

# Ekološki aspekt tankera za prijevoz sirove nafte

---

**Ban, Borna**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:446575>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-04**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**EKOLOŠKI ASPEKT TANKERA ZA PRIJEVOZ SIROVE  
NAFTE**

**ENVIRONMENTAL IMPACT OF OIL TANKERS**

Rijeka, 2022.

Borna Ban

0069074847

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij brodogradnje

Završni rad

**EKOLOŠKI ASPEKT TANKERA ZA PRIJEVOZ SIROVE  
NAFTE**

**ENVIRONMENTAL IMPACT OF OIL TANKERS**

Mentor: doc. dr. sc. Dunja Legović

Rijeka, 2022.

Borna Ban

0069074847



## **Izjava**

Izjavljujem da sam ja, Borna Ban, student Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci završni rad preddiplomskog sveučilišnog studija brodogradnje izradio samostalno stečenim znanjem tijekom studiranja, služeći se navedenom literaturom te savjetima mentorice doc. dr. sc. Dunje Legović prema zadatku preuzetom 15. ožujka 2021. godine, sukladno pravilniku o pisanju završnog rada Tehničkog fakulteta u Rijeci.

---

**Borna Ban**



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. NAFTA .....	2
3. TANKERI ZA PRIJEVOZ SIROVE NAFTE .....	3
3.1. Konstrukcijske karakteristike tankera .....	4
3.1.1. Specifikacije izvedbe konstrukcije .....	4
3.1.2. Grijanje tankova .....	6
4. MEĐUNARODNA POMORSKA ORGANIZACIJA – IMO .....	7
4.1. SOLAS konvencija .....	8
4.1.1. Glava II.....	8
4.2. MARPOL konvencija .....	8
4.2.1. Zahtjevi za konstrukciju tankera za naftu - dvostruki trup .....	9
4.2.2. Zaštita spremnika goriva (oil fuel tank protection) .....	9
4.2.3. Pranje tankova tereta (crude oil washing) .....	10
4.2.4. Prijevoz teškog ulja .....	10
5. VRSTE ONEČIŠĆENJA .....	12
5.1. Ponašanje nafte pri izljevu .....	12
5.2. Onečišćenja u eksploataciji.....	14
5.2.1. Balastne vode .....	15
5.2.2. Pranje teretnih tankova .....	17
5.2.3. Kaljužne vode.....	18
5.3. Onečišćenje uslijed pomorske havarije.....	19
5.3.1. Nasukavanje .....	20
5.3.2. Sudar .....	21
5.3.3. Potonuće .....	22
5.3.4. Udari.....	23
5.3.5. Požari i eksplozije .....	23
5.4. Posljedice havarija .....	24
6. TEHNOLOGIJE UKLANJANJA NAFTNIH ONEČIŠĆENJA .....	26
8. ZAKLJUČAK .....	29
LITERATURA .....	30
POPIS SLIKA.....	33
SAŽETAK .....	34
SUMMARY .....	34

# 1. UVOD

Život na Zemlji ne bi bio moguć bez prisustva vode. Opće je poznato kako morska voda prekriva više od 70% ukupne Zemljine površine. Od samog početka čovječanstva, naseljavanja prvih zajednica ljudi, preko važnih geografskih otkrića pa sve do današnjih dana, more je izvor života jer nam osigurava kisik i hranu te pokreće brojne biološke i fizičke procese. Govoreći o svjetskim morima i onečišćenjima važno je reći da je najveći dio onečišćenja vezan uz obalne vode i zatvorena mora koja su izložena mnogim utjecajima s kopna. Onečišćenja su često popraćena tankerskim nesrećama, ali i onečišćenjima naftom pri samoj eksploataciji. Danas, baš kao i stotinama godina prije, pomorski promet nije nimalo izgubio na svojoj važnosti, međutim stoljeća ljudskog i tehnološkog napretka, donijela su sa sobom i nove, destruktivnije načine na koje štetimo okolišu i okolini. Predodžba samih razmjera naftnog onečišćenja mora može se vidjeti preko brojnih provedenih znanstvenih istraživanja gdje je došlo do vrlo preciznih podataka koji su potrebni kako bi se nastojalo spriječiti svako daljnje onečišćenje. Primjerice pri izljevu 8 g nafte, zagadi se kubični metar mora te se time iscrpi  $400.000\text{m}^3$  kisika iz mora. No danas, jednostavno svijet ne možemo zamisliti bez nafte i naftnih prerađevina.

Danas je nafta jedan od najznačajnijih strateških proizvoda zbog kojeg zemlje proizvođači nafte imaju veliku moć u geopolitičkim odnosima. Baš zbog tolikog značaja i velike novčane moći nafte, detaljno je razrađeno i određeno upravljanje naftom od same eksploatacije do krajnje uporabe. U tom procesu veliku ulogu ima prijevoz sirove nafte. Razvitkom naftne industrije i samom potrebom za naftom u današnje vrijeme tankeri za prijevoz sirove nafte poprimili su veliki značaj u samom naftnom transportu, čak 85% sirove nafte prevozi se brodovima. Kao što je već napomenuto, uz tankerski transport nafte kao vrlo važnu gospodarsku granu, vežu se i tankerske nesreće. Onečišćenje morskog okoliša prema konvenciji donesenoj od strane UN-a o pravu mora definira se kao čovjekovo izravno ili neizravno unošenje tvari ili energije u morski okoliš, uključujući estuarije. Biološka aktivnost kod nafte je izrazito visoka zbog sastava organske tvari. Time se narušava ekosustav, kojem treba da se od toga oporavi i do 20 godina. Naftni izljevi ostavljaju za sobom velike posljedice na sve što je povezano s morskim resursima. Svugdje u svijetu događaju se tankerske nesreće, a posljedice nesreće imaju izražen utjecaj na ekološki sustav Zemlje pa se tako odražava i na čovječanstvo.



## 2. NAFTA

Nafta je prirodna tvar koja se nalazi u Zemljinoj kori, tekućeg je agregatnog stanja i žuto-smeđe boje. Prema kemijskom sastavu to je kompleksna smjesa ugljikovodika različitih struktura i molekulskih masa, nekih neugljikovodičnih komponenti i pojedinih tekućih organskih spojeva. U širem smislu, nafta je generički naziv za prirodnu smjesu plinovitih, tekućih ili krutih ugljikovodika. Pojam sirova nafta odnosi se na naftu dobivenu iz bušotine prije bilo kakvog čišćenja, odvajanja i obrade. Kemijski sastav sirove nafte ovisi o vrsti nafte, odnosno izvornoj vrsti i zrelosti organske tvari i njenoj očuvanosti u ležišnoj stijeni te uvjetima okoline taloženja. Bez obzira na izvor, sve sirove nafte prvenstveno se sastoje od ugljikovodika pomiješanih s različitim količinama spojeva sumpora, dušika i kisika.

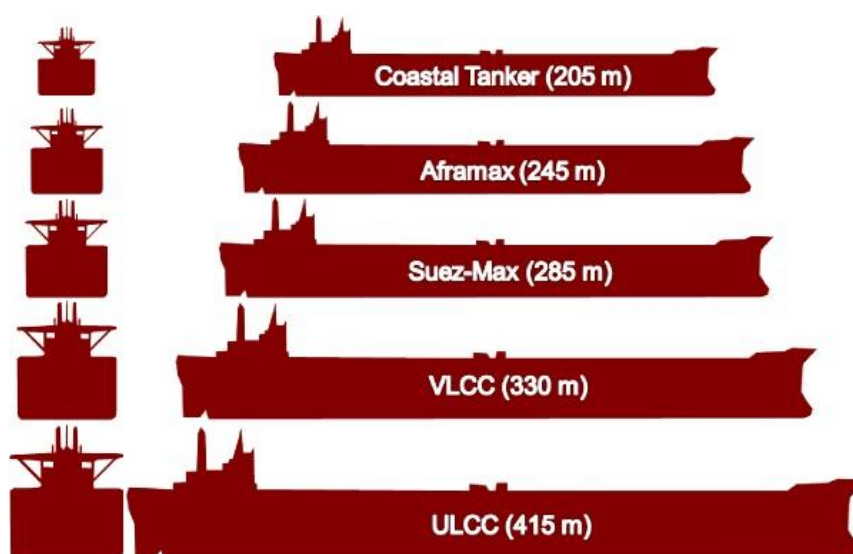
Prosječni sastav nafte sastoji se od 84 do 87% ugljika, 11 do 14% vodika, 0,1 do 3% sumpora, 0,1 do 0,6% dušika, 0,1 do 1,5% kisika (najviše 2%), 0,01 do 0,03% teških metala. Što se tiče ugljikovodika, to su: zasićeni ugljikovodici alkani (parafini) od metana do asfaltena i cikloalkani, u prvom redu derivati ciklopentana i cikloheksana, zatim aromatski ugljikovodici (benzen, alkilbenzeni, naftalen, alkilnaftaleni), smole i asfalteni. S obzirom na gustoću razlikuju se lagana nafta (gustoća manja od  $854,1 \text{ kg/m}^3$ ), srednje teška nafta ( $854,1$  do  $933,1 \text{ kg/m}^3$ ) i teška nafta (gustoća veća od  $933,1 \text{ kg/m}^3$ )<sup>[1]</sup>.

Prema sastavu, nafta može biti naftenska, parafinska, aromatsko-prijelazna, parafinsko-naftenska, aromatsko-naftenska i aromatsko-asfaltna<sup>[1]</sup>.

### 3. TANKERI ZA PRIJEVOZ SIROVE NAFTE

U počecima naftne industrije nafta se prevozila brodovima koji nisu bili namijenjeni prijevozu tekućeg tereta. Kod prvih brodova za prijevoz nafte nije postojao tank za tekući teret nego su se drvene bačve punile naftom te se skladištile u teretni prostor. Kasnije su se drvene bačve zamijenile metalnim spremnicima, no kroz razvoj u počecima glavni problem bio je neiskorišten prostor i plovidba praznim bačvama nakon iskrcaja. Zbog navedenih neadekvatnosti prvih brodova za prijevoz nafte započeo je razvoj specijaliziranih brodova za prijevoz tekućeg tereta, odnosno nafte. Glavni ciljevi bili su riješiti probleme kod dilatacije nafte kod povećanja temperature, nepropusnost priključaka, izmjena plinova i istjecanje nafte. Pri prijevozu tekućeg tereta osim brodova za prijevoz sirove nafte postoje brodovi za prijevoz naftnih derivata, ukapljenog plina, kemikalija, pitke vode i posebnih tereta. U usporedbi s ostalim brodovima, brodovi za prijevoz sirove nafte najveći su po nosivosti i dimenzijama. Osim razlike u veličini i konstrukciji postoje i različitosti u tehnologiji prijevoza, u samom prekrcanju tereta, jer drukčije vrste tereta zahtijevaju drukčija idejna rješenja kako bi se osigurao siguran prijevoz. Tankeri za sirovu naftu koriste se za prijevoz sirove nafte iz luke blizu naftnih polja ili sa kraja naftovoda u rafineriju.

