

# POSEBNE KATEGORIJE OTPADA - PLASTIČNI OTPAD

---

**Vučković, Renato**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:774150>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE**  
**STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE**

**Renato Vučković**

**POSEBNE KATEGORIJE OTPADA-PLASTIČNI OTPAD**

**ZAVRŠNI RAD**

**Karlovac, 2021.**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE**  
**STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE**

**Renato Vučković**

**POSEBNE KATEGORIJE OTPADA-PLASTIČNI OTPAD**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor: mr.sc. Hrvoje Buljan, pred.**

**Karlovac, 2021.**

# POSEBNE KATEGORIJE OTPADA-PLASTIČNI OTPAD

## SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je: *Posebne kategorije otpada- plastični otpad*. U radu je opisan problem rasprostranjenosti plastičnog otpada, njegovom utjecaju na okoliš, živa bića i njegovu zbrinjavanju. Plastika u svakodnevici ima široku uporabu i od velikog je značaja, pa je time zauzela veliku ulogu u industriji i društvu. Sve češće zamjenjuje druge materijale zbog svojih povoljnih svojstava. Plastični materijali su velika skupina materijala s različitim mehaničkim, kemijskim i optičkim svojstvima, i prisutna je svuda u okolišu, ali njeno zbrinjavanje uvelike zaostaje.

Gospodarenje otpadom utječe na ljudsku populaciju i okoliš pa je stoga jedno od ključnih pitanja današnjice. Podizanjem javne svijesti o važnosti zdravog okoliša i mogućnostima recikliranja plastike, smanjili bi izloženost zdravlja ljudi i ekosustava toksičnim tvarima, te time pomogli sebi i narednim generacijama.

KLJUČNE RIJEČI: plastika, otpad, reciklaža, okoliš

# **SPECIAL CATEGORIES OF WASTE-PLASTIC WASTE**

## **ABSTRACT**

The subject of this final paper is: *Special categories of waste - plastic waste*. The main focus is on the distribution of plastic waste, its impact on the environment, and living beings, as well as its disposal. Given the fact that plastic is widely used in everyday life and is of great importance, it has also taken a big role in industry and society. It is increasingly replacing other materials due to its favorable properties. Plastic materials are a large group of materials with different mechanical, chemical and optical properties, and it is present everywhere in the environment, but its disposal lags far behind.

Waste management affects the human population and the environment and is therefore one of the key issues of present days. By raising public awareness of the importance of a healthy environment and the possibilities of recycling plastics, we could reduce the exposure of human health and ecosystems to toxic substances, and in that way we could help and ourselves and future generations.

**KEYWORDS:** plastic, waste, recycling, environment

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OTPAD.....	2
3. PLASTIKA.....	3
3.1. Plastomer .....	4
3.2. Duromer.....	4
4. KLASIFIKACIJA PLASTIKE.....	5
4.1. Polietilen tereftalat (PET).....	5
4.2. Polietilen visoke gustoće (HDPE).....	5
4.3. Polivinilklorid (PVC).....	6
4.4. Polietilen (LDPE).....	6
4.5. Polipropilen (PP).....	6
4.6. Plastomer (PS).....	7
4.7. Ostali plastični materijali.....	7
5. GOSPODARENJE PLASTIČNIM OTPADOM.....	9
5.1. Gospodarenje plastičnim otpadom u Republici Hrvatskoj .....	10
5.2. Gospodarenje plastičnim otpadom u Europskoj Uniji.....	10
6. ZBRINJAVANJE I RECIKLAŽA PLASTIČNOG OTPADA .....	13
7. RAZGRADNJA PLASTIKE BAKTERIJE <i>IDEONELLA SAKAIENSIS</i> .....	14
8. OPORABA PLASTIČNOG OTPADA .....	16
a. Mehanička uporaba .....	16
b. Kemijska uporaba.....	16
c. Energetska uporaba plastičnog otpada .....	17
9. RECIKLAŽA PLASTIČNOG OTPADA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE .....	19
10. UTJECAJ PLASTIČNOG OTPADA NA OKOLIŠ .....	21
11. VELIKI PACIFIČKI OTOK OTPADA .....	23
a. Čišćenje Velikog pacifičkog otoka otpada .....	24
12. MIKROPLASTIKA .....	26
13. BIOPLASTIKA.....	30
a. Primjer: Gospodarenje bioplastikom na primjeru Norveške .....	32
14. ZAKLJUČAK .....	33
15. LITERATURA.....	34

## POPIS PRILOGA

Slika 1. Lanac polimera.....	3
Slika 2. Klasifikacija plastične ambalaže .....	7
Slika 3. Posuda za prikupljanje plastičnog otpada, Jastrebarsko .....	9
Slika 4. Reciklaža po zemljama EU .....	12
Slika 5. Bakterija <i>Ideonella sakaiensis</i> .....	14
Slika 6. Energana za spaljivanje plastike .....	17
Slika 7. Sortiranje otpada .....	20
Slika 8. Kitopsina ( <i>Rhincodon typus</i> ) se hrani plastičnom vrećicom.....	22
Slika 9. Nakupine smeća u oceanima .....	23
Slika 10. Katamaran Plastiki .....	25
Slika 11. Mikroplastika u Jadranskom moru, Rovinj.....	27
Slika 12. Pronađena mikroplastika u želucu ribe .....	28
Slika 13. Vremenska razgradnja bioplastike .....	30



## 1. UVOD

Proizvodnja plastike je započela još u 19. stoljeću. Plastika je zamijenila mnoge prirodne materijale poput kamena, drva, metala, stakla i slično. Zbog njene niske cijene i široke upotrebe, primjenjuje se u gotovo svim područjima života: građevinarstva, medicine, sporta, transporta, elektroničke opreme i drugih. Kemijska struktura plastike čini ju otpornom na mnoge prirodne procese razgradnje pa je samim time i spora razgradnja. Zbog jednostavne izrade plastike u bilo kojem obliku, ona je izvor mnogih inovacija tako da danas postoji više od 900 vrsta plastike.

Onečišćenje plastičnim otpadom raširilo se po tlu, zraku i oceanima, osobito morske životinje trpe najveću štetu izazvanu neodgovornim načinom zbrinjavanja plastikom, poput mehaničkih učinaka ili gutanjem plastike u zamjenu za hranu. No isto tako ni ljudi nisu pošteđeni njenom štetnom utjecaju koje mogu uzrokovati hormonalnim i drugim poremećajima.

Svjetska proizvodnja plastičnih proizvoda iznosi preko 320 000 000 tona godišnje i time proizvodnja daleko nadmašuje njenu reciklažu koja iznosi oko 5,7 milijuna tona. Plastični proizvodi se proizvedu se za svega nekoliko sekundi, te koriste svega nekoliko minuta nakon čega završavaju na otpadu i gdje im je potrebno nekoliko stotina godina da se razgrade. Na taj se način sirovine u velikim razmjerima odbacuju na odlagališta, a energija troši na proizvodnju novih sirovina. Oporabom plastike izbjegava se odlaganje na odlagalištima otpada gdje nepotrebno zauzima prostor, smanjuje se uvoz sekundarnih sirovina, ali i rizik od štetnog utjecaja na život i zdravlje ljudi, materijalnih dobara i zaštite okoliša.

## 2. OTPAD

Definicija otpada i definicija smeća kroz povijest, ali i danas pogrešno se koriste kao sinonimi. Smeće je općeniti pojam za sve ono odbačeno i nepotrebno i koje je pomiješano odbačeno bez kontrole. Može se zaključiti da je smeće također vrsta otpada koji ima najmanju vrijednost. Otpad je svaka tvar ili predmet koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti i uz njega se veže novi termin „sekundarna sirovina“. Mnoge otpadne sirovine i materijali mogu se ponovno iskoristiti pod uvjetom da su odvojeno sakupljeni. Time se stvaraju nove vrijednosti, resursi, štedi novac i utrošena energija, smanjuju komunalni troškovi ili pomažu u povećanju zaposlenosti.

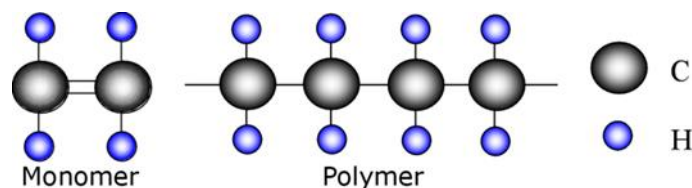
Za razliku od otpada, smeće ima malu uporabnu vrijednost i bavljenje njime ne znači ni teorijsku dobit i ne predstavlja ekonomsku kategoriju.

Svatko i svakodnevno proizvodi otpad (ambalaža, stari papir, hrana, staklo ) što znači da je svaki pojedinac ujedno i posjednik otpada i snosi odgovornost u procesu stvaranja i zbrinjavanja

Otpad se razvrstava prema Katalogu otpada (Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom i listom opasnog otpada, „Narodne Novine“, Broj: 50/05, i „Narodne Novine“, 39/09), koji je usklađen s europskim popisom otpada.

### 3. PLASTIKA

Plastika je danas jedan od najčešće korištenih umjetno proizvedenih materijala. Umjetan materijal koji se ne može naći u prirodi, a potiče od grčke riječi „plastikos“ što znači imati sposobnost oblikovanja (ANONYMOUS, godina nepoznataC). Plastika se stvara kemijskim procesom polimerizacije. Polimerizacija je kemijska reakcija kojom se molekule nekog jednostavnog spoja, odnosno monomera, međusobno kovalentnim vezama spajaju tako da nastane spoj polimer istog postotnog sastava, ali veće molekulske težine sastavljene od različitih elemenata kao što su ugljik, kisik, sumpor, dušik i klor. Plastični materijali se danas proizvode od sirove nafte koja je neobnovljivi izvor energije i zemnog plina, dok se u prošlosti koristio od ugljena. Sirova nafta crpi se i prevozi do rafinerija kako bi se rafinirala i preradila u naftu, propan i butan. Prirodni plin zajedno s etanom također daje propan, iz kojeg se dobivaju kemijski poluproizvodi kao što su etilen, propilen, benzen i praksilen, koji su glavni izvori za izradu različitih tipova plastike, koja može biti naknadno promijenjena dodavanjem aditiva i sredstava za punjenje (ANONYMOUS, godina nepoznataB).



Slika 1. Lanac polimera

([www.materials.unsw.edu.au](http://www.materials.unsw.edu.au) 2.7.2020.)

