

# Problematika plastičnog otpada u moru i oceanima

---

Gašparić, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:156657>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



# Problematika plastičnog otpada u moru i oceanima

---

**Gašparić, Marija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:156657>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-10-29**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**MARIJA GAŠPARIĆ**

**PROBLEMATIKA PLASTIČNOG OTPADA U MORU I OCEANIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**VARAŽDIN, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**

**PROBLEMATIKA PLASTIČNOG OTPADA U MORU I OCEANIMA**

**MENTOR:**

**KANDIDAT:**

**MARIJA GAŠPARIĆ**

**Izv.prof.dr.sc. ALEKSANDRA ANIĆ  
VUČINIĆ**

**NEPOSREDNI VODITELJ:**

**IVANA MELNJAK, mag. ing. geoling.**

**VARAŽDIN, 2018.**



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: MARIJA GAŠPARIĆ

Matični broj: 2399 - 2014./2015.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

PROBLEMATIKA PLASTIČNOG OTPADA U MORU I OCEANIMA

Rad treba sadržati:

1. Uvod
2. Odpad u morima
3. Rasprostranjenost plastičnog otpada u oceanima
4. Učinci morskog otpada na morske organizme
5. Kako riješiti problem
6. Zaključak

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 15.03.2018.

Rok predaje: 06.07.2018.

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Aleksandra Anić Vučinić

Predsjednik Odbora za nastavu:

Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović



Neposredni voditelj:

Ivana Melnjak, mag. ing. geoinž.

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

### **Problematika plastičnog otpada u moru i oceanima**

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **izv. prof. dr. sc. Aleksandre Anić Vučinić**. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 02. 07. 2018.

MARIJA GAŠPARIĆ

(Ime i prezime)

Marija Gašparić

(Vlastoručni potpis)

## SAŽETAK

**Ime i prezime:** Marija Gašparić

**Naslov rada:** Problematika plastičnog otpada u moru i oceanima

**SAŽETAK:**

Proizvodnja plastike drastično se povećala u zadnjem stoljeću i u današnje je vrijeme prepoznata kao velika prijetnja morskom okolišu. Većina plastičnog otpada u ocean dolazi s kopna zbog lošeg gospodarenja otpadom, turizma i rekreacijskih aktivnosti. Sav taj plastični otpad ulazi u cirkulaciju velikih morskih struja i s vremenom se akumulira u središtima tih struja, takozvanim „vrtlozima“ otpada. Najveći vrtlog otpada otkriven je u sjevernom dijelu Pacifičkog oceana, ali ni ostala četiri vrtloga raspoređena po globalnom oceanu, ne zaostaju po količini otpada. Otpad se također akumulira i u priobalnim zonama i zatvorenim morima kao što je Sredozemno more.

Plastični otpad koji pluta oceanom ima negativan utjecaj na morske ptice, ribe i sisavce. Neke životinje se zapliću u ribarske mreže i plastične vrećice, dok druge zamjenjuju plastične komade za hranu, što u većini slučajeva izaziva ozbiljne posljedice po njihovo zdravlje pa čak i smrt. Također, zbog utjecaja valova, Sunčevog zračenja, soli i ostalih prirodnih čimbenika veći komadi plastike raspadaju se na mikročestice, koje apsorbiraju štetne kemikalije na svoju površinu, a veličinom i bojom podsjećaju na plankton zbog čega ih mnogi morski organizmi zamjenjuju za hranu te tako unose te kemikalije u organizam. Da bi se spriječilo daljnje onečišćenje oceana, potrebno je smanjiti upotrebu jednokratnih plastičnih proizvoda, povećati svijest ljudi i poboljšati gospodarenje otpadom u svim zemljama svijeta.

**Ključne riječi:** morski otpad, plastični otpad, zaštita okoliša, onečišćenje mora i oceana

## SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OTPAD U MORIMA.....</b>	<b>3</b>
2.1	PLASTIČNI OTPAD U MORIMA I OCEANIMA .....	4
2.1.1	VRSTE PLASTIČNOG OTPADA.....	6
2.1.2	ADITIVI U PLASTICI.....	8
<b>3</b>	<b>RASPROSTRANJENOST PLASTIČNOG OTPADA U OCEANIMA .....</b>	<b>9</b>
3.1	OCEANSKI VRTLOZI .....	9
3.1.1	SJEVERNI PACIFIČKI VRTLOG .....	15
3.1.2	INDIJSKI OCEANSKI VRTLOG.....	16
3.1.3	JUŽNI PACIFIČKI VRTLOG.....	18
3.1.4	JUŽNI ATLANTSKI VRTLOG.....	19
3.1.5	SJEVERNI ATLANSKI VRTLOG.....	20
3.2	SREDOZEMNO MORE.....	22
3.3	JADRANSKO MORE .....	25
<b>4</b>	<b>UČINCI MORSKOG OTPADA NA MORSKE ORGANIZME .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>KAKO RIJEŠITI PROBLEM.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>47</b>



# 1 UVOD

Život je započeo u oceanu, a ocean ostaje dom većini biljaka i životinja na Zemlji - od sitnih jednostaničnih organizama do plavetnih kitova, najveće žive životinje na planetu. Oceani pokrivaju više od 70% Zemlje i daju 50 do 85% kisika u zraku koji udišemo. Više od 97% svjetske vode nalazi se u oceanu, a oko šestine proteina u ljudskoj prehrani dolazi od riba i školjaka. Svježa voda postaje rijetka u nekim područjima, poput Kalifornije, i desaliniziranje oceanske vode najbolje je dugoročno rješenje.[1]

Mislilo se da je ocean toliko ogroman da je imun na čovjekovo onečišćenje, no osim što je veliki izvor hrane i vode, također regulira i globalne temperature, upija ogromnu količinu ugljika, i služi kao mjesto prijevoza i rekreacije. Sada se zna da oceani nisu toliko veliki da ih ljudski postupci ne mogu uništiti. Ugroženo je zdravlje i stabilnost mora zbog pretjeranog izlova morskih organizama, plastičnog onečišćenja, zakiseljavanja i rastuće svjetske temperature.[1][2]

Svake godine proizvodi se sve više plastike. Pola tih plastičnih proizvoda smatra se jednokratnima. Ali postavlja se pitanje kako jednokratni proizvod može biti napravljen od materijala koji je neuništiv?[3]

Ovaj završni rad temu obrađuje u 6 poglavlja. U poglavlju 2. „otpad u morima“ dan je prikaz raznih vrsta otpada koje se mogu naći na površini, u vodenom stupcu ili na dnu mora i oceana. Također su opisane vrste plastike prema međunarodnoj klasifikaciji proizvoda od plastike.

U poglavlju 3. „Rasprostranjenost plastičnog otpada u oceanima“ napravljen je pregled pet svjetskih oceanskih vrtloga, koji u svoja središta akumuliraju plastiku koja najčešće dolazi sa kopna. Isto tako opisano je stanje u Sredozemnom moru u kojem je smješteno i Jadransko more.

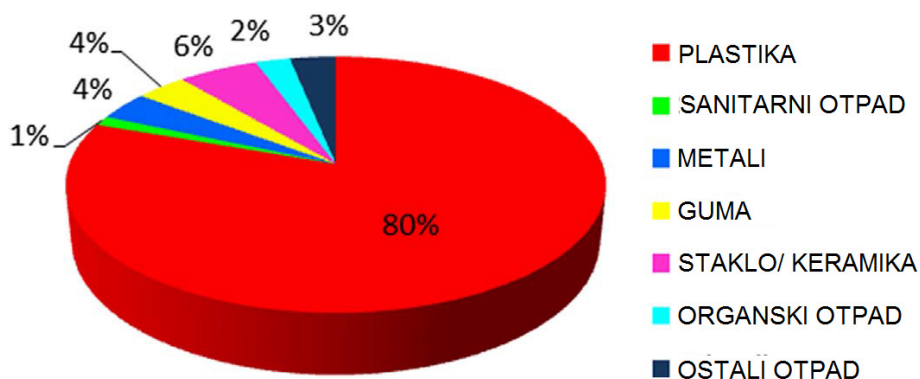
U poglavljima 4. „Učinci morskog otpada na morske organizme“ i 5. „, kako riješiti problem“ opisani su negativni učinci plastičnog otpada na organizme u moru, ali i izvan njega, te načini kako spriječiti daljnje onečišćenje oceana.

## 2 OTPAD U MORIMA

Morski otpad je otpad u morskome okolišu i obalnom području u neposrednom kontaktu s morem, koji nastaje ljudskim aktivnostima na kopnu ili moru, a nalazi se na površini mora, u vodenom stupcu, na morskome dnu ili je naplavljen.[4]

Glavnina otpada iz mora potječe s kopna (gotovo 80%), a tek manji dio nastaje na samom moru. Kopneni izvori otpada su nekontrolirana ili loše upravljana odlagališta otpada, naselja i gradovi na obalama mora ili rijeka, kanalizacije, donosi rijekama, ispiranje kišama odnosno ispuhivanje s obala za vrijeme oluja i nevremena, te turističke aktivnosti. Morski izvori predstavljaju otpad koji dopijeva s brodova svih vrsta i namjena, kao posljedica aktivnosti u ribarstvu i marikulturi, naftne i plinske platforme te ponovno turističke aktivnosti. Kruti otpad koji dopije u more je raznolikog porijekla, uporabe, sastava, veličine, oblika, trajnosti, ekološke „prihvatljivosti“, itd. [5][6]

Glavne kategorije otpada su razne vrste plastika, metala, stakla, gume, obrađenog drva i papira, čiji je postotak u morskome okolišu prikazan na slici 1. Svi ti materijali u svojoj završnici čine štetu na više razina: od vizualne štete do ugrožavanja živog svijeta u okolišu. U moru i priobalju se pojavljuje u značajnim količinama i smatra se jednim od glavnih problema koji utječe na morski i obalni okoliš. Na organizme djeluje kroz zaplitanje i unos u probavni sustav, predstavlja rizik za ljudsko zdravlje, stvara smetnju aktivnostima na moru i obali, te umanjuje kvalitete korištenja morske vode. [5]



Slika 1 Sastav morskog otpada [7]

## 2.1 PLASTIČNI OTPAD U MORIMA I OCEANIMA

Plastični otpad posebice opterećuje more, jer je vrlo otporan i razgrađuje se izuzetno sporo. Uslijed fizičkih, bioloških i kemijskih procesa tijekom vremena se smanjuje strukturna cjelovitost plastičnih otpadaka, te dolazi do fragmentacije čime nastaju sitne čestice mikroplastike. Morski organizmi te čestice mogu zamijeniti za hranu, što može dovesti do ozljeda probavnih organa i stradavanja životinja. Kemijske tvari sadržane u česticama mikroplastike nakupljaju se u hranidbenom lancu, pa tako na kraju mogu i doći do ljudi. Pojedini organizmi iz drugih udaljenijih morskih područja mogu putem plutajućeg otpada prevaliti velike udaljenosti i dospjeti do područja u kojima ranije nisu bili prisutni. [8]

Pod pojmom plastika podrazumijeva se niz suvremenih i sve raširenijih umjetnih materijala. Prema stručnoj definiciji, plastične mase su čvrsti materijali organskog podrijetla, koji se dobivaju iz nafte, zemnog plina i ugljena u procesu prerade i vezivanja s vodikom, kisikom, dušikom i sumporom. Na taj način sintetičkim

postupcima polimerizacije, polikondenzacije i poliadicije nastaju makromolekule, koje prema potrebi i području primjene imaju različita svojstva.[9]

Plastika je polimerni materijal koji ima sposobnost modeliranja ili oblikovanja, obično primjenom topline i tlaka. Ova svojstva plastičnosti, koja se često nalaze u kombinaciji s drugim posebnim svojstvima kao što su niska gustoća, niska električna vodljivost, prozirnost i otpornost, omogućuju veliku raznolikost proizvoda. To uključuje teške i lagane boce za piće izrađene od polietilentereftalata (PET), fleksibilna crijeva od polivinil klorida (PVC), izolacijske posude za hranu od pjenastog polistirena i neprobojnih prozora od polimetilmetakrilata. [10]

Dvije milijarde barela nafte koristi se svake godine kako bi se Sjedinjene Američke Države (SAD) opskrbljivale plastičnim bocama, a više od 90% boca koristi se samo jedanput. Samo SAD baci 38 milijardi boca svake godine, što predstavlja 2 milijuna tona plastike na odlagalištima SAD-a.[3]

