

PLANET, V PLASTIKO UJET

Raziskovalna naloga

Raziskovalno področje: Ekologija z varstvom okolja

Avtorice: Blažka Grižon

Anja Kocjančič

Lara Boštjančič

Mentorici: Barbara Skalec Volk

Martina Vrabec

Šola: Osnovna šola dr. Bogomirja Magajne Divača

Divča, marec 2023

POVZETEK

Namen raziskovalne naloge je bil najprej ugotoviti, kakšna je problematika onesnaženosti reke Reke in njenega obrežja s plastiko. Poleg tega je bil naš namen tudi ugotoviti ali je sinteza bioplastike zahteven proces in ali je lahko bioplastika, ki je narejena iz gospodinjskih odpadkov dober nadomestek plastike.

Ugotovile smo, da glede na maso odpadkov, ki smo jih nabrali na obrežju reke Reke prevladujejo drugi odpadki (npr. pločevinke, steklo...), vendar pa je delež plastike zelo velik. Glede na številčnost najdenih odpadkov prevladujejo plastični odpadki, plastične vrečke pa predstavljajo več kot polovico vseh odpadkov.

V eksperimentalnem delu smo izdelale bioplastiko. Ugotovile smo, da proces izdelave bioplastike ni zahteven in vzame le malo časa. Zanimalo nas je tudi, ali lahko z dodatkom bioloških odpadkov (jajčne lupine, pomarančni in bananini olupki) in vlaken (celuloza, bombažna vlakna) izboljšamo nekatere lastnosti bioplastike. Izkazalo se je, da je dodatek vlaken povečal trdnost bioplastike brez dodanih bioloških odpadkov in bioplastike z dodatkom bananinih olupkov. Trdnost pa se je zmanjšala v primeru bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov in jajčnih lupin. Ugotovili smo, da je prožnost bioplastike bolj odvisna od organskih dodatkov kot dodatka papirja in tekstilnih vlaken. Bioplastiki z dodatkom bananinih in pomarančnih olupkov se je povečala natezna prožnost.

Ugotovili smo, da dodatek bananinih olupkov močno pospeši proces razgradnje bioplastike, saj se hitro popolnoma razgradi in je iz ekološkega vidika tako najprimernejša za uporabo. Dodatek bombažnih in celuloznih vlaken pa sta proces razgradnje upočasnila.

V raziskavi smo ugotovile, da je bioplastika lahko dobra alternativa tradicionalni plastiki, saj je njena izdelava enostavna in cenovno ugodna, je biorazgradljiva in tako lahko pomembno prispeva k zmanjšanju onesnaževanja okolja.

KLJUČNE BESEDE: plastika, bioplastika, lastnosti, organski odpadki, onesnaženost, biorazgradljivost

ABSTRACT

The aim of the research was first to identify the plastic pollution problem in the Reka River and its banks. In addition, our aim was to find out whether the synthesis of bioplastics is a complex process and whether bioplastics made from household waste is a good substitute for plastic. We found that, based on the weight of the waste we collected on the banks of the Reka River, other waste (e. g. cans, glass. . .) dominates, but plastics have a very high share. In terms of the abundance of waste found, plastic waste dominates, with plastic bags accounting for more than half of all waste.

In the experimental part, we made bioplastics. We have found that the process of making bioplastics is not difficult and takes very little time. We also wanted to know whether the addition of bio-waste (egg shells, orange and banana peels) and fibers (cellulose, cotton fibers) can improve some of the properties of bioplastics. The addition of fibers has shown to increase the strength of bioplastics without added bio-waste and bioplastics with the addition of banana peels. However, the strength was reduced in the case of bioplastics with the addition of orange peels and eggshells. We found that the flexibility of bioplastics depends more on organic additives than on the addition of paper and textile fibers. Bioplastics with banana and orange peel added have increased tensile flexibility.

We have found that the addition of banana peel greatly accelerates the degradation process of bioplastics, as it decomposes completely and quickly, making it ecologically most preferable to use. The addition of cotton and cellulose fibers slowed down the degradation process.

Our research has shown that bioplastics can be a good alternative to traditional plastics, as they are easy and affordable to produce, biodegradable and can make a significant contribution to reducing environmental pollution.

KEY WORDS: plastics, bioplastics, characteristics, organic waste, pollution, biodegradability

KAZALO VSEBINE

POVZETEK.....	2
ABSTRACT.....	3
KAZALO	4
KAZALO SLIK	5
KAZALO TABEL	6
KAZALO GRAFOV	6
1 UVOD.....	8
2 VSEBINSKI DEL	10
2.1 Polimeri in polimerizacija.....	10
2.2 Delitev polimerov.....	11
2.3 Umetni ali sintetični polimeri	11
2.3.1 Vrste in lastnosti plastike.....	12
2.3.2 Vpliv plastike na okolje.....	12
2.4 Naravni polimeri	14
2.5 Bioplastika	15
2.6 Biorazgradljiva plastika	17
2.7 Biološki in organski ali odpadki	19
3 POTEK RAZISKOVALNEGA DELA	20
3.1 Namen in cilji naloge	20
3.2 Raziskovalna vprašanja in hipoteze.....	20
3.3 Metode raziskovalnega dela.....	21
3.3.1 Terensko delo	21
3.3.1.1 Pripomočki	21
3.3.1.2 Postopek	21
3.3.2 Eksperimentalno delo	23
3.3.2.1 Pripomočki	23
3.3.2.2 Postopek	24
4 REZULTATI.....	31
4.1 Terensko delo	31
4.2 Lastnosti bioplastike.....	32
4.2.1 Barva	32
4.2.2 Vonj	32
4.2.3 Trdota	33
4.2.4 Topnost v vodi	34
4.2.5 Gostota	38
4.2.6 Biorazgradljivost	39
4.2.7 Raztezek	41
4.2.8 Embalaža iz bioplastike	41

5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK.....	43
6 VIRI IN LITERATURA.....	47

KAZALO SLIK

Slika 1. Enostaven prikaz nastanka polimerov	10
Slika 2. Mikroplastika	13
Slika 3. Mikroplastika v prehranjevalni verigi.....	14
Slika 4. Poenostavljena zgradba amiloze in amilopektina	15
Slika 5. Razvrstitev plastike po Evropskemu združenju za bioplastiko.	16
Slika 6. Gelatinizacija škroba.	17
Slika 7. Aerobna in anaerobna biorazgradnja.	18
Slika 8. Kompostirna plastika je podskupina biorazgradljive plastike.	19
Slika 9. Oznaka za plastiko, primerno za domače kompostiranje.	19
Slika 10. Regijski park Škocjanske jame z lokacijo pobiranja odpadkov ob reki Reki	21
Slika 11. Sortiranje odpadkov po kategorijah.	22
Slika 12. Tehtanje plastičnih odpadkov.....	23
Slika 13. Tehtanje krompirjevih olupkov.	24
Slika 14. Mletje krompirjevih olupkov.....	24
Slika 15. Zmleti krompirjevi olupki.	25
Slika 16. Mešanje po dodatku vode.....	25
Slika 17. Precejanje skozi krpo.....	25
Slika 18. Odlivanje odvečne tekočine	25
Slika 19. Filtriranje	25
Slika 20. Sušenje škroba na zraku..	25
Slika 21. Gospodinjski odpadki, ki smo jih dodali bioplastiki.....	26
Slika 22. Mešanje sestavin	26
Slika 23. Kuhanje bioplastike.	26

Slika 24. Valjanje bioplastike.	26
Slika 25. Bioplastika 1. dan sušenja.	27
Slika 26. Bioplastika 5. dan sušenja.....	27
Slika 27. Določanje trdote	28
Slika 28. Merjenje debeline vzorca s kljunastim merilom.	29
Slika 29. Določanje topnosti vzorcev bioplastike v vodi.	29
Slika 30. Vzorci bioplastike po treh in petnajstih dneh v prsti.....	30
Slika 31. Merjenje raztezka vzorcev bioplastike s pomočjo uteži.	30
Slika 32. Primeri embalaže izdelane iz bioplastike.	42

KAZALO TABEL

Tabela 1. Obarvanost različnih vrst bioplastike.....	32
Tabela 2. Vpliv dodatkov na aromo bioplastike.	33
Tabela 3. Vrste bioplastike, ki so se pri obremenitvi prelomile.	41
Tabela 4. Vrste bioplastike, ki so ob obremenitvi počile.	42
Tabela 5. Vrste bioplastike, ki so bile odporne na obremenitev.	42

KAZALO GRAFOV

Graf 1. Primerjava mase plastičnih in drugih odpadkov na obrežju reke Reke.....	31
Graf 2. Številčna zastopanost posameznih vrst odpadkov na obrežju reke Reke v odstotkih.	31
Graf 3. Vpliv dodatka organskih odpadkov na absorpcijo vode pri različnih vrstah bioplastike.....	34
Graf 4. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki brez dodatka organskih odpadkov.....	35
Graf 5. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki z dodatkom pomarančnih olupkov.....	35
Graf 6. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki z dodatkom bananinih olupkov.	36

Graf 7. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki z dodatkom jajčnih lupin.	37
Graf 8. Delež izgube mase po raztapljanju različnih vrst bioplastike v vodi.	37
Graf 9. Vpliv dodatka organskih odpadkov, papirja in bombažnih vlaken na gostoto različnih vrst bioplastike... ..	38
Graf 10. Sprememba mase bioplastike brez dodanih organskih odpadkov med procesom biorazgradnje.....	39
Graf 11. Sprememba mase bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov med procesom biorazgradnje.	39
Graf 12. Sprememba mase bioplastike z dodatkom bananinih olupkov med procesom biorazgradnje.....	40
Graf 13. Sprememba mase bioplastike z dodatkom jajčnih lupin med procesom biorazgradnje.	40
Graf 14. Sprememba mase različnih vrst bioplastike po 15 dneh v prsti.	41

1 UVOD

*“Lahko je sesti pokonci in nekaj opaziti,
težko pa je vstati in nekaj narediti.”*

Honoré de Balzac

Plastika duši naš planet. Onesnažila je zemljo, reke in oceane. Postala je del naše prehranjevalne verige.

Danes je tako globoko zažrta v naša življenja, da je niti opazimo ne. Vsakič, ko denimo operemo svojo najljubšo poliestersko majico, se v vodo sprostijo mikro delci, ki na koncu prehranjevalne verige končajo tudi našem krožniku. Z mikroplastiko se vsakodnevno srečujemo tudi v kozmetiki - kremah, zobnih pastah, pilingih. In potem so tu še palčke za ušesa, slamice, plenice in raznovrstna plastična embalaža. Samo pomislimo na raznobarvne plastične vrečke, ki resno ogrožajo tako naravna kot urbana okolja. Ko denimo v naših krajih zapiha burja, jih dvigne iz smetišč v zrak in nato “zasnežijo” travnike in drevesa. Ali pa pomislimo na obrežja rek. Ko razburkane reke prestopijo svoje struge, jih narasla voda obesi na veje. In ko se se reke ponovno vrnejo v svojo strugo, nas razcefrane vrečke posmehljivo opozarjajo, da smo iz svojega okolja naredili svinjak. Prav zastrupljanje svetovnih voda s plastiko je danes najbolj pereča tema preobremenjenosti Zemlje s to umetno snovjo. Ker večji kosi plastike (zlasti plastične vrečke) lebdijo na vodni površini, jih postopoma trgajo in razkrajajo naravni dejavniki (sončno sevanje, slana voda, veter, valovi ipd.).

Plastika je skupno ime za vrsto sintetičnih materialov, ki jih pridobivamo iz nafte in zemeljskega plina. Osnovnim surovinam, ki so pridobljene s posebnimi kemičnimi procesi, imenovanimi polimerizacija, proizvajalci dodajo različne kemične snovi, s katerimi plastiki zagotovijo želene lastnosti, kot so prožnost, trdnost, odpornost proti toploti, mrazu, maščobi, kislinam, neprepustnost in druge. Na ta način so plastični materiali široko uporabni, iz njih je izdelanih ogromno različnih izdelkov za vsakdanjo rabo, tudi zato, ker je cena proizvodnje najbolj razširjenih tipov plastik nizka. Plastika se torej zdi idealen material, zato ne preseneča, da njena proizvodnja skokovito narašča. Leta 2021 je bilo na svetu proizvedenih 390,7 milijonov ton plastike, od tega kar eno tretjino na Japonskem. Proizvodnja plastike se je v Evropi v zadnjih treh letih zmanjšala za 3% in je leta 2021 znašala 57.2 milijonov ton. Kar 90,2% vse proizvedene plastike še vedno temelji na fosilnih virih (PlasticsEurope, 2022). Ob izjemni rasti proizvodnje in uporabe polimerov, so razmišljanja o posledicah uporabe plastičnih izdelkov ter končnega ravnanja z njimi, ko postanejo odpadki, gotovo aktualna in še kako pereča tema. Pomisleki so predvsem glede vpliva umetnih snovi na zdravje ljudi in okolje. Večino surovin pridobimo na osnovi fosilnih goriv. Z njihovim izkoriščanjem pa je povezano tudi globalno segrevanje. Najnovejša raziskava kaže, da bi do leta 2050 za proizvodnjo plastike porabili 20 % nafte, ki jo potrošimo, pri njeni proizvodnji bi nastalo 15 % vseh emisij toplogrednih plinov. Vsako leto se v oceanih sveta znajde najmanj osem milijonov ton plastike, kar je praktično en tovrnjak smeti vsako minuto. Do leta 2050 bo v oceanih torej več plastičnih odpadkov kot rib. (PlasticsEurope, 2022).

Poleg tega del plastike zaide tudi v naravo, kjer predstavlja trajni tujek, ki za razgradnjo potrebuje vsaj 500 let (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).

Večina proizvodov iz plastike se na koncu znajde med odpadki. Žal se le majhen del reciklira, nekaj je zaide v sežigalnice odpadkov, večji del pa polni deponije in onesnažuje okolje (*Bauman, 2008*). Pod vplivom UV-žarkov in drugih fizikalnih, kemičnih ter mehanskih dejavnikov le postopoma razpada na vse manjše delce, in ko enkrat razpade na velikost, ki je manjša od 5 milimetrov in večja od 300 mikrometrov, govorimo o mikroplastiki.

Ti mikrodelci, ki ostajajo v zemlji nato z vodo pronikajo v podtalnico in se prenašajo v reke, morja in oceane. Znanstveniki so zasledili sledove mikroplastike že v ustekleničenih vodah in hrani, ki jo vsakodnevno zaužijemo (*Peternelj, 2014*).

Škodljiv vpliv na okolje pa imajo poleg plastike tudi biološko razgradljivi odpadki iz gospodinjstev. Ti poleg izpustov toplogrednih plinov, predvsem metana, povzročajo še v onesnaženje površinskih, podzemnih voda in prsti ter posledično grožajo zdravje ljudi.

Biološko razgradljivi odpadki večinoma nastajajo v gospodinjstvih pri pripravi oz. predelavi hrane. Več kot 57 % bioloških odpadkov trenutno ne predelamo, odlagališča pa so eden od večjih onesnaževalcev z metanom. Ti odpadki so zelo nestabilni, saj se pod vplivom mikroorganizmov iz okolja razkrajajo in povzročajo izpuste škodljivih toplogrednih plinov, ki povzročajo globalno segrevanje.

