



GIMNAZIJA FRANCA MIKLOŠIČA LJUTOMER

REZALNE DESKE KOT VIR MIKROPLASTIKE

Raziskovalna naloga na področju ekologije

Avtorici: Klara Grantaša in Brina Zver

Mentorica: dr. Marija Meznarič, prof. bio. in kem.

Somentorica: dr. Manca Kovač Viršek, univ. dipl. biol.

Ljutomer, januar 2024

ZAHVALA

Zahvaljujeva se mentorici dr. Mariji Meznarič, prof. biol. in kem., za vso pomoč in podporo pri načrtovanju in pisanju raziskovalne naloge.

Hvaležni sva tudi somentorici dr. Manci Kovač Viršek, univ. dipl. biol., za vso predano znanje, usmeritve, podporo in omogočeno delo v laboratoriju na Inštitutu za vode Republike Slovenije.

Zahvalo izrekava šolski laborantki Sonji Koroša za usmerjanje pri delu v šolskem laboratoriju in nasvete pri pripravi eksperimentalnega dela raziskovalne naloge.

Zahvaljujeva se mag. Sašu Pergarju, prof. slov. in angl. za lektoriranje naloge.

Nazadnje zahvalo izrekava tudi vsem, ki so na katerikoli drugi način pripomogli k nastanku raziskovalne naloge.

POVZETEK

Vsakodnevno smo izpostavljeni velikim količinam mikroplastike, ki ima različne vplive na naše zdravje. V raziskavi smo se odločili proučiti, ali se ob rezanju določenega živila na plastični deski izloča mikroplastika in ali se nato prenaša v/na samo živilo. Ugotavljali smo razlike v izločanju količine in velikosti delcev mikroplastike glede na obrabljenost in kemično sestavo plastičnih rezalnih desk. Primerjali smo polipropilen, zmes polipropilena in polietilena ter zmes polipropilena in akrilne kisline. Na deskah omenjenih materialov smo na manjše koščke narezali primerke mehkega in trdega živila. Nato smo koščke živil opazovali pod stereo mikroskopom in ocenili število najdenih plastičnih delcev. Deske smo potem sprali z destilirano vodo in iz nje odvzeli vzorce za mikroskopiranje s svetlobnim mikroskopom, kar nam je omogočilo izračun velikosti delcev mikroplastike in določitev njihove oblike. Dobljene podatke smo nato statistično obdelali. V zadnji fazi eksperimentalnega dela smo zbrano vodo termično obdelali in iskali razlike v obnašanju plastičnih delcev. Na proučevanih živilih smo dokazali mikroplastiko, in sicer največ na obrabljenih plastičnih deskah. Poleg obrabljenosti pa je na količino in obliko vplival še material rezalne deske, ne pa tudi živilo, ki smo ga narezali. Delci mikroplastike so bili dovolj majhni, da bi lahko vstopili v človeško telo in tam povzročali morebitne težave.

Ključne besede: mikroplastika, plastika, rezalne deske, vpliv na zdravje, sledi mikroplastike

ABSTRACT

We are daily exposed to large amounts of microplastics, which have a variety of impacts on our health. In this study, we decided to investigate whether microplastics are released when certain food is cut on a plastic board and whether they are then transferred onto/into the food itself. We studied the differences in the amount and size of microplastic particles eliminated depending on the wear and chemical composition of the plastic cutting boards. We compared polypropylene, a mixture of polypropylene and polyethylene and the mixture of polypropylene and acrylic acids. Samples of soft and hard foodstuffs were cut into small pieces on plastic cutting boards from these materials. We then observed the sliced pieces of food under a stereo microscope and counted the number of microplastic particles found. After that we washed the boards with distilled water and took samples for light microscopy, which allowed us to calculate the size of the microplastic particles and determine their shape. The data obtained were then statistically processed. In the final stage of the experimental work, the collected water was thermally treated to look for differences in the behaviour of the plastic particles. Microplastics were demonstrated on the foodstuffs studied, mainly on the worn plastic boards. In addition to the wear, the material of the cutting board, but not the foodstuff cut, influenced the amount and shape. The microplastic particles were small enough to enter the human body and cause potential problems.

Keywords: microplastics, plastic, cutting boards, impact on health, traces of microplastics

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	8
2 TEORETIČNI DEL	9
2.1 Splošno o mikroplastiki	9
2.1.1 Oblike mikroplastike	9
2.2 Mikroplastika v kuhinjskih deskah	13
2.2.1 Kuhinjske deske	14
2.3 Vplivi mikroplastike na ljudi	15
2.3.1 Vnos v telo.....	16
2.3.2 Učinki in vpliv na zdravje	17
3 METODE DE LA	19
3.1 Izbira vzorcev	19
3.2 Priprava vzorcev	21
3.3 Opazovanje s stereo mikroskopom	22
3.4 Opazovanje s svetlobnim mikroskopom.....	24
3.5 Vrenje delcev	25
3.6 Računanje velikosti	26
3.7 Kontrolni eksperiment	26
4 REZULTATI DE LA IN RAZPRAVA	28
4.1 Primerjava količine delcev mikroplastike.....	28
4.2 Primerjava velikosti delcev mikroplastike	30
4.3 Primerjava oblik delcev mikroplastike	34
4.4 Primerjava plastičnih delcev po termični obdelavi.....	36
4.5 Dokaz mikroplastike in škroba	38
5 ZAKLJUČKI	41
5.1 Sklep in komentar	42
6 VIRI IN LITERATURA.....	43
6.1 Viri slik.....	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Primeri fragmentov.....	10
Slika 2: Primer filma.....	11
Slika 3: Primer peleta.....	11
Slika 4: Primer vlakna ali filamenta.....	12
Slika 5: Primer pene	12
Slika 6: Primer granule	13
Slika 7: Shematski prikaz vstopa delcev mikroplastike v človeško telo	16
Slika 8: Primer narezane hrane (krompir na levi in salama na desni).....	22
Slika 9: Stereo mikroskop Leica ZOOM 2000.....	23
Slika 10: Primer pogleda s stereo mikroskopom (kos salame z mikroplastiko).....	23
Slika 11: Svetlobni mikroskop Motic BA210E	24
Slika 12: Pogled delcev pod svetlobnim mikroskopom	25
Slika 13: Delci po zavretju	25
Slika 14: Prikaz merjenja velikosti delcev mikroplastike	26
Slika 15: Keramična deska	27
Slika 16: Košček krompirja z mikrodenci PP pod stereo mikroskopom.....	28
Slika 17: Nastala vlakna pri obrabljeni deski iz PP in AA pod svetlobnim mikroskopom	34
Slika 18: Mikrodenc pod stereo mikroskopom deske iz PP in AA	35
Slika 19: Fragment deske iz PP pod svetlobnim mikroskopom	35
Slika 20: Peleti neobrabljene deske iz PP in PE pod svetlobnim mikroskopom.....	36
Slika 21: Delci iz PP po končani termični obdelavi	37
Slika 22: Delci iz zmesi PP in PE po končani termični obdelavi.....	37
Slika 23: Delci iz zmesi PP in AA po končani termični obdelavi	38
Slika 24: Košček salame pod stereo mikroskopom, narezan na keramični deski	38
Slika 25: Košček salame pod stereo mikroskopom, narezan na keramični deski	39
Slika 26: Preparat vzorca s škrobom pod svetlobnim mikroskopom pri 100x povečavi	40
Slika 27: Preparat vzorca s škrobom pod svetlobnim mikroskopom pri 100x povečavi z metilenskim modrilom	40

KAZALO TABEL

Tabela 1: Povprečno število plastičnih delcev na 5 g živila.....	29
Tabela 2: Velikosti plastičnih delcev.....	30
Tabela 3: Minimalna, maksimalna in povprečna velikost ter standardni odklon velikosti nastalih delcev mikroplastike v μm	32

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz PP	20
Graf 2: Spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz zmesi PP in PE.....	20
Graf 3: Spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz zmesi PP in AA.....	21
Graf 4: Povprečno število nastalih mikroplastičnih delcev v odvisnosti od trdote živila in obrabljenosti rezalne deske	29
Graf 5: Primerjava velikosti delcev mikroplastike.....	33

1 UVOD

Po preteklih izkušnjah z raziskovanjem in ob bližajočem se študiju sva se letos odločili nadaljevati z raziskovalno dejavnostjo, ker nama je ostalo veliko tem, ki jih želiva podrobneje proučiti. Ker sva hoteli poglobiti najino znanje in laboratorijsko delo razširiti izven meja šolskega laboratorija, sva s pomočjo šolske mentorice poiskali še zunanjo mentorico. Po posvetovanju z obema smo med mnogimi idejami izbrali najbolj aktualno in perečo temo, na katero v Sloveniji še ni bilo izvedenih raziskav.

Mikroplastiko dandanes najdemo vsepovsod in jo lahko na različne načine vnesemo v naše telo. Sami smo se odločili osredotočiti na gospodinjstvo, bolj natančno na mikroplastiko s plastičnih rezalnih desk. Po analizi desk, najdenih doma, in po brskanju po spletu sva izbrali tri najbolj različne materiale: čisti polipropilen (PP), zmes polipropilena in polietilena (PP in PE) ter zmes polipropilena in akrilne kisline (PP in AA). Ob primerjavi materialov sva iskali tudi razlike v obrabljenosti desk in vpliv različnih tipov živil, ki jih režemo na deski (kot primer trdega živila sva izbrali surov krompir, kot primer mehkega pa posebno salamo). Pod stereo mikroskopom sva natančno proučili narezane koščke hrane in ocenili število nastalih delcev mikroplastike, nato pa sva pod svetlobnim mikroskopom proučili še vodo, s katero sva izplaknili pravkar uporabljene deske, da sva delcem lahko določili še velikost in obliko. To vodo sva potem še zavreli in opazovali obnašanje delcev po termični predelavi. Rezultate sva nato analizirali in postavili zaključke

Glavna cilja najine naloge sta bila:

1. ugotoviti, ali ob rezanju določenih živil na plastičnih deskah nastane mikroplastika;
2. ugotoviti, v kolikšni meri je človek izpostavljen mikroplastiki ob uporabi plastičnih desk.

Na osnovi zapisanih ciljev sva postavili spodnje hipoteze.

1. Primerjalno se bo iz obrabljenih rezalnih desk izločilo več mikroplastike kot iz neobrabljenih.
2. Oblika delcev mikroplastike bo različna glede na material, ki je prisoten v rezalni deski.
3. Pri rezanju mehkih živil bo nastalo več mikrodeltcev.
4. Nastali delci mikroplastike bodo primerne velikosti, da bi se ob zaužitju lahko absorbirali v človeško telo.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Splošno o mikroplastiki

Plastika je že pol stoletja nepogrešljiv material v izdelkih, ki jih uporabljamo na skoraj vsakem koraku. Kmalu po začetku njene uporabe pa so se začele kazati tudi njene slabosti, kot je na primer ogromna količina zavržene plastike v naravi. Tam se razgrajuje več desetletij ali celo stoletij. Še nekoliko pozneje je postalo jasno, da obstaja tudi posledica, ki jo je težje opaziti – to je mikroplastika. S tem izrazom poimenujemo plastične delce, ki so manjši od 5 mm. Poznamo še nanoplastiko (1 nm–1 μ m), mezoplastiko (1 mm–1 cm) in makroplastiko (1 cm–100 cm) (Božič, 2024).

Glede na izvor jo razdelimo na dve vrsti, primarno in sekundarno. Primarna mikroplastika je namenoma ustvarjena v tako majhni velikosti. Najpogostejši primer so plastične mikrokroglice. Te se uporabljajo v izdelkih za umivanje obraza, zobnih pastah, pilingih in drugi kozmetiki. Običajno so izdelane iz polietilena, polipropilena, polietilen tereftalata ali najlona. Prisotna je tudi v biomedicinskih napravah in izdelkih za zračno peskanje. Majhni koščki plastike (običajno akrila, melamina ali poliestra) se na strojih, motorjih ali trupih ladij razstrelijo pod visokim pritiskom, da odstranijo barvo ali rjo. Sekundarna mikroplastika pa nastane z razgradnjo večjih kosov, zato ima običajno spremenljivejšo obliko. Vzroki za to so lahko kemični ali fizikalni. Ta vrsta mikroplastike pogosto izvira iz odpadkov, s katerimi ni bilo ustrezno ravnano in se posledično zelo pogosto sprosti v okolje (Motivans, 2023).