Prirodni polimeri se pojavljuju u prirodi, u staničnim stjenkama biljaka kao njihov građevni materijal, primjerice celuloza. Osim tih organskih polimera, uz prirodne ubrajamo i anorganske polimere. Polimeri (Slika 1. Lanac polimera, [www.materials.unsw.edu.au](http://www.materials.unsw.edu.au) 2.7.2020.) se dijele u dvije skupine: poliplasti i elastomeri, dok se poliplasti dijele na: termoplaste/plastomere i termosete/duromere (ANONYMOUS, godina nepoznataB). Poliplasti imaju plastična svojstva, a elastomeri poprimaju elastična svojstva. Plastomere se zagrijavanjem omekšavaju ili rastale, a hlađenjem očvrstnu tako da ne promijene svojstva dok se elastomeri odlikuju savitljivošću pri sobnoj temperaturi, a duromeri se ne mogu preoblikovati zagrijavanjem i lako se lome (KREHULA, godina nepoznata).

Plastika je lagana, izdržljiva i otporna na vlagu i posjeduje korisne karakteristike gdje je nepropusna za većinu plinova, može se oblikovati u svim veličinama i oblicima, miješati s drugim materijalima, tako da je njena upotreba neograničena (ANONYMOUS, godina nepoznataC).

### **3.1. Plastomer**

Termoplastika (plastomer) je linearni ili granati polimer u kojem se molekule drže zajedno pomoću slabih sekundarnih veza, napravljena od polimernih smola koja postaje homogenizirana tekućina kada se grije i kada se hladi, te su isto taljivi i topljivi. Kada se plastomer omekša toplinom, makromolekule se slobodno gibaju jer dolazi do popuštanja sekundarnih sila, tada se može oblikovati ekstruzijom, oblikovanjem ili prešanjem i ovaj proces se može ponoviti nekoliko puta. Hlađenjem plastomer dolazi do suprotnog procesa, sekundarne veze se ponovno uspostavljaju i taj plastomer djeluje poput stakla, podložan je lomu, te nudi svestranost i širok raspon primjena. U plastomer spadaju polipropilen, polietilen i polivinilklorid (PVC). Obzirom na karakter sekundarnih veza, ciklus omekšavanja i očvršćivanja se može stalno ponavljati, stoga je moguće materijalno i to mehanički uporabiti plastomer, odnosno reciklirati.

Plastomeri su prema potrošnji najproširenija skupina polimernih materijala, po stupnju uređenosti strukture mogu biti amorfni i kristalasti. Amorfni plastomeri su uglavnom prozirni, krhki i slabije kemijske postojanosti. Kristalasti plastomeri osim kristalne sadrže i amorfnu strukturu. Stupanj kristalnosti povisuje gustoću, tvrdoću, krutost i postojanost prema otapalima. Veći udio amorfne faze poboljšava fleksibilnost i preradljivosti.

### **3.2. Duromer**

Duromer je mrežasti polimer u kojem su makromolekule povezane kovalentnom vezom, netaljivi su, netopljivi i ne bubre. Učvršćuje se ili skuplja nepovratno kada se zagrije, jednom kada očvrstne, ne može se opet omekšati niti rastaliti. Duromeri su cijenjeni zbog izdržljivosti i čvrstoće, a koriste se u velikim količinama u automobilima i građevini, uključujući primjene kao što su ljepila, tinte i premazi. Najčešći duromer je kamionska i automobilska guma (ANONYMOUS, godina nepoznataC).

## **4. KLASIFIKACIJA PLASTIKE**

Prema klasifikaciji koju je razvilo SPI (Society of the Plastics Industry/Udruženje za plastičnu industriju) postoji sedam vrsta plastike. SPI uspostavilo je sustav klasifikacije 1988. godine kako bi potrošačima i proizvođačima reciklaže osiguralo prepoznavanje različitih vrsta plastike. Proizvođači stavljaju SPI kod ili broj na svaki plastični proizvod, obično uliven u dno. Ovaj vodič daje osnovni prikaz različitih vrsta plastike povezanih sa svakim brojem kodova.

### **4.1. Polietilen tereftalat (PET )**

Najčešća korištena vrsta plastike koja se u pravilu koristi za jednokratnu upotrebu. Polietilen tereftalat (engl. polyethylene terephthalate) ponekad upija mirise i okuse iz hrane i pića koji su pohranjeni u njima, također se višekratna upotreba ne preporuča zbog bakterijske kontaminacije. Predmeti napravljeni od ove plastike obično se vrlo lako recikliraju pri čemu se dobivaju novi materijali za nove boce ili poliesterska vlakna. PET (E) plastika koristi se za izradu mnogih uobičajenih predmeta za kućanstvo poput boca za piće, staklenki za lijekove, užadi, odjeće i vlakana od tepiha.

### **4.2. Polietilen visoke gustoće (HDPE)**

Proizvodi od polietilena visoke gustoće vrlo su sigurni i nije poznato da oni prenose bilo kakve kemikalije u hranu ili piće. HDPE (engl. high-density polyethylene, polietilen visoke gustoće) proizvodi se najčešće recikliraju. Radi se o vrlo izdržljivoj plastici i koristi se u proizvodnji vrlo široke upotrebe koji zahtijevaju dugotrajnu izdržljivost i otpornost i smatra se najsigurnijom vrstom plastike, stoga je pogodna za višekratnu upotrebu. Predmeti napravljeni od ove plastike uključuju spremnike za mlijeko, motorno ulje, šampone i balzamirane sredstva, boce sapuna, deterdžente, kante za smeće. Nikada nije sigurno ponovo upotrebljavati bočicu HDPE kao spremnik hrane ili pića ako u njoj nisu prvotno sadržavali hranu ili piće.

### **4.3. Polivinilklorid (PVC)**















Polivinilklorid (PVC) (engl. polyvinyl chloride ili često samo oznaka V- engl. Vinyl, polivinil klorid) je dugotrajan materijal, ima dobru otpornost na atmosferlije, kemikalije i koroziju. Polivinil klorid se ponekad reciklira, svega 1%. Kao nusprodukt proizvodnje PVC-a su dioksidi, toksični kemijski spojevi. Zbog toga se ne preporuča zagrijavati hranu upakiranu u PVC ambalažu, kako ne bi došlo do otpuštanja ovih spojeva. PVC se koristi uvelike u građevinskoj industriji, ali i u medicinske svrhe. Proizvodi PVC-a se dijele na tvrde i meke. Neki od proizvoda mogu biti prozori, kanalizacijske cijevi, auto dijelovi, umjetna koža.

### **4.4. Polietilen (LDPE)**

Polietilen niske gustoće (engl. low-density polyethylene) se uglavnom koristi kao film, folijaza pokrivanje i pakiranje ambalaže. Sigurna plastika koja ima tendenciju da bude i izdržljiva i fleksibilna, a najveća je prednost ponovne upotrebe, tj. recikliranja koji se koriste kao predmeti poput prijanjajućega filma, vrećice za sendviče, boce koje se mogu stisnuti i plastične vrećice za hranu, prešane posude samo su neki od proizvoda.

### **4.5. Polipropilen (PP)**

Polipropilen (engl. Polypropylene) je kristalasti plastomer linearnih makromolekula. Lanci makromolekula tvore spiralnu strukturu u obliku zavojnice, a takva struktura pogoduje kristalizaciji i preduvjet je dobrim svojstvima polipropilena. Polipropilen ima dobra mehanička svojstva, čvrst je, lagan i može podnijeti veće temperature i koristi se za izradu kutija za ručak, posuda s margarinom, posuda s jogurtom, jednokratne pelene, laboratorijska oprema i drugih kao što se i čepovi od plastičnih boca izrađuju od polipropilena (PP).

 PETE	 HDPE	 PVC	 LDPE	 PP	 PS	 OTHER
polyethylene terephthalate	high-density polyethylene	polyvinyl chloride	low-density polyethylene	polypropylene	polystyrene	other plastics, including acrylic, polycarbonate, polyactic fibers, nylon, fiberglass
soft drink bottles, mineral water, fruit juice containers and cooking oil	milk jugs, cleaning agents, laundry detergents, bleaching agents, shampoo bottles, washing and shower soaps	trays for sweets, fruit, plastic packing (bubble foil) and food foils to wrap the foodstuff	crushed bottles, shopping bags, highly-resistant sacks and most of the wrappings	furniture, consumers, luggage, toys as well as bumpers, lining and external borders of the cars	toys, hard packing, refrigerator trays, cosmetic bags, costume jewellery, audio cassettes, CD cases, vending cups	an example of one type is a polycarbonate used for CD production and baby feeding bottles
						

Slika 2. Klasifikacija plastične ambalaže

([www.polychem-usa.com](http://www.polychem-usa.com) 2.7.2020.)

#### 4.6. Plastomer (PS)

Jedna od najčešće korištenih plastičnih vrsta, amorfni je plastomer. Polistiren (engl. Polystyrene) se reciklira, ali se slabo provodi. Zagrijavanje hrane u posuđu od polistirena se ne preporučuje zbog otpuštanja štetnog stirena, posebno u mikrovalnoj pećnici. Predmeti kao što su šalice za kavu za jednokratnu upotrebu, plastične kutije za hranu, plastični pribor za jelo i pjena za pakiranje izrađeni su od PS-a. Upotreba polistirena se nastoji smanjiti ili zamijeniti polipropilenom.

#### 4.7. Ostali plastični materijali

Polikarbonat i polilaktid spadaju isto u kategoriju plastičnih materijala. Ove je vrste plastike vrlo teško reciklirati. Ovoj kategoriji pripada sva plastika koja nije obuhvaćena prethodnim opisanim skupinama i predstavlja vrlo heterogenu skupinu za koju ne postoji generalno pravilo o recikliranju. Istraživanja na laboratorijskim životinjama su pokazala da BPA može u

organizmu djelovati poput ženskog spolnog hormona estrogena i poremetiti razvoj i djelovanje reproduktivnog sustava. Činjenica je da se plastika ove kategorije upotrebljava za izradu bočica za dječju hranu i zbog toga nije preporučljivo zagrijavati piće i hranu u bočicama.

U ovu skupinu također spada i nova generacija lako razgradive plastike, napravljene od biopolimera (npr. škroba), koja obično dolazi s oznakom „PLA” ili natpisom „biorazgradivo” pored simbola s brojem 7 (ŽUNA, 2019).