Šokantni prizori morskih živali, ki plavajo med plastičnimi odpadki. Poginulih živali, ki se v plastične odpadke zapletejo, se zadušijo ali tistih, ki plavajoče odpadke zamenjajo za hrano in nato poginejo zaradi izstradanja. Fotografije divjih odlagališč odpadkov, polnih plastičnih materialov, in ne nazadnje raziskave, ki so potrdile, da lahko drobci plastičnih odpadkov zaidejo tudi v našo prehrano. Vse to nam vzbuja veliko skrb. A to že zdaleč ni dovolj.

Vsak posameznik lahko že z majhnimi koraki prispeva k zmanjševanju odpadkov. Če želimo onesnaženje ustaviti ali vsaj omejiti, moramo začeti pri njihovem izvoru. Čeprav imamo velikokrat občutek, da kot posamezniki težko veliko naredimo za razbremenitev okolja, pa imamo v resnici kar nekaj možnosti.

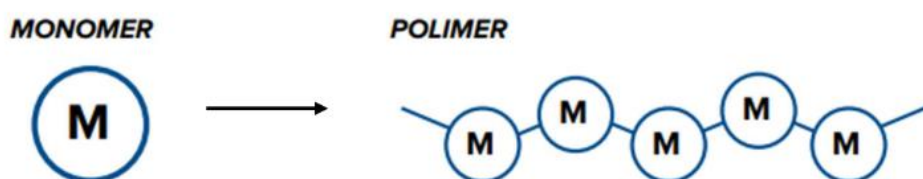
Problem zmanjšanja količine odpadkov, predvsem plastike, je mogoče rešiti z izdelki, izdelanimi iz materialov, ki se v naravi lahko razgradijo, so naravi prijazni in izdelani iz bioloških odpadkov. Dobro izbiro prav gotovo predstavlja proizvodnja in uporaba bioplastike. Bioplastika po definiciji Evropskega združenja za bioplastiko zajema družino materialov, ki so bioosnovani ali biorazgradljivi, lahko pa tudi oboje hkrati. Bioosnovanost pomeni, da je material narejen iz biomase. Za izdelavo bioplastike je ta največkrat pridobljena iz koruze, sladkornega trsa ali celuloze. Biorazgradljivost pa pomeni, da jih lahko mikroorganizmi razgradijo do snovi kot so H₂O, CO₂ ali kompost, brez da bi človek moral dodati umetne aditive (*Kržan, 2014, Mueller, 2006*).

V zasledovanju ciljev trajnostnega razvoja in zmanjševanja vplivov na okolje lahko torej prav biorazgradljiva plastika iz obnovljivih virov predstavlja novo generacijo plastike, ki zmanjšuje vpliv na okolje, tako z vidika porabe energije kot količine proizvedenih toplogrednih plinov (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).

2 VSEBINSKI DEL

2.1 Polimeri in polimerizacija

Polimer (grško *poly*-mnogo, *meros*-del) je velika molekula (makromolekula), ki nastane s povezovanjem številnih manjših molekul-monomerov (grško *monos*-eden, *meros*-del) (*Slapničar, 2022*).



Slika 1. Enostaven prikaz nastanka polimerov.

Polimeri nastanejo z reakcijo polimerizacije. To je kemijska reakcija, pri kateri se več manjših molekul (monomerov) poveže v večjo molekulo (polimer) (*Slapničar, 2022*).

Poznamo dve osnovni vrsti polimerizacije:

- adicijska polimerizacija (poliadicija)

Značilna je za nenasičene spojine (alkene in alkine). Šibkejša (dvojna oz. trojna) vez se pod vplivom katalizatorja v molekuli monomera prekine, novonastali delci pa se povežejo v večjo molekulo (makromolekulo) (*Slapničar, 2022*).

- kondenzacijska polimerizacija (polikondenzacija)

Za kondenzacijsko polimerizacijo je značilno, da se pri povezovanju monomerov v polimer odcepi večje število manjših molekul, npr. molekul vode (*Smrdu, 2013*).

Lastnosti polmera so odvisne od števila vezanih monomerov in postopka polimerizacije ter so povsem drugačne od lastnosti monomera (*Smrdu, 2013*).

Polimeri so v naravi precej razširjeni. So gradniki rastlin in živali. Mnogi naravni polimeri so izjemno pomembni za naše življenje: npr. DNK, katere monomerna enota je nukleotid ali pa beljakovine, ki gradijo encime in naše mišice in so sestavljene iz aminokislin. Polimera sta tudi celuloza – bistvena sestavina lesa in škrob – energijska rezerva rastlin, ki jo najdemo npr. v krompirju in koruzi; njuna monomerna enota je glukoza. Poleg naravnih polimerov poznamo še

številne umetne polimere, ki jih proizvaja človek umetno in v naravi kot taki ne obstajajo. V to skupino sodi skoraj vsa plastika, ki jo uporabljamo (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).

2.2 Delitev polimerov

Polimere lahko razvrstimo na različne načine:

Glede na fizikalno-kemijske lastnosti:

- **Termoplasti** - materiali, ki se zmeščajo, če jih segrevamo in se strdijo, če znižamo temperaturo (npr. PE-polietilen, PVC-polivinilklorid, PMMA-pleksi steklo...);
- **Duroplast** - po oblikovanju ostanejo trdi in se ne zmeščajo s segrevanjem (npr. EP-polieпокsid);
- **Elastomeri** - materiali, ki jih lahko raztezamo in stiskamo, po prenehanju delovanja sile pa se povrnejo v izvorno obliko.

Glede na izvor surovin, iz katerih so narejeni:

- **Obnovljivi viri** - rastlinski in živalski viri;
- **Neobnovljivi/fosilni viri** - nafta, premog, zemeljski plin.

Glede na izvor:

- **Umetni ali sintetični polimeri** - nastanejo s kemijsko sintezo (polimerizacija);
- **Naravni polimeri** - nastajajo in razgrajujejo se v naravi (npr. škrob, celuloza, nukleinske kisline);
- **Spremenjeni naravni polimeri** - naravni polimeri, ki so kemijsko predelani, da dobijo nove lastnosti (npr. acetatna celuloza).

Glede na biorazgradljivost (dovzetnost na razgradnjo z mikroorganizmi/encimi):

- **Biorazgradljivi** (npr. škrob),
- **Nebiorazgradljivi** (npr. PE-polietilen, PS-polistiren).

2.3 Umetni ali sintetični polimeri

Umetne ali sintetične polimere poljudno imenujemo plastika. Nastanejo z adicijsko ali kondenzacijsko polimerizacijo. Plastičnih mas je zelo veliko in imajo zelo različne lastnosti. Sem spadajo npr. polietilen tereftalat (PET), polieten (PE), polivinil klorid (PVC), polipropen (PP), polistiren (PS), teflon (PTFE).

Vir skoraj vse plastike je danes petrokemijska industrija, ki jo sintetizira iz surovin, pridobljenih iz fosilnih virov. Potrošnja in proizvodnja plastike vključujeta uporabo velikih količin fosilnih goriv, kar negativno vpliva na okolje in podnebne spremembe (*Evropska Agencija za okolje, 2021*).

Večina plastičnih materialov vsebuje tudi druge organske ali anorganske spojine, ki jih imenujemo aditivi. Zaradi njih ima lahko plastika povsem drugačne lastnosti. Nekateri primeri aditivov so: plastifikatorji - oljne spojine, ki izboljšujejo elastičnost in prožnost plastike; stabilizatorji - zavirajo določene kemijske reakcije; zaščitna sredstva proti gorenju-zmanjšujejo vnetljivost... (Kržan, 2014).

2.3.1 Vrste in lastnosti plastike

Klasična plastika, proizvedena iz fosilnih virov, je zaradi njenih lastnosti izjemno uporabna v vsakdanjem življenju. Plastične izdelke v primerjavi z izdelki iz drugih materialov odlikuje predvsem njihova lahkotnost, ki je posledica njihove relativno majhne gostote. Prav tako je plastika odličen toplotni in električni izolator ter odporna na korozijo. Veliko vrst plastike je prozornih, zato zelo primernih za uporabo v optičnih napravah.

Plastiko lahko oblikujemo v različne oblike in mešamo z drugimi materiali. Poleg tega lahko lastnosti materialov preprosto spreminjamo in prilagajamo z dodajanjem polnil za ojačanje, pigmentov, plastifikatorjev... (Kržan, 2014). Najpogosteje uporabljen plastifikator je glicerol, saj prenese visoke temperature, je lahko dostopen in cenovno dosegljiv širšemu krogu uporabnikov (Kaseem s sodel., 2012).

Plastiko lahko zaradi univerzalnih lastnosti uporabljamo na skoraj vseh področjih življenja. Največje povpraševanje po plastiki je za proizvodnjo embalaže, v gradbeništvu, transportu, električni in elektronski industriji, medicini in športu (Kržan, 2014).

Najbolj uporabljene vrste plastike so:

- Polieten ali polietilen (PE),
- Polipropen ali polipropilen (PP),
- Polivinilklorid ali polikloroeten (PVC),
- Poliuretan (PUR),
- Polistiren (PS),
- Polietilen tetraftalat (PET).

2.3.2 Vpliv plastike na okolje

Plastika je v 20. stoletju veljala za material prihodnosti, v 21. stoletju pa pomeni veliko grožnjo okolju (Slapničar, 2021). Ko jo odvržemo v naravo, predstavlja trajni tujek, saj sestoji iz umetno sintetiziranih polimerov, ki se v naravi sami po sebi ne pojavljajo. Kot taka lahko predstavlja vir sproščanja organskih strupov v okolje in vstopanje teh v prehranjevalno verigo (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012).

Na primer, plastična vrečka se v povprečju razkraja od 10 do 20 let, platenka približno 450 let, ribiška vrvica pa celo 600 let. Plastika se tako v okolju hitro kopiči in negativno vpliva na ljudi, živali in rastline ter njihovo naravno okolje. Naravovarstveniki ocenjujejo, da samo zaradi plastičnih vrečk v morju vsako leto pogine okoli 100 000 morskih ptic, rib, želv, tjulnjev in kitov (Slapničar, 2022).

Odvrženo plastično maso lahko glede na velikost delcev razvrstimo na makroplastiko in mikroplastiko.

Mikroplastika so majhni delci plastičnih materialov, ki so običajno manjši od petih milimetrov. Glede na njihov izvor jih lahko razdelimo v dve glavni kategoriji:

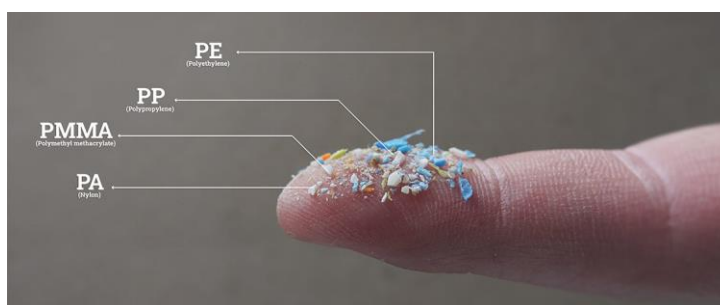
Primarna mikroplastika:

- v okolje pride neposredno v obliki majhnih delcev;
- po ocenah predstavlja 15–31 % vse mikroplastike v oceanih;
- nastaja predvsem pri pranju sintetičnih oblačil (35 % primarne mikroplastike), površinski obrabi pnevmatik zaradi vožnje (28 %), uporabi proizvodov za osebno nego, kamor je namerno dodana, kot na primer mikrozrna v kremah za piling obraza (2 %).

Sekundarna mikroplastika:

- nastaja pri razgradnji večjih plastičnih predmetov, kot so plastične vrečke, platenke ali ribiške mreže;
- predstavlja 69–81 % vse mikroplastike v oceanih.

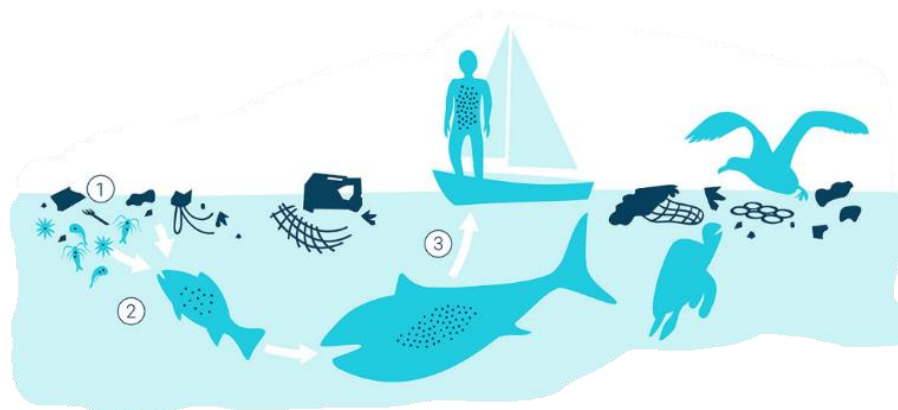
Mikroplastika je prisotna v oceanih v vedno večjih količinah. Po podatkih Združenih narodov je v morjih prisotnih 51 bilijonov delcev mikroplastike, kar je petsto krat več kot je zvezd v naši galaksiji.



Slika 2. Mikroplastika.

Mikroplastiko lahko v morju zaužijejo morske živali, zaradi česar mnoge poginejo. Plastika se kopiči v okolju in na koncu prehranske verige doseže tudi človeka.

Sledi mikroplastike so našli tudi že v hrani in pijači, med drugim v pivu, medu in vodi. Ni presenetljivo, da so delce plastike zasledili tudi v človeškem blatu.



Slika 3. Mikroplastika v prehranjevalni verigi.

Vpliv mikroplastike na zdravje človeka za zdaj še ni znan, toda plastika pogosto vsebuje dodatke, kot so stabilizatorji ali zaviralci gorenja ter druge možne strupene kemične snovi, ki lahko škodujejo ljudem in živalim (Jethoo, 2019).

2.4 Naravni polimeri

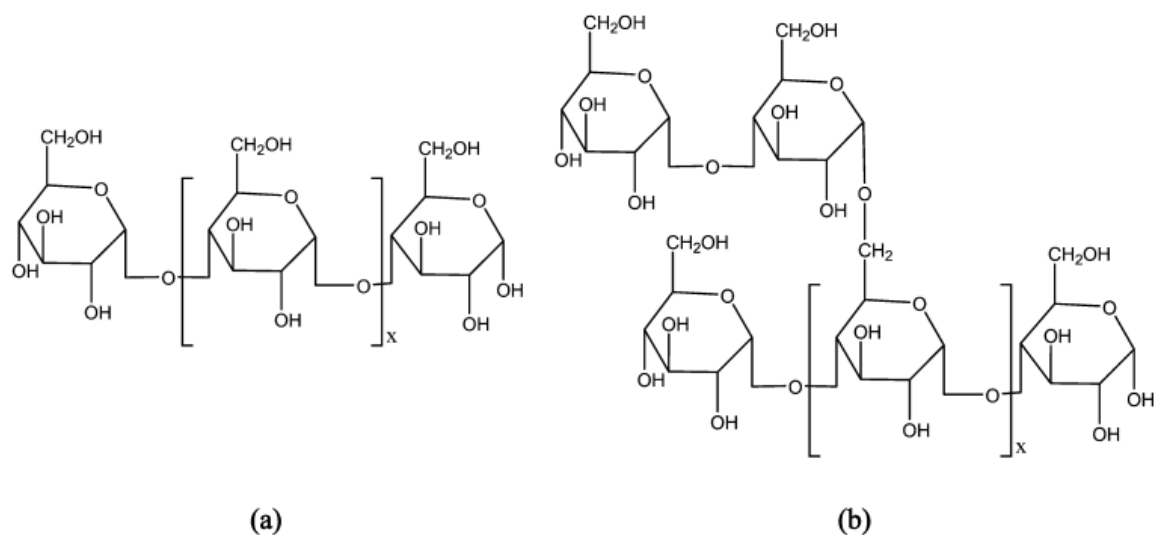
Večina živega sveta temelji na polimerih. Najdemo jih tako v živalih (ogljikovodiki, proteini, maščobe, nukleinske kisline itd.), rastlinah (npr. celuloza, olja, škrobi, tudi poliestri) kot tudi v nižjih organizmih (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012). Naravni polimeri nastajajo v celicah živih organizmov iz monomerov, ki nastanejo znotraj celic kot produkti kompleksnih presnovnih procesov. Reakcijo polimerizacije katalizirajo encimi.

