodove [12] u odabranom vremenskom periodu 2016. godine primjetno je:

- brod 1 sa EEOI = 30.17 ima za 7% bolju vrijednost indexa u odnosu na prosjek kompanije od EEOI = 32.35;

- brod 2 sa EEOI = 27.72 ima za 16% bolju vrijednost indexa u odnosu na prosjek kompanije od EEOI = 32.35 i može se reći da je ta vrijednost indexa najmanja u usporedbi svih šest brodova tj. da taj brod ima najbolju energetske učinkovitosti koja je rezultat dobre obučenosti posade i pravilnog upravljanja brodskom energijom za vrijeme svakodnevnih brodskih operacija;

- brod 3 (EEOI = 34.55; +7%), brod 4 (EEOI = 33.35; +3%), brod 5 (EEOI = 34.15; +5%) i brod 6 (EEOI = 34.20; +5%) pokazuju lošiji rezultat i vrijednost EEOI indexa pri usporedbi u odabranom vremenskom periodu. Brod broj 3 pokazuje najveće odstupanje od prosječne vrijednosti EEOI indexa za 7% i posada tog broda ima puno prostora za poboljšanje indexa u budućnosti a time i energetske učinkovitosti. Razlog lošijeg EEOI može se tražiti u provođenju preporučenih elemenata SEEMP-a za koji su odgovorni Kapetan i Upravitelj stroja spomenutog broda.

Uspoređujući graf broj 6 za odabrane brodove u odabranom vremenskom periodu 2016. godine primjetno je:

- prosječna vrijednost za Veljaču 2016. godine sa EEOI = 29.84 ima za 8% bolju vrijednost indexa u odnosu na prosjek kompanije od EEOI = 32.35;

- prosječna vrijednost za Svibanj 2016. godine sa EEOI = 30.11 ima za 7% bolju vrijednost indexa u odnosu na prosjek kompanije od EEOI = 32.35;

- prosječna vrijednost za Lipanj 2016. godine sa EEOI = 29.35 ima za 10% bolju vrijednost indexa u odnosu na prosjek kompanije od EEOI = 32.35 i može se reći da je ta vrijednost indexa najmanja u usporedbi svih šest mjeseci tj. da u tom odabranom mjesecu brodovi imaju najbolju energetske učinkovitost koja je rezultat dobre obučenosti posade i pravilnog upravljanja brodskom energijom za vrijeme svakodnevnih brodskih operacija;

- mjesec Siječanj (EEOI = 33.34; +3%), mjesec Ožujak (EEOI = 33.59; +4%) i mjesec Travanj (EEOI = 37.90; +15%) pokazuju lošiji rezultat i vrijednost EEOI indexa pri usporedbi u odabranom vremenskom periodu. U mjesecu Travnju uočava se najveće odstupanje od prosječne vrijednosti EEOI indexa i to za 15%, a razlog lošijeg EEOI može se tražiti u količini obraštaja po trupu broda, te provođenju preporučenih elemenata SEEMP-a za koji su odgovorni Kapetan i Upravitelj stroja, kao i u obučenosti posade spomenutog broda.

#### IV. ZAKLJUČAK

Brod treba definirati kao pokretninu koja ostvaruje dobit. Očito je da pomorci mogu pravilnim pristupom svakodnevnim brodskim operacijama dovesti do značajnog poboljšanja energetske učinkovitosti. No da bi se to u stvarnosti i dogodilo, svaki novi član posade mora biti temeljito upoznat sa sustavom energetske učinkovitosti svoje kompanije. U svrhu istoga, sastanci i brodski treninzi trebali bi se održavati barem svakih pola godine kako bi svaki član posade mogao razumjeti funkcioniranje određenog plovila i koji su glavni potrošači, te što se može učiniti kako bi se uštedjela energija. Jednostavne dobre navike posade mogu imati potencijal za velike energetske uštede kao što su: gašenje nepotrebnog svjetla, gašenje televizora, smanjenje jačine rada grijača, ventilatora i klima uređaja. Zna se i da svaka nepotrebna količina vode u tankovima doprinosi većem gasu broda i većoj potrošnji goriva za pokretanje pogonskih motora te bi plovidba trebala biti s optimalnom količinom balastnih voda ne ugrožavajući pri tom stabilnost broda. Brodovi za prijevoz tekućeg tereta tzv. tankeri često koriste sisteme za grijanje dok oni za prijevoz tekućeg tereta tzv. plinaši koriste sisteme za hlađenje. Takvi su ogromni brodovi opremljeni sa mnogo različitih brodskih sistema koji se mogu optimizirati do zadovoljavajuće razine energetske učinkovitosti. Na brodovima za prijevoz suhog tereta umjesto jakih ventilatora treba što češće koristiti prirodnu ventilaciju. I postizanje optimalnog trima broda kao i način na koji se održava kurs tijekom plovidbe uvelike utječe na optimiziranje rada motora i brzine broda. Ne smiju se zaboraviti ni meteorološki uvjeti pri planiranju putovanja. Dobar kapetan će uvijek odabrati plovidbenu rutu koja zadovoljava sigurnosne uvjete uz minimalnu potrošnju goriva i minimalno vrijeme putovanja. Obraštanje trupa i propelera broda također doprinosi usporavanju brzine broda i utječe na performanse. Sve navedeno, predstavlja samo neke faktore koji mogu utjecati na bolju energetske učinkovitost određenoga plovila.