## 5. GOSPODARENJE PLASTIČNIM OTPADOM

Gospodarenje plastičnim otpadom važna je djelatnost koja zahtjeva stručnost jer se plastični otpad ne može jednostavno zapaliti ili zakopati. Sustav gospodarenja plastičnim otpadom objedinjuje sve grane koje taj otpad uključuje od sakupljanja i obrade, do koristi za okoliš, gospodarsko optimiranje i društvenu prihvatljivost. Najpoželjnija metoda zbrinjavanja otpada je izbjegavanje nastanka otpada, potom smanjenje nastanka, ponovna upotreba, recikliranje, zatim spaljivanje i kao najlošija varijanta odlaganje. Europska pravna stečevina (EU legislativa), kao i Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske 2017-2020. određuju uporabu (materijalnu i/ili energijsku) otpadne plastike. U mnogim europskim zemljama otpadna plastika se energijski oporabljuje, ali isključivo u postrojenjima koja su za to tehnički osposobljena. Oporabom otpada izbjegava se njegovo odlaganje na odlagalištima, smanjuje se uvoz sekundarnih sirovina, otvaraju se nova radna mjesta u lokalnom gospodarstvu uz istovremeno smanjivanje onečišćenosti zraka, vode i tla (DOMANOVAC i sur., 2019).



Slika 3. Posuda za prikupljanje plastičnog otpada, Jastrebarsko

(Foto Renato Vučković, 9.7.2020.)

Godišnja svjetska proizvodnja plastičnih proizvoda u 2017. godini iznosi oko 350 milijuna tona godišnje, dok istovremeno, sustavi za gospodarenje otpadnom plastikom su nekoliko puta manjeg kapaciteta. Konkretno u Europskoj uniji su sustavi gospodarenja otpadnom plastikom tri puta manjeg kapaciteta od godišnje proizvodnje (DOMANOVAC i sur., 2019).

Zbog nepostojanja sustava za odvojeno prikupljanje plastičnih proizvoda i neodgovornog ponašanja proizvođača otpada, većina otpadnih plastičnih proizvoda završava u okolišu (DOLŠAK i sur., 2013).

### **5.1. Gospodarenje plastičnim otpadom u Republici Hrvatskoj**

Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj obuhvaća uklanjanje postojećih neuređenih odlagališta koja ne zadovoljavaju uvjete koji su bitni za zdravlje ljudi i zaštitu okoliša, tj. učinkovito upravljane tokovima različitih vrsta otpada od proizvodnje do njegovog sigurnog uklanjanja. Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom prioritet je sprječavanje nastanka otpada, priprema za ponovnu upotrebu, recikliranje i na kraju zbrinjavanje otpada kao najnepovoljniji način gospodarenja otpadom.

Sabor Republike Hrvatske je u siječnju 2002. godine donio Nacionalnu strategiju zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja za okoliš i utvrđeno je da je neodgovarajuće gospodarenje otpadom bio najveći problem zaštite okoliša u Hrvatskoj. Količina otpada je rasla, no infrastruktura nije bila dostatna da taj otpad zbrine. Sustav nije funkcionirao, a propisi se nisu provodili u cijelosti pa su 2005. godine Nacionalnom strategijom zaštite okoliša utvrđeni ciljevi te predložene mjere za postupno ostvarivanje do 2025. godine, te se u svrhu povećanja oporabe i smanjenja onečišćenja okoliša otpadnom plastikom u Republici Hrvatskoj primjenjuju odredbe Pravilnika o ambalaži i ambalažnom otpadu („Narodne novine“ Broj: 97/05, 115/05, 81/08, 31/09, 38/10, 10/11), čime je odvojeno skupljanje PET ambalaže drastično poraslo jer time građani dobivaju naknadu od 0,5 kn po boci temeljem propisa donesenih 2005. godine, ali ostala ambalaža koja ne spada u PET ambalažu i koja se koristi za jednokratnu uporabu i dalje se neodgovarajuće zbrinjava (BOGDAN, 2019).

### **5.2. Gospodarenje plastičnim otpadom u Europskoj Uniji**

Direktiva Europske unije određuje da svaka članica mora definirati metodu sustava sakupljanja i recikliranja ambalaže na način koji je najprihvatljiviji. Energetska oporaba

odnosno spaljivanje je najkorišteniji način za obradu plastičnog otpada u Europi, nakon čega slijedi odlaganje pod zemljom, a samo se 30% proizvedene plastike prikuplja za recikliranje. Danas većina europskih gradova ima organiziran sustav za odvojeno skupljanje različitih vrsta otpada koji se može reciklirati. Polovica plastike koja se prikuplja za recikliranje obrađuje se u stranim zemljama izvan Europske unije. Razlozi za izvoz su nedostatak kapaciteta, tehnologije ili novca za lokalnu obradu. Ranije se značajna količina plastičnog otpada slala u Kinu, ali nakon što je na snagu stupila kineska zabrana uvoza plastike, EU je prisiljena čim prije pronaći drugačije rješenje (ANONYMOUS, 2018b).

Niska stopa recikliranja plastike u EU-u znači velike gubitke za gospodarstvo i okoliš. Prema procjenama, 95 % vrijednosti plastičnog materijala izgubi se zbog kratkoročnog jednokratnog korištenja.

U siječnju 2018. godine u Strasbourgu Europska komisija je objavila europsku strategiju za upravljanje plastičnim otpadom i dio je paketa o kružnom gospodarstvu, cilj je da se do 2030. godine sva plastična ambalaža koja najviše zagađuje okoliš reciklira i ograniči njena jednokratna uporaba, što znači da je potreban bolji dizajn proizvoda, ali i postavljanje mjera za poticanje tržišta za recikliranu plastiku (ANONYMOUS 2019b).

Poticanje tržišta za recikliranje plastike uključuje mjere:

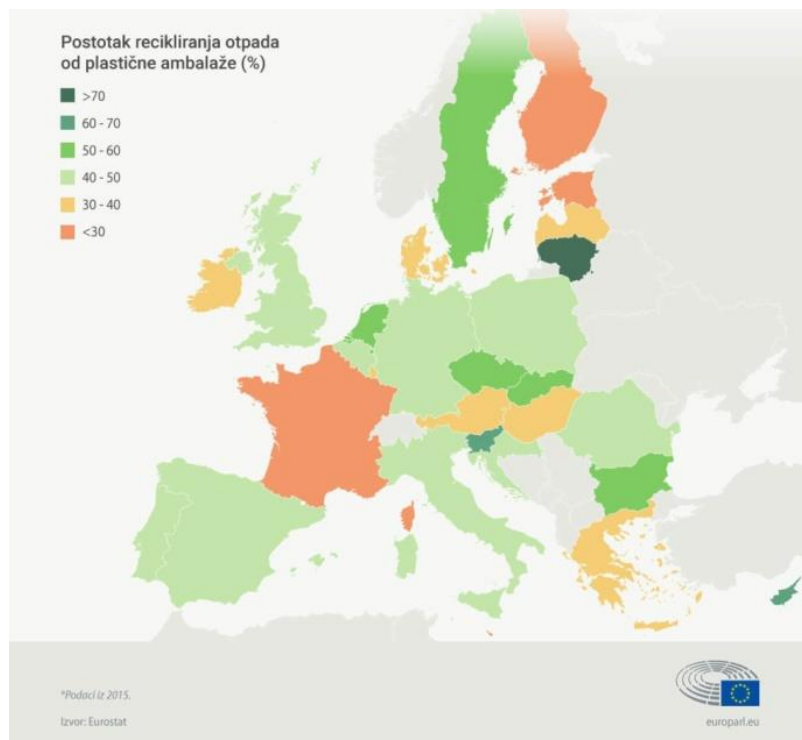
- Kontrolu standarda za sekundarnu plastiku
- Poticanje certificiranja kako bi se stvorilo povjerenje između industrije i potrošača
- Uvođenje obveznih pravila za minimum udjela recikliranog materijala u proizvodima
- Poticanje država članica da razmisle o smanjenju PDV-a na reciklirane proizvode (ANONYMOUS 2018b)

Nova pravila stupaju na snagu već 2021. godine. Tako se više ne bi smjeli prodavati plastični štapići za uši, pribor za jelo, tanjuri, slamke, štapići za miješanje pića, lagane vrećice, držači za balone, predmeti od oxo-razgradive plastike i određenih stiropora.

Države članice će do 2029. godine morati omogućiti ponovno prikupljanje 90 % upotrijebljenih plastičnih boca, a do 2025. najmanje 25 % materijala iz kojeg su te boce izrađene morat će biti prikladno za recikliranje. Do 2030. godine udio materijala koji se može reciklirati morat će biti barem 30 %.

Proizvođači i industrija ubuduće će morati sudjelovati u troškovima gospodarenja otpadom i čišćenja te mjera za jačanje osviještenosti u vezi s korištenjem spremnika za hranu, ambalažnih vrećica i omota, spremnika i čaša za napitke, opušaka, vlažnih maramica, balona i laganih plastičnih vrećica (ANONYMOUS, 2019b).

Novim pravilima o lučkim uređajima za prihvat rješavat će se problem otpada u moru, uključujući mjere kojima će se osiguravati da se otpad nastao na brodovima ili prikupljen na moru ne ostavlja ondje, nego se vrati na kopno i da se njime gospodari na odgovarajući način. Europska unija 29 % plastičnog otpada koristi za proizvodnju energije spaljivanjem, 31 % završava na odlagalištima, a 30 % se reciklira (ANONYMOUS 2018a).



Slika 4. Reciklaža po zemljama EU  
([www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu) 9.7.2020.)

Recikliranje je najbolji izbor gospodarenja plastičnim otpadom, no to više ne predstavlja održivu opciju, alternativa je energijska oporaba, a obje daju najbolje rezultate iskorištavanju plastičnog otpada (BOGDAN, 2019).

