Utjecaj plastike na okoliš

Petranović, Gabrijela

Undergraduate thesis / Završni rad

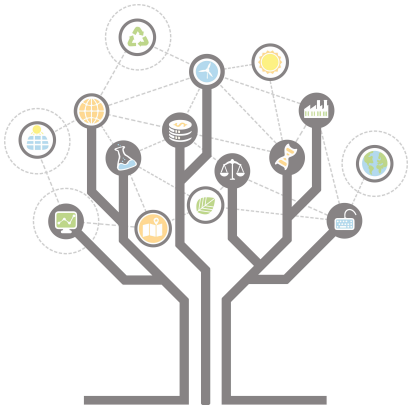
2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:202028

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

GEOTEHNIČKI FAKULTET

GABRIJELA PETRANOVIĆ

UTJECAJ PLASTIKE NA OKOLIŠ

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

GEOTEHNIČKI FAKULTET

UTJECAJ PLASTIKE NA OKOLIŠ

ZAVRŠNI RAD

KANDIDAT:

Gabrijela Petranović

MENTOR :

Mirna Amadori, dipl. ing. građ.

KOMENTOR:

izv. prof. Anita Ptiček Siročić

Varaždin, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: GABRIJELA PETRANOVIĆ

Matični broj: 2590 - 2015./2016.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

UTJECAJ PLASTIKE NA OKOLIŠ

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Plastika
3. Prisutnost plastike u okolišu
4. Priprema plastike za recikliranje i gospodarenje
5. Sustav gospodarenja plastičnim otpadom
6. Zaključak
7. Popis literature

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

Zadatak zadan: 15.04.2019. Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor:	Drugi mentor/komentor:	Predsjednik Odbora za nastavu:
Mirna Amadori, pred.	Izv.prof.dr.sc. Anita Ptiček Siročić	Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Utjecaj plastike na okoliš

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom**Mirne Amadori, dipl. ing. građ. iizv. prof. Anite Ptiček Siročić.**

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, 12.9.2019.

Gabrijela Petranović

(Ime i prezime)

Gabrijela Petranović

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Uloga plastike u ovom stoljeću od velikog je značaja pa je tako zauzela nezamjenjivo mjesto u industriji i društvu. Industrija plastike naglo se razvijala zbog brzog razvoja petrokemije, jeftinih sirovina i energije. Sa stalnim istraživanjem na području plastike, njezina primjena je sve šira. Plastika je velika skupina materijala, koja ima različita mehanička, kemijska, električna, fizička i optička svojstva. Prisutna je posvuda u okolišu, a zbrinjavanje uvelike zaostaje. Ne radi se samo o krupnim komadima, nego i o dijelovima koji su teško ili nikako vidljivi,a uz to još su i nerazgradive materije.Gospodarenje otpadom utječe na ljudsku populaciju i okoliš pa je stoga jedna od ključnih tema stoljeća. Predstavlja mnogo više od samo komunalne usluge, to je pitanje kvalitete života, higijene, a istovremeno i odgovornost za racionalnim gospodarenjem sirovina.Najpoželjnije metode zbrinjavanja plastičnog otpada su izbjegavanje nastanka otpada, smanjenje nastanka otpada, ponovna upotreba i recikliranje (oporaba), zatim spaljivanje i odlaganje.Premda je recikliranje naizgled najbolji način zbrinjavanja, uključujevelik broj građana za odvojeno sakupljanje, što se u praksi pokazalo teško izvedivo. Problem koji se s vremenom javlja je i gubitak svojstava samog reciklata radi učestalog recikliranja, ili jednostavno nije isplativo pa se taj otpad koristi kao izvor energije, odnosno energetski oporabljuje.

Ključne riječi: *plastika, otpad, recikliranje, okoliš, oporaba*

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. PLASTIKA 2

2.1. PODJELA PLASTIKE 2

2.2. SVOJSTVA PLASTIKE 9

3. PRISUTNOST PLASTIKE U OKOLIŠU 12

4. PRIPREMA PLASTIKE ZA RECIKLIRANJE I GOSPODARENJE 16

4.1. OPORABA PLASTIKE 19

4.2. ODLAGANJE 22

5. SUSTAV GOSPODARENJA PLASTIČNIM OTPADOM 23

5.1. SUSTAV GOSPODARENJA OTPADOM U HRVATSKOJ 23

5.2. SUSTAV GOSPODARENJA OTPADOM U EU 24

6. ZAKLJUČAK 27

7. POPIS LITERATURE 28

1. UVOD

Proizvodnja plastike započela je u 19. stoljeću, no u usporedbi s ostalim materijalima plastika je relativno nov materijal. Razvoj industrije posljedica je napretka u crpljenju i preradi nafte. Plastične mase zamijenile su mnoge prirodne materijale, kao što su drvo, kamen, rogovi, kosti, papir, metal, staklo i keramika. Zbog niske cijene te široke uporabe, plastika se primjenjuje u gotovo svim područjima života. Najveću primjenu uključuje ambalaža, građevinarstvo, transport, električka i elektronička industrija, poljoprivreda, medicina i sport. Činjenica da je mogućnost primjene plastike gotovoneograničena i da se svojstva plastičnih materijala mogu prilagoditi bilo kakvom obliku i zahtjevu, ujedno je ijednostavan odgovor na pitanje zbog čega je plastika izvor mnogih inovacija. Kako bi sve to bilo moguće proizvodi se više od 900 vrsta plastike.

Onečišćenje plastikom ugrožava tlo, zrak i oceane. Živi organizmi, osobito morske životinje, svakodnevno trpe štetu izazvanu neodgovornim načinom zbrinjavanja plastike. Ljudi su također izloženi riziku uslijedonečišćenja koje može uzrokovati poremećaje različitih hormonalnih mehanizama.Usprkos tome što su plastične mase štetne, plastični proizvodi, ukoliko se pravilno koriste itekako mogu biti od koristi jersmanjuju potrošnju energije zbog svoje manje specifične mase i fizikalno-kemijskih svojstava.

Iako je svijest o potrebi recikliranja otpada u porastu ne može se mjeriti s rastom proizvodnje otpada. Svjetska proizvodnja plastičnih proizvoda iznosi oko 280 milijuna tona godišnje, a od te količine reciklira se samo oko 5,7 milijuna tona. Na taj način se dragocjene sirovine u velikim razmjerima odbacuju na odlagališta, a energija troši na proizvodnju novih sirovina. Oporabom plastike kao i ostalog otpada izbjegava se odlaganje na odlagalištima gdje otpad nepotrebno zauzima prostor, smanjuje se uvoz sekundarnih sirovina te rizik od štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje. Tehnologije oporabe plastike s vremenom su se razvijale, pa je danas postupcima recikliranja moguće proizvesti reciklat koji ima svojstva gotovo identična kao i izvorni materijal. Cilj ovog rada bio je opisati vrste plastike te njezin utjecaj na okoliš kao i sustav gospodarenja plastikom u Hrvatskoj te EU.

2. PLASTIKA

Osnovne sirovine za sintezu polimera su sirova nafta, ugljen i zemni plin koji su još uvijek dostupni u dovoljnim količinama. Plastične mase su u pravilu polimeri, tj. materijali dobiveni povezivanjem istih odnosno sličnih molekula u dugi lanac. Razgradnja takvih masa traje od 100 do 1000 godina dok se za proizvodnju svih plastičnih masa koristi 5 do 6% nafte kao osnovne sirovine iz neobnovljivih izvora energije [1].