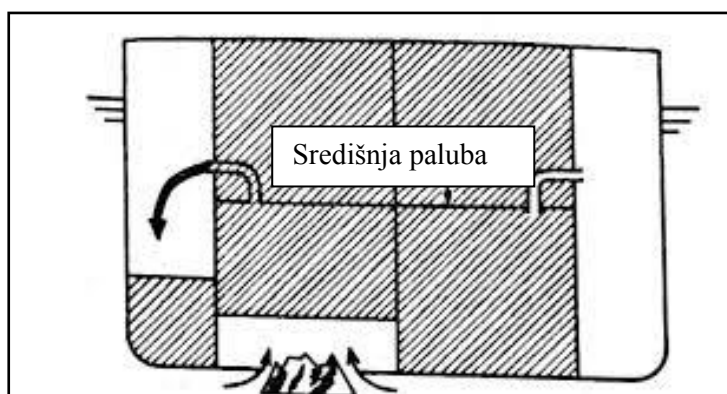
Tankeri koji prevoze sirovu naftu dijele se na manje tankere (10.000 – 60.000 dwt), Panamax (60.000 – 80.000 dwt), Aframax (80.000 – 120.000 dwt), Suezmax (120.000 – 200.000 dwt), VLCC (200.000 – 315.000 dwt), ULCC (320.000 – 550.000 dwt).



Slika 3. Tipovi tankera prema veličini[23]

### 3.1. Konstrukcijske karakteristike tankera

Kao što je i prije navedeno brodovi za prijevoz sirove nafte drastično su se promijenili po pitanju konstrukcije i sigurnosti od početaka naftne industrije pa do danas. Reguliranje odredbi i uvjetovanje izgradnje tankera uvjetovano je prema svojstvu tereta, ali i o području plovidbe. Kao posljedica brojnih nezgoda došlo se do zaključka da se tankeri za prijevoz sirove nafte trebaju graditi sa dvostrukom oplatom, čime se htjelo dodatno zaštititi teretni prostor u slučaju nasukavanja ili sudara. Uz dvostruku oplatu drugi način bila je izvedba tankera sa središnjom palubom. Takvom izvedbom horizontalne pregrade razdvajale su tankove na gornje i donje. Cilj je bio da se pri slučaju sudara teretni tankovi štite bočnim balastnim tankovima, a pri nasukavanju se stvara nadtlak te teret ne može iscurit izvan broda nego se preljeva u bočne balastne tankove. Oba sustava imaju prednosti i nedostatke, no sama činjenica da je ulazak u SAD zabranjen tankerima sa središnjom palubom, njihov broj je zanemariv<sup>[2]</sup>.

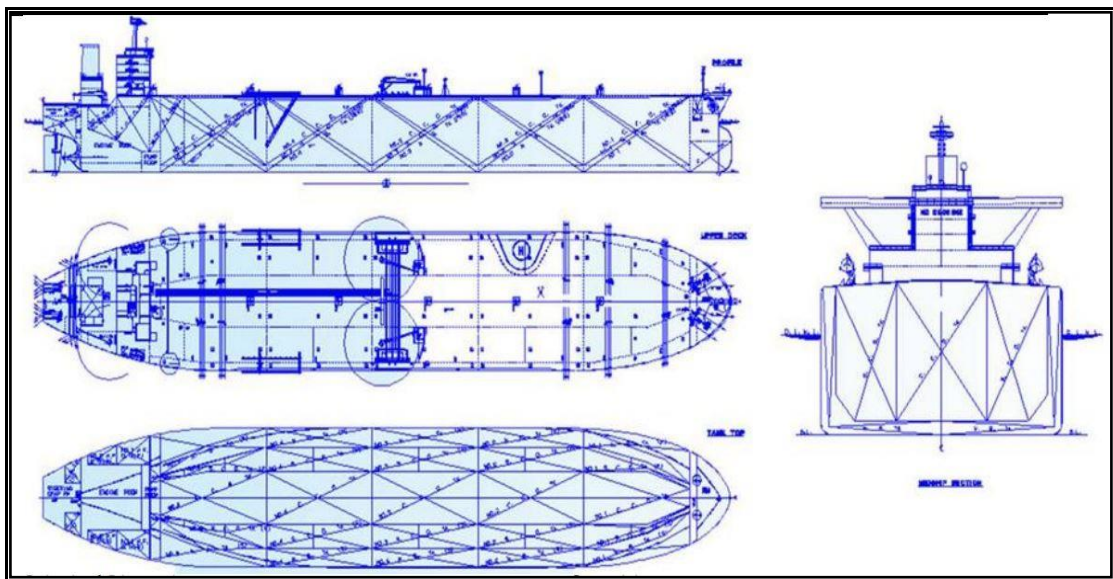


Slika 3.1. Shematski prikaz konstrukcije tankera sa središnjom palubom[32]

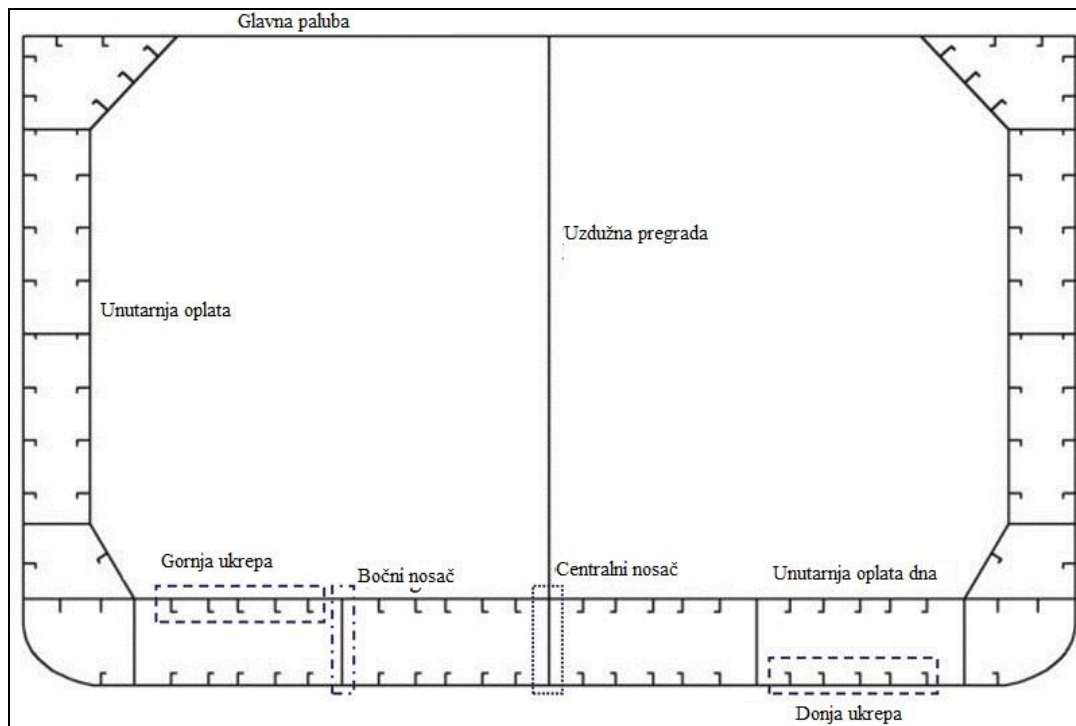
#### 3.1.1. Specifikacije izvedbe konstrukcije

Nosivost tankera za prijevoz sirove nafte je od 20 000 do 550 000 dwt, dok je njegova brzina između 14-16 čv. IMO (International Maritime Organization) definirala je veličinu i raspored tankova tereta na tankerima za prijevoz sirove nafte. Najčešće imaju 6 do 8 tankova tereta. Kod brodova za prijevoz sirove nafte koeficijent istisnine je između 0.80-0.85, dok je koeficijent glavnog rebra od 0.95-0.98. Iz sigurnosnih razloga posjeduju i dvobok i dvodno. Na početku i na kraju teretnog prostora nalaze se koferdami. To su prazni prostori čija je glavna namjena izolacija teretnog prostora, posebno od strojnice koja je izvor visokih temperatura. Na palubi broda

centralno je postavljena ukrcajna rampa, koja se koristi pri ukrcaju i iskrcaju tereta. Sa svake strane broda smještena je manja dizalica. Komunikacijski centralni most postavljen je uzdužno po palubi. Duž palube nalaze se manji palubni otvori, ventili i ulazi u tankove različitih namjena. Pumpa i sustav za ispumpavanje dio su opreme svakog tanka. Sami tankovi tankera podijeljeni su pregradama radi smanjenja utjecaja slobodnih površina u tankovima. Poprečne i uzdužne nepropusne pregrade odvajaju sekcije za prijevoz tekućeg tereta u više tankova. Tankeri manjih dimenzija imaju po jednu nepropusnu uzdužnu pregradu, a srednji i veliki tankeri dvije koje cijeli prostor trupa dijeli na središnje, lijeve i desne bočne tankove. Uronjeni dio broda tankera do teretne vodne linije kod glavnog rebra, geometrijski je pravilnog oblika i gotovo da se poklapa s oblikom opisanog pravokutnika čije su stranice širina broda i gaz do konstrukcijske vodne linije. Brodovi za prijevoz sirove nafte građeni su uzdužnim sustavom gradnje kojeg opisuju ojačani uzdužni elementi, okvirna rebra i okvirne sponje koje se postavljaju na svakih 4-5 metara udaljenosti, zatim uzdužna ukrepljena paluba i nepropusne pregrade s uzdužnim ukrepama.



*Slika 1.1.1. Opći plan VLCC tankera[24]*



*Slika 3.1.1.-1 Presjek glavnog rebra tankera za prijevoz sirove nafte[33]*

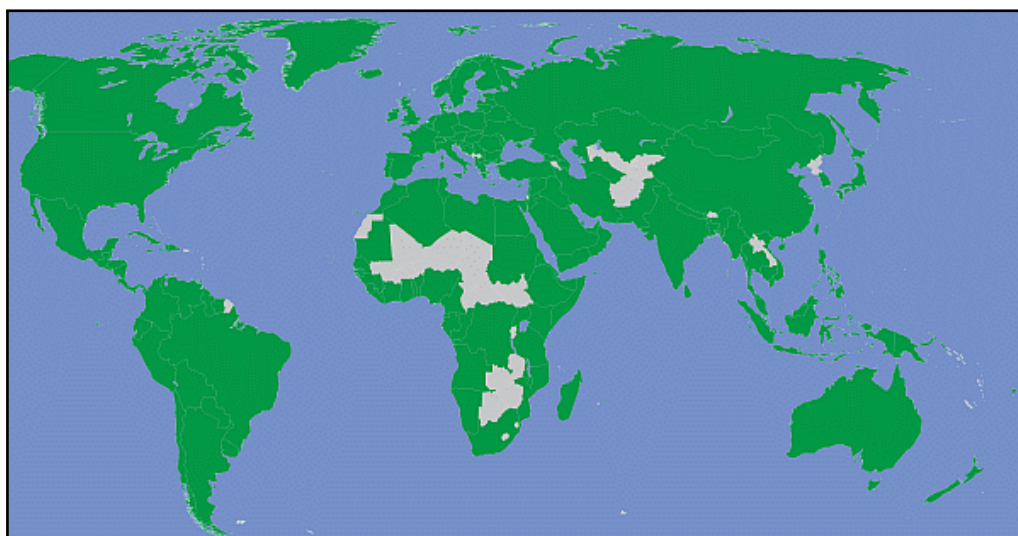
### 3.1.2. Grijanje tankova

Tankeri plove kroz razna klimatska područja pa se često mijenja temperatura okoline što znatno utječe na viskoznost sirove nafte. Kod niskih temperatura moguća je pojava skrućivanja nafte pa može doći do problema nemogućnosti iskrcaja. Iz tog razloga sirovu naftu potrebno je zagrijavati u tankovima pri transportu. Razlikujemo zagrijavanje pomoću niskotlačne zasićene pare, tople vode ili pomoću vrućeg ulja. Teret se zagrijava tijekom plovidbe (20-50°C) i prije iskrcavanja (20-70°C) [3].