Za naravo pa velja, da kar ustvari, lahko tudi razgradi. Vsi naravni polimeri predstavljajo uskladiščeno energijo in snov, ki se ob razgradnji oz. presnovi sprosti in je na voljo za ponovno uporabo. Zato v naravi za naravne polimere obstajajo tudi encimski sistemi za njihovo razgradnjo. V ta koncept sodi tudi naše uživanje hrane, ki v pretežnem delu sestoji iz biopolimerov (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012).

Nevidni, splošno prisotni in skoraj vedno dejavni razgrajevalci naravnih organskih snovi so mikroorganizmi (bakterije, glive, alge). Mikroorganizmi so skozi evolucijo prilagojeni naravnim polimerom kot tudi drugim (nizkomolekularnim) naravnim snovem in imajo razvite načine za njihovo presnovo. Polimere nato spet lahko razgradijo do osnovnih gradnikov. Nekateri izmed naravnih polimerov so: celuloza, lignin, škrob, hitin, pektin, agar,... (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012).

Škrob je naravni polimer, ki ga lahko pridobimo iz različnih rastlin, recimo iz krompirja, riža ali koruze. Je najpomembnejši rezervni ogljikov hidrat rastlin. Nastaja v celičnih organelih imenovanih aminoplasti, kateri se nahajajo predvsem v semenih, gomoljih, korenikah in čebulicah višjih rastlin. Škrob se shranjuje v obliki škrobnih zrn.

Škrob je makromolekula. Sestavljen je iz nerazvejane amiloze in razvejanega amilopektina. Amiloze je v škrobu od 20-25%, amilopektina pa od 75 do 80%. Osnovna gradbena enota amiloze in amilopektina je glukoza. Molekule glukoze se med seboj povezujejo z etrsko vezjo.



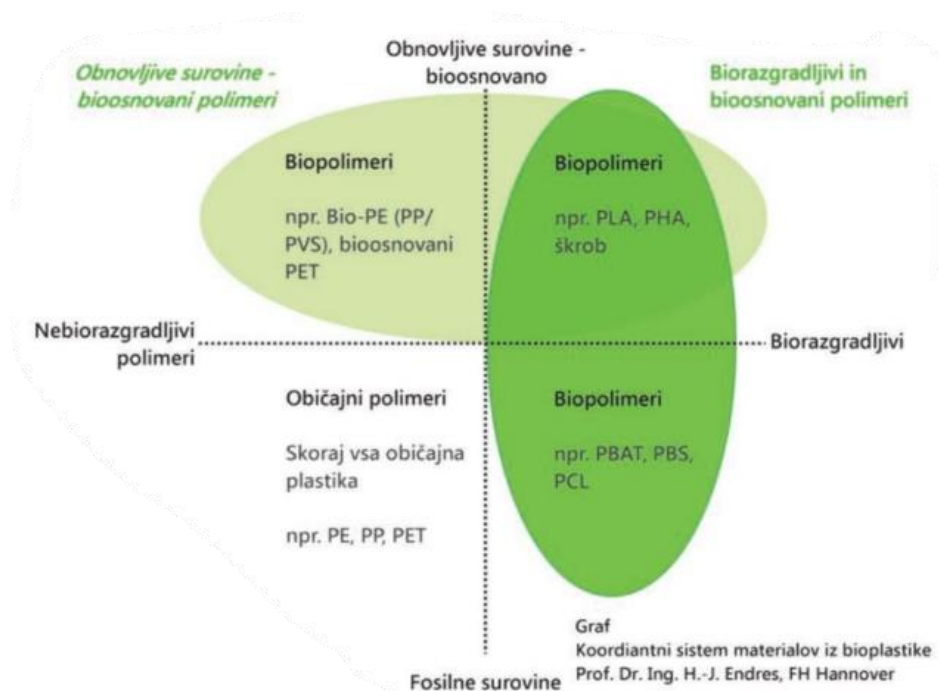
Slika 4. Poenostavljena zgradba amiloze (a) in amilopektina (b).

2.5 Bioplastika

Po definiciji Evropskega združenja za bioplastiko izraz bioplastika obsega celotno družino materialov, ki so bioosnovani, biorazgradljivi ali oboje. Bioosnovana plastika (*ang. biobased plastic*) označuje plastiko, narejeno (delno) iz biomase (rastlin). Biomasa, uporabljena za proizvodnjo bioplastike, je pridobljena na primer iz koruze, sladkornega trsa ali celuloze.

Pojem bioplastike označuje tudi plastiko, ki se organsko reciklira (naravno razgradi), to pa imenujemo biorazgradljiva plastika (*ang. biodegradable plastic*) (Kržan, 2014). Biorazgradnja pa je kemijski proces, med katerim mikroorganizmi (brez da bi človek dodal umetne aditive), ki so prisotne v okolju, materiale razgradijo v naravne snovi, kot so voda, ogljikov dioksid in kompost.

Proces biorazgradnje je odvisen od razmer v okolju (na primer lokacija ali temperatura), materiala in načina uporabe. Potrebno je vedeti, da ni vsaka bioosnovana plastika biorazgradljiva, po drugi strani pa ni vsaka biorazgradljiva plastika bioosnovana. Pojma se torej le deloma prekrivata, nepoznavanje tega podatka pa lahko vodi do neustreznega ravnanja z bioplastičnimi odpadki (Kržan, 2014).



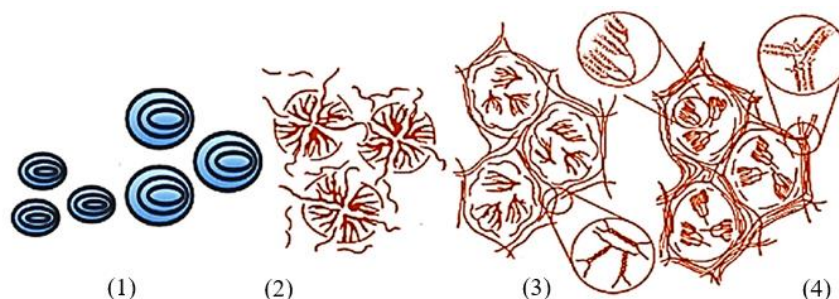
Slika 5. Razvrstitev plastike po Evropskemu združenju za bioplastiko.

V zasledovanju ciljev trajnostnega razvoja in zmanjševanja vplivov na okolje, razumljivo predstavlja biorazgradljiva plastika iz obnovljivega vira najboljšo možnost, storiti pa moramo vse, kar je v naši moči, da kar najbolj optimiziramo rabo nebiorazgradljive plastike iz neobnovljivih virov (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012).

Bioplastika iz obnovljivih virov predstavlja novo generacijo plastike, ki zmanjšuje vpliv na okolje, tako z vidika porabe energije kot količine proizvedenih toplogrednih plinov. Trenutno je največ bioplastike izdelane iz termoplastičnega škroba. Njegova glavna sestavina je škrob, katerega struktura je rahlo spremenjena (destruktuiran škrob). Škrob lahko destrukturiramo z energijo in toploto in tako popolnoma razbijemo kristalno strukturo. Šele destrukturirani škrob se obnaša kot termoplast (termoplasti so linearni in/ali malo razvejani polimeri, sposobni (večkratnega) zmeščanja in preoblikovanja pri povišani temperaturi) in ga lahko obdelujemo kot tradicionalno plastiko; če ga uporabljamo v naravni obliki, je preobčutljiv na vlago (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012).

Škrob se v procesu kompostiranja hitro biološko razgradi v mnogih okoljih. Žilavost in vodoodpornost škroba sta sicer slabši od večine polimerov, pridobljenih iz nafte, zato se iščejo številne poti, kako to premostiti. Boljše karakteristike dosežemo, če se škrob meša z bolj vodoodpornimi polimeri ali če se ga kemično modificira (Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012).

Čisti škrob je bel prah, ki je v hladni vodi netopen. V vodi je topen le pri višjih temperaturah. Pri temperaturi okoli 50 °C začne voda prodirati v notranjost škrobnih zrn. Škrobna zrna vežejo vodo, nabrekajo in počijo (1). Vezi med molekulami amiloze se pretrgajo in amiloza začne prehajati iz škrobnih zrn v vodo (2).



Slika 6. Gelatinizacija škroba.

To povzroči pri temperaturi okrog 70°C zgoščanje in gelatinacijo (nastanek želatine) (3). Želiran škrob se tako ob daljšem hlajenju (ure ali dneve) postopoma zgosti (4). Pride do rekristalizacije škroba, pri kateri se amilozne in amilopektinske verige znova povežejo v kristalno strukturo.

Trenutno se uporablja že kar nekaj proizvodov na osnovi škroba:

- nakupovalne vrečke;
- vrečke za shranjevanje bioloških odpadkov;
- embalaža za hrano in ovojnine (na primer vrečke za sadje, zelenjavo, kruh – njihova pomembna prednost pred drugimi materiali je zračnost, kar izboljšuje pogoje shranjevanja teh živil);
- higienski proizvodi in kozmetika (plenice, vložki, zobotrepci, vatirane palčke, ...).

Kljub vse večjemu zanimanju za bioplastiko pa je uporaba plastike na osnovi škroba predvsem zaradi njene krhkosti in občutljivosti na vlago še vedno majhna v primerjavi z običajno plastiko (Adeodato, da Silva, dos Santos, Beppu, 2011).

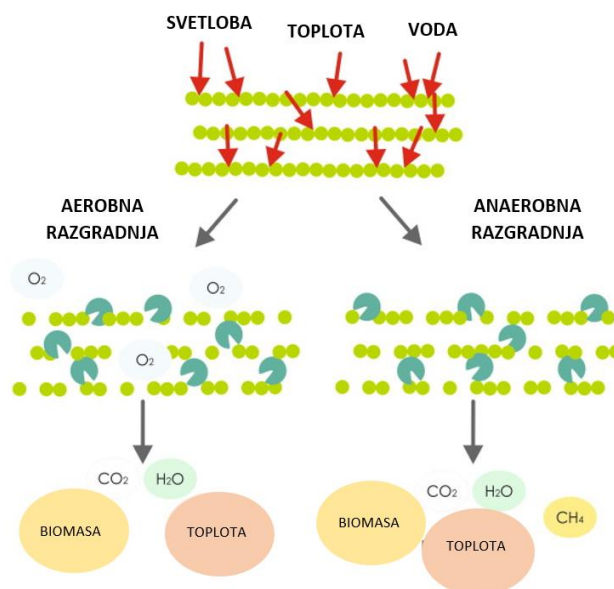
2.5. Biorazgradljiva plastika

Biorazgradnja temelji na dejstvu, da mikroorganizmi, prisotni v okolju (na primer bakterije, glive, alge), prepoznajo biorazgradljivo plastiko kot vir hranil ter jo zaužijejo in prebavijo. Biološka razgradnja tako poteka pod vplivom različnih mikroorganizmov, ki zaradi encimov, ki jih imajo, lahko razgradijo polimere (Kržan, 2014).

V procesu razgradnje najprej poteče fragmentacija, med katero material pod vplivom živih ali neživih dejavnikov mehansko razpade; ti razpadni produkti pa nato v naslednji fazi pod vplivom mikroorganizmov mineralizirajo. Ravno druga faza je tisti nujni korak, ki mora poteči,

da lahko govorimo o biorazgradnji, saj le tu pride do presnove delno razpadlih delov v končne produkte (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).

Biorazgradnja lahko poteka v aerobnih ali anaerobnih okoljih. V procesu aerobne razgradnje (prisotnost kisika) se organska snov s pomočjo aerobnih mikroorganizmov pretvori v CO₂, vodo in celično biomaso (kompost). V procesu anaerobne razgradnje (brez prisotnosti kisika) pa se organska snov s pomočjo anaerobnih mikroorganizmov pretvori v CH₄ in CO₂ (bioplin), vodo in sledove H₂S ter celično biomaso.



Slika 7. Aerobna in anaerobna biorazgradnja.

Za samo biorazgradljivost ni pomembno, ali je polimer narejen na osnovi obnovljivih virov (biomase) ali na osnovi neobnovljivih (fosilnih) virov, temveč le kakšna je njegova končna struktura. Zelo pogosto se napačno smatra, da so vsi biorazgradljivi polimeri narejeni iz obnovljivih virov (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).

Potrebno se je zavedati, da ni vsa biorazgradljiva plastika primerna za kompostiranje na domačem kompostu (skupaj z ostanki hrane in drugimi gospodinjskimi odpadki organskega izvora). Taka plastika je posebej označena s certifikacijsko oznako, ki nedvoumno pove, da je izdelek primeren za domače kompostiranje, ki poteka pri precej nižjih temperaturah kot industrijsko kompostiranje. Kompostiranje pomeni znatno zmanjšanje količine organskih snovi, pri čemer je mogoče proizvedeni kompost uporabiti v kmetijstvu in vrtnarstvu (*Gejo, 2016*).

Vsa kompostirna plastika je torej biorazgradljiva; ni pa vsa biorazgradljiva plastika tudi kompostirna, saj biorazgradnja lahko poteka tudi dlje časa kot kompostirni cikel (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).



Slika 8. Kompostirna plastika je podskupina biorazgradljive plastike.

Biorazgradljive plastike nikakor ne odlagamo v naravo. Res je, da se bo v naravi razgradila, vendar bo za to potrebnega kar nekaj časa. Med tem pa v naravi predstavlja onesnaževalo, ki tako kot ostali odpadki, predstavlja nevarnost za živali in kazi okolje. Po končani rabi izdelek iz biorazgradljive plastike odložimo med organske odpadke (rjavi zabojniki). Ne odlagamo jo v zabojnik za odpadno embalažo (rumeni zabojnik), saj zaradi drugačnih predelovalnih lastnosti lahko povzroča težave pri recikliranju preostalih, nebiorazgradljivih vrst plastike. Razpad biorazgradljive plastike poteka optimalno pri višji temperaturi, pod pogoji industrijske predelave organskih odpadkov. V naravi je ta postopek bistveno počasnejši (*Šprajcar, Horvat, Kržan, 2012*).



Slika 9. Oznaka za plastiko, primerno za domače kompostiranje.

2.6 Biološki ali organski odpadki

Biološke odpadke vsak izmed nas proizvaja vsak dan. To so odpadki naravnega izvora, ki nastajajo v gospodinjstvih, v kmetijstvu, gozdarstvu in drugih proizvodnih dejavnostih.

Ločimo:

- **odpadki iz kuhinje:** odpadki nastali pri pripravi oz. predelavi hrane (npr. olupki sadja in zelenjave, čajne vrečke, jajčne lupine, ...), odpadki iz živilsko predelovalne industrije, papirnati robčki, raztrgan papir, ipd.
- **zeleni odpadki:** ostanki vrtnin, trava, slama, stelja, vejevje sadnega drevja in grmičevja, žaganje ipd.

