

# Spriječavanje onečišćenja mora uljima i ispušnim plinovima

---

**Morić, Ante**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:308835>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-06**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**ANTE MORIĆ**

**SPRJEČAVANJE ONEČIŠĆENJA MORA  
ULJIMA I ISPUŠNIM PLINOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: BRODOSTROJARSTVO**

**SPRJEČAVANJE ONEČIŠĆENJA MORA**  
**ULJIMA I ISPUŠNIM PLINOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**  
**dr. sc. Branko Lalić**

**STUDENT:**  
**Ante Morić**  
**(MB:0170126316)**

**SPLIT, 2022.**

## SAŽETAK

Zadataka ovog završnog rada je ukazati na sprječavanje onečišćenja mora uljima i ispušnim plinovima. U radu su prikazani međunarodni i domaći pravni propisi koji reguliraju područje sprječavanja onečišćenja mora s brodova te uređaji i oprema namijenjena tome. Kako bi se jasnije prikazalo kako onečišćenje djeluje na morski okoliš, analizirana su postojeća istraživanja koja su se tijekom prošlosti bavila onečišćenjem morskog okoliša uljima s brodova. U posljednje vrijeme sve se više ukazuje na posljedice onečišćenja ispušnim plinova te se u okviru ovog područja prikazuje na koji način se propisima regulira sprječavanje onečišćenja morskog okoliša ispušnim plinova. Zaključak rada je kako se propisima, tehnologijama i tehnološkim rješenjima može značajno utjecati na smanjenje onečišćenja. Kada do onečišćenja dođe potrebno je pravovremeno i stručno reagirati kako bi posljedice onečišćenja bile što manje na morski okoliš.

**Ključne riječi:** *sprječavanje, onečišćenje, ulja, ispušni plinovi, brod, morski okoliš.*

## ABSTRACT

The task of this final paper is to point out the prevention of sea pollution with oil and exhaust gases. The paper presents international and domestic legal regulations governing the field of prevention of sea pollution from ships and devices and equipment intended for that purpose. In order to show more clearly how pollution affects the marine environment, existing research that has dealt with pollution of the marine environment with oils from ships in the past has been analyzed. Recently, the consequences of exhaust gas pollution have been increasingly pointed out, and within this area it is shown how regulations regulate the prevention of marine pollution by exhaust gases. The conclusion of the paper is that regulations, technologies and technological solutions can significantly affect the reduction of pollution. When pollution occurs, it is necessary to react in a timely and professional manner so that the consequences of pollution are as small as possible on the marine environment.

**Key words:** *prevention, pollution, oils, exhaust gases, ship, marine environment.*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PRAVILA I PROPISI SPRJEČAVANJA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA I ISPUŠNIM PLINOVIMA</b> .....	<b>2</b>
2.1. DEFINICIJA ONEČIĆENJA MORSKOG OKOLIŠA.....	2
2.2. MEĐUNARODNA PRAVILA O ONEČIŠĆENJU MORA S BRODOVA.....	2
2.3. MEĐUNARDONI PROPISI POSVEĆENI ZAŠTITI MORA.....	3
2.4. VAŽNI PROPISI REPUBLIKE HRVATSKE .....	5
2.5. RAZVOJ PROPISA U SVEZI S ONEČIŠĆENJEM MORA S BRODOVA.	6
2.6. PREVENCIJSKI PROPISI .....	7
2.7. PROPISI KOJI REGULIRAJU ONEČIŠĆENJE ZRAKA S BRODOVA ...	7
<b>3. UTJECAJ ONEČIŠĆENJA ULJIMA I ISPUŠNIM PLINOVIMA NA OKOLIŠ</b> .....	<b>10</b>
3.1. ONEČIĆENJE ULJEM .....	10
3.2. KARAKTERISTIKE IZLJEVANJA ULJA .....	12
3.2.1. Fizikalna svojstva ulja .....	12
3.2.2. Kemijska svojstva ulja.....	13
3.3. KARAKTERISTIKE ISPUŠNIH PLINOVA S BRODOVA.....	14
3.3.1. Sumporov dioksid .....	14
3.3.2. Dušikovi oksidi .....	15
<b>4. PRISTUP KONTROLI I SMANJNEJNU ISPUŠTANJA ULJA I ISPUŠNIH PLINOVA S BRODOVA</b> .....	<b>17</b>
4.1. KNJIGA O ULJIMA .....	17
4.2. KALJUŽNI SEPARATORI.....	17
4.3. SUSTAV PROČIŠĆIVANJA ISPUŠNIH PLINOVA NA BRODOVIMA - SCRUBER .....	24
4.3.1. Suhi scraber .....	24
4.3.2. Mokri scraber .....	26
4.3.3. Scraber otvorenog tipa .....	27
4.3.4. Skraber hibridnog (kombiniranog) tipa .....	28
4.3.5. Ovlaživanje ispirnog zraka (SAM).....	29
4.3.6. Emulzifikacija goriva vodom (WIF) .....	29

4.3.7. Recirkulacija ispušnih plinova EGR.....	30
4.3.8. Selektivni katalički reaktor SCR (SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION).....	31
<b>5. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>34</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>35</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>38</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>39</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>40</b>

# 1. UVOD

Problem rada je istaknuti važnost sprječavanja onečišćenja mora uljima i ispušnim plinovima. Činjenica je da područje brodarstva ima značaj utjecaj na morski okoliš. Izvori onečišćenja mora su s kopna, mora i zraka a tvari koje zagađuju stalno se mijenjaju tj. nadopunjuju novim istraživanjima i iskustvima. U okviru ovog rada obrazložiti će se međunarodni i domaći propisi koji su važni za sprječavanje onečišćenja mora s brodova.

Predmet rada je teorijski objasniti utjecaj onečišćenja na morski okoliš pri čemu se ističe važnost propisa i primjena strojeva i opreme za sprječavanja onečišćenja mora uljima i ispušnim plinovima. Međunarodno pravna zaštita morskog okoliša počela je usvajanjem propisa u svezi sa sprječavanjem onečišćenja mora uljem s brodova. Zaštita morskog okoliša od onečišćenja iz zraka novijeg je doba, a javlja se sve veći porast onečišćenja zraka brodskim emisijama što utječe na to da se međunarodnim pridružuju i nacionalni propisi u pojedinim zemljama, i to osobito onima izrazitije izloženima brodskim emisijama i koje su bliže morskim plovnim putovima.

Svrha rada je ukazati na opasnosti koje izaziva onečišćenje mora uljima i ispušnim plinovima kao i mogućnosti sprječavanja onečišćenja prije svega kroz propise koji su brojni i detaljno uređuju mogućnost sprječavanja zagađenja morskog okoliša uljima i ispušnim plinovima.

Ciljevi rada su definirati onečišćenje morskog okoliša, objasniti važne međunarodne propise i opisati uređaje i opremu koji se koriste u sprječavanju onečišćenja morskog okoliša. Cilj rada je objasniti karakteristike ulja i ispušnih plinova te razmjer štete koju čine morskom okolišu.

## **2. PRAVILA I PROPISI SPRJEČAVANJA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA I ISPUŠNIM PLINOVIMA**

### **2.1. DEFINICIJA ONEČIĆENJA MORSKOG OKOLIŠA**

Definirati onečišćenje mora i morskog okoliša na jasan i precizan način nije lako. Razni su izvori onečišćenja jer tvari kojima se more može onečistiti stalno se mijenjaju [1]. Prvi i najčešća definicija onečišćenja morskog okoliša prihvaćena je na Konferenciji UN-a o čovjekovom okolišu 1972. godine u Stockholmu [2].

Strategija zaštite nastala je u trenutku kad je onečišćenje okoliša postalo više od problema ulice, četvrti ili grada, sredinom 20 stoljeća (1950-60 godine), i tada se razvijaju strategije temeljene na principu zabrane, počele su se stvarati tzv. crne i sive liste tvari koje se nikako ili samo u određenim koncentracijama mogu odlagati u okoliš.

S manjim izmjenama unijeta je i u Konvenciju UN-a o pravu mora iz 1982. godine Barcelonske konvencije iz 1995. i glasi: „Onečišćenje morskog okoliša označava čovjekovo izravno ili neizravno unošenje u morski okoliš, uključujući estuarije, tvari ili energije koje uzrokuju ili mogu prouzročiti pogubne posljedice kao što su štete živim bogatstvima i životu u moru, ugrožavaju ljudsko zdravlje, ometaju pomorske djelatnosti uključujući ribolov i druge zakonite upotrebe mora, pogoršavaju upotrebnu kakvoću morske vode i smanjuje privlačnost obalnog i morskog ambijenta.“[3,4].

Dakle, prema navedenoj definiciji može se reći kako samo čovjek može izazvati onečišćenje mora [5].

### **2.2. MEĐUNARODNA PRAVILA O ONEČIŠĆENJU MORA S BRODOVA**

Međunarodno pravna zaštita morskog okoliša počela je usvajanjem propisa u svezi sa sprječavanjem onečišćenja mora uljem s brodova. Prvi međunarodni propis posvećen zaštiti morskog okoliša s brodova bila je OILPOL konvencija iz 1954. Međutim, ubrzani je razvoj tehnologije povećao onečišćenje mora te je postalo jasno da brod nije jedini izvor onečišćenja mora. Daljnji je razvoj međunarodnopravne zaštite morskog okoliša usmjeren , osim brodova, i na druga ishodišta onečišćenja. Načelo Stokholmske deklaracije poziva države na poduzimanje odgovarajućih mjera za sprječavanje onečišćenja mora [1].

Konvencija UN-a o pravu mora iz 1982. prvi je međunarodni ugovor usvojen nakon Konferencije iz 1972., koji je stvorio globalni pravni režim zaštite i očuvanja morskog okoliša. Donošenjem Konvencije iz 1982., države više nisu slobodne odlučivati o tomu hoće



li, i u kojoj mjeri, štiti svoj morski okoliš, već Konvencija uvodi obvezu pravnog reguliranja zaštite i očuvanja morskog okoliša [1].

Većina međunarodnih ugovora posvećenih onečišćenju mora s brodova i drugih ishodišta onečišćenja usvojena je u okviru prava i dužnosti iz Konvencije o pravu mora iz 1982. Posljednjih godina pri donošenju novih propisa ili izmjeni postojećih osobita pozornost se posvećuje i preporukama usvojenim na Konferenciji UN-a o čovjekovom okolišu i razvoju (*United Nations Conference on Environment and Development - UNCED*) održanoj 1992. [1].

Održivi razvitak podrazumijeva gospodarski i socijalni razvitak društva koji u zadovoljavanju potreba današnjeg naraštaja uvažava iste mogućnosti zadovoljavanja potreba idućih naraštaja te omogućuje dugoročno očuvanje kakvoće okoliša, biološke raznolikosti i krajobraza. U odnosu na zaštitu mora preporuča razumno i oprezno gospodarenje morem i morskim okolišem [1].

### **2.3. MEĐUNARDONI PROPISI POSVEĆENI ZAŠTITI MORA**

U okviru međunarodnog razvoja propisa posvećenih zaštiti mora sustavna borba za suzbijanje onečišćenja mora s brodova počela je nakon nezgode tankera Torrey Canyon, 1967. Ona je urodila usvajanjem mnogobrojnih međunarodnih instrumenta - konvencija, preporuka, smjernica, kodeksa. Konvencije kao međunarodni ugovori, pod uvjetom ispunjavanja uvjeta za njihovo stupanje na snagu postaju obvezne za države koje su ih potvrdile. Preporuke, smjernice spadaju u tzv. neobvezne instrumente, a pružaju uputstva prema kojima se države ponašaju i razvijaju obvezna međunarodna pravila, odnosno zaključuju međunarodne ugovore i stvaraju običajna pravila [1].

U stvaranju tako bogate međunarodne regulative značajnu ulogu odigrala je Međunarodna pomorska organizacija (*International Maritime Organization - IMO*), posebice njezin Odbor za zaštitu morskog okoliša, Pravni odbor, kao i Odbor za sigurnost plovidbe. Pored Međunarodne pomorske organizacije u sustavu UN - a, osnovan je 1973. Program UN za okoliš (*United Nations Environment Programme - UNEP*) kao ključna ustanova za zaštitu i očuvanje okoliša na globalnoj razini. UNEP je po svojem osnutku izabrao zaštitu morskog okoliša kao prvo područje u kojem će razviti svoje djelatnosti te inicirao program za regionalna mora [1]. Tablica 1. prikazuje povijesni razvoj međunarodnih propisa o onečišćenju mora uljem.