2.1.1 Oblike mikroplastike

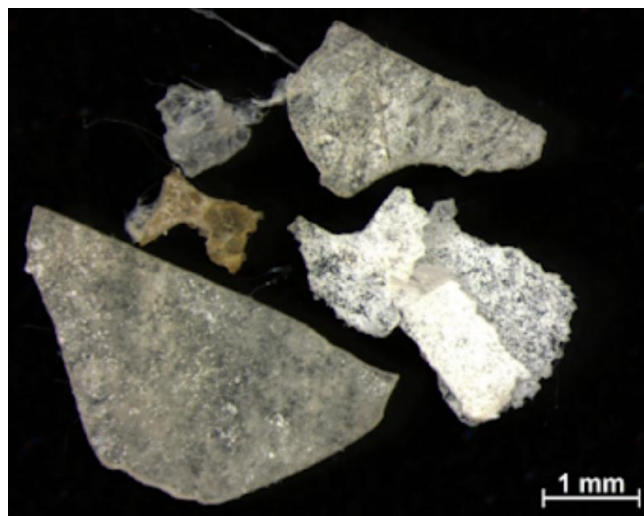
Mikroplastika je najrazličnejših tekstur, barv in oblik. Na podlagi slednje lastnosti jo delimo v šest osnovnih skupin: fragmenti, filmi, peleti, filament, pene in granule. Delce, ki so antropogenega izvora in niso plastični, uvrstimo v kategorijo »drugo« (Kovač Viršek in sod., 2019).

S pomočjo oblik mikroplastike pogosto iščemo njen izvor, lahko pa tudi sklepamo, kako se bo prenašala po različnih medijih in celo kakšen vpliv bo imela na žive organizme. Gladki delci pravilnih oblik namreč lažje prehajajo v celice, delci nepravilnih oblik pa

načeloma povzročajo večjo škodo, saj drgnejo ob tkivo. (Bonanno, Orlando-Bonaca in sod., 2022)

Fragmenti

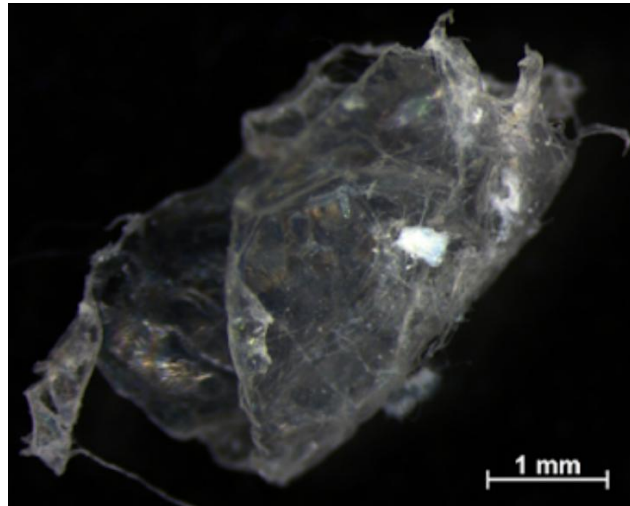
Za fragmente je značilno, da so nepravilnih oblik, trdi, debelejši, z ostrimi vogali in zelo različnih pisanih barv. Ko jih s pinceto stisnemo, najpogosteje ne počijo (razen tanjših) (Kovač Viršek in sod., 2019).



*Slika 1: Primeri fragmentov
(Vir: Bonanno, Orlando-Bonaca in sod., 2022)*

Filmi

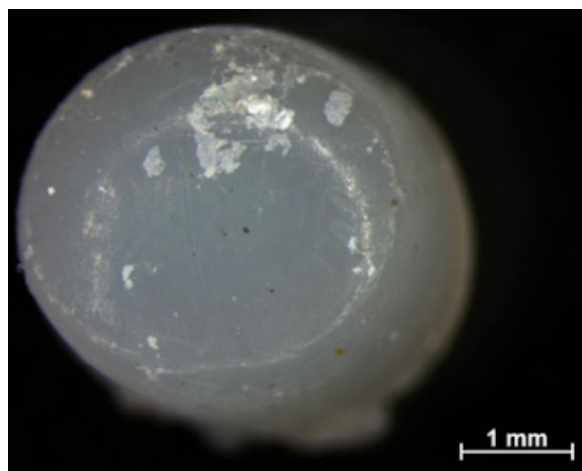
Za filme je značilno, da so nepravilnih oblik, zelo fleksibilni in tanki. Njihova struktura spominja na koščke plastične vrečke. Lahko so različnih barv, toda prevladujejo transparentni delci (Kovač Viršek in sod., 2019).



Slika 2: Primer filma
(Vir: Bonanno, Orlando-Bonaca in sod., 2022)

Peleti

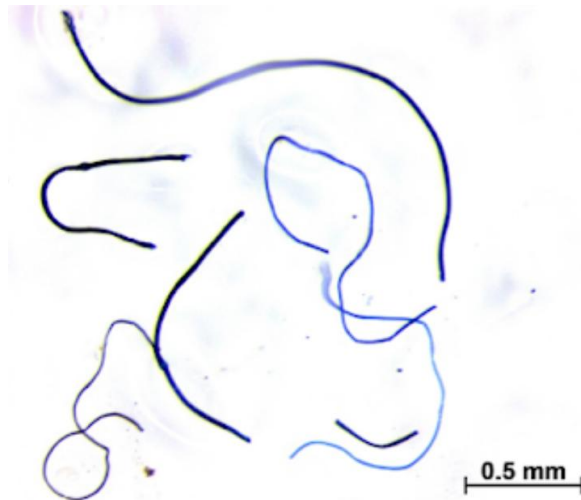
Za pelete je značilna okrogla, diskasta oblika. Največkrat so umazano bele barve, lahko tudi drugih barv. Njihova velikost je v premeru blizu 5 mm. Zaradi drugih vplivov so lahko tudi nepravilnih okroglih oblik (Kovač Viršek in sod., 2019).



Slika 3: Primer peleta
(Vir: Bonanno, Orlando-Bonaca in sod., 2022)

Vlakna ali filamenti

Vlakna obstajajo v najrazličnejših debelinah, dolžinah in barvah. To je najpogosteje najdena kategorija mikroplastike, ki kroži tudi po zraku in zato povzroča tudi kontaminacije vzorcev. Glavna značilnost, po kateri jih prepoznamo, je njihova fleksibilnost in zvijanje (Kovač Viršek in sod., 2019).



Slika 4: Primer vlakna ali filamenta
(Vir: Bonanno, Orlando-Bonaca in sod., 2022)

Pene

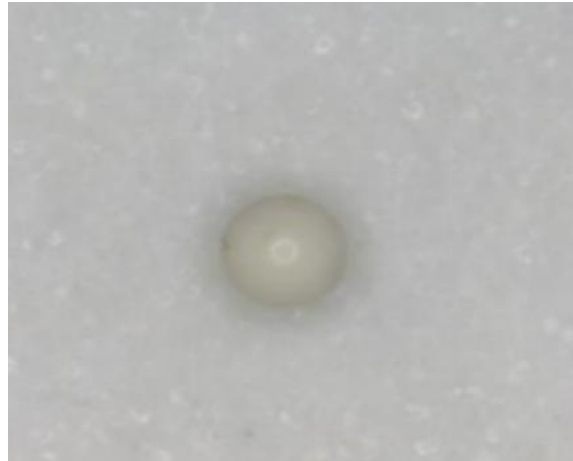
Za pene je značilno, da so mehke, ko jih stisnemo s pinceto in umazano bele barve. Prevladujejo stiroporne kroglice. Lahko pa se najdejo tudi pene, ki spominjajo na čistilne gobice (Kovač Viršek in sod., 2019).



Slika 5: Primer pene
(Vir: Bonanno, Orlando-Bonaca in sod., 2022)

Granule

Za granule je značilna oblika kroglice, ki ima okrog 1 mm v premeru. Zaradi svoje okrogle oblike so zelo izmuzljive pod pinceto. Največkrat jih najdemo v umazano belih barvah in črni barvi, redkeje v drugih barvah. So tudi ena izmed najredkeje najdenih kategorij mikroplastike (Kovač Viršek in sod., 2019).



*Slika 6: Primer granule
(Vir: Kovač Viršek in sod., 2019)*

2.2 Mikroplastika v kuhinjskih deskah

Mikroplastika se nahaja vsepovsod v našem gospodinjstvu, zato smo ji nenehno izpostavljeni. Najpogostejši izvori so plastične posode, plastični pribor, slamice, čajne vrečke, plastična embalaža živil in premazi v pločevinkah (Song in sod., 2023).

Glede na opravljene raziskave je polipropilenska plastika najdena v čajnih vrečkah, posledično naj bi bilo na eno skodelico čaja do 3,1 milijarde delcev nanoplastike. Sledi plastike so bile najdene tudi v papirnatih kozarcih, in sicer največ v plasti tesnilne mase, ki vsebuje polietilen visoke gostote (HDPE). Sledi mikroplastike v hrano pridobimo tudi s plastičnih rezalnih desk. Glede na študijo kemijskega združenja (ACS) je posameznik povprečno izpostavljen do 79,4 milijona delcev mikroplastike letno (Koren, 2024).

2.2.1 Kuhinjske deske

Plastične kuhinjske deske so v večini iz materialov, ki so dobro obstojni pri višjih temperaturah, odporni proti vlagi in dovolj mehki, da ne poškodujejo rezil nožev, vendar to z ekološkega vidika povzroča druge težave. V večini so rezalne deske iz zmesi polipropilena, polietilena in pogosto še katerih dodatnih snovi, npr. akrilne kisline. Velikih odstopanj v kemični sestavi ni. V svoje telo z embalažnega pakiranja, rezalnih desk in drugih plastičnih izdelkov vnašamo različne vrste plastike. Najbolj pogosti so polipropilen, polietilen nizke gostote, polietilen visoke gostote, polietilen srednje gostote, polietilen tereftalat in polistiren, ki se pogosto nahajajo v embalaži, še posebej za enkratno uporabo (Božič, 2024).

Polipropilen (PP)

Polipropilen ((C₃H₆)_n) spada med polilefine (CH₂CHR)_n, ki tvorijo družino termoplastov, med katere spadajo polipropileni (PP) in polietileni (PE). Uporablja se za izdelavo embalaže, še posebej plastenkov in zamaškov. PP dobimo s polimerizacijo monomera propena. Poznamo dva različna postopka: Ziegler-Nattovo polimerizacijo in katalizno polimerizacijo metalocena (Nikolovska, 2022).

PP ima nizko gostoto (med 0,90 g/cm³ in 0,91 g/cm³) ter je dobro odporen proti toploti (vrelišče se giblje okoli 160 °C) in delovanju vode, vendar je nagnjen k oksidacijski razgradnji pri povišanih temperaturah predelave (Radonjič, 2008).

Polietilen (PE)

Polietilen ((C₂H₄)_n) je polimer etilena. Pridobiva se ga z različnimi postopkih, kar tudi vpliva na njegovo gostoto in lastnosti. Uporablja se v avtomobilski in gradbeni industriji, v gospodinjstvu pa predvsem za embalažo in razne folije (Schadegg, 2024).

Za embalažne namene sta najpomembnejša dva osnovna tipa: polietilen nizke gostote (PE-LD) in polietilen visoke gostote (PE-HD). Glavna razlika je v trdoti in temperaturni obstojnosti, ker ti naraščata premo sorazmerno z gostoto (Radonjič, 2008).