Biološki odpadki so postali eden največjih sovražnikov okolja. Po podatkih Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO) se vsako leto po svetu zavrže približno 1,3 milijarde ton hrane v vseh fazah verige preskrbe s hrano, kar predstavlja okoli 30 % vse pridelane hrane. Tovrstni odpadki predstavljajo kar 34 % vseh odpadkov, v Evropi jih na leto

proizvedemo kar 75 milijonov ton. 57 % bioloških odpadkov se sploh ne reciklira. Odlaganje bioloških odpadkov na odlagališčih pa prinaša številne neželene posledice, kot so emisije toplogrednih plinov in onesnaženje podtalnice.

V zadnjih dveh letih se je zaradi pandemije Covida-19 količina odpadne hrane v gospodinjstvih še povečala, in to za kar 7%. Zavedanje in znanje o pravilnem ravnanju z biološkimi odpadki se zato zdita še pomembnejši. Ločeno zbrane biološke odpadke je mogoče predelati v kompost in jih vrniti v naravni snovni krog. Pri tem pa je zelo pomembno, da biološke odpadke pravilno ločujemo (brez plastike). Ti odpadki spadajo na kompost ali v posodo za biološke odpadke, čeprav jih številni še vedno odlagajo v posode za mešane komunalne odpadke. V našem okolju še vedno zaznavamo prevelike količine biološko razgradljivih odpadkov med mešanimi komunalnimi odpadki. Dosledno ločevanje bioloških odpadkov je nujno, saj nepravilno ravnanje predstavlja veliko okoljsko obremenitev.

V kolikšni meri bi lahko biološke odpadke uporabili v proizvodnji bioplastike? Bi lahko z njihovo uporabo izboljšali lastnosti bioplastike? Številne raziskave so to potrdile in pokazale uporabnost ostankov hrane pri proizvodnji bioplastike (*Santana in drugi, 2021*). Več študij je pokazalo, da lahko z dodatkom rastlinskih vlaken izboljšamo mehanske lastnosti bioplastike in hkrati zmanjšamo absorpcijo vode (*Yamada in drugi., 2020*).

3 POTEK RAZISKOVALNEGA DELA

3.1 Namen in cilji naloge

Namen seminarske naloge je bil najprej ugotoviti, kakšna je problematika onesnaženosti reke Reke in njenega obrežja s plastiko. Po načelih trajnosti smo nato razmišljali o možnih alternativah, ki bi lahko pripomogle k izboljšanju okoljske problematike. Zato je bil naš namen tudi ugotoviti ali je sinteza bioplastike zahteven proces in ali je lahko bioplastika, ki je narejena iz gospodinjskih odpadkov dober nadomestek plastike.

3.2 Raziskovalna vprašanja in hipoteze

S pomočjo raziskovalne naloge smo iskale odgovore na naslednja vprašanja:

1. Kakšna je onesnaženost reke Reke in njenega obrežja s plastiko?
2. Ali je sinteza bioplastike iz bioloških odpadkov iz gospodinjstev zahteven proces?
3. Ali lahko z dodatkom odpadnega papirja oz. bombažnih vlaken izboljšamo lastnosti bioplastike?
4. Ali je lahko bioplastika z vidika biorazgradljivosti in uporabnosti ustrezen nadomestek plastike ?

Postavile smo si naslednje hipoteze:

H1: Plastika je v reki Reki in na njenem obrežju prisotna, vendar ni prevladujoč odpadek.

H2: Proizvodnja bioplastike iz gospodinjskih odpadkov je dolgotrajen in zahteven proces.

H3: Dodatek odpadnega papirja in bombažnih vlaken izboljša mehanske lastnosti in odpornost bioplastike na vodo.

H4: Predvidevamo, da je bioplastika dober nadomestek plastike, saj je biorazgradljiva.

H5: Bioplastika ima ustrezne mehanske lastnosti za izdelavo embalaže.

3.3 Metode raziskovalnega dela

3.3.1 Terensko delo

3.3.1.1 Pripomočki

Pri terenskem delu, kjer smo vzorčili odpadke ob reki Reki smo uporabili 10 večjih vreč za odpadke, plastične rokavice, belo kopreno za vrtnine velikosti približno 10 m x 2 m, tehtnico, meter, vrvico, pisalo in računalno.

3.3.1.2 Postopek

1. Odpadke smo pobirali ob reki Reki na lokaciji znotraj regijskega parka Škocjanske jame. Trasa je merila v dolžino 200 m in širino 20 m. Natančna lokacija trase je prikazana na spodnjem zemljevidu.



Slika 10. Regijski park Škocjanske jame z lokacijo pobiranja odpadkov ob reki Reki (Google maps, 2023).

2. Najprej smo stehtali količino vseh pobranih odpadkov, nato pa smo jih še sortirali glede na kategorije (npr. pločevinke, plastenke, plastične vrečke, polistiren, plastični pokrovčki, drugi plastični predmeti, steklenice,...). Za sortiranje smo potrebovali belo kopreno na katero smo zapisali imena posameznih kategorij odpadkov. Po sortiranju smo prešteli število posameznih vrst odpadkov in rezultate zapisali v tabelo.



Slika 11. Sortiranje odpadkov po kategorijah

3. Posebej smo stehali še plastične odpadke, saj nas je v okviru naše raziskave zanimala predvsem onesnaženost reke Reke in njene neposredne okolice z različnimi vrstami plastičnih odpadkov.



Slika 12. Tehtanje plastičnih odpadkov.

3.3.2 Eksperimentalno delo

3.3.2.1 Pripomočki

a. IZOLACIJA ŠKROBA IZ KROMPIRJEVIH OLUPKOV

Za izolacijo škroba iz krompirjevih olupkov smo potrebovali:

- 1 kg krompirjevih olupkov,
- cca. 1L vode,
- plastične posode,
- sekljalnik,
- stekleno kadičko,
- nož
- žlico,
- kuhinjske krpe,
- filter papir,
- lij,
- stojalo.

b. IZDELAVA PLASTIKE IZ BIOLOŠKIH ODPADKOV

Za izdelavo plastike iz bioloških odpadkov smo potrebovali:

- tehtnico,
- sekljalnik
- 2 x 100 mL merilni valj,
- 2 x 500 mL steklena čaša,
- 3 x 200 mL steklena čaša,
- terilnica in pestilo,
- kovinska posoda,
- žličke,
- 240 g krompirjevega škroba,
- 120 mL alkoholnega kisa,
- 200 mL glicerina,
- 30 g drobno sesekljanih olupkov pomaranč,
- 30 g zmletih jajčnih lupin.

- lesena kuhalnica,
- valjar z distančniki,
- peki papir,
- pladnji,
- 2 x urno steklo,
- žličke,
- 30g drobno seseklanih bananinih olupkov.
- 3 g časopisnega papirja,
- 3 g tekstilnih vlaken iz sušilnega stroja

c. DOLOČANJE LASTNOSTI BIOPLASTIKE

Bioplastiki smo določali različne lastnosti, pri čemer smo potrebovali:

- računalno,
- kljunasto merilo,
- ravnilo,
- tehtnico,
- 12 x 250 mL steklene čaše,
- zemlja za sajenje rastlin (cca. 2 kg),
- večjo plastično posodo,
- papirnate brisače,
- kovinsko stojalo,
- prižeme,
- 1000 g utež,
- žebličkei,
- stoparico,
- vodo,
- škarje,
- olfa nož.

3.3.2.2 Postopek

a. IZOLACIJA ŠKROBA IZ KROMPIRJEVIH OLUPKOV

1. Krompir smo oprali in ga olupili. Olupke smo s pomočjo robotskega sekljalnika zmleli na manjše koščke.

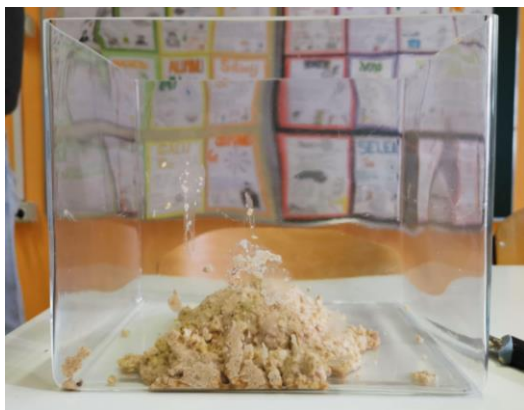


Slika 13. Tehtanje krompirjevih olupkov.



Slika 14. Mletje krompirjevih olupkov.

2. Krompirjeve olupke smo dali v večjo posodo in dodali približno enako količino vode. Zmes smo dobro premešali in nato počakali, da se škrob izloči iz krompirja.



Slika 15. Zmleti krompirjevi olupki.



Slika 16. Mešanje po dodatku vode.

3. Tekočino, v kateri so olupki, smo skozi krpo precedili v drugo posodo. Počakali smo, da se je škrob iz tekočine usedel na dno posode. Odvečno tekočino nato previdno odlili. Bela usedlina, ki je ostala na dnu posode, je škrob.

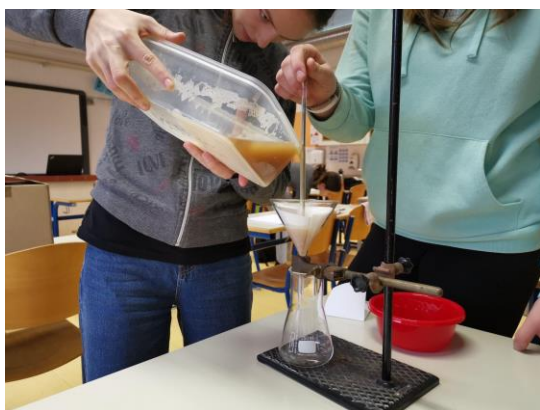


Slika 17. Precejanje skozi krpo.



Slika 18. Odlivanje odvečne tekočine.

4. Škrob smo nato še enkrat prečistili. Dodali smo mu nekaj vode, večkrat smo premešali in filtrirali.



Slika 19. Filtriranje škroba.



Slika 20. Sušenje škroba na zraku.

- Škrob smo za tri dni postavili na toplo in pustili, da se je dobro posušil. Suhega smo zaprli v plastično posodo in ga tako skladiščili za kasnejšo uporabo.

b. IZDELAVA PLASTIKE IZ BIOLOŠKIH ODPADKOV

- V 500 mL čašo smo odmerili 120 mL hladne vode, 20g krompirjevega škroba, 15 mL glicerola in 10 mL alkoholnega kisa. Vse sestavine smo nato dobro premešali. V bioplastiko z dodatki pa smo dodali še 10 g drobno sesekljanih pomarančnih, bananinih olupkov oziroma jajčnih lupin ter 0,60 g časopisnega papirja in bombažnih tekstilnih vlaken iz sušilnega stroja.



Slika 21. Gospodinjski odpadki, ki smo jih dodali bioplastiki.



Slika 22. Mešanje sestavin..

- Čašo smo postavili na grelno ploščo in zmes segrevali pri temperaturi 80°C, pri tem pa ves čas mešali. Ko se je zmes zgostila, smo čašo odstranili z grelne plošče.



Slika 23. Kuhanje bioplastike.



Slika 24. Valjanje bioplastike.

- Zmes smo vlili med peki papirja in jo s pomočjo valjarja z distančnikom razvaljali na debelino 4 mm.
- Ko se je zmes nekoliko ohladila, smo ji odstranili zgornjo plast peki papirja. Tako pripravljeno bioplastiko smo sušili na zraku 5 dni.



Slika 25. Bioplastika 1. dan sušenja.



Slika 26. Bioplastika 5. dan sušenja.

c. DOLOČANJE LASTNOSTI BIOPLASTIKE

Bioplastiki smo določili nekatere lastnosti, na osnovi katerih lahko sklepamo, kakšna je njena dejanska uporabnost.

BARVA in VONJ

Določanje barve in vonja je temeljilo na organoleptični analizi.

Barvo smo ocenili pri dnevni svetlobi in jo primerjali z barvo osnovnega vzorca (bioplastika brez dodanih bioloških dodatkov).

Pri ocenjevanju vonja smo poleg prijetnosti določali tudi intenzivnost. Vonji so bili tako lahko komaj zaznavni, zaznavni ali izraziti.

TRDOTA

Trdoto bioplastike smo ocenjevali s pomočjo žeblička, ki smo ga 10 sekund obtežili s 500g utežjo. Opazovali smo vpliv žeblička na plastiko.



Slika 27. Določanje trdote bioplastike.

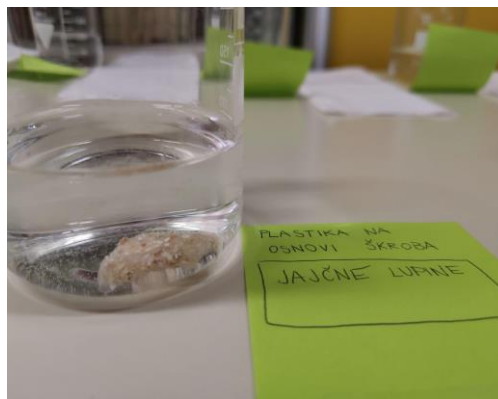
TOPNOST V VODI

Dobro posušene vzorce mikroplastike (2 cm x 2 cm) smo najprej stehali in jim tako določili njihovo začetno maso (m_z). V 100 mL čaše smo nalili 100 mL vode in v njej za 30 minut namakali posamezne vzorce. Po tridesetih minutah smo vzeli vzorce iz vode, jih s papirnato brisačko dobro osušili in ponovno stehali. Postopek smo ponovili še 4-krat. Na koncu smo vzorce sušili na zraku še 5 dni, jih ponovno stehali, jim določili končno maso (m_k) ter izračunali delež izgubljene mase:

$$\text{IZGUBA MASE PRI RAZTAPLJANJU (\%)} = \frac{(m_k - m_z)}{m_z} \times 100$$



Slika 28. Merjenje debeline vzorca s kljunastim merilom.



Slika 29. Določanje topnosti vzorcev bioplastike v vodi.

MASA

Stehtali smo maso treh vzorcev (2 cm x 2 cm) enake vrste bioplastike in nato izračunali povprečno vrednost.

DEBELINA

S pomočjo kljunastega merila smo na treh različnih točkah izmerili debelino vsakega vzorca (2 cm x 2 cm). Na osnovi meritev smo nato izračunali povprečno vrednost.

GOSTOTA

Gostoto vzorca (g/cm^3) bioplastike ($2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$) smo določili z merjenjem mase (m), površine vzorca (S) in povprečne debeline vzorca (d). Gostoto smo nato izračunali s pomočjo enačbe:

$$\text{GOSTOTA } (\text{g/cm}^3) = \frac{m}{(S \times d)}$$

BIORAZGRADLJIVOST

V večjo plastično posodo smo do višine 10 cm dali zemljo za sajenje rastlin in jo navlažili. Vzorce bioplastike ($1,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$) smo najprej stehtali in jim tako določili začetno maso (m_z) ter jih nato zakopali v prst na globino 5 cm. Vsake tri dni smo vzorce izkopali iz prsti, jih s papirnato brisačko očistili in ponovno stehtali (m_k). Vzorce smo nato ponovno zakopali in prst ponovno navlažili. Postopek smo ponavljali 15 dni. Delež izgubljene mase smo določili s pomočjo enačbe:

$$\text{IZGUBA MASE PRI RAZGRADNJI } (\%) = \frac{(m_k - m_z)}{m_z} \times 100$$



Slika 30. Vzorci bioplastike po treh in petnajstih dneh v prsti.

