

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**OZAVEŠČENOST JAVNOSTI O NEVARNOSTI
MIKROPLASTIKE V OKOLJU IN PREHRANJEVALNI VERIGI**

TJAŠA GREŠAK

VELENJE, 2021

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**OZAVEŠČENOST JAVNOSTI O NEVARNOSTI
MIKROPLASTIKE V OKOLJU IN PREHRANJEVALNI VERIGI**

TJAŠA GREŠAK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. Andrej Čokl

VELENJE, 2021

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Tjaša Grešak** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Ozaveščenost javnosti o nevarnosti mikroplastike v okolju in prehranjevalni verigi.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Raising public awareness of the dangers of microplastics in the environment and in the food chain.

Mentor: **prof. dr. Andrej Čokl.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Tjaša Grešak, vpisna številka 34150009, študent/ka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom Ozaveščenost javnosti o nevarnosti mikroplastike v okolju in prehranjevalni verigi.

ki sem ga izdelal/a pod:

- mentorstvom prof. dr. Andreja Čokla
- somentorstvom /

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Nada Mulej, prof. slov. j. in prim. slov. knjiž.;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: ____ . ____ . ____

Podpis avtorja/ice: _____

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Andreju Čoklu za vzpodbudo, nasvete in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Iskrena hvala materi ter bratu, fantu Dejanu in prijateljem za vso podporo in motivacijo, s katero so mi pomagali za uspešen zaključek študija.

Hvala tudi vsem anketirancem, ki so sodelovali v anketi.

Tjaša Grešak

Izvodček

Med dopustovanjem na morju se ljudje redko zavedamo, kako so naša morja onesnažena s plastiko. Priobalni ekosistem spada med najbolj občutljive. Največje onesnaženje morij je po navadi ob obali zaradi industrije, pomorskega prometa, turizma in vanj speljanih kanalizacijskih cevi. Večina najdenih odpadkov je plastičnih, lesenih, kovinskih delcev in ostalih odpadkov. Nekatere vrste plastik potonejo na morsko dno, druge pa plavajo na morski gladini, kjer jih sčasoma odnaša morski tok in veter. Plastika se zaradi neobnovljivih virov sestave zelo počasi razgrajuje in ostane v naravi do 1000 let. Zaradi vpliva morja, temperature in sončne svetlobe se plastični delci manjšajo na čedalje manjše kose, do mikroskopskih velikosti. Ker je večina plastike plavajoča, jo manjši organizmi zamenjajo s hrano in ob njenem zaužitju dobijo občutek sitosti, kar navadno privede do stradanja, bolezni in smrti. Te organizme pojedjo večje živali in s tem lahko mikroplastika pride po prehranjevalni verigi tudi do človeka. Manjše količine mikroplastike za človeka niso škodljive, večje koncentracije mikroplastike v pitni vodi pa so lahko škodljive in nevarne, saj se le-ta akumulira in povzroča strupenost delcev, slabšanje imunskega sistema, hormonsko neravnovesje in razne bolezni. Prisotnost mikroplastike je bila najdena že v mnogih morskih školjkah, ribah, sesalcih in pticah, prav tako v morski soli in morski hrani. Ozaveščenost ljudi o problematiki mikroplastike je pomembna, saj s tem rešujemo ne le sebe, ampak tudi preostale živali, ki zaužijejo hrano s plastičnimi delci ter ogrozijo svoj normalen razvoj ali življenjsko dobo. Proces spremljanja plastičnih odpadkov je omejen na točkovne vire, ker je razpršenih virov ogromno. Le manjši odstotek odpadkov je možno reciklirati, ostalo se odpelje na smetišča ali pa se jih sežge. Nove tehnologije nam omogočajo sežig plastičnih odpadkov, kjer se pri obdelavi ne izločajo škodljivi plini. Evropska unija je mnoge izdelke z dodano plastiko odstranila s polic prodajaln z biološko razgradnjo kot alternativno metodo. Mnoge organizacije so se zavzele za raziskave o morskih odpadkih in naredile velik korak naprej pri poznavanju količin ter sestavi odpadkov in njenih vplivih na morsko okolje.

Izdelala sem tudi anketi vprašalnik, da bi iz odgovorov raziskovala ozaveščenost javnosti o problemu in nevarnosti plastike in mikroplastike. Zanimalo me je, ali se ljudje zavedajo omenjene problematike, kako uporabljajo plastiko v vsakdanjem življenju in kakšno je njihovo splošno znanje o mikroplastiki. Anketa je bila spletna in zajema vse regije Slovenije, čim več starostnih skupin in spolov, skupin glede izobrazbe in kraj bivanja ter ostala vprašanja o plastiki in mikroplastiki.

Rezultati ankete so pokazali, da se večina anketirancev dobro zaveda problemov in nevarnosti plastike in mikroplastike v naravi in do človeka.

KLJUČNE BESEDE: plastika, mikroplastika, onesnaženost, morje, prehranjevalna veriga, ukrepi, ozaveščenost ljudi, rezultati ankete

Abstract

While vacationing at sea, people find it hard to realize that our seas are polluted with plastic. The coastal ecosystem is one of the most vulnerable. The greatest pollution of the seas is usually along the coast due to the maritime industry, tourism and sewage pipes that flow into the sea. Most of the waste found is plastic, wood, metal particles and other waste. Some types of plastics sink to the seabed, and some float on the sea surface where they are eventually carried away by sea currents and wind. Plastic decomposes very slowly due to its non-renewable sources of composition and can remain in nature for up to 1000 years. Due to the influence of the sea, temperature and sunlight, plastic particles shrink into smaller and smaller pieces, up to microscopic size. Because most plastics are floating, smaller organisms mistake them for food and, when ingested, get a feeling of satiety, which usually leads to starvation, disease and death. These organisms are eaten by larger animals, and thus microplastics can reach the human chain throughout the food chain. Small amounts of microplastics are not harmful to humans, but higher concentrations of microplastics in drinking water can be harmful and dangerous, as they can accumulate and cause particle toxicity, immune system deterioration, hormonal imbalance and various diseases. The presence of microplastics has already been found in many shellfish, fish, mammals and birds and in sea salt and seafood. Raising people's awareness about the problem of microplastics is important, because it saves not only ourselves but also other animals that mistake food with plastic particles and as a result starve or get various diseases that shorten the life of the organism. The process of monitoring plastic waste is limited to point sources because there is a lot more of dispersed points. Only a small percentage of waste can be recycled, the rest is taken to landfills or incinerated. New technologies enable us to incinerate plastic waste, where no harmful gases are emitted during processing. The European Union has removed many products with added plastic from shelves and using biodegradable decomposition as an alternative method. Many organizations have been committed to research on marine litter and have taken a major step forward in knowing the quantities and composition of litter and its impacts on the marine environment.

I also wrote a survey questionnaire to explore public awareness of the problem and dangers of plastics and microplastics from the responses. I was interested in whether people are aware of the mentioned issues, how they use plastic in everyday life and what is their general knowledge about microplastics. The survey was online and covers all regions of Slovenia, many age groups and genders as possible, groups regarding education and place of residence, and other questions about plastics and microplastics.

The results of the survey showed that the majority of respondents are well aware of the problems and dangers of plastics and microplastics in nature and towards humans.

KEY WORDS: plastics, microplastics, pollution, sea, food chain, measures, human awareness, survey results

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	Opis naloge in opredelitev problema	10
1.2	Namen in cilj naloge	10
1.3	Delovne hipoteze	10
2	OKOLJSKA PROBLEMATIKA JADRANSKEGA MORJA.....	11
2.1	Jadransko in slovensko morje.....	11
2.2	Problematika onesnaženja slovenskega morja	12
3	PLASTIKA IN ONESNAŽENJE S PLASTIKO	14
3.1	Prednosti in pomanjkljivosti plastike.....	15
3.2	Plastični odpadki.....	16
3.3	Plastika v morju	17
4	MIKROPLASTIKA.....	17
4.1	Primarna in sekundarna mikroplastika	17
4.2	Vpliv mikroplastike na okolje.....	18
4.3	Vpliv mikroplastike na organizme.....	20
4.4	Vpliv mikroplastike na človeka	21
4.5	Mikroplastika v morskem, sladkovodnem in kopenskem ekosistemu	21
5	MIKROPLASTIKA IN NJEN VPLIV V MORJU	22
5.1	Vstop mikroplastike v morsko okolje	23
5.2	Biološka dostopnost mikroplastike v morskih organizmih.....	24
5.3	Vplivi mikroplastike na morske organizme	25
5.4	Količina zaužite mikroplastike nekaterih morskih živali	27
5.5	Mikroplastika in Sredozemsko morje	28
6	MIKROPLASTIKA V PREHRANJEVALNI VERIGI	29
6.2	Stanje v Sloveniji	31
7	UKREPI IN REŠITVE.....	33
8	METODE DELA.....	35
8.1	Anketa in njena izvedba	35
8.2	Statistična analiza	35
9	REZULTATI Z RAZPRAVO.....	36
9.1	Rezultati ankete o anketirancih	36
9.2	Rezultati ankete o problemih s plastiko in mikroplastiko	39
9.3	Razprava o rezultatih ankete v okviru treh postavljenih hipotez.....	42
10	SKLEP	46
11	POVZETEK.....	47
12	SUMMARY.....	48
13	LITERATURA IN VIRI	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Gostota plastik, uporabljenih v pakiranjih	19
Slika 2: Prikaz potovanja plastike v prehranjevalni verigi	27
Slika 3: Odstotek anketiranih glede na starostno skupino	36
Slika 4: Odstotek anketiranih glede na izobrazbo.....	36
Slika 5: Odstotek anketirancev glede na prostor bivanja	37
Slika 6: Odstotek vprašanih glede na lokacijo bivanja	37
Slika 7: Odstotek vprašanih glede na trenutni status.....	37
Slika 8: Odstotek vprašanih glede pogostosti obiskov v trgovini.....	38
Slika 9: Odstotek lastnih in vrečk, kupljenih v trgovini	38
Slika 10: Odstotek ločevanja odpadkov glede na vrsto odpadkov	39
Slika 11: Odstotek polnih smetiščnih vrečk v enem tednu	39
Slika 12: Odstotek zavedanja anketirancev o problematiki s plastiko	39
Slika 13: Odstotek anketirancev, vprašanih, ali je plastika večna	40
Slika 14: Odstotek vprašanih, ki poznajo izraz mikroplastika.....	40
Slika 15: Odstotek anketirancev, ki je odgovoril na vprašanje, od kod so slišali za besedo mikroplastika.....	41
Slika 16: Prikaz nevarnosti mikroplastike pri posameznih kategorijah	41
Slika 17: Odstotek anketirancev in odgovori na vprašanje o velikosti mikroplastike	42
Slika 18: Odstotek vprašanih glede prisotnosti mikroplastike na naših krožnikih	42
Slika 19: Poznavanje pojma mikroplastika	43
Slika 20: Odstotek zavedanja nevarnosti zaradi mikroplastike v prehranjevalni verigi	43
Slika 21: Ločevanje odpadkov, ozaveščenost glede na izobrazbo	44
Slika 22: Odstotek smetiščnih vrečk, napolnjenih v enem tednu glede na kraj bivanja	45

KAZALO TABEL

Tabela 1: Teoretično dnevno zaužitje mikroplastike pri brazdastem kitu in morskem psu orjaku	28
--	----

1 UVOD

Onesnaženost z mikroplastiko je globalni problem: v oceanih in na poljih, v naši hrani ter pitni vodi. Vsako leto se od 5 do 12 milijonov ton plastičnih odpadkov znajde v morjih. Mikroplastika nastane, ko se plastični predmeti, kot so vrečke, platenke, igrače in živilska embalaža sčasoma razgradijo v čedalje manjše delce. Vendar ne izginejo. Ko so delci dovolj majhni, jih lahko zaužijejo morske živali, nato pa se prek večjih rib in sesalcev, ki se z njimi prehranjujejo, znajdejo v prehranjevalni verigi vse do človeka. Članice Evropske unije skušajo zmanjšati proizvodnjo in uporabo plastike, ki jo zavržemo takoj po uporabi (plastične vrečke, lončki, pribor itd.). Problem pri plastiki za enkratno uporabo je, da ga zavržemo in se kopiči na smetiščih, v naravi ali v vodnih ekosistemih. Čiščenje s plastiko obremenjenih okolij, še posebej morij, je skoraj nemogoče, saj bi s tem posegom naredili več škode kot koristi. Znanstveniki poskušajo najti nove tehnologije za zajezitev plastičnih odpadkov.

1.1 Opis naloge in opredelitev problema

Poraba plastike se je v zadnjih desetletjih izrazito povečala zaradi povpraševanja in industrije. Posledično z industrijo prinesemo negativne okoljske vplive, kot so podnebne spremembe, pomanjkanje vodnih virov, naraščanje temperature ozračja in krčenje ekosistema. Dolgoročni problem plastike je tudi mikroplastika, ki zaradi vplivov okolja razpade na vedno manjše delce, ki lahko pristanejo v naši prehranski verigi. Ta mikroskopska nevarnost lahko povzroči dolgotrajne negativne vplive na živali, rastline in ljudi. V diplomski nalogi sem raziskovala vplive plastike na okolje, njeno onesnaženje v različnih habitatih, škodljive učinke mikroplastike za rastline, živali in človeka, mikroplastiko v prehranski verigi ter predstavila možne ukrepe in rešitve. V sklopu raziskovalne ankete smo želeli ugotoviti ozaveščenost ljudi o splošnem znanju o plastiki ter problemih z mikroplastiko. Ozaveščanje javnosti o problematiki je ključna rešitev za zmanjšanje nastale škode. Že nakup z lastno vrečko bi lahko bistveno zmanjšal kopičenje odpadkov na odlagališčih.

1.2 Namen in cilj naloge

Diplomska naloga je sestavljena iz teoretičnega in empiričnega dela. V teoretičnem delu smo se osredotočili na plastiki in mikroplastiki, njuni prisotnosti v okolju ter v prehranjevalni verigi. V empiričnem delu smo s pomočjo anketnega vprašalnika želeli ugotoviti splošno znanje ljudi o plastiki ter raziskati, kako dobro so anketiranci iz celotne Slovenije ozaveščeni glede mikroplastike. V raziskavi je sodelovalo 323 ljudi iz vseh regij.

Problematika zaradi odvrženih plastičnih delcev v morju se povečuje, ker se ljudje premalo zavedamo, kako nevarna je lahko plastika za živali in ljudi ter za celoten ekosistem. Namen diplomske naloge je predstaviti to področje in opozoriti ljudi na nevarnosti odvržene plastike v naravo ter vplive na morske organizme in prehranjevalno verigo človeka ter predstaviti ukrepe za izboljšanje trenutne situacije o problematiki s plastiko.

Glavni cilj dela je seznaniti in ozavestiti ljudi o dolgoročnem in škodljivem vplivu uporabe plastičnih izdelkov. Da bi ta cilj dosegli, bomo v teoretičnem delu predstavili proces razgradnje plastike v naravnem okolju, nastanek mikroplastike, njen vstop v prehranjevalno verigo in njen vpliv na zdravje organizma. Spoznali bomo, do kakšne mere so morski organizmi izpostavljeni škodljivim vplivom mikroplastike v njihovi prehrani in na podlagi tega predlagati nujne ukrepe, da se vplivom izognemo oziroma jih zmanjšamo. Hkrati pa bomo z anketo izvedeli, kako so ljudje ozaveščeni o problematiki mikroplastike in splošnega znanja o plastiki.