## 6. ZBRINJAVANJE I RECIKLAŽA PLASTIČNOG OTPADA

Recikliranje plastike je postupak uporabe otpadne plastike i prerade materijala u korisne proizvode. Budući da je većina plastike nerazgradiva, recikliranje je dio globalnih napora za smanjenje plastike u otpadnom toku, a primjena reciklirane plastike raste iz dana u dan. Reciklirana plastika može se ponovno koristiti u proizvodnji skupa sa plastikom koja prije nije bila obrađivana. Za razliku od ostalih materijala, plastične polimere je zahtjevnije reciklirati zbog male gustoće i male vrijednosti. Kada se različite vrste plastike istope, sklone su razdvajanju faza, poput ulja i vode, i postavljaju se u tim slojevima. Fazne granice uzrokuju strukturnu slabost u krajnjem materijalu, što znači da su polimerne smjese korisne u samo ograničenoj primjeni. Svaki put kada se plastika reciklira, moraju se dodati dodatni izvorni materijali kako bi se poboljšala cjelovitost materijala. Dakle, reciklirana plastika sadrži novi plastični materijal. Isti komad plastike može se reciklirati samo oko 2–3 puta prije nego što se smanji njegova kvaliteta do točke gdje se više ne može koristiti. Različitost materijala komplicira postupak reciklaže i čini ga skupljim i samim time utječe na kvalitetu završnog proizvoda. Zbog toga je potražnja za recikliranom plastikom samo 6% ukupne potražnje za plastikom u Europi.

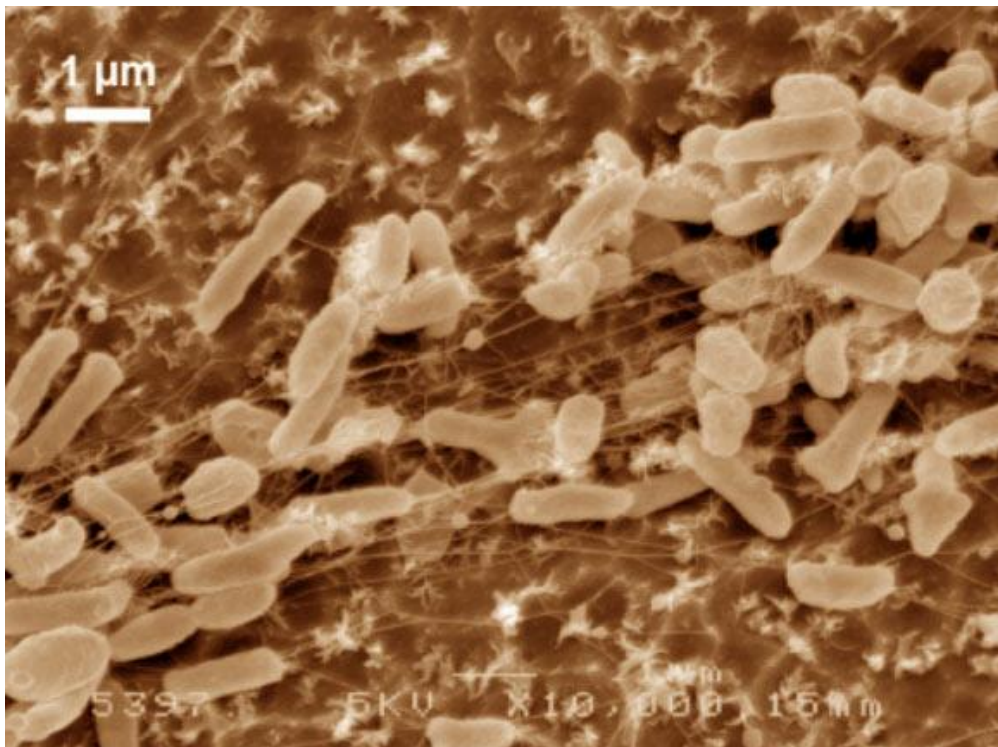
Za plastiku koja se ne reciklira, postoje WTE sistemi (Waste-to-energy) sistemi koji kontroliranim izgaranjem plastike proizvode toplinsku energiju, a dalje ju pretvara u električnu.

Dok se na odlagališta otpada odlaže najveći dio plastičnog otpada oko 54 %, na dnu se postavljaju posebni slojevi plastike koji sprečavaju bilo kakvo onečišćenje okoliša i podzemnih voda.

Svaka metoda zbrinjavanja i uklanjanja plastičnog otpada, kao što su spaljivanje i rasplinjavanje, oslobađa kisele plinove, organske tvari poput dioksina i furana te otrovne metale poput olova i žive u zrak, tlo i vodu. Posljedice su posebno pogubne za radnike u pogonima, ali i za okolne zajednice (ADDAMO i sur., 2009).

## 7. RAZGRADNJA PLASTIKE BAKTERIJE *IDEONELLA SAKAIENSIS*

Godine 2016. u časopisu Science je objavljeno istraživanje japanskih znanstvenika s Kyoto Tehnološkog Instituta i sa Sveučilišta Keio koji su otkrili bakteriju *Ideonella sakaiensis* 201-F6 ( Slika br. 5.) koja je prirodno evoluirala i počela se hraniti plastikom. Otkrivena je nakon prikupljanja uzorka sedimenta kontaminiranog PET-om u blizini postrojenja za recikliranje plastičnih boca u Japanu. Bakterija je izolirana iz konzorcija mikroorganizama u uzorku sedimenta, uključujući protozoe i stanice slične kvascima. Pokazalo se da je cjelokupna mikrobna zajednica mineralizirala 75 % razgrađenog PET-a u ugljični dioksid nakon što ga je prvotno razgradila i asimilirala ta bakterija. Kada se uzgaja na PET-u soj bakterija proizvodi dva enzima koji mogu hidrolizirati PET i reakcijski intermedijer, mono (2-hidroksietil) tereftalatnu kiselinu. Uz prisustvo enzima, PET se razgrađuje na monomerne jedinice: tereftalatna kiselina i etilen-glikol.



Slika 5. Bakterija *Ideonella sakaiensis*

([www.sci-news.com](http://www.sci-news.com) 2.7.2020.)

U časopisu Proceedings je također objavljeno novo otkriće o strukturi enzima koju proizvodi ta bakterija pronađena na japanskom odlagalištu otpada. Otkrili su detaljnu strukturu enzima polyethyleneterephthalate koji proizvodi ta bakterija. Kada su htjeli otkriti kako je nastao enzim, nehotice su molekulu učinili još učinkovitijom u razgradnji polietilena. Tom enzimu je potrebno nekoliko dana da počne razgrađivati plastiku što je neusporedivo bolje od stotina godina potrebnih da se plastika razgradi u moru.

Vjeruje se da će ovo otkriće značajno doprinijeti očuvanju okoliša i smanjenju onečišćenja okoliša plastikom jer se više neće morati proizvoditi nova plastika iz nafte, već će se upotrijebljena plastika razlagati na osnovne sastojke i ponovno upotrebljavati za proizvodnju novih plastičnih proizvoda (ANONYMOUS, 2018a).

## 8. OPORABA PLASTIČNOG OTPADA

Oporaba bilo koje vrste otpada je svaki postupak ponovne obrade otpada kojim se postiže njegovo korištenje u materijalne ili energetske svrhe. Plastični otpad se reciklira na tri načina:

- mehanička,
- kemijska i
- energetska uporaba.

### a. Mehanička uporaba

Mehanička uporaba podrazumijeva sortiranje plastičnog otpada, tj. toplinsku preradu taljenjem s ciljem proizvodnje reciklata u granulama, koje se koriste za proizvodnju novog proizvoda. Mehaničko recikliranje se može primijeniti za istovrsne polimere, npr. PE, PP, PS i sl., dok onečišćeni otpad zahtjeva dodatne operacijske pripreme, kao što su razvrstavanje i pranje. Navedeni postupci pripreme su nužni kako bi se proizveo kvalitetan, čist i homogen reciklat. Najviše se koristi za PET boce, filmove, prozore.

Reciklaža se provodi ekstrudiranjem, odnosno kontinuiranim potiskivanjem zagrijanog i omekšanog polimera kroz glavu ekstrudera. Tim se postupkom izrađuju cijevi, štapovi, filmovi, folije, kablovi odnosno beskonačni proizvodi. Mehaničko recikliranje je ujedno i najčešći oblik reciklaže jer doprinosi smanjenju upotrebe prirodnih resursa i smanjuje stvaranje otpada (TURKALJ, 2010).

### b. Kemijska uporaba

Kemijsko recikliranje podrazumijeva tehnološke postupke koji pretvaraju polimerne materijale u manje molekule, najčešće kapljevine i plinove, koji su prikladne sirovine za proizvodnju novih petrokemijskih proizvoda i polimera. Pri recikliranju dolazi do promjena u kemijskoj strukturi samog polimera.

Produkti kemijskog recikliranja se mogu koristiti kao gorivo, a dolazi se procesom depolimerizacije koji rezultira visokom profitabilnošću i održivim industrijskim programom, osiguravajući visoku proizvodnost uz minimalni otpad.



Neki od načina kemijskog recikliranja su hidriranje, piroliza te rasplinjavanje. Troškovi recikliranja su često visoki i potreban je dobro organiziran sustav prikupljanja otpada i ekološka osviještenost populacije. Glavna prednost je mogućnost obrade heterogenog i onečišćenog otpada, kojeg je teško razvrstati.

Kemijska uporaba ima brojne prednosti, a neke od njih su smanjenje mase i volumena otpada, eliminacija bioloških zagađivača (virusi, bakterije), smanjenje stakleničkih plinova, izdvajanje anorganskih tvari i iskorištenje energije pohranjene u otpadu (TURKALJ, 2010).

### **c. Energetska uporaba plastičnog otpada**

Energetska uporaba jedna je od najzastupljenijih postupaka gospodarenja takvom vrstom otpada u Europi. Postupci se temelje na iskorištenju topline koju sadržavaju polimeri, koji su u pravilu gorivi materijali. Poticaj tom načinu zbrinjavanja otpada jest sve manji raspoloživi prostor za odlagališta. Otpad koji se na neki drugi način više ne može iskoristiti, spaljuje se, radi smanjenja njegova obujma na odlagalištima (MILANOVIĆ, 2018).



Slika 6. Energana za spaljivanje plastike

([www.tehnoeko.com.hr](http://www.tehnoeko.com.hr), 2.7.2020.)

Postrojenja u kojima se vrši energijska oporaba su energane na otpad (Slika br. 6.). Za razliku od spalionica, kojima je primarni cilj smanjenje obujma samog otpada, energane na otpad funkcioniraju na principu izgaranja pri čemu se iskorištava nastala toplina za proizvodnju električne energije, pare ili toplinske energije za grijanje.

Neizbježan nusprodukt su štetne emisije koje su usko povezane s načinom izgaranja, tj. vrstom goriva, stoga je potrebno prije ispuštanja u okoliš maksimalno smanjiti udio štetnih čestica. Plastika je po kaloričnoj vrijednosti slična loživom ulju, ali i može zamijeniti do 80 % ugljena, što je način očuvanja i smanjenja prirodnih resursa (TURKALJ, 2010).