RAZTEZEK

Vzorci bioplastike smo narezali na trakove, ki so bili dolgi 4 cm (l_z) in široki 2 cm. Na eni strani smo vzorec s pomočjo prižeme vpeli na stojalo, na drugi strani vzorca pa smo na 300 g prižemo obesili še 1000 g utež. Vsak vzorec smo tako 10 minut obtežili z maso 1300g in mu nato ponovno izmerili dolžino (l_k). Tako smo določili njihov dolžinski raztezek (dl):

DOLŽINSKI RAZTEZEK: $dl = l_k - l_z$



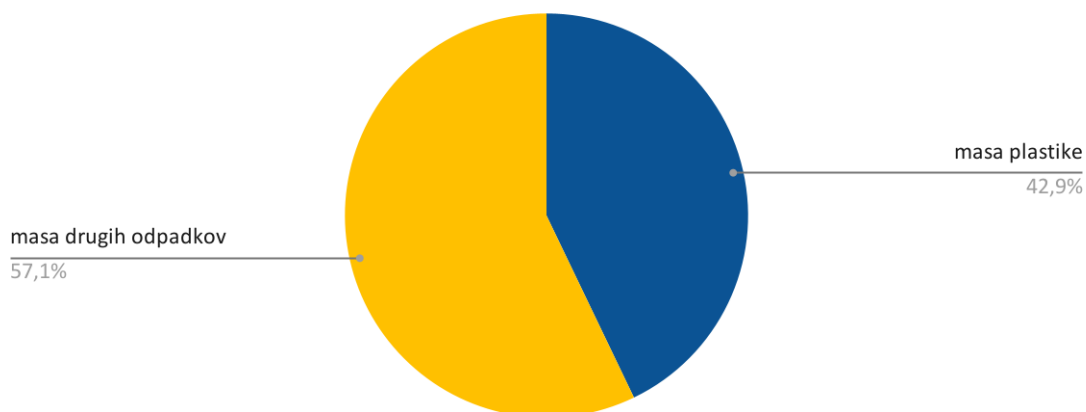
Slika 31. Merjenje raztezka vzorcev bioplastike s pomočjo uteži.

d. IZDELAVA EMBALAŽE

Iz različnih vrst bioplastike smo sešili vrečke, iz bioplastike z dodatkom jajčnih lupin pa oblikovali škatlico.

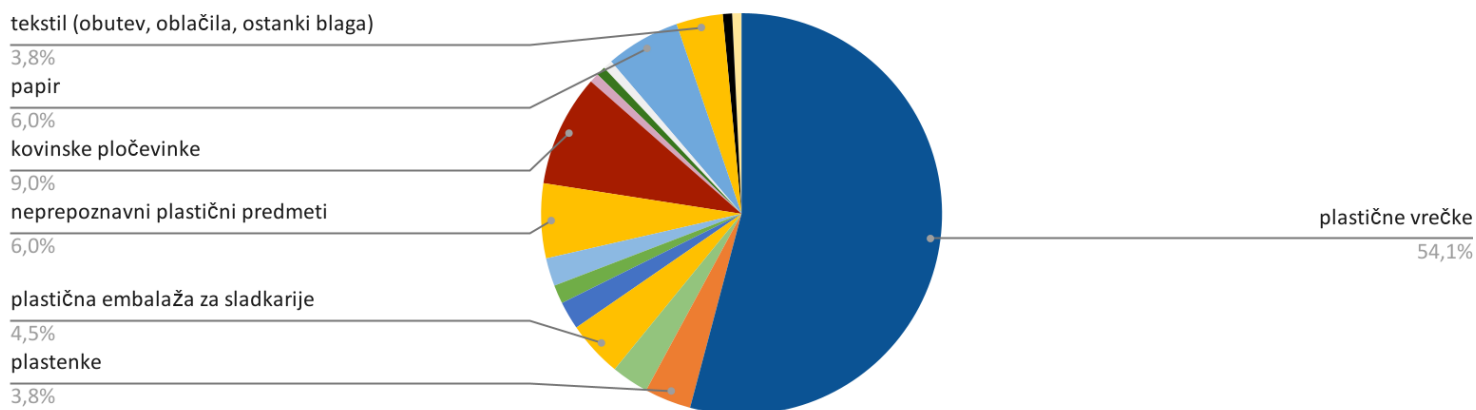
4 REZULTATI

4.1 Terensko delo



Graf 1. Primerjava mase plastičnih in drugih odpadkov na obrežju reke Reke.

Iz grafa 1 je razvidno, da glede na maso odpadkov, ki smo jih nabrali na obrežju reke Reke prevladujejo drugi odpadki (npr. pločevinke, steklo...), vendar pa je tudi delež plastike zelo velik (42,9%). Vedeti pa moramo, da je plastika lažja v primerjavi z drugimi odpadki (npr. steklo, kovina).



Graf 2. Številčna zastopanost posameznih vrst odpadkov na obrežju reke Reke v odstotkih.

Vidimo, da plastične vrečke glede na številčnost predstavljajo več kot polovico vseh odpadkov (54,1%). Vendar je delež vseh plastičnih odpadkov bistveno večji in znaša kar 75,2%.

4.2 Lastnosti bioplastike

4.2.1 Barva

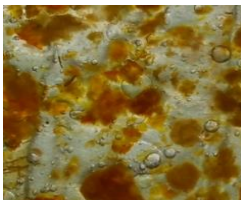
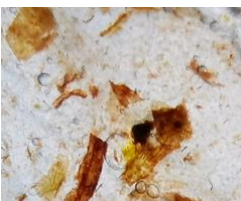
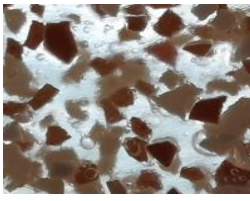
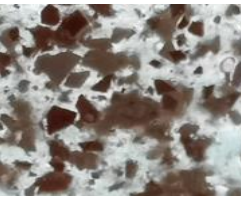
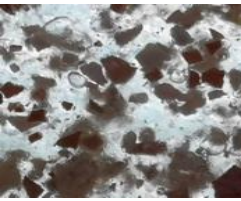
VRSTA BIOPLASTIKE	brez dodatkov	dodatek papirja	dodatek bombažnih vlaken
škrob			
škrob + pomarančni olupki			
škrob + bananini olupki			
škrob + jajčne lupine			

Tabela 1. Obarvanost različnih vrst bioplastike.

Opazimo lahko (tabela 1), da dodatek papirja oz. bombažnih vlaken vplivata na barvo in prosojnost bioplastike. Najtemnejša je bioplastika z dodatkom bombažnih vlaken. Vizualno sta se je kot najmanj privlačni izkazali bioplastiki brez organskih odpadkov z dodatkom bombažnih vlaken oz. papirja. Vizualno pa so nam bile najbolj všeč bioplastiki z dodatkom pomarančnih olupkov in jajčnih lupin.

4.2.2 Vonj

VRSTA BIOPLASTIKE	brez dodatkov	dodatek papirja	dodatek vlaken
škrob	kiselkast vonj	brez vonja	brez vonja
škrob + pomarančni olupki	rahel vonj po pomaranči	brez vonja	brez vonja
škrob + bananini olupki	izrazit vonj po banani	rahel vonj po banani	komaj zaznaven vonj po banani
škrob + jajčne lupine	rahlo kiselkast vonj	brez vonja	brez vonja

Tabela 2. Vpliv dodatkov na aromo bioplastike.

Ugotovili smo, da dodatek celuloznih in bombažnih vlaken močno vplivata na zaznavnost vonja, saj zmanjšata aromo bioplastike (tabela 2). Ta vpliv je najmanj izrazit v primeru bioplastike z dodatkom bananinih olupkov. Najbolj neprijeten vonj, rahlo kiselkast, je imela bioplastika brez vseh dodatkov. Najprijetneje sta bili aromi bioplastike z dodatkom pomarančnih in bananinih olupkov.

4.2.3 Trdota

Na osnovi eksperimentalnega dela smo oblikovali klasifikacijsko lestvico s pomočjo katere smo vzorce bioplastike razporedili po trdoti:

1- ZELO TRDA (žebliček se sploh ne zapiči v plastiko):

- plastika na osnovi škroba z dodatkom bombažnih vlaken

2- TRDA (žebliček se zapiči le na površino plastike):

- plastika na osnovi škroba z dodatkom papirja
- plastika na osnovi škroba z dodatkom pomarančnih olupkov
- plastika na osnovi škroba z dodatkom jajčnih lupin
- plastika na osnovi škroba z dodatkom jajčnih lupin in papirja

3- SREDNJE TRDA- (žebliček se do polovice zapiči v plastiko):

- plastika na osnovi škroba z dodatkom bananinih olupkov in bombažnih vlaken
- plastika na osnovi škroba z dodatkom pomarančnih olupkov in papirja

4- MEHKA (žebliček le s konico prebije plastiko):

- plastika na osnovi škroba
- plastika na osnovi škroba z dodatkom pomarančnih olupkov in bombažnih vlaken
- plastika na osnovi škroba z dodatkom bananinih olupkov in papirja
- plastika na osnovi škroba z dodatkom jajčnih lupin in bombažnih vlaken

5- ZELO MEHKA (žebliček v celoti prebije plastiko):

plastika na osnovi škroba z dodatkom bananinih olupkov

Rezultati eksperimentalnega dela kažejo, da je dodatek celuloznih in bombažnih vlaken močno povečal trdnost bioplastike brez dodanih bioloških odpadkov. Tovrstna bioplastika z dodatkom bombažnih vlaken se je namreč izkazala kot najtrša, a hkrati neprožna in lomljiva.

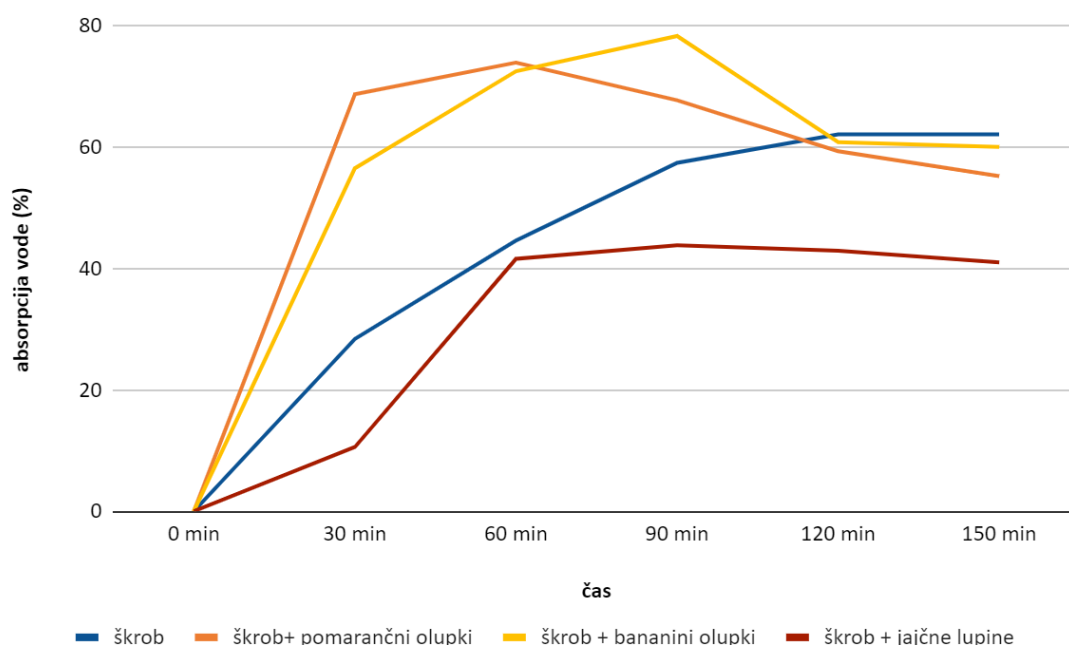
Bioplastika z dodatkom jajčnih lupin se je izkazala kot trda. Z dodatkom bombažnih vlaken pa se je trdota močno zmanjšala, saj je bila tovrstna plastika mehka in prožna.

Tudi bioplastika z dodatkom pomarančnih olupkov se je izkazala kot trda. Dodatek vlaken je trdoto zmanjšal. To se je najbolj pokazalo v primeru bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov in bombažnih vlaken. Tovrstna plastika je bila zelo prožna in mehka.

Bioplastika z dodatkom bananinih olupkov pa se je izkazala kot zelo mehka. V tem primeru pa smo opazili, da je dodatek vlaken je trdoto povečal. To je bilo najbolj izrazito v primeru bioplastike z dodatkom bananinih olupkov in bombažnih vlaken, ki se je izkazala kot srednje trda in prožna.

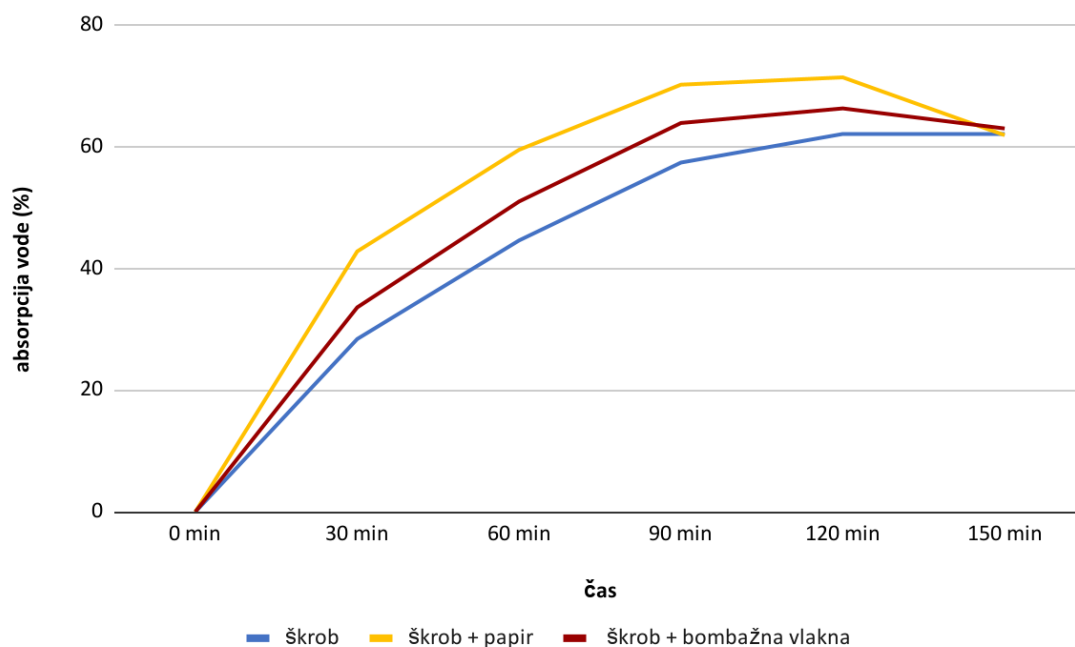
Ugotovili smo, da se je z dodatkom bananinih in pomarančnih olupkov povečala prožnost bioplastike. Bioplastika z dodatkom jajčnih lupin pa se je izkazala kot trda.

