

# ONEČIŠĆENJE MORA KOD PRERADE I TRANSPORTA NAFTE

---

**Dubajić, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:383923>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Prijediplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

**ONEČIŠĆENJE MORA KOD PRERADE I TRANSPORTA  
NAFTE**

Rijeka, travanj 2024.

Marko Dubajić

0069089493

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Prijediplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

**ONEČIŠĆENJE MORA KOD PRERADE I TRANSPORTA  
NAFTE**

Mentor: prof. dr. sc. Lado Kranjčević

Rijeka, travanj 2024.

Marko Dubajić

0069089493

Rijeka, 6. veljače 2024.

Zavod: **Zavod za mehaniku fluida i računalno inženjerstvo**  
Predmet: **Mehanika fluida**  
Grana: **2.15.04 mehanika fluida**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Marko Dubajić (0069089493)**  
Studij: Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva

Zadatak: **Onečišćenje mora kod prerade i transporta nafte / Sea pollution during oil processing and transportation**

### Opis zadatka:

Opisati vrste onečišćenja koje su specifične za procese prerade nafte. Napraviti pregled događaja izlivanja nafte u Jadranskom moru. Navesti najznačajnije izvore i mjesta nastanka onečišćenja, te usporediti različite slučajeve. Analizirati utjecaj nusprodukata i procesa prerade nafte na more i morski okoliš te navesti najznačajnije primjere. Opisati tehnološka rješenja za smanjenja onečišćenja u blizini rafinerija. Donijeti zaključke i komentirati ih.

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

Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

Prof. dr. sc. Lado Kranjčević

---

Izv. prof. dr. sc. Samir Žic

## **IZJAVA**

kojom ja, Marko Dubajić, JMBAG: 0069089493 student Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, kao autor završnog rada s naslovom: Onečišćenje mora kod prerade i transporta nafte, izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno pod mentorstvom prof.dr.sc Lade Kranjčevića.

Završni rad je napisan sukladno članku 8 Pravilnika sveučilišta u Rijeci o izradi završnih radova, završnih ispita i završetku preddiplomskih sveučilišnih studija Tehničkog fakulteta.

# ZAHVALA

Želim iskazati zahvalnost svojem mentoru, doc. dr. sc. Ladi Kranjčeviću, za njegovu podršku, stručnost i vodstvo tijekom procesa pisanja mog završnog rada. Također, zahvaljujem mu na ukazanoj prilici da pišem rad iz kolegija Mehanika fluida.

Želio bih se zahvaliti i svojoj obitelji, prijateljima i kolegama na podršci tijekom mojeg obrazovanja, koji su vjerovali u mene te poticali da nastavim napredovati. Vaša ljubav i podrška bili su ključni za moj uspjeh.

# SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. ZAGAĐENJE MORSKOG OKOLIŠA NAFTOM .....	3
2.1. Usporedba različitih izvora i mjesta zagađenja okoliša naftom .....	6
2.2. Utjecaj nafte na ljudsko zdravlje .....	9
2.3. Tehnološka rješenja za smanjenje onečišćenja .....	9
2.4. Metode uklanjanja naftnih mrlja .....	11
3. ONEČIŠĆENJE PRILIKOM PREREADE NAFTE .....	15
3.1. INA rafinerija nafte .....	15
3.2. Istraživanje i eksploatacija ugljikovodika .....	15
3.3. Projekt izgradnje postrojenja za obradu teških ostataka .....	16
3.4. Zagađenje koje INA proizvodi .....	16
3.5. Zakoni i norme INE .....	18
4. ANALIZA IZLIJEVANJA NAFTE U JADRANU .....	20
4.1. Onečišćenje u Raškom zaljevu .....	20
4.2. Havarija kod otoka Jabuka .....	21
4.3. Onečišćenje općine Ližnjan .....	22
4.4. Onečišćenje u Rijeci .....	23
4.5. Onečišćenje kod Kostrene .....	24
5. OSTALE VRSTE ONEČIŠĆENJA .....	26
5.1. Plastika u moru .....	26
5.2. Onečišćivanje mora kemikalijama .....	31
5.3. Onečišćivanje mora otpadnim vodama .....	33
5.4. Onečišćenje mora radioaktivnim otpadom .....	36
6. ZAKLJUČAK .....	38
LITERATURA .....	39
POPIS SLIKA .....	41
7.SAŽETAK .....	42
8. SUMMARY .....	43

## 1. UVOD

Morski okoliš, uključujući oceane i morske ekosustave, igra ključnu ulogu u održavanju ravnoteže planeta. Međutim, suočavamo se s alarmantnim povećanjem onečišćenja koje ozbiljno ugrožava ovaj dragocjeni resurs.

Voda pokriva 71% Zemljine površine, od čega se 97% odnosi na morsku vodu, a ostatak otpada na slatku vodu.

More se može onečistiti na više načina, a najučestaliji su putem kopna, brodova i zraka. Čak 80% morskog onečišćenja dolazi s kopna. S kopna se obično onečisti putem industrijskog onečišćenja, kućnog otpada ili kanalizacije. Brodovi u svom redovnom radu onečišćuju more i prilikom nesreća, a iz zraka se more može onečistiti ispuštanjem plinova poput  $CO_2$  kojeg apsorbiraju oceani.

Danas se kao međunarodni prometni put smatra more te se njegovim razvitkom ostvaruju predispozicije za gospodarski razvoj zemalja uz more.

Na primjer, industrijski razvoj zemalja na rubovima sredozemnog mora je ubrzan, a usporedno raste i potreba za izgradnjom energetske objekata ili za korištenjem energije, što ima značajne ekološke posljedice u ovom području, posebno u pogledu broja turista koje prima, a koji generiraju 35% svog međunarodnog turizma. U ovom kontekstu razvoja i rasta, sav promet, a pogotovo pomorski promet, je u jednu ruku od značajne važnosti te služi kao „krvotok“ društvenog i gospodarskog života na Sredozemlju, ali s druge strane ima negativan utjecaj na okoliš.

Najveća opasnost za okoliš uzrokovana pomorskim prometom je mogućnost transporta nafte i njenih derivata. Vjerojatnost pomorskih katastrofa s ozbiljnijim onečišćenjem i negativnim utjecajem na morski okoliš uzrokovanih izlivanjem nafte s plovila dramatično se povećala tijekom druge polovice 20. stoljeća. To je zato što su se počeli graditi brodovi za transport nafte velike tonaže. Svake godine se morem preveze oko 2000 milijuna tona nafte morskim putevima dok samo u Sredozemlju je ta brojka preko 250 milijuna tona. U svakom trenutku se u Sredozemnom moru nalazi oko 2.250 različitih brodova, a ovako brojani pomorski promet povećava učestalost nesreća i ekoloških katastrofa.



Nafta na površini vode crpi kisik iz mora i na taj način uništava biljni i životinjski svijet ispod morske površine. Tanki površinski mikrosloj mora (sea surface microlayer-SSM) predstavlja glavno područje gdje se odvijaju procesi između oceana i atmosfere te ono uglavnom biva najčešće prekriveno naftom. Svake godine se izlije 2,3 milijuna tona (ili 0.25% svjetske proizvodnje nafte) nafte u more, a uklanjanje naftnih mrlja je skupocjeno i dugotrajno, stoga veći incidenti ostavljaju trajne posljedice na morski život.

Onečišćenje morskog okoliša dolazi iz raznih izvora, uključujući naftu, industrijske otpadne vode, balastnim vodama, pogonskim uljima, otpadom poljoprivredne prakse, nesigurnim odlaganjem otpada i brodskim nesrećama.

Također, jedan od problema na koji danas nailazimo je onečišćenje plastikom. Plastika, posebice plastika za jednokratnu upotrebu poput plastičnih boca, vrećica, slamki i ambalaže, završava u oceanu zbog neodgovornog odlaganja i nedostatka odgovarajućih sustava recikliranja. Ovo plastično onečišćenje ima štetne učinke na morski život, koralje, morske ptice, morske sisavce i druge morske vrste. Ukratko, plastika ima dugoročne i katastrofalne posljedice za morske ekosustave jer se plastika razgrađuje u mikroplastiku, koja zatim prodire kroz cijeli prehrambeni lanac, što ima ozbiljan učinak na cijeli morski ekosustav.

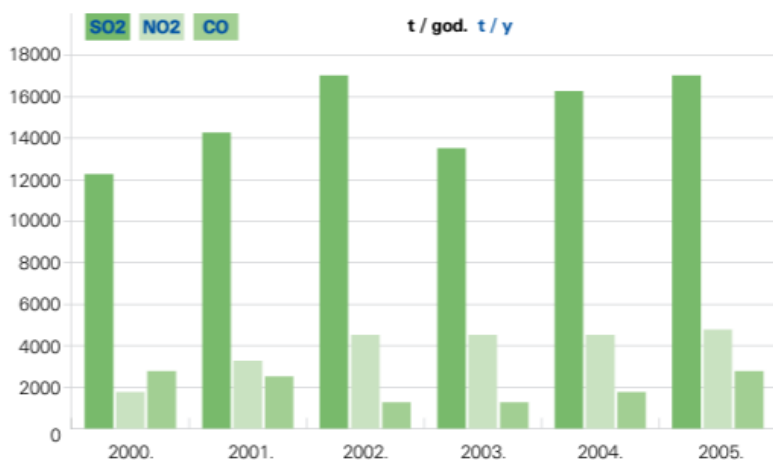
U ovom završnom radu pažljivo će se istražiti različiti aspekti posljedica onečišćenja morskog okoliša, s posebnim naglaskom na izazove vezane uz procese prerade nafte, potencijalna rješenja, korake ka poduzimanju odgovarajućih mjera, te analizu implementacije zakonskih propisa koji reguliraju morsko zagađenje. Također, provest će se analize izlijevanja nafte u Jadran u kojima će se detaljno istražiti incidenti koji su doveli do izlijevanja nafte, obuhvaćajući lokacije izlijevanja, faktore koji su pridonijeli tim incidentima te metode sanacije primijenjene nakon izlijevanja.

## 2. ZAGAĐENJE MORSKOG OKOLIŠA NAFTOM

Moglo bi se reći da nafta u svom prirodnom stanju nema koristi te od koristi i važnosti jedino postaje kada se rafinira. Iz tog razloga proces rafiniranja omogućuje pretvorbu ugljikovodika i njihovu transformaciju u druge derivate koji su korisni za mnoge primjene. Sa primjenom nafte se susrećemo svaki dan, a kao neki od primjera su gorivo za vozila, avione i termoelektrane te kao sirovina za proizvodnju plastičnih materijala, kemikalija, maziva, kozmetike i farmaceutskih proizvoda. Rafiniranje nafte događa se izlaganjem različitim temperaturama te tu dobivamo komponente koje se zatim dodatno obrađuju kroz procese kao što su krekiranje, reforming i hidrodosulfurizacija kako bi se poboljšala kvaliteta i dobili različiti proizvodi poput benzina, dizela, plina i maziva.

Međutim, ovaj proces također stvara različite vrste onečišćenja. Neke specifične vrste onečišćenja povezane s procesima rafiniranja uključuju:

Zrak: Proces rafiniranja rezultira emisijom raznih plinova u atmosferu. Neizbježni produkt izgaranja fosilnih goriva je staklenički plin ugljični dioksid ( $CO_2$ ) koji doprinosi globalnom zatopljenju. Metan ( $CH_4$ ), koji se također oslobađa tijekom rafiniranja nafte, također je važan staklenički plin. Više od 90% sumpora iz goriva emitira se u obliku sumpornog dioksida ( $SO_2$ ) te zajedno sa dušikovim oksidima ( $NO_x$ ) čine otrovne plinove koji uzrokuju smog i kisele kiše koje negativno utječući na zdravlje ljudi i okoliš. Slika 1 prikazuje emisiju štetnih plinova iz ININH postrojenja.