Mikroplastikom se nazivaju čestice plastike promjera manjeg od 5 milimetara. Može se podijeliti u dvije skupine: primarna i sekundarna mikroplastika. Primarna mikroplastika po samom je postanku promjera manjeg od 5 milimetara, sastavni je dio pasta za zube, pilinga, sredstava za čišćenje itd. Sekundarna mikroplastika nastaje od većih komada plastike koje Sunčevo UV zračenje, valovi, morska sol i ostali prirodni čimbenici s vremenom usitnjavaju na manje dijelove. Smatra se da je takvo raspadanje plastike najveći izvor mikroplastike u morskim okolišima. [9]

### 2.1.1 VRSTE PLASTIČNOG OTPADA

Svaki proizvod od plastike na sebi ima ili bi trebao imati specifičnu oznaku trokuta sastavljenog od tri strelice. Strelice idu u smjeru kazaljke na satu i oblikuju trokut unutar kojeg se nalazi broj. Ispod takve oznake dolazi i skraćenica točnog kemijskog naziva, premda ta skraćenica često zna i izostati. Posebno je važan broj upisan unutar trokuta, jer on govori o kojoj se vrsti plastike radi.[11]

Plastika je podijeljena prema Međunarodnoj klasifikaciji proizvoda od plastike, koju je razvila organizacija *Society of Plastics Industry* (SPI). Prema toj klasifikaciji postoji sedam vrsta plastike. [11]

#### 1. PET ili PETE – polietilentereftalat (engl.*polyethyleneterephthalate*)

Najčešće korištena vrsta plastike, od nje su napravljene plastične boce za pića i slična ambalaža. U pravilu, PET plastika namijenjena je za jednokratnu upotrebu. Višekratna upotreba se ne preporučuje zbog mogućnosti bakterijske kontaminacije. Može se lako reciklirati, pri čemu se dobivaju materijali za nove PET boce ili poliesterska vlakna koja se dalje koriste za proizvodnju tekstila.[11]

#### 2. HDPE- polietilen visoke gustoće engl. (*high-densitypolyethylene*)

HDPE plastika se najčešće koristi kao ambalaža - boce za deterdžent, ulje, sokove i sl. Igračke i pojedine vreće se također vrlo često prave od ove vrste plastike. HDPE je vrsta plastike koja se najčešće reciklira. Ujedno se smatra i najsigurnijom vrstom plastike te je stoga pogodna za višekratnu upotrebu. Budući da se radi o izdržljivoj plastici, koristi se i u proizvodnji predmeta široke upotrebe koji zahtijevaju dugotrajnu izdržljivost i otpornost na vremenske uvjete (npr. kante za otpad).[11]

### 3. PVC- polivinil klorid (engl. *polyvinylchloride* )

PVC plastika se zbog relativno niske cijene proizvodnje koristi za izradu predmeta široke upotrebe, od ambalaža, namještaja, igračaka, auto dijelova, medicinskih pomagala pa sve do građevnih materijala. Nusprodukt termičke obrade na manjim temperaturama (250- 450 °C) PVC-a su dioksini, toksični kemijski spojevi. Upravo zbog toga se ne preporuča zagrijavati hranu upakiranu u PVC ambalažu, kako ne bi došlo do otpuštanja ovih spojeva. To je ujedno i razlog zbog kojeg se ova vrsta plastike vrlo rijetko reciklira.[11]

### 4. LDPE- polietilen niske gustoće ( engl. *low-densitypolyethylene* )

LDPE je relativno sigurna vrsta plastike za upotrebu te se koristi za proizvodnju plastičnih boca, vrećica, tkanina i namještaja. Može se reciklirati, iako se u praksi do sada to slabo provodilo.[11]

### 5. PP- polipropilen ( engl. *polypropylene* )

PP plastika ima dobre mehaničke osobine, u pravilu je čvrsta, lagana i otporna na toplinu te zbog toga ima široku primjenu. Koristi se za proizvodnju cijevi, laboratorijskog posuđa, kontejnera, armatura, kućišta, jednokratnih pelena, ambalaža za jogurt i margarin, vrećica za čips i slamki. Iako se može reciklirati, podaci pokazuju da se danas reciklira samo oko 3% proizvedenog PP (podaci za SAD).[11]

### 6. PS- polistiren (engl. *Polystyrene*)

Polistiren je jedna od najčešće korištenih plastičnih vrsta. Koristi se za proizvodnju plastičnog posuđa, kartona za jaja, CD i DVD kućišta, kućišta za detektore dima, izolaciju i dr. Zagrijavanje hrane u posuđu od polistirena se ne preporučuje, zbog otpuštanja štetnog stirena. To se posebno odnosi na zagrijavanje hrane u mikrovalnoj pećnici. Može se reciklirati, no recikliranje ove vrste se slabo provodi.[11]

### 7. Ostalo (BPA, polikarbonat, LEXAN...)

Ovoj kategoriji pripada sva plastika koja nije obuhvaćena prethodnim skupinama. To je vrlo heterogena skupina za koju ne postoji generalno pravilo o recikliranju. Tu

ubrajamo primjerice bisfenol A (BPA), koji se smatra ksenoestrogenom<sup>1</sup>. Istraživanja na laboratorijskim životinjama su pokazala da BPA može u organizmu djelovati poput ženskog spolnog hormona estrogena i poremetiti razvoj i djelovanje reproduktivnog sustava. Ono što je možda najgore od svega jest činjenica da se plastika ove kategorije upotrebljava za izradu bočica za dječju hranu. Upravo zato nije preporučljivo zagrijavati piće i hranu u bočicama. Gdje god je to moguće, preporučuje se izabrati plastiku s oznakama 1, 2 i 4 umjesto 7. U ovu skupinu spada i nova generacija lako razgradive plastike, napravljene od bio-polimera (npr. škroba), koja obično dolazi s oznakom „PLA” ili natpisom „biorazgradivo” pored simbola s brojem 7. [11]

### **2.1.2 ADITIVI U PLASTICI**

U mnogim plastičnim proizvodima polimer je samo jedan sastojak. Da bi se stekao skup svojstava prikladnih za proizvod, polimer je gotovo uvijek u kombinaciji s drugim sastojcima ili aditivima, koji se miješaju tijekom obrade i izrade. Aditivi su najčešće organski spojevi koji unaprjeđuju svojstva plastike. Postoji više od tristo spojeva koji se koriste u te svrhe, a mnogi od njih su štetni za okoliš. Što su molekulske dimenzije aditiva manje, to većom brzinom oni izlaze iz plastike. Među tim aditivima su omekšivači, bojila, pojačivači, stabilizatori i mnogi drugi. [9]

---

<sup>1</sup>Ksenoestrogeni- spojevi koji narušavaju djelovanje hormona estrogena. [40]



### **3 RASPROSTRANJENOST PLASTIČNOG OTPADA U OCEANIMA**

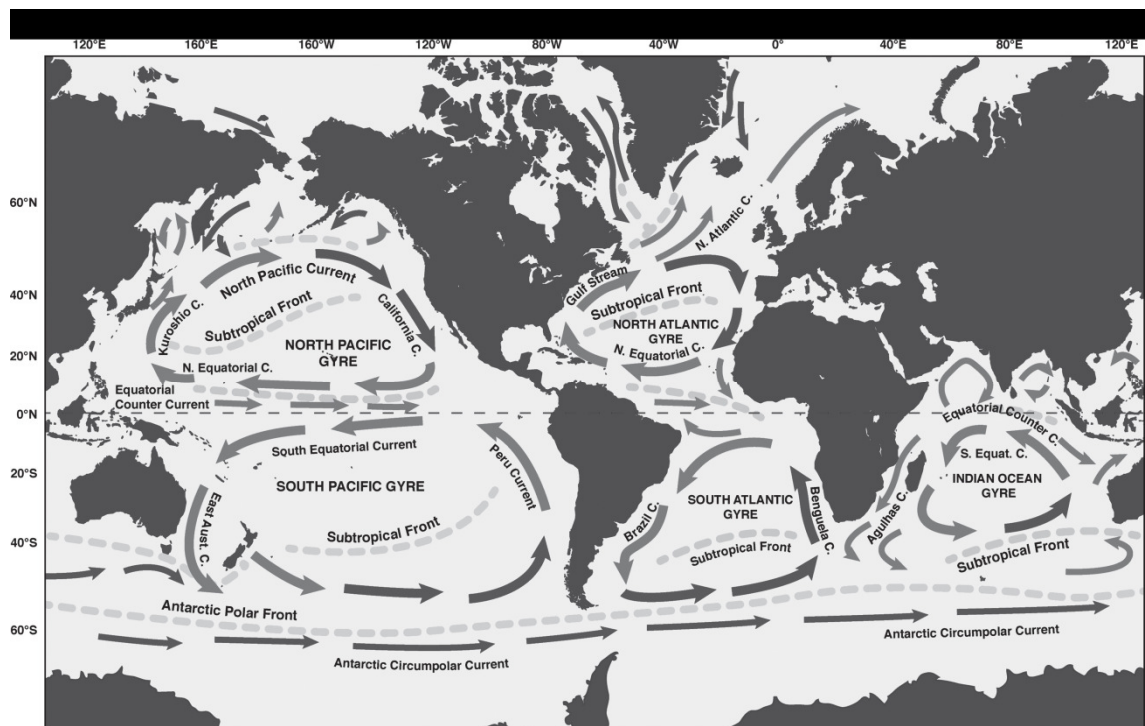
Oceani se pokreću pomoću 5 glavnih struja ili vrtloga (engl. *gyres*) kao što je prikazano na slici 2. Stvoreni su kombinacijom Zemljine rotacije, vjetra i razlika u temperaturi i koncentraciji soli u vodi.[12] Svaki kontinent osjeti utjecaj tih masivnih sistema. Struje prikupljaju otpad koji pluta iz rijeka i s obala, i s vremenom sav taj otpad dolazi do središta vrtloga.

#### **3.1 OCEANSKI VRTLOZI**

Kruženje vode u oceanu sastoji se od višestrukih mehanizama. Razlikuju se tri glavne cirkulacijske komponente: strujne, kružne i vrtložne. Struje su najveći tokovi u oceanu. One su uglavnom horizontalne i imaju koherentan karakter. Kružno strujanje je kovitlanje tekućine u turbulentnom toku, izgleda poput kružnog gibanja u oceanu. Može se pojaviti na velikim površinama od par kilometara, ali i na malim površinama od jednog metra. U oceanima postoje dvije vrste kružnih gibanja. Jedno je trenutno kovitlanje, ono nema dug životni vijek i samo se pojavi i nestane, a druga vrsta su kovitlanja dužeg životnog vijeka koja mogu postojati godinama. Mogu se pojaviti zbog vjetra, promjena dubine ili velikih oceanskih struja. Fizikalna svojstva kao što su temperatura i slanost u krugu mogu biti vrlo različita od okoline. Vrtlozi su velike kružne struje i nastaju zbog vjetra i Coriolisovog učinka. [13]

Coriolisov učinak odbacuje vjetrove desno na sjevernoj hemisferi i lijevo na južnoj hemisferi, što rezultira skretanjem glavnih površinskih oceanskih struja na desnu stranu u sjevernoj hemisferi (u smjeru kazaljke na satu) i na lijevu stranu u južnoj hemisferi (u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu). Coriolisov učinak nije prisutan na ekvatoru. [14]

Sve komponente cirkulacije oceana važne su za transport plastičnog otpada. [13] Procjenjuje se da svake godine 1,25 do 2,41 milijuna tona plastike ulazi u oceane iz rijeka. Više od polovice ove plastike ima manju gustoću od vode, što znači da neće potonuti nakon što se susretne s morem. Jača i plutajuća plastika pokazuje otpornost u morskom okolišu, što joj omogućuje da se prenosi na veće udaljenosti, ustraje na površini mora dok se kreće prema otvorenim oceanima, prenosi se strujama i konačno se nakuplja u vrtlozima. [15]



Slika 1 Subtropski vrtlozi morskih struja[13]