Mnogi polimeri, primjerice polieten i najlon, sintetički su (umjetni) materijali, dok se drugi nalazeu prirodi, primjerice celuloza, polimer koji se pojavljuje u staničnim stjenkama biljaka kao njihov građevni materijal. Prirodni polimeri pretežito su biopolimeri od kojih su građeni živi organizmi. Osim tih organskih polimera, u prirodne ubrajamo i anorganske polimere kao temeljne čestice Zemljine kore, ponajprije alumosilikati.Sintetički polimeri dobivaju se polimerizacijom monomera i osnova su za proizvodnju polimernih materijala, a možemo ih podijeliti u tri skupine: termoplastične, termoaktivne te elastomere[2]. Termoplastični polimeri pri zagrijavanju omekšaju, a to zagrijavanje i omekšavanje možemo ponoviti nebrojeno mnogo puta. To je moguće zato što polimerni lanci u njima slobodno mijenjaju međusobni položaj. Međutim, kod termoaktivnih polimera pojedini lanci su međusobno povezani, pa takvo pomicanje nije moguće te zbog toga pri zagrijavanju ne mekšaju. Takvi polimeri su primjerice bakelit i epoksidna smola. Elastomeri su rastezljive tvari slične gumi. Kod elastomera su polimerni lanci povezani u manjoj mjeri te se zbog toga takvi materijali mogu rastegnuti, ali prestankom djelovanja sile vraćaju se u početni oblik [3].

2.1. Podjela plastike

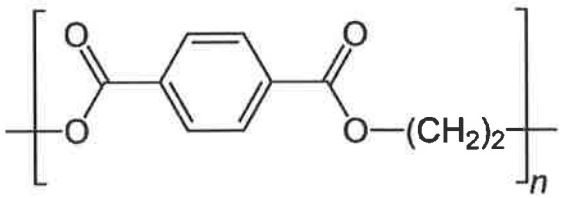
Plastična ambalaža za hranu i pića često je višeslojna te sadrži različite vrste plastike uz razne primjese i ljepila što predstavlja problem jer svaki materijal zahtijeva posebne metode recikliranja. Kako bi se olakšali postupci recikliranja takvim ambalažama definirane su brojčane oznake i kratice za polimerne materijale (Tablica 1)[4].

Tablica 1. *Oznake vrsta plastike*

Materijal	Oznaka
1. PET - poli(etilen-tereftalat)	
2. PE-HD – polietilen visoke gustoće	
3. PVC - poli(vinil-klorid)	
4. PE-LD – polietilen niske gustoće	
5. PP - polipropilen	
6. PS - polistiren	
7. Ostali višeslojni (laminirani) materijali	

a) Poli(etilen- tereftalat) (PET)

Poli(etilen- tereftalat) kemijske formule $(CH_{10}H_8O_4)_n$(slika 1)je najčešće korištena vrsta plastike, čvrst je i proziran materijal [5].Visoka temperatura upotrebe te svojstva koja omogućavaju zaštitu od plina i vlage čine ga idealnim materijalom za pakiranje gaziranog pića i hrane, ali zbog mogućnosti bakterijske kontaminacije namijenjen je jednokratnoj upotrebi. Može se lako reciklirati, pri čemu se dobivaju materijali za nove PET boce ili poliesterska vlakna koja se dalje koriste za proizvodnju tekstila[5,6]. Nastaje polikondenzacijskom reakcijom tereftalne kiseline ili di-metil tereftalata i etilen glikola [7].



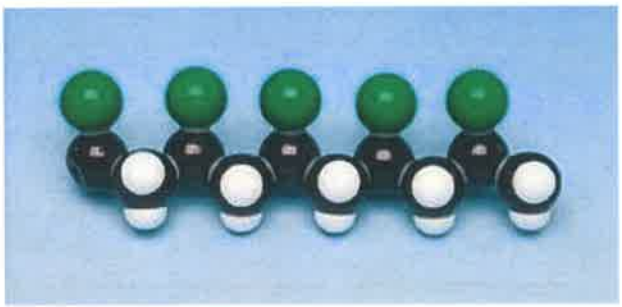
Slika 1.*Kemijska struktura poli(etilen-tereftalata)*

Tablica 2. *Važnija fizička svojstva poli(etilen-tereftalata)*

Svojstvo	Jedinica	PET
Rastezna čvrstoća	N/mm^2	72,5
Gustoća	g/cm^3	1,33
Modul elastičnosti	N/mm^2	3400
Tvrdoća	-	145
Koeficijent toplinskog širenja	1/K	$7*10^{-5}$
Temperatura staklišta	°C	67-81
Temperatura tališta	°C	256-264

b) Polivinilklorid (PVC)

Poli(vinil-klorid) naziv je plastomerkoji sadrži makromolekule s ponavljajućim $-CH_2-CHCl-$ jedinicama (slika 2). PVCje dugotrajan materijal, ima dobru otpornost na atmosferilije,kemikalije i koroziju. Industrijski se proizvodi od 1937. godine. Uvelike je poznat u građevinskoj industriji, a koristi se i u medicinske svrhe [6]. Proizvodi polivinilklorida mogu se podijeliti na tvrde i meke. Neki od tvrdih proizvoda su prozori, auto dijelovi, dijelovi crpki i spremnika, kanalizacijske cijevi, a meki su umjetna koža, vrećice za krv, folije, igračke itd. [8]. Kako ne bi došlo do ispuštanja toksičnih kemijskih spojeva (dioksina) ne preporuča se zagrijavanje hrane u PVC posudama. Ispuštanje dioksina je ujedno i razlog zbog kojeg se PVC plastika reciklira svega 1% [6].



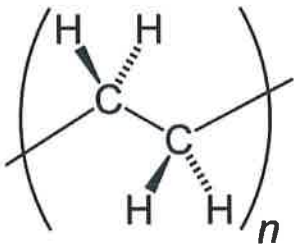
Slika 2. *Struktura poli(vinil-klorida)*

***Tablica 3.** Važnija fizička svojstva poli(vinil-klorida*

Svojstvo	Jedinica	PVC
Rastezna čvrstoća	N/mm^2	40-60
Gustoća	g/cm^3	1,38-1,56
Modul elastičnosti	N/mm^2	2450-4200
Tvrdoća	-	65-85
Koeficijent toplinskog širenja	1/K	$(5\text{-}10)*10^{-5}$
Temperatura omekšavanja	°C	-
Temperatura tališta	°C	80-85

c) Polietilen (PE)

Polietilen je najjednostavnija makromolekula ugljikovodika. Sastoji se od ponavljajućih jedinica koje međusobno lančano povezane tvore makromolekule velikih molekulskih masa opće strukture $[\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}]_n$(slika 3). Industrijski se proizvodi polimerizacijom etilena $[CH_2{=}CH_2]$[6].



***Slika 3.** Kemijska struktura polietilena*

Na temelju razlika u gustoći, odnosno prosječnoj molekularnoj masi, polietilen se kao tehnički materijal svrstava u nekoliko podvrsta: linearni polietilen niske gustoće (engl. *linear low density polyethylene, LLDPE*), polietilen ultravisoke molekulne mase (engl. *ultra high molecular weight polyethylene, UHMWPE*)te najzastupljeniji među njima polietilen niske gustoće (engl. *low density polyethylene, LDPE*) i polietilen visoke gustoće (engl. *high density polyethylene, HDPE*) [9].

Polietilen niske gustoće (LDPE)

Polietilen niske gustoće se uglavnom koristi kao film, odnosno folija za pokrivanje i pakiranje ambalaže. Čvrst je i fleksibilan materijal, a najveća prednost je mogućnost ponovne upotrebe odnosno recikliranja. Recikliranje rastezljivih folija kompliciraliu su razni dodaci, aditivi i zgušnjivači dok tvrtke Dow Plastic i AERC nisu razvile proces odstranjivanja onečišćenja, papira i ostalog. Neki od proizvoda koji se dobiju recikliranjem LDPE-a su vreće za smeće, koševi za otpatke, prešane posude [10].