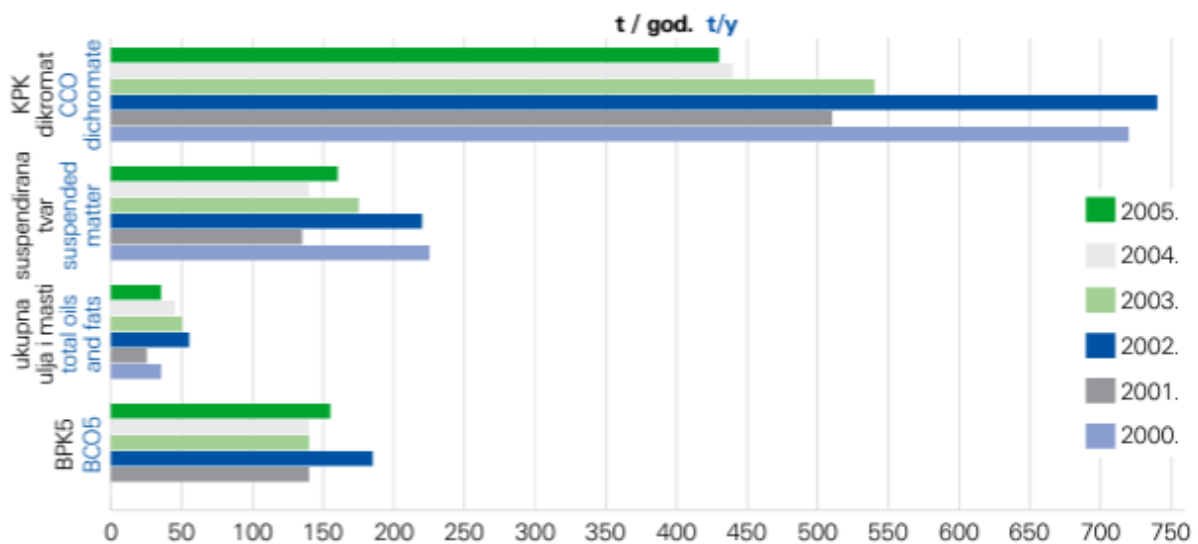


Slika 1 - Emisija štetnih plinova iz ININH postrojenja 2000-2005. godine[14]

Vodu: Procesi prerade nafte zagađuju vodu ispuštanjem otpadnih voda koje sadrže razne kemikalije, teške metale i organske tvari koje su nusprodukti procesa.

Voda koja se koristi za hlađenje rafinerije obično dolazi iz obližnjih izvora i vraća se u prirodu na višoj temperaturi od temperature okoline, što može narušiti ekosustave. Da bi se smanjili negativni utjecaji, rafinerije bi trebale koristiti tehnike hlađenja koje smanjuju te utjecaje.

Do onečišćenja mora naftom može doći izlivanjem nafte i kemikalija uslijed nesreća u transportu, bušenju na platformama ili obradi u rafinerijama, stvarajući smrtonosne slojeve na površini vode koji ozbiljno narušavaju morske ekosustave, kvalitetu vodenih resursa i ugrožavaju život u moru. Na slici broj 2 je prikazana emisija štetnih tvari u vodu iz ININH postrojenja.



Slika 2 - Emisija štetnih tvari u vodu iz ININH postrojenja 2000-2005. godine[14]

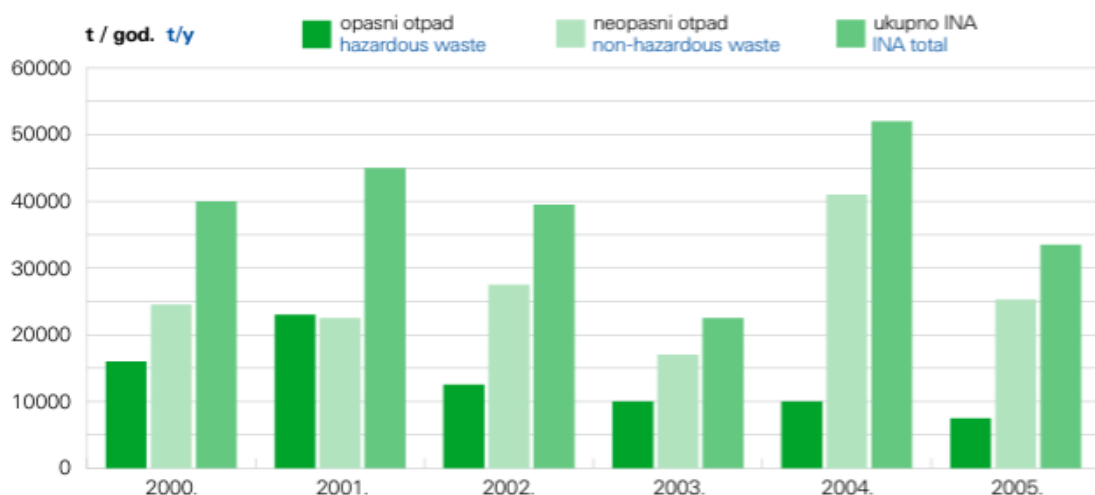
Tlo: Nafta može onečistiti tlo izlivanjem nafte, kemikalija ili drugih stvari potrebnih za preradu što dovodi do onečišćenja tla toksičnim spojevima. Ovi spojevi mogu prodrijeti duboko u tlo, uništavajući plodnost, ometajući prirodne procese i utječući na život biljaka i mikroba. Kontaminirano tlo može predstavljati ozbiljnu prijetnju poljoprivredi, vodnim resursima i ravnoteži okoliša.

Buku: Rad rafinerije obično uključuje rad velikih i složenih strojeva, kompresora, pumpi i druge bučne opreme te tako zagađuju okoliš bukom stvarajući neželjene zvučne podražaje koji mogu utjecati na kvalitetu života ljudi, izazvati stres, poremetiti san i utjecati na zdravlje. Osim negativnih učinaka na dobrobit ljudi, buka može poremetiti komunikaciju i navigaciju životinja te dovesti do promjena u ekosustavima koje, dugoročno gledano, mogu dovesti do poremećaja u ravnoteži prirodnih procesa.

Sukladno uvjetima o zaštiti okoliša 31.10.2014, napravljena je karta buke za Rafineriju nafte Rijeka. Provedena su mjerenja buke za vremenska razdoblja dana i noći. Zbog okruženosti rafinerije sa stanovanjem sjeverne strane (područje Općine Kostrena) i istočne strane (područje Grada Bakra) dopuštena razina buke je 65 dB (A) za dan i 50 dB (A) za noć.[1]

Otpad: Proces rafiniranja nafte stvara velike količine krutog otpada, kemikalija, tekućina za kiseljenje i drugih nusproizvoda. Potrebno je pravilno rukovanje, skladištenje i odlaganje tog otpada kako bi se spriječilo onečišćenje okoliša.

Postoji opasni i neopasni otpad, primjer opasnog otpada u rafinerijama su muljevi iz spremnika, muljevi iz odvajanja ulje/voda i zauljeni muljevi od održavanja uređaja i opreme. Ukupna količina nastalog otpada u INI u 2005 godini iznosi 33 599 tona, što je smanjenje od 34% od prethodne godine, slika 3.



Slika 3 - Količina opasnog i neopasnog otpada nastalog u INI 2000-2005. godine[14]

Kemikalije: Razne kemikalije koriste se u procesu rafiniranja nafte kako bi se postigle željene reakcije i proizvodi. Međutim, do zagađenja okoliša dolazi kada se ovim kemikalijama nepravilno rukuje, skladišti, zbrinjava ili kada se nekontrolirano ispušta ili

upotrebljava.

Termalno onečišćenje: Visoke temperature koje se postižu u procesima poput destilacije i krekiranja završetkom procesa se vraćaju u okolinu (putem vode, zraka) sa većom temperaturom od okolne. To može negativno utjecati na temperaturu vode, tla i zraka u blizini postrojenja.

## **2.1. Usporedba različitih izvora i mjesta zagađenja okoliša naftom**

Nastavljajući temu zagađenja okoliša uzrokovanog naftom i njenim derivatima, fokus će biti usmjeren na različite izvore i mjesta nastanka zagađenja okoliša putem naftnih derivata te njihovu usporedbu. U ovoj analizi će se usporediti različiti načini na koje nafta utječe na okoliš.

Kontaminacija u procesima rafiniranja može doći iz različitih izvora i manifestirati se na različitim mjestima. Ovo je nekoliko slučajeva za usporedbu:

Emisija plinova u zrak

Rafinerije nafte: U rafinerijama nafte toplinske reakcije kao što su destilacija, krekiranje i reforming rezultiraju emisijom plinova kao što su ugljični dioksid, sumporov dioksid i dušikovi oksidi, slika 4 prikazuje emisiju onečišćivača za rafineriju nafte Sisak 2014. i 2015.godine. Ovi plinovi doprinose globalnom zagrijavanju, stvaranju kiselih kiša i smoga.

Emisije onečišćujućih tvari u zrak iz Rafinerije nafte Rijeka potječu od ispuštanja iz stacionarnih izvora u procesnim jedinicama, elektranama i bakljama. Onečišćujuće tvari nastaju izgaranjem goriva koja se koriste u parnim kotlovima u elektranama i tehnološkim ložištima u tehnološkim jedinicama. Kao gorivo za kotlove i procesne peći koristi se rafinerijski loživi plin i/ili lože ulje.

Podaci u prikazanoj tablici prikazuju godišnju emisiju onečišćivača za godine 2014 i 2015 iz rafinerije nafte Sisak. Zbog smanjenja prerade nafte u 2015. godini od 35%, može se primijetiti pad emisije onečišćivača koji također iznosi oko 35%.[2]

t/g	2014.	2015.	Indeks 15/14
Emisija SO <sub>2</sub>	1 880,92	1 249,22	0,67
Emisija NO <sub>x</sub>	866,68	591,85	0,68
Emisija CO <sub>2</sub>	362 325,75	257 723,57	0,72
Emisija CO	91,07	61,5	0,68
Emisija krutih čestica	47,73	24,03	0,50

Slika 4- Emisija onečišćivača iz rafinerije nafte Sisak za 2014. i 2015. godinu[2]

Naftne bušotine i platforme: Kada se nafta vadi iz podzemnih ležišta, oslobađaju se različiti plinovi, uključujući metan, etan, propan, butan i vodikov sulfid. Ovi plinovi su nusproizvodi nafte to jest često prate naftu iz podzemnih rezervoara, te se odvajaju i obrađuju posebnim postupcima za kasniju upotrebu ili kako bi se spriječilo njihovo ispuštanje u atmosferu. Ispuštanjem ovih plinova stvaraju se staklenički plinovi i utječu na kvalitetu zraka.

#### Otpadne vode

Otpadne vode iz rafinerija: Nastaju kao rezultat različitih procesa unutar rafinerija primjerice hlađenje opreme, pranje, separacija nafte, različite kemijske reakcije i pročišćavanje nafte. Te vode sadrže razne kemikalije, ulja, suspendirane čestice, teške metale i druge nusproizvode procesa rafiniranja. Te vode zahtijevaju pročišćavanje radi uklanjanja štetnih zagađivača prije ispuštanja u okoliš. Na svakih milijun tona rafinirane sirove nafte, rafinerije proizvedu između 0,1 i 5 milijuna tona otpadnih voda, ovisno o vrsti rafinerije. Prema podacima za 2014. godinu Rafinerija nafte Sisak je ispustila ukupno 2 777 977m<sup>3</sup> pročišćenih otpadnih voda.[2]

Naftne bušotine: Otpadne vode s naftnih platformi su nusproizvod izdvajanja nafte i plina iz podmorskih rezervoara. Te vode sadrže soli, organske spojeve, ulja, teške metale i toksine, koji se nakupljaju tijekom procesa bušenja i ekstrakcije. Njihova ispravna obrada i tretman su ključni za sprječavanje onečišćenja morskih ekosustava i očuvanje okoliša.

## Curenje i istjecanje nafte

Postrojenja rafinerije: Izlijevanje nafte, kemikalija ili drugih tvari u opremi za preradu nafte često proizlazi iz tehničkih kvarova, nepravilnog održavanja i ljudskih pogrešaka u radu i upravljanju. Osim toga, prirodne katastrofe i tehnički propusti također mogu pridonijeti ovim incidentima, rezultirajući onečišćenjem tla i podzemnih voda. To moguće istjecanje može se dogoditi u raznim dijelovima rafinerije, uključujući cjevovode, spremnike za skladištenje, postrojenja za preradu, ventile i spojnice, a postoje i potencijalne točke tijekom procesa separacije, destilacije i transporta unutar rafinerijskog postrojenja.

Transport: Mehanička oštećenja poput pukotina ili curenja na starim dijelovima infrastrukture mogu dovesti do izlijevanja nafte iz cjevovoda, spremnika, cisterni ili drugih transportnih sredstava. Osim toga, neispravni sigurnosni uređaji ili tehnički kvarovi u vozilima mogu dovesti do nenamjernog istjecanja. Ljudska pogreška u vožnji, upravljanju opremom ili tijekom operacija istovara i utovara također može dovesti do izlijevanja ulja tijekom transporta. Prema statistici u razdoblju od 2010 – 2014. godine se oko 5 tisuća tona, od prosječno 10 tisuća tona, izlije u mora i oceane zbog nesreća ili drugih razloga.[3]

## Otpad i krute tvari

Proces katalitičkog krekiranja: Proces krekiranja u rafineriji igra ključnu ulogu u razgradnji složenih molekula sirove nafte kako bi se proizvele vrijedne i korisne komponente. Brzina krekiranja i krajnji proizvod strogo ovise o temperaturi na kojoj se odvija proces, ali i prisutnosti katalizatora tako da je za očekivati da ovim procesom nastaju različiti nusprodukti katalizatora. Neki od oblika otpada su lako isparljivi plinovi poput etilena, propilena i vodika, drugi kao lakše frakcije nafte poput benzena, toluena i ksilena te čvrste oblike odnosno teže frakcije poput katrana i koksa.

