

# Sustavi za pripremu i reakciju na onečišćenja mora uljima: PISCES II sustav

---

**Maoduš, Luka**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:214979>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-28**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**uniri** DIGITALNA  
KNJIŽNICA

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**POMORSKI FAKULTET**



**LUKA MAODUŠ**

**SUSTAVI ZA PRIPREMU I REAKCIJU NA ONEČIŠĆENJA**  
**MORA ULJIMA: PISCES II SUSTAV**

**DIPLOMSKI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**POMORSKI FAKULTET**



**SUSTAVI ZA PRIPREMU I REAKCIJU NA ONEČIŠĆENJA**  
**MORA ULJIMA: PISCES II SUSTAV**

**OIL SPILL PREPAREDNESS AND RESPONSE SYSTEMS:**  
**PISCES II SYSTEM**

**DIPLOMSKI RAD**

Kolegij: Tehnologija uklanjanja onečišćenja mora

Mentor: Doc. dr. sc. Đani Šabalja

Student: Luka Maoduš

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075654

Rijeka, listopad 2023.

Student: Luka Maoduš

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075654

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom  
\_\_\_\_\_SUSTAVI ZA PRIPREMU I REAKCIJU NA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA:  
PISCES II SUSTAV\_\_\_\_\_

*(naslov diplomskog rada)*

izradio samostalno pod mentorstvom

\_\_\_\_\_ Doc. dr. sc. Đani Šabalja \_\_\_\_\_  
*(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)*

te komentorstvom \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
*(naziv tvrtke).*

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



\_\_\_\_\_  
*(potpis)*

Luka Maoduš

Student: Luka Maoduš

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112075654

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor



---

(potpis)

## SAŽETAK

Onečišćenja naših mora uljima globalni su problem koji se ne može dovoljno prenaglasiti. Uništavanje morske flore i faune kao nusprodukt industrijskih djelovanja dobiva sve više na pozornosti u posljednjim desetljećima. Destruktivno ponašanje odgovornih ljudi i nemaran odnos industrije prema okolišu u povijesti se pokazao neodrživim i zapravo jako skupim. Nesreće brodova povezane s onečišćenjem mora uljima dovele su do velikog broja međunarodnih konvencija i zakonskih regulativa. Diljem svijeta razvijeni su sustavi za prevenciju nastanka takvih događaja i otklanjanje posljedica koje za sobom nose. Razvijene su tehnologije i oprema koji pomažu u pripremi i sanaciji onečišćenja te propisani planovi postupanja kod nastanka ovih izvanrednih događaja. PISCES II kao sofisticirani alat za simulacije onečišćenja otvara nove mogućnosti primjene i implementacije u postojeće sustave. Republika Hrvatska ulaže sve više sredstava u očuvanje svog morskog okoliša no postavlja se pitanje spremnosti i nadogradnje postojećeg sustava za reakcije na onečišćenja mora uljima.

Ključne riječi: onečišćenje mora uljima, PISCES II, Republika Hrvatska.

## **SUMMARY**

The pollution of our seas with oil is a global problem that cannot be overstated. The destruction of marine flora and fauna as a byproduct of industrial activities has garnered increasing attention in recent decades. Destructive behavior by individuals and the industry's negligent attitude towards the environment have proven unsustainable and, in fact, quite costly throughout history. Ship accidents related to sea oil pollution have led to numerous international conventions and law regulations. Worldwide, systems for preventing such incidents and addressing their consequences have been developed. Technologies and equipment have been devised to aid in preparedness and remediation of pollution, and procedures for responding to these extraordinary events have been established. PISCES II, as a sophisticated tool for simulating pollution, opens up new possibilities for application and integration into existing systems. The Republic of Croatia is investing increasingly in preserving its marine environment, but questions arise about the readiness and enhancement of the existing system for responding to oil pollution.

Keywords: oil sea pollution, PISCES II, Republic of Croatia.

# SADRŽAJ

|   |            |
|---|------------|
| <b>SAŽETAK</b> .....  | <b>II</b>  |
| <b>SUMMARY</b> .....  | <b>III</b> |
| <b>SADRŽAJ</b> .....  | <b>IV</b>  |
| <b>1. UVOD</b> .....  | <b>1</b>   |
| 1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....   | 1          |
| 1.2. RADNA HIPOTEZA .....   | 2          |
| 1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....   | 2          |
| 1.4. ZNANSTVENE METODE .....  | 2          |
| 1.5. STRUKTURA RADA.....  | 2          |
| <b>2. ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA</b> .....   | <b>4</b>   |
| 2.1. KARAKTERISTIKE UGLJIKOVODIKA I PROCESI PRI DODIRU SA MORSKOM VODOM.....  | 6          |
| 2.2.1. Najveće tankerske nezgode.....   | 9          |
| 2.2.2. Važnosti održivog pomorskog sektora.....   | 11         |
| 2.2. POSLJEDICE I UTJECAJ IZLJEVA ULJA NA MORSKI OKOLIŠ.....  | 13         |
| <b>3. MEĐUNARODNA KONVENCIJA OPRC 1990</b> .....  | <b>16</b>  |
| 3.1. PREGLED MEĐUNARODNE KONVENCIJE O PRIPRAVNOSTI, REAKCIJI I SURADNJI U SLUČAJU ONEČIŠĆENJA ULJIMA IZ 1990. GODINE (OPRC 1990)... | 16         |
| 3.2. HRVATSKA PRAVNA ZAŠTITA MORSKOG OKOLIŠA I OSTALE RELEVANTNE MEĐUNARODNE KONVENCIJE.....  | 20         |
| <b>4. TEHNOLOGIJE UKLANJANJA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA</b> ...  | <b>26</b>  |
| 4.1. METODE PRISTUPA KOD ODGOVORA NA ONEČIŠĆENJE MORA ULJIMA....  | 26         |
| 4.2. OPREMA ZA MINIMALIZACIJU I SANACIJU ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA..  | 30         |
| 4.2.1. Plutajuće brane i skimmeri.....  | 30         |
| 4.2.2. Paljenje ulja.....   | 32         |
| 4.2.3. Upotreba disperzanata.....   | 34         |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>5. SUSTAVI ZA REAKCIJU NA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA S NAGLASKOM NA REPUBLIKU HRVATSKU .....</b>                  | <b>35</b> |
| 5.1. PLAN INTERVENCIJE NA IZVANREDNA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ.....                           | 36        |
| 5.1.2. Subjekti Plana intervencije u Republici Hrvatskoj.....   | 38        |
| 5.1.3. Postupci i mjere predviđene Planom intervencije kod onečišćenja mora uljima...40                           |           |
| <b>6. PISCES II SIMULACIJSKI SUSTAV .....</b>   | <b>42</b> |
| 6.1. MODELIRANJE ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA.....   | 43        |
| 6.2. KOMPLEKSNOST I MOGUĆNOSTI PISCES II SIMULACIJSKOG SUSTAVA...45   |           |
| 6.2.1. Prikaz pomorskih karata.....   | 45        |
| 6.2.2. Parametri uvjeta okoline onečišćenja.....  | 48        |
| 6.2.3. Parametri onečišćenja.....   | 50        |
| 6.2.4. Resursi i oprema odgovora na onečišćenje.....  | 53        |
| 6.3. PRIJEDLOG IMPLEMENTACIJE PISCES II SIMULACIJSKOG SUSTAVA U HRVATSKI PLAN ZA IZVANREDNA ONEČIŠĆENJA MORA..... | 55        |
| <b>7. ZAKLJUČAK.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>   | <b>59</b> |
| <b>POPIS SLIKA.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>POPIS GRAFIKONA .....</b>  | <b>63</b> |

# 1. UVOD

Onečišćenja mora uljima oduvijek predstavljaju ozbiljnu prijetnju okolišu i morskim ekosustavima diljem svijeta. Štete uzrokovane ovakvom vrstom onečišćenja ne samo da imaju dugoročne posljedice na morsku floru i faunu i zahvaćena obalna područja, već ostavljaju i ozbiljne ekonomske i socijalno/etičke posljedice na ljude. U svjetlu tih izazova, razvijeni su sustavi i tehnologije za pripremu i reakciju na onečišćenja mora uljima kako bi se smanjile ili barem djelomično otklonile štete uzrokovane uljima te omogućilo što brže i učinkovitije suzbijanje istih.

Najveće tankerske nesreće tijekom povijesti poučile su nas kako ne pristupati problematici prijevoza ulja morem. Danas su shodno tome donesene konvencije, regulative i zakonski okviri na prijedlog međunarodne zajednice i svjetskih brodara koji su odlučili intervenirati sa konkretnim planovima suzbijanja onečišćenja mora uljima. Implementacija različite tehnologije kod prevencije i uklanjanja onečišćenja mora modernizirala je pomorstvo kakvog poznajemo danas i zaštitila mnoga područja na Zemlji.

Ovaj diplomski rad fokusira se upravo na danas dostupne sustave za borbu protiv onečišćenja mora s naglaskom na PISCES II, sofisticirani simulacijski alat za pripremu i reakciju na onečišćenje mora uljima, s posebnim naglaskom na njegovu svrhu, funkcionalnost, primjenu i kompleksnost. Kroz analizu ovog sustava, istražujemo kako PISCES II doprinosi poboljšanju sustava za reakciju na onečišćenja mora uljima te predlažemo primjenu istog u nacionalnim okvirima.

## 1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

**Problem istraživanja** ovog diplomskog rada su onečišćenja mora uljima s brodova i primjena PISCES II softvera u sustavima za reakciju i otklanjanje onečišćenja.

Ovako definiran i posložen problem istraživanja dovodi nas do **predmeta istraživanja** ovog diplomskog rada, a to je: istražiti dostupne sustave i tehnologije koje se tiču onečišćenja mora uljima i predložiti primjenu PISCES II sustava u nacionalnim okvirima.

Problem i predmet istraživanja dovode nas do dva **objekta istraživanja**, a to su: onečišćenja mora uljima i sustavi za suzbijanje istih.

## 1.2. RADNA HIPOTEZA

Na temelju prikupljenih spoznaja o štetnim posljedicama koje ostavljaju onečišćenja mora uljima na okoliš možemo postaviti sljedeću **radnu hipotezu**: adekvatnom primjenom sustava za reakciju i suzbijanje te tehnologija za uklanjanje onečišćenja smanjujemo posljedice na morski okoliš i doprinosimo održivom pomorskom sektoru.

## 1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

**Svrha istraživanja** je pobliže istražiti sustave koji se danas koriste kod reakcije i suzbijanja onečišćenja mora uljima u svijetu te predložiti primjenu PISCES II simulacijskog sustava u Republici Hrvatskoj.

**Ciljevi istraživanja** su redom: : istražiti pobliže izvore uljnih onečišćenja mora, definirati karakteristike pojedinih ulja, istaknuti ekološke posljedice takvog onečišćenja, raščlaniti međunarodne konvencije i nacionalne zakone koji se tiču onečišćenja mora uljima, analizirati postupke kod utvrđivanja onečišćenja mora i tehnologije uklanjanja, definirati sustave koji se danas primjenjuju kod reakcije na onečišćenje, analizirati PISCES II sustav i njegove mogućnosti te predložiti implementaciju istih u nacionalnim okvirima.

## 1.4. ZNANSTVENE METODE

Podaci i izvori potrebni za obradu teme diplomskog rada prikupljeni su iz sekundarnih izvora, a obrađeni su i prezentirani uz pomoć sljedećih metoda: povijesna metoda, deskriptivna metoda, metoda analize i sinteze, metoda komparacije, metoda grupacije i metoda klasifikacije.

## 1.5. STRUKTURA RADA

Diplomski rad je po strukturi podijeljen u sedam poglavlja.

U prvom poglavlju nalazi se **Uvod** u kojem su predstavljeni problem i predmet istraživanja, definirana je radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, metode istraživanja te je dan uvid u strukturu rada kroz pojedina poglavlja.

U drugom poglavlju, s naslovom **Onečišćenja mora uljima** analizirane su temeljne karakteristike ugljikovodika i procesi u dodiru s morskom vodom, najveće tankerske nesreće koje su se dogodile u povijesti, posljedice koje takva onečišćenja ostavljaju za sobom i važnosti održivog pomorskog sektora.

**Međunarodna konvencija OPRC 1990** je naslov trećeg poglavlja. U njemu se nalazi pregled ove međunarodne konvencije i najbitnijih poglavlja koja se odnose na poboljšanja vezana za pripremu i odgovor na onečišćenje mora uljima. Nadalje tijekom poglavlja analiziramo pravnu zaštitu morskog okoliša u Republici Hrvatskoj i ostale relevantne međunarodne konvencije koje se tiču onečišćenja mora.

U četvrtom poglavlju, s naslovom **Tehnologije za uklanjanje onečišćenja mora** govorimo o postupcima utvrđivanja onečišćenja mora koji se danas koriste, dostupnim tehnologijama za minimalizaciju i otklanjanje onečišćenja te primjeni razne opreme i metoda.

Peto poglavlje pod naslovom **Sustavi za reakciju na onečišćenja mora uljima s naglaskom na Republiku Hrvatsku** govori nam o sustavima koji su danas razvijeni u svijetu za borbu protiv zagađenja morskog okoliša, analizirat ćemo Plan reakcije na iznenadna onečišćenja mora u RH i nadležne subjekte te njihove dužnosti.

Šesto i predzadnje poglavlje s naslovom **PISCES II sustav** utvrđuje sve prednosti primjene ovakvog sustava u kriznim situacijama, daje osvrt na njegovu funkcionalnost i kompleksnost te predlaže integraciju u nacionalne okvire.

Sedmo poglavlje je **Zaključak**, u njemu je dan osvrt na sve donesene zaključke tijekom ovog rada i kompletirana su prikupljena saznanja.

## 2. ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA

Mineralna ulja su po definiciji Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje sva maziva ulja koja sadržavaju mješavinu ugljikovodika. Pod pojmom ulja podrazumijevamo sve oblike nafte uključujući sirovu naftu, tekuće gorivo, talog, otpatke ulja i rafinirane proizvode. Dobivena najčešće frakcijskom ili vakuumskom destilacijom u rafinerijama, danas čine gotovo četiri petine svih proizvedenih ulja na svijetu. Iz teških frakcija sirove nafte dobiva se veliki broj gotovih proizvoda, a najbolji primjer su maziva kojeg koriste u znatnoj količini i brodovi.

Ulja koja zagađuju morske ekosustave uglavnom potječu iz niza različitih izvora. Pod različitim izvorima podrazumijevamo izvore onečišćenja koji dolaze s kopna i izvore koji dolaze s mora.

Iako do 80% svih zagađenja mora uljima dolazi s kopna u ovom radu fokusirati ćemo se na izvore onečišćenja koji dolaze s mora, a nusprodukt su pomorskih nezgoda brodova i ostalih incidenata povezanih s pomorskom industrijom.

Uzimajući u obzir pomorske nesreće pri kojima je došlo do izljeva znatne količine ulja u more, koju je naravno bilo moguće adekvatno evidentirati i detaljno istražiti, tijekom povijesti su nam bili najbolji pokazatelj svih greški i propusta koje je tada imala pomorska industrija. Svakodnevni slučajni i/ili namjerni lokalni izljevi s brodova diljem svijeta kao i nestručno i nemarno skladištenje ulja i za uljenih voda u ovom kontekstu se mogu zanemariti, iako je zasigurno svijest pomoraca i odnos odgovornih ljudi prema moru nešto na čemu treba dodatno poraditi.

„Onečišćenja mora s brodova mogu se generalno podijeliti u dvije skupine, na ona koja su se dogodila kao posljedica redovnog rada broda i ona koja su se dogodila zbog pomorskih nezgoda.“<sup>1</sup>

ITOPF (engl. *International Tanker Owners Pollution Federation Limited*) je neprofitna međunarodna organizacija osnovana od strane brodovlasnika u pomorskoj industriji koja promovira efektivne i pravovremene reakcije na sve vrste morskih onečišćenja uljima, kemikalijama i ostalim štetnim tvarima. Ova organizacija vodi bazu podataka o izljevima ulja s tankerskih brodova, uključujući kombinirane brodove, FPSO-ove i barže. Njihova baza podataka sadrži informacije o slučajnim izljevima ugljikovodika od 1970. godine, osim onih

---

<sup>1</sup> D., Zec, Zaštita mora i morskog okoliša – bilješke sa predavanja (2018.)

koji su rezultat ratnih djelovanja. Podaci unutar baze uključuju lokaciju i uzrok incidenta, brod uključen u incident, vrstu i količinu prolivenog ulja. Izljevi ulja se obično kategoriziraju prema količini izlivenog ulja, <7 tona, 7-700 tona i >700 tona, iako se također bilježi i konkretna količina prolivenog ulja. Informacije su trenutno dostupne za preko 10.000 incidenta, pri čemu većina njih spada u najmanju kategoriju, tj. <7 tona.

Informacije se prikupljaju iz javno dostupnih izvora, kao što su pomorski tisak i druge specijalizirane publikacije, kao i od vlasnika brodova, njihovih osiguravatelja i iz iskustva ITOPF-a tijekom intervencija.

Podaci iz 2022. godine relativno su obećavajući uzimajući u obzir konstantno povećanje svjetske pomorske flote u nekoliko desetljeća.

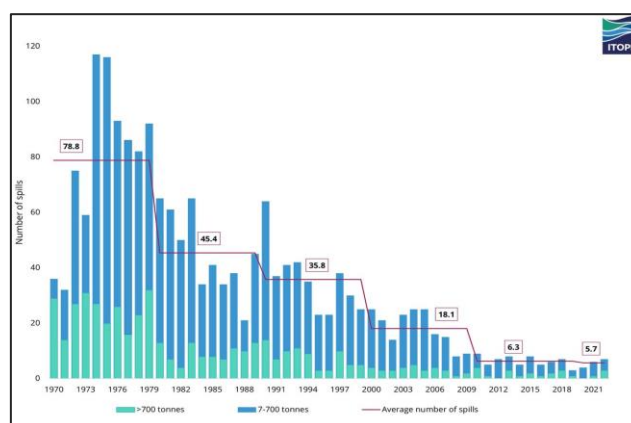
Tijekom 2022. godine zabilježena su tri velika izlijeva (>700 tona) i četiri srednja izlijeva (7-700 tona). Dva velika izlijeva dogodila su se u Aziji, dok se jedan dogodio u Africi.

Srednji izljevi su zabilježeni u Sjevernoj Americi, Aziji i Africi.

Ovaj podatak dovodi desetljetni prosjek na gotovo 6 izlijeva (>7 tona) godišnje, što je slično prosjeku iz 2010-e godine (podaci se odnose na izljeve ulja s potvrđenim volumenima). Ukupni volumen izgubljenog ulja u okolišu iz izlijeva s tankera u 2022. godini iznosio je otprilike 15.000 tona. Više od 14.000 tona tog volumena može se pripisati tri velika incidenta koji su gore navedeni.

Tijekom posljednjih pola stoljeća, statistika učestalosti izlijeva većih od 7 tona iz tankera pokazuje očit pad, kako je prikazano na Grafikonu 1 u nastavku.

Vidljivo je kako je prosječan broj izlijeva godišnje u 1970.-ima iznosio otprilike 79. Taj se broj smanjio za više od 90% na 6 u 2010-ima i ostaje na sličnoj razini za trenutno desetljeće.



Grafikon 1 Broj srednjih i velikih tankerskih izlijeva ulja od 1970. do 2021. godine

Izvor: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>

## 2.1. KARAKTERISTIKE UGLJIKOVODIKA I PROCESI PRI DODIRU SA MORSKOM VODOM

Ugljikovodici su po definiciji organski spojevi sastavljeni od atoma ugljika (C) i vodika (H). Ugljik i vodik su temeljni sastojci ulja i prirodnog plina koje danas koristimo kao civilizacija u gotovo svim ljudskim aktivnostima. Osnovna karakteristika ugljikovodika je njihova raznolikost i mogućnost primjene, koja uključuje različite duljine lanaca ugljikovih atoma, različite strukturne konfiguracije i brojne derivatne spojeve. Njihova fizička svojstva variraju ovisno o broju i rasporedu atoma u molekuli.