Tablica 4. *Važnija fizička svojstva polietilena niske gustoće*

Svojstvo	Jedinica	LD-PE
Rastezna čvrstoća	N/mm^2	4,15-14,8
Gustoća	g/cm^3	0,915-0,935
Modul elastičnosti	N/mm^2	100-265
Tvrdoća	-	40-51
Koeficijent toplinskog širenja	1/K	$(10\text{-}22)*10^{-5}$
Temperatura omekšavanja	°C	85-87
Temperatura tališta	°C	110

Polietilen visoke gustoće (PE-HD)

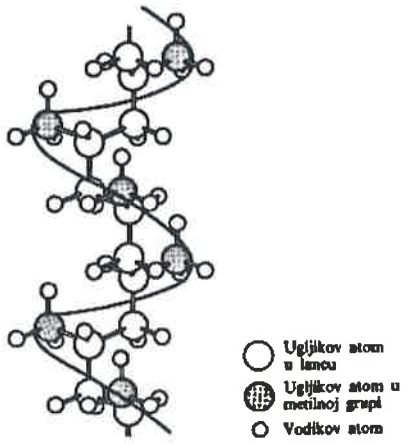
Polietilen visoke gustoće ima makromolekule linearne strukture i vrlo malu razgranatost, na temelju čega ima velik udjel kristalne faze i veću gustoću. PE- HD je vrsta plastike koja se najviše reciklira. Pogodan je za višekratnu upotrebu, ima svojstvo visoke kemijske otpornost zbog čega se koristi za pakiranje kućanskih i industrijskih kemikalija (deterdženti, ulja, izbjeljivači, kiseline itd.). Otporan je na vlagu što opravdava izuzetnu primjenu u pakiranju žitarica, mliječnih proizvoda i ostalog. Za dobivanje PE-HD-a danas se koriste: polimerizacija u otopini, suspenzijska polimerizacija, polimerizacija u plinskoj fazi [6].

Tablica 5. *Važnija fizička svojstva polietilena visoke gustoće*

Svojstvo	Jedinica	PE-HD
Rastezna čvrstoća	N/mm^2	18,7-33
Gustoća	g/cm^3	20-130
Modul elastičnosti	N/mm^2	415-1250
Tvrdoća	-	60-70
Koeficijent toplinskog širenja	1/K	$(11\text{-}13)*10^{-5}$
Temperatura omekšavanja	°C	127
Temperatura tališta	°C	132-141

d) Polipropilen (PP)

Polipropilen je kristalasti plastomer linearnih makromolekula s kemijskom formulom $-[CH_2\text{-}CH(CH_3)]n-$. Raspored metilnih skupina u lancu je pravilan, tj. one se uvijek nalaze na drugom ugljikovom atomu. Zahvaljujući toj pravilnosti, lanci makromolekula tvore spiralnu strukturu u obliku zavojnice (slika 4), a takva struktura pogoduje kristalizaciji što je preduvjet dobrim svojstvima polipropilena. Polipropilen ima dobre mehaničke svojstva, otporan je na toplinu, vodu, solne i kiselinske otopine koje su destruktivne za metale.Lagan je te zbog toga ima široki spektar primjene. Upotreba je raznolika,od fleksibilnih i krutih ambalaža do vlakana za tkanine i tepihe, za velike lijevane dijelove automobila, boce s lijekovima te posude za jogurt [6].Polipropilen se dobiva iz monomera propilena Ziegler-Natta polimerizacijom ili polimerizacijom uz metalocenske katalizatore [11].



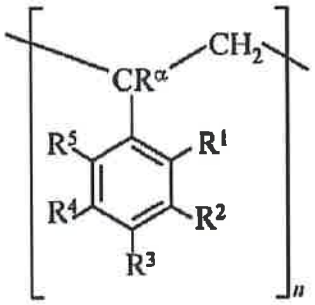
Slika 4. *Struktura polipropilena*

***Tablica 6.** Važnija fizička svojstva polipropilena*

Svojstvo	Jedinica	PP
Rastezna čvrstoća	N/mm^2	31-41
Gustoća	g/cm^3	0,09-0,91
Modul elastičnosti	N/mm^2	1100-1500
Tvrdoća	-	80-100
Koeficijent toplinskog širenja	1/K	$(8,1\text{-}10)*10^{-5}$
Temperatura omekšavanja	°C	150-155
Temperatura tališta	°C	160-170

e) Polistiren (PS)

PS je plastomer, linearnih makromolekula opće formule $-[CH_2\text{-}CH(C_6H_5)]_n\text{-}$, dobiven iz stirena, supstituiranog stirena ili iz njihove smjese. Makromolekula pravilnog stirenskog homopolimera može se prikazati ponavljanom konstitucijskom jedinicom (slika 5), u kojoj svaki od R, R1 do R5 mogu biti H, alkil, aril ili heteroaril [12].Polistiren je vrsta plastike koja može biti čvrsta ili u obliku pjene. Primjenjuje se za proizvodnju plastičnog posuđa, kartona za jaja, izolaciju i dr. Zagrijavanje hrane u PS posuđu se ne preporučuje, zbog ispuštanja štetnog stirena[6]. Polistiren nastaje lančanom polimerizacijom stirena uz metalocenski katalizator. [11].



***Slika 5.** Konstitucijska jedinica makromolekule stirenskog homopolimera*

Tablica 7. Važnija fizička svojstva polistirena

Svojstvo	Jedinica	PS
Rastezna čvrstoća	N/mm^2	35-55
Gustoća	g/cm^3	1,05-1,06
Modul elastičnosti	N/mm^2	2400-3300
Tvrdoća	-	65-80
Koeficijent toplinskog širenja	1/K	$(6\text{-}8)*10^{-5}$
Temperatura omekšavanja	°C	80-100
Temperatura topljenja	°C	100-105

2.2. Svojstva plastike

Plastiku je moguće opisati s različitim brojem značajki odnosno svojstvima kojaodređuju njihova područja primjene. Svojstva koja opisuju polimerne materijale su:kemijska, fizička, mehanička, optička te električna.

Kemijska svojstva (degradacija, topljivost, gorivost, barijerna svojstva) ukazuju na to je li polimer postojan na povišenim temperaturama i sunčevom zračenju što je vrlo bitno kod vanjske upotrebe materijala, potom granicu topljivosti polimera, gorivost, te otpornost na različita sredstva (kiselina, organskih otapala, lužina...). Ukoliko materijal nije otporan na te utjecaje doći će do kemijskog procesa kojim se mijenjaveličina molekula, ali i struktura makromolekule, a taj proces se naziva degradacija [4,7].

Fizička svojstva su gustoća, viskoznosti temperatura taljenja [4]:

- Plastika je uglavnom lagana i ima nisku gustoću. Većina polimera ima gustoću manju od 1 g/cm^3, dokpolimeri koji sadrže neke karakteristične elemente imaju veću gustoću od 1 g/cm^3 te tonu u posudi s vodom pa ih se razvrstava u grupu polimera veće gustoće (npr. poli(vinil-klorid) $\gamma = 1,5$ g/cm^3)[13].

- Molekulska masa polimera povezana je s viskoznošću polimerne otopine preko granične viskoznosti [η], Mark-Houwinkovom jednadžbom, gdje je M_v viskozni prosjek relativnih molekulskih masa, a K i a su eksperimentalno

određene konstante koje se za većinu homopolimera i otapala mogu pronaći u specijaliziranim priručnicima, (jednadžba 1)[13]:

$$[\eta]=K*M_v^a$$

Jednadžba 1. *Mark-Houwinkova jednadžba*

- Talište (Tt) definira se kao fazni prijelaz prvog reda pri kojem dolazi do porasta entalpije, odnosno do apsorpcije topline.Talište je izotermno svojstvo, tj. temperatura uzorka ne raste tijekom faznog prijelaza. Kod čistih niskomolekulnih tvari talište je oštar prijelaz, dok polimeri imaju šire temperaturno područje taljenja bez oštrog maksimuma [13].