#### 4. MEĐUNARODNA POMORSKA ORGANIZACIJA – IMO

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) osnovana je 1948. godine kao specijalna služba organizacije UN-a. S radom ipak kreće tek 10 godina kasnije, točnije 1958. godine. Konvencije donesene od strane IMO-a su: SOLAS-Međunarodna konvencija o sigurnosti ljudskih života na moru, COLREG- konvencija o međunarodnim pravilima o izbjegavanju sudara na moru, MARPOL- Međunarodna konvencija o sprečavanju onečišćenja mora s brodova, LOADLINE- Međunarodna konvencija o teretnim linijama, TONNAGE- Međunarodna konvencija o baždarenju brodova, STCW- Međunarodna konvencija o standardima uvježbavanja, stjecanja ovlaštenja i držanja straže, SAR- Međunarodna konvencija o pomorskom traganju i spašavanju. Trenutno organizacija IMO broji 175 članica, sto čini 99% svjetske trgovačke flote. U daljnjem radu pobliže će se razmatrat odredbe konvencija MARPOL i SOLAS, iz razloga što se ovaj rad osvrće na ekološki segment.

IMO nastoji propisima i odredbama održati sklad, ali i nadzirati sav prijevoz sirove nafte kako ne bi došlo do nesreća. Također, IMO nastoji očuvati ekosistem koji djeluje na Zemlji. Posebna pažnja posvećena je tankerima za prijevoz sirove nafte i kemikalija zbog velike opasnosti za plovidbu, ali i za očuvanje morskog života <sup>[4]</sup>.



*Slika 4. Rasprostranjenost IMO organizacije[25]*

## **4.1. SOLAS konvencija**

SOLAS je međunarodna konvencija osmišljena u svrhu zaštite ljudskog života na moru. Prva verzija i začetak konvencije Solas nastala je 1914. godine kao odgovor na katastrofu putničkog broda „Titanic“. Najprije se primjenjivala samo za putničke brodove, a kasnije i za teretne brodove. Kod konvencija 1960. i 1974. posebno su uvedeni i pobliže obuhvaćeni propisi o konstrukciji i opremi tankera. Konvencijom su najprije propisane tehničke značajke konstrukcije i opreme kojima brod mora udovoljavati, a neizravno je propisan i način provođenja određenih postupaka sa stajališta sigurnosti brodova, plovidbe i osoba na moru.<sup>[5]</sup>

### **4.1.1. Glava II**

Glava II Konvencije Solas podijeljena je u dva dijela. Poglavlje II/1 odnosi se na konstrukciju tj. regulative vezane uz strukturu, pregradnju i stabilnost te na strojne i električne uređaje. Poglavlje II/2 sadrži odredbe protupožarne zaštite te otkrivanje i gašenje požara. Odredbama glave II/1 vezano za tankere za prijevoz sirove nafte navedeno je utvrđivanje uvjeta pregradnje tankera vodonepropusnim pregradama. Prema glavnim propisima, izvedbe pregradnih tankova moraju ispunjavati uvjete kako bi brod mogao nastaviti plutati s pozitivnim stabilitetom nakon oštećenja trupa. Način pregradnje je određen nizom propisa koji definiraju najveći mogući dopušteni razmak između nepropusnih pregrada postavljenih u susjednim sustavima. Gore navedeni propisi temelje se na duljini plovila i očekivanoj usluzi. Također su specificirani zahtjevi koji se odnose na uvjete stabilnosti<sup>[6]</sup>.

Glava II/2 konvencije također se odnosi na konstrukciju, no ona obuhvaća svojstva glavnog protupožarnog voda na tankerima, uzimajući u obzir da na većim brodovima tlak u protupožarnom vodu mora biti veći. Savitljive cijevi, aparati, protupožarni dovodi vode i mlaznice trebaju udovoljavati razrađenim standardima. Poseban dio navedene odredbe vezan je za mjere sigurnosti za slučaj požara na tankerima. Točnije, na razmještaj i odjeljenje teretnog prostora, protupožarna cjelovitost pregrada, ventilacija i degazacija, zaštita teretnih tankova i sustavi pjene i inertnog plina<sup>[6]</sup>.

## **4.2. MARPOL konvencija**

Prema općem razmatranju ekološkog aspekta samog pomorskog prometa pa tako i tankera za prijevoz sirove nafte, najvažnija i posebno sastavljena konvencija je konvencija MARPOL (eng.

Maritime pollution), međunarodna konvencija o sprečavanju onečišćenja mora s brodova. Potpisana je 17. veljače 1973. u Londonu. Kao takva nikad nije stupila na snagu, već je preinačena protokolom 1978. godine. Namjena ove konvencije sprečavanje je onečišćenja mora bilo kakvim štetnim tvarima za ljude, druga živa bića, blagodatni mora i mogućnosti njegova korištenja. Odnosi se na onečišćenja putem ispuštanja, izbacivanja, pražnjenja, izlivanja ili curenja. Jedino šta ne ulazi pod navedeno je namjerno potapanje, odnosno odlaganje otpadnih tvari nekog drugog podrijetla u more. Konvencija je nadopunjena sa više dodataka (aneksa) <sup>[7]</sup>. U sklopu teme ekološkog aspekta tankera za prijevoz sirove nafte prvenstveno je bitan Aneks I (Prevention of Pollution by Oil). Stupa na snagu 2. listopada 1983. godine. Usmjeren je na smanjenje onečišćenja naftom iz operativnih mjera pa tako i iz slučajnog izlivanja. Izmjene i dopune Aneksa I. iz 1992. učinile su obveznim dvostruke trupove za nove naftne tankere i donijele su raspored za postupno uvođenje dvostrukih trupova za postojeće tankere, koji je naknadno revidiran 2001. i 2003<sup>[8]</sup>.

#### 4.2.1. Zahtjevi za konstrukciju tankera za naftu - dvostruki trup

Godine 1992. MARPOL je izmijenjen i dopunjen kako bi za tankere od 5000 dwt i više koji su naručeni nakon 6. srpnja 1993. bilo obvezno da budu opremljeni dvostrukim trupom ili alternativnim dizajnom odobrenim od strane IMO-a (pravilo 19 Aneksa I.). Zahtjev za dvostrukim trupom koji se primjenjuje na nove tankere također je primijenjen na postojeće brodove (pravilo 20 Aneksa I.). Svi tankeri trebali bi se preinačiti (ili izbaciti iz službe) kada dosegnu određenu dob od 30 godina. Ova je mjera usvojena da se postupno uvodi tijekom nekoliko godina jer je kapacitet brodogradilišta ograničen i ne bi bilo moguće pretvoriti sve tankere s jednom oplatom u tankere s dvostrukim trupom bez izazivanja golemih poremećaja u svjetskoj trgovini i industriji. Zahtjev za dvostrukim trupom je usvojen 1992., nakon incidenta tankera „Erika“ kod obale Francuske u prosincu 1999., države članice IMO-a ubrzale su postupak ukidanja tankera s jednostrukim trupom te je u travnju 2001. IMO usvojio revidirani raspored postupnog ukidanja tankera s jednom oplatom, koji je stupio na snagu 1. rujna 2003. godine. Zahtjevi postavljaju stroži raspored za postupno ukidanje jednotrupnih tankera<sup>[9]</sup>.

#### 4.2.2. Zaštita spremnika goriva (oil fuel tank protection)

Odbor za zaštitu morskog okoliša (MEPC) u ožujku 2006. usvojio je amandman na Aneks I MARPOL-a kako bi uključio novu uredbu o zaštiti spremnika naftnih goriva. Uredba se primjenjuje na sve brodove isporučene 1. kolovoza 2010. ili nakon tog datuma s ukupnim



kapacitetom naftnog goriva od 600 m<sup>3</sup> i više. Uključuje zahtjeve za zaštićenu lokaciju spremnika goriva i standarde izvedbe za slučajno istjecanje naftnog goriva. Ograničenje maksimalnog kapaciteta od 2.500 m<sup>3</sup> po spremniku za naftno gorivo uključeno je u uredbu. Uredba također zahtjeva od administracija da uzmu u obzir opće sigurnosne aspekte, uključujući potrebu za održavanjem i pregledom bočnih spremnika i spremnika s dvostrukim dnom, prilikom odobravanja dizajna i konstrukcije brodova u skladu s propisom. Usvojene su i posljedične izmjene i dopune IOPP certifikata (International Oil Pollution Prevention Certificate) <sup>[10]</sup>.

#### 4.2.3. Pranje tankova tereta (crude oil washing)

Ispiranje sirovom naftom (COW) sustav je pomoću kojeg se naftni tankovi na tankeru čiste između putovanja ne vodom, već samim teretom (sirovom naftom). Djelovanje otapala sirove nafte čini proces čišćenja daleko učinkovitijim nego kada se koristi voda. Sustav pomaže u sprječavanju onečišćenja mora operativnim mjerama. Pravilo 33 MARPOL Aneksa I kao zahtjev navodi da tankeri za sirovu naftu nosivosti od 20 000 tona i više trebaju biti opremljeni sustavom za čišćenje tankova tereta korištenjem pranja sirovom naftom. Uredba 33 navodi da COW instalacija i aranžmani trebaju biti u skladu sa svakom od odredbi specifikacija za dizajn, rad i kontrolu sustava koje je usvojio IMO 1978 <sup>[11]</sup>.

#### 4.2.4. Prijevoz teškog ulja

Pravilom 21 MARPOL Aneksa I „sprječavanje onečišćenja uljem iz naftnih tankera prilikom prijevoza teške nafte (HGO)“ uvjetuje zabranu prijevoza HGO tankerima s jednom oplatom od 5000 tona nosivosti i više nakon datuma stupanja na snagu uredbom (5. travnja 2005.), a u tankerima s jednostrukim trupom od 600 DWT i više, ali manje od 5000 DWT, najkasnije do godišnjice datuma njihove isporuke 2008. godine. Prema propisu 21, HGO odnosi se na slijedeće: sirove nafte čija je gustoća na 15°C veća od 900 kg/m<sup>3</sup>, nafte koja ima ili gustoću na 15°C veću od 900 kg/m<sup>3</sup> ili kinematičku viskoznost na 50°C veću od 180 mm<sup>2</sup>/s, bitumen, katran i njihove emulzije. U slučaju određenih tankera kategorije 2 ili 3 koji prevoze HGO kao teret, opremljenih samo dvostrukim dnom ili dvostrukim bokovima, koji se ne koriste za prijevoz nafte i protežu se cijelom duljinom tanka tereta, ili tankera opremljenih dvostrukim prostorom trupa koji ne zadovoljava zahtjeve minimalne zahtjeve za zaštitu udaljenosti koji se ne koriste za prijevoz nafte i protežu se cijelom dužinom tanka tereta, Uprava, pod određenim uvjetima, može dopustiti nastavak rada takvih brodova nakon 5. travnja 2005. do datuma na koji brod napuni 25 godina. Pravilo 21 također dopušta nastavak rada naftnih tankera od 5000 DWT i više, koji prevoze sirovu

naftu gustoće na 15°C veće od 900 kg/m<sup>3</sup>, ali manje od 945 kg/m<sup>3</sup>, ako zadovoljavajući rezultati Sheme procjene stanja jamče da je brod sposoban za nastavak takve operacije, s obzirom na veličinu, starost, operativno područje i strukturne uvjete broda i pod uvjetom da nastavak operacije neće trajati nakon datuma na koji je doseže 25 godina nakon datuma isporuke. Uprava može dopustiti nastavak rada tankera za naftu s jednom oplatom od 600 DWT i više, ali manje od 5000 DWT, koji prevozi HGO kao teret. Ako je, prema Upravi, brod sposoban nastaviti takav rad, s obzirom na veličinu, starost, operativno područje i strukturne uvjete broda. Pod uvjetom da rad ne prelazi datum na koji brod navršava 25 godina nakon datuma njegove isporuke. Uprava može izuzeti naftni tanker od 600 DWT i više koji prevozi HGO kao teret ako je brod ili uključen u putovanja isključivo unutar područja pod jurisdikcijom stranke ili je uključen u putovanja isključivo unutar područja pod jurisdikcijom druge stranke, pod uvjetom da je suglasna strana unutar čije će nadležnosti brod ploviti. Isto vrijedi i za plovila koja rade kao plutajuće skladišne jedinice HGO-a. Strana MARPOL-a može zabraniti ulazak tankerima s jednom oplatom koji prevoze HGO kojima je dopušteno da nastave s radom pod gore navedenim izuzećima u luke ili terminale na moru pod svojom jurisdikcijom ili zabraniti prijenos teške nafte s broda na brod u područjima pod svojom jurisdikcijom osim kada je to potrebno radi osiguranja sigurnosti broda ili spašavanja života na moru <sup>[12]</sup>.

