

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**TOMISLAV VUKELIĆ**

**BIOPOLIMERNI MATERIJALI:  
UTJECAJ NA OKOLIŠ I SPREMNOST  
NA KORIŠTENJE**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2020

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**TOMISLAV VUKELIĆ**

**BIOPOLIMERNI MATERIJALI:  
UTJECAJ NA OKOLIŠ I SPREMNOST  
NA KORIŠTENJE**

Mentor:

prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković

Student:

Tomislav Vukelić

Zagreb, 2020

## Sadržaj:

1. UVOD .....	6
2. POLIMERNI MATERIJALI .....	6
2.1 Bioplimeri .....	7
2.1.1. Skupine bioplomera prema poreklu i načinu proizvodnje .....	7
3.1 Celuloza .....	7
3.2 Škrob .....	8
3.3 Kazein .....	10
4.1 PLA-Polilaktična kiselina .....	12
5.1 PHA- Polihidroksi-akanoat .....	13
6. KOMPOSTIRANJE BIOPOLIMERA .....	13
6.1 Test toksičnosti komposta .....	14
7. UTJECAJ PROCESA KOMPOSTIRANJA NA OKOLIŠ .....	15
7.1 Potencijalno pozitivni učinci na okoliš .....	15
7.2 Potencijalno ozitivan učinak na okoliš .....	18
7.2.1 Zagađenje vodenog okoliša .....	18
7.2.2 Smeće .....	19
7.2.3 Toksičnost Komposta .....	19
7.2.4. Ostaci polimera .....	19
7.2.5. Aditivi i modifikatori .....	20
7.2.5.5. Ostali aditivi .....	22
8. METODIKA .....	23
8.1. Pitanja iz ankete .....	23
8.2 Rezultati ankete .....	25
8.2.1 Sirovine za proizvodnju biopalstike .....	25
8.2.2 Većina bioplastičnih proizvoda se samostalno razgrađuje? .....	26
8.2.3 Razgradnja bioplastike .....	26
8.2.4 Bio plastični proizvodi se ne trebaju odlagati na posebna odlagališta? .....	27
8.2.5 Upotrebom bioplastike najviše se smanjuje utjecaj na: .....	27
8.2.6 Bioplastika utječe na tlo: .....	28
8.2.7. Bioplastika najviše pozitivno utječe na .....	28
8.2.8. Bioplastika utječe najviše na .....	29
8.2.9 Da li obraćate pozornost na porijeklo plastike kada kupujete plastični proizvod ...	29
8.2.10. Da li će te kupiti ambalažni proizvod od bioplastike ukoliko je cijena viša .....	30
8.3. Zključak istraživanja .....	31
9. ZAKLJUČAK .....	31

10. LITERATURA .....	32
11. POPIS SLIKA.....	34

## **SAŽETAK:**

*Zbog velike upotrebe polimernih materijala na osnovi ne obnovljivih sirovina i zbog izostanka postupka oporabe i reciklaže u zadnjim desetljećima prošlog stoljeća i u ovom stoljeću nastale su velike količine otpada. Polimerni otpad iz tog razdoblja stvorio plutajuće nakupine u obliku otoka u oceanima te su nastale velike količine mikroplastike. Kao alternativa spomenutima materijalima sve više se koriste biopolimerni materijali. U diplomskom radu biti će dan pregled polimernih materijala napravljenih od biosirovina. Posebno će se naglasiti biorazgradivi materijali koji se mogu kompostirati te će se opisati utjecaj tog postupka na okoliš.*

*Jedan dio diplomskog rada sadržavati će rezultate provedene ankete o spremnosti upotrebe biopolimernih materijala. Poseban naglasak ankete biti će stavljen na poznavanje biopolimernih materijala, mogućnosti izrade proizvoda iz njih te postupka zbrinjavanja proizvoda nakon završetka ciklusa upotrebe proizvoda. U pregledu rezultata ankete također će se dati uvid u rezultate vezane za opravdanost korištenja poljoprivrednih površina te prehrambenih namjernica (šećerne trske, krumpira, kukuruza, biljnih ulja, celuloze, mlijeka i dr.) kao sirovina za izradu biopolimernih materijala.*

*Svi navedeni aspekti istraživanja u diplomskom radu želi doprinijeti pojašnjenju utjecaja biopolimernih materijala na okoliš te spremnosti na korištenje spomenutih materijala. Bez podrške pojedinaca neće biti moguće doći do značajnih promjena u povećanju korištenja biopolimera i održivoj proizvodnji polimernih materijala.*

*Ključne riječi: Biopolimerni materijali, utjecaj na okoliš, spremnost na korištenje*

## 1. UVOD

Zbog velike upotrebe polimernih materijala na osnovi neobnovljivih sirovina i zbog izostanka postupka oporabe i reciklaže u zadnjim desetljećima prošlog stoljeća i u ovom stoljeću nastale su velike količine otpada. Polimerni otpad iz tog razdoblja stvorio je plutajuće nakupine u obliku otoka u oceanima. Uz navedeno su nastale velike količine mikroplastike. Kao alternativa spomenutima materijalima sve se više koriste biopolimerni materijali. U diplomskom radu biti će dan pregled polimernih materijala napravljenih od biosirovina. Posebno će se naglasiti biorazgradivi materijali koji se mogu kompostirati te će se opisati utjecaj tog postupka na okoliš.

Jedan dio diplomskog rada sadržavati će rezultate provedene ankete o spremnosti upotrebe biopolimernih materijala. Poseban naglasak ankete biti će stavljen na poznavanje biopolimernih materijala, mogućnosti izrade proizvoda iz njih te postupka zbrinjavanja proizvoda nakon završetka ciklusa upotrebe proizvoda. U pregledu rezultata ankete također će se dati uvid u rezultate vezane za opravdanost korištenja poljoprivrednih površina te prehrambenih namjernica (šećerne trske, krumpira, kukuruza, biljnih ulja, celuloze, mlijeka i dr.) kao sirovina za izradu biopolimernih materijala.

## 2. POLIMERNI MATERIJALI

Polimerni materijali su oni materijali koji nastaju polimerizacijom gradivnih jedinica monomera. Postupkom polimerizacije spajaju se u lance i čine polimerne strukture. Polimerima koji se upotrebljavaju za izradu materijala dodaju se dodaci kako bi im se poboljšala njihova svojstva. Polimerne materijale u današnjem vremenu smatramo kao jedni od najbitnijih materijala jer mogu zamijeniti materijala koji su u upotrebi kao što je drvo, keramika, metal, staklo i dr. Danas se polimerni materijali koriste za izradu ambalaže, u transportu, kemijskoj industriji, električnoj industriji, građevinarstvu, poljoprivredi i dr. Polimerne materijale dijelimo na prirodne, modificirane prirodne i sintetičke (umjetno dobivene). Neki od prirodnih polimera su celuloza, vuna, prirodni kaučuk, prirodne smole i dr. Modificirani prirodni polimeri su derivati celuloze, kazeina te prirodnog kaučuka, dok su sintetički polimeri prerađevine nastale od nafte i zemnog plina koji nastaju procesom polimerizacije. [1]

## 2.1 Biopolimeri

Biopolimeri se u prirodi nalaze u dijelovima tkiva životinja i biljaka. Njihove strukture su takve da se njihove molekulske mase sastoje od nekoliko tisuća do nekoliko stotina tisuća monomera povezanih u lance. [2] Važno je spomenuti da nisu svi biopolimeri i biorazgradivi pa bi je preporučljivo da se svi materijali zbrinjavaju na adekvatan način nakon završetka ciklusa korištenja proizvoda. Spomenuti biopolimeri imaju veoma duge lance molekula koje su u velikoj mjeri međusobno povezani tako da mikroorganizmi nisu u stanju samostalno razgraditi materijale. Neke od grupacija nebiorazgradivih biopolimera su poliamidi i polietilen.