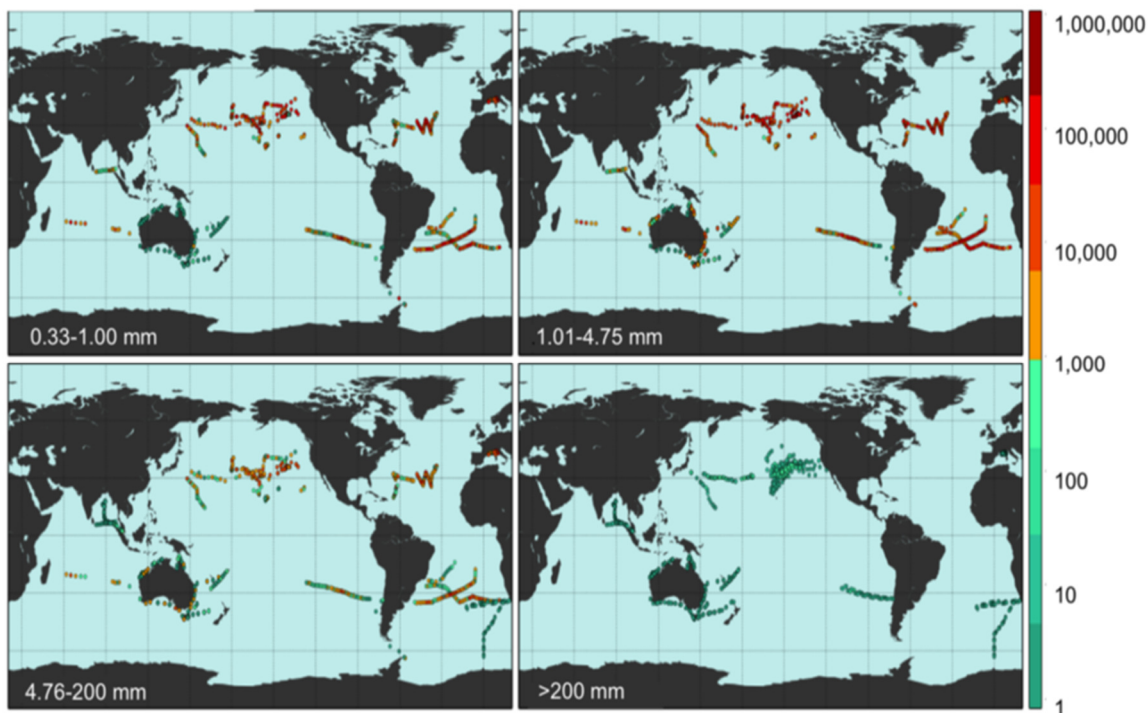
Plastično onečišćenje je globalno rasprostranjeno u svim oceanima. Zbog svojih svojstava uzgona i izdržljivosti te adsorpcije toksičnih tvari na čestice plastike na putu kroz okoliš, neki istraživači tvrde, da se sintetički polimeri u oceanu trebaju smatrati opasnim otpadom. Proizvodnja i akumulacija plastičnog onečišćenja također se javlja u zatvorenim zaljevima, zaljevima i morima okruženim gusto naseljenim obalama i vodotocima.[16]

Korištenjem opsežnih objavljenih novih podataka, osobito iz južne hemisfere subtropskih vrtloga i morskih područja koja su nasuprot naseljenim područjima, Institut „FiveGyres“ na čelu s pomorskim znanstvenikom Marcusom Ericsonom napravio je oceanografski model distribucije otpada, kako bi se procijenila globalna distribucija, brojnost, težina i gustoća plastičnog onečišćenja u svim uzorkovanim veličinama. Oceanografski model pretpostavlja da količina plastike koja ulazi u ocean ovisi o tri glavna čimbenika: riječnim slivovima, gustoći naseljenosti i pomorskoj aktivnosti.[16]

Skup podataka koji se koristi u sustavu ovog modela temelji se na ekspedicijama Instituta „FiveGyres“ od 2007. do 2013. godine. Pregledavali su svih pet subtropskih vrtloga (Sjeverni Pacifički ocean, Sjevernoatlantski ocean, Južni Pacifički ocean, Južni Atlantski ocean, Indijski ocean) i opsežna obalna područja zatvorenih mora (Bengalski zaljev, australske obale i Sredozemno more), a to uključuje površinske mrežice i vizualno pregledavanje velikih plastičnih ostataka na 1.571 mjestu u svim oceanima. Također, uspoređivane su plastične razine onečišćenja između oceana u četiri razreda podijeljenih po veličini plastike:

1. razred: 0,33-1,00 mm → mala mikroplastika,
2. razred: 1,01-4,75 mm → velika mikroplastika,
3. razred: 4,76-200 mm → mezoplastika,
4. razred: 200 mm → makroplastika. [16]

Na slici 3 prikazana su područja na kojima je mjerena brojnost (broj komada/km<sup>2</sup>) i gustoća (g/km<sup>2</sup>) plastičnog otpada. Mjereno je sa 680 površinskih mreža i 891 vizualnim pregledom za svaki od četiri razreda plastičnih veličina.



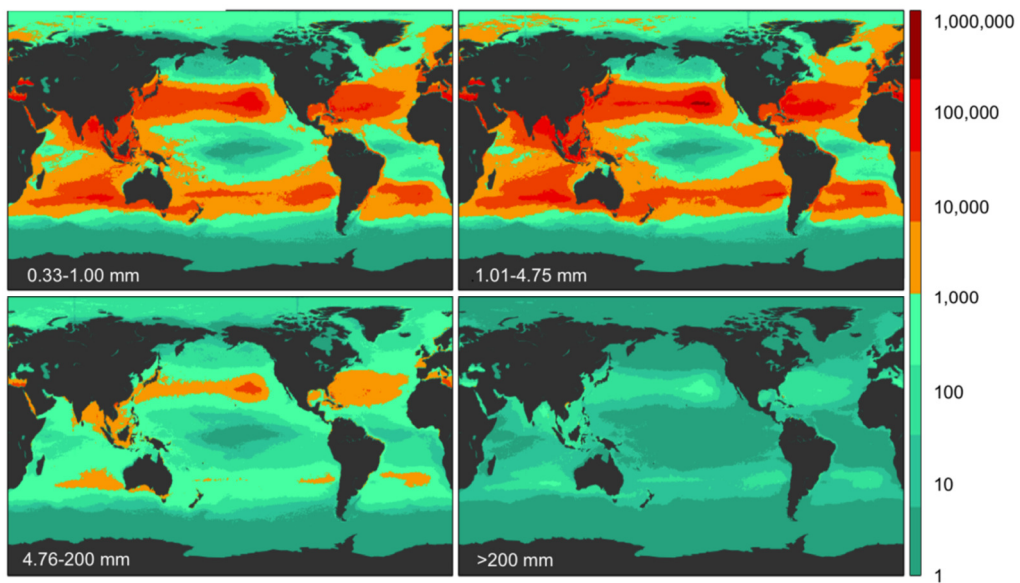
Slika 2 Područja na kojima je mjerena brojnost (broj komada/km<sup>2</sup>) u četiri razreda po veličini čestica[16]

Na temelju rezultata modela, procijenjeno je da najmanje 5,25 trilijuna plastičnih čestica, koji trenutno teže 268.940 tona, pluta oceanima. [16] Kako su podijeljeni u Sjevernom Pacifičkom oceanu (NP), Sjevernom Atlantskom oceanu (NA), Južnom Pacifičkom oceanu (SP), Južnom Atlantskom oceanu (SA), Indijskom oceanu (IO) i Sredozemnom moru (MED) prikazano je u Tablici 1.

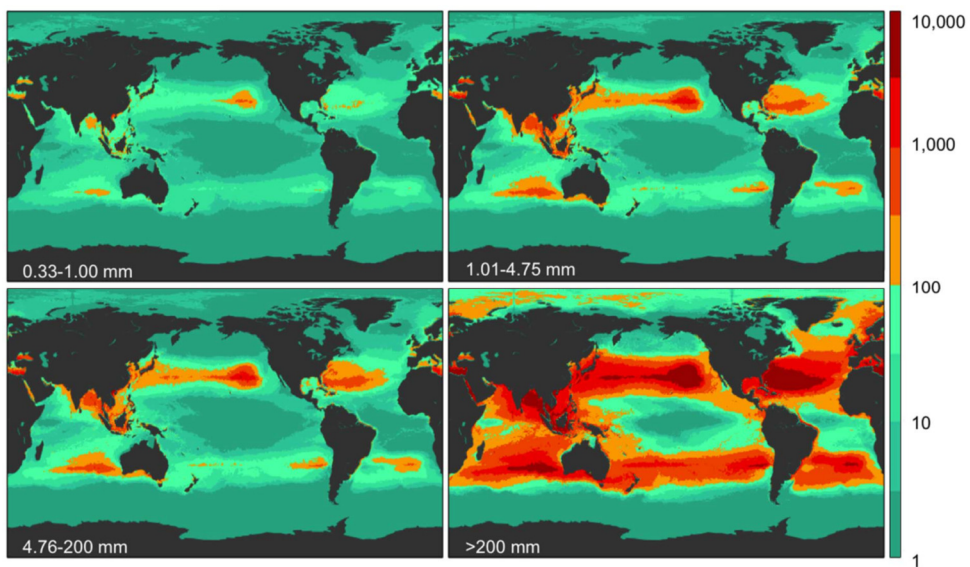
Tablica 1 Procjena ukupne brojnosti ( $n \times 10^{10}$  čestica ) i težine ( $g \times 10^2$  tona) plastike podijeljene u četiri razreda po veličini čestica[16]

	razredi	NP	NA	SP	SA	IO	MED	ukupno
brojnost	0,33-1,00 mm	68,8	32,4	17,6	10,6	45,5	8,5	183,0
	1,01-4,75 mm	116,0	53,2	26,9	16,7	74,9	14,6	302,0
	4,76-200 mm	13,2	7,3	4,4	2,4	9,2	1,6	38,1
	>200 mm	0,3	0,2	0,1	0,05	0,2	0,04	0,9
	ukupno	199,0	93,0	49,1	29,7	130,0	24,7	525,0
težina	0,33-1,00 mm	21,0	10,4	6,5	3,7	14,6	14,1	70,4
	1,01-4,75 mm	100,0	42,1	16,9	11,7	60,1	53,8	285,0
	4,76-200 mm	109,0	45,2	17,8	12,4	64,6	57,6	306,0
	>200 mm	734,0	467,0	169,0	100,0	452,0	106,0	2.028,0
	ukupno	964,0	564,7	210,2	127,8	591,3	231,5	2.689,4

Podaci iz četiri razreda po veličini čestica plastike (male mikroplastike, velike mikroplastike, mezo- i makro-plastike) izvodili su se odvojeno kroz model, stvarajući četiri karte za gustoću i brojnost mase (Slika 4 i Slika 5). Kombinirajući dva razreda mikroplastike (0,33- 1,00 mm; 1,01- 4,75 mm), oni čine 92,4% čestica u oceanima. Najmanji razred veličine mikroplastike (0,33-1,00 mm) imao je otprilike 40% manje čestica nego veće mikroplastike (1,01-4,75 mm). Većina malih mikroplastika bili su fragmenti nastali uslijed raspadanja većih plastičnih predmeta, stoga je bilo očekivano da će najmanje mikroplastike biti više od veće mikroplastike. No, u modelu je ispalo suprotno u svim svjetskim regijama, osim u Južnom Pacifiku, gdje je broj velikih i malih fragmenata mikroplastike gotovo jednak.[16]



Slika 3 Rezultati modela za globalnu brojnost (broj komada/  $\text{km}^2$ ) plastike u četiri razreda[16]



Slika 4 Rezultati modela za globalnu gustoću ( $\text{g}/\text{km}^2$ ) plastike u četiri razreda[16]