1.3 Delovne hipoteze

H1: Večina anketirancev pozna pojem mikroplastika in se zaveda njene nevarnosti zaradi prisotnosti v prehranjevalni verigi.

H2: Upoštevanje ukrepov za zmanjšanje uporabe plastike je odvisna od stopnje izobrazbe.

H3: Nevarnosti zaradi prekomerne uporabe plastike je večja v mestih kot na podeželju.

2 OKOLJSKA PROBLEMATIKA JADRANSKEGA MORJA

Morje lahko poimenujemo na več načinov, kot na primer: svetovni ocean, modri planet ali enostavno ocean. Je največji in najstarejši prostor na Zemlji. Nekatera morja so večja (Sredozemsko morje), nekatera malo manjša (Jadransko morje). Ena izmed značilnosti morske vode je slanost, ker dež pri večjih nalivih zemljo s skal počasi razgrajuje ali pa večjo količino soli pridobi iz podvodnih vulkanov. Nato se reke in jezera počasi zlivajo v morje, voda izhlapi v ozračje, sol ostane (Helmenstine A. M. 2019). Poleg soli morje vsebuje minerale, alge, plankton in druge mikro- in makro organizme. Življenjske razmere v morju niso povsod enake, zato jih ločimo na dve področji. To sta prosto morje ali pelagial in morsko dno ali bental. V prostem morju živijo rastline in živali, ki niso odvisne od morske obale in dna. Ti organizmi na tem področju lebdi in plavajo. V prostem morju ločimo osvetljeni in neosvetljeni del. V morskem dnu ali bentalu ločimo osvetljeni del ali litoralni pas, ki sega do globine 200 metrov, in neosvetljeni del, kjer živali živijo v popolni temi in pod visokim hidrostatskim pritiskom (Disney, 1974).

Morje je za človeka pomemben naravni vir, saj predstavlja bogat vir hrane in energije ter omogoča razvoj najrazličnejšim dejavnostim. V morje se vsakodnevno izlivajo neizmerne količine odplak, vanj se odlagajo odpadki. Tudi posegi v priobalnem pasu imajo velikokrat katastrofalne učinke na ekosistem. Da bi ohranili morsk bogastva in njegovo trajnostno rabo, je potrebno dejavnosti izvajati na način, ki ohranja naravne zmožnosti učinkovite obnove ekosistemov. V nasprotnem primeru sledi izguba vrst in habitatov, kar lahko povzroči zmanjševanje ekonomske učinkovitosti za dejavnosti, ki so povezane z morskim okoljem (Ljubec, 2014).

Morje delimo na pet oceanov ter številna manjša morja in zalive. Pokriva površino okoli 362 milijonov kvadratnih kilometrov, kar je skoraj tri četrtine našega planeta. Povprečna globina morja je 3720 m. največja globina je izmerjena s približno 11 km v Marianskem jarku. Svetovno morje je največji ekosistem na zemlji. Tudi najvišja gora leži večinoma pod morjem – Mauna Kea na Havajskem otočju se z morskega dna dviga 10.203 m visoko, a le 4170 m nad morsko višino. Slovensko morje je del Tržaškega zaliva v Jadranskem morju. Njegovi značilnosti sta zaprtost in plitvost. Zaledje slovenskega morja poznamo kot Koprsko primorje zavzema površino 326 km² pri nadmorski višini 179 m (Čehić, 2007).

2.1 Jadransko in slovensko morje

Jadransko morje je najsevernejši zatok Sredozemskega morja. Položaj omejujeta severni geografski širini 45°45' in 39°45' N ter vzhodni geografski dolžini 12°15' in 19°45' E. Sega vse od Otrantskih vrat na jugu do Tržaškega zaliva na severu, v skupni dolžini 480 in širini 120 navtičnih milj. Pokriva površino približno 138 600 km² (Ministrstvo za infrastrukturo, 2020). Jadransko morje je zelo pomembno za pomorski promet. Ker je Jadransko morje zaprto morje, se v njem prej občutijo negativni učinki različnih gospodarskih dejavnosti. Nujni so usklajeni ukrepi vključenih držav za zmanjševanje pritiskov in vplivov na vodno telo Jadrana. Zaradi šibkega toka je Jadran občutljiv ekosistem. Geografske značilnosti morja v gospodarsko izjemno aktivni regiji stopnjujejo vplive degradacije, zaradi katerih uvrščajo Jadran med najbolj ogrožene dele Sredozemlja. Jadransko morje zavzema 4,6 % površine Sredozemskega morja, ki se prav v Tržaškem zalivu najgloblje »zajeda« v Evropo (Bricelj, 2020).

Vzhodni del obale Jadranskega morja je izredno razvejan, saj ima mnogo otokov in zalivov. Zahodni del, italijanska obala, pa je povsem drugačen. Je pretežno nizek in raven, sestavljen iz dolgih peščenih in kamnitih plaž. Na severu jo zaključujejo lagunski in močvirski predeli. Na severovzhodnem delu Jadranskega morja je obala Tržaškega zaliva. Skupna dolžina Jadranske obale je 3740 km. Od tega je 47 km slovenske obale, italijanske 1249 km, hrvaške 1778 km, bosanske 21 km, črnogorske 249 km ter albanske 396 km (Ministrstvo za infrastrukturo, 2020).

Globina Jadranskega morja pada bolj ali manj enakomerno od plitvejšega Tržaškega zaliva (do 25 m), preko Palagruškega praga (do 170 m), ki deli severni in južni Jadran, do največjih globin južnega Jadrana, ki segajo do približno 1240 m. Proti Otrantskim vratom se morsko dno zlagoma dvigne in tvori podmorski prag na globinah od 600 do 800 m. Jadransko morje spada v mediteranski pas. Poleti se morje ogreje od 22 do 25° C. Pritoki rek ter podmorski izviri hladnejše sladke vode v morje imajo velik vpliv na temperaturo morja. Jadransko morje spada med topla morja (Ministrstvo za infrastrukturo, 2020).

Slovenija ima le manjši del Jadranskega morja, brez katerega pa bi bilo naše življenje nedvomno drugačno. Življenje ob morju nas obdaruje z morsko hrano, soljo, oljkami, agrumi. In ne nazadnje, omogoča nam stik s širnim svetom.

Slovensko morje je del Tržaškega zaliva in je zelo plitvo. Globino 25 m doseže le na posameznih mestih. Posledica tega je, da majhna relativna prostornina vodnega telesa omogoča atmosferskim dejavnikom hiter in močan vpliv na slanost in temperaturo. Ena od značilnosti slovenskega morja je, da je bogatejše s hranljivimi solmi kot drugi deli Jadrana. Pomemben vir so rečni vnosi. Površinska oslajena voda reke Soče se običajno giblje ob italijanski obali proti jugu. Ob konicah pretoka seže njen vpliv do osrednjega dela zaliva, ob posebnih meteoroloških razmerah pa pride do površinskega razlivanja sladke vode skoraj do piranske obale (Bricelj, 2020).

Del slovenske obale je flišno obrežje, ki daje zalivu značilno podobo, posebej med Izolo in Strunjanom, pri rtu Ronki ter med Valdoltro in Debelim Rtičem. Obalne kamnine sestavljata predvsem flišni peščenjak in lapor. V manjši meri se pojavlja tudi apnenec. Med Kopro in Ankaranom ter med Portorožem in Sečovljami ob izlivu rek Rižane in Dragonje so območja z večjo in položnejšo obalo (Peterlin, 2013).

Čeprav kratka, precej poseljena ter na velikem delu spremenjena s posegi človeka, je obala slovenskega morja od Debelega rtiča do Sečovljskih solin še vedno pestra in raznolika, kar zadeva naravne habitate. Območje visokih strunjanskih klifov, najvišjih vzdolž Jadranskega morja, predstavlja poleg Debelega rtiča enega najbolj nedotaknjenih in biotsko bogatih delov morske obale pri nas. Prav na teh dveh območjih, ob rtu Ronki ter Debelem rtiču, najdemo dva večja koralna grebena. Sečovljske in Strunjanske soline so pomembna območja za ptice. Morsko obrežje med sv. Katarino in sv. Nikolajem pri Ankaranu je primer sredozemskega slanega travnika. V Škocjanskem zatoku srečevanje sladke in slane vode ustvarja svojevrsten ekosistem območij morja, polslanih lagun, morskih travnikov in sladkovodnih močvirij (Geodetski inštitut Slovenije, 2020).

2.2 Problematika onesnaženja slovenskega morja

Morski odpadki so vsi trdni odpadki, ki prihajajo v okolje zaradi dejavnosti človeka in ki na kakršen koli način pristanejo v morskem okolju. Nahajajo se tako na morski obali (15 %), vodni površini in v vodnem stolpcu (15 %) ter na morskem dnu (70 %), kot tudi v morskih organizmih, ki so odpadke po pomoti zaužili (Okoljsko poročilo, 2016).

Slovensko morje je preobremenjeno zaradi odpadkov v morju in na obali. Glavni vir odpadkov so dejavnosti na kopnem, kot so turizem in rekreacija, izlivi rek, kanalizacijski izpusti, neurejena odlagališča odpadkov, industrija in pomorske dejavnosti (pomorski promet, ribištvo in marikultura). Največ je plastike, ki je umetni material in je težko razgradljiva. Sčasoma razpade na majhne koščke, ki jih imenujemo mikrodenci. Precej onesnažena so priobalna morja, ki pa so biološko najproduktivnejša in omogočajo največji ulov. Obenem so gospodarsko najpomembnejša glede prometa in turizma. Poleg morskih odpadkov onesnažujejo morje tudi kemikalije, ki so pogosto strupene. Najdemo jih lahko v morju, v katerega prihajajo na različne načine (industrija, kmetijstvo, gospodinjstvo, medicina, pomorski promet in drugo) (Young People's ..., 2020). V Sloveniji in drugod po svetu je morsko okolje zelo pomembno, saj omogoča veliko ljudem delovna mesta ter opravljanje najrazličnejših dejavnosti. Opravljanje različnih dejavnosti na morju vpliva na njegovo stanje. V Sloveniji je najpogostejša dejavnost,

ki izrablja morje, pomorski promet, sledi mu industrija in skladiščenje v obalnih občinah ter turizem. Morsko ribištvo in marikultura, pridobivanje soli in kmetijstvo v slovenskih obalnih občinah manj obremenjujejo morsko okolje (Peterlin, 2013).

Rezultati analiz količine odpadkov, zbranih na slovenski obali, kažejo na rahel trend upadanja – redno čiščenje obale poteka že okoli 20 let. Trendov pojavljanja odpadkov na morskem dnu in na površini (v obliki večjih kosov odpadkov in mikroplastike) zaradi prekratke serije podatkov še ni mogoče prikazati. Plastični odpadki predstavljajo na slovenski obali v povprečju 74 % števila kosov vseh zbranih odpadkov. Še večji delež po številu vseh odpadkov predstavljajo plavajoči plastični materiali – več kot 90 % odpadkov na morski gladini je iz plastičnih mas, opaženi pa so bili še odpadki iz kovine, lesa ali stekla. Za velik delež odpadkov (86,94 %) do danes še ni mogoče določiti vira. Največji delež odpadkov prispeva poselitev (5,24 %), sledijo pa marikultura (2,83 %), ribištvo (2,22 %), turizem in rekreacija (1,19 %) ter pomorski promet (0,84 %). Ostali odpadki (plavajoči, na morskem dnu, mikroplastika in odpadki v živalih) zaradi pomanjkanja podatkov še niso bili analizirani glede na izvor. Ribištvo in marikultura predstavljata drugi pomemben sektor, ki vnaša odpadke v morsko okolje. Značilni odpadki za ta sektor so mrežice za gojenje školjk, ribiške mreže in monofilamentne vrvi, plovci, koščki stiropora in stiroporne škatle, vabe in druga ribiška oprema. Tudi ribištvo in marikultura prispevata k odpadkom, kot so embalaža za hrano, cigaretni ogorki in odpadki, nastali ob vzdrževanju plovila (Okoljsko poročilo, 2016).

Vsako onesnaževalo je na svoj način škodljivo za morje. Večina onesnaževal, ki pridejo v morje, je neraziskanih; ne ve se, kako pridejo vanj in kršitve niso kaznovane. Največji viri onesnaževanja morja so na kopnem. Onesnaženost morja je nevarna za človekovo zdravje in življenje morskih živali ter kvari tudi videz okolice.

Ni nujno, da je onesnaženost vedno posledica delovanja ljudi. Do onesnaženosti lahko pride tudi zaradi naravnih katastrof. Vendar je v večini primerov kriv človek, saj onesnažuje okolje na več načinov: nekateri namerno ali zaradi dobička, lahko pa tudi nehote. Večina strupenih snovi, ki so izlite v morje, je neraziskana ali pa storilci niso kaznovani. Onesnaževanje okolja se obravnava kot prekršek, ki se kaznuje. Voda, ki jo človek onesnažuje s kemičnimi in biološkimi onesnaževali, ob prekomernem onesnaževanju povzroči posledice, škodljive za človeka, živali in naš planet. Veliko večjih podjetij, industrije, potniških ter tovornih plovil že uporablja različne filtre in čistilne naprave, ki ustrezno obdelujejo strupene snovi, preden jih sprostijo v okolje (Šalamun, 2008).

Osemdeset odstotkov onesnaženja pride v morje iz zemlje. Eden večjih virov onesnaževanja je posledica odtekanja različnih snovi v morje, kot so greznice, olja avtomobilov, ki vsak dan padejo v majhnih količinah na ceste, reke, pomorski promet, čolni, industrije, kmetije, ranči in gozdne površine. To so večji viri, ki lahko vplivajo na onesnaženost morja (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011). Vplivi onesnaženosti na morje so različni; odvisno je od vrste onesnaževal. Lahko so biološki, kemični ali fizikalni dejavniki. Vsako onesnaževanje povzroči neravnovesje v ekosistemu. Posledice so lahko različne in usodne. Agencija Republike Slovenije za okolje je zadolžena za redno spremljanje (monitoring) stanja morske vode. Ko ugotovijo, da je na nekem območju morje onesnaženo, ga zavarujejo pred kopalci in poskrbijo za sanacijo območja. Pri tem posreduje tudi Sektor za varovanje obalnega morja. Če gre za posledice, ki so povezane z Luko Koper, posreduje ta sama (Ministrstvo za infrastrukturo, 2020). Ljudje sami se moramo zavedati pomena onesnaževanja morja in vpliva na naše zdravje ter se potruditi, da to ostane čim bolj nedotaknjeno in čim manj onesnaženo.

