



Raziskovalna naloga

DROBNA NEVARNOST V PRSTI

(Določanje mikroplastike v prsti)

Raziskovalno področje: ekologija z varstvom okolja

Avtorja:

Lia Nardin Bizjak in Jakob Kralj

Mentorici:

- dr. Franja Prosenc
- Livija Komel Konjedic, predmetna učiteljica kemije in biologije

Lektorica: mag. Mateja Hočevar Gregorič

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA	4
POVZETEK.....	5
ABSTRACT.....	5
1 UVOD.....	6
1.1 Raziskovalni vprašanji.....	6
1.2 Hipotezi.....	7
2 TEORETIČNI DEL	7
2.1 Od plastike do mikroplastike	7
2.2 Življenjski krog mikroplastike v prsti	8
2.3 Stanje na kmetijskih površinah.....	10
2.4 Stanje na naši čistilni napravi	11
3 EKSPERIMENTALNI DEL	15
3.1 Vrste mikroplastike.....	15
3.2 Pripomočki za eksperimentalno delo	16
3.3 Sejalna analiza	16
3.4 Ločevanje delcev MP na osnovi gostote	17
4 REZULTATI	20
4.1 Ločevanje MP na osnovi gostote (ali kaj potone, kaj lebdi in kaj plava)	20
4.1.1 MP-delci v vodi	20
4.1.2 MP-delci v nasičeni raztopini sladkorja	21
4.1.3 MP-delci v nasičeni raztopini cinkovega klorida	21
4.2 Ekstrakcija MP iz prsti na osnovi gostote	22
4.3 Analiza realnih kompostov	26
5 RAZPRAVA	28
5.1 Ločevanje MP na osnovi gostote (ali kaj potone, kaj lebdi in kaj plava)	28
5.2 Ekstrakcija MP iz prsti na osnovi gostote	28
5.3 Analiza realnih kompostov	28
6 ZAKLJUČEK.....	29
7 LITERATURA.....	30

Kazalo slik

SLIKA 1: PLASTIKA, NAPLAVLJENA IZ MORJA NA OBALO	7
SLIKA 2: KROŽENJE MP V KOPENSKEM EKOSISTEMU	9
SLIKA 3: DIVJA ODLAGALIŠČA PLASTIČNIH ODPADKOV V NARAVI.....	10
SLIKA 4: BAZEN ZA MEHANSKO ČIŠČENJE IN ODSTRANJENI ODPADKI PO PRVEM MEHANSKEM ČIŠČENJU	11
SLIKA 5: MAŠČOBOLOVILEC IN PESKOLOV OMOGOČATA LOČEVANJE MAŠČOBE IN PESKA	12
SLIKA 6: SUŠENJE BLATA V STISKALNICI S FILTRI	12
SLIKA 7: BAZEN Z AKTIVNIM BLATOM (LEVO) IN PREČIŠČENA VODA (DESNO)	13
SLIKA 8: OSTANKI MP V AKTIVNEM BLATU	14
SLIKA 9: NAJPOGOSTEJŠE VRSTE PLASTIKE IN NJIHOVI DELCI	15
SLIKA 10: DELCI MP, UPORABLJENI V NAŠI RAZISKAVI	16
SLIKA 11: SEJALNA ANALIZA; SITO (LEVO), OSTANEK DELCEV MP PO SEJANJU (DESNO)	17
SLIKA 12: PLASTIKA, KI PLAVA NA MORJU.....	17
SLIKA 13: MERJENJE GOSTOTE VODE, NASIČENIH RAZTOPIN SLADKORJA IN CINKOVEGA KLORIDA	19
SLIKA 14: 5 VRST RAZLIČNIH DELCEV MP V VODI	20
SLIKA 15: 5 VRST RAZLIČNIH DELCEV MP V NASIČENI RAZTOPINI SLADKORJA	21
SLIKA 16: 5 VRST RAZLIČNIH DELCEV MP V NASIČENI RAZTOPINI CINKOVEGA KLORIDA	21
SLIKA 17: DELCI MP, DODANI VZOREC PRSTI	22
SLIKA 18: POSTOPEK LOČEVANJA DELCEV MP IZ PRSTI IN KOMPOSTOV	23
SLIKA 19: DELCI MP NA FILTRU V PRVEM POSKUSU	24
SLIKA 20: DELCI MP NA FILTRU V DRUGEM POSKUSU	24
SLIKA 21: OSTANKI VREČK, MIKROPLASTIKA IN MEZOPLASTIKA, IZ VZORCA KOMPOSTA 1	26
SLIKA 22: SEJALNA ANALIZA KOMPOSTA 1	27
SLIKA 23: SEJALNA ANALIZA KOMPOSTA 2	27

ZAHVALA

Zelo naju veseli raziskovanje, še posebej na področju kemije, biologije in ekologije, vendar nisva hotela ostati le pri želji po raziskovanju. Ker sva se hotela globlje poglobiti v problematiko okolja, sva si za raziskavo izbrala temo na osnovi mikroplastike. Za raziskovalno nalogu sva se odločila tudi, ker sva se že lela preizkusiti v resničnem delu v kemijskem laboratoriju. Še posebej se zahvaljujeva najini dragi učiteljici Liviji Komel Konjedic in raziskovalki dr. Franji Prosenc, ki sta nama pomagali priti do te izkušnje, ki je prerasla v čisto pravo delo in veselje.

POVZETEK

Mikroplastika (MP) je rezultat pretirane uporabe plastičnih materialov, saj si danes življenja brez plastike sploh ne predstavljamo več. Biološke odpadke včasih zbiramo v navadnih vrečkah, ki končajo kot delci MP. Pomembno je, da uporabimo metodo, s katero lahko na enostaven in hiter način ločimo delce MP in prst. Uporabila sva način ločevanja različnih vrst polimerov na osnovi gostote. Izbrala sva raztopino, v kateri vse vrste polimerov plavajo. To je bila nasičena raztopina cinkovega klorida. Uspešno sva ločila do 95 % delcev MP iz prsti. Metodo sva testirala tudi na realnih kompostih in našla delce MP v enem od treh vzorcev, kupljenih v trgovini.

Ključne besede: mikroplastika, ločevanje na osnovi gostote, štetje mikroplastike

ABSTRACT

Microplastic (MP) is the result of excessive use of plastic materials. Today we can no longer imagine our life without plastic. However, biological wastes are sometimes collected in ordinary bags that end up as MP particles. It is thus important to find a method that can easily and quickly separate MP particles from soil samples. The particles are counted to prevent excessive plastic input to the agricultural land. Different plastics have different densities, so we had to find a saline solution in which all types of plastics float. This solution is zinc chloride. With this solution we successfully extracted up to 95% of MP particles from the soil in a few attempts. At the end of our research, we also tested this method on real composts. In fact, we have found MP particles in one of three store-bought samples.