## **9. RECIKLAŽA PLASTIČNOG OTPADA NA PRIMJERU REPUBLIKE HRVATSKE**

Primjeri dobre prakse u Republici Hrvatskoj su : Zagreb, Oroslavje, Varaždin, put od otprilike 470 cestovnih kilometara koji uključuje više vožnji kamionom, razvrstavanjem u sortirnicama te mehaničko-biološkoj obradi u specijaliziranim postrojenjima.

Primjer sa područja Grada Zagreba gdje se plastični otpad skuplja na Jankomiru, sortira u Oroslavju, u Varaždinu pretvara u gorivo koje se šalje u Bosnu i Hercegovinu. Oko 25 % plastičnog otpada može se reciklirati, dok se 73 % pretvara u gorivo, a ostatak od 2 % plastike odlazi na odlagalište.

U Zagrebu u Jankomiru se svaki dan dostavi po nekoliko kamiona, a kada se popuni skladišni prostor od oko 15 tona, taj se isti otpad ponovno utovaruje u šlepere i odvozi prema Oroslavju u Eko-Flor Plus, najveću privatnu tvrtku u Hrvatskoj koja se bavi skupljanjem komunalnog i neopasnog industrijskog otpada.

Zatim se na sortirnici (Slika 7.) razdvaja plastika, izdvajaju se one vrste koje se ekonomski isplativo mogu dalje reciklirati, odnosno služiti za proizvodnju nove plastike. Dovezeni otpad se iskrca u elevator koji ga podiže prema traci na kojoj radnici sortiraju otpad. Svaki od njih razdvaja jednu vrstu otpada i potom svoje sirovine bacaju u kontejnere gdje završavaju pojedine vrste otpadne sirovine.

Ono što nitko ne uzme na traci, to pada na veliku hrpu koja se utovaruje u sljedeći šleper koji spremno čeka da krene prema mehaničko biološkoj obradi (MBO) u postrojenju u Varaždinu. Plastični otpad koji ima tržišnu vrijednost preša se u "bale" i prodaje različitim tvrtkama na domaćem i inozemnom tržištu, koje tu sirovinu ponovno upotrebljavaju, dok ona neiskoristiva za recikliranje ide dalje na recikliranje.



Slika 7. Sortiranje otpada  
([www.jutarnji.hr](http://www.jutarnji.hr), 2.7.2020.)

Zadnja postaja je mehaničko-biološka obrada (MBO) na postrojenje koje je sofisticirani sustav koji kroz isušivanjem i mehaničkom obradom se otpad pretvara u gorivo iz otpada, SRF (Solid Recovered Fuel) i predstavljaju male isjeckane komadiće plastike koji služe kao zamjena za ugljen u cementarama. Ovo je prvo takvo postrojenje u Hrvatskoj, kapaciteta obrade 95.000 tona otpada godišnje, što je trećina hrvatskih kapaciteta. Ovdje se ne obrađuje i miješani komunalni otpad, nakon kojeg nastaje gorivo najbolje kvalitete uz određenu količinu klora i vlage i miješanje različite vrste otpada.

Cijeli proces mehaničke obrade je automatiziran, a proizvodni proces je podvrgnut strogim mjerama kontrole kako bi se izbacili svi nepotrebni sastojci iz goriva. U cijeloj liniji se nalaze četiri velika magneta koji u svakom dijelu obrade izvlače spajalice, čavle, matice i slične predmete iz otpada.

Na kraju ostaje manje od 2 % plastičnog otpada koji se ne može ni na koji način upotrijebiti te on odlazi na odlagalište (BOLTIŽAR, 2018).

## 10. UTJECAJ PLASTIČNOG OTPADA NA OKOLIŠ

Plastični otpad u morskom okolišu uzrokuje čovjek, koji ga namjerno ili nenamjerno ispušta u jezera, mora ili oceane, pritom najveća količina takvog otpada dolazi s kopna, oko 80%. Čak i kada se odlaže na kopnu, rijeke, poplave i vjetar prenose otpad u more. Za ostalo su odgovorne ribolovne aktivnosti, brodarstvo, postrojenja na moru kao što su naftne platforme i sustav kanalizacije. Većina plastičnih otpadaka su potrošački proizvodi, kao što su boce, čepovi ili spremnici koji su nepažljivo odbačeni, ali i plastični granulati, koji se u morima samo gomila, ali ne izlazi iz njega. Otpad u morima nije samo estetski problem, već šteti ekosustavu oceana, živim bićima i ljudima i giba se ovisno o vjetru i morskim strujama. Pod utjecajem morske vode, UV zraka sunca i vjetrova plastika se usitnjava u sve manje dijelove do veličine mikro (< od 5 mm) ili nanoplastike (< od 5 mm) koja je prisutna u trećini riba, rakova i školjkaša koji se izlovljavaju (ANONYMOUS, 2018a).

Plastika je netopljiva u vodi i životinje ju često zamjenjuju za hranu. Štetne posljedice trpi čak 700 vrsta, među kojima su i one ugrožene. Morske vrste svih veličina, od zooplanktona do kitova koji unose u sebe plastiku. Želudac pun neprobavljive plastike može spriječiti životinju da se hrani, pa naposljetku umre od gladi. Kemikalije u plastici mogu djelovati kao otrov, a ovisno o dozi mogu i trajno oslabiti ili pak ubiti životinju. Također je dokazano da i zooplankton jede mikroplastiku pogrešno je doživljavajući kao hranu koji je ključan za održavanje prehrambenog lanca na našem planetu, a time i ekosustava.

Veći komadi plastike također predstavljaju prijetnju morskom životu. Mnoge se vrste, uključujući tuljane, dupine i morske kornjače, mogu zaplesti u plastične ostatke, ribarske mreže i užad koji se nađu u moru. Većina zapletenih životinja ne preživi jer ne mogu doći do površine vode kako bi disale, ne mogu pobjeći od grabežljivaca niti se hraniti. Procijenjeno je da je više od 40 % postojećih vrsta kitova, dupina i pliskavica, sve vrste morskih kornjača i oko 36 % vrsta morskih ptica progutalo morski otpad. Gutanjem plastike su pogođena cijela jata riba i morskih ptica, a ne samo na pojedince. Plastika je pronađena u želucima više od 90 % morskih ptica roda *Fulmarus* čija su se mrtva tijela pojavila na Sjevernom moru (ANONYMOUS, zadnja izmjena 2016).

Plastika, unatoč svojoj praktičnosti, sadrži različite štetne kemikalije, aditive i spojeve koji narušavaju hormonsku ravnotežu kod ljudi i životinja, jer primjerice ribe koje progutaju plastiku često završavaju na našim tanjurima. Dokazano je da plastika može izazvati hormonske poremećaje koje mogu izazvati razne druge tegobe jer se tijekom vremena kemijski dodaci ispuštaju u okolinu. Proces otpuštanja, odnosno prelaska toksičnih kemikalija u hranu i piće ubrzava se i povećava zagrijavanjem, primjerice na suncu ili pohranjivanjem toplih napitaka.



Slika 8. Kitopsina (*Rhincodon typus*) se hrani plastičnom vrećicom

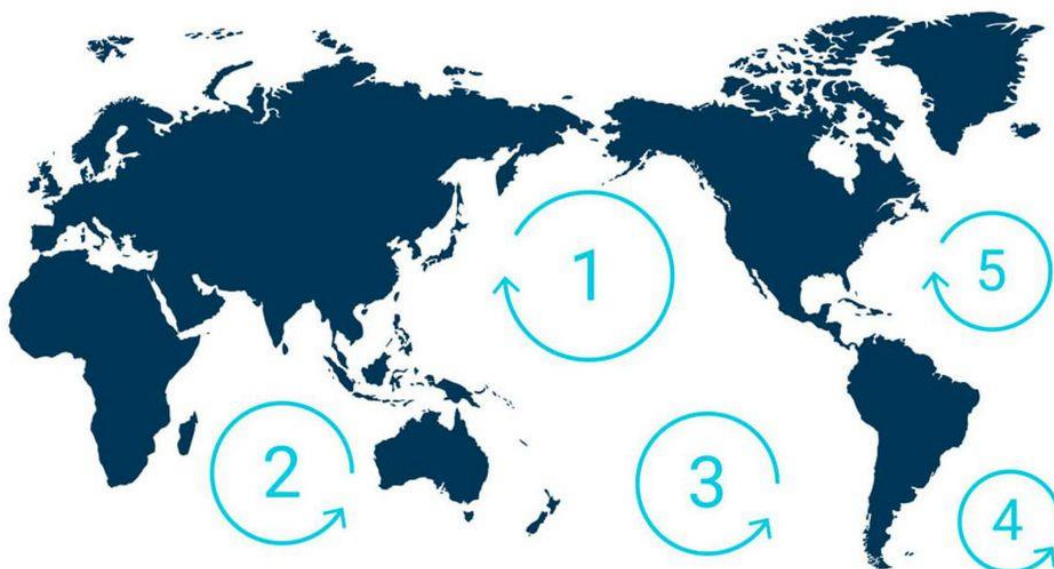
([www.mnovine.hr](http://www.mnovine.hr), 2.7.2020.)

Na mikrorazini plastika može biti štetna i kada jedemo hranu koja je bila u plastičnom pakiranju, te pijemo napitke iz plastičnih boca. Premda se iz ambalaže otpuštaju vrlo male količine plastike, s vremenom se ona može nakupiti u organizmu.

Znanstvenici smatraju da će do 2050. godine u probavilu 99 % svih svjetskih morskih ptica biti pronađena plastika. Do 8 % svjetske proizvodnje nafte ide na proizvodnju plastike, tako da je ona jedna od najvećih potrošača fosilnih goriva (ANONYMOUS, godina nepoznataB).

## 11. VELIKI PACIFIČKI OTOK OTPADA

Iako se plastika koristi tek od 50-ih godina prošlog stoljeća, na svijetu smo dosad uspjeli stvoriti čak 5 velikih otoka usred oceana sačinjenih od plastičnog otpada. U oceanima postoje velike i stalne morske struje između kojih nastaju vrtlozi i kada se plutajuća plastika nađe unutar tih vrtloga uglavnom tamo i ostaje jer nema struje koje bi je izvadila. Većina plastičnog otpada u oceanima nakupljena je na pet područja: u Sjevernom i Južnom Pacifiku, Sjevernom i Južnom Atlantiku i Indijskom oceanu. Mediteran, u koji spada i Jadran, klasificira se kao šesto po veličini područje za akumulaciju plastičnog otpada na planetu, s procjenom između 1000 i 3000 tona plastike i prosječno 115 000 čestica mikroplastike po četvornome kilometru (SNOWDEN, 2019).