Onesnaženje je vse, kar je prisotno ali vneseno v okolje in kar povzroča škodo. V morju po vsem svetu in tudi v slovenskem morju je veliko onesnaževal, kot so smeti, olje, kemikalije, odplake iz naših stranišč, plastični odpadki. V zadnjih desetih letih se je onesnaženost voda še povečala, kar je povzročilo težke ter resne nesreče z onesnaženjem, ki jih odkrivamo z novimi tehnologijami, zaradi katerih lahko posledice zmanjšamo ali predčasno ukrepamo. Ker pa je onesnaženost morja že tako obsežna, je vedno bolj opazna in težje rešljiva. Pogosto onesnaženja ni mogoče videti s prostim očesom; večina posledic tega onesnaževanja ne bo

nikoli sanirana. Večina dejanj, ki onesnažujejo morje, so delo človeka, zato bi lahko v večini primerov pripomogli, da se zmanjšajo. Nakup lokalnih proizvodov naj zmanjšuje povpraševanje po hrani iz čezmorskih držav, zmanjšuje količino ladij, ki so potrebne za prevoz te hrane, in posledično zmanjša onesnaževanje, ki ga povzročajo odpadki (Young People's ..., 2020).

Morski odpadki so odpadki, ki se pojavljajo na obali, morskem dnu in v vodnem stolpcu. Med morske nevarne odpadke spadajo zelo majhni delci ali mikrodenci odpadkov. Morsko okolje je polno odpadkov. Vanj pridejo zaradi človekovih dejavnosti, ki jih izvajajo nepremišljeno in zaradi nepravilnega ravnanja z odpadki. Morski odpadki lahko pridejo v morje na različne načine in v največkrat je kriv za to človek. Če odpadkov ne odstranimo iz morskega okolja, tam ostanejo. V slovenskem morskem okolju in na obali so odpadki vseh vrst in različnega izvora. Največ jih je iz plastičnih materialov. Izvirajo iz aktivnosti na kopnem (poselitev, turizem, industrija) in na morju (ribištvo, marikultura, pomorski promet). Drugi odpadki, ki jih še najdemo na obali, so blago, stiropor, steklo in keramika, kovine, papir in karton, guma in les (Palatinus, 2011). Kljub zakonodaji, direktivam in konvencijam, ki regulirajo problematiko vnosa odpadkov v morsko okolje, predstavljajo morski odpadki vse večjo grožnjo za morsko in obalno okolje, saj se zaradi počasnega razkroja vse bolj kopičijo. Odpadki v morskem okolju so posledica človekove aktivnosti na kopnem in na morju. V morsko okolje večina odpadkov prihaja s kopnega (Ljubec, 2014).

Velik okoljski problem postajajo odpadki, ki pristanejo v morju. V morje pridejo na različne načine: reke, odlagališča odpadkov v bližini obal, neprečiščeni kanalizacijski izpusti, hudourniške vode, prelivni kanali, industrija, turizem in rekreacija ter slabo gospodarjenje z odpadki v obalnih mestih (Palatinus, 2009). Poleg kopnih virov odpadkov v morje so še namerno ali nenamerno odlaganje odpadkov v morja s plovil (tovorne, potniške, ribiške ladje, rekreacijska plovila, jahte ipd.) ter gospodarske dejavnosti na morju (marikultura, naftne ploščadi). Odlaganje odpadkov v morje s plovil je regulirano z več protokoli (Palatinus, 2009). Najpomembnejši med njimi je t. i. Mednarodna konvencija o preprečevanju onesnaževanja morja z ladij MARPOL. V Slovensko morje prihajajo odpadki s kopnih virov in tudi s plovil (Palatinus, 2009).

Sredozemsko morje je eno od morij, ki so ga odpadki najbolj prizadeli. Človek in dejavnosti, s katerimi se ukvarja, ustvarjajo precejšnje količine odpadkov. Namesto da bi se količine odpadkov manjšale, se iz leta v leto večajo. Od vseh odpadkov je največ plastike, ki lahko obsega do 95 % odpadkov na obali, površini oceanov ali na morskem dnu. Večina plastike se ne razgradi ali pa se počasi razgraja v mikrodence plastike, zato je za morje zelo kritična (Leone G., 2015).

Enega največjih morskih odpadkov predstavlja mikroplastika, drobni plastični delci, ki lahko zaradi svoje majhnosti prehajajo v prehranjevalni splet morskih organizmov. Tako je že bila dokazana prisotnost odpadkov v prebavilih poginulih morskih želv. Največ plastike pride v Tržaški zaliv s tokovi iz celotnega Jadranskega morja. Tudi reka Pad (iz Italije) predstavlja enega večjih virov dotoka mikroplastike v Jadransko morje. Plastika predstavlja 90 odstotkov odpadkov v morju, saj se razgrajuje več stoletji (Inštitut za vode Republike Slovenije, 2016).

3 PLASTIKA IN ONESNAŽENJE S PLASTIKO

Po definiciji iz Slovarja slovenskega knjižnega jezika je beseda plastika »delo, izdelek iz trdega materiala v obliki kipa, reliefa«. Je eden izmed najbolj razširjenih materialov, saj jo najdemo vsepovsod. Nastane s povezovanjem organskih molekul, ki določajo lastnosti plastičnim materialom. Plastična masa ima lahko različne lastnosti: lahko je prozorna, izjemno trda, lahko je negorljiva. K plastični masi dodajo različne dodatke, kot so steklena vlakna, barvila, antioksidanti, težke kovine in druge kemikalije. Zaradi tega ima plastika kameleonske lastnosti in jo lahko prilagajamo za različno uporabo. Da bi vedeli, katere lastnosti vsebuje plastika, so proizvajalci določili lastniško formulo za vsako vrsto plastike. Danes je v sodobnem

gospodinjstvu skoraj vse obdano s plastiko: plastična embalaža, stavbno pohištvo (okna, vrata, odtočne cevi, gospodinjški aparati ipd.), pohištvena oprema (stoli, mize, regali, svetila in tudi dekoracijski dodatki) itd. (De Vries, 2008).

Prvi plastični izdelki so se začeli pojavljati proti koncu 18. stoletja. Plastiko je izumil Alexander Parkes leta 1956 v Veliki Britaniji. Poimenoval jo je »Parkesine«, izdelana pa je bila iz celuloze. Prvi izdelki iz plastike so bili gumbi, glavniki in peresa. Parkes je plastiko javno predstavil leta 1862, in sicer na mednarodni predstavi v Londonu, nato so jo začeli razvijati in izboljševati. Naslednji, ki se je ukvarjal s plastiko, je bil ameriški izumitelj John Wesley Hyatt. Leta 1868 je plastiko izdelal iz mešanice nitroceluloze in kafa, zato so jo poimenovali »Celluloid«. Razglasili so jo tudi za prvo komercialno uspešno plastiko. Iz nje so izdelovali žogice za biljard, ovratnike za srajce, očala, okvirje in pokrovčke za peresa. Dve leti pozneje sta John Hyatt in njegov brat Isaiah Hyatt patentirala prvi brizgalni stroj plastike (Shuxley, 2014). Iskanje se je nadaljevalo, saj so želeli izumiti plastiko, ki bi jo bilo enostavno predelovati, ki bi imela »dobre« lastnosti in bi bila poceni. Leta 1872 je Eugen Baumann ustvaril »Polyvinyl Chloride«, Waldo L. Semon pa je predstavil uporabo PVC-ja. Leta 1909 je Dr. Leo Baekeland izumil »Bakelite«, narejen iz fenol formaldehidne smole. To je bila prva sintetična plastika in z njo so izolirali elektriko oziroma žice. Leta 1920 je German Herman Staudinger objavil svojo teorijo o »poli dodatku«, devet let pozneje pa je objavil polimerizacijo polistirena. Na kemijskem oddelku DuPont so leta 1930 opravljali raziskave o verigi polimera. Objavili so teorijo o polikondenzaciji in ustvarili neoprenske surferske obleke (Kumar, 2014).

Pomembnejši mejniki v razvoju plastike so še (Shuxley, 2014):

Leta 1933 so raziskovalci z ICI odkrili, kako se lahko polietilen ali PE proizvaja z visokim procesnim pritiskom.

Leta 1939 je podjetje DuPont javnosti predstavilo ženske nogavice oz. najlonke, ki so bile narejene iz pravih sintetičnih vlaken.

Leta 1941 so začeli proizvodjati polietilen tereftalat ali PET.

Od leta 1939 do leta 1945, torej med drugo svetovno vojno, se je povpraševanje po plastični masi povečalo. Leta 1950 smo lahko videli prve polietilenske vrečke.

Leta 1954 je Giulio Natta odkril polipropilen ali PP. Prvo ga je proizvodjalo podjetje Moplen, in sicer za pokrovčke, vrtno stole, pladnje, zaboje itd.

Od leta 1960 do leta 1970 so plastiko dodatno kalili in rafinirali, zaradi česar ima lastnosti, podobne kovini.

Danes se je proizvodnja plastike povečala, saj letno proizvedemo okoli 300 milijonov ton plastike.

3.1 Prednosti in pomanjkljivosti plastike

Vseprisotnost plastike ima svoje prednosti in slabosti. Kljub negativnim lastnostim nam sodobni materiali lahko pomagajo prihraniti energijo, prav tako pomagajo pri trajni prihodnosti (Prednosti plastike, 2020).

Med prednosti plastike uvrščamo (Prednosti plastike, 2020):

- Plastične nakupovalne vrečke, s katerimi prihranimo veliko energije.
- S pomočjo plastike lahko izoliramo hišo, s čimer se za 70 odstotkov zmanjša izguba toplote ali hladu doma.
- Čeprav sta vetrna in sončna energija zastoj, je ne bi mogli »ujeti« in »proizvajati« brez plastike. Vetrna turbina in veliki kraki so narejeni iz posebnih plastičnih materialov, ki omogočajo pridobivanje tega vira energije. Tudi sončne celice so narejene iz plastike.
- Večina delov v letalski industriji je narejena iz plastike. Airbus A380 ima na primer ogrodje kril narejeno iz plastičnih kompozitov, s čimer so njegovo težo

zmanjšali za 1,5 tone. Letalo lahko zaradi tega posledično nosi več tovora in porabi enako količino goriva.

- Prav tako se plastični materiali uporabljajo v avtomobilski industriji. Sodoben avtomobil vsebuje kar 11 odstotkov plastičnih materialov. Zaradi plastike je avto lažji, poraba energije je manjša, zato je manj tudi izpustov CO₂.
- Pri vseh gospodinjskih aparatih, na primer pri sodobnih hladilnikih, so izolacijski sistemi narejeni iz plastike, hrana in pijača pa sta prav zaradi tega dlje hladni.

Plastika ima veliko prednosti, saj zaradi nje živimo lažje, a tudi slabosti, ki močno vplivajo na naše zdravje in okolje. Večina proizvedene plastike vsebuje snov bisfenol A (BPA), ki je za človeka škodljiva. Kljub ločevanju se velik delež plastike pojavi v vodi, vendar za to nikoli ne najdemo krivca. Ljudje uživamo v kopanju, pa ni pomembno, ali v reki ali v morju, za sabo pa pustimo ogromno plastičnih in drugih odpadkov. Plastika, ki pristane v vodi, je hrana za živali, zaradi česar hitro umrejo, veliko škodljivih snovi pa z uživanjem rib vnesemo tudi v svoje telo. Z analizo urina so ugotovili, da so v njem prisotni delci plastike in sledi bisfenola A (D'Angelo S. in Meccariello R., 2021).

3.2 Plastični odpadki

Povprečen človek na leto ustvari 495 kilogramov gospodinjskih odpadkov, od tega je veliko plastičnih odpadkov (Statistični urad RS, 2018). V zadnjih desetih letih je ločevanje surovin, kot so plastika, steklo, papir in pločevinke, postalo pomemben del posameznikovega življenjskega sloga. S tem ko skrbno ločujemo odpadke in skrbimo za okolje, se neposredno vključujemo v varovanje okolja. Plastika je težava vseh nas, saj se težko razgradi. Da razpade, potrebuje približno 450 let. Plastika na odlagališčih potrebuje 20 let, da se razgradi, plastične vrečke pa približno pet let. Zato so plastične odpadke začeli reciklirati: iz njih izdelujejo razna oblačila, otroške igrače, obešalnike, vrečke, cevi in marsikaj drugega. Pred reciklažo se plastične odpadke sortira na posamezne vrste in glede na oznako (PET, PP, PS, PVC itd.). Zaradi stroškov recikliranja (stroški zbiranja, sortiranja, čiščenja in predelava plastike) se reciklira le plastiko z naslednjimi oznakami: PET, PE HD in PVC (Hotko I., 2020).

Skoraj nemogoče je, da bi se rešili odpadkov ter popolnoma očistili morja in oceane. Plastika na odprtem morju ne tvori otokov, ampak razpade na milijone drobnih koščkov, ki plavajo na površini ali pa so pod gladino. Pacifiška zaplata odpadkov ali pacifiški vrtinec smeti je poimenovanje vrtnčaste gmote plastike sredi Tihega oceana, ki naj bi bila največje odlagališče odpadkov. V nekaterih državah zakoni niso strogi, na primer na Zahodu vzniki plastične odpadke odvržejo kar ob cesti. Takšna nelegalna smetišča so velik problem, saj več kot 90 odstotkov plastičnih odpadkov pristane v morju (na Filipinih). Največ plastičnih odpadkov v morje odvrže pet azijskih držav: Kitajska, Indonezija, Filipini, Tajsko in Vietnam. Vse te države poskrbijo za kar 60 odstotkov plastičnih smeti, ki na koncu pristanejo v oceanih (Kralj, 2010).

Smo v času hitrega industrijskega razvoja in ozaveščenost o onesnaževanju okolja ter o uporabi plastičnih izdelkov je vse prej kot racionalna. Veliko plastike se predela, zanimiv pa je celoten proces predelave odpadnega materiala do znova uporabnega granulata. Granulat je produkt reciklirane plastike. Veliko odpadne plastike konča v ločevalnih zabojnikih za ponovno predelavo. Najpogostejši produkt za ponovno predelavo je PET. Plastiko zdrobijo in stisnejo ter jo tako predelano ponudijo predelovalnim obratom. Nekatere PET delce se lahko uporabi za izdelke, ki jih je mogoče izdelati le iz poliestra. Čeprav se plastika reciklira in predela, pristane tam, kjer ne bi smela, to je v morju. Morje je postalo veliko odlagališče plastičnih odpadkov, ti pa so na koncu hrana morskim živalim. Plastiko pa lahko najdemo tudi ob obali (v travi, med morskim rastlinjem, v pesku ipd.), in sicer ne samo plastično embalažo, plastenke ali plastičen pribor, ampak tudi zobne ščetke, glavnike in igrače. Po določenem času plastika zaradi sonca obledi in se obrabi (Jakopovič, 2012).

3.3 Plastika v morju

Plastične vrečke se izdeluje iz neobnovljivega vira nafte in naravnega plina (Kržan, 2012). Največja težava so zavržene vrečke, ki pristanejo ob obali ali v morju, kar je posledica aktivnosti na kopnem, kot so poselitev, turizem in industrija, ali pa posledica aktivnosti na morju – ribištvo, marikultura in pomorski promet. Skupaj predstavlja kar 80 odstotkov plastičnih odpadkov. Znanstveniki že zelo dolgo spremljajo potujočo plastiko v morju, ki se iz leta v leto kopiči, saj se zelo dolgo ne razgradi. To lahko traja od 450 do tisoč let (Perovskia, 2012). Medtem, ko se plastika razgrajuje, ima številne negativne vplive na okolje, živali in na nas same.