Rafinerijski kruti otpad: Osim katalizatora, tijekom procesa rafiniranja nastaju razni drugi nusproizvodi kao što su pepeo, troska i mulj. Još neki oblici otpada su preostali sumpor od desulfurizacije sirove nafte, krutine od filtracije i čišćenja i ostaci od proizvodnje asfalta. Ti sumporni ostaci generiraju se tijekom desulfurizacije radi smanjenja udjela sumpora u gorivima.

Sumpor u sirovoj nafti, kada se sagorijeva ili koristi kao gorivo, može proizvesti štetne emisije sumpornih oksida ( $SO_2$ ) u atmosferu, pridonoseći zagađenju zraka i kiselim kišama. Osim toga, spojevi sumpora mogu oštetiti opremu i motore te smanjiti učinkovitost katalizatora u vozilima. Odsumporavanje omogućuje proizvodnju goriva s nižim udjelom sumpora, što pridonosi čistijem okolišu, boljoj kakvoći zraka i održavanju tehničke učinkovitosti vozila i opreme.

## **2.2. Utjecaj nafte na ljudsko zdravlje**

Onečišćenje mora naftom može ozbiljno ugroziti ljudsko zdravlje onečišćujući ribu i morske organizme koji služe kao izvori hrane te povećavajući rizik od unosa štetnih tvari poput teških metala i kancerogenih spojeva. Kontakt s naftom i njenim isparljivim komponentama tijekom nesreća ili čišćenja može izazvati iritaciju dišnih puteva, kože i očiju te dugoročno pridonijeti razvoju dišnih i kožnih problema. Prema procjeni Svjetske zdravstvene organizacije cjeloživotna izloženost koncentraciji benzena od  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  uzrokuje pojavu leukemije kod šest od milijun ljudi. Pored toga, izlaganje naftnom zagađenju može imati šire ekološke posljedice, stvarajući dugoročne izazove za morski ekosustav i resurse.

## **2.3. Tehnološka rješenja za smanjenje onečišćenja**

Tehnološka rješenja za smanjenje onečišćenja u procesu rafiniranja kontinuirano se razvijaju kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš. U ovom poglavlju analizira se niz tehnoloških pristupa usmjerenih na smanjenje onečišćenja okoliša. Kroz detaljan pregled ovih metoda, istražuje se kako sve industrije mogu djelovati odgovorno prema okolišu i minimizirati svoj negativan utjecaj na prirodu. Evo nekoliko primjera tehnoloških rješenja koja se koriste za smanjenje onečišćenja:

**Katalitička konverzija:** Korištenje katalitičkih procesa u rafiniranju nafte može smanjiti emisiju štetnih plinova kao što su sumporni dioksid ( $SO_2$ ), dušikovi oksidi ( $NO_x$ ), itd. Upotrebom katalizatora procesima se omogućuje brža i selektivnija reakcija, smanjujući potrebu za visokim temperaturama i ekstremnim uvjetima, što rezultira manjim brojem štetnih nusprodukata i manjim energetske zahtjevima. Ova tehnologija pridonosi čistijem proizvodnom ciklusu, štedi resurse i pridonosi boljoj zaštiti okoliša.



Jedna od kataliza je heterogena kataliza koja se tradicionalno koristi u petrokemijskoj industriji te pri masovnoj proizvodnji kemikalija. U heterogenoj katalizi, molekule reaktanata se adsorbiraju na aktivnim mjestima površine katalizatora, gdje se odvija površinska reakcija između adsorbiranih reaktanata, nakon čega slijedi desorpcija produkta s katalitički aktivnih mjesta. Prema izvješću iz 2019. godine zbog svog jednostavnog odvajanja katalizatora od proizvoda heterogeni katalizatori zastupaju 73% udjela na tržištu. [4]

Ukratko heterogena kataliza omogućava čišću proizvodnju finih kemikalija što se ostvaruje na dva načina: poboljšanjem samog procesa proizvodnje te smanjenjem nastajanja ili pretvorbom neželjenih i toksičnih sporednih produkata u ekološki prihvatljive spojeve.

Gospodarenje otpadom: Učinkovitim gospodarenjem svim otpadom koji nastaje tijekom prerade i transporta sirove nafte, gospodarenje otpadom može dati značajan doprinos smanjenju onečišćenja uzrokovanog sirovom naftom. Ispravno prikupljanje, obrada, recikliranje i zbrinjavanje otpada, uključujući kruti otpad, kemikalije i nusproizvode, smanjuje rizik od izlivanja i curenja u okolišu te smanjuje negativne utjecaje na vodu, tlo i zrak. Postupci poput toplinske obrade i stabilizacije otpada mogu smanjiti količinu otpada koji odlazi na odlagalište.

Upravljanje vodom: Cilj je da se minimizira ispuštanje neobrađenih voda iz rafinerije u okoliš. Svakodnevno se razvijaju napredne tehnologije obrade vode koje se koriste za obradu otpadnih voda koje nastaju tijekom procesa rafiniranja. Metode poput reverzne osmoze, ultrafiltracije i aerobnog biološkog tretmana uklanjaju štetne kemikalije i tvari iz vode prije nego što se ispusti u okoliš.

Kontrola emisije: Uvođenje naprednih sustava kontrole emisije može smanjiti ispuštanje štetnih plinova u zrak. Primjeri uključuju sustave za smanjenje dušikovog oksida (SCR), sustave za kontrolu emisije sumpornog dioksida (FGD) i tehnologije za smanjenje čestica.

Rafinerija nafte Sisak bila je obvezna 2014. godine organizirati monitoring emisija koji će biti u funkciji izgradnje novih postrojenja, te je pored postojeće automatske postaje („Sisak-1“) smještene u stambenom naselju Caprag, morala uspostaviti i drugu automatsku postaju („Sisak-2“) za trajno praćenje kakvoće zraka u području utjecaja rafinerijskih postrojenja.[2]

Inovativne metode rafiniranja: Razvoj novih tehnologija rafiniranja, poput hidrokrekinga i hidrotretiranja, omogućuje bolju kontrolu procesa, smanjenje emisija i količine otpada.

Ekološki prihvatljiva maziva i goriva: Razvoj maziva i goriva s nižim sadržajem sumpora i drugih štetnih komponenti može smanjiti emisije i onečišćenje iz motora i izgaranja postrojenja.

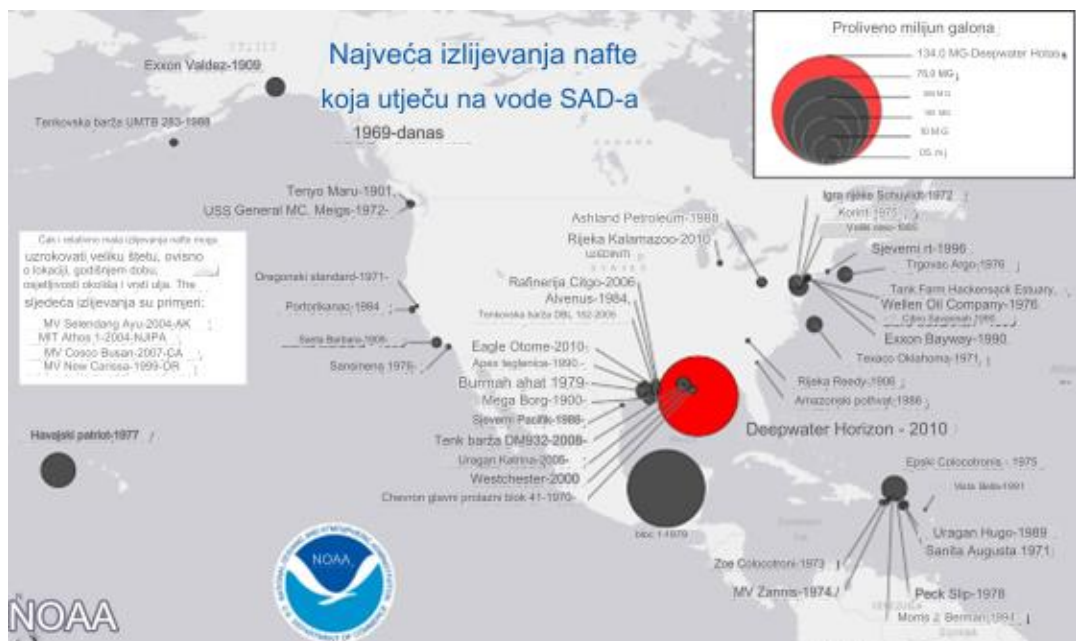
Održiva energetska rješenja: Uključivanje obnovljive energije u pogone za rafiniranje može smanjiti emisije stakleničkih plinova i ovisnost o fosilnim gorivima.

#### **2.4. Metode uklanjanja naftnih mrlja**

Najčešći izvor naftnog onečišćenja na moru su brodske nesreće koje ukoliko nisu brzo uklonjene i spriječeno njihovo daljnje širenje mogu uzrokovati ozbiljne štete. Posljednji primjer takvog katastrofalnog incidenta se dogodio na naftnoj platformi Deepwater Horizon 2010.godine, slika 5. U tom incidentu je proliveno više od 134 milijuna galon-a (507 000 tona), čije posljedice se primjećuju i danas.[4]

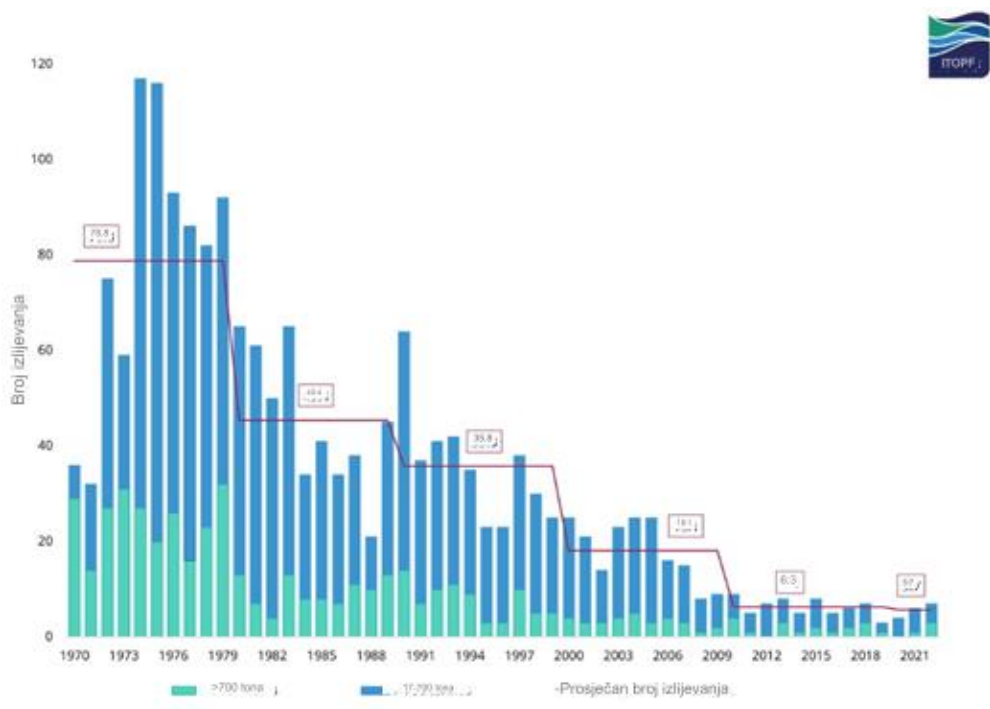


*Slika 5 - Deepwater Horizon nesreća[26]*



Slika 6 - Usporedba posljedica Deepwater Horizonta sa ostalim incidentima[5]

Na slici 6 prikazana su najveća izlijevanja nafte na području SAD-a te njihova usporedba sa Deepwater Horizontom nesrećom. Koliko god je nemoguće da kalendarska godina prođe bez ijednog izlijevanja nafte u more, pohvalno je za reći da je prosječan broj incidenata koji su rezultirali izlijevanjem nafte u more smanjen za 90% u razdoblju od 1970- ih do 2020-ih i to sa prosječnih 80 na 6 izlijevanja godišnje, na slici 7 je prikazano smanjenje broja izlijevanje nafte u more po godinama.[15]