Slika 9. Nakupine smeća u oceanima

([www.forbes.com](http://www.forbes.com), 2.7.2020.)

Nova studija pokazuje da veliki pacifički otok smeća, kako ga neki nazivaju i „plastična juha“, teži 80 tisuća tona, 16 puta više od prijašnjih procjena. Nalazi se između Kalifornije i Havaja i najveća je od pet oceanskih akumulacijskih zona na kojima se zbog oceanskih struja, vjetrova i Zemljine rotacije nakuplja otpad. Veliki pacifički otok smeća otkrio je jedriličar Charles Moore 1997. godine vraćajući se kući nakon sudjelovanja u Transpacifičkoj utrci. Plovio je kroz nakupinu plastičnog otpada i ostalog smeća prema Los Angelesu. Obavijestio je oceanografa Curtisa Ebbesmeyera koju mu je i dao ime Great Pacific Garbage Patch (ANONYMOUS, godina nepoznataA).

Kružne struje oceana stvorile su vrtložne mase plastike veličine 1,6 milijuna kvadratnih kilometara u sjevernom Pacifiku, sačinjava ga 99 % plastike i nastavlja rasti. Procjena je da ako se nešto hitno ne poduzme da će do 2050. godine biti u morima više plastike nego riba.

Članak koji je objavio kanadski CBC, istraživači procjenjuju da otok otpada sadrži 1,8 trilijuna komada plastike od čega je većina rastavljena na mikroplastiku. Pronađene su plastične boce, posude, trake za pakiranje, poklopci, ribarske mreže koji datiraju još iz 70-ih, 80-ih, pa i 90-ih godina prošlog stoljeća. Iako dio plastičnog otpada potječe s brodova, većina ipak dospijeva s kopna u more putem otjecanja rijeka i vjetra.

Nova istraživanja daju točniji uvid u veličinu problema zahvaljujući zračnim snimkama. Znanstvenici predviđaju da će se morati poslužiti raznim metodama za dobivanje točnog uvida u opseg problema te njegovu sanaciju, a istraživanje plastičnog otpada u oceanima je relativno nova znanost.

#### **a. Čišćenje Velikog pacifičkog otoka otpada**

Budući da je Veliki pacifički otok otpada udaljen od obale bilo koje zemlje, nijedna nacija ne želi preuzeti odgovornost niti osigurati sredstva za njegovo čišćenje. Charles Moore, čovjek koji je otkrio vrtlog, izjavio je da bi čišćenje vrtloga bankrotiralo svaku zemlju koja ga pokušava očistiti. No ipak, mnogi pojedinci i međunarodne organizacije posvećeni su sprečavanju rasta otoka smeća.

Mnoge mikroplastike iste su veličine kao i male morske životinje, tako da bi mreže dizajnirane da sakupljaju smeće ulovile i morske životinje. Nacionalni program za upravljanje oceanima i atmosferom procijenio je da će godišnje trebati 67 brodova da očiste manje od jedan posto sjevernog Tihog oceana.

Charles Moore, nastavlja podizati svijest putem vlastite organizacije za zaštitu okoliša Zaklade za istraživanje mora Algalita Marine. Tijekom ekspedicije 2014. godine, Moore i njegov tim koristili su se avionskim bespilotnim letjelicama kako bi iz zraka procijenili opseg smeća. Dronovi su utvrdili da postoji 100 puta više plastike po masi nego što je prethodno izmjereno.



Veliki pacifički otok otpada nadahnuo je istraživača National Geographica Davida de Rothschilda i njegov tim Adventure Ecology na stvaranje velikog katamarana od 12 500 plastičnih boca: Plastiki.



Slika 10. Katamaran Plastiki

([www.24sata.hr](http://www.24sata.hr) 4.7.2020.)

Čvrstoća Plastikija pokazala je čvrstoću i trajnost plastike, kreativne načine na koje ih se može pretvoriti i prijetnju koju predstavljaju okolišu ako se ne raspadnu . U 2010. godini posada je uspješno plovila Plastikijem od San Francisca u Kaliforniji do Sydneya u Australiji.

Znanstvenici i istraživači slažu se da će ograničavanje ili uklanjanje naše upotrebe plastike za jednokratnu upotrebu i povećanje upotrebe biorazgradivih resursa biti najbolji način čišćenja Velikog pacifičkog otoka otpada. Organizacije poput Plastične koalicije i Fondacije Plastični oceani koriste društvene medije i izravnim akcijskim kampanjama kako bi podržali pojedince, proizvođače i tvrtke u njihovom prelasku iz toksične plastike za jednokratnu upotrebu u biorazgradive ili materijale koji se mogu višekratno upotrijebiti (ANONYMOUS, godina nepoznataA).

## 12. MIKROPLASTIKA

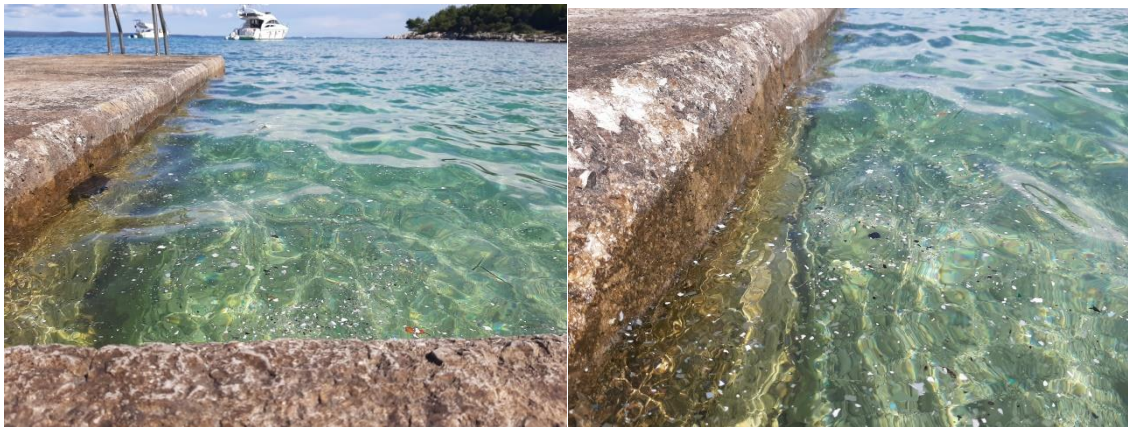
Godine 1972. otkriven je problem mikroplastike, čestica plastike koje su manje od 5 mm. Takve čestice na sebe vežu patogene mikroorganizme. Kada se nađe u moru, tlu ili pitkoj vodi predstavlja gotovo nevidljiv i opasan oblik onečišćenja. Procjenjuje se da svake godine putem riječnih tokova u mora i oceane dospije 1,25 do 2,41 milijuna tona plastike.

Mikroplastika se dijeli u 2 kategorije, na primarnu i sekundarnu mikroplastiku. Primarna mikroplastika su čestice manje od 5 mm namijenjene komercijalnoj upotrebi, poput kozmetike, različita sredstva za pranje lica, sapuni za pranje ruku, tijela, kose. mikrovlakana iz odjeće i drugog tekstila poput ribarskih mreža. Najčešće korištene vrste plastičnih polimera u kozmetičkim proizvodima su polistiren, polietilen, te granule polipropilena veličine između 2-5 mm (GREGORY, 1996). Primarna mikroplastika se koristi u tehnologiji „pjeskarenja“, gdje se komadići mikroplastike propuhuju na mašine, motore, i brodove kako bi se sa njih otklonila hrđa i boja. Primarnu mikroplastiku predstavljaju i komadići mikroplastike koji se koriste kao vektori za lijekove u medicini, te plastične kuglice koje se koriste u proizvodnji većih plastičnih predmeta.

Sekundarna mikroplastika nastaje raspadom većih plastičnih predmeta uslijed različitih bioloških, kemijskih i fizičkih procesa. Postupnom razgradnjom plastike, dijelovi na koje se ona fragmentira, postaju sve manji i manji, u konačnici dostižući veličinu mikroplastike. Također se smatra da daljnjom razgradnjom mikroplastike, nastaje nanoplastika. Biorazgradiva plastika, koja se u posljednje vrijeme koristi kao bolja zamjena za običnu plastiku sastoji se od sintetskih polimera, škroba i biljnog ulja što ubrzava proces njene razgradnje, iako je s jedne strane jako korisna, može predstavljati potencijalni izvor nastanka mikroplastike. Čak i kada bi čitava proizvodnja kao i odlaganje plastike u okoliš prestalo, mikroplastika u morima bi i dalje nastajala, razgradnjom velikih dijelova plastike u sekundarnu mikroplastiku.

Primarna mikroplastika, obzirom da gotovo polovina ljudske populacije živi unutar pedeset kilometara od obale, može u morski okoliš stići putem rijeka, kanalizacijom ili putem vjetrova koji je donosi s kopna (MOORE, 2008). Ekstremne vremenske prilike, kao što su uragani, oluje i poplave, mogu ovaj prijenos dodatno ubrzati, te otpad prenijeti na veće udaljenosti od obale.

Brojne industrije, kao što su turizam, ribolov i brodogradnja, također predstavljaju izvore plastike koja direktno ulazi u morski okoliš, postajući tako i rizik za morske organizme kao makroplastika, te nakon dugotrajne razgradnje kao sekundarna mikroplastika. Naime, smatra se da je izgubljena i/ili odbačena oprema za ribolov jedan od glavnih izvora plastičnog otpada u moru, predstavljajući veliku opasnost za morske organizme koji se nerijetko u nju zapetljaju. Još jedan izvor mikroplastike u moru potječe iz proizvodnje većih plastičnih predmeta u kojoj se kao početni materijal koriste plastične kuglice. Te kuglice u morski ekosustav dopijevaju slučajnim ispadanjem tijekom transporta na kopnu i na moru, ili neprikladnim korištenjem kao materijal za pakiranje (ANDRADY, 2011). Kada jednom dospije u okoliš, teško ju je ukloniti jer se zbog svojih dimenzija teško zadržava u sustavima za filtraciju otpadnih voda. Odstranjivanjem čestica mrežom s malim promjerom oka, uklonio bi se i plankton tog područja, čime bi se načinila još veća šteta za ekosustav. Mikroplastika je rasprostranjena u sedimentima diljem svijeta, pogotovo na plažama u obalnim i plitkomorskim sedimentima.