## 5. VRSTE ONEČIŠĆENJA

Vrste onečišćenja okoliša od strane tankera možemo podijeliti u dvije skupine, onečišćenje morskog ekosustava uslijed havarije i onečišćenje pri rutinskim operacijama i slučajnim radnjama u samoj eksploataciji tankera.

### 5.1. Ponašanje nafte pri izljevu

Nakon izlivanja nafte u more, popraćeno procesima stvaranja naftne mrlje, mrlja će biti izložena većim nizom kemijskih, fizikalnih i bioloških procesa. Svaki od njih utjecat će na izmjenu njenih svojstva. Proces koji su uključeni u sustav razlaganja nafte imaju skupni naziv „starenje nafte“ (eng. Weathering), a to su evaporacija, emulgacija, disperzija, otapanje, fotooksidacija, taloženje, adhezija, degradacija i katranske naslage. Proces starenja nafte imaju različiti rok i različiti intenzitet djelovanja na naftnu mrlju<sup>[13]</sup>.

Proces evaporacije prijelaz je površinskih molekula tekućine ili čvrste čestice u plinovito stanje. Evaporacija je proces koji će najviše utjecati na starenje naftne mrlje zbog isparavanja lakših ugljikovodičnih elemenata. Intenzitet navedenog isparavanja direktno utječe na smanjenje volumena naftne mrlje. Također, opadanjem obima lakših aromatskih ugljikovodika smanjuje se toksičnost naftne mrlje, no negativna posljedica je time zagađuje atmosferu. Proces evaporacije nafte započinje odmah nakon njenog izlivanja te se odvija najbrže od svih procesa starenja nafte. Pri procesu evaporacije lakših ugljikovodika postepeno se povećava viskoznost i gustoća te se smanjuje obujam naftne mrlje tj. smanjuje se površina naftne mrlje. Na vremenski segment procesa isparavanja ugljikovodika najviše utječe temperatura okoline, što je niža temperatura proces će se odvijati brže.

Proces emulgacije, miješanje je tekućina koje se ne miješaju međusobno, pri čemu je jedna tekućina raspršena u drugoj. Emulgacijom se stvara emulzija, to je disperzni sustav međusobno netopljivih i slabo topljivih tekućina. Kod procesa starenja nafte razvija se emulzija vode u nafti. Paralelno s odvijanjem procesa emulgacije vode u nafti, dešava se i proces evaporacije naftne mrlje, s razlikom u intenzitetu i vremenskom periodu. Evaporaciju je tijekom izljeva nemoguće spriječiti, dok je emulgaciju jednim dijelom moguće te se nastoji spriječiti. Iz razloga što je moguć nastanak stabilne emulzije vode u sirovoj nafti koja pritom sadrži više od 70% vode. Mikro kapljice vode veličine 10 do 25 μm pod utjecajem djelovanja energije mora, prodrjeti u površinski

sloj nafte. Prema sastavu i viskoznosti naftnog izljeva ovisit će stabilnost nastale emulzije. Stabilna emulzija nastat će samo u slučaju da u sastavu izlivena nafte udio asfaltena i smole bude do 8%. Evaporacija lakših ugljikovodika pridonosi formiranju stabilnijih emulzija nakon određenog vremena, jer se evaporacijom otklanjaju lakši aromatski ugljikovodici. Uz navedeno djelovanjem evaporacije viskoznost naftne mrlje se povećava, što pridonosi zadržavanju kapljica vode u naftnom sloju. Razlikuju se četiri različita oblika emulzije vode u nafti, otopljena voda, nestabilna emulzija, polustabilna emulzija i stabilna emulzija.

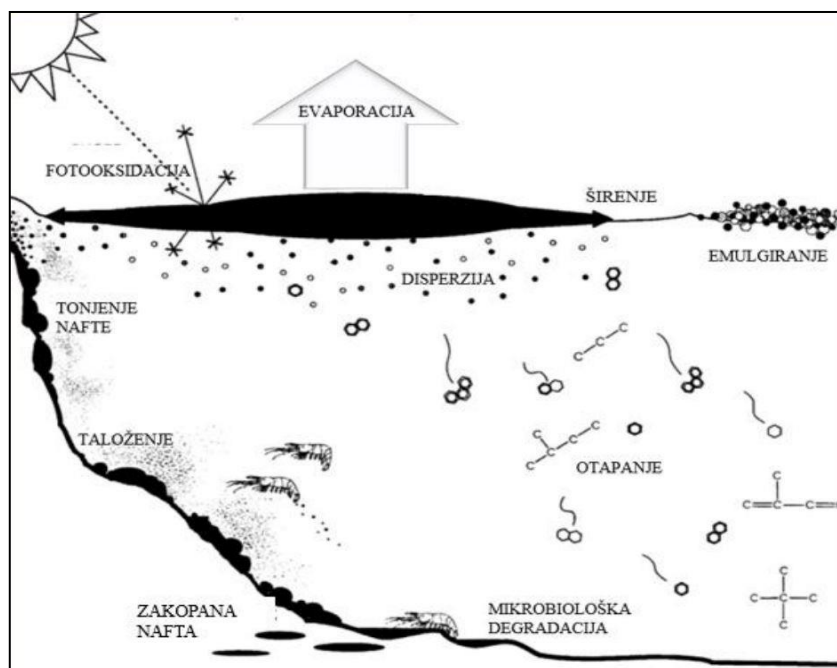
Prirodna disperzija izljeva nafte formira se kada valovi i drugi faktori koji uzrokuju turbulenciju na površini mora razbijaju naftnu mrlju u čestice koje se nakon toga raspršuju u vodenom stupcu. Male kapljice u vodenom stupcu ostaju stabilne duži vremenski period, dok se veće zadržavaju tek par sekundi te se djelovanjem sile uzgona teže podižu na površinu. Negativna strana disperzije je da dispergirana nafta u vodenom stupcu, uz pomoć djelovanja vodenih struja, može zagađati područje uz obalu ili neko područje koje prije nije bilo zagađeno. Promjena lokacije zagađenja može se potpuno razlikovati po uvjetima sanacije te tako dodatno stvoriti probleme kod onečišćenja.

Kod procesa otapanja, važna je činjenica da sastav naftne mrlje sadrži male količine aromata male molekularne mase te neke vrste topljivih smola. Proces otapanja poželjno je spriječiti zbog toksičnosti topivih aromatskih komponenti, nezvano uz činjenicu da se samo jedan mali dio različenih ugljikovodika otopi u morskoj vodi. Otapanje se odvija u vodenom stupcu ispod površine naftne mrlje.

Proces fotooksidacije, kemijski je proces pri kojem se polimeri razgrađuju uz prisutnosti kisika koji pri djelovanju UV zraka sunca, djeluje i na naftnu mrlju tijekom dugog vremenskog perioda mijenjajući njen sastav. Kod procesa otapanja, materija naftne mrlje neće se znatno promijeniti, a kao nuspojave nastaju vrlo toksični spojevi za okoliš. Prema svemu navedenom, kod sanacije izljeva ugljikovodika, bitno je poznavanje utjecaja fotooksidacije bez obzira na to da je riječ o dugotrajnom i sporom procesu.

Procesom taloženja ugljikovodik će potonuti na morsko dno pri djelovanju gravitacijske sile uslijed povećanja gustoće ugljikovodika na površini mora. Povećana gustoća izlivenih ugljikovodika karakteristična je za priobalna područja gdje čestice nafte dolaze u kontakt s krutim česticama u vodenom stupcu, sjedine se s njima i tonu na dno. Naftne mrlje mogu postati vrlo ljepljive nakon razdoblja starenja na morskoj površini, prijanjajući na skoro pa sve čestice s kojima dođu u kontakt. Ako se onečišćenje uzrokovano ugljikovodicima ne sanira na vrijeme, nafta može ostati u prirodi u raznim oblicima, nasukana u obalnim pijescima ili na brodogradilištima.

Katranske naslage produkti su ostataka izljeva sirove nafte i ostalih težih spojeva nafte nakon dugog razdoblja starenja nafte na morskoj površini. Razlikuju se dva tipa katranskih naslaga, katranske lopte i katranski pokrivači.



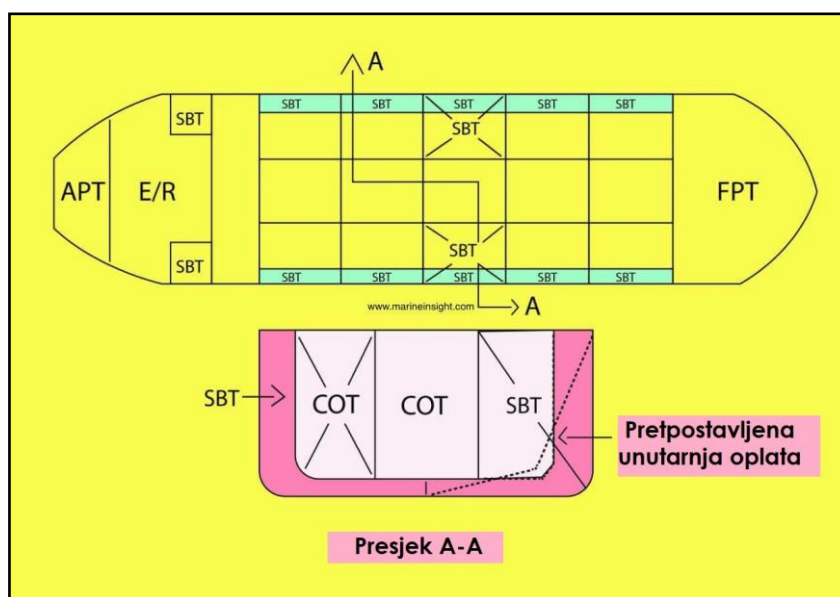
Slika 5.1. Procesi starenja naftne mrlje[13]

## 5.2. Onečišćenja u eksploataciji

Opće prihvaćeno shvaćanje je da su najveća zagađenja mora uzrokovana havarijama tankera, no veći utjecaj imaju aktivnosti kod same eksploatacije broda, veća količina uljnih izljeva i toksičnih tvari dospije u more kao rezultat općenitih aktivnosti kod same eksploatacije broda izbacivanjem, ispuštanjem, pražnjenjem, izlivanjem i curenjem pri manipulaciji tekućim teretom. Uz navedeno tu su još čišćenje i ispiranje tankova te priprema tankova za slijedeći ukrcaj. Zagađenja mora do kojih dolazi uslijed redovitih aktivnosti pri eksploataciji tankera većim dijelom mogu se kontrolirati od strane brođara i nadgledati od posade broda te se uz pridržavanje određenih regulativa i zakona koji su vezani uz eksploataciju, može zamjetno smanjiti ispuštanje uljnih i štetnih tekućina u morski sistem. Operacije na brodu koje najviše utječu na ispuštanje štetnih tvari su ispuštanje tj. iskrcaj balasta i pranje teretnih tankova.