Ovisno o broju i rasporedu atoma ugljika i vodika u molekuli, ugljikovodici se mogu podijeliti u 3 kategorije:

1. *Alifatski (lančani) ugljikovodici*: Ovi ugljikovodici imaju linearnu strukturu i mogu biti jednostavni (alkani), nezasićeni (alkeni) ili većeg broja veza (alkini). Primjeri uključuju metan, etan, propan i butan. Alifatski ugljikovodici često se koriste kao goriva.
2. *Aromatski (prstenasti) ugljikovodici*: Ovi ugljikovodici imaju karakterističnu prstenastu strukturu. Najpoznatiji primjer je benzen. Aromatski ugljikovodici često se koriste kao sirovine u kemijskoj industriji za proizvodnju različitih kemikalija.
3. *Ciklički (ciklo-alkani) ugljikovodici*: Ovi ugljikovodici tvore cikličku strukturu. Primjer je ciklo-eksan. Obično se koriste u kemijskoj industriji i kao otapala.

Ugljikovodici, posebno oni koji se nalaze u uljima, mogu predstavljati ozbiljnu opasnost za ljudski organizam kada se unesu putem konzumacije ribe i/ili drugih morskih organizama iz onečišćenih područja. Različite vrste ugljikovodika imaju različite razine toksičnosti, ali većina njih su karcinogeni i dokazano mogu uzrokovati ozbiljne zdravstvene probleme.

Neki ugljikovodici, poput benzena, benzo(a)pirena i poli-kloriranih bifenila (PCB-ova), najpoznatiji su karcinogeni. Studije su pokazale da dugotrajna izloženost ovim tvarima može povećati rizik od razvoja raka kod ljudi. Na drugu stranu neki elementi mogu utjecati i na pravilan rad živčanog sustav. Najbolji primjer je živa, koja se često veže za organske tvari u sedimentu i staništima riba, te se može pretvoriti u di-metil živu koja je ustvari jedini organski spoj žive opasan za čovjeka, živa kao element periodnog sustava ima mnoge benefite kod primjene u svakodnevnom životu.

Kontaminacija ugljikovodicima može se povezati s oštećenjem jetre, bubrega i drugih vitalnih organa kod ljudi, a mogu imati i negativne učinke na reproduktivni sustav.

Iako se ugljikovodici pojavljuju u prirodi potpuno nasumično i dio su ekosustava koji nas okružuje, njihov postanak dan danas nije potpuno dokazan od strane znanstvene zajednice. Sastavljeni od prirodnih elemenata kao i ljudsko tijelo, tradicionalno se smatra da su ugljikovodici nastali iz ostataka fosila, odnosno organskog materijala koji se tijekom milijuna godina pretvarao pod visokim pritiskom i temperaturom u unutrašnjosti Zemlje.

Ipak neki znanstvenici tijekom povijesti su ponudili i nešto drugačije razmišljanje koje nije opće prihvaćeno od strane „mainstream“ znanstvene zajednice. Da se naslutiti i zašto je to tako. Priča o neobnovljivim izvorima energije kao što se smatraju ugljikovodici drži vodu samo ako je svjetska populacija uvjeren u limitiranu zalihu nafte na svijetu, koja varira svojom cijenom ovisno o ponudi i potražnji u danom trenutku. Isti ljudi koji drže takve informacije za sebe u višim porama društva, upravljaju i cijenama energenata na svijetu dok „obični“ ljudi svakodnevno preplaćuju energente kojih je ustvari za ljudske pojmove u neograničenim količinama. Konačni pronalazak čiste, iskoristive i besplatne energije ostaje pitanje za neka druga vremena u budućnosti.

Teorija o abiotičkom nastanku ugljikovodika, koja sugerira da se ugljikovodici mogu formirati bez sudjelovanja fosilnog materijala, ima korijene u radu ruskih i američkih znanstvenika. Konkretno, teorija je povezana s radom ruskog kemičara i geologa Volodomira Ivanoviča Vernadskog, koji je pridonio razvoju koncepta biogeneze ugljikovodika. Vernadski je istraživao geo-kemijske procese i staništa ulja duboko ispod Zemljine površine. Njegova teorija o abiotičkom nastanku ugljikovodika sugerira da se ti spojevi formiraju tijekom geo-kemijskih procesa u unutrašnjosti Zemlje, posebno u dubokim slojevima litosfere. Osim Vernadskog, teoriju o abiotičkom nastanku ugljikovodika razvijali su i drugi znanstvenici, uključujući Thomasa Golda, američkog astrofizičara i geologa. Gold je svoje istraživanje temeljio na ideji da se ugljikovodici mogu formirati i izvan Zemlje te da bi mogli biti prisutni i na drugim mjestima koji nisu Zemlja.

Ugljikovodici prilikom dodira s morem djeluju na morsku vodu na nekoliko različitih načina. U ovom nastavku ćemo pregledati sve učinke koje ugljikovodici ostavljaju na morski ekosustav, a relevantni su za ovaj diplomski rad, oni su redom:



1. **Zagađenje površine mora:** Nakon izljeva ulja, ugljikovodici tvore tanki sloj na površini mora, poznat kao "uljna mrlja" ili "uljna ploča". Ovaj sloj može značajno smanjiti sposobnost morske vode da razmjenjuje kisik s atmosferom, što može dovesti do gušenja morskih organizama i smanjenja biološke raznolikosti u tom području.
2. **Toksičnost:** Ugljikovodici iz ulja često su toksični za morske organizme. Oni mogu uzrokovati štete na staništima i organskim sustavima morskih bića. To može rezultirati masovnim pomorima riba, ptica i morskih sisavaca koji ovise o zagađenim područjima.
3. **Akumulacija u organizmima:** Ugljikovodici se akumuliraju u morskim organizmima, što može dovesti do kontaminacije ribe i drugih morskih resursa. Ljudi koji konzumiraju takvu kontaminiranu hranu mogu biti izloženi riziku za zdravlje zbog prije navedenih razloga.
4. **Poremećaji ekosustava:** Zagađenje uljima može izazvati ozbiljne poremećaje u morskim ekosustavima. Može narušiti ravnotežu između vrsta, ugroziti koraljne grebene, plitke vode i morsku floru i faunu.
5. **Dugoročni ekološki i ekonomski učinci:** Iako su neki ugljikovodici brzo razgradljivi, drugi su rezistentni i mogu ostati u okolišu prisutni dugi niz godina. To može imati dugoročne ekološke i ekonomske posljedice na zahvaćeno područje.

Jedna od vrlo bitnih pojava koja se događa prilikom miješanja ugljikovodika i morske vode je emulzija.

Ulja po svojoj prirodi imaju svojstvo stvaranja emulzije s morskom vodom. Emulzija je po definiciji stabilna mješavina dvaju nespojivih fluida, u ovom slučaju, ulja i morske vode. Ovo svojstvo ima značajan utjecaj na ponašanje uljne mrlje nakon izljeva o čemu ćemo pričati nešto kasnije tijekom ovog rada.

Tijekom izljeva ulja s brodova, ulje se obično ispušta pod pritiskom, često iz podvodnih izvora ili tankova koji su ispod razine mora. Ovaj proces stvara kinetičku energiju i dolazi do mehaničkog miješanja ulja s morskom vodom. Intenzivno miješanje i agitacija pomažu u stvaranju sitnih kapljica koje se ravnomjerno distribuiraju u vodi.

Površina mora po prirodi ima površinsku napetost koja pokušava spriječiti ulazak ulja u vodu. Međutim, ulja smanjuju površinsku napetost morske vode što uzrokuje kontra željeni efekt te omogućava kapljicama ulja da se lakše razbiju na manje kapljice.

Neki ugljikovodici djeluju kao prirodni emulgatori. Što znači da mogu pomoći u stabilizaciji emulzije ulja i vode. Emulgatori su tvari koje smanjuju napetost između dva nespojiva fluida i omogućavaju im da ostanu u mješavini duže vrijeme.

Kao rezultat mehaničkog miješanja, površinske napetosti i prisustva emulgatora, nastaju fine disperzije ulja u morskoj vodi. Ove disperzije sadrže sitne kapljice koje mogu ostati suspendirane u moru iako su po prirodi nespojive s vodom.

Svojstva poput ovih otežavaju sanaciju onečišćenja nakon izljeva i povećavaju ekološke posljedice, ulja u obliku emulzija mogu proputovati veće udaljenosti i ući dublje u more. Razumijevanje navedenih svojstava ugljikovodika ključno je za razvoj strategija zaštite i čišćenja nakon izljeva ulja svih vrsta.

### **2.2.1. Najveće tankerske nezgode**

„Tankerske nezgode događaju se svuda u svijetu, ali je zanimljivo da one što se događaju u Europi koncentrirane su oko Španjolske i Velike Britanije. Danas se u svijetu proizvede tri bilijuna tona nafte godišnje i polovina se prevozi morem. Iako su tankerske nezgode najpoznatije, one su tek mali dio onečišćenja mora naftom (12%). Naime, neusporedivo najveći izvor naftnoga onečišćenja mora čine ona izravna ili neizravna koje dolaze s kopna (80%), a najmanji dio ulja prirodno izbije u oceane na krajevima tektonskih ploča (7,7%).“<sup>2</sup>

U nastavku slijedi pregled najvećih tankerskih nezgoda koje su doprinijele razvoju sustava za reakciju na onečišćenja mora uljima i postrožile regulative vezane za sigurnost brodova.

Nesreća super tankera „Torrey Canyon“ koja se dogodila 1967. godine najveći je izljev ulja u povijesti Velike Britanije. „Torrey Canyon“ sagrađen je 1959. godine od strane NNS-a (engl. Newport News Shipbuilding), a plovio je pod liberijskom zastavom i operativom British Petroleum-a. Na svome posljednjem putovanju iz Kuwaita nasukao se na greben „Seven Stones“ na zapadnom ulazu u Engleski kanal, 18 milja zapadno od „Land's End-a“ i 8 milja južno od otoka „Scilly“. Deset dana nakon inicijalne nesreće Velika Britanija izdaje naredbu za

---

<sup>2</sup> Tihana B., i Merica S., Najveće tankerske nezgode (Stručni članak, 2006.)

uništenje broda uz pomoć bombardera koji su u akciji „Oil Buster“ izbacili preko 200 različitih bombi na brod ne bi li ga potopili. Nadalje, nakon nesreće vlada Velike Britanije je uz pomoć BP-a izlila 10.000 tona kemijskih deterdženata u more (proizvedenih od strane BP-a u njihovom postrojenju) koji su uništili mikroorganizme u moru koji bi tijekom vremena prirodnim putem razgradili ulje. Ova nesreća pokazala je sve pogreške kod pristupanja onečišćenju i loše ekološke prakse.

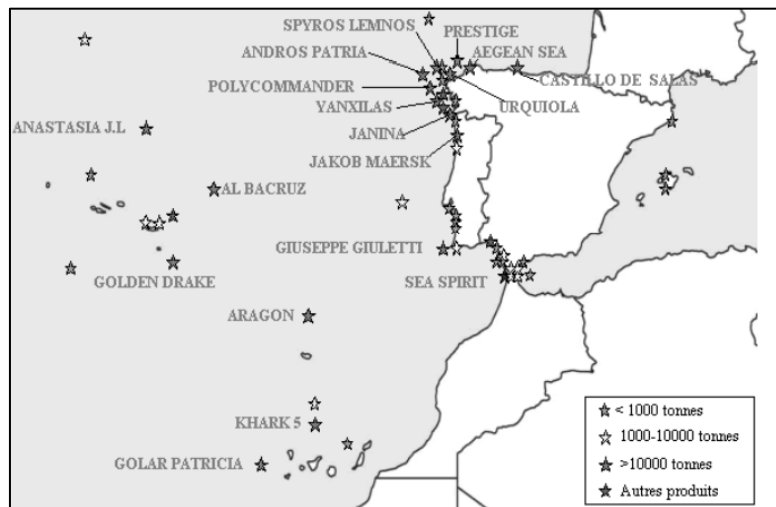
Sljedeća nesreća VLCC tankera „Amoco Cadiz“, sagrađenog 1974. godine od strane brodogradilišta „Navantia“ iz Španjolske najveća je pomorska nesreća takvog tipa do tada. Na svojem putovanju od Perzijskoga zaljeva do luke Rotterdam, nasukao se na obale Bretanje 16. veljače 1978 i potpuno na dno u tri dijela. U periodu od par tjedna ispustio je cjelokupni teret od otprilike 222.000 tona ulja u more. Ulje je u kratkom vremenu zbog olujnog nevremena formiralo ljepljivu emulziju povećavajući tako svoj volumen pet puta. Havarija „Amoco Cadiza“ uzrokovala je do tada najveći pomor morske flore i faune ikada zabilježen na svijetu. Većina morskih životinja u zahvaćenom području uginula je u roku od pola godine. Milijuni školjki, riba, muzgavaca i drugih morskih organizama nasukali su na obalu i tragično uginulo. Po nekim procjenama uginulo je također i oko 20.000 morskih ptica.

U tjesnacu princa Williama na Aljasci 1989. godine supertanker pod nazivom „Exxon Valdez“ pokušao je u navigaciji izbjeći santu leda, ali nije uspio te se nasukao na stjenovite obale „Sound Bligh“ grebena. U more se po procjenama izlilo 11 milijuna američkih galona ulja (to je konvertirano 257.000 barela, ili 38.800 metričkih tona ulja) što je po volumenu izljeva drugo najveće onečišćenje mora na području SAD-a ikad (nakon DeepWater Horizon-a). Kroz tjedan dana stvorila se uljna mrlja koja se u nekoliko sljedećih tjedana raširila duž 2.100 km obale, djelujući razorno na dotad besprijevano čist okoliš. U narednom periodu pronađeno je 250.000 mrtvih morskih ptica, stradalo je oko 5.000 morskih vidri, 300 tuljana i 22 evidentirana kita.

Nesreća broda „Prestige“ jedan je od najvećih ekoloških incidenata u novijoj ljudskoj povijesti. Ovaj događaj iz 2002. godine školski je primjer neodgovornosti sudionika uključenih u pomorski prijevoz i katastrofalnih posljedica koje mogu prouzročiti tankerske havarije na naš okoliš.

Brod sa jednostrukom oplatom, star 26 godina u trenutku nesreće (izgrađen u Japanskom brodogradilištu „Hitachi“ 1976. godine) vijao je zastavu Bahama, a prevezio je u tankovima

77.000 tona M-100 teškog pogonskog goriva. Problemi su se pojavili kada je zbog olujnog nevremena u Biskajskom zaljevu brod počeo tonuti te se nakraju prepolovio prilikom pokušaja tegljenja u dubine Atlantika. Po procjenama se izlilo oko 62.000 tona mazuta u more. To je tada bila jedna od najvećih ekoloških i gospodarskih katastrofa koja je pogodila Španjolsku, Francusku i Portugal. U prvih tjedan dana nesreće oko 25.000 morskih ptica i ostalih organizama pronađeno je mrtvo ili ozlijeđeno kao rezultat izloženosti zagađenju, s stopom smrtnosti od oko 75 %. Ukupna procijenjena smrtnosti ptica iznosila je između 250.000 i 300.000 jedinki, pri čemu ova procjena vjerojatno čini samo donju granicu.



Slika 1 Područja najvećih tankerskih nezgoda

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/12297>

## 2.2.2. Važnosti održivog pomorskog sektora

Pitanje održivosti pomorskog sektora već se dugu niz godina postavlja na međunarodnim i nacionalnim pozornicama. Utjecaj ljudi na morski okoliš u područjima u kojima se obavljaju industrijske, socijalne ili gospodarske djelatnosti u proteklih 30 godina evidentno se povećao i sve više ostavlja traga. Način na koji mi kao civilizacija „pospremamo“ za sobom dugoročno uopće nije održivo, stoga je potreban konkretan plan kako krenuti u ljepšu budućnost za sve nas. Bitnu ulogu u oblikovanju budućnosti naših mora i okoliša u kojem se nalazimo kao i gospodarstva u kojima djelujemo imat će svijest ljudi. Ako ne dođe do radikalne promjene doći će do nepopravljivih posljedica na naše oceane i sve što se nalazi u njima. Održivost ne treba shvaćati samo kao obvezu prema budućim generacijama, već kao i priliku za postizanje ekonomske dobrobiti i očuvanje našeg doma kakvog poznajemo. Kroz pametno upravljanje

resursima, tehnološke inovacije koje će nam služiti i međusobnu suradnju možemo zajedno oblikovati bolju budućnost za sve nas i one koji dolaze.

Vlada Republike Hrvatske je 2014. godine donijela strategiju održivog pomorskog razvitka i integralne pomorske politike Republike Hrvatske za razdoblje do 2020. godine.

„Ciljevi Strategije su osnaživanje uloge pomorstva u razvoju i konkurentnosti Republike Hrvatske kroz politike i inicijative održivog rasta gospodarske aktivnosti na moru i u priobalju. Cilj je i jačanje utjecaja hrvatskog pomorskog sektora na europskom i svjetskom tržištu, vrednovanje iznimnog geografskog položaja Jadranskog mora i njegovih ekoloških značajki, kao i razvoja visokih tehnologija i usluga u pomorstvu na temeljima tradicionalnih znanja i usvojenih sposobnosti, vodeći osobitu brigu o visokoj dostupnosti učinkovitih i modernih javnih usluga u pomorstvu, zaštiti morskog okoliša i sigurnosti plovidbe.“<sup>3</sup>

Strategija postavlja niz specifičnih ciljeva koji su bili planirani do 2020. godine, a neki od najvažnijih uključuju:

1. Ostvarivanje povećanja bruto tonaže hrvatske flote za 60 % putem primjene poreznih i fiskalnih mjera,
2. Povećanje udjela pomorskog prometa u ukupnom prometu s trenutnih 22 na 24%, uz naglasak na daljnjem razvoju brodarstva,
3. Unaprjeđenje kvalitete pružanja javnih usluga za povezivanje otoka s kopnom i obrnuto, uz istovremeno smanjenje potreba za subvencioniranjem obalnog linijskog pomorskog prometa po prevezenom putniku,
4. Povećanje udjela časnika u ukupnom broju pomoraca s 64 na 70%, poticanjem razvoja i promocijom Hrvatske kao međunarodnog centra izvrsnosti za obrazovanje pomoraca.

Ideju održivog pomorskog sektora po subjektivnom viđenju možemo raščlaniti na nekoliko bitnijih poglavlja u kojima se trebaju postepeno događati promjene kako bi se u konačnici postigao željeni rezultat, a to su redom:

---

<sup>3</sup> Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture - Strategija pomorskog razvitka i integralne pomorske politike Republike Hrvatske za razdoblje od 2014. do 2020. godine

*Zaštita okoliša:* Održivi pomorski sektor smanjuje negativan utjecaj na okoliš. To uključuje smanjenje zračnog onečišćenja s brodova, sprečavanje svih vrsta onečišćenja mora uljima i kemikalijama, te očuvanje morske biološke raznolikosti kroz razne akcije i edukaciju. Očuvani ekosustavi pružaju resurse dostatne za sve ljudske potrebe na određenom području.

*Ekonomski prosperitet:* Održivost pomorskog sektora također donosi ekonomske prednosti. Pametna upravljanja resursima i energetsom učinkovitošću smanjuju troškove. Osim toga, održivi pomorski sektor podržava održivu turističku industriju i potiče ekonomski rast ljudi uz obalu.

*Sigurnost i siguran transport:* Održivost u pomorskom sektoru osigurava i pouzdan transport roba i ljudi. To je ključno za globalnu trgovinu i razmjenu dobara. Sigurnost plovidbe i niski rizik od incidenta pridonose stabilnosti i sigurnosti sektora.