Plastika negativno vpliva na vse živali v morju, ker jo zamenjajo za hrano. S tem, ko vase vnašajo trdne odpadke, se jim manjša količina maščob v telesu, nižja raven steroida in povzročajo zapoznelo reprodukcijo. Najbolj prizadete so morske ptice, morske želve in morski sesalci (Palatinus, 2008).

Ker se živali hranijo z morskimi odpadki, s tem hranijo tudi svoje mladiče, posledično pa lahko pride do izstradanja in notranjih poškodb. Ostanke plastike so odkrili kar v devetih odstotkih rib in na ta način plastika vstopa v prehranjevalno verigo. Ribe v severnem Pacifiku letno pojedjo skoraj 24 ton plastike. Leta 2011 je v Avstraliji poginila orjaška črepaha, ogrožena vrsta želve. V njej so našli kar 317 različnih kosov plastike, med drugim kopice ribiških vrvic, lepilni trak, plastične pokrovčke in vrečke, zaradi česar je žival počasi izstradala (Šober, 2011).

Drugi pogost dejavnik je ta, da se morske živali zapletajo v odpadke. Živali se tako poškodujejo, zadušijo ali pa se niso zmožne gibati. Če se mladiču zagozdi obroč okoli vratu, ga med odraščanjem čaka mučna in dolgotrajna smrt. Velikokrat se zgodi, da se živali zapletejo v namerno odvrženo ali izgubljeno ribiško opremo (Vidrih, 2015).

4 MIKROPLASTIKA

Plastični delci, ki se pojavljajo v okolju, so heterogena skupina plastike in so lahko kategorizirani glede na različne lastnosti. Najpogosteje jih opišemo glede na velikost, obliko, izvor, vrsto polimera in barvo. Primarna lastnost, po kateri jih ločimo, je velikost. Do danes še uradno ni vzpostavljenega mednarodno poenotenega klasifikacijskega sistema, zaradi česar različni avtorji uporabljajo pojem »mikroplastika« za plastične delce različnih velikostnih razredov (Cole in sod., 2011). Takšna neskladnost je posebej problematična, kadar želimo primerjati dobljene podatke glede vpliva različnih velikostnih razredov. To dodatno podpira zahteve po znanstveni standardizaciji na področju raziskav mikroplastike (v nadaljevanju MP) (Costa in sod., 2010). Šele v zadnjih letih se na določenih področjih raziskovanja uvajajo standardizirane metode vzorčenja in monitoringa MP v okolju (Hanke in sod., 2013). Glede na velikost delimo plastiko v okolju na: makroplastiko (>25 mm), mezoplastiko (5 – 25 mm), večjo MP (1 – 5 mm) in manjšo mikroplastiko (20 µm – 1 mm). Delce, manjše od 20 µm, opredeljujemo kot nanoplastiko (Hanke in sod., 2013), nekateri avtorji pa izraz nanoplastika uporabljajo izključno za delce, manjše od 100 nm (Wagner in sod., 2014).

4.1 Primarna in sekundarna mikroplastika

Glede na mesto nastanka, plastiko, ki se pojavlja v okolju, razvrščamo v dve kategoriji. Primarna MP nastaja z industrijsko pridelavo v procesih struženja, mletja ali drobljenja. Tako nastale pelete nadalje uporabijo za proizvodnjo plastičnih produktov ali kot abraziva v čistilnih sredstvih, sredstvih za osebno nego ter kozmetičnih produktih (Cole in sod. 2011).

Primarna MP je plastika, ki je že proizvedena v velikosti MP. Primarna MP se večinoma uporablja za pilinge v obraznih čistilih in kozmetiki, v medijih za zračno peskanje in za ciljno dostavljanje zdravil (zdravljenje le določenih tkiv) (Cole in sod., 2011). Od odkritja MP pilingov se je njihova poraba izredno povečala. Na embalaži jih pogosto zasledimo pod nazivoma mikrokroglice (micro-beads) in mikropilingi. (micro-exfoliates). V okolje se vključijo, kar s

spiranjem v odtoke. Kot medije za zračno peskanje pogosto uporabljajo akril melamin in poliestrske kroglice. Uporabljajo jih večkrat. Do izrabe se v procesu čiščenja strojev pogosto kontaminirajo s težkimi kovinami (svinec, krom ...), ki se lahko vežejo na polimere. MP peleti vstopijo v okolje tudi z raztrosi med transportom (Andrady, 2011).

Prva uporaba MP v kozmetiki sega v osemdeseta leta 19. stoletja in se od takrat drastično povečuje. Uporabljena MP je različnih oblik, velikosti in sestave (Fendall in Sewell, 2009). Fendall in Sewall (2009) poročata o prisotnosti MP nepravilnih oblik s premerom, manjšim od 0,5 mm in debeline, manjše od 0,1 mm.

V oceanih je veliko pogostejša sekundarna MP. Sekundarna MP so delci, ki nastanejo zaradi razpada večjih plastičnih odpadkov. K razpadu veliko pripomorejo UV-žarki, ki oksidirajo polimerni matriks in povzročijo cepitev vezi. Zaradi razpadanja plastike lahko v okolje izhajajo tudi snovi, ki so primarno namenjene temu, da je plastika odpornejša in bolj vzdržljiva. Proces razpadanja poteka stalno, do vedno manjših delcev (Andrady, 2011).

Sekundarna MP je produkt in situ fragmentacije večjih plastičnih kosov. S hkratnim delovanjem fizikalnih (mehaničnih sil), bioloških in kemičnih procesov v okolju, prihaja do zmanjšanja strukturne integritete plastike, kar vodi v fragmentacijo. UV svetloba povzroči oksidacijo polimernega matriksa in s tem razpad vezi (Browne in sod., 2011). Takšna degradacija plastičnega polimernega matriksa lahko povzroči sproščanje ali spiranje aditivov, kot so barvila in trdilci oziroma mehčalci plastike (Talsness in sod., 2009). Hladni in slani pogoji morskega okolja do določene mere zavirajo foto oksidacijo. Plastične naplavine na morskih obalah pa so izpostavljene direktnemu sončnemu sevanju, kar posledično poveča stopnjo foto oksidacije in po določenem času vodi v rumenenje in fragmentacijo plastike. Z izgubo strukturne integritete so delci še bolj izpostavljeni dodatni fragmentaciji zaradi abrazije, delovanja valov in turbulence (Browne, Galloway in Thompson, 2007). Ta proces je kontinuiran, dokler večji kosi makroplastike ne postanejo mikroskopske velikosti (Fendall in Sewell, 2009). Okoljske razmere lahko vodijo tudi v sedimentacijo plastike v okolju (Cole in sod., 2011). K sedimentaciji MP pa lahko prispeva tudi obrast delcev z biološkim filmom, ter nadalje kolonizacija z algami in ličinkami nevretenčarjev, kar dodatno poveča gostoto MP. Sekundarna MP nastaja tudi s pranjem perila v pralnih strojih in se nato spira v komunalne čistilne naprave, kjer ima najdaljši zadrževalni čas (Browne in sod., 2011).

Glede na stopnjo globalne produkcije plastike, se v okolju pojavljajo polimerne vrste kot so polietilen (visoko- in nizko-gostotni), polietilen tereftalat, polipropilen, polistiren in polivinil klorid. Glede na obliko MP razvrščamo v več kategorij: fragmenti (nepravilnih oblik), peleti (cilindrični, diskasti, krogličasti), filament (vlakna) in granule. Oblika MP je povezana s samim virom emisije. Gostota plastike za potrošno rabo variira med 0,85 do več kot 1,4 kg/L. Plastični polimeri, kot sta polipropilen in polietilen, imata nižjo gostoto od vode in zato plavata na površini, medtem ko lahko plastična polimera kot sta polistiren in polietilen tereftalat, zaradi večje gostote potoneta (Cole in sod., 2011).

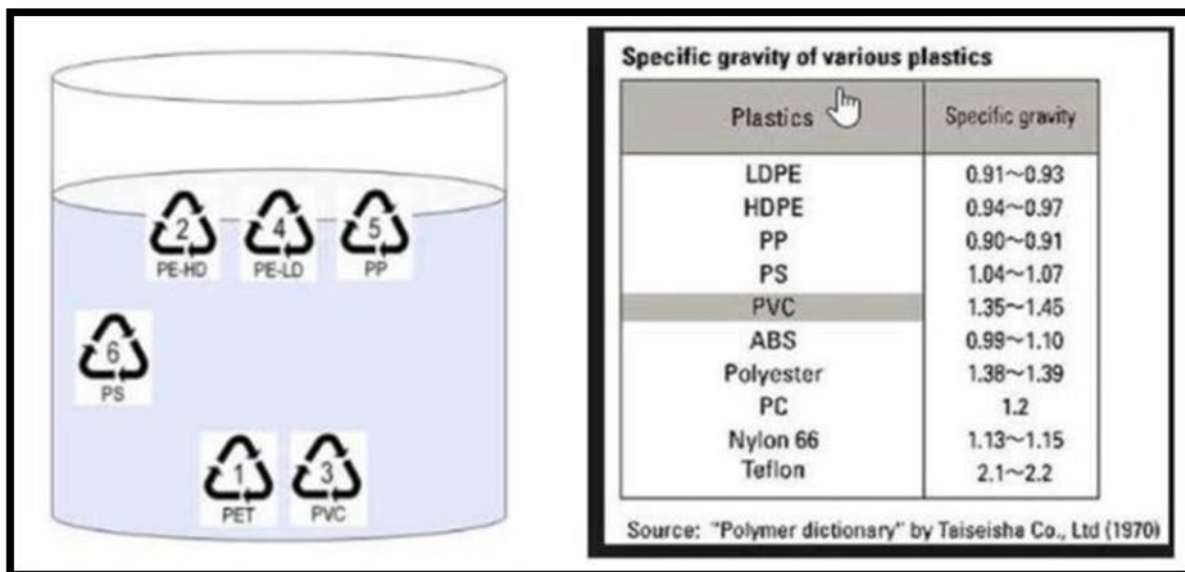
4.2 Vpliv mikroplastike na okolje

Današnja potrošniško naravna družba nas je tako pripeljala do problema z ravnanjem odpadne plastike, saj se zaradi svoje trpežnosti akumulira na odlagališčih ali pa se prenaša od virov vnosa vse do oceanov. Približno 49 % proizvedene plastike je plavajoče, zato lahko s pomočjo tokov in vetra potuje povsod po svetu. Plastiko najdemo v vseh ekosistemih (Centa, 2016). Od odkritja plavajočih »otokov smeti« v oceanih se je problem plastičnih odpadkov v okolju začel resneje raziskovati, pri čemer ima največ medijske pozornosti odvržena oziroma izgubljena ribiška oprema in MP.

MP se največ raziskuje v morjih in oceanih, medtem ko so raziskave v kopenskih in sladkovodnih okoljih zelo omejene. Poleg tega se večina opravljenih raziskav osredotoča na štetje MP delcev v nekem okolju (npr. na vodni gladini ali v vodnem stolpcu in sedimentih),

manj pa se raziskuje, kakšni so vplivi na organizme in/ali ekosistem ter, kaj se zgodi z adsorbiranimi onesnažili na MP v primeru njenega zaužitja.

V okolju so najpogostejši PE, PP, PET in PS, ki so tudi najpogosteje proizvedeni plastični materiali. PE in PP imata manjšo gostoto kot voda, zaradi česar plavata na vodni površini, medtem ko PET in PS potoneta. Za MP onesnaženje se največkrat opazujejo in vzorčijo vodna površina in sedimenti. Večina sintetičnih polimerov ima nizko gostoto, zaradi česar se pretežno akumulirajo na vodni gladini in v pelagialu ter se prenašajo na dolge razdalje. Lahko pa tudi potonejo zaradi neviht ali nalaganja organizmov na potopljenih delih MP, ki jo obtežijo in spremenijo njene fizikalno-kemijske lastnosti. Če se ti delci potopijo, (morsko) dno postane odlagališče plastike. Vendar tudi MP z visoko gostoto ni stalno na dnu, saj jo lahko v vodni stolpec dvignejo tokovi, pri čemer potone takoj, ko izgubi vzgon (Ivar do Sul in Costa, 2014).



Slika 1: Gostota plastik, uporabljenih v pakiranjih

Vir: <https://www.spg-pack.com/blog/en/what-does-it-mean-for-a-material-to-have-a-density-of/>

Slabo gospodarjenje z odpadki na kopnem v preteklosti in sedanosti, zlasti majhni deleži predelave plastičnih odpadkov, zaostrejuje problem onesnaževanja okolja s plastiko, ki bo eden od najpomembnejših globalnih okoljskih problemov v prihodnosti. Plastični delci predstavljajo od 60 do 80 % vseh odpadkov, pri čemer zelo počasi razpadajo na vedno manjše delce. Zaradi tega v okolju vztrajajo tudi več stoletij ali celo tisočletij in so lahko prisotni kot transportna sredstva za tujerodne organizme (in bolezni), kar predstavlja resno grožnjo za svetovno biotsko raznovrstnost. Ko delci plavajo na vodni gladini, se prenašajo na dolge (tudi na zelo nedostopna področja) razdalje zaradi vetra, tokov in valovanja. Najpogostejše tujerodne vrste, ki so pritrjene na MP, so različne vrste alg, mikroorganizmov in ličinke žuželk (Centa, 2016).

Študij o negativnih učinkih MP na okolje je malo, zaradi česar je natančno splošno oceno o vplivu MP na okolje skoraj nemogoče podati. V splošnem lahko škodo zaradi MP v okolju razdelimo na tri kategorije (Trdan, 2013):

- ekološka škoda (umrljivost in okužbe organizmov, izumrtje ogroženih vrst, invazivnost tujerodnih vrst in patogenov);
- socialna škoda (zmanjšanje estetske vrednosti obale in morja, zdravstvena nevarnost za kopalce in obiskovalce plaž);
- gospodarska škoda (škoda v turizmu zaradi zmanjšane obiska, zmanjšan prihodek ribolova).

MP lahko deluje tudi kot »pasivni vzorčevalnik«, saj v primeru velikih količin v okolju in omejeni količini organskega materiala adsorbira in akumulira onesnažila, ki so prisotna. Prenos MP bi lahko povečal mobilnost hidrofobnih snovi, ki imajo sicer omejen potencial transporta, kot so npr. PCB-ji, dioksini, DDT in PAH-i (Ivar do Sul in Costa, 2014).

Kljub relativno dobri raziskanosti v morskem okolju onesnaženje z MP v kopenskih in sladkovodnih ekosistemih, viri onesnaženja in dinamika MP delcev ostajajo nepojasneni. Raziskave bi se morale osredotočiti tudi na vplive MP v urbanih okoljih (Dris in sod., 2015).

MP so našli na šestih kontinentih, pri čemer so višje koncentracije na gosto poseljenih območjih. Na podlagi sedimentnih vrtin na različnih peščenih plažah pa so ugotovili, da se je usedanje MP v zadnjih 20. letih potrojilo (Ivar do Sul in Costa, 2014).