**Tablica 1. Povijesni razvoj međunarodnih propisa o onečišćenju mora uljem [11]**

<b>Godina</b>	<b>Zakonodavna mjera</b>
1954. godine	Međunarodna konvencija o onečišćenju mora naftom (OILPOL)
1969. godine	Sporazum o suradnji u rješavanju problema onečišćenja Sjevernog mora naftom (Bonski sporazum)
1969. godine	Međunarodna konvencija koja se odnosi na intervencije na otvorenom moru u slučaju nesreća u slučaju onečišćenja naftom (INTERVENCIJA)
1972. godine	Konvencija o sprječavanju onečišćenja mora odlaganjem s brodova i zrakoplova (Konvencija iz Osla)
1972. godine	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora odlaganjem otpada i drugih tvari (Londonska konvencija o odlaganju otpada)
1973. godine	Međunarodna konvencija za sprječavanje onečišćenja s brodova -MARPOL (engl. Maritime pollution), Prilog I ove konvencije posebno se bavi propisima za sprječavanje onečišćenja naftom
1974. godine	Konvencija o sprječavanju onečišćenja mora iz kopnenih izvora (Pariška konvencija)
1978	Protokol međunarodne konvencije za sprječavanje onečišćenja s brodova (MARPOL 73/78)
1982	Memorandum o razumijevanju o lučkoj inspekciji u provedbi sporazuma o pomorskoj sigurnosti i zaštiti morskog okoliša (Pariški MOU)
1983	Sporazum o suradnji u rješavanju problema onečišćenja Sjevernog mora naftom i drugim štetnim tvarima (Bonski sporazum) – zamjenjuje Sporazum iz 1969.
1990	Međunarodna konvencija o pripravnosti, odgovoru i suradnji na onečišćenje naftom (OPRC)
1992. godine	Konvencija o zaštiti morskog okoliša sjeveroistočnog Atlantika (OSPAR konvencija; zamjenjuje Oslo i Parišku konvenciju) - ratificirana 1998.
2000	Direktiva EU 2000/59/EC o pružanju lučkih prihvatnih objekata za brodski otpad i ostatke tereta (stupila na snagu 2002.) (s obvezom za luke u državama članicama EU-a da osiguraju prikladne prihvatne objekte, uključujući postrojenja za zauzeti otpad, za brodove obično pozivam ih)
2005	Direktiva EU-a 2005/35/EC o onečišćenju s brodova i uvođenju kazni za kršenje (s obvezom kaznenog progona država članica EU-a)
2008	Direktiva EU-a 2008/56/EC o uspostavljanju okvira za djelovanje zajednice u području politike morskog okoliša (Okvirna direktiva o morskoj strategiji, MSFD) (s obvezom za države članice EU-a da prate na terenu)
2009	Direktiva EU 2009/16/EZ o lučkoj kontroli (s obvezom za države članice EU-a da provedu određenu razinu lučkih pregleda brodova prema nizu standarda/relevantnih instrumenata).

## 2.4. VAŽNI PROPISI REPUBLIKE HRVATSKE

Za Republiku Hrvatsku značajan je Mediteranski akcijski plan (*Mediterranean Action Plan* - MAP). Uz navedene, treba istaknuti i niz drugih međunarodnih organizacija, institucija i udruženja čiji članovi obavljaju plovidbenu djelatnost ili različite druge djelatnosti koje su u neposrednoj ili posrednoj vezi s obavljanjem plovidbe te istraživanjem mora. To su:

- Međunarodna federacija vlasnika tankera za onečišćenje (*International Tanker Owner Pollution Federation* - ITOPF)
- Međunarodna brodarska federacija (*International Shipping Federation* - ISF), Međunarodno udruženje spašavatelja (*International Salvage Union* - ISU),
- Međunarodno udruženje luka i pristaništa (*Association of Ports and Harbours* - IAPH),
- Međunarodno udruženje osiguratelja odgovornosti (*International Group of P&I Clubs*),
- Međunarodna hidrografska organizacija (*International Hydrographic Organization* - IHO).

Unifikacijski naponi nisu ostali bez rezultata. Udio onečišćenja mora s brodova znatno se smanjio u odnosu na druge moguće izvore onečišćenja i onečišćivače i prema posljednjim podacima iznosi oko 10 % ukupnog onečišćenja mora. Za usporedbu, onečišćenje mora s kopna iznosi 80 % ukupnog onečišćenja mora [1].

Zaštita morskog okoliša u pravnom sustavu Republike Hrvatske provodi se kao zaštita posebnog dijela, odnosno posebne sastavnice okoliša [7]. Zakon o zaštiti okoliša obuhvaća mjere zaštite mora uključujući morski ekosustav i obalno područje kao nedjeljive cjeline te između ostalog sprječavanje onečišćenja mora s brodova i drugih ishodišta uslijed pomorskog prometa. Isto tako, zaštita mora od onečišćenja podrazumijeva upravljanje morskim okolišem tako da se ne uzrokuje šteta morskom okolišu, osiguravanjem održive marikulture, trajnim praćenjem i posebnom zaštitom odgovarajućih područja mora, podmorja i obale te ispunjavanjem obveza iz međunarodnih ugovora [7].

## 2.5. RAZVOJ PROPISA U SVEZI S ONEČIŠĆENJEM MORA S BRODOVA

Propise posvećene zaštiti morskog okoliša s brodova može se podijeliti temeljem više kriterija. Prema izvorima dijele se na međunarodne i domaće. Međunarodni propisi sadržani su u međunarodnim konvencijama imaju značajnu ulogu u postizanju unifikacijskih rješenja što je neophodno za nesmetani razvoj pomorske plovidbe. Ipak, treba uzeti u obzir da je značaj unifikacije postignut konvencijskim rješenjima donekle umanjen zbog razlika glede obvezanosti pojedinim instrumentima, kao i u primjeni te pridržavanju konvencijskih pravila [1].

U okviru međunarodnih propisa treba posebno izdvojiti propise Europske unije. Posljednjih godina Europska unija i njezine države članice imaju bitnu ulogu u stvaranju i promicanju visokih standarda sigurnosti plovidbe i zaštite onečišćenja mora s brodova. Pomorski prijevoz ima bitnu ulogu u gospodarskom razvoju Europske unije. U prilog tomu govore i sljedeći podaci [1]:

- oko 90 % izvoza i više od 40 % uvoza robe obavlja se pomorskim putem,
- europske brodovlasničke kompanije nadziru oko 40 % svjetske trgovačke flote,
- oko milijardu tona ulja godišnje uđe u luke Europske unije ili se prevozi morskim putem u blizini njezinog teritorija
- oko 3 milijuna ljudi u Europskoj uniji zaposleno je u pomorstvu i pratećim djelatnostima, kao što su brodogradnja, luke, osiguranje, banke

Europska agencija za pomorsku sigurnost (European Maritime Safety Agency - EMSA) osnovana je kao posebno nadzorno tijelo Europske unije čija je temeljna zadaća pratiti učinkovitost primjene pravila o sigurnosti pomorskog prometa i prevencije onečišćenja mora s brodova, kao i nadzora, primjene i učinkovitosti pojedinih mjera na području Europske unije. Također, EMSA ima zadatak reagirati u slučaju onečišćenja mora uljem te uspostaviti suradnju s drugim državama i zainteresiranim stranama i ojačati sustav zaštite obalnog područja država članica. EMSA nema zakonodavnu funkciju, ali je značajan izvršitelj i kontrolor pomorske politike država članica Europske unije, kao i nadzornik implementacije odgovarajućih propisa Europske unije u nacionalna zakonodavstva [1].

Republika Hrvatska je temeljem sukcesije i samostalnim potvrđivanjem, postala strankom većine IMO - konvencija posvećenih onečišćenju mora s brodova. Prihvatanjem pomorske strategije, Republika Hrvatske je definirala ciljeve i mjere za njezino ostvarenje. U okviru navedenih mjera posebno je istaknuta pomorska sigurnost i zaštita morskog

okoliša. Osim prihvaćanjem implementacijom propisa Europske unije, Republika Hrvatska je donijela velik broj vlastitih propisa posvećenih zaštiti morskog okoliša kojima se usvajaju posebna rješenja, kojih nema u međunarodnim aktima [6] .

## **2.6. PREVENCIJSKI PROPISI**

Svaka država ima svoje nacionalne propise koji se odnose na prevenciju onečišćenja morskog okoliša. Postoje mnogi vladini propisi za pojedine zemlje koji služe kao mjere odgovora na izlijevanje ulja u offshore okruženju. Među tim propisima, oni iz SAD-a, Kanade i UK-a su najopsežniji.

Mjere prevencije uključuju korištenje prikladnih spremnika za ulje, sprječavanje prepunjivanja spremnika za ulje, povremeno provjeravanje i ispitivanje cijevi i spremnika, osiguravanje odgovarajućeg sekundarnog zadržavanja i hvatanje izlijevanja nafte. Gdje se događa prijenos nafte. Propisi o kontroli i protumjerama (SPCC) treba opisati operacije rukovanja naftom, prakse sprječavanja izlijevanja, kontrolu ispuštanja ili odvodnje, osoblje, opremu i resurse u postrojenju koji se koriste za sprječavanje izlijevanja nafte da dospije u plovne vode ili susjedne obale [16].

Prevenicijski propisi funkcioniraju tako da svaka lučka uprava, operater postrojenja za rukovanje naftom i operater postrojenja na moru moraju imati plan za hitne slučajeve onečišćenja naftom u skladu s uredbama.

Prema zakonu o naftnim i plinskim operacijama, izlijevanje nafte je zabranjeno, što znači da nitko ne može uzrokovati ili dopustiti da se dogodi izlijevanje nafte. Međutim, ako se izlijevanje nafte dogodi slučajno, dežurni radnici moraju to odmah prijaviti šefu konzervacije. Također, prema zakonu, oni koji su prijavili izlijevanje moraju učiniti sve kako bi se izlijevanje suzbilo, spriječilo daljnje izlijevanje i ublažio štetan utjecaj na okoliš. Glavni konzervator ima ovlasti poduzeti hitne mjere zaštite okoliša za čišćenje izlijevanja i omogućavanje preuzimanja upravljanja kako bi se spriječio daljnji utjecaj. Tvrтка koja je prouzročila izlijevanje tada će morati platiti sve troškove za popravne mjere zajedno s mogućnošću da bude tužena za štetu i nemar [17].

## **2.7. PROPISI KOJI REGULIRAJU ONEČIŠĆENJE ZRAKA S BRODOVA**

Potrebno je utjecati na smanjenje dizelskih emisija koje su jedan od segmenata globalnog onečišćenja. Potreba za rješenjem ovog problema je zbog toga što se javlja sve veći porast onečišćenja zraka brodskim emisijama što utječe na to da se međunarodnim

pridružuju i nacionalni propisi u pojedinim zemljama, i to osobito onima izrazitije izloženima brodskim emisijama i koje su bliže morskim plovnim putovima [31].

Nakon višegodišnjih pregovora, dogovor je postignut 1997. godine aneksom onečišćenja zraka IMO-a. i Konvencijom MARPOL – Aneks VI, koji je stupio na snagu 2005. godine. Postavio je globalnu gornju granicu od 4,5% sadržaja sumpora u brodskom loživom ulju, i utvrđene su odredbe koje dopuštaju označavanje posebnog sumpora za područja kontrole emisija (SECA) sa strožim kontrola emisije sumpora. S aspekta sprječavanja onečišćenja atmosfere s brodova, zahtjevi su sadržani u Konvenciji MARPOL 73/78 u Prilogu 6, koji ograničava emisiju štetnih plinova iz morskih energetskih sustava (npr. NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> i dr.) koji utječu na oštećenje ozona ili zakiseljavanje vode i tla ili učinak stakleničkih plinova [32].

Globalne godišnje emisije glavnog stakleničkog plina ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) s brodova iznosile su više od 1.000 milijuna tona u 2007., što odgovara 3,3 posto ukupnih globalnih emisija koje je stvorio čovjek. U nedostatku politike ublažavanja, emisije brodova mogle bi se udvostručiti ili čak utrostručiti do 2050. godine. Brodovi mogu poboljšati učinkovitost i značajno smanjiti emisije ploveći manjim brzinama. Smanjenje brzine od 10 posto smanjit će potrošnju goriva za oko 20 posto po jedinici udaljenosti, uz odgovarajući pad emisije CO<sub>2</sub>. Štoviše, smanjit će se i emisije zagađivača zraka, kao što su SO<sub>2</sub>. Primjeri zemalja s visokim udjelom naslaga zagađivača zraka sumpora i oksidiranog dušika iz brodarstva.

Sumpor NO <sub>x</sub> -dušik		
Danska	39%	28%
Nizozemska	31%	21%
Švedska	25%	25%
Norveška	25%	23%
UK	18%	20%
Francuska	18%	15%
Italija	15%	15%
Belgija	13%	16%
Finska	12%	17%
Njemačka	10%	10%

Izvor: EMEP 2010

**Slika 1. Primjeri zemalja s visokim udjelom naslaga zagađivača zraka sumpora i oksidiranog dušika iz brodova [35]**

Za područja koja su navedena na Slici 1. ograničenje sadržaja sumpora u gorivu brodova postavljeno je na 1,5 posto. Alternativno, brodovi bi mogli ugraditi sustav za čišćenje ispušnih plinova (npr. scruber) ili koristiti druge metode za ograničavanje svojih emisija SO<sub>2</sub>. Baltičko more je bila prva SECA koja je stupila na snagu 2006., a zatim Sjeverno more 2007. Prilog VI također postavlja ograničenja na emisije NO<sub>x</sub> iz novog brodskog motora, ali su ti prvi standardi NO<sub>x</sub> bili toliko slabi da u praksi nisu imali nikakav osjetniji učinak. U listopadu 2008., nakon tri godine pregovora i revizije Aneksa VI, države članice IMO-a jednoglasno su dogovorile jačanje emisijskih standarda. Odlučeno je da će sadržaj sumpora u svim brodskim gorivima biti ograničen na 0,5 posto u cijelom svijetu od 2020. godine. Emisije s brodova koji se bave međunarodnom trgovinom u morima koja okružuju Europu, odnosno u Baltičkom moru, Sjevernom moru, sjeveroistočnom dijelu Atlantika, Sredozemlju i Crnom moru procjenjuju se na 1,6 milijuna tona sumporovog dioksida i 3 milijuna tona dušikovih oksida godišnje u 2013. godini [35].

