

58. Srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2024

MIKROPLASTIKA, NAŠ VSAKDAN

Raziskovalno področje: KEMIJA

Raziskovalna naloga

OSNOVNA ŠOLA TONETA ČUFARJA MARIBOR
ZRKOVSKA CESTA 67
2000 MARIBOR

AVTORICA: ELA MARČIČ

MENTORJA: DAVID CUDER, TINA STEINEKER

Maribor, 2024

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Osnovni namen in cilji raziskovalne naloge	1
1.2	Zastavljeni cilji	1
1.3	Zastavljene hipoteze	2
2	TEORETSKI DEL	3
2.1	Od monomerov do plastike.....	3
2.2	Mikroplastika.....	8
3	METODOLOGIJA DELA	15
3.1	Metoda dela z viri in literaturo	15
3.2	Metoda zbiranja podatkov na terenu in eksperimentalno delo v laboratoriju	15
3.3	Inventar	19
3.4	Aparature	19
3.5	Zaščitna sredstva	19
4	REZULTATI RAZISKAVE.....	20
4.1	Mikroplastika na poti v šolo	20
4.2	Mikroplastika v peskovniku.....	22
4.3	Mikroplastika v reki Dravi.....	28
4.4	Mikroplastika v odpadnih vodah.....	34
4.5	Mikroplastika v pitni vodi iz pipe in ustekleničeni vodi	45
4.6	Mikroplastika v prehrani – ribah	49
4.7	Mikroplastika v kozmetičnih izdelkih	54
5	Razprava in interpretacija rezultatov	60
6	ZAKLJUČEK.....	62
7	DRUŽBENA ODGOVORNOST	64

8	LITERATURA IN VIRI	65
---	--------------------------	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Enostaven prikaz povezave monomerov v polimerno verigo	3
Slika 2: Oznake plastike	5
Slika 3: Nastanek adicijskih polimerov	5
Slika 4: Nastanek kondenzacijskih polimerov	5
Slika 5: Termoplasti (levo), duroplast (sredina) in elastomeri (desno)	6
Slika 6: Plastični odpadki na kopnem in v oceanu	6
Slika 7: Vpliv plastičnih odpadkov na živali	7
Slika 8: Primarna (levo) in sekundarna mikroplastika (desno)	9
Slika 9: Mikroplastika v različnih okoljih	9
Slika 10: Tok mikroplastike v okolju	10
Slika 11: Mikroplastika v kozmetiki (bleščice za veke)	11
Slika 12: Primeri plastičnih izdelkov na moji poti v šolo	20
Slika 13: Mikroplastični izdelki, najdeni na moji poti v šolo	20
Slika 14: FT IR-spekter vijoličnega srca s pločnika	21
Slika 15: FT IR-spekter zelenega koščka s pločnika	22
Slika 16: FT IR-spekter koščka stiropora s pločnika	22
Slika 17: Sejanje peska	23
Slika 18: Mikroplastika, najdena v peskovniku	25
Slika 19: FT IR-spekter vzorca P-A iz peskovnika	27
Slika 20: FT IR-spekter vzorca P-F iz peskovnika	27
Slika 21: FT IR-spekter vzorca P-P (zgoraj) in vzorca P-R (spodaj) iz peskovnika	28
Slika 22: Plastični izdelki na nabrežju reke Drave in plavajoči plastični izdelki v Dravi	29
Slika 23: Lovljenje mikroplastike v Dravi v Melju	29
Slika 24: Material, ulovljen v Dravi	30
Slika 25: Mikroplastika iz Drave	31
Slika 26: FT IR-spekter vzorca D-A iz Drave	32
Slika 27: FT IR-spekter vzorca D-B iz Drave	33

Slika 28: FT IR-spekter vzorca D-C iz Drave	33
Slika 29: Odtočna cev pralnega stroja (levo), ujeta mikrovlakna po pranju (desno)	34
Slika 30: Oksidacija vode iz čistilne naprave	35
Slika 31: Mikroplastika iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana.....	36
Slika 32: FT IR-spekter vzorca LJ-O-A neočiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana	37
Slika 33: FT IR-spekter vzorca LJ-O-D neočiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana	37
Slika 34: Mikroplastika iz očiščene vode Centralne čistilne naprave Ljubljana	39
Slika 35: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-A očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana ..	41
Slika 36: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-B očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana ..	41
Slika 37: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-F očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana ..	42
Slika 38: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-G očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana ..	42
Slika 39: Mikroplastika iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Maribor	44
Slika 40: FT IR-spektri delcev iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Maribor	45
Slika 41: Filtriranje vode iz pipe skozi filtrno vrečko	46
Slika 42: Delci v vodi iz pipe.....	46
Slika 43: Negazirana mineralna voda Dana in voda Moj dan.....	47
Slika 44: Vakuumsko filtriranje naravnih negaziranih ustekleničenih vod	48
Slika 45: Delci iz vode Dana, ujeti na filtrni vrečki.....	48
Slika 46: Delci iz vode Dana, ujeti na filtrnem papirju	48
Slika 47: Delec iz vode Moj dan, ujet na filtrni vrečki	49
Slika 48: Delci iz vode Moj dan, ujeti na filtrnem papirju	49
Slika 49: Vzorci rib za iskanje mikroplastike v prebavilih	50
Slika 50: Izolacija mikroplastike iz ribjih prebavil	51
Slika 51: Delci iz prebavil cipljev	52
Slika 52: Delci iz prebavil bradačev	53
Slika 53: Delci iz prebavil skuš	53
Slika 54: Zobna pasta Colgate – levo, zobna pasta Sensodyne – sredina, zobna pasta Biodent Herbal – desno	54

Slika 55: Aplikacija »Beat the Microbead« – levo, skeniranje sestavin zobne paste Colgate – sredina, seznam mikroplastike v zobni pasti – desno	55
Slika 56: Modre kroglice v zobni pasti Colgate Advanced White (40-kratna povečava)	56
Slika 57: FT IR-spekter PEG	57
Slika 58: FT IR-spekter modrega kristala iz zobne paste Colgate	57
Slika 59: FT IR-spekter belega kristala iz zobne paste Colgate	58
Slika 60: FT IR-spekter rjavega kristala iz zobne paste Colgate	58

KAZALO TABEL

Tabela 1: Velikost mikroplastike iz peskovnika	25
Tabela 2: Velikost mikroplastike iz Drave	31
Tabela 3: Velikost mikroplastike iz odpadne vode Centralne čistilne naprave Ljubljana	36
Tabela 4: Velikost mikroplastike iz očiščene vode Centralne čistilne naprave Ljubljana	39
Tabela 5: Velikost mikroplastike iz odpadne vode Centralne čistilne naprave Maribor	44
Tabela 6: Podatki o vzorcih rib za iskanje mikroplastike v prebavilih	51
Tabela 7: Vsebnost mikroplastike v različnih zobnih pastah	55
Tabela 8: Vsebnost mikroplastike v različnih kozmetičnih izdelkih v domači rabi	59

POVZETEK

Ker se v zadnjih letih vse več pogovarjamo o problematiki plastičnih izdelkov, še posebej o mikroplastiki, sem na to temo pobrskala po spletnih straneh. Spoznala sem, da je mikroplastika prisotna povsod, npr. v zemlji, morjih, rekah, zraku, v prebavilih vodnih organizmov in nekaterih ptičev, tudi v človeku. Odločila sem se, da tudi sama raziščem njeno prisotnost v okolju, v katerem živim.

S sejanjem, filtriranjem, oksidacijo, mikroskopiranjem, merjenjem in analizo s FT IR-spektroskopijo sem odkrila prisotnost mikroplastike na različnih mestih, ki so pomembna za vsakdanje življenje. Zaznala sem jo med potjo v šolo na pločniku, v pesku peskovnika, v reki Dravi ter v vodah iz čistilnih naprav slovenskih mest. Presenetljivo je, da sem delce, ki spominjajo na mikroplastiko, zaznala tudi v vodi iz pipe, ustekleničeni vodi ter v ribah. Ti rezultati poudarjajo širjenje problema mikroplastike v našem vsakdanjem okolju ter poudarjajo potrebo po ozaveščanju in ukrepanju za zmanjšanje vpliva mikroplastike na naše življenje ter okolje.

ZAHVALA

Posebna zahvala gre mentorju in somentorici za dano priložnost, vse nasvete, optimizem in potrpežljivost pri izdelovanju raziskovalne naloge.

Centralni čistilni napravi Ljubljana in Centralni čistilni napravi Maribor se najlepše zahvaljujem za vzorce odpadnih vod.

Iskreno se zahvaljujem profesorju, ki je omogočil izvedbo eksperimentalnega dela v Laboratoriju za organsko ter polimerno kemijo in tehnologijo na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru ter njegovim sodelavcem za pomoč pri eksperimentalnem delu.

Za vso podporo se zahvaljujem tudi svojim staršem.

1 UVOD

Plastika je zelo uporaben material, vendar sta njena poraba in proizvodnja postali nevzdržni. Podatki kažejo, da se je količina odpadne embalaže, nastale v gospodinjstvih, v zadnjih 10 letih precej povečala. Leta 2018 je slovensko gospodinjstvo v povprečju proizvedlo 146 kilogramov odpadne embalaže, kar je 11 kilogramov več kot v letu 2015 in kar 50 kilogramov več kot v letu 2011. Je pa Slovenija pri recikliranju odpadne plastične embalaže ena izmed bolj učinkovitih držav. Po ocenah Eurostata je bilo v celotni EU v letu 2018 reciklirane manj kot 42 odstotkov nastale odpadne plastične embalaže. Največ reciklirajo v Litvi (69 %), nato pa sledita Slovenija (60 %, podatki za 2017) ter Bolgarija (59 %). Najslabše pa so se pri recikliranju odrezale Madžarska, Francija in Malta. [1]

Obstojnost plastike v okolju povzroča velike okoljske probleme, saj pogosto konča v ekosistemih, kjer ni zaželena. Posebej kritična so morja, kjer negativno vpliva na morske živali, ujete v odpadke, hkrati pa v obliki mikroplastike vstopa v prehranjevalno verigo. Znanih je več primerov, ko so v prebavilih naplavljenih trupel morskih živali ali ptic našli kose plastike. [2] Odkrivajo pa jo tudi v ljudeh. Raziskovalci univerze v Hullu in bolnišnice Castle Hill so poročali o odkritju mikroplastike v pljučnem tkivu še živčih ljudi. Proučili so 13 tkiv pljuč živih ljudi in v 11 odkrili plastiko. Našli so kar 12 vrst plastike, od polietilena, najlona in smol, delci pa so v dolžino merili od 12 do 2475 mikrometrov in imeli premer od 4 do 88 mikrometrov. [3]

Maja 2022 je skupina nizozemskih znanstvenikov objavila izsledke raziskave, v kateri so določili vrsto in koncentracijo plastičnih delcev, prisotnih v človeški krvi. Analizirali so vzorce krvi 22 oseb. Pri enajstih osebah so zaznali polietilen tereftalat, pri osmih polistiren, pri petih pa polietilen. Plastični delci so merili do 700 nanometrov. [4]

1.1 Osnovni namen in cilji raziskovalne naloge

Na nek način je plastika postala žrtev lastnega uspeha. Je revolucionarni material, ki je zaradi široke uporabnosti, odpornosti, trajnosti in relativno nizke cene globoko zakoreninjen v življenju ljudi ter gospodarstvih po vsem svetu. V obliki mikroplastike je prisotna v skoraj vseh delih okolja: v zraku, tleh, sladki vodi, morjih, v živih organizmih in v več sestavinah naše prehrane. [5]

1.2 Zastavljeni cilji

Želela sem se poučiti o:

- plastičnih materialih, podrobneje o mikroplastiki;
- vplivih mikroplastike na naše okolje;
- s pomočjo terenskega/laboratorijskega dela proučiti prisotnost mikroplastike:
 - na poti v šolo;
 - v pesku peskovnika;
 - v rečni vodi (iz Drave), pitni vodi iz Mariborskega vodovoda in ustekleničeni vodi;
 - v odpadni vodi čistilne naprave;
 - v prebavilih morskih rib ter
 - v različnih kozmetičnih izdelkih, ki jih uporabljamo doma.

V skladu s cilji raziskovalne naloge sem si zastavila naslednja raziskovalna vprašanja:

- Kakšen je najučinkovitejši način izolacije mikroplastike v pesku?
- Kako določiti mikroplastiko v vodi?
- Kako najenostavneje izolirati mikroplastiko iz prebavil rib?
- Kako izolirati mikroplastiko iz kozmetičnih izdelkov?
- S kakšno metodo določiti vrsto mikroplastike?

1.3 Zastavljene hipoteze

Hipoteza 1

V peskovniku, kjer se otroci igrajo z različnimi plastičnimi igračkami, je prisotna mikroplastika.

Hipoteza 2

Mikroplastike v pitni vodi iz pipe in ustekleničeni vodi ni, je pa v rekah.

Hipoteza 3

V odpadni vodi čistilnih naprav, ki čistijo komunalne vode, je mikroplastika prisotna.

Hipoteza 4

Mikroplastika je prisotna v prebavilih rib, ki jo po pomoti pojedjo.

Hipoteza 5

Nekateri izdelki za osebno higieno, npr. nekatere zobne paste in geli za prhanje, vsebujejo mikroplastiko.

Hipoteza 6

Mikroplastiko je mogoče poiskati s filtriranjem in jo določiti s FT IR-spektroskopijo.

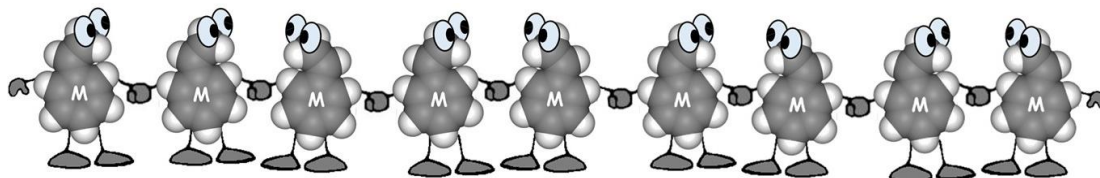
2 TEORETSKI DEL

Plastika je eden najbolj razširjenih materialov, ki se uporablja za shranjevanje, pakiranje in transport živil. Plastična pa ni samo embalaža (živil, čistil, gnojil ...), temveč tudi stavbno pohištvo, kot so okna, vrata, plastični premazi talnih podov, odtočne cevi, gospodinjski aparati, pohištvena oprema, npr. stoli, mize, regali, tudi svetila, dekoracijski elementi itd. Glede na to, da nas plastika v vsakdanjem življenju vedno bolj obdaja, bi lahko rekli, da je to najbolj popoln material. Vendar se v zadnjem času pojavljajo pomisleki o njeni varnosti. [6]

Plastiko so odkrili leta 1856, ko je britanski kemik Alexander Pakes prvi sintetiziral plastični polimer. Šlo je za material, pridobljen iz celuloze, ki se je po segrevanju lahko oblikovala, po ohlادitvi pa je ohranila svojo obliko. Začetek moderne plastične industrije je z izumom umetne smole bakelit zaznamoval Leo Hendrik Baekeland. Kasneje so začeli razvijati polistiren (1929), poliestre (1930), polivinil klorid (1933), polietilene (1933), najlon (1935) in polietilen tereftalat (1941). Človek vsako leto proizvede več sto milijonov ton plastičnih izdelkov za uporabo na različnih področjih, npr. v kmetijstvu, medicini, gradbeništvu, elektroniki, tekstilni industriji, v končnih izdelkih za vsakdanjo rabo in plastično embalažo. [7, 8]

2.1 Od monomerov do plastike

Plastika je sestavljena iz polimerov. Naziv polimeri izhaja iz grških besed poly – polys, kar pomeni mnogo, in meros, kar pomeni delec. To so spojine z visokimi molskimi masami, ki so zgrajene iz medsebojno povezanih, ponavljajočih se osnovnih gradnikov, tako imenovanih monomeri. Naziv monomeri prav tako izhaja iz dveh grških besed, in sicer iz mono, kar pomeni ena, in meros (Slika 1). [9]

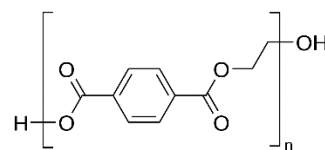


Slika 1: Enostaven prikaz povezave monomerov v polimerno verigo [10]

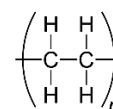
Polimere delimo glede na izvor na naravne in sintetične oz. umetne. Naravne polimere, kot so polisaharidi, proteini, peptidi, encimi, polipeptidi, les, naravni kavčuk, naravne smole itd., že dolga leta uporabljamo za hrano, oblačila in obutev, za ogrevanje, konstrukcijske materiale itd. Sintetični (umetni) polimeri so rezultat raziskav kemikov v 19. in 20. stoletju. Večina

surovin sintetskih polimerov izvira iz nafte. [9, 11] Najpogostejši tipi umetnih polimerov, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju, so [12]:

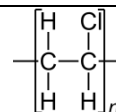
- polietilen tereftalat (PET): plastenke za gazirane pijače, plastične posode za mikrovalovke ...;



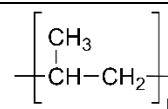
- polietilen visoke (HDPE) ali nizke (LDPE) gostote: mnogo cenenih izdelkov za vsakdanjo rabo, npr. plastične vrečke, kozarčki ...;



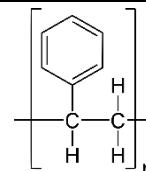
- polivinil klorid (PVC): cevi, okenski okvirji, talne obloge ...;



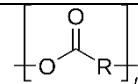
- polipropilen (PP): embalaža, ohišja električnih naprav, avtomobilski odbijači ...;



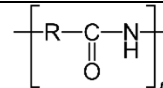
- polistiren (PS): pena za pakiranje, embalaža, pribor za enkratno uporabo ...;



- poliester (PES): tekstilna vlakna ...;



- poliamid (PA) (najlon): vlakna, ščetine zobnih ščetk, ribiške vrvice ...



Na plastični embalaži lahko najdemo oznake v obliki trikotnika s številko v sredini, ki pove iz katerega materiala je embalaža narejena in kako nevarna je (Slika 2). Oznake s številkami, ki označujejo nevarno plastiko, so: 1, 3, 6 in 7. Oznake s številkami, ki označujejo zdravju bolj prijazno plastiko, pa so: 2, 4 in 5. [13, 14]



Slika 2: Oznake plastike [13]

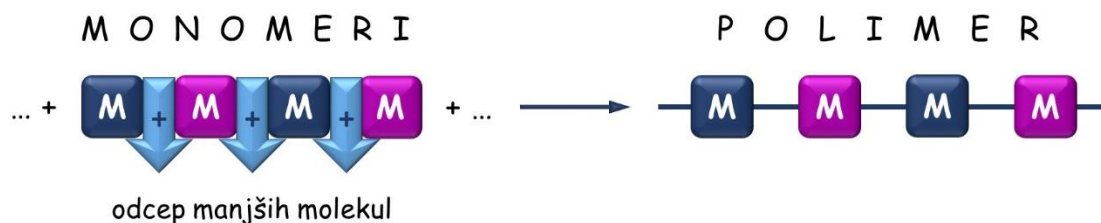
Glede na tip reakcije, s katero polimeri nastanejo, jih delimo na [15, 16]:

- adicijske – nastanejo preko adicije. Osnovne monomerne enote imajo v svoji strukturi nenasičene (dvojne ali trojne) vezi. Med samo polimerizacijo se te vezi homogeno razcepijo, pri tem pa nastanejo reaktivni delci, ki se med seboj povežejo v dolgo verigo (Slika 3);



Slika 3: Nastanek adicijskih polimerov [15]

- kondenzacijske polimere – nastanejo s pomočjo reakcij, kot sta estrenje in etrenje. Pri samem povezovanju takih polimerov se iz reakcije odcepljajo majhne molekule, kot npr. voda, vodikov klorid ... (Slika 4).



Slika 4: Nastanek kondenzacijskih polimerov [16]

Glede na lastnosti ločimo tri glavne skupine polimerov [17] (Slika 5):

- plastomeri (termoplasti): so taljivi, pod vplivom temperature se zmeščajo, postanejo tekoči in jih je mogoče v tej obliki predelati (oblikovati v izdelke);
- duromeri (duroplasti): se zmeščajo samo pri prvem segrevanju; segrevanje povzroči nastanek vezi med verigami; masa otrdi in ostane taka tudi ob ponovnem segrevanju; duromeri se ne raztapljajo v topilih in se jih ne da plastično preoblikovati;
- elastomeri: po deformaciji se lahko sami vrnejo v svoje začetno stanje; na svetu je bil prvi poznani elastomer kavčuk, ki je še v današnjih časih glavna surovina v gumarski industriji.



Slika 5: Termoplasti (levo), duroplasti (sredina) in elastomeri (desno) [18, 19, 20]

2.1.1 Vplivi plastike na okolje

Posledice današnjih navad, ko plastično embalažo uporabimo enkrat, nato pa zavržemo, je mogoče videti tako na kopnem kot tudi na obalah in v oceanih po vsem svetu (Slika 6). Plastični odpadki čedalje bolj onesnažujejo oceane, v njih pa bo po nekaterih ocenah do leta 2050 več plastike kakor rib. Med odpadki, ki ležijo na obalah, je največ plastičnih proizvodov za enkratno uporabo, saj jedilni pribor, platenke, cigaretni ogorki in vatirane palčke predstavljajo skoraj polovico odpadkov v morju. Plastika v oceanih predstavlja kar 80–85 % morskih odpadkov. [21, 22, 23]



Slika 6: Plastični odpadki na kopnem in v oceanu [24, 25]

Zaradi plastike letno umre na milijone živali, od ptic do rib in drugih morskih organizmov. Skoraj vse vrste morskih ptic namreč jedo plastiko. Večino smrti nastopi zaradi tujkov (pogosto več njih) v telesu živali. Plastični delci namreč zapolnijo ali poškodujejo prebavni trakt, nastopi lakota, nato pa stradanje. Ribe v severnem Pacifiku letno pojedo skoraj 24 ton plastike. Drug scenarij je, da se živali zaradi plastičnih izdelkov ali kosov le-teh poškodujejo, vanje zapletejo. To jim onemogoča, da bi se prosto gibale, se prehranjevale, pobegnile pred plenilci itd. (Slika 7). Številne divje živali v boju s plastiko nimajo veliko možnosti preživetja, ker je njihovo naravno okolje že tako zelo onesnaženo. [2, 26]



Slika 7: Vpliv plastičnih odpadkov na živali [2, 5, 27, 28]

Glede na velikost plastike oz. njenih delcev ločimo makroplastiko, mezoplastiko, mikroplastiko in nanoplastiko.

Med makroplastiko štejemo večje plastične odpadke, ki so veliki med 20 mm in nekaj metri. Ti odpadki lahko vključujejo plastične stole, čevlje, dele avtomobilov, letal, čolnov, boje, žoge itd. Pogosto najdena makroplastika v oceanih je t. i. fantomska mreža. To je ribiška mreža, ki je izrabljena in so jo ribiči enostavno vrgli v morje ali pa so jo med ribolovom izgubili. [29]

Med mezoplastiko štejemo plastične delce, katerih velikost znaša med 5 in 20 mm. Mednje največkrat štejemo plastične delce, ki so nastali z razpadom večjih kosov plastike ali pa

smolnate pelete. Peleti so majhne granule, premera do 5 mm in imajo obliko cilindra ali diska in so osnovna surovina za izdelovanje različnih plastičnih izdelkov. Velikokrat so, nenamerno med transportom in samim izdelovanjem, izpuščeni v okolje. Primer je obala severne Španije, na katero je naplavilo ogromno plastičnih delcev, potem ko je s tovorne ladje padel kontejner s 25 tonami plastičnih peletov. [29, 30]

Mikroplastika so plastični delci, manjši od 5 mm; podrobneje bo predstavljena v naslednjem podpoglavju.