*Inovacije i tehnološki napredak:* Promicanje održivosti potiče i tehnološke inovacije u pomorskom sektoru. Razvoj čistih tehnologija, kao što su ekološki prihvatljivi i besplatni energenti te učinkovitiji brodovi, pridonijet će smanjenju zagađenja i lakšem obavljanju pomorsko-poduzetničkog pothvata.

*Globalna suradnja:* Pomorski sektor je globalno povezan, a održivi pristup zahtijeva suradnju međunarodne zajednice i svih ostalih organizacija povezanih s pomorskom strukom. Kroz promišljene i kvalitetne međunarodne sporazume i standarde, održivost potiče mirnu suradnju između država.

## **2.2. POSLJEDICE I UTJECAJ IZLJEVA ULJA NA MORSKI OKOLIŠ**

Morski okoliš po definiciji uključuje sva riječna ušća, obalna pristaništa, priobalna područja i područja otvorenog mora i oceana. Morska voda kao primarni proizvođač kisika sadrži veliki spektar elemenata koji podržavaju život unutar njega. Svaka promjena ili utjecaj vanjskih faktora poput u ovom slučaju ugljikovodika ostavljaju na morski ekosustav dugotrajne posljedice. Tijekom godina mnogi autori su pokušali dati svoje razmišljanje kako najefikasnije smanjiti količinu utjecaja i veličinu posljedica na more i organizme u njemu.

„Postoji niz faktora koji određuju točnu prirodu i trajanje mogućeg utjecaja izljeva nafte u morskom okolišu. Najvažniji faktori uključuju kategoriju i količinu nafte te njezino ponašanje nakon izlijevanja; fizičke karakteristike pogođenog područja, vremenske uvjete i sezonu;

prirodu i učinkovitost operacije čišćenja; biološke i ekonomske karakteristike područja te njihovu osjetljivost na onečišćenje naftom.“<sup>4</sup>

Fizičke i kemijske komponente izlivenog ulja igraju važnu ulogu u procesu koji se naziva „starenje“ ulja (engl. Weathering). Ulja kao i svaka druga tvar prilikom dodira s morskom vodom započinju proces razgradnje koja je za veliku većinu morskih organizama toksična i u nekim slučajevima i smrtonosna. Brzina staranja ulja ovisiti će o nizu faktora koji su u korelaciji sa fizičkim i kemijskim svojstvima izlivenog ulja te biološkim procesima koji se dešavaju nakon izljeva.

Učinak izljeva ulja na morski život varira ovisno o fizičkim i kemijskim svojstvima samog ulja, kao i procesima starenja. Ključni faktori koji određuju toksični utjecaj ulja na morski ekosustav uključuju trajanje izlaganja i koncentraciju ulja u okolišu. Za odrasle jedinke riba, lignji, kozica i divlje populacije glavnih morskih organizama i biljaka, dugotrajno izlaganje ugljikovodicima nerijetko uzrokuje značajne štete.

Također, obale su mjesta gdje ulje može imati ozbiljan utjecaj na morski život. Na obalama, organizmi mogu biti fizički prekriveni i gušeni uljem, ili izloženi izravno toksičnim komponentama. Posebno su osjetljive školjke zbog njihove bliske interakcije s onečišćenim sedimentima, što vrijedi i za ribu koja se nalazi u tim područjima. Osim toga, organizmi u vodenom stupcu mora, kao što je plankton, također su podložni ozbiljnim učincima onečišćenja uljima.

Iako laboratorijska istraživanja ukazuju na toksične i potencijalno smrtonosne učinke na plankton, važno je naglasiti da stvarni utjecaj izljeva ulja na morski ekosustav ovisi o brojnim čimbenicima, uključujući vrstu ulja, količinu ispuštenog ulja, brzinu reakcije na onečišćenje i sposobnost okoliša da se sam oporavi.

Voda općenito, ali pogotovo morska je jedno od najboljih prirodnih otapala na Zemlji koji postoji. Njezina sposobnost razgrađivanja materijala na komponente te na kraju potpuna razgradnja i upijanje u okoliš prirodni je tijek svega što dođe u doticaj sa morem. Upravo iz tog razloga sve jedinke u moru postepeno se zagađuju prilikom naših onečišćenja te unose u organizam štetne tvari koje dalje prenose na svoje potomstvo. Unosom štetne tvari preko jedne

---

<sup>4</sup> Effects of oil pollution on the marine environment, ITOPIF, Technical information paper, London 2011.

jedinke u sustav koji radi u sinergiji i međusobno je ovisan, cijeli sustav posljedično postaje kontaminiran.

„Sedimentacija se događa kao rezultat nekoliko procesa koji povećavaju specifičnu težinu nafte iznad specifične težine vode. Adhezija malih količina gustoće čestica na veliku površinu može uzrokovati sedimentaciju. Isparavanje i otapanje ugljikovodika niskog molekularnog težinskog broja dovodi do povećanja specifične težine nafte i potiču njezino uranjanje u sedimente gdje će proći uglavnom bio-degradacijski proces pod uvjetom da postoje odgovarajuće razine otopljenog kisika i hranjivih tvari.“<sup>5</sup>

„Osim fizičkih i kemijskih procesa koji utječu na starenje nafte na moru, bio-degradacija je još jedan element koji igra ključnu ulogu u tom procesu. U tom smislu, mikroorganizmi koji se nalaze u morskoj vodi poput gljivica, bakterija i algi mogu napasti naftu koja se taloži na površini kao podlogu za rast, pretvarajući je kasnije u mikrobiološke stanice, ugljični dioksid i vodu.“<sup>6</sup>

U konačnici dolazimo do zaključka kako najznačajniji fizički, kemijski i biološki procesi koji se odvijaju prilikom izljeva ulja u more u jednu ruku pomažu morskom okolišu pri razgradnji ulja dok u drugu ruku odmažu u operacijama čišćenja i sanacije.

Valja naglasiti kako je morski okoliš jedan kompleksan i čudesan organizam u kojem svaka jedinka ima svoje specifično mjesto u hranidbenom lancu. Uplitanje i intervencija ljudi bilo kakve vrste nosi za sobom posljedice koje nisu još detaljno razjašnjene modernom čovjeku.

---

<sup>5</sup> P.M.J Robotham and R.A. Gill – „The Fate and Effects of Oil in Freshwater“ (1989)

<sup>6</sup> M., Atlas, and C., Hazen,- Oil Biodegradation and Bioremediation: A Tale of the Two Worst Spills in U.S. History



### **3. MEĐUNARODNA KONVENCIJA OPRC 1990**

Jedna od najvažnijih multilateralnih i bilateralnih međunarodnih konvencija koja se tiče pripreme i reakcije na onečišćenje mora uljima donesena u proteklih trideset godina je Međunarodna konvencija OPRC 1990 (engl. International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation). To je prva sveobuhvatna Konvencija koja propisuje način pripreme, reakcije i kooperacije država prilikom onečišćenja. Donesena je u Parizu 1989. godine na zahtjev Međunarodne pomorske organizacije (engl. International Maritime Organisation - IMO) i velikih industrijskih zemalja, a zaključena je u Londonu 1990. godine. S ciljem promocije međunarodne suradnje i unaprjeđenja sposobnosti država u vezi s pripravnosću i odgovorom na onečišćenja uljima donesena su poboljšanja postojećih mjera zaštite i odgovora na ove izvanredne događaje.

Potpisnici ove Konvencije među kojima je i Republika Hrvatska obavezali su se uspostaviti mjere za suočavanje s incidentima povezanim s uljnim onečišćenjima s brodova na nacionalnoj i međunarodnoj razini. Konvencija nije stupila na snagu sve do svibnja 1995. godine, a Protokol koji se tiče ostalih opasnih i štetnih tvari po morski okoliš usvojen je u konvenciju 2000. godine.

#### **3.1. PREGLED MEĐUNARODNE KONVENCIJE O PRIPRAVNOSTI, REAKCIJI I SURADNJI U SLUČAJU ONEČIŠĆENJA ULJEM IZ 1990. GODINE (OPRC 1990)**

Originalni dokument iz 1995. godine sastoji se od devetnaest poglavlja i jednog dodatka.

Ovdje ćemo se dotaknuti samo članaka konvencije koji su najviše doprinijeli razvoju sustava za pripremu i reakciju na onečišćenja mora uljima i međusobnoj suradnji između država. Propisane mjere za brodove te smjernice za efikasno i konkretno djelovanje prilikom onečišćenja, kao i kooperacija država i vlasti na nacionalnoj i međunarodnoj razini bit će objašnjene kroz zakonske regulative. Svrha ovog poglavlja je dati uvid u značaj ove Konvencije koja je unaprijedila pomorstvo i zaštitila morske ekosustave diljem svijeta.

„Dobre inicijative za prevenciju mogu značajno smanjiti rizik od onečišćenja iz brodova. Međutim, unatoč najboljim naporima, incidenti s izljevima će se neizbježno događati. Kada se to dogodi, nužno je osigurati da su uvedene učinkovite pripremne mjere koje će osigurati pravovremeni i koordinirani odgovor kako bi se ograničile negativne posljedice incidenta onečišćenja nafte i opasnih i štetnih tvari (engl. HNS - Hazardous and Noxious substances).“<sup>7</sup>

U Članku 3. ove Konvencije propisano je kako sve države potpisnice moraju zahtijevati od svojih brodova posjedovanje „Broskog plana za reakciju u slučaju onečišćenja mora uljem“. Plan mora biti odobren i napisan u skladu sa zahtjevima koje je propisao IMO-a, a nadležne nacionalne institucije sukladno praksama u zakonodavstvu mogu vršiti inspekcijske nadzore brodova. Osim brodova, takve planove moraju posjedovati i operatori obalnih/priobalnih/od obalnih jedinica te postrojenja specijalizirana za rukovanje uljem koji su pod jurisdikcijom države.

Članak 4. ove Konvencije definira obveze i prava svake države potpisnice da:

(a) Traži od kapetana brodova koji viju njihovu zastavu i drugih odgovornih osoba na brodovima te osoba koje upravljaju obalnim/priobalnim/od obalnim jedinicama pod njihovom nadležnošću da odmah prijave svaki incident na svom brodu ili obalnoj/priobalnoj/od obalnoj jedinici koji uključuje stvarno ili potencijalno ispuštanje ulja:

(i) U slučaju broda, izvješće se podnosi najbližoj priobalnoj državi.

(ii) U slučaju obalne/priobalne jedinice, izvješće se podnosi priobalnoj državi koja je nadležna za tu jedinicu.

(b) Također traže od kapetana brodova koji viju njihovu zastavu i drugih odgovornih osoba pod njihovom nadležnošću da odmah prijave svaki događaj na moru koji uključuje ispuštanje ulja ili prisutnost ulja:

(i) U slučaju broda, izvješće se podnosi najbližoj priobalnoj državi.

(ii) U slučaju obalne jedinice, izvješće se podnosi priobalnoj državi koja je nadležna za tu jedinicu.

---

<sup>7</sup> (IMO 2020)

Ova obveza ima za cilj osigurati brzu i učinkovitu komunikaciju o incidentima koji uključuju ispuštanje ulja ili prisutnost ulja, što omogućava bržu provedbu odgovarajućih mjera zaštite okoliša.

Prema članku 6. ove Konvencije svaka država potpisnica je dužna uspostaviti nacionalni sustav za brz i učinkovit odgovor na incidente povezane sa onečišćenjem mora uljima. Navedeni sustav kao minimum mora uključivati sljedeće:

(a) imenovanje:

- (i) nadležnog nacionalnog tijela ili tijela s odgovornošću za pripravnost i odgovor na onečišćenje mora uljima;
- (ii) nacionalne operativne centre ili točke kontakata koje su odgovorne za primanje i prijenos izvješća o onečišćenju mora,
- (iii) tijelo ovlašteno od strane države za pružanje pomoći kod onečišćenja mora uljima.

(b) nacionalni plan pripravnosti i odgovora na onečišćenje koji uključuje organizacijski odnos različitih tijela koja su uključena, bila ona javna ili privatna, uzimajući u obzir smjernice razvijene od strane IMO-a.

Osim toga, svaka stranka, u okviru svojih mogućnosti, ili pojedinačno ili putem bilateralne ili multilateralne suradnje i, prema potrebi, u suradnji s naftnom i pomorskom industrijom, lučkim vlastima i drugim relevantnim subjektima, uspostaviti će:

- (a) minimalnu razinu potrebne opreme za suzbijanje onečišćenja mora uljima, u skladu s rizikom uključenim u situaciju, i programe za njeno korištenje;
- (b) program vježbi tijela odgovornih za odgovor na onečišćenje mora uljima i obuku relevantnog osoblja;
- (c) detaljne planove i komunikacijske kanale za odgovor na incident onečišćenja mora uljima.

Nadalje se zahtijeva kako svaka država mora osigurati da se relevantne informacije pružaju IMO-u, izravno ili putem regionalne organizacije, u vezi s:

- (a) lokacijama, telekomunikacijskim podacima i, ako je primjenjivo, područjima odgovornosti tijela i subjekata uključenih u odgovor na onečišćenje mora uljima.

(b) informacijama o opremi za odgovor na onečišćenje i stručnosti u disciplinama vezanim uz odgovor na onečišćenje mora uljima i spašavanje na moru koja mogu biti od pomoći drugim državama te na zahtjev i svoj nacionalni plan pripravnosti i odgovora na onečišćenje.

U članku 8. ove Konvencije države se slažu surađivati izravno ili, prema potrebi, putem IMO-a ili relevantnih regionalnih organizacija ili aranžmana u promicanju i razmjeni rezultata istraživačkih i razvojnih programa koji se odnose na unaprjeđenje najnovijih dostignuća u pripravnosti i odgovoru na onečišćenje mora uljima, uključujući tehnologije i metode za nadzor, zadržavanje, oporavak, raspršivanje, čišćenje, minimalizaciju i ublažavanje učinaka onečišćenja mora uljima i obnovu okoliša. Nadalje, obavezuju se uspostaviti veze između istraživačkih institucija i nadležnih tijela za odgovor na onečišćenje. Također se potiče redovno održavanje međunarodnih simpozija o relevantnim temama te razvoj standarada za opremu.

Države potpisnice Konvencije također su usuglasile kod uzajamnog pomaganja jedna drugoj. Postignut je sporazum prema kojem će svaka država, sukladno svojim resursima i dostupnim sredstvima, sudjelovati u suradnji te pružati savjetodavne usluge, logističku i financijsku podršku drugoj državi koja se suočava s opasnošću ili bi se mogla suočiti s njom. Detalji o visini naknade za pružanje pomoći drugim državama navedeni su u dodatku.

Protokol o pripravnosti, akciji i suradnji za slučajeve nezgode onečišćenja opasnim i štetnim tvarima (engl. The Protocol on Preparedness, Response and Cooperation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances, OPRC-HNS Protokol) je protokol donesen 2000. godine kao nadogradnja na OPRC 1990.

Sam protokol slijedi načela već spomenute OPRC Konvencije i predlaže daljnji razvoj u tom području.

Slično kao kod OPRC Konvencije, države potpisnice ovog Protokola obavezuju se da će samostalno ili u suradnji s drugim državama uspostaviti mjere za sprječavanje onečišćenja mora. Osim toga, brodovi su obavezni imati plan za reakciju u hitnim situacijama u slučaju nezgoda koje uključuju opasne i štetne tvari. Protokol također propisuje praktične modele i tehnologije kod postupanja sa ovakvom vrstom onečišćenja.

### **3.2. HRVATSKA PRAVNA ZAŠTITA MORSKOG OKOLIŠA I OSTALE RELEVANTNE MEĐUNARODNE KONVENCIJE**

Kada govorimo o zaštiti morskog okoliša unutar okvira Republike Hrvatske najprije treba spomenuti Ustav Republike Hrvatske kao temeljnu osnovu. Prema Ustavu Republike Hrvatske dužnost države i svih nas je uložiti poseban napor ka očuvanju mora i morskog okoliša. Stvarnost je danas puno drugačija i velika većina ljudi uopće ne shvaća očuvanje mora i morskog okoliša kao fundamentalnu zadaću svih nas. Velika većina direktivi koje se tiču zaštite mora i morskog okoliša danas su preuzete od strane Europske Unije i ukomponirane u naše zakonodavstvo, jedan od najboljih primjera je Zakon o zaštiti okoliša.

Novim Zakonom, koji je stupio na snagu 1. siječnja 2019. godine, uspostavljena su temeljna načela zaštite morskog okoliša unutar okvira koncepta održivog razvoja. Zakon se također bavi zaštitom različitih komponenata okoliša i pruža okvir za smanjenje opterećenja okoliša. U njemu su definirani subjekti odgovorni za zaštitu okoliša, uspostavljeni su dokumenti održivog razvoja i zaštite okoliša te propisani mehanizmi praćenja stanja okoliša. Zakon također uključuje informacijski sustav za zaštitu okoliša, promiče sudjelovanje javnosti u okolišnim pitanjima i utvrđuje odgovornost za nastalu štetu na okolišu. Nadalje, zakon regulira upravni i inspeksijski nadzor u području zaštite okoliša.

U članku 2. Zakona o zaštiti okoliša Republike Hrvatske (NN 80/2013) nalaze se sljedeće direktive EU-a prenesene u nacionalne okvire Republike Hrvatske:

- „1. Direktiva 2011/92/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 13. prosinca 2011. o procjeni učinaka određenih javnih i privatnih projekata na okoliš (kodifikacija) (tekst značajan za EGP) (SL L 26, 28. 1. 2012.);
2. Direktiva 2003/35/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 26. svibnja 2003. o osiguravanju sudjelovanja javnosti u izradi određenih planova i programa koji se odnose na okoliš i o izmjeni direktiva Vijeća 85/337/EEZ i 96/61/EZ s obzirom na sudjelovanje javnosti i pristup pravosuđu (SL L 156, 25. 6. 2003.);
3. Direktiva 2001/42/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 27. lipnja 2001. o procjeni učinaka pojedinih planova i programa na okoliš (SL L 197, 21. 7. 2001.);

4. Direktiva 2010/75/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 24. studenoga 2010. o industrijskim emisijama (integrirano sprječavanje i kontrola onečišćenja) (preinačena) (tekst značajan za EGP) (SL L 334, 17. 12. 2010.);
5. Direktiva Vijeća 96/82/EZ od 9. prosinca 1996. o kontroli opasnosti od teških nesreća koje uključuju opasne tvari (SL L 10, 14. 1. 1997.);
6. Direktiva 2003/105/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2003. koja mijenja Direktivu Vijeća 96/82/EZ od 9. prosinca 1996. o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari (SL L 345, 31. 12. 2003.);
7. Direktiva 2003/4/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 28. siječnja 2003. o javnom pristupu informacijama o okolišu i stavljanju izvan snage Direktive Vijeća 90/313/EEZ (SL L 41, 14. 2. 2003.);
8. Direktiva 2004/35/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 21. travnja 2004. o odgovornosti za okoliš u pogledu sprječavanja i otklanjanja štete na okolišu (SL L 143, 30. 4. 2004.);
9. Direktiva 2008/56/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 17. lipnja 2008. o uspostavljanju okvira za djelovanje Zajednice u području politike morskog okoliša (Okvirna direktiva o morskoj strategiji) (tekst značajan za EGP) (SL L 164, 25. 6. 2008.);
10. Direktiva Komisije 2001/116/EZ od 20. prosinca 2001. o prilagodbi tehničkom napretku Direktive Vijeća 70/156/EEZ o približavanju zakona zemalja članica koji se odnose na homologaciju motornih vozila i njihovih prikolica (tekst značajan za EGP) (SL L 18, 21. 1. 2002.);
11. Direktiva 1999/94/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 13. prosinca 1999. o dostupnosti podataka za potrošače o ekonomičnosti potrošnje goriva i emisijama CO<sub>2</sub> u vezi s prodajom novih osobnih automobila (SL L 12, 18. 1. 2000.).<sup>8</sup>

Ostali zakoni unutar nacionalnog okvira Hrvatskog zakonodavstva važni za zaštitu mora i morskog okoliša su redom:

*Pomorski zakonik*, donesen 2004. godine predstavlja ključni dokument u Republici Hrvatskoj kada je u pitanju zakonodavstvo koje regulira pomorska pitanja, uključujući i naravno zaštitu morskog okoliša. Prvi je donesen 1994. godine, a danas je u potpunosti usklađen sa međunarodnim konvencijama i direktivama. Sastoji se od 13 poglavlja. U sebi sadrži propise o sprečavanju onečišćenja mora, posebno ispuštanjem štetnih tvari kao što su ulja i kemikalije.