Akrilna kislina (AA)

Akrilna kislina ($C_3H_4O_2$) ali 2-propenojska kislina je najpreprostejša organska nenasičena kislina. Sposobna je polimerizacije ter tvorbe poliakrilne kisline in drugih kopolimerov, zato je pomemben monomer v proizvodnji premazov, lepil, lakov in raznih plastičnih mas. Čeprav nekateri podatki kažejo na morebitna tveganja akrilne kisline za reproduktivno zdravje, se zaradi svoje nizke toksičnosti uporablja tudi v proizvodnji higienske medicinske opreme in detergentov (Brown, 2014).

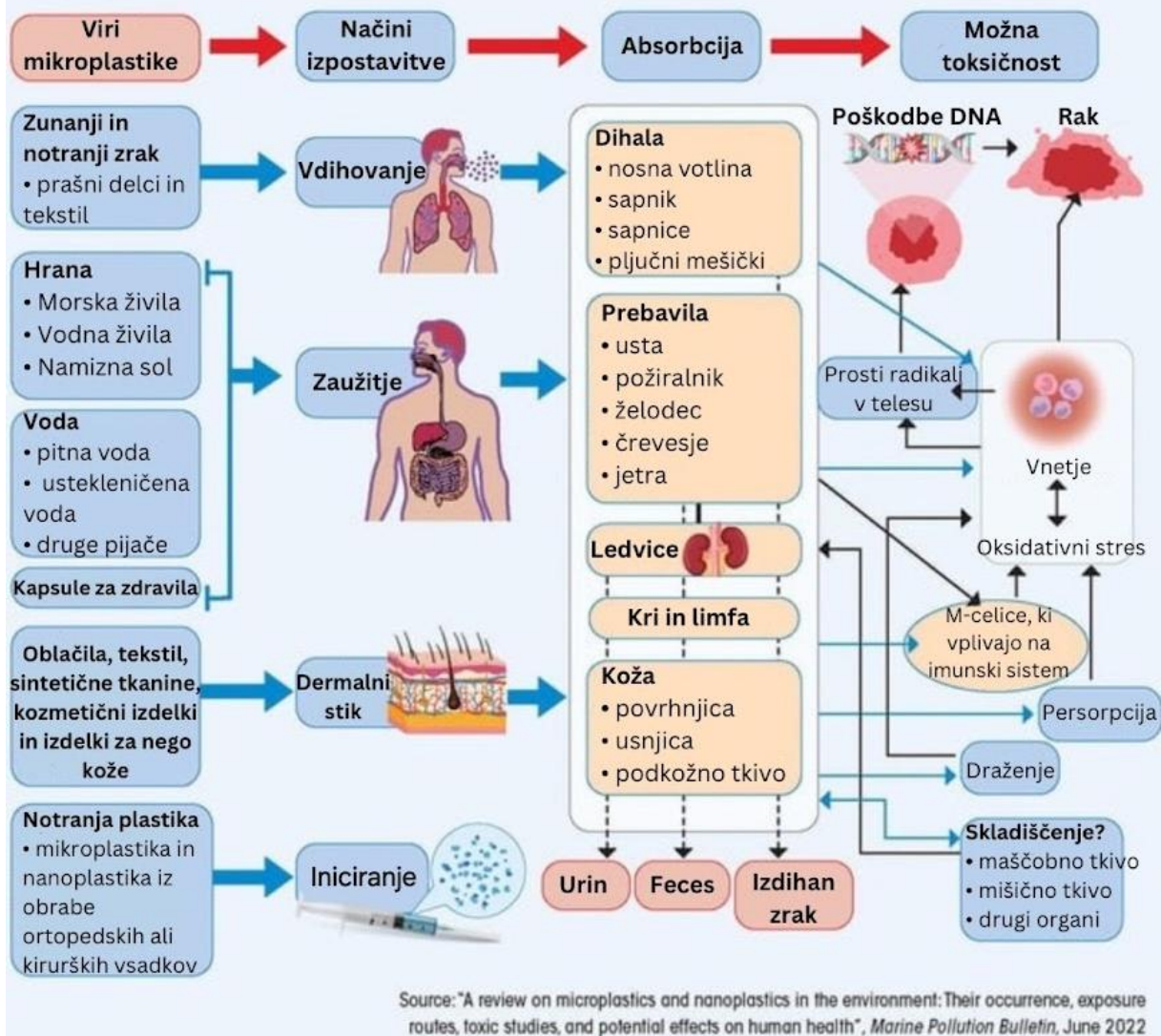
2.3 Vplivi mikroplastike na ljudi

Naše telo se na delce mikroplastike odziva kot na tujek. Lahko ne povzročajo nobenih težav in se enostavno izločijo iz telesa, lahko pa povzročajo različne motnje in okvare. Lahko so škodljivi sami po sebi ali pa le prenašajo škodljive snovi (Kolerič in Bogdan, 2021).

Različne velikosti mikroplastike se lahko v človeškem telesu absorbirajo v različna tkiva, kot je prikazano na sliki 7 in kar so v eni izmed raziskav proučili raziskovalci iz Univerze Malaysia Terengganu (UMT), Univerze Sains Malaysia (USM) in Univerze v Washingtonu. Njihova dognanja so, da se delci mikroplastike, ki so manjši od $700\ \mu\text{m}$, lahko vsrkajo skozi kapilare v kri, če so pa manjši od $500\ \mu\text{m}$ lahko celo vstopijo v srce, kožo, lase, slino in celo placento (posteljico) ob morebitni nosečnosti. Delci mikroplastike velikosti $4\text{--}30\ \mu\text{m}$ imajo sposobnost absorbirati se v jetra in vranico, malo manjši delci mikroplastike (pod $20\ \mu\text{m}$) pa v ledvice in pljuča. Delci, manjši od $100\ \mu\text{m}$, so bili najdeni v moških spolnih organih, v vzorcih sperme pa celo večji delci (velikosti med 21 in $287\ \mu\text{m}$). Večina delcev mikroplastike se je vseeno izločila iz telesa, in sicer z blatom delci, ki so merili več kot $4000\ \mu\text{m}$, z urinom pa delci mikroplastike velikosti do $900\ \mu\text{m}$ (Roslan in sod., 2024).

Morebitne nevarnosti za zdravje

Posledice mikroplastike za zdravje pri ljudeh niso v celoti znane, vendar so navedena nekatera tveganja.



Slika 7: Shematski prikaz vstopa delcev mikroplastike v človeško telo (Lastni prevod po viru: *Menace of Microplastic*, 2024)

2.3.1 Vnos v telo

Delci mikroplastike so lahko v naše telo vneseni na različne načine: oralno, respiratorno in dermalno. Najpogostejši vnos je oralno. Delci plastike so najdeni vsepovsod, v vodi, mleku, čajnih vrečkah in predvsem v morski hrani zaradi onesnaženosti oceana s plastiko (Vilhar in sod., 2018).

Po statističnih podatkih so Evropejci letno izpostavljeni 11 000 delcem na osebo le zaradi uživanja lupinarjev in v celoti zaužijejo 39 000–52 000 delcev na osebo letno

skozi hrano. Največji vir mikroplastike (84 %) v ozračju so ceste. V povprečju je koncentracija delcev, merjena v Parizu, v zunanjem zraku 5,4 delca/m³ in 0,9 delca/m³ v notranjem zraku. Koncentracija delcev zunanjega zraka v Šanghaju pa meri 1,42 delca/m³. Posameznik v povprečju, če štejemo oralni in respiratorni vnos, letno v telo vnese od 74 000 do 121 000 mikrodeltcev plastike. Absorpcija delcev preko kože ni tako velika in nevarna, ampak vseeno nekateri delci lahko prehajajo skozi kožno bariero. Najbolj pogosti dermalni načini vnosa so preko uporabe kozmetike, preko telefonskih ovitkov in celo, preko tal, ko se otroci plazijo po njih (Song in sod., 2023).

2.3.2 Učinki in vpliv na zdravje

Mikroplastika v naše telo prinaša fizikalne (npr. poškodbe telesa, ko delci plastike drgnejo ob tkivo, najbolj pogosto v črevesju), kemične (npr. posledice kemikalij, ki so v plastiki) in biološke (npr. prenašanje mikroorganizmov in patogenov) nevarnosti (Belušič in sod., 2018).

Delci mikroplastike so nosilci kemikalij, ki lahko motijo homeostazo v telesu, predvsem delovanje estrogena, testosterona in inzulina, kar poveča tveganje za kronična obolenja (Tomažič in sod., 2017).

Raziskave kažejo, da kemikalije, ki so motilci hormonskega ravnovesja v telesu, lahko pripomorejo k razvoju sladkorne bolezni tipa 2 in različnih bolezni srca. Škodljivi vpliv mikroplastike je v nekaterih raziskavah celo primerjan z vplivi neuravnotežene prehrane, vodi lahko v slabo zdravje črevesja in posledično oslavljen imunski sistem. Raziskave kemikalije bisfenol A (BPA), ki je prisotna tako v mikro- kot nanoplastiki, so pokazale, da izpostavljenost kemikaliji lahko vodi do tvorbe policističnih jajčnikov in neplodnosti moških (Božič, 2024).

Bisfenol A se veže na receptorske molekule estrogena in testosterona v telesu, kar zmanjšuje njuno koncentracijo v našem telesu (Štampar, 2022).

Toksičnost mikroplastike v celici je odvisna od tipa celice in plastike, velikosti delcev, koncentracije itd., v celici pa lahko povzroči močan stres, poškodbe DNA in membrane ter celo celično smrt. Najnovejša iznajdba so človeški organoidi v in vitro modelih, ki so uporabljeni za različne eksperimente, med drugim tudi za testiranje in simuliranje vplivov mikroplastike na človeško telo (Song in sod., 2023).

Več podrobnejših raziskav pa je bilo izvedenih le na živalih. Izpostavitve mikroplastiki je vodila do različnih okvar, predvsem metabolnih, imunskih, živčnih, reproduktivnih in razvojnih. Z živalskimi eksperimenti sta bila dokazana disfunkcija jeter in neravnovesje v črevesju. Na primer, v eksperimentih na ribah so ugotovili črevesne poškodbe, močan oksidativen stres, inhibicijo prebavnih encimov in neravnovesje črevesnih mikroorganizmov. Podobne rezultate so dobili pri miših. Na kasnejših simulatorjih človeškega telesa je bilo opazno veliko zmanjšanje prebave lipidov. Delci mikroplastike lahko delujejo nevrotoksično in inhibirajo (zavirajo) aktivnost encima acetoholin-esteraze (AChE), ki katalizira hidrolizo acetilholina v holinergičnih sinapsah. Dovolj majhni delci lahko prehajajo skozi epidermis (povrhnjico) do mišičnega tkiva in poškodujejo nevrone, kar zmanjša aktivnost AChE in posledično vpliva na gibanje. Dolgotrajna izpostavitve mikroplastiki v višjih koncentracijah lahko pri miših vpliva na spomin (Song in sod., 2023).

Iz izjemnih vplivov mikroplastike na živalske organizme bi lahko predpostavili, da bi večje količine mikroplastike lahko povzročale podobne težave ljudem. Seveda se moramo zavedati, da smo organizmi med seboj različni, ampak ker natančnejše raziskave o vplivu mikroplastike na človeško telo še niso bile objavljene, lahko le sklepamo o določenih aspektih učinkov mikrododelcev (Božič, 2024).