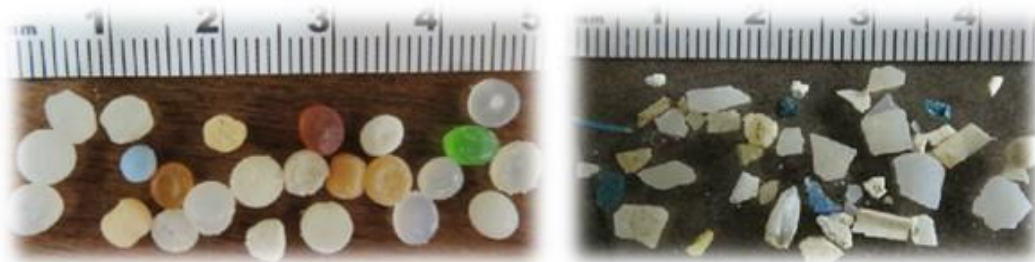
Nanoplastika so plastični delci, ki so po definiciji nekaterih avtorjev manjši od 100 nm. Njihova koncentracija je v naravnem okolju skoraj popolnoma neznana. Viri nanoplastike so enaki kot pri mikroplastiki, primarni in sekundarni. [29]

2.2 Mikroplastika

2.2.1 Definicija

Mikroplastika so plastični delci, manjši od 5 mm, ki jih sestavljajo različni plastični polimeri, od polietilena (PE), polipropilena (PP), polistirena (PS), do polivinil klorida (PVC), poliestra (PES) in številnih drugih sintetičnih polimerov. Delimo jo na:

- primarno mikroplastiko (Slika 8); v okolje pride neposredno v obliki delcev, ki nastajajo predvsem pri pranju sintetičnega tekstila (35 %), v prometu pri obrabi pnevmatik (28 %) ter ob uporabi izdelkov, ki so jim takšni delci namerno dodani (npr. plastične kroglice v pilingih in ostalih izdelkih za osebno nego ter abrazivnih sredstvih, bleščice v tekstilni industriji). Primarno mikroplastiko predstavlja tudi granulati za proizvodnjo plastičnih izdelkov itd. Ocenjena količina mikroplastike, ki vsakoletno pristane v okolju zgolj zaradi njene namenske uporabe v izdelkih, je 42 000 ton, skupno količino primarne mikroplastike pa Program Združenih narodov za okolje (UNEP) ocenjuje na približno 3 milijone ton letno;
- sekundarno mikroplastiko; Slika 8 predstavlja tiste plastične delce, ki nastanejo z razpadanjem večje plastike zaradi vplivov UV-sevanja in drugih okoljskih dejavnikov. Nastala mikroplastika se lahko naprej še razgrajuje v nanoplastiko. Plastični odpadki, ki razpadajo na manjše delce, lahko izvirajo s kopnega (sintetična oblačila, plastične vrečke, embalaža, plastični proizvodi in njihovi odpadki) ali morskega okolja (ribiška oprema, odpadki z ladij ...). [31, 32, 33]



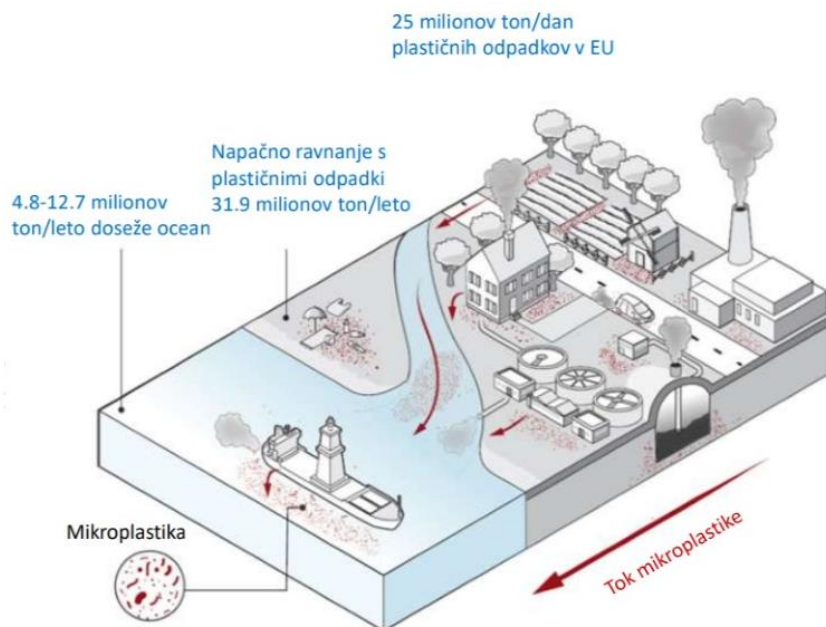
Slika 8: Primarna (levo) in sekundarna mikroplastika (desno) [34]

2.2.2 Kje vse najdemo mikroplastiko

Mikroplastiko najdemo v vseh ekosistemih – v morju, sladkovodnih telesih, na kopnem ter v zraku (Slika 9, Slika 10). Najbolj znana je v vodnih okoljih, kjer je trenutno narejenih tudi največ raziskav. [26]



Slika 9: Mikroplastika v različnih okoljih [35, 36, 37, 38]



Slika 10: Tok mikroplastike v okolju [39]

Mikroplastika v morskem, sladkovodnem in kopenskem ekosistemu:

Mikroplastika je v morskem okolju prisotna na plažah, na površini vode in v globini. Različne raziskave kažejo na različne koncentracije mikroplastike v morju. Noren in Naustvoll sta ugotovila, da je v morskih vodah na Švedskem 102 000 delcev mikroplastike, manjših od 5 mm, na m³ morske vode. V Kaliforniji so našli 3 delce na m³ vode. Raziskava na odprtem morju je pokazala, da na kvadratnem kilometru oceana plava 67 000 delcev. Onesnaženje morja nastane posredno in neposredno, z večanjem odpadkov na plažah, s transportnimi nesrečami, z odpadki, ki jih prinesejo reke, z industrijskimi nesrečami in odpadki, odvrženimi direktno v morje. Ocenjeno je bilo, da približno 10 % plastike, proizvedene po vsem svetu, vstopa v oceane, zato ni čudno, da je plastika velik onesnaževalec svetovnih morij. Zaužitje mikroplastike je bilo dokazano pri različnih morskih organizmih: postranicah, peščenih črvih, vitičnjakih, klapavicah, morskih pticah, rakih deseteronožcih in ribah. Velikost, gostota, številčnost in barva so faktorji, ki vplivajo na dostopnost mikroplastike morskim organizmom. Živali lahko zaužijejo mikroplastiko direktno, z normalnim hranjenjem, ker lahko delce hitro zamenjajo za plen. Zaužijejo pa jo lahko tudi živali, ki se prehranjujejo s filtriranjem vode in planktona. Gostota delcev določa razpoložljivost mikroplastike različnim vrstam organizmov v vodnem stolpcu. Plastika z nižjo gostoto se nahaja na površini, zato se z njo hranijo živali, ki

jedo plankton in filtratorji. Večja kot je gostota delcev, nižje v vodnem stolpcu jih najdemo. Poleg številčnosti vpliva barva na tiste živali, ki lovijo plen glede na barvo. [26]

Področje sladkih voda je v primerjavi z morskim okoljem precej manj raziskano področje. Do sedaj je bila mikroplastika zabeležena v jezerih v Severni Ameriki, Velikih jezerih v bližini ameriško-kanadske meje, v Mongolskih jezerih in tudi v 67 evropskih jezerih, npr. v italijanskem Gardskem jezeru, v Ženevskem jezeru, in tudi v našem Blejskem jezeru. Na prisotnost mikroplastike v sladkih vodah vplivajo naseljenost območja blizu vode, bližina urbanih središč, velikost vodnega telesa in prisotnost kanalizacijskih odplak. [26, 40]

Od vseh ekosistemov je kopenski na področju mikroplastike najmanj raziskan. **Mikroplastika v kopenskih ekosistemih** je posledica neustreznega ravnanja z odpadki, atmosferskega nalaganja in drugih dejavnikov. Mikroplastika prehaja v prst predvsem preko gnojenja z aktivnim blatom iz čistilnih naprav, komposta iz bioloških odpadkov in uporabe kmetijske plastike. [31]

Lahka mikroplastika manjših dimenzij se prenaša tudi **v zraku**, in sicer na dolge razdalje, nato pa se odlaga na zemeljsko površino. Mikroplastiko so namreč odkrili tudi na zelo oddaljenih lokacijah, kot npr. v arktičnem snegu, na Antarktiki in v francoskih Pirenejih. [31]

Mikroplastika se skriva tudi v kozmetiki (Slika 11), s čimer potrošniki običajno nismo seznanjeni. Z enim umivanjem obraza s kremo za piling spustimo v vodo 100.000 delcev mikroplastike. Ta plastika, ki je sicer dodana kremam za piling, je na deklaraciji označena kot polietilen. [41]



Slika 11: Mikroplastika v kozmetiki (bleščice za veke) [42]

2.2.3 Ozaveščenost Slovencev o mikroplastiki

Slovenci v veliki meri še vedno uporabljamo plastične izdelke, ki bi se jim lahko izognili z uporabo alternativnih izdelkov. Številne raziskovalne ustanove proučujejo mikroplastiko in

njeno prisotnost v našem okolju. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru se v okviru dveh projektov, Obzorje Evrope INSPIRE in REMEDIES, osredotoča na odkrivanje, odpravljanje in preprečevanje plastike in mikroplastike v evropskih morjih ter rekah. [43] Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani je v okviru projekta Plasti-C-Wetland ocenjevala učinkovitost in tehnološke parametre, ki vplivajo na zadrževanje mikroplastike v rastlinski čistilni napravi. [44] Da se mikroplastika nahaja tudi v toči, so kot prvi na svetu dokazali slovenski raziskovalci z Inštituta za vode, Instituta Jožef Stefan, Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo, podjetja Omega d. o. o., Biotehniške fakultete in Kemijskega inštituta. [45] Na področju mikroplastike poteka oz. so potekali številni drugi projekti. Na primer, v okvirju projekta Pirati plastike – Plastic Pirates – Go Europe!, v katerega so bile s svojimi učenci in dijaki vključene tudi slovenske osnovne in srednje šole, so mikroplastične delce potrdili v kar treh četrtinah vzorcev iz slovenskih potokov in rek. Največ mikroplastičnih delcev so odkrili v pretočnem akumulacijskem jezeru med Krškim in Brežicami v Savi, po onesnaženosti sledijo Sava pri Domžalah, Krka pri Otočcu in Novem mestu ter njeni pritoki, Lahinja v Črnomlju, Sotla pri Bizeljskem, Drava pri Mariboru in pri Staršah, Trojšnica pri Pragerskem ter Dravinja v Zrečah. Le šest od 32 rek, katerih vzorce so analizirali, za zdaj ostaja neonesnaženih. To so Pesnica, Rižana, Zacurek, Rupovščica, Tržiška Bistrica in Lendava. [46]

Mediji nam tako vse pogosteje posredujejo informacije o vplivu mikroplastike na okolje, spodbujajo trajnostne prakse in nas ozaveščajo o recikliranju. Obveščajo nas tudi o okoljskih katastrofah, povezanih z mikroplastiko. Na primer, 8. decembra 2023 se je zgodila velika katastrofa v Španiji. Na obalo severne Španije je naplavilo ogromno plastičnih delcev, potem ko je s tovorne ladje padel kontejner s 25 tonami plastičnih peletov, s katerimi sicer izdelujejo druge plastične proizvode. [47]

Slovenija glede plastike in mikroplastike sledi smernicam Evropske unije. Na primer, uvedla je uredbo, ki določa splošno omejitev dajanja v promet sintetičnih polimernih mikrododelcev, ki so namerno dodani v nek izdelek. Gre za široko omejitev, saj se ti delci dodajajo v številne izdelke, ki so v vsakodnevni uporabi. [48] Prav tako je Evropska unija maja 2018 objavila direktivo ravnanja s plastičnimi izdelki za enkratno uporabo. Države članice so morale v skladu s tem sprejeti ukrepe za zmanjšanje porabe tistih plastičnih izdelkov za enkratno uporabo, ki nimajo alternativnih proizvodov. V direktivi so med drugim določili, da se platenke za enkratno

uporabo, ki imajo plastične pokrovčke in zamaške, smejo prodajati le, če pokrovčki in zamaški v fazi predvidene uporabe proizvodov ostanejo pritrjeni na vsebnike. Zato imamo na plastenkah zamaške, ki se je tako trdno držijo, da jih je skorajda nemogoče ločiti od njih. [49]

2.2.4 Kako se potrošniki lahko izognemo mikroplastiki

Kakšen je dolgoročni učinek mikroplastike na naše zdravje zaenkrat še ne vemo, saj študije na to temo še potekajo, vendar pa je jasno, da se mikroplastika akumulira v naših tkivih in tkivih vseh ostalih živih organizmov. Zaenkrat vemo le, da je mikroplastika izjemno škodljiva za morske organizme, a uporaba plastičnih materialov kljub temu še zmeraj narašča.

Nekaj nasvetov, kaj lahko storimo, da kar se da v največji meri omejimo uporabo plastike in tako prispevamo k svojemu zdravju ter hkrati tudi zdravju našega planeta:

- Ne kupujemo ustekleničene vode. Voda iz pipe je v naši državi še vedno izjemne kakovosti in prepričanje, da je ustekleničena voda čistejša, je zmotno. Uporabljajmo svojo steklenico, ki jo lahko na kateri koli pipi napolnimo s svežo vodo. Če ustekleničeno vodo že kupujemo, kupimo tisto v stekleni in ne plastični embalaži. [50]
- Ne uporabljajmo plastičnih vrečk. Zamenjajmo jih z vrečkami iz platna ali papirja, če pa že uporabljamo plastične vrečke, jih shranimo in naslednjič znova uporabimo. Vrečke za smeti zamenjajmo z vrečkami iz biorazgradljivih materialov. [50]
- Posegajmo po oblačilih iz bombaža, volne in drugih naravnih materialov. Sintetična oblačila so prav tako narejena iz plastike. [50]
- Ne uporabljajmo plastičnih krožnikov in pribora za enkratno uporabo. Prav tako ne uporabljajmo plastičnih slamic. [50]
- Ne uporabljajmo šamponov in gelov za tuširanje, ki vsebujejo delce, ki zagotavljajo piling kože, saj gre za mikroplastiko, ki jo bomo naslednjič zaužili s kozarcem vode. [50]
- V svoj pralni stroj namestimo filter iz mikrovlaknen: znanstvene analize kažejo, da ko peremo oblačila, spustimo v morje eno plastično vrečko na teden ali približno 3,9 grama mikroplastike. Ta okoljski problem naslavlja slovenski startup Planet Care, ki je razvil prvi filter za mikroplastiko za pralne stroje. [51]

To so le najbolj osnovni, vsakodnevni načini srečevanja s plastiko. Verjetno ni potrebno poudarjati, da so iz plastike narejene skorajda vse moderne otroške igrače, da je hrana

zapakirana v eno, dve ali pa celo tri plastične ovoje in da je pravzaprav polovica predmetov v našem domu narejenih iz plastike. [50]

2.2.5 Zanimivost – razgradnja polietilen tereftalata s pomočjo bakterij [52]

Leta 2016 so japonski znanstveniki odkrili izjemno zanimivo bakterijo, imenovano *Ideonella sakaiensis*, ki ima sposobnost proizvodnje encima PETaza. Ta encim je zmožen cepiti molekularne vezi v plastiki PET (polietilen tereftalat). Plastika PET je široko uporabljena za proizvodnjo plasten, embalaže in drugih plastičnih izdelkov, zaradi svoje trdnosti, prožnosti in obstojnosti.

Odkritje te bakterije in njenega encima je postavilo temelje za raziskovanje potencialnih rešitev za odpravljanje plastičnega onesnaževanja. Bakterija *Ideonella sakaiensis* deluje tako, da z encimom PETaza razgradi molekule plastike PET na manjše sestavne dele, kar omogoča njihovo nadaljnjo razgradnjo in ponovno uporabo v naravi.

To odkritje je pritegnilo veliko pozornosti zaradi možnosti, da bi bakterijo *Ideonella sakaiensis* in njen encim PETaza lahko izkoristili za boj proti naraščajočemu problemu plastičnega onesnaževanja. Če bi lahko bakterijo uporabili v večjem obsegu ali razvili tehnologijo, ki simulira njen učinek, bi lahko prispevali k zmanjšanju količine plastičnih odpadkov, ki se kopičijo v okolju.

Čeprav je ta potencialna rešitev še vedno v zgodnji fazi raziskav, bi lahko v prihodnosti predstavljala inovativno orodje za obvladovanje globalnega problema plastike. Vsekakor bo treba izvesti še nadaljnje raziskave in razvoj, da bi ugotovili, kako učinkovito in trajnostno lahko uporabimo to odkritje za reševanje okoljskih izzivov, povezanih s plastiko.

3 METODOLOGIJA DELA

Pri raziskovalnem delu sem za pridobivanje informacij uporabila naslednje metode dela:

- metodo dela z viri in literaturo,
- metodo zbiranja podatkov na terenu ter
- metodo zbiranja podatkov z eksperimentalnim delom v laboratoriju in doma.

3.1 Metoda dela z viri in literaturo

Na spletu in v knjižnici sem poiskala literaturo, povezano s plastiko in mikroplastiko ter njenimi vplivi na okolje. Iz zbranega sem povzela bistvo, ki sem ga predstavila v teoretskem delu naloge.

3.2 Metoda zbiranja podatkov na terenu in eksperimentalno delo v laboratoriju

3.2.1 Iskanje mikroplastike na poti v šolo

Po poti, po kateri hodim vsak dan v šolo in domov (pločniki in zelene površine ob cesti), sem nabrala manjše in večje koščke plastike. Večje koščke sem fotografirala s fotoaparatom, manjše tudi z digitalnim mikroskopom. Slednjim sem velikost določila z digitalnim kljunastim merilom, kemijsko sestavo pa s FT IR-spektrometrom, kot je to opisano v poglavju 3.2.8.

3.2.2 Iskanje mikroplastike v peskovniku

Pesek peskovnika (Ulica Veljka Vlahoviča 67–87, Pobrežje, Maribor) sem sejala s siti z različno velikimi odprtini (med 10 mm x 10 mm in 0,5 mm x 0,5 mm) in zbirala plastične delčke, ki sem jim določila velikost z digitalnim kljunastim merilom, kemijsko sestavo pa s FT IR-spektrometrom.

3.2.3 Iskanje mikroplastike v reki Dravi

Vrečko za filtracijo, na primer skute ali hmelja med vretjem pивine, z odprtini velikimi približno 150 μm , sem namestila na leseni okvir, ki je bil opremljen s sivima trakovoma. Vrečko sem potopila v reko Dravo tako, da je tok reke šel skozi vrečko, v katero so se ujeli plavajoči delci. Ujete delce sem fotografirala z digitalnim mikroskopom, velikost sem jim izmerila z digitalnim kljunastim merilom, kemijsko sestavo pa sem potrdila s FT IR-spektroskopijo.

3.2.4 Iskanje mikroplastike v pitni vodi iz pipe in ustekleničeni vodi

Na pipo sem z gumico pritrdila filtrno vrečko z odprtini velikimi približno 150 μm . Skozi vrečko sem pretočila 100 L mrzle vode. Količino vode sem merila z vodomrom. Filtrno vrečko

sem nato mikroskopirala z digitalnim mikroskopom in tako preverila prisotnost mikroplastike v pitni vodi iz pipe. Na podoben način sem iskala mikroplastiko v ustekleničeni vodi. Najprej sem jo filtrirala skozi filtrno vrečo z odprtinami, velikimi približno 150 μm , filtrat pa nato še skozi filtrni papir, ki zadrži delce, večje od 2 μm . Filtrno vrečko in filtrni papir sem nato mikroskopirala z digitalnim mikroskopom in tako preverila prisotnost mikroplastike v ustekleničeni vodi.

3.2.5 Izolacija in karakterizacija mikroplastike iz odpadne vode čistilne naprave [53]

Vzorci odpadnih vod (5 L) sem dobila v centralni čistilni napravi Ljubljana in čistilni napravi Maribor, hranila sem jih v plastičnih posodah. Delo v laboratoriju je potekalo v dveh delih.

1. Filtriranje

Vzorec odpadne vode sem najprej dobro pretresla, da so se delci enakomerno porazdelili. Nato sem vodo filtrirala skozi filter papir z velikostjo por 1 μm , ki je bil vstavljen v Büchnerjev lij, ta pa v litrsko presesalno erlenmajerico. Filtracija je potekala pod znižanim tlakom. Po končani filtraciji sem stene lija sprala z deionizirano vodo, da so se na filter papir usedli tudi delci, ki so se med filtriranjem oprijeli stene. Nato sem filter papir s pomočjo pincete odstranila iz lija in ga položila v petrijevko ter ga posušila na zraku.

2. Oksidacija (odstranitev organskih snovi)

V 250 mL čašo sem s spatulo s filtrirnih papirjev previdno postrgala delce, h katerim sem dodala 20 mL Fe (II) raztopine (v 500 mL merilno bučo sem natehtala 7,504 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dodala 3 mL žveplove (VI) kisline in do oznake dodala deionizirano vodo) in 20 mL vodikovega peroksida. V čašo sem dala magnetni mešalček, jo postavila na grelnik in ob konstantnem mešanju vse skupaj grela na 75 °C, dokler se na površini niso pojavili mehurčki. Takrat sem čašo odstranila z grelnika in k reakcijski zmesi dodala deionizirano vodo. Ko se je penjenje umirilo, sem čašo postavila nazaj na grelnik in zmes grela na 75 °C nadaljnjih 30 minut. Po preteklem času sem čašo ponovno odstranila z grelnika ter dodala 20 mL vodikovega peroksida. Če je ponovno prišlo do penjenja, sem dodala deionizirano vodo. Vsebino čaše sem nato ponovno grela na 75 °C 30 minut. Nato sem vsebino čaše ohladila na sobno temperaturo in ponovno izvedla vakuumsko filtracijo. Filtrne papirje sem najprej posušila na zraku in nato še v vakuumskem sušilniku. Na koncu sem iz posušjenih filtrnih papirjev prenesla plastične

delce v steklene posodice, v katerih sem jih hranila do karakterizacije z digitalnim mikroskopom, digitalnim kljunastim merilom in FT IR-spektrometrom.

3.2.6 Izolacija in karakterizacija mikroplastike iz rib [54]

Da sem preprečila kontaminacijo vzorcev z mikroplastiko iz okolice, sem delovno površino vedno obrisala z etanolom in jo pokrila z alu folijo. Ves uporabljen inventar sem pred uporabo splahnila z ultra čisto vodo, imenovano Mili Q.

Na delovni pult sem si nastavila kuhinjski nož, jedilno žlico, čaše, merilni valj, vodno raztopino kalijevega hidroksida (10 ut. %), ki sem si jo pripravila tako, da sem 100 g kalijevega hidroksida stehtala v 1000 mL merilno bučko in jo dopolnila do oznake z vodo Mili Q, in koščke alu folije, s katerimi sem pokrila čaše.

Ribe sem najprej stehtala, nato pa splahnila pod tekočo vodo in z vodo Mili Q. Iz rib sem odstranila prebavila tako, da sem jih prerezala po trebuhu od repa do škrig in nato s pomočjo žlice odstranila notranjost, ki sem jo prenesla v čašo in dodala raztopino kalijevega hidroksida (k bradačem sem dodala 200 mL, k cipljem in skušam pa 400 mL). Količino kalijevega hidroksida sem prilagajala masi ribjega vzorca. Čaše sem pokrila z alu folijo in jih dala v pečico, kjer sem jih segrevala na 60 °C. Vzorce ciplja sem segrevala 24 ur. Po tem času se je ohranilo veliko organskega materiala, zato sem vzorce bradača in skuše segrevala 72 ur. V tem času je raztopina kalijevega hidroksida razgradila biološki material. Po 72 urah sem čaše z razgrajenim prebavilom vakuumsko filtrirala in filtrne papirje posušila na zraku pokrite z alu folijo, da se ne bi kontaminirali. Vsebino na filtrnem papirju sem nato mikroskopirala z digitalnim mikroskopom.

3.2.7 Izolacija in karakterizacija mikroplastike v zobnih pastah

V zobnih pastah Colgate je mikroplastika v obliki modrih kroglic. Za analizo le-teh z optičnim mikroskopom sem 0,5 g zobne paste raztopila v 20 mL vode Mili Q in dobljeno raztopino mikroskopirala z optičnim mikroskopom, ki je opremljen s kamero. Na tak način sem lahko opazovala obliko mikroplastičnih perlic in izmerila njihovo velikost.

Za določitev kemijske sestave mikroplastičnih kroglic sem le-te najprej izolirala iz zobne paste. Zobno pasto sem raztopila v vodi Mili Q in jo vakuumsko prefiltrirala. Modre mikroplastične kroglice sem nato analizirala s FT IR-spektroskopijo.

3.2.8 Karakterizacija mikroplastičnih vzorcev z infra rdečo spektroskopijo s Fourierovo transformacijo (FT IR-spektroskopija)

Sestavo mikroplastičnih vzorcev sem preverila s pomočjo infrardeče spektroskopije. Najprej sem posnela ozadje, ki ga program odšteva od spektra vzorca. Vzorec sem postavila na merilno mesto in ga pritrdila z vijakom ter začela z merjenjem. Spektri so bili merjeni v območju valovnih števil med 4000 in 400 cm^{-1} . Pri tej analizi sem imela nekaj težav, saj so se nekateri delci drobili in jih nisem mogla analizirati.

Dobljene spektre svojih vzorcev sem primerjala s spektri znanih materialov iz knjižnice FT IR-spektrofotometra. Pri primerjavi sem se osredotočila na ujemanje vrhov pri določenih valovnih številih (na x osi spektra) v primerjanih spektrih.

3.2.9 Surovine in kemikalije

- Ribe:
 - cipelj (E.Leclerc),
 - bradač (Mercator),
 - skuša (Mercator),
- ustekleničena voda:
 - Dana (Mercator),
 - Moj dan (Mercator),
- zobne paste:
 - Vademecum Non stop white (DM),
 - Sensodyne complete protection (DM),
 - Colgate Max White Optic (DM),
 - Colgate Advanced White (DM),
- kalijev hidroksid (KOH, 90 %, Sigma-Aldrich),
- etanol (EtOH, ≥ 99.8 %, Merck),
- deionizirana voda (Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru),
- ultračista voda – Mili Q (Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru),
- voda iz pipe (Gunduličeva ulica 20, Pobrežje, Maribor).

3.3 Inventar

- Nož,
- žlica,
- alu folija,
- 250-mililitrska čaša (3-krat),
- 600-mililitrska čaša (6-krat),
- 1000-mililitrska čaša (3-krat),
- 1000-mililitrska merilna bučka (3-krat),
- puhalka za deionizirano vodo,
- steklena palčka,
- plastične kapalke,
- 1000-mililitrski merilni valj,
- 100-mililitrski merilni valj,
- kovinska žlička, spatula,
- filtrni papir (zadrži delce, večje od 2 μm),
- presesalna erlenmajerica,
- Büchnerjev lij,
- steklene posodice z zamaškom,
- plastične posodice,
- sita za sejanje (10 mm x 10 mm – 0,5 mm x 0,5 mm),
- kovinska lopatica,
- vrečka za filtracijo (150 μm) (3-krat),
- objektno in krovno steklo,
- petrijevke.

3.4 Aparature

- Precizna tehtnica (Radwag),
- pečica (Binder),
- sušilnik (Memert),
- optični mikroskop s kamero (Novex Holland),
- digitalni mikroskop (SIUKE G1000),
- FT IR-spektrometer (Shimadzu IRAffinity-1),
- digitalno kljunasto merilo (Wiha digiMax),
- fotoaparati (Nikon D7100).

3.5 Zaščitna sredstva

- Zaščitne rokavice in
- laboratorijski plašč.

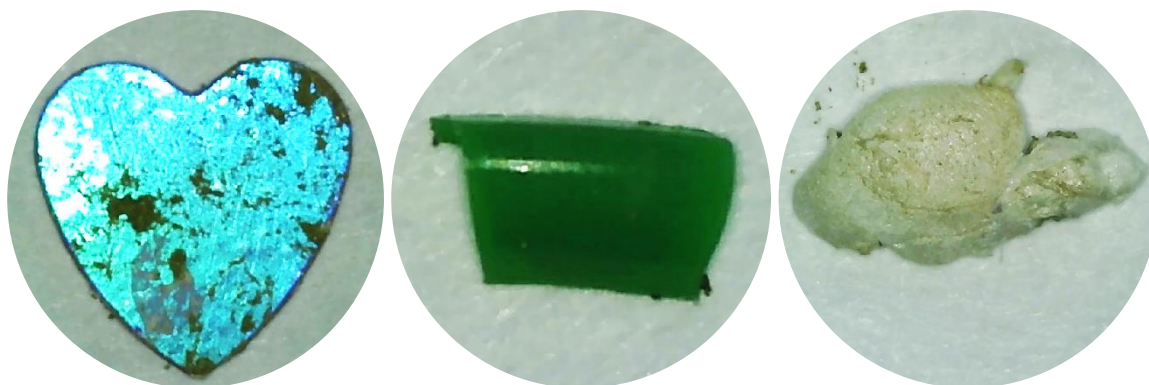
4 REZULTATI RAZISKAVE

4.1 Mikroplastika na poti v šolo

Na poti v šolo sem na pločniku in travniku večkrat videla različne plastične izdelke, od ovojev raznih čokolad, vrečk čipsa in drugih prigrizkov, do različnih plastenek in manjših koščkov, ki bi jih lahko uvrstili tudi med mikroplastiko. Tako sem se nekega dne odločila in na poti v šolo (Gunduličeva ulica, cesta Ob Dravi, Zrkovska cesta) fotografirala večje plastične izdelke (Slika 12), manjše pa pobrala in jih fotografirala z digitalnim mikroskopom (Slika 13).