Key words: microplastics, density separation, microplastics counting

1 UVOD

Plastika je snov, ki jo danes srečamo povsod. Največ plastike izdelujemo za potrebe embalaže (40 %), v gradbeništvu (20 %), v proizvodnji avtomobilov (10 %), za elektroniko in gospodinjstvo (10 %), ostalo predstavljajo potrebe v kmetijstvu in druge dejavnosti (Leban, 2021). Ljudje po uporabi plastične odpadke zbiramo v posebnih kontejnerjih, včasih pa se zaradi naše malomarnosti znajdejo tudi v naravi. Po evropskem poročilu v Sloveniji ponovno uporabimo 40 % plastičnih odpadkov za energijo, 30 % za reciklažo, 30 % pa se jih odloži na odlagališčih (Plastics Europe, 2020). Kljub vsem naporom ozaveščanja in različnim kampanjam se $\frac{1}{4}$ plastike odlaga in prav v tem je glavna težava.

Ko plastika konča v okolju, je izpostavljena soncu, dežju, vetru, ki povzročijo staranje plastike. Tako plastika postane krhka in lomljiva in se začne drobiti na manjše delce. To vodi k nastanku mikroplastike (MP), ki se kopiči ne samo na površini, temveč tudi v potokih, rekah in na koncu v morju.

Težave, ki jih plastika prinaša v vodnjem okolju, so znane. Številni morski organizmi se zaradi MP zastrupljajo. Požrejo delce, ker mislijo, da so ujeli svoj plen. V njihovem telesu se MP zbira, ker je telo ne more prebaviti. Znani so primeri hiranja rib, ki so imele želodčke polne MP in so tako imele lažni občutek sitosti.

Akumulacija MP v prsti je področje, ki je bistveno manj raziskano v primerjavi z delci MP v morju. Večina mikroplastike prihaja na komunalne čistilne naprave (KČN) z gospodinjsko odpadno vodo, ki prinaša MP iz kozmetičnih izdelkov ter sintetična vlakna iz pralnih strojev. V iztoku iz KČN naj delcev MP ne bi bilo. Med procesom čiščenja vode večina MP (do 99 %) ostane v aktivnem blatu, ki se lahko uporablja za gnojenje kmetijskih površin. Kmetijske površine gnojimo na različne načine; s kompostom, s hlevskim gnojem, mineralnimi gnojili ...

Po drugi strani MP v prsti spreminja njeno naravno sestavo in odpornost. Prst, ki vsebuje veliko MP, manj zadržuje vodo, kar vodi v pretirano izsuševanje polj in slabšo rast rastlin. Problematika akumulacije MP v prsti je področje, ki še ni raziskano v podrobnosti (Prosenc, 2021), zato ne vemo, kakšne bodo daljnosežne posledice. V prst plastika v kmetijstvu zaide v glavnem na dva načina, in sicer z uporabo zaščitnih folij (seno, vrtnarije, rastlinjaki) in z gnojenjem z aktivnim blatom iz čistilnih naprav ali kompostom iz bioloških komunalnih odpadkov.

1.1 Raziskovalni vprašanji

V sklopu raziskovalne naloge sva si postavila dve raziskovalni vprašanji:

1. Ali obstaja metoda, ki bi omogočila enostavno določitev količine mikroplastičnih (MP) delcev v prsti in bi jo bilo možno vključiti v šolsko okolje?
2. Ali kupljeni komposti, ki jih dodajamo prsti za izboljšanje rodovitnosti, vsebujejo MP?

1.2 Hipotezi

Po pogovoru z raziskovalci na Zdravstveni fakulteti Univerze v Ljubljani in po obisku Centralne čistilne naprave Ajdovščina sva oblikovala dve trditvi, ki ju lahko strneva v dve hipotezi:

Hipoteza 1: Obstaja enostavnejša metoda določanja delcev MP od zamudne metode iskanja delcev pod lupo in mikroskopom.

Hipoteza 2: Komposti ne vsebujejo MP-delcev.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Od plastike do mikroplastike

Sodobni človek porabi ogromne količine plastike. Plastiko pridobivamo iz srove nafte s postopkom polimerizacije. Pri tem nastanejo polimeri – snovi iz zelo dolgih oz. velikih molekul – makromolekul. Večino teh, ki jih lahko ob segrevanju oblikujemo in tudi ponovno uporabimo, imenujemo plastomeri oziroma termoplasti.

Plastika je trpežna in kemično inertna, zato se razgrajuje zelo počasi. Odpadna plastika tako predstavlja velik delež odpadkov, ki jih človeštvo iz dneva v dan kopiči. Ocenjujejo, da samo v morje odložimo do 20 ton plastike letno, ki se nato v določeni meri naplavi na obale (slika 1).



*Slika 1: Plastika, naplavljena iz morja na obalo
(<https://metinalista.si/wp-content/uploads/2019/02/plastika-1024x682.jpg>)*

Plastika se v naravi ne razgradi, temveč le razpada na vedno manjše delce. Delce velikosti od 300 mikrometrov do 5 milimetrov imenujemo mikroplastika (MP). Ta je postala sodobno onesnaževalo, ki ga je z naraščajočo proizvodnjo plastičnih izdelkov v naravi vedno več. Ločimo primarno in sekundarno MP. Primarna MP je tista, ki jo načrtovano proizvajajo v velikosti manj kot 5 mm. Sem uvrščamo plastične pelete (osnovna surovina za plastične izdelke) in delce (dodatek abrazivnim sredstvom,