Emisije ispušnih plinova s brodova sve više ozbiljno zagađuju zračni okoliš. Stoga se MARPOL 73/78 Aneks VI primjenjuje na sve brodove od 2017. godine, Aneks VI s tim da koncentracije NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> i CO sadržane u ispušnim plinovima broda moraju biti manje od 6,4 g/kWh, 0,6 g/kWh i 5,5 g /kWh respektivno [33].

Globalno onečišćenje zraka s brodova regulirano je Aneksom VI IMO MARPOL-a o „Propisima za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova”. Aneks VI MARPOL predviđa određivanje područja kontrole emisija (ECA), gdje se primjenjuju standardi koji premašuju globalne zahtjeve [33].

### **3. UTJECAJ ONEČIŠĆENJA ULJIMA I ISPUŠNIM PLINOVIMA NA OKOLIŠ**

Rastuća svijest o utjecaju onečišćenja uljem na morski okoliš dovela je kasnih 1960-ih godina do uvođenja mjera za smanjenje ili uklanjanje onečišćenja iz brodova i naftne industrije na moru. Onečišćenje uljnim frakcijama može ostati u morskom okolišu dugi niz godina nakon izlivanja, ovisno o karakteristikama ulja kao što su vrsta, veličina i mjesto izlivanja [8]. Komercijalno ribarstvo posebno je izloženo opasnosti od onečišćenja uljem, osobito kada se mrlja pojavi u blizini uzgoja ribe ili školjaka, ili blizu uzgajališta gdje su riblja jaja i ličinke koji su osjetljivi na onečišćenje uljem [9].

Ulje koje se izlije u more ima štetni utjecaj i na ptice, tako pojava zauljenosti ptica javile su se kao posljedice nesreće tankera, izlivanje na terminalima i objektima za utovar na moru, te ispuhivanje na bušotinama i proizvodnim instalacijama [10].

#### **3.1. ONEČIĆENJE ULJEM**

Definicija ulja iz MARPOL konvencije navodi da nafta znači naftu u bilo kojem obliku uključujući sirovu naftu, loživo ulje, mulj, otpadnu naftu i rafinirani proizvodi (osim onih petrokemijskih proizvoda koji podliježu odredbama Aneks II. MARPOL konvencije) [13]. Onečišćenje uljem može biti uzrokovano bilo kojim izlivanjem sirove nafte ili njezinih rafiniranih proizvoda. Međutim, najveći i najštetniji događaji onečišćenja obično uključuju izlivanje nafte ili teškog goriva iz skladišta iz onesposobljenih tankera ili platformi za bušenje na moru, s teglenica ili brodova na unutarnjim plovnim putovima, ili iz bušotina ili slomljenih cjevovoda na kopnu [14].

Dostupno je mnogo informacija o veličini, ponašanju i učincima ulja izlivenog u more. Nedavne procjene izlivanja naftnih ugljikovodika u svjetske oceane tijekom 1970-ih i ranih 1980-ih kretale su se od oko 3,2 do 6,1 milijuna tona godišnje (tablica 2). To je bilo ekvivalentno oko 0,2-0,3% ukupne količine nafte prevezene tankerima 1980. i 0,1-0,2% globalne proizvodnje nafte. Novije procjene globalnog unosa nafte u morski okoliš sugeriraju da je došlo do značajnog smanjenja tijekom 1980-ih, s 1,47 milijuna tona u 1981. na 0,57 milijuna tona u 1989. [14,15].



**Tablica 2. Procjene izlijevanja naftnih ugljikovodika u svjetske oceane [14]**

<b>Izvor</b>	<b>1973. god</b>	<b>1979.</b>	<b>1981.</b>	<b>1983.</b>
Prirodna curenja	600	600	300 (30-2600)	200 (20. – 2000.)
Atmosfersko taloženje	600	600	300 (50–500)	300 (50–500)
Urbano otjecanje i ispuštanje	2500	2100	1430. (700-2800)	1080 (500-2500)
Obalne rafinerije	200	60	—	100 (60–600)
Ostale obalne otpadne vode	—	150	50 (30-80)	50 (50–200)
Nesreće tankera na moru	300	300	390 (350-430)	400 (300-400)
Operativna ispuštanja iz tankera	1080	600	710 (440-1450)	700 (400-1500)
Gubici od netankerskog transporta	750	200	340 (160-640)	320 (200-600)
Gubici proizvodnje na moru	80	60	50 (40-70)	50 (40-60)
Ukupna pražnjenja	6110	4670	3570	3200

Podaci su izraženi u jedinicama od  $10^3$  tone godišnje

Nemoguće je predvidjeti mjesto ili veličinu bilo kakvog slučajnog izlijevanja ulja. Kao što se i moglo očekivati, izlijevanje iz tankera najčešće je u obalnim područjima u najprometnijim morskim putovima. Po veličini, morska izlijevanja kreću se od čestih gubitaka manjih količina do rijetkih, ali ima i masivnih slučajnih događaja. Neki primjeri potonjeg, katastrofalnog izlijevanja uključuju nesreće supertankera kao što su [14]:

- Kanjon Torrey kod južne Engleske 1967. s oko 117 tisuća prolivenih tona,
- Strijelaincident 1970. kod Nove Scotie (11 tisuća tona),
- Metula u Estrecho de Magallanes (Magellanov tjesnac) 1973. (53 tisuće tona),
- Argo Merchant 1976. kod Massachusettsa (26 tisuća tona),
- Amoco Cadiz 1978. u La Mancheu (230 tisuća tona),
- Exxon Valdez 1989. u Prince William Soundu u južnoj Aljasci (35 tisuća tona) i
- Braer izlijevanje 1993. Šetlandski otoci Škotske (84 tisuće tona).

Većina ovih izlijevanja prouzročila je znatnu, iako ne nužno dobro dokumentiranu, ekološku štetu. Čak i malo izlijevanje može izazvati pustoš u ekološki osjetljivom okruženju.

Operativno ispuštanje zauljenih rezervoara za pranje iz tankera također su čest izvor morskih izlijevanja, iako se važnost ovog izvora smanjuje. Ovaj izvor onečišćenja povezan je s praksom punjenja spremnika balastom morske vode nakon isporuke tereta nafte ili rafiniranog proizvoda, te kasnijeg ispuštanja zauljene kaljužne vode u more dok brod putuje da preuzme svoj sljedeći teret. Ispuštanje obično sadrži ostatak ugljikovodika koji je ekvivalentan oko 0,35% kapaciteta tankera (raspon od 0,1% za lagano rafinirano ulje, do 1,5% za teško gorivo u bunkeru) [14].

Počevši od ranih 1970-ih, ovaj operativni izvor onečišćenja uljem znatno je smanjen jednostavnom promjenom postupka čišćenja spremnika koji se naziva procesom punjenja na vrhu (LOT). U LOT-u, zauljena voda za pranje se zadržava na brodu neko vrijeme kao balast. To omogućuje da se većina ulja odvoji od morske vode. Uljni ostatak se kombinira sa sljedećim teretom, dok se relativno čista morska voda ispušta. LOT tehnika ima potencijalnu učinkovitost oporavka od 99%, ali u operativnoj upotrebi obično je 90% ili manje, ovisno o tome koliko je more turbulentno tijekom faze odvajanja. Kao rezultat široko rasprostranjenog (ali ne i sveopćeg) prihvaćanja LOT-a od strane tankera, zagađenje naftom iz ovog izvora smanjeno je s oko 1,1 milijuna tona godišnje 1973. na  $0,7 \times 10^6$  tona/godišnje 1983. i 0,25 milijuna tona 1989.[14]

### **3.2. KARAKTERISTIKE IZLJEVANJA ULJA**

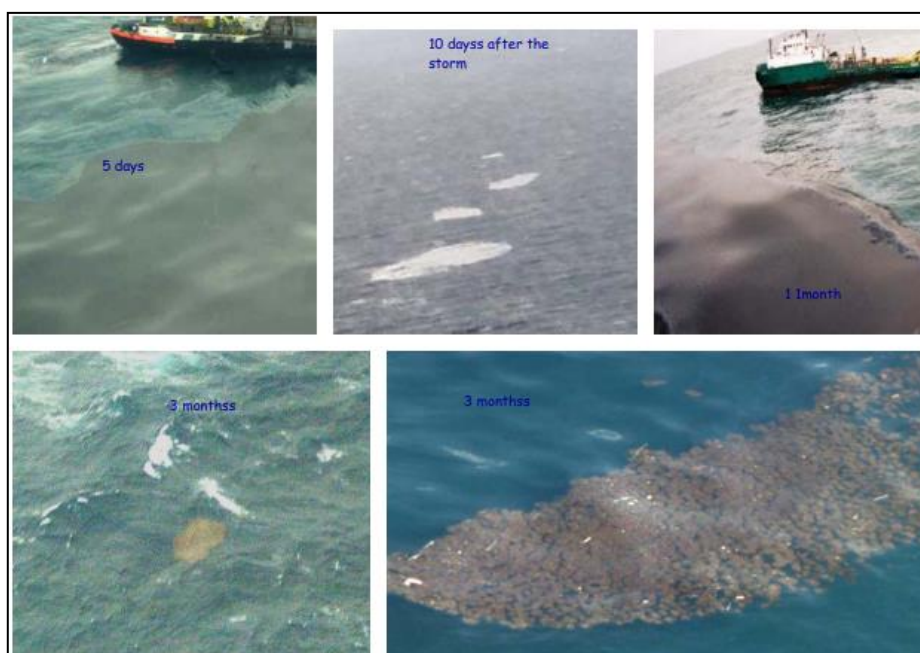
Izlijevanje nafte u more uključuje sirovu naftu, rafinirane naftne derivate (benzin, dizel i druge nusproizvode), teža goriva i bilo koji uljni otpad ili otpadno ulje [19]. Ozbiljnost utjecaja izlijevanja nafte ovisi o količini nafte i njezinim kemijskim i fizikalnim svojstvima. Fizikalna i kemijska svojstva ulja utječu na procese trošenja/transformacije (isparavanje, širenje, emulzifikacije, disperzije, sedimentacije, razrijeđivanje). Ovi procesi zajedno mogu dovesti do stvaranja guste mase na površini mora i katranskih kuglica, kao i stvaranje brojnih oksigeniranih proizvoda [20].

#### **3.2.1. Fizikalna svojstva ulja**

Fizikalna svojstva ulja uključuju: boju, površinsku napetost, specifičnu težinu i viskoznost. Fizička svojstva izlijevanja nafte razlikuju se ovisno o vrsti nafte koja se unosi u oceanski okoliš. Općenito, tamno smeđa ili crna boja ulja može se promijeniti u žutu, zelenu ili crvenu boju [21]. Sposobnost širenja izlijevanja nafte ovisi o površinskoj napetosti, specifičnoj težini i viskoznost. Ulje s nižom površinskom napetošću ima sposobnost vrlo brzog širenja čak i u odsutnosti vjetra ili struja. Površinska napetost ulja povezana je s

temperaturom i povećanjem tendencije širenja ulja u toplijim vodama nego u hladnim vodama.

Nužno je spriječiti izlivanje ulja u more a za to postoje mnogi propisi i pravilnici koji se bave tim područjem. Međutim, jednostavniji propisi za pojedine zemlje koje su fokusirane na površinsko onečišćenje mogu izostaviti tvari koje imaju veću specifičnu težinu koje potonu na dno mora [21]. Tijekom vremena ulje koje je izliveno u more mijenja svoje karakteristike (slika 2).



Slika 2. Ponašanje teškog loživog ulja u moru protekom vremena [27]

### 3.2.2. Kemijska svojstva ulja

Kemijska svojstva ulja uključuju molekularnu masu, točku tečenja, vrelište, točku gorenja, eksplozivnost, topivost, pri čemu granice kemijske zapaljivosti variraju ovisno vrsti [22]. Ulje ima kemijski sastav u kojem dominiraju ugljikovodici. Ulje također može uključivati sumpor, dušik, kisik i neke metale[23]

Prosječna sirova nafta će sadržavati 30% parafina ili alkana, 50% naftena ili cikloalkana, 15% aromata, 5% spojeva koji sadrže dušik, sumpor i kisik. Primarne skupine ugljikovodika koje se nalaze u benzinu su parafini, olefini, napteni i aromat [26].

### 3.3. KARAKTERISTIKE ISPUŠNIH PLINOVA S BRODOVA

Emisije ispušnih plinova s brodova značajan su izvor onečišćenja. Pod glavne zagađivače spadaju [35]:

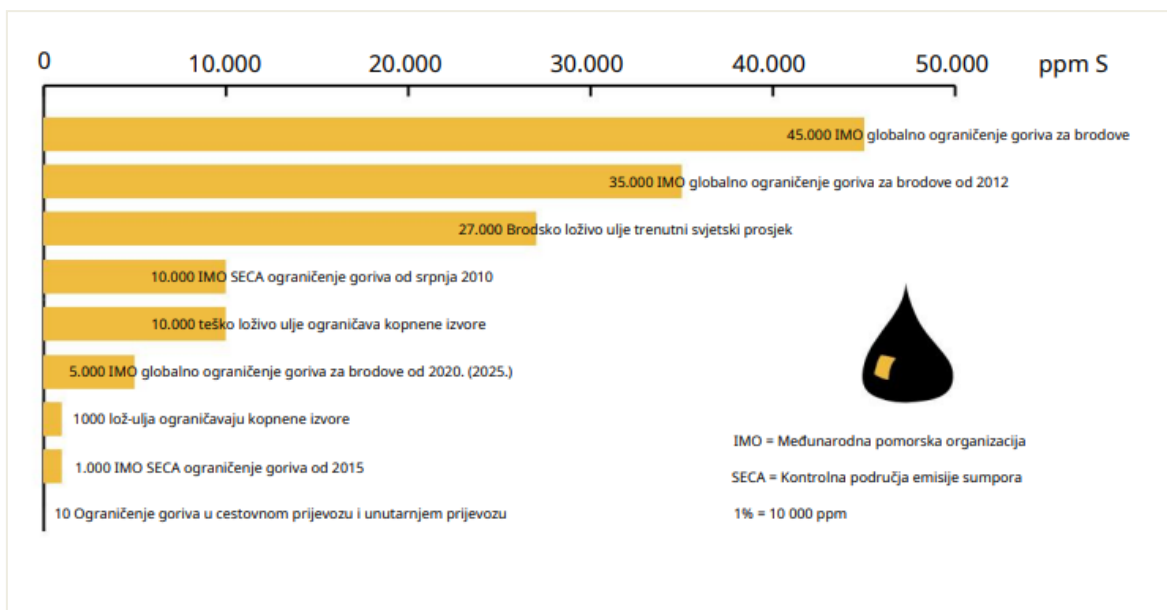
- dušični spojevi ( $\text{NO}_x$ ),
- sumporni spojevi (SO),
- čestice (kao što je crni ugljik) i
- staklenički plinovi.