4.3 Vpliv mikroplastike na organizme

Lastnosti, zaradi katerih je plastika tako zelo zaželen material v sodobnem svetu, jo obenem naredijo usodno za številne morske, sladkovodne in kopenske organizme. Ker je plastika lahka in vzdržljiva, lahko prepotuje velike razdalje od izvora, zato ni nič neobičajnega, da številne živalske vrste v stik s plastiko pridejo celo na najbolj nedostopnih mestih. Škodljive učinke zaužitja MP na organizme lahko razdelimo na tri skupine: fizična blokada in poškodba prebavnega sistema, izluževanje kemikalij iz zaužite MP v organizem in kopičenje kemikalij v organizmu (Centa, 2016).

Glede na to, da je MP razširjena in prisotna po vsem svetu, je tudi informacij o njenem škodljivem vplivu na organizme vsako leto več. Po podatkih raziskave Fossi in sod. (2012) v Mediteranskem morju najdemo 892.000 mikro delcev na km², kar je enaka količina površinske MP, kot je prisotna v »otoku smeti« v severnem Tihem oceanu. Po nekaterih podatkih pa naj bi bilo v pacifiškem »otoku smeti« (Great Pacific Garbage Patch) MP približno šestkrat več kot površinskega planktona (Trdan, 2013).

MP se največkrat zbira na vodni površini, še posebno v neuston (habitat, ki je tik pod vodno gladino oziroma na vodni gladini) (Fossi in sod., 2012), najdena pa je bila tudi v globokomorskih sedimentih. Zaradi svoje majhnosti (velikost planktona) in razširjenosti predstavlja resno grožnjo številnim organizmom, ki jo zaužijejo naključno ali zaradi zamenjave s hrano. MP predstavlja težavo, saj jo je zelo težko odstraniti iz okolja, poleg tega pa lahko v prehranjevalno verigo vstopi na vseh stopnjah prehranjevanja – od primarnih producentov do organizmov na višjih trofičnih ravneh (Ivar do Sul in Costa, 2014). Zaužitje lahko povzroči notranje in zunanje odrgnine, razjede in blokado prebavnega trakta, kar lahko vodi do stradanja, zmanjša sposobnost hranjenja in prebave (kar povzroča podhranjenost), zmanjša izogibanje plenilcem, toksične snovi se iz plastike in vode prenesejo v organizem, vse to pa povzroča bolezni ter zmanjšano stopnjo reprodukcije, rasti in življenjske dobe (Centa, 2016).

Proučeni so bili tudi drugi možni vplivi zaužitja MP na organizme, kot so blokada proizvodnje encimov, zmanjšanje potrebe po hranjenju, zmanjšanje učinka hranil, blokada hormonov, odložitev ovulacije in napake pri razmnoževanju. Največ raziskav se osredotoča na učinke MP na posamezni organizem, učinki plastike na populacijski ravni pa še niso znani. Večina raziskav je opravljena na morskih organizmih in v morskem okolju, le malo pa jih je opravljenih v sladkovodnih ekosistemih in posledično na sladkovodnih organizmih. Zaradi načina hranjenja so tisti organizmi, ki se prehranjujejo s filtriranjem vode, bolj izpostavljeni možnemu privzemu MP iz vodnega stolpca (Centa, 2016; Ivar do Sul in Costa, 2014).

Raziskave pri nevretenčarjih so pokazale, da peščeni črvi, postranice in vitičnjaki MP zaužijejo v roku nekaj dni po izpostavljenosti. Poleg tega so bile raziskave opravljene tudi z mehkužci, raki, kolobarniki in iglokožci v kontroliranih laboratorijskih poskusih. Največkrat uporabljen modelni organizem za proučevanje zaužitja MP je klapavica, saj kopicji MP, ki je manjša od 1 mm, že v 12 urah od izpostavitve organizmov plastiki (Ivar do Sul in Costa, 2014). Dokazano je, da se MP iz klapavic prenese na višje trofične ravni (npr. v tkiva in hemolimfo rakovic), kar

sproža vprašanja o prenosu MP v človeška tkiva. Poleg tega se je izkazalo, da se pri ceponožcih močno zmanjša hranjenje ob prisotnosti MP, pri čemer so ceponožci tudi najštevilčnejša skupina organizmov v jamski prenikli vodi (Ivar do Sul in Costa, 2014).

4.4 Vpliv mikroplastike na človeka

Do danes ni znanih raziskav, ki bi se osredotočile na škodljive vplive na človeku v primeru zaužitja MP. Verjetno je, da se bodo adsorbirane kemikalije v prisotnosti kislega pH-ja v želodcu in prebavnih encimov izlužile iz plastičnih delcev, kot se je to dokazalo pri drugih organizmih. V poskusih z drugimi sesalci se je pokazalo, da so PS delci, ki so v premeru veliki do 240 nm, sposobni preiti tudi v placento, obenem pa se lahko pojavijo tromboza in različne poškodbe celic (Trdan, 2013). Obstaja tudi skrb, da bi se potencialno škodljivi kemični aditivi, vključno s ftalati, BPA in polibromirani difenil etri, lahko prenesli neposredno iz plastike na ljudi (npr. ko malčki dajejo igrače v usta ali s pakirano hrano in pijačo) (Centa, 2016).

Edina opravljena raziskava MP v povezavi s človekom je bila analiza vlaken iz notranjih in zunanjih prostorov, ki so jo opravili Dris in sod. (2017). V tej raziskavi so izbrali dve zasebni stanovanji in eno pisarno, obenem pa so analizirali tudi zunanji zrak na strehi pisarne. Vzorčili so vsak letni čas z vključeno sezonsko dinamiko. Vsa vzorčna mesta so bila izbrana 10 kilometrov od centra Pariza. Zrak so vzorčili samo v času, ko so bili prisotni ljudje v zasebnih stanovanjih oziroma med delovnim časom v pisarni. Večina najdenih vlaken je bila v premeru velika manj kot milimeter, opazili pa so tudi, da je bilo zelo malo velikih vlaken, kar nakazuje na možnost, da lahko ta vlakna ljudje vdihnemo. Obenem so dokazali, da sezonska dinamika nima vpliva na koncentracijo vlaken, je pa zelo odvisna od kraja, kjer se vzorči. Največ vlaken je bilo najdenih v notranjih prostorih, vlakna, ki so bila najdena v zunanjem zraku, pa bi bila lahko prisotna zaradi zračenja prostorov. Obenem lahko vlakna iz stanovanja v okolje vstopijo tudi preko kanalizacijskega sistema, zaradi pranja tekstila in čiščenja površin v stanovanju, kjer se nabirajo zaradi sedežnih garnitur, sušenja perila, preprog itd. (Dris in sod., 2017).

Posreden vpliv na človeka predstavljajo tudi ekonomski, socialni in okoljski vplivi MP, ki so povezani z določenimi stroški, čeprav jih je težko vrednotiti, predvsem tiste, ki nastanejo zaradi motenj ekosistemskih storitev. Tako npr. ni možno prodajati prodati rib, ki so zaužile MP ali so poginile zaradi njenega zaužitja, zmanjšan je prihodek iz turizma zaradi s plastiko umazanih plaž, zalivov in potapljaških območij, onesnažena območja predstavljajo zdravstveno tveganje za kopalce in obiskovalce plaž, veliki stroški nastanejo tudi pri čiščenju onesnaženih območij (Centa, 2016; Ivar do Sul in Costa, 2014).

4.5 Mikroplastika v morskem, sladkovodnem in kopenskem ekosistemu

Plastika in posledično MP se z lahkoto zelo hitro širita v morskem okolju. MP je v morskem okolju prisotna na plažah, na površini vode in prav tako v celotnem vodnem stolpcu (Wright in sod., 2013). Prisotnost majhnih plastičnih delcev v odprtem oceanu je bilo prvič možno opaziti že okrog leta 1970. Šele v zadnjem desetletju pa se pojem MP povezuje z onesnaženjem morja in se obravnava kot velik okoljski problem (Thompson in sod., 2004). Različne raziskave kažejo na različne koncentracije MP v morju. Noren in Naustvoll (2010) sta ugotovila, da je v morskih vodah na Švedskem 102 000 delcev MP, manjših od 5 mm, na m³ morske vode. V Kaliforniji so našli 3 delce na m³ vode, v odprtem oceanu pa je raziskava pokazala 67 000 delcev na km². Nedavna primerjava je pokazala da je največja koncentracija MP v severnem Pacifiku in sicer 184 mm na km². Najmanj MP so zabeležili v Sredozemskem morju, 23 mm na km² (Eriksen in sod., 2014). Podatki o pojavnosti MP so zelo različni, predvsem zato, ker se za namen analize uporabljajo različno velike mreže in ta postopek še ni standardiziran.

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 (Cole

in sod., 2011). Zaužitje MP je bilo dokazano pri različnih morskih organizmih: postranicah, peščenih črvih, vitičnjakih, klapavicah, morskih pticah, rakih deseteronožcih in ribah (Thompson in sod., 2004). Možnost, da MP škoduje morskim organizmom, je odvisna od dovzetnosti posamezne vrste za zaužitje in interakcijo z MP (Wright in sod., 2013).

Velikost, gostota, številčnost in barva so faktorji, ki vplivajo na dostopnost MP morskim organizmom. Najbolj pomemben dejavnik, ki vpliva na dostopnost, je velikost. Delci MP so zelo majhni in s tem posledično lahko zaidejo tudi do nižjih trofičnih organizmov. Veliko takšnih organizmov izvaja omejeno selektivnost, zato zaužijejo vse, kar je primerne velikosti (Moore, 2011). Živali lahko torej MP zaužijejo direktno, z normalnim hranjenjem, ker delce MP lahko hitro zamešajo za plen. Zaužijejo pa jo lahko tudi živali, ki se prehranjujejo s filtriranjem vode in planktona (Fossi in sod., 2012). Gostota delcev določa razpoložljivost MP različnim vrstam organizmov v vodnem stolpcu. Plastika z nižjo gostoto se nahaja na površini, zato se z njimi hranijo živali, ki jedo plankton in filtratorji. Večja kot je gostota delcev, nižje v vodnem stolpcu jih najdemo (Wright in sod., 2013). Poleg številčnosti barva vpliva na tiste živali, ki svoje plene lovijo glede na barvo. Cole in sod. (2011) so dokazali, da je živalski plankton zmožen zaužitja MP. Le-tega lahko naprej zaužijejo manjše ribe, ki so nadalje plen večjim plenilcem. MP na ta način kroži v prehranjevalni verigi in ostaja velik problem v morskem ekosistemu.

Raziskave dokazujejo, da so svetovna morja trenutno prekrita z 269.000 tonami plastike, zato ne čudi, da se postavljajo vprašanja, kako bi kaj takega odstranili ali vsaj omilili. Veliko časa in denarja bi potrebovali, če bi želeli vse te delce plastike in MP odstraniti, a kljub temu ne bi bili popolnoma uspešni, saj bi s takšnim početjem posegli v še kako pomemben morski plankton ter ostale rastline in živali, ki so izjemno pomembni členi prehranjevalne verige. S tem bi tudi ogrozili celoten morski ekosistem (Gross, 2013).

Področje sladkih voda je v primerjavi z morskim okoljem precej manj raziskano področje. Do sedaj je bila MP zabeležena v jezerih v Severni Ameriki, Velikih jezerih v bližini ameriko-kanadske meje, v Evropi, v jezeru Ženeva, v italijanskem jezeru Garda, ter v Veliki Britaniji in Mongoliji (Moore in sod., 2011). Moore in sod. (2011) so zagotovili prvo poročilo o MP v treh rekah v Kaliforniji in podatek koncentracije 60 delcev na m³ vode. Za Evropsko reko Donavo so Lechner in sod. (2014) zabeležili 900 plastičnih delcev na kubični meter, v velikosti od 0.5 mm do 50 mm, leta 2012 pa samo 50 delcev na kubični meter.

Do sedaj je poznano nekaj dejavnikov, ki vplivajo na prisotnost MP v sladkih vodah. Naseljenost območja blizu vode, bližina urbanih središč, velikost vodnega telesa in prisotnost kanalizacijske odplake so našteali Moore in sod. (2011). Ni še znano, ali so reke glavni vir MP, ki priteka v oceane. MP je prisotna v kanalizacijskih odplakah, v odpadni vodi obratov, ki proizvajajo plastiko, mestnih odtokih, ter v rekah jezerih in morjih.

Od vseh ekosistemov je kopenski na področju MP najmanj raziskan. Zelo malo, oziroma skoraj nič raziskav ni bilo opravljenih na temo, kako MP vpliva na organizme na kopnem. Do sedaj je bilo veliko raziskav narejenih na območju obalnega pasu, saj je bilo ravno tam največ težav s plastiko, kar pa seveda ne pomeni tudi, da lahko predvidevamo, da se bodo težave v isti meri pojavljale tudi na kopnem. V vodnem okolju najdemo tudi veliko živali, ki se hranijo s filtriranjem, kar jih naredi še bolj dovzetne za zaužitje škodljivih delcev. Ugotoviti pa je še potrebno, kateri kopenski organizmi so najbolj dovzetni na način, kot so filtratorji. Podatkov, ki bi nam zagotovili prisotnost MP v zemlji v številkah, skoraj ni. Veliko študij je do sedaj le potrdilo prisotnost MP, vendar brez številčnih podatkov ali opisa delcev (Rilling, 2012).

5 MIKROPLASTIKA IN NJEN VPLIV V MORJU

Ocenjeno je, da vsebuje severnopacifiški subtropski otok 21.290 ton lebdeče plastike. Trenutno je odkritih 5 otokov plastike (severnoatlantski, južnoatlantski, južnoindijski, severnopacifiški in južnopacifiški). Znanstveniki domnevajo, da bo kmalu nastalo območje plastičnega zastajanja tudi v Barentsovem morju. Glede na zbrane informacije znanstveniki domnevajo, da se je do leta 2013 v otokih plastike akumuliralo 270.000 ton plastike (Avio in

sod., 2016). Študija, ki so jo vodili Jambeck in sod. (2015), pravi, da 83 % (4–12,7 milijonov ton) plastičnih odpadkov kopenskega izvora prihaja iz 20 držav (Kitajske, Indonezije, Filipinov, Šrilanke, Tajske, Egipta, Malezije, Nigerije, Bangladeša, Južne Afrike, Indije, Alžirije, Turčije, Pakistana, Brazilije, Burme, Maroka, Severne Koreje in Združenih držav Amerike). S plastičnimi odpadki najbolj onesnažene reke večinoma tečejo po Aziji in pripomorejo h kar 67 % onesnaženosti svetovnih rek. Najbolj onesnažena reka je Yangze na Kitajskem (Avio in sod., 2016).