Slika 12: Primeri plastičnih izdelkov na moji poti v šolo

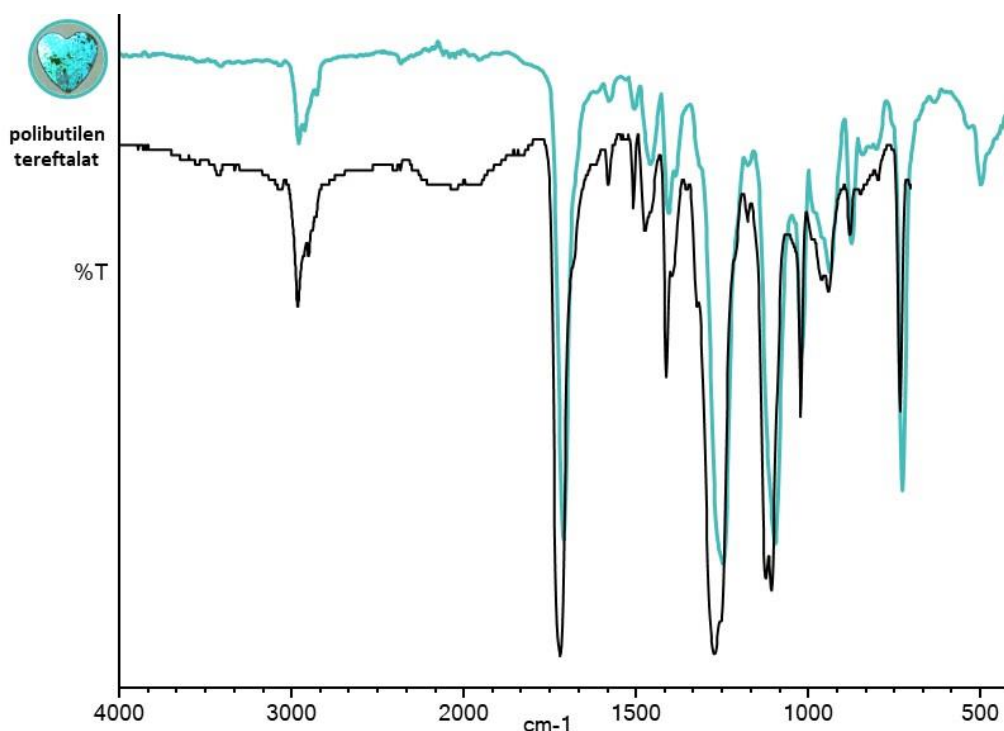


Slika 13: Mikroplastični izdelki, najdeni na moji poti v šolo

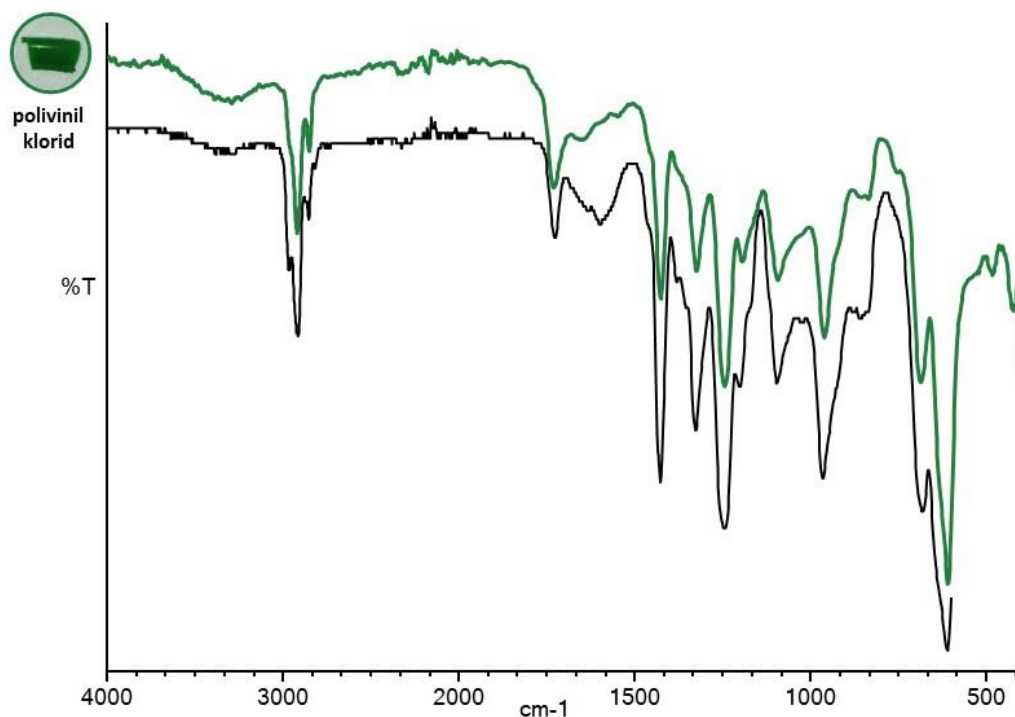
Kot je razvidno iz Slika 13 so najdeni delci različnih oblik, velikosti in barv. Nekateri so samo ostanki večjih plastičnih izdelkov, kot na primer zeleni plastični košček, za katerega ne moremo vedeti, iz katerega izdelka je nastal oz. se je odlomil in čemu je bil izvorni izdelek namenjen. Nekateri delci pa so bili v taki obliki že narejeni, kot na primer vijoličen srček, ki je najverjetneje dekorativni material. Barva delcev je pogosto odvisna od barve izvornih materialov. Na primer, če je izvorna plastika proizvedena v zeleni barvi, bo imela tudi mikroplastika, ki izhaja iz tega materiala, zeleno barvo. Barva se zaradi vremenskih in drugih dejavnikov lahko tudi spremeni.

Mikroplastiki, ki sem jo našla na poti v šoli, sem s pomočjo digitalnega kljunastega merila izmerila velikost. Dimenzije sem zmeraj merila v največjih predelih. Srčast delec je bil velik 5,50 mm x 5,91 mm, zeleni košček 1,54 mm x 2,24 mm in košček stiropora 3,82 mm x 6,51 mm.

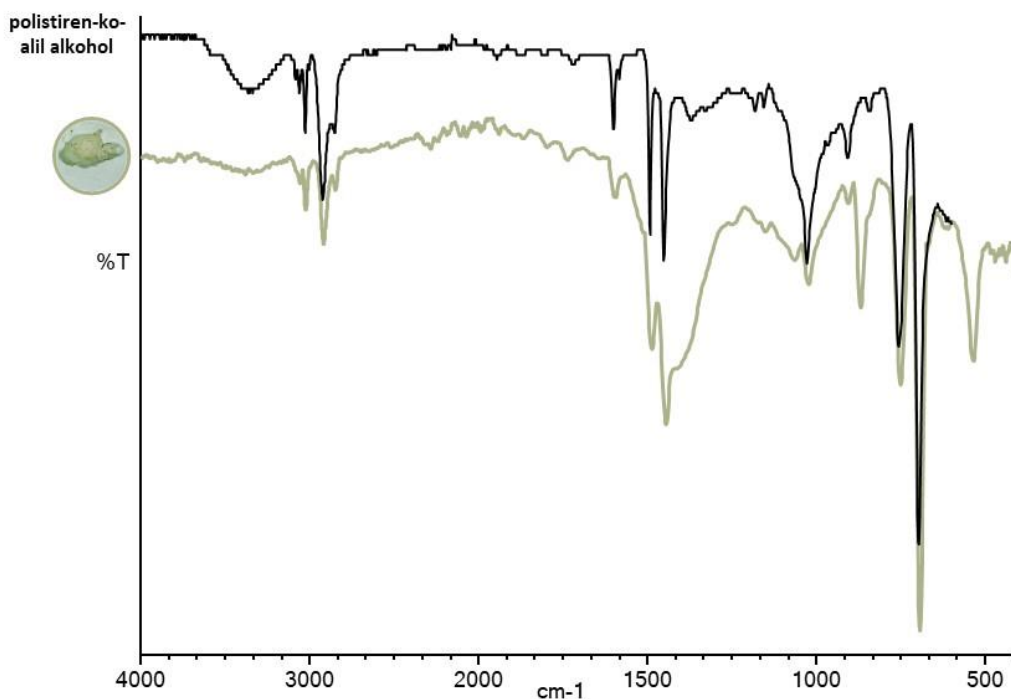
Kemijsko sestavo mikroplastike sem določila s FT IR-spektroskopijo. S primerjavo FT IR-spektrov (ujemajoči vrhovi pri določenih valovnih številih) mikroplastičnih izdelkov s spektri iz baze podatkov (knjižnica FT IR-spektrometra) sem ugotovila, da je plastični srček narejen iz polibutilen tereftalata (Slika 14), zeleni košček iz polivinil klorida (Slika 15) in košček stiropora iz polistiren-ko-alil alkohola (Slika 16), saj se večina vrhov primerjanih spektrov za vse tri vzorce zelo dobro ujema z materialom iz knjižnice spektrofotometra. Na FT IR-spektrih so poleg tipičnih signalov zgoraj omenjenih polimerov prisotni še drugi signali. Predvidevam, da gre bodisi za nečistoče ali primesi drugih polimernih materialov.



Slika 14: FT IR-spekter vijoličnega srca s pločnika



Slika 15: FT IR-spekter zelenega koščka s pločnika



Slika 16: FT IR-spekter koščka stiropora s pločnika

4.2 Mikroplastika v peskovniku

Otroci v peskovniku ustvarjajo – kopljejo, zidajo, prevažajo pesek, gradijo hiške in gradove ter tako pridobivajo številne veščine in spretnosti, ki pomembno vplivajo na njihov nadaljnji

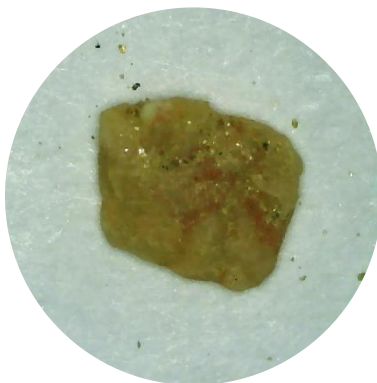
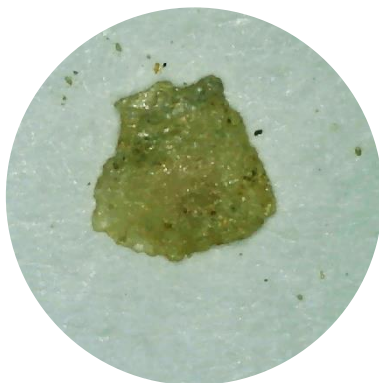
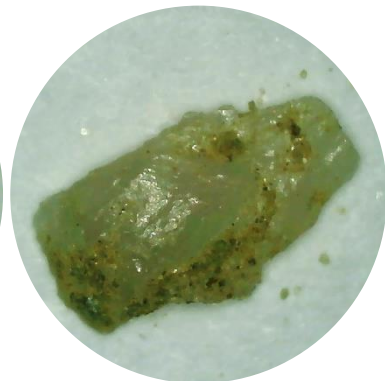
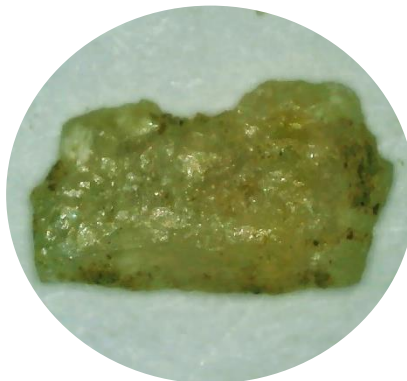
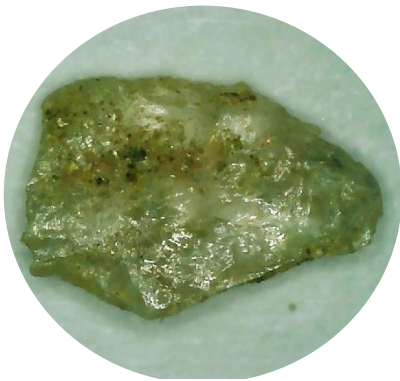
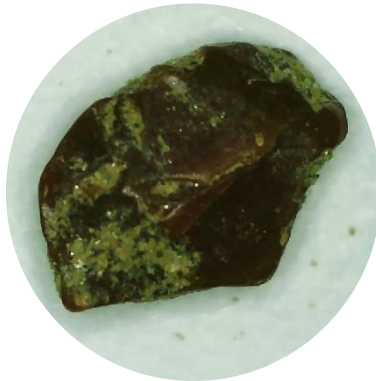
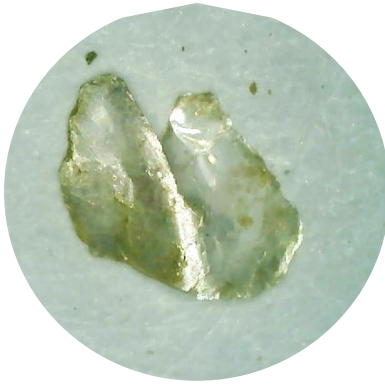
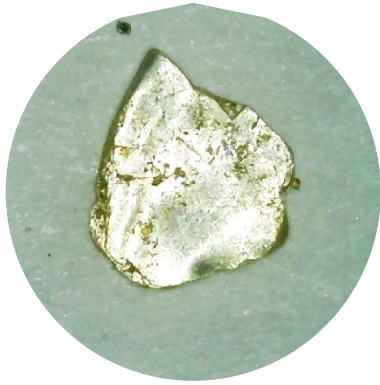
razvoj. Za zabavno igro v peskovniku so prava izbira različni plastični vrči in posodice za prenašanje materiala in vode, grabljice, lopatke, različna otroška vozila (kamiončki, bagerji, kopači), samokolnice, zalivalke ter še in še. Igrače se med igro večkrat polomijo in različno veliki delčki ostajajo v peskovniku. Zanimalo me je, ali bom v peskovniku našla tudi mikroplastiko.

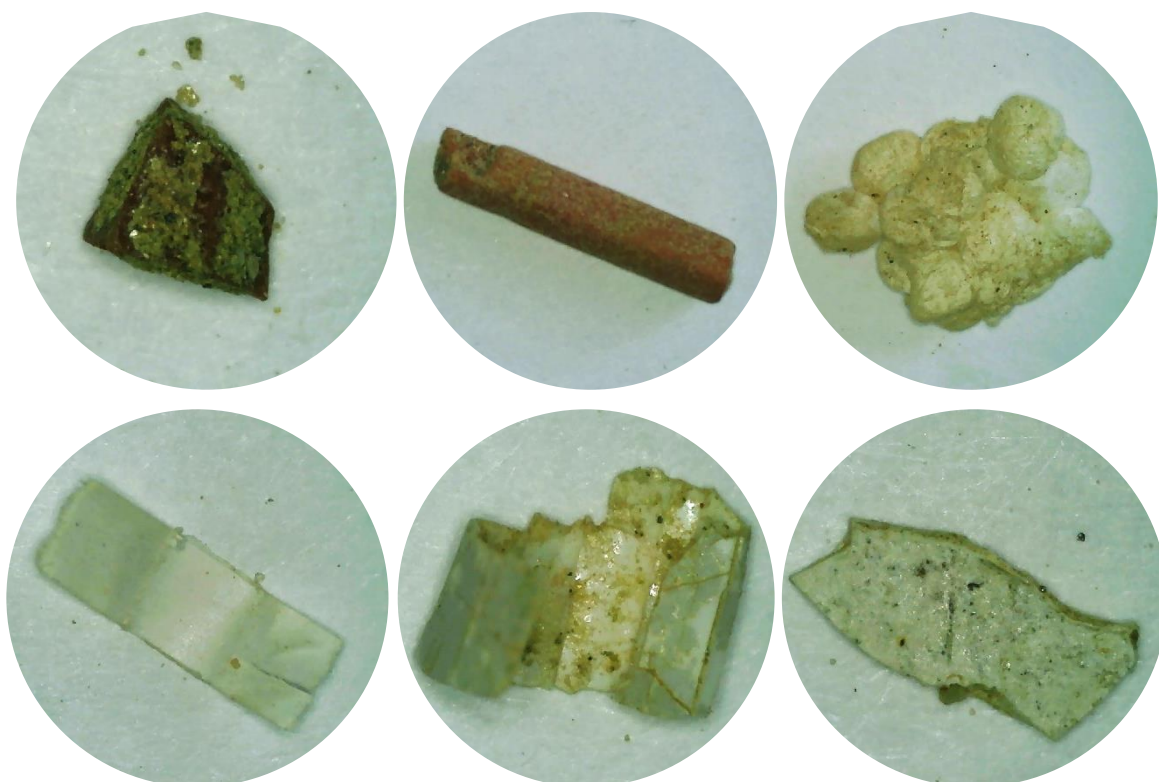
V peskovniku sem v 5-litrsko plastično posodo s kovinsko lopatko prenesla pesek in začela s sejanjem z uporabo različnih sit. Začela sem s siti z večjimi odprtinami (10 mm x 10 mm) in nadaljevala s siti z vedno manjšimi odprtinami (tudi z 0,5 mm x 0,5 mm). Na večjih sitih so ostali koščki plastike, kot na primer ostanek ovitka čokolade Milka ter večji kosi odlomljenih igrač (Slika 17).



Slika 17: Sejanje peska

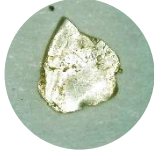

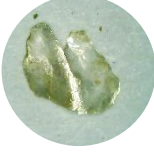
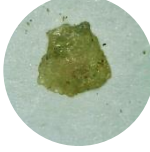
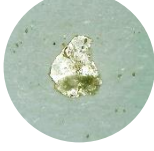
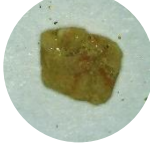
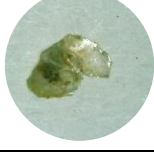
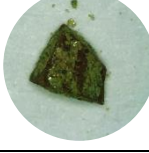
Na sitih z manjšimi odprtinami je ostalo veliko kamenčkov, med katerimi sem morala iskati plastične koščke. Nabrala sem nekaj vzorcev (Slika 18), ki sem jih mikroskopirala z digitalnim mikroskopom, z digitalnim kljunastim merilom pa sem jim določila velikost. Velikosti delcev so podane v Tabela 1.

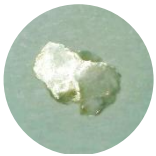

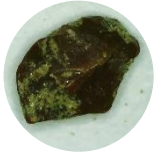

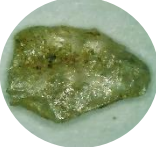
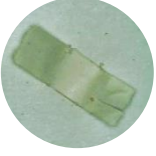
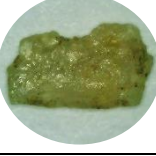
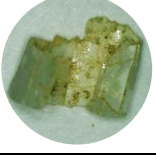






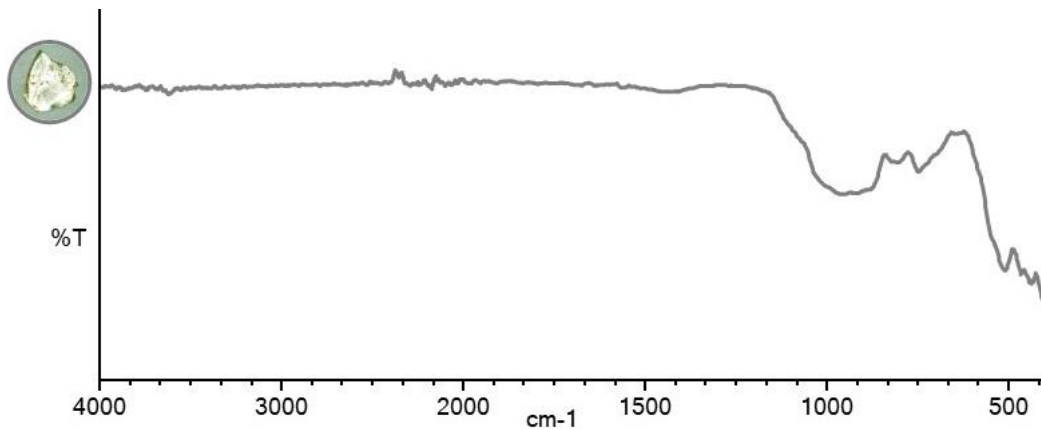
Slika 18: Mikroplastika, najdena v peskovniku

Tabela 1: Velikost mikroplastike iz peskovnika

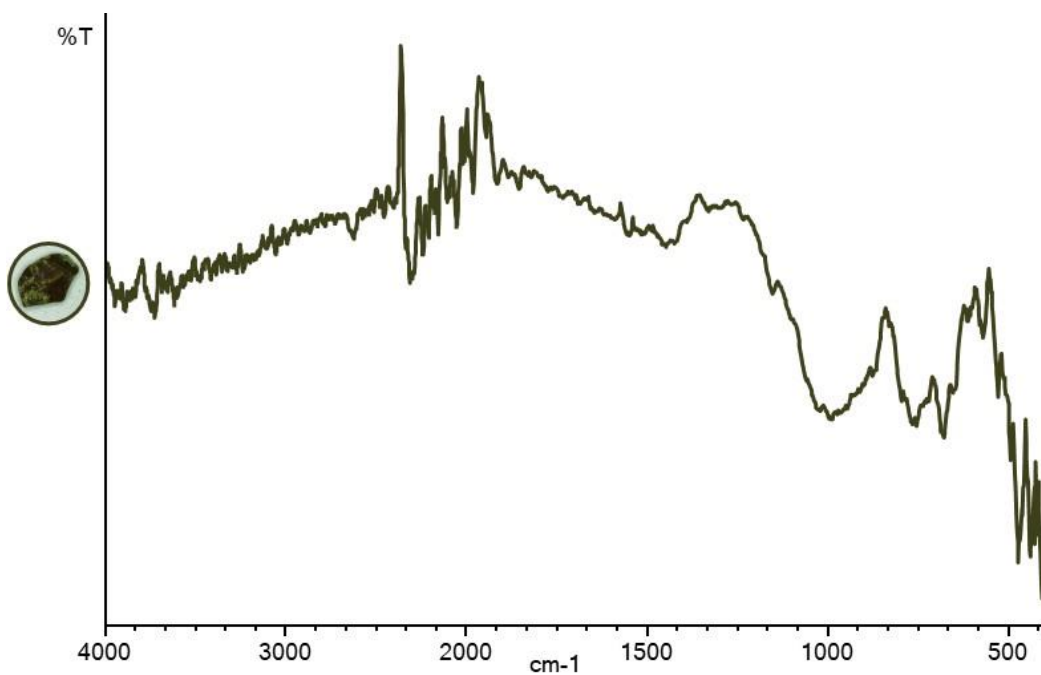
Vzorec		mm x mm		Vzorec		mm x mm	
P-A		1,96	2,66	P-J		3,39	4,61
P-B		1,48	2,13	P-K		1,82	2,11
P-C		0,78	1,04	P-L		1,92	2,52
P-D		1,22	1,88	P-M		1,79	2,07

P-E		1,35	2,08	P-N		3,64	17,48
P-F		2,66	3,51	P-O		10,29	13,31
P-G		2,41	3,67	P-P		2,05	6,41
P-H		1,94	3,51	P-R		5,04	6,91
P-I		1,60	2,78	P-S		1,51	3,14

Iz Tabela 1 je razvidno, da lahko vse vzorce, razen vzorcev P-N in P-O, uvrstimo med mikroplastiko. Analizirala sem jih s FT IR-spektroskopijo. Najprej sem naredila FT IR-analizo vseh svetlikajočih se delcev (vzorci od P-A do P-E), saj sem predvidevala, da gre za plastične bleščice, ki bi lahko v peskovnik prišle z oblačil deklic. FT IR-spektri so bili za te vzorce enaki. Iz spektra za vzorec P-A na Slika 19 je razvidno, da ni šlo za bleščice oz. mikroplastiko, ampak za koščke kamna, ki vsebujejo kvarc (SiO_2 – se sveti). Speker ne vsebuje karakterističnih vrhov plastike, kot smo jih lahko videli na spektrih vzorcev, ki sem jih našla na pločniku. Podoben rezultat sem dobila za vzorce od P-F do P-M (Slika 20). Tudi v teh primerih ni šlo za mikroplastiko, ampak za kamenčke, ki so po barvi in obliki na prvi pogled izgledali kot plastika. Zato na Slika 19 in Slika 20 ni izrisanega spektra plastike za primerjavo.