Za kvalitetu proizvoda važni parametri su mehanička otpornost materijala i funkcionalnost proizvoda te kemijska otpornost i trajnost odnosno životni vijek proizvoda.[3]

### 2.1.1. Skupine bioplomera prema poreklu i načinu proizvodnje

#### **BIOPOLIMERI IZOLIRANI OD BIOMASE**

Ovakvi polimeri se dobivaju od biljaka i životinja te su najzastupljeniji na tržištu. Neki od predstavnika ovih polimera su: celuloza, škrob, protein sirutke, kazein, protein soje i dr. Ovakav tip biopolimera ima dobra barijerna svojstva za plinove, ali jako loša kod hidrofilnih tvari.

### 3.1 Celuloza

Celuloza je organski spoj koji se nalazi u svim biljkama te ih izgrađuje kompletno. Molekularno gledano celuloza čini ugljik, vodik i kisik te ima kemijsku formulu  $C_6H_{10}O_5$ . Celuloza se stvara u lišću biljke te se otapa u biljnom soku, a služi za rast biljka i izgradnju tkiva. Glavni je sastojak stanične stjenke biljke. Ne može dobiti u laboratoriju, a količina dobivene celuloze iz biljaka ovisi o kojoj vrsti, okruženju u kojem raste, o položaju biljke prema suncu te o samoj veličini biljke. Predstavnik vrsta sa visokim udjelom celuloze je pamuk, skoro je cijeli izgrađen od celuloze. Niski udjeli celuloze imaju neke slame od 35-45% celuloze. Slama ima celulozna vlakna koja su dimenzionalno stabilna te nakon postupka pročišćavanja i izoliranja imaju visok stupanj kristalnosti više od 70%. Prosjek vlakanca iz uobičajene biomase ima stupanj kristalnosti od 35%, u njima nije tolika zastupljenost celuloze. Po veličini celulozna vlakanca iz slame nalaze se između onih od drvne pulpe od kojih su veća i onih od pamuka od kojih su manja. Celuloza ima široku upotrebu u svakodnevnom životu. Koristi se za prehranu, iako ju čovjek ne može probaviti ona na sebe veže toksične tvari iz organizma te ih kroz probavni trakt izbacuje van tijela čovjeka. Celuloza je osnovna sirovina za raznovrsne proizvode poput papira, umjetne svile te plastike.[4]

Polimeri dobiveni od celuloznih molekula proizvode se izdvajanjem ili kemijskom modifikacijom prirodne celuloze. Neke od važnijih skupina spomenutih polimera su:

- celulozni esteri se dijele na dvije skupine:
  - neorganski celulozni esteri (posebno celulozni nitrat)
  - organski celulozni esteri (celulozni acetat)
- celulozni eteri (karboksimetilna celuloza) i
- regenerirana celuloza (celofan i celulozna vlakna)

Što se tiče same biorazgradivosti celuloze, razgrađivija je od bilo kojeg drugog polimera upravo radi toga što se na celulozu vežu razno razni mikroorganizmi, no sam proces biorazgradnje je kompleksan uslijed prisustva lignina.

Celuloza se koristi kao sirovina u industriji papira, u proizvodnji drvnih proizvoda, u proizvodnji biorazgradivih čaša, pribora za jelo i dr. [5]



Slika 1. Ambalaža napravljena od celuloze [1] <http://ba.bstgreenproducts.com/news/analysis-of-the-alternatives-of-environmental-26805024.html>

### 3.2 Škrob

Škrob ( $C_6H_{10}O_5$ ) je polisaharid koje biljke koriste kako bi skladištile šećer. Nastaje kao posljedica fotosinteze. Škrob se može pronaći u plodovima, krojenjima, sjemenkama i dr. Škrob se djelomično otapa u vodi te je čvrsta tvar. Ima široku primjenu, u ljudskoj prehrani služi kao izvor ugljikohidrata, u grafičkoj i srodnim industrijama (papirnoj i tekstilnoj) kao punilo i ljepilo. [4]



Škrob se kao sirovina za izradu bioplastike razvija dugi niz godina. Trenutno se koristi treća generacija materija koji u svom sastavu imaju škrob. Kod svake slijedeće generacije udio škroba u materijalu se povećava, a time i ekološka podobnost materijala. se koristi već dugi niz godina. U prvoj generaciji škrob se koristio kao punilo, dok se već u drugoj generaciji počeo koristi kao većinska komponenta u materijalu u iznosu do 80%. Uglavnom su se tada od njega izrađivali ambalažni proizvodi. U obje spomenute generacije ambalažnih proizvoda nije bila moguća 100% razgradivost, ostale komponente materijala bile se sintetičke te su nakon razgradnje zaostale malene čestice u tlu. Zadnja treća generacija ambalaže od škroba je 100% razgradiva, od nje se izrađuju vreće, te se zamjenjuje polistiren i polietilen.[6]



Slika 2. Prozirni film izrađen od škrobi [2] <http://m.srla.watersoluble-bag.com/biodegradable-bags/biodegradable-bagfilm-for-packaging-flowers/biodegradable-corn-starch-pla-transparent.html>

Prilikom proizvodnje škrobne bioplastike koristi se škrobni otpad ili prirodni škrob. Prednost škrobnog otpada je što se koristi sirovina koja bi inače bila bačena, ali se takav škrob mora pročistiti te fermentirati. Kod prirodnog škroba sirovina se melje. Kod oba izvora sirovina iza ide na korak ekstrudiranja, ali kod prirodnog škroba mogu i slijediti koraci kemijske modifikacije ili miješanja i injekcijskog prešanja. Prema svemu navedenom škrobna sirovina se može podijeliti na pet skupina kako slijedi:

- djelomično fermentirani škrob
- destrukuirani škrob ili termoplastični škrob (TPS)
- kemijski modificirani škrob
- mješavine škroba
- škrobni kompoziti.