Od tih  $\text{NO}_x$  je onečišćujuća tvar ispušnih plinova s najizravijim značajem za morski okoliš. Sumpor, koji se emitira iz brodova kao sumporni oksidi ( $\text{SO}_x$ ) u ispušnim plinovima, nije toliko važan zagađivač za status morskog okoliša mora koliko za prirodu u unutrašnjosti i ljudsko zdravlje. Međutim, vrlo je bitno uvođenje zelenih tehnologija i alternativnih goriva kao što je ukapljeni prirodni plin (LNG) koji također utječu na emisije  $\text{NO}_x$ . Osim  $\text{SO}_x$  i  $\text{NO}_x$ , pomorstvo također pridonosi emisiji čestica i stakleničkih plinova (uglavnom  $\text{CO}_2$ ), koji su percipirani kao globalni [34,35].

#### 3.3.1. Sumporov dioksid

Brodovi sagorijevaju izuzetno prljava goriva koja u prosjeku sadrže 2,5-3% sumpora – gotovo 3000 puta više od sadržaja sumpora od cestovnog goriva u Europi. Najjednostavniji način smanjenja emisije  $\text{SO}_2$  je prelazak na loživo ulje s niskim udjelom sumpora koji značajno smanjuje emisije štetnih tvari u ispušnim plinovima. Moguća alternativna opcija za gorivo s niskim sadržajem sumpora je ugradnja uređaja za čišćenje ispušnih plinova (scruberi), koji mogu smanjiti emisiju  $\text{SO}_2$  do 99 posto, a također značajno smanjiti emisije drugih štetnih plinova[35].

Slika 3. prikazuje usporedbu različitih granica sumpora u gorivima u dijelovima na milijun (ppm). Gornja vrijednost od 45 000 ppm odgovara 4,5% udjela sumpora, dok donja brojka od 10 ppm za goriva za cestovni promet odgovara 0,001% udjela sumpora. Dakle, rješenje za ovaj problem je gorivo s niskim sadržajem sumpora ili motori koji rade na plin. Brodski motori mogu raditi i na ukapljeni prirodni plin (LNG) i na taj način smanjiti emisiju  $\text{SO}_2$  na gotovo nulu jer u LNG-u nema sumpora. Emisije  $\text{NO}_x$  također su značajno smanjene, za 80% ili više. LNG je više opcija za nove brodove ili ako su izvršene prenamjene [35].



Slika 3. Usporedba različitih granica sumpora u gorivima [35]

### 3.3.2. Dušikovi oksidi

Iako se dušik obično smatra inertnim plinom, pri visokim temperaturama postignutim tijekom izgaranja goriva, on reagira s prisutnim kisikom i tvori dušikov oksid (NO). Između 5 i 10% se dalje oksidira u struji ispušnih plinova u dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>). Također nastaje oko 1% dušikovog oksida (N<sub>2</sub>O). Dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>) reagiraju s drugim kemikalijama u atmosferi, posebno na jakoj sunčevoj svjetlosti, stvarajući ozon, glavnu komponentu smoga. NO<sub>x</sub> također reagira s vodom i kisikom da nastane dušična kiselina koja je jedan od sastojaka kiselih kiša. NO<sub>2</sub> također uzrokuje oštećenje pluća i drugog osjetljivog tkiva

Za smanjenje onečišćenja NO<sub>x</sub> koriste se sljedeće metode:

- Smanjenje temperaturu izgaranja.
- Uklanjanje dušikovi oksida iz ispušnih plinova. (Selektivna katalitička redukcija ili SCR).

Za smanjenje temperature izgaranja:

1. Usporite vrijeme ubrizgavanja goriva.
2. Recirkulacija dijela ispušnih plinova; ohladite i očistite i pomiješajte sa zrakom za izgaranje. (EGR). Time se smanjuje koncentracija kisika u zoni izgaranja. Smanjuje stvaranje NO<sub>x</sub> do 60%, ali prikladno samo za motore koji koriste goriva s niskim sadržajem sumpora i pepela.

Smanjenje emisija se vrši i ubrizgavanjem vode s gorivom ali može uzrokovati probleme s dodatnim stvaranjem dima. Metoda može smanjiti  $\text{NO}_x$  za 70-85% [35].

Brodovi dok pristaju u luci isključuju svoje pogonske motore, ali koriste svoje pomoćne motore za napajanje rashladnih uređaja, svjetala, pumpi i druge opreme. Ako se brodovi umjesto toga spoje na napajanje s obale, emisije  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  mogu se smanjiti za 90 % ili više. Korištenje fosilnih goriva mora se smanjiti. Eksperimenti s energijom vjetra (SkySails), biogorivima i gorivnim ćelijama su u tijeku. Mala plovila mogu raditi na solarnu energiju i povećanje ove tehnologije izazov je za brodarsku industriju. U EU je najveći dopušteni sadržaj sumpora u lakom loživom ulju 0,1%, a u teškom loživom ulju 1%.

## **4. PRISTUP KONTROLI I SMANJNEJNU ISPUŠTANJA ULJA I ISPUŠNIH PLINOVA S BRODOVA**

### **4.1. Knjiga o uljima**

U svrhu kontrole i smanjenja ispuštanja ulja s brodova uvedena je Knjiga o uljima (Oil record book). Zauljene vode su vode koje u sebi sadrže makar i tragove ulja iznad 15 ppm. Prema konvenciji mora je imati svaki tanker veći od 150 BRT-a i svaki brod veći od 400BRT-a, svaki brod u međunarodnoj plovidbi, te svi veći brodovi bez obzira na tonažu ako kao pogonsko gorivo koriste ulje. Za hrvatske brodove izdaje je Hrvatski registar brodova. Vodi je osoblje stroja i unosi: podatke o ukrcanom i utrošenom gorivu, podatke o ukrcanom i utrošenom mazivu, stanju kaljuža i strojarnice te postupcima s otpadnim uljima.

Podatke koje valja unositi svrstani su u 9 skupina:

- Balastiranje ili pranje tankova goriva
- Izlijevanje nečistog balasta ili vode za pranje tankova
- Skupljanje i uklanjanje uljnih ostataka
- Neautomatizirano ispuštanje izvan broda ili uklanjanje kaljužne vode koja se skuplja u strojarskom prostoru
- Automatizirano ispuštanje izvan broda ili uklanjanje kaljužne vode koja se skuplja u strojarskom prostoru
- Stanje sustava za nadzor i upravljanje ispuštanjem ulja
- Slučajna ili druga izvanredne ispuštanja
- Krcanje goriva ili tereta ulja za podmazivanje
- Dodatni radni postupci i općenite primjedbe

U koliko se podaci o potrošnji goriva i ostatku taloga ne slažu s podacima unesenim u knjigu, brod plaća kaznu prilikom lučkih pregleda.

Knjigu o uljima drugi dio moraju voditi tankeri za ulja, vodi je osoblje palube i upisuje: podatke o ukrcanom teretu, razmještaju tog tereta po tankovima, o njegovom premještanju i iskrcaju [37].

### **4.2. Kaljužni separatori**

Kaljužni separator najvažniji je dio kaljužnog sustava. Njegova osnovna funkcija je

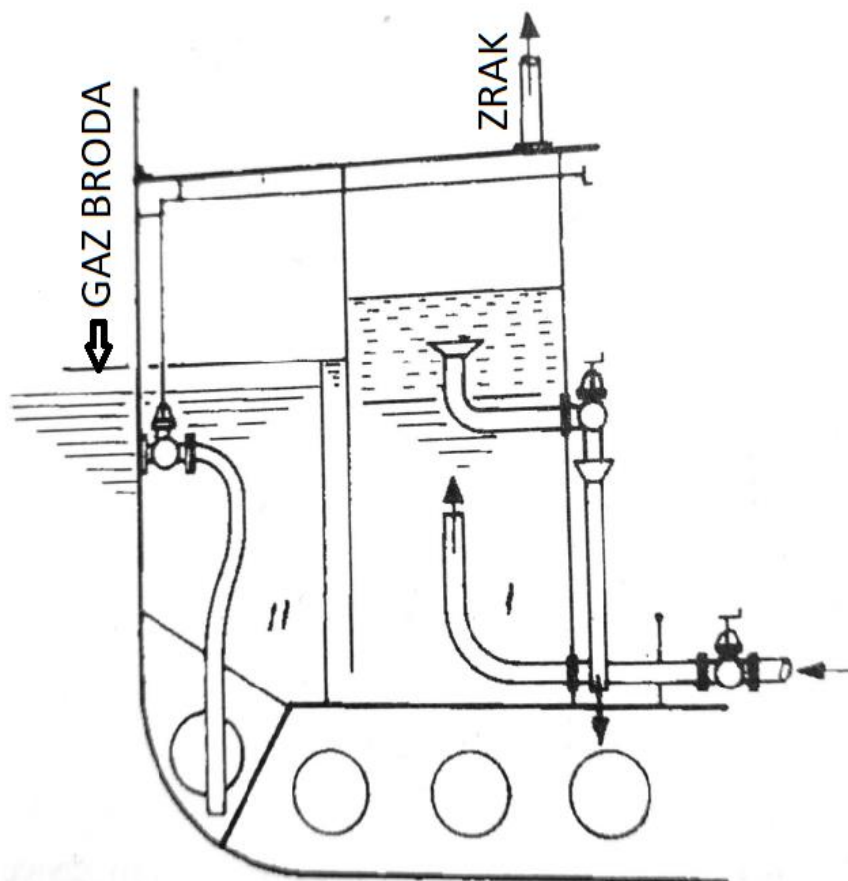
odvajanje ulja iz kaljužnih voda. kaljužne vode prije izbacivanja u more moraju proći kroz isti kako bi se smanjio udio ulja u zauljenim vodama na dopuštenu vrijednost. Kaljužni separator također se koristi tijekom pražnjenja balasta i čišćenja uljnih tankova. Na taj način smanjuje se onečišćenje mora i morskog okoliša. Kaljužni separator mora biti dovoljnog kapaciteta s obzirom na veličinu i tip broda. Sustav za obradu kaljužnih voda može koristiti gravitacijski ili centrifugalni tip separatora.

Gravitacijski tip kaljužnog separatora je tip uređaja koji se smatrao vrlo efikasnim dok su brodovi koristili lakša goriva za rad strojeva na brodu i kada su kaljužne vode sadržavale manje emulzija. Gravitacijski kaljužni separator nisu u mogućnosti obraditi mješavine teških ulja izmiješane s drugim vrstama ulja i kemikalijama koje nalazimo u kaljužnim vodama modernih brodova. S obzirom da ovaj kaljužni separator radi uz pomoć gravitacijske sile od samo 1 G koja nije dovoljna za brzo odvajanje emulzije ulja od vode. Kako bi se postigao uvjet od 15 ppm moraju se koristiti razne kemikalije i adsorpcijski filteri radi odvajanja onih dijelova koji se ne odvoje gravitacijskom silom. Ovaj tip separatora koristi tehnologiju ploča ili filtera za odvajanje ulja iz vode koristeći različite gustoće tih dviju tekućina i njihovu nemogućnost miješanja jedne s drugom.

Centrifugalni separator kao i gravitacijskog tipa koristi razliku gustoće ulja i vode, ali oni to čine tako da povećavaju gravitacijsku silu centrifugalnim ubrzanjem. Zbog toga imaju veću učinkovitost jer na kaljužnu vodu djeluje silom od preko 6000 G pri brzini vrtnje od oko 8000 min<sup>-1</sup>. Time se omogućuje obrada vrlo složenih mješavina koje formiraju kaljužnu vodu bez obzira na gibanje broda. Ovaj tip separatora ne zahtijeva dodatne kemikalije za obradu kaljužnih voda i ima manji broj preventivnih zahvata održavanja. Za razliku od gravitacijskog separatora koji obrađuje kaljužne vode u nekoliko faza pri čemu se zahtijevaju česte promjene filtera i razne kemijske dodatke, centrifugalni kaljužni separator može neprekidno obrađivati kaljužne vode bez većeg nadzora. Nakon obrade, čista voda se može odmah ispustiti van broda pa zbog toga nema potrebe za velikim kaljužnim tankom [39].