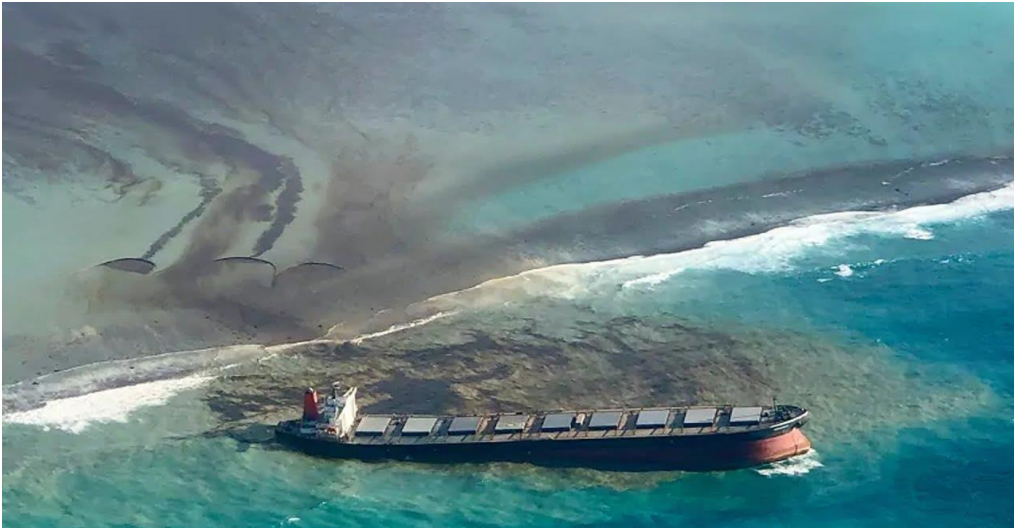
Slika 7 - Prosječan broj izlijevanje nafte u more 1970. - 2021.[15]

Štete koje su prouzročene nisu samo financijske već se očituju i u kontaminaciji morskih ekosustava i njihovih organizama, što nadalje dovodi do masovnog uginuća riba, ptica te morskih sisavaca. Također utječu na zagađenje životinjskog staništa ometajući mnogim vrstama prehranu i reprodukciju. Takve naftne mrlje često zagađuju obale i plaže, uzrokujući dugotrajne štete koje se očituju u turizmu i lokalnim gospodarstvima, te tako stvaraju izazove obnove oštećenih područja. Ukoliko već dođe do izlivanja nafte i stvaranja naftnih mrlja u prirodi, važno je usmjeriti pažnju na učinkovite metode uklanjanja. Ove mrlje mogu imati ozbiljne ekološke posljedice, te je ključno razumjeti strategije za smanjenje njihovog utjecaja na okoliš.

Postoji nekoliko načina uklanjanja naftnih mrlja s površine oceana. Ovo su neke od najčešćih metoda:

1. **Razbijanje mrlja:** Ova metoda se koristi za razbijanje masnih mrlja na manje dijelove koje je lakše ukloniti. To se može postići korištenjem disperzanta, tvari koja se raspršuje na mrlju kako bi se smanjila površinska napetost i razbila mrlja na manje čestice.
2. **Sakupljanje i usisavanje:** U ovom procesu posebnim uređajima skuplja se nafta s površine mora. Sakupljači mogu biti plutajuće barijere, mreže, spužve ili disperzanti koji s uljem stvaraju emulziju i skupljaju se. Usisavanje se često koristi u kombinaciji s čišćenjem za uklanjanje ulja ispod površine, slika 9.
3. **Kemijska metoda:** Koriste se kemijska sredstva za otapanje uljnih mrlja ili ubrzavanje prirodnog raspadanja. To mogu biti kemijska sredstva za raspršivanje koja se prskaju po mrljama kako bi se smanjila viskoznost i olakšalo raspršivanje čestica ulja. Međutim, kemijske metode treba koristiti s oprezom kako bi se izbjeglo remećenje morskih ekosustava.
4. **Biološko čišćenje:** Prirodni organizmi poput bakterija i mikroba mogu pomoći u razgradnji izlivena nafte. Ovaj pristup, poznat kao bioremedijacija, uključuje korištenje mikroba koji konzumiraju ulje kao izvor hrane.
5. **Tehnički postupci:** uključujući korištenje adsorbenata za upijanje ulja, korištenje vruće vode ili pare za otapanje mrlja od ulja, korištenje vode pod visokim pritiskom za pranje površine, pa čak i korištenje posebnih robota za prikupljanje uređaja za ulje.

Ove metode su široko prihvaćene u industriji zaštite okoliša i izlivanja nafte. Važno je napomenuti da izbor metode i njezina učinkovitost ovise o nizu čimbenika kao što su vrsta naftne mrlje, vremenski uvjeti, veličina i lokacija naftne mrlje. Također je važno da se proces čišćenja naftnih mrlja provodi uz minimalnu štetu morskom ekosustavu i korištenjem sigurnih, ekološki prihvatljivih metoda.



*Slika 8 - Naftna mrlja na Indijskom moru[17]*



*Slika 9 - Skupljanje i usisavanje naftne mrlje [34]*

### 3. ONEČIŠĆENJE PRILIKOM PRERADE NAFTE



*Slika 10 - logo INA-e*

#### **3.1. INA rafinerija nafte**

INA, Industrija nafte, d.d., predstavlja vodeću energetska kompaniju u Hrvatskoj s iznimno važnom ulogom u regiji u području istraživanja, razrade i proizvodnje nafte i plina, preradi nafte te distribuciji nafte i naftnih derivata. Rafinerija INA osnovana je 01.01.1964., nakon spajanja Naftaplina Zagreb, Rafinerije nafte Rijeka i Rafinerije nafte Sisak. Započela je sa radom pod imenom Kombinat nafte i plina, a od 26.11.1964. radi i posluje pod današnjim imenom. Središte ove kompanije se nalazi u Zagrebu dok se njezine dvije rafinerije nalaze u Rijeci i Sisku. Zajednički godišnji kapacitet sisačke i riječke rafinerije iznosi 7,5 milijuna tona. Riječka rafinerija sama ima 4,5 milijuna tona kapaciteta sirove nafte.[6]

U više od 60 godina postojanja opremljeno je i pušteno u rad 45 naftnih i 30 plinskih polja, izgrađeno oko 4500 istražnih i razradnih bušotina ukupne dubine oko sedam milijuna metara, oko 1200 proizvodnih naftnih bušotina te naftaških objekata i postrojenja i preko 430 benzinskih postaja.[7]

#### **3.2. Istraživanje i eksploatacija ugljikovodika**

INA posjeduje čak 4 istražna mjesta ugljikovodika koja obuhvaćaju površinu od preko  $8.400\text{km}^2$ . Ta četiri mjesta su: Drava 02, Drava 03, Sjeverozapadna Hrvatska i Dinaridi 14.

U sklopu istražnog prostora Drava 02 otkrivena je bušotina prirodnog plina Severovci 1 te bušotina nafte Jankovac 1.

Nad ostala 3 područja u 2021. godine je provedeno seizmičko istraživanje, čije se potencijale tek treba utvrditi. [8]

### **3.3. Projekt izgradnje postrojenja za obradu teških ostataka**

Rafinerija nafte Rijeka 2002. godine je pokrenula projekt za izgradnju postrojenja za obradu teških ostataka, slika 11. Tim projektom će se Rafinerija nafte Rijeka poboljšati tako da će proizvodnja osiguravati dovoljne količine motornih goriva ( dizela i benzina) za domaće tržište. Dosad je veliki dio proizvodnje otpadao na lož ulje ( oko 20%), a sada će moći to lož ulje pretvarati u dizel kojeg na tržištu nedostaje. To ulaganje vrijedno 4 milijarde kuna (približno 522 milijuna eura) je bez sumnje najveći pojedinačni investicijski projekt u povijesti INA-e.



*Slika 11 - Postrojenje za obradu teških ostataka[6]*

### **3.4. Zagađenje koje INA proizvodi**

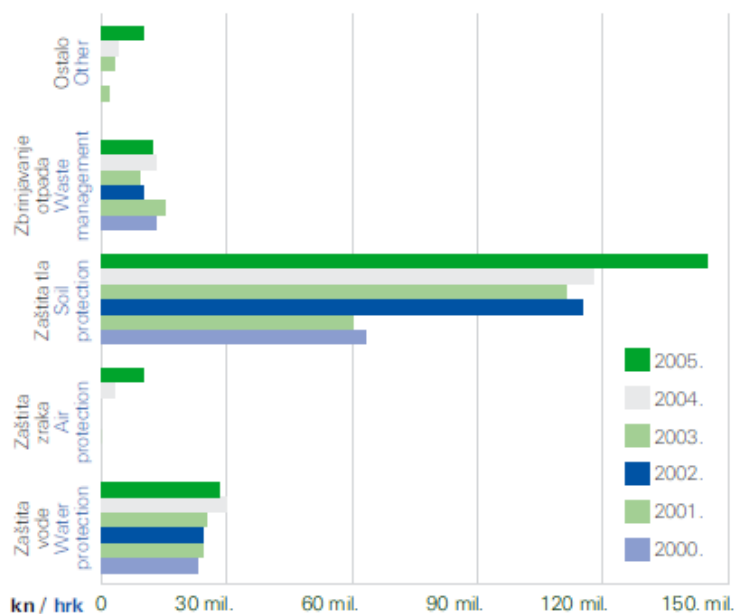
U 2005. godini dogodile su se 32 nesreće koje su imale posljedice po okoliš. Od 32 nesreće 25 ih je brzo i uspješno sanirano, dok za preostalih sedam je bilo potrebno duže vremensko razdoblje. Većina nesreća te godine su bila puknuća cjevovoda, a ona su bila rezultat

dotrajalosti i korozije cjevovoda. Broj nesreća iz tog razloga se konstantno smanjuje jer se sve više ulaže u revitalizaciju i zamjenu cjevovoda. Financijski gledano 2005. godine utrošeno je 3,7 milijuna kuna za sanaciju oštećenja i okoliša.

U rafineriji nafte u Sisku, tijekom 2015. godine, generirano je 2.266,35 tona opasnog otpada i 1.346,66 tona neopasnog otpada. Sav otpad koji je nastao zbrinut je u skladu s Zakonom o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13), uz pridržavanje i mjera propisanih drugim zakonodavnim aktima.[2]

Prema podacima iz 2020. godine došlo je do 123 izlijevanja od čega čak 85 je bilo ispuštanje ugljikovodika te je time zagađeno  $119m^3$ , a novčana vrijednost te štete je bila 4,9 milijuna kuna. Najznačajnije zagađenje te godine je bilo u Ivaniću gdje je proliveno približno  $70 m^3$  ugljikovodika.

Kako ljudski utjecaj na okoliš iz godine u godinu postaje sve jači te kako INA postaje sve veća kompanija, isto tako svake godine INA ulaže sve više sredstava u očuvanje i zaštitu okoliša, a ta ulaganja se odnose na sve segmente okoliša ( voda, zrak, tlo, zbrinjavanje otpada). Stvarne brojke se mogu vidjeti na grafu, (slika 12) koji prikazuje porast troškova po segmentima okoliša za zaštitu okoliša u rasponu od 2000. do 2005. godine.



Slika 12 - Troškovi za zaštitu okoliša 2000.-2005. [14]



### 3.5. Zakoni i norme INE

Za praćenje emisija na ispuštima otpadnih plinova i čestica trebaju biti osigurana stalna mjerna mjesta koja moraju odgovarati zahtjevima iz norme HRN EN 15259 i tehničke specifikacije HRS CEN/TS 15675. [1]

Rafinerija nafte Rijeka ima 7 ispusta otpadnih voda od čega 3 kontinuirana, a 3 diskontinuirana. Kod ispusta 1 se jednom mjesečno uzima uzorak te se iz njega prate slijedeći podaci: temperatura, BPK5, KPK, suspendirana tvar, pH, ukupni ugljikovodici (mineralna ulja), fenoli, amonij, nitriti, nitrati, cijanidi ukupni, sulfidi otopljeni, fosfor ukupni, bakar, cink, dušik ukupni, vodljivost. Mjesečna ispitivanja kakvoće vode provodi vanjski ovlaštenu laboratorij akreditiran prema normi HRN EN ISO/IEC 17025. [1]

Zakonski propis, *Uredba o kakvoći tekućih naftnih goriva* (NN 20/05) odnosi se na postavljanje ograničenja za količinu goriva niske kvalitete koja može biti stavljena u promet na domaćem tržištu, uglavnom iz razloga kvalitete okoliša te zdravlje građana.