5.1 Vstop mikroplastike v morsko okolje

Plastični delci se v morsko okolje vnašajo iz kopnega ali z razpadom mezo- in makroplastičnih delcev v morju in oceanih. Nekatera MP, še posebej industrijska MP, ki se uporablja za potrošne produkte, prispeva največji delež vnosa v morja in oceane. Plastični odpadki iz kopnega predstavljajo 80 % vsega plastičnega odpada, ki ga najdemo v morskem okolju (Andrady, 2011). Z vstopom MP v oceane, se lahko le ta prenaša s tokovi po celem svetu ter se kopiči na območju krožnih tokov. MP je suspendirana v vodnem stolpcu, obalnih vodah, estuarijih, je naplavljena na obale, plava na gladini, zaznali pa so jo tudi v globokomorskih sedimentih. Večja poselitev ob rekah in obalnih pasovih, povečuje možnost vnosa plastičnega odpada v morje preko rek in odpadnih vod. Ekstremni vremenski dogodki, kot so hurikani ali poplave, lahko dodatno prispevajo k prenosu plastičnih odpadkov iz kopenskih okolij v morje. Moore in sod. (2011) so na primeru padavinskega transportnega sistema v Los Angelesu dokazali, da se ob večjih neurjih poveča vsebnost plastičnih predmetov < 4,75 mm z 10 plastičnih kosov/m³ na 60 plastičnih kosov/m³. Nadalje so dokazali, da se ob povečanem pretoku vode v reki zaradi nevihte poveča razdalja odlaganja plastičnih kosov od ustja reke proti odprtemu morju. Za odprte vode severozahodnega mediteranskega morja so ugotovili, da je koncentracija plavajočih plastičnih delcev pred nevihto 5-krat višja kot po nevihti, saj močni vetrovi pospešijo mešanje in povzročijo vertikalno prerazporeditev plastičnih delcev iz zgornjega sloja vodnega stolpca (Andrady, 2011).

S plavajočimi bojami in oceanografskimi modeli so prikazali, da lahko plavajoči plastični odpadki pripotujejo od vzhodnih obal ZDA v Severno atlantski subtropski krogotok v manj kot 60 dneh. Večina sintetičnih polimerov, kot sta PE in PP, je plavajočih in tako potujejo s tokom. Plavajoči plastični delci so podlaga za pritrnitev planktonskih organizmov, vključno za larve mnogih ekonomsko pomembnih vrst, ki živijo v evfotski coni. Prav tako pa lahko z globinskimi tokovi potujejo težji polimeri, kot so PVC, poliester in poliamid (PA) (Engler, 2012). Sčasoma se lahko gostota plavajočih plastičnih delcev povečuje na račun biološkega obraščanja. Elementna analiza plastičnih vzorcev iz morja je pokazala prisotnost dušika, ki pa ni prisoten v matriksu čistega PE in PP. Zaradi biološkega obraščanja plastični delci dosežejo enako ali večjo gostoto kot morska voda in tako vstopijo v vodni stolpec, kar lahko vodi v sedimentacijo. Mikrobní biološki filmi v začetni stopnji biološkega obraščanja zmanjšajo hidrofobnost plastičnih delcev in povzročijo naravno plovnost, kar omogoči tonjenje pod morsko gladino (Andrady, 2011). Collignon in sod. (2014) so ugotovili, da je približno 22 % plastičnih delcev obraščenih z epifiti in se procent obraščenosti poveča v poletnem času (od avgusta do septembra). Ker se gostota morske vode povečuje z globino, ostanejo plastični delci, suspendirani na globini, na kateri je gostota obraščenih delcev enaka gostoti sloja vodnega stolpca. Terenski eksperimenti so pokazali, da s tonjenjem prihaja do hitrega odstranjevanja obrasti in s tem plastični delci ponovno splavajo na površje.

Kar 80 % vseh plastičnih odpadkov v morju izvira s kopne površine Zemlje. Skoraj polovica človeške populacije živi v bližini obal in v naravo odvrženi odpadki imajo zato hitrejši dostop do morja. Plastika najpogosteje vstopi v morje preko rek in kanalizacijskih sistemov ali pa je v morje prinesena z vetrom, zato velika naseljenost obal vpliva na večje onesnaženje obal in morja. Primarna MP vstopi v okolje preko industrijskih ali hišnih kanalizacijskih sistemov. Čeprav čistilne naprave prestrežejo večino večjih plastičnih delcev, se veliko MP skozi takšne sisteme izmuzne. Plastični delci nato potujejo preko rečnih sistemov v morje. Nevihte, orkani,

poplave lahko prenos plastičnih odpadkov v morje še povečajo. K velikim količinam plastičnih odpadkov v morju pripomore tudi obmorski turizem (Cole in sod., 2011).

Ostalih 20 % vseh plastičnih odpadkov v oceanih povzroči morsko onesnaženje. Največji onesnaževalci (približno 10 %) so komercialne ribiške ladje. Plastični odpadki z ribiških ladij večinoma vstopijo v morje zaradi potopa ladij ali pa raztrosa tovora. Domnevajo, da na ta način v oceane letno vstopi 640.000 ton plastičnih ribiških mrež in plastične embalaže (Li in sod, 2016).

5.2 Biološka dostopnost mikroplastike v morskih organizmih

Wright in sod. (2013) opisujejo faktorje, ki bi lahko povečali biološko dostopnost MP pri morskih organizmih; to je variabilna gostota, ki omogoča zasedanje različnih plasti vodnega stolpca in sedimenta morskega dna, ter majhnost, ki poveča potencial biološke dostopnosti, kar posledično predstavlja grožnjo za organizme. Zaužitje MP je odvisno tudi od pogostosti in obnašanja delcev v vodnem okolju (podobnost plenu, lebdenje v vodnem stolpcu ali na gladini itd.) ter načina prehranjevanja in anatomije prebavnega trakta organizmov.

Najpogostejši vzroki za zaužitje plastičnih in mikroplastičnih delcev so (Wright in sod., 2013):

- Velikost mikroplastičnih delcev: Velikost mikroplastičnih delcev je glavni faktor, ki poveča možnost zaužitja. Do zaužitja velikokrat pride zaradi velikosti, podobni hrani planktona, in omejene selektivnosti planktona. Podobno se zgodi tudi pri prehranjevanju organizmov na višjih trofičnih nivojih (ne tako pogosto).
- Specifična gostota plastičnih delcev v morju: Količina zaužitja mikroplastičnih delcev je odvisna tudi od gostote mikroplastičnih delcev v vodnem stolpcu. Veliko plastičnih delcev je manjše gostote od vode, zaradi česar lebdi na vodni površini. Na vodni površini pa je hkrati tudi največja gostota naselitve planktona. Plankton tudi zaradi tega zaužije največ mikroplastike. Dostopnost plastike poveča še naseljevanje mikroorganizmov na mikroplastičnih delcih. Zaradi večje teže namreč plastični delci potonejo in se, ko mikroorganizmi odmrejo, ponovno dvignejo na površje.
- Obilje plastičnih in mikroplastičnih delcev: Večje število plastičnih delcev v okolju znatno poveča njihovo biološko razpoložljivost, saj se možnost, da bodo organizmi naleteli na plastične delce, poveča. Iz tega lahko sklepamo, da bo s fragmentacijo plastike postalo biološko razpoložljivih več plastičnih delcev.
- Barva plastičnih in mikroplastičnih delcev: Zaradi obarvanosti plastični delci spominjajo na plen. Nekaj komercialno lovljenih rib je vizualnih plenilcev in pri njih so znanstveniki opazili večje število plastičnih delcev, obarvanih enako kot njihov plen (bele, rumenkaste, rjavkaste barve).

Thompson in sod. (2004) so na obalah Združenega kraljestva ugotovili pojavljanje večje gostote plastičnih delcev s premerom okrog 20 μm . Za ugotavljanje potencialnega zaužitja plastičnih delcev so izpostavili postrance (drobilci), peščene črve (detritivori) in vitičnjake (filtratorji) ter ugotovili, da organizmi zaužijejo MP že pri nižjih koncentracijah v prvih dneh izpostavitve. Zaužitje MP so potrdili pri bentoških organizmih, kot so morske školjke in bentoški mnogoščetinci ter tudi pri pelagičnem zooplanktonu in larvah rib (Wright in sod., 2013). Organizmi nižjih trofičnih nivojev so še posebej dovzetni za zaužitje MP, saj so številni ne-selektivni filtratorji, ki niso zmožni razlikovanja med hrano in plastičnimi delci (Cole in sod., 2011). Načini prehranjevanja zooplanktonskih organizmov se razlikujejo med življenjskimi stadiji, so vrstno specifični ali pa so odvisni od prisotnosti plena. Plastični fragmenti s premerom 1 μm in dolžine 15 μm spadajo v enak velikostni razred kot hrana zooplanktonskih organizmov. Cole in sod. (2011) so pod laboratorijskimi pogoji izpostavili zooplanktonske organizme PS kroglicam velikosti od 7,3 – 30,6 μm in ugotovili, da je 13 od 15-ih izpostavljenih zooplanktonskih vrst sposobnih zaužitja PS kroglic. Stopnja zaužitja MP je bila odvisna od taksona, življenjskega stadija in velikosti kroglic.

Desforges, Galbraith in Ross (2015) so z vzorčenjem ceponožcev (*Neocalanus cristatus*) in krila (*Euphausia pacifica*) v Severnem Pacifiku ugotovili prisotnost MP v črevesju ujetih organizmov. Slednji vrsti predstavljata pomemben člen v prehranjevalnem spletu Severnega Pacifika. Nadalje so ugotovili, da so ti organizmi sposobni zaužiti MP v velikosti do 800 µm (Desforges, Galbraith in Ross, 2015). Murray in Cowie (2011) sta MP odkrila pri rakah (*Nephrops norvegicus*), ulovljenih v »Clyde Sea« (Škotska). Rezultati njune študije nakazujejo, da normalni prebavni procesi ne odstranijo plastičnih filamentov, saj le-ti ne morejo preiti skozi želodec (Murray in Cowie, 2011). Večina študij predvideva direktno zaužitje kot primarno pot vnosa MP, zaradi česar se večina študij osredotoča na ugotavljanje prisotnosti MP v želodcu ali črevesju organizmov. Watts in sod. (2014) so v študiji opozorili na druge možne poti vnosov. Dokazali so, da rakovice (*Carcinus maenas*) ne samo požirajo MP, temveč jo tudi vsrkajo v škržno votlino, kjer se lahko zadržuje tudi do 21 dni.

5.3 Vplivi mikroplastike na morske organizme

Živali, ki so najbolj dovzetne za zaužitje MP, so zooplanktovore. To so organizmi, ki se hranijo z zooplanktonom. Znano je, da MP zaužijejo preko zooplanktona in pa tudi nevede med filtriranjem (Fossi, 2015).

Plastika je običajno proglašena za kemično inertno snov, vendar pa so v plastične polimere pogosto vključeni aditivi, ki podaljšujejo življenjsko dobo plastike in čas razpadanja ter povečajo rezistenco plastike na toploto, oksidacijo in mikrobo degradacijo. Ti dodatki so okoljsko in zdravstveno problematični, saj samo podaljšujejo razpadanje plastike in lahko izhajajo v okolje ter vanj uvajajo zdravju potencialno škodljive kemijske spojine. Ftalati z zmanjšanjem afinitete (sila, ki povezuje atome v molekule) mehčajo plastične mase. V polivinilkloridih lahko ftalati pripomorejo h kar 50 % celotne mase. Bisfenol A je sestavni del polikarbonatov, ki so široko uporabljeni v prehranski industriji kot embalažni material (Cole in sod., 2011).

Nobena od teh snovi ni obstojna v plastiki. Opravljenih je bilo veliko raziskav o njihovih izpiranjih iz plastičnih mas v morja. Morska favna je tako lahko hitro izpostavljena izpranim aditivom. Ti aditivi lahko motijo pomembne biološke procese v organizmih, na primer delovanje in izločanje hormonov, kar lahko vpliva na oblikovanje celičnega jedra, mobilnost organizma, celice, reprodukcijo in razvoj. Hormonska nihanja lahko trajno poškodujejo embrio v razvoju in povzročijo motnje v izločanju spolnih hormonov pri odraslih. Ftalati so pogosto povezani z genotoksičnimi poškodbami, bisfenol A pa je znan estrogenski agonist (sproži izločanje estrogena) in androgenski antagonist, s čimer lahko vpliva na reprodukcijo organizmov. Ljudje, ki so bili kronično izpostavljeni bisfenolu A, so imeli višjo pojavnost srčnih bolezni, diabetesa in sprememb v hormonski ravni (Cole in sod., 2011).

Še en velik toksikološki pogled na MP, ki se ga moramo zavedati, je, kako močno MP poveča transport in biološko dostopnost PBT-spojnin. PBT-spojnine, na primer DDT in PCB, so kemične snovi, ki predstavljajo nevarnost za človeško zdravje. Nekateri PBT-ji lahko izhajajo v okolje iz plastike, nekateri plastični delci pa lahko nase vežejo toksične snovi (težke kovine) in jih nato znova izpustijo v organizmih med procesom prebave. Plastika lahko toksične snovi, zaradi svoje kemijske strukture veže nase 100-krat lažje od morske vode (Fossi in sod., 2015).

Do leta 1950 je bila vsa ribiška oprema narejena iz bombažnih in konopljinih vlaken ter pomočena v katran. Ti materiali so z uporabo izgubili odpornost in so po odplavitvi v morje kmalu razpadli. Po letu 1950 pa se je na trg prebilo vedno več plastičnih izdelkov, ki so veliko odpornejši. Veliko živali privlači barva in oblika plastičnih odpadkov, zaradi česar velikokrat prihaja do zapletanja. Ko te živali ne dobijo pomoči, to velikokrat rezultira v poginu, zadušitvi ali nevarnih poškodbah (Gregory, 2009).

Zauživanje plastike je eden najbolj oglaševanih problemov, ki jih povzročajo plastični odpadki. Odpadki po videzu in barvi spominjajo živali na plen, zato pride do zaužitja. Najpogostejše rane, ki nastanejo pri tem, so: notranje rane, napenjanje kože, ulcerozne razjede, prekinitev

prebavnega trakta, ki ji sledi občutek sitosti, in nato smrt zaradi lakote. Žival se težje izogiba plenilcem, se težje razmnožuje in se lahko, zaradi omejenega gibanja, utopi (Gregory, 2009).

Po zaužitju lahko MP povzroči fizične poškodbe (odrgnine) prebavnega trakta, ga zasiti in s tem ovira prehodnost hrane ali pa se v njem dalj časa zadržuje in se nato izloči. Plastična vlakna so še posebej problematična, saj se lahko zvijejo v klopčiče in vozle, kar oteži izločanje. Ceponožci (*Eurytemora affinis*) in kozice (*Neomysis integer*) izločijo mikrokroglice skupaj z iztrebkom v času 12 ur po izpostavitvi oziroma zaužitju. Pri nekaterih organizmih so opazili, da MP izbljuvajo oziroma tvorijo »pseudofeces«. Pseudofeces je način zavračanja zaužitega materiala, ki zahteva dodaten energetski vložek, kar lahko vodi v stradanje (Murray in Cowie, 2011).

MP lahko z zasičenjem prebavnega trakta simulira sitost, kar vodi v zmanjšan privzem hrane ter posledično stradanje. Z izpostavljanjem ceponožnih rakcev (*Centropages typicus*) v mediju z algami, brez MP in z njo (velikosti 7,3 μm), so ugotovili, da je stopnja prehranjevanja organizmov v mediju alg in MP znatno nižja (Cole in sod. 2011). Wright in sod. (2013) so v kontaminiranem sedimentu z ne plastificiranimi PVC (NPVC) delci (do 5 % teže sedimenta) izpostavljali peščenega črva (*Arenicola marina*). Ugotovili so, da se pri osebkih zmanjšajo energijske rezerve tudi do 50 % ter da je le-to posledica kombinacije zmanjšane prehranjevalne aktivnosti, daljšega zadrževalnega časa požrtega materiala v prebavnem traktu in vnetnega odziva. S kroničnim izpostavljanjem so ugotovili, da organizmi zaužijejo manj delcev in da se zaradi odsotnosti beljakovinske prevleke na MP oslabi adhezija (lepljenje) delcev na prehranjevalni aparat organizmov (Wright in sod., 2013).