3 METODE DE LA

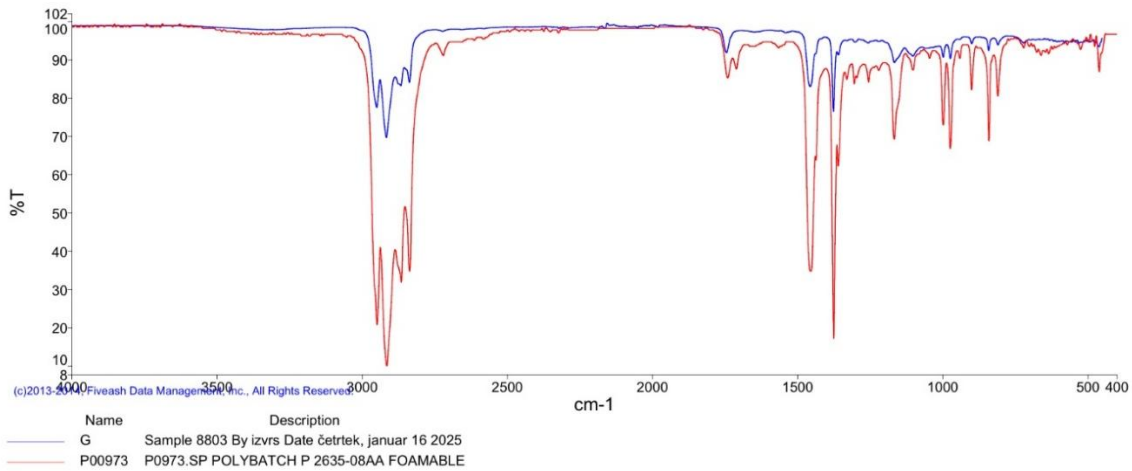
Eksperimentalni del smo izvajali od novembra 2024 do sredine februarja 2025. Večino dela je bilo izvedenega v šolskem laboratoriju, manjši del pa na Inštitutu za vode Republike Slovenija (IzVRS). Pri poskusih, ki sva jih izvedli v šolskem laboratoriju, sva uporabili tehniko Kern KB 2400-2N, stereo mikroskop Leica ZOOM 2000, svetlobni mikroskop Motic BA210E, čaše, urna stekla, pipete, pincete, spatule (tanke podolgovate lopatice iz nerjavečega jekla), kapalke, nož znamke Domy in preučevane plastične deske. Fotografije sva opravile z mobilnim telefonom.

3.1 Izbira vzorcev

Da bi ugotovili vpliv različnih dejavnikov, ki vplivajo na izločanje mikroplastike iz plastičnih kuhinjskih desk, sva testirale različne materiale. Proučile sva še njihovo obrabljenost in dve različni trdoti živil. Kot mehko živilo sva izbrali Tuš piščančjo posebno salamo, kot trdo živilo pa surov krompir sorte Laperla ki sva ga narezali skupaj z ovojem gomolja.

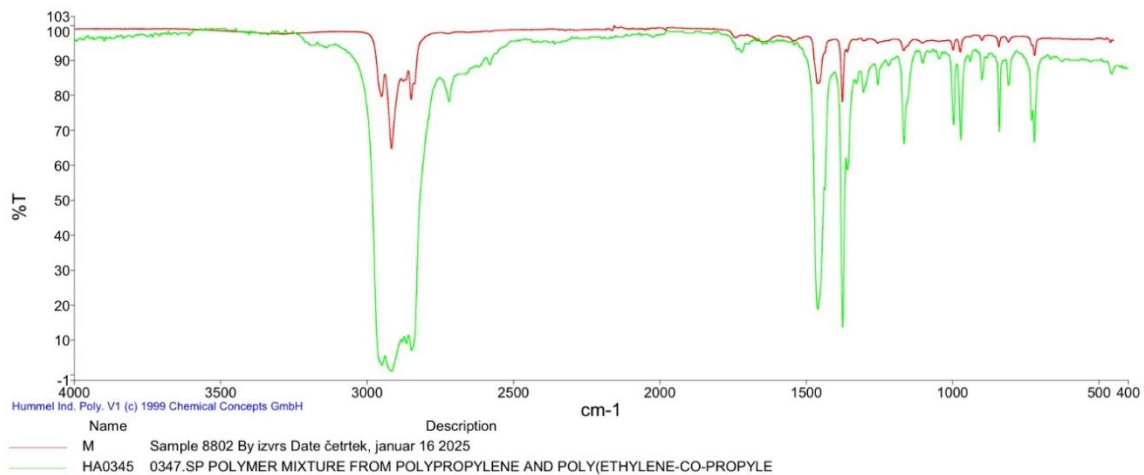
Nato sva začeli z iskanjem čim več različnih desk po domačih predalih, ki smo jih potem analizirali s postopkom Fourier transform infra rdeča (FTIR) spektrometrije (metoda s katero opazujemo kako infrardeča svetloba reagira z določeno snovjo) z aparatom SpectrumTwo proizvajalca Perkin Elmer. Z analizo smo dobili spektre njihove kemične sestave. Odločili smo se, da preučimo tri različne sestave desk: polipropilen (graf 1), zmes polipropilena in polietilena (graf 2) ter zmes polipropilena in 6 % akrilne kisline (graf 3). Zavedava se, da so razlike med materiali majhne, vendar sva jih vseeno želeli preučiti. Poleg starih, že obrabljenih desk, sva poiskali še nove, neuporabljene z enako sestavo.

Graf 1 prikazuje spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz PP. Modra črta prikazuje spekter vzorca deske, rdeča pa referenco, s katero smo ga primerjali.



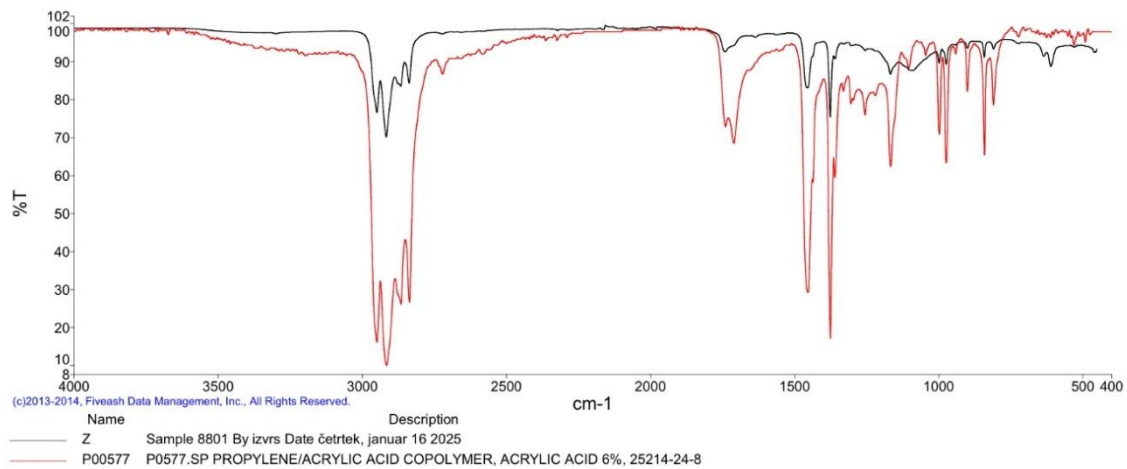
Graf 1: Spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz PP

Graf 2 prikazuje spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz zmesi PP in PE. Rdeča črta prikazuje spekter vzorca deske, zelena pa referenco, s katero smo ga primerjali.



Graf 2: Spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz zmesi PP in PE

Graf 3 prikazuje spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz zmesi PP in AA. Črna črta prikazuje spekter vzorca deske, rdeča pa referenco, s katero smo ga primerjali.



Graf 3: Spekter kemične sestave obrabljene rezalne deske iz zmesi PP in AA

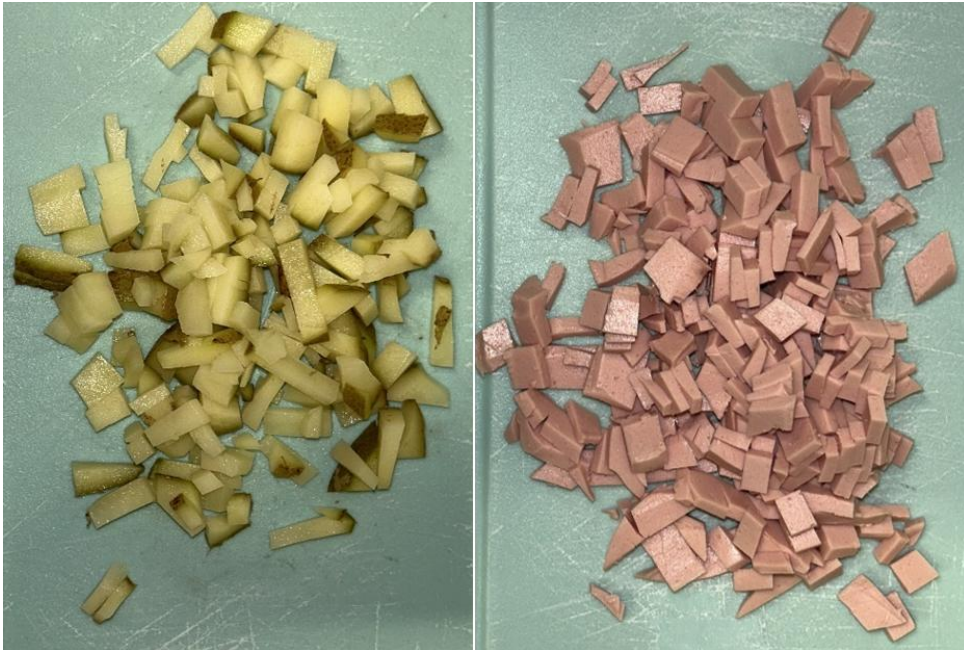
3.2 Priprava vzorcev

Na čisti keramični deski sva, kot prikazuje slika 8, narezali in natehtali 50 g salame ali krompirja. Nato sva vsako preiskovano plastično desko umili in na njej z nožem znamke Domy iz nerjavečega jekla z rezilom, dolgim 14,5 cm, živili narezali na manjše koščke, ki so bili velikosti približno 0,5 cm³. To vrsto noža sva uporabili, ker je najpogosteje uporabljena v gospodinjstvu. Da bi dobili čim bolj točne rezultate, sva poskus na vsaki plastični deski s posameznim živilom ponovili trikrat. Ob tem se zavedava, da pri rezanju v kuhinji salame ali krompirja pogosto ne narežemo na tako majhne koščke. S tem sva želeli le olajšati iskanje mikrodelcev v vzorcu.

Potem sva 5 g živila (približno 250 koščkov) pregledali pod stereo mikroskopom in ocenili število delcev plastike. Tukaj velikosti delcev nisva mogli določati zaradi tridimenzionalne slike in odsotnosti merilne lestvice.

Ko sva z deske odstranili vse koščke živila, sva jo sprali s 50 ml destilirane vode. Iz vode, s katero sva spirali plastične deske, sva nato s kapalko odvzeli še vzorec za mikroskopiranje s svetlobnim mikroskopom. Delcem mikroplastike, ki sva jih našli ob tem, sva lahko določili še velikost in obliko.

Preostanek vode sva zbrali in jo zavreli na temperaturo 110 °C ter skozi čašo opazovali obnašanje delcev ob termični obdelavi.