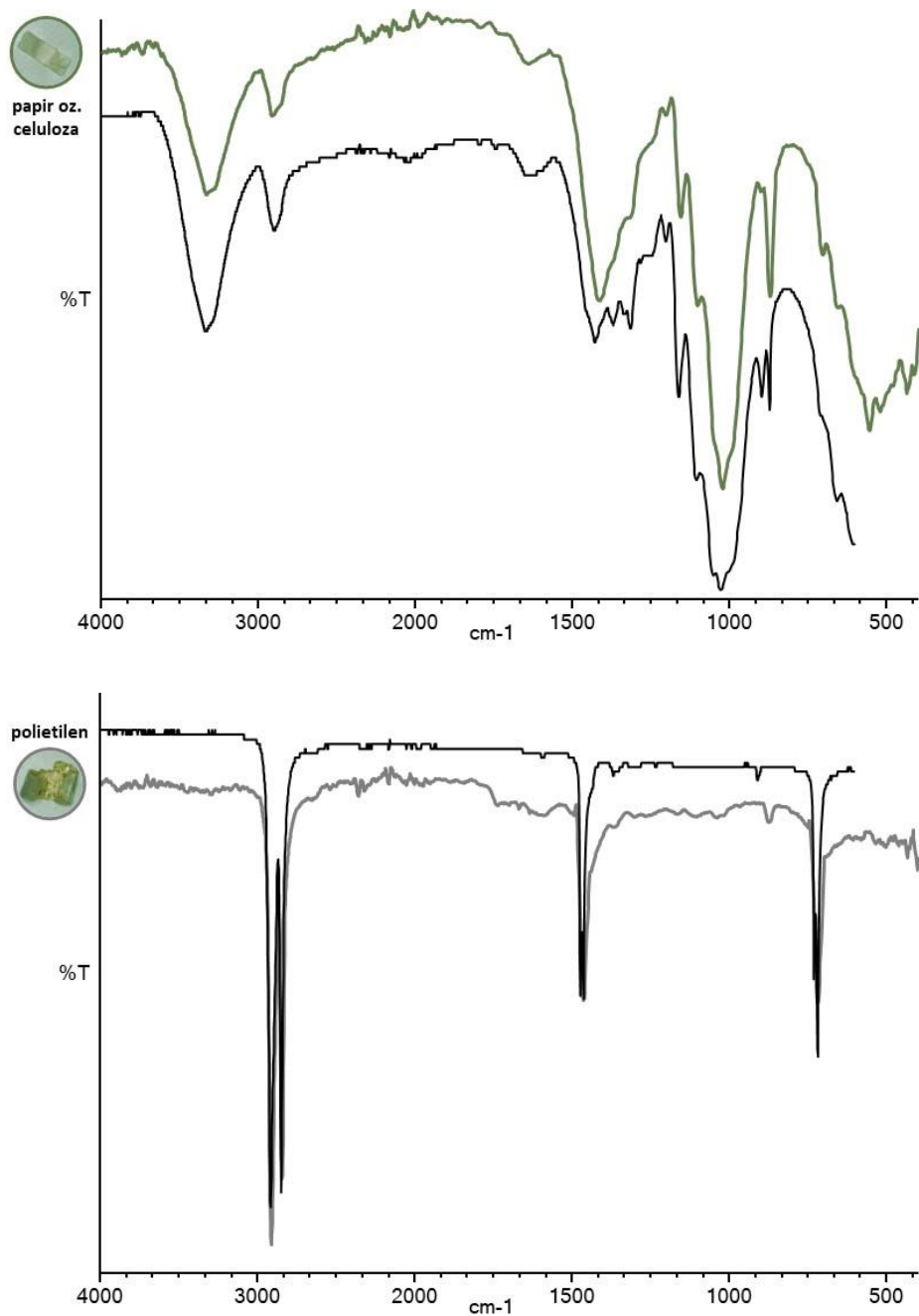


Slika 19: FT IR-spekter vzorca P-A iz peskovnika



Slika 20: FT IR-spekter vzorca P-F iz peskovnika

FT IR-analizo sem naredila še za vzorce P, R (Slika 21) in S. Primerjava FT IR-spektra vzorcev s spektri iz baze podatkov (knjižnica FT IR-spektrometra) je pokazala, da je vzorec P narejen iz papirja oz. celuloze, vzorca R in S pa iz polietilena. S slednjim sem potrdila prisotnost mikroplastike v peskovniku.



Slika 21: FT IR-spekter vzorca P-P (zgoraj) in vzorca P-R (spodaj) iz peskovnika

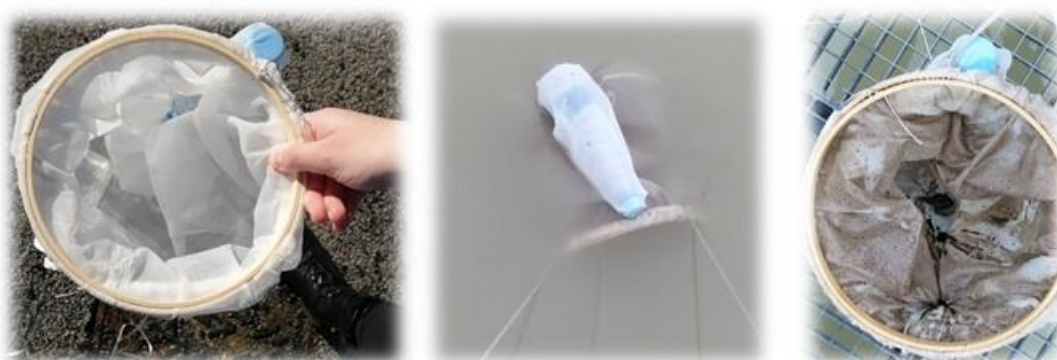
4.3 Mikroplastika v reki Dravi

Ko sem iskala informacije o mikroplastiki, sem zasledila prispevek o projektu Pirati plastike – Plastic Pirates – Go Europe!, v katerem so pri iskanju mikroplastike v slovenskih rekah sodelovali tudi osnovnošolci. Prebrano me je navdušilo in odločila sem se mikroplastiko poiskati v reki Dravi. V ta namen sem kupila filtracijsko vrečko, ki sem jo uporabila namesto “manta” mreže, ki se sicer uporablja za lovljenje planktona. Najprej sem šla na ogled, kje bi

lahko izvedla svoj eksperiment, in med sprehodom ugotovila, da je na nabrežju reke veliko plastičnih izdelkov za enkratno uporabo, od cigaretnih ogorkov, plastenk, ovojev čokolad in podobno, nekaj jih je plavalo tudi v reki (Slika 22). Po dolgem sprehodu sem se odločila, da filtrno vrečo v reko postavim med dvoetažnim mostom in jezom v Melju. Vrečo sem namestila na okrogli leseni okvir, na eni strani sem jo opremila z zrakom napolnjeno plastenko in na drugi strani s kamnom. S tem sem dosegla, da se je vreča potopila tako, da je plavala tik pod gladino reke (Slika 23).



Slika 22: Plastični izdelki na nabrežju reke Drave in plavajoči plastični izdelki v Dravi

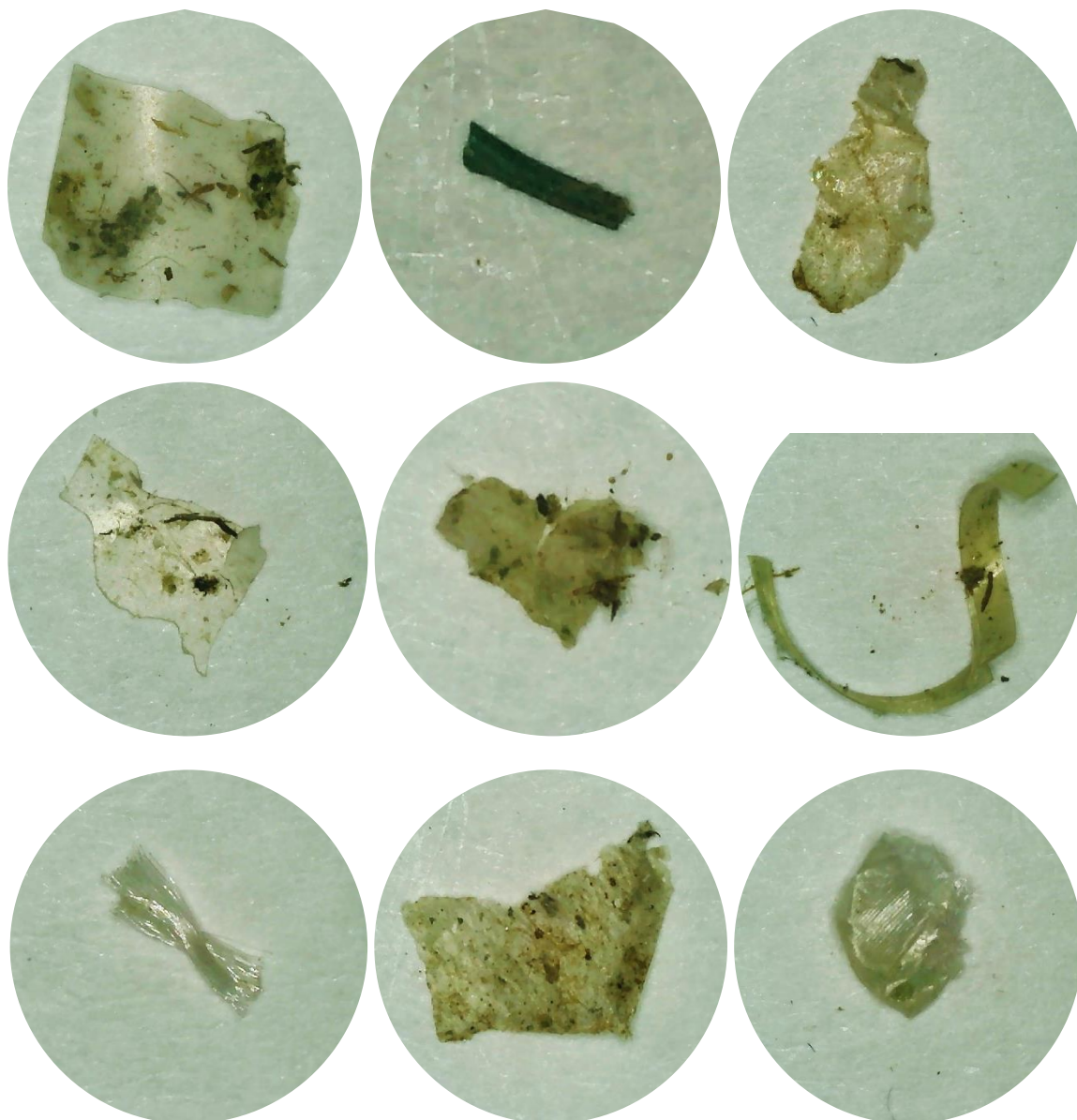


Slika 23: Lovljenje mikroplastike v Dravi v Melju

Filtrno vrečo sem s pomočjo staršev namestila 3. 12. 2023 in jo v Dravi pustila plavati 10 ur. Po tem času sem jo potegnila iz Drave in jo pustila, da se je posušila na zraku. Posušeni material (Slika 24) sem nato stresla na podlago, ki sem jo pred tem dobro stresla, in s pomočjo pincete iskala mikroplastiko. V vrečo se je ujelo nekaj peska in rastlinskega materiala, pa tudi manjših kosov plastike, ki so bili zlepljeni s peskom, ki sem ga odstranila z rahlim ščetkanjem s čopičem (Slika 25). Velikost pridobljenih vzorcev je podana v Tabela 2.




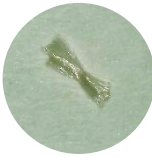




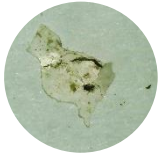

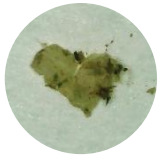
Slika 24: Material, ulovljen v Dravi



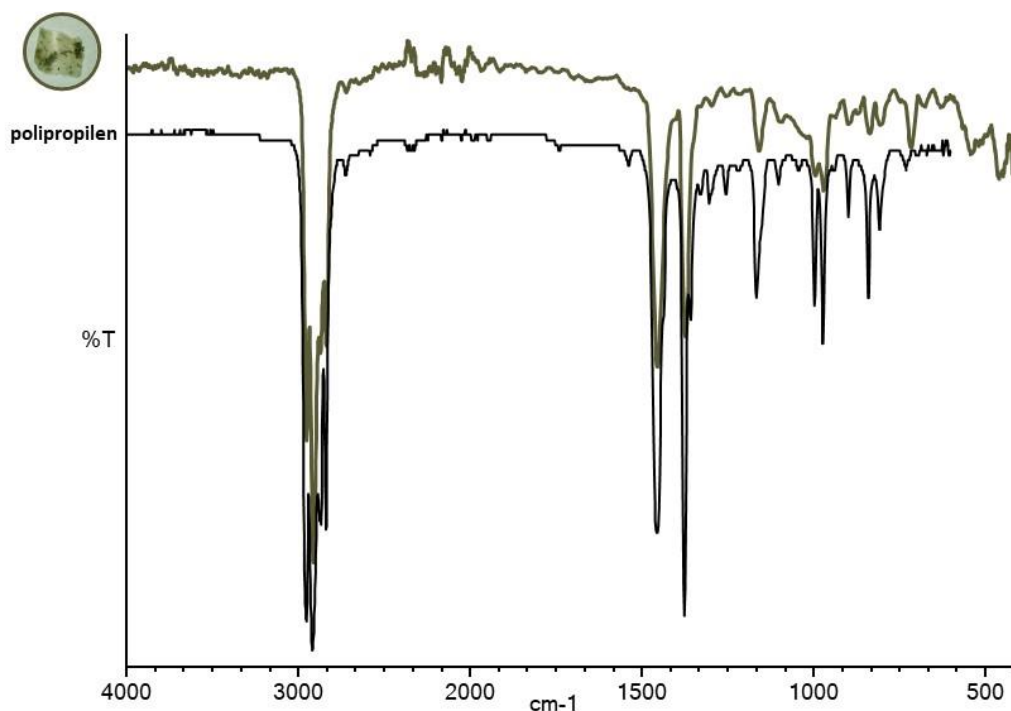
Slika 25: Mikroplastika iz Drave

Tabela 2: Velikost mikroplastike iz Drave

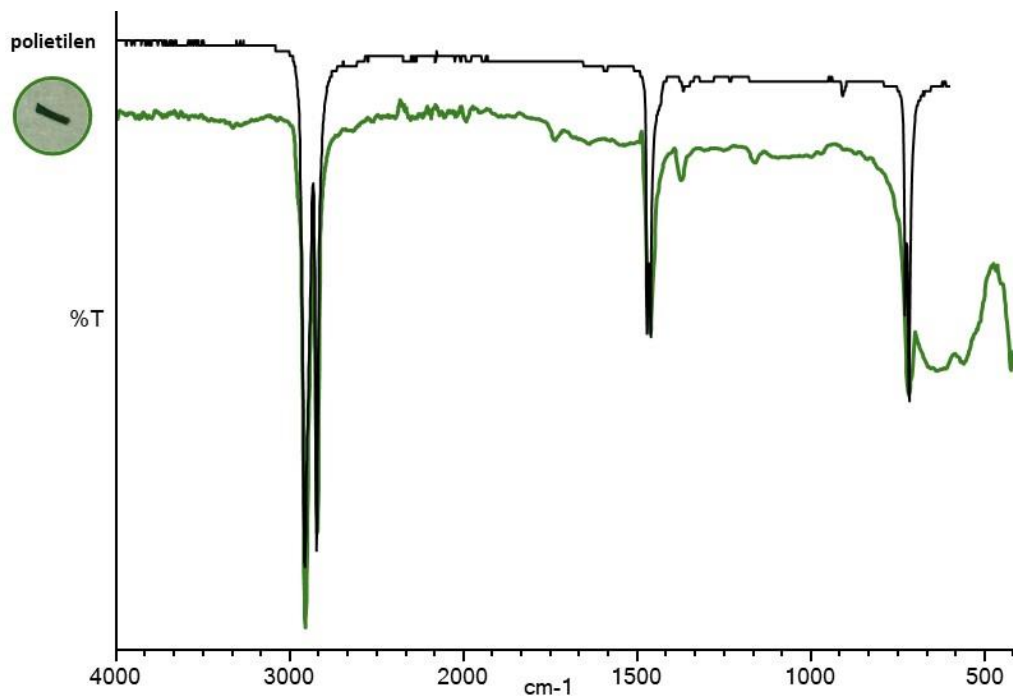
Vzorec		mm x mm		Vzorec		mm x mm	
D-A		4,58	5,11	D-F		0,93	10,23
D-B		0,39	1,73	D-G		1,92	4,82

D-C		3,05	6,81	D-H		4,82	6,31
D-D		2,87	3,94	D-I		0,90	1,09
D-E		1,81	2,43				

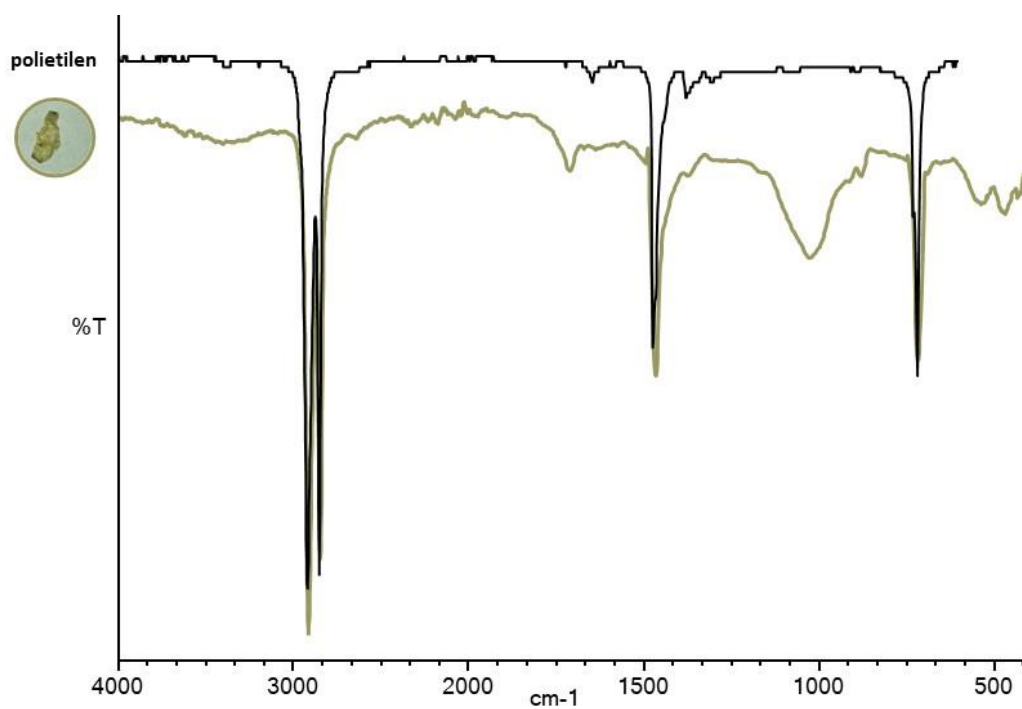
Iz Tabela 2 je razvidno, da lahko vse ujete plastične delce v Dravi uvrstimo med mikroplastiko. Kemijsko sestavo vzorcev sem določila s FT IR-spektroskopijo (Slike 26–28). Dobljene spektre sem primerjala s spektri knjižnice FT IR-spektrometra. Ugotovila sem, da so vzorci D-A (Slika 26), D-D in D-F narejeni iz polipropilena, vzorec B je iz polietilena (Slika 27), iz polietilena so tudi vzorci D-C (Slika 28), D-H in D-E, vendar lahko pri njih vidimo na FT IR-spektru še dodatne vrhove, ki so lahko posledica nečistoč ali vsebnosti drugih polimerov (npr. vrh pri približno 1000 cm^{-1} na Slika 28).



Slika 26: FT IR-spekter vzorca D-A iz Drave



Slika 27: FT IR-spekter vzorca D-B iz Drave



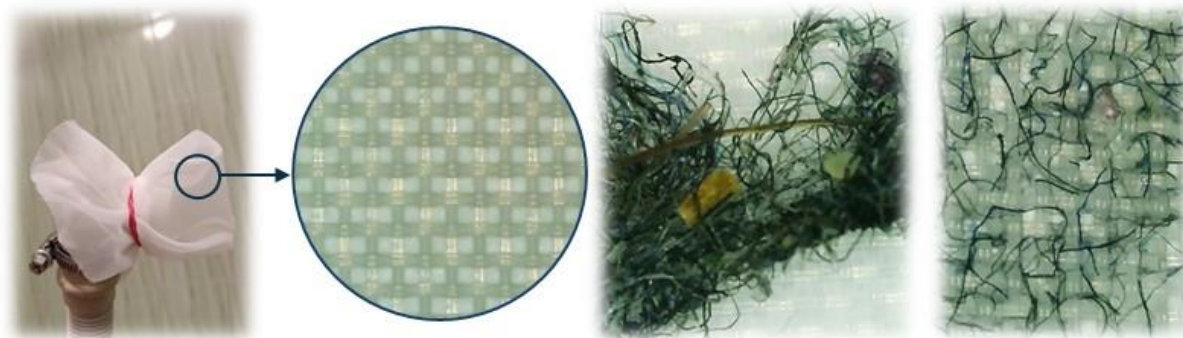
Slika 28: FT IR-spekter vzorca D-C iz Drave

4.4 Mikroplastika v odpadnih vodah

Odpadne vode, ki nastanejo v gospodinjstvih, industriji in drugih virih, se stekajo v komunalni oziroma javni kanalizacijski sistem in vsebujejo različne snovi, kot so fekalije, kemikalije, usedline ter druge odpadne snovi.

4.4.1 Mikroplastika pri pranju oblačil

Prebrala sem, da gospodinjski pralni stroji ustvarijo 35 odstotkov onesnaženja oceanov z mikroplastiko, saj med vsakim pranjem spustijo v odtok več kot 700 tisoč škodljivih mikrovlaknen. [55] Naredila sem test in na izlivno cev domačega pralnega stroja z gumico pritrdila kos filtracijske vrečke (Slika 29). Med pranjem temnega perila (črne barve) sem cev napeljala v tuš kabino in opazovala, kako odteka obarvana voda. Po končanem pranju je bila tudi filtracijska vrečka temno obarvana. Podrobneje sem jo pregledala z digitalnim mikroskopom. Vrečka je bila polna temnih vlaken in manjših delčkov, ki spominjajo na plastiko (Slika 29). S tem sem dokazala, da s pralnim strojem v vodni ekosistem res splakujemo večje količine vlaken, bombažnih in plastičnih – odvisno od perila, ki ga peremo. Individualna vlakna in delčki niso bili primernih velikosti za analizo s FT IR-spektroskopijo. Vlakna so bila pretanka, delčki pa premajhni (ocenjujem, da so bili veliki med 150 μm in 200 μm).



Slika 29: Odtočna cev pralnega stroja (levo), ujeta mikrovlakna po pranju (desno)

4.4.2 Mikroplastika v odpadni vodi čistilnih naprav

V Sloveniji obstaja več čistilnih naprav, ki skrbijo za čiščenje komunalnih odpadnih voda, preko katerih se v okolje izliva vse več mikroplastike. Te naprave so pomembne za ohranjanje kakovosti voda in preprečevanje onesnaževanja okolja. Za namene raziskave sem pridobila vzorce odpadne vode dveh večjih čistilnih naprav, Centralne čistilne naprave Ljubljana in Centralne čistilne naprave Maribor.

Analizo vseh vzorcev sem naredila po enakem postopku, kot je opisano v poglavju 3.2.5. Posodo z vodo sem dobro pretresla in nato vsebino prefiltrirala skozi filtrni papir, ki zadrži delce, velike od 2 μm naprej. Filtrni papir z delci sem posušila do konstantne mase in nato delce oksidirala z vodikovim peroksidom in raztopino Fe (II) (Slika 30), da sem odstranila organski material. Po oksidaciji sem spet izvedla filtracijo in papir z delci sušila do konstantne mase. Delce, ki so ostali na filtrnem papirju, sem fotografirala z digitalnim mikroskopom, jim določila velikost z optičnim mikroskopom oz. z digitalnim kljunastim merilom, kemijsko sestavo vzorcev pa potrdila s FT IR-spektroskopijo.

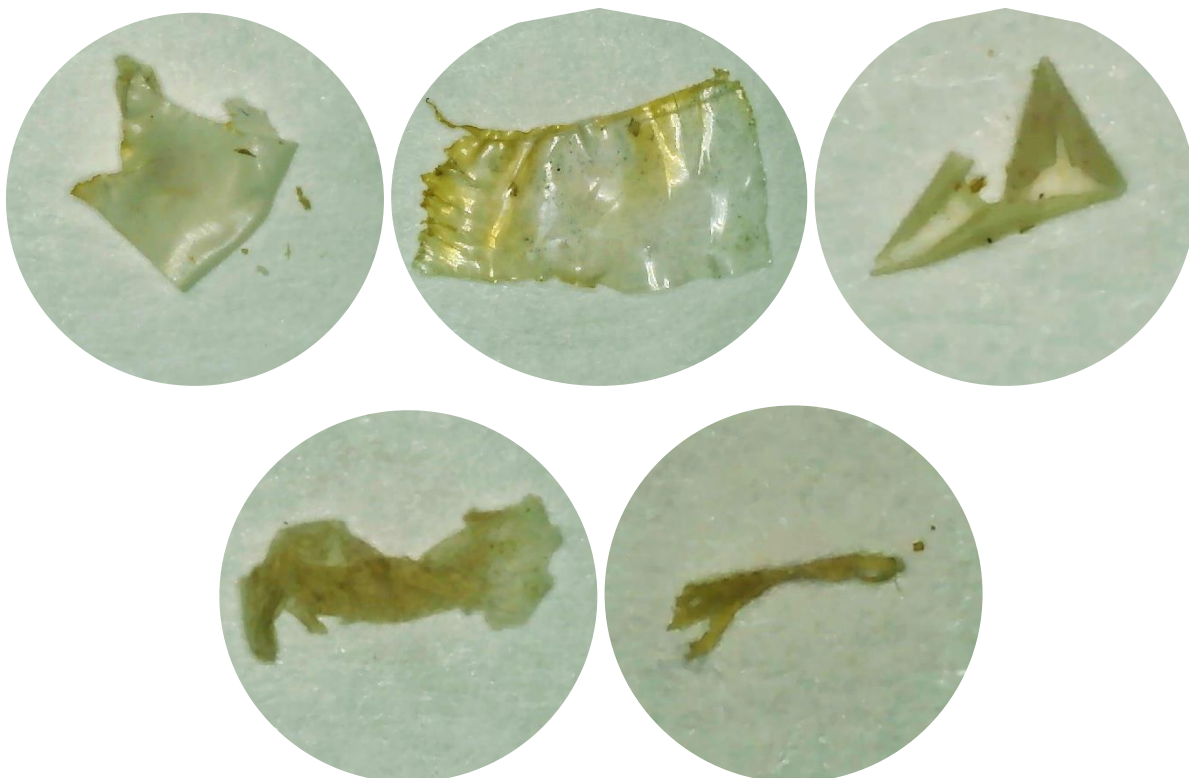


Slika 30: Oksidacija vode iz čistilne naprave

4.4.3 Analiza vzorcev iz Centralne čistilne naprave Ljubljana






V Centralni čistilni napravi Ljubljana sem dobila dva vzorca, vzorec odpadne vode pred čiščenjem in očiščene vode pred izlivom v reko Ljubljanico, kjer bi se po navedbah predstavnika podjetja naj odstranilo tudi do 90 % mikroplastike. Oba sta bila zaradi intenzivnih padavin na dan vzorčenja (13. 12. 2023) zelo razredčena.