### 5.2.1. Balastne vode

Balastna voda je pojam koji definira vodu s tvarima u njoj koja je ukrcana na brod s namjenom upravljanja trimom, nagibom, gazom, stabilitetom i općenito naprezanjem broda. Koristi se kada su brodovi prazni ili poluprazni tj. za plovidbu pri kojoj brod plovi bez korisnog tereta. Kod tankera za prijevoz sirove nafte vodeni balast mora strogo biti distancirani od tereta nafte. Kod izmjene balasta primjenjuju se SBT tankovi (Segregated Ballast Tanks), oni su namijenjeni samo za prijevoz balasta te su posebno odvojeni od tereta i goriva <sup>[14]</sup>.



Slika 5.2.1. SBT balastni tankovi[27]

Zagađenje mora vodama balastnih tankova jedna je od ozbiljnijih prijetnji okolišu današnjice. Uz „tradicionalni“ oblik zagađenja čije posljedice je uz određene angažmane manjih ili većih sredstava moguće sanirati, glavni problem sanacije balastnih voda je prenošenje endoskopskih vrsta raznih organizama i patogena iz mora u različite ekosustave, što rezultira trajnom devastacijom morskog okoliša te je sanacija navedenog skoro pa nemoguća. Unosom organizama i patogena balastnim vodama u priobalne vode prouzrokuju se štetni učinci za biološku raznolikost, gospodarske grane djelatnosti povezane s morem i najvažnije, za ljudsko zdravlje. Unosom organizama mogu nastati nepovratne izmjene u biološkim zajednicama, kao što su istiskivanje autohtonih vrsta sve do njihova potpunog izumiranja. Izmjena balastnih voda svakodnevna je operacija na brodu i jedan je od faktora preduvjeta brodskog stabiliteta. Kako je

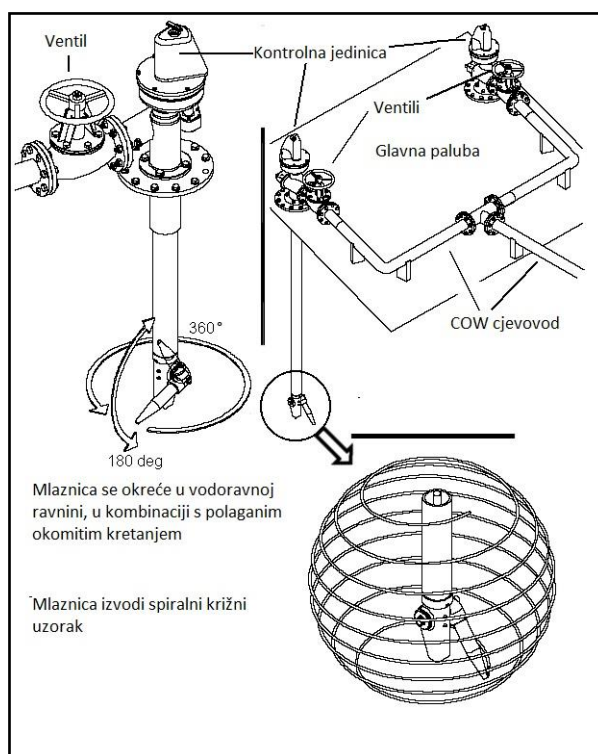
to neophodna operacija, nije ju bilo u mogućnosti u potpuno zabraniti. Temeljem toga predloženo je nekoliko rješenja za navedeni problem. Rebalasting je sistem kojim bi se promjena balastne vode koja je preuzeta u luci ukrcaja izmjenila onom na otvorenom moru gdje se u morskoj vodi nalazi veća količina soli i gdje su teži uvjeti za preživljavanje mikroorganizama, no taj postupak ne osigurava pražnjenje tankova u potpunosti i ne osigurava potpuni ispušt vode iz spremnika (zadržavanje mulja na dnu tanka). Kao opcija predložena je kontinuirana izmjena vode tijekom putovanja, kod navedene opcije negativna strana je da može doći do miješanja različitih vrsta mikroorganizama u tanku te prouzrokovati štetu još većih razmjera. Jedna od prihvatljivijih predloženih opcija je smanjenje količine kisika unosom dušika što bi pospješilo odumiranje živog svijeta u balastnim vodama. Metoda kod koje bi se koristila biocidna sredstva za uništavanje biološkog svijeta u balastnim vodama nije baš ekološka radi ispuštanje otrovnih kemikalija, a i povećanja troškova s obzirom na volumen tankera. Također se razmatra metoda ispusta balastnih voda u uređaj za pročišćavanje u lukama gdje se vrši ukrcaj tereta. Opcija segregiranih balasta zahtjeva da se na brodu nalaze zasebni tankovi i crpni sustavi za teret i balastne vode. Relativno je nepovoljan jer smanjuje i do 40% transportnog volumena tankera. Kod metode BAT koristio bi se uređaja kojim bi se vršio proces pročišćavanje balastnih voda na svakom brodu, ali zahtijeva velike troškove za izučavanje brodara i posade sa odgovarajućim znanjem <sup>[15]</sup>.

Zbog smanjenja rizika unosa neautohtonih vrsta u balastne tankove i njihovog širenja predloženo je opće rješenje za problem ispusta i zamjene balastnih voda. Promjena balastne vode, odnosno mjesto promjene gdje će se vršiti njihov ispušt po pravilima Međunarodne konvencije o upravljanju i nadzoru brodskih balastnih voda, za brodove koji dolaze iz Sredozemnog mora, a odredište im je u sjeveroistočnom Atlantiku trebali bi izmijeniti svu balastnu vodu na udaljenosti od najmanje 200 nautičkih milja od najbližeg kopna i pri dubini od najmanje 200 metara čim uplove u sjeveroistočni Atlantik. Prema odredbama, brodovi bruto tonaže od 400t i više koji su konstruirani za ukrcaj balastnih voda, trebali bi imati plan upravljanja balastnim vodama. Također je zakonom propisano te se od broda traži da se bilježe operacije vezane uz balastne vode u knjigu o balastnim vodama kako bi se osigurala bolja kontrola nad izmjenom balastnih voda. Standardizirane metode i pristup kod prikupljanja podataka iznimno je važan na osnovi znanstvenog temelja procjeni rizika. Kod procjene rizika skupovi podataka o morskim organizmima i patogenima povezanih s pomorskim prometom preko balastnih tankova, koriste se za komunikaciju sa drugim lukama i državama te su glavna referenca za učinkovito upravljanje stranim vrstama. Razvojem sustava za procjenu rizika i sustava pravovremenog upozoravanja

razvijaju se alati u svrhu pravovremenog prepoznavanja mogućeg rizika i pripreme odgovarajućih akcija <sup>[15]</sup>.

### 5.2.2. Pranje teretnih tankova

Kod tankera za prijevoz sirove nafte razlikujemo dvije mogućnosti pranja teretnih tankova, pa je tako pranje tankova i pripremu za slijedeći ukrcaj moguće obaviti pomoću ugrijane morske vode ili pomoću samog tekućeg tereta. Pri pranju tankova tereta morskom vodom, problem nastaje ispuštanje emulzije ulja i vode koja ostaje poslije pranja. Onečišćenje mora ispuštanjem takve mješavine sprječava se primjenom postupka krcanja na vrh. To je postupak pri kojem se zauljena voda krca u slop-tankove, pri čemu radi različite gustoće tekućina dolazi do separacije vode i ulja. Nakon separacije voda se smije ispustiti u more, a ulje se taloži u tankovima te se na njega krca novi teret ulja. No taj način ispiranja tankova nije uvijek pouzdan, zbog problema kod separacije mješavine vode i ulja. Ispiranje tankova pomoću samog tekućeg tereta (COW- crude oil washing) koji se prevozi puno je učinkovitiji i više se primjenjuje na današnjim brodovima. Kada se naftni teret rasprši pod pritiskom na stjenke i površine tanka, sedimenti koji se zalijepe za tank se otapaju i pretvaraju u korisni teret koji se može ispumpati u obalne tankove. Ovaj sustav gotovo eliminira potrebu za tankovima za otpadne vode na brodovima i gotovo sav teret može se prenijeti na obalu <sup>[16]</sup>.



Slika 5.2.2. Kontrolna jedinica cjevovoda za COW pranje tankova[34]



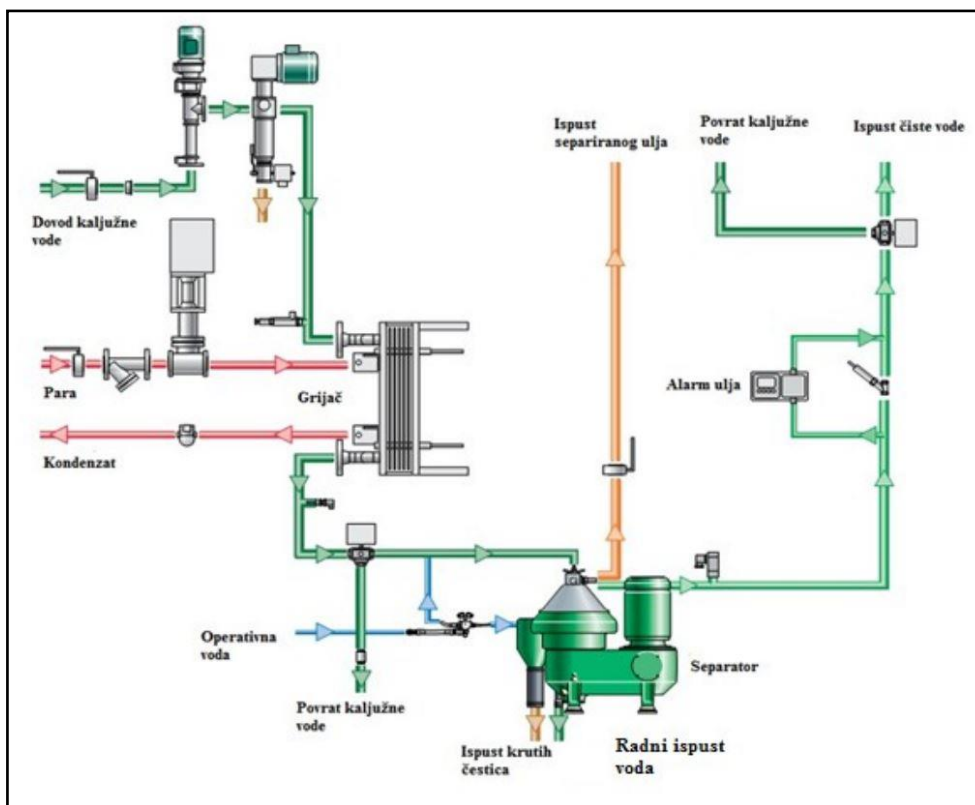
### 5.2.3. Kaljužne vode

Kaljužne vode su štetni kemijski nusproizvodi koji se talože u brodskoj kaljuži (donji dio broskog skladišta, tankova i strojarnice). Pod pojmom kaljužne vode smatraju se masti i maziva, masne kapljevine, mješavine vode, sredstva za čišćenje i drugi kemijski otpad. Najveći izvor kaljužnih voda je strojarnica broda tj. cijeli sustav broskog porivnog stroja, u što spada sam brodski motor, generatori, cjevovodi, razne pumpe i druge komponente strojarnice. Ovisno o aktivnostima, radnjama u strojarnici i atmosferskim uvjetima količina kaljužnih voda može biti od nezamjetne do količine od nekoliko tona u danu.