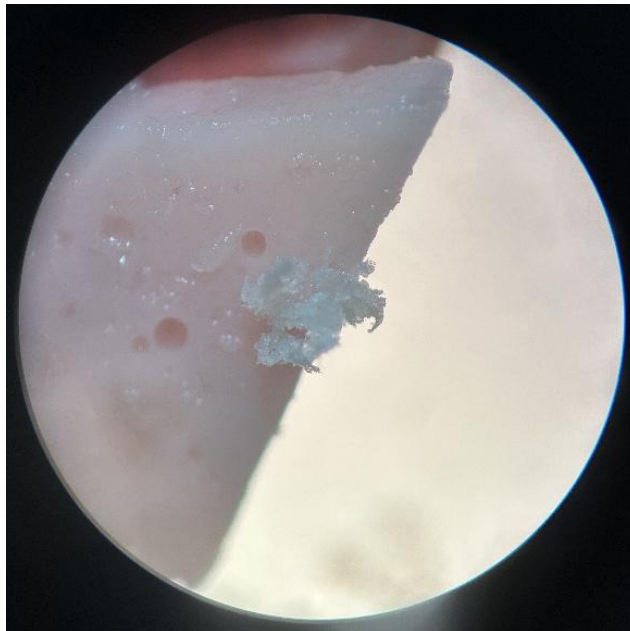
*Slika 8: Primer narezane hrane (krompir na levi in salama na desni)
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

3.3 Opazovanje s stereo mikroskopom

Koščke hrane sva opazovali pod stereo mikroskopom Leica ZOOM 2000 (slika 9) s 40-kratno povečavo. Primer je viden na sliki 10. Pod stereo mikroskopom sva lahko potrdili, da res gre za plastiko, saj so bili delci plastike iste barve kot deska, na kateri sva rezali živila. Pri tem sva ocenili še njihovo število. Pri prenašanju in obračanju koščkov hrane sva si pomagali s pinceto.



*Slika 9: Stereo mikroskop Leica ZOOM 2000
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



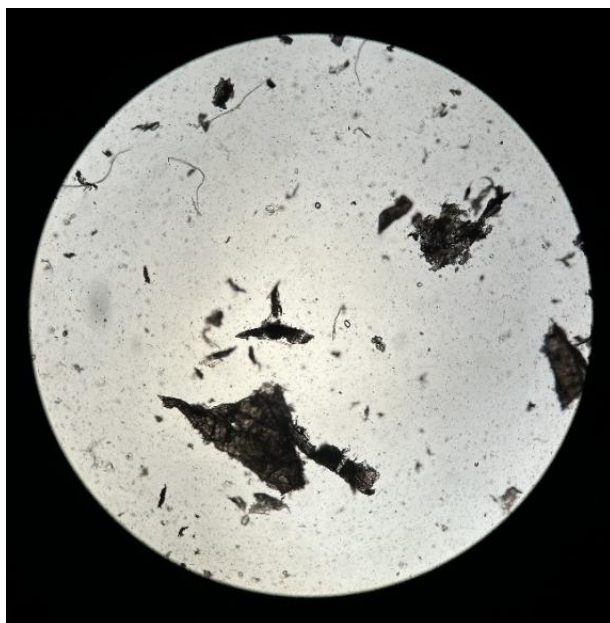
*Slika 10: Primer pogleda s stereo mikroskopom (kos salame z mikroplastiko)
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

3.4 Opazovanje s svetlobnim mikroskopom

Iz vode, s katero sva sprali ravnokar uporabljeno plastično desko, sva s kapalko odvzeli vzorec in ga proučili pod svetlobnim mikroskopom. Ob tem sva lahko zelo jasno videli sliko delcev mikroplastike, prav tako pa tudi zelo majhne delce. Primer pogleda pod svetlobnim mikroskopom je na sliki 12. Uporabljali sva svetlobni mikroskop Motic BA210E (slika 11) na 40-kratni povečavi z vidnim poljem premera 4500 μm . Nato sva s pomočjo fotografij in premera vidnega polja preračunali velikosti delcev mikroplastike.



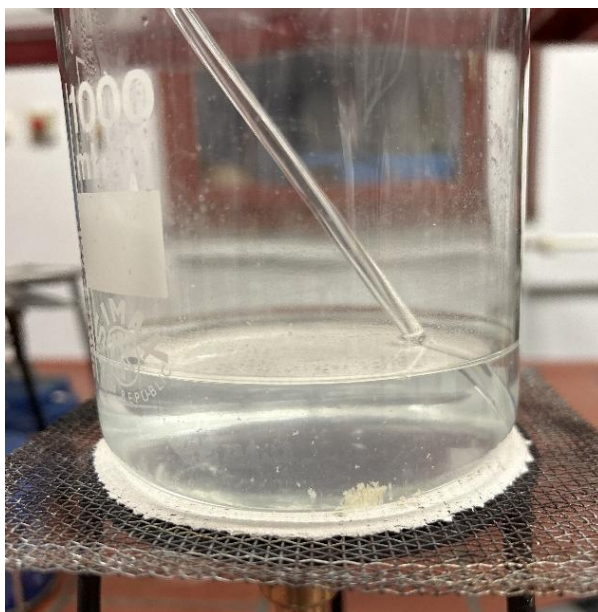
*Slika 11: Svetlobni mikroskop Motic BA210E
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



*Slika 12: Pogled delcev pod svetlobnim mikroskopom
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

3.5 Vrenje delcev

V zadnji fazi eksperimentalnega dela sva vodo, ki sva jo zbrali ob splakovanju plastičnih desk iz posameznega materiala, nalili v čašo, kot to prikazuje slika 13. 300 ml tako zbrane vode sva vrela 15–20 minut na temperaturi 110 °C. Ob tem sva plastične delce opazovali, fotografirali in si beležili spremembe.



*Slika 13: Delci po zavretju
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

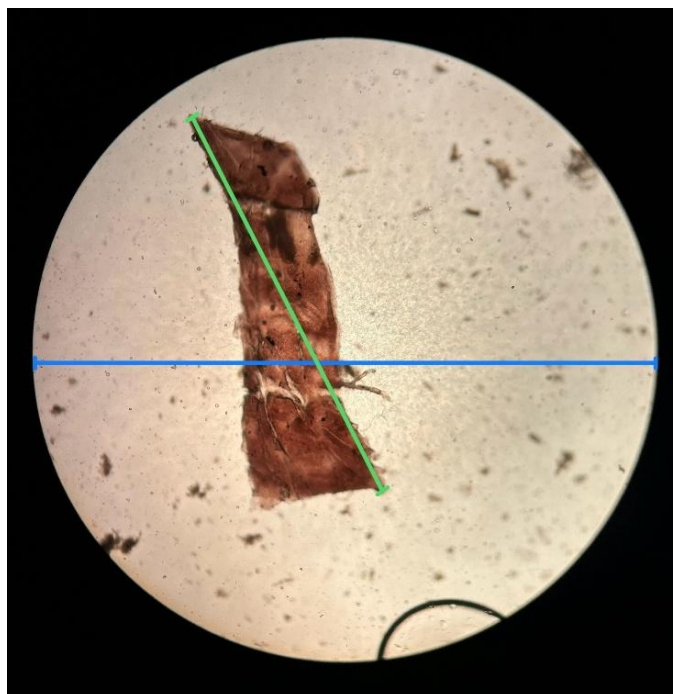
3.6 Računanje velikosti

S pomočjo slik mikrodela pod svetlobnim mikroskopom in premera vidnega polja pri ustrezni povečavi sva lahko izračunali velikosti delcev. Z ravnilom sva izmerili premer vidnega polja (modra črta na sliki 14) in delec po najdaljši diagonali (zelena črta na sliki 14) ter s sklepnim računom izračunali velikost delca v mikrometrih. Upoštevali sva, da je bil premer najinega vidnega polja pri 40-kratni povečavi 4500 μm .

Izračun:

4500 μm ... izmerjen premer vidnega polja

X (velikost mikrodela v μm) ... izmerjena velikost mikrodela

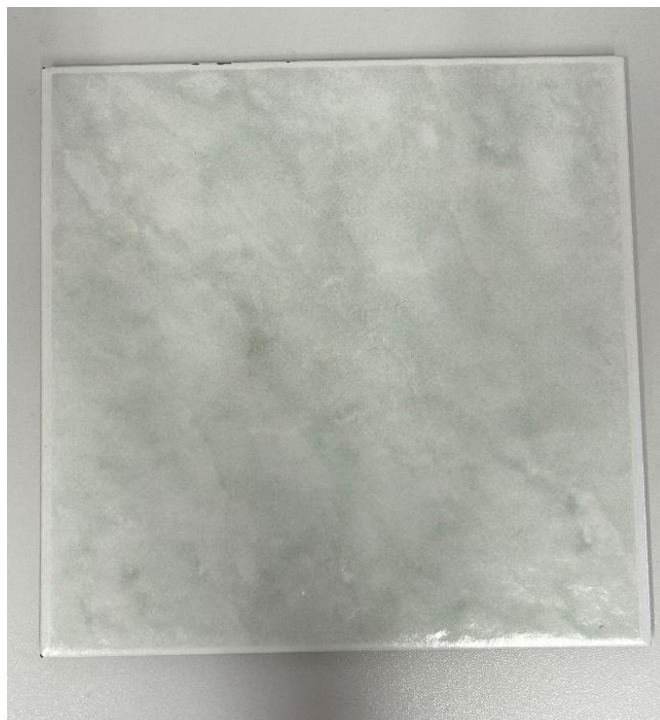


*Slika 14: Prikaz merjenja velikosti delcev mikroplastike
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

3.7 Kontrolni eksperiment

Za dokaz mikroplastike sva načrtovali tudi kontrolni eksperiment. Na keramični deski, ki je na sliki 15, sva v treh ponovitvah z istim nožem narezali 50 g iste vrste posebne piščančje salame in iste vrste surovega krompirja, kot sva to izvedli pri testiranju plastičnih desk. Kose živila sva nato opazovali s stereo mikroskopom, potem pa keramično desko sprali z destilirano vodo ter iz te nato odvzeli vzorec in ga proučili

pod svetlobnim mikroskopom. Namen kontrolnega eksperimenta je bil, da dokaževa, da so najdeni delci na plastičnih deskah res mikroplastika, saj so bili pri kontrolnem eksperimentu ti odsotni.



*Slika 15: Keramična deska
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

4 REZULTATI DELA IN RAZPRAVA

Po opravljenem eksperimentalnem delu sva dobljene rezultate lahko analizirali in primerjali. Primerjali sva velikosti, obliko in količino nastalih delcev glede na material in obrabljenost rezalne deske ter vrsto rezanega živila. Zbrane rezultate sva prikazali v tabelah (1–3) in grafih (4–5).

4.1 Primerjava količine delcev mikroplastike

Od 50 g narezanega živila sva odvzeli 5 g (približno 250 kosov). Odvzeti vzorec sva natančno pregledali pod stereo mikroskopom in prešteli vse vidne delce mikroplastike. Rezultate sva nato zapisali v tabelo 1. Potem sva preračunali povprečno količino delcev na 50 g narezanega živila in podatke prikazali na grafu 4. Zavedava se, da manjših delcev, ki sva jih pozneje dokazali s svetlobnim mikroskopom, s stereo mikroskopom nisva mogli videti, saj ima svetlobni boljšo ločljivost, poleg tega pa so bili delci plastike na koščkih hrane slabše vidni.