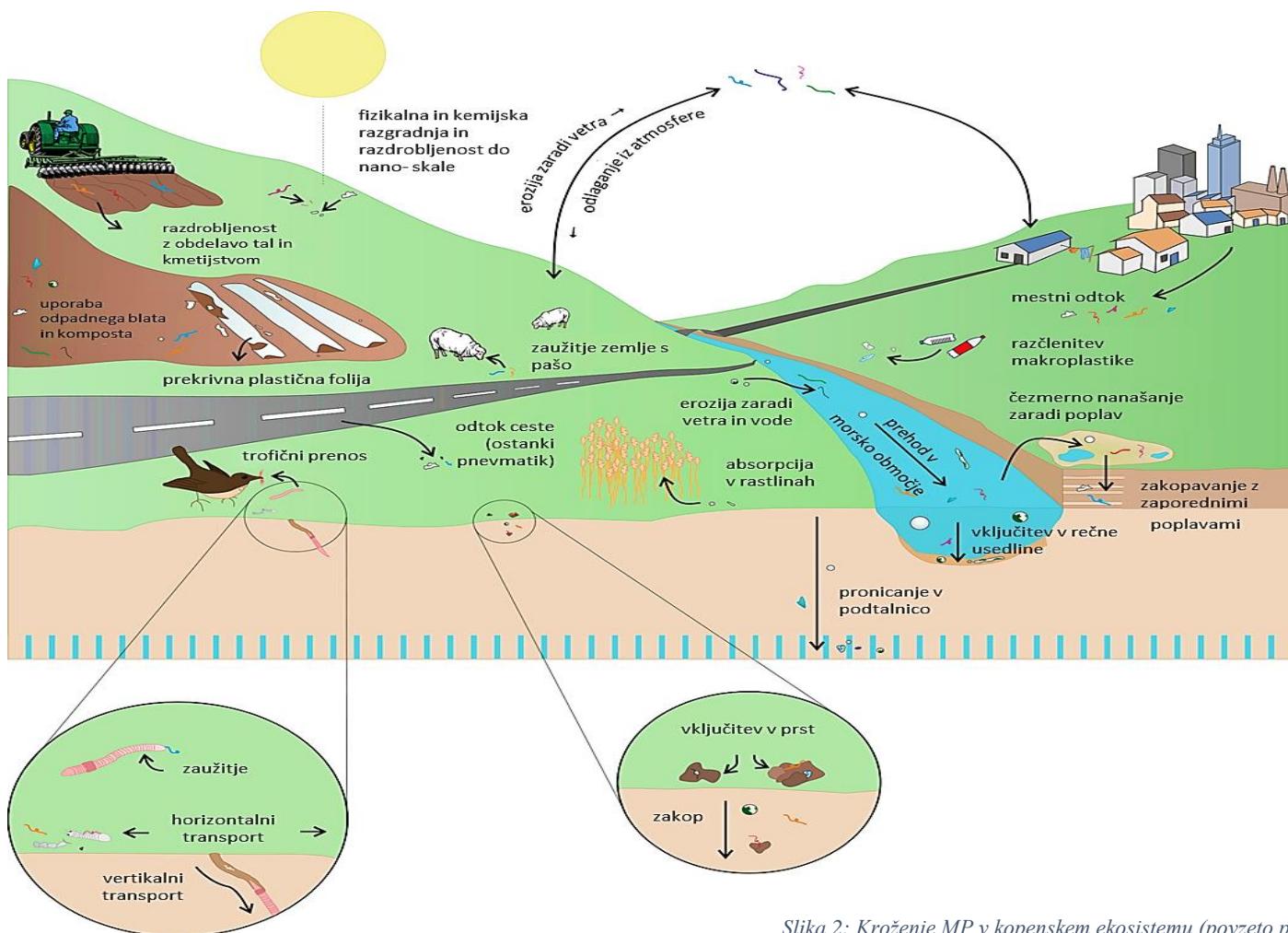
dodatek kozmetičnim izdelkom). Sekundarna MP pa je tista, ki nastane z razpadom večjih plastičnih kosov pod naravnimi pogoji zaradi nepravilnega odlaganja odpadkov (Prosenc in sod., 2021).

MP je rezultat pretirane uporabe plastičnih materialov, saj si danes življenja brez plastike sploh ne predstavljamo več. Uporabljamo jo vsak dan, bolj ali manj povsod. Na primer, če imate kuhalnico ali desko za rezanje iz plastičnega materiala, kmalu opazite, da je po določenem času kuhinjski pripomoček obrabljen in ga je na določenih mestih malo manj, kar pomeni, da smo določene dele odrezali ter ob tem tvorili kar nekaj delcev MP. Drugi domači primer MP so vlakna iz sintetičnih oblačil (poliester, poliamid, elastan ...) (Leban, 2021). Prah pod posteljo, kavčem, v kotu vsebuje mnogo drobcev plastike. Plastične delce so našli že tudi v človeških iztrebkih ter v pljučih, kar nakazuje, da jo bodisi vdihnemo ali zaužijemo. Našli so jo v prsti, zraku in morju, in prav končna postaja večine MP-delcev je morje, zato je jasno, da je stanje MP v morju bolj raziskano v primerjavi s kopnimi ekosistemi, ki so zanimali naju.

2.2 Življenjski krog mikroplastike v prsti

Glavne vire MP v kopenskih ekosistemih, točneje v prsti, lahko bolj slikovito prikažemo s spodnjo sliko 2 (Leban, 2021). To so plastične vrtne zaščitne folije, divja odlagališča, nenadzorovano odlaganje plastike s strani posameznikov, uporaba odpadnega blata iz komunalnih čistilnih naprav (KČN) in komposta kot gnojila v kmetijstvu, namakanje obdelovalnih površin z odpadno vodo, komunalne odpadne vode in površinski odtoki s cest, poplave in prenos iz ozračja ter drobljenje odpadkov. Ker se zaščitne folje na poljih strgajo na manjše kose, jih večina kmetov ne pobira. Zato se z vsakim letom kopijo.

Velik problem predstavlja, da nimamo zakonodaje o MP-vsebnosti v aktivnem blatu, ampak le pravilo o količini kovin v njem (Mislej in Grilc, 2016). Po zadnjih raziskavah obstajajo ocene, ki kažejo na porast delcev MP v kmetijskih površinah. Koncentracije MP v prsti se gibljejo med 0,1 in 10 % v suhi snovi. Razlika med neokrnjenim in industrijskim zemljiščem je lahko 1000-kratna (Leban, 2021).



Slika 2: Kroženje MP v kopenskem ekosistemu (povzeto po Leban, 2021)

2.3 Stanje na kmetijskih površinah

Odlagališča niso končna postaja odpadkov. Tam odložena plastika bo ostala z nami stoletja. Slabše primere divjih odlagališč, ki jih narava s svojim delovanjem poskuša prekriti in razgraditi, vidimo na sliki 3.



Slika 3: Divja odlagališča plastičnih odpadkov v naravi

V zadnjem času poskušamo količino odloženih odpadkov zmanjšati tako, da se jih ponovno uporabi. Kar je za neko panogo odpad, je lahko za drugo vir. Temu pravimo krožno gospodarstvo. Tako smo v zadnjem času priča številnim poskusom ponovne uporabe izdelkov, materialov in snovi. Enako velja za kmetijstvo, kjer se promovira ponovno uporabo vode in gnojil. Razvite države (EU, ZDA, Kitajska) tako spodbujajo, da se aktivno blato, ki ga proizvedemo pri čiščenju komunalnih odpadnih vod, ponovno uporabi kot gnojilo za kmetijske površine. Seveda velja zopet poudariti, da tako blato ne sme vsebovati zdravju škodljivih in nevarnih snovi (industrijske vode). Poleg tega se spodbuja tudi uporaba komposta iz ločeno zbranih bioloških odpadkov za namene gnojenja kmetijskih površin.