*Objava dopune popisa izabranih stručno i tehnički osposobljenih pravnih i fizičkih osoba za otklanjanje posljedica nastalih u slučajevima iznenadnog zagađenja* (NN 22/05) je popis stručnih i tehnički osposobljenih pojedinaca i organizacija koji su ovlaštenu za učinkovito reagiranje i otklanjanje posljedica iznenadnog zagađenja u svrhu zaštite okoliša i sigurnosti. Ova objava ima svrhu osiguranja brze i koordinirane reakcije u slučajevima hitnih ekoloških incidenata.

*Lista otrova čija se proizvodnja, promet i uporaba zabranjuju* (NN 29/05) i njezina *Izmjena i dopuna Liste otrova čija se proizvodnja, promet i uporaba zabranjuju* (NN 34/05) su zakonski propisi u kojima su imenovani otrovi čija se proizvodnja, promet i uporaba zabranjuju.

Zakonski propis, *Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada* (NN 50/05), a zatim i *Uredba o izmjeni i dopuni Zakona o otpadu* (NN 153/05) su propisi kojima su prikazane kategorije, vrste i klasifikacije otpada, uključujući katalog otpada i listu opasnog otpada, s ciljem boljeg upravljanja otpadom, zaštite okoliša i javnog zdravlja. Uredba pruža jasne smjernice za identifikaciju, razvrstavanje i obradu otpada te smjernice za pravilno postupanje s opasnim otpadom.

*Pravilnikom o rukovanju opasnim tvarima, uvjetima i načinu obavljanja prijevoza u pomorskom prometu, ukrcavanja i iskrcavanja opasnih tvari, rasutog i ostalog tereta u lukama, te načinu sprječavanja širenja isteklih ulja u lukama (NN 51/05) su propisana pravila i uvjeti za siguran i učinkovit prijevoz opasnih tvari, rukovanje teretom i uljima u lukama, s ciljem zaštite okoliša i sigurnosti pomorskog prometa.*

*Zakon o zaštiti prirode (NN 70/05) propisuje mjere za zaštitu ugroženih vrsta, staništa, kulturne baštine i promicanje svijesti o važnosti zaštite okoliša.*

*Pravilnik o praćenju kakvoće zraka (NN 155/05) bavi se uspostavom smjernica i postupaka praćenja kvalitete zraka kako bi se osigurala informacija o razinama onečišćujućih tvari u zraku i procijenili učinci na okoliš i zdravlje ljudi.*

*Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 133/05) određuje granične vrijednosti onečišćujućih tvari u zraku radi zaštite kvalitete okolnog područja i javnog zdravlja.*

*Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski sloj (NN 120/05) regulira uporabu tvari koje mogu oštetiti ozonski sloj i propisuje mjere za njihovu kontrolu i smanjenje emisija radi zaštite ozonskog sloja i okoliša.[14]*

## 4. ANALIZA IZLIJEVANJA NAFTE U JADRANU

### 4.1. Onečišćenje u Raškom zaljevu

Datum nesreće: 22.06.2018



Slika 133 - Mjesto onečišćenja (Raški zaljev)

U jutarnjim satima u mjestu Trget je 2018. godine došlo do onečišćenja naftom Raškog zaljeva.

Prema službenom priopćenju nadležnih iz Ministarstva mora, prometa i infrastrukture, onečišćenje je poteklo iz libanonskog teretnog broda "Fidelity", čiji je teret pogonskog goriva istekao tijekom punjenja, rezultirajući izlijevanjem između 5 i 15 tona nafte u more.

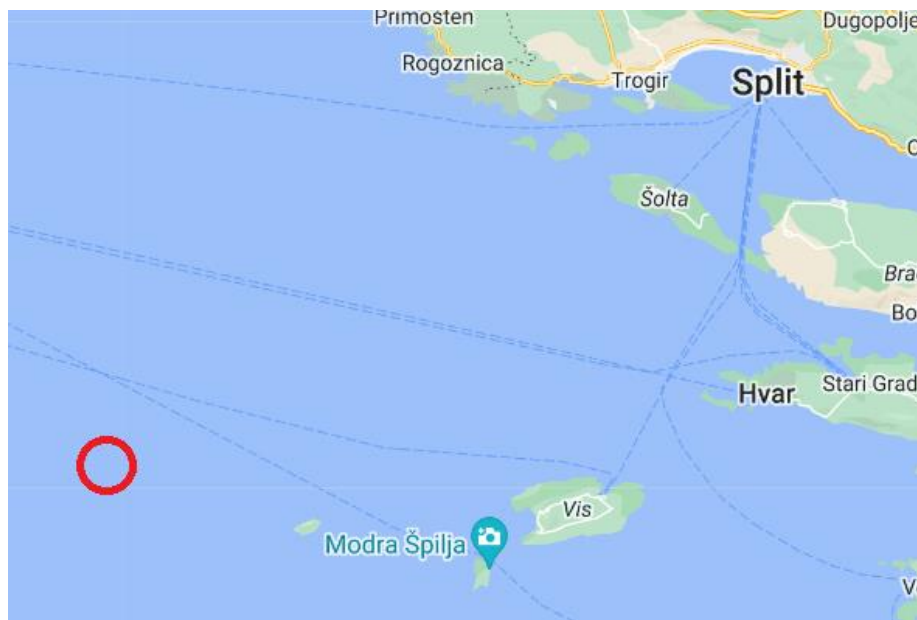
Pulska kapetanija, Lučka ispostava Raša i Županijska služba zaštite okoliša, zajedno s plovilima specijaliziranim za čišćenje mora, odmah su reagirali kako bi ograničili širenje onečišćenja u Raškom zaljevu. Paralelno, nadležne inspekcije i službe su aktivno djelovale na terenu kako bi utvrdile uzroke onečišćenja te poduzele potrebne zakonske mjere za sanaciju štete, dok je akcija čišćenja trajala nekoliko dana.[21]



Slika 144 - Prikaz sanacije u Raškom zaljevu[27]

## 4.2. Havarija kod otoka Jabuka

Datum nesreće: 18.06.2018



Slika 155 - Područje nesreće ( Arhipelag jabuka )

Teretni brod "Haksa", koji je prevezio 3.000 tona magnezita iz Turske u slovensku luku Kopar, doživio je havariju sredinom lipnja 2018.godine u arhipelagu otoka Jabuka. Dugačak 85 metara, brod je naišao na problem kad je more prodrlo u njegovu strojarnicu, a havarija se dogodila u međunarodnim vodama, 16 milja sjeverozapadno od otoka Jabuka, izvan hrvatskih teritorijalnih voda.

Brzom intervencijom hrvatske i talijanske središnjice za usklađivanje traganja i spašavanja na moru uspješno je provedena spasilačka akcija koja je rezultirala evakuacijom posade bez ozljeda.

Prvotni prodor vode u brod je zaustavljen lijepljenjem aluminijske folije te je nakon toga organizirano njegovo tegljenje u trogirsko brodogradilište.

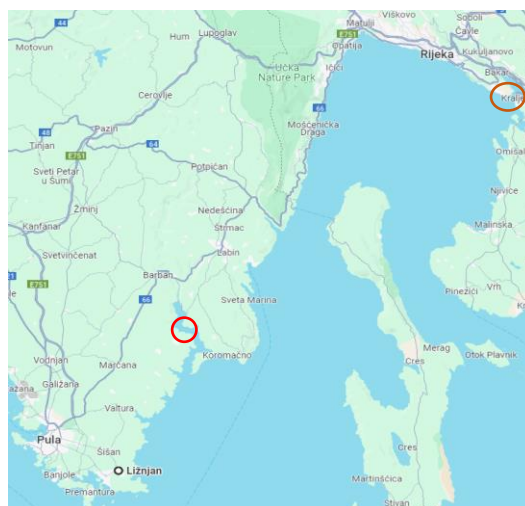
Tegljenje prema Trogiru je zaustavljeno idući dan u jutarnjim satima radi dojave da brod prima vodu kroz novonastalo oštećenje, a ne kroz već sanirano oštećenje. Na poziciji gdje je zaustavljeno tegljenje poslani su vatrogasci radi ispumpavanja zauljene vode iz strojarnice. Tegljenje je nastavljeno tijekom istog dana, a opasnost od potonuća broda je uklonjena prilikom uplovljavanja u brodogradilište.[22]



Slika 16 - Brod "Haksa"[28]

### 4.3. Onečišćenje općine Ližnjan

Datum izlivanja iz Rijeka: 09.11.2022

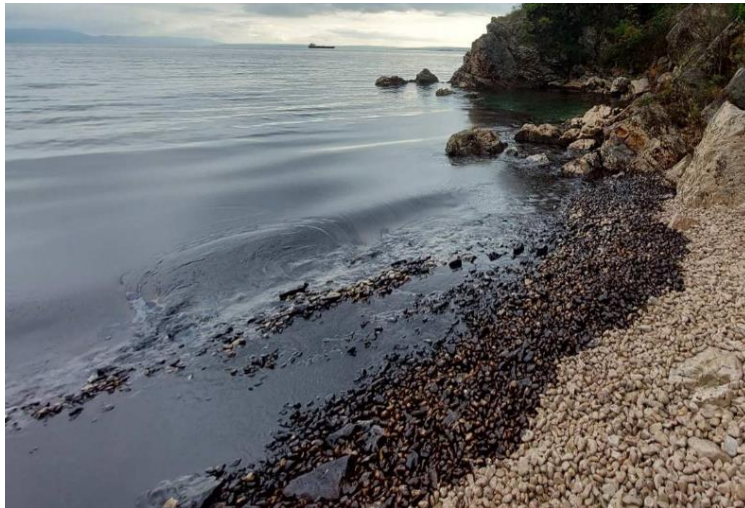


Slika 17 - Izlivanje mazuta Kostrena (smeđe) i obala Ližnjana (crveno)

Onečišćenje je uzrokovano izlivanjem mazuta iz Termoelektrane HEP Rijeka, koje se dogodilo početkom studenog 2022. godine, rezultiralo je značajnim onečišćenjem obalnog

područja, posebno u blizini Kostrene i okolnih plaža. Procijenjena količina izlivenog goriva bila je oko 700 litara, iako su neka izvješća sugerirala mogućnost veće količine.

Nakon 3 dana i gotovo 70 kilometara zračne udaljenosti, onečišćenje se proširilo na područje Općine Ližnjan, što je imalo ozbiljne posljedice na turizam i lokalnu ekonomiju. Lučke kapetanije i druge nadležne institucije zaprimile su niz dojava o zagađenju na stijenama i plažama u Lovranu, Mošćeničkoj Dragi i drugdje uz obalu. Zagađenje, iako nije veliko, evidentirano je i na plaži Medveja i Peharovo, te vjerojatno zahvatilo i druge manje šljunčane plaže na području Općine Lovran. Općinske vlasti su hitno reagirale kako bi sanirale posljedice zagađenja i osigurale sigurnost okoliša. Sve troškove sanacije snosila je Istarska županija, s ukupnim troškovima koji su do kraja veljače premašili 300.000 eura, a intenzivna sanacija se nastavila kako bi se što više učinilo prije ljetne sezone.[23]



*Slika 168 - Zagađena plaža u Ližnjanu[23]*

#### **4.4. Onečišćenje u Rijeci**

Datum: 22.03.2021

U Rafineriji nafte Rijeka na Urinju došlo je do propuštanja smjese ugljikovodika i vode iz spremnika, što je rezultiralo zagađenjem uvala i plaža u Bakarcu. Dio te smjese je, zbog terenskih karakteristika, dospio do mora u Bakarskom zaljevu. Nadležne interventne službe Rafinerije nafte Rijeka brzo su reagirale i pristupile sanaciji, angažiravši specijaliziranu tvrtku za kontrolu stanja i sanaciju na moru. Osim postavljanja upijajućih brana radi sprečavanja daljnjeg širenja zagađenja, poduzete su mjere za tretiranje morske površine. Kako bi se potpuno zaustavilo curenje, ispumpan je preostali sadržaj iz spremnika. Unatoč ozbiljnosti

situacije i šteti koja je nastala, zagađenjem Bakarskog zaljeva sve do Kraljevice, te mora i obale naftnim derivatima, situacija je dovedena pod kontrolu zbog promptne reakcije službi na terenu, te se zaljev polako očistio. [24]



*Slika 179 - Zagađenje u Bakarcu[24]*

#### **4.5. Onečišćenje kod Kostrene**

Datum: 12.05.2016

Došlo je do propuštanja ugljikovodika (mazuta) izvan rafinerijske zaštitne brane, što su primijetili mještani Urinja. Općina Kostrena je odmah obavijestila nadležne institucije, uključujući Centar 112, Lučku kapetaniju Rijeka, tvrtku Dezinsekcija i vodopravnu inspekciju u Rijeci, te Ini, uz zahtjev za hitnim očitovanjem o događaju. Nakon toga je započeto ograđivanje zahvaćene površine mora plutajućim branama kako bi se spriječilo daljnje širenje zagađenja, a potom je započeta sanacija, koja je planirana da bude završena unutar 24 sata od nastanka zagađenja.[25]