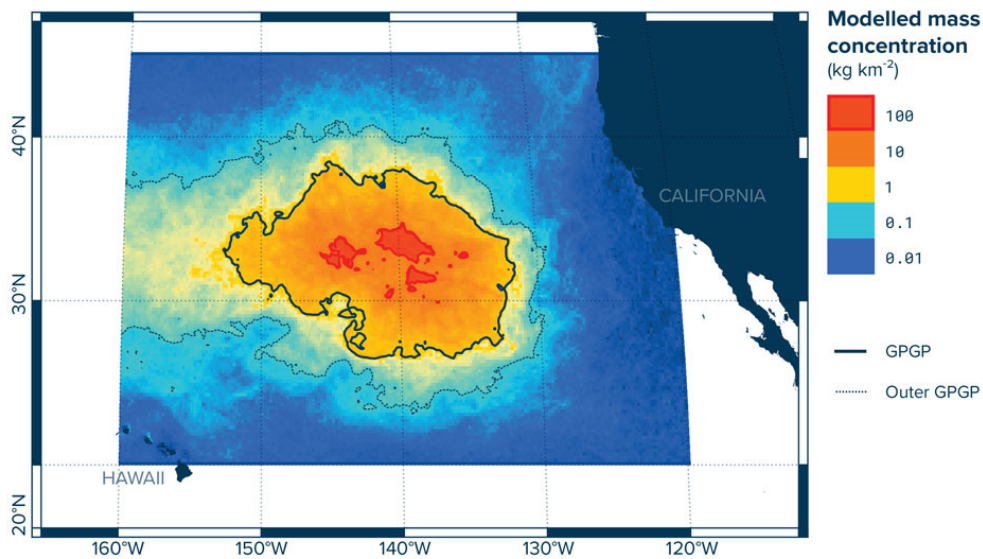
Nađen je i sličan uzorak gubitka materijala s površine mora, kada se uspoređuje težina četiri razreda veličine mikroplastike. Prema podacima procjenjuje se da svjetsko plastično onečišćenje čini 75,4% makroplastičnih, 11,4% mezoplastični i 10,6% i 2,6% u dvije skupine mikroplastičnih veličina. Podatci upućuju na to da na površini ima najmanje 233.400 tona većih plastičnih proizvoda u svjetskim oceanima u usporedbi sa 35.540 tona mikroplastike.[16]

### **3.1.1 SJEVERNI PACIFIČKI VRTLOG**

Sjeverno - pacifička nakupina otpada najveća je od pet akumulacijskih zona u svjetskim oceanima. Nalazi se na pola puta između Havaja i Kalifornije, obuhvaća procijenjenu površinu od 1,6 milijuna km<sup>2</sup>, područje dvostruko veće od Teksasa ili tri puta veće od Francuske. Zbog sezonskih i međugodišnjih varijabilnosti vjetrova i struja, lokacija i oblik vrtloga se stalno mijenjaju. [15]

Prema procjenama instituta „FiveGyres“ masa plastike u sjevernom Pacifičkom vrtlogu procjenjuje se na 96.400 tona. To je oko  $2 \cdot 10^{12}$  čestica plastike. Kako se može uočiti iz Tablice 1, najveću masu zauzimaju čestice plastike promjera većeg od 200 milimetara tj. makroplastika, dok su dva razreda veličine mikroplastike, od 0,33-4,75 mm, bili najbrojniji, imali su manju masu od makroplastike.

Model koncentracije mase prikazan na slici 6 pokazuje kako se razine koncentracije postupno smanjuju redoslijedom veličine prema vanjskim granicama vrtloga. Središte vrtloga ima najveću gustoću, dostižući 100 kg/km<sup>2</sup>, a smanjuje se do 10 kg/km<sup>2</sup> u najudaljenijem području.



Slika 6 Model koncentracije mase otpada unutar Sjeverno pacifičkog vrtloga ( $\text{kg}/\text{km}^2$ )  
[15]

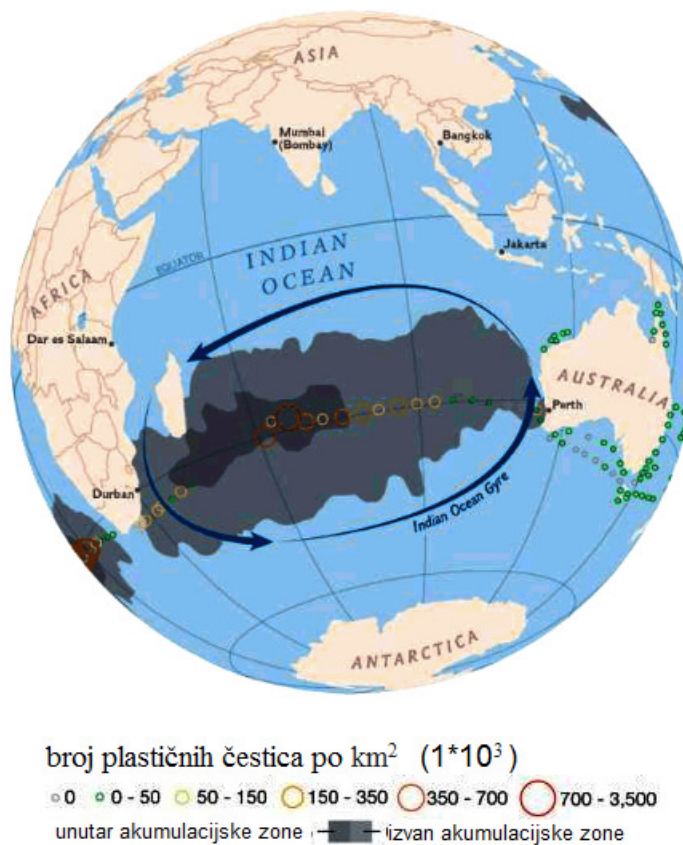
### 3.1.2 INDIJSKI OCEANSKI VRTLOG

Indijski oceanski vrtlog graniči s Australijom, Afrikom i Azijom te se pomiče u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu. [17] Zbog svoje daljine, vrtlog otpada u Indijskom oceanu ostaje dosta misteriozan. Otkriven je 2010. godine, Marcus Eriksen, osnivač Instituta „FiveGyres“ i njegova posada plovili su zapadno od Perthu u Australiji prema Africi kako bi dokumentirali ovu plutajuću masu. Prema njihovom istraživanju radi se o masivnom području, veličine najmanje 5 milijuna  $\text{km}^2$ , ali bez jasnih granica. [18]



Prema procjenama iz Tablice 1 vidi se da u Indijskom oceanu kruži oko 60.000 tona plastike, tj. oko  $1,3 \cdot 10^{12}$  čestica plastike. Prema rezultatima modela za brojnost (slika 4) i gustoću plastike (slika 5) mala i velika mikroplastika ( 0,33-4,75 mm) čine 90% čestica plastike, a meso i makro plastike ( $> 4,76$  mm ) čine 90% mase plastike.

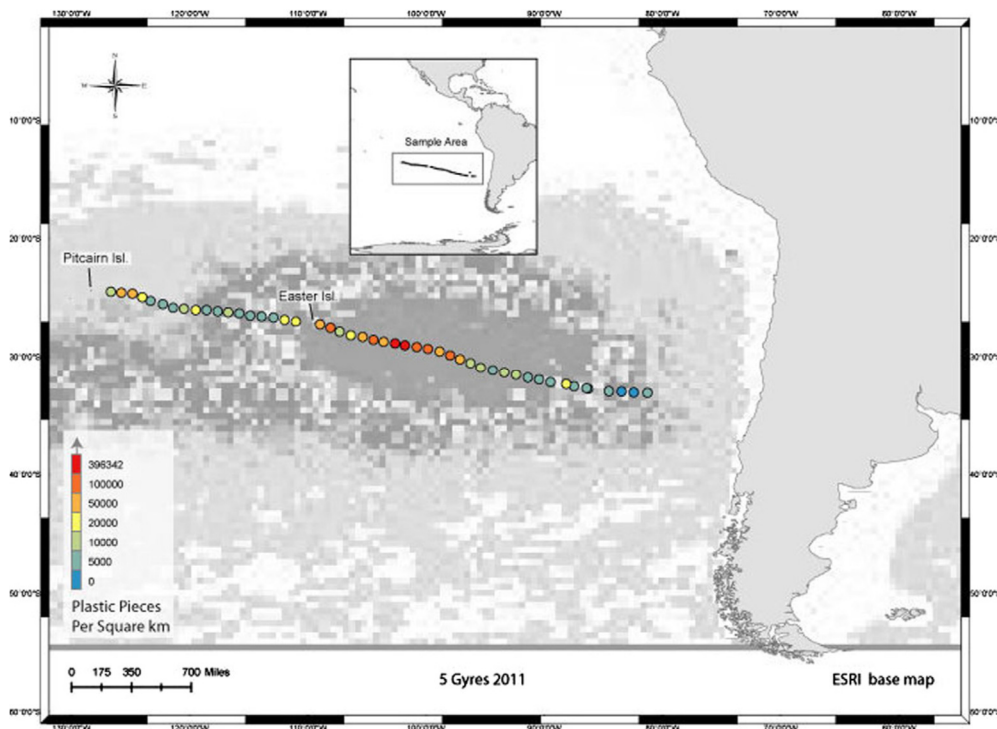
Komadići plastike kruže neprekidno, vozeći se uz struju poznatu kao Indijski vrtlog, s australske strane na afričku stranu, niz afričku obalu i natrag u Australiju. Puna rotacija traje oko šest godina, osim ako otpad ne ode u središte vrtloga, gdje bi mogao ostati zauvijek. [18]



Slika 7 Model koncentracije brojnosti čestica po  $\text{km}^2$  unutar Indijskog oceana [19]

### 3.1.3 JUŽNI PACIFIČKI VRTLOG

U ožujku i travnju 2011. godine, tim znanstvenika i zainteresiranih građana, koje je vodio dr. Marcus Eriksen, proveli su prvo istraživanje subtropskog vrtloga Južnog Pacifika onečišćenog plastičnim otpadom. Ekspedicija je počela prikupljati uzorke površine oceana u blizini otoka Robinson Crusoe u Čileu. Uzorci su sakupljeni svakih 50 nautičkih milja zapadno do Uskršnjih otoka, a potom prema Pitcairnovom otočju. Tako je prikupljeno ukupno 48 uzoraka duž 2.424 nautičke milje pravocrnog presjeka.[20]



Slika 8 Lokacije 48 uzoraka prikupljenih u Južnom Pacifiku[20]

Na slici 8 boje označavaju količinu plastičnih čestica u uzorcima (broj čestica/ km<sup>2</sup>), dok siva pozadina predstavlja akumulacijsku zonu predviđenu računalnim modelom.

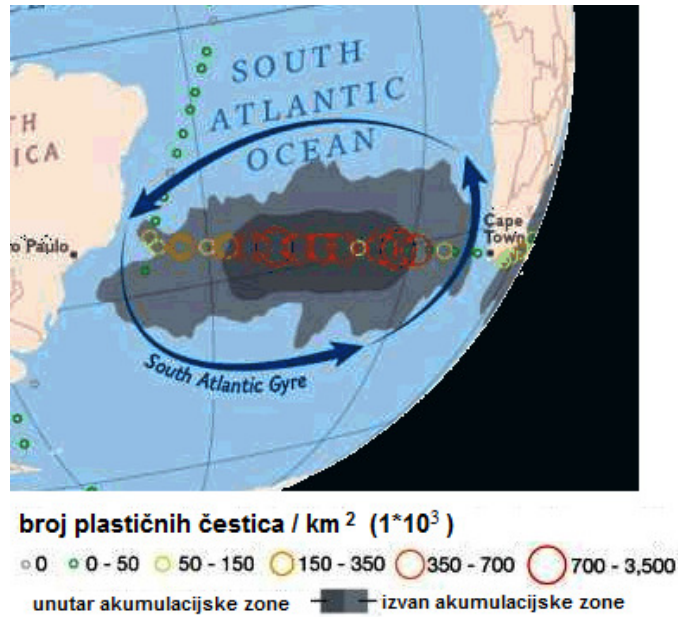
Od 48 uzoraka, njih 46 sadržavalo je plastični otpad. Prosječna brojnost je 26.898 komada/km<sup>2</sup>, a prosječna težina bila je 70,96 g/km<sup>2</sup>. Dva razreda veličine koji predstavljaju čestice 1,00-4,749 mm činile su 55% od ukupnog broja čestica i 72% ukupne mase čestica. Plastični komadići prikupljeni u toj studiji i po broju i po težini dominiraju nad mikroplastikom. Peleti su pronađeni u relativno malim količinama, ali zbog njihove velike pojedinačne težine zauzimaju 9,6% ukupne mase mikroplastike. Najloni i tanke folije bile su u izobilju, ali imaju manju težinu od peleta. [20]

### 3.1.4 JUŽNI ATLANTSKI VRTLOG

Južni atlantski vrtlog smjestio se između Južne Amerike i Afrike. Plutajuće morske krhotine brojile su se tijekom istraživačkog krstarenja na brodu R.V. S.A. Agulhas II od 5. rujna do 9. listopada 2013 godine. [21]