Prema pravilima brod bi trebao imati izveden odgovarajući kaljužni sustav. Kaljužne vode ne samo da su štetne za okoliš nego utječu i na stabilnost broda. Nakupljena kaljužna voda pri manevriranju broda (posrtanju i valjanju), zbog efekta slobodnih površina može utjecati na trim broda te tako i na samu stabilnost broda.

Kaljužni sustav sastoji se od sustava usisnih cijevi, ventilskih stanica, raznih filtera i pumpi, sabirnog tanka, sustava za izbacivanje kaljužne vode izvan broda, usisnih zdenaca i kaljužnog separatora. Najvažniji dio kaljužnog sustava je kaljužni separator. Funkcija navedenog separatora je odvajanje ulja iz kaljužne vode prije ispusta u more, što je vrlo bitna stavka kada se radi o onečišćenju morskog okoliša s brodova<sup>[17]</sup>.

Razlikujemo gravitacijski i centrifugalni tip separatora. Gravitacijski separator je tip separatora za obradu mješavina lakših goriva i kaljužnih voda s manje emulzija. Iz tog razloga oni su se većinom koristili na starijim brodovima kad su se koristila lakša goriva za rad strojeva na brodu. Ovaj kaljužni separator radi na principu gravitacijske sile, no postiže silu od samo 1G, koja nije dovoljna za odvajanje emulzije ulja od vode. Centrifugalni separator koristi razliku gustoće vode i ulja, povećanjem gravitacijske sile većinom centrifugalnim ubrzanjem. Imaju učinkovitost puno veću od gravitacijskih separatora jer stvaraju silu veću od 6000G kod brzine okretanja od  $8000\text{min}^{-1}$ . Tim specifikacijama, bez obzira na gibanje broda omogućuje se razrada vrlo složenih mješavina kaljužne vode. Kod centrifugalnih separatora nema potrebe za velikim kaljužnim tankom jer nakon obrade, čista voda može se odmah ispustiti izvan broda<sup>[17]</sup>.



Slika 5.2.3. Kaljužni sustav s centrifugalnim separatorom[35]

### 5.3. Onečišćenje uslijed pomorske havarije

Pojam pomorske havarije obuhvaća svaku izvanrednu štetu, gubitak ili trošak koji pogađaju pomorsku imovinu za vrijeme plovidbenog puta tj. od ukrcaja tereta i polaska na plovidbu pa do dolaska u luku odredišta i iskrcaju. Uslijed havarija može doći do izlijevanja vrlo velike količine opasnog tereta u more čime se uzrokuje manje ili više lokalizirano onečišćenje velikih razmjera. Navedena vrsta onečišćenja u većini slučajeva se ne može predvidjeti i kontrolirati. No, može se odgovarajućom konstrukcijom broda može se znatno povećati sigurnost njegove plovidbe i otpornost prema oštećenju do kojeg može doći pri nasukavanju ili sudaru. Pomorske se havarije dijele na dvije vrste, na zajedničke havarije i zasebne havarije. U zajedničku havariju spada svaka razložna šteta ili trošak koju je učinio, odnosno namjerno prouzročio zapovjednik broda ili ovlaštena osoba, radi spasa imovinskih vrijednosti u pomorskom pothvatu od neke opasnosti koja im zajednički prijeti<sup>[18]</sup>.

Zasebne havarije su sve druge izvanredne štete i troškovi što ih pretrpi imovina u plovidbi, a koje nemaju obilježja zajedničke havarije. Kod havarija razlikujemo nasukavanje, sudare, potonuća, udare te požare i eksplozije<sup>[18]</sup>.

### 5.3.1. Nasukavanje

Nasukavanje je položaj broda u mirovanju, u kojem brod dira morsko dno u mjeri koja ne dopušta daljnju plovidbu odnosno pokretanje broda vlastitim strojevima ili opremom, a da se pritom ne ošteti trup, strojevi ili oprema broda. Do nasukavanja broda može doći namjerno, u slučaju spašavanja broda od neke druge opasnosti koja mu prijete. Do nasukavanja može doći zbog navigacijske greške u plovidbi. Brod se isto tako može nasukat tijekom boravka na sidrištu u slučaju nevremena ili kao posljedica kvara<sup>[6]</sup>.

Osnovna opasnost pri nasukavanju broda je njegovo prevrtanje. Kod nasukavanja dolazi do promjene stabilnosti broda, najviše zbog toga što dio dna broda koji dira dno, preuzima dio težine broda. Težina broda koja nasjeda na dno može se odrediti usporedbom težine broda prije i nakon nasukavanja tj. usporedbom gazova. U slučaju ako je mjera stabilnosti broda prije nasukavanja bila izrazito mala, poslije nasukavanja ona može postati negativna. Kao posljedica navedenog je prevrtanje broda na bok, pod utjecajem vanjskih sila ili bez njih. Do prevrtanja može doći odmah nakon nasukavanja, ali i kasnije. Zbog toga je bitno provjeriti odmah nakon nasukavanja prodire li voda u trup broda, odrediti silu pritiska na dno te provjeriti ispravnost opreme i strojeva. Također je potrebno napraviti proračun stabilnosti. Loši vremenski uvjeti dodatno povećavaju opasnost od prevrtanja. Zapovjednik broda često nastoji sam odsukati brod pomoću brodskih strojeva. Brod se smije odsukati tek nakon provjere oštećenja trupa i mogućih prodora vode u brod tj. kada je iskrcajem ili preraspodjelom tereta smanjen iznos sile pritiska na dno. Za procjenu sile odsukivanja glavni faktor je iskustvo te treba imati na umu da tokom odsukivanja može doći do novih oštećenja trupa, pa tako i do mogućnosti potonuća ili prevrtanja<sup>[6]</sup>.

Kao primjer nasukavanja i njegove posljedice može se izdvojiti grčki tanker „Tasman Spirit“ koji se 2003. godine nasukao na ulazu u Pakistansku luku Karachi. Nakon nasukavanja, brod je bio izložen stalnim naprezanjima pod utjecajem jakih vjetrova(monsuna) te se prepolovio na pola. Pri tome se izlilo oko 30.000 tona sirove nafte, što je onečistilo 2000 km<sup>2</sup> okolnog morskog područja. Onečišćenje je također zahvatilo i morsko dno površine 270 km<sup>2</sup>. Faktor nasukavanja blizu obale, oslobađanjem vrlo snažnih naftnih para, bio je ključan za isparivanje ugljikovodika kojem je bilo izloženo više od 3 milijuna ljudi. Nasukavanje „Tasman Spirit“ tankera predstavlja najveću izloženost ljudi tijekom naftnih nesreća na moru u povijesti<sup>[19]</sup>.



*Slika 5.3.1. Nasukavanje tankera „Tasman Spirit“ [36]*

### 5.3.2. Sudar

Sudar brodova može se definirati kao specifična vrsta pomorske štete te ona redovito uzrokuje poveću štetu za sudionike sudara. Posljedice samog sudara ovise o težini sudara odnosno o okolnostima. Prema tome može doći do posljedica koje bi uzrokovale gotovo potpunu propast jednog ili oba sudionika sudara, zajedno s njihovim teretom. Također je poznato da kao posljedica navedenog može doći do pomorske i ekološke katastrofe velikih razmjera. Pod pojmom sudara na moru, misli se na sudar broda s drugim brodom u plovidbi, na sidrištu ili kod priveza, sa ili bez oštećenja trupa jednog ili obaju brodova. Sudar brodova nastaje isključivo krivicom zapovjednika jednog ili oba broda. Vjerojatnost sudara na moru s obzirom na gustoću prometa izrazito je mala. Posljedice sudara najviše ovise o brzinama brodova u trenutku sudara i njihovom međusobnom položaju. Zbog robusne građe i velike mase energija sudara redovito izaziva veća oštećenja trupa, što najčešće izaziva brzo potonuće. Smatra se da je najopasniji sudar pri kojem jedan brod pod kutom od  $45^\circ$  udara u drugi u ravninu pramčanih ramena. U tom slučaju stvaraju se veliki bočni otvori i dolazi do prodora vode. Pri sudaru brodova, smatra se da će jedan od šest sudara za posljedicu imati gubitak jednog ili oba broda, najviše zbog posljedičnog prodora vode odnosno gubitaka uzgona ili stabiliteta, a nakon toga zbog požara ili eksplozije. Osnovne mjere sigurnosti provode se već pri izgradnji broda, ugradnjom sudarnih pregrada i ojačanjima konstrukcije koja sprječavaju nastajanje velikih bočnih otvora na trupu broda<sup>[6]</sup>.

Kao primjer sudara na moru može se izdvojiti nesreća Južnokorejskog tankera „Sea Star“ koji je bio na putu od Saudijska Arabija do Brazila, kada se 19. prosinca 1972. sudario s brazilskim tankerom „Horta Barbosa“ u Omanskom zaljevu i eksplodirao, usmrivši 12 članova posade. Oba plovila su se zapalila, ali dok je brazilski tanker ugašen u roku od jednog dana, „Sea Star“ je nastavio gorjeti. Nakon niza eksplozija, Južnokorejski tanker je potonuo 5 dana nakon sudara. Incident je rezultirao izlivanjem približno 115.000 tona sirove nafte.

### 5.3.3. Potonuće

Potonuće brodova ima ista obilježja kao i sudari. Kada brod potone, izravna onečišćenja velikih razmjera ovise o dubini mora. Razmjere onečišćenja uslijed potonuća tankera najbolje je opisati primjerom tankera „Erika“ koji je 1999. godine potonuo u Biskaju, noseći oko 31.000 tona nafte. Uslijed velike oluje valovi su brod prepolovili te je u more iscurilo 20.000 tona nafte. U operacijama sanacije neposredno nakon katastrofe procjenom je utvrđeno da je sanirano manje od 3% ukupnog obujma izljeva. Do onečišćenja obale nije došlo tako brzo, tek 13 dana kasnije. S obzirom na to da je ulje dugo vremena provelo u moru počela se formirati emulzija većeg volumena i viskoziteta. Zagađenjem, ukupno je onečišćeno 400km obale. Tijekom čišćenja kroz duži vremenski period prikupljeno je više od 250.000 tona zauljenog otpada. Prema procjenama, od posljedica onečišćenja mora i obale uginulo je 50.000 ptica <sup>[20]</sup>.



*Slika 5.3.3. Potonuće tankera „Erika“ [28]*

#### 5.3.4. Udari

Kada je riječ o udarima brodova u obalu oni uglavnom nastaju kao posljedica pogrešaka u manevriranju brodova. Primjer pomorske havarije i njenih posljedica uslijed udara dobro će prikazat osvrt na tankersku nesreću broda Exxon Valdez 1989. godine nedaleko od obale Aljaske. Tanker Exxon Valdez prouzročio je najtežu ekološku katastrofu u povijesti tankerskih nesreća udarom u podmorski greben, ispustivši 42 milijuna litara sirove nafte u more. Oštećeno je bilo 8 od postojećih 11 brodskih tankova tereta. Razmjer nesreće moguće je predočit samim podatkom da se u nekoliko tjedana naftna mrlja raširila duž 1700 km obale, zagađujući do tad netaknut, čist okoliš. Uginulo je 250.000 ptica, 5000 vidri, 300 tuljana i mnogo drugih životinja. Posljedice te katastrofe osjećaju se još i danas<sup>[21]</sup>.