Na Slika 31 so delci plastike, ki sem jih pridobila po filtraciji in oksidaciji odpadne vode (vzorci označeni z LJ-O), v Tabela 3 pa so zbrane njihove velikosti.



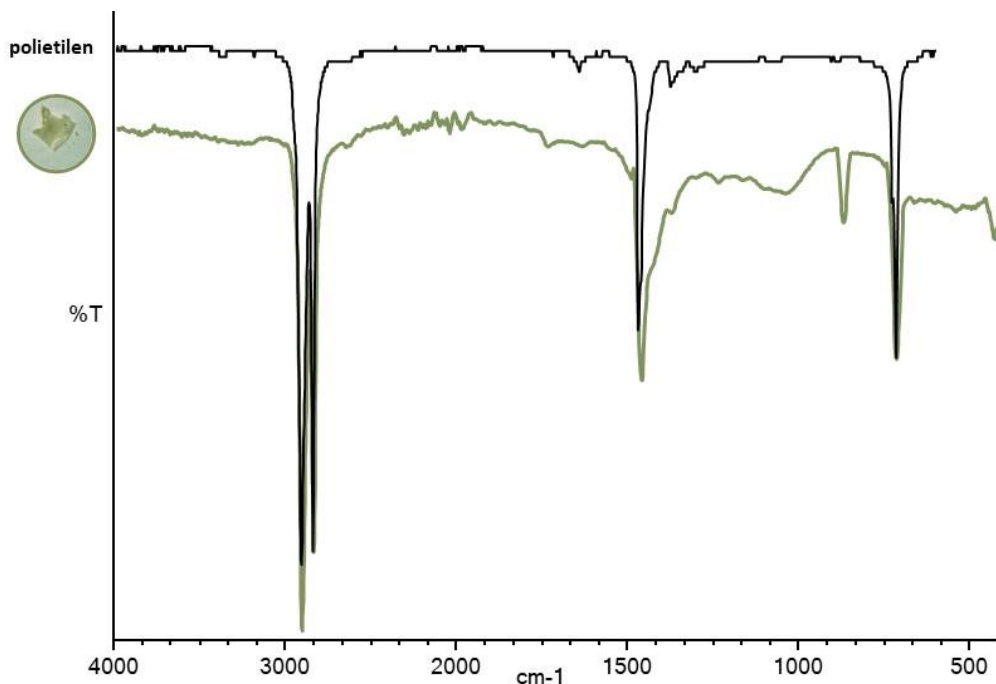
Slika 31: Mikroplastika iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana

Tabela 3: Velikost mikroplastike iz odpadne vode Centralne čistilne naprave Ljubljana

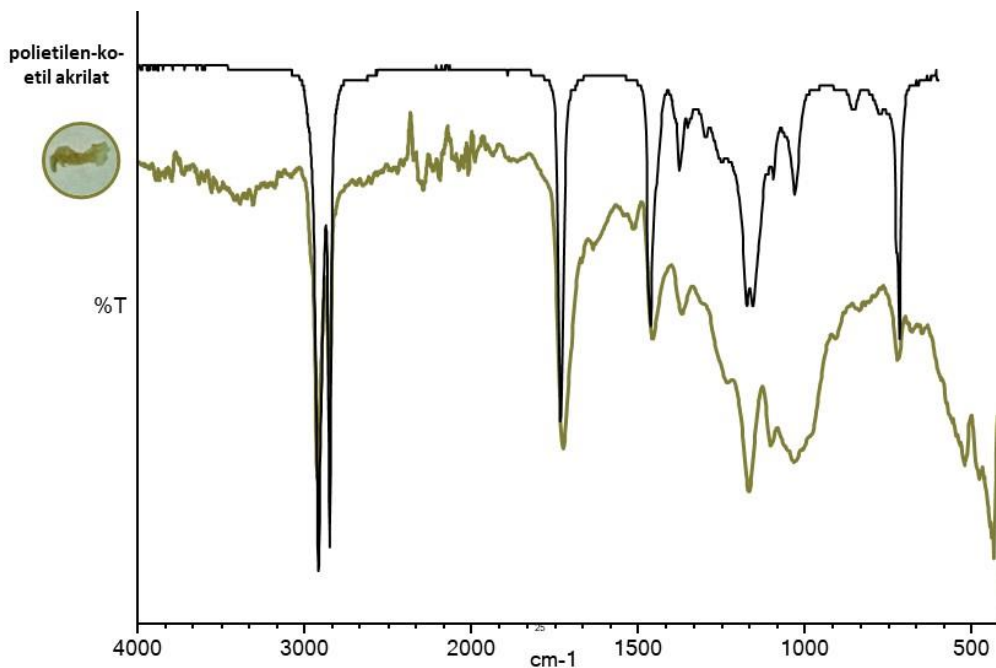
Vzorec		mm x mm		Vzorec		mm x mm	
LJ-O-A		2,87	3,34	LJ-O-D		1,63	4,14
LJ-O-B		3,42	6,56	LJ-O-E		0,14	1,42
LJ-O-C		1,51	2,56				

Iz Tabela 3 je razvidno, da lahko vse delce uvrstimo v skupino mikroplastike. Da so med temi delci tudi plastični, potrjujejo FT IR-spektri, ki sem jih primerjala s spektri knjižnice FT IR-spektrometra. Vzorci LJ-O-A (Slika 32), LJ-O-B in LJ-O-C so v osnovi sestavljeni iz polietilena. Na spektrih so poleg karakterističnih signalov za polietilen prisotni še dodatni vrhovi, ki so lahko posledica nečistoč ali primesi drugih polimernih materialov. Vzorec LJ-O-D ima na spektru

vrhove, ki so značilni za polietilen ter vrsto drugih vrhov. Med spektri, ki jih ponuja knjižnica FT IR-spektrometra, je mojemu spektru najbolj podoben spekter kopolimera med etilenom in etil akrilatom (polietilen-ko-etilakrilat) (Slika 33). Vzorec LJ-O-E se mi je pri prenosu na merilno mesto na FT IR-spektra zlomil na dva dela in ga nisem mogla analizirati.

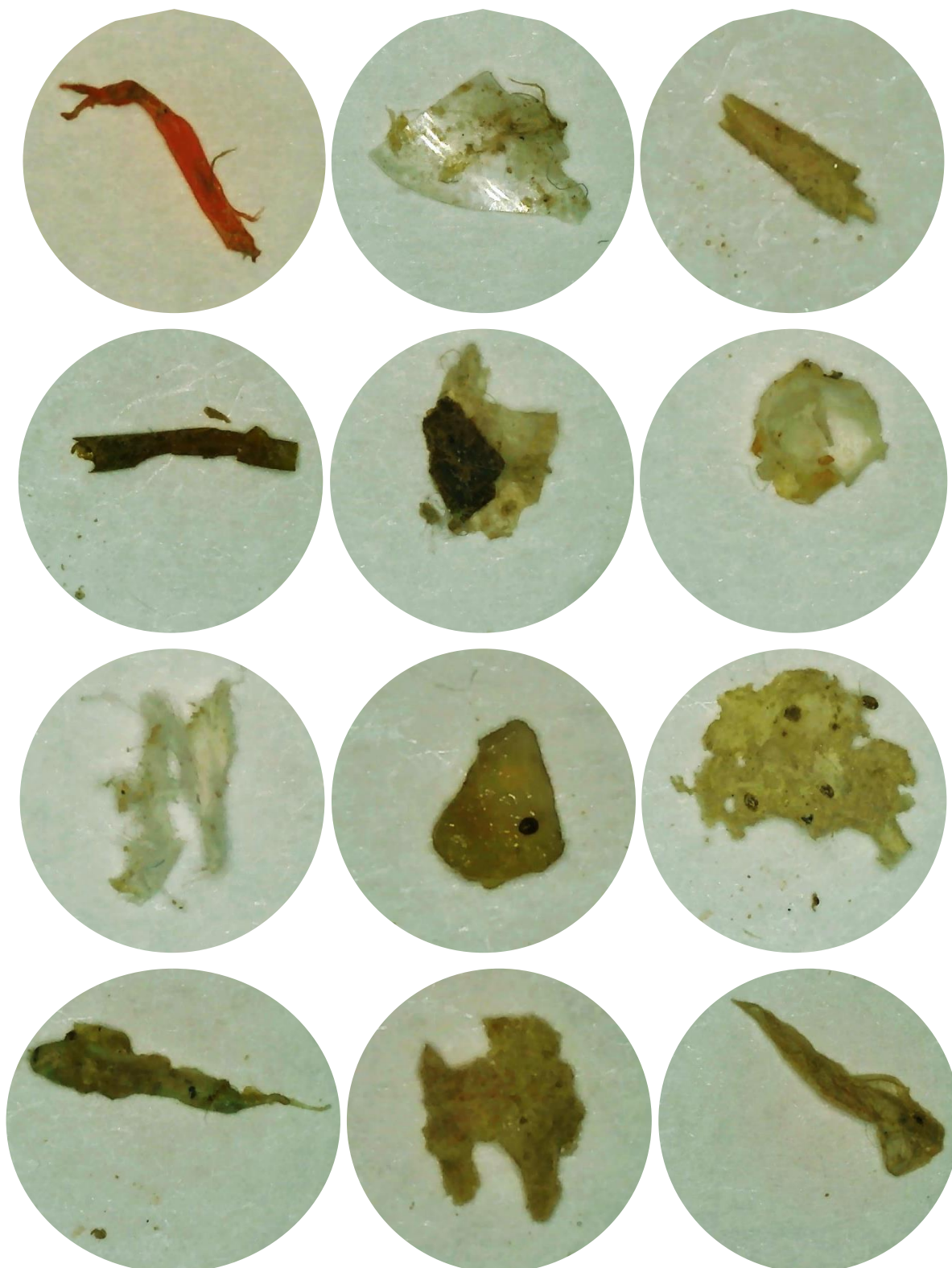


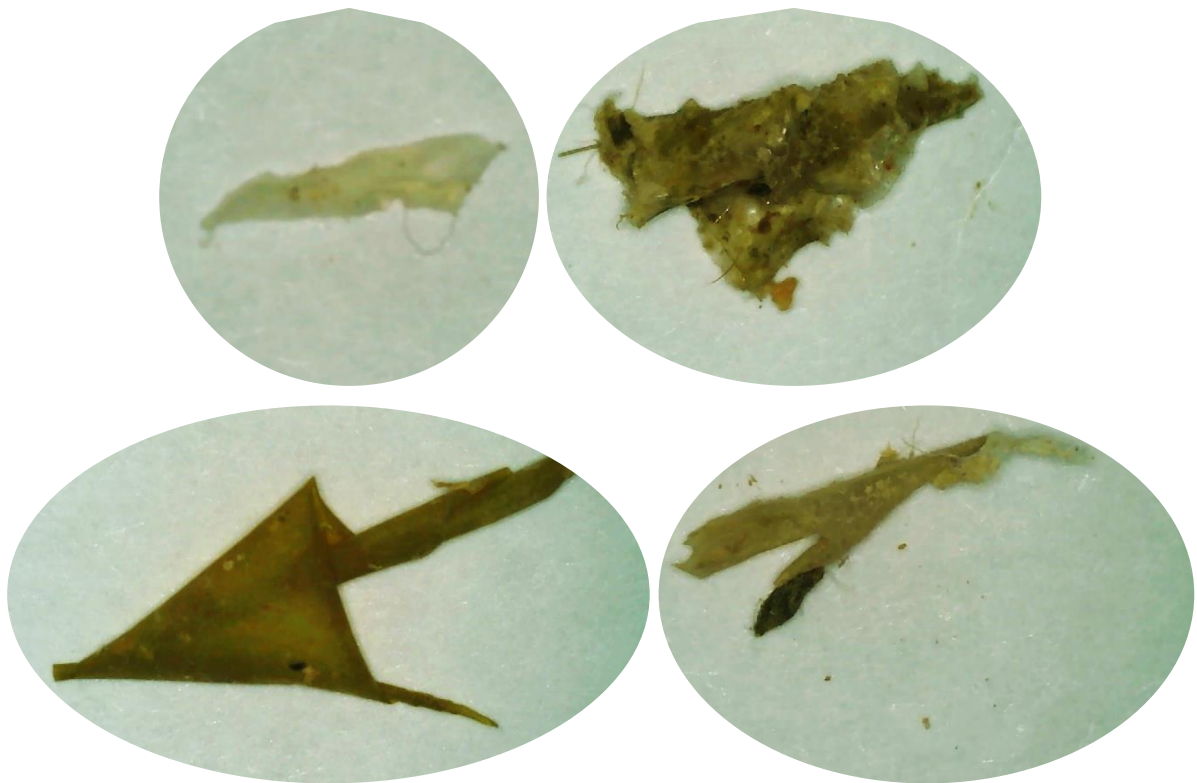
Slika 32: FT IR-spekter vzorca LJ-O-A neočiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana



Slika 33: FT IR-spekter vzorca LJ-O-D neočiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana









Na Slika 34 so delci plastike, ki sem jih pridobila po filtraciji in oksidaciji očiščene vode iz čistilne naprave Ljubljana, v Tabela 4 pa njihove velikosti.

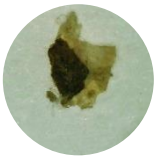

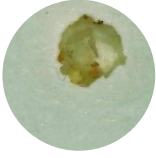

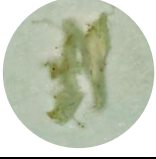






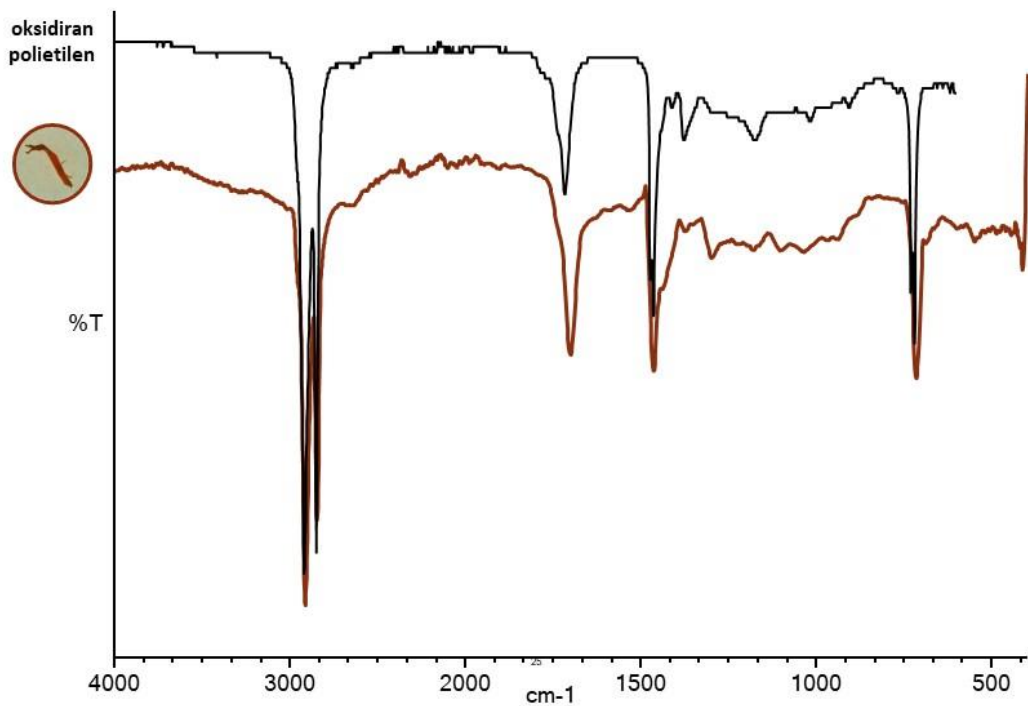
Slika 34: Mikroplastika iz očiščene vode Centralne čistilne naprave Ljubljana

Tabela 4: Velikost mikroplastike iz očiščene vode Centralne čistilne naprave Ljubljana

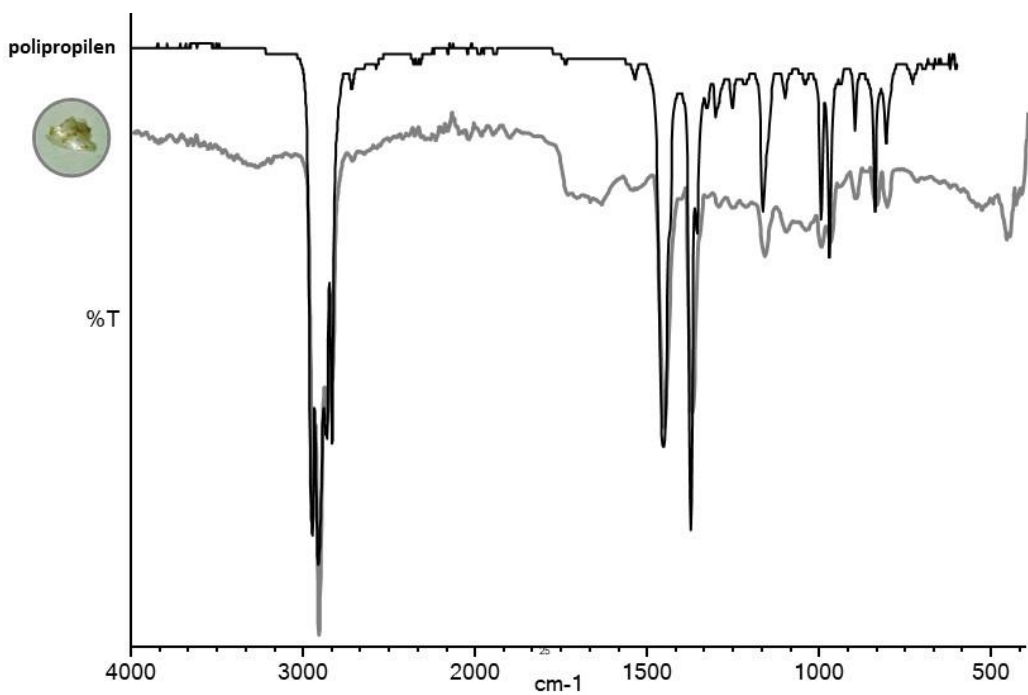
Vzorec		mm x mm		Vzorec		mm x mm	
LJ-Č-A		3,68	10,81	LJ-Č-I		2,47	3,61
LJ-Č-B		2,41	3,29	LJ-Č-J		4,33	5,26
LJ-Č-C		0,65	2,37	LJ-Č-K		1,71	5,97
LJ-Č-D		0,71	4,18	LJ-Č-L		1,33	4,81

LJ-Č-E		2,03	2,71	LJ-Č-M		3,22	6,27
LJ-Č-F		1,84	2,01	LJ-Č-N		4,42	11,87
LJ-Č-G		2,24	4,22	LJ-Č-O		0,71	5,23
LJ-Č-H		2,09	2,42				

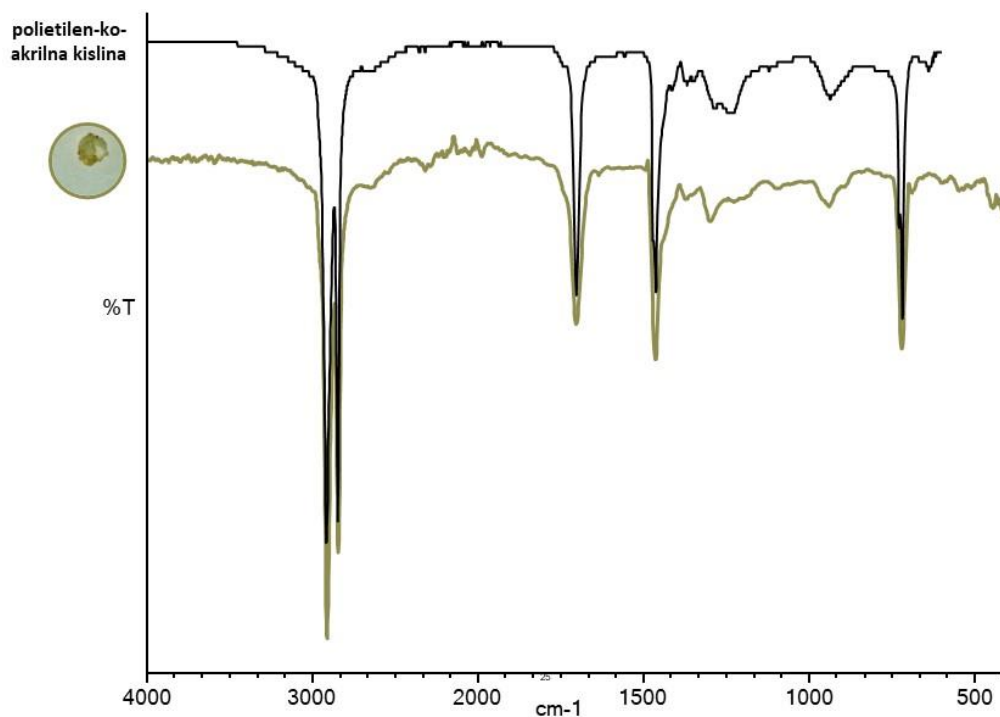
Iz Tabela 4 je razvidno, da lahko vse delce uvrstimo v skupino mikroplastike. Da so med temi delci tudi plastični, potrjujejo FT IR-spektri, ki sem jih primerjala s spektri iz knjižnice FT IR-spektrometra (Slika 35 – Slika 38). Kot lahko razberemo iz FT IR-spektrov, so delci narejeni iz oksidirane polietilena (vzorec LJ-Č-A), polipropilena (vzorec LJ-Č-B), kopolimera etilena in akrilne kisline (polietilen-ko-akrilna kislina) (vzorec LJ-Č-F) ter polivinil klorida (vzorec LJ-Č-G). Za ostale vzorce knjižnica FT IR-spektra ni ponudila spektrov z ujemajočimi vrhovi, zato ne morem sklepati o kemijski sestavi teh vzorcev.



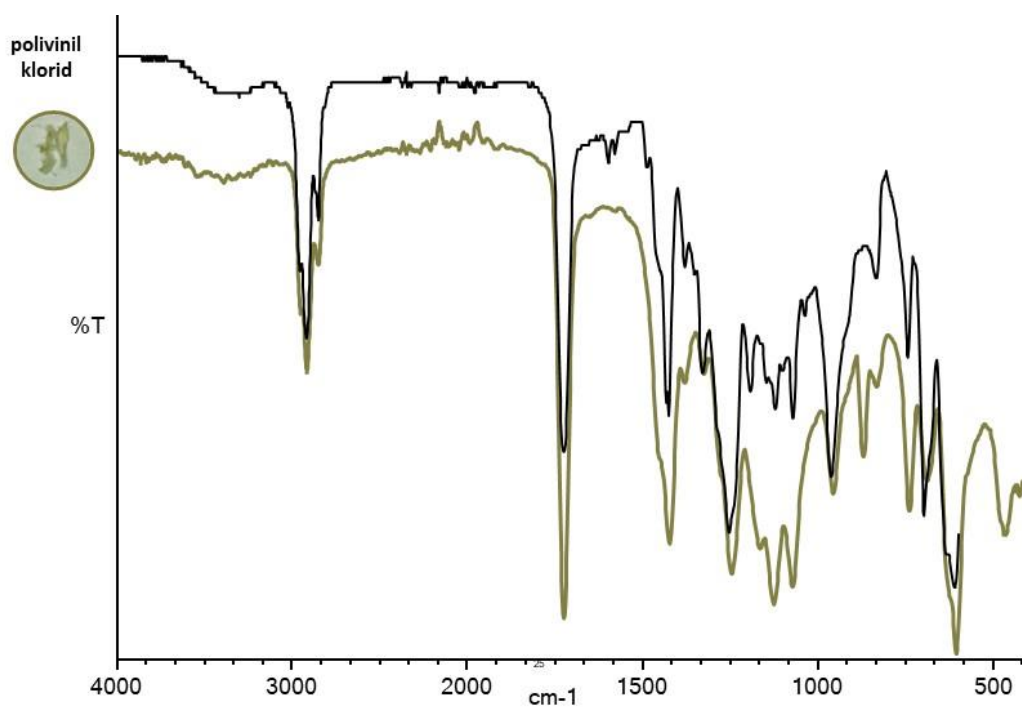
Slika 35: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-A očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana



Slika 36: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-B očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana



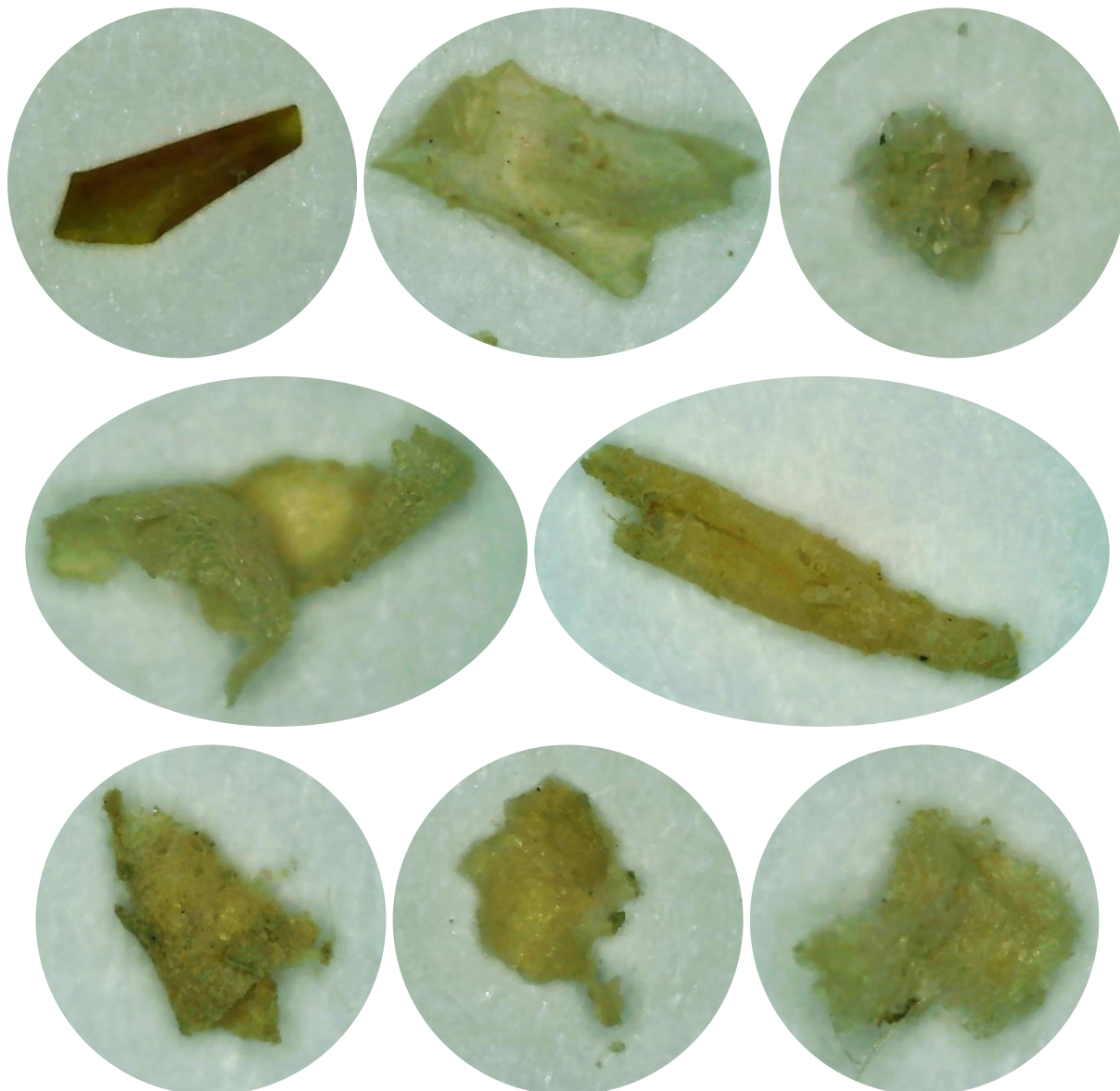
Slika 37: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-F očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana

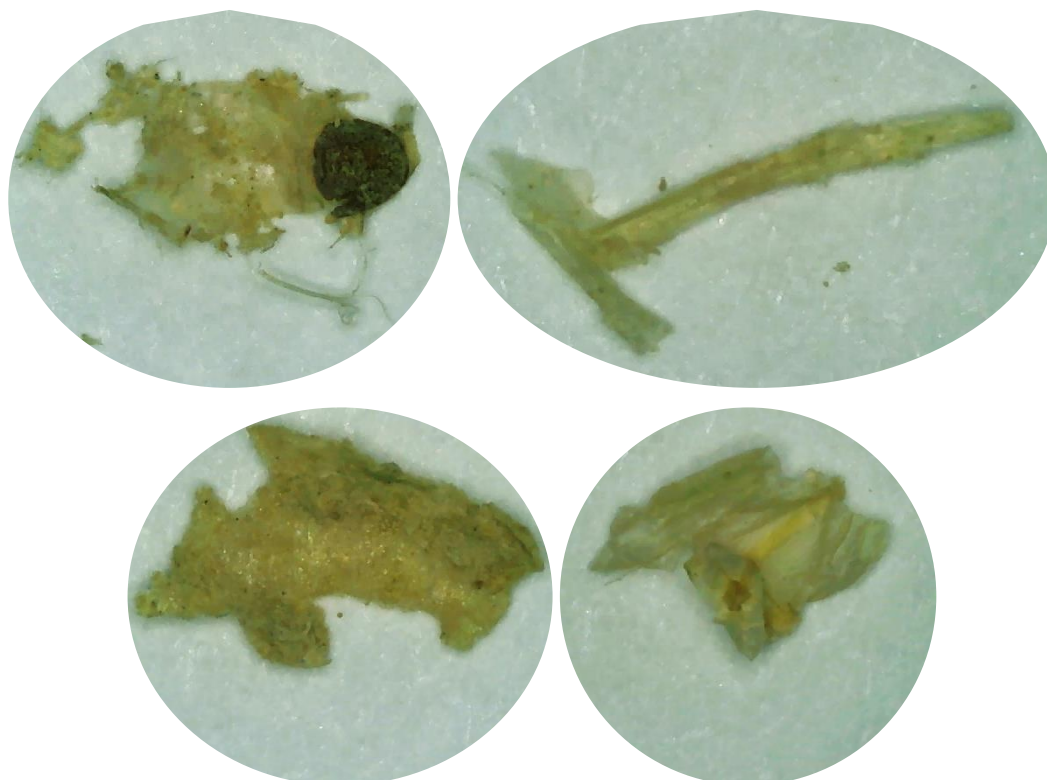


Slika 38: FT IR-spekter vzorca LJ-Č-G očiščene vode iz Centralne čistilne naprave Ljubljana

4.4.4 Analiza vzorcev iz Centralne čistilne naprave Maribor


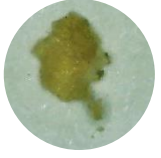
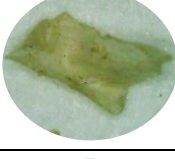
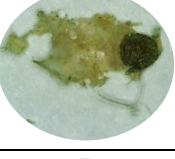
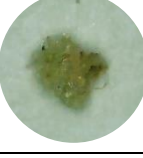
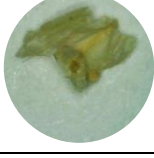
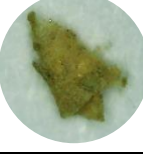
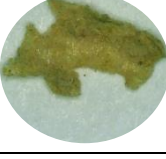
V Centralni čistilni napravi Maribor sem dobila vzorec odpadne vode. Na Slika 39 so delci plastike, ki sem jih pridobila po filtraciji in oksidaciji odpadne vode iz čistilne naprave Maribor. V Tabela 5 so podane velikosti pridobljenih delcev.



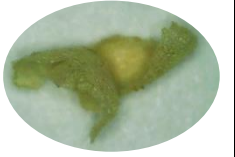




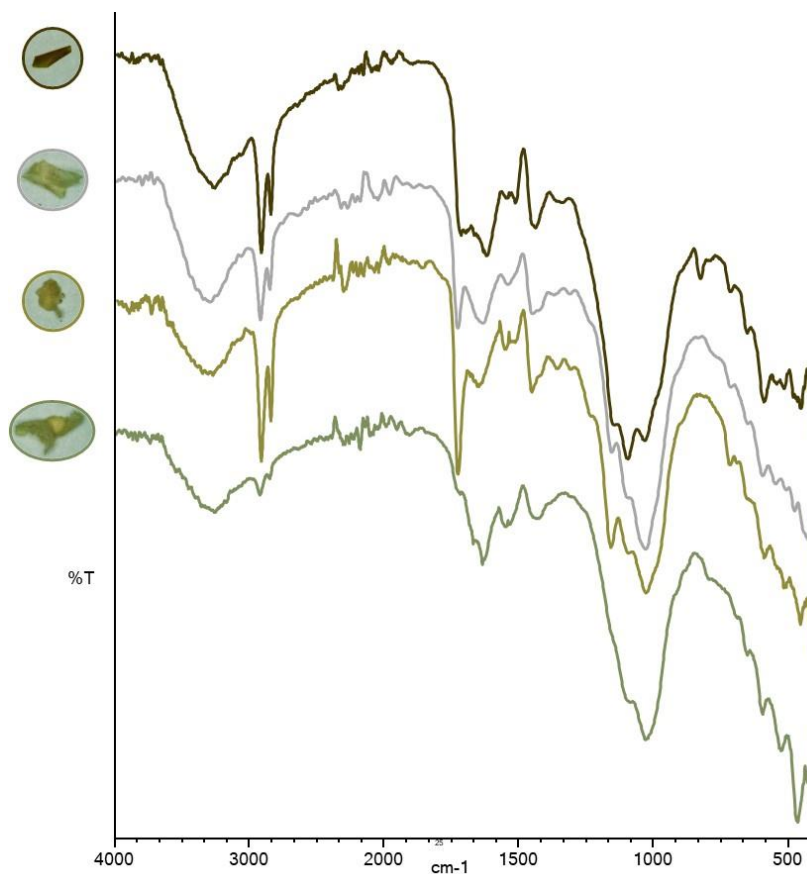
Slika 39: Mikroplastika iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Maribor

Tabela 5: Velikost mikroplastike iz odpadne vode Centralne čistilne naprave Maribor

Vzorec		mm x mm		Vzorec		mm x mm	
MB-A		1,07	0,448	MB-G		1,38	2,09
MB-B		0,96	1,54	MB-H		1,81	3,28
MB-C		0,76	0,81	MB-I		0,45	2,07
MB-D		0,82	1,61	MB-J		2,14	3,92

MB-E		0,51	2,57	MB-K		0,32	5,84
MB-F		0,938	2,76				

Iz Tabela 5 je razvidno, da lahko po velikosti delce uvrstimo v skupino mikroplastike. S FT IR-spektroskopijo pa nisem uspela potrditi, ali so delci res plastični. Knižnica FT IR-spektrometra mi za analizirane vzorce ni ponudila spektrov znanih plastičnih materialov z ujemajočimi vrhovi, kar pa ne pomeni, da ni verjetno, da so delci plastični. Na Slika 40 so štirje FT IR-spektri mojih vzorcev.



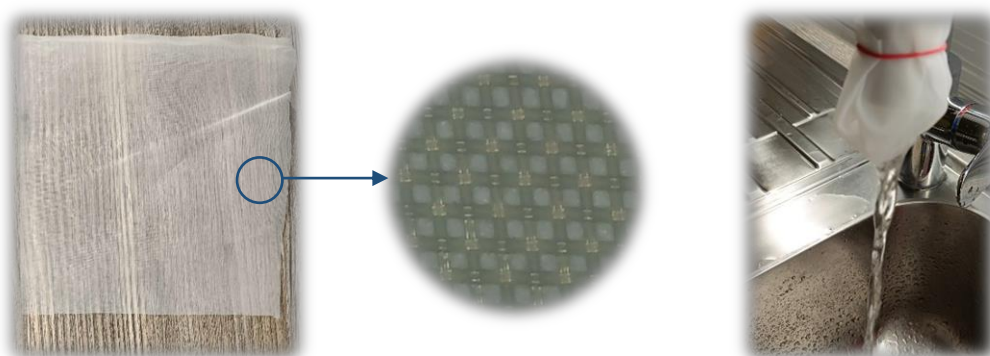
Slika 40: FT IR-spektri delcev iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Maribor

4.5 Mikroplastika v pitni vodi iz pipe in ustekleničeni vodi

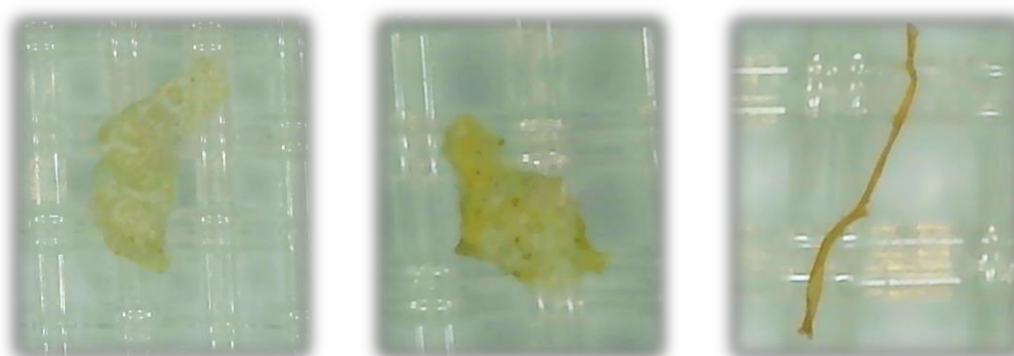
Človek je mikroplastiki najbolj izpostavljen s pitjem vode in drugih pijač iz plastenk ter preko zraka z dihanjem. V eni od študij so ocenili, da naj bi človek preko dihanja in zaužitja pojedel

od 78.000 do 211.000 mikroplastičnih delcev na leto, kar naj bi sovpadalo s 50 plastičnimi vrečkami na leto oziroma eno kreditno kartico na teden. [56]

Z namenom preverbe morebitne prisotnosti mikroplastike v pitni vodi iz pipe sem na pipo pritrdila košček filtrne vrečke z odprtinami, velikimi približno 150 μm in skozi jo pretočila 100 L mrzle vode (Slika 41). Količino vode sem odčitala na vodomeru. Filtrnega papirja, ki zadrži delce, večje od 2 μm , nisem uporabila, ker filtracija skozenj poteka prepočasi, vakuumske filtracije pa doma nisem mogla izvesti. Mikroskopski pregled filtracijske vrečke, ki sem ga izvedla s pomočjo digitalnega mikroskopa, je razkril prisotnost delcev, med katerimi so nekateri vizualno spominjali na vodni kamen, nekateri pa so kazali podobnosti z mikroplastiko (Slika 42). Glede na velikost teh vzorcev (ocenjujem, da so bili veliki med 100 μm in 200 μm) ni bilo mogoče izvesti analize s FT IR-spektroskopijo. Zaradi teh omejitev ne morem trdno potrditi prisotnosti mikroplastike v pitni vodi iz mariborskega vodovoda, vendar pa rezultati nakazujejo na to možnost.



Slika 41: Filtriranje vode iz pipe skozi filtrno vrečko



Slika 42: Delci v vodi iz pipe

Raziskovalci so nedavno z raziskavo potrdili, da je mikroplastika prisotna v vseh plastenkah večjih svetovnih blagovnih znamk ustekleničene vode. [57] Liter ustekleničene vode iz plastenke v povprečju vsebuje skoraj četrta milijona delcev mikroplastike ter mikroskopsko majhnih, nevidnih delcev nanoplastike. [57]

Zanimalo me je, ali bom tudi jaz v ustekleničeni vodi našla mikroplastiko. V ta namen sem izbrala dve vrsti ustekleničene vode, in sicer naravno mineralno vodo Dana (slovenski izvor) in naravno mineralno vodo Moj dan (izvor iz Bosne in Hercegovine) (Slika 43). Filtracijo sem izvedla skozi filtrno vrečko z odprtini, velikimi približno 150 μm , in filtrni papir, ki zadrži delce, večje od 2 μm . Oboje sem predhodno temeljito pregledala z digitalnim mikroskopom.

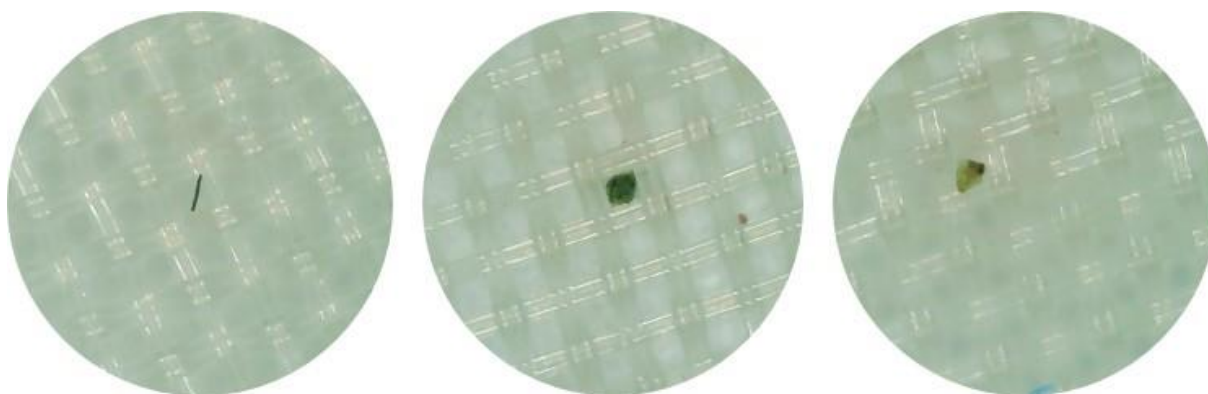


Slika 43: Negazirana mineralna voda Dana in voda Moj dan

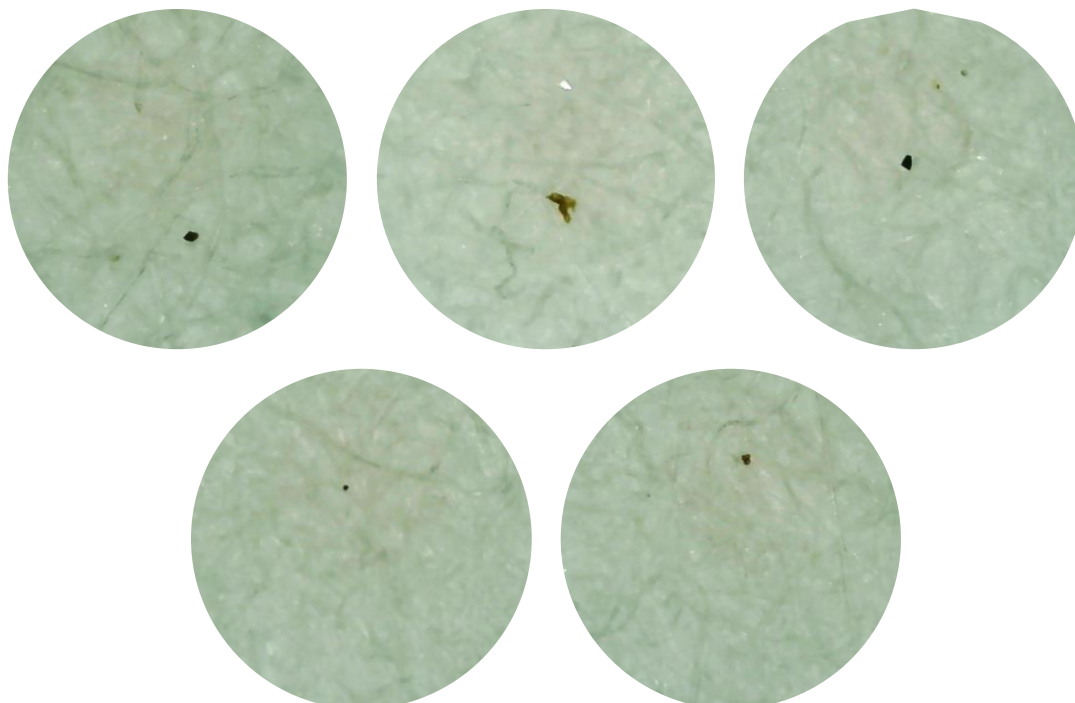
Ustekleničeno vodo (v obeh primerih 6-krat 1,5 L) sem najprej filtrirala skozi filtrno vrečko in nato še vakuumsko skozi filtrni papir. Filtrni papir sem vstavila v presesalno erlenmajerico, filtrno vrečko pa pritrdila z rdečo gumico na vrh Büchnerjevega lija (Slika 44). Filtrni papir sem posušila na zraku in ga pregledala z digitalnim mikroskopom. V obeh primerih sem na filtrni vrečki (Slika 45, Slika 47) in filtrnem papirju (Slika 46, Slika 48) našla drobne delce, ki na pogled spominjajo na plastiko. Žal zaradi majhnosti vzorcev le-teh nisem mogla analizirati s FT IR-spektroskopijo in tako ne morem potrditi, ali gre za mikroplastiko. Prav tako nisem mogla izmeriti njihovih dimenzij. Sklepam pa, da so delci manjši od 150 μm , ker so šli skozi filtrno vrečo. Delci, ki so ostali ujeti na filtrni vreči, pa so bili veliki okrog 150 μm .



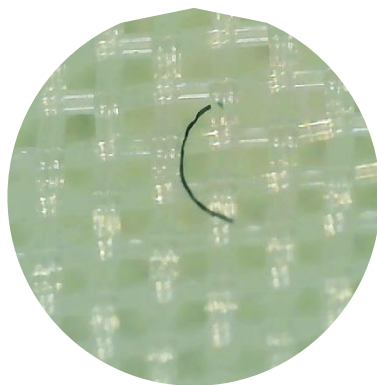
Slika 44: Vakuumsko filtriranje naravnih negaziranih ustekleničenih vod



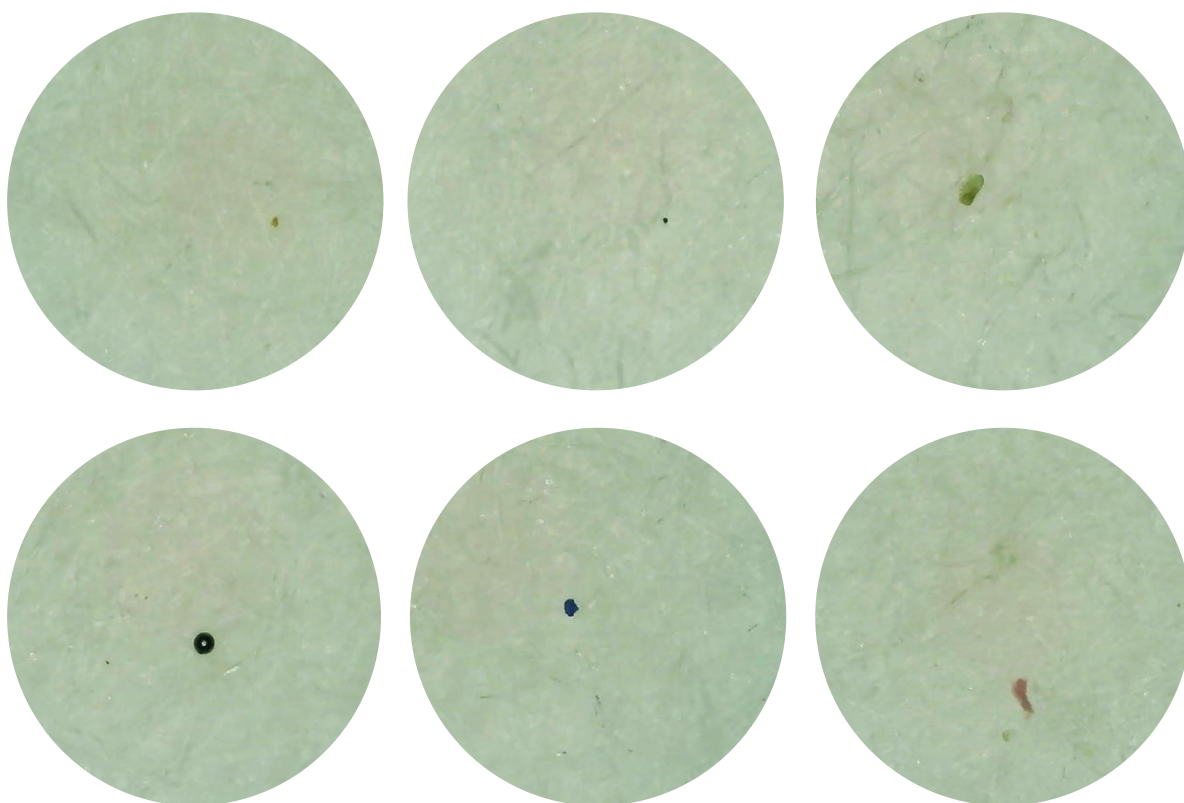
Slika 45: Delci iz vode Dana, ujeti na filtrni vrečki



Slika 46: Delci iz vode Dana, ujeti na filtrnem papirju



Slika 47: Delec iz vode Moj dan, ujet na filtrni vrečki



Slika 48: Delci iz vode Moj dan, ujeti na filtrnem papirju

4.6 Mikroplastika v prehrani – ribah

Skorajda ni več vodnega prostora na planetu, ki ne bi bil obremenjen s plastiko. Sredozemsko in Jadransko morje sta še posebej na udaru zaradi goste poselitve, odplak in zaprtosti. V naši bližini se v Jadransko morje izliva reka Pad, ki predstavlja debelo tretjino vseh vodnih izpustov v naše morje. V več raziskavah, ki so jih opravili na slovenski obali, so ugotovili od 150.000 pa vse do 3.000.000 plastičnih delcev na kvadratni kilometer morja. [58]

Z onesnaženjem vode pa ljudje onesnažimo tudi tamkajšnja živa bitja, mnoga med njimi uživamo kot hrano. Plastične delce redno zaznavajo v prebavilih rib, napredovanje tujkov v meso pa še ni čisto raziskano. Najbolj so na udaru tiste ribe, ki se zadržujejo in prehranjujejo bližje obale in iztokov izpustov, denimo ciplji. Potencialne toksične snovi se kopičijo po prehranjevalni verigi navzgor, zato jih je več v večjih ribah in plenilkah, manj pa v manjših ribah, ki se prehranjujejo s planktonom. V povprečju v vsaki ribi zaznamo 5 delcev mikroplastike, v vsaki školjki pa 3. [58]

Nekdanja dijaka Gimnazije Franca Miklošiča Ljutomer sta preučila 50 rib s petih lokacij v porečju Mure in ugotovila, da jih je kar 94 % vsebovalo mikroplastične delce. Skupaj sta v 50 vzorcih našla 239 delcev, od tega 230 vlaken in 9 fragmentov. [59] Ugotovila sta, da večina mikroplastike pride iz gospodinjstev, ne iz industrijskih obratov, npr. pralni stroj v odpadne vode izloči ogromno sintetičnih vlaken, ki potem pridejo v reke, kar sem tudi sama dokazala in opisala v podpoglavju 4.4.1.

Za svojo raziskavo sem se odločila analizirati prebavila treh prosto živečih morskih vrst rib, in sicer ciplja, bradača in skuše (Slika 49). V ta namen sem v E.Leclercu kupila 3 ciplje, ulovljene v Jadranskem morju. V Mercatorju pa sem kupila 3 bradače, ulovljene v severnem delu Atlantskega oceana, in 3 skuše, ulovljene v vzhodnem delu Rokavskega preliva.



Slika 49: Vzorci rib za iskanje mikroplastike v prebavilih

Ribe sem stehtala in oprala pod tekočo vodo ter z vodo Mili Q. Nato sem iz njih s pomočjo kuhinjskega pribora odstranila prebavila, ki sem jih dala v čašo in jim dodala 10 ut. % raztopino kalijevega hidroksida za razgradnjo prebavil. Vzorke sem segrevala 24 oz. 72 ur pri 60 °C. Po tem času sem vzorce filtrirala skozi filtrni papir z odprtini, ki zadržijo delce, večje od 2 µm.