### 3.2.1. Jednostavna laboratorijska izrada biopolimera na bazi škroba:

Za izradu biopolimera potrebni su sljedeći materijali u navedenim količinama:

30g škroba (Maizena ili krumpirov škrob)

25mL hladne vode

2,5mL glicerola

2,5mL octene kiseline

Upotrebljava se i navedeno laboratorijsko posuđe

Laboratorijska žlica

Lopatica ili miješalica

Laboratorijska čaša

plamenik

Kalup ili površina za hlađenje (aluminijaska folija ili silikonska prostirka)

#### Postupak

Sve napisani materijali se pomiješaju i zagrijavaju na plameniku uz miješanje ili magnetsku miješalicu. Kada se smjesi poveća gustoća izlije se na podlogu za hlađenje. Sušiti na sobnoj temperaturi, a vrijeme sušenja ovisiti o debljini nanosa. Osušeni biopolimer je poluproziran i fleksibilan [7]

### 3.3 Kazein

Kazein je protein koji se nalazi u mlijeku i siru. Njegova zastupljenost je u kravljem mlijeku 80%. Kazein je hidrofoban, usljed toga je jako slabo topiv u vodi ali jako dispergira u razblaženoj smijesi na bazi soli. [8]

Kazein se počeo za izradu bioplastike još u 20 stoljeću. Plastika su proizvodili trgovci Galalith I Erinoid iz mlijeka. Najviše su proizvodili češljeve, nakit i dr. Kazein ima široku upotrebu u grafičkoj industriji, ali i šire, koristi se za ljepila, premaze za boje, za izradu bioplastike, vrećica topivih u vodi, jestivih filmova. Mehaničkih žilavost proizvoda od kazeina je umjerena, proizvodi nisu ni prečvrsti ni prežilavi. [5]

### 3.3.1. Jednostavna laboratorijska izrada biopolimera na bazi škroba:

Za izradu biopolimera potrebni su sljedeći materijali u navedenim količinama:

250mL mlijeka 25mL hladne vode

2,5mL octene kiseline

Upotrebljava se i navedeno laboratorijsko posuđe

Laboratorijska žlica

Lopatica ili miješalica

Laboratorijska čaša

Sito

Plamenik

Kalup ili površina za hlađenje (aluminijaska folija ili silikonska prostirka)

Postupak

Sve napisani materijali se pomiješaju i zagrijavaju na plameniku uz miješanje ili magnetsku miješalicu. Kada se smjesi poveća gustoća izlije se preko sita na podlogu za hlađenje. Sušiti na sobnoj temperaturi, a vrijeme sušenja ovisiti o debljini nanosa. Dobiveni biopolimer je bijelo-žućkasti tvrd materijal [7]



Slika 3. Plastika od kazeinske osnove [3] <https://hr.howto-wp.com/60732-Bioplastics-Casein-Plastic-and-Starch-Based-Plasti-72>

## **POLIMERI PROIZVEDENI SINTEZAMA OD BIOMONOMERA**

Kemijskom sintezom (polimerizacijom) se može dobiti velik broj biopolimera, pa je skoro moguće zamijeniti sve konvencionalne polimere sa biopolimerima. Uvijek se postavlja pitanje da li je to ekonomski i ekološki opravdano. Jedan od najpoznatijih biopolimera iz ove skupine je PLA (polilaktička kiselina ).

### **4.1 PLA-Polilaktična kiselina**

PLA ili polilaktična kiselina je sintetizirani polimer. Prvo bakterijskom fermentacijom ugljikohidrata nastaje mliječna kiselina iz biomasa kao pšenica, kukuruz, sirutka i drugi. PLA se sintetizira polimerizacijom više monomera u čvrsti lanac polimera. Tijekom prošlog stojeća PLA se počeo intenzivno istraživati, s namjerom da zamjeni polimere koji su izrađeni iz neobnovljivih izvora sirovine uz uvjet zadržavanja ili poboljšavanja kemijskih, mehaničkih i bioloških svojstava. PLA se ubraja u biorazgradivi poliester koji ima hidrolizirajuće veze te uslijed toga može biti veliki konkurent plastici napravljenoj od nafte i zemnog plina. [9]. Uz spomenutu biorazgradivost polilaktična kiselina ima svojstva biokompatibilnosti, mogućnosti oblikovanja u trodimenzionalne predmete, filmove, ploče i drugo. Neke od metoda obrađivanja PLA su vučenje vlakana, puhanjem filmova, ekstruzija te injekcijsko prešanje. Kako cijena materijala potrebnih za izradu konvencionalne plastike ne opada, tako udio plastike od PLA na tržištu raste.

Prozirnost je svojstvo materijala koje podržava izradu biorazgradive ambalaže kao što su boce, spremnici za hranu te omoti za hranu tj folije. Uz sve spomenuto može se koristiti pri izradi vilica, žlica, noževa, vrećica za organski otpad. [10]

Proces razgradnje PLA se odvija kroz dvije faze hidrolize. U prvoj fazi razgradnje prekida se lanac esterske grupe PLA što direktno utječe na smanjenje njegove molekularne mase. Kolika će biti brzina prekidanja ovisi o pH vrijednosti, temperature i vlazi okolnog zraka. S smanjenjem molekularne mase smanjuje se i n mehanička čvrstoća polilaktične kiseline. U drugoj fazi razgradnje na produkt se vežu mikroorganizmi iz okoliša te razgradnjom nastaje ugljični dioksid, voda i humus. [11]

## **POLIMERI KOJI SU DOBIVENI DIREKTNO IZ PRIRODNIH ORGANIZAMA**

Ove polimere izrađuju bakterije kao izvor energije i rezervu ugljika. U ovu skupinu mogu se ubrojiti PHAs (polyhydroxyalconates) i bakterijska celuloza. Spomenuti polimeri imaju osobine monomera koji ih izgrađuju: Mikrobiološka fermentacija omogućuje dobivanje širokog spektra biopolimera. Najzastupljeniji derivat je PHB( Polihidroksibutirat)[3]

## 5.1 PHA- Polihidroksi-akanoat

PHA je skraćenica za polihidroksi-alkanoat, koji je predstavnik biorazgradivih polimera. Oni nastaju u procesima bakterijskih metabolizama. [12] Danas je poznato kako je više od 250 vrsti bakterija je sposobno proizvesti PHA, zbog toga je PHA proizveden unutar komposta, tj. unutar aktivnog mikrobiološkog okruženja. Neki od faktora koji utječu na razgradnju PHA: mikrobiološka aktivnost, pH, temperatura i vlažnost. Kada se PHA razgradi u okolišu koji je bogat kisikom, dobiva se ugljični dioksid i voda, dok metan nastaje bez prisustva kisika. Brzina razgradnje PHA ovisi o ranije navedenim faktorima.[13]

PHA koji je bakterijski sintetiziran je privukao mnogo pažnje jer se proizvodi iz obnovljivih izvora energije, biorazgradiv je te vrlo biokompatibilan polimerni materijal. PHA se koristi kao ambalažni materijal za pakiranje hrane no njegova proizvodnja je skupa što ostavlja samo nekoliko proizvođača na tržištu. Osim kao ambalažni materijal za hranu PHA se koristi za proizvodnju jednokratne ambalaže za kućanske uređaje, koristi se za proizvodnju ljepila, prevlaka te boja. Osim u grafičkoj industriji PHA se koristi u medicinskoj industriji, farmaceutskoj industriji, ortopediji. [14]

## 6. KOMPOSTIRANJE BIOPOLIMERA

Biopolimerni materijal koji ima svojstvo biorazgradivosti samostalno će se razgraditi u prirodi uz pomoć mikroorganizama. Na taj način u prirodnom okolišu se neće gomilati otpad, koji negativno utječe na okoliš, životinjski i biljni svijet. Današnji standardi za mjerenje biorazgradljivosti polimera nisu unificirani u državama svijeta, pa se iznosi kreću od 60-90% razgradnje mase materijala u periodu kompostiranja od 60 do 180 dana. Važno je spomenuti da se biorazgradiva plastika može proizvesti i od petrokemijskih derivata. Takvi materijali nisu toliko optimalni jer se za njihovu izradu ipak koriste neobnovljive sirovine iako je postupak zbrinjavanja ekološki povoljan.