4.2.4 Topnost v vodi



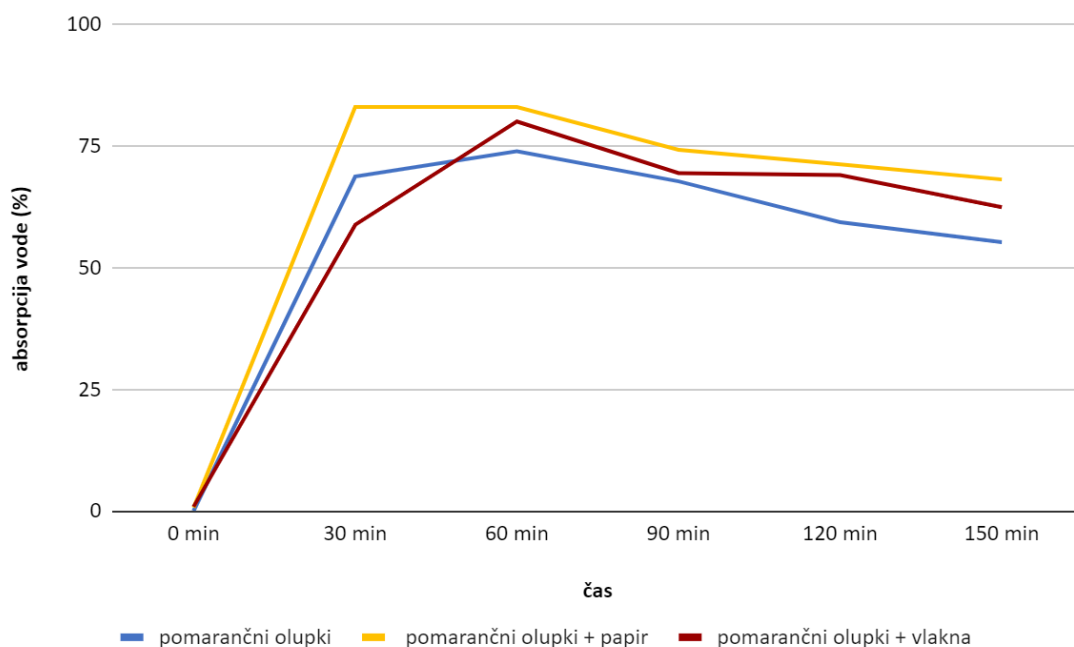
Graf 3. Vpliv dodatka organskih odpadkov na absorpcijo vode pri različnih vrstah bioplastike.

Iz grafa 3 lahko razberemo, da dodatek pomarančnih in bananinih olupkov močno poveča absorpcijo vode. Dodatek jajčnih lupin pa absorpcijo vode zmanjša.



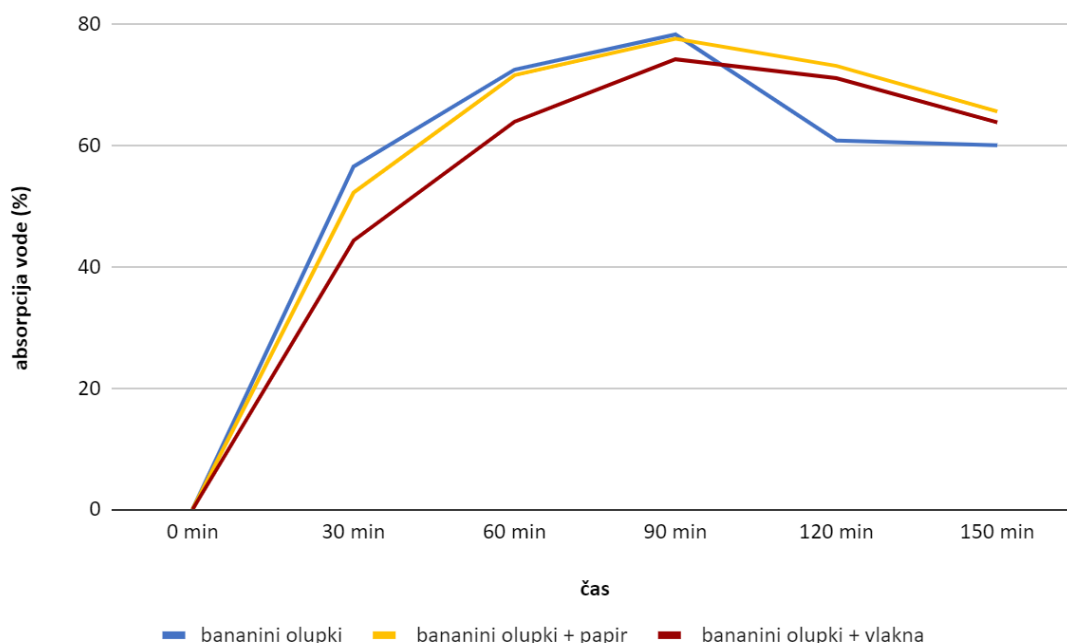
Graf 4. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki brez dodatka organskih odpadkov.

Vidimo (graf 4), da dodatek celuloznih in bombažnih vlaken poveča absorpcijo vode v primeru biplastike brez dodanih organskih odpadkov.



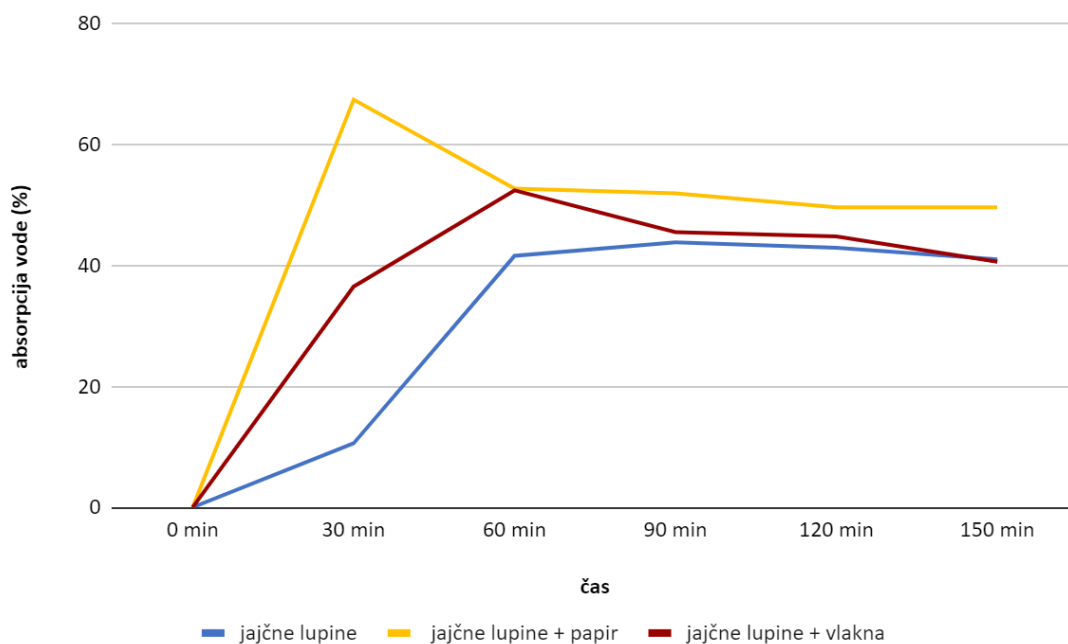
Graf 5. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki z dodatkom pomarančnih olupkov.

Iz grafa 5 je razvidno, da dodatek celuloznih vlaken poveča absorpcijo vode v primeru bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov. Dodatek bombažnih vlaken pa je absorpcijo vode na začetku (prvih 30 minut) zmanjšal, nato pa nekoliko povečal. Opazimo, da je tovrstna plastika zelo hitro vpijala vodo.



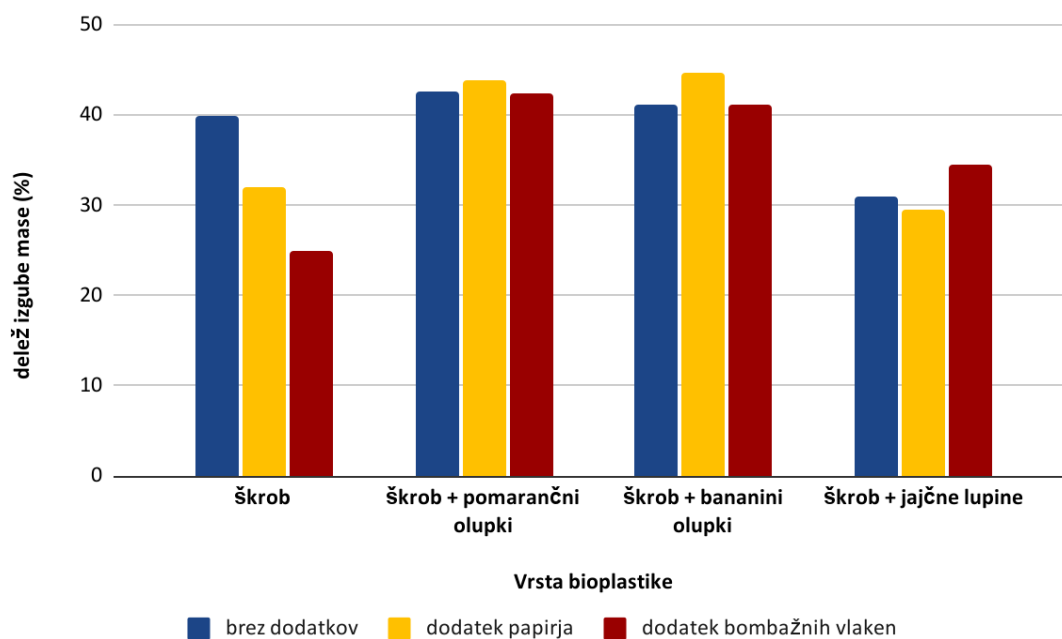
Graf 6. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki z dodatkom bananinih olupkov.

Rezultati kažejo (graf 6), da dodatek bombažnih in celuloznih vlaken zmanjša absorpcijo vode v primeru bioplastike z dodatkom bananinih olupkov. Bioplastika brez dodanega papirja in bombažnih vlaken se je začela v vodi hitro (po 90 minutah) že raztapljati.



Graf 7. Vpliv dodatkov papirja in bombažnih vlaken na absorpcijo vode pri bioplastiki z dodatkom jajčnih lupin.

Iz grafa 7 je razvidno, da dodatek bombažnih in celuloznih vlaken povečata absorpcijo vode v primeru bioplastike z dodatkom jajčnih olupkov.



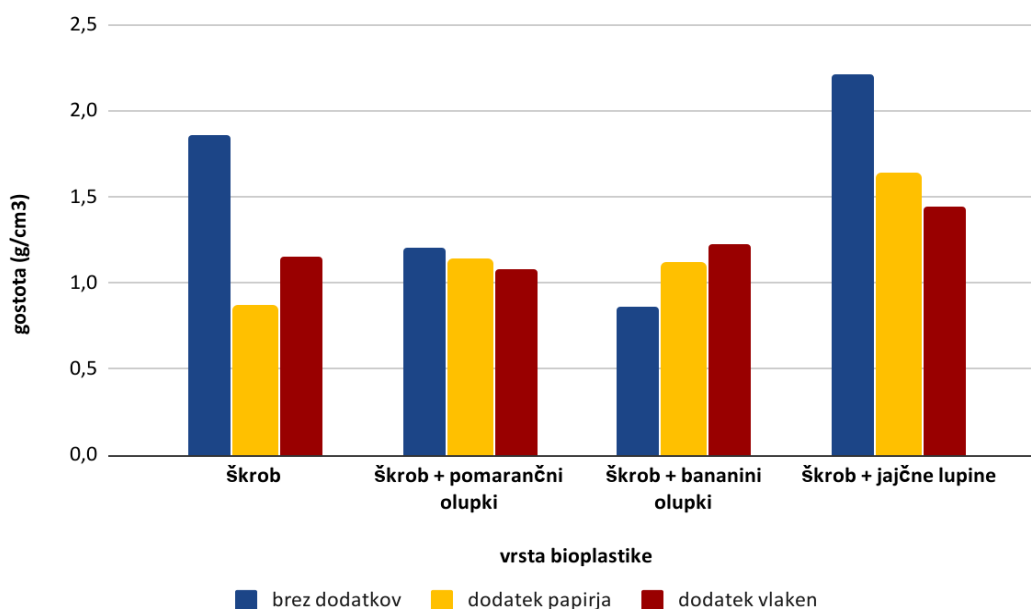
Graf 8. Delež izgube mase po raztapljanju različnih vrst bioplastike v vodi.

Iz grafa 8 je razvidno, da dodatek jajčnih lupin zmanjša topnost bioplastike v vodi, dodatka pomarančnih in bananinih olupkov pa jo povečata.

Vidimo, da dodatek papirja ni imel bistvenega vpliva na topnost bioplastike z dodatkom organskih odpadkov. V primeru bioplastike brez organskih odpadkov pa se je topnost bioplastike z dodatkom papirja v vodi zmanjšala.

Dodatek bombažnih vlaken ni imel bistvenega vpliva na topnost bioplastike z dodatkom pomarančnih in bananinih olupkov. V primeru bioplastike z dodatkom jajčnih lupin le nekoliko povečala. Najbolj izrazit vpliv dodatka bombažnih vlaken pa smo opazili v primeru bioplastike brez organskih odpadkov, kjer se je topnost bioplastike v vodi močno zmanjšala.

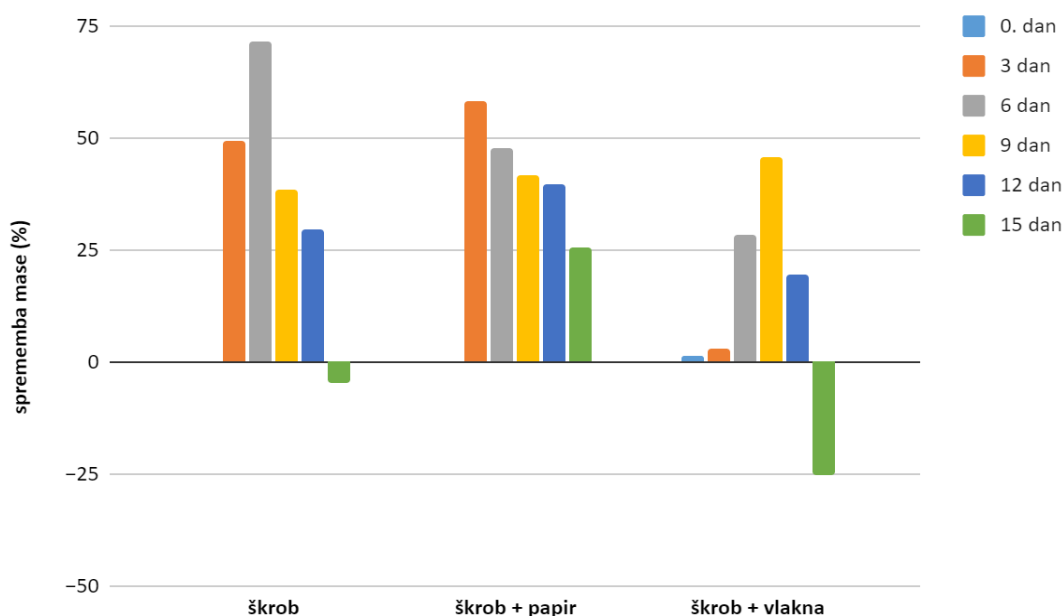
4.2.5 Gostota



Graf 9. Vpliv dodatka organskih odpadkov, papirja in bombažnih vlaken na gostoto bioplastike.