Za nešto manje od 79 sati i 1.963 prijeđena kilometra (38-50km po opažanju), izbrojan je 281 komad otpada veći od 1centimetra i 90 klupka morskih algi. Trećina otpada (30%) i 8% morskih algi pronađeni su u priobalnim vodama afričkog kontinenta, unatoč činjenici da je na tom dijelu provedeno samo 2,6% opažanja (oko 51 km). [21]

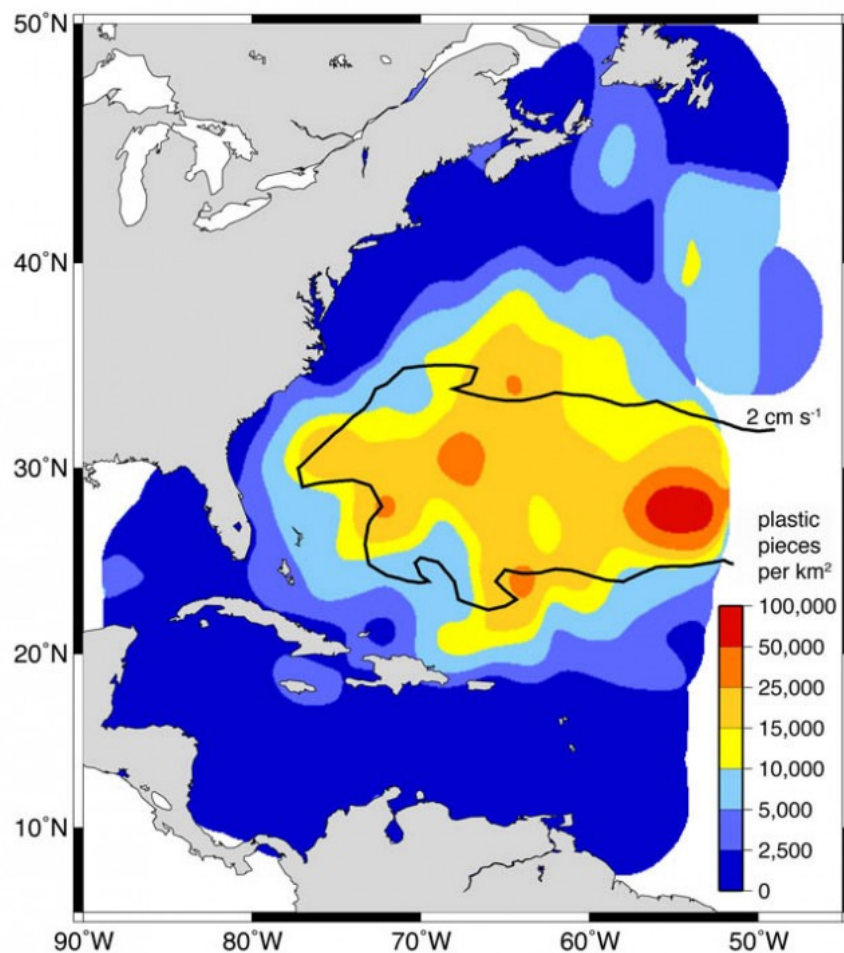
Prema procjenama modela instituta „FiveGyres“  $2,73 \cdot 10^{11}$  čestica mikroplastike i  $2,45 \cdot 10^{10}$  čestica mezo i makroplastike pluta Južnim Atlanskim oceanom. To je 12.780 tona plastike. U središtu akumulacijske zone vrtloga najveća je koncentracija plastike, više od 700.000 čestica po km<sup>2</sup>, a prema rubovima vrtloga koncentracija se postupno smanjuje, kao što se vidi iz slike 9.



Slika 9 Model koncentracije brojnosti čestica po km<sup>2</sup> unutar južnog atlantskog oceana[19]

### 3.1.5 SJEVERNI ATLANSKI VRTLOG

Vrtlog otpada u Sjevernom Atlantskom oceanu nalazi se stotine kilometara od obale Sjeverne Amerike. Iako su mu granice na istoku i zapadu nepregledne, vrtlog pokriva područje između 22 i 38 stupnja sjeverne širine - otprilike udaljenost od Kube do savezne države Virginije. [22]



Slika 50 Koncentracija plastike u Sjevernom Atlantskom oceanu (broj čestica/ km<sup>2</sup>)[23]

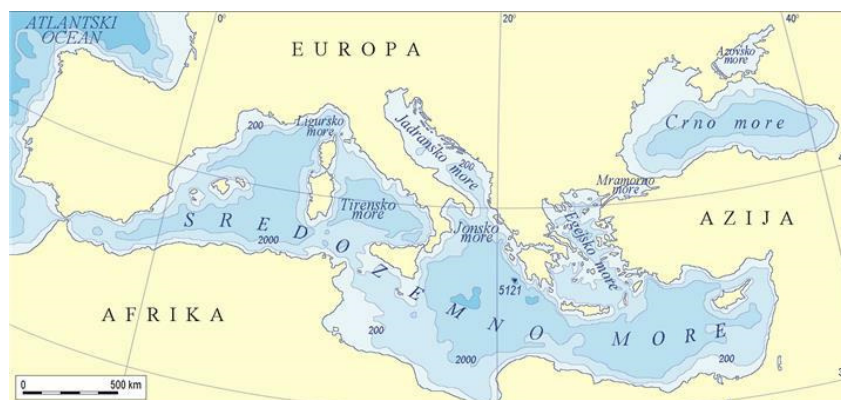
Rezultati modela „FiveGyres“ instituta prikazani u Tablici 1 prikazuju da u Sjevernom Atlantskom oceanu pluta  $9,3 \cdot 10^{11}$  čestica plastike, odnosno 56.470 tona plastike. U modelu koncentracije plastičnog otpada na slici 10 može se primijetiti isti uzorak kao i kod ostalih oceanskih vrtloga, gustoće otpada smanjuje se od središta prema vanjskim granicama vrtloga. Procjenjuje se da je u središtu akumulacijske zone pluta više od 100.000 čestica plastike po km<sup>2</sup>.

Da bi dobila jasniju sliku otpada u Atlantiku, Kara Lavender Law, oceanografkinja u Udruzi za istraživanje mora u Woods Holeu, Massachusetts, okupila je podatke koje su u razdoblju od 1986. do 2008. godine prikupile tisuće preddiplomskih studenata na semestru jedrenja (Sea Education Association, SEA). Tim istraživanjem je prikupljeno više od 64.000 komada plastike uz pomoć 6.000 površinskih mrežica.[24]

Na nekim mjestima studenti su pronašli više od 200.000 komada plastike/km<sup>2</sup>[24], po čemu se vidi da u Sjevernom Atlantskom oceanu pluta više plastike nego što je predviđeno modelom na slici 10.

### 3.2 SREDOZEMNO MORE

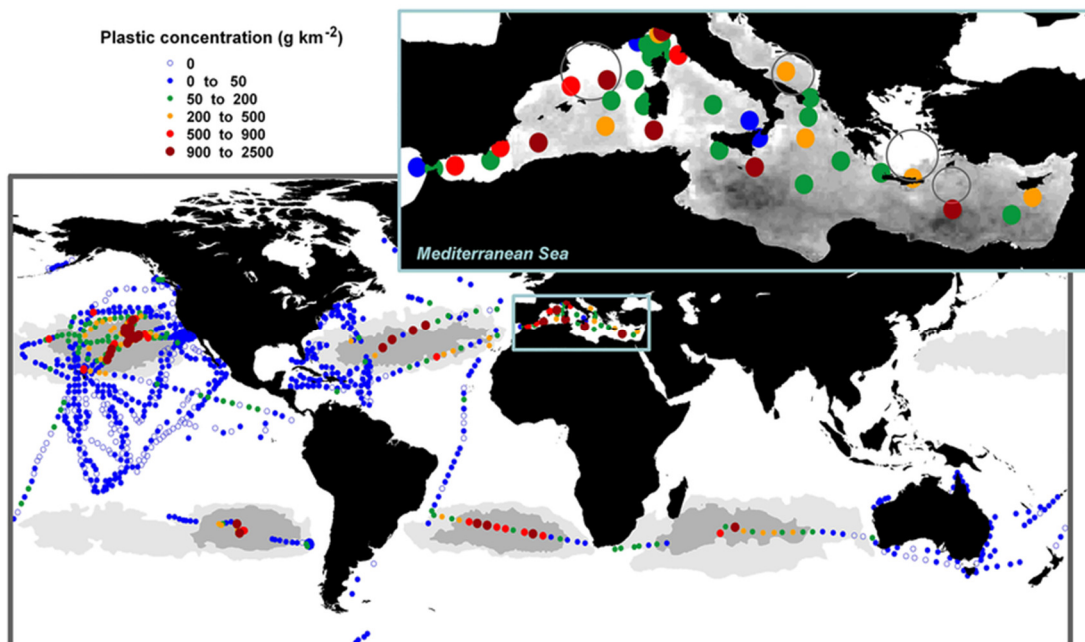
Sredozemno more naziva se još i Mediteranom te je unutrašnje more Atlantskog oceana. Nalazi se između Europe, Azije i Afrike te se pruža od Gibraltarskih vrata između Španjolske i Maroka na zapadu do obala Iskenderunskog zaljeva u Turskoj na istoku. S Atlantskim oceanom na zapadu povezano je Gibraltarskim vratima, sa Crnim morem preko morskih prolaza Dardaneli i Bospor i Mramornog mora, a sa Crvenim morem na jugoistoku Sueskim kanalom.[25]



Slika 11 Položaj Sredozemnog mora[25]

Priobalna područja Sredozemlja gusto naseljava 427 milijuna stanovnika (oko 7% svjetske populacije), a posjećuje ih ogroman broj turista tijekom ljetnih mjeseci (25% svjetskog turističkog prometa na godinu) te njima prometuje značajan broj komercijalnih i rekreacijskih morskih plovila (30% svjetskog morskog prometa plovi Sredozemnim morem). [26]

Topografija ove regije i snažna ljudska aktivnost podrazumijevaju izraziti rizik od onečišćenja plastikom i drugim oblicima antropogenog otpada. Protok vode između Sredozemnog mora i Atlantskog oceana je ograničen, zbog čega se plutajući otpad nakuplja u Sredozemnom bazenu. [26]



Slika 12 Koncentracija plastičnog onečišćenja (g/km<sup>2</sup>) u površinskim vodama Sredozemnog mora (zumirano u gornji desni kut), te usporedba s plastičnim koncentracijama za globalni ocean[27]

Sredozemno je more jedno od najistraženijih morskih regija u svijetu, ali su podatci o morskom otpadu i dalje nepotpuni, zbog čega se procjene mase ili količine plastičnog otpada u njemu uvelike razlikuju. Razlog tolikim razlikama u procjenama opterećenja mora plastičnim otpadom jesu različiti računalni modeli za njegovo izračunavanje. Zbog toga procjene valja uzeti s oprezom. Jedan model procjenjuje da je masa plastičnog otpada na površini Sredozemnog mora dosegla 23.150 tona. Drugi model izračunao je da masa mikroplastike u Sredozemlju varira od 4,8 do 30,3 tisuće tona, a treći model procjenjuje da Sredozemnim morem pluta između 756 i 2.969 tona plastike. [16][28]

Usprkos različitim procjenama, sve one ukazuju na to da su količine plutajućeg plastičnog otpada u Sredozemnom moru sve veće. Iz praćenja se može zaključiti da prosječna gustoća plastičnog otpada u Sredozemnom bazenu iznosi 1 komad na svaka 4 m<sup>2</sup>, što je usporedivo s nakupljanjem plastičnog otpada u pet subtropskih vrtloga, kao što se vidi na slici 12.