Proces kompostiranja je djelovanje mikroorganizama na polimer uz kontrolirane uvjete povišene temperature. Razgradnja biopolimera se odvija istom brzinom kao i razgradnja ostalog organskog otpada. U razgradnji nastaje voda, ugljikov dioksid te kompost. Taj kompost je ekološki prihvatljiv isto kao i kompost koji je nastao od biotpada. Da bi biorazgradiv polimer mogli definirati kao biorazgradiv polimer on mora biti po europskoj normi EN 13432. Norma je definirano da stupanj biorazgradnje mora biti veći od devedeset posto u razdoblju od sto osamdeset dana, te da stupanj dezintegracije polimera mora biti veći od dvesto posto u razdoblju od devedeset dana. [15]

Opseg ispitivanja prema normi EN13432 uključuje:

1. Ukoliko je prisutna mora se ustanoviti količina teških metala
2. Najmanje 90% organskog materijala mora se pretvoriti u ugljični dioksid u period od 6 mjeseci

3. Nakon 3 mjeseca kompostiranja, filtrira se sadržaju kroz sito veličine 2 mm te se mora dokazati da sadrži više od 10% materijala koji se nije kompostirao

4. Test sposobnosti kompostiranja u tvorničkim uvjetima

5. Ispitivanje utjecaja komposta na okoliš ( biljke, zemlju i dr.) [16]

Sve spomenute točaka moraju biti zadovoljene kako bi se neki materijal smatrao da je kompostibilan, odnosno biorazgradiv. Ako se nakon procesa kompostiranja zateku mikroskopske čestice sirovine za taj proizvod govorimo da nije do kraja biorazgradiv odnosno nije kompostibilan. [16]

Ispitivanja moraju biti napravljena na istom materijalu, te se temelje na normama ISO 14851, ISO 14852 (anaerobna razgradivost u vodi) i ISO 14855 (aerobno kompostiranje). Ispitivanja moraju biti provedena od strane certificiranih laboratorija [16]

Kompostibilna bioplastika kao što su plastične vrećice, može se koristiti za prikupljanje organskog otpada iz kućanstva koja će se dalje odlagati na mjesto za kompostiranje. Pogon koji se bavi kompostiranjem mora raditi pod određenim uvjetima kako bi proces bio uspješno izvršen. Razvijene su vrećice koje se brže razgrađuju u vodi kako bi se smanjilo plutanje plastičnih nakupina na površini vode. Spomenuti ambalažni proizvodi se proizvode iz obnovljivih izvora energija te su više ekološki prihvatljivije nego konvencionalne proizvodi. [17]

Postoje metode s kojima se može poboljšati biorazgradivost biopolimera, što je važno jer kada se dodaju nerazgradive komponente u biopolimer oni postaju nekompostibilni. To nam pomaže jer neki biopolimeri nisu biorazgradivi, a s tim dodatkom oni se daju razgraditi do kraja. [18]

Prilikom biorazgradnje materijala postoji mogućnost da će kao produkt nastati i metan. Metan će cijeli otići u atmosferu gdje će štetiti ozonu jer djeluje kao staklenički plin. Kada bi metan bio prikupljan iz svih kompostana mogao bi se koristiti kao izvor energije, što se sve više i prakticira. [16]

Kao što je ranije navedeno biorazgradnja je proces prelaska materijala u vodu, biomasu ( kompost), ugljikov dioksid ili metan uz djelovanje mikroorganizama. U prvom stupnju se dešavaju prekidi lanca trganjem ugljikovih veza uz zadovoljen uvjet topline i vlage, drugi dio procesa se dešava kada ugljikovi lanci postaju hrana mikroorganizmima. [15]

#### 6.1 Test toksičnosti komposta

Za sveobuhvatnu procjenu toksičnosti komposta, plastika može biti testirana na životinjskim i biljnim vrstama.

### 6.1.1. Ispitivanje biljne fitotoksičnosti

Ovaj način ispitivanja koristi nekolicina proizvođača bioplastike, naime ispitivanje se provodi na kompostu nakon određenog vremena da bi se vidjelo da li postoje neke zaostale čestice anorganskih materijala, što potencijalno može dovesti do pada produktivnosti usjeva tj. zemlje na kojoj se sade usjevi. Fitotoksičan test se može provoditi na dvije klase cvjetajućih biljaka. Provodi se na jednosupnicama (biljke s jednim sjemenskim listom) I na dvosupnicama ( biljke s dva sjemenska lista). Kao predstavnika jednosupnice, uzima se ljetni ječam, a kao predstavnika dvosupnica uzima se grbaštica. Ispitivanje uključuje mjerenje prinosa obje biljke dobivenih na istom kompostu, tj. mjeri se da li je pao prinos koristeći određeni kompost. [19]

### 6.1.2. Ispitivanje toksičnosti na životinjama

Za ovakva ispitivanja najčešće se koriste crvi, kao predstavnici čije je stanište u zemlji te daphnia kao predstavnici morskih organizama. Crvi su jako osjetljivi na toksičnost, a kako se hrane zemljom, najbolji su kandidati za ispitivanje toksičnosti zemlje. Akutno testiranje započinje tako da se u zemlju zakopa velika koncentracija testnog materijala u kratkom vremenskom period. Europski test toksičnosti započinje da se crvi izlože zemlji i testnom materijalu u varijabilnim količinama. Nakon 14 dana izlaganja, broj preostalih crva se prebroji te izvaže i izračuna se postotak preživjelih crvi. Kompostni crvi se koriste za testiranje tokisčnosti kod ostataka biorazgradive plastike jer su ekstremno osjetljiva na teške metale, cink i kositar. U testu se oprani crvi važu u intervalima od 28 dana. Ovakav način ispitivanja se smatra kao najtočnija metoda ispitivanja. [19]

Daphnia testom toksičnosti utvrđuje se da li postoje zaostali produkti u tekućini i to na površini. Ispitivanje za počinje stavljanjem daphnia u vodenu otopinu na 24 sata. Nakon izlaganja broj preostalih organizama se prebroji i izračuna se prosjek smrtnosti. [19]

## 7. UTJECAJ PROCESA KOMPOSTIRANJA NA OKOLIŠ

### 7.1 Potencijalno pozitivni učinci na okoliš

Kompost deriviran iz biorazgradive plastike zajedno sa ostalim organskim proizvodima povećava udio organskog ugljika u zemlji, u vodu donosi hranjive tvari koje su dobre u kontroliranom količinama. Biorazgradiva plastika ima važnost zato jer se za razliku od plastike dobivene na konvencionalan način ne zadržava u strukturi same tvari u kojoj se kompostira. [19]