*Slika 18 - Zagađenje kod Urinja[25]*

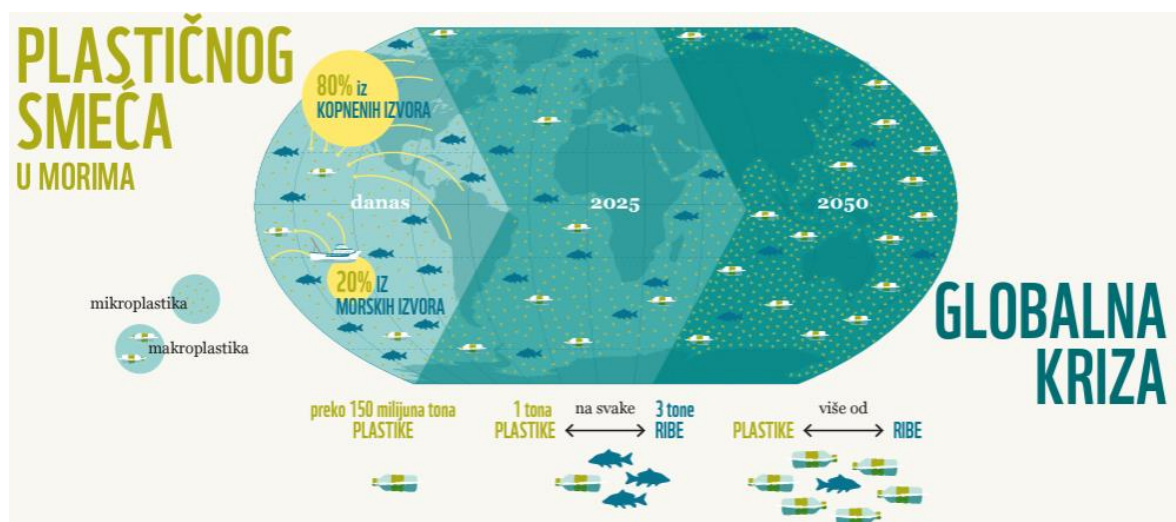
U svakom od ovih slučajeva, brza i učinkovita reakcija nadležnih tijela, zajedno s usklađenim naporima zaštite okoliša i hitne pomoći, bila je ključna u minimiziranju ekoloških posljedica i očuvanju morskog ekosustava Jadranskog mora. Ovi incidenti ističu važnost preventivnih mjera i strogih standarda kako bi se spriječila buduća izlivanja nafte i očuvala morska okolina.



## 5. OSTALE VRSTE ONEČIŠĆENJA

### 5.1. Plastika u moru

Globalni ekonomski trošak plastičnog zagađenja iznosi 13 milijardi dolara na godinu. Ovaj iznos predočava štetu uzrokovanu morskim ekosustavima te se uglavnom očituje u ribarstvu i turizmu. Procjene ukazuju da se u oceanima danas nalazi oko 150 milijuna tona plastike. Nastavi li se ovim trendom zagađenja, 2050. godine oceani će sadržavati veću težinu plastike nego ribe, kao što je prikazano na slici 21. [9]



Slika 21 - Globalan prikaz zagađenja mora plastikom[11]

Iako je plastični otpad samo jedan od uzročnika onečišćenja mora, toliko je značajan da je 2018. godine, problem plastičnog zagađenja stavljen na popis hitnih slučajeva zaštite okoliša od strane Ujedinjenih naroda. Razlog zbog kojeg je plastično onečišćenje svrstano kao hitan slučaj je zbog činjenice da 60-95% otpada u morima širom svijeta čini plastika. Također većina te plastike koja se već nalazi u morima nije biološki razgradiva, te će ostati u okolišu sljedećih par stotina ili tisuća godina. Postoje i vrste plastike koje se zadržavaju manje razdoblje, tako filteri cigareta ostaju 5 godina, a plastične vrećice i do 20 godina, dok ribarski najlon čak 600 godina.

## Makro i mikroplastika

Pod makroplastiku ili velike komade plastike svrstavamo: boce, slamke, plastične vrećice odnosno fragmente veće od 5 mm. Fragmenti koji su manji od 5 mm se nazivaju mikroplastika, te oni ulaze u prehrambeni lanac i tako negativno utječu na zdravlje ljudi i divlji svijet. Jedan od načina nastajanja mikroplastike je raspadanjem makroplastike na manje komadiće, također se dio mikroplastike proizvodi u toj veličini kao sredstva za njegu kože (kreme, sapuni), ali može nastati i slučajno (primjer pranja i trošenja sintetičkih vlakana). Svake godine u morima završi između 150 000 i 500 000 tona makroplastike, te 70 000 do 130 000 tona mikroplastike. [10]



*Slika 22 - Prikaz mikroplastike[19]*

### Sredozemna „Plastična zamka”

Sredozemno more je poput velikog bazena, naseljeno sa 150 milijuna ljudi, i jedno je od područja s najvećom proizvodnjom krutog komunalnog otpada po glavi stanovnika, točnije 208-760 kg godišnje [11]. Ljeti više od 200 milijuna turista posjeti Mediteran svake godine, što rezultira povećanjem morskog otpada za 40 posto. Nakupljanje plastičnog otpada ovisi o udaljenosti urbanih aktivnosti, korištenju kopna i obale, vjetru i oceanskim strujama. Ostatak se prenosi rijekama, kao što su Nil, Ebro, Rajna, Po, a u Turskoj rijekama Ceyhan i Seyhan, koje prolaze kroz naseljena područja prije nego što se uliju u more.

Sredozemno more je poluzatvoreni ocean okružen s tri kontinenta gdje ljudska aktivnost stvara zamke za plastiku. Plastika se nakuplja u velikim količinama i tu ostaje dugo, razlažući se na sve manje i manje komade.

U svijetu postoji pet oceanskih "plastičnih otoka" na kojima se nakuplja većina plastičnog otpada: dva u Tihom oceanu, dva u Atlantskom oceanu i jedan u Indijskom oceanu.

Sredozemno more se smatra šestim najvećim područjem nakupljanja morskog otpada, ono čini samo 1% svjetskih voda, ali nakuplja 7% ukupne svjetske mikroplastike. Koncentracija mikroplastike u Sredozemnom moru doseže rekordne razine: 21,25 milijuna čestica po kvadratnom kilometru, što je gotovo četiri puta više od razine jednog od pet "plastičnih otoka". Također utječe i na morske sedimente, gdje su koncentracije plastičnog otpada od 10 000 komada po kvadratnom kilometru, među najvišima u svijetu.

Zemlje koje se ističu po odbacivanju plastike na Mediteranu su Turska (144 t/dan), Španjolska (126 t), Italija (90 t), Egipat (77 t/dan) i Francuska (66 t).

Onečišćenje plastikom utječe na ključne gospodarske sektore u Sredozemlju, posebice na ribarstvo i turizam. Procjenjuje se da ribarska flota EU-a troši 61,7 milijuna eura godišnje na morski otpad zbog smanjenog ulova, smanjene potražnje za plodovima mora zbog problema s kvalitetom ribe. Zagađenje plaža također odbija turiste, što nije dobro jer smanjuje zaposlenost i prihode te povećava troškove čišćenja plaža i luka. Na primjer, grad Nica troši oko 2 milijuna eura godišnje na održavanje svojih plaža čistima.



Slika 23 - Sredozemna „Plastična zamka“ [11]

## Rizici za divlje vrste

Plastično onečišćenje mora predstavlja ozbiljan rizik za divlje vrste. Ovo su neki od ključnih rizika:

### Nezdrava prehrana

Morske vrste, uključujući ribe, ptice, kornjače i morske sisavce, često gutaju komadiće plastike zbog njihove sličnosti s hranom i stoga ih pogrešno smatraju plijenom, a mogu slučajno progutati plastiku hraneći se plijenom koji ju već sadržava. To može uzrokovati blokadu u probavnom sustavu, što dovodi do smrti ili ozbiljnih zdravstvenih problema kod životinja.

Danas 90% svjetskih morskih ptica ima fragmente plastike u želucu (1960. godine taj je postotak iznosio 5 %); do 2050. ako se ništa ne promijeni s obzirom na odbacivanje plastike u more, može se očekivati povećanje na 99 % [12]. U Jadranu svaka treća morska kornjača u svojim crijevima nosi plastični otpad.

Najzapaženiji slučaj škodljive prehrane je bio 2019. godine na obali Italije kada je u trbuhu kita ulješure nasukane na obalu pronađeno 22 kilograma plastike od toga je otpalo na: 9 metara ribarskog najlona, 4,5 metara savitljive cijevi, 2 cvjetne posude i nekoliko plastičnih cerada.

### Zapletanje u plastici

Plastični otpad, poput plastičnih vrećica i ribarskih mreža, može se zaplesti oko morskih životinja. To otežava njihovo kretanje, hranjenje i disanje, smanjujući njihovu sposobnost preživljavanja. Glavne žrtve mediteranskog zapleta su ptice (35%), ribe (27%), morski sisavci (13%) itd.

### Prenošenje toksina

Najčešći razlog zbog kojeg morske ptice konzumiraju plastiku je zbog toga jer plastika dijeli sličan miris sa algama i bakterijama (jak sumporni miris) koje one inače konzumiraju. Kako su morske ptice privučene u „mirisne klopke” plastike, isto tako i kornjače zamijene plastične vrećice za meduze zbog sličnog izgleda, slika 17. Plastika može sadržavati toksične kemikalije koje se mogu otpustiti u okoliš, te kada morske vrste konzumiraju plastiku, postoji rizik od prenošenja tih toksina kroz hranidbeni lanac, što može negativno utjecati na njihovo zdravlje i reprodukciju.

### Gubitak staništa i smanjenje populacije

Plastični otpad zagađuje i uništava morska staništa, uključujući koraljne grebene, obalna područja i dno oceana, a što prouzrokuje gubitak staništa i smanjivanje bioraznolikosti. Onečišćenje plastikom može dovesti do smanjenja, a u nekim slučajevima i do nestanka čitavih oceanskih vrsta.



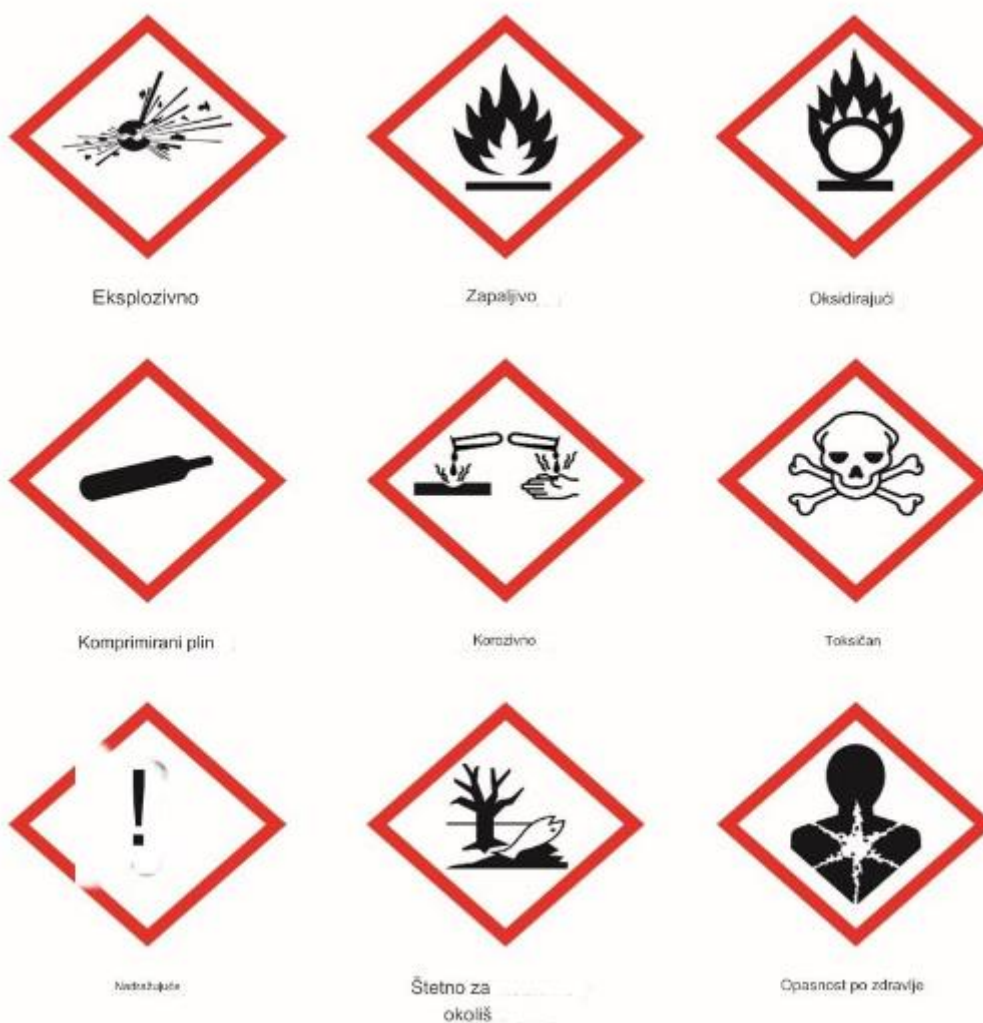
*Slika 24 - Plastični otpad kao dio prehrane morskih vrsta[29]*



*Slika 25 - Meduze ili plastične vrećice?[30]*

## 5.2. Onečišćivanje mora kemikalijama

Općenito pojmom kemikalije opisujemo tvari i smjese koje se proizvode i rabe u kemijskom procesu, a imaju tržišnu primjenu. Neke od štetnosti kemikalija su: to što mogu biti zapaljive, otrovne, korozivne, reaktivne, mogu uzrokovati iritacije, a kada oksidiraju su štetne po okoliš. Simboli i njihove značenje slika 26.