Filtrne papirje sem po filtraciji posušila na zraku tako, da sem jih dala na urno steklo, to pa v večjo posodo, ki sem jo pokrila z alu folijo in s tem preprečila, da bi nanje padlo kaj iz ozračja. Posušene filtrne papirje sem nato mikroskopirala z digitalnim mikroskopom. Največ materiala se je nabralo pri cipljih. Njihova prebavila sem segrevala 24 ur. Ugotovila sem, da 24 ur ni dovolj za razgradnjo vsega biološkega materiala, kot so kosti in luske, zato sem pri bradačih in skušah čas segrevanja podaljšala na 72 ur.

Na Slika 50 sem prikazala potek eksperimentalnega dela, v Tabela 6 pa sem zbrala podatke o vzorčnih ribah.



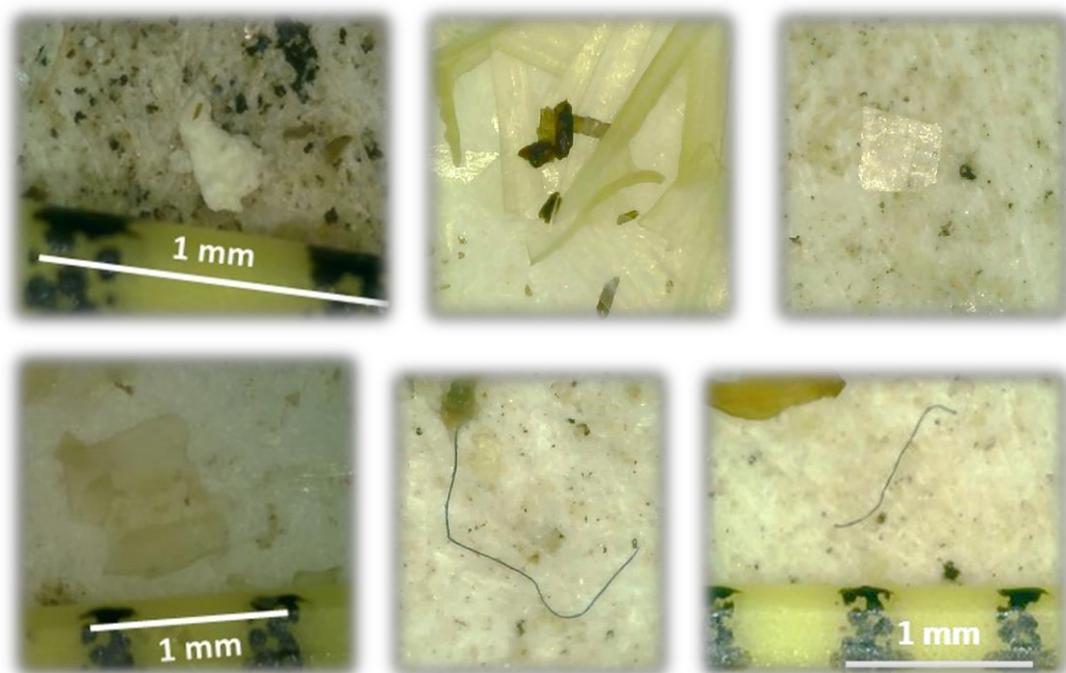
Slika 50: Izolacija mikroplastike iz ribjih prebavil

Tabela 6: Podatki o vzorcih rib za iskanje mikroplastike v prebavilih

Oznaka vzorca	Vrsta divje ribe	Masa ribe s prebavili [g]	Masa prebavil [g]	Kraj ulova
R-B1	bradač	85,31	6,14	severni Atlantski ocean
R-B1		119,53	9,91	
R-B1		87,84	6,42	
R-C1	cipelj	244,28	24,52	Jadransko morje
R-C2		214,81	21,39	

R-C3		253,22	26,13	
R-S1	skuša	189,11	18,47	vzhodni Rokavski preliv
R-S2		212,87	21,67	
R-S3		198,62	23,62	

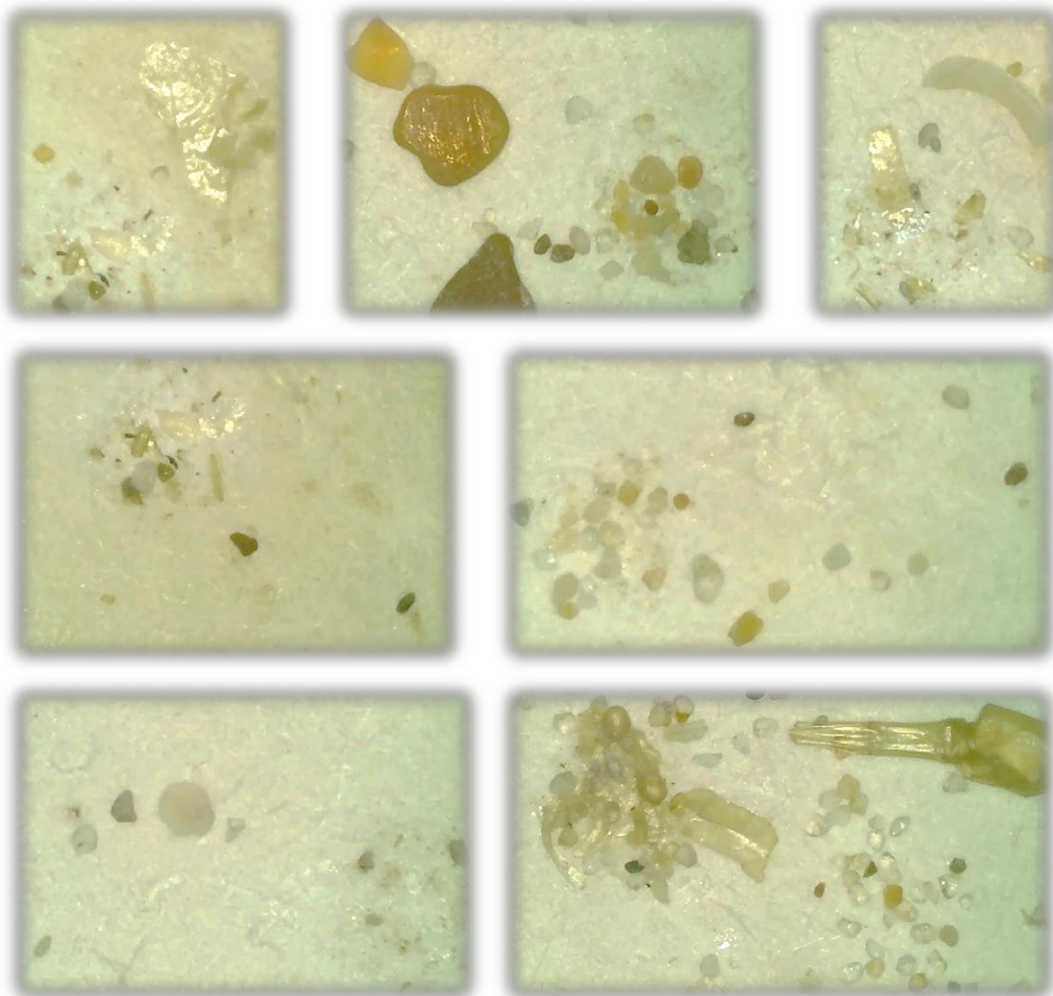
Na Slika 51 so prikazani delci, ki sem jih dobila iz prebavil cipljev. Na filtrnih papirjih cipljev je bilo več delcev, med njimi ostanki kosti in lusk, ki sem jih v čašo nehote dala skupaj s prebavili, ter vlakna. Slednja sem na nek način pričakovala, glede na to, da ciplji iščejo hrano, ki je v pristaniščih in predvsem človeškega izvora, torej tisto, kar ljudje izlivamo iz kanalizacij obmorskih mest. V naravi pa jim, poleg rastlinja, hrano predstavljajo tudi drobni morski organizmi, črviči v blatnem dnu ali priobalnem peščenem biotopu. Delci na pogled spominjajo na mikroplastiko, vendar so premajhni za analizo s FT IR-spektrometrom, kakršnega imajo v Laboratoriju za organsko kemijo na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo.



Slika 51: Delci iz prebavil cipljev

Na Slika 52 so prikazani delci, ki sem jih dobila iz prebavil bradačev. Kot lahko vidimo na sliki, sem iz prebavil pridobila vrsto delcev in mnogi med njimi po videzu spominjajo na mikroplastiko. Glede na obliko in barvo delcev se težko opredelim, kdaj gre za mikroplastiko in kdaj za kamenčke, ki jih riba poje med bivanjem pri dnu morja oz. kdaj gre za ostanke kosti oz. za ostanke ogrodij nekaterih organizmov, ki so jih ribe prav tako pojedle. Bilo bi zelo

neverjetno, da bi v tako majhni ribi našla toliko delcev mikroplastike. Ker so delci v glavnem manjši od 1 mm niso primerni za analizo s FT IR-spektrometrom.



Slika 52: Delci iz prebavil bradačev

Na Slika 53 je filtrni papir z delci, ki sem jih dobila iz prebavil skuš. Našla sem vlakno in delce, ki so izjemno majhni, manjši kot so bili delci pri bradačih in cipljih, in zato prav tako neprimerni za analizo s FT IR-spektroskopijo.



Slika 53: Delci iz prebavil skuš

4.7 Mikroplastika v kozmetičnih izdelkih

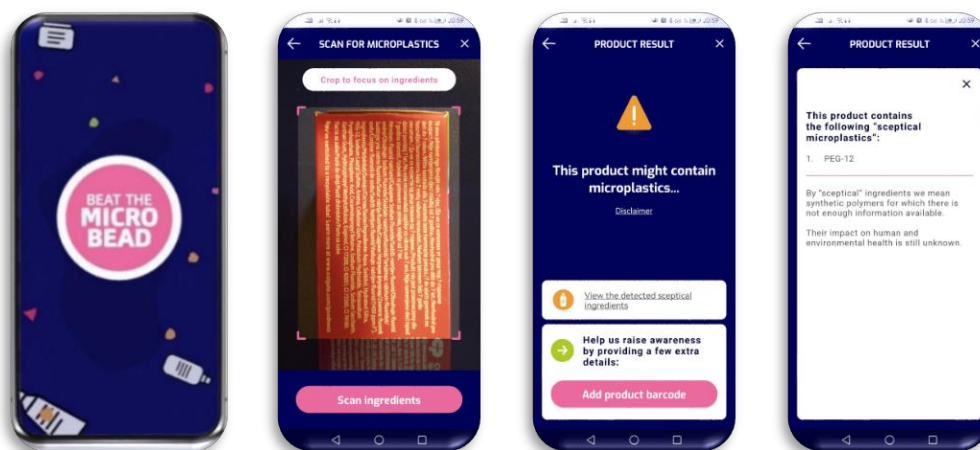
Mikroplastika se je v kozmetičnih izdelkih pojavila pred približno 50 leti. Plastični delci se v kozmetiki uporabljajo v različnih izdelkih, kot so deodorant, šampon, balzam za lase, gel za prhanje, piling, šminka, barva za lase, krema za britje, krema za zaščito proti soncu, repelent za žuželke, krema proti gubam, obrazna maska, izdelki za nego dojenčkov, senčilo za oči, bleščice, maskara, tudi zobna pasta. Zanimivo je, da običajen piling za telo vsebuje približno toliko mikroplastike kot plastična embalaža, v katero je pakiran. [60] Mikroplastika ima lahko v izdelkih za osebno nego in kozmetiko raznolike funkcije, ki tem izdelkom izboljšuje uporabno vrednost, učinkovitost oziroma obstojnost. Najpogosteje mikroplastični delci (mikrokroglice) opravljajo funkcijo abrazivnega materiala, katerega osnovna naloga je, da zaradi svoje trdne sestave, brusi drgne in čisti površino, ki je potem bolj gladka (npr. kožo). Ostale funkcije mikroplastike so tvorba filma, regulacija viskoznosti, stabilizacija produkta in mnoge druge. [33]

Doma uporabljamo tri različne zobne paste, Biodent (Herbal), Colgate (Advanced White in Max White Optic) in Sensodyne (Complete protection). V zobnih pastah Colgate sem opazila modre kroglice, kakršnih v ostalih zobnih pastah nisem zaznala (Slika 54). Predvidevala sem, da so te kroglice mikroplastični delci.



Slika 54: Zobna pasta Colgate – levo, zobna pasta Sensodyne – sredina, zobna pasta Biodent Herbal – desno




Odločila sem se preveriti, ali je med sestavinami zobne paste napisano, ali le-ta vsebuje (mikro)plastiko. Pri tem sem si najprej pomagala z mobilno aplikacijo »Beat the Microbead«, s katero sem poskenirala sestavine zobnih past in dobila seznam mikroplastike v njih (Slika 55).


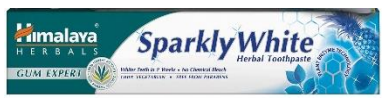






Slika 55: Aplikacija »Beat the Microbead« – levo, skeniranje sestavin zobne paste Colgate – sredina, seznam mikroplastike v zobni pasti – desno

Ugotovila sem, da je v zobnih pastah Colgate polietilen glikol 12 (PEG 12), v zobni pasti Sensodyne Complete protection polietilen glikol 8 (PEG 8), v zobni pasti Biodent Herbal pa mikroplastike ni. V prodajalni DM sem preverila še nekaj drugih zobnih past in ugotovila, da je pri tistih, ki vsebujejo mikroplastiko, to polietilen glikol, največkrat 6, 8, 12, 30 in 116, v nekaterih tudi polivinilpirolidon (PVP) in polipropilen glikol 66 (PPG 66). Rezultate sem zbrala v Tabela 7.

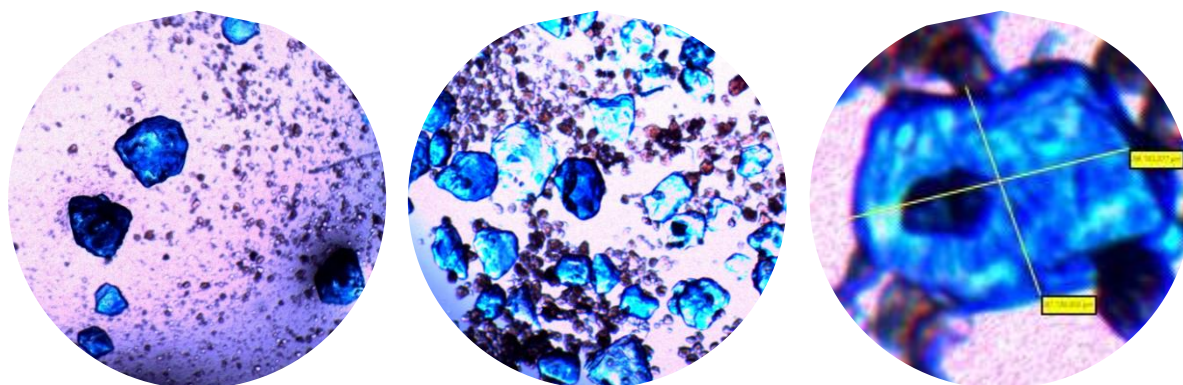
Tabela 7: Vsebnost mikroplastike v različnih zobnih pastah

Zobna pasta [61]	Mikroplastika	Zobna pasta [61]	Mikroplastika
	/		PEG-12
	PEG-8		PEG-6, PEG-8
	PEG-12		/
	kopolimer PEG-116 in PPG-66 PVP, PEG-12		PVP, PEG-6
	karbomer, PEG-8		/

	/		/
	PVP, PEG-40 hidrogenirano ricinusovo olje		/
	/		stearet-20

V zobni pasti Colgate se modre kroglice vidijo s prostim očesom, medtem ko se v Sensodynovi zobni pasti kroglice ne vidijo. Ta zobna pasta deluje gladka na otip, medtem ko je v pasti Colgate tudi na otip mogoče začutiti majhne kroglice. Zato sem podrobneje analizirala samo zobno pasto Colgate. Najprej me je zanimala velikost kroglic, zato sem pasto podrobneje pogledala z optičnim mikroskopom, ki je opremljen s kamero. V ta namen sem si pripravila raztopino paste, in sicer tako, da sem k 0,5 g zobne paste dodala 20 mL vode Mili Q in vsebino mešala 10 minut z magnetnim mešalom s 500 obrati na minuto. Nato sem raztopino kanila na objektno steklo, jo pokrila s krovnim steklom in mikroskopirala.

Kot lahko vidimo s Slika 56, modre kroglice v zobni pasti Colgate niso kroglastih oblik, ampak so nepravilno oblikovani kristali veliki med 150 in 400 μm . Njihovo velikost sem izmerila z aplikacijo v programu za mikroskopiranje. Ob modrih kroglicah vidimo še temnejše in svetlejše kristale. Predvidevam, da gre za sredstva, ki so dodana, na primer za zgoščevanje zobne paste, ki tako kot mikroplastika niso topna v vodi. Ti delci so veliki med 20 in 50 μm .

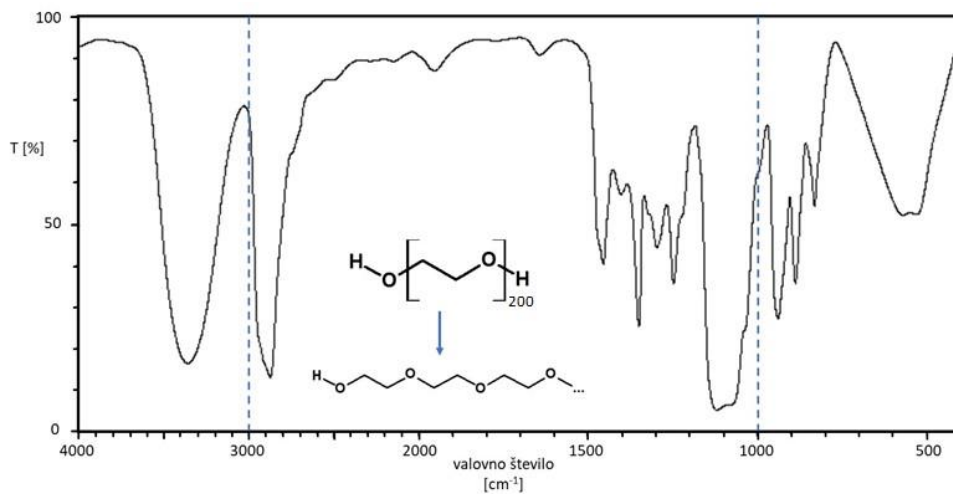


Slika 56: Modre kroglice v zobni pasti Colgate Advanced White (40-kratna povečava)

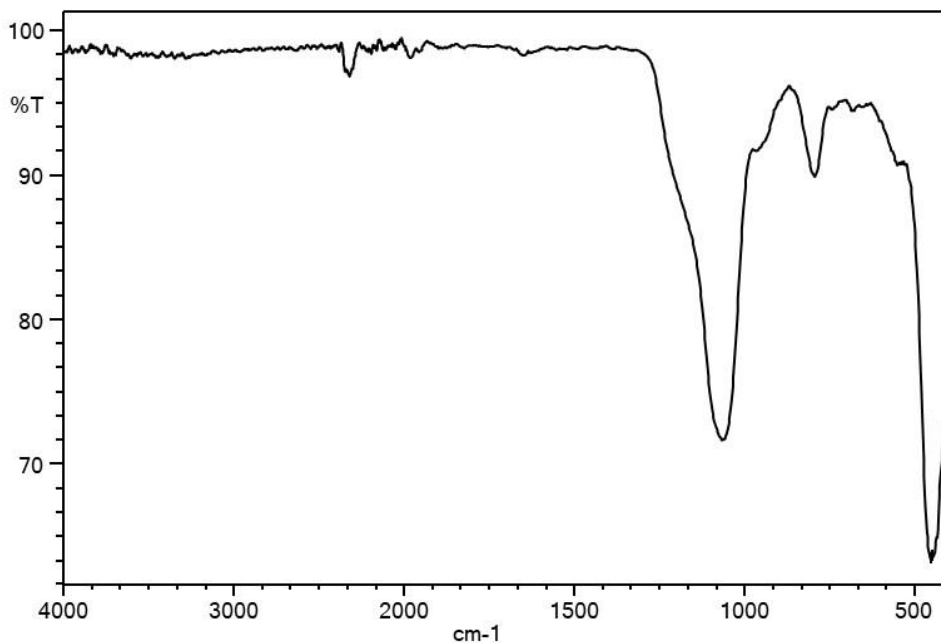
Zanimalo me je tudi, ali so modre kroglice v zobni pasti Colgate res iz polietilen glikola. Iz zobne paste sem izolirala večjo količino kroglic. Zobno pasto sem najprej raztopila v vodi Mili Q in

raztopino vakuumsko filtrirala. Na filtrnem papirju so ostale v vodi netopne snovi, med njimi tudi modre kroglice. Filtrni papir sem posušila v vakuumskem sušilniku in jih analizirala s FT IR-spektrometrom.

Na Slika 57 imamo FT IR-spekter polietilen glikola, pridobljen iz baze podatkov na povezavi https://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi, na Slika 58 pa spekter modre kroglice iz zobne paste Colgate.

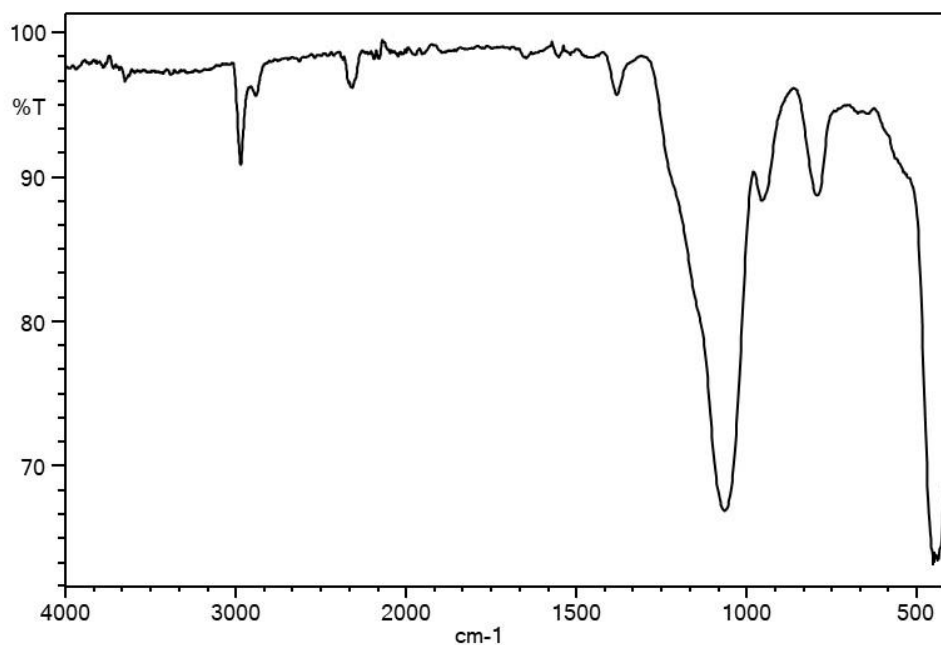


Slika 57: FT IR-spekter PEG

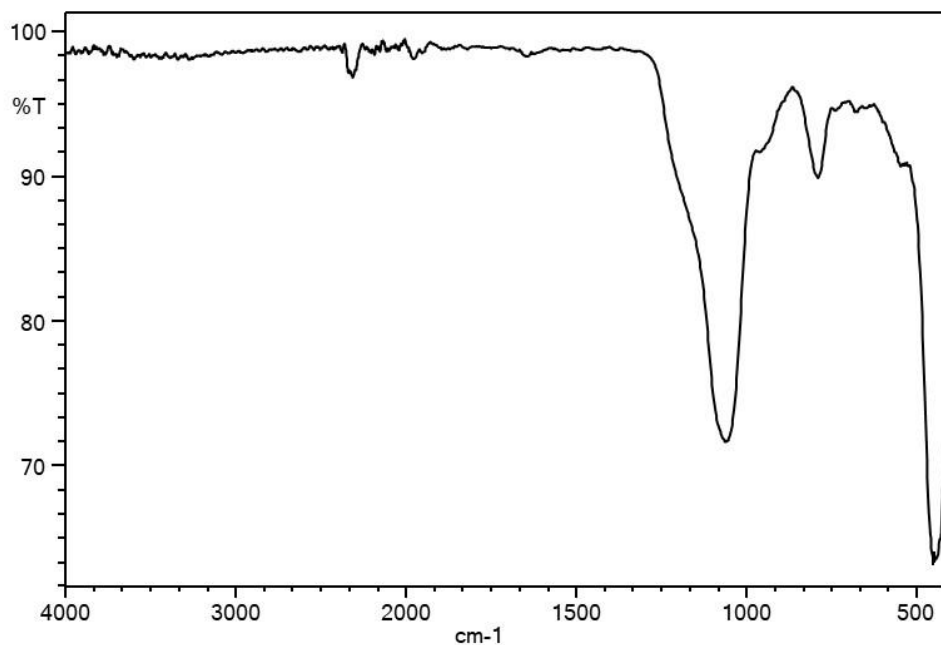


Slika 58: FT IR-spekter modrega kristala iz zobne paste Colgate

Primerjava Slika 57 in Slika 58 pokaže, da modre kroglice niso iz polietilen glikola. Analizirala sem tudi belkaste (Slika 59) in rjavkaste delce (Slika 60), ki prav tako niso imeli značilnih vrhov za polietilen glikol. Sklepam, da je mikroplastika v manjši koncentraciji in je pod mikroskopom nisem prepoznala. S FT IR-spektroskopijo nisem potrdila njene vsebnosti v testirani zobni pasti.



Slika 59: FT IR-spekter belega kristala iz zobne paste Colgate



Slika 60: FT IR-spekter rjavega kristala iz zobne paste Colgate

Ljudje v svojem vsakdanu uporabljamo različne kozmetične izdelke za nego telesa. Uporabljamo različne šampone, gele za prhanje, kreme za roke in mleka za telesa, deodorante, parfume in še več. Tudi za te izdelke sem z mobilno aplikacijo »Beat the Microbead« preverila vsebnost mikroplastike v nekaterih kozmetičnih izdelkih, ki jih uporabljamo doma. Rezultate sem povzela v Tabela 8. Na svoje presenečenje sem ugotovila, da večina izdelkov vsebuje mikroplastiko.