---

<sup>8</sup> Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/2013, članak 2.)

Zakonik također uređuje postupke i lanac odgovornosti u slučaju onečišćenja mora te regulira brojna pitanja koja se odnose na gospodarske aspekte pomorstva, uključujući trgovinu, ribarstvo, luke i druge komercijalne aktivnosti na moru.

*Zakon o pomorskom dobru i lukama* (NN 158/03, 141/06) je hrvatski zakon koji regulira upravljanje i korištenje pomorskog dobra te razvoj i upravljanje lukama u Hrvatskoj. On definira što spada pod pomorsko dobro, uključujući morsko dno, plaže, otoke itd. Zakon također regulira tko i kako može koristiti određene dijelove pomorskog dobra, uključujući koncesije za izgradnju i upravljanje lukama. Postavlja zahtjeve za zaštitu okoliša u tim područjima te regulira pitanja vezana uz luke, njihovo upravljanje i proširenje. Sadrži i mehanizme nadzora i sankcije za kršenje odredbi. Na zaštitu morske obale i mora od onečišćenja, osim onečišćenja s plovniha i plutajućih objekata, primjenjuju se propisi o vodama i propisi o zaštiti okoliša.

*Zakon o vodama* (NN 66/93, 20/98, 73/00, 114/01, 25/02, 64/08) ključni je pravni okvir za zaštitu voda u Hrvatskoj. Ovaj zakon regulira kvalitetu i upotrebu površinskih i podzemnih voda, uključujući vode za piće, industriju i poljoprivredu. Također definira posebno zaštićene vodne izvore te propisuje kontrole emisija štetnih tvari u vodi. Zakon regulira organizaciju vodoopskrbe i odvodnje, nadzor kvalitete vode te propisuje kaznene mjere za prekršitelje. Ovo zakonodavstvo ključno je za očuvanje vodenih resursa i održivost vodnih ekosustava u Hrvatskoj.

*Zakon o postupnom isključivanju iz plovidbe tankera bez dvostruke oplate* (NN 48/04) je zakon u Republici Hrvatskoj koji regulira postupno isključivanje tankera koji nemaju dvostruku oplatu iz plovidbe. Ova zakonodavna mjera ima za cilj poboljšati sigurnost i zaštitu okoliša u vezi s pomorskim prijevozom ulja i drugih opasnih tvari te uskladiti regulative sa međunarodnim izvorima.

Prema ovom zakonu, tankeri koji nisu ispunjavali zahtjeve za dvostrukom oplatom postepeno su biti isključeni iz plovidbe kako bi se smanjio rizik od onečišćenja mora uljima i drugim štetnim tvarima. Zakon i detaljno propisuje uvjete, rokove i postupke za provedbu ovog isključivanja, uključujući i financijske poticaje za vlasnike tankera koji prilagode svoje brodove novim standardima.

*Zakon o Obalnoj straži* (NN 109/07) regulira organizaciju, ovlasti i djelovanje Obalne straže kao specijalizirane institucije odgovorne za nadzor i kontrolu pomorskog područja, obale

te zaštite morskog okoliša. Ovaj zakon također propisuje suradnju Obalne straže s drugim relevantnim tijelima i organizacijama kako bi se osigurala učinkovita zaštita morskog okoliša i sigurnost plovidbe u hrvatskim vodama

*Prekršajni zakon* (NN 107/07) i *Kazneni zakon* (NN 110/97, 27/98, 50/00, 129/00, 51/01, 111/03, 190/03, 105/04, 71/06, 110/07) po svojoj funkciji sankcioniraju počinitelje štete po morski okoliš.

Međunarodne konvencije već cijelo stoljeće postavljaju ljestvicu standarda u svim granama pomorske struke. Do sada donesene konvencije i pravilnici koji se tiču zaštite mora uvelike su doprinijeli samoj modernizaciji pomorstva i poboljšanju sigurnosti pomorskog prometa.

Neke od najvažnijih međunarodnih konvencija relevantne za zaštitu mora i morskog okoliša jesu:

1) **Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora naftom** (engl. The International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, OILPOL) je prvi međunarodni sporazum koji je za cilj imao sprečavanje onečišćenja mora uljima i srodnim tvarima te minimiziranje šteta uzrokovanih takvim onečišćenjem. Konvencija je usvojena kako bi se regulirala uporaba ulja i uljnih produkata u pomorskom prometu te postavila pravila za sigurno rukovanje, prijevoz i ispuštanje ulja iz brodova.

OILPOL je prvi put usvojen 1954. godine, a kasnije je dopunjen kako bi se bolje odgovorilo na rastuće izazove onečišćenja mora uljima. Konvencija propisuje standarde za gradnju i opremanje tankera, uvodi obvezne mjere za sprječavanje onečišćenja mora, te utvrđuje postupke za suzbijanje i čišćenje onečišćenja u slučaju nesreće.

OILPOL također zahtijeva suradnju između država članica kako bi se osigurala učinkovita primjena konvencije i koordinacija u slučaju onečišćenja mora uljima. Ova Konvencija je važan instrument za zaštitu morskog okoliša i očuvanje ekosustava mora od potencijalno katastrofalnih posljedica koje za sobom donosi onečišćenje.

Osim navedenog, Konvencija je od država potpisnica zatražila poduzimanje mjera u poticanju organizacije postrojenja i sredstava za prihvata zauljenih voda i otpadnog materijala s brodova te obvezu vođenja dnevnika o prijevozu ulja i njenih prerađevina. Konvencija je mijenjana i



dopunjavana 1962., 1966., 1969., 1971. i 1973. godine kada je zamijenjena MARPOL konvencijom.

2) **Međunarodna konvencija o otvorenom moru** (engl. Geneva Convention of the Open Sea, 1958.) usvojena je 1958. godine kako bi regulirala i promovirala slobodu plovidbe i zračne navigacije na otvorenim morima. Ova konvencija imala je za cilj osigurati otvoreno i neometano korištenje međunarodnih voda, što uključuje oceane i mora koja nisu pod suverenitetom niti jedne države. Ključni elementi ove Konvencije uključuju slobodu plovidbe, zabranu suvereniteta nad otvorenim morima, slobodu istraživanja, slobodu postavljanja podmorskih kablova i cjevovoda te obvezu suradnje između država potpisnica u slučaju hitnih situacija i onečišćenja mora.

3) **Međunarodna konvencija o intervenciji na otvorenom moru u slučaju nezgode koja prouzrokuje ili bi mogla prouzročiti onečišćenje uljem** (Bruxelles, 1969.) je međunarodni sporazum usmjeren na reguliranje intervencija u slučaju onečišćenja mora uljem uslijed nezgoda na otvorenom moru. Ova konvencija usvojena je 1969. godine u Bruxellesu kako bi se osigurala brza i koordinirana reakcija na takve nezgode.

Ključne odredbe ove Konvencije uključuju obvezu država potpisnica da poduzmu sve potrebne mjere za sprječavanje, suzbijanje i minimiziranje onečišćenja uljem na otvorenom moru. Također, konvencija utvrđuje sustav obveznog osiguranja za brodove koji prevoze opasne terete, kako bi se osiguralo financijsko pokriće za intervenciju i sanaciju u slučaju nezgode.

4) **Međunarodna konvencija o građanskoj odgovornosti za štetu prouzročenu naftnim onečišćenjem** (engl. Civil Liability Convention, CLC) donesena je u Bruxellesu 1969. godine. Nesreća već spomenutog tankera „Torrey Canyon“ bila je jedan od glavnih razloga zašto se ova Konvencija dogodila. Nakon nesreće otvorilo se pitanje financijskih mogućnosti pojedinih država da konkretno djeluju na onečišćenje i adekvatno smanje njegove posljedice. Ključne odredbe CLC-a uključuju obvezu vlasnika brodova da imaju odgovarajuće osiguranje za pokriće potencijalne građanske odgovornosti za štetu prouzročenu onečišćenjem mora uljem. Osim toga, Konvencija postavlja ograničenja iznosa odgovornosti vlasnika broda, što znači da su ti iznosi ograničeni na maksimalne iznose kako bi se osiguralo financijsko pokriće za žrtve. Osim toga, donesen je i Protokol iz 1992. godine koji proširuje pokrivenost Konvencije na veći broj vrsta ulja i povećava iznose odgovornosti.

**5) Međunarodna konvencija o osnivanju međunarodnog fonda za naknadu štete uzrokovane onečišćenjem mora uljem** (Bruxelles, 1971. i Protokol iz 1992.) izdana je kao nadopuna na CLC konvenciju iz 1969. godine. Odnosi na osnivanje i upravljanje fondom za naknadu štete uzrokovanom onečišćenjem mora uljem.

Ova konvencija usvojena je kako bi se osiguralo financijsko obeštećenje za žrtve onečišćenja mora uljima koja proizlaze iz nezgoda i/ili djelovanja brodova. Ključna svrha Međunarodnog fonda za naknadu štete je pružiti financijsku pomoć za čišćenje onečišćenog mora i nadoknadu štete koja proizlazi iz takvih nezgoda.

Fond se financira putem doprinosa vlasnika brodova koji prevoze ulja i njegove proizvode. Brodovlasnici su obavezni plaćati doprinose u fond kako bi osigurali minimalna sredstva za hitnu reakciju i obeštećenje žrtava onečišćenja mora uljima.

**6) Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora izbacivanjem (potapanjem) otpadaka i drugih tvari** (London, 1972.) stupila je na snagu 1975. godine, a izmijenjena je 1978., 1980., 1981. i 1989. godine te Protokolom iz 1996. godine. Primarno je usmjerena na reguliranje i ograničavanje izbacivanja otpadaka i drugih štetnih tvari u svjetskim morima i oceanima. Njezin glavni cilj je zaštita morskog okoliša od potencijalno štetnih tvari koje se izbacuju iz brodova i drugih pomorskih objekata.

Konvencija sadrži odredbe o zabrani izbacivanja određenih tvari u more te propisuje uvjete pod kojima se drugi otpaci smiju izbacivati. Također promiče istraživanje i razvoj tehnologija za obradu i uklanjanje otpadaka kako bi se smanjio negativan utjecaj na morski ekosustav.

**7) Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova** (engl. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL, London, 1973. i Protokol 1978.) je najvažniji međunarodni dogovor o sprječavanju onečišćenja mora s brodova. Konvencija je prvotno usvojena 1973. godine u Londonu, a kasnije je dopunjena Protokolom iz 1978. godine kako bi uključila dodatne odredbe.

MARPOL je ključni međunarodni instrument za zaštitu morskog okoliša od onečišćenja uzrokovanog brodovima. Konvencija uspostavlja stroge standarde i regulacije za različite vrste onečišćenja, uključujući onečišćenje uljima, kemikalijama, otpadnim vodama, smećem s brodova i štetnim tvarima u ambalaži.

Osnovni cilj MARPOL-a je sprječavanje onečišćenja mora i očuvanje morskog okoliša, a sama Konvencija propisuje standarde za projektiranje, izgradnju i operaciju brodova kako bi se smanjilo izbacivanje štetnih tvari u more.

## 4. TEHNOLOGIJE UKLANJANJA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA

Uz sve dostupne preventivne mjere zaštite, propise, zakone i prijedloge struke mogućnost nastanka štetnog događaja na moru je sve prisutna. Kada nažalost dođe do nastanka takvih neželjenih događaja koji se dešavaju iz mnogobrojnih već spomenutih razloga potrebno je u što kraćem roku reagirati na onečišćenje, sakupiti sve relevantne podatke i primijeniti neku od tehnologija uklanjanja uljnih onečišćenja mora kako bih se pothvat smatrao učinkovitim. Povijest se pokazala kao najbolji učitelj pa je u Europi danas odgovor na onečišćenja mora uljima nacionalna odgovornost. Naime, pojavljuje se problem dostupnosti adekvatne opreme i logističke potpore kod odgovora na bilo koju veličinu onečišćenja, kako u Republici Hrvatskoj tako i u ostatku svijeta. Razvitkom tehnologije i napretkom metoda danas su se razvili različiti pristupi i oprema koja se koristi. U nastavku ćemo pregledati metode pristupa koje se danas koriste kod onečišćenja i analizirati opremu koja je dostupna na tržištu.

### 4.1. METODE PRISTUPA KOD ODGOVORA NA ONEČIŠĆENJE MORA ULJIMA

Pristup onečišćenju mora uljima ovisi o nizu faktora koji su u međusobnoj korelaciji. Odabir načina pristupanja i opreme koja će se koristiti u datom trenutku važan je za razvitak cjelokupne situacije u budućim stadijima sanacije. Svaka država danas ima razvijene vlastite postupke kod odgovora na onečišćenja koji se koriste i unificirani su pod pravnom regulativom na nacionalnoj ili međunarodnoj razini. U zadnjem desetljeću broj privatnih tvrtki koje se specijaliziraju u području opreme za reakciju na uljna onečišćenja porastao je za uočljivi postotak.

„U primjeni je veći broj postupaka mjerenja onečišćenja mora, a koriste se u skladu s prirodom onečišćenja.

Razlikuju se dvije vrste onečišćenja: prvo, onečišćenje zauljenim vodama iz brodskih sustava i drugo, elementima štetnim ili toksičnim za morske organizme. Kod onečišćenje zauljenim vodama iz brodskih sustava primjenjuju se međunarodne konvencije, te se odgovarajuća oprema mjerenja onečišćenja mora ugrađuje u brodske sustave i druga plovila. Konvencijama su propisane dopuštene koncentracije ulja u vodama koje se mogu ispuštati u more. Za razliku od ovog oblika onečišćenja, kod kojeg je situacija poprilično

jasna, a onečišćenje definirano pravnom regulativom, kod onečišćenja elementima koji mogu biti štetni ili toksični za ekosustav situacija je kompleksnija.“<sup>9</sup>

Tijekom procjene razine onečišćenja mora uljima najčešće se koriste uređaji koji se temelje na principu mjerenja intenziteta "optičkog fluoresciranja" u zauljenim vodama. Spektrometar je jedan takav uređaj koji se koristi za utvrđivanje i za analizu mora. Metoda optičke fluorescencije ima široku primjenu u ovom kontekstu i omogućuje precizno i brzo mjerenje potrebnih parametara onečišćenja.



*Slika 2 Spektrometar*

Izvor: <https://ba.esi-xrf.com/energy-dispersive-x-ray-fluorescence-spectrometer/metal-analyzer-spectrometer.html>

Svaki izljev ulja u more je drugačiji. Iako možemo učiti iz povijesnih izvora i analiza te to primjenjivati u budućnosti, raznolikost opsega, ozbiljnosti i uvjeta okoline u kojima se desilo onečišćenje gotovo se uvijek po nečemu razlikuje. Pojavljuje se potreba za kombiniranim i sveobuhvatnim pristupom koji će zadovoljiti ciljeve odgovora i svesti posljedice onečišćenja na prihvatljive granice.

---

<sup>9</sup> Dobrinić, J.: Onečišćenje mora uljima i elementima u tragovima, Pomorski zbornik, 38, 2000.

Kao što smo ranije konstatirali, prikupljanje podataka vezanih za izljev ulja i sanaciju područja potrebno je provesti u što kraćem vremenskom periodu. Pristup će ovisno o klimatskim i geografskim obilježjima, svojstvima izljeva i veličini varirati. Na temelju prikupljenih podataka o veličini, mjestu, vrsti i ozbiljnosti onečišćenja priprema se potrebna oprema te stručni ljudi koji će rukovoditi izljevom. Izljev je ponajprije potrebno lokalizirati i ograničiti mu pristup osim relevantnim osobama, a zatim na temelju podataka o vjetru, morskim strujama, valovima i drugim hidro-meteorološkim uvjetima na moru, definirati prirodni smjer kretanja uljne mrlje i procijeniti zahvaćenost područja.

Tehnologija koja će se koristiti ovisi o dostupnosti, geografskom području gdje se izljev dogodio, hidro-meteorološkim uvjetima, osposobljenosti sudionika čišćenja i financijsko-logističkim sredstvima kojima se raspolaže. Proces uklanjanja uljnih onečišćenja mora odvijati se kroz nekoliko stadija ili faza. Pod prvim stadijem podrazumijevamo uklanjanje izvora onečišćenja koji je potrebno zaustaviti i ograničiti svim raspoloživim sredstvima, zatim slijedi sprječavanje daljnje disperzije onečišćenja i konačno na kraju sama sanacija zahvaćenog dijela mora. Kod slučajnih izljeva do kojih je došlo nesmotrenim brodskim operacijama, lošom procjenom u navigaciji ili kada zakaže oprema potrebno je najprije reagirati na izvoru onečišćenja i spriječiti daljnji izljev ulja, izolirati tanker što je više moguće i potom ga korak po korak sanirati. Ako je izvor kod tankera oštećeni tank, potrebno je mjesto curenja zatvoriti, a teret prebaciti u druge, slobodne i neoštećene tankove. Zatim je potrebno brod teglenicama i tegljačima udaljiti s mjesta nesreće, ako je to moguće ili ga prebaciti u sigurnu luku gdje je moguće lokalizirati onečišćenje. Primjer broda „Prestige“ iz 2002. godine pokazao je pomorskoj struci kako ponekad nesvjesne odluke u trenutku mogu zakomplicirati situaciju dodatno. Nadalje, u skladu s prevladavajućim klimatskim obilježjima treba spriječiti daljnju disperziju i omogućiti prikupljanje izljeva. Metode i tehnologije koje se pri tome koriste najčešće su kombiniranog tipa kod kojih sudjeluju više nadležnih institucija i tvrtki o kojima će biti riječi nešto malo kasnije.

Nakon sanacije onečišćenja postavlja se pitanje gdje i kako zbrinuti uklonjeni otpadni ostatak. Velike količine prikupljenog ulja nema nikakvog smisla prebacivati u druga područja na svijetu gdje neće biti adekvatno zbrinuta ili gdje će potencijalno predstavljati novu prijetnju ljudima i okolišu, stoga je potrebna koordinacija relevantnih sudionika sanacije onečišćenja koji će se pobrinuti da uljni otpad bude zbrinut po zakonskim regulativama i etičkim načelima.

Danas postoje i alternativni pristupi skladištenju odbačenog ulja koji se primjenjuju, a jedan od njih je i reciklaža starog ulja kako bi se dobio novi proizvod spreman za upotrebu.

ISPET (engl. ISPET Petrochemical Industry And Trading Incorporation) je grupacija koja se već pola stoljeća bavi industrijskim recikliranjem otpadnog ulja s brodova. Originalno iz Turske, a danas sa sjedištem u Crnoj Gori prednjače dugi niz godina u alternativnom pristupu otpadnim uljima od kojih rade bazna ulja i bitumen. Po svojim karakteristikama tako dobivena ulja bolja su od trenutno dostupnih ulja na tržištu, što je teško za povjerovati. Ovakav način ne samo da potiče svjesno odlaganje otpada već aktivno doprinosi poboljšanju pomorske industrije u cijelosti.