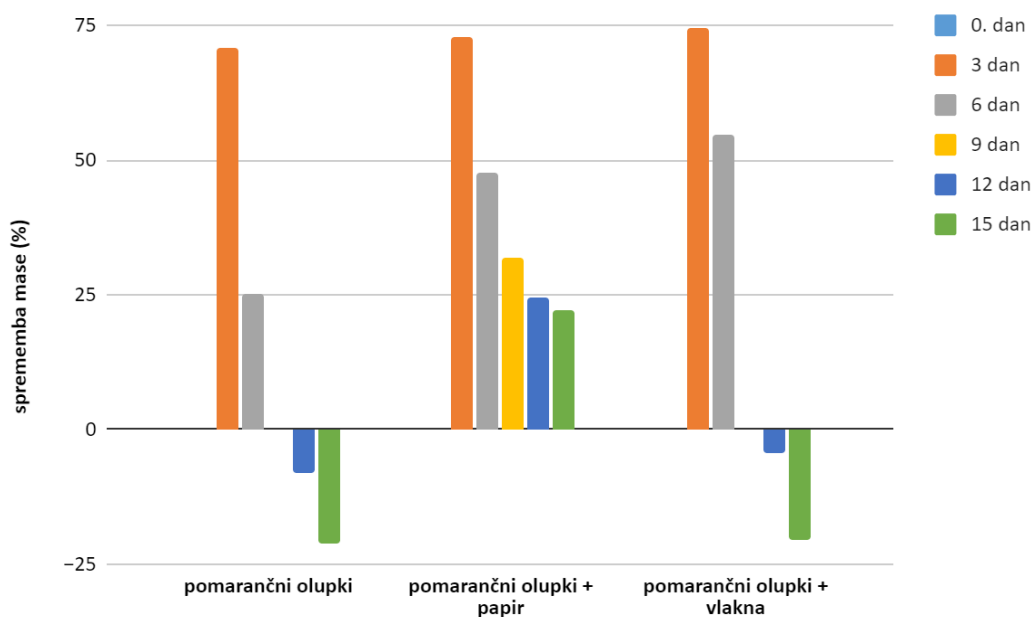
Gostoto močno povečajo jajčne lupine, saj so že same v osnovi težje (graf 9). Dodatek celuloznih in bombažnih vlaken je gostoto zmanjšal v primeru bioplastike brez dodanih organskih odpadkov in bioplastike z jajčnimi lupinami. V primeru bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov ni bilo opaznih sprememb. Najnižjo gostoto je imela bioplastike z dodatkom bananinih olupkov.

4.2.6 Biorazgradljivost



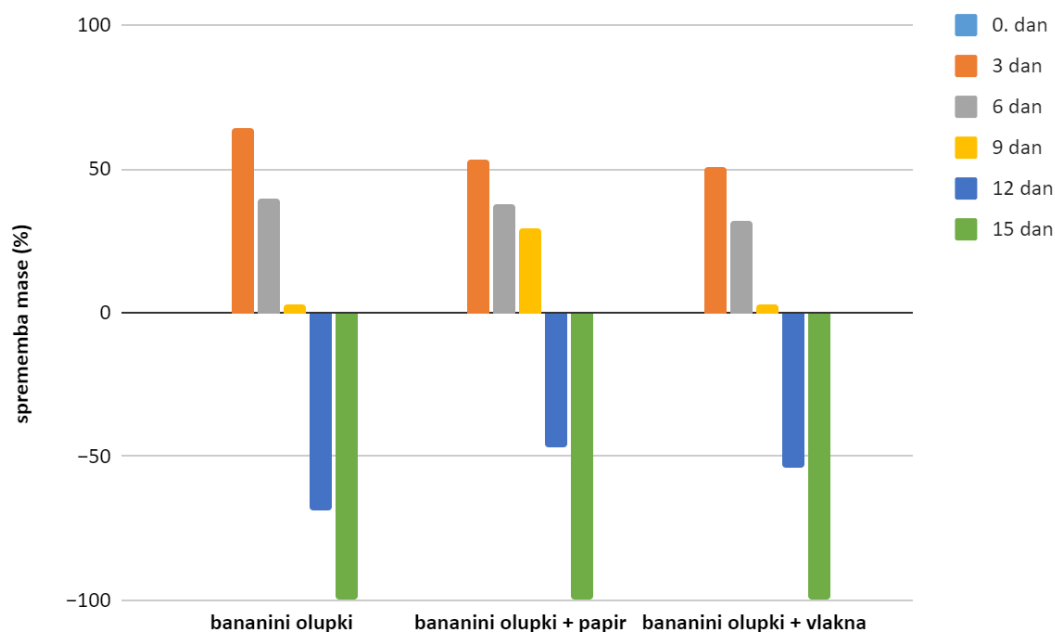
Graf 10. Sprememba mase bioplastike brez dodanih organskih odpadkov med procesom razgradnje.

Iz grafa 10 lahko razberemo, da se proces razgradnje v primeru bioplastike z dodatkom papirja v 15. dneh sploh še ni začel. Tovrstna plastika je v prvih treh dneh tudi najbolj vpijala vodo. Najmanj vode je v prvih dneh vpila bioplastika z dodatkom bombažnih vlaken, ki se je tudi najhitreje razgradila. Razgradnja se je začela med 12. in 15. dnem.



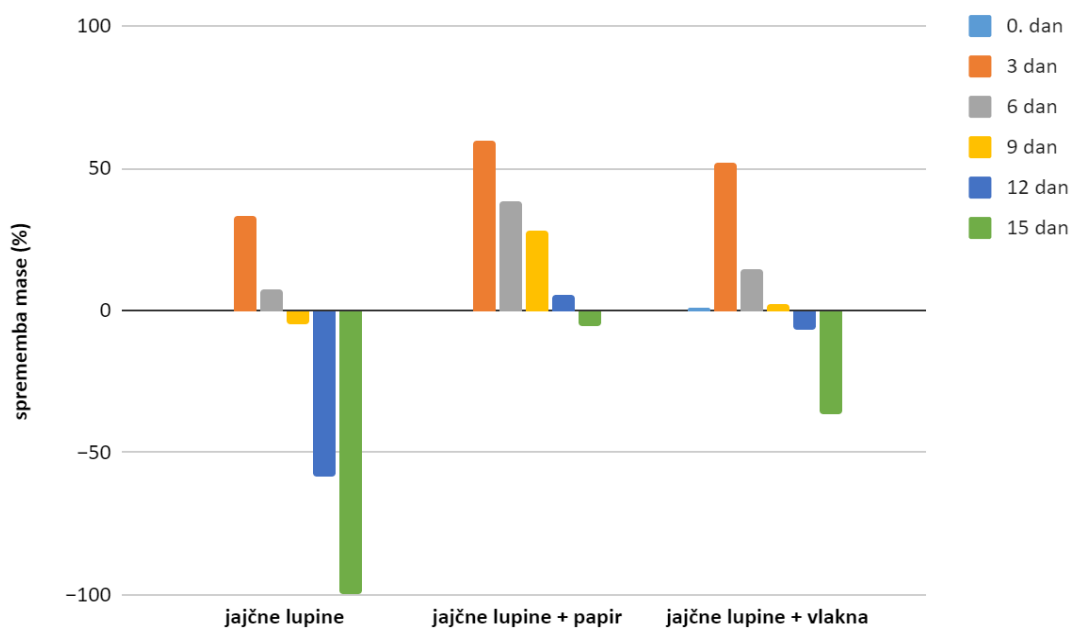
Graf 11. Sprememba mase bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov med procesom biorazgradnje.

Opazimo lahko (graf 11), da so vse vrste bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov v prvih dneh močno vpijale vodo. Tudi v tem primeru vidimo, da je dodatek papirja upočasnil proces razgradnje, ki se po 15. dneh sploh še ni začela. Obe ostali vrsti bioplastike pa sta se v petnajstih dneh v prsti razgradili približno enako. Proces razgradnje se je začel okrog 9. dne.



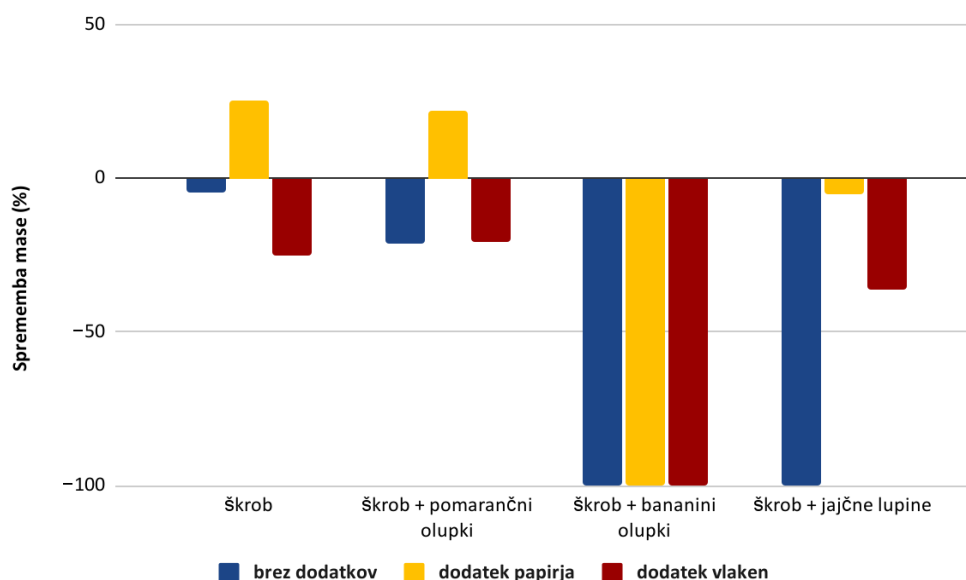
Graf 12. Sprememba mase bioplastike z dodatkom bananinih olupkov med procesom razgradnje.

Vse tri vrste bioplastike z dodatkom bananinih olupkov so v prvih dneh absorbirale majhne količine vode in se v petnajstih dneh popolnoma razgradile (graf 12). Proces razgradnje se je v vseh primerih pričel med 9. in 12. dnev.



Graf 13. Sprememba mase bioplastike z dodatkom jajčnih lupin med procesom biorazgradnje.

Vidimo (graf 13), da so vse vrste bioplastike z dodatkom jajčnih lupin v prvih dneh absorbirale majhne količine vode. Tudi v tem primeru vidimo, da je dodatek papirja upočasnil proces razgradnje. Razgradnja se je v primeru dodatka papirja pričela med 12. in 15. dnem, v primeru dodatka bombažnih vlaken pa med 9. in 12. dnem. Najhitreje se je razgradila bioplastika brez dodatkov. Razgradnja se je začela med 6. in 9. dnem. Ostali vrsti bioplastike sta se v prsti razgradili približno enako. Proces razgradnje se je začel okrog 9. dne.



Graf 14. Sprememba mase različnih vrst bioplastike po 15 dneh v prsti.

Graf 14 prikazuje spremembo mase različnih vzorcev bioplastike po petnajstih dneh v prsti. Opazimo lahko, da je dodatek bananinih olupkov močno pospešil proces razgradnje, saj so se vsi trije vzorci popolnoma razgradili. Do popolne razgradnje je prišlo še v primeru bioplastike z dodatkom jajčnih lupin. Pri vzorcih bioplastike brez organskih odpadkov in z dodatkom pomarančnih olupkov je razgradnja potekala zelo počasi. Opazimo lahko še, da dodatek bombažnih, še bolj izrazito pa celuloznih vlaken proces razgradnje močno upočasni.

4.2.7 Raztezek

VRSTA BIOPLASTIKE	ČAS PRELOMA (sek)	RAZTEZEK ob prelomu (mm)
škrob + pomarančni olupki	168	1
škrob + pomarančni olupki + vlakna	288	3
škrob + bananini olupki	494	2
škrob + bananini olupki + papir	214	5

Tabela 3. Vrste bioplastike, ki so se pri obremenitvi prelomile.

VRSTA BIOPLASTIKE	DOLŽINA RAZPOKE (mm)	RAZTEZEK (mm)
škrob + vlakna	12	0
škrob + bananini olupki + vlakna	4	1

Tabela 4. Vrste bioplastike, ki so ob obremenitvi počile.

VRSTA BIOPLASTIKE	RAZTEZEK (mm)
škrob	1
škrob + papir	1
škrob + pomarančni olupki + papir	1
škrob + jajčne lupine	2
škrob + jajčne lupine + papir	1
škrob + jajčne lupine + vlakna	0

Tabela 5. Vrste bioplastike, ki so bile odporne na obremenitev.

Iz tabel 3, 4 in 5 je razvidno, da so bile na obremenitev na splošno najbolj odporne plastike z dodatkom jajčnih lupin, saj na vzorcih nismo zaznali poškodb. Z dodatkom bombažnih vlaken se je prožnost bioplastike zmanjšala. Na splošno so bile na obremenitev najmanj odporne plastike z dodatkom bananinih in pomarančnih olupkov, saj so razpokale oz. se prelomile.

4.2.8 Embalaža iz bioplastike



Slika 32. Primeri embalaže izdelane iz bioplastike.

Iz bioplastike smo izdelali različne vrste embalaže (vrečka, vrečka s semeni, posodica), ki so prikazani na sliki 33.

5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Vse več držav prepoveduje uporabo plastičnih vrečk in izdelkov iz plastike za enkratno uporabo, saj se plastični mikrodenci nahajajo že praktično povsod. Za mnoge raziskovalce je tako pravi izziv iskanje alternativ, ki bi bile okolju prijaznejše, ki bi se hitro razgradile in ne bi onesnaževale okolja. Namen raziskovalne naloge je bil najprej ugotoviti, kakšna je problematika onesnaženosti reke Reke in njenega obrežja s plastiko. Poleg tega je bil naš namen tudi ugotoviti ali je sinteza bioplastike zahteven proces in ali je lahko bioplastika, ki je narejena iz gospodinjskih odpadkov dober nadomestek plastike.

Postavile smo hipotezo, da je plastika v reki Reki in na njenem obrežju prisotna, vendar ni prevladujoč odpadki. Ugotovili smo, da glede na maso odpadkov, ki smo jih nabrali na obrežju reke Reke prevladujejo drugi odpadki (npr. pločevinke, steklo...), vendar pa je delež plastike zelo velik (42,9%). Plastika je v primerjavi z drugimi odpadki (npr. steklo, kovina) lahka, tako da rezultat ni presenetljiv. Glede na številčnost najdenih odpadkov prevladujejo plastični odpadki (75,2%), plastične vrečke pa predstavljajo več kot polovico vseh odpadkov (54,1%), kar potrjuje našo prvo hipotezo.

Večino plastike se uporablja za izdelavo embalaže oz. vrečk. Osnovni namen embalaže je predvsem zaščita izdelka pred zunanjimi vplivi. Iz ekonomskega vidika je pomembno, da je proizvodnja čim bolj enostavna in cenovno ugodna. Iz vidika varovanja okolja je pomembno, da po uporabi čim manj obremenjuje okolje. Iz vidika kupca pa mora biti tudi privlačna.

Naša druga hipoteza je bila, da je proizvodnja bioplastike iz gospodinjskih odpadkov dolgotrajen in zahteven proces. Iz literature smo ugotovile, da najbolj razširjen način proizvodnje bioplastike temelji na škrobu, ki je poceni in lahko dostopen naravni vir. Ugotovile smo, da proces izdelave bioplastike ni zahteven in vzame le malo časa, zato smo našo hipotezo zavrnile. Brez težav smo same izdelali bioplastiko, za pripravo posamezne vrste bioplastike smo potrebovale približno 30 minut, za sušenje pa še dodatnih 3 dni. Iz ekonomskega vidika lahko rečemo, da je proizvodnja tovrstne plastike dobra izbira.