Trenutno pa ne posvečamo dovolj pozornosti količini delcev MP v blatu in kompostu. Pri zbiranju in kompostiranju bioloških odpadkov namreč prihaja zaradi neprimerne uporabe plastičnih vrečk do obremenjevanja komposta z delci MP (Prosenc in sod., 2021). Pri dodatnem dognojevanju polj s kompostom ali aktivnim blatom, ki vsebuje delce MP, se tako kopijo zaloge plastike na poljih.

2.4 Stanje na naši čistilni napravi

Zanimala naju je splošna količina plastike in MP na Centralni čistilni napravi v Ajdovščini (s splošnim imenom komunalna čistilna naprava – KČN). V sklopu raziskovalne naloge sva jo obiskala in spoznala, kako čistijo vodo, kakšne odpadke naplavi in kaj naredijo z aktivnim blatom. Vloga čistilne naprave je čiščenje komunalne vode, ki vsebuje odpadno vodo iz gospodinjstev in industrije s tega področja. KČN povprečno prečisti 60 % industrijskega (Fractal, Leone, Tekstina) in 40 % gospodinjskega dela (40.000 ljudi) odpadne vode.

Čiščenje poteka po delih. Začetna postaja čistilne naprave je mehansko čiščenje vode. Tukaj so grablje, te zadržijo veče kose odpadkov, ki plavajo v odpadni vodi. To so kosi plastike, vrečk, veje, odpadni tekstil ... (slika 4) Ob večjih nalivih, ko se v komunalno vodo primeša deževnica, je mehansko čiščenje slabše.



Slika 4: Bazen za mehansko čiščenje in odstranjeni odpadki po prvem mehanskem čiščenju

V nadaljevanju iz odpadne vode odstranijo maščobe in pesek. Maščobe priplavajo na površino, kjer jih posebno strgalo odstrani, na dnu pa ostane pesek, ki se zbere v peskolovu (slika 5).



Slika 5: Maščobolovilec in peskolov omogočata ločevanje maščobe in peska (Foto: Lia in Jakob)

Naslednja postaja je gnilišče. V gnilišču odvečno aktivno blato gniye 14 dni. Pri gnitju pa se ustvari tudi plin metan, ki ga ponovno uporabijo za energijo in oskrbo KČN. Aktivno blato, ki ga dobimo pri čiščenju vode, je treba pred odlaganjem skrčiti, da ima čim manjšo maso in prostornino. V ta namen aktivno blato izsušijo v stiskalnici, kjer posebne prepustne vreče napolnijo z blatom, stiskalnica pa poskrbi, da iz vreč odteče odvečna voda (slika 6). Na ta način blato zgostijo, da zavzame čim manj prostora, in ga v nadaljevanju uporabijo tudi kot gnojilo ali posušenega zažgejo.



Slika 6: Sušenje blata v stiskalnici s filtri (Foto: Lia in Jakob)

Aktivno blato nastane v drugih bazenih, ko se po vnosu začetne kulture mikroorganizmov (sestavljajo jih bakterije, alge, kvasovke) ti s pomočjo vpihanega kisika razmnožijo. Za rast in razvoj potrebujejo hrano, ki jo dobijo v obliki raztopljenih snovi v odpadni vodi. Njihovo razraščanje pomeni črpanje odpadnih snovi iz komunalne vode in posledično njen očiščenje. Po nekaj dneh gre ta voda naprej v naslednji bazen, kjer se aktivno blato (rjavci kosmiči) usede na dno, čista voda pa odteče naprej v reko Hubelj. Večina aktivnega blata gre nato nazaj na stiskalnico, del pa ponovno v bazen za čiščenje nove odpadne vode (slika 7).



Slika 7: Bazen z aktivnim blatom (levo) in prečiščena voda (desno) (Foto: Lia in Jakob)

Večina MP prihaja na KČN z gospodinjsko odpadno vodo, ki prinaša MP iz kozmetičnih izdelkov ter sintetična vlakna iz pralnih strojev. Deževnica spira MP iz obrabljenih gum s ceste ter koščke folij iz kmetijskih zemljišč, narasle vode pa prinašajo plastiko tudi z divjih odlagališč. Največ, kar do 45 % MP, se odstrani v fazi predčiščenja, medtem ko primarno čiščenje odstrani med 63 in 78 %, sekundarno pa do 98 % MP (SDZV). V iztoku iz KČN ni MP, kar potrjuje da se med procesom čiščenja vode večina MP (do 99 %) akumulira v aktivnem blatu.

Na komunalni čistilni napravi stalno nastaja odvečno aktivno blato, ki je velik okoljski in prostorski problem. Običajno odlaganje na deponije je omejeno, saj smo priča številnemu zapiranju odlagališč. Trenutne možnosti odlaganja v naravi vključujejo odlaganje na nekaterih področjih, ki so uničena zaradi industrije, prometa, npr. kamnolomi, glinokopi, stare industrijske cone, gradnja prometnic.

Odpadno blato iz čistilnih naprav zaradi svoje sestave, lastnosti in količine predstavlja velike možnosti za gnojenje prsti ali suho za kurjenje pod pogojem, da ni preveč obremenjeno z določenimi onesnažili (Mislej & Grilc, 2016). Novodobno onesnažilo pa so tudi delci MP (slika 8).



Slika 8: Ostanki MP v aktivnem blatu

(Foto: FKKT, Vir: <https://sdzy-drustvo.si/novice/komunalne-cistilne-naprave-pomembni-vir-mikroplastike-v-povrsinskih-vodah/>)

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Vrste mikroplastike

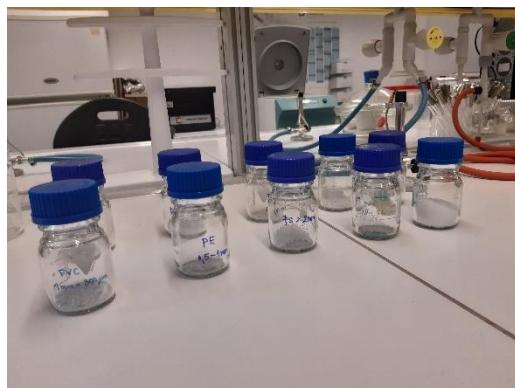
Nepravilno odlaganje plastičnih odpadkov v naravi vodi v njihovo propadanje na manjše delce MP. Zato sva izbrala 5 najpogostejših vrst polimerov, na katerih sva testirala izbrano metodo. Ti se tudi najpogosteje pojavljajo v okolju kot MP. Najpogosteje uporabljene vrste plastike so: polietilen (PE), polistiren (PS), polipropilen (PP), polivinilklorid (PVC) in polietilen tereftalat (PET) (PlasticsEurope, 2020) (slika 9).