Upotrebom biorazgradive plastike može se smanjiti mjesta za odlaganje otpada, upravo radi njezine biorazgradivosti i ne štetnosti tlu. Korištenje vrećica od biorazgradivih uvelike pomaže u smanjenju prostora za odlaganje otpada, tj. povećava se prostor za odvijanje nekih drugih djelatnosti kao na primjer poljoprivredne. [19]

Količina energije poturene za izradu materijala ovisi o vrsti plastike. Pa su uglavnom potrebne manje količine energije za izradu bioplastike, Energija koja je potrebna za sintetiziranje i proizvodnju biorazgradive plastike je prikazana u tablici 1. Podaci o količinama su slični za polietilen visoke i niske gustoće. PHA biopolimeri trenutno koriste slične količine energije za proizvodnju kao i polietilen, dok nove sirovine koje se koriste za proizvodnju PHA smanjuju input energije potreban za proizvodnju istih. [19]

Tablica 1. Popis energija koje su potrebne za proizvodnju navedenih polimera [19]

Polimer	Energija potrebna za izradu (MJ/kg)
LDPE	81
PHA-fermentacijski proces	81
HDPE	80
PCL	77
PVOH	58
PLA	57
TPS+60% PCL	52
TPS + 52,5 % PCL	48
TPS	25
TPS + 15 % PVOH	25

Bioplastika ima veliki utjecaj na klimu, jer se korištenjem i biorazgradnjom bioplastike uvelike smanjuje doprinos emisije stakleničkih plinova. U proizvodnji ugljikovodičnih polimera, ugljik se uzima iz jednog spremišta ugljika te se prebacuje u drugi koji ne stvara nikakve plinove, osim onih koji su se stvorili tijekom procesa izrade.

Ugljik u obliku ugljičnog dioksida fiksira se tijekom rasta biljaka i može se koristiti za proizvodnju nekih biorazgradivih polimera. Nakon toga ugljik se prilikom razgradnje polimera se vraća u zrak ili zemlju. EPI polimeri, s druge strane, pretvaraju ugljik iz naftnih ležišta u



atmosferski ugljik, u tom slučaju pridonose emisiji stakleničkih plinova. Ukupna emisija stakleničkih plinova svakog polimera uključuje emisiju nastalu prilikom proizvodnje biopolimera, isto kao i emisiju nastalu prilikom biorazgradnje polimera. [19]

Tablica 2. Emisija stakleničkih plinova nastala razgradnjom biopolimera [19]

Polimer	Emisija stakleničkih plinova x 10 (kg CO <sub>2</sub> eq./kg)
PCL	53
LDPE	50
HDPE	49
PVOH	42
TPS + 60% PCL	36
TPS + 5.2 % PCL	33
TPS + 15 % PVOH	17
Mater-Bi™ -Film	12
TPS	11
Mater-Bi™ -Pijena	9
PLA	NA
PHA- fermentacija	NA

Kao što je prikazano u tablici 2. Biorazgradiva plastika rezultira relativno niskom emisijom stakleničkih plinova u odnosu neke polietilene, posebno se vidi razlika kod plastike na bazi škroba. [19]

## 7.2 Potencijalno ozitivan učinak na okoliš

Osim pozitivnog učinka bioplastike, ona može imati i negativan utjecaj na okoliš.

### 7.2.1 Zagađenje vodenog okoliša

#### 7.2.1.1. Povećanje potražnje kisika

Zagađenje s visokom razinom hranjivih tvari u vodenom svijetu, rezultira sa visokom potražnjom biološkog kisika i kemijskog kisika, što utječe na cijeli podvodni ekosistema te rezultira razvijanja algi. Ukoliko se bioplastika na bazi škroba razgrađuje u vodenom svijetu dolazi do povećanje potražnje biokisika, što je štetno za podzemni ekosistem. Navedeni proces se naziva eurofikacija. [19]

#### 7.2.1.2. Proizvod koji se razgrađuju u tlu a može migrirati u podzemne vode

Nusproizvodi razgradnje plastike, poput boja, plastifikatora na odlagalištima ili u kompostanama mogu potencijalno naštetiti podzemnim vodama, migracijom u vode. Organizmima koji se nalaze u vodama spomenuti spojevi mogu biti štetni i/ili toksični. Također vodu mogu zagađiti ostaci pigmenata i katalizatora. U kompostanama se oslobodaju plastični aditivi polimera koji su se razgrađivali. Sve spojeve i dodatke plastici kiša ispire i sa vodom prodire kroz tlo u podzemnu vodu. Osobito je to značajno kad se radi o pigmentima na bazi metala u biorazgradivoj plastici. Tada metali ostaju pohranjeni u tlu. [19]

#### 7.2.1.3. Opasnost za morske vrste

Zagađenje podmorja plastikom može rezultirati smrću pojedine vrste. Morske vrste gutaju dijelove ili cijele predmete od plastike ne znajući da su za njih štetni. U životinjskoj utrobi se čak ni biorazgradiva plastika više ne može razgraditi: Takvi objekti stvaraju opasnost od gušenja životinje ili čak od izgladivanja zato što joj plastika blokira probavni trakt. [19]

### 7.2.2 Smeće

Vizualni utjecaj smeća vjerojatno se neće smanjiti primjenom biorazgradive plastike. Plastične nakupine smeća poput onih na drveću, neće se moći razgraditi, jer nisu izložene dovoljnoj razini mikroorganizama koji su potrebni za razgradnju takve plastike. [19]

### 7.2.3 Toksičnost Komposta

Razgradnjom bioplastika u kompostu, nastaju ostaci polimera i aditivi koji se ne mogu razgraditi, ali će njima biti izložene biljke i ostali organizmi. Zbog složene prirode raspada polimera nije moguće identificirati sve spojeve koji su prisutni u mješavini produkata razgradnje, od kojih neki mogu biti toksični za okoliš. Stoga se toksičnost produkata ispituje se putem testa toksičnosti kao što je prije navedeno u radu. [19]

### 7.2.4. Ostaci polimera

Trenutno ima malo dokaza koji pokazuju da su zaostali polimeri u tlu opasni, Neka ispitivanja predlažu da se čisti fragmenti polimera zaostali u tlu, koriste kao dugo živuće komponente te na taj način pridonijeti nekim dobrim svojostima kao dodatak za tlo. [19]

Neke studije proučavale su rast trave uz derivat komposta u kombinaciji sa razrezanim plastičnim vlakancima, rezultati su pokazali porast brzine rasta trave. Njemačke studije su indicirale kako je zdrobljeni polistiren u obliku pjene dobar prilikom ubrzanja rasta nekih biljaka na tlu obogaćenom olistirenskom pjenom. Studije su provedene na poljima orhideja i u vinogradima. Rezultati studije su pokazali brži prinos same biljke. [19]

S druge strane, fragmenti od djelomično razgrađene bioplastike se mogu nakupljati u zemlji, posebno polietilen te na taj način blokirati navodnjavanje tla. [19]

## AROMATSKI SPOJEVI

Dok alifatski spojevi od AAC polimera su biorazgradivi, aromatski spojevi će činiti male molekule treftalne kiseline čija je biorazgradivost upitna.