V literaturi (npr. Santana, Silva, Santana, 2021) smo zasledile, da je tovrstna bioplastika predvsem zaradi njenih slabih mehanskih lastnosti in absorpcije vode neprimerna za proizvodnjo določenih vrst embalaže. Zato nas je zanimalo, ali lahko z dodatkom bioloških odpadkov (jajčne lupine, pomarančni in bananini olupki) in vlaken (celuloza, bombažna vlakna) izboljšamo nekatere lastnosti bioplastike (npr. trdnost, raztezek, gostoto, absorpcijo vode...).

Ker je iz stališča kupca pomembno, da je embalaža tudi privlačna, smo bioplastiki najprej določile organoleptične lastnosti. Ugotovile smo, da dodatek papirja oz. bombažnih vlaken vpliva na barvo in zmanjša prosojnost bioplastike. Kot vizualno najmanj privlačni sta se

izkazali bioplastiki brez organskih odpadkov z dodatkom bombažnih vlaken oz. papirja, kot najbolj privlačni pa bioplastiki z dodatkom pomarančnih olupkov in jajčnih lupin. Ugotovili smo, da dodatek celuloznih in bombažnih vlaken močno vplivata na zaznavnost vonja, saj zmanjša aromo bioplastike. Najbolj neprijetnega vonja je bila bioplastika brez vseh dodatkov. Najprijetnejši pa sta bili aromi bioplastike z dodatkom pomarančnih in bananinih olupkov. Embalaža za shranjevanje hrane mora biti privlačna, a brez vonja. Kot najprimernejša izbira se je v tem primeru pokazala bioplastika z dodatkom jajčnih lupin. Za izdelavo vrečk pa bioplastika na osnovi pomarančnih olupkov, ki je hkrati privlačna za oko in prijetnega vonja.

Iz vidika uporabnosti embalaže pa so pri izberi prav gotovo najpomembnejše mehanske lastnosti bioplastike.

Trša in kompaktnjša embalaža je običajno narejena iz materialov z visoko gostoto (Santana, Silva, Santana, 2021), zato bi bila za njihovo izdelavo najprimernejša bioplastika z dodatkom jajčnih lupin. Za izdelavo vrečk običajno uporabljamo plastiko z nižjo gostoto. Kot najboljša izbira se je v tem primeru izkazala bioplastika z dodatkom bananinih olupkov.

Predvidevale smo, da bo dodatek odpadnega papirja in bombažnih vlaken izboljšal mehanske lastnosti in odpornost bioplastike na vodo. Izkazalo se je, da je dodatek vlaken močno povečal trdnost bioplastike brez dodanih bioloških odpadkov in bioplastike z dodatkom bananinih olupkov. Trdnost pa se je zmanjšala v primeru bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov in jajčnih lupin.

Bioplastiki z dodatkom jajčnih lupin in pomarančnih olupkov sta bili v osnovi trdi, bioplastika z dodatkom bananinih olupkov pa mehka. Ugotovile pa smo, da se je z dodatkom bananinih in pomarančnih olupkov povečala natezna prožnost bioplastike. Bananini in pomarančni olupki vsebujejo namreč veliko celuloznih vlaken, ki povečajo prožnost. Pomarančni olupki poleg tega vsebujejo še veliko pektina, ki daje plastiki potrebno trdnost. Eterična olja olja v lupini pa delujejo kot mehčalo. Rezultati kažejo, da je prožnost bioplastike bolj odvisna od organskih dodatkov kot dodatka papirja in tekstilnih vlaken. Rezultati so pokazali, da bi bila za tršo embalažo najprimernejša izbira bioplastike na osnovi jajčnih lupin, ki se je izkazala kot trda a hkrati odporna na obremenitve. Za izdelavo prožnejše embalažo (npr. plastičnih vrečk) pa bi bila najboljša izbira bioplastike z dodatkom pomarančnih olupkov in papirja, ki se je izkazala kot najbolj prožna a hkrati odporna na obremenitev.

V nadaljevanju raziskave nas je zanimal tudi vpliv organskih dodatkov na topnost bioplastike v vodi. Pomembno je, da je embalaža izdelana iz materialov, ki so odporni na vodo. To je ključnega pomena npr. pri shranjevanju živil.

Ugotovile smo, da dodatek pomarančnih in bananinih olupkov močno poveča absorpcijo vode, dodatek jajčnih lupin pa jo zmanjša. Bananine lupine vsebujejo kar 40% škroba, ki ima to lastnost, da močno vpija vodo. Dodatek papirja in bombažnih vlaken pa ni imel bistvenega

vpliva na topnost bioplastike v vodi. Kot najmanj topna se je izkazala bioplastika na osnovi škroba z dodatkom tekstilnih vlaken.

Našo hipotezo, da bo dodatek odpadnega papirja in bombažnih vlaken izboljšal mehanske lastnosti in odpornost bioplastike na vodo lahko tako le delno potrdimo.

Za konec pa nas je zanimal še ekološki vidik in vpliv plastike na okolje po uporabi. Predvidevale smo, da je bioplastika dober nadomestek plastike, saj je biorazgradljiva.

Različnim vrstam bioplastike smo merile maso po 3, 6, 9, 12 in 15-ih dneh v prsti. Masa se je po prvi meritvi vsem vrstam bioplastike najprej povečala, kar lahko razložimo z absorbcijo določenega deleža vode. Ena glavnih makromolekul, pridobljenih iz sadnih in zelenjavnih odpadkov in uporabljenih za proizvodnjo bioplastike, je celuloza. Ta se nahaja predvsem v bananinih in pomarančnih lupinah. Bananine lupine vsebujejo velike količine škroba. Bioplastika z veliko vsebnostjo škroba pa močno vpija vodo.

Ugotovile smo, da dodatek bananinih olupkov močno pospeši proces razgradnje, saj so se vsi trije vzorci popolnoma razgradili. Do popolne razgradnje je prišlo še v primeru bioplastike z dodatkom jajčnih lupin. Opazile smo tudi, da so vsi ti vzorci absorbirali manjše količine vode. Dodatek bombažnih, še bolj izrazito pa celuloznih vlaken pa proces razgradnje močno upočasnila. Iz ekološkega vidika je torej najprimernejša uporaba bioplastike z dodatkom bananinih olupkov. Našo hipotezo o biorazgradljivosti bioplastike tako lahko potrdimo.

Predvidevale smo, da ima bioplastika ustrezne mehanske lastnosti za izdelavo embalaže. Ugotovile smo, da lahko iz bioplastike izdelamo vrečke, tako da večji kos bioplastike zašijemo. Poleg tega smo izdelale enostavno embalažo (škatlice, posodice). Zavedamo se, da kljub biorazgradljivosti bioplastike, le-te ne moremo brezbrizno odlagati v naravo. Poskusile smo izdelati tudi vrečko iz bioplastike z dodatkom travnih semen, saj bi lahko v primeru, ko takšna plastika konča v naravi, iz semen vzklile rastline. Našo hipotezo lahko tako potrdimo, saj se je izkazalo, da je bioplastika primerna za izdelavo embalaže.

Na osnovi rezultatov naše raziskave se je pokazalo, da bi bila bioplastika z dodatkom jajčnih lupin dobra izbira za proizvodnjo trše embalaže npr. za shranjevanje hrane. Tovrstna plastika je vizualno privlačna, brez vonja, je trša, odporna na obremenitve in vodo. Primerna je tudi iz okoljskega vidika, saj se je zelo hitro biorazgradila. Za izdelavo vrečk pa bi bila najboljša izbira bioplastika z dodatkom pomarančnih olupkov in papirja. Je hkrati privlačna za oko in prijetnega vonja, je lahka, prožna a hkrati odporna na obremenitev. S stališča varovanja okolja pa bi bila boljša izbira bioplastika z dodatkom bananinih olupkov, ki je dobro biorazgradljiva.

Zaključimo lahko, da je bioplastika dobra alternativa tradicionalni plastiki. Ugotovili smo, da je njena izdelava enostavna in cenovno ugodna, bioplastika je biorazgradljiva, uporablja naravne vire in tako lahko pomembno prispeva k zmanjšanju onesnaževanja okolja. Z biorazgradljivostjo bi drastično zmanjšali količine plastičnih odpadkov, ki se razkrajajo tudi po več tisoč let in zastrupljajo organizme. Poleg tega, če bi npr. vrečka iz tega materiala pristala v naravi ali v oceanu, bi se hitro razgradila in ne bi pustila škodljivih posledic.

Najbolj razširjeni material za proizvodnjo bioplastike je termoplastični škrob, kar je tudi eden glavnih očitkov proizvajalcem bioplastike, saj se material pridobiva iz hrane, ki je marsikje po svetu primanjkuje. Menimo, da je pridobivanje bioplastike iz odpadnih organskih materialov alternativa pridobivanju bioplastike iz kmetijskih rastlin, ki so drugače namenjene proizvodnji hrane. Po podatkih Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO) se vsako leto po svetu zavrže približno 1,3 milijarde ton hrane v vseh fazah verige preskrbe s hrano, kar predstavlja okoli 30 % pridelane hrane. Odlaganje bioloških odpadkov na odlagališčih prinaša številne neželene rezultate, kot so emisije toplogrednih plinov in onesnaženje podtalnice. Z uporabo biološko razgradljive bioplastike na osnovi bioloških odpadkov bi lahko bistveno pripomogli k zmanjšanju količine teh odpadkov.

Menimo, da bi uporaba organskih odpadkov iz gospodinjstev za proizvodnjo plastike predstavljala velik ekonomski in okoljski potencial. Bioplastika bi lahko nadomestila številne izdelke za enkratno uporabo in hkrati pripomogla k manjšemu onesnaženju s plastiko.

Zavedamo se, da bioplastika ne more nadomestiti vseh vrst plastike, npr. plastike, ki zahteva dolgo življenjsko dobo in visoko temperaturno odpornost (npr. v avtomobilski industriji), bi bila pa lahko dobra alternativa na številnih drugih področjih npr. pri izdelavi igrač, mogoče tudi filamentov za 3D tiskalnike.

Naša raziskava ima tudi omejitve. Bioplastika, ki smo jo izdelali potrebuje še dodatne izboljšave, smiselno bi bilo preizkusiti tudi različne recepture za pripravo bioplastike, da bi lahko izdelali optimalne različice, ki bi bile širše uporabne. Poleg tega bi bilo potrebno za večjo veljavnost rezultatov, eksperimentalno delo izvesti pod bolj kontroliranimi laboratorijskimi pogoji. V naši raziskavi smo se poslužili šolskih prostorov in pripomočkov, ki so nam bili na voljo.

6 VIRI IN LITERATURA

Adeodato V., da Silva, M.G., dos Santos, M.A., Beppu, L.O. *Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review*. EUR POLYM, 2011, 47(3), str. 254-263.

Bauman, K. *Ekoinovacije: primer bioplastike*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Ekonomska Fakulteta, 2008.

Evropska Agencija za okolje. Kako zeleni so najnovejši biološko razgradljivi plastični proizvodi, ki jih je mogoče kompostirati in so proizvedeni na biološki osnovi? 2020. (citirano 11.3.2023). Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/sl/articles/kako-zeleni-so-najnovejsi-biolosko>

Evropska Agencija za okolje: Okoljska in podnebna skrb: kako lahko Evropa obrne trenutni trend? 2021. (citirano 11.3.2023). Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/sl/highlights/plastika-vse-bolj-pereca-okoljska>

Jethoo, A.S. *Effect of fiber reinforcement on tensile strength and flexibility of corn starch-based bioplastic*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 652. 2014 . (citirano 24. 1. 2023) Dostopno na: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/652/1/012035>

Kaseem, M., Hamad, K., Deri, F. *Thermoplastic starch blends: A review of recent works*. POLYM SCI SER A+, 2012, 54(2), str.165-176.

Kržan A. *Bioplastika – priložnost za prihodnost: projekt Plastice*. 2014 (citirano 24. 1. 2023) Dostopno na: https://issuu.com/plasticeproject/docs/sl_bioplastics_final

Ma, X.F., Yu, J.G. *The effects of plasticizers containing amide groups on the properties of thermoplastic starch*. Starch-Starke, 2004, 56(11), str. 545-551.

Mueller R. Biological degradation of synthetic polyesters – enzymes as potential catalysts for polyester recycling. Process Biochemistry, 2004, 41 (10), str. 2124-2128.

Peternelj, A. *Bioplastika – eksperimentalno delo v šolskem laboratoriju*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, 2014.

Plastics – the Facts 2022 An analysis of European plastics production, demand and waste data. (citirano 7.2.2023). Dostopno na : <http://www.plasticseurope.org/>

Santana, A.A., Silva, D., Santana, D.S. *Bioconversion of Food Waste into Bioplastics*. Sustainable Bioconversion of Waste to Value Added Products: Advances in Science, Technology & Innovation, 2021, str.1-17.

Slapničar, M., *Kemija 9: samostojni delovni zvezek s poskusi za kemijo v devetem razredu osnovne šole*. Ljubljana: Mladinska knjiga, 2022.

Smits, A., Kruiskamp P.H., van Soest J.J.G., Vliegthart J.F.G. *Interaction between dry starch and plasticisers glycerol or ethylene glycol, measured by differential scanning calorimetry and solid state NMR spectroscopy*. Carbohydrate Polymers, 2003, 53(4), str. 409-416.

Smrdu, A., *Od molekule do makromolekule*. Učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole. Ljubljana: Jutro, 2013.

Šprajcar, M., Horvat, P., Kržan, A. *Biopolimeri in bioplastika. Plastika skladna z naravo. Informacijsko – izobraževalno gradivo za profesorje in laborante kemije na osnovnih in srednjih šolah*. Ljubljana, Kemijski inštitut, 2012.

T. Mekonnen, P. Mussone, H. Khalil, D. Bressler *Progress in bio-based plastics and plasticizing modifications*. J Mater Chem A, 2013, 1 (43), str.. 13379-13398

Yamada, M., Morimitsu, S., Hosono, E. *Preparation of bioplastic using soy protein*. International Journal of 1565 Biological Macromolecules, 2020, 149, str. 1077–1083.

Yang, J., Ching, Y.C., Chuah, C.H. *Applications of lignocellulosic fibers and lignin in bioplastics: A review*. Polymers, 2019, 11(5), st.751-755.

VIRI SLIK:

Slika 1: Pridobljeno 27. 1. 2023, s https://www.konopko.si/files/file/Bioplastika-skladna-z-naravo_gradivo-za-sole.pdf

Slika 2: Pridobljeno 27. 1. 2023, s <https://www.jbtc.com/plant-based-protein/blog/minimizing-microplastics-in-the-food-processing-line/>

Slika 3: Pridobljeno 12. 12. 2023, s <https://debrisfreeoceans.org/plastic-food-web>

Slika 4: Pridobljeno 18. 12. 2022, s Bioconversion of Food Waste into Bioplastics (researchgate.net)

Slika 5: Pridobljeno 23. 2. 2023, s <https://alchetron.com/Amylopectin#amylopectin-15707d8c-9d78-4eaa-b61b-26f3928d46f-resize-750.jpeg>

Slika 6: Pridobljeno 10. 1. 2023, s https://www.researchgate.net/figure/Hydrothermal-changes-of-starch-granules-occurred-during-conventional-bread-baking-I_fig3_352697267

Slika 7: Pridobljeno 7. 1. 2023, s <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18305816>

Slika 8: Pridobljeno 10. 12. 2022, s www.aib-vincotte.com