*Slika 3 Usluge gospodarenja otpadom koje pruža tvrtka SAVECO*

*Izvor:* <https://www.saveco.me/index.asp>

## 4.2. OPREMA ZA MINIMALIZACIJU I SANACIJU ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA

Kada ne postoji mogućnost prirodnog oporavka onečišćenog okoliša primjenjuje se oprema za minimalizaciju i sanaciju onečišćenja. Kod izljeva nisko viskoznih ugljikovodika koji su pretežito lako hlapljive prerađevine poput benzina i benzena koristi se metoda prirodnog oporavka. Ulje se ostavlja na zatečenom mjestu kako bi se prirodnim putem razgradilo na atome i bilo upijeno u okoliš. Ovakav pristup nije svaki put moguć pa se kod težih frakcija ulja najčešće koristi različita oprema ili njihova kombinacija.

U pogledu opreme koja se koristi kod uklanjanja onečišćenja mora možemo pristupiti onečišćenju mora uljima sa dva različita stajališta, ali s jednakim krajnjim ciljem:

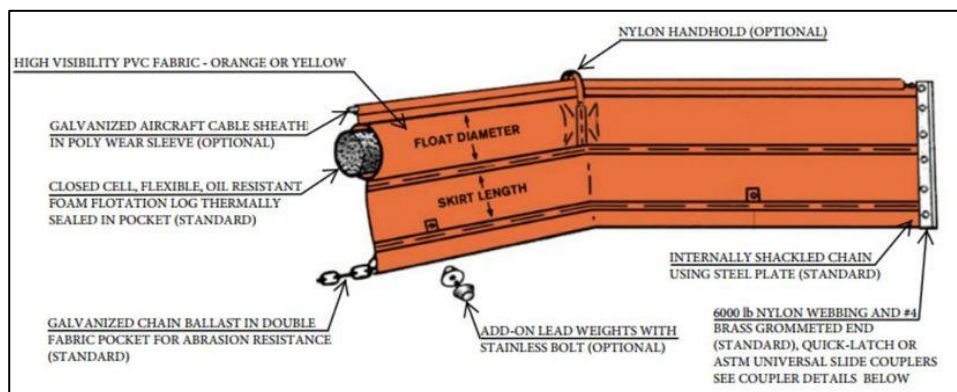
- izolacija i uklanjanje i
- poticanje prirodne disperzije ulja.

U nastavku ovoga poglavlja analizirat ćemo pobliže opremu koja se koristi za minimalizaciju i uklanjanje uljnog onečišćenja mora u korelaciji s dva prethodno navedena pristupa:

- plutajuće brane i skimmeri,
- paljenje površinskog ulja i
- upotreba disperzanata.

### 4.2.1. Plutajuće brane i skimmeri

Plutajuće brane i skimmeri su danas daleko najupotrebljivija oprema koja se koristi prilikom izolacije i uklanjanja onečišćenja. Funkcija samih plutajućih brana je ograničavanje onečišćenog područja i sprječavanje daljnjeg širenja ulja, a funkcija skimmera se zasniva na prikupljanju otpadnog ulja. Ove dvije vrste opreme obično se koriste u paru što bi u prijevodu značilo da plutajuće brane pružaju lokalizirano područje u kojem skimmeri mogu operirati dok sami skimmeri isto to ulje prikupljaju i privremeno skladište. Najveća prednost ovakve opreme kod uklanjanja onečišćenja je u tome što se ne uzrokuje dodatno zagađenje okoliša kao kod ostalih metoda, a najveći nedostatak taj što se tehnički ne mogu obraditi velike količine ulja.



Slika 4 Izgled i dijelovi plutajuće brane

Izvor: <https://luveti.hr/proizvod/troilboom-gp/>

Danas na tržištu postoji više vrsta plutajućih brana koje se upotrebljavaju. U branama se kao uzgonski materijal najčešće koristi stiropor, pjena, zrak ili drugi materijali za održavanje brana na površini mora kako se ulje ne bi prelijevalo preko. Isto tako brane moraju posjedovati dovoljnu stabilnost konstrukcije i spriječiti bilo kakvo prodiranje ulja ispod brane, to se postiže korištenjem balastnog lanca (engl. ballast chain) i zavjese ispod površine mora.



Slika 5 Upotreba kombinacije plutajuće brane i skimmera

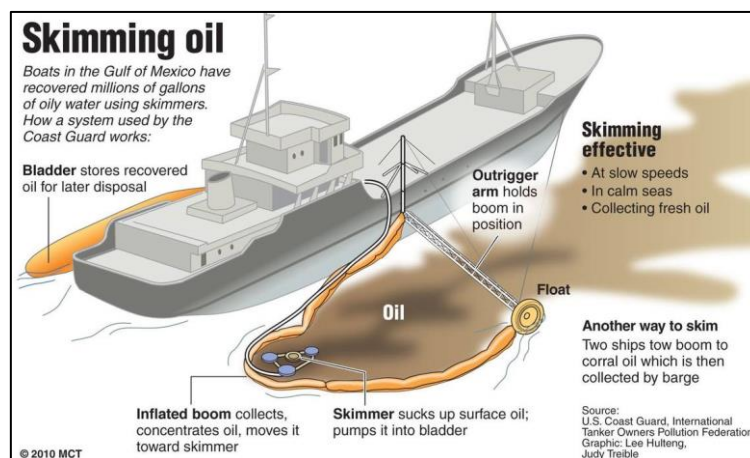
Izvor: <https://www.abasco.com/boomomega.html>

Pod pojmom „skimmer“ podrazumijevamo različitu mehaničku opremu koja se koristi za fizičko uklanjanje plutajućih onečišćenja s površine mora. Danas razlikujemo najčešće tri vrste koje su u širokoj upotrebi.



Prvi su dizajnirani na načina da koriste transportnu traku, disk ili remen postavljen za prijenos izlivenog ulja u spremnik gdje se otpadno ulje prikuplja radi obrade i privremenog skladištenja, poznatiji su i kao oleofilni skimeri. Ova vrsta skimera ima veliku učinkovitost kod onečišćenja sa znatnom količinom krutih tvari na površini mora.

Druga vrsta pak koristi usis poput usisavača kako bi uklonile izliveni materijal (usisni skimeri), dok neke vrste koriste gravitaciju kako bi sakupili ulja u podvodne spremnike. Skimeri su općenito najučinkovitiji na mirnom moru, vrsta i odabir koji će se primjenjivati u datom trenutku ovisi o veličini izljeva, prevladavajućim uvjetima i vrsti ulja koje je onečistilo more.



Slika 6 Način prikupljanja ulja uz pomoć skimmera i plutajućih brana

Izvor: <https://www.cleanupoil.com/oil-skimmer/>

#### 4.2.2. Paljenje površinskog ulja

Paljenje ulja (engl. ISB, in-situ burning) je jedna od najstarijih metoda brzog uklanjanja površinskog onečišćenja mora. To je tehnika koja se danas ponekad koristi kao odgovor na izlivanje ulja u more. Spaljivanje uključuje kontrolirano sagorijevanje ulja koje se izlilo iz broda ili postrojenja na mjestu izlivanja.

Kada se pravilno provodi, spaljivanje značajno smanjuje količinu ulja na površini i minimizira negativan utjecaj na okoliš.

Kao i kod kombinacije brana i skimera kod primjene ovakvog načina otklanjanja onečišćenja koriste se vatrootporne brane u kojima se sakuplja uljni otpad. Vatrootporne brane koje se danas koriste najčešće su napravljene od keramičkih materijala koji ne podržavaju gorenje.

„Na otvorenom moru, ISB spaljivanje obično se provodi pomoću dvaju brodova koji vuku vatrootpornu branu u obliku slova U. Otvoreni dio slova U manevrira se kroz naftnu mrlju i tako prikuplja se "cijela brana" ulja. Brana se zatim vuče dalje od glavne mrlje nafte i pali. Tijekom spaljivanja, prikupljeno ulje polako napreduje kako bi se osiguralo da se mrlja koncentrira na stražnjem dijelu održavajući maksimalnu debljinu površinskog sloja. Nakon što se mrlja spali, postupak se može ponoviti koliko god je puta izvedivo.“<sup>10</sup>

Iako postoje određeni nedostaci, tvrtke diljem svijeta razvijaju nove tehnologije i materijale koji se koriste kod ovakvih situacija. Jedna od najpoznatijih takvih tvrtki je ELASTEC, američka tvrtka koja je specijalizirana u pružanju usluga i opreme vezane za spaljivanje ulja na površini mora.

„The Hydro-Fire Boom“ je napuhani sustav brana s vodom za hlađenje koji je dizajniran za operacije in-situ spaljivanja (ISB) tijekom odgovora na onečišćenje uljima. Elastecov „Hydro-Fire Boom“ drži i „Guinness World Records“ titulu za "Najduže neprekidno spaljivanje naftnog onečišćenja na moru," koje se dogodilo tijekom incidenta „Deepwater Horizon“ u Meksičkom zaljevu.“



*Slika 7 Spaljivanje ulja na morskoj površini*

Izvor: <https://www.elastec.com/products/floating-boom-barriers/fire-resistant-oil-boom/american-fireboom/>

<sup>10</sup> Oil Spill - Behavior, Response and Planning, 1997.

#### 4.2.3. Upotreba disperzanata

Pri izljevu ulja u more, kad nije dostupna ili moguća niti jedna od mehaničkih metoda uklanjanja ulja s površine mora koriste se disperzanti.

Disperzanti su kemikalije koje ubrzavaju prirodni proces disperzije ulja kada dođe u doticaj s morskom vodom. Kao što je i ranije spomenuto, prirodna disperzija ulja nastaje kada valovi i energija mora na morskoj površini razbijaju mrlju ulja u sitne kapljice, koje se onda posljedično raspršuje u vodenom stupcu na manje komponente.

„Disperzanti se obično koriste na otvorenim morima kad su sakupljači i brane nedjelotvorni, a ne preporučuje se njihova uporaba u plitkim morima i u blizini obala.

Učinkovitost im ovisi o:

- sastavu ulja (lakša se ulja lakše disperziraju),
- metodi i količini primijenjenog disperzanta,
- stanju okoliša (salinitet, temperatura, stanje mora).

Kad se radi na odgovarajući način, uporaba disperzanata može biti učinkovit odgovor na izliveno ulje. Najučinkovitije djeluju neposredno nakon izljeva, prije no što ishlape najlakše uljne komponente.“<sup>11</sup>

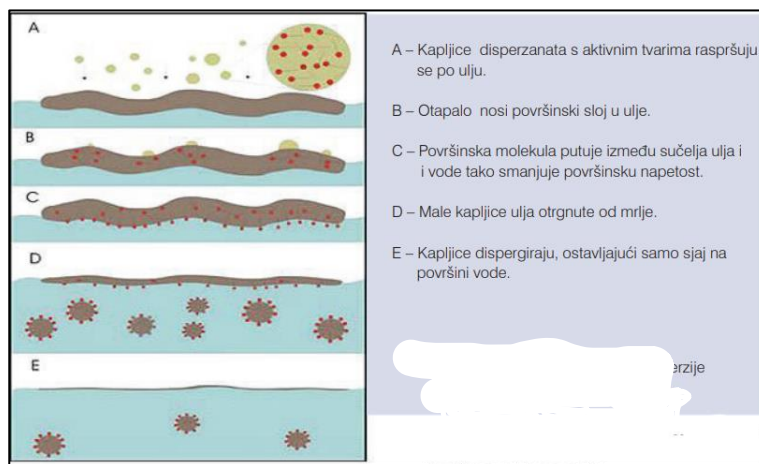
Disperzanti su sastavljeni od dvije osnovne komponente: površinskog sloja i otapala. Površinski sloj se sastoji od dijela koji privlači ulje i dijela koji privlači vodu. Kada se raspršuju na uljnu mrlju, otapala djeluju na površinski sloj, razdvajajući molekule ulja od molekula vode. Ovaj postupak rezultira smanjenjem površinske napetosti i omogućuje manjim kapljicama ulja da se odvoje od glavne mrlje pod utjecajem mora. Ako se disperzija uspješno izvede, može se primijetiti postepeno širenje smeđe pjenice po površini mora.

Danas je uobičajeno primjenjivati disperzante uz pomoć brodova opremljenih prskalicama. U klasičnom sustavu ručnog prskanja, disperzant se crpi iz spremnika pomoću crpki i potom se raspršuje putem više mlaznica. Mlaznice mogu biti montirane na brodu kao prijenosni uređaji ili fiksirane na brodu, a sustavi mogu koristiti morsku vodu za razrjeđivanje disperzanta, iako to nije nužno. Prskalice su obično postavljene na pramcu broda kako bi se izbjeglo ometanje djelovanjem pramčanog vala. Također, na brodu može biti instalirano više prskalica kako bi se

---

<sup>11</sup> K., Raić, Uporaba disperzanata za uklanjanje uljnog onečišćenja, (Naše more 2011.)

brže i učinkovitije tretirale uljne mrlje. Ovakva metoda omogućuje optimalno uklanjanje ulja iz mora.



Slika 8 Djelovanje kemijske disperzije

Izvor: <http://www.itopf.com/spill-response/clean-upand-response/dispersants/index.html>

## 5. SUSTAVI ZA REAKCIJU NA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA SA NAGLASKOM NA REPUBLIKU HRVATSKU

Pod pojmom sustavi za reakciju na uljna onečišćenja podrazumijevamo infrastrukturu, tehnologiju, ljudske i organizacijske procese te planove postupanja koji se koriste za brzu i učinkovitu reakciju na incidente povezane s onečišćenjem mora uljem. To uključuje različite komponente sustava i resurse dizajnirane za sprječavanje, kontrolu, i sanaciju šteta uzrokovanih izlivanjem ulja u morske ekosustave. Kao što smo i ranije definirali danas su razvijeni moderni sustavi za reakciju na uljna onečišćenja koji svakim danom sve više napreduju, te zbog velikih međunarodnih napora u proteklih pola stoljeća naveliko potiču prevenciju nastanka i provedbu pravovremenih odgovora na onečišćenja mora uljima. Određene komponente sustava koje se danas koriste na međunarodnoj razini, a doprinose smanjenju ovakvih neželjenih događaja ukomponirane su u nacionalno zakonodavstvo. Da bismo bolje razumjeli kako ovi sustavi funkcioniraju, prvo smo pregledali relevantne međunarodne konvencije i zakonodavne okvire RH koji reguliraju sprječavanje onečišćenja mora uljima s brodova i kopna, zatim smo analizirali dostupne metode i opremu kod intervencije na samo onečišćenje te ćemo se slijedno tome u nastavku pozabaviti izgledom jednog takvog sustava u Republici Hrvatskoj i od čega se on sve sastoji.

## **5.1. PLAN INTERVENCIJE NA IZVANREDNA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Kada smo ranije govorili o pravnim okvirima zaštite morskog okoliša koji se tiču Republike Hrvatske nismo spomenuli „Konvenciju o zaštiti Sredozemnog mora od zagađivanja“ i njen „Protokol o suradnji na zaštiti Sredozemnog mora od zagađivanja uljem i drugim štetnim tvarima“. Naime upravo je navedena konvencija „natjerala“ nacionalno zakonodavstvo da donese prvi državni „Plan intervencije kod izvanrednog onečišćenja mora uljima i ostalim štetnim tvarima“.

„Temeljem odluka iz Konvencije o zaštiti Sredozemnog mora od zagađivanja i njenog Protokola o suradnji na zaštiti Sredozemnog mora od zagađivanja uljem i drugim štetnim tvarima, Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 16. rujna 1993. godine donijela državni Plan intervencija kod iznenadnog onečišćenja mora u Republici Hrvatskoj, koji je izmijenjen 1997. godine (NN 8/97). Slijedom gore navedenih dokumenata, Republika Hrvatska izradila je i Državni plan za zaštitu voda (NN 8/99.) koji je prihvaćen 26. 01. 1999. godine. Državni plan za zaštitu voda obvezuje sve fizičke i pravne osobe koje svojom djelatnošću mogu izazvati iznenadno onečišćenje površinskih i podzemnih voda ili onečišćenje mora s kopna, te pravne osobe, koje obavljaju djelatnost odvodnje otpadnih voda, da izrade svoje operativne planove.“<sup>12</sup>

Navedeni Plan intervencije primjenjuje se na sve morske prostore, dno i podmorje Republike Hrvatske te unutarnje morske vode, teritorijalno more i ZERP.

Plan primarno služi kao temeljna osnova za postupanje u slučajevima neočekivanog onečišćenja mora (NN 92/08), koje može uključivati sljedeće situacije:

- Onečišćenje uljem ili smjesom ulja u količini većoj od 2.000 kubičnih metara. U ovom kontekstu, ulje obuhvaća različite ugljikovodike, kao što su mineralna ulja, sirova nafta, tekuća goriva i talog otpadnih ulja iz Priloga I MARPOL-a, bez obzira na to jesu li prevoženi kao teret ili kao gorivo i maziva.

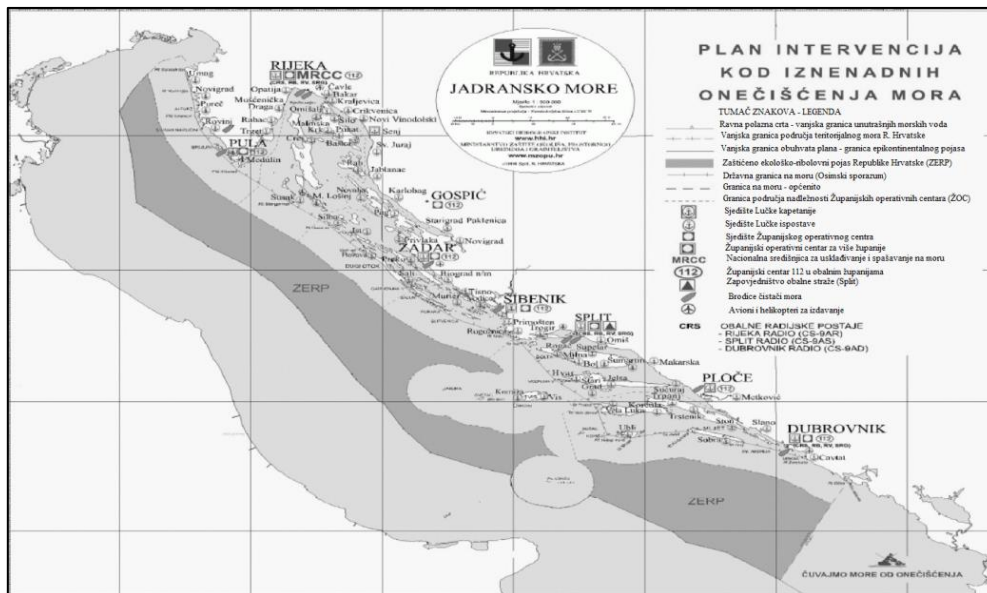
---

<sup>12</sup> F., Giacometti - Planovi intervencije u slučaju iznenadnog onečišćenja mora s broda i s kopna (Stručni članak 2006.)

- Onečišćenje opasnim i štetnim tvarima, pri čemu se opasne i štetne tvari definiraju kao sve tvari osim ulja koje, ako se ispuštaju u morski okoliš, mogu predstavljati opasnost za ljudsko zdravlje, prouzročiti štetu morskom okolišu, utjecati na privlačnost morskog okoliša ili ometati druge dopuštene načine korištenja mora.
- Pojava iznenadnih prirodnih događaja, pri čemu su takvi događaji brze pojave koje proizlaze iz prekomjernog razmnožavanja određenih organizama u moru, kao što su alge i meduze.

Plan sadrži sedam priloga.

Prvi prilog Plana intervencije predstavlja dijagramski prikaz aktivnosti koje se provode tijekom izvršenja Plana, obuhvaćajući korake od trenutka obavještanja do završetka operacije. Prilog II sadrži popis vrsta ulja, dok su Prilozi III i IV namijenjeni prikazu dopuštenih disperzanata u Republici Hrvatskoj i drugim zemljama Europske unije, zajedno s uputama o njihovoj primjeni. Prilozi V i VI fokusiraju se na zaštićena područja i regije gdje se obavlja marikultura. Konačno, Prilog VII daje pregled štetnih i opasnih tvari koje su obuhvaćene ovim Planom.