### 7.2.5. Aditivi i modifikatori

Biorazgradivi polimeri rijetko se koriste sami kako bi se proizveo proizvod. U spoj se dodaju modifikatori i aditivi kao što su sredstva za spajanje, plastifikatori, punila, boje i pigmenti, radi dobivanja korisnih svojstva te kako bi proizvod što bliže bio uobičajenoj plastici. Kod razgradnje biorazgradivog polimera ti dodaci bivaju pušteni u okoliš gdje se proizvod razgrađuje. [19]

#### 7.2.5.1. Sredstva za spajanje

Nekad je potrebno za dobivanje kvalitetne plastike dodati sredstva za spajanje. Takva sredstva omogućuju spajanje tvarima kojima je kompatibilnost loša. Primjer takvih spojeva su škrob i PLA, jer nemaju lako reaktivne funkcionalne skupine, što rezultira lošom međusobnom kompatibilnošću. Da bi se prevladao taj nedostatak, spojevi s izocijantnim funkcionalnim skupinama kao što su metil-diizocijanat miješaju se sa škrobom i PLA. Spomenuti spoj prepoznatljiv je kao otrovna tvar, međutim potrebne su dodatne studije za procjenu rizika kod otpuštanja u okoliš. [19]

#### 7.2.5.2 Plastifikatori

Plastifikatori se dodaju kako bi se povećala fleksibilnost biorazgradive plastike. Neki od plastifikatora koje se koriste su:

- glicerol
- sorbitol
- propilen glikol
- etilen glikol
- polietilen glikol
- trietil citrat
- triacetin

Većina njih su organske tvari koje se lako i potpuno razgrađuju u okolišu. Jedan od plastifikatora je i etilen glikol, koji ukoliko je u kontaktu s ljudima može uzrokovati oštećenje očiju i kože. U slučaju gutanja 100 mL rezultira smrću ljudi, dok je smrtonosna koncentracija za ribu 100mg/L. [19]

### 7.2.5.3. Punila

Punila se često dodaju u biorazgradive polimerne materijale kako bi se smanjili troškovi proizvodnje. Budući da su punila općenito anorganske tvari, postoji mogućnost akumuliranja u tlu. Kako su punila kemijski inertni spojevi mineralnog podrijetla ne predstavljaju problem toksičnosti. Neka od punila jesu:

- kalcijev karbonat (najčešće)
- titan dioksid
- talk
- silicijev dioksid [19]

### 7.2.5.4. Ostaci katalizatora

Monomeri se obično polimeriziraju uz prisutnost katalitičkih metala. Ostaci katalizatora nakon procesa polimerizacije ostaju u finalnom produktu polimera. Ukoliko se radi o ne razgradivim polimernim materijalima katalizatori ostaju u kapsuli s polimerom gdje nisu pokretni i propusni, dok kod biorazgradivih se oslobađaju nakon postupka razgradnje i dospijevaju u okoliš. U tablici 3. prikazani su metali koji su zastupljeni u biorazgradivoj plastici: [19]

Tablica 3. Popis metala zastupljenih u biorazgradivoj plastici: [19]

Tip metala	Polimer
kositar	PLA, PCL
antimon	modificirani PET
kobalt	modificirani PET
krom	PE BLENDS
Kobalt, magnezij	prodegradantni polietilen
titan	kopoliester

#### 7.2.5.5. Ostali aditivi

Biorazgradiva termoplastika koja sadrži adhezijske aditive može uzrokovati negativne utjecaje na okoliš. Neki od utjecaja spomenuti su kako slijedi:

- Materijali nisu bazirani na obnovljivim izvorima
- Imaju potencijal za širenje katalitičkih metala u okoliš
- Pretvaraju ugljik iz nafte u atmosferski ugljik, te tako doprinose zalihamo stakleničkih plinova
- Raspadaju se u sitne čestice i ne razgrađuju se sitni fragmenti plastike koji i dalje imaju preveliku molekularnu masu da bi se razgradili do manje molekularne razine [19]

## 8. METODIKA

Anonimna anketa u obliku upitnika je provedena na 98 ispitanika u 3 dobne skupine. Prva dobna skupina je od 18 do 30 navršениh godina života, druga dobna skupina je od 30 do 40 godina a treća od 40 do 60 godina. Koncept ankete je 11 pitanja s jednostrukim odabirom.

Kao što je vidljivo u tablici 4. uzorak ispitanika je 98. Po dobi podijeljeni su u tri skupine po dobi. Broj ispitanika po dobnim skupinama navedeni su u spomenutoj tablici.

Tablica 4. Dob ispitanika

	<b>DOB</b>
18-30	37
30-40	31
40-60	30
<b>Grand Total</b>	<b>98</b>

### 8.1. Pitanja iz ankete

U nastavku su navedena pitanja postavljena u anketi.

Bioplastika se može proizvodit od:

Kazeina

Celuloze

Škroba

Nafte

Zemnog plina

Sva bioplastika je biorazgradiva

De

Ne

Ne znam

Većina bioplastičnih proizvoda se samostalno razgrađuje?

De

Ne

Ne znam

Razgradnjom bioplastike

Ne razgrađuju se neki dodatci

Cijeli materijal se razgrađuje u potpunosti

Bioplastika se ne može razgraditi

Bioplastični proizvodi se ne trebaju odlagati na posebna odlagališta?

Da

Ne

Ne znam

Upotrebom bioplastike najviše se smanjuje utjecaj na

Efekt staklenika

Kisela kiša

Toksično djelovanje na tlo

Stradavanje životinjskog i biljnog svijeta

Toksičnost na ljude

Bioplastika utječe na tlo?

Štetno

U nekim segmentima štetno

Ne utječe negativno na tlo

Bioplastika najviše pozitivno djeluje na vodu?

Smanjenjem krutog otpada

Smanjenjem djelovanja na vodene organizme

Smanjenjem zagađenja pitke vode

Bioplastika utječe najviše na

Morske vode

Rijeke i jezera

Podzemne vode

Da li obraćate pozornost na porijeklo plastike kada kupujete plastični proizvod?

Da

Uglavnom da

Ne

Uglavnom ne

Da li ćete kupiti ambalažni proizvod od bioplastike ukoliko je cijena viša



5%  
10%  
20%  
Ne želim platiti više

## 8.2 Rezultati ankete

U nastavku su prikazani rezultati ankete, koji su razvrstani prema dobnim skupinama ispitanika. Dobne skupine mogu pomoći u odluci na koji način educirati ispitanike dobnih skupina o temama s kojima nisu dobro ili u potpunosti upoznati.

### 8.2.1 Sirovine za proizvodnju bioplastike

Rezultati prikupljeni u istraživanju na navedeno pitanje prikazani su u Tablici 5. Iz spomenutih rezultata vidljivo je da ispitanici nisu upoznati s kazeinskom bioplastikom, dok su svi upoznati s celuloznom bioplastikom. Također treba naglasiti da se plastika može proizvoditi od neobnovljivih izvora što su ispitanici i naveli su svojim odgovorima.