Mehanička svojstvaopisuju količinu deformacije u ovisnosti o naprezanju kao što su [4]:

- čvrstoća na pucanje - otpor koji materijal puža porastom pritiska koji se primjenjuje pod pravim kutom na površinu materijala u određenim uvjetima, test čvrstoće se provodi primjenom pritiska na jednoj strani učvršćenog uzorka pri čemu se bilježi pritisak koji uzrokuje probijanje materijala, što je niža brzina pritiska i niži promjer diska rezultirajući probojni pritisak je viši
- zaderna čvrstoća - testovi za određivanje zaderne čvrstoće određuju energiju koja je potrebna za odvijanje paranja, za razliku od energije potrebne za početak paranja budući da je kod većine plastičnih uzoraka teško započeti paranje materijala
- krutost materijala - otpornost na deformiranje, odnosno otpornost na promjenu oblika i volumena
- elastična stabilnost - definiramo kao sposobnost materijala da zadrži početni ravnotežni položaj pod djelovanjem nekog opterećenja
- savojna žilavost –mjera sposobnosti materijala da podnese šok opterećenja, takav test može se provesti i na ambalažnom obliku, primjerice ukoliko se PE vrećica napuni pijeskom i podvrgne testu padanja pri određenim uvjetima, mjeri se u J/cm2
- modul elastičnosti - omjer između naprezanja i pripadajuće uzdužne deformacije

- tvrdoća- otpornost plastike prema prodiranju drugog tijela u njegovu strukturu te otpornost prema uvijanju ili presavijanju

Ukoliko je plastika kristalna tada je lako lomljiva i lako puca, što znači da ima visoku tvrdoću i visoku čvrstoću, a malu elastičnost dok obrnuto vrijedi za elastične materijale koji imaju nisku čvrstoću, nisku tvrdoću i visoku elastičnost [4,6].

Deformiranje tijela od plastične mase ovisi o opterećenju, brzini opterećivanja i trajanju opterećenja te o temperaturi pri čijem porastu dolazi do pojave faznih promjena. Pri konstantnom opterećenju s porastom temperature povećavaju se deformacije (slika 6) [8].



Slika 6. *Dijagram deformacije plastike uslijed povećanja temperature*

Optička svojstva obuhvaćaju razne optičke pojave kao što je lom svjetla na površini (refrakcija). To je promjena smjera vala do koje dolazi zbog promjene njegove brzine širenja. Najčešće se uočava na površini koja razdvaja dvije različite tvari u kojima brzina vala nije jednaka.Lomnost svjetla različitih materijala varira jer je funkcija valne duljine. To znači da različite boje od kojih se sastoji bijela svjetlost imaju različitu lomnost svjetla u istome materijalu. Svjetlost manjih valnih duljina putuje dulje kroz većinu prozirnih materijala od one većih valnih duljina pa će zbog toga ljubičasto svjetlo imati veću lomnost od crvenog. To je zbog rasipanja bijelog svjetla na komponente. Leće veće lomnosti svjetla tanje su za isti polumjer leće i istu dioptrijsku jakost. Razlog tomu je što veća lomnost svjetla omogućava da razlika između polumjera zakrivljenosti prednje i stražnje plohe optičke leće bude manja, a da leća pritom zadrži istu dioptrijsku jakost [14].

Električna svojstvavećinepolimera pokazuju nisku električnu vodljivost što ih čini dobrim izolatorima. Otkrićem 1974. da poliacetilen može oksidirati ili reducirati i simultano dopirati različitim primjesama otvorilo je područje vodljivih polimera te razvoja novih organskih polimera koji provode električnu struju i to razine provodljivosti metala. Zato se katkada nazivaju sintetskim metalima[15]. Električna svojstva polimera uglavnom ovise o njihovoj primarnoj kemijskoj strukturi i relativno su neovisna o mikrostrukturi, a opisuju ih električna vodljivost, električni otpor, čvrstoća proboja, faktor dielektričnih gubitaka i relativna dielektričnost [8].

3. Prisutnost plastike u okolišu

Plastika je pronađena u morima, oceanima, rijekama, tlu pa čak i u najvišim predjelima planina, a otkrivena je i u organizmu brojnih životinjskih vrsta. Zanimljiva je činjenica da se granule plastike nalaze čak i u nizu proizvoda za osobnu njegu kao što su gel za tuširanje, piling, sjenila za oči, pasta za zube i još mnogi drugi.

Voda

Svijest o značaju kojeg otpad predstavlja s obzirom na okoliš, gospodarstvo i zdravlje ljudi sve je prisutnija, a posebno na razini upravljanja morem kao najznačajnijim gospodarskim resursom o čijoj ravnoteži i očuvanosti ovise brojni ekosustavi, odnosno njihovo gospodarsko korištenje.Kada je riječ o nakupljanju otpada u morima mnogi ljudi zamišljaju samo otok krupnijeg otpada koji pluta na površini.Taj otpad sadrži veliki postotak plastike koji nije biorazgradiv,takva plastika se ne otapa, nego se zbog atmosferskih utjecaja samo razbija na sve sitnije komade koji nisu uvijek vidljivi okom[16].

Plastika se u morima giba ovisno o vjetru i morskim strujama. U oceanima postoje stalne morske struje koje čine 5 velikooceanskih vrtloga (dva u Tihom oceanu, dva u Atlantskom oceanu i jedan u Indijskom oceanu), a kada se plastika nađe u njima najčešće tamo i ostane (slika 7).



Slika 7. *Nakupine plastike u Tihom oceanu*

Analizirajući zračne fotografije (slika 8)procijenjeno je da na području Tihog oceana pluta oko 80 000 tona plastike. Taj "Veliki pacifički otok smeća" (eng. *Great Pacific Garbage Patch*) nalazi se između Kalifornije i Hawaia, a ujedno je i najveća od pet oceanskih akumulacijskih zona. Oko 80% tog otpada dolazi iz Sjeverne Amerike i Azije [16]. Otpadu iz Sjeverne Amerike potrebno je čak šest godina kako bi doplutao do Velike pacifičke nakupine, dok je onom iz Japana potrebna jedna godina. Ostalih 20% otpada dolazi iz naftnih platformi i velikih brodova od čega je najzastupljenija ribarska mreža, što čini oko 79 000 tona.Ovakvim tempom onečišćivanja oceanado 2050. u oceanima će biti više plastike nego ribe[17].



Slika 8. *Zračne fotografije otpada u Tihom oceanu*

Plastika u moru izaziva probleme mnogim morskim životinjama jer je često zamjenjuju za hranu (slika 9a). Plastika koju progutaju stvara im probleme pri probavljanju prirodne hrane, a ovisno o veličini i obliku plastičnih predmeta mogu se zadržati u probavnom sustavu sve dok životinja ne ugine. Plastika može životinjama

smetati ako im se omota oko dijela tijela (slika 9b) i tako sprječava normalan rast i razvoj životinja[18].