Polietilen (PE) 	Plastična folja iz polietilena https://i.serruriershouilles.fr/img/6dbbe8c89bc1b909db141fc0a61e3f.jpg	
Polistiren (PS) 	Stiroporne plošče iz polistirena https://md.all.biz/img/md/catalog/159598.jpeg	
Polipropilen (PP) 	Slamice iz polipropilena https://lh3.googleusercontent.com	
Polivinilklorid (PVC) 	Cevi za kanalizacijo iz polivinilklorida https://i.pro-nakladatele.cz/img/e904afbf3ad95ddec9f1c7eda6d92.jpg	
Polietilen tereftalat (PET) 	Plostenke iz PET-a https://www.okay.si/wp-content/uploads/2015/10/Plastic-Bottles-iStock-926200658-.jpg	

Slika 9: Najpogostejše vrste plastike in njihovi delci (Foto: Lia in Jakob)

3.2 Pripravo za eksperimentalno delo

MP-delce (slika 10) sva dobila v laboratoriju s pomočjo mletja realnih plastičnih izdelkov in sejalne analize. Sejalna analiza nam omogoča, da z uporabo sit delce presejemo na manjše delce, ki sva jih uporabila kot delce MP z določeno velikostjo pri nadalnjem eksperimentalnem delu.



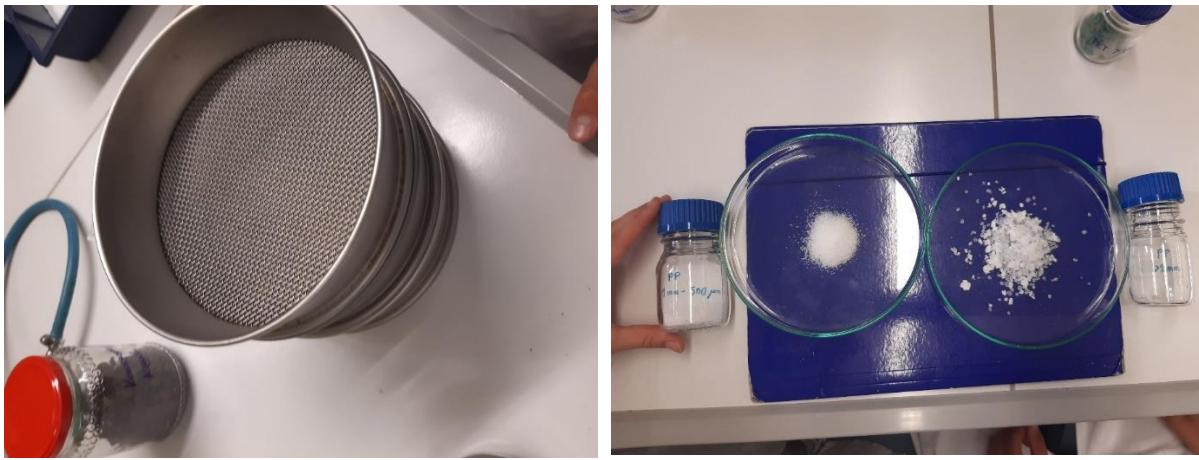
Slika 10: Delci MP, uporabljeni v naši raziskavi (Foto: Jakob in Lia)

Za delo sva uporabila še ostali laboratorijski pribor:

- merilne valje;
- gostotomer;
- urna stekla;
- vodno črpalko;
- presesalno bučo z nastavkom za filtriranje;
- filter papir;
- pinceto;
- sita velikosti 2 mm, 1 mm, 0,5 mm (slika 11);
- tehtnico;
- centrifugirke, centrifugo;
- kapalke;
- lupo.

3.3 Sejalna analiza

S pomočjo sit ločimo delce MP na makroplastiko (večji kosi plastike), mezoplastiko (od 5 do 2 mm) in mikroplastiko (manjšo od 1 mm) (slika 11). Sita nastavimo tako, da nam večji (5 mm) delci ostanejo na situ, manjši se presejejo na spodnje (2 mm situ), še manjši pa padejo na tretje. Na zadnjem situ ostanejo delci velikosti 1 mm.



Slika 11: Sejalna analiza; sito (levo), ostanek delcev MP po sejanju (desno) (Foto: Jakob in Lia)

3.4 Ločevanje delcev MP na osnovi gostote

Z ogledom različnih poljudnoznanstvenih oddaj na temo MP sva spoznala, da odpadna plastika plava na morski površini ali lebdi v morju (slika 12).



Slika 12: Plastika, ki plava na morju.

Primer velikega plastičnega otoka (levo; http://b.parsons.edu/~pany468/parsons/political_website/source2/index.html) in plastika, ki lebdi (desno; <https://www.dailysabah.com/life/environment/record-microplastic-density-found-on-mediterranean-seabed>)

Od tod ideja, da bi lahko MP-delce ločevala na osnovi različnih gostot. Sklepala sva, da imajo različne vrste plastike različno gostoto od morske vode, zato nekateri delci plavajo na površini, drugi lebdijo, eni pa celo potonejo. Poiskala sva podatke o gostoti morske vode (od 1,02 do 1,03 g/cm³), vode (1,00 g/cm³) in plastike, ki sva jo preučevala (Leban, 2021) (tabela 1). Ugotovila sva, da ima najmanjšo gostoto PP, največjo pa PET.

Tabela 1: Ločevanje delcev MP na osnovi gostote

POLIMERI	SUROVINA	VELIKOST mm	GOSTOTA g/cm ³
PP	Granulat Golias	1–2	0,85–0,88
PE	Zamašek od mineralne vode	1–2	0,92–0,96
PS	Granulat Golias	1–2	1,04–1,10
PVC	Plastična ovojnina tablet	1–2	1,38–1,40
PET	Plastenka od mineralne vode	1–2	1,33–1,48

Najboljša metoda ločevanja na osnovi gostote bi bila tista, ki bi omogočila čisto vsem delcem, da odplavajo na površje, od koder jih lahko zberemo. Vodne raztopine soli in polarnih spojin, ki se v vodi raztapljajo, imajo večje gostote od vode. Poiskala sva dve nasičeni raztopini, ki imata največjo možno gostoto, eno na osnovi sladkorja drugo pa na osnovi ZnCl₂. Pripravila sva po 100 mL nasičene raztopine sladkorja in ZnCl₂ ter vode. Z gostotomerom sva izmerila gostoto vseh treh tekočin (slika 13).