Slika 26 - Opasnosti kemikalija[35]

Kada te kemikalije uđu u morski okoliš mogu predstavljati opasnost za ljudsko zdravlje, životne resurse ili za morski život.

Ove kemikalije mogu doći iz različitih izvora, uključujući industriju, poljoprivredu, gradsku kanalizaciju, luke, brodove i kiše koje prenose kemikalije s kopna u more.

Jedan od primjera dospijevanja kemikalija u more pomoću kiša je ispiranjem tla kada mnogi pesticidi rijekama dospijevaju u more.

Kemikalije svrstane po štetnosti po morski okoliš prikazane su u tablici, slika 27:

Kategorija	Opasnost za morske resurse ili ljudsko zdravlje	Škodljivost morskom okolišu
X	Velika opasnost	Vrlo ozbiljna
Y	Umjerena opasnost	Ozbiljna
Z	Manja opasnost	Manje ozbiljna
Ostale tvari	Bez opasnosti	Neškodljivi

*Slika 27 19 - Kategorije kemikalija po utjecaju na okoliš*

Kao što možemo vidjeti prve tri kategorije kemikalija (X,Y,Z) barem u nekoj mjeri štete morskom okolišu, dok se četvrta kategorija (Ostale tvari) razlikuje od njih jer u nju spadaju kemikalije koje ne štete ili gotovo beznačajno štete okolišu. Neki primjeri tih bezopasnih kemikalija su: sok od jabuke, otopina glukoze, proteini povrća, voda...

Kemikalije koje uđu u ocean mogu imati razorne učinke na morski život. Mogu otrovati ribe, školjke, morske ptice, morske sisavce i druge organizme. To bi moglo dovesti do masovnog izumiranja morskog života, smanjenja populacija riba, pa čak i prijetnji ugroženim vrstama.

Neki kemijski spojevi koje je teško razgraditi, poput teških metala i organskih tvari, mogu se akumulirati u organizmima na dnu hranidbenog lanca. To znači da kada organizam jede kontaminiranu hranu, kemikalije u njoj se talože u njegovom tijelu. Kako se kreće prema hranidbenom lancu, koncentracija kemikalija se povećava do trenutka kada mogu nanijeti štetu organizmima u višem dijelu prehrambenog lanca, tada bioakumulaciju nazivamo biomagnifikacija. Ljudi obično stradaju kada konzumiraju organizam koji je relativno visoko pozicioniran u prehrambenom lancu, a koji sadrži visoke doze akumuliranih štetnih kemikalija. Bioakumulacija se događa kada organizam nakuplja više otrovnih tvari nego što ih gubi i te tvari ostaju u organizmu.

Ljudi koji konzumiraju ribu iz onečišćenih područja mogu biti izloženi štetnim tvarima, a ako se toksične kemikalije ispuštaju u oborinske vode koje zatim dospiju u vodovodne sustave, moguće je da ljudi konzumiraju zagađenu vodu. Kemikalije poput pesticida, olova i drugih teških metala koji se nalaze u zagađenoj morskoj vodi u ljudskom organizmu mogu dovesti do, (slika 28) :



*Slika 208 - Posljedice na ljudski organizam*

### **5.3. Onečišćivanje mora otpadnim vodama**

Kopnene otpadne vode su vode koje su kontaminirane zbog raznih ljudskih aktivnosti i predstavljaju produkt industrijskih pogona, poljoprivrednih djelatnosti, kućanstava i komunalnih usluga, prikaz različitih onečišćenja mora slika 29.

Otpadne vode igraju ključnu ulogu u morskom onečišćenju na sljedeće načine:

**Hranjive tvari:** Otpadne vode mogu sadržavati visoku koncentraciju hranjivih tvari poput dušika i fosfora koji pretežito potječu iz umjetnih gnojiva te drugih izvora. Kada te tvari nađu put u more, potiču prekomjerni rast algi te je taj proces poznat kao eutrofikacija. To može dovesti do stvaranja "crvenih plima" i masovnog umiranja morskih organizama uslijed nedostatka kisika.

**Toksične tvari:** Kada se toksične tvari poput industrijskog otpada i drugih zagađivača ispuštaju u morsko okruženje, mogu imati ozbiljan učinak na morske vrste uključujući ribe, školjke i morske ptice.

**Bakterije i bolesti:** Otpadne vode sadrže mikroorganizme i bakterije, uključujući i one patogene, koje mogu uzrokovati bolesti kod morskih organizama i ljudi ako dođu u izravni kontakt s onečišćenom vodom.



S druge strane imamo otpadne vode koje nastaju na plovilima te se one obično dijele na kaljužne otpadne vode i sanitarne otpadne vode.

Kaljužne otpadne vode spadaju u kategoriju industrijskih otpadnih voda, a obično ih uzrokuju kišnice koje ulaze u brodsku kaljužu, koja je drenažni prostor smješten ispod palube. Te kišnice kada uđu u prostor ispod palube obično na sebe vežu različite nečistoće poput: ulja, maziva, ostatke goriva, kemikalija za pranje i odmaščivanje te drugih stvari koji se nakupljaju na palubi tijekom korištenja plovila.

Kako bi se spriječilo onečišćenje mora i voda, brodovi su opremljeni sustavima za prikupljanje i obradu kaljužnih otpadnih voda prije nego što se ispuštaju natrag u okoliš.

Sanitarne otpadne vode na plovilima odnose se na one otpadne vode koje potječu iz WC-ova, kupaonica i kuhinja, dijele se na sive i crne vode. Propisima je regulirano ispuštanje crne i sive vode u more s plovila. Zbog toga su brodovi opremljeni opremom i instalacijama za prikupljanje, zadržavanje, obradu i ispuštanje takve vode. Crna i siva voda na brodu potpuno su odvojene, s odvojenim cijevima, spremnicima i instalacijama za prikupljanje i obradu.

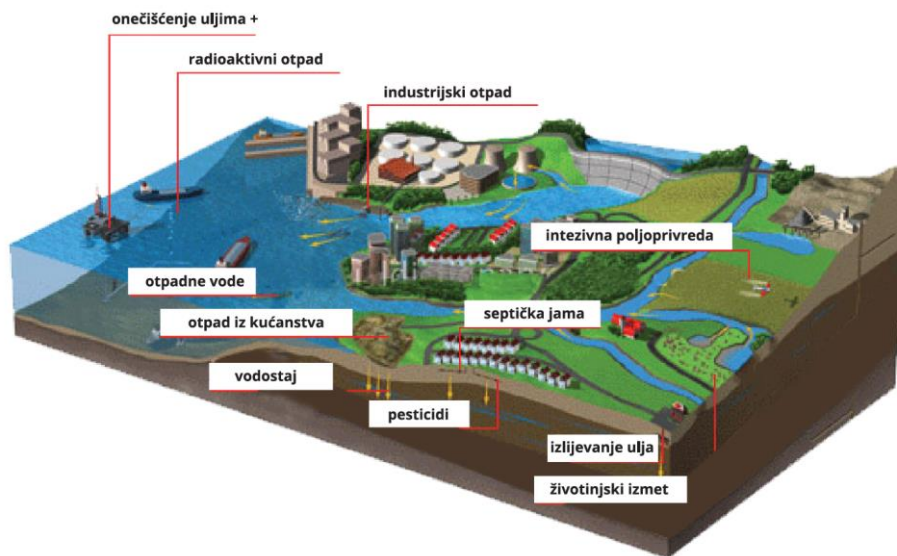
Crne otpadne vode s brodova imaju različito vrijeme zadržavanja i niži sadržaj vode od fekalnih otpadnih voda iz kopnenih instalacija. Budući da se za ispiranje sanitarnih uređaja koristi manje vode, one su manje razrijeđene te s toga imaju veću koncentraciju.

Pod sive otpadne vode spadaju vode iz umivaonika, kada, tuševa te vode od pranja namirnica. Miješanjem crne i sive vode, nastaje crna voda (tehnički i zakonski).

Kako bi se ublažili učinci otpadnih voda na onečišćenje mora, moraju se implementirati učinkoviti sustavi obrade i pročišćavanja kako na kopnu tako i na moru. Jedan od takvih sustava na kopnu je kanalizacijski sustav gdje se obrađuje prije ispuštanja u okoliš, ali u mnogim dijelovima svijeta specifično u manje razvijenim područjima takva obrada nije dostupna, što dovodi do problema. Sustavi za rješavanje otpadnih voda na manjim plovilima mogu biti Pump-out stanice (slika 30) koja se često mogu naći u marinama i lukama kojima prazne plovilo od otpadnih voda, a veća plovila i jahte mogu biti opremljeni osobnim sustavom za obradu otpadnih voda, čime se pročišćavaju otpadne vode na samom plovilu prije ispuštanja u okoliš.

Svaki brod koji ima dozvolu prevoziti 15 ili više osoba, te plutajuće platforme koje su namijenjene za istraživanje i iskorištavanje podmorja mora voditi Knjigu otpadaka.

Ona mora sadržavati svaku radnju ispuštanja ili potpunog spaljivanja otpadaka. Mora biti potpisana od strane svih dužnosnika te zapovjednika, u njoj moraju biti precizno definirana mjesta kao i vrijeme ispuštanja otpadaka u more. Mora se čuvati i do dvije godine nakon zadnjeg upisa i biti čuvana na dostupnom mjestu u slučaju nadzora.



Slika 2921 - Zagađenje mora otpadnim vodama[31]



Slika 3022 - Pump-out sustav u marini[32]

#### 5.4. Onečišćenje mora radioaktivnim otpadom

Sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća bio je uobičajen fenomen odlaganja radioaktivnog otpada u more i to iz nekoliko razloga:

1. Nedostatak adekvatne alternative, zemlje koje su proizvodile nuklearnu energiju jednostavno tada nisu imale dovoljno razvijene i sigurne alternative za odlaganje nuklearnog otpada.
2. Nažalost, svijest o utjecaju nuklearnog otpada na okoliš i zdravlje ljudi nije bila tako sveobuhvatna kao danas. Mnogi ljudi su vjerovali da je odlaganje u ocean siguran način za to, jer je otpad razrijeđen velikim količinama vode i ne predstavlja neposrednu prijetnju ljudima.
3. Tehnički i politički razlozi: Neke zemlje su to vidjele kao lakši način da se riješe problema "zbrinjavanja" nuklearnog otpada bez trošenja ogromnih iznosa na alternative.
4. Nedovoljno razvijeni propisi: U to su vrijeme međunarodni propisi o odlaganju nuklearnog otpada bili manje strogi nego danas, što je praksu činilo prihvatljivijom.

Spremnici koji sadržavaju radioaktivni otpad mogu korodirati i onda sadržaj može početi istjecati van spremnika u okoliš.

Ova vrsta zagađenja morskog okoliša je iznimno opasna jer širi radioaktivno zračenje, te može uzrokovati kojekakve probleme od zagađenja vode, ugrožavanja života u moru, može poremetiti lanac ishrane te genetska oštećenja kod organizama koja mogu biti kobna i biti uzrok nestanka nekih morskih vrsta.

Većina posljedica koje neadekvatno odlaganje radioaktivnog otpada uzorkuje ostaju u prirodi dug period, te će stoga posljedice ostati i nakon desetljeća i stotina godina.