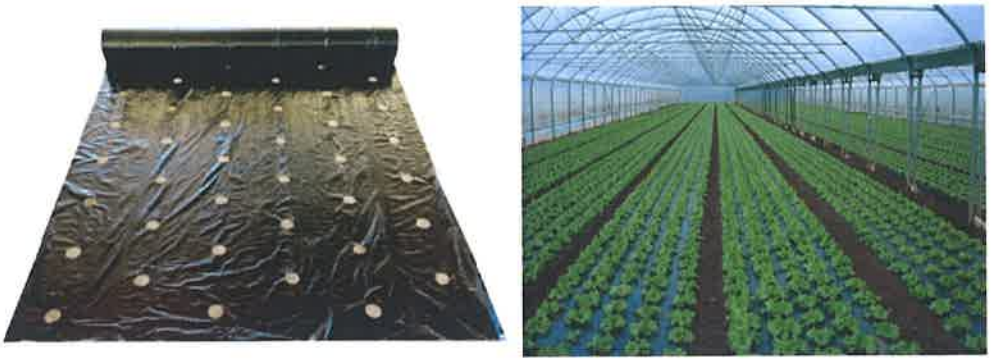


Slika 9. *a)Uginuli albatros uslijed hranjenja plastikom; b) Kornjača zapetljana u ribarsku mrežu*

Naime, plastika je uzrok još jednog problema, a to su zagađivala koja se mogu nalazitina njezinoj površini. Razna organska zagađivala odnosno kemikalije koje su slabo i sporo razgradive, ribe ili neke druge životinje progutaju te ulaze u njihovo tijelo, a time postaju dio hranidbenog lanca koji na kraju uključuje i ljude [18].

Tlo

Pokrivanje tla polietilenskim folijama je agrotehnička mjera koja ima svrhu poboljšati uvjete uzgoja i olakšati njegu povrtnih kultura tijekom vegetacije (slika 7). Primjenom crnih folija povećava se temperatura, što utječe na brži rast biljaka, ranije dozrijevanje plodova, povećanje prinosa ali i kvalitetu plodova. Iako se folija naknadno uklanja, skuplja pa reciklira česta greška je da se ostaci folije spaljuju ili ne uklone do kraja što ostavlja veliku količinu plastike u tlu poznatu kao „bijelo zagađenje". Potrebno vrijeme za razgradnju polietilenske folije procjenjuje se na 500-1000 godina [19].



Slika 10. *Polietilenska folija i njezina primjena u plastniku*

Podjela prema veličini zaostalih čestica plastikeu tlu:

1.) Makroplastika: veliki plastični otpad čiji su fragmenti veći od 5 cm,
2.) Mezoplastika: fragmenti plastike veličine 0,5 – 5,0 cm,
3.) Mikroplastika: fragmenti plastike između 100 nm i 5 mm (uključuju osim plastike abrazivne čestice guma poljoprivredne mehanizacije, kao i druge plastične fragmente iz vode za navodnjavanje, zraka i dr.) i
4.) Nanoplastika: fragmenti sintetike manji od 100 nm (uključuju dijelove boja, ljepila, elektroničnog otpada i dr.) [19].

Također je važno naglasiti da se prilikom tretiranja poljoprivrednih površinaumjetnim gnojivima plastika uz floru i faunurazgrađuje na manje dijelove, kojimogu završiti u vodi te ući u slatkovodne ekosustave, a potom i u morske sustave. Plastični ostaci mijenjanju fizikalna i kemijska svojstva tla,no tijekom evolucije biljke i mikroorganizmi su se tome prilagodili[19].

Zrak

Svakodnevnim uzorkovanjem suhog i vlažnog atmosferskog zraka,otkriveno je da su česticeplastike raspršene u atmosferi stotinjak kilometara od njezinog izvora.Tim je podacima dokazano da mnoga „netaknuta priroda“ nije uistinu „netaknuta“. Količina plastike primjerice, na netaknutim dijelovima Pirineja jednaka je onoju gusto naseljenim dijelovima Pariza, što je uistinu zabrinjavajuće i dokazuje da su čestice plastike svagdje prisutne [17].

4. Priprema plastike za recikliranjei gospodarenje

- ***Sakupljanje i razdvajanje***

Za uspješno gospodarenje otpadom od presudnog je značaja dobra organizacija razdvajanja-prikupljanja.Članice Europske unije primjenjuju različite sustave sakupljanja ambalažnog otpada, a neke od njih su:

- sustav sakupljanja po kućanstvima,
- sustav kontejnera na određenim lokacijama
- sustav pologa.

Sustav sakupljanja po kućanstvima(slika 11) jedan je od najprimjenjivanijih metoda sakupljanja materijala koji se mogu reciklirati. Dužnost kućanstva je odvojiti otpad u kontejner ili adekvatno označenu plastičnu vrećicu za određeni materijal. Učinkovitost ovog načina skupljanja otpada iznosi 60% ciljnih materijala koji se mogu reciklirati [4].



Slika 11. *Sustav skupljanja otpada po kućanstvima*

Sustav kontejnera na određenim lokacijama(slika 12) uključuje skupni ambalažni otpad po kućanstvima. Efikasnost ovog sustava sakupljanja ovisi o lokaciji kontejnera, odnosno pristupu kontejnerima i blizini kućanstava. Ovom metodom skupljanja otpada sakupi se 10-15% valjanog materijala za recikliranje [4].



Slika 12. *Sustav skupljanja otpada kontejnerima*

Sustav pologa ambalažnog otpada(slika 13)obuhvaća povrat ambalaže za koji se dobiva određena novčana naknada. Naravno, ovaj sustav osigurava najveći postotak povrata ambalaže, u nekim zemljama EU preko 90%. Novčanu naknadu najčešće osigurava proizvođač[4].



Slika 13. *Sustav pologa ambalažnog otpada*

Zbog različitih svojstava većina plastike međusobno je nemješljiva pa njihovo recikliranje nije moguće provesti bez prethodnog razdvajanja. Razdvajanje se provodi ručno ili automatizacijom odnosno vođenjem pomoću računala.Ručno odvajanje (slika 14) provodi se na osnovi vizualne identifikacije otisnutog broja na ambalaži te na osnovi nijansi.



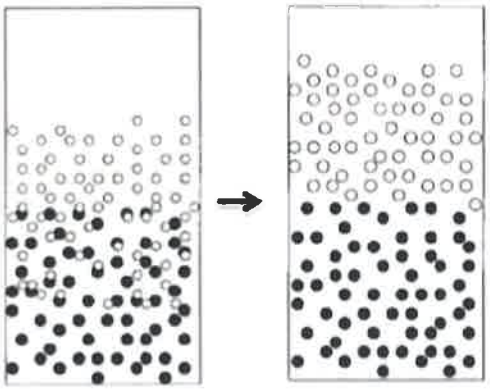
Slika 14. *Ručno odvajanje plastike*

Metode automatiziranog razdvajanja su odvajanje flotacijskim taloženjem, temeljenjem na razlici u kemijskim, optičkim, električnim ili fizikalnim svojstvima materijala [4].

- ***Usitnjavanje i pranje***

Da bi se dobio što kvalitetniji reciklirani materijal, polimerni otpad je na početku procesa recikliranja potrebno oprati i usitniti.Cilj usitnjavanja plastike je smanjiti njezin volumen kako bi se olakšao transport i punjenje spremnika u postrojenju za recikliranje te odstranjivanje ostalih materijala s proizvoda, ukoliko nisu prethodno razdvojeni ili ih je bilo nemoguće odvojiti prethodnim postupcima razdvajanja. Nakon toga se provodi sortiranje primjenom strujanja zraka na principu razlike u težini pojedinih čestica materijala. Lakše će čestice lebdjeti, a teže ostaju na plohi stola na kojem ih pokretna traka dalje prenosi [10].

Po završetku usitnjavanja slijedi postupak pranja.Osim što uklanja prljavštinu, odstranjuje i ljepila, tragove tinte, naljepnice i ostalo.Međutim, sva ljepila nisu vodootporna što dodatno povećava troškove recikliranja zbog onečišćenja vode (dodatkom NaOH lužine) koja se potom mora pročistiti. Postupak pranja se provodi u velikim spremnicima opremljenim dovodom i odvodom vode, kao i posebnim nastavcima (npr. sita različitih promjera očica koja odvajaju različite nečistoće ili su skupljači pjene koji se uklanjaju s površine), a ujedno služi i kao pomoć pri razdvajanju nekih vrsta plastike. Lakše čestice brže se kreću prema gore što je temperatura sloja nastalog upuhivanjem zraka viša (slika15) [4].