Slika 11. Mikroplastika u Jadranskom moru, Rovinj

(Foto: Renato Vučković, 16.6.2020.)

Unos mikroplastike odvija se u različitim skupinama morskih organizama, koji pripadaju različitim trofičkim razinama, uključujući morske beskralježnjake, ribe, sisavce, kao i ptice koje se hrane ribom.

Dijelovi mikroplastike se pohranjuju prvenstveno u probavnom, ali i u drugim sustavima tih organizama (Slika 12). Utvrđeno je također da dijelovi mikroplastike imaju sličnu specifičnu gustoću kao i alge, zbog čega postoji mogućnost zamijene i unosa mikroplastike umjesto pravog plijena od strane morskih organizama koji se hrane planktonskim. Utjecaj mikroplastike ovisi i o mogućnosti morskih organizama da je izbace iz organizma.



Slika 12. Pronađena mikroplastika u želucu ribe

([www.ekovjesnik.hr](http://www.ekovjesnik.hr), 2.7.2020.)

Nažalost, primijećeno je da većina organizama u moru, uslijed blokade probavnog sustava, vrlo slabo ili gotovo uopće ne mogu izbaciti unesenu mikroplastiku. Time se mikroplastika prenosi i akumulira u tijelu, te na kraju najčešće rezultira smrću organizma (Slika 12.) (GALLOWAY i sur., 2013). Dokazano je da unos mikroplastike ima negativne posljedice na sve vrste morskih organizama, obzirom da su prethodno nabrojani efekti primijećeni kako kod morskih kralježnjaka i većih organizama, tako i kod manjih, morskih beskrležnjaka. Radna skupina direktive o morskoj strategiji, objavila je, da kao posljedica unosa i akumulacije mikroplastike u organizmima dolazi i do blokiranja proizvodnje određenih enzima, razrjeđenja nutrijenata, smanjene stope rasta, nižih razina steroida, odgođene ovulacije kod ženki, te adsorpcije toksina.

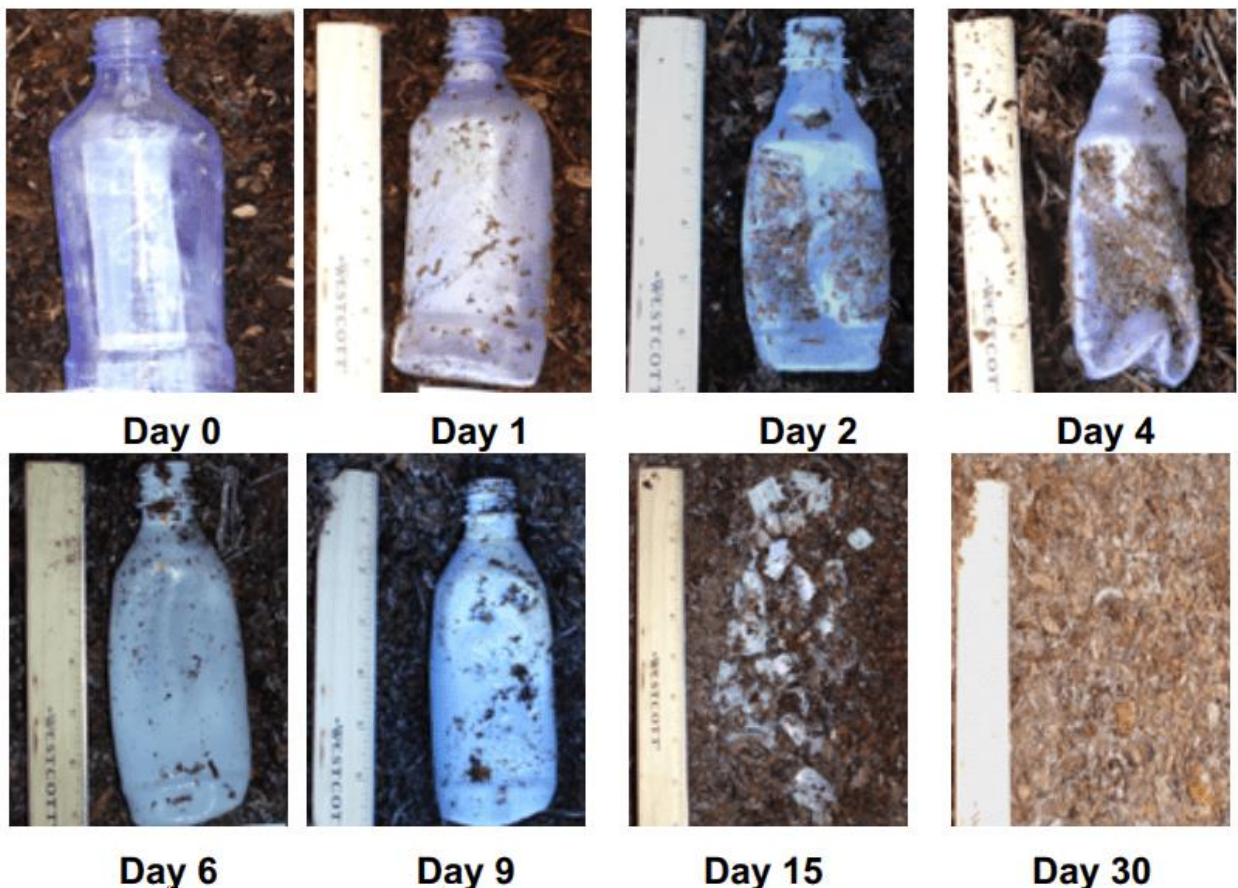
Utjecaj mikroplastike, međutim, ne može se promatrati samo na razini određenog organizma. Naime, mikroplastika ima sposobnost potpuno izmijeniti populacijsku strukturu određene vrste, te u konačnici dovesti do promjene dinamike čitavog ekosustava. Ono što najviše zabrinjava je potencijalni utjecaj mikroplastike na čovjeka. Konzumiranjem morskih organizama koji u sebi sadrže akumuliranu mikroplastiku, čovjek je indirektno unosi u organizam, te ona, ovisno o unesenoj koncentraciji, može imati različite negativne posljedice na zdravstveno stanje ljudi.

Najnovija studija Sveučilišta u Toulouseu u Francuskoj otkrivena je značajna prisutnost mikroplastike i u zraku. Petomjesečna studija provedena u francuskim Pirenejima i objavljena 15. travnja u časopisu Nature dokazuje da mikroplastika može prevaliti udaljenost i do 95 kilometara. To znači da njome mogu biti onečišćena udaljena i rijetko naseljena područja, kao i područja za koja se dosad mislilo da imaju visoku kvalitetu zraka. Količina plastike na netaknutim dijelovima Pirineja jednaka je onoj u gusto naseljenim dijelovima Pariza što dokazuje da su čestice svugdje prisutne (ANONYMOUS, 2019a).

### 13. BIOPLASTIKA

Bioplastika je naziv za biorazgradivu plastiku čiji su dijelovi dobiveni u potpunosti ili gotovo u potpunosti iz obnovljivih izvora odnosno biomase. Biomasa za bioplastiku može biti kukuruz, škrob, šećerna trska ili celuloza. Biorazgradiva plastika nema željena mehanička svojstva poput savitljivosti, čvrstoće i tvrdoće, stoga da bi im se poboljšala svojstva moraju miješati. Primjena obnovljivih izvora trebala bi smanjiti negativne posljedice efekta staklenika i usporiti klimatske promjene, voditi do veće održivosti plastike zbog manjeg ugljikovog traga (carbon footprint). Traži manje energije i ne sadrži nikakve otrovne kemijske promjene. Dva glavna pokretača koji guraju bioplastiku u prvi plan su sve veća osviještenost društva o klimatskim promjenama i porast cijena fosilnih goriva.

#### Visual Inspection – PLA bottles (compost)



Slika 13. Vremenska razgradnja bioplastike  
([www.thepackagingblog.com](http://www.thepackagingblog.com), 6.7.2019.)

Pojam biorazgradivosti opisuje biokemijske procese tijekom kojih mikroorganizmi, koji se nalaze u okolišu pretvaraju materijal u prirodne tvari kao što su voda, ugljikov dioksid i kompost. Proces biorazgradnje ovisi o okolišnim uvjetima (mjesto razgradnje, temperatura), o materijalu i o primjeni. Njena biorazgradivost na odlagalištima je upitna jer standard za biorazgradivost plastične ambalaže u Europi obuhvaća njihovu sposobnost razgradnje u industrijskim postrojenjima za obradu, kao što su kompostane i bioplinska postrojenja, a ne u nekontroliranim i nestandardiziranim uvjetima kao što su odlagališta.

U usporedbi s klasičnom plastikom, velika prednost biorazgradive plastike od obnovljivih izvora je mogućnost biorazgradnje i kompostiranja zajedno sa drugim organskim frakcijama otpada (REUTER, 2011).

Oksidno biorazgradivna plastika, kojih ima samo dva, polihidroksibutirat (PHB) i termoplastični škrob (TPS) su razgradiva u svakom vodenom okolišu (morska i slatka voda, aerobni i anaerobni uvjeti). Polimer mliječne kiseline (PLA), koji se dobro razgrađuje pri industrijskoj obradi, što znači da će je mikrobi pretvoriti u biomasu i plin u nekoliko mjeseci pri određenim uvjetima. Ona se razgrađuje jednako sporo u vodenom okolišu i u tlu kao i konvencionalna plastika (ŠARAVANJA, 2019). Da bi se razgradio u uvjetima industrijskog kompostiranja (58 stupnjeva Celzijusa) treba mu 75 dana. Snizi li se pak temperatura od 58 na 28 stupnjeva, uopće se neće razgrađivati. Priredi li se međutim mješavina 80 % PLA i 20 % PCL (kapronska kiselina), ta će se plastična masa, osim što će imati bolja mehanička svojstva, moći potpuno razgraditi s drugim organskim otpacima iz kućanstva za 260 dana, a pri industrijskom kompostiranju već za 60 dana.