Tablica 5. Sirovine za proizvodnju bioplastike

	ukupno
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Celuloze	24
Kazeina	1
Nafte	2
Škroba	8
Zemnog Plina	2
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Celuloze	13
Nafte	7
Škroba	11
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Celuloze	15
Kazeina	2
Nafte	5
Škroba	8

### 8.2.2 Većina bioplastičnih proizvoda se samostalno razgrađuje?

U tablici 6. prikazani su rezultati odgovora na pitanje o samostalnoj razgradnji bioplastičnih proizvoda. Iz rezultata vidljivo je da su ispitanici upoznati sa samostalnom razgradnjom većine bioplastičnih materijala. Treba se napomenuti da neki bioplastični materijali nemaju sposobnost razgradnje, iako su izrađeni od ekološki povoljnijih obnovljivih materijala.

Tablica 6. Većina bioplastičnih proizvoda se samostalno razgrađuje?

	<b>ukupno</b>
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Da	23
Ne	4
Ne znam	10
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Da	20
Ne	1
Ne znam	10
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Da	12
Ne	7
Ne znam	11

### 8.2.3 Razgradnja bioplastike

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 7. Iz rezultata vidljivo je da je dio ispitanika upoznat s problematikom ne cjelovitom razgradnjom bioplastičnih materijala. Ukoliko se proučava učestalost točnih odgovora po dobnim skupinama može se primijetiti da iznosi od 87% do 63%, s tim da točnost odgovora raste od mlađih prema starijim dobnim skupinama.

Tablica 7. Razgradnja bioplastike

	<b>ukupno</b>
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Cijeli materijal se razgrađuje u potpunosti	21
Ne razgrađuju se neki dodaci	16
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Cijeli materijal se razgrađuje u potpunosti	19
Ne razgrađuju se neki dodaci	12
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Cijeli materijal se razgrađuje u potpunosti	16

#### 8.2.4 Bio plastični proizvodi se ne trebaju odlagati na posebna odlagališta?

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 8. Iz rezultata je vidljivo da trećina ispitanika nije upoznata gdje se mogu odlagati bioplastični proizvodi, dok trećina ispitanika misli da se ne treba odlagati na posebnim odlagalištima.

Tablica 8. Bio plastični proizvodi se ne trebaj odlagati na posebna odlagališta

	ukupno
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Da	11
Ne	15
Ne znam	11
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Da	6
Ne	15
Ne znam	10
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Da	8
Ne	9
Ne znam	13

#### 8.2.5 Upotrebom bioplastike najviše se smanjuje utjecaj na:

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 9. Iz rezultata je vidljivo da ispitanici misle da će upotrebom bio plastike najviše biti smanjen utjecaj Toksičnog djelovanja na tlo te da će spriječiti stradavanje životinjskog i biljnog svijeta. Kako je u radu prije navedeno upotrebom bioplastičnih proizvode uvelike smanjujemo negativan utjecaj na okoliš globalno gledano.

Tablica 9. Upotrebom bioplastike najviše se smanjuje utjecaj na

	ukupno
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Efekt Staklenika	4
Stradavanje životinjskog i biljnog svijeta	20
Toksično djelovanje na tlo	13
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Efekt Staklenika	6
Stradavanje životinjskog i biljnog svijeta	9
Toksično djelovanje na tlo	15
Toksičnost na ljude	1

<b>40-60</b>	<b>30</b>
Efekt Staklenika	6
Kisele kiše	3
Stradavanje životinjskog i biljnog svijeta	4
Toksično djelovanje na tlo	14
Toksičnost na ljude	3

### 8.2.6 Bioplastika utječe na tlo:

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 9. Iz rezultata je vidljivo polovica ispitanik misli da bioplastika ne utječe negativno na tlo dok polovica misli da u nekim segmentima štetno djeluje na tlo, što je i istina jer bioplastični proizvodi u sebi sadrže dodatke koji se ne mogu u potpunosti razgraditi.

Tablica 9. Bioplastika utječe na tlo

	<b>ukupno</b>
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Ne utječe negativno na tlo	18
Štetno	5
U nekim segmentima štetno	14
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Ne utječe negativno na tlo	9
Štetno	3
U nekim segmentima štetno	19
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Ne utječe negativno na tlo	14
Štetno	3
U nekim segmentima štetno	13

### 8.2.7. Bioplastika najviše pozitivno utječe na

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 10. Iz rezultata je vidljivo da su ispitanici upoznati s pozitivnim djelovanjem bioplastike na vodu. Kao što je poznato bioplastični proizvodi imaju visok stupanj razgradnje u vodenom okolišu te to dovodi do spomenutih benefita.

Tablica 10. Bioplastika najviše pozitivno utječe na

<b>ukupno</b>
---------------

<b>18-30</b>	<b>37</b>
Smanjenjem djelovanja na vodene organizme	17
Smanjenjem krutog otpada	9
smanjenjem zagađenje pitke vode	10
(blank)	1
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Smanjenjem djelovanja na vodene organizme	7
Smanjenjem krutog otpada	5
smanjenjem zagađenje pitke vode	19
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Smanjenjem djelovanja na vodene organizme	8
Smanjenjem krutog otpada	4
smanjenjem zagađenje pitke vode	18

#### 8.2.8. Bioplastika utječe najviše na

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 11. Iz rezultata je vidljivo da ispitanici misle da bioplastika najviše utječe na podzemne vode dok njih najmanje misli da utječe na rijeke i jezera. Korištenjem bio plastike uvelike se smanjuje negativni učinci na sve od navedenog. Razlika će se najviše vidjeti u moru, pošto tamo završi jako puno obične plastike.

Tablica 11. Bioplastika utječe najviše na

	<b>ukupno</b>
<b>18-30</b>	<b>37</b>
Morske vode	16
Podzemne vode	16
Rijeke i jezera	5
<b>30-40</b>	<b>31</b>
Morske vode	8
Podzemne vode	20
Rijeke i jezera	3
<b>40-60</b>	<b>30</b>
Morske vode	6
Podzemne vode	19
Rijeke i jezera	5

#### 8.2.9 Da li obraćate pozornost na porijeklo plastike kada kupujete plastični proizvod

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 12. Iz rezultata je vidljivo da polovica ispitanika ne obraća pozornost dok nekolicina ispitanika obraća pozornost.

Tablica 12. Da li obraćate pozornost na porijeklo plastike kada kupujete plastični proizvod

	ukupno
<b>18-30</b>	<b>37</b>
da	3
Ne	19
Uglavnom da	3
Uglavnom ne	12
<b>30-40</b>	<b>31</b>
da	6
Ne	14
Uglavnom da	2
Uglavnom ne	9
<b>40-60</b>	<b>30</b>
da	3
Ne	10
Uglavnom da	4
Uglavnom ne	13

#### 8.2.10. Da li će te kupiti ambalažni proizvod od bioplastike ukoliko je cijena viša

Rezultati prikupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 13. Iz rezultata je vidljivo da bi ispitanici platili najviše 5% dok bi njih najmanje platilo 20% više za proizvod koji ima ambalažu od bioplastike. Što je i u redu s obzirom na količinu informacija koji su dostupni danas.