Li in sod. (2016) ugotavljajo, da je vpliv MP pri odraslih samicah in ličinkah ceponožnega rakca (*Tigriopus japonicus*) odvisen od velikosti MP in časa izpostavljanja. Z akutnim izpostavljanjem MP z velikostjo 12,5 μm so ugotovili, da le-ta nima vpliva na smrtnost prve generacije, povečano stopnjo smrtnosti pa so opazili po drugi generaciji pri kroničnem izpostavljanju istim delcem (Li in sod., 2016). Smrtnost vodnih bolh (*D. magna*) pri izpostavljanju MP z velikostjo 1 μm (PE) je odvisna od časa izpostavljanja in koncentracije (Li in sod., 2016).

MP lahko s fagocitozo vstopa v celice epitela prebavnega trakta in se nadalje prenese v ostala tkiva (translokacija). Pri školjkah (*M. edulis*) so prenos MP iz prebavnega trakta v hemolimfni sistem opazili po treh dneh izpostavljanja, prisotnost PE delcev z visoko gostoto pa so v lizosomalnem sistemu opazili že po treh urah izpostavljanja. Delci so v osebkah vstopali preko škrg in se nato prenesli v prebavni trakt in lizosomalni sistem ter pri tem sprožili vnetni imunski odziv. Pri školjkah (*M. edulis*) so prenos iz prebavnega trakta v ostala tkiva potrdili tudi s PS delce z velikostjo 30 nm (Gregory, 2009).

Večina plastike, ki vstopi v morske ekosisteme, lebdi v vodi, zato preseneča dejstvo, da vse več plastičnih odpadkov potone in prekrije morsko dno. Zaradi globine je temperatura morja nižja, tudi sončna svetloba pogosto ne prodre do dna, zato je razpadanje plastike na morskem dnu upočasnjeno. Znanstveniki menijo, da lahko zaradi plastike, ki pokrije dno, pride tudi do trajnejše škode, kot je zadušitev ekosistemov (Gregory, 2009).

Absorpcijo onesnažil na MP potrjujejo tako fizikalni dejavniki, kot sta velika specifična površina delcev in Van der Waals-ove sile, kot tudi kemijski dejavniki, na primer visoka afiniteta organskih onesnažil do hidrofobne površine MP. K večji adsorpciji pa prispevajo tudi okoljski dejavniki, čas zadrževanja MP v okolju in biooplaščenost delcev. Obraščanje z biofilmom diatomej, filamentoznih alg, ličink ceponožcev itd. povečuje adsorpcijsko površino in povzroča spremembe v lastnostih površine, kar dodatno omogoči povečanje koncentracij kemičnih onesnažil preko absorpcije ali bioakumulacije onesnažil znotraj biofilmov. Z zaužitjem MP z adsorbiranimi onesnažili prihaja v organizmih do bioakumulacije le-teh, s prenosom v višje trofične nivoje pa tudi do biomagnifikacije (Teuten in sod., 2009). Plastiko, kontaminirano z obstojnimi organskimi onesnažili, so določili tako na obalnih območjih kot tudi v morskih habitatih subtropskih krogotokov. Organska komponenta tal in sedimentov se v splošnem pojmuje za najpomembnejšo obliko adsorbentov v okolju, vendar študije kažejo, da se lahko

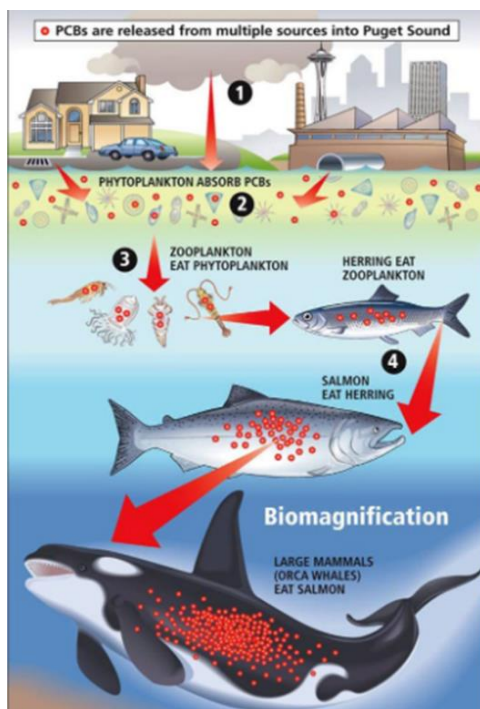
koncentracije onesnažil ob prisotnosti plastike v sedimentu povečajo tudi za več kot 100-krat. Ugotovljene koncentracije obstojnih organskih onesnažil na plastičnih peletih v morskem okolju variirajo med 1 in 10,000 ng/g plastičnega peleta, kar pa je odvisno od vrste onesnažila in lokacije na Zemlji (Hirai in sod., 2011). Študije nakazujejo na biodostopnost mešanice onesnažil ob zaužitju MP pri brazdastih kitih, pticah, postranicah, peščenih črvih in ribah (Rochman in sod., 2013). Rochman in sod. (2013) so MP z adsorbiranimi onesnažili izpostavljali ribe vrste japonski medak (*Oryzias latipes*) ter dokazali, da se onesnažila s površine MP v ribah izlužijo ter bioakumulirajo in posledično povzročajo negativne učinke na zdravje osebkov. Oliveira in sod. (2013) so MP (PE velikosti 1 μm in 5 μm) z adsorbiranim pirenom ter samo pirenu so izpostavljali ribe goby (*Pomatoschistus microps*). Ugotovili so, da se ob prisotnosti MP zmanjša stopnja smrtnosti, vendar se v osebkih poveča koncentracija metabolitov pirena. MP lahko poveča vnos onesnažil pri peščenem črvu (*A. marina*). Na MP se lahko vežejo obstojna organska onesnažila, kot so policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH), poliklorirani bifenili (PCB) in diklorodifeniltrikloroetan (DDT).

5.4 Količina zaužite mikroplastike nekaterih morskih živali

Morski psi orjaki (*Cetorhinus maximus*) se prehranjujejo s planktonom. Z usti zajemajo ogromne količine vode, s tem pa lahko tudi MP delce. Ko zaprejo usta, se morska voda prefiltrira skozi škrge in hranljive snovi se ulovijo med ščetine na škregah. Morski pes orjak nato vse ulovljene snovi požre (Fossi in sod., 2015).

Brazdasti kit (*Balaenoptera physalus*) je prav tako filtrator, ki skozi vosi preceja vodo s planktonom. Prav tako kot morski pes orjak je tudi brazdasti kit lahko ogrožen zaradi vnosa MP v telo (Fossi in sod., 2015).

Lusher in sod. (2015) so v svoji raziskavi pregledali dva osebka kljunastega kita (*Hyperoodontidae*). V prebavilih obeh so našli makroplastične delce. V želodcu živali TBW/2013_077 so našli 4,2 do 3,1 cm velik delec plastike. V želodcu živali TBW/2013_088 pa so našli 2,2 do 7,1 cm velik vložek za naboje. V želodčnih gubah živali so našli 29 MP delcev. Od 59 delcev, ki so jih našli v črevesju, je bilo 89 % vlaknastih delcev. V celotnem prebavnem traktu so našli 88 delcev (Lusher in sod., 2015).



Slika 2: Prikaz potovanja plastike v prehranjevalni verigi
Vir: <https://twitter.com/whalesorg/status/946803251151650817>

Junija 2010 in julija 2011 so v Rokavskem prelivu nalovili ribe desetih različnih vrst (pet je bilo pelagičnih vrst rib, pet pa pridnenih vrst). Izmed 504 pregledanih rib je imelo 184 v prebavnem traktu plastične delce. Med pelagičnimi vrstami in pridnenimi vrstami ni bilo razlik v konzumaciji plastičnih delcev. Od tistih rib, ki so zaužile MP, je imela vsaka povprečno 1,9 delca plastike. Največ delcev (od 203 od 351 delcev) je bilo iz viskoznih vlaken. Velikost plastičnih delcev je variirala med 1,0 in 2,0 mm. V prebavnem traktu rib je bilo največ MP delcev (92,4 %) (Lusher in sod., 2015).

V sedmih različnih ulovih na portugalski obali so pridobili 230 vzorcev rib. Ribe so pripadale 26 različnim vrstam. V celoti so izolirali 73 MP delcev. Od tega je bilo 65,8 % vlaknastih delcev. Velikost je variirala med 0,217 in 4,81 mm (Neves in sod., 2015).

Potencialno tveganje prenosa plastičnih delcev in strupenih snovi iz rib v človeka zmanjša kvaliteto rib in postavlja ljudi v nevarnost. To je lahko velik problem za skupnosti, katerih prehrana sestoji predvsem iz rib in ribjih izdelkov. Obstaja velika verjetnost, da bo imela ta problematika velike ekonomske posledice za ribolov. V prihodnosti se bomo morali še intenzivneje ukvarjati z raziskavami vplivov plastičnih in MP delcev na komercialni ribolov in na človeka (Neves in sod., 2015).

Tabela 1: Teoretično dnevno zaužitje mikroplastike pri brazdastem kitu in morskem psu orjaku

	Brazdasti kit	Morski pes orjak
Povprečna dolžina odraslega osebka	20 m	7 m
Povprečna telesna masa odraslega osebka	50.000 kg	4000 kg
Vnos vode v m ³	71	/
Stopnja filtracije	/	881 m ³ /h
Število dnevnih potopov	83	/
Maksimalni prefiltriran dnevni volumen vode	5893 m ³	21.144 m ³
Maksimalni dnevni konzum planktona	913 kg	30,7 kg
Teoretični dnevni konzum mikroplastike	3653 delcev	13.110 delcev

Vir: Fossi in sod., 2014

5.5 Mikroplastika in Sredozemsko morje

Nepredstavljivo velike količine plastičnih odpadkov po vsem svetu se s pomočjo delovanja morskih tokov in vrtincev ter površinskih vetrov zbirajo v šestih obsežnih morskih conah, ki se nahajajo ena v Indijskem oceanu, dve v Atlantiku in dve v Tihem oceanu. Severna tihomorska zaplata je po nekaterih ocenah velika za 35 Slovenij (ali kot se rado omenja v tujih virih – za površino ameriške zvezne države Teksas), kar znaša 700.000 km² (National Geographic, 2019). Poleg naštetih petih con pa so leta 2015 predlagali prepoznavanje še šeste velike akumulacijske cone odpadkov v svetovnih morjih – to je v Sredozemskem morju, del katerega je seveda tudi Jadransko in s tem slovensko morje (Cózar A. in sod., 2015).

Na področju onesnaženja Sredozemskega morja s plastiko in plastičnimi delci različnih velikosti so opravili številne obširne znanstvene raziskave. Cilj teh raziskav je zaščititi to občutljivo in bogato biosfero, in kar je z vidika obvladovanja tega problema v prihodnosti še najpomembnejše, pomagati državam zasledovati smernice evropskega dokumenta »Okvirna direktiva o morski strategiji«. Omenjene raziskave se nanašajo na zahodno in vzhodno

Sredozemsko morje, torej tudi na slovensko morsko obalo. V raziskavi iz leta 2012, pri kateri je sodeloval tudi Inštitut za vode Republike Slovenije, so glede najdbe MP (< 5 mm) in makro odpadkov (> 5 cm) proučili šest slovenskih morskih obal, polovica katerih je bila turistično obljudena. Rezultati kažejo na veliko prisotnost tako mikro- kot tudi makroplastike ter seveda potrebo po spremembi odnosa do ravnanja z odpadki (Laglbauer in sod., 2014).

Analizo so opravili na vrhuncu turistične sezone, v juliju, in sicer na turističnih plažah Debeli rtič, Portorož in Simonov zaliv ter na odročnih plažah, kot so Jadranska, Bele skale in Seča. Odpadki so se zbirali v 50-metrskem pasu vzporedno z morjem, v širini cele plaže ob 5h zjutraj (1 uro pred začetkom rednega jutranjega čiščenja plaže). Obenem so raziskovalci opravili izračune in primerjave s podatki o številu in tipu odpadkov, ki so jih predhodno zbirali lokalni izvajalci. Skupaj so zbrali 5870 makro-odpadkov z največjo pogostostjo 1,25 odpadka na m² in najpogostejšo težo 4,45 g na m². 64 % vseh makro-odpadkov je bilo plastičnih, od teh je bilo 41 % cigaretnih ogorkov. To opozarja na pogost kopenski vir odpadkov, saj sicer v morju ogorki razmeroma hitro razpadejo na manjše dele. Vsi pobrani vzorci razen enega so vsebovali MP vlakna, najpogostejši pa so bili 0,25 do 3 mm veliki delci. To so delci takšnih velikosti, ki jih lahko zaužijejo tako živali kot ljudje, njihovega vpliva na naše telo pa še ne poznamo dovolj. Iz raziskave ni bilo mogoče določiti, kakšen je konkreten vpliv turizma na onesnaženje obale z odpadki, saj je to odvisno od različnih dejavnikov, kot so odprtost plaže proti morju, delovanje vetra in valov, vpliv ribiške aktivnosti in onesnaženosti rečnih pritokov v zaliv. Opazili pa so, da je bila koncentracija odpadkov večja na plažah v bližini pristanišča Koper ter reke Rižane. To avtorji povezujejo tako z dejavnostmi pristanišča kot tudi s pritokom Rižane, izlivanjem iz čistilnih naprav in neočiščenih odpadnih vod (Laglbauer in sod., 2014).

6 MIKROPLASTIKA V PREHRANJEVALNI VERIGI

MP lahko vstopa v prehranjevalno verigo na primarnih trofičnih nivojih, preko absorpcije in požiranja iz strani fitoplanktonskih in zooplanktonskih organizmov. Veliko zooplanktonskih vrst dnevno migrira po vodnem stolpcu. Migracijske vrste preko plenilskih odnosov ali produkcije iztrebkov, ki tonejo na morsko dno, predstavljajo potencialen vektor MP v globine in globokomorske organizme (Wright in sod., 2013). Farrell in Nelson (2013) sta v prehranjevalnem eksperimentu MP izpostavljala klapavice (*M. edulis*), pri katerih obstajajo podatki, da se MP prenese v hemolimfo. Kontaminirane klapavice sta uporabila kot plen za rakovice (*Carcinus maenas*), v katerih sta ob koncu eksperimenta zasledila MP v črevesju, hemolimfi, jajčnikih in škregah (Farrell in Nelson, 2013).