Slika 15.*Shema pranja i razdvajanja mljevenih čestica plastike upuhivanjem zraka*

- ***Sušenje***

Nakon pranja slijedi sušenje. Kod procesa sušenja vrlo je važno pažljivo odabrati temperaturu, ovisno o tipu polimernog materijala čije se recikliranje provodi da bi se izbjegla njegova degradacija [9].

4.1. Oporaba plastike

Oporaba otpada je svaki postupak ponovne obrade otpada kojim se postiže njegovo korištenje u materijalne ili energetske svrhe. Recikliranje plastikeprovodi se na tri načina: mehanička oporaba, kemijska oporaba i energetska oporaba [20].

Mehanička oporaba

Mehaničkaoporabaili materijalni oporavak podrazumijeva mehaničku obradu sortiranog plastičnog otpada, tj. toplinsku preradu polimernog otpada taljenjems ciljemproizvodnje reciklata u granulama (slika 16).Granule se koristeza proizvodnju novog proizvoda dok se navedena vrsta recikliranja najviše koristi za PET boce, industrijske filmove i prozorske okvire od PVC-a [20,21].



Slika 16. *Granule PET-a*

Mehaničko recikliranje provodi se ekstrudiranjem. Ekstrudiranje je kontinuirano protiskivanje zagrijanog i omekšanog polimera kroz mlaznicu glave ekstrudera. Ovim postupkom izrađuje se beskonačni proizvodiili poluproizvodi, to su npr. cijevi, štapovi, filmovi, folije i ploče, puni i šuplji profili, vlakna, izolacije kabela itd. [10]. Mehaničko recikliranje je ujedno i najzastupljeniji oblik recikliranja plastike jer doprinosi smanjenju upotrebe prirodnih resursa i smanjuje stvaranje otpada[20,21].

Energetska oporaba

Pošto polimerni otpad zauzima značajan volumen u odlagalištima, ali posjeduje i visoku energetsku vrijednost, njegova energetska oporaba jedna je od najzastupljenijih postupaka gospodarenja takvom vrstom otpada u Europi [20]. Energetski se oporabljuju plastika i gumeni otpad spaljivanjem na roštilju i u vrtložnom sloju, oporavkom u cementnim pećima i toplinskom oporabom uz dodatak mulja[22]. Izgaranjem plastičnog otpada istodobno se koristi dobivena energija za proizvodnju električne energije, pare ili toplinske energije za grijanje. Plastika je po kaloričnoj vrijednosti vrlo slična loživom ulju pa ga djelomično može zamijeniti i tako smanjiti potrošnju prirodnih resursa [20]. Potom, procjene ukazuju da plastični otpad može zamijeniti do 80% ugljena, što je još jedan način očuvanja prirodnih resursa [4].

Primjer energane je spalionica Spitellau u Beču (slika 17) kojagodišnje prerađuje oko 250.000 tona otpada na najvišoj razini zaštite okoliša, a energija nastala spaljivanjem otpada koristi se za opskrbljivanje toplinom čak 60.000 kućanstava. Vrući dimni plinovi prolaze kroz izmjenjivač topline, uslijed čega nastaje para. Kako bi dimni plinovi bili čisti prolaze kroz niz najsuvremenijih sustava za pročišćavanje,a potom izlazi iz dimnjaka na visini od 126 metara [23].



Slika 17. *Spittelau, energana za otpad za proizvodnju toplinske energije u Beču*

Kemijska oporaba

Uobičajena metoda kemijske oporabe sadrži miješanje gumenog praha sa sredstvom (peptizer) za kidanje kemijskih vezaotpadnih polimera pomoću toplinske energije.Tijekom kemijske reakcije ili uslijeddjelovanja topline dobivaju se ulja ili plinovi koji služe kao sirovina za proizvodnju novih proizvoda i polimera,tj. polimernih sirovina.Produkt kemijskeoporabemože se koristiti kao gorivo, a proizvodnja istog vršise procesom depolimerizacije koja rezultira imresivnom učinkovitosti uz minimalno nastajanje otpada [4,24].

Neki od načina kemijskog recikliranja su: hidriranje (hidrogenacija), piroliza (termoliza) te rasplinjavanje. Troškovi kemijskog recikliranja često su visoki, a za zadovoljavajuću ekonomsku isplativost potreban je dobro organiziran sustav prikupljanja otpada i ekološka osviještenost populacije. Glavna prednost kemijskog

recikliranja je mogućnost obrade heterogenog i onečišćenog plastičnog otpada, kojeg je teško razvrstati [4].

Koristi kemijske oporabe otpada su [24]:

- smanjenje mase i volumena otpada, masa se smanjuje za 75 %, a volumen za 90 %,
- eliminacija bioloških zagađivača (virusa, mikroba, bakterija),
- eliminacija i prerada kemijskih zagađivača (kemikalija, boja i lakova, pesticida itd.),
- smanjenje emisija stakleničkih plinova,
- izdvajanje anorganskih tvari (željezo, plemeniti metali i dr.),
- iskorištenje energije pohranjene u otpadu, zakonski uvjet bez kojega se ne može realizirati termička obrada otpada jest da jedna tona otpada sadrži energiju kao 220 litara tekućeg goriva.

4.2. Odlaganje

Odlaganje plastičnog otpada najčešći je način zbrinjavanja te vrste otpada, ali i najmanje poželjan (slika 18). Odlaganje plastike nanosi ekonomsku štetuzbog toga što polimerni otpad predstavlja potencijalnu sirovinu, a ipak velike količine netretiranog polimernog otpada završe na odlagalištima, dok gledano s ekološke strane, nema nikakve štete jer je plastika neutralna, nerazgradiva, nema emisija plinovitih i kapljevitih onečišćenja pa tako pridonosi stabilnosti odlagališta. Sintetički plastični materijali sene mogu biološki razgraditi, a nakon dužeg razdoblja (> 100 godina) nema nikakvih podataka. Kako se plastični otpad dugoročno ponaša na odlagalištima ne može se sa sigurnošću potvrditijer se plastika koristi tek 70-tak godina. Studija o odlagalištu otpada grada Linza, koja postoji od 1963. pokazuje da se ni najstarija sintetička plastika nije raspala, ako je u odlagalištu relativno suho[4].



Slika18. Odlagalište otpada

5. Sustav gospodarenja plastičnim otpadom

Gospodarenje plastičnim otpadomvažna je djelatnost te zahtijeva 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 obradbe, do koristi za okoliš, gospodarsko optimiranje i društvenu prihvatljivost, a sve to za pojedini sustav i područje. Najpoželjnije metode zbrinjavanja plastičnog otpada su izbjegavanje nastanka otpada, smanjenje nastanka otpada, ponovna upotreba i recikliranje (oporaba), zatim spaljivanje i odlaganje.

5.1. Sustav gospodarenja otpadom u Hrvatskoj

Sustav gospodarenja otpadom u RH obuhvaća uklanjanje odbačenog otpada, tj. saniranje postojećih neuređenih odlagališta koja ne zadovoljavaju uvjete koji su bitni za zdravlje ljudi i zaštitu okoliša, te najvažnije, učinkovito upravljanje tokovima različitih vrsta otpada od proizvodnje otpada do njegovog sigurnog odlaganja.

Prema odredbama Zakona o održivom gospodarenju otpadom, prioritet je sprječavanje nastanka otpada, zatim priprema za ponovnu uporabu, recikliranje i drugi postupci oporabe, poput energetske oporabe, te na kraju zbrinjavanje otpada. Predviđeno je uvođenje primarne selekcije otpada na kućnom pragu te naplata po količini preuzetog otpada ili obujmu posude [26].