Gostota vode: $1,00 \text{ g/cm}^3$



Gostota nasičene raztopine sladkorja: $1,35 \text{ g/cm}^3$



Gostota nasičene raztopine cinkovega klorida: $1,60 \text{ g/cm}^3$

Slika 13: Merjenje gostote vode, nasičenih raztopin sladkorja in cinkovega klorida (Foto: Jakob in Lia)

4 REZULTATI

4.1 Ločevanje MP na osnovi gostote (ali kaj potone, kaj lebdi in kaj plava)

Ločevanje na osnovi gostote je najbolj razširjena in uporabljena metoda za ekstrakcijo MP iz prsti. Delce MP iz prsti ločimo na podlagi razlike v gostoti MP in uporabljene nasičene raztopine soli ali raztopine poljubne polarne spojine. Uporabimo lahko različne solne raztopine, od tega so najpogosteje uporabljene natrijev klorid (NaCl), kalcijev klorid (CaCl_2), natrijev jodid (NaI) in cinkov klorid (ZnCl_2) (Leban, 2021). Nasičene solne raztopine imajo različno gostoto, zato z raztopinami z nižjo gostoto ne moremo iz vzorcev pridobiti gostejše MP, kamor spadata PVC in PET.

Eksperiment ločevanja sva naredila stopenjsko (slike 14, 15 in 16). 5 vrst različnih delcev MP sva primešala vodi, nasičeni raztopini sladkorja in nasičeni raztopini cinkovega klorida.

4.1.1 MP-delci v vodi



Skoraj vsi delci MP so potonili (imajo večjo gostoto kot voda). Plavali so le delci PP in PE.

Ugotovitev: Voda ni primerna snov za ločevanje na osnovi gostote.

Slika 14: 5 vrst različnih delcev MP v vodi (Foto: Lia in Jakob)

4.1.2 MP-delci v nasičeni raztopini sladkorja



Večina delcev MP je lebdela (delci imajo podobno gostoto kot raztopina sladkorja). Delci PET so skoraj potonili.

Ugotovitev: Nasičena raztopina sladkorja ni primerna (ni dovolj gosta) za ločevanje delcev MP na osnovi gostote.

Slika 15: 5 vrst različnih delcev MP v nasičeni raztopini sladkorja (Foto: Lia in Jakob)

4.1.3 MP-delci v nasičeni raztopini cinkovega klorida



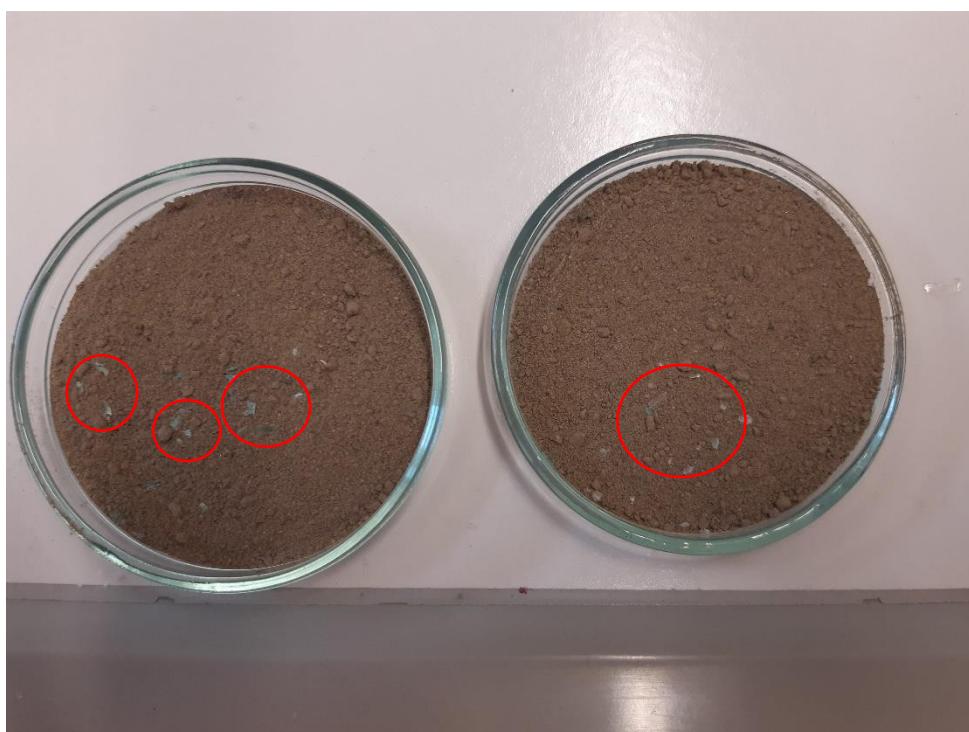
Vsi delci MP so plavali (delci imajo manjšo gostoto kot raztopina cinkovega klorida).

Ugotovitev: Nasičena raztopina cinkovega klorida je primerna za ločevanje na osnovi gostote.

Slika 16: 5 vrst različnih delcev MP v nasičeni raztopini cinkovega klorida (Foto: Lia in Jakob)

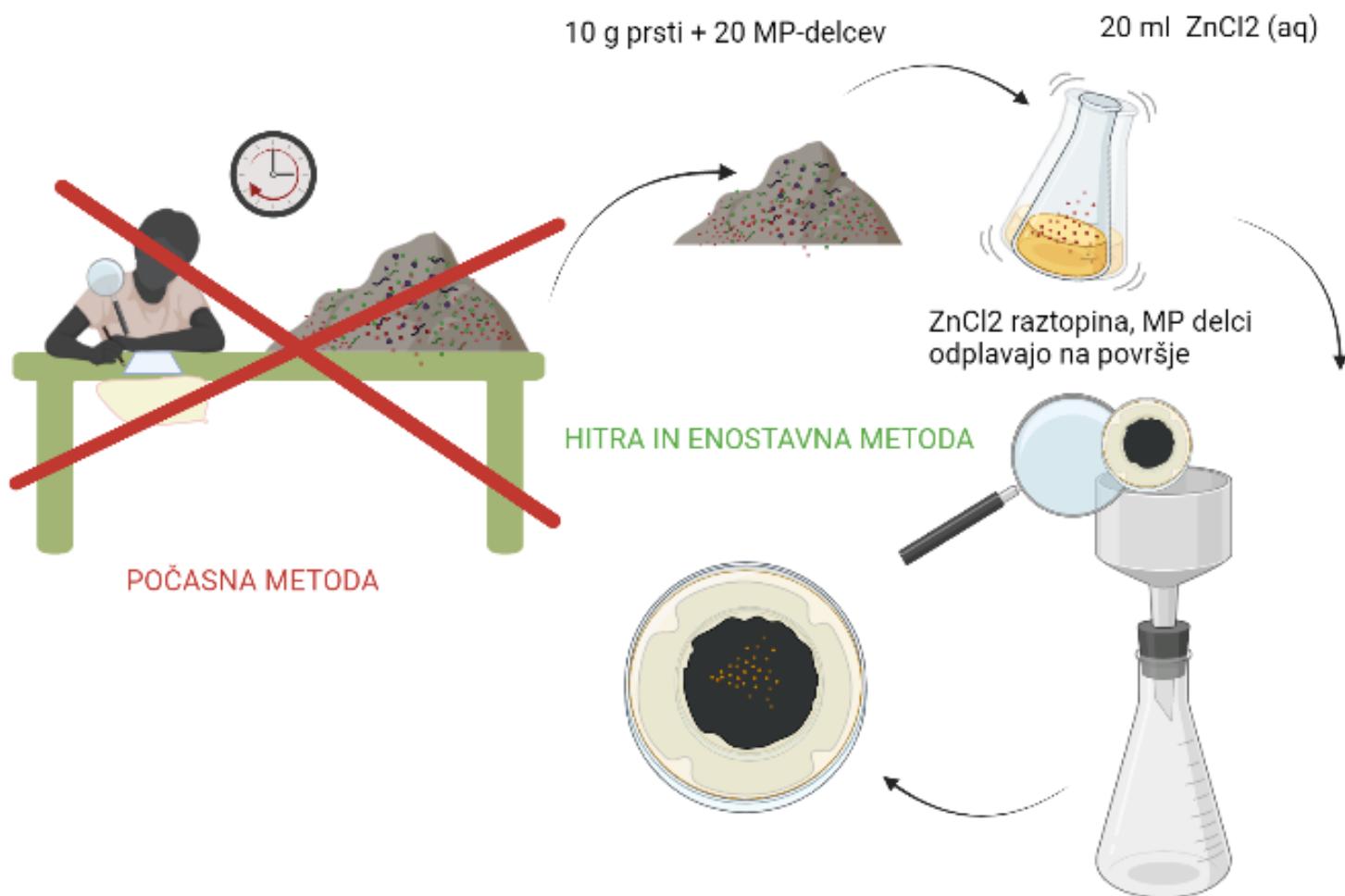
4.2 Ekstrakcija MP iz prsti na osnovi gostote