*Slika 16: Košček krompirja z mikrodenci PP pod stereo mikroskopom
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

Tabela 1: Povprečno število plastičnih delcev na 5 g živila

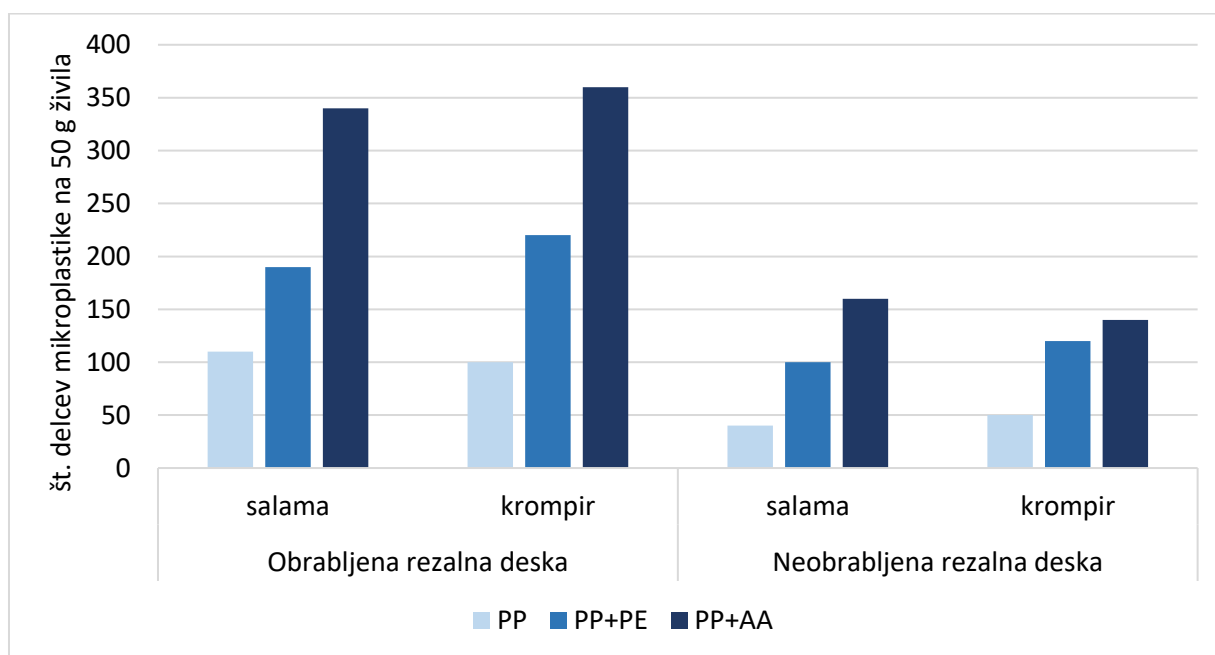
		PP	PP+PE	PP+AA
Obrabljena rezalna deska	salama	11	19	34
	krompir	10	22	36
Neobrabljena rezalna deska	salama	4	10	16
	krompir	5	12	14

Legenda:

PP – oznaka za rezalno desko iz polipropilena

PE+PP – oznaka za rezalno desko iz zmesi polietilena in polipropilena

PP+AA – oznaka za rezalno desko iz zmesi polipropilena in akrilne kisline



Graf 4: Povprečno število nastalih mikroplastičnih delcev v odvisnosti od trdote živila in obrabljenosti rezalne deske

Rezultati, prikazani na grafu 4, so pokazali, da je količina nastalih delcev plastike pri neobrabljenih deskah manjša za več kot polovico količine nastalih delcev mikroplastike glede na obrabljene plastične rezalne deske. Prav tako se je pri deski iz PP izločilo manj delcev mikroplastike kot pri ostalih dveh materialih, in sicer pri neobrabljeni le

4–5 delcev mikroplastike na 5 g narezanega živila, pri obrabljeni pa 10–11 delcev mikroplastike. Največja količina mikroplastike je nastala pri uporabi rezalne deske iz zmesi PP in AA, in sicer predvsem pri obrabljeni deski, pri kateri je nastalo 34–36 delcev mikroplastike na 5 g narezanega živila. Srednje število delcev mikroplastike se je izločilo iz desk iz zmesi PP in PE, in sicer iz obrabljene 19–22 delcev, iz neobrabljene pa 10–12.

4.2 Primerjava velikosti delcev mikroplastike

S pomočjo slik delcev pod svetlobnim mikroskopom in velikosti premera vidnega polja sva preračunali velikosti nastalih delcev mikroplastike in jih nato med seboj primerjali. Vse dobljene podatke sva prikazali v tabeli 2.

Tabela 2: Velikosti plastičnih delcev

	PP+AA N	PP+AA O	PP+PE N	PP+PE O	PP N	PP O
1	201,5	318,9	761,0	270,7	356,1	665,5
2	403,0	70,9	529,4	981,27	226,6	538,7
3	134,3	779,5	694,9	169,2	194,2	507,0
4	167,9	141,7	562,5	609,0	64,7	855,6
5	67,2	194,9	529,4	304,5	420,9	697,2
6	194,2	248,0	628,7	203,0	259,0	443,7
7	323,7	372,0	562,5	520,7	550,4	221,8
8	415,4	637,8	463,2	409,1	291,4	348,6
9	121,2	566,9	397,1	260,3	615,1	602,1
10	276,9	537,3	132,4	74,4	226,6	823,9
11	259,6	806,0	99,3	148,8	161,9	253,5
12	398,1	570,9	595,6	98,5	97,1	95,0
13	380,8	184,7	430,1	394,2	97,1	348,6
14	138,5	722,0	926,5	229,9	65,2	538,7
15	256,1	402,9	99,3	262,8	97,8	1140,8
16	439,0	201,5	231,6	459,9	130,4	285,2
17	1207,3	335,8	397,1	295,6	65,2	221,8
18	585,4	196,4	198,5	364,0	782,6	1078,5

19	403,0	441,8	66,2	266,7	456,5	1301,7
20	302,2	409,1	651,3	206,1	554,3	1105,3
21	470,1	589,1	869,3	188,9	260,9	475,6
22	160,7	294,5	734,7	240,6	193,5	3050,8
23	257,1	180,0	551,0	309,2	387,1	2211,9
24	1610,1	1610,5	1119,9	284,6	166,7	
25	1766,4	1459,5	703,1	373,5	326,1	
26	1333,3	1636,4	468,8	2166,7	113,9	
27	980,2	916,7		642,9	312,5	
28	1721,7	482,1		1661,5	437,5	
29	1470,3	1340,4		1067,8	687,5	
30		822,1		533,9	47,4	
31				1457,7		
32				1166,7		
33				911,4		

Legenda:

PP N – oznaka za neobrabljeno rezalno desko iz polipropilena

PP+PE N – oznaka za neobrabljeno rezalno desko iz zmesi polipropilena in polietilena

PP+AA N – oznaka za neobrabljeno rezalno desko iz zmesi polipropilena in akrilne kisline

PP O – oznaka za neobrabljeno rezalno desko iz polipropilena

PP+PE O – oznaka za obrabljeno rezalno desko iz zmesi polipropilena in polietilena

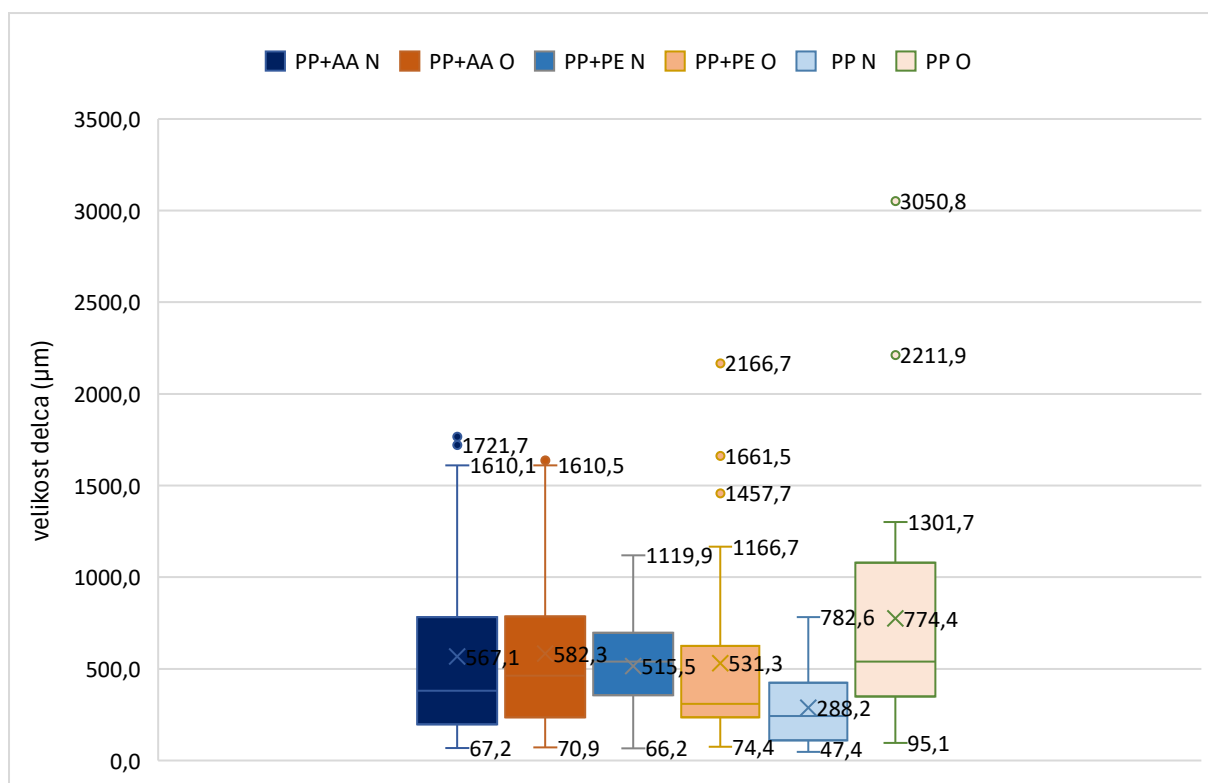
PP+AA O – oznaka za obrabljeno rezalno desko iz zmesi polipropilena in akrilne kisline

Tabela 3: Minimalna, maksimalna in povprečna velikost ter standardni odklon velikosti nastalih delcev mikroplastike v μm

	PP+AA N	PP+AA O	PP+PE N	PP+PE O	PP N	PP O
minimalna velikost	67,2	70,9	66,2	74,4	47,4	95,1
maksimalna velikost	1766,4	1636,4	1119,9	2166,7	782,6	3050,8
povprečna velikost	567,1	582,3	515,5	531,3	288,2	774,4
standardni odklon	532,1	434,6	268,0	488,6	200,4	682,4

Potem sva poiskali najmanjšo in največjo velikost, izračunali povprečno velikost in standardni odklon glede na različno sestavo in obrabljenost plastičnih rezalnih desk ter to zapisali v tabelo 3. Te podatke sva predstavili še grafično na grafu 5.

Iz prikazanih podatkov je razvidno, da so pri uporabi desk iz PP pri neobrabljenih deskah nastali manjši delci mikroplastike kot pri obrabljenih. Največji delci mikroplastike so nastali na obrabljeni deski iz PP, največji premer mikrodelca plastike je meril 3050,8 μm . Iz omenjene deske so nastali tudi največji delci minimalne velikosti (95,1 μm) v primerjavi z ostalimi plastičnimi rezalnimi deskami. Najmanjšo maksimalno velikost premera mikrodelcev sva zasledili na neobrabljeni deski iz PP, ki meri 782,6 μm . Prav tako so se iz te deske izločili tudi najmanjši delci mikroplastike, najmanjši delec je meril le 47,4 μm . Pri ostalih plastičnih rezalnih deskah so se najmanjši delci minimalne velikosti gibali med 66,2 μm in 74,4 μm . Velike razlike med maksimalnima vrednostnima velikostima delcev mikroplastike so opazne pri obrabljeni in neobrabljeni deski iz zmesi PP in PE, razlika meri kar 1046,8 μm . Odstopanja so nastala pri deskah iz zmesi PP in AA, pri katerih so na neobrabljeni deski nastali večji delci maksimalne velikosti kot na obrabljeni. Na neobrabljeni deski je premer največjega delca meril 1766,5 μm , na obrabljeni pa 1636,4 μm .



Graf 5: Primerjava velikosti delcev mikroplastike

Povprečne velikosti delcev z večine rezalnih desk so se gibale med 515 µm in 583 µm, izstopata deski iz PP, pri katerih je povprečna velikost delcev mikroplastike na neobrabljeni 288,2 µm, na obrabljeni pa 774,4 µm. V vseh testiranih materialih so na obrabljenih deskah nastali povprečno večji delci mikroplastike kot na neobrabljenih.

Zanimalo naju je še, za koliko so podatki odstopali od povprečja, zato sva za velikosti delcev mikroplastike vseh šestih uporabljenih plastičnih rezalnih desk izračunali še standardni odklon, in sicer po spodnji formuli s pomočjo programa Excel.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Večji kot je standardni odklon, bolj podatki odstopajo od povprečja, in obratno. Največji standardni odklon sva izračunali pri obrabljeni deski iz PP (682,4 µm) in neobrabljeni deski iz zmesi PP in AA (532,1 µm). Najmanjša odstopanja podatkov od povprečja so bila opazna pri neobrabljeni deski iz PP (200,4 µm). Standardni odklon obrabljenih desk iz zmesi PP in AA ter desk iz zmesi PP in PE pa se je gibal okoli 450 µm.