Razgradnjom plastike nastaje bioplin, a oba njegova sastojka, metan i ugljikov dioksid, staklenički su plinovi, stoga je najbolje rješenje industrijska prerada. Neki plastični materijali proizvode malo, drugi mnogo, a neki ga gotovo ne proizvode. Iz kilograma biorazgradive plastike može se dobiti 265 do 600 litara metana, znatno više nego iz poljoprivrednog otpada (200 – 529 L/kg). Kad se uzme da 50 % plastike završava u moru, a 30 % u tlu, i da je njezino recikliranje složeno i skupo, a usto daje sirovinu niske kvalitete, jasno je zašto se sve nade polažu u nove, biorazgradive polimere koji bi se trebali ponašati u okolišu kao prirodne tvari. No ipak su potrebna daljnja istraživanja koja bi pokazala u kolikoj mjeri bioplastika pogoduje održivom razvoju. Iako se ova plastika dobiva iz obnovljivih izvora, no to ne znači da se time automatski manje zagađuje okoliš (RAOS, 2018).

### **a. Primjer: Gospodarenje bioplastikom na primjeru Norveške**

Konzultantska tvrtka Eunomia izradila je studiju o problemima koje uzrokuje bioplastika i biorazgradiva plastika u gospodarenju otpadom na primjeru Norveške. Iako se ova studija odnosi na Norvešku zanimljiva je jer su problemi s gospodarenjem ovom vrstom plastike zasigurno slični i u ostatku EU.

U ovoj studiji bioplastika i biorazgradiva plastika sudjeluju s oko 3 % u ukupnoj potrošnji plastike u Norveškoj. Procjenjuje se da se 60 % ovih materijala koristi kao plastična ambalaža i to kao vrećice za hranu i kao PET boce. Određeni biomaterijali kao što je bio-PE i bio-PP su potpuno reciklabilni. Međutim, novija bioplastika, kao što je PLA (poliaktid), ne može biti reciklirana zajedno s konvencionalnom plastikom.

U sustavu gospodarenja otpadnom plastikom u Norveškoj pojavljuju se sljedeći problemi:

- Kontaminacija i gubitak kvalitete recyklata kada se bioplastika pomiješa s plastikom porijeklom iz fosilnih goriva;
- Nedostatak postrojenja za preradu bioplastike;
- Procesi sortiranja koji uklanjaju sve predmete koji izgledaju kao plastika iz frakcija otpadne hrane.

Ovo rezultira time da u Norveškoj postoji vrlo ograničena infrastruktura za materijalnu uporabu bioplastike i biorazgradive plastike. Takvi otpadni proizvodi se u najvećem broju slučajeva šalju na spaljivanje odnosno energetske uporabu.

Iako nema podataka koliki je udio bioplastike i biorazgradive plastike na hrvatskom tržištu, a imajući u vidu da se bioplastika uglavnom koristi za proizvodnju vrećica, u Hrvatskoj praktički da i nema sofisticiranih sortirnica, za pretpostaviti je da bioplastika kod nas najvećim dijelom završi na odlagalištima (PETROVIĆ, 2019).



## 14. ZAKLJUČAK

Plastika je svjetski problem, ali je vrlo vrijedan i koristan materijal koji ima široku upotrebu, ali zbog nedovoljne svijesti ljudi, često završava na odlagalištima ili u prirodi i tako predstavlja rizik za zdravlje i život ljudi, biljni i životinjski svijet, materijalna dobra i zaštitu okoliša. Plastika nam nudi razne opcije i izvrstan je materijal s brojnim prednostima, no sve njene dobre strane isto tako zasjenjuju njen ugled zbog problema zbrinjavanja kada postane otpad koji je sveprisutan. Jedno od potencijalnih rješenja je gospodariti plastičnim otpadom na način ponovne iskoristivosti materijala umjesto jednokratnog materijala koji se olako baca.

Problem u Republici Hrvatskoj je neodgovorno gospodarenje i ono predstavlja problem zaštite okoliša. Infrastruktura nije zadovoljavajuća, a količina otpada je sve veća. Potrebno je uložiti velike napore i razmišljanja o otpadu tako da se ostvari suradnja između svih strana u cijelom lancu plastike, od proizvođača do krajnjih potrošača, ali i političara. Plastični otpad je globalni problem koji se treba rješavati i lokalnim aktivnostima. Kao pojedinci možemo pomoći u smanjenju količine plastike izbjegavajući jednokratne predmete poput plastičnih vrećica, slamki i prekomjerno zapakiranih proizvoda. Možemo koristiti boce za višekratnu upotrebu ili potrošne predmete od drugih materijala, poput aluminija, za koje je izglednije da će se reciklirati.

Proizvodnja plastike je u stalnom porastu i potrebno je stalno raditi na njenoj održivosti, potrebno ju je tretirati kao ponovno iskoristivi materijal umjesto jednokratnog koji se olako baca. Danas se veliki napori ulažu u održivi razvoj, koji zadovoljava današnje potrebe i pritom misleći i na buduće generacije koje dolaze.

Jedan od najvažnijih problema je potraga za alternativnim izvorima plastike, a takvim poticanjem proizvodnje biopolimera smanjili bi se troškovi i vrijeme utrošeno na recikliranje. Time bi smanjili izloženost zdravlje ljudi i ekosustav toksičnim tvarima i postigli bi zdravije društvo i čišći okoliš.

## 15. LITERATURA

1. ADDAMO A. M., G. HANKE ., P. LAROCHE (2009): Top marine beach litter items <https://mcc.jrc.ec.europa.eu/main/dev.py?N=41&O=441>, 17.5.2020.
2. ANDRADY, A. L.( 2011): Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62, str. 1596-1605.
3. ANONYMOUS (godina nepoznataA): Great Pacific Garbage Patch <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>, 29.5.2020.
4. ANONYMOUS (godina nepoznataB): Life cycle of a plastic product <https://plastics.americanchemistry.com/Life-Cycle/>, 15.3.2020.
5. ANONYMOUS (godina nepoznataC): What are plastics <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>, 11.3.2020.
6. ANONYMOUS (zadnja izmjena 2016): Smeće u našim morima <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2014/zatvoriti/smece-u-nasim-morima>, 19.4.2020.
7. ANONYMOUS (2018a): Obilježimo Dan planeta Zemlje: zaustavimo onečišćenje našeg doma plastikom <https://www.adiva.hr/zdravlje/zanimljivosti-i-savjeti/obiljezimo-dan-planeta-zemlje-zaustavimo-oneciscenje-naseg-doma-plastikom/>, 15.6.2020.
8. ANONYMOUS (2018b): Plastični otpad i reciklaža u EU: Činjenice i brojke <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20181212STO21610/plasticni-otpad-i-reciklaza-u-eu-u-cinjenice-i-brojke>, 10.3.2020.
9. ANONYMOUS (2019a): Mikroplastika više nije samo problem oceana, otkrivena je i u zraku, Ekovjesnik <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/1678/mikroplastika-vise-nije-samo-problem-oceana-otkrivena-je-i-u-zraku>, 9.7.2020.
10. ANONYMOUS (2019b): Potvrđene mjere za smanjenje plastike u okolišu. Energetika-net <http://www.energetika-net.com/vijesti/zastita-okolisa/potvrdene-mjere-za-smanjenje-plastike-u-okolisu-28311>, 8.7.2020.
11. BOGDAN, A. (2019): Izazov gospodarenja otpadnom plastikom <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-71-2019-06-9-ZO.pdf>(5.4.2020.)

12. BOLTIZAR, M. (2018): Put plastike dug 470 kilometara  
<https://www.jutarnji.hr/vijesti/zagreb/put-plastike-dug-470-kilometara-reporter-jutarnjeg-provjerio-gdje-završava-otpad-koji-gradani-bacaju-u-zagrebacke-zute-spremnike-8072702>(2.5.2020.)
13. DOLŠAK, LJ., D. LOVRIĆ, I. ŠOLA (2013): Gospodarenje otpadnom plastikom  
<https://www.bib.irb.hr/844572>(25.3.2020.)
14. DOMANOVAC, T., V. KUMIĆ, Z. MILANOVIĆ (2019): Gospodarenje otpadnom plastikom, <https://beta.finance.si///bmc/files//2019-10-14/PLASTIKA-L-5da44dad5cb45.pdf>(9.7.2020.)
15. GALLOWAY, T. S., R.C. THOMPSON, S.L.WRIGHT (2013): The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. Environmental Pollution 178, str. 483-492.
16. GREGORY, M.R. (1996): Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor)source for marine pollution identified. Marine Pollution Bulletin 32, str. 867–871.
17. KREHULA, L. K. (godina nepoznata.): Polimeri i polimerizacijski procesi, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.  
[https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/1\\_predavanje%5B1%5D.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/1_predavanje%5B1%5D.pdf)(8.7.2019.)
18. MILANOVIĆ, Z. (2018). Energijska uporaba-skrivene prednosti i nedostaci  
<https://www.tehnoeko.com.hr/1844/Energijska-oporaba-skrivene-prednosti-i-nedostaci?cctest&>(4.4.2020.)
19. MOORE, C.J. (2008): Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research 108, str. 131–139.
20. PETROVIĆ, V. (2019): I bioplastika stvara probleme <https://kruzna-ekonomija.com/2019/02/15/i-bioplastika-stvara-probleme/>(6.7.2019.)
21. RAOS, N.(2018): Biorazgradiva plastika-je i nije razgradiva, Bug  
<https://www.bug.hr/znanost/biorazgradiva-plastika--je-i-nije-razgradiva-6992>(24.6.2020.)
22. REUTER, G. (2011): Plastika postaje „zelena“ <https://www.dw.com/hr/plastika-postaje-zelena/a-15231252>(2.6.2020.)

23. SNOWDEN, S. (2019): Mile Swim Through The Great Pacific Garbage Patch Will Collect Data On Plastic Pollution, Forbes  
<https://www.forbes.com/sites/scottsnowden/2019/05/30/300-mile-swim-through-the-great-pacific-garbage-patch-will-collect-data-on-plastic-pollution/#2bef97f6489f>(2.7.2020.)
24. ŠARAVANJA, Ž. (2019): Može li i bioplastika negativno utjecati na okoliš, Ekovjesnik <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/1683/moze-li-i-bioplastika-negativno-utjecati-na-okolis>(6.7.2020.)
25. TURKALJ, J. (2010): Održivo upravljanje polimernim otpadom. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, str. 19-31
26. ŽUNA, K.(2019): Plastika-kako se zaštititi od otrova iz plastike?  
<https://www.krenizdravo.hr/zdravlje/plastika-kako-se-zastiti-od-otrova-iz-plastike>(15.3.2020.)