*Slika 5.3.4. Naftna mrlja oko tankera „Exxon Valdez“ [29]*

#### 5.3.5. Požari i eksplozije

Požar broda definira nekontrolirano gorenje cijelog broda ili nekih njegovih dijelova, a eksplozijom se smatra trenutačno izgaranje tereta odnosno zapaljivih plinova i para tekućih tereta ili goriva broda. Eksplozija i požar broda redovito se zbog jednakih uzroka i okolnosti prikazuju zajedno. Do požara odnosno eksplozije prije svega dolazi zbog sudara tj. zbog radnih postupaka posade broda. Požar na brodu izaziva teška strukturalna onečišćenja, posebno pri eksploziji zapaljivih tvari tereta. Česta su posljedica eksplozije požari, no ima i drugačijih slučajeva. Uz izravnu opasnost za ljude zbog požara ili eksplozije, javlja se niz opasnosti od posljedica požara

ili gašenja požara. Primjerice, gušenje dimom ili prevrtanje broda zbog naplavlivanja brodskih prostora <sup>[6]</sup>.

Primjer nesreće zapaljenja je Iranski tanker „Khark 5“ koji se 1989. godine prevozeći 280.000 tona sirove nafte našao u oluji 150 nautičkih milja od obale Maroka. Od posljedica oluje te ljudskog faktora dogodila se eksplozija koja je rezultirala zapaljenjem i puknućem četiri teretna tanka. U 12 dana koliko je bio na mjestu nesreće, što zbog požara, a što zbog nemogućnosti vuče, ispustio je 70.000 tona sirove nafte. Smatra se da je većina prolivene nafte izgorjela, isparila ili se raspršila. Zrakoplov i španjolski hitni brod otprilike dva tjedna nakon početnog incidenta na ulje su nanijeli raspršivač. Međutim, vjerovalo se da je učinak zanemariv budući da je nafta u međuvremenu znatno istrošila i naveliko se proširila. Čišćenje obale Casablance obavljeno je ručno pomoću grablji, lopata i plastičnih vrećica.

Havarije na moru, kao što uzrokuju materijalne i ekonomske štete mogu dovesti i do ekološke katastrofe cijelog ekosistema na moru, s negativnim utjecajem na floru i faunu mora. Ljudski propust tijekom prijevoza tereta morem najčešći je uzrok ovog problema globalnih razmjera. Sve se svodi na zaključak da je zapravo čovjek taj faktor čijim se negativnim djelovanjem na okoliš koji ga okružuje narušava uravnoteženost prirode što predstavlja veliki problem današnjeg svijeta. Onečišćenja nastala havarijama rjeđe se pojavljuju nego onečišćenja koja nastaju kao posljedica rutinskih radnji na tankerima, ali imaju štetniji učinak, ozbiljnija su curenja malog opsega. Uslijed rutinskih operacija u eksploataciji tankera može doći do izljeva vrlo velike količine štetnog i otrovnog tereta u more u vrlo kratkom vremenu. Ne postoji mogućnost da se navedena vrsta zagađenja direktno kontrolira pa je unaprijed neophodno poduzeti mjere kojima bi se u slučaju oštećenja oplata tankera uslijed havarije ipak spriječio izljev velike količine štetnog tereta. Havarije najvećih razmjera i potom zagađenja naftom uzrokovali su baš tankeri takozvanih jeftinijih zastava radi slabih mjera zaštite i kontrole.

#### **5.4. Posljedice havarija**

Prilikom razmatranja faktora posljedica tankera za prijevoz sirove nafte na okoliš trebaju se uzeti u obzir dugoročna istraživanja. Krajem prošlog stoljeća, razmišljanja znanstvenika bila su da štete velikih razmjera nastaju tijekom prvog tjedna od izlivanja nafte, dok svježna nafta puna toksičnih tvari ugrožava životinjski svijet, zagađuje obalu i močvarna tla te ubija ribe i u dubokom moru. Kroz desetljeća istraživanja tankerskih nesreća kao što su ona tankera Exxon Valdez 1989. kod obale Aljaske ili Amoco Cadiz 1978. godine kod obale Francuske, omogućile su znanstvenicima da preciznije razmotre, a na kraju i da pojasne stvarne posljedice izlivanja.

Ukupna šteta tek je prepoznatljiva nakon početka oporavka prirode. Temeljem takvih dugoročnih istraživanja na području Aljaske, otkrilo se da i nakon desetaka godina postoje talozi nafte na dubljim dijelovima podmorja, u podmorskim džepovima, u kojima je i dalje mogla neprestano štetiti životinjskom svijetu. Također analizama jetrenih enzima pataka i vidri s područja zagađenja pokazano je da je koncentracija ugljikovodika još prisutna u životinjama. Tako nije još sa sigurnošću poznato koliko vremenski treba da se okoliš posve oporavi od izljeva nafte. Kao primjer ogromnih posljedica mogu se navesti i koraljni grebeni, također osjetljivi na izlijevanje nafte jer se spojevi nafte kao što je već prije spomenuto, mogu dugo vremena otapati u vodi što izlaže koralje potencijalno otrovnim spojevima koji kratkoročno, ali i dugoročno stvaraju promijene u ekosustavu. Razmjeri onečišćenja uvelike ovise o načinu sanacije. Tako u same posljedice izlijevanja nafte ulaze postupak i vrijeme čišćenja područja koje je obuhvaćeno zagađenjem. Protekom vremena i u slučaju da nafta brzo isparava čišćenje ima slabiji učinak. U tom slučaju atmosfera se puni ugljikovodicima koji se nalaze u nafti i dolazi do onečišćenja zraka. Kada se pomnije razmotri širenje onečišćenja i prenosivost posljedica unutar cijelog ekosistema, izljev nafte utječe na skoro svaki segment koji okružuje ljude i životinje.



## 6. TEHNOLOGIJE UKLANJANJA NAFTNIH ONEČIŠĆENJA

Prilikom razmatranja uklanjanja naftnih onečišćenja te da bi uklanjanje bilo efikasno bitno je poznavati karakteristike naftnih onečišćenja i tehnologija koje se mogu primijeniti u određenim situacijama. Danas je u upotrebi više postupaka mjerenja onečišćenja koji se koriste ovisno o prirodi onečišćenja. Razlikujemo dvije vrste onečišćenja prema vrsti sanacije, a to su onečišćenje zauljenim vodama iz brodskih sustava i elementi štetni ili toksični za morske organizme. Kod onečišćenja zauljenim vodama pri mjerenju onečišćenja primjenjuje se odgovarajuća oprema za mjerenje onečišćenja mora koja se ugrađuje u brodske sustave. Rezultat mjerenja definira se kroz pravnu regulativu prema konvencijama koje reguliraju dopuštene koncentracije nafte u izljevu. Onečišćenja elementima štetnim ili toksičnim za okoliš malo su kompleksnija za mjerenje onečišćenja. Postupak je kompleksniji jer se radi o ulasku teških metala u oligoelemente te se mogu utvrditi jedino u laboratoriju odgovarajućim kemijskim i fizikalnim postupcima<sup>[22]</sup>.

Nakon izmjere onečišćenja, slijedi odabir metode uklanjanja onečišćenja. Glavni faktori po kojima se razlikuju izbor metode su ozbiljnost i opseg štete koju uzrokuje onečišćenje. Ono ovisi o vrsti ulja, vremenskim uvjetima i mjestu izlivanja. Kako će se nafta koja je izlivena u more ponašati, ovisi o fizičkim, kemijskim i biološkim procesima. Nakon izlivanja nafte, ona se širi morskom površinom čime započinju prirodni procesi isparivanja, emulzifikacije i disperzije. Prirodnim putem, za proces nestajanja naftne mrlje teških naftnih produkta na moru potrebno je duže vrijeme, no s vremenom će ispariti. Zbog negativnog utjecaja naftnih onečišćenja na okoliš, potrebna je što prije sanacija. Stoga skoro se nikad ne odabire prirodni proces sanacije<sup>[22]</sup>.

Kemijske metode uklanjanja naftnih onečišćenja dijele se na metodu raspršivanja i na metodu razbijanja emulzije ulja (demulgatori). Raspršivači ulja kod metode raspršivanja, su kemijska sredstva u kojima su sadržane molekule površinski aktivnih tvari. Tvari koje jednim dijelom privlače molekule vode, a drugim se veže za molekule ulja i odbija čestice vode. Tim se efektom suprotnih sila ulje razbija u sitne kapljice suspendirane u vodi te se na taj način u kraćem vremenskom periodu razgradi uljna mrlja. Proizvodi posebnog sastava koji se sastoji većinom od površinskih aktivnih tvari raspršuju se iz zrakoplova ili čamaca na mrlje u moru<sup>[22]</sup>.

Uklanjanje onečišćenja metodom demulgatora, kemijskim se procesom unosi kemijska tvar u posebnu emulziju koja razdvaja vodu od ulja razbijanjem emulzije. Problem kod čišćenja emulzijom je taj što se stvara duplo više materijala kasnije kod sanacije, pri sakupljanju i skladištenju. Pritom rastu i troškovi sanacije. Postoji još jedan problem, a to je da viskoznost emulzije vode u ulju raste toliko da ih nekad sakupljači ili pumpe ne mogu obraditi. Učinkovitost

uporabe emulgatora ovisi o svojstvima ulja, uvjetima okoliša, metodi primjene i vremenu izlivanja ulja u morski okoliš [22].

Mehaničke metode sanacije uljnih mrlja primarna su metoda kod izlivanja nafte. U mehaničke metode svrstavaju se razne plutajuće brane, sakupljače te prirodni i sintetički upijači materijala [22].

Plutajuće barijere koje se koriste kako bi se lokalizirale naftne mrlje nazivaju se brane. Smatra se prethodnicom kontrole izlivanja. Brane se postavljaju na vodu s namjerom odmicanja ulja od osjetljivog područja, zadržavanje i koncentraciju ulja dok se ne ukloni te preusmjerenje nafte prema mjestima za uporabu. Brane se sastoje od dijela iznad vode koji zadržava ulje i služi za prevenciju zapljuskivanja valova, zatim plutajući uređaj, suknu ispod površine vode i uzdužnu podršku za ojačanje brane od djelovanja vjetrova i valova. Razlikujemo otklanjajuće brane, brane za spaljivanje ulja i upijajuće brane. Brane se izrađuju u više različitih oblika i veličina od kojih su mnoge prikladne za posebne vrste uvjeta na moru. Obično se postavljaju pomoću sustava za vezivanje, kao što su sidra [22].



*Slika 6.1. Brane kod naftne mrlje[30]*

Sakupljači ulja (skimmers) su brodice i drugi uređaji osmišljeni sa svrhom prikupljanja nafte s površine mora. Svaka vrsta sakupljača ima svoje karakteristike i ograničenja prema odnosu viskoznosti, stanja mora i krhotina. Sakupljači se najčešće koriste u kombinaciji s branama. Postoje

tri vrste sakupljača ulja, a to su „Weir“ sakupljači, oleofilni sakupljači i usisni sakupljači. Najveći problemi sakupljača su turbolencije i visoki valovi [22].



*Slika 6.2. Sakupljač ulja (Skimmer recovery boat)[31]*

Uljni upijači (sorbenti) su naprave koje su napravljene iz materijala koji imaju upijajuća svojstva u odnosu na ulje u odbijajuća svojstva u odnosu na vodu. Potrebno je razlikovati vrste upijača, a to su organski, mineralni i sintetički. Oni se razlikuju s obzirom na različite mogućnosti recikliranja, stupnju vlažnosti, geometriji i prema sposobnostima apsorpcije. Sintetički upijači napravljeni su od umjetnih materijala na bazi plastike dizajnirani da privuku tekućinu na spoju površinu (princip rada spužve). Neki sintetički upijači gumene su izrade te tekućinu upijaju u svoju strukturu uz bubrenje upijajućeg materijala. Organski upijači, koliko imaju prednosti toliko imaju i nedostataka. Kao prednost može se izdvojiti zapremnina pri adsorpcije koja je 3 do 15 puta veće od njihove težine, no imaju tendenciju da zaprimaju vodu isto kao i ulje. To uzrokuje potapanje upijača [22].