Slika 9 Karta „Plana intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora“ u RH

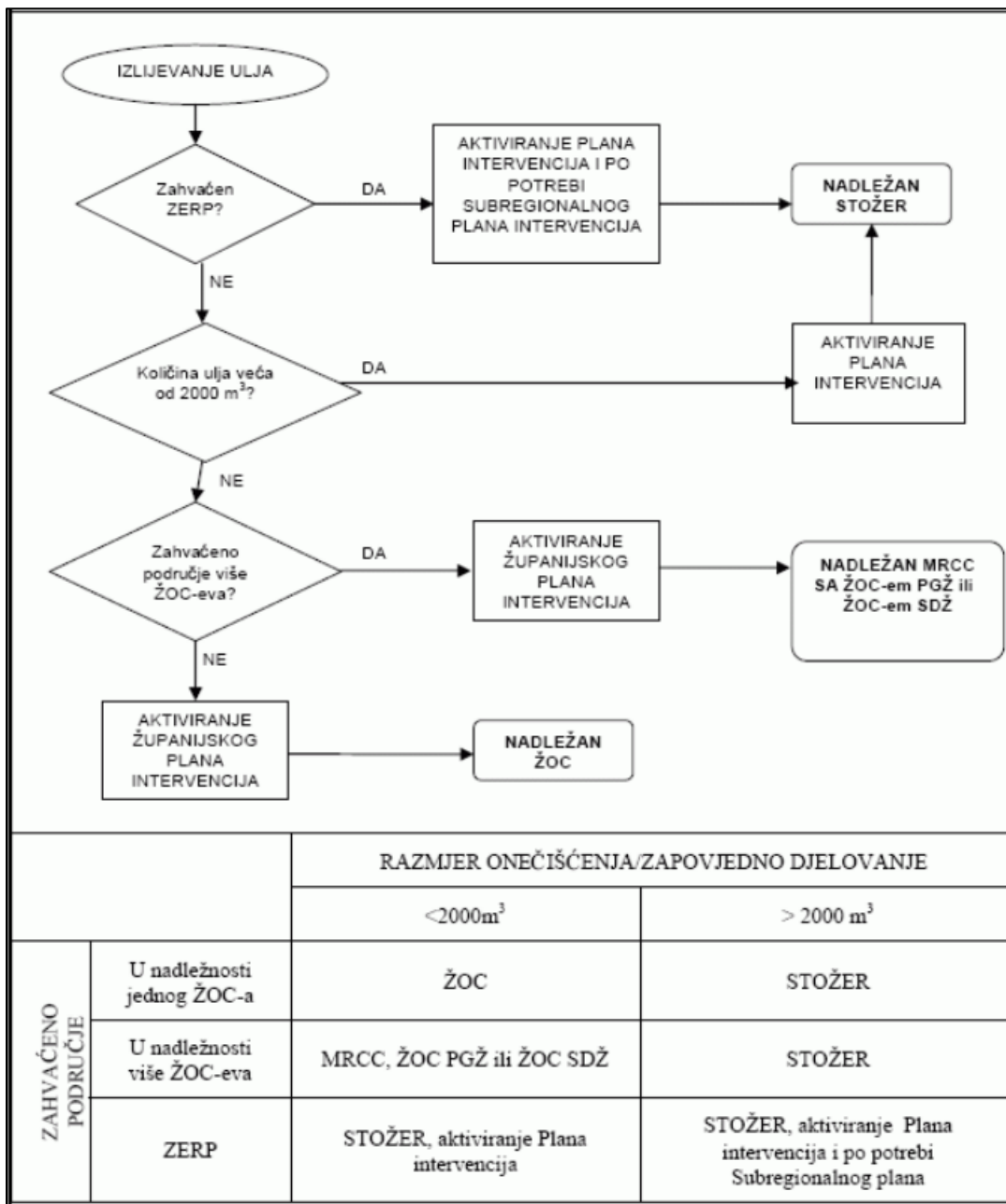
Izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_08\\_92\\_2926.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_08_92_2926.html)

### 5.1.2. Subjekti Plana intervencije na području Republike Hrvatske

U okviru provedbe Plana intervencija na području Republike Hrvatske, ključni sudionici su redom:

1. **Stožer za provedbu Plana intervencija:** Ovo tijelo odgovorno je za sprovođenje preventivnih postupaka, mjera ograničenja, te za osiguranje spremnosti za brze reakcije prema Planu intervencija i Subregionalnom planu. Zadaci Stožera uključuju donošenje odluka o aktiviranju Planova intervencija, koordinaciju s Nacionalnom središnjicom za usklađivanje traganja i spašavanja na moru (MRCC), te nadgledanje operativnih aktivnosti prema Planu intervencija.
2. **Nacionalna središnjica za usklađivanje traganja i spašavanja na moru (MRCC):** MRCC koordinira aktivnosti Stožera i Županijskih operativnih centara (ŽOC) u slučaju iznenadnog onečišćenja mora u Republici Hrvatskoj. Isto tako odlučuje o koordinaciji u slučajevima gdje onečišćenje ima potencijalnu opasnost za morski okoliš, ljudsko zdravlje ili gospodarstvo u područjima koja se protežu izvan mogućnosti djelovanja pojedinih ŽOC-eva.
3. **Županijski operativni centar (ŽOC):** Županijski operativni centar je odgovoran za provedbu postupaka i mjera predviđenih županijskim planovima intervencija. Aktivno sudjeluje u provedbi Planova intervencija i Subregionalnog plana te donosi odluke o načinima uklanjanja onečišćenja i uporabi disperzanata.
4. **Inspektori nadležnih lučkih kapetanija i inspektori zaštite okoliša:** Nadziru operativne aktivnosti prema županijskim planovima intervencija na terenu, posebice na mjestima onečišćenja. Osiguravaju sukladnost s postupcima i mjerama te zakonskim regulativama koje se tiču zaštite morskog okoliša.

Dodatni sudionici u provedbi Plana intervencija su kompetentne pravne i fizičke osobe koje posjeduju potrebnu stručnost i tehničku opremu za sanaciju šteta prouzročenih iznenadnim onečišćenjem mora. Ovi sudionici su prethodno registrirani u skladu s relevantnim zakonima i propisima, a također su ovlašteni za upravljanje opasnim otpadom i imaju suglasnost za praćenje stanja morskog okoliša. U situacijama kada je onečišćenje doseglo obalna područja, Civilna zaštita može biti mobilizirana prema nalogu Stožera i ŽOC-a. Također u određenim situacijama, volonteri mogu biti uključeni u operacije čišćenja.



Slika 10 Shema aktiviranja Stožera i ŽOC-eva na teritoriju RH

Izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2008\\_08\\_92\\_2926.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2008_08_92_2926.html)



### **5.1.3. Postupci i mjere predviđene Planom intervencije kod onečišćenja mora uljima**

Plan intervencije sam po sebi obuhvaća niz preventivnih mjera i postupaka usmjerenih na sprječavanje i suzbijanje onečišćenja mora. U nastavku slijedi popis mjera i slijed događaja kod izvanrednog onečišćenja u Republici Hrvatskoj.

Preventivne mjere po Planu uključuju praćenje stanja morskog okoliša, upravljanje osjetljivim morskim područjima, nadzor pomorskog prometa te osiguranje potrebnih sredstava i službi za sprečavanje onečišćenja mora. Također, provodi se analiza rizika i osjetljivosti područja obuhvaćenih Planom.

U svrhu nadzora pomorskog prometa koriste se sustavi kao što su ADRIREP (Sustav obveznog javljanja brodova u Jadranskom moru) i AIS (Automatski identifikacijski sustav). Interventne mjere uključuju identifikaciju, smanjenje i sanaciju opasnosti od onečišćenja mora. Ovdje se koriste podaci iz navedenih sustava te se poduzimaju odgovarajuće mjere za minimiziranje rizika.

Plan sadrži specifične postupke za različite vrste onečišćenja, kao što su izljevanje ulja, opasne tvari i reakcija na izvanredne prirodne događaje. Zapovjednik Stožera ili zapovjednik ŽOC-a donosi odluke o izviđanju i praćenju širenja onečišćenja, koristeći zrakoplovne i pomorske resurse prema potrebi.

Tijekom prvotnog očevida na mjestu onečišćenja, predstavnik ovlaštenog laboratorija obavlja uzorkovanje morske vode. Ovaj postupak provodi se uz poštivanje sigurnosnih mjera i uz prisustvo inspektora nadležne lučke kapetanije.

Na temelju informacija dobivenih iz izviđanja, procjene situacije i očevida, te uz korištenje meteoroloških podataka, informacija o morskim strujama te karakteristika i obujma izlivenog ulja i/ili smjesa ulja, zapovjednik Stožera ili zapovjednik ŽOC-a donosi odluku o potrebnim koracima za sanaciju onečišćenja mora.

Proces uklanjanja ulja i/ili smjesa ulja provodi se prema sljedećem redosljedju na temelju naredbe zapovjednika Stožera ili zapovjednika ŽOC-a:

1. Uklanjanje izvora onečišćenja.
2. Sprječavanje širenja ulja i/ili smjesa ulja.
3. Skupljanje izlivenog ulja i/ili smjesa ulja.
4. Po potrebi, primjena kemijske obrade (uporaba disperzanata) izlivenog ulja i/ili smjesa ulja.
5. Uklanjanje onečišćenja morske obale.
6. Zbrinjavanje sakupljenog opasnog otpada.

U slučaju da nije moguće mehanički ukloniti onečišćenje uljem i/ili smjesom ulja, dopuštena je uporaba disperzanata prema shemi propisanoj u Prilogu III. Plana intervencija.

Međutim, važno je napomenuti da uporaba disperzanata nije dopuštena u sljedećim situacijama:

- U zaštićenim prirodnim područjima, čiji je popis naveden u Prilogu V. Planu intervencija.
- U zonama uzgajališta marikulture, koje su navedene u Prilogu VI. Planu intervencija.
- U zonama gdje se odvija mrijest riba.
- Na područjima gdje postoji mogućnost povratka morske vode u slatkovodne tokove uslijed utjecaja plime, vjetrova ili niskih vodostaja u rijekama.

U situaciji kada dođe do onečišćenja morske obale uljem i/ili smjesom ulja, zapovjednik Stožera ili zapovjednik ŽOC-a donosi odluku o postupku i obimu intervencije. Ova odluka uzima u obzir sljedeće faktore:

- Karakteristike i tip morske obale.
- Ekološku osjetljivost teritorija i biološke karakteristike okoline.
- Količinu i tip ulja i/ili smjese ulja prisutne na obali.
- Vremenske i hidrometeorološke uvjete, uključujući i godišnje doba.
- Dostupnu infrastrukturu na obali i mogućnost zbrinjavanja opasnog otpada.
- Proteklo vrijeme od trenutka onečišćenja mora.
- Potencijalne ekološke i ekonomske štete uzrokovane kemijskim uklanjanjem ulja i/ili smjese ulja.

## 6. PISCES II SIMULACIJSKI SUSTAV

PISCES (engl. Potential Incident Simulation and Control Evaluation System) je simulacijski sustav koji se koristi za praćenje stvarnih pomorskih situacija u realnom vremenu putem RADAR-a (engl. Radio Detection and Ranging) i AIS prijavnika na brodovima. Primarna mu je namjena pružanje simulacijskih vježbi za hitne situacije povezane s onečišćenjem mora, a trenutno se temelji na obuci pomoraca i studenata kako bi se poboljšalo pomorsko obrazovanje, zaštita okoliša i sigurnost na moru.

Originalno je namijenjen i razvijen za Obalnu stražu Sjedinjenih Američkih država kao unaprjeđenje „Simulacijskog i kontrolnog sustava za odgovor na izvanredne incidente“ u SAD-u.

PISCES je razvijen i instaliran od strane dobro poznate tvrtke „Transas Marine“ 1998. godine i trenutno se koristi za vježbe na dvije lokacije, uključujući „Nacionalni centar za kontrolu snaga i brzu reakciju“ u Elizabeth Cityju, Sjeverna Karolina, i „Rezervni trening centar“ u Yorktownu, Virginia. Prema novom planu i potpisanom ugovoru, Transas Marine će nadograditi postojeći PISCES softver tako da uključuje dodatne funkcionalnosti dostupne u trenutačnoj verziji „Transas OilGuard 2000“. Također je dogovoreno da će se u kasnijoj fazi projekta novi PISCES II softver integrirati u višenamjenski sustav za upravljanje krizama, koji će također biti isporučen od strane iste tvrtke.

„OilGuard 2000“ je simulacijski sustav dizajniran za vježbe stvarnih situacija i odgovor iz zapovjednog centra. Pruža simulaciju izlivanja nafte i ljudskog odgovora. Sustav uključuje matematički model izlivanja nafte, elektronički kartografski sustav, softver za simulaciju, bazu podataka o resursima za odgovor i alate za analizu. Transas Marine navodi da će njihov sustav za upravljanje krizama (trenutačno u razvoju) uključivati rješenja dizajnirana za pokrivanje pitanja pomorske i okolišne sigurnosti poput prognoze i simulacije izlivanja nafte, prognoze kemijskog onečišćenja, upravljanja pomorskim hitnim situacijama i upravljanja nuklearnim katastrofama.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> (MOTORSHIP 2001.)

Danas se PISCES II isključivo koristi za obuku kadra i budućih profesionalaca u ovoj domeni pomorske industrije. Također se koristi za testiranje i/ili razvoj odgovarajućih planova odgovora na području onečišćenja te za poboljšanje timskog rada i donošenja odluka.

## 6.1. MODELIRANJE ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA

Danas su na tržištu dostupni raznovrsni modeli koji se koriste u svrhu predviđanja kretanja i ponašanja ulja nakon izljeva u more. U tu svrhu koriste se računalni softveri temeljeni na matematičkim modelima koji vjerodostojno simuliraju unesene parametre. Na temelju takvih modela u budućnosti se mogu donijeti zaključci o strateškim postupcima i mjerama koje treba primijeniti u stvarnom svijetu kako bi u slučaju izljeva ulja u more reakcija bila što brža i efikasnija.

Modeli izlijevanja ulja su alati koji omogućavaju predviđanje širenja nafte nakon izlijevanja, procjenu vremena potrebnog da ulje dosegne određene lokacije te analizu stanja uljne mrlje kada stigne na predviđena mjesta. Ovi modeli koriste različite metode, uključujući jednostavne vektorske proračune, ali i kompleksne računalne modele koji uzimaju u obzir trodimenzionalno kretanje i distribuciju, uključujući i promjene svojstava ulja tijekom starenja.

„Za modeliranje nafte najvažniji ulazni parametri uključuju vrstu i količinu prolivene nafte, zajedno s brzinom ispuštanja. Ključni ulazni podatci o okolišu za predviđanje putanje i procjena vremena su stvari koje zahtijevaju točnost poput podataka o vjetrovima strujama i valovima u širem području izlijevanja nafte. Procjena stanja uljne mrlje pri dolasku na određeno područje je pitanje koje zahtjeva razumijevanje i pouzdane algoritme trošenja ulja u procesima.“<sup>14</sup>

„Vlasti mogu koristiti modele izlijevanja nafte za planiranje u nepredviđenim okolnostima i kao hitni odgovor na krizu koja dolazi zbog slučajnog ispuštanja ulja. Takvo planiranje u kombinaciji s modelom izlijevanja može dovesti do dubljeg razumijevanja učinka nafte i procese trošenja nafte kako na površini tako i u dubini, te tako doći do poboljšanih metoda za praćenje i čišćenje.“<sup>15</sup>

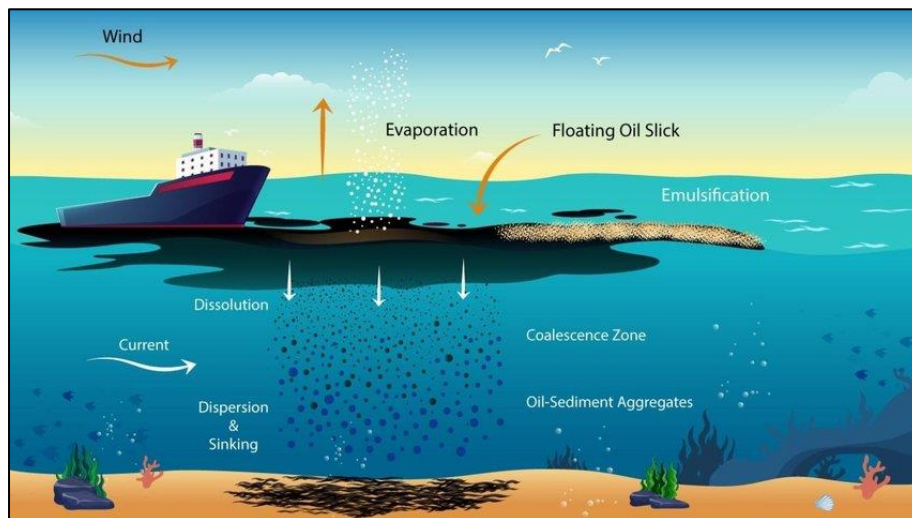
---

<sup>14</sup> E., Caro - Primjena računalnih programa za simulaciju kretanja uljnog onečišćenja, 2022

<sup>15</sup> Karamea P., Spanoudaki K., Zodiatis G., Gikas G., Sylaios G., 2021. Oil spill modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives, and Challenges., Laboratory of Ecological Engineering and Technology., Xanthi, Grčka)

„Moderni modeli kombiniraju najnovije informacije o ulju kako bi odredili gdje će se ulje širiti i u kakvom stanju će biti kada dođe na određenu lokaciju. Modeli se naširoko koriste za planiranje u nepredviđenim okolnostima gdje mogu biti osobito korisni donositeljima odluka. Modeliranjem niza najvjerojatnijih scenarija izlivanja ulja mogu se donijeti odluke o odgovarajućim mjerama odgovora i strateškim lokacijama za skladištenje opreme i materijala. Lokacije za koje se pokazalo da su najranjivije mogu se identificirati, logistika reakcije na tim lokacijama proučena i oprema za odgovor postavljena u skladu s tim.“<sup>16</sup>

Kao i sva pomagala u pomorskom sektoru danas dostupna, modeli koji se koriste u ovu svrhu nisu potpuna zamjena za stvarna opažanja realnih situacija u pravom svijetu. Mogućnost nastanka greške i netočnosti informacija koje pružaju ovakvi modeli mogu dovesti do produbljenja problema s kojima se susrećemo. Iako treba koristiti tehnologiju kako bih nam služila i istaknula informacije koje smo možda previdjeli ili zanemarili, moć logičke procjene i kritičkog razmišljanja ljudi ne smije se odbaciti.



Slika 11 Procesi pri dodiru ulja s morskom vodom

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Graphical-abstract-of-spilled-oil-weathering-processes-at-sea-modified-from-Zacharias-et\\_fig1\\_358078849](https://www.researchgate.net/figure/Graphical-abstract-of-spilled-oil-weathering-processes-at-sea-modified-from-Zacharias-et_fig1_358078849)

<sup>16</sup> E., Caro - Primjena računalnih programa za simulaciju kretanja uljnog onečišćenja, 2022.

## **6.2. KOMPLEKSNOŠT I MOGUĆNOSTI PISCES II SIMULACIJSKOG SUSTAVA**

U nastavku ovog poglavlja analizirat ćemo koliko je ustvari kompleksan PISCES II sustav i koje sve mogućnosti pruža korisniku. Najprije ćemo se dotaknuti pomorskih karata koje koristi softver u predviđanju i simulaciji onečišćenog područja, zatim ćemo raščlaniti unos podatak koji se tiču okoline u kojem se onečišćenje dogodilo, nadalje dotaknuti ćemo se parametara samog onečišćenja kojeg simuliramo te naposljetku analizirati dostupne postavke za resurse odgovora na onečišćenje.