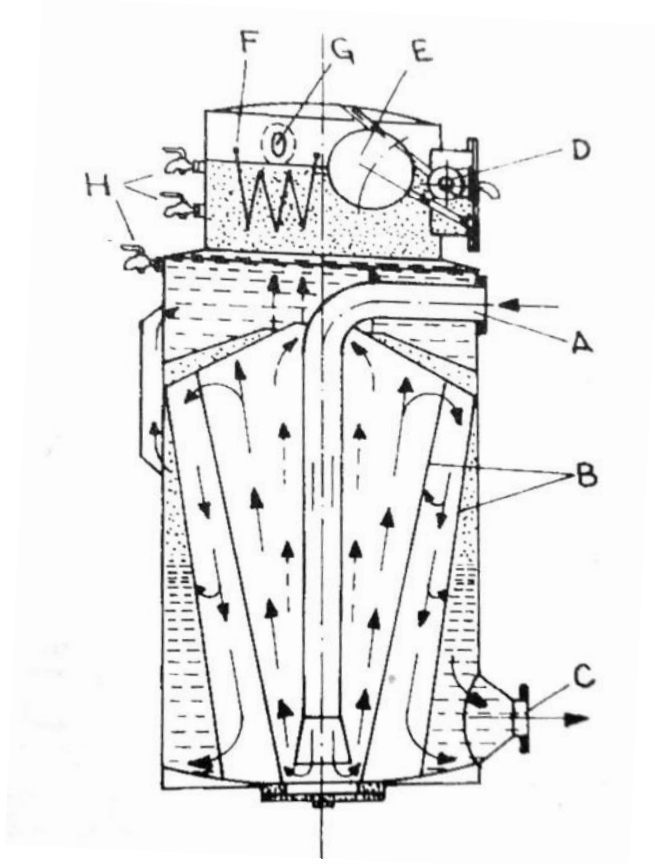
Najjednostavniji način kakav se nekada koristio na brodovima za odjeljivanje ulja od vode pranjem tankova, prikazan je na Slici 4. Ovaj odjeljivač se sastoji od jednog velikog tanka podijeljenog na dva dijela. U prostoru I odjeljuje se voda od ulja. Ulje se može s pomoću cijevi s lijevkom odvesti u poseban tank, dok voda prolazi ispod viseće pregrade tanka u prostor II, odakle se može ispustiti iz broda. Dok se obavlja ova radnja ispusni ventil na oplati broda mora biti zatvoren. Na tanku I postavlja se ventil za pokus, kojim se provjerava razina ulja i vrijeme ispuštanja ulja [38].





**Slika 4. Odjeljivanje ulja od vode s pomoću tankova [38]**

Na slici 5 prikazan je odjeljivač ulja od vode, izveden kao cilindrični tank od zavarenog čelika. Kaljužna sisaljka tlači mješavinu ulja i vode, koja ulazi kroz otvor (A) i protječe u unutarnjost uređaja kroz labirinte (B), gdje su postavljene pregrade za usmjeravanje i višestruko okretanje, koje omogućuju ulju da se odijeli od vode. Kapljice ulja dižu se po pregradama prema gore, zbog manje gustoće skupljaju se u gornjem dijelu uređaja, dok se voda, oslobođena od ulja, ispušta kod (C). Sisaljkom doveden zrak diže se potpuno u vrh uređaja i pravi elastični jastuk. Višak zraka se može ispuštati i preko samoupravljivog ventila za odzračivanje (D), kojim se upravlja preko plovka (E). U području gdje se sakuplja ulje ugrađeno je parno grijanje kojim se omogućava lakše ispuštanje ulja kroz otvor (G). Pokusni pipci (H) služe za indicaciju razine ulja. Skidanjem poklopca na vrhu i dnu može se kontrolirati unutarnjost uređaja [38].



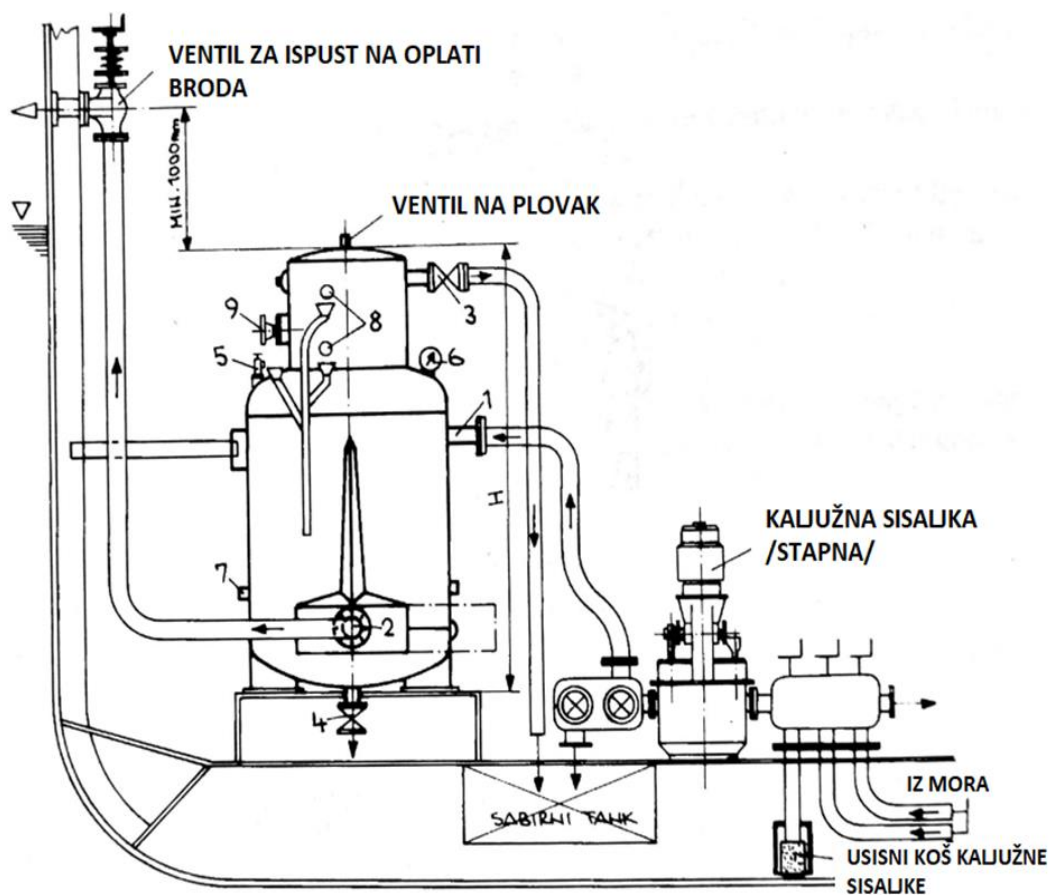
**Slika 5. Cilindrični odjeljivač ulja od vode [38]**

- A Ulaz nečiste mješavine
- B Labirinti
- C Ispust vode od vode.
- D Odzračivanje
- E Plovak
- F Grijanje
- G Ispust ulja
- H Pokusni pipci

Separator kaljužne vode može raditi poluautomatski ili automatski. Poluautomatski rad se svodi na alarm postavljen na pokusnim pipcima (H) za kontrolu razine ulja. Automatski rad se sastoji u tome što se ugrađuje magnetski ventil na mjestu ispusta (G), preko kojeg se ulje ispušta u odgovarajući tank.

Na Slici 6 prikazan je separator kaljužne vode ugrađen u strojarnici, s pripadnim cjevovodom.

Kapacitet separatora ovisi o kapacitetu sisaljke kojom dobavljamo mješavinu u separator [38].

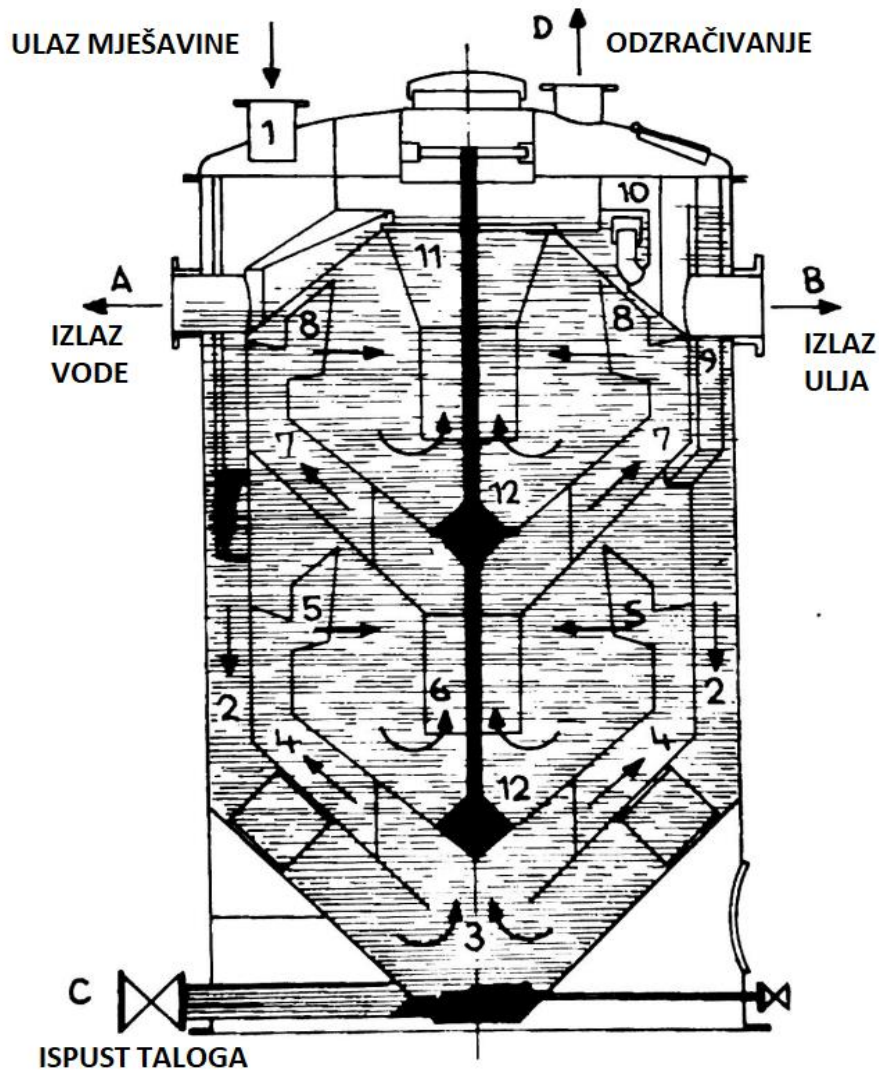


**Slika 6. Separator kaljužne vode u strojarnici [38]**

Sisaljke kojima je rad vezan za ove uređaje trebaju biti stapne ili vijčane, a ne centrifugalne, jer svojim načinom rada pri dobavljanju prave previše kompaktnu emulziju.

Na Slici 7 prikazan je način rada separatora gravitacijskog tipa, koji se obično ugrađuje u tu svrhu na tankerima.

Mješavina voda-ulje ulazi u separator kroz priključak (1) i struji prema dolje kroz međuprostor (2), između plašta i unutarnjeg kućišta. Strujanjem mješavine prema dolje postiže se grubo odjeljivanje, a odijeljeni se talog skuplja na dnu komore za izbacivanje taloga. Dio očišćene mješavine ulazi kroz otvor (3) u prvi stupanj odjeljivanja, i kroz stožasti prostor (4) diže se do prostora (5), gdje se podvrgava drugom stupnju odjeljivanja. Tu se ulje zaustavlja na lopaticama (na slici tamno označenim) [38].



Slika 7. Gravitacijski separator ulja [38]

Ulje kao specifični lakše, sve više se diže prema gore, prema kanalu (9) i ulazi u komoru sakupljanja. Zatim, mješavina koja je napustila difuzor (5) i ostavila sadržaj ulja prelazi kanal (6) i struji u prostor (7), da bi ispunila i prostor (8). Zadnje male kapljice ulja se zaustavljaju ispod lijevka (11) i ulaze u prostor (10). Odijeljena voda izlazi preko lijevka (11) na otvor (A). Sakupljeno ulje iz prostora (9) i (10) izlazi kroz otvor (B) u poseban tank za sakupljanje ulja. Talog se ispušta na otvor (C), a odzračivanje je kod (D). Ako u ulju ostane još dijelova vode, proces se ponavlja [38].

Uređaji za separiranje i filtriranje mogu imati mogućnost podgrijavanja zauljene mješavine, u svrhu lakšeg odjeljivanja. Grijanje se može vršiti samo parom ili toplom vodom.

Najnoviji uređaji za separiranje trebaju osiguravati kakvoću odjeljivanja od 15 dijelova ulja na milijun dijelova mješavine.

U Konvenciji se zahtijeva i ugradnja monitor uređaja kojim se nadzire sadržaj ulja u vodi koja se preko izvan brodskih ventila ili preko palubnih ventila ispušta u more. Tim se uređajem registrira količina ulja, a u slučaju prekoračenja dopuštene količine, prekida se ispuštanje kaljužne vode u more, i usmjerava se protok u poseban tank za zadržavanje, koji je predviđen za sakupljanje nečiste vode i taloga. Rad monitora prati alarm upozorenja o prekomjernom sadržaju ulja u ispuštenoj vodi u more.

I na tankerima se, također, može ugraditi monitor uređaj, koji se u tu svrhu povezuje s izljevom i kontrolom sadržaja ulja u vodi koja se izbacuje u more nakon pranja i taloženja u slop tankovima, u kojima se odjeljuje ulje od vode [38].

Na slici 8. prikazan je primjer centrifugalnog separatora tipa PureBilge Švedskog proizvođača Alfa Laval.