Tablica 13. Da li će te kupiti ambalažni proizvod od bioplastike ukoliko je cijena viša

	ukupno
<b>18-30</b>	<b>37</b>
5%	16
10%	9
20%	2
Ne želim platiti više	10
<b>30-40</b>	<b>31</b>
5%	11
10%	8
20%	2
Ne želim platiti više	9
(blank)	1
<b>40-60</b>	<b>30</b>
5%	17
10%	5
20%	1
Ne želim platiti više	7

### 8.3. Zključak istraživanja

Rezultati istraživanja pokazuju da su ispitanici većinom upoznati sa bioplastičnim materijalima te da su voljni početi koristiti spomenute materijale odnosno proizvode izrađene od njih. Iz rezultata se također može iščitati da su ispitanici spremi izdvojiti više novaca za ekološki povoljniji proizvod te na taj način doprijeti očuvanju okoliša. Isto tako analizom dobivenih podataka utvrđeno je da ispitanici nisu upoznati sa nekim činjenicama o bioplastičnim materijalima kao na primjer, optimalno mjesto skladištenja. Spomenuti podatak vrlo je važan i direktno utječe na korištenje proizvoda izrađenih od spomenutih materijala. Kada se proučavaju dobne skupine može se zaključiti da najviše znanja o bioplastici ima skupina 1 od 18-3 godina dok je najmanje znanja pokazala skupina od 30-40 godina. Skupina od 40-60 godina se nalazi na sredini po znanju o spomenutim materijalima. Takvi podatci mogu se objasniti sa boljom dostupnošću takvih podataka mlađim dobnim skupinama. Sarije dobne skupine imaju više sklonosti o razmišljanju o okolišu zbog brige o novim generacijama.

## 9. ZAKLJUČAK

Ideja o obradi teme ovog diplomskog rada proizašla je i činjenice da se u svijetu koristi velika količine plastike. Spomenuti materijali imaju puno dobrih odlika, zbog kojih se često koristi dugi niz desetljeća. Uz pozitivna svojstva materijala moraju se navesti i negativna, koja se u najvećoj mjeri vežu uz učinak na prirodu i okoliš.

Povećanjem brige za okolišem, kao i nastankom novih tehnologija i materijala nastalo je više vrsta bioplastičnih materijala. Neki od bioplastičnih materijala imaju dodatno dobro svojstvo biorazgradnje. Spomenuti materijali koriste se kao ambalažni materijali, 3D tisak i drugo. Korištenjem bioplastičnih materijala uvelike se smanjuju čestice mikropalstike u vodama što uvelike doprinosi očuvanju flore i faune te smanjenju zagađivanja voda i tla. Negativni učinak na okoliš u spomenutim materijalima imaju jedino nerazgradivi dijelovi spomenutih materijala, što znatno umanjuje negativan učinak na okoliš. Takvi nerazgradivi dijelovi na površini zemlje mogu doprinjeti smanjenju propusnosti tla usljed gomilanja ispod površine tla. Rezultat takvih djelovanja može doprinijeti učestalosti poplava, ali i zagađiti podzemne vode ukoliko dopru do njih. Podzemne vode iznimno su važne te direktno utječu na životinjski i ljudski svijet. Žitarice koje se koriste za izradu bioplastike mogu utjecati na kvalitetu tla, tj do propadanja tla radi stalnog obrađivanja.

Anketa koja je provedena u okviru diplomskog rada dala je uvid u poznavanje tematike vezane za bioplimere u više dobnih skupina. Vidljivo je da su neke teme bolje poznate u javnosti, ali da se popularizacije tematike još treba intenzivirati kod određenih pitanja. Na taj način popečati će se svijest o važnosti upotrebe obnovljivih materijala, što će možda doprinijeti njivom većem korištenju.

## 10. LITERATURA

- [1] [https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/polimerni\\_materijali\\_sve.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/polimerni_materijali_sve.pdf)
- [2] Andričić, B. (2009) Prirodni polimerni materijali : Priručnik, Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 1-3.
- [3] <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/biopolimeri-proizvodnji-ambalae>
- [4] Stryer L.: Biokemija; Školska knjiga, Zagreb, 1991.
- [5] Ghanbarzadeh B. i Almasi H., Biodegradable Polymersu "Biodegradation - Life of Science", ed. Chamy R., Rosenkranz F., Published: June 14 (2013)
- [6] Biodegradable packaging for storage of fruit and other horticultural products: materials, properties and its effect on fruit quality, Iva Tokić<sup>1</sup>, Goran FRUK, Tomislav Jemrić
- [7] <https://hr.howto-wp.com/60732-Bioplastics-Casein-Plastic-and-Starch-Based-Plasti-72>
- [8] Bajrović K, Jevrić-Čaušević A., Hadžiselimović R., Ed. (2005): Uvod u genetičko inženjerstvo i biotehnologiju. Institut za genetičko inženjerstvo i biotehnologiju (INGEB), Sarajevo, ISBN 9958-9344-1-8.
- [9] Sodergard A., Stolt M.; Properties of lactic acid based polymers and their correlation with composition; Prog. Polym. Sci. ; 2002
- [10] Jiang L., Zhang J.; Biodegradable and biobased polymers; Applied plastics engineering handbook; str. 127-143; 2017.
- [11] Drumright RE, Gruber PR, Henton DE; Polylactic acid technology; Adv Mater; 2000.
- [12] Byrom D.; Plastic from microbes: microbial synthesis of polymers and polymer precursors; Munich: Hanser; 1994
- [13] Williams SF, Martin DP, Steinbüchel A.; Biopolymers polyesters III, applications and commercial products; Weinheim: Wiley; 2002
- [14] Gregory MB.; Handbook of biodegradable polymers; Rapra Technology Limited; 2005.
- [15] <http://www.weltplast.com/ecowelt-biorazgradivi-proizvodi.html> 9.6.2020



[16] [https://www.bpf.co.uk/topics/standards\\_for\\_compostability.aspx](https://www.bpf.co.uk/topics/standards_for_compostability.aspx) , 9.6.2020.

[17] <http://www.weltplast.com/ecowelt-biorazgradivi-proizvodi.html>, 9.6.2020

[18] <http://www.ebgroup.upm.edu.my/research/bioplastic/>, 9.6.2020

[19] <http://www.europeanplasticfilms.eu/docs/AustralianReportonBiodegradablePlastics.pdf>,  
9.6.2020

## 11. POPIS SLIKA

[1] Slika 1. Ambalaža napravljena od celuloze

<http://ba.bstgreenproducts.com/news/analysis-of-the-alternatives-of-environmental-26805024.html>

[2] Slika 2. Prozirni film izrađen od škrobi

<http://m.srla.watersoluble-bag.com/biodegradable-bags/biodegradable-bagfilm-for-packaging-flowers/biodegradable-corn-starch-pla-transparent.html>

[3] Slika 3. Plastika od kazeinske osnove

<https://hr.howto-wp.com/60732-Bioplastics-Casein-Plastic-and-Starch-Based-Plasti-72>