### **6.2.1. Prikaz pomorskih karata**

Elektroničke karte tvrtke TRANSAS izrađuju se na temelju papirnatih navigacijskih karata koje izdaju službeni hidrografski instituti u raznim zemljama. Svaka karta je pohranjena u datoteci pod imenom koje odgovara broju njezinog papirnato originala. Konture prikazane elektroničke karte odgovaraju granicama njezinog papirnato originala.

Datoteke za pohranu karata mogu biti različitih formata, što određuje vrstu i volumen pohranjenih podataka.

Nadalje, PISCES II koristi osnovni elektronički prikaz karti i informacijski sustav tvrtke TRANSAS, koji pruža sljedeće funkcije:

- prikaz područja utjecaja u obliku navigacijske karte s postavljenim stacionarnim objektima;
- prikaz i unos uvjeta okoline: polje struja, aktivne zone;
- prikaz promjenjive modelske situacije: onečišćenje nafte, kretanje resursa za odgovor;
- odabir i uređivanje modeliranih objekata pomoću grafičkih pomagala.

PISCES II softver podržava dva formata karata TX97 i DCW format.

TX97 binarni vektorski format elektroničkih karata koristi se za pohranu morskih navigacijskih karata. Sadrži konture obale, izobate, oznake dubine, bove, svjetionike i druge informacije koje se koriste u navigaciji.

DCW format koristi se za pohranu topografskih zemljopisnih karata koje sadrže opise terena, vodenih površina, informacije o komunikacijama, naseljima itd.



Slika 12 Prikaz TX97 vektorske karte

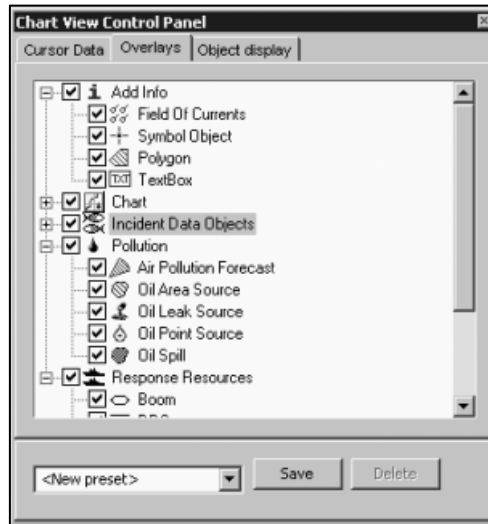
Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

Naredbe za rad s kartama nalaze se pod opcijom "TOOLS" u izborniku programa i također su duplicirane u alatnoj traci. PISCES II ne mijenja karte, već ih koristi samo u načinu "Samo za čitanje". Karte se pohranjuju na tvrdi disk u mapi PISCES II/Chart i učitavaju prema potrebi korisnika.

Kako bismo prikazali kartu, potrebno ju je učitati u PISCES II pomoću naredbe "Load Chart". Odabirom naredbe "TOOLS/LOAD CHART" u izborniku programa ili klikom na gumb "Load Chart" na alatnoj traci. Odaberemo kartu za regiju koja nas zanima i kliknemo na njenu granicu. Karta će se tada učitati u PISCES II i biti spremna za upotrebu.

Navigacijske karte sadrže mnogo informacija na sebi od kojih nam neke uopće nisu potrebne za rad. Kartu možemo prilagoditi prema svojim željama pomoću kartice "Overlays".

Ako je okvir pored oznake polja (ili grupe polja) označen, to znači da će se to polje (ili cijela grupa polja) prikazati na karti, i obrnuto. Kosa strelica pored grupe polja označava da je odabrana različita vidljivost za različite slojeve u grupi, pri čemu će nam samo odabrani dio njih biti prikazan na karti.



Slika 13 Prikaz funkcije „Overlays“

Izvor: [PISCESII 2\\_93 User Manual eng.pdf](#)

Za slojeve koje uređuje sam korisnik (objekti područja incidenta, onečišćenje, resursi), možemo postaviti u "Samo za čitanje" način rada kako bi se zaštitili od neovlaštenih promjena. Klikom pored željenog sloja pojavljuje se ikona "brave". Sloj će tada biti zaštićen od bilo koje izmjene sve dok se brava ne ukloni od strane korisnika.

Kartica "Prikaz objekta" na upravljačkoj ploči za prikaz karte omogućuje prilagodbu načina prikaza ikona resursa i drugih objekata. Za objekte prikazane na karti, moguće je prikazivanje točnog smjera njihova kretanja kao i vektora brzine, pri čemu se vrijednost brzine prikazuje crtama na vektoru.



Slika 14 Prikaz funkcije „Object display“

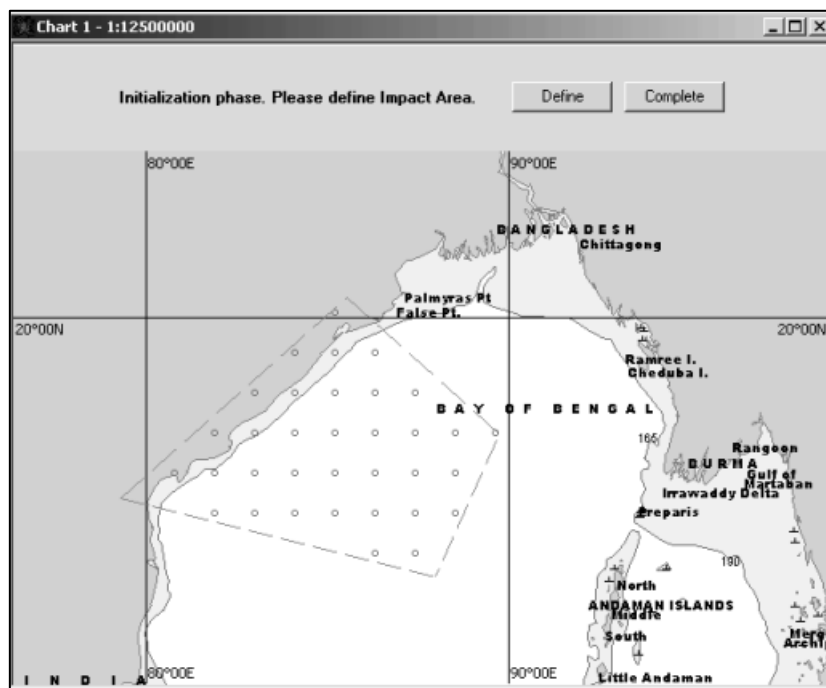
Izvor: [PISCESII 2\\_93 User Manual eng.pdf](#)



## 6.2.2. Parametri uvjeta okoline onečišćenja

Čimbenici koji utječu na ponašanje onečišćenja u modelu PISCES II pripadaju dvjema skupinama. Geografskim objektima i promjenjivim parametrima uvjeta okoline. Među geografskim objektima su područje simulacije, obala i osjetljiva područja. Geografski objekti specificiraju se na karti kao poligonalna područja. Parametri okoline, poput vremenskih uvjeta, specificiraju se za cijelo razdoblje scenarija u obliku tabličnih funkcija. Tijekom izvođenja scenarija, program interpolira unesene podatke na način koji osigurava kontinuirane promjene unesenih parametara.

Područje utjecaja je poligonalno područje unutar kojeg program računa uvjete okoline i ponašanje onečišćenja ulja za trenutni scenarij. Konture obale i struja, kao i računanje polja struja, izvode se unutar područja utjecaja. Područje utjecaja obavezni je element scenarija, dok se ostali elementi scenarija mogu izostaviti, ako je potrebno. Područje utjecaja specificira se u fazi inicijalizacije scenarija, odmah nakon stvaranja scenarija za vježbanje. U ovoj fazi, prozor karte će nam prikazati žuto područje s natpisom "Faza inicijalizacije". Definirajući područje utjecaja i pritiskom na gumb "Definiraj" i "Završi" nastavljamo dalje.



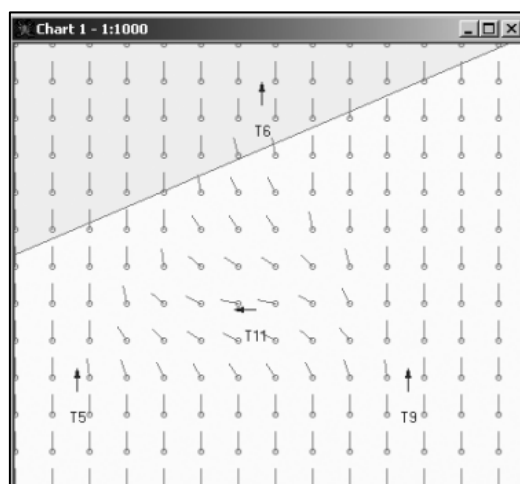
Slika 15 Definiranje područja utjecaja

Izvor: [PISCESII\\_2\\_93\\_User\\_Manual\\_eng.pdf](#)

Sljedeći zadatak pripreme scenarija onečišćenja je specificiranje obale. Cijela obala može se specificirati ručno putem sekvencijskog stvaranja parcela obale korištenjem naredbe „ENVIRONMENT/CREATE ISLAND“ u izborniku. Preporučuje se prvo uvesti dio obale s prikladne navigacijske karte, a zatim prema potrebi ručno urediti pojedinačne parcele. Možemo isto tako pristupiti naredbama za uređivanje obale putem izbornika ENVIRONMENT ili kontekstnog izbornika obale u prozoru karte. Djelomičan pristup ovim naredbama također je moguć putem opcije „COASTLINE“ u popisu zadatka "Scenarijska kontrolna lista".

PISCES II također omogućuje izračun brzine i smjera morske struje na svakoj točki područja utjecaja. Ove vrijednosti, koje se kontinuirano mijenjaju unutar cijelog područja utjecaja i unutar cijelog vremenskog okvira scenarija, nazivaju se "polje struja". Polja struja grade se uz pomoć osnovnih vektora struja. Osnovni vektor polja struja prikazuje brzinu i smjer struje na određenoj točki. Vektor ne mijenja svoj geografski položaj. Promjena brzine i smjera tijekom vremena postavlja se u obliku tablice. Za one točke područja utjecaja gdje osnovni vektori nisu navedeni, vrijednost struje računa se uzimajući u obzir susjedne vektore i utjecaj obale.

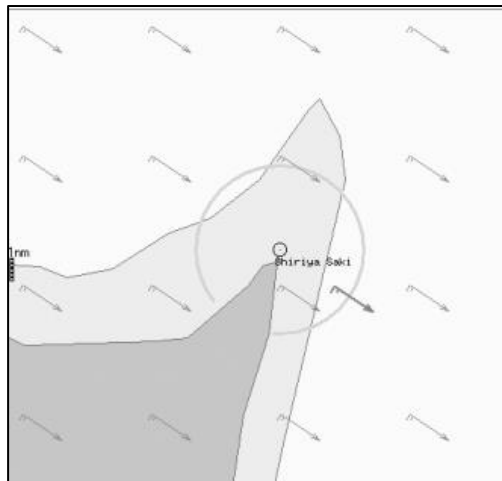
Možemo postaviti morske struje dvaju vrsta: površinske i plimne. Ako su i površinske i plimne struje postavljene u scenariju, polja površinskih i plimnih struja izračunavaju se neovisno, a zatim se zbrajaju kako bi se dobilo zajedničko polje. Primjer razlika između plimnih i površinskih struja prikazan je na slici 16 u nastavku. Uz postojeće polje struja postavljena su tri osnovna vektora plimnih struja usmjerenih prema sjeveru, te je dodan jedan vektor plimnih struja usmjeren prema zapadu. Vidljivo je da se polje mijenjaju samo unutar trokuta oblikovanog početnim vektorima.



Slika 16 Prikaz polja struja

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

Izračun brzine smjera vjetra na svakoj točki područja utjecaja jednak je kao i kod izračuna morske struje. Osnovni vektori vjetra prikazani su debelim zelenim linijama, dok su vektori koji se izračunavaju iz osnovnih prikazani tankim zelenim linijama. Duljina vektora vjetra ovisi o samoj brzini vjetra; osim toga, na početku svakog vektora nalazi se "perje", koje označava snagu vjetra. Dugo perje odgovara brzini vjetra od 5 m/s, dok kratko perje odgovara brzini vjetra od 2 m/s.



Slika 6 Prikaz vektora vjetra

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

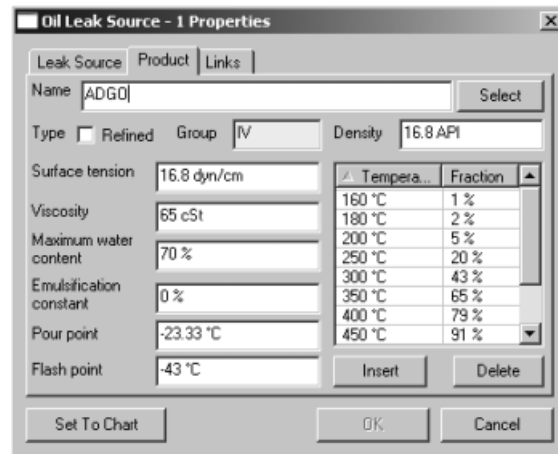
Hidro-meteorološke informacije koje dolaze iz vanjskih izvora poput automatskih meteoroloških stanica, meteoroloških bova, itd., obrađuje poseban program pod nazivom „Meteo Data Server“ koji se prenosi putem HMI protokola (engl. Human Machine Interface) te koristi u PISCES II sustavu. „Meteo Data Server“ je prilagođen za svaku vrstu izvora podataka. PISCES II je povezan s vanjskim serverom izvora podataka putem HMI protokola; nakon toga, redovito upituje server o vrijednostima potrebnih parametara i ažurira trenutne vrijednosti svojih parametara na temelju primljenih podataka.

### 6.2.3. Parametri vezani za onečišćenje

PISCES II može simulirati tri vrste onečišćenja:

- „Izvor curenja“ - s brzinom curenja ovisnom o vremenu i ruti izvora;
- „Točkasti izvor“ - s masom ulja i koordinatama onečišćenja, pretpostavljajući da se cijela masa ulja oslobađa odjednom;
- „Područni izvor“ - s masom ulja i početnim oblikom mrlje. Pretpostavlja se da se cijela masa ulja trenutačno raspoređuje kao ravni sloj preko određenog područja.

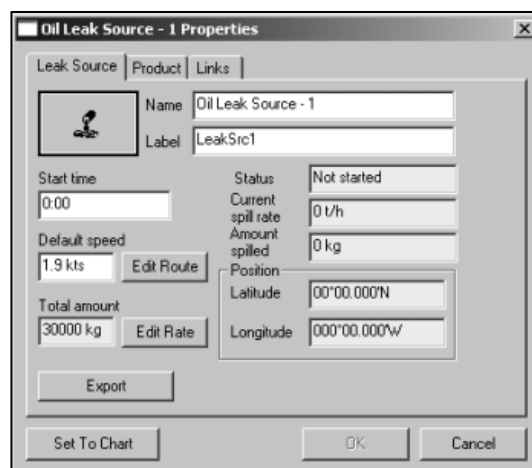
Da bismo stvorili novi „Izvor curenja“, koristimo unutar izbornika naredbu ONEČIŠĆENJE/NOVI IZVOR ONEČIŠĆENJA/IZVOR CURENJA. Pojavit će nam se dijaloški okvir "Svojstva izvora curenja ulja" koji zatim popunjavamo parametrima koji su nam dostupni.



Slika 7 Prikaz izvora onečišćenja i unosa parametara

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

Za „Točkasti izvor“ i „Područni izvor“ onečišćenja unos parametara je jednak kao i kod „Izvora curenja“, nadalje možemo popuniti informacije o samom tipu ulja i njegovim karakteristikama. To uključuje podatke o viskozitetu, udjelu vode unutar ulja, emulzijskoj konstanti, točki tečenja i točki paljenja. Unutar PISCES II sustava nalazi se i baza podataka svih dostupnih ulja i naftnih derivata na tržištu, gdje korisnik može po želji odabrati specifično ulje za koji su već poznati gore navedeni podaci.



Slika 19 Unos podataka o vrsti ulja

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

Valja i za spomenuti napredni matematički model onečišćenja mora uljima koji koristi PISCES II sustav. Ovaj model simulira i objašnjava ranije spomenute procese koji se odvijaju kod miješanja morske vode i ulja, a to su: širenje, isparavanje, disperzija, emulzifikacija, promjena viskoznosti, paljenje (optimalno) i interakcija ulja s okolišem.

Model unutar simulacije uzima u obzir sljedeće faktore:

- Konture obale;
- Prikaz polja morskih struja;
- Podatke o meteorološkim uvjetima: temperatura vode, smjer/vrsta vjetra;
- Parametre onečišćenja: vrijeme, mjesto i vrsta onečišćenja; količina i svojstva uljnih proizvoda.

U modeliranju scenarija, informacije o stanju onečišćenja se spremaju u bazu svakih pet minuta modeliranog vremena. Za praktičnost upravljanja poviješću statistike, možemo povećati interval prikaza povijesti korištenjem naredbe „OPTIONS/SPILL STATISTICS HISTORY SETTINGS“.

Interval prikaza ne utječe na učestalost snimanja statistike i može se prilagoditi za svakog korisnika pojedinačno, neovisno o načinu rada scenarija.

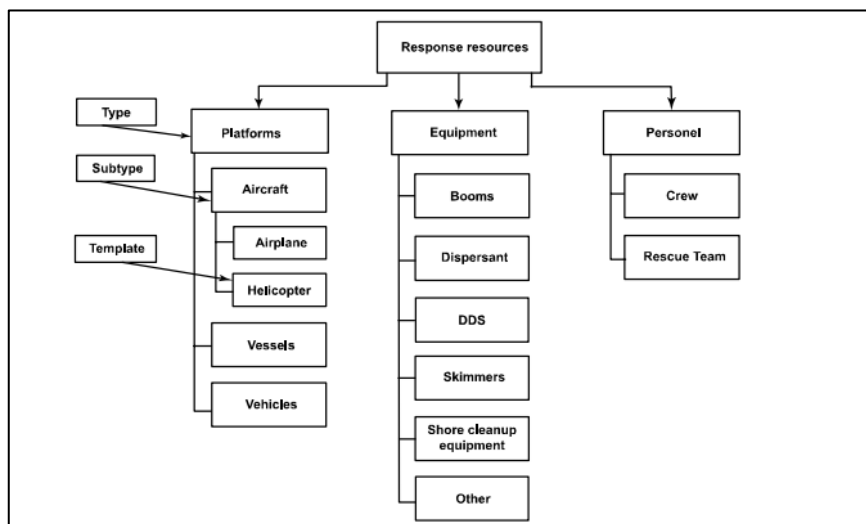
Mogućnost koju dobivamo primjenom PISCES II softvera u stvarnim životnim primjerima zasigurno doprinosi povećanju zaštite morskog okoliša. PISCES II ima u sebi ukomponiranu i evidenciju prijašnjih onečišćenja koja su bila simulirana. Sam sustav pruža raznovrsnu paletu podataka koji su nam dostupni. Općenito prikazuju koliko je uljnog proizvoda izliveno, ostalo na površini, isparilo, raspršilo se, nasukalo, izgorjelo, potonulo i/ili prikupljeno, također se prikazuje količina ulja koje pluta, prikupljene emulzijske smjese i zauljene vode te maksimalnu debljina površinskog sloja i površina mrlje. Evidentiranje statističkih podataka na ovako detaljnoj razini daje nam uvid u podatke koji prije nisu bili objedinjeni na ovakvoj razini.

## 6.2.4. Resursi odgovora na onečišćenje

Možda i najveća kompleksnost PISCES II sustava i usluge koju pruža može se primijetiti kod unosa podataka koji su vezani za resurse odgovora na onečišćenje.

Resursi uključeni u operacije IOSR-a (engl. Incidental Oil Spill Report) podijeljeni su u 3 vrste:

- Platforme;
- Oprema;
- Osoblje.