Ugotovila sva, da raztopine z različno gostoto omogočajo ločevanje delcev MP. Zanimalo naju je, koliko teh delcev lahko določiva v realnih kompostih. Podatka o tem nisva našla v literaturi, saj je to področje precej neraziskano. Zato sva se odločila, da najprej preizkusiva metodo na vzorcih presejane prsti, ki sva jim dodala znano količino delcev. Dodala sva po 20 delcev MP v vsak vzorec prsti (od vsake vrste plastike po 4 delce) (slika 17). Delce sva nato umešala v prst in jih poskušala dobiti vseh 20 ponovno na filter papir z ločevanjem na osnovi gostote.



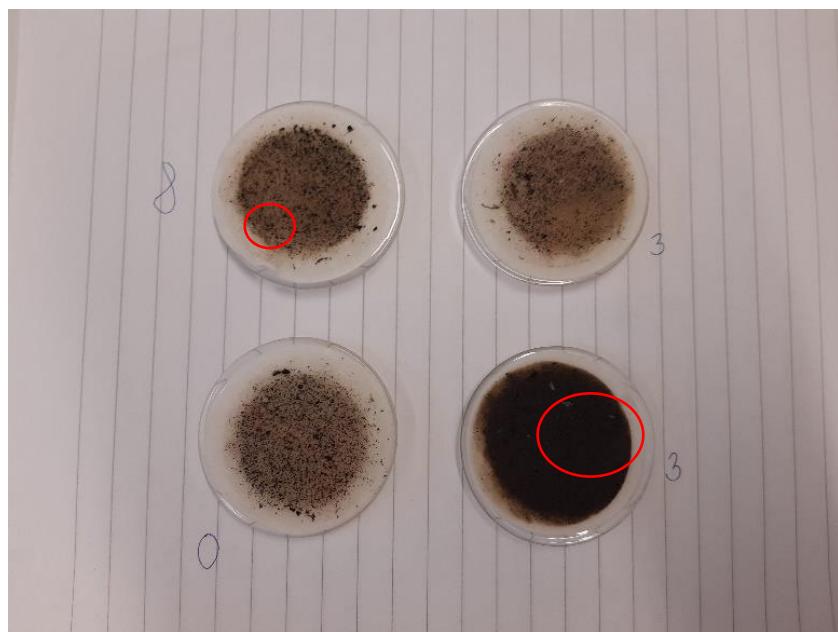
Slika 17: Delci MP, dodani vzorcem prsti (Foto: Lia in Jakob)

Spodnja shema prikazuje postopek ločevanja, ki sva ga izboljšala za namen raziskovanja kompostov. Do sedaj so komposte in prst večinoma preučevali pod lupo in mikroskopom. Midva pa sva izbrala hitrejši in enostavnejši način, ki se je izkazal za uspešnejšega pri analizi prsti (Leban, 2021). Kompostov do sedaj s to metodo še niso preučevali (slika 18).



Slika 18: Postopek ločevanja delcev MP iz prsti in kompostov (Program Biorender: Lia in Jakob)

Rezultat najinega dela prikazujeta spodnji fotografiji. Na filtru sva po prvem poskusu uspela zadržati le nekaj delcev (slika 19).



Slika 19: Delci MP na filtru v prvem poskusu (Foto: Lia in Jakob)

Postopek sva ponovila in bila uspešnejša. Na filtru se je zadržala večina delcev MP (slika 20).



Slika 20: Delci MP na filtru v drugem poskusu (Foto: Lia in Jakob)

Kako uspešna sva bila pri ekstrakciji, sva določila z izračunom učinkovitosti ekstrakcije. Število delcev, ki sva jih ujela na filtru, sva delila z vsemi delci (20).

$$učinkovitost \nu \% = \frac{N_{MP} \text{ na filtru}}{N_{MP} \text{ v vzorcu zemlje}} \times 100$$

V prvem poskusu je bila učinkovitost ekstrakcije enkrat 0 %, dvakrat 15 % in enkrat 53 %, v povprečju 21 %. Spodaj je primer izračuna v primeru 3 delcev MP na filtru od začetnih 20 dodanih.

$$učinkovitost \nu \% = \frac{N_{MP} \text{ na filtru}}{N_{MP} \text{ v vzorcu zemlje}} \times 100 = \frac{3}{20} \times 100 = 15 \%$$

V drugem poskusu je bila učinkovitost ekstrakcije mnogo boljša: v prvem primeru 75 %, v drugem 95 %, v povprečju pa 85 %. Spodaj je primer izračuna 19 delcev MP na filtru od začetnih 20.

$$učinkovitost \nu \% = \frac{N_{MP} \text{ na filtru}}{N_{MP} \text{ v vzorcu zemlje}} \times 100 = \frac{19}{20} \times 100 = 95 \%$$

Nato sva poskus izvedla še z realnimi vzorci kompostov, ki imajo lahko prisotne delce MP. Razlogov za prisotnost delcev MP je več, a najpogosteji je nepravilno shranjevanje bioloških odpadkov v biološko nerazgradljivih vrečkah.