4.3 Primerjava oblik delcev mikroplastike

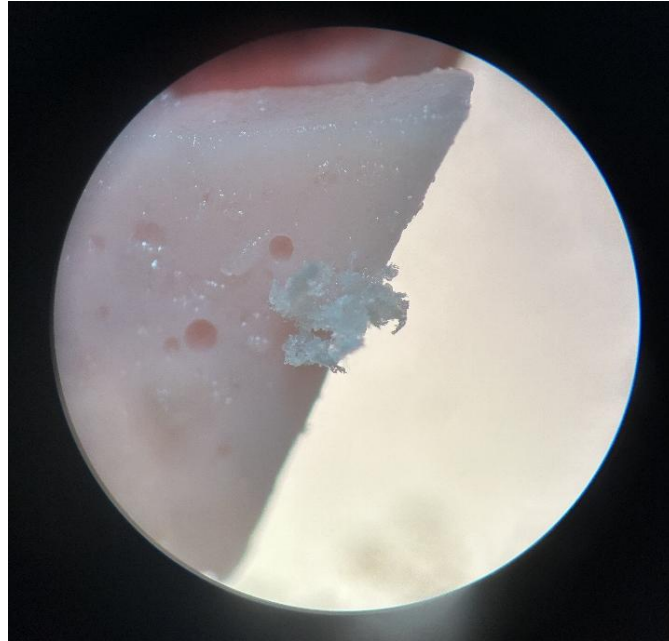
Po opazovanju delcev pod svetlobnim mikroskopom sva lahko analizirali in primerjali tudi oblike nastalih mikrodelcev. Najbolj pogosta oblika mikroplastike so bili fragmenti, pojavila pa so se tudi vlakna ali filamenti, vendar le pri zmesi PP in AA. Pri deskah iz zmesi PP in PE so nastali tudi delci okrogle in ploščate oblike – peleti.

Na slikah mikrodelcev plastike pod mikroskopom (slike 17-20) so opazni tudi mehurčki, ki so nastali pri pripravi preparata, in škrobna zrnca pri vzorcih, odvzetih od krompirja.



*Slika 17: Nastala vlakna pri obrabljeni deski iz PP in AA pod svetlobnim mikroskopom
(Vir: osebni arhiv, Zver B., 2025)*

Na sliki 18 je prikazan košček salame in delec mikroplastike s plastične rezalne deske iz zmesi PP in AA. Delec je fragment, ujema se z barvo deske, je zelo svetlo modre, skoraj bele barve z ostrimi potezami.



*Slika 18: Mikrodelec pod stereo mikroskopom deske iz PP in AA
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



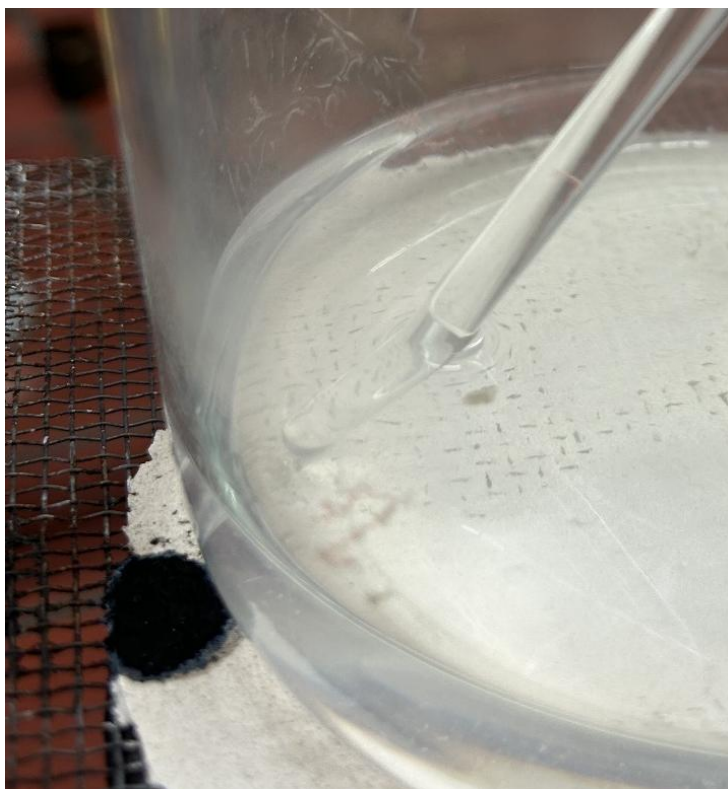
*Slika 19: Fragment deske iz PP pod svetlobnim mikroskopom
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



*Slika 20: Peleti neobrabljene deske iz PP in PE pod svetlobnim mikroskopom
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

4.4 Primerjava plastičnih delcev po termični obdelavi

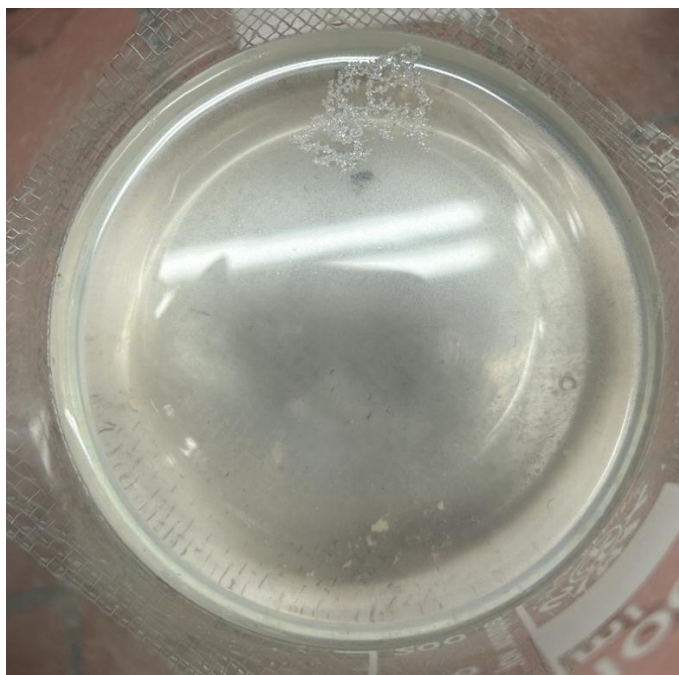
Destilirano vodo, s katero sva sprali deske, sva zbrali in jo nato segrevali 15 do 20 minut na 110 °C. Ob vrenju sva spremljali dogajanje in si beležili obnašanje delcev. Delci PP so ob termični obdelavi priplavali na površino in se dlje časa prosto gibali (slika 21). Delci z desk iz zmesi PP in PE so se zlepili skupaj in ostali na dnu (slika 22). Ob morebitnem fizičnem dražljaju (npr.: stresanju ali mešanju) so se razpršili in čez čas ponovno združili. Delci iz PP in AA so se prav tako spojili v večjo enoto, ampak so ostali na površini in se ob fizičnem dražljaju niso razpršili (slika 23). Dejstvo, da se je obnašanje delcev ob termični obdelavi razlikovalo glede na material, dodatno potrjuje, da se njihove lastnosti razlikujejo in da jih je smiselno primerjati.



*Slika 21: Delci iz PP po končani termični obdelavi
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



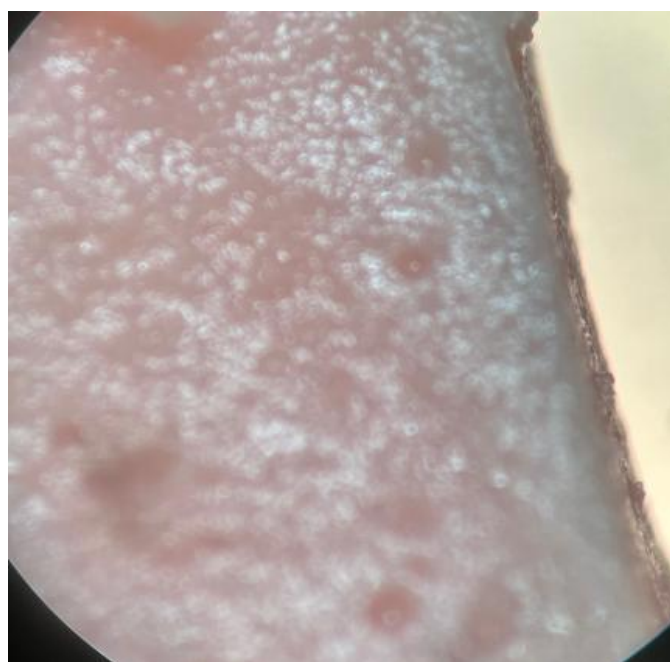
*Slika 22: Delci iz zmesi PP in PE po končani termični obdelavi
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



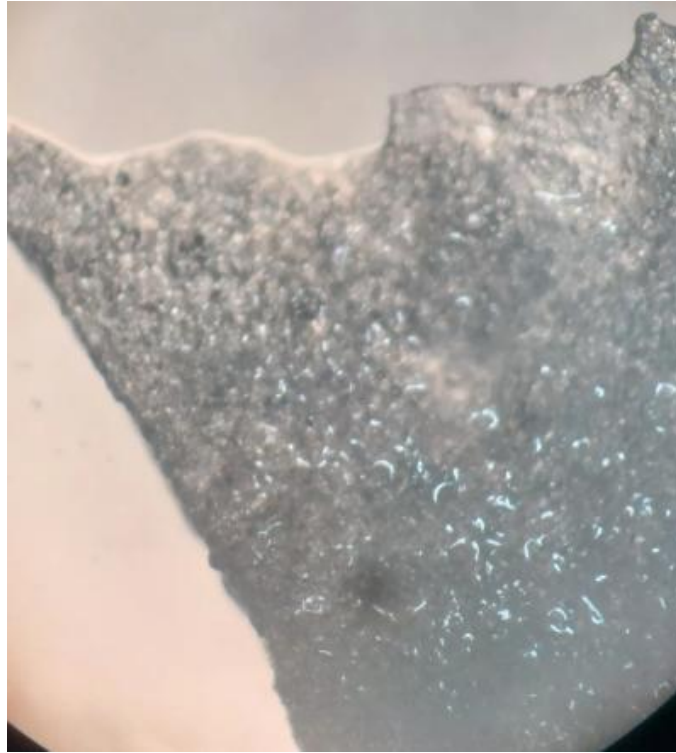
*Slika 23: Delci iz zmesi PP in AA po končani termični obdelavi
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

4.5 Dokaz mikroplastike in škroba

S kontrolnim eksperimentom na keramični deski sva lahko dokazali delce mikroplastike s plastičnih desk, saj jih na keramični ni bilo. To vidimo na slikah 24 in 25.