Slika 8 Shematski prikaz podjele resursa unutar programa

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

Svaka vrsta, pak, sadrži jedan ili više podtipova. Svaki podtip sadrži nekoliko predložaka ili modela. Predlošci su unaprijed pripremljen skup parametara za određenu vrstu resursa koji se koristi za odgovor. Možemo koristiti predložak bez promjena ili nakon uređivanja stvarnog stanja na terenu izmijeniti pojedine stavke.

Kada govorimo o logističkim i financijskim procesima koji su neizostavni dio svakog odgovora na krizu situaciju, konkretno u ovom slučaju onečišćenje mora uljima valja za napomenuti kako je PISCES II nekoliko koraka ispred konkurencije u tom pogledu.

Opcija „Troškovi“ koristi se za specificiranje troškova određenog resursa za određeni vremenski period, ovisno o vrsti zapošljavanja resursa, te praćenje tih troškova tijekom izvođenja scenarija.

Svi mogući načini zapošljavanja za svaki resurs uključeni su u popis, gdje možemo odabrati jednu ili više stavki i specificirati njihove troškove po jedinici vremena. Ovakav pristup nam pruža veliki manevarski prostor gdje unaprijed možemo znati minimalne troškove naše operacije i količinu potrebne opreme.

U nastavku na slici 21 nalazi se popis resursa i njihova kategorizacija.

| Parameter                 | Value  |
|---------------------------|--|
| Ordered                   | Resource ordered, but it has not yet arrived for CC disposal |
| Available                 | Resource ready for operation                                 |
| Assigned                  | Resource assigned a task                                     |
| Mechanical Out of Service | Resource not ready for operation due to mechanical failures  |
| Personal Out of Service   | Resource not ready due to non availability of personnel      |

Slika 21 Kategorizacija resursa za odgovor na onečišćenje

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

Postoji i opcija "Oprema" samo za opremu i podatke vezane za nju. Sadrži parametre koji kontroliraju njezino ponašanje i vremenski period koji je potreban da resurs obavi zadani zadatak.

Kao dodatak na ovu opciju nadovezuje se mogućnost ručnog ubacivanja podataka vezanih za opremu koja se koristi. Pozitivna stavka ovakvog načina modeliranja opreme je u preciznosti koju nam daje. Mogućnost da s bilo kojim dostupnim resursima napravimo kvalitetnu simulaciju vjerodostojnu realnom stanju na terenu otvara nove mogućnosti koje prije nisu bile dostupne.

Slika 9 Ručno ubacivanje podataka vezanih za opremu

Izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#)

### 6.3. PRIJEDLOG IMPLEMENTACIJE PISCES II SIMULACIJSKOG SUSTAVA U HRVATSKI PLAN ZA IZVANREDNA ONEČIŠĆENJA MORA ULJIMA

Sistematskom analizom sustava koju smo obavili otvara se pitanje implementacije PISCES II sustava u stvarnim životnim situacijama za koje je i prvotno namijenjen. Simulator je po svojim karakteristikama potpuno primjenjiv za podršku u stvarnim incidentima zbog svoje konfiguracije. U svakom trenutku dostupno nam je stvarno stanje i arhiva pomorskog prometa područja kojeg promatramo. U slučaju izlivanja ulja, na temelju prikupljenih informacija moguće je predvidjeti smjer širenja onečišćenja i predvidjeti raspored potrebnih operativnih resursa. Nadalje, cijela struktura konfiguracije opreme, karakteristika onečišćenja i svih ostalih podataka potrebnih za uspješnu operaciju čišćenja dostupni su nam u realnom vremenu i grupirani na jednostavan način.

Na temelju iznesenih analiza i procjene sustava otvara se i mogućnost primjene ovakvog modela u Republici Hrvatskoj. Republika Hrvatska ima visoku reputaciju na svjetskoj pomorskoj sceni i oduvijek smo korak uz korak s najnovijim dostupnim tehnologijama, od kojih smo neke i sami razvili. Razvijenost infrastrukture i planova za intervenciju na izvanredna onečišćenja mora svim vrstama štetnih materijala kod nas je na zadovoljavajućoj razini iako naravno uvijek postoji prostora za napredak. Kako bi ostali u međunarodnom vrhu i bili pozitivan primjer drugim zemljama moramo se konstantno razvijati i primjenjivati ideje te tehnologije s kojima se susrećemo. Iako sustav za reakcije na onečišćenja uljima na području Republike Hrvatske trenutno funkcionira po mojem mišljenju PISCES II je odlična nadogradnja koja bi se mogla iskoristiti ako se ispravno implementira.

U nastavku slijedi subjektivni prijedlog kako postepeno PISCES II sustav integrirati u nacionalne okvire kao punu podršku u upravljanju kriznim situacijama onečišćenja mora.

1. **Integracija u postojeću infrastrukturu:** Prvi korak je osigurati da PISCES II sustav bude ukomponiran u Županijski operativni centar i/ili Stožer Plana intervencija koji koordinira onečišćenjima. Integracija u ŽOC i/ili Stožer značila bi dostupnost softvera svim povezanim subjektima koji koordiniraju jednim dijelom odgovora. Zatim je potrebno ukomponirati PISCES II u zakonske regulative koje su na snazi. Zasigurno će se pojaviti u budućnosti potreba za detaljnom analizom sustava od strane stručnjaka koji će donijeti konačnu procjenu isplativosti i poboljšanja koje donosi. Također treba



povezati PISCES II s centrima za nadzor i praćenje pomorskog prometa od kojih bi se crpili podaci vezani za satelitske sustave, AIS, radare i druge senzore, a koji omogućuju praćenje u realnom vremenu i procjenu opsega incidenta. Integracija bi omogućila da sustav dobiva relevantne informacije o trenutnom stanju i lokaciji onečišćenja u svakom trenutku.

2. **Dostupnost potrebnih podataka:** PISCES II za pravilan rad također treba pristup informacijama o vremenskim uvjetima, kao i oceanografske podatke vezane za more. Ovi podaci su ključni za modeliranje širenja onečišćenja i određivanje potencijalnih područja ugroženih onečišćenjem. Povezivanjem sustava s HMI protokolom i ključnim institucijama poput Instituta za oceanografiju i ribarstvo, Državnim hidrometeorološkim zavodom i Centrom za istraživanje mora u Republici Hrvatskoj dobiva se široka paleta izvora podataka koji se mogu primijeniti u simulacijama.
3. **Plansko definiranje mogućih scenarija onečišćenja:** Plan intervencije kod izvanrednih onečišćenja mora treba sadržavati unaprijed definirane scenarije onečišćenja koji se temelje na stvarnim uvjetima i ranije pripremljenim podacima. PISCES II sustav može koristiti ove pripremljene scenarije kao osnovu za svoje simulacije i modeliranje kako bi pružio predviđanja o širenju onečišćenja u sličnim situacijama u budućnosti. Potrebno je i sve dostupne podatke o prijašnjim onečišćenjima ubaciti u sustav kako bi se mogli evidentirati na adekvatan način.
4. **Koordinacija resursa:** PISCES II sustav treba biti integriran s up-to-date informacijama o resursima dostupnim za intervenciju, uključujući brodove osposobljene za sakupljanje ulja, opremu za čišćenje obala i drugu tehničku opremu. Raspoloživa brojka kadra za pripremu i intervenciju od krucijalne je važnosti u ovom segmentu.
5. **Praćenje napretka integracije:** PISCES II sustav treba kontinuirano pratiti u napretku, uključujući učinkovitost različitih resursa i primijenjenih strategija. Ovo pruža nadležnim institucijama realne informacije o tome što djeluje u datom trenutku, a što treba prilagoditi.
6. **Komunikacija i izvješćivanje:** Integracija PISCES II sustava također treba uključivati mehanizme za komunikaciju i izvješćivanje. To uključuje automatsko generiranje izvješća o stanju i napretku te njihovu distribuciju relevantnim stranama i dostupnost javnosti u svrhu edukacije.
7. **Obuka i vježbe kadra:** Stručne osobe koje će koristiti PISCES II sustav tijekom stvarnih incidenta moraju biti adekvatno educirane. Ovaj sustav je planski dizajniran da

je ujedno i alat za izobrazbu i konkretno pomagalo u slučaju onečišćenja. Vježbe simulacija onečišćenja same po sebi omogućuju korisnicima da se direktno upoznaju s funkcionalnostima sustava i bolje razumiju kako ga iskoristiti tijekom stvarnih kriznih situacija.

Imajući u vidu sve gore navedene prijedloge, pod upitnikom ostaje samo pitanje financijskih sredstava i mogućnost implementacije ovakvog sustava u zakonodavni okvir Republike Hrvatske. S obzirom na to da je PISCES II doveden u pojedinim segmentima na zapanjujuću razinu, shodno tome i cijena ovog softvera nije baš niska. Što se tiče zakonskih okvira, većih problema ne bi trebalo biti ako se pokaže volja nadležnih ljudi za korištenjem ovog sustava i svih mogućnosti koje pruža. Iako se nadamo da nam ovaj sustav nikada neće ni trebati u našem Jadranskom moru ipak treba biti oprezan i razmišljati planski o budućnosti u koju koračamo.

## 7. ZAKLJUČAK

Priroda koja nas okružuje sastavni je dio svih nas. Sve većim obujmom industrije koja zahvaća svaki kutak svijeta budućnost naših mora i oceana ne izgleda obećavajuće. Način na koji se odnosimo prema svijetu u kojem živimo dugoročno nije nikako održiv. Iako je nadobudno za reći da će se u našem životnom vijeku način odnosa prema prirodi drastično promijeniti ipak postoji tračak nade da će se stvari posložiti onako kakve bi trebale biti. Način razmišljanja koji postavlja prirodu kao prioritet, a ne kao odlagalište otpada proizvedenog ljudskom aktivnosti moglo bi potaknuti nove generacije da krenu novim putem ljudskog napretka u kojem je samo nebo granica.

Onečišćenje morskih eko sustava ugljikovodicima već dugo je globalni problem za koji nema direktnog rješenja. Mogućnost zagađenja mora prisutna je svakim danom u pomorskom sektoru. Iako su u posljednjih pola stoljeća donesene brojne važne međunarodne konvencije koje su oblikovale pomorstvo kakvog poznajemo danas i ograničile upotrebu ugljikovodika, primjene istih u stvarnom životu pokazala se veoma sporom. Treba biti svjestan da je nemoguće potpuno otkloniti i predvidjeti sve opasnosti koje donosi upotreba i prijevoz ulja morem no moguće je napraviti adekvatnu prevenciju i reagirati efikasno kada dođe do onečišćenja. Ovdje posebno treba istaknuti OPRC 1990 konvenciju koja je temelj svih danas dostupnih sustava za reakciju na onečišćenja mora uljima.

Sustavi za reakciju na onečišćenja i danas dostupne tehnologije uklanjanja onečišćenja pokazale su se kao neizostavni faktor u pravovremenom djelovanju na izljev ulja u more. Hrvatska je kao i ostale zemlje EU razradila način prevencije takvih događaja, ali ostaje pitanje efikasne sanacije istih. Tehnologija nam pruža mogućnosti koje prije nisu bile moguće, ali samo ako ih znamo iskoristiti na pravi način.

PISCES II softver namijenjen je upravo kao podrška u već organiziranom sustavu za reakciju na izvanredne događaje kakvog ima Republika Hrvatska. Mogućnosti koje pruža PISECS II kod integracije u postojeće sustave dalekosežne su i potrebno ih je pobliže istražiti. Pitanje primjene ovog sofisticiranog alata u Republici Hrvatskoj ostaje otvoreno te ga prepuštamo nadležnim institucijama.

## LITERATURA

1. Boufadel, M. et al.: The Behaviour and Environmental Impacts of Crude Oil Released into Aqueous Environments, The Royal Society of Canada, The Academies of Arts, Humanities and Sciences of Canada, Ottawa, 2015.
2. Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, 2010.
3. DeCola, E., Hall, A., Popovich, M.: Assessment of Demulsification and Separation Technologies for Use in Offshore Oil Recovery Operations, Report to Bureau of Safety and Environmental Enforcement, Washington, 2018.
4. Dobrinić, J.: Onečišćenje mora uljima i elementima u tragovima, Pomorski zbornik, 38, 2000., 1, p. 330-350
5. Effects of oil pollution on the marine environment, ITOPF, Technical information paper, London, 13, <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/> (01.09.2023.)
6. Đani, Š., bilješke sa predavanja – kolegij: Tehnologije uklanjanja onečišćenja mora (2022.)
7. Maglić, L., bilješke sa predavanja – kolegij 'Morske tehnologije'. (2021.)
8. John Smith ("Environmental Impacts of Oil Spills," 2018.),
9. Mary Johnson ("Marine Oil Pollution and Its Ecological Impacts," 2019.)
10. Global Environmental Research Institute ("Oil Transportation and Its Environmental Consequences," 2020.),
11. Vrančić, T.: Zagađivanje mora naftom i naftnim derivatima, Građevinar, 63, 2010., 8., p. 740-760
12. Maja Markovčić Kostelac - Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture (2008), Operativna onečišćenja s brodova: Međunarodni i europski pravni okvir, Zagreb
13. SAFETY4SEA (2018), Learn from the past: Prestige sinking, one of the worst oil spills in Europe, <https://safety4sea.com/cm-learn-from-the-past-prestige-sinking-one-of/the-worst-oil-spills-in-europe> (30.08.2023.)
14. International Maritime Organization (2006), MARPOL consolidated edition 2006: Articles, Protocols, Annexes, Unified Interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, London

15. ] Encyclopædia Britannica, Deepwater Horizon oil spill: Controlled burn  
<https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill/Cleanup/efforts#/media/1/1698988/145108> (20.09.2023.)
  16. U.S. Government Accountability Office (2021), Offshore Oil Spills: Additional Information is Needed to Better Understand the Environmental Tradeoffs of Using Chemical Dispersants : <https://www.gao.gov/products/gao-22-104153> (03.09.2023.)
  17. IPIECA-IOGP (2015), 'Tiered preparedness and response'
  18. EMSA (2022), 'Network of Stand-by Oil Spill Response Vessels',  
<https://www.emsa.europa.eu/oil-spill-response.html>, (07.09.2023.)
  19. UN environment, 'The Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea' <https://www.rempec.org/> (09.09.2023.)
- 
20. web izvor: [https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%C5%A0TITA/PDF\\_ZA%20WEB/One%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje%20mora\\_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf](https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%C5%A0TITA/PDF_ZA%20WEB/One%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje%20mora_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf)  
(13.09.2023.)
  21. web izvor: <https://www.cleanupoil.com/oil-skimmer/> (15.09.2023.)
  22. web izvor:  
[https://www.researchgate.net/publication/290345064\\_Oil\\_spill\\_modeling\\_and\\_combat](https://www.researchgate.net/publication/290345064_Oil_spill_modeling_and_combat)  
(16.09.2023.)
  23. web izvor:  
<https://repository.pfri.uniri.hr/en/islandora/object/pfri%3A3337/datastream/PDF/view>  
(28.09.2023.)
  24. web izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Graphical-abstract-of-spilled-oil-weathering-processes-at-sea-modified-from-Zacharias-et\\_fig1\\_358078849](https://www.researchgate.net/figure/Graphical-abstract-of-spilled-oil-weathering-processes-at-sea-modified-from-Zacharias-et_fig1_358078849) (29.09.2023.)
  25. web izvor: [https://zora.ru/?page\\_id=753&lang=en](https://zora.ru/?page_id=753&lang=en) (25.09.2023.)
  26. web izvor: <https://www.istra-istria.hr/hr/podsitovi/zastita-okolisa/okolis/> (20.09.2023.)
  27. web izvor: [4-raic, sliskovic, jelic mrcelic.pdf](#) (11.09.2023.)
  28. web izvor: [EffectsofOilchapter-Fingas.pdf](#) (12.09.2023.)
  29. web izvor: [235.pdf](#) (30.09.2023.)
  30. web izvor: [katusa mladen rgn 2017 diplo sveuc.pdf oprc.pdf](#) (17.09.2023.)
  31. web izvor: [PISCESII 2 93 User Manual eng.pdf](#) (25.08.2023.)
  32. web izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020\\_04\\_50\\_1015.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020_04_50_1015.html)  
(07.09.2023.)

33. web izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_08\\_87\\_1727.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_87_1727.html) (08.09.2023.)
34. web izvor: <https://www.zakon.hr/z/194/Zakon-o-za%C5%A1titi-okoli%C5%A1a> (09.09.2023.)
35. web izvor: <https://www.zakon.hr/z/310/Pomorski-zakonik> (02.09.2023.)
36. web izvor: <https://mmpi.gov.hr/print.aspx?id=15349&url=print> (23.09.2023.)
37. web izvor: <https://mmpi.gov.hr/more-86/projekti-113/strategija-pomorskog-razvitka/15768> (25.09.2023.)
38. web izvor: [https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/TIPS\\_TAPS\\_new/TIP\\_13\\_Effects\\_of\\_Oil\\_Pollution\\_on\\_the\\_Marine\\_Environment.pdf](https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/TIPS_TAPS_new/TIP_13_Effects_of_Oil_Pollution_on_the_Marine_Environment.pdf) (28.08.2023.)
39. web izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_08\\_92\\_2926.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_08_92_2926.html) (29.09.2023.)
40. web izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/6563> (30.09.2023.)

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| <a href="#">Slika 1 Područja najvećih tankerskih nezgoda</a> .....                            | 11 |
| <a href="#">Slika 2 Spektrometar</a> .....  | 27 |
| <a href="#">Slika 3 Usluge gospodarenja otpadom koje pruža tvrtka SAVECO</a> .....            | 29 |
| <a href="#">Slika 4 Upotreba kombinacije plutajuće brane i skimmera</a> .....                 | 31 |
| <a href="#">Slika 5 Izgled i dijelovi plutajuće brane</a> .....                               | 31 |
| <a href="#">Slika 6 Način prikupljanja ulja uz pomoć skimmera i plutajućih brana</a> .....    | 32 |
| <a href="#">Slika 7 Spaljivanje ulja na morskoj površini</a> .....                            | 33 |
| <a href="#">Slika 8 Djelovanje kemijske disperzije</a> .....                                  | 35 |
| <a href="#">Slika 9 Karta „Plana intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora“ u RH</a> ..... | 37 |
| <a href="#">Slika 10 Shema aktiviranja Stožera i ŽOC-eva na teritoriju RH</a> .....           | 39 |
| <a href="#">Slika 11 Procesi pri dodiru ulja sa morskom vodom</a> .....                       | 44 |
| <a href="#">Slika 12 Prikaz TX97 vektorske karte</a> .....                                    | 46 |
| <a href="#">Slika 13 Prikaz funkcije „Overlays“</a> .....                                     | 47 |
| <a href="#">Slika 14 Prikaz funkcije „Object display“</a> .....                               | 47 |
| <a href="#">Slika 15 Definiranje područja utjecaja</a> .....                                  | 48 |
| <a href="#">Slika 16 Prikaz polja struja</a> .....  | 49 |
| <a href="#">Slika 17 Prikaz vektora vjetra</a> .....  | 50 |
| <a href="#">Slika 18 Prikaz izvora onečišćenja i unosa parametara</a> .....                   | 51 |
| <a href="#">Slika 19 Unos podataka o vrsti ulja</a> .....                                     | 51 |
| <a href="#">Slika 20 Shematski prikaz podjele resursa unutar programa</a> .....               | 53 |
| <a href="#">Slika 21 Kategorizacija resursa za odgovor na onečišćenje</a> .....               | 54 |
| <a href="#">Slika 22 Ručno ubacivanje podataka vezanih za opremu</a> .....                    | 54 |

## POPIS GRAFIKONA

|  |   |
|--|---|
| <a href="#"><u>Grafikon 1 Broj srednjih i velikih tankerskih izljeva ulja od 1970. do 2021. godine</u></a> ..... | 5 |
|--|---|