## 8. ZAKLJUČAK

Današnji svijet bio bi nezamisliv bez nafte. Nafta povezuje mnoge djelatnosti kao što su proizvodnja, trgovina i na kraju uporaba. Sirova nafta prevozi se tankerima, riječ je o brodovima velike nosivosti koji nerijetko predstavljaju opasnost za ekosustav na Zemlji zbog potencijalnih problema koji mogu nastati prilikom prijevoza nafte. Poznato je kako je nafta poprilično zapaljiva, eksplozivna i toksična tekućina te u neadekvatnim uvjetima može doći do katastrofalnih posljedica. Kako bi se takve situacije spriječile doneseni su mnogobrojni propisi i potrebne procedure kako bi se teret osigurao i transport bio siguran.

Dvije su glavne skupine onečišćenja od strane tankera, a to su onečišćenje morskog ekosustava uslijed havarije i onečišćenje pri rutinskim operacijama i slučajnim radnjama u samoj eksploataciji tankera. Održavanje čistoće morskih ekosustava predstavlja važnu ulogu za očuvanje biljnog i životinjskog svijeta te općenito za ljudski život. Posljedice onečišćenja mora donose zdravstvene, ekološke i gospodarske probleme. Štetne posljedice izlivanja nafte mogu negativno utjecati na okoliš, a najčešće se javljaju tijekom vađenja, transporta, prerade i skladištenja nafte. Budući da se do 85% svjetskih isporuka nafte i derivata prevozi morem, morski ekosustavi postaju najugroženije mjesto. Ugroženi ekosustav oporavlja se protekom vremena koje ovisi o razmjeru izlivanja nafte. Iz navedenog proizlazi da povećanjem količine izlivena nafte ciklus je dulji, dok s druge strane biološki svijet može se oporavljati i do 20 godina. Sve dok je nafta primarni izvor energije, nesreće tankera i druga onečišćenja vezana uz tankere s ozbiljnim posljedicama za morske ekosustave nažalost će se događati. Kako bi se zaštitio ljudski život na moru i morski okoliš općenito, o tome se treba brinuti svakodnevno. Cijeli živi svijet na Zemlji povezan je s morskim ekosustavom i ovisi o njemu. Danas, zahvaljujući Međunarodnoj pomorskoj organizaciji (IMO), Odboru za zaštitu morskog okoliša, u primjeni je MARPOL konvencija koja se provodi kako bi se smanjilo onečišćenje morskih ekosustava od strane brodova, štetnih tvari za ljude, životinje i biljke. Nesreće u transportu nafte imaju vrlo velike i teške posljedice kako za ljude tako i za biljni i životinjski svijet te općenito za okoliš. Onečišćenje voda, mora i oceana uzrokovano naftom i njenim derivatima u svijetu je sve češće. Porastom svjetske flote tankera za prijevoz sirove nafte, povećan je i broj nesreća. No zahvaljujući tehnologiji, propisima, konvencijama i izobrazbi brodara može se reći da su sami razmjeri onečišćenja manji i sanacije učinkovitije. Upravo zbog mogućnosti velikih katastrofa, danas se sve više koriste obnovljivi izvori energije kako bi se zaštitila Zemlja koju mi ljudi s našim aktivnostima svakodnevno sve više uništavamo.

## LITERATURA

- [1] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža;  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=42761> 24.8.2022.
- [2] Čičić, A.: „Planiranje prijevoza sirove nafte morem“;  
<https://repository.pfri.uniri.hr/islandora/object/pfri%3A2312/datastream/PDF/view>, 29.8.2022.
- [3] International maritime organisation;  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/OilPollution-Default.aspx>, 25.8.2022.
- [4] Kliper, obrazovanje kadrova u pomorstvu; <https://kliper.hr/zanimljivosti/medjunarodna-pomorska-organizacija-imo/>, 27.8.2022
- [5] International maritime organisation;  
<https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx>,  
25.8.2022.
- [6] Zec D.: Sigurnost na moru, Žagar, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka 2001.
- [7] Milošević Pujo, B.: „Sprječavanje onečišćenja mora po Marpol konvenciji“, s interneta  
<https://hrcak.srce.hr/file/12538>, 26.8.2022.
- [8] International maritime organisation;  
[https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx), 26.8.2022.
- [9] International maritime organisation;  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/constructionrequirements.aspx>,  
26.8.2022.
- [10] International maritime organisation;  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/OilFuelTankProtection.aspx>, 26.8.2022.
- [11] International maritime organisation;  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Crude-Oil-Washing.aspx>, 27.8.2022.
- [12] Annex I- Regulations for the Prevention of Pollution by Oil;  
[http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex\\_I/r21.htm](http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex_I/r21.htm), 2.9.2022.

- [13] Marti,J.: “Starenje naftne mrlje“  
<https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A1320/datastream/PDF/view>,
- [14] Dobranić, J.: „Onečišćenje mora uljima i elementima u tragovima“  
<https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn%3Aaaid%3Ascds%3AUS%3A095814da-da72-4bf6-bb76-e396ee529fbc#pageNum=2>,
- [15] Markulin, Ž.: „Opasnosti prijevoza tereta (onečišćivača) morem“  
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka%3A1248/datastream/PDF/view>,
- [16] Čičić, A.: „Planiranje prijevoza sirove nafte  
morem“<https://repository.pfri.uniri.hr/islandora/object/pfri%3A2312/datastream/PDF/view>,
- [17] Veić, J.: „Brodski kaljužni separatori“  
<https://repozitorij.pfst.unist.hr/islandora/object/pfst%3A922/datastream/PDF/view>,
- [18] Pomorske havarije i osiguranje;  
[https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads\\_nastava/20190208\\_194956\\_vio\\_POMORSKE\\_HAVARIJE\\_I\\_OSIGURANJE.pdf](https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20190208_194956_vio_POMORSKE_HAVARIJE_I_OSIGURANJE.pdf), 2.9.2022.
- [19] ITOPF- Promoting effective spill response; <https://www.itopf.org/in-action/case-studies/tasman-spirit-pakistan-2003/>, 31.8.2022
- [20] Popović, M.: „Analiza većih tankerskih nesreća“ <https://hrcak.srce.hr/file/124337>,
- [21] Kliper, obrazovanje kadrova u pomorstvu; <https://kliper.hr/zanimljivosti/ekoloska-katastrofa-exxon-valdez/>, 2.9.2022.
- [22] Kovačević, P.: „Tehnologija uklanjanja uljnih onečišćenja mora“  
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:782684>,
- [23] GEO-REF; <http://www.geo-ref.net/en/t-imo.htm>,
- [24] Frontier shipbroking AS; <https://frontiershipbroking.com/chartering/>,
- [25] Pdfcoffee; <https://pdfcoffee.com/general-arrengement-of-a-shippdf-pdf-free.html>,
- [26] Marti,J.: “Starenje naftne mrlje“  
<https://repozitorij.rgn.unizg.hr/en/islandora/object/rgn%3A1320/datastream/PDF/view>,
- [27] Marine Insight; <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/a-guide-to-ballast-tanks-on-ships/>,

- [28] Pinterest; [https://www.pinterest.nz/pin/548383692124580627/?nic\\_v3=1a497RpOK](https://www.pinterest.nz/pin/548383692124580627/?nic_v3=1a497RpOK),
- [29] The Atlantic; <https://www.theatlantic.com/photo/2014/03/remembering-the-exxon-valdez-oil-pill/100703/>,
- [30] Akuna services; <https://akunaservices.com.au/product/floating-containment-boom/>,
- [31] Nautic Expo- Virtual Expo group; <https://www.nauticexpo.com/prod/rozema-boats-works/product-34023-234059.html>,
- [32] Komadina P., Tankeri, Tipograf d.d., Rijeka, 1994.
- [33] Research gate; [https://www.researchgate.net/figure/Midship-section-of-the-double-hull-tanker-The-boxes-highlight-detail-members-on-the\\_fig4\\_325576865](https://www.researchgate.net/figure/Midship-section-of-the-double-hull-tanker-The-boxes-highlight-detail-members-on-the_fig4_325576865),
- [34] Knowledge of sea; <https://knowledgeofsea.com/tanker-operations/>,
- [35] Veić, J.: „Brodski kaljužni separatori“  
<https://repozitorij.pfst.unist.hr/islandora/object/pfst%3A922/datastream/PDF/view>,
- [36] Colin de la Rue; <https://www.colindelarue.com/personal-profile/>,

## POPIS SLIKA

Slika 3. Tipovi tankera prema veličini[23].....	3
Slika 3.1. Shematski prikaz konstrukcije tankera sa središnjom palubom[32] .....	4
Slika 3.1.1. Opći plan VLCC tankera[24].....	5
Slika 3.1 1.-1 Presjek glavnog rebra tankera za prijevoz sirove nafte[33].....	6
Slika 4. Rasprostranjenost IMO organizacije[25] .....	7
Slika 5.1. Procesi starenja naftne mrlje[26] .....	14
Slika 5.2.1. SBT balastni tankovi[27] .....	15
Slika 5.2.2. Kontrolna jedinica cjevovoda za COW pranje tankova[34] .....	17
Slika 5.2.3. Kaljužni sustav s centrifugalnim separatorom[35] .....	19
Slika 5.3.1. Nasukavanje tankera „Tasman Spirit“[36] .....	21
Slika 5.3.3. Potonuće tankera „Erika“[28] .....	22
Slika 5.3.4. Naftna mrlja oko tankera „Exxon Valdez“[29].....	23
Slika 6.1. Brane kod naftne mrlje[30] .....	27
Slika 6.2. Sakupljač ulja (Skimmer recovery boat)[31] .....	28



## **SAŽETAK**

Glavna tema ovog rada je proučavanje ekološkog aspekta tankera za prijevoz sirove nafte kroz različita gledišta. Obuhvaćeni su segmenti tehničkog, ekološkog, kemijskog i pravnog segmenta. Kroz tehničko područje opisani su i razrađeni elementi konstrukcije tankera i popratnih sustava na njemu. Prijevoz nafte obavlja se većinom morskim putem i usko je povezan s različitim granama gospodarstva i teretnog prometa, no jednako tako povezan je s mnogobrojnim faktorima onečišćenja ekosistema, kako okoliša tako i živih organizama. U ovom radu detaljno je opisan i utjecaj tankera na okolinu iz ekološkog i kemijskog stajališta. Obradene su i pojedine pravne regulative i konvencije, ali i odredbe koje se odnose na sveobuhvatni internacionalni pomorski sistem.

**Ključne riječi: Tankeri, onečišćenje, ekosistem, konstrukcija**

## **SUMMARY**

Within this work, the topic of the ecological aspect of crude oil tankers has been investigated and addressed through different points of view. The technical, environmental, chemical and legal segments are covered. Through the technical area, the elements of the construction of the tanker and its accompanying systems are described and elaborated. As the transportation of oil by sea is connected to the branches of the economy and freight transport, unfortunately it is also connected to the factors of ecosystem pollution, both of the environment and of living organisms. Thus, this paper describes in detail the impact of tankers on the environment from the ecological and chemical segments. As with any system on Earth, in order for it to function unhindered, safely and fairly, this work also includes certain legal regulations and conventions and provisions related to the comprehensive international maritime system.

**Key words: Tankers, pollution, ecosystem, construction**