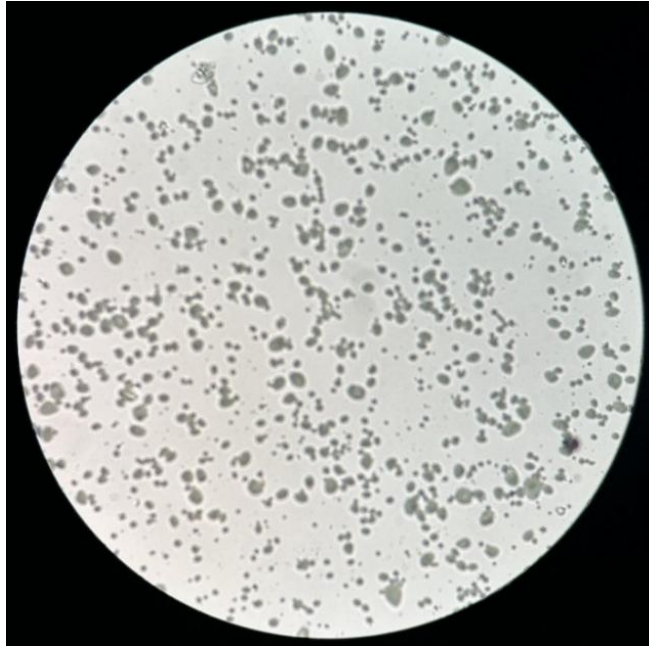


*Slika 24: Košček salame pod stereo mikroskopom, narezan na keramični deski
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

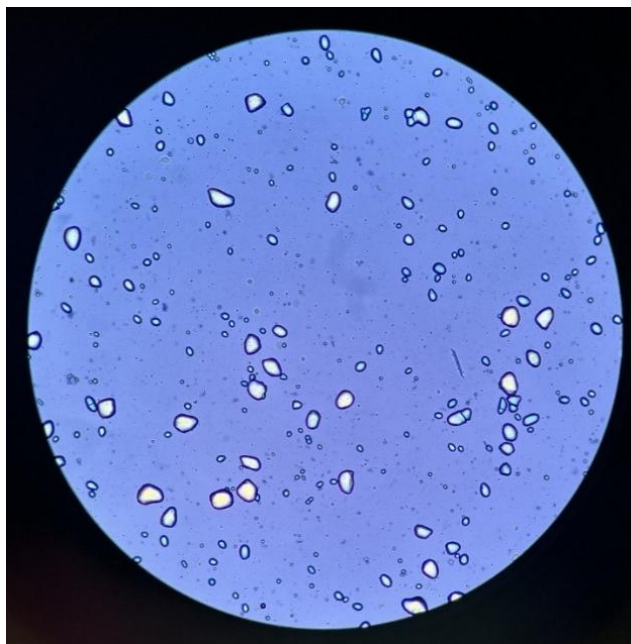


*Slika 25: Košček salame pod stereo mikroskopom, narezan na keramični deski
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

Na keramični deski sva posledično lahko dokazali škrob, ki je bil viden pri vzorcih iz surovega krompirja. Preparatu iz vzorca krompirja na sliki 26 sva dodali metilensko modrilo, ki obarva medij škrobnih zrn. Ta se niso obarvala in so bila zato razločno vidna, kot prikazuje slika 27 (zelo majhna škrobna zrna delujejo rahlo obarvana, vendar se vidi le barva medija, ker so sama zrna prozorna). Škrob sva opazovali pod svetlobnim mikroskopom pri 40-kratni in 100-kratni povečavi.



*Slika 26: Preparat vzorca s škrobom pod svetlobnim mikroskopom pri 100x povečavi
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*



*Slika 27: Preparat vzorca s škrobom pod svetlobnim mikroskopom pri 100x povečavi z
metilenskim modrilom
(Vir: osebni arhiv, Zver, 2025)*

5 ZAKLJUČKI

V raziskavi sva s pomočjo stereo mikroskopa in svetlobnega mikroskopa proučili velikosti, količino in oblike delcev mikroplastike, ki so se ob rezanju dveh različnih vrst živil na različnih materialih in obrabljenosti plastičnih desk sprostili iz njih. Poiskali sva tudi razlike v obnašanju plastičnih delcev ob termični obdelavi. Po opravljeni analizi rezultatov in njihovi primerjavi sva zastavljene hipoteze potrdili ali ovrgli.

1. hipoteza: Primerjalno se bo iz obrabljenih rezalnih desk izločilo več mikroplastike kot iz neobrabljenih. ✓

Plastične deske, ki so bile že predhodno obrabljene in poškodovane, so ob rezanju izločile več mikrodeltcev plastike. Čeprav je njihova kemična sestava prav tako vplivala na količino nastalih delcev, so rezultati jasno pokazali, da se je v vseh primerih iz starejši obrabljenih desk izločilo več mikrodeltcev plastike kot pa iz novih, še neuporabljenih.

2. hipoteza: Oblika delcev mikroplastike bo različna glede na material, ki je prisoten v rezalni deski. ✓

Ob rezanju na vseh materialih so nastali delci v obliki fragmentov, vendar so na deskah iz zmesi PP in AA poleg njih nastali tudi filamentni. Prav tako so se le pri zmesi PP in PE poleg fragmentov izločili še peleti.

3. hipoteza: Pri rezanju mehkih živil bo nastalo več mikrodeltcev. ✗

Vrsta živila in njegova trdota nista pomembno vplivali na količino nastalih delcev. Rahlo večja količina mikroplastike je včasih nastala pri krompirju, včasih pa pri salami. Na količino nastalih delcev sta vplivali predvsem kemična sestava in obrabljenost deske.

4. hipoteza: Delci mikroplastike bodo primerne velikosti, da bi se ob zaužitju lahko absorbirali v človeško telo. ✓

Pri rezanju so nastale različne velikosti delcev mikroplastike. Najmanjši delci vseh materialov so merili med 47 μm in 95 μm , kar pomeni, da bi lahko vstopili v kapilare, srce, kožo, lase in celo placento v primeru nosečnosti. Tam bi se lahko kopičili in povzročali nadaljnje težave. Delci velikosti nad 500 μm bi se izločili z urinom in fecesom, delci velikosti nad 900 μm pa zgolj s fecesom in se ne bi absorbirali v človeško telo.

5.1 Sklep in komentar

Po opravljenih analizah podatkov in razpravi sva z raziskavo dosegli zastavljene cilje. Dokazali sva prisotnost delcev mikroplastike pri uporabi plastičnih rezalnih desk in prišli do ugotovitve, da ima trdota rezanega živila zanemarljiv vpliv na nastale delce mikroplastike. Nanje imata vpliv predvsem obrabljenost deske in njena kemična sestava, čeprav so bile razlike v njej majhne. Izračunali sva količine nastalih delcev mikroplastike na 50 g narezanega živila in njihovo velikost. V razpravi sva pokomentirali posameznikovo izpostavljenost mikroplastiki in s pomočjo literature sklepali, kako se različne velikosti mikroplastike obnašajo v našem telesu.

Na raziskovano temo bi lahko izvedli še podrobnejše raziskave, ki bi proučevale vplive delcev mikroplastike na zdravje in počutje ljudi. V nadaljnjih raziskavah bi lahko poiskali ali razvili nove, boljše alternative plastičnim rezalnim deskam, ki bi bile manj škodljive za zdravje in prijaznejše okolju.

6 VIRI IN LITERATURA

Belušič, G., Dolenc Koce, J., Turk, M., Vittori, M., Zalar, P. (2018). *Biologija 2: o zgradbi in delovanju organizmov*. Ljubljana: Mladinska knjiga

Bonanno, G., Orlando-Bonaca, M., Acquavita, A., Avio, C. G., Bettoso, N., Cumani, F., Grego, M., Grigalionyte-Bembič, E., Klun, K., Lipej, L., Pitacco, V., Rotter, A., Suaria, G., Tiller, R., Kovač Viršek, M. (2022). *Plastic pollution and marine conservation*. London: Academic press, Elsevier

Božič, T. (2024). *Vpliv mikro- in nanoplastike iz kopenskih ekosistemov na varnost hrane in zdravje ljudi*. Magistrsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za zdravstvene vede.

Brown, D. (2014). Acrylic acid. Pridobljeno iz Science Direct (18. 3. 2025):
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123864543002207?via%3Dihub>

Kolerič, T., Bogdan, D. (2021). *Pilotske meritve mikroplastike v sladkovodnih ribah rdečeočkah (Rutilus rutilus) v porečju reke Mure na območju Slovenije*. Raziskovalno poročilo, Ljutomer: Gimnazija Franca Miklošiča.

Koren, A. (2024). Mikroplastika v kuhinji: Top 5 predmetov, ki se jim morate izogibati. Pridobljeno iz Portal 24 (4. 12. 2024):
https://portal24.si/mikroplastika-v-kuhinji-top-5-predmetov-ki-se-jim-morate-izogibati/#google_vignette

Kovač Viršek, M., Robič, U., Cerar, N., Jarni, K., Caserman, H., Koren, Š., Suhadolnik, P., Trdan, Š. (2019). *Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2019: III Razvoj metodologij za področje morskega okolja : III/7 Analiza vnosa makroodpadkov iz vodotokov v morsko okolje in vnosa mikroodpadkov iz vodotokov in odpadnih voda ter določitev stopnje soodvisnosti (pomembna obremenitev) med virom obremenitve in stanjem morskega okolja – nadgradnja metodologije za določitev pomembnih obremenitev na morsko okolje*. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije.

Motivans, E. (2023). What are microplastics? Here's everything you need to know. Pridobljeno iz ZME Science (2. 12. 2024):
<https://www.zmescience.com/ecology/green-living/the-down-low-on-microplastics/>

Nikolovska, G. (2022). All About Polypropylene: How it's Made and Used. Pridobljeno iz Xometry (11. 12. 2024):
<https://www.xometry.com/resources/materials/polypropylene/>

Radonjič, G. (2008). *Embalaža in varstvo okolja*. Maribor: Pivec.

Roslan, N. S., Lee, Y. Y., Ibrahim, Y. S., Tuan Anuar, S., Yusof, K. M. K. K., Lai, L. A., Brentnall, T. (2024). *Detection of microplastics in human tissues and organs: A scoping review*. Pridobljeno iz PubMed Central (6. 12. 2024):
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11342020/>

Schadegg, J. (2024). All about Polyethylene (PE). Pridobljeno iz Xometry (11. 12. 2024):

<https://www.xometry.com/resources/materials/polyethylene/>

Song, M., Li, Y., Tao, L., Wang, Q., Wang, F., Li, G. (2023). *Potential Health Impact of Microplastics: A Review of Environmental Distribution, Human Exposure, and Toxic Effects*. Pridobljeno iz ACSpublicvations (2. 12. 2024):

https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/envhealth.3c00052?ref=article_openPDF

Štampar, N. (2022). *Izpostavljenost potrošnikov bisfenolu A, njegovim analogom in mešanicam ter njihov vpliv na zdravje*. Raziskovalno poročilo, Ljutomer: Gimnazija Franca Miklošiča.

Tomažič, I., Zidar, P., Dolenc Koce, J., Ambrožič Avguštin, J. (2017). *Biologija 1: o biologiji, celicah in genetiki*. Ljubljana: Mladinska knjiga.

Vilhar, B., Tratnik, M., Stušek, P., Škornik, S., Lampe Kajtna, M., Omerzel Vujić, E., Šiško, M. (2018). *Evolucija, biotska pestrost in ekologija*. Ljubljana: DZS.

6.1 Viri slik

Slike 1-5: Bonanno, G., Orlando-Bonaca, M., Acquavita, A., Avio, C. G., Bettoso, N., Cumani, F., Grego, M., Grigalionyte-Bembič, E., Klun, K., Lipej, L., Pitacco, V., Rotter, A., Suaria, G., Tiller, R., Kovač Viršek, M. (2022). *Plastic pollution and marine conservation*. London: Academic press, Elsevier

Slika 6: Kovač Viršek, M., Robič, U., Cerar, N., Jarni, K., Caserman, H., Koren, Š., Suhadolnik, P., Trdan, Š. (2019). *Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2019 : III Razvoj metodologij za področje morskega okolja : III/7 Analiza vnosa makroodpadkov iz vodotokov v morsko okolje in vnosa mikroodpadkov iz vodotokov in odpadnih voda ter določitev stopnje soodvisnosti (pomembna obremenitev) med virom obremenitve in stanjem morskega okolja - nadgradnja metodologije za določitev pomembnih obremenitev na morsko okolje*. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije.

Slika 7: Menace of Microplastic. (2024). Pridobljeno iz INSIGHTSIAS (10. 2. 2025):

<https://www.insightsonindia.com/2024/11/27/menace-of-microplastic/>

Slike 8-27 so iz osebnega arhiva Brine Zver iz leta 2025