4.3 Analiza realnih kompostov

V kmetijski trgovini sva kupila 3 vreče komposta. Zanimalo naju je, ali vzorci vsebujejo delce MP. Najprej sva izvedla sejalno analizo treh vzorcev. Pri sejanju komposta 1 sva na sitih opazila ostanke vrečk, več kot 10 koščkov (slika 21). V ostalih dveh vzorcih nisva našla delcev MP.



Slika 21: Ostanki vrečk, mikroplastika in mezoplastika, iz vzorca komposta 1 (Foto: Jakob in Lia)

Kompost 1 sva presejala na različnih sitih (velikost 1, 2 in 5 mm). S prostim očesom sva opazila, da kompost vsebuje veliko delcev plastike, a sva se kljub temu odločila, da bova z delom nadaljevala in še naprej delce štela. Najprej sva kompost presejala skozi sito (velikost 5 mm) in našla veliko ostankov plastike. Ko sva s sejanjem nadaljevala skozi naslednje sito (velikost 2 mm), sva še vedno opazila delce, ki so se v sito ujeli. Na koncu pa sva kompost presejala še skozi sito z najmanjšimi luknjicami, a so bili delci MP kljub 1 mm razponu med luknjicami še vedno prisotni.



Slika 22: Sejalna analiza komposta 1 (Foto: Jakob in Lia)

Postopek sejanja sva ponovila na kompostu 2 in 3. V nobenem nisva našla delcev MP (slika 23). Sklepala sva, da sta oba vzorca primerna za uporabo.



Slika 23: Sejalna analiza komposta 2 (Foto: Jakob in Lia)

Na vseh treh vzorcih komposta sva izvedla še ekstrakcijo MP na osnovi gostote z nasičeno raztopino cinkovega klorida. Prišla sva do enakih ugotovitev. Na filtru so se ujeli delci MP iz vzorca komposta 1. V ostalih dveh vzorcih kompostov 2 in 3 po filtriranju delcev MP nisva našla.

Na podlagi tega sva zaključila, da kompost 1 vsebuje veliko plastičnih delcev in da je po našem mnenju neprimeren za gnojenje kmetijskih zemljišč.

5 RAZPRAVA

5.1 Ločevanje MP na osnovi gostote (ali kaj potone, kaj lebdi in kaj plava)

Zavedava se, da je MP v prsti težava, ki se bo še povečala, ko bodo kmetijske površine gnojili z aktivnim blatom, ki vsebuje delce MP. Zato je pomembno, da najdemo metodo, s katero na enostaven in hiter način ločimo MP in prst. Različne plastike imajo različno gostoto, zato sva morala poiskati raztopino, v kateri vse vrste plastike plavajo. Pomembno je tudi, da je raztopina cenovno dostopna in jo lahko uporabimo v vsakem laboratoriju. Preizkusila sva vodo in nasičeni raztopini sladkorja ter cinkovega klorida. Kot najprimernejšo raztopino sva izbrala nasičeno raztopino cinkovega klorida.

5.2 Ekstrakcija MP iz prsti na osnovi gostote

Preden metodo ekstrakcije delcev MP na osnovi gostote iz prsti uporabimo na realnih kompostih, jo moramo testirati na vzorčni prsti, ki ji dodamo točno določeno število delcev. Izbrala sva obarvane, 2 mm delce, da sva jih na filtru lažje videla in preštela.

Uspešnost ekstrakcije delcev MP določimo z izračunom. V prvem poskusu nisva bila najbolj uspešna, saj sva uspela ločiti le 21 % delcev. V 2. poskusu pa sva ujela kar 85 % delcev. Metoda ekstrakcije MP-delcev z nasičeno raztopino cinkovega klorida se je izkazala za zanesljivo, kljub temu da sva pri delu bila začetnika. Cinkov klorid je v primerjavi z vodo in raztopino sladkorja sicer najdražje ekstrakcijsko topilo, a se ga lahko večkrat uporabi (več kot 50-krat).

5.3 Analiza realnih kompostov

Ker je vsako metodo treba preizkusiti na pravih vzorcih, sva testirala 3 različne komposte. V dveh nisva našla delcev plastike, v vzorcu 1 pa sva jih našla več kot 10 koščkov. V glavnem so bili ostanki vrečk. S tem sva dokazala, da shranjevanje bioloških odpadkov v neustreznih vrečkah (biološko nerazgradljive) pomeni novo onesnaževanje kmetijskih površin. Tudi ponovna uporaba aktivnega blata brez analiz prisotnosti delcev MP pomeni tveganje za okolje.

6 ZAKLJUČEK

Na začetku raziskovalne naloge sva si zastavila dve vprašanji, na kateri sedaj lahko odgovoriva.

Hipotezo 1, da obstaja enostavnejša metoda določanja delcev MP od zamudne metode iskanja delcev pod lupo in mikroskopom, **sva potrdila**. Ta metoda je ekstrakcija delcev z nasičeno raztopino cinkovega klorida.

Ker je metoda enostavna, je primerna za uporabo v šolskem okolju. Lahko bi jo uporabili za raziskavo onesnažene prsti z delci MP v domačem okolju (na vrtovih, poljih ...) in tudi za analizo aktivnega blata iz KČN.

Hipotezo 2, da komposti ne vsebujejo delcev MP, **sva delno ovrgla**, ker sva dokazala, da nekateri komposti vsebujejo delce MP, drugi pa ne. Zanimivo bi bilo raziskovati vzorce kupljenih kompostov različnih proizvajalcev in jih primerjati z vzorci kompostov, narejenih za lastne potrebe. Komposte, ki se dodajajo prsti za boljšo rodovitnost, nujno potrebujemo, vendar ne smejo vsebovati delcev MP, sicer bodo naši vrtovi in njive postali smetišča.

7 LITERATURA

Janežič, D. (2004). Možnosti kompostiranja blata iz industrijske čistilne naprave (Doctoral dissertation, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo).

Leban, P. (2021). Razvoj metode za ekstrakcijo, kvantifikacijo in identifikacijo mikroplastike iz tal: magistrsko delo (Master's dissertation, [P. Leban]).

Mislej V. in Grilc V. (2016). Ravnanje z odvečnim blatom bioloških čistilnih naprav v kontekstu krožnega gospodarstva - Sewage sludge management in context of circular economy; jp vodovod - kanalizacija d.o.o., ljubljana.

Prosenc, F., Leban, P., Šunta, U., & Bavcon Kralj, M. (2021). Extraction and Identification of a Wide Range of Microplastic Polymers in Soil and Compost. Polymers, 13(23), 4069.

<https://sdzv-drustvo.si/novice/komunalne-cistilne-naprave-pomemben-vir-mikroplastike-v-povrsinskih-vodah/>

<https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>

<https://www.ksda.si/dejavnosti/odpadna-voda/ciscenje-odpadnih-voda/obcina-ajdovscina/centralna-cistilna-naprava>