Treba spomenuti da ovaj sustav pokazuje i neke manjkavosti u praksi. Naime, veličina EEOI dobiva se na čisto dobrovoljnoj usporedbi „putovanje-po-putovanje“ i nije pogodan za uspoređivanje brodova jer čak i „sestrinski“ brodovi mogu imati vrlo različite operativne karakteristike.

Kod odabrane offshore kompanije dežurni časnik na mostu svakodnevno unosi podatke koje SEEMP automatski preuzima i na taj se način dobije precizan uvid o učinkovitosti brodske energije svakoga broda ponaosob.

U cilju očuvanja okoliša tj. smanjenja emisije štetnih plinova, uštede potrošnje pogonskog goriva, a samim tim financijske dobiti svake brodske kompanije, pomorci bi trebali završiti trening i osposobljavanje o energetske učinkovitosti na vrijeme; što znači prije dolaska na brod, te se redovito usavršavati zajedno sa naprednom tehnologijom i modernizacijom plovila.

#### LITERATURA

- [1] N. Acomi and O. Acomi, "Steps Towards The Energy Efficient Ship", Analele University Maritime Constanta, vol. 14, Issue 19, pp. 17-20, 4p, 2013.
- [2] T. Stanivuk, T. Galić and F. Prolić, "Upravljački plan učinkovitosti brodske energije", VI Savjetovanje o energetici u BiH sa međunarodnim učešćem, Sarajevo: CETEOR Sarajevo, 2017. pp. 44-51.

- [3] "Implementing a Ship Energy Efficiency Management Plan", Guidance for Ship owners and operators, Lloyds SEEMP Guidance Notes for Clients v2, June 2012 (version 2.0).
- [4] "Marsig Ship Energy Efficiency Plan", 1st Edition, 2012, <http://www.marsig.com/downloads/MARSIG%20-%20SEEMP%20Template.pdf>.
- [5] T. Stanivuk and T. Tokić, "Alternative Shipping Routes and Simulations of LNG Storage at Export / Import Terminals", Naše more: znanstveni časopis za more i pomorstvo, vol. 60, 3-4, pp. 61-67, 2013.
- [6] I. Ančić, A. Šestan and N. Vladimir, "EEDI kao mjera energetske učinkovitosti broda", Sorta 2012: zbornik radova XX. simpozija Teorija i praksa brodogradnje, in memoriam prof. Leopold Sorta, 2012.
- [7] M. Zanne and E. Twrdy, "Air Pollution From Maritime Transport – The Problem Of Today, The Challenge Of Tomorrow", POMORSTVO - Scientific Journal of Maritime Research • 25/1, pp. 101-108, 2011.
- [8] K. Cullinane and S. Cullinane, "Atmospheric Emissions from Shipping: The Need for Regulation and Approaches to Compliance", Transport Reviews, vol. 33, No. 4, pp. 377-401, 2013, <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2013.806604>
- [9] T. Stanivuk, "Statistika svih nezgoda u odabranoj offshore kompaniji u odnosu na ostale pomorske offshore kompanije", Zbornik radova - XIII međunarodno savjetovanje "Inovativne tehnologije u funkciji rješavanja saobraćajnih i ekoloških problema zemalja u tranziciji", Travnik: Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, 2016, pp. 53-61.
- [10] M. Tomašević, P. Ristov and T. Stanivuk, "Metodologija znanstvenog istraživačkog rada - statističke metode u istraživanju", sveučilišni udžbenik, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2007.
- [11] Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), CO<sub>2</sub> Reducing the Carbon footprint, Guidance Notes for Ship Owners and Ship Operators 2012 – 2013, RCLASS, Indian Register of Shipping, <http://www.irclass.org>
- [12] T. Stanivuk, "Estimating and calculating the speed, power and fuel consumption of LNG carriers", Ports and Waterways - POWA 2014. Zagreb: Faculty of Transport and Traffic Sciences University of Zagreb Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, Croatia, pp. 60-72, 2014.

#### ABSTRACT

In the last decades a lot of attention has been paid to ecology and responsible business activity, especially by offshore maritime companies. Air pollution is a serious and actual problem that affects our society. To reduce the emission of greenhouse gases in international transportation, Marine Environment Protection Committee (MEPC) from International Maritime Organisation (IMO) has developed a number of new technical and operational measures, at the same time helping to improve the effectiveness of the ships' motor fuel. For that reason, the chosen offshore company data has been gathered and processed, and the results showed the concrete effect of the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), and measures have been suggested together with the operative demands that need to be carried out.

#### **SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN IN THE CHOSEN OFFSHORE COMPANY**

Tatjana Stanivuk, Teo Galić and Frane Prolić