Erik van Sebille i njegovi suradnici procijenili su količine i distribuciju malih komadića plutajuće plastike i usporedili tri modela izračuna kruženja vode u oceanima. Na temelju izračuna s pomoću ta tri modela procijenili su da se ukupna masa mikroplastike u Sredozemnom moru kreće od 4.800 do 30.300 tona. Pritom napominju da sva tri modela prikazuju kako se u Sredozemnom moru nalazi između 21% i 54% ukupne svjetske količine mikroplastičnih čestica (što odgovara 5-10% svjetske mase mikroplastike).[26][29]

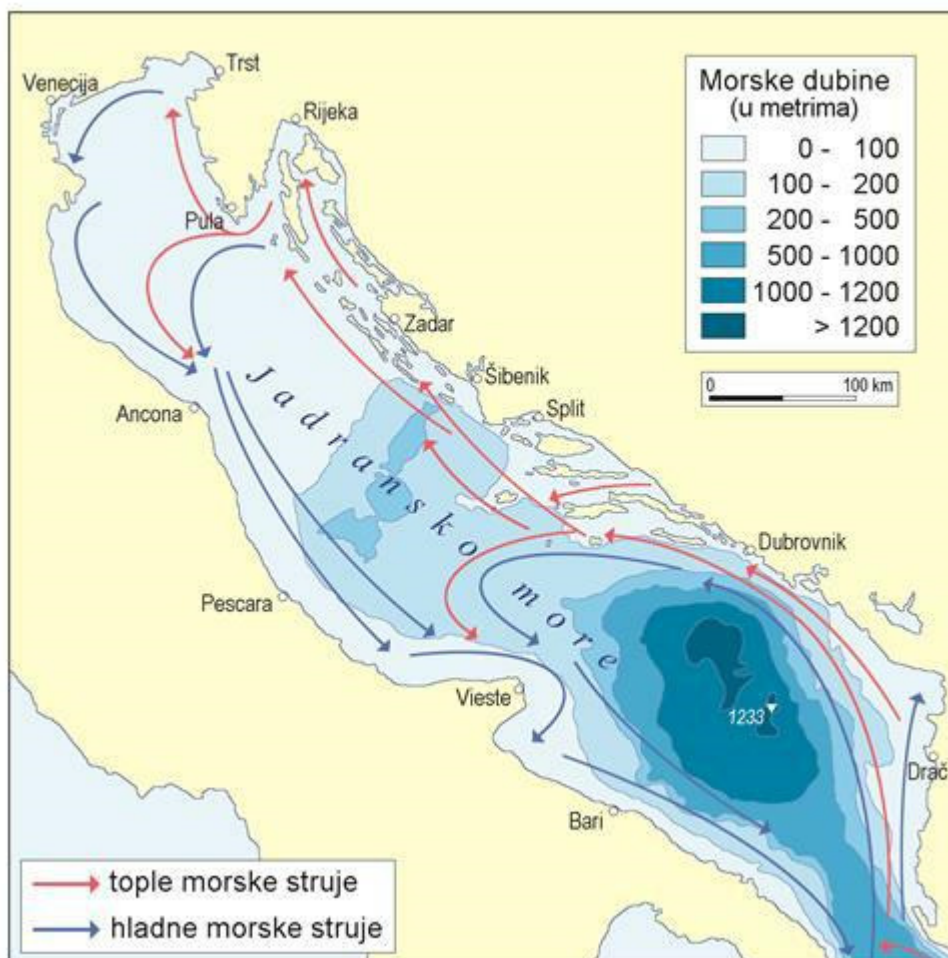


### 3.3 JADRANSKO MORE

Jadransko more je svojom površinom (138.600 km<sup>2</sup>) malo i plitko poluzatvoreno more povezano sa ostalim dijelom Sredozemnog mora 70 km širokim Otranskim vratima. Obzirom na gusto naseljene i visoko industrijalizirane obale, kao i na intenzivan brodski promet te režim morskog strujanja, onečišćenost je značajan problem. Količina i zastupljenost plastičnog otpada na dnu Jadranskog mora među najvišima je u Europi nakon sjeveroistočnog dijela Sredozemnog i Keltskog mora. Otpad tamo dopijeva od oko četiri milijuna ljudi koji žive uz njegove obale, a taj se broj tijekom turističke sezone povećava gotovo šest puta. Osim ekološkog, otpad iz mora ima i važan društveno-ekonomski utjecaj koji pogađa obalne zajednice, jer je čista obala od ključnog značaja za turizam. [8]

Na plažama i morskom dnu priobalnog područja Republike Hrvatske otpad iz mora je prisutan u količinama koje nisu zanemarive. Veliki problem u Republici Hrvatskoj predstavlja otpad iz mora u obalnom području (na plažama, morskom dnu i stupcu morske vode) donesen morskim strujama i vjetrom iz susjednih jadranskih zemalja, posebice za vrijeme iznimno nepovoljnih meteoroloških i hidroloških prilika. Takav otpad na području južnog Jadrana može činiti gotovo 90% udjela u ukupnoj količini. [8]

Morske struje u Jadranu kreću se u smjeru suprotnom od kretanja kazaljke na satu: istočnom obalom prema sjeveru, a zapadnom prema jugu, uz postojanje nekoliko poprečnih tokova, kao što je prikazano na slici 13. Brzine tih struja nisu velike, između 10 i 20cm/s. [30]

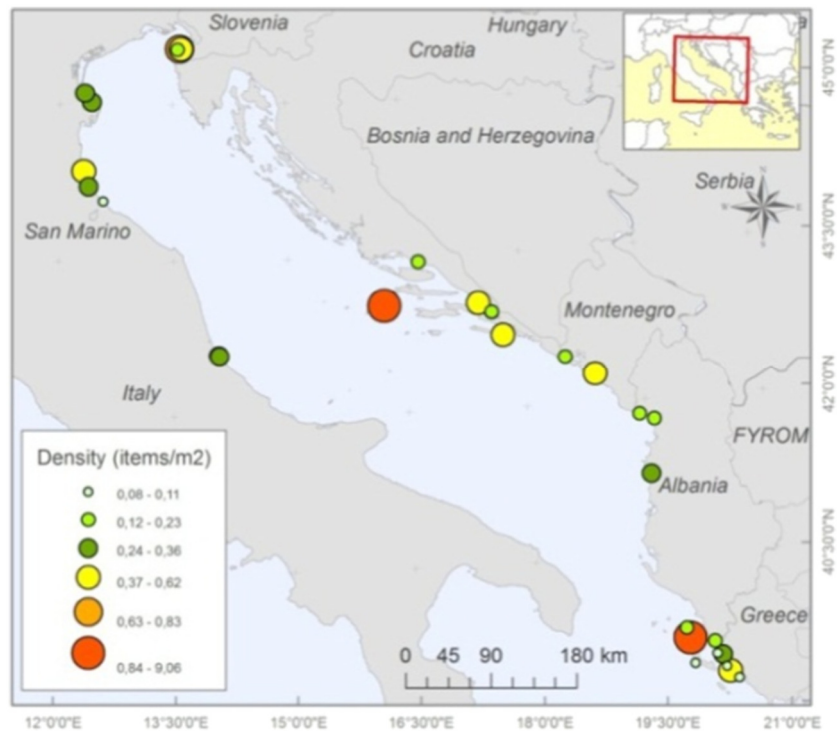


Slika 13 Prikaz morskih struja u Jadranskom moru[31]

Količina, sastav i izvori morskog otpada određivani su u istraživanjima plaža u sedam zemalja, koje se nalaze u jadransko-jonskoj makroregiji prikazanoj na slici 14. To su Albanija, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Grčka, Italija, Crna Gora i Slovenija. Tijekom istraživanja, svi makroskopski komadi otpada, veći od 2,5 cm, prikupljeni su i brojani, uključujući čepove, poklopce i opuške cigareta.[32]

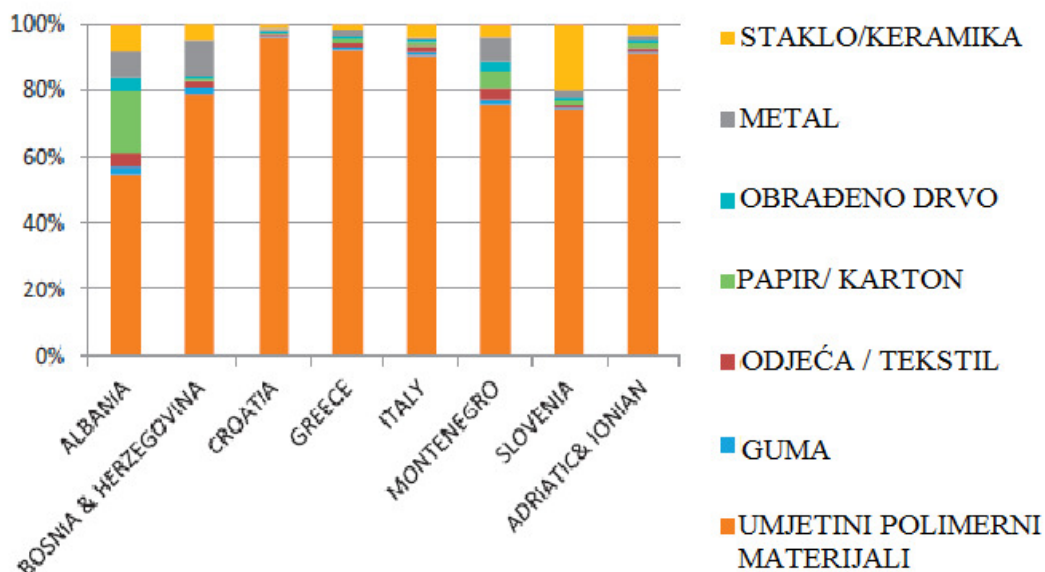
Na 31 mjestu, gdje je provedeno ukupno 180 istraživanja, prikupljeno je 70.581 komad otpada koji je klasificiran, zabilježen i uklonjen. Otpad je prilično varirao u količini i vrstama. Otkrivena je velika količina otpada u Zaglavu, Vis (Hrvatska) čija je koncentracija izuzetno visoka u usporedbi s brojem zabilježenih komada otpada na ostalim mjestima, s prosječnim brojem od 11 kom/m<sup>2</sup> (1.055 kom/100 m). Druga najveća koncentracija otpada zabilježena je na Ipsosu (Grčka) s prosjekom od 0,91 kom /m<sup>2</sup> (455 kom / 100 m), a slijede ga Strunjan (Slovenija) s 0,83 kom / m<sup>2</sup> (828 kom / 100 m), Foce Bevano (Italija) s 0,55 kom / m<sup>2</sup> (549 kom / 100 m), Kamenovo (Crna Gora) sa 0,52 kom / m<sup>2</sup> (524 kom / 100 m), Bele Skale (Slovenija) s 0,49 kom / m<sup>2</sup> (490 kom / 100 m), Neretva (Hrvatska) s 0,48 kom / m<sup>2</sup> (479 kom / 100 m), i Arrilas, Thesprotia (Grčka) s 0,43 kom / m<sup>2</sup> (426 kom / 100 m).

Najniže koncentracije otpada pronađene su na plažama Issos, Mega Ammos, Chalikounasi Kalamas, sve se nalaze u Grčkoj, s prosječnim brojem komada otpada u rasponu od 0,08 do 0,09 kom / m<sup>2</sup> (92-177 kom/ 100 m).[32]



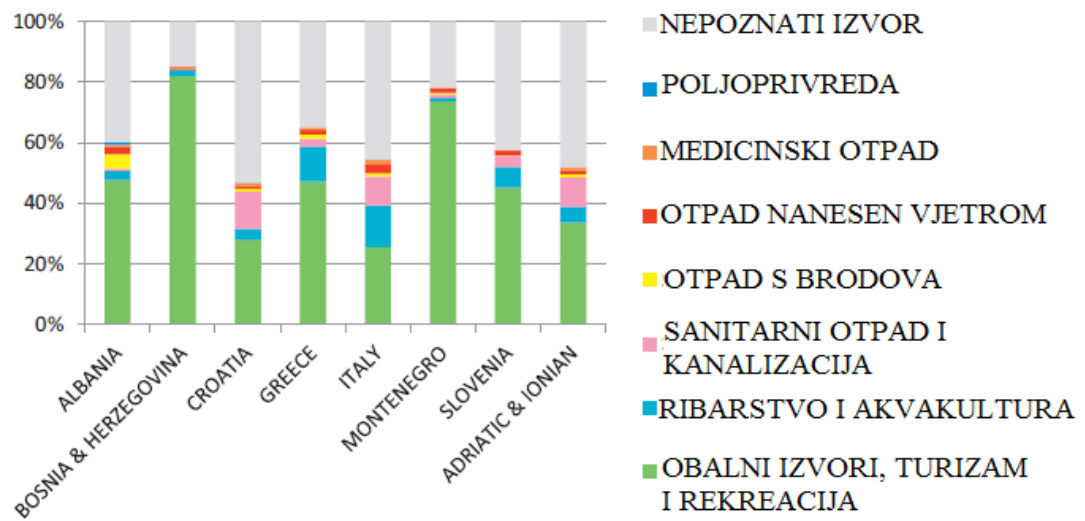
Slika 14 Gustoća otpada na 31 ispitanoj plaži u Jadranskom moru ( kom/m<sup>2</sup>)[32]