**Slika 8. Centrifugalni separator PureBilge [39]**

Ovaj separator je potpuno automatski uređaj za obradu kaljužnih voda. Radi u tri faze, a cijeli proces obrade kaljužnih voda kontrolira se i nadzire. Dobavna pumpa usisava kaljužu iz kaljužnog tanka u separator. Nakon prolaska kroz filter koji zadržava veće čestice, tekućina prolazi kroz grijač koji podiže njenu temperaturu na 70°C radi optimalne učinkovitosti odvajanja. Ako su zadovoljeni svi uvjeti, troputni regulacijski ventil usmjerava tekućinu u separator. Uvjeti koji se moraju zadovoljiti su temperatura tekućine, tlak i kutna brzina separatora. Ako bilo koji od uvjeta nije ispunjen, ventil vraća tekućinu

natrag u kaljužni tank. Ovisno o izvedbi ovaj kaljužni separator ima kapacitet od 2500 l/h do 5000 l/h. Ima mogućost ispuštanja kaljuže sa udjelom manjim od 5ppm. Ovaj primjer kaljužnog separatora je pouzdan, lagan za rukovanje, jeftin za održavanje i siguran. Dizajniran je za stalan rad kako bi obradio velike količine kaljužnih voda [39.]

### **4.3. Sustav pročišćivanja ispušnih plinova na brodovima - scruber**

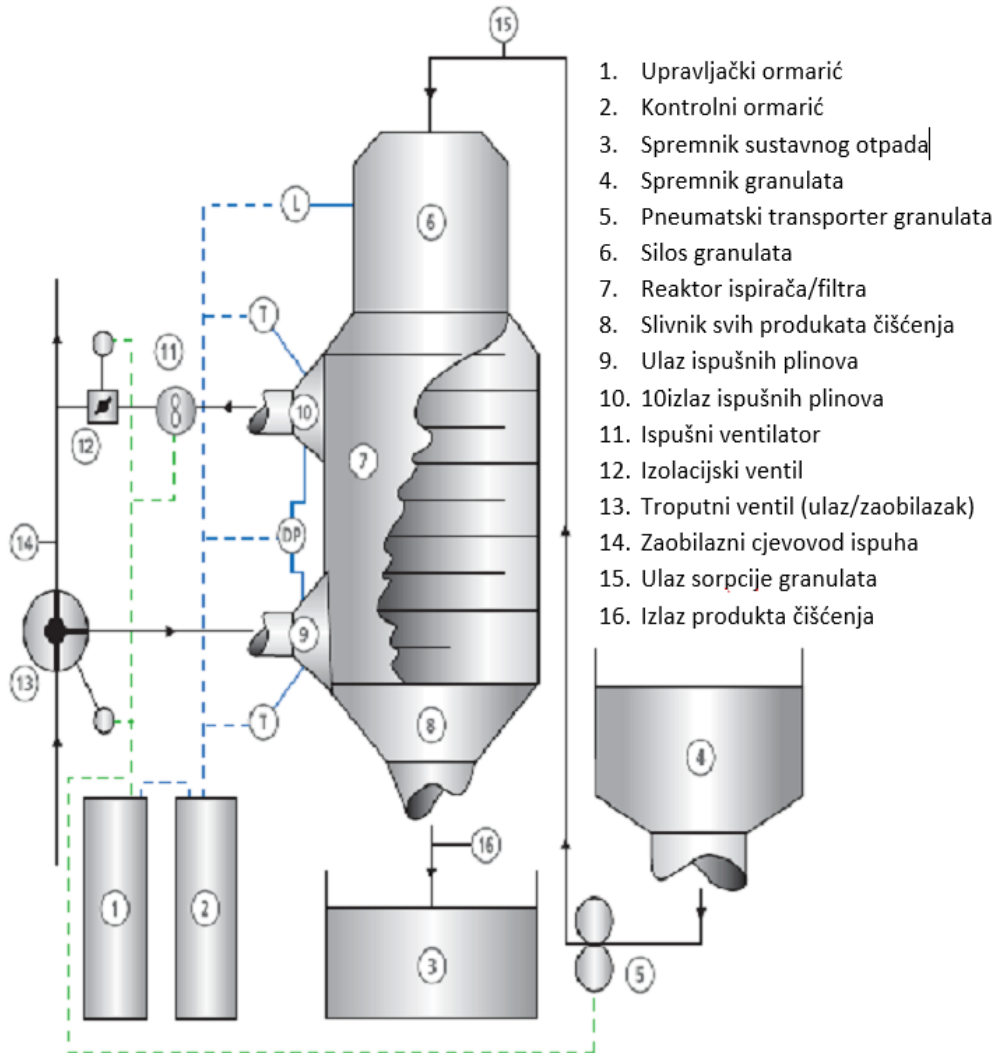
Scraber je uređaj instaliran u sustavu ispušnog cjevovoda iza motora ili kotla kojim se različitim načinima tretiraju ispušni plinovi (morskom vodom, kemijski tretiranom svježom vodom ili suhim tvarima) kako bi se smanjio udio  $SO_x$  iz ispušnih plinova te do neke mjere i neizbježne lebdeće čestice. Nakon ispiranja, u atmosferu odlaze čisti ispušni plinovi. Sve tehnologije scrabera stvaraju otpad koji sadrži tvari iz procesa čišćenja plus  $SO_x$  i lebdeće čestice uklonjene iz sustava ispuha.

$SO_x$  ( $SO_2$  i  $SO_3$ ) plinovi topivi su u vodi. Nakon što se otope, stvaraju se jake kiseline koje reagiraju u kontaktu s prirodnom lužnatosti morske vode, ili pak s lužnatosti iz dodanih suhih tvari (obično se radi o natrijevom hidroksidu), tvoreći topljivu sol natrijevog sulfata, identičnu prirodnoj morskoj soli. Osim toga, voda za ispiranje će „zarobiti“ lebdeće tvari iz ispuha te ih pridodati kaljuži stvorenoj u scraberu. Suhi kalcijev hidroksid iz scrabera poznatiji pod nazivom - hidrirano vapno ( $Ca(OH)_2$ ), reagira s  $SO_x$ -om a produkt reakcije je čvrsti kalcijev sulfat poznatiji pod nazivom - gips ( $CaSO_4$ ). Prije ispuštanja u more gdje je to dozvoljeno i kako je opisano smjernicama IMO- a, otpad i stvoreni mulj mora biti obrađen ili se mora pohraniti na brodu i iskrcati na obalu kao otpadna tvar. Postoje dva osnovna, najčešće predložena koncepta za primjenu čišćenja ispušnih sustava na brodovima a to su suhi ili mokri tipovi scrabera. Osnovni princip rada za oba tipa opisan je u nastavku ovog odjeljka [40].

#### **4.3.1. Suhi scraber**

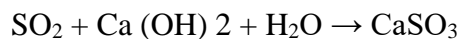
Suhi scraber, kao što to kaže i njegovo ime, ne koristi vodu ili bilo koju drugu tekućinu za izvršenje procesa pročišćavanja već dodaje ispušnim plinovima obrađene granulate hidriranog vapna kako bi se stvorila kemijska reakcija koja uklanja stvorene  $SO_x$  spojeve. Budući da ispušni plinovi ne prolaze kroz vodu te nisu ohlađeni, takav scraber može biti instaliran ispred kotla na ispušne plinove ili se može ukomponirati sa SCR (Selektivna Katalitička Redukcija) jedinicom koja zahtijeva temperaturu ispušnih plinova iznad  $350^\circ C$  kako bi se omogućio ispravni rad katalizatora te smanjila emisije  $SO_x$ -a i  $NO_x$ -a. U ovom

trenutku na brodograđevnom tržištu suhe scrabere nudi samo nekoliko proizvođača. Shematski prikaz suhog sustava scrabera prikazan je na Slici 9 [40].

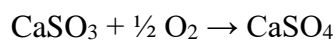


**Slika 9. Sustav suhog Scrabbera [40]**

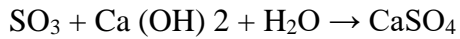
Suhi scraber koristi granulate s kaustičnim vapnom ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) koji u dodiru sa sumpornim dioksidom ( $\text{SO}_2$ ) formira kalcijum sulfid:



U dodiru sa zrakom Kalcijum sulfid oksidira tvoreći dehidrirani kalcijev sulfat ili gips:



Reakcija sa sumpornim trioksidom ( $\text{SO}_3$ ) daje:



Koji s vodom formira:



Nakon čega više nema emisije/ispuštanja CO<sub>2</sub> u atmosferu.

Na primjer, dvojni sustav suhog scrabera radi na način da se suha sačma hidratiziranog vapna (tretirani granulat) dodaje kroz strukturno pakirani „absorber“ (upijač). Hidratizirano vapno reagira na vruće ispušne plinove i upija SO<sub>2</sub> komponente formirajući ih u oblik kuglica od gipsa, neotrovnu bezopasnu materiju, koja se obično koristi u proizvodnji lesonita a koji se koristi u gradnji kuća. Kuglice od gipsa se odvajaju iz apsorbera i skladište na brodu do iskrcavanja na obalu. Doprema kuglica do i od apsorbera ostvaruje se pneumatskim načinom, zasebnim cjevovodom. Za vrijeme kada scraber nije u funkciji ili kada njegov rad nije potreban ispušni plinovi prolaze obilaznim (bypass) cjevovodom. Dvojni sustav potvrđuje učinkovitost uklanjanja SO<sub>x</sub>-a i do 99 % i smanjenje čestica u ispušnom plinu od oko 60 % [40].

#### 4.3.2. Mokri scraber

Kod mokrog skrabera ispušni plinovi prolaze kroz tekući medij/ispirnu tekućinu koja će kemijskom reakcijom ukloniti SO<sub>x</sub> spojeve. Najčešće tekućine su netretirana morska voda ili kemijski tretirana svježe vode. Scraber koji koristi morsku vodu obično je dizajniran s otvorenim sustavom cjevovoda. Morska voda se uzima i prazni iz vanjskog sustava te kroz Scraber protječe samo jednom. U scraberu sa zatvorenim protočnim krugom, voda za obradu se pročišćava i takova se ponovno vraća u scraber (kontinuirani/zatvoreni cjevovod). U zatvorenom kružnom sustavu iz vode se moraju ukloniti čestice i drugi ostaci, potom se voda tretira poradi održavanje određene pH vrijednosti te je potom ponovno pogodna za uporabu u scraberu [40].

Iako postoje značajne razlike u detaljima/dizajnu sustava pročišćivanja ispušnih plinova i likvidnog medija kojim se vrši proces ispiranja, svi scraberi koji krade mokrom metodom koriste iste osnovne kemijske procese. Cilj je da se u vodi otope topljivi sastojci iz ispušnih plinova. Isto se ostvaruje miješanjem ispušnih plinova s tekućinom za ispiranje koristeći kombinacije vodenog spreja ili sustav tekućih kaskada. Neki scraberi mogu imati mrežaste uloške/labirinte različitih oblika i materijala kroz koji će se ispirna voda slijevati

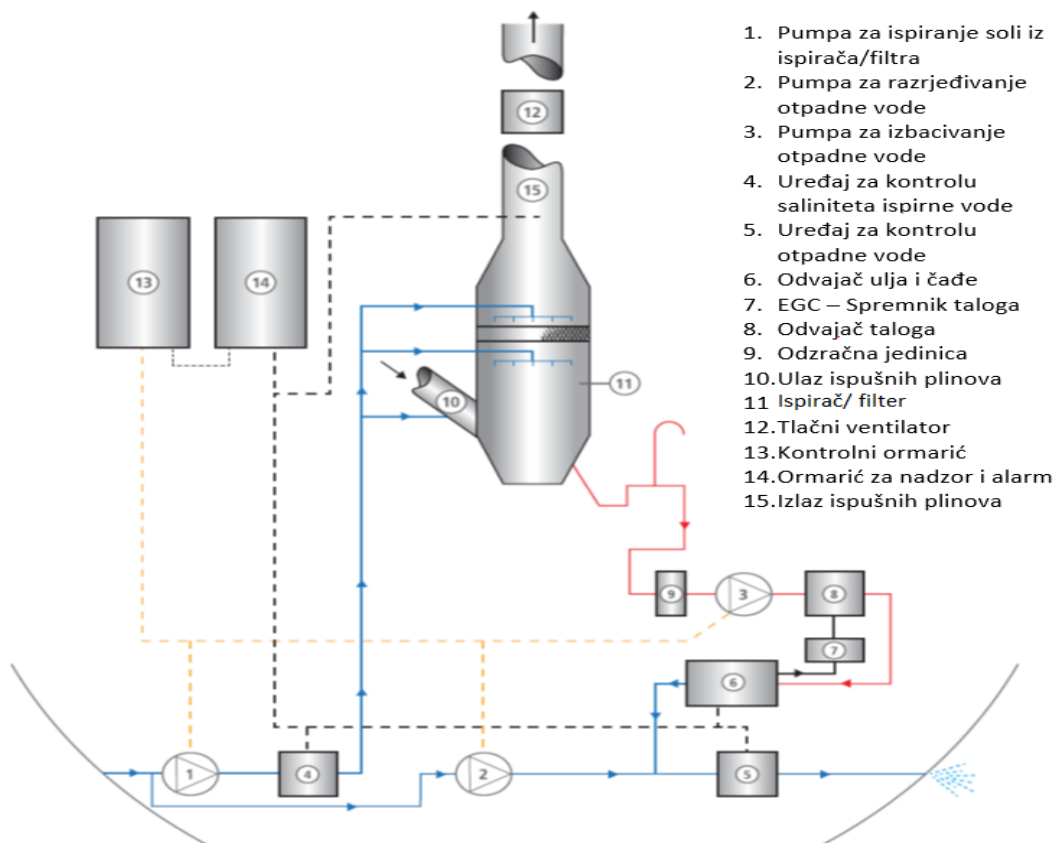


prema dolje za razliku od ispušnih plinova koji struje prema gore te se tako osigurava miješanje dvaju tokova.