Diljem svijeta postoje mjesta na kojima se odbacivao radioaktivni otpad. Na primjer, u Rusiji postoji 25 000 podvodnih lokacija na kojima se skladišti neupotrijebljeni radioaktivni otpad, neka od tih mjesta su prikazana na slici 31. Takva mjesta također postoje u Baltičkom, Barentsovom, Bijelom i Crnom moru, kao i u Ohotskom i Japanskom moru.



Slika 31 - Neka od mjesta u Rusiji gdje je odložen nuklearni otpad[33]

Danas međunarodni propisi, uključujući Konvenciju o zaštiti morskog okoliša i Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama, postavljaju stroge smjernice za zbrinjavanje nuklearnog otpada i naglašavaju potrebu za sigurnim i odgovornim rješenjima za gospodarenje nuklearnim otpadom. Svijest o ekološkim i zdravstvenim rizicima je porasla, a nastavljaju se istraživanja kako bi se pronašla najbolja rješenja za dugoročno skladištenje nuklearnog otpada bez ugrožavanja okoliša i zdravlja ljudi. 1950-tih je IEAE (Međunarodna agencija za atomsku energiju) zabranila svim državama odlaganje visoko-radioaktivnog otpada u more. Dok je 1983. godine na Londonskoj konvenciji o odlaganju došlo do sporazuma Sovjetske Unije zajedno sa USA, te ostalim državama da se zaustavi i odlaganje nisko-radioaktivnog otpada u more.[13]

## 6. ZAKLJUČAK

Morski okoliš važan je dio Zemlje i ključan je za održavanje ekološke ravnoteže. Međutim, suočavamo se s ozbiljnim izazovima zbog brzo rastućeg onečišćenja, koje zbiljno prijeti očuvanju ovog dragocjenog resursa. Kao što smo istražili, onečišćenje mora dolazi iz različitih izvora, uključujući industrijske otpadne vode, naftu, plastiku i brodske nesreće.

Najalarmantniji su problemi uzrokovani transportom nafte i njenih derivata. Pomorski promet, s obzirom na svoju važnost kao međunarodni prometni put, donosi sa sobom rizike od katastrofalnih nesreća koje mogu izazvati dugoročne i široke ekološke posljedice. Izlivanje nafte u more ne samo da uništava biljni i životinjski svijet ispod površine, već također predstavlja ozbiljan izazov uklanjanja i sanacije.

Osim toga, problem onečišćenja plastikom postaje sve izraženiji s dugoročnim i katastrofalnim posljedicama za morske ekosustave. Plastika se razgrađuje u mikroplastiku koja prodire kroz prehrambeni lanac, ugrožavajući cijeli morski ekosustav.

Suočeni s ovim izazovima, važno je poduzeti hitne i odlučne korake za zaštitu morskog okoliša. To uključuje analizu postojećih zakonskih propisa i njihovu učinkovitu implementaciju, istraživanje alternativnih rješenja za smanjenje onečišćenja, kao i poduzimanje mjera za sprječavanje i suzbijanje nesreća na moru, posebice onih koje uključuju izlivanje nafte.

## LITERATURA

- [1] Sadržaj razmatranja uvjeta okolišne dozvole zbog usklađivanja s odlukom o zaključcima o najboljim raspoloživim tehnikama (nrt), u skladu s direktivom 2010/75/eu europskog parlamenta i vijeća o industrijskim emisijama, za rafiranje mineralnih ulja i plina (2014/738/eu) za postojeće postrojenje ina d.d., rafinerija nafte rijeka
- [2] Dankić Davor, Utjecaj rafinerije nafte Sisak na okoliš
- [3] Liščinski Kristijan, Onečišćenje morskog ekosustava pri transportu nafte
- [4] <http://www.bioteka.hr/modules/okolis/article.php?storyid=9>
- [5] <https://www.weforum.org/agenda/2021/10/oil-spill-environment-ocean/>
- [6] Glavan Marinko, <https://www.novolist.hr/novosti/gospodarstvo/dovrsava-se-golemo-postrojenje-u-urinju-rijecka-rafinerija-se-siri-na-trzista-slovenije-i-bih/>
- [7] Trobić Barić Ines, Otpadne vode u naftnoj industriji
- [8] <https://www.ina.hr/o-kompaniji/temeljne-djelatnosti/istrazivanje-i-proizvodnja-nafte-i-plina/istrazivanje/>
- [9] Ellen MacArthur Foundation and New Plastic Economy, 2017, The new plastics economy: rethinking the future of plastics & catalysing action.
- [10] <https://tris.com.hr/2018/06/sredozemno-more-postaje-plasticna-zamka-s-rekordnom-razinom-oneciscenja-mikroplastikom/>
- [11] "Izlaz iz zamke plastike: spašavanje Sredozemnog mora od onečišćenja plastikom", Italija, Rim, 2018.
- [12] Wilcox C. et al. 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing.
- [13] <https://www.rferl.org/a/russia-finally-moves-to-raise-radioactive-debris-from-arctic-waters/30640975.html>
- [14] Zaštita zdravlja, sigurnost i zaštita okoliša, INA 2005
- [15] <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>
- [17] <https://www.youtube.com/watch?v=3-ULIyR3is>
- [19] <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/dokazano-mikroplastika-pronadjena-u-ljudskoj-krvi---716489.html>
- [20] M. Matković Utjecaj pomorskog prometa na okoliš
- [21] <https://www.zelene-stope.hr/page/view-page/naslov/sve-manje-cisto-jadransko-more>
- [22] [https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/havarirani-turski-brod-haksa-dotegljen-u-brodotrogir-foto-20180618?meta\\_refresh=1](https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/havarirani-turski-brod-haksa-dotegljen-u-brodotrogir-foto-20180618?meta_refresh=1)

- [23] [https://www.novolist.hr/rijeka-regija/rijeka/nakon-kostrene-crna-ljepljiva-masa-zagadila-plaze-liburnije-i-istre-je-li-i-to-mazut-iz-te-rijeka/?meta\\_refresh=true](https://www.novolist.hr/rijeka-regija/rijeka/nakon-kostrene-crna-ljepljiva-masa-zagadila-plaze-liburnije-i-istre-je-li-i-to-mazut-iz-te-rijeka/?meta_refresh=true)
- [24] <https://www.morski.hr/ekoloski-incident-u-rijeci-procurila-nafta-iz-rijecke-rafinerije-zagadena-plaza-u-bakarcu/>
- [25] <https://www.24sata.hr/news/gusta-crna-masna-tekucina-preplavila-more-kod-kostrene-473997>
- [26] <https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill>
- [27] <https://www.vecernji.hr/vijesti/ekoloska-katastrofa-u-raskom-zaljevu-iz-teretnog-broda-u-motre-iscurile-tone-nafte-1254005?page=8>
- [28] <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/havarirani-turski-brod-haksa-dotegljen-u-brodotrogir-foto-20180618>
- [29] <https://awesomedi.com/horrifying-facts-about-ocean-pollution-that-you-need-to-know/>
- [30] <https://www.superstock.com/asset/similarity-between-plastic-bag-medusa-jellyfish-composite-image-portugal/4138-20383499>
- [31] [https://www.researchgate.net/figure/Sources-of-water-pollution\\_fig1\\_277165075](https://www.researchgate.net/figure/Sources-of-water-pollution_fig1_277165075)
- [32] <https://www.pumpahead.com/>
- [33] <https://www.rferl.org/a/nuclear-waste-in-arctic-ocean/30052061.html>
- [34] [https://www.researchgate.net/figure/Mobilized-skimmer-contained-spill-area-is-one-of-evacuating-oil-26\\_fig4\\_335903864](https://www.researchgate.net/figure/Mobilized-skimmer-contained-spill-area-is-one-of-evacuating-oil-26_fig4_335903864)
- [35] <https://www.shutterstock.com/image-vector/new-hazard-pictogram-195827072>

## POPIS SLIKA

Slika 1 - Emisija štetnih plinova iz ININH postrojenja 2000-2005. godine[14].....	3
Slika 2 - Emisija štetnih tvari u vode iz ININH postrojenja 2000-2005. godine[14] .....	4
Slika 3 - Količina opasnog i neopasnog otpada nastalog u INI 2000-2005. godine[14].....	5
Slika 4- Emisija onečišćivača iz rafinerije nafte Sisak za 2014. i 2015. godinu[2] .....	7
Slika 5 - Deepwater Horizon nesreća[26] .....	11
Slika 6 - Usporedba posljedica Deepwater Horizonta sa ostalim incidentima[5] .....	12
Slika 7 - Prosječan broj izlivanje nafte u more 1970. - 2021.[15] .....	12
Slika 8 - Naftna mrlja na Indijskom moru[17] .....	14
Slika 9 - Skupljanje i usisavanje naftne mrlje [34] .....	14
Slika 10 - logo INA-e .....	15
Slika 11 - Postrojenje za obradu teških ostataka[6] .....	16
Slika 12 - Troškovi za zaštitu okoliša 2000.-2005. [14] .....	17
Slika 13 - Mjesto onečišćenja( Raški zaljev) .....	20
Slika 14 - Prikaz sanacije u Raškom zaljevu[27] .....	21
Slika 15 - Područje nesreće ( Arhipelag jabuka ).....	21
Slika 16 - Brod "Haksa"[28].....	22
Slika 17 - Izlivanje mazuta Kostrena ( smeđe) i obala Ližnjana (crveno) .....	22
Slika 18 - Zagađena plaža u Ližnjanu[23].....	23
Slika 19 - Zagađenje u Bakarcu[24].....	24
Slika 20 - Zagađenje kod Urinja[25].....	25
Slika 21 - Globalan prikaz zagađenja mora plastikom[11] .....	26
Slika 22 - Prikaz mikroplastike[19] .....	27
Slika 23 - Sredozemna „Plastična zamka” [11] .....	28
Slika 24 - Plastični otpad kao dio prehrane morskih vrsta[29] .....	30
Slika 25 - Meduze ili plastične vrećice?[30] .....	30
Slika 26 - Opasnosti kemikalija .....	31
Slika 27 - Kategorije kemikalija po utjecaju na okoliš .....	32
Slika 28 - Posljedice na ljudski organizam .....	33
Slika 29 - Zagađenje mora otpadnim vodama[31] .....	35
Slika 30 - Pump-out sustav u marini[32] .....	35
Slika 31 - Neka od mjesta u Rusiji gdje je odložen nuklearni otpad[33].....	37



## 7.SAŽETAK

Ovaj rad istražuje posljedice onečišćenja okoliša kod procesa prerade nafte, prateći njezin tok počevši od vađenja nafte pa sve do prerade i transporta, s posebnim naglaskom na rafineriju u blizini, poput INA-e. Analiza rafinerije nafte obuhvaća sve aspekte, uključujući emisije štetnih plinova, otpadne tvari i vode te istražuje koliko je rafinerija usklađena s važećim zakonodavstvom i regulativama u cilju zaštite okoliša.

U završnom radu detaljno su analizirani incidenti izlivanja nafte u Jadranu, proučavajući uzroke i lokacije tih događaja. Posebna pažnja je bila usmjerena na procjenu poduzetih mjera i intervencija nadležnih tijela u sanaciji štete, s ciljem očuvanja ekološke stabilnosti tog područja.

Jedno od segmenata istraživanja naglašava duboke implikacije onečišćenja mora različitim onečišćivačima, uključujući plastiku, kemikalije, otpadne vode i radioaktivni materijal. Posebna pozornost usmjerena je na potencijalne rizike biološke raznolikosti morskih ekosustava, morskih organizama te eventualne negativne posljedice na ljudsko zdravlje.

**Ključne riječi:** nafta, emisija štetnih plinova, naftne mrlje, mikroplastika, otpadne vode, eutrofikacija, kemikalije, bioakumulacija.

## 8. SUMMARY

This paper explores the environmental pollution implications of oil processing, tracing its flow from extraction to refining and transportation, with a particular focus on nearby refineries such as INA. The analysis of oil refinery encompasses all aspects, including emissions of harmful gases, waste materials and water, and investigates the refinery's compliance with current legislation and regulations aimed at environmental protection.

In the final thesis, incidents of oil spills in the Adriatic Sea were thoroughly analyzed, examining the causes and locations of these events. Special attention was given to assessing the measures taken and interventions by relevant authorities in mitigating the damage, aiming to preserve the environmental stability of the area.

One segment of the research highlights the profound implications of marine pollution by various contaminants, including plastics, chemicals, wastewater, and radioactive material. Special emphasis is placed on potential risks to the biodiversity of marine ecosystems, marine organisms, and possible adverse effects on human health.

**Key words:** oil, emissions of harmful gases, oil spills, microplastics, wastewater, eutrophication, chemicals, bioaccumulation.