Hrvatski sabor na sjednici 25. siječnja 2002., donio je Nacionalnustrategiju zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja za okoliš (»Narodne novine«, br. 46/02.), te

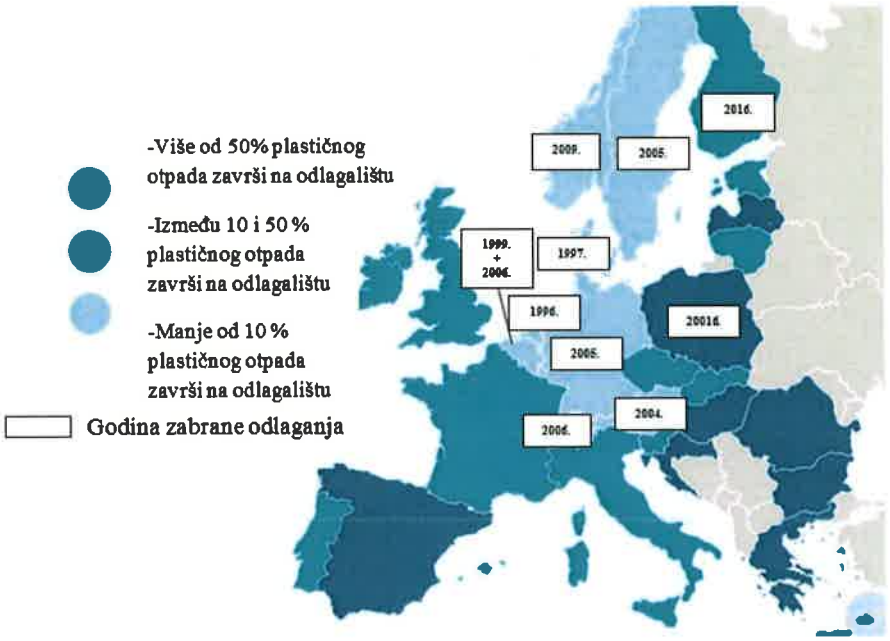
je utvrđeno da je neodgovarajuće gospodarenje otpadom bio najveći problem zaštite okoliša u Hrvatskoj. Količina otpada je rasla, a infrastruktura koja bi taj otpad trebala zbrinuti nije bila dostatna. Sustav gospodarenja otpadom nije funkcionirao u potpunosti, među ostalim propisi kojima se utvrđuje gospodarenje otpadom nisu se provodili u cijelosti pa su 2005. Strategijom su utvrđeni strateški i kvantitativni ciljevi te predložene mjere za njihovo postupno ostvarivanje do 2025. Tako je na temelju Zakona o otpadu (Narodne novine broj 178/04) koji nalaže odvojeno sakupljanje i skladištenje otpada čija se vrijedna svojstva mogu iskoristiti i Pravilnika o ambalaži i ambalažnom otpadu(Narodne novine broj 97/05 i 115/05) riješen sustav pologa. Naime, građanima se za PET boce i limenke isplaćuje povratna naknada od 0,50 kuna po boci. Time se smanjila količina otpada na odlagalištima, a PET ambalažu gotovo je nemoguće vidjeti odbačenu u okolišu [25].

Plan gospodarenja otpadom za razdoblje od 2007. do 2015. donesen je u srpnju 2007. Osnovna zadaća navedenog Plana je organizirati provedbu glavnih ciljeva Strategije postavljene od 2005. do 2025. Navedenim Planom je određen vremenski okvir uspostave cjelovitog sustava gospodarenja otpadom i donošenja županijskih planova i plana gospodarenja otpadom Grada Zagreba do kraja 2007., županijskih i regionalnih centara za gospodarenje otpadom do kraja 2011. te nadzor nad provedbom Plana gospodarenja otpadom i planova gospodarenja otpadom jedinica lokalne i regionalne samouprave te godišnje izvještavanje do kraja 2015 [26].

5.2. Sustav gospodarenja otpadom u EU

Direktiva EU za ambalažu i ambalažni otpad određuje da svaka članica mora definirati metodu sustava skupljanja i recikliranja ambalaže na način koji joj je najprihvatljiviji. Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu omogućava sustav i financiranje odvojenog sakupljanja ambalažnog otpada prema vrsti ambalaže, oporabu (recikliranje) i zbrinjavanje ambalažnog otpada iz naknada proizvođača i uvoznika za proizvode koje stavljaju u promet. Zbog toga danas većina europskih gradova ima organiziran sustav za odvojeno skupljanje različitih vrsta otpada koji se može reciklirati [4]. 2014. godine u EU je u otpadu završilo 25,8 milijuna tona plastičnih proizvoda, pri čemu je 69,2 % oporabljeno recikliranjem i energijski, a 30,8 % je završilo na

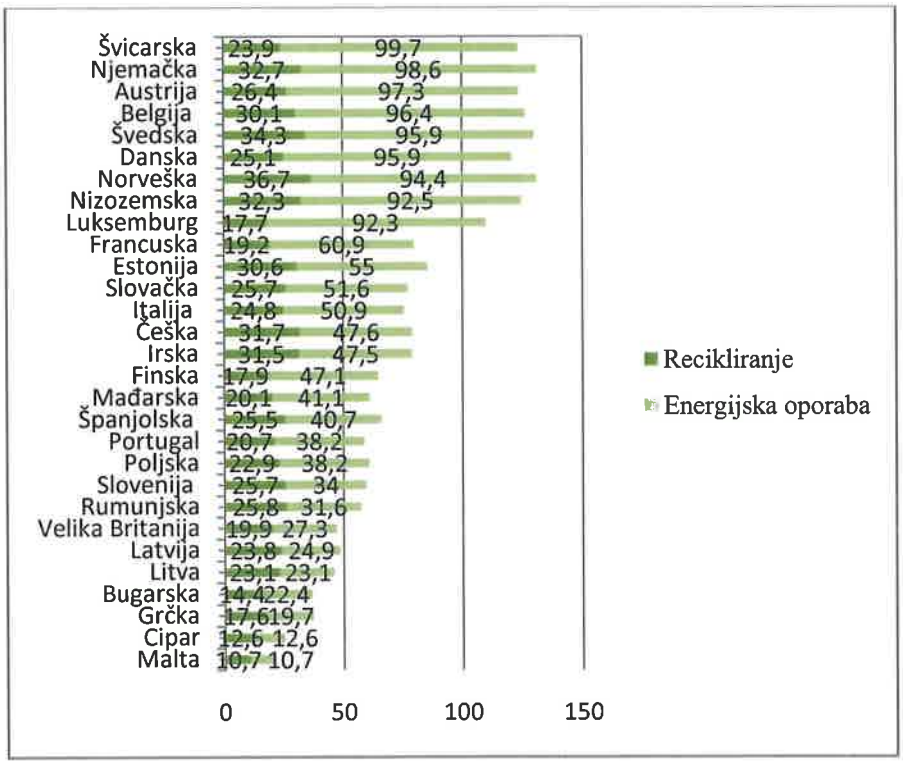
odlagalištima (slika 19). U usporedbi sa stanjem 2006., 38 % manje plastičnog otpada završilo je na odlagalištima, recikliralo se 64 % više, a energijski oporabilo 39,4 % više [27].



Slika 19. *Odlaganje plastičnog otpada u EU 19.*

Plastic Europe, vodeća je paneuropska trgovačka asocijacija, koja pokriva više od 90% proizvodnje plastike u EU te smatra da se plastika ne bi trebala odbacivati na odlagališta. Zbog toga 2010. pokreće inicijativu Nula plastičnog otpada na odlagalištima do 2020. te naglašava važnost plastike kao resursa i ističu kako je plastika prevrijedan resurs da bi se bacala ili zakopavala na odlagalištima [21].