Struktura nekih scrabera može imati sustav u kojeg su ugrađene mlaznice i pregrade. U svim scraberima sa mokrim načinom ispiranja osnovna ideja je povećati površinu kako bi ispirna tekućina imala što veći dodir s ispušnim plinovima te na taj način i proizvela što bolja apsorpciju  $SO_x$ -a u tekućini. Međutim, treba paziti da se ne pretjera ograničavanjem normalnog protoka ispušnih plinova odnosno da se ne pređe dozvoljena granica povratnog tlaka propisanog za motor ili za kotao [40].

#### 4.3.3. Scraber otvorenog tipa

Scraber otvorenog tipa koristi morsku vodu kao medij za čišćenje ili „ribanje“ ispušnih plinova kako je to prikazano na Slici 10. Dobava morske vode vrši se za to predviđenom pumpom.



Slika 10. Scraber otvorenog sustava [40]

Skraber sa otvorenim sustavom učinkovit je samo ako je dobavna voda alkalna. Međutim, neke riječne vode su 'tvrde' vode gdje dominira njena lužnatost. U nekim slučajevima veće je i od lužnatosti morske vode, tako da scraber otvorenog sustava može učinkovito raditi i u nekim riječkim lukama i područjima ali svakako je potrebno unaprijed znati lužnatost tih područja.

Stoga, učinkovitost scrabera otvorenog sustava jako puno ovisi o kemijskom sastavu vode u područjima plovnosti broda. O tome treba svakako voditi računa pri projektiranju i odabiranju potrebne opreme ili kada se brod usmjerava u neka nova plovna područja. Ako voda nije alkalna (pH je prenizak), scraber neće zadovoljiti potrebnu/dozvoljenu razinu krajnjih parametara pa će brodar morati koristiti gorivo sa niskim % sumpora kako bi bio u skladu s važećim propisima o emisiji SO<sub>x</sub>.

Nakon osnovnog procesa ispiranja koji se odvija u glavnom ispiranom tornju, mješavina ispušnih plinova i vode prolazi kroz „demister“ (odmagljivač) ili separator vodenih kapljica. Time se iz ispušnog plina odvaja supstanca koja može stvoriti i ispustiti paru u atmosferu. Iako je para kao takva bezopasna, njena emisija stvara dojam dima i to treba svakako izbjeći. Mnogi sustavi nakon sustava pročišćivanja ugrađuju ili imaju mogućnost ugradbe dodatnog grijača.

Smjesa vode koja je nastala tijekom postupka ispiranje pada u korito na dnu scrabera. Ova „ispirna voda“ se iz korita uređaja za ispiranje odvodi gravitacijom ili pak pomoću pumpe a nakon toga, u nekim sustavima, prolazi kroz odmagljivač, hidro-ciklon (odvajač čestica iz vode) ili separator za uklanjanje ostataka iz ispirne vode. Odvojeni ostaci/čestice pohranjuju se na brodu u za to namjenski spremnik. MARPOL Annex VI Regulacija 16., stavak 2.6 zabranjuje spaljivanje taloga koji nastaje prikupljanjem ostataka iz scrabera već ga se, kroz za to prikladni cjevovod, mora u lukama iskrcati na obalu [40].

#### **4.3.4. Scraberi hibridnog (kombiniranog) tipa**

Postoje prednosti kod otvorenog sustava ispiranja kao što su nepotrebnost kupnje i rukovanja s kaustičnom sodom i nepotrebnost obrade ispirne vode. Prednosti zatvorenog sustava su što scraber radi s istom učinkovitost neovisno gdje se brod nalazi i ima vrlo malo ili skoro ništa ispuštene vode, što je vrlo prikladno za obalno, lučko i riječno plovidbeno područje.

Kako bi se iskoristile prednosti oba sustava, neki proizvođači su predložili hibridnih (kombinirani) sustav ispiranja. On radi kao otvoreni sustav kada se brod nalazi na otvorenom

moru a kada je u ECA području radi kao zatvoreni sustav. Prijelaz iz otvorenog u zatvoreni sustav vrši se preko cirkulacijske pumpe na način da se njen dotadašnji usis iz morske vode prebaci na usis slatke vode iz cirkulacijskog spremnika te promjeni tlačni smjer ispirne vode sa ispusta van broda ka priključaku na cirkulacijskom spremniku [40].

#### **4.3.5. Ovlaživanje ispirnog zraka (SAM)**

Kod primjene ovlaživanja ispirnog zraka SAM (eng. Scavenge Air Moistening), u struju vrućeg ispirnog zraka, nakon turbopuhala, se ubrizgava desalinizirana morska voda koja ga na taj način ovlažuje i hladi, ali negativna strana je sadržaj soli od oko 3.2%. Sadržaj soli se u daljnjem procesu smanjuje na oko 0.02% uporabom dvostepenog ispiranja slatkim vodom. Uporaba SAM sistema povećava toplinski kapacitet ispirnog zraka koji omogućava veću apsorpciju topline u procesu izgaranja, ali s druge strane smanjuje sadržaj kisika u ispirnom zraku. Krajnji rezultat je snižavanje maksimalnih temperatura izgaranja što u konačnici dovodi do 50%-tnog smanjenja sadržaja NO<sub>x</sub> u emisiji ispušnih plinova [41].

#### **4.3.6. Emulzifikacija goriva vodom (WIF)**

Emulzija goriva vodom je tehnologija dizajnirana za smanjenje potrošnje goriva i emisije zagađenja dizelskih motora. WIF je dodatni cirkulacijski sustav, koji koristi potpuno elektroničke kontrole i sustave nadzora, dizajniran za miješanje vode s dizelskim gorivom neposredno prije pumpe za ubrizgavanje goriva. Gorivo se uzima iz postojećeg sustava opskrbe gorivom i prethodno se miješa s različitim, prethodno određenim količinama posebno obrađene slatke vode. Kemijski gledano, emulgirana tekućina, također poznata kao disperzija, je tekućina u kojoj su raspoređene čestice jednog materijala raspršene u drugom materijalu. Dizelska vodena emulzija je mješavina vode, dizelskog goriva i nekoliko aditiva. Važno je napomenuti da se dizelsko gorivo, koje je ulje, ne može otopiti u vodi. To znači da kada se voda rasprši u dizel gorivo, može se emulgirati, ali nikada neće formirati homogenu tekućinu. Prednosti ovog sustava su:

- Smanjenje mase čestica od preko 80%
- Smanjenje broja čestica za preko 90%
- Do 60% smanjenja NO<sub>x</sub>
- Potrošnja goriva i Smanjenje CO<sub>2</sub> od 2 do 10% i više
- Kupci obično vide smanjenje ukupnih tekućih troškova

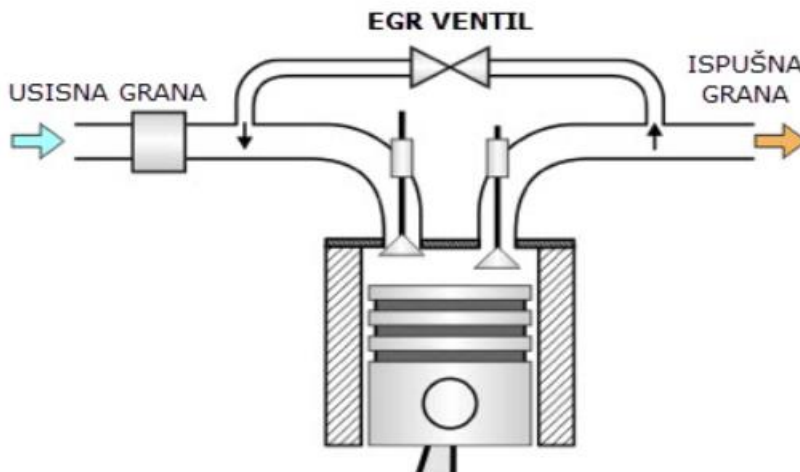
- Potpuna tolerancija na lošu kvalitetu goriva, također pogodan za HFO
- Ušteda na instalacijskom prostoru
- Značajna prednost u troškovima rada u kombinaciji sa SCR (selective catalytic reduction), u usporedbi samo sa SCR
- Značajno smanjenje troškova rada u kombinaciji sa SCR
- Čišće komponente motora, turbo punjača, ispušnog sustava
- Nema dodatnog odvođenja topline u strojarnici [42]

#### 4.3.7. Recirkulacija ispušnih plinova EGR

EGR ventil je kratica za "Exhaust Gas Recirculation", on služi tome da vraćanjem 5-15% ispušnih plinova nazad u motor, onemogućava da temperatura izgaranja previše poraste, što je veća temperatura izgaranja goriva u motoru, veća je količina štetnih plinova koji izlaze iz motora - dušičnih oksida [44].

Računalo motora regulira kolika količina ispušnih plinova se vraća u motor, kako bi se postigla optimalna temperatura izgaranja. Jedni od prvih pokušaja smanjivanja štetnosti ispušnih plinova su EGR ventili, koji postoje već preko 50 godina. Već se tada počela razvijati ekološka osviještenost oko ispušnih plinova automobila, prvenstveno dušičnih oksida (NO<sub>x</sub>).

Prve verzije su bile vakuumske a nakon njih pojavili su se električni EGR ventili. S obzirom na to da EGR ventili imaju dodir s ispušnim plinovima, pod utjecajem su visokih temperatura te velikih količina nakupljene čađi. Iz tog su razloga skloni kvarenju te ih je potrebno redovito provjeravati [43].

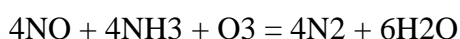


Slika 11. Shema pozicioniranja EGR ventila [44]

#### 4.3.8. Selektivni katalički reaktor SCR (Selective Catalytic Reduction)

SCR- metodom ispušni se plinovi miješaju s amonijakom (NH<sub>3</sub>) prije prolaska kroz sloj od specijalnog katalizatora na temperaturi između 300 i 400 °C, kada se NO<sub>x</sub> razlaže na N<sub>x</sub> i H<sub>2</sub>O. Količina ubrizganog amonijaka u vod ispušnih plinova kontrolira se računalom dozirajući NH<sub>3</sub> u omjeru proizvedenih NO<sub>x</sub>-a kao funkcije opterećenja motora. Osim amonijaka u procesu se može koristiti i urea; 40%-tna otopina. Potrošnja iznosi oko 30 litara po MWh ili 15 kg granula uree po MWh. (predavanje faks)

Kemijska jednadžba za reakciju koja koristi bilo koji bezvodni vodeni amonijak za proces je:



Reakcija za ureu umjesto bezvodnog ili vodenog amonijaka je:

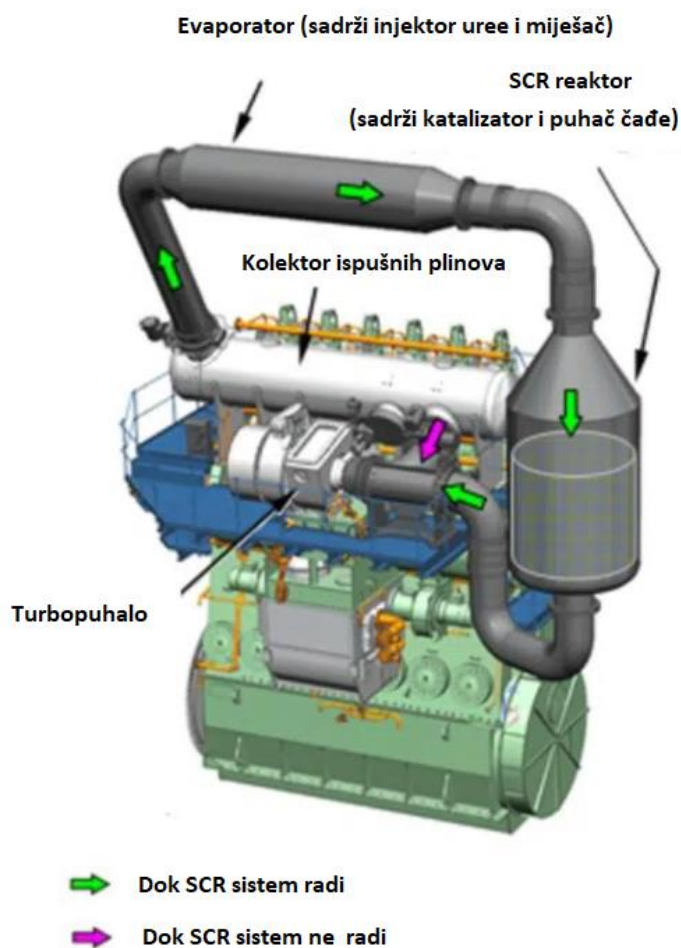


Ova tehnologija naknadne obrade ispušnih plinova ima sposobnost smanjenja NO<sub>x</sub> od više od 80%. SCR koncept uključuje ubrizgavanje otopine uree-vode u struju ispušnih plinova u kombinaciji s posebnom jedinicom katalizatora. SCR se smatra dodatnim i neovisnim sustavom za obradu ispušnih plinova i kao takav ne ometa osnovni dizajn motora ili proces izgaranja [45].

Prema svojim konfiguracijama, SCR se mogu podijeliti u 2 vrste, mogu se ugraditi između razvodnika ispušnih plinova i turbopunjača ili između turbopunjača i kotla za ispušne plinove.