Tabela 8: Vsebnost mikroplastike v različnih kozmetičnih izdelkih v domači rabi

Izdelek	Mikroplastika
Geli za tuširanje:	
Afrodita DE TOX	akrilatni kopolimer
Afrodita JOJOBA OIL	PEG-40 hidrogenirano ricinusovo olje, PEG-7 gliceril kokoat, polikvaternij-10
FA Fiji Dream	/
Balea Med	lavret-4, PEG-4
Šamponi za lase:	
Garnier Fructis Banana	karbomer
Head & Shoulders	dimetikon, dimetikonol, trideceth-10
Syoss Curls & Waves	dimetikon, lavret-4, PEG-7 gliceril kokoat, lavret-23
Watermans Grow me	akrilatni kopolimer, polikvaternij-7 in 10, stiren/vinilpirolidon kopolimer, PEG-150 pentaeritrinil tetrastearat, PEG-6 kaprilni gliceridi
Kreme za roke, telo in obraz:	
CeraVe krema za glajenje suhe in grobe kože	karbomer, dimetikon, PEG-100 stearat
CeraVe vlažilna nega obraza	akrilati/C10-30 alkil akrilatni zamrežen polimer, karbomer, PEG-100 stearat
Nivea Soothing care krema za roke	karbomer, dimetikon
Cien krema za roke	dimetikon in hidrogen dimetikon
Weleda kaktus, fige vlažilni fluid za obraz	/
Deodoranti:	
Dove Invisible care	dimetikon, polietilen, ciklopentasiloksan, PPG-14 butil eter, steareth 100
Borotalco Pure Natural Freshness	PEG-40 hidrogenirano ricinusovo olje
Old Spice Whitewater	PPG-3 miristil eter, poloksamin 1307
Parfumi:	
Versace Crystal Noir	/
Women's secret Kiss moments	PEG-40
Milo:	
Balea Artzseife Sensitive	/

5 RAZPRAVA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV

Mikroplastika so plastični delčki, manjši od 5 mm, ki jih sestavljajo različni plastični polimeri. Za določanje velikosti večjih vzorcev sem uporabila kljunasto merilo, za manjše vzorce pa mikroskop. Z raziskovalnim delom sem se prepričala, da je mikroplastika prisotna v našem vsakdanjem okolju.

Hipotezo 1, da je mikroplastika prisotna v peskovniku, kjer se otroci igrajo z različnimi plastičnimi igračami, sem v celoti potrdila. V tem primeru sem vzorce mikroplastike pridobila s sejanjem materiala iz peskovnika s pomočjo sit. Z vizualnim pregledom pod mikroskopom sem izbrala najbolj obetavne vzorce za nadaljnjo analizo. Kemijsko sestavo vzorcev sem določila s pomočjo FT IR-spektroskopije, kjer sem spekter vzorcev primerjala z znanimi spektri plastičnih materialov in tako potrdila prisotnost mikroplastike.

Hipotezo 2, da mikroplastike ni v pitni vodi iz pipe in ustekleničeni vodi, je pa v rekah, sem lahko delno potrdila. V tem primeru sem vzorce mikroplastike pridobila s filtriranjem vode iz pipe mariborskega vodovoda, vode iz plastenk in vode v reki Dravi. V vseh primerih je filtriranje postreglo z vzorci, ki sem jih pregledala pod mikroskopom. Pridobljenih vzorcev iz vodovoda in plastenk ni bilo mogoče analizirati s FT IR-spektroskopijo, ker so bili premajhni za razpoložljiv FT IR-spektrometer in posledično za ta dva primera ne morem zagotovo potrditi prisotnosti mikroplastike, čeprav sem našla določene vzorce, ki bi lahko bili plastični. Z vizualnim pregledom pridobljenega materiala iz reke Drave sem izbrala najbolj obetavne vzorce in jim določila kemijsko sestavo s pomočjo FT IR-spektroskopije. Primerjava spektrov z znanimi spektri plastičnih materialov je potrdila prisotnost mikroplastike v reki Dravi.

Hipotezo 3, da je mikroplastika prisotna v odpadni vodi čistilnih naprav, ki čistijo komunalne vode, sem potrdila (na podlagi vzorca Centralne čistilne naprave Ljubljana). Po odstranitvi organskega materiala (oksidacija) iz vzorcev odpadne vode iz čistilnih naprav (Centralna čistilna naprava Ljubljana in Centralna čistilna naprava Maribor) sem izvedla filtracijo in vzorce posušila. Delce, ki so ostali na filtrnem papirju, sem pregledala pod mikroskopom in njihovo kemijsko sestavo določila s FT IR-spektroskopijo. V vzorcu iz Centralne čistilne naprave Ljubljana sem s primerjavo spektrov z znanimi spektri plastičnih materialov potrdila prisotnost mikroplastike. Za vzorec iz Centralne čistilne naprave Maribor pa knjižnica FT IR-spektrometra ni ponudila ujemajočih spektrov znanih plastičnih materialov in posledično za ta primer ne

morem zagotovo potrditi prisotnosti mikroplastike, čeprav sem v vzorcu našla določene delce, ki bi lahko bili plastični.

Hipoteze 4, da je mikroplastika prisotna v prebavilih rib, ki jo po pomoti pojedjo, nisem uspela potrditi. Pri tem sem vzorce iz prebavil prostoživečih rib (cipljev, bradačev in skuš) pridobila z izpostavljanjem le-teh v vodni raztopini kalijevega hidroksida. Pridobljenih vzorcev ni bilo mogoče analizirati s FT IR-spektroskopijo, ker so bili premajhni za razpoložljiv FT IR-spektrometer in posledično ne morem zagotovo potrditi prisotnosti mikroplastike v prebavilih rib, čeprav sem našla določene delce, ki bi lahko bili plastični.

Hipoteze 5, da nekateri izdelki za osebno higieno, ki jih uporabljamo doma, vsebujejo mikroplastiko, nisem uspela potrditi. Pripravila sem vzorec zobne paste, ki je obetala prisotnost mikroplastike, ga pregledala pod mikroskopom in analizirala s FT IR-spektroskopijo. Spekter vzorca se ni ujemal s predvidenim iz kemijske sestave zobne paste, zato ne morem potrditi prisotnosti delcev mikroplastike v analizirani zobni pasti.

Rezultati raziskave v celoti potrjujejo tudi hipotezo 6, da je mogoče mikroplastiko poiskati s filtriranjem in jo določiti s FT IR-spektroskopijo. S filtriranjem in s sejanjem sem pridobila ustrezne vzorce za nadaljnjo analizo s FT IR-spektroskopijo. Na podlagi primerjave spektrov svojih vzorcev s spektri znanih materialov iz knjižnice FT IR-spektrofotometra sem določila mikroplastiko v obliki polibutilen tereftalata, polivinil klorida in polistirena s pločnika, polietilena v peskovniku, polietilena in polipropilena v vodi iz reke Drave ter polietilena in polietilen-ko-etilakrilata v odpadni vodi Centralne čistilne naprave Ljubljana. Preostali pridobljeni vzorci so bili bodisi premajhni za razpoložljiv FT IR-spektrofotometer ali pa knjižnica razpoložljivega FT IR-spektrometra ni ponudila ujemajočih spektrov znanih plastičnih materialov.

6 ZAKLJUČEK

Plastika je več kot očitno postala žrtev lastnega uspeha. Je široko uporaben, odporen, trajen in relativno nizkocenovni material. Vendar pa ravno zaradi trpežnosti predstavlja veliko grožnjo tako okolju kot človeku samemu. Večina plastike se namreč ne razgrajuje dovolj hitro, pač pa se zgolj drobi na manjše kose. V naravi se tako nahajajo koščki plastike, ki jih zaradi majhnosti ne opazimo, pa vseeno onesnažujejo okolje – gre za tako imenovano mikroplastiko. Zgrožena sem spoznala, da številne objave pričajo o tem, da je mikroplastika prisotna praktično povsod, v zemlji, morjih, rekah, zraku, da so jo odkrili v prebavilih rib, želv in drugih vodnih organizmov, v prebavilih nekaterih ptičev, tudi v človeku, npr. v krvi novorojenčka ter v spodnjih delih dihalnih poti. Z namenom, da se bolje podučim o tej pereči problematiki, sem se odločila, da tudi sama raziščem prisotnost mikroplastike v okolju, v katerem sama živim.

Za lažje načrtovanje izvedbe raziskovalne naloge sem si zastavila cilje, ki sem jih želela doseči pri izvedbi naloge. S pomočjo knjig in spletnih virov sem se želela podučiti o polimerih oz. samih plastičnih materialih, mikroplastiki in njenih vplivih na naše okolje. S pomočjo terenskega in laboratorijskega dela pa sem želela preučiti prisotnost mikroplastike na poti v šolo, v peskovniku kjer se igrajo otroci, v rečni vodi, vodi iz vodovoda in ustekleničeni vodi, v odpadni vodi čistilnih naprav, v prebavilih prostoživečih morskih rib ter v kozmetičnih izdelkih, ki jih uporabljamo doma. V skladu s cilji sem se vprašala, kakšen je najučinkovitejši način izolacije mikroplastike iz različnih okolij in s kakšno metodo določiti vrsto mikroplastike.

Na spletu in v knjižnici sem poiskala literaturo, povezano s plastiko in mikroplastiko ter njenimi vplivi na okolje. Iz zbranega sem povzela bistvo, ki sem ga predstavila v teoretskem delu naloge. Vzorce materiala za nadaljnjo analizo sem nabrala ali pridobila: na poti, po kateri hodim vsak dan v šolo in domov, v bližnjem peskovniku, kjer se redno igrajo otroci, v strugi reke Drave, iz mariborskega vodovoda, iz plasten ustekleničene vode, v Centralni čistilni napravi Maribor in Centralni čistilni napravi Ljubljana, iz cipljev, bradačev in skuš ter iz zobne paste. Odvisno od količine in vrste zbranega materiala sem s sejanjem, filtriranjem in oksidacijo organskih snovi iz materiala, pripravila vzorce, ki sem jih čistila, ponovno filtrirala in sušila. Iz pridobljenih vzorcev sem s pomočjo mikroskopa in vizualnega pregleda izbrala najbolj obetavne vzorce, ki sem jim nato določila kemijsko sestavo s FT IR-spektrometrom. S primerjavo dobljenega spektra vzorca in spektra znanega materiala (knjižnica FT IR-

spektrometra in spletna zbirka) sem določila analiziran material. Velikost analiziranih delcev sem določila z digitalnim kljunastim merilom ali s pomočjo digitalnega mikroskopa.

Žal sem se z opravljenim raziskovalnim delom prepričala, da je mikroplastika resnično prisotna v našem vsakdanjem okolju. Uspešno sem namreč pridobila in določila mikroplastiko v obliki polipropilena v peskovniku, polietilena in polipropilena v vodi iz reke Drave ter polietilena in polietilen-ko-etilakrilata v odpadni vodi Centralne čistilne naprave Ljubljana.

Čeprav sem na vseh obravnavanih področjih uspela pridobiti obetavne vzorce, ki so ob pregledu z mikroskopom kazali možnost, da so iz plastike, z nekaterimi od teh vzorcev bodisi ni bilo mogoče izvesti FT IR-spektroskopije zaradi neprimernih dimenzij (delci iz mariborskega vodovoda in ustekleničene vode, delci in vlakna iz prebavil rib) ali pa ni bilo mogoče najti ujemajočega se spektra znanega materiala (vzorci iz odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Maribor, vzorci iz zobne paste).

Zanimive izsledke kažejo tudi drugi primeri, ki jih prvotno nisem načrtovala, a sem jih tekom naloge vseeno izvedla, npr. pokazala sem, da se ob pranju perila pojavi obilica mikrovlaken v odtočni cevi pralnega stroja in da se mikroplastika nahaja tudi v očiščeni vodi iz Centralne čistilne naprave Ljubljana (oksidiran polietilen, polipropilen, polietilen-ko-akrilna kislina in polivinil klorid, ki se vrača v reko Ljubljanico).

V raziskovalni nalogi sem dosegla vse prvotno zastavljene cilje in dobila jasne odgovore na nekatera zastavljena raziskovalna vprašanja, na nekatera le deloma. Tri prvotno zastavljene hipoteze (H1, H3 in H6) sem potrdila v celoti, eno le deloma (H2). Dveh hipotez ni bilo mogoče ne potrditi in ne ovreči (H4 in H5).

Ob zaključku svoje raziskovalne naloge sem prepričana o verodostojnosti objav, ki poročajo o prisotnosti mikroplastike v različnih okoljih in posledično sem resno zaskrbljena glede naše prihodnosti. Vsakdo od nas ima pravico do zdravega življenjskega okolja, vendar je pomembno, da se do njega vedemo odgovorno. Naredimo spremembe v našem malomarnem ravnanju do okolja in kar se da zmanjšajmo uporabo plastičnih izdelkov.

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Družbena odgovornost ima ključno vlogo v tej raziskovalni nalogi, ki se osredotoča na preučevanje prisotnosti mikroplastike v pesku, reki, pitni vodi, ustekleničeni vodi, ribah in kozmetiki. Raziskava ne le zagotavlja znanstveno-raziskovalne podatke o obsegu mikroplastike v okolju, v katerem živimo, temveč tudi izpostavlja pomen ozaveščanja in spodbuja trajnostno ravnanje v družbi.

1. Ozaveščanje o problemu mikroplastike:

Raziskovalna naloga si prizadeva povečati ozaveščenost javnosti o problemu mikroplastike v različnih okoljih. S poudarkom na pesku, reki, pitni vodi, ustekleničeni vodi, ribah in kozmetiki želimo doseči, da ljudje prepoznajo obseg težave in razumejo potrebo po ukrepanju.

2. Spodbujanje trajnostnega ravnanja:

Raziskava je namenjena spodbujanju trajnostnega ravnanja na individualni in kolektivni ravni. S pridobljenimi podatki želimo vplivati na spremembe v potrošniških navadah, industriji in politiki, ki bodo vodile k zmanjšanju uporabe plastike ter preprečevanju njenega vpliva na okolje.

3. Izboljšanje znanja in izobraževanje:

Učitelji lahko izkoristijo rezultate raziskovalne naloge o prisotnosti mikroplastike na različnih področjih za izboljšanje znanja učencev. Na podlagi rezultatov raziskave lahko učitelji oblikujejo interaktivne učne dejavnosti, kot so delavnice, simulacije ali razprave, ki bodo učencem pomagale bolje razumeti vpliv mikroplastike na okolje. Rezultate raziskave, ki nudijo priložnost za razvoj kritičnega razmišljanja med učenci, lahko učitelji povežejo z različnimi predmeti, kot so biologija, kemija, geografija in družboslovje.

4. Spodbujanje inovacij in nadaljnjih raziskav:

Raziskava ne bo končna točka, ampak spodbuda za nadaljnje inovacije in raziskave.

Skupaj z znanstvenimi ugotovitvami ta raziskovalna naloga aktivno prispeva k oblikovanju trajnostne prihodnosti in spodbuja družbene spremembe, ki bodo koristile tako sedanjim kot prihodnjim generacijam.

8 LITERATURA IN VIRI

- 1 Zmanjšajmo uporabo plastike v vsakdanjem življenju,
<https://www.vzajemnost.si/novica/185621/zmanjsajmo-uporabo-plastike-v-vsakdanji-potrosnji/>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 2 Koliko živali umre zaradi plastike?,
<https://www.zurnal24.si/popotnik/koliko-zivali-umre-zaradi-plastike-396155>,
pridobljeno: 28. 10. 2023,
- 3 Plastiko odkrili tudi v človeških pljučih,
<https://www.delo.si/novice/znanoteh/plastiko-odkrili-tudi-v-cloveskih-pljucih/>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 4 Plastiko odkrili tudi v človeški krvi,
Heather A. Leslie et al., Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood, Environment International, 2022 (163) 107199, str. 1.
- 5 Plastika, koliko še fantastika?,
<https://metinalista.si/plastika-koliko-se-fantastika/>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 6 Plastika v prehrani, oznake, njene nevarnosti in preventiva,
<https://www.zdravstvena.info/preventiva/plastika-oznake-skodljiva-plastika-plasticna-embalaza-bisfenol-a-plastika-preventiva.html>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 7 Kefurt Lucia: Biorazgradnja materiala na bazi termoplastičnega škroba s procesom kompostiranja, diplomska naloga, Univerza v Zagrebu, Metalurška fakulteta, Sisak, 2021, str. 1.
- 8 Planet plastika?,
<https://www.mladinska-knjiga.si/revije/gea/clanki/okolje/planet-plastika>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 9 Šprajcar, Maša, Horvat, Petra in Kržan, Andrej: Biopolimeri in bioplastika skladna z naravo – Informacijsko-izobraževalno gradivo za profesorje in laborante kemije na osnovnih in srednjih šolah, Kemijski inštitut, Ljubljana, 2012, str. 1, 7.
- 10 Kaj je polimer?,
<https://www.pslc.ws/macrog/kidsmac/basics.htm>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 11 Žigon, Majda: Uvod v polimere-zapiski predavanj, Kemijski inštitut, Ljubljana, 2009, str. 1.

- 12 Plastika,
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika>,
pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 13 Simboli za recikliranje plastike,
<https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/plastic-recycling-symbol-vector-17480716>,
pridobljeno: 29. 10. 2023.
- 14 Kratek vodič oznak, ki označujejo kemijsko sestavo plastenk,
<https://ebm.si/prispevki/kratek-vodic-oznak-ki-oznacujejo-kemijsko-sestavo-plastenk>,
pridobljeno: 29. 10. 2023.
- 15 Smrdu, Andrej: Od molekule do makromolekule, učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole, Založništvo Jutro, Ljubljana, ponatis 2020, str. 90.
- 16 Smrdu Andrej: Kemija – Snov in spremembe 3, učbenik za kemijo v 3. letniku gimnazije, Založništvo Jutro, Ljubljana, ponatis 2018, str. 152, 157.
- 17 Peternelj Aleš: Vključevanje vsebin bioplastike v pouk kemije v osnovni šoli, Magistrsko delo, Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 2018, str. 16–17.
- 18 Termoplasti,
<https://www.ter-plama.si/pages/en/company/termoplasti-plama-today.php?lang=EN>,
pridobljeno: 29. 10. 2023.
- 19 Duroplasti,
<https://morgenthum.de/en/products/duroplast-2/>,
pridobljeno: 29. 10. 2023.
- 20 Elastomeri,
<https://www.atag-europe.com/prodotti/elastomeri-trafilati/>,
pridobljeno: 29. 10. 2023.
- 21 Evropa vsako leto ustvari 25 milijonov ton plastičnih odpadkov,
<https://www.nascas.si/evropa-vsako-leto-ustvari-25-milijonov-ton-plasticnih-odpadkov/>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.
- 22 Cigaretne ogorki niso nedolžna smet,
<https://www.caszazemljo.si/podnebne-spremembe/cigaretne-ogorki.html>,
pridobljeno: 7. 1. 2024.
- 23 Plastika, koliko še fantastika?,
<https://metinalista.si/plastika-koliko-se-fantastika/>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.

- 24 Jumbo problem as Sri Lanka battles plastic pollution,
<https://www.nst.com.my/opinion/columnists/2023/06/924682/jumbo-problem-sri-lanka-battles-plastic-pollution>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.
- 25 Prihodnost odkrivanja plastičnih odpadkov v oceanih,
<https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=1466>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.
- 26 Grešak, Tjaša: Ozaveščenost javnosti o nevarnosti mikroplastike v okolju in prehranjevalni verigi, Diplomsko delo, Visoka šola za varstvo okolja, Velenje, 2021, str. 17, 18, 21, 22.
- 27 Kako zaskrbljen naj bom glede mikroplastike?,
<https://formnutrition.com/inform/how-concerned-should-i-be-about-microplastics/>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.
- 28 Ribolovne mreže dušijo življenje v oceanih,
<https://www.greenpeace.org/aotearoa/story/this-is-what-ghost-fishing-does-to-the-ocean/>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.
- 29 Centa, Mitja: Ugotavljanje koncentracij mikroplastike v slovenskih vodotokih in jezerih, Magistrsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 2016, str. 17, 20.
- 30 Obala severne Španije polna plastičnih delcev. Grozi okoljska katastrofa?,
<https://siol.net/novice/svet/obala-severne-spanije-polna-plasticnih-delcev-grozi-okoljska-katastrofa-624144>,
pridobljeno: 5. 11. 2023.
- 31 Mikroplastika in trajnostni razvoj,
<https://revijapamfil.si/clanki/2021/4/27/mikroplastika-in-trajnostni-razvoj>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 32 Prisotnost plastike v okolju: kaj lahko naredimo?,
<https://www.barjans.si/novice/prisotnost-plastike-v-okolju-kaj-lahko-naredimo>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 33 Leskovšek, N., Mikroplastika v izdelkih za osebno nego, Fakulteta za varstvo okolja, Velenje 2022, str. 1, 9.
- 34 Soodvisnost okolja in javnega zdravja: mikroplastika,
<https://slideplayer.com/slide/10868105/>.
- 35 Robotske ribe bi lahko rešile problem onesnaževanja oceanov z mikroplastiko,

- <https://www.sciencefocus.com/news/robot-fish-could-solve-the-oceans-microplastic-pollution-problem>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 36 Kako onesnaževanje s plastiko vpliva na reke in divje živali?,
<https://www.endsreport.com/article/1754995/plastic-pollution-doing-rivers-wildlife>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 37 Mikroplastika na peščeni plaži,
<https://www.shutterstock.com/video/clip-1109727989-microplastics-sand-beach-soil-contaminated-micro-waste>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 38 Mikroplastika v atmosferi,
<https://theconversation.com/were-all-ingesting-microplastics-at-home-and-these-might-be-toxic-for-our-health-here-are-some-tips-to-reduce-your-risk-159537>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 39 Tveganja povezana z mikroplastiko,
https://nijz.si/wp-content/uploads/2021/12/tveganja_povezana_z_mikroplastiko_a_menard_srcpic.pdf,
pridobljeno: 8. 1. 2024.
- 40 Na jezera zlahka pozabljamo, saj ne vidimo, kaj se dogaja pod njimi,
<https://www.caszazemljo.si/ekologija/mikroplastika-v-jezerih.html>,
pridobljeno: 5. 2. 2024.
- 41 Mikroplastika, nevidni sovražnik življenja,
<https://old.delo.si/novice/okolje/mikroplastika-nevidni-sovraznik-zivljenja.html>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 42 Mikroplastika v kozmetiki,
<https://www.flipkart.com/latixmat-best-new-3d-finish-multi-purpose-soft-touch-silver-shimmery-glitter/p/itm74eeaa1506fbc>,
pridobljeno: 11. 11. 2023.
- 43 Panelna diskusija o mikroplastiki na konferenci TBMCE,
<https://www.fkkt.um.si/panelna-diskusija-o-mikroplastiki-na-konferenci-tbmce/>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.
- 44 Vpliv mikroplastike na rastlinsko čistilno napravo,

- <https://fkkt.uni-lj.si/raziskovalno-delo/raziskovalni-projekti-arrs/vpliv-mikroplastike-na-rastlinsko-cistilno-napravo>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.
- 45 Mikroplastika tudi v toči,
<https://www.ki.si/novica/mikroplastika-tudi-v-toci/>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.
- 46 Pirati plastike na Mesecu znanosti,
<https://www.nib.si/storitve-in-produkti/storitve-za-kmetijsko-dejavnost/17-novice/novice/1583-pirati-plastike-na-mesecu-znanosti>,
pridobljeno: 17. 10. 2023.
- 47 Okoljska katastrofa? Obala severne Španije polna plastičnih delcev,
<https://vecer.com/svet/foto-okoljska-katastrofa-obala-severne-spanije-polna-plasticnih-delcev-10347776>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.
- 48 Sprejeta prepoved za mikroplastiko,
<https://www.gov.si/novice/2023-09-29-sprejeta-prepoved-za-mikroplastiko/>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.
- 49 Vam gredo na živce novi zamaški na plastenkah? To je razlog,
<https://sobotainfo.com/novica/slovenija/vam-gredo-na-zivce-novi-zamaski-na-plastenkah-je-razlog/216561>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.
- 50 Mikroplastika v 90 % vzorcev ustekleničene vode po svetu,
<https://www.prehrana.si/novica/251-mikroplastika-v-90-vzorcev-usteklenicene-vode-po-svetu>,
pridobljeno: 3. 2. 2024.
- 51 Filtri v pralnih strojih v boj z mikroplastiko iz oblačil,
<https://www.dnevnik.si/1043041060/gazela/novice/filtri-v-pralnih-strojih-v-boj-z-mikroplastiko-iz-oblacil>,
pridobljeno: 20. 1. 2024.
- 52 Mutant plastic-eating bacteria: sci-fi or plan B against plastic pollution?,
<https://www.theseacleaners.org/news/mutant-plastic-eating-bacteria-sci-fi-or-plan-b-against-plastic-pollution/>,
pridobljeno: 13. 1. 2024.

- 53 Medved, T.: Primerjava vsebnosti mikroplastike v odpadni vodi in odpadnem blatu komunalnih čistilnih naprav, Diplomaska naloga, Strojniška fakulteta Univerze v Mariboru, Maribor, 2019, str. 18–21.
- 54 L. G. A. Barboza in sodelujoči: Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure, Science of the Total Environment, 2020 (717) 134625, str. 3.
- 55 Nov model filtra za zajem mikroplastike pri pranju perila uspešen na Kickstarterju, <https://www.finance.si/okolje-energija/nov-model-filtra-za-zajem-mikroplastike-pri-pranju-perila-uspesen-na-kickstarterju/a/9017035>, pridobljeno: 5. 1. 2024.
- 56 Kar verjemite: Na leto pojemo tudi 50 plastičnih vrečk, <https://sobotainfo.com/novica/globalno/kar-verjemite-na-leto-pojemo-tudi-50-plasticnih-vreck/226792>, pridobljeno: 3. 2. 2024.
- 57 Ne samo v oceanih, mikroplastika je tudi v pitni vodi in zraku, ki ga dihamo, <https://www.dnevnik.si/1042819589>, pridobljeno: 3. 2. 2024.
- 58 V ribah in školjkah vse več plastike – V sožitju z naravo (ribiskekarte.si), <https://www.ribiskekarte.si/blog/v-rihah-in-skoljkah-vse-vec-plastike/>, pridobljeno: 4. 2. 2024.
- 59 (Mikroplastika) Ni le problem morskih voda, temveč tudi celinskih, <https://vestnik.svet24.si/clanek/aktualno/mikroplastika-ni-le-problem-morskih-voda-temvec-tudi-celinskih-958776>, pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 60 Mikroplastika v kozmetični industriji, <https://nelipot.si/2019/02/1.0/mikroplastika-v-kozmetiki/>, pridobljeno: 28. 10. 2023.
- 61 Zobne paste, <https://www.dm.si/zdravje/nega-zob/zobne-kreme> , pridobljeno: 28. 10. 2023.