Tablica 8.*Gospodarenje plastičnim otpadom u EU 2011.*



Iz tablice8 vidljivo je da Belgija, Danska, Norveška, Luksemburg, Švedska, Njemačka, Nizozemska, Austrija i Švicarska sa zabranom odlaganja plastičnoga otpada na odlagališta imaju veliki postotak recikliranja u gospodarenju plastičnim otpadom, ali isto tako i veliki postotak energijske oporabe. Recikliranje je najbolji izbor gospodarenja plastičnim otpadom, no kada recikliranje više ne predstavlja održivu opciju, alternativa je energijska oporaba. Obje mogućnosti gospodarenja plastičnim otpadom daju najbolje rezultate iskorištavanja plastičnoga otpada.

6. ZAKLJUČAK

Plastika je vrijedan materijal koji radi nedovoljne svijesti ljudi često završava na odlagalištima i predstavlja rizik kako za ljude tako i za biljni i životinjski svijet.Omogućuje razne opcije koje se ne iskorištavaju dok se u velikim razmjerima poseže za prirodnim sirovinama koje su vrlo ograničene.Različite vrste oporabe plastike rezultiraju vrijednim zamjenskim sirovinama ili značajnom količinom energije kada se plastični otpad koristi kao gorivo.

Neodgovorno gospodarenje otpadom predstavlja problem zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj. Količine otpada su sve veće, a infrastruktura koja bi ga trebala zbrinjavati, nije zadovoljavajuća. Nužna je sustavna promjena rada i razmišljanja o otpadu koja će zahtijevati velike napore kako bi se ostvarila suradnja između svih zainteresiranih strana u cijelom lancu plastike, od proizvođača plastičnih materijala i proizvoda (posebno ambalaže), poduzeća uključenih u lanac recikliranja (sakupljanje, razvrstavanje i ponovna prerada), pa do donositelja političkih odluka.

Danas se velika pozornost upućuje na koncept održivog razvoja, tj. razvoja koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe. Za prijelaz u održivi razvoj nužno je riješiti mnoge probleme, a jedan od najvažnijih je potraga za alternativnim izvorima sirovina. Poticanjem proizvodnje biopolimera uvelike bi smanjila troškove i vrijeme utrošeno na recikliranje, a ujedno bi se ublažile klimatske promjene.

7. POPIS LITERATURE

[1] Šola I., Gušić N., Lovrić D. *Gospodarenje otpadnim vrećicama.* Kem. ind. 2014. 63(5-6) str. 209-211

[2] Hrvatska enciklopedija (2018.), *Polimeri.* Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.

[3] Živny- Maljković D., Tadić Z., Vujnović V. (2001). Polimeri i plastične mase. *Drvo znanja.* Vol. 46, str 25-26

[4] Hrnjak-Murgić Z. *Gospodarenje polimernim otpadom.* Skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

[5] Zia, J., Paul, U. C., Heredia-Guerrero, J. A., Athanassiou, A., & Fragouli, D.(2019.) Low-density polyethylene/curcumin melt extruded composites with enhanced water vapor barrier and antioxidant properties for active food packaging. *Polymer.* Volumen 175, str. 137-145

[6] Vujković I., Galić K., Vereš M. (2007.) *Ambalaža za pakiranje namirnica.* Zagreb: Tectus.

[7] Kratofil Krehula Lj. *Polimeri i polimerizacijski procesi.* Sveučičište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

[8] Kolumbić Z., Dunđer M. (2011.) *Materijali.* Rijeka: Alfa.

[9] Brizić M., Janović Z., Šmit I., Štefanović D. Polimerni materijali, Tehnička enciklopedija Vol.10, JLZ "Miroslav Krleža", Zagreb, 1986, 581-622.

[10] Ptiček Siročić A. *Recikliranje i zbrinjavanje otpada.* Skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

[11] Janović Z., Veksli Z.(2015.) *Šezdesetgodišnjica Ziegler-Nattinih katalizatora.* Kem. Ind. 64 (7-8), str. 363–379

[12] Vida Jarm: *Glosar razrednih imena polimera na osnovi kemijske strukture i molekulne arhitekture.* Kem. Ind. 2012. 61 (3) str. 145–176

[13] Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju. *Karakterizacija i identifikacija proizvod.* Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

[14] Španiček Đ. *Iz svijeta plastike i gume*. 2015. 36(1-2) str. 41-42

[15] Duić LJ. *Vodljivi polimeri* Skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

[16] Dostupno na: https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/Datum pristupa: 19.4.2019.

[17] Dostupno na: http://hr.n1info.com/Znanost/a395554/Mikroplastika-zrakom-moze-putovati-i-do-100-km.htmlDatum pristupa: 29.4.2019.

[18] Dostupno na: http://modralasta.hr/clanak/plastika-u-moru-kobna-za-zivot-morskih-bica Datum pristupa: 27.4.2019.

[19] Dostupno na: http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Zanimljivosti/Zanimljivosti_11-2018_Mikroplastika.pdf Datum pristupa: 28.4.2019.

[20] Pavlović G., Sartorius I. *Plastika-previše vrijedna da bi se bacila*. Stručni rad za XI međunarodni simpozij Gospodarenje otpadom. Zagreb:Hrvatska gospodarska komora, Sektor za industriju, Udruženje za plastiku i gumu. 2010.

[21] PlasticsEurope. *Zero plastics to landfill.* Dostupno na: http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/zero-plastics-to-landfill.aspx . Datum pristupa: 4.5.2019.

[22] Fijačko A. *Kemijsko recikliranje ambalažnog PET polimera glikolizom*. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. 2010.

[23] Dostupno na : https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeId/67860/channelId/-51715. Datum pristupa: 3.8.2019.

[24] Turkalj J. *Održivo upravljanje polimernim otpadom*. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. 2010. Datum pristupa: 4.4.2019.

[25] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske. Narodne novine. 2005. Broj 130.

[26] Agencija za zaštitu okoliša (AZO): Izvješće o komunalnom otpadu za 2013. godinu, 2014.

[27] Rujnić Sokele M. *Zaštita okoliša i zdravlja*2015. 36 (1-2) str. 34-37

POPIS SLIKA

Slika 1. Formula polietilena

Slika 2. Struktura Polivinil klorida

Slika 3. Struktura polipropilena

Slika 4. Konstitucijska jedinica makromolekule stirenskog homopolimera

Slika 5. Dijagram deformacije plastike uslijed povećanja temperature

Slika 6. Dijagram deformacije plastike uslijed povećanja temperature

Slika 7. Nakupina otpada u Tihom oceanu

Slika 8. Zračne fotografije otpada u Tihom oceanu

Slika 9. a)Kornjača zapetljana u ribarsku mrežu, b)Uginuli albatros uslijed hranjenja plastikom

Slika 10. Polietilenska folija

Slika 11. Sustav skupljanja otpada po kućama

Slika 12. Sustav skupljanja otpada kontejnerima

Slika 13. Sustav pologa ambalažnog otpada

Slika 14. Ručno odvajanje plastike

Slika 15. Pranje i razdvajanje mljevenih čestica plastike

Slika 16. Granule PET-a

Slika 17. Spittelau Beč, energana na otpad za proizvodnju toplinske energije

Slika 18. Odlaganje otpada

Slika 19. Odlaganje plastičnog otpada u EU 2014.

POPIS TABLICA

Tablica 1. Oznake vrsta plastike

Tablica 2. Važnija fizička svojstva poli(etilen-tereftalata)

Tablica 3. Važnija fizička svojstva polivinilklorida

Tablica 4. Važnija fizička svojstva polietilena niske gustoće

Tablica 5. Važnija fizička svojstva polietilena visoke gustoće

Tablica 6. Važnija fizička svojstva polipropilena

Tablica 7. Važnija fizička svojstva polistirena

Tablica 8. Gospodarenje plastičnim otpadom u EU 2011.