Kao što je prikazano na slici 15 većina pronađenog otpada napravljena je od umjetnih polimernih materijala. U gotovo svim zemljama jadransko - jonskog područja, plastični otpad bio je u rasponu od 74-92% ukupno prikupljenog otpada (s izuzetkom Albanije, gdje plastika je iznosila 54,3%). Druga skupina otpada koji se nalazi u regiji bili su staklo / keramika (3,2%), a slijedio je otpad od metala (1,5%), papira (1,4%) i odjeće/tekstila (1,1%). Gumeni predmeti predstavljaju 0,6% od ukupno 70.581 stavki zabilježenih u regiji i samo oko 0,1% su klasificirani kao neidentificirani otpad i/ili kemikalije. [32]



Slika 15 Postotak pronađenog otpada podijeljen prema kategorijama[32]

Od ukupne količine prikupljenog otpada, 33,4% potječe sa obalnih izvora, uključujući loše gospodarenje otpadom, turizam i rekreacijske aktivnosti, kao što je prikazano na slici 16. Oko 9,68% otpada bilo je sanitarno i povezano s kanalizacijom, 5,25% pristiglo je od ribarstva i akvakulture, 1,23% otpada donio je vjetar s udaljenijih područja, 1,06% pripisuje se brodovima, 1,01% medicinskim djelatnostima i samo 0,04% poljoprivredi.[32]



Slika 16 Postotak izvora onečišćenja Jadranskog mora[32]

## 4 UČINCI MORSKOG OTPADA NA MORSKE ORGANIZME

Mnogo je oblika štetnog djelovanja morskog otpada na pojedine vrste. Na primjer, gutanjem mikroplastika ulazi u prehrambeni lanac, dok makro- i mezoplastika mogu dovesti do gušenja ili zaplitanja, a postoje i primjeri gdje neka vrsta (obično mikroorganizam) “odjaše” na komadiću plastike daleko od svojeg uobičajenog staništa.

Mikroplastika ima grubu, rupičastu površinu na koju se kemikalije iz industrije i poljoprivrede, koje završe u vodi, zalijepe i pretvaraju ju u otrovne tablete za sve organizme koji žive u morima. Kada životinja pojede mikroplastiku, također pojede i toksine koji su prilijepljeni na nju. Toksini ulaze u krvotok i akumuliraju se u masnom tkivu oko vitalnih organa. Kada životinja koristi tu skladištenu masnoću, toksini počnu cirkulirati po tijelu miješajući se u reprodukciju, metabolizam, rast i funkciju bubrega i jetre.[3]

Institut Alfred Wegener u okviru svog projekta Litterbase (baza podataka o morskom otpadu) objavio je pregled objavljenih istraživanja na temelju kojih se procjenjuje da je morskim otpadom pogođena 1.341 morska vrsta, bilo da se radi o kolonizaciji, gutanju, zaplitanju, gušenju ili nekako drugačije.[26]

U jednom drugom preglednom radu koji je obuhvatio 340 objavljenih istraživanja, od svih zabilježenih interakcija morskih organizama s otpadom, njih 92% bilo je s plastikom. Pojedini su se organizmi u čak 71% slučajeva zapleli u plastičnu užad ili mreže, a u 37% slučajeva gutanja radilo se o komadićima plastike. Oko 17% vrsta koje su progutale ili se zaplele u morski otpad nalaze se na Crvenom popisu ugroženih vrsta Međunarodnog saveza za očuvanje prirode.[33]



Slika 17 Zaplitanje morske kornjače u plastiku [34]

Postoje stotine vrsta pogođenih morskim otpadom diljem svijeta. Zaplitanje je zabilježeno u svih sedam vrsta morskih kornjača (100%) (Slika 17) , 67% vrsta tuljana (22 od 33), 31% vrsta kitova (25 od 80) te 25% vrsta morskih ptica (103 od 406). Također, napravljen je popis 557 morskih vrsta za koje je zabilježeno da su bile pogođene morskim otpadom. Gutanje morskog otpada može izravno izazvati smrt različitih morskih vrsta, a također može uzrokovati probavne smetnje i smanjeni unos energije. [35]





Slika 18 Plastični fragmenti pronađeni u morskoj ptici[36]

Glavni negativni učinci morskog otpada na morske organizme i ljude:

- estetski, utječu na turizam i povezane djelatnosti,
- stradavanje morskih organizama zaplitanjem o otpad na površini i u stupcu mora, te u napuštene ribolovne alate,
- izgledom je sličan hrani (raznim oblicima, dimenzijama i bojama) pa ga razni morski organizmi često konzumiraju i tako ugrožavaju svoj život,
- prijenos raznih organskih i anorganskih onečišćujućih tvari budući da plastični materijali mogu adsorbirati onečišćujuće tvari iz morskog okruženja u kojem plutaju,
- prijenos invazivnih vrsta na velike udaljenosti, ali i raznih organizama iz onečišćenih luka u obližnja čista područja,
- izravni utjecaji na morska staništa (potonuli otpad prekriva staništa i tako sprječava izmjenu plinova između slobodne vode i porne vode u sedimentu, otežavajući disanje organizama vezanih za dno),
- može zaglaviti osovinske pogone(propelere) i brodske rashladne sustave,
- odbačeni medicinski materijal,naročito razne vrste igala,velika su opasnost za ljude. [5]

Slučajevi da morski organizmi progutaju mikroplastiku veoma su rašireni. Prema jednoj procjeni, u svijetu barem 170 vrsta kralježnjaka i beskralježnjaka proguta antropogeni otpad. [37]

Ono što zabrinjava jest da na taj način plastične mikročestice mogu ući i nakupljati se u prehrambenom lancu u slučaju da grabežljivci progutaju plijen koji je progutao plastiku. Ovakav scenarij nije ograničen samo na morske životinje, jer onečišćenu ribu i školjke mogu progutati i kopnene životinje. Dva su razloga za brigu: prvi je fizička prisutnost mikroplastike u okolišu i drugi toksičnost plastike i s njom povezanih ili na nju adsorbiranih kemikalija.[26]

Ono što još nije poznato jest kako bi konzumacija mikroplastike utjecala na zdravlje ljudi. Zasada ne postoji zakonska regulativa koja bi se bavila mikroplastikom u ribi i morskim plodovima. U svome nedavnom velikom izvještaju UNEP (2016) donosi zaključak da mikroplastika zasada ne predstavlja rizik za ljudsko zdravlje, ali naglašava da su dostupni podaci ograničeni i da ima mnogo nejasnoća te posebno ističe da nema dovoljno dokaza na temelju kojih bi se mogao procijeniti rizik od ulaska zagađivala u meso ribe, čime bi oni postali dostupni grabežljivcima, uključujući i ljude. UNEP nastavlja sa zaključkom da su spoznaje o sudbini i toksičnosti mikroplastike u ljudi veoma slabe te napominje da mikroplastika na svojoj površini može prenositi i širiti različite patogene koji mogu utjecati na ljudsko zdravlje.[26]

## 5 KAKO RIJEŠITI PROBLEM

Rješenje za plastično onečišćenje ne treba tražiti u oceanima nego na kopnu. Pravi problem je to što i danas velike količine plastike završavaju u morima. Da bi se to spriječilo svijet se treba ujediniti i pokušati zajedničkim snagama riješiti problem.

Glavni koraci za sprječavanje plastičnog onečišćenja:

### 1. Smanjenje svjetske plastične ovisnosti

Koristi se nevjerovatna količina pojedinačnih plastičnih artikala, kao što su slamke, plastične vrećice, pakiranje, plastične čaše, ploče i pribor za jelo. To mora stati. Sve veći broj zemalja nametnuo je zabranu upotrebljavanja jednokratnih plastičnih vrećica i postavljeni su konkretni ciljevi za smanjenje potrošnje plastike i otpada. Taj napor mora se povećati kako bi se globalna plastična potrošnja smanjila. Svaki čovjek može učiniti svoj dio odbijanjem upotrebe ovih proizvoda.

### 2. Povećanje odgovornosti proizvođača

Tijekom proteklih 50 godina svjetska plastična proizvodnja udvostručila se. 1974. godine prosječna potrošnja plastike po stanovniku iznosila je 2 kg, a do danas se povećala na 43 kg! To vodi svijet u pogrešnom smjeru. Umjesto toga, trebale bi se razviti alternative za ne-razgradivu plastiku, a industrije odgovorne za glavne plastične otpadne materijale trebaju omogućiti njihovo sakupljanje, reciklažu ili ponovnu upotrebu.

### 3. Povećati naknade i poreze na onečišćujuću plastiku

Većina danas korištene plastike proizvodi se iz nafte i izvor je stakleničkih plinova i onečišćenja. Unatoč tome, plastika iz fosilnih goriva još je uvijek jeftinija za napraviti i kupiti od reciklirane. Vlade trebaju istražiti provedbu poreza ili pristojbi na zagađujuću plastiku. Naknade moraju biti promijenjene tako da reciklirana plastika postane jeftinija od fosilne.

### 4. Poboljšati gospodarenje otpadom gdje je problem najveći

Najveći dio plastičnog otpada potječe iz zemalja u razvoju. Brz rast stanovništva znači da se potrošnja plastike povećava brže od kapaciteta za rukovanje plastičnim otpadom, i stoga velik dio otpada završava u moru. Kina i Indonezija su među zemljama koje proizvode najviše plastičnog otpada. U sklopu rješenja trebalo bi uspostaviti međunarodni program potpore kako bi se razvila infrastruktura za gospodarenje otpadom i recikliranje.

### 5. Provedba nulte vizije oceanske plastike

U prosincu 2017. godine, Skupština UN-a za okoliš usvojila je globalni cilj za zaustavljanje ispuštanja plastike u more. Kao nastavak, treba uspostaviti međunarodni sporazum s čvrstim ciljevima i vremenskim okvirom za provedbu, osiguravajući mapiranje izvora morskog otpada, povećanje tržišne odgovornosti kako bi se spriječilo novo širenje i jačanje upravljanja otpadom na globalnoj razini.[38][39]

Oceanski otpad je prekogranični problem; kada uđe u more, nema vlasnika. Zbog toga je upravljanje teško i vrlo ovisno o dobroj regionalnoj i međunarodnoj suradnji.

## 6 ZAKLJUČAK

Plastika predstavlja veliki problem u morskome okolišu. Najviše zbog toga što je ušla u lanac prehrane mnogih morskih životinja. Glavnina otpada iz mora potječe s kopna (gotovo 80%), a tek manji dio nastaje na samom moru. Kopneni izvori otpada su nekontrolirana ili loše upravljana odlagališta otpada, naselja i gradovi na obalama mora ili rijeka, te turističke aktivnosti. Plastični otpad posebice opterećuje more, jer je vrlo otporan i razgrađuje se izuzetno sporo.

Plastika je polimerni materijal koji ima sposobnost modeliranja ili oblikovanja, obično primjenom topline i tlaka. Podijeljena je prema Međunarodnoj klasifikaciji proizvoda od plastike, koju je razvila organizacija *Society of Plastics Industry* (SPI). Prema toj klasifikaciji postoji sedam vrsta plastike. U mnogim plastičnim proizvodima polimer je samo jedan sastojak. Da bi se stekao skup svojstava prikladnih za proizvod, polimer je gotovo uvijek u kombinaciji s drugim sastojcima ili aditivima, koji se miješaju tijekom obrade i izrade. Uslijed fizičkih, bioloških i kemijskih procesa tijekom vremena se smanjuje strukturna cjelovitost plastičnih otpadaka te dolazi do fragmentacije čime nastaju sitne čestice mikroplastike.

Oceani se pokreću pomoću 5 glavnih struja ili vrtloga (eng. gyres) koji su stvoreni kombinacijom Zemljine rotacije, vjetera i razlika u temperaturi i koncentraciji soli u vodi. Kruženje vode u oceanu sastoji se od višestrukih mehanizama. Razlikuju se tri glavne cirkulacijske komponente: strujne, kružne i vrtložne. Struje su najveći tokovi u oceanu. Vrtlozi su velike kružne struje i nastaju zbog vjetera i Coriolisovog učinka. Sve komponente cirkulacije oceana važne su za transport plastičnog otpada. Unutar pet velikih oceanskih vrtloga nalaze se najveće količine plutajućeg otpada. Dva vrtloga se nalaze u Pacifičkom oceanu, dva u Atlantskom i jedan u Indijskom oceanu.