U visokotlačnom SCR sustavu reaktor se postavlja prije turbopunjača. Dovoljno je održavati temperaturu ispušnih plinova između 300 i 400 stupnjeva Celzija, što bi moglo biti teško kada motor radi pri niskim opterećenjima i manevrira.

Stoga je za dvotaktne motore najbolje mjesto za ugradnju SCR jedinice prije turbopunjača kako bi se proširio aktivni raspon rada SCR. To ima mali ili nikakav učinak na proces izgaranja motora [45].



**Slika 12. Visokotlačni SCR [45]**

U niskotlačnim SCR-ovima reaktor se postavlja iza turbine. Prethodno zagrijavanje struje ispušnog plina može biti potrebno kako bi se postigla dovoljna temperatura na ulazu u reaktor za katalitičku reakciju [45].



## 5. ZAKLJUČAK

Zaključno se može reći kako postoje međunarodni i domaći pravni propisi koji reguliraju sprječavanje onečišćenja mora uljima i ispušnim plinovima. Međunarodno pravna zaštita morskog okoliša počela je usvajanjem propisa u svezi sa sprječavanjem onečišćenja mora uljem s brodova. Prvi međunarodni propis posvećen zaštiti morskog okoliša s brodova bila je OILPOL konvencija iz 1954. Međutim, ubrzani je razvoj tehnologije povećao onečišćenje mora te je postalo jasno da brod nije jedini izvor onečišćenja mora. Daljnji je razvoj međunarodnopravne zaštite morskog okoliša usmjeren , osim brodova, i na druga ishodišta onečišćenja kao što su ispušni plinovi.

Na međunarodnoj razini IMO je specijalizirana agencija Ujedinjenih naroda, zadužena je za postavljanje globalnih standarda za sigurnost, sigurnost i ekološku učinkovitost međunarodnog brodarstva. IMO je usvojio više od 25 konvencija samo u području onečišćenja mora, uključujući MARPOL konvenciju i niz drugih konvencija koje utvrđuju niz mjera koje osiguravaju okvir za zaštitu morskog okoliša i uključuje međunarodne, regionalne i mjere upravljanja EU.



## LITERATURA

- [1] Ćorić, D.: *Onečišćenje mora s brodova*, međunarodna i nacionalna pravna regulativa, Pravni fakultet sveučilište u Rijeci. Rijeka, 2009.
- [2] Barić Punda, V. Grabovac, I.: *Pravni aspekt zaštite i očuvanja morskog okoliša*, Pomorski zbornik, Knjiga 36. 1998.; 179.
- [3] Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora, (engl. *United Nations Convention on the Law of the Sea – UNCLOS*). NN 9/2000.
- [4] Konvencija o sprječavanju onečišćenja morskog okoliša i obalnih područja u Sredozemlju (engl. *Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution*), 1995.
- [5] Rudolf, D.: *Morski gospodarski pojas u međunarodnom pravu*, Split, 1988.
- [6] Bolanča, D. *Zaštita i očuvanje morskog okoliša*, Paneuropski pomorski simpozij, Split, 2000.
- [7] Zakon o zaštiti okoliša, NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18.
- [8] Tansel, B.: Propagation of impacts after oil spills at sea: categorization and quantification of local vs regional and immediate vs delayed impacts. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 7, 2014, str. 1–8.
- [9] Clark, R. B.: *Marine Pollution*, 5th ed. Oxford University Press, Oxford. 2001.
- [10] Dunnet, G. M., Y. Samiullah, D. P. Stone, M. L. Tasker.: *Seabirds and North Sea Oil*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 316: 1987, str. 513–524.
- [11] Carpenter, A. Oil pollution in the North Sea: the impact of governance measures on oil pollution over several decades. *Hydrobiologia* 845, 109–127.
- [12] Camphuysen, C. J. B. Vollaard, *Oil Pollution in the Dutch Sector of the North Sea*. In Carpenter, A. (ed.), *Oil Pollution in the North Sea*. *Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 41. Springer International Publishing, Switzerland, 2015., str. 117–140.
- [13] MARPOL73/78 International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, <https://wn.com/Marpol>, (pristupljeno: 21.02.2022)
- [14] Freedman, B. *Environmental Ecology*, The Ecological Effects of Pollution, Disturbance, and Other Stresses, Canada, 1995.
- [15] IMO. International Marine Organization 1990.

- [16] USEPA. 2010a. Spill Prevention, Control and Countermeasure (SPCC) Regulation, A facility owner/operator's guide to oil pollution prevention, 40 Code of Federal Regulation part 112. United States Environmental Protection Agency. 2011. <http://www.epa.gov/emergencies/guidance.htm#spcc>. (pristupljeno: 28.02.2022)
- [17] DJC, 2010. Canada Oil and Gas Operations Act, Department of Justice, Retrieved on from <http://lois.justice.gc.ca/PDF/Statute/O/O-7.pdf>. (pristupljeno: 01.03.2022)
- [18] CWS, 2010. National policy on oiled birds and oiled species at risk. Canada Wildlife Services Environment Canada. <http://www.ec.gc.ca/eeue/default.asp?lang=en&n=A4DD63E4>, (pristupljeno: 01.03.2022)
- [19] API, Arctic and Marine Oil spill Programme. American Petroleum Institute. At the request of the Marine Pollution Control Unit (mPCU) of the Coastguard Agency, UK Department of Transport, UK. 2022. str.: 100-110
- [20] Daling, P.S. and T. Strøm.: *Weathering of oils at sea: model/field data comparisons*. Spill Sci. Technol. Bulletin, 5, 1999. 63-74.
- [21] Holakoo, L., *On the capability of Rhamnolipids for oil spill control of surface water*. Unpublished dissertation in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in applied Science, Concordia University, Montreal, Canada, 2001.
- [22] ASTDR, Chemical and physical information of oil. Toxic substance Portal. 1995. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp75-c3.pdf>, (pristupljeno: 02.03.2022)
- [23] Olah, G.A. A. Molnar.: *Hydrocarbon Chemistry* (2nd edition). Wiley Interscience Publications. 2003.
- [24] McMurry, J.: *Organic Chemistry*. ThomsonBrooks and Cole, Belmont, CA. 2004.
- [25] Clayton, C.: *Chemical and physical properties of petroleum*. Petroleum Geology, 10: 2005., str. 248-260.
- [26] NEIWPC, L.U.S.T. LINE-A report on federal and state programs to control leaking underground storage tanks. Bulletin 44, New England Interstate Water Pollution Control Commission. 2003. [http://www.neiwpc.org/lustline/lustline\\_pdf/LustLine44cvr.pdf](http://www.neiwpc.org/lustline/lustline_pdf/LustLine44cvr.pdf), (pristupljeno: 02.03.2022)
- [27] Bonn Agreement Oil Appearance Code, BAOAC Atlas, 2011., [https://www.bonnagreement.org/site/assets/files/1081/photo\\_atlas\\_version\\_20112306.pdf](https://www.bonnagreement.org/site/assets/files/1081/photo_atlas_version_20112306.pdf), (pristupljeno: 03.03.2022)
- [28] Larson, H., *Responding to oil spill disasters: The regulations that govern their response*. 2010. [http://www.wisemint.org/journal/2010/HattieLarson\\_Presentation.pdf](http://www.wisemint.org/journal/2010/HattieLarson_Presentation.pdf), (pristupljeno: 03.02.2022)

- [29] Fingas, M. B. *Fieldhouse, Review of Solidifiers*. Oil Spill Sci. Technol., 2011.
- [30] Vergetis, E., *Oil pollution in Greek seas and spill confrontation means-methods*, National Technical University of Athens, Greece. 2002.
- [31] Milošević-Pujo, B. Jurjević, N.: *Onečišćenje mora iz zraka emisijom ispušnih plinova*, Naše more, 51(5-6), 2004., str. 178-184.
- [32] Radonja, R. *The prevention of air pollution from ships*, Eight conference on marine technology in memoriam of the academic Zlatko Winkler 15 – 16 November 2019 Rijeka, Hrvatska, 2019.
- [33] Solution to Reduce Air Environmental Pollution from Ships, 2021.  
<https://trid.trb.org/view/1359576>, (pristupljeno: 04.03.2022)
- [34] Action areas shipping, <https://helcom.fi/action-areas/shipping/exhaust-gas-emissions/>, (pristupljeno: 04.03.2022)
- [35] Åström M., Nilsson AB. Sweden, 2011. Air pollution from ships,  
[https://www.cleanshipping.org/download/111128\\_Air%20pollution%20from%20ships\\_New\\_Nov-11\(3\).pdf](https://www.cleanshipping.org/download/111128_Air%20pollution%20from%20ships_New_Nov-11(3).pdf), (pristupljeno: 02.03.2022)
- [36] Air pollution ships, <https://www.airclim.org/air-pollution-ships>, (pristupljeno: 03.03.2022)
- [37] Slišković, M., 7 PRILOG I Sprječavanje onečišćenja mora uljima SOPEP
- [38] Ozretić V., *Pomoćni prodski strojevi i uređaji*, Split Ship Management Ltd, Split, ožujak 2004
- [39] Veić, J., Brodski kaljužni separator, Završni rad, Split 2019
- [40] ABS, Exhaust Gas Scrubber Systems, Status and Guidance
- [41] Lalić, B., *Optimiziranje rada brodskog porivnog dizelskog motora u svrhu ispunjenja novih zahtjeva o ispušnim emisijama*, Split, 2013,  
<http://intranet.fesb.hr/portals/0/docs/nastava/kvalifikacijski/fezx01%20kvalifikacijsku%20ispit.pdf>
- [42] <https://energychoice.com/emission-controls/diesel-water-emulsion/>, (pristupljeno 20. ožujka, 2022)
- [43] <https://www.autostanic.hr/blog/sustavi-za-ekolo%C5%A1ko-o%C4%8Duvanje-egr-ventili>, (pristupljeno 20. ožujka, 2022)
- [44] <https://www.kdijagnostika.hr/sto-je-egr-ventil/>, (pristupljeno 20. ožujka, 2022)
- [45] <https://www.marineinsight.com/tech/selective-catalytic-reduction-scr-reactors-for-ships-types-working-principle-advantages-and-disadvantages/>, (pristupljeno 20. ožujka 2022)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Primjeri zemalja s visokim udjelom naslaga zagađivača zraka sumpora i oksidiranog dušika iz brodova [35] .....	8
Slika 2. Ponašanje teškog loživog ulja u moru protekom vremena [27] .....	13
Slika 3. Usporedba različitih granica sumpora u gorivima [35].....	15
Slika 4. Odjeljivanje ulja od vode s pomoću tankova [38].....	19
Slika 5. Cilindrični odjeljivač ulja od vode [38] .....	20
Slika 6. Separator kaljužne vode u strojarnici [38] .....	21
Slika 7. Gravitacijski separator ulja [38] .....	22
Slika 8. Centrifugalni separator PureBilge [39] .....	23
Slika 9. Sustav suhog Scrabbera [40] .....	25
Slika 10. Scraber otvorenog sustava [40] .....	27
Slika 11. Shema pozicioniranja EGR ventila [44].....	31
Slika 12. Visokotlačni SCR [45] .....	32

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Povijesni razvoj međunarodnih propisa o onečišćenju mora uljem [11].....	4
Tablica 2. Procjene izlivanja naftnih ugljikovodika u svjetske oceane [14] .....	11

## POPIS KRATICA

EMSA (eng. <i>European Maritime Safety Agency</i> )	Europska agencija za pomorsku sigurnost
IHO (engl. <i>International Hydrographic Organization</i> )	Međunarodna hidrografska organizacija
IAPH (engl. <i>Association of Ports and Harbours</i> )	Međunarodno udruženje luka i pristaništa
IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i> )	Međunarodna pomorska organizacija
ISF (engl. <i>International Shipping Federation</i> )	Međunarodna brodarska federacija
ISU (engl. <i>International Salvage Union</i> )	Međunarodno udruženje spašavatelja
LRTAP (engl. <i>Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution</i> )	Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka na velikim udaljenostima
ITOPF (engl. <i>International Tanker Owner Pollution Federation</i> )	Međunarodna federacija vlasnika tankera za onečišćenje
MAP (engl. <i>Mediterranean Action Plan</i> )	Mediteranski akcijski plan
MARPOL (engl. <i>Maritime pollution</i> )	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova
OPRC (engl. <i>International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation</i> )	Međunarodna konvencija o pripravnosti, odgovoru i suradnji na onečišćenje naftom
P&I (engl. <i>International Group of P&amp;I Clubs</i> )	Međunarodno udruženje osiguratelja odgovornosti
SEEMP (engl. <i>Ship Energy Efficiency Management Plan</i> )	Zahtjevima za poboljšanje energetske učinkovitosti brodova
SOLAS (engl. <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i> )	Međunarodna konvencija za sigurnost života na moru
UNEP (engl. <i>United Nations Environment Programme</i> )	Program UN za okoliš

UNCED (engl. <i>United Nations Conference on Environment and Development</i> )	Konferenciji UN-a o čovjekovom okolišu i razvoju
WSSD (engl. <i>World Summit on Sustainable Development</i> )	Deklaracijom usvojenom na samitu u Johannesburgu 2002
SCR (engl. <i>Selective Catalytic Reduction</i> )	Selektivni katalički reaktor
EGR (engl. <i>Exhaust Gas Recirculation</i> )	Recirkulacija ispušnih plinova
SAM (eng. <i>Scavenge Air Moistening</i> )	Ovlaživanje ispirnog zraka
WIF (eng. <i>Water In Fuel</i> )	Emulzifikacija goriva vodom