Zagađenje plastikom nije zaobišlo ni Sredozemno more, protok vode između Sredozemnog mora i Atlantskog oceana je ograničen, zbog čega otpad koji uđe u Sredozemno more iz njega ne izlazi. Veliki problem u Republici Hrvatskoj predstavlja otpad iz mora u obalnom području (na plažama, morskom dnu i stupcu morske vode) donesen morskim strujama i vjetrom iz susjednih jadranskih zemalja. Količina i zastupljenost plastičnog otpada na dnu Jadranskog mora među najvišima je u Europi nakon sjeveroistočnog dijela Sredozemnog i Keltskog mora.

Plastika u moru negativno utječe na sve aspekte živog svijeta; morske životinje zapliću se u napuštene mreže, vrećice i ostalu ambalažu, a sitnije čestice zamjenjuju za hranu. Invazivne vrste putuju do udaljenijih staništa i uništavaju bioraznolikost određenih područja, potonuli otpad prekriva dno i otežava disanje organizama vezanih na dno, a također utječe i na ljudske djelatnosti, prvenstveno na turizam i akvakulturu.

Prvi korak u spašavanju oceana je zaustaviti dotok plastike u isti, a to se može postići samo ukoliko se sve države svijeta ujedine u rješavanju problema.

## 7 LITERATURA

1. National geographic: „*Ocean Overview*“. Dostupno na: <https://www.nationalgeographic.com/environment/oceans/explore/ocean-overview/>. [Citirano: 30-svi-2018].
2. Islands F, Francisco S. *Oceans On the edge*. 2018.;(February).
3. Leeson C. *A plastic ocean*. 2016.
4. *Zakon o održivom gospodarenju otpadom* . Narodne novine 2013. Broj 94 [citirano 26. svibanj 2018.]
5. INSTITUT ZA OCEANOLOGIJU I RIBARSTVO SPLIT, *Skup Ciljeva U Zaštiti Morskog Okoliša I S Njima Povezanih*. 2014.;
6. Sarafraz J, Rajabizadeh M, Kamrani E. *The preliminary assessment of abundance and composition of marine beach debris in the northern Persian Gulf, Bandar Abbas City, Iran*. J Mar BiolAssoc United Kingdom. 2016.;96(1):131–5.
7. Kammann U, Aust MO, Bahl H, Lang T. *Marine litter at the seafloor – Abundance and composition in the North Sea and the Baltic Sea*. Mar PollutBull. 2017.;(September):0–1.
8. Tutman P, Bojanić Varezić D, Prvan M, Božanić J, Nazlić M, Šiljić J, i ostali. *Integrirano planiranje u cilju smanjivanja utjecaja morskog otpada - projekt DeFishGear. Tehnoeko*. 2017.;(siječanj/january 2017.):2–11.
9. Rodriguez Ferdinand. *Plastic chemical compound*. [citirano 13. svibanj 2018.]. Dostupno na: <https://www.britannica.com/science/plastic>



10. Sredojević J. *Obrada i deponije otpada*. Mašinski fakultet u Zenici, Univerzitet u Sarajevu; 2003.
11. Majić Željka. *Analitički kutak - Naučite čitati plastični kod* . 2012 [citirano 13. svibanj 2018.]. Dostupno na: <http://biologija.com.hr/modules/AMS/article.php?storyid=8852>
12. ESA - Eduspace EN - *WeatherandClimate - The North Atlantic Gyre*. 2013. [citirano 16. svibanj 2018.]; Dostupno na: [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Weather\\_EN/SEM1HYK1YHH\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Weather_EN/SEM1HYK1YHH_0.html)
13. Scheijen N. *Plastic litter in the ocean*. 2018
14. A. NOAA's National Oceanic Service: *Education Currents*. 2007.;49.
15. Lebreton L, Slat B, Ferrari F, Sainte-Rose B, Aitken J, Marthouse R, i ostali. *Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic*. [citirano 16. svibanj 2018.];8(1):4666. Dostupno na: <http://www.nature.com/articles/s41598-018-22939-w>
16. Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, Borerro JC, i ostali. *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*. PLoS One. 2014.;9(12):1–16.
17. US Department of Commerce NO and AA. NOAA's National Ocean Service Education: *Currents: Coriolis Effect*. [citirano 16. svibanj 2018.]; Dostupno na: <https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/05currents1.html>
18. *Plane Search Shows World's Oceans Are Full of Trash* . [citirano 16. svibanj 2018.]. Dostupno na: <https://news.nationalgeographic.com/news/2014/04/140404-garbage-patch-indian-ocean-debris-malaysian-plane/>

19. OCEAN WASTE. [citirano 27. svibanj 2018.]. Dostupno na: [http://www.blue-growth.org/Plastics\\_Waste\\_Toxins\\_Pollution/Ocean\\_Waste.htm](http://www.blue-growth.org/Plastics_Waste_Toxins_Pollution/Ocean_Waste.htm)
20. Eriksen M, Maximenko N, Thiel M, Cummins A, Lattin G, Wilson S, i ostali. *Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre*. Mar PollutBull .2013.;68(1–2):71–6.
21. Ryan PG. *Litter survey detects the South Atlantic „garbagepatch“*. Mar PollutBull . 2014.;79(1–2):220–4.
22. Lovett A. Richard. *Huge Garbage Patch Found in Atlantic Too* . [citirano 18. svibanj 2018.]. Dostupno na: <https://news.nationalgeographic.com/news/2010/03/100302-new-ocean-trash-garbage-patch/>
23. ROLLING HARBOUR ABACO *Sargasso Sea Facts*. [citirano 27. svibanj 2018.]. Dostupno na: <https://rollingharbour.com/tag/sargasso-sea-facts/>
24. Morét-Ferguson S, Law KL, Proskurowski G, Murphy EK, Peacock EE, Reddy CM. *The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean*. Mar PollutBull. 2010.;60(10):1873–8.
25. Proleksis enciklopedija *Sredozemno more* . [citirano 18. svibanj 2018.]. Dostupno na: <http://proleksis.lzmk.hr/46642/>
26. Greenpeace Hrvatska. *Sredozemlje zatrpano plastikom*.
27. Cózar A, Sanz-Martín M, Martí E, González-Gordillo JI, Ubeda B, Gálvez JÁ, i ostali. *Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea*. Thuesen E V., urednik. PLoS One . 01. travanj 2015. [citirano 27. svibanj 2018.];10(4):e0121762. Dostupno na: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0121762>

28. Ubeda B, Gálvez JÁ, Irigoien X, Duarte CM. *Plastic accumulation in the Med sea water*. 2014.;
29. Van Sebille E, Wilcox C, Lebreton L, Maximenko N, Hardesty BD, van Franeker JA, i ostali. *A global inventory of small floating plastic debris*. *EnvironResLett* . 01. prosinac 2015. [citirano 27. svibanj 2018.];10(12):124006. Dostupno na: <http://stacks.iop.org/1748-9326/10/i=12/a=124006?key=crossref.56648155cc7e4c5554d3217914246a05>
30. Leksikografski zavod Miroslav Krleža *Istarska enciklopedija*. [citirano 28. svibanj 2018.]. Dostupno na: <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=3148>
31. Proleksis enciklopedija *Jadransko more ili Jadran* . [citirano 28. svibanj 2018.]. Dostupno na: <http://proleksis.lzmk.hr/28692/>
32. Vlachogianni T, Fortibuoni T, Ronchi F, Zeri C, Mazziotti C, Tutman P, i ostali. *Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources*. *Mar PollutBull* . 2018.;131(May):745–56.
33. Gall SC, Thompson RC. *The impact of debris on marine life*. *Mar PollutBull* . 2015.;92(1–2):170–9
34. *ALARMANTAN IZVJEŠTAJ: „Četvrtina riba u ribarnicama sadrži komadiće plastike!“* . [citirano 29. svibanj 2018.]. Dostupno na: <http://www.novi-svjetski-poredak.com/2016/05/22/alarmantan-izvjestaj-cetvrtina-riba-na-ribarnicama-sadrzi-komadice-plastike/>
35. Lazar B, Gračan R. *Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea*. *Mar PollutBull*. 2011.;62(1):43–7. 1. Ocean Overview . [citirano 30. svibanj 2018.]. Dostupno na: <https://www.nationalgeographic.com/environment/oceans/explore/ocean-overview/>

36. *Senate Hearing Into Marine Plastic Pollution Hears About Seabirds With Stomachs Full of Plastic.* [citirano 29. svibanj 2018.]. Dostupno na: [https://www.huffingtonpost.com.au/2016/02/17/senate-marine-plastic-pollution\\_n\\_9255856.html?guccounter=1](https://www.huffingtonpost.com.au/2016/02/17/senate-marine-plastic-pollution_n_9255856.html?guccounter=1)
37. *Global research priorities to mitigate plastic pollution impacts on marine wildlife. Endanger SPECIES Res Endang Species Res.* 2014. [citirano 29. svibanj 2018.];25:225–47. Dostupno na: [https://www.int-res.com/articles/esr\\_oa/n025p225.pdf](https://www.int-res.com/articles/esr_oa/n025p225.pdf)
38. *World Economic Forum: 8 steps to solve the ocean's plastic problem* [citirano 30. svibanj 2018.]. Dostupno na: <https://www.weforum.org/agenda/2018/03/8-steps-to-solve-the-oceans-plastic-problem/>
39. Dakota F. *Plastic Oceans: A New Way in solving Our Plastic Pollution.* Usf. 2016.;Master.
40. D. Gereš, I. Skukan, i T. Smital, *Hrvatske vode i Europska unija - izazovi i mogućnosti : zbornik radova = Croatian water and European Union - challenges [i.e. challenges] and possibilities : proceedings.* Hrvatske vode, 2007.

## 8 POPIS SLIKA

Slika 1 Sastav morskog otpada [7] .....	4
Slika 2 Subtropski vrtlozi morskih struja[13].....	10
Slika 3 Područja na kojima je mjerena brojnost (broj komada/km <sup>2</sup> ) u četiri razreda po veličini čestica[16].....	12
Slika 4 Rezultati modela za globalnu brojnost (broj komada/ km <sup>2</sup> ) plastike u četiri razreda[16] .....	14
Slika 5 Rezultati modela za globalnu gustoću (g/ km <sup>2</sup> ) plastike u četiri razreda[16]....	14
Slika 6 Model koncentracije mase otpada unutar Sjeverno pacifičkog vrtloga (kg/ km <sup>2</sup> ) [15].....	16
Slika 7 Model koncentracije brojnosti čestica po km <sup>2</sup> unutar Indijskog oceana [19]....	17
Slika 8 Lokacije 48 uzoraka prikupljenih u Južnom Pacifiku[20].....	18
Slika 9 Model koncentracije brojnosti čestica po km <sup>2</sup> unutar južnog atlantskog oceana[19].....	20
Slika 10 Koncentracija plastike u Sjevernom Atlantskom oceanu (broj čestica/ km <sup>2</sup> )[23] .....	21
Slika 11 Položaj Sredozemnog mora[25] .....	22
Slika 12 Koncentracija plastičnog onečišćenja (g/km <sup>2</sup> ) u površinskim vodama Sredozemnog mora (zumirano u gornji desni kut), te usporedba s plastičnim koncentracijama za globalni ocean[27] .....	23
Slika 13 Prikaz morskih struja u Jadranskom moru[31].....	26
Slika 14 Gustoća otpada na 31 ispitanoj plaži u Jadranskom moru ( kom/m <sup>2</sup> )[32].....	28
Slika 15 Postotak pronađenog otpada podijeljen prema kategorijama[32] .....	29
Slika 16 Postotak izvora onečišćenja Jadranskog mora[32].....	30
Slika 17 Zaplitanje morske kornjače u plastiku [34] .....	32
Slika 18 Plastični fragmenti pronađeni u morskoj ptici[36] .....	33



## 9 POPIS TABLICA

Tablica 1 Procjena ukupne brojnosti ( $n \times 10^{10}$ čestica ) i težine ( $g \times 10^2$ tona) plastike podijeljene u četiri razreda po veličini čestica[16] .....	13
---	----