Setälä, Fleming-Lehtinen in Lehtiniemi (2014) so MP z velikostjo 10 µm izpostavljali kozice (*Mysida*), ceponožce, vodne bolhe, kotačnike, larve mnogoščetincev in migetalkarje. Za preučevanje prenosa po prehranjevalnem spletu so zooplanktonske organizme, kontaminirane z MP, izpostavili plenilskim kozicam. Z mikroskopskim pregledom črevesja plenilcev so potrdili prisotnost plena in MP po treh urah. Z raziskavo so potrdili trofični prenos MP iz nižjih v višje trofične nivoje (Setälä, Fleming-Lehtinen in Lehtiniemi, 2014).

Predstavimo lahko zanimivo predstavljen primer ptice albatros (*Diomedidae*). Svetovna morja in oceani se ponašajo s svojim bogastvom rastlinstva in živalstva, od katerega imamo veliko koristi tudi ljudje, saj iz njega črpamo ogromne zaloge hrane v obliki rib in morskih sadežev. S temi vrstami se prehranjujejo tudi živali, ena od njih pa je mogočna ptica albatros, katere razpon kril meri do 3,4 m. Njen naravni habitat so oceani zmerno toplega in subtropskega toplotnega pasu severno in južno od ekvatorja (z izjemo severnega Atlantika), nad katerimi lahko jadrajo ure in ure, ne da bi se utrudili. Albatrosi se prehranjujejo z glavonožci, ribami, raki, nenazadnje tudi zooplanktonom ter nekateri z mrhovino, radi tudi sledijo ribiškim ladjam. Mladiče pa hranijo z ribjimi jajčeci ter s tem, kar imajo trenutno v želodcu. Na idiličnem tihooceanskem atolskem otočku Midway Island, ki sestavlja del havajske verige otokov, gnezdiijo kar tri vrste albatrosov: ka'upu (črnonogi), mōlī (ali Laysan, ki v 72 % celotne svetovne populacije gnezdi kar na Midwayju) ter kratkorepi albatros. Na tej osamljeni oceanski zaplati kopnega se na leto izvali približno 500.000 mladičev albatrosa, vendar jih od tega okoli 200.000

pogine, in sicer večinoma zaradi zaužite plastike. Plastični odpadki (plastenke za pijačo in kozmetiko, obutev, plastični lončki in pribor, slamice, vrečke, plastični peleti, stiropor ...) in njihovi delci v več decimetrov debelih nanosih prekrivajo obale omenjenega otoka ter plavajo v morju v njegovi bližnji in daljni okolici. Starši teh ptic svojim mladičem kot zmotni »ulov« prinašajo manjše in večje plastične delce, saj jih zamenjujejo za hrano. Vendar se morsko popotovanje teh odpadkov ni pričelo na havajskem otočju (U. S. Fish and Wildlife Service, 2017).

Ko prispejo odpadki do morja, se njihova pot šele zares začne. Morski tokovi jih namreč lahko prenašajo leta ali desetletja po vseh morjih in oceanih, in če se njihova pot ne zaključi na kaki morski obali, kjer jih človeške roke poberejo in zanje ustrezno poskrbijo, se plastični odpadki zberejo na morskem dnu, prosto plavajo po morjih ali pa se pridružijo eni od velikih oceanskih zaplat (oz. »otokov«) odpadkov. Zaradi fotodegradacije, oksidacije in mehanske erozije začnejo razpadati na manjše in manjše delce, vse do mikroskopskih velikosti. MP nato zaužijejo ribe in druge morske živali (npr. školjke), po prehranjevalni verigi pa ti drobni delci pripotujejo do človeka, vendar ne samo v želodec, temveč tudi v krvni obtok. Kaj se s to plastiko nato dogaja v našem telesu (ali povzroča vnetja, obolenja ipd.), še ne vemo zatrdno, nekateri viri pa že potrjujejo motnje v endokrinem in reproduktivnem sistemu pri manjših organizmih. Trenutno s hrano zaužijemo nekaj deset delcev MP na leto, na koncu stoletja pa se lahko številka s tako slabim, neodgovornim ravnanjem z odpadki poveča na zaskrbljujočih 4000 delcev letno. In na tej točki je krog potovanja plastike sklenjen: Od človeka – v okolje – v človeka (Laglbauer in sod., 2014).

6.1 Mikroplastika in prehranjevalna veriga ljudi

Mikroplastika in nanoplastika sta onesnaževali, zaradi katerih je ogroženo celotno naše okolje. V znanih raziskavah, ki smo jih predstavili v predhodnih poglavjih, so MP našli v črevesju vodnih organizmov in ptic, ki živijo ob vodi, pa tudi v zraku in različnih vzorcih živil, kot so pivo, morska hrana, med, sol in pitna voda. Čeprav smo ji lahko izpostavljeni zaradi vdihavanja zraka in uživanja hrane, so učinki MP in nanoplastike na zdravje ljudi še slabo raziskani. Vdihana ali zaužita MP se lahko akumulira in povzroča lokalizirano strupenost delcev, denimo vpliva na imunski odziv ter delovanje hormonskega sistema. Največjo skrb vzbuja dolgotrajna izpostavljenost zaradi učinka kopičenja nevarnih snovi v telesu.

MP je tudi v morski hrani, denimo v ribah in morski soli. Vendar so jo za zdaj našli le v drobovini rib; z odstranitvijo drobovine se torej izognemo njenemu uživanju. Pri školjkah je drugače, ker zaužijemo ves njihov mehki del. Po drugi strani lahko organska onesnaževala, kot so aditivi za plastiko, denimo ftalati, iz MP prehajajo v ribje meso oziroma njena maščobna tkiva. V našem okolju so različna onesnaževala, MP so našli tudi v pitni vodi iz vodovodne vode, zato bi bilo izogibanje uživanju rib nesmiselno, ker so po drugi strani bogat vir esencialnih maščobnih kislin kot tudi drugih za zdravje koristnih snovi (Cox K., Juanes F., 2019).

Kanadski znanstveniki z Univerze v Viktoriji so analizirali 26 predhodnih raziskav o količinah MP v ribah, školjkah, sladkorju, soli, pivu, vodi in celo mestnem zraku. Zbrane podatke so združili z ameriškimi smernicami za zdravo prehrano in izračunali, koliko delcev MP na leto zaužije posameznik. Odrasle osebe na podlagi izračuna letno zaužijejo okoli 50.000 delcev, medtem ko otroci okoli 40.000 delcev. Ker raziskav o prisotnosti MP v mnogih živilih, vključno s kruhom, mesom, mlečnimi izdelki, predelano hrano in zelenjavo, nimamo, so tudi podatki, ki jih je skupina znanstvenikov analizirala, omejeni na hrano, ki v dietah predstavlja vsega 15 odstotkov kaloričnih potreb posameznika. To pomeni, da bi bila količina zaužite MP lahko še mnogo večja (Cox K., Juanes F., 2019).

Ker se s problemom MP znanstveniki ukvarjajo šele relativno kratek čas, nimamo jasnejših podatkov, kakšen vpliv imajo na zdravje. Bi pa delci znali oddajati strupene snovi, kot tudi sprožati reakcije človeškega imunskega sistema, ki bi tujke zaznal znotraj telesnega tkiva (Cox K., Juanes F., 2019).

Leta 2018 so objavili prve raziskave, ki so potrdile vsebnost MP v pitni vodi, zato so se začeli spraševati, kakšen vpliv ima na človeka. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO, 2019) je tako izdala poročilo o vsebnosti in virih MP v pitni vodi ter možnih negativnih vplivih na človeški organizem. Kot ugotavlja študija Svetovne zdravstvene organizacije, bi MP iz pitne vode lahko vplivala na zdravje ljudi na tri načine, to je fizično, kemijsko in mikrobiološko. Kako delci fizično vplivajo na naše telo, še ni znano. Vemo le, da se delci, večji od 150 mikrometrov, težko absorbirajo v človeško tkivo, zato predvidevajo, da je v našem telesu lahko bistveno več nanoplastike, torej delcev, velikih od enega do tisoč nanometrov. Vendar obsežnejših raziskav, ki bi obravnavale količino MP v človeškem telesu, njen transport in vpliv na zdravje, še ni bilo. Do zdaj so proučevali predvsem vpliv na živali v laboratoriju, pri čemer so bile večinoma izpostavljene zelo visokim koncentracijam. V nedavni študiji so dokazali, da se število odraslih vodnih bolh, izpostavljenih MP, statistično pomembno zmanjša. Zmanjšanje populacije pa lahko vpliva na celoten ekosistem, saj je pomemben člen v prehranjevalni verigi. Od sesalcev so bile doslej opravljene raziskave na miškah in podganah, toda pri visokih koncentracijah in kratkem izpostavitvenem času zato izsledki raziskav ne izražajo potencialne toksičnosti, ki bi se morebiti pojavila že pri nižjih koncentracijah in dolgotrajni izpostavljenosti MP (WHO, 2019).

MP je potencialno nevarna za organizme tudi s kemijskega vidika. Iz nje se namreč sproščajo monomeri (nevezani gradniki, ki ne polimerizirajo med proizvodnjo plastike, ter monomeri, ki se sprostijo iz plastike zaradi razgradnje v okolju) ter aditivi, dodani plastiki za izboljšanje njenih lastnosti, kot so plastifikatorji in zaviralci gorenja. Za aditive so ugotovili, da naj bi bile koncentracije, sproščene iz MP, razmeroma majhne v primerjavi s sproščanjem iz drugih večjih virov plastike. Tako je WHO tudi zaključila, da je nevarnost za zdravje človeka s kemijskega vidika majhna, razen pri visokih koncentracijah MP v pitni vodi. Kolikšna bi bila ta visoka koncentracija, da bi vplivala na človeka, še ne vemo (WHO, 2019).

Slabo raziskan je tudi mikrobiološki vidik vpliva na človeško zdravje. Na delcih namreč zelo uspešno rastejo biofilmi, sestavljeni iz množice različnih mikroorganizmov, tako imenovana plastisfera. Na inštitutu za vode smo iz nekaj koščkov MP iz morja izolirali več deset različnih bakterijskih sevov, med katerimi je izstopala bakterija (*Aeromonas salmonicida*), ki je patogena za ribe. Nekatere druge študije so tudi že poročale o bakterijskih sevih, izoliranih iz MP iz morja, ki so patogeni za človeka, tak primer so sevi bakterije (*Vibrio*). Kateri mikroorganizmi bi lahko rasli na MP v pitni vodi, ne vemo. Toda WHO ugotavlja, da so površine vodovodnih sistemov, ki so prav tako iz plastike, tako obsežne, da so možnosti za razvoj bakterij na teh bistveno verjetnejše (WHO, 2019).

Na plastiko se uspešno vežejo tudi obstojna organska onesnaževala. Toda ker se ta v okolju vežejo na organski ogljik, predvidevajo, da je vezava na MP v primerjavi z drugimi mediji, kot so sediment, alge in maščobno tkivo vodnih živali, izredno majhna. Poleg tega mehanizem morebitnega sproščanja obstojnih organskih onesnaževal iz MP v organizme trenutno še ni znan (WHO, 2019).

6.2 Stanje v Sloveniji

V primeru vsebnosti onesnaževal v morskih organizmih, ki se uporabljajo za prehrano ljudi, je na razpolago malo podatkov. Koncentracije najpomembnejših onesnaževal v glavnem ne presegajo v zakonodaji določenih mejnih vrednosti, zato je stanje ocenjeno kot dobro, vendar pa je zanesljivost ocene nizka.

Za Jadransko morje glede delcev MP ni prav veliko razpoložljivih podatkov, tako kot tudi za druga morja ne, saj je to precej novo področje raziskav. A nekaj izsledkov je le znanih. Strokovnjaki Inštituta za vode, Kemijskega inštituta in Univerze v Novi Gorici so vzorčili in analizirali vzorce s površine našega morja. Raziskava je trajala 20 mesecev, zajela pa je 17 vzorčenj. Analiza je pokazala na precej visoko vsebnost delcev MP (povprečno približno 400.000 delcev MP na kvadratnem kilometru morja). Najvišje izmerjene koncentracije pa so bile že kar vrtooglave (gibale so se med dvema in tremi milijoni delcev na kvadratni kilometer).

Približno 80 odstotkov delcev so predstavljali delci polietena (PE), največ delcev je bilo velikih med enim in štirimi milimetri. Model je pokazal precejšen vpliv površinskih tokov na razporeditev MP v našem morju. Po oceni avtorjev so to precej visoke koncentracije v primerjavi z drugimi rezultati za Sredozemsko morje (Inštitut za vode RS, 2016).

Za školjke (npr. užitne klapavice) je na voljo le nekaj posameznih rezultatov. Raziskovalci so raziskovali gojene in prostoživeče školjke. Pomembnih razlik niso ugotovili, verjetno predvsem zato, ker je bilo delcev MP razmeroma malo. V nekaterih školjkah so opazili kakšno nitko, a vse so bile zelo majhne, manjše od pol milimetra. Večjih verjetno školjk niti ne morejo zaužiti. Tako lahko z gotovostjo trdimo, da je zaenkrat uživanje školjk popolnoma varno, saj je količina delcev MP dejansko zanemarljiva, same školjke pa tudi precej hitro izločijo delce MP. Količina delcev, ki so jo določili raziskovalci, je tudi majhna, glede na nekatere podatke iz strokovne literature za druga morska območja. Za boljšo oceno bi morali spremljati vsebnost MP v školjkah v daljšem obdobju. Pa ne samo v školjkah, tudi v sedimentih (Grego M. in Bajt O., 2020).

MP v morskih organizmih v Sloveniji so na Inštitutu za vode preverjali na treh vrstah rib, oradah, morskih listih in cipljih. Izkazalo se je, da so ciplji vsebovali največje količine MP, medtem ko so bili morski listi najmanj onesnaženi. Rezultat se sklada s prehranjevalnimi navadami rib. Za ciplje je namreč znano, da se radi zadržujejo ob izpustih iz čistilnih naprav, ki v določeni meri prepuščajo MP v okolje. Poleg vezave obstojnih organskih onesnaževal na MP se nanjo zelo dobro vežejo tudi mikroorganizmi. Površina delcev MP je namreč prebivališče za celo vrsto mikroorganizmov. Ti tvorijo na MP tanek sloj, ki ga imenujemo biofilm. Pogosto se bakterijska združba biofilma MP po raznovrstnosti razlikuje od bakterij, ki sicer živijo v določenem delu morja. Delci MP so tako nišni življenjski prostor za mikroorganizme v morju. Ker so delci MP majhni in lahki, jih vodni tokovi zlahka prenašajo iz enega dela morja v drugega in tako so prenašalci mikroorganizmov (MP: nevidni sovražnik okolja?, 2016). Pregled mikrobne združbe na MP so opravili tudi v Sloveniji, kot prvi v Sredozemskem morju. Študija z naslovom »Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*« je Marine Pollution Bulletin (Viršek in sod., 2017). V raziskavi raznovrstnosti mikroorganizmov, ki živijo na MP, so v Piranskem zalivu odkrili več kot 30 bakterijskih vrst. Bakterije so določili tako, da so iz koščkov MP izolirali bakterijski dedni material in določili strukturo bakterijske združbe z analizo zaporedja DNK (ribosomalnega gena 16 S rRNK). Na MP so bile prisotne bakterije iz šestih bakterijskih debel, in sicer modrozeleno cepljivke, proteobakterije, planktomicete, bakteroidete, chloroflexi in firmikute. Največ jih je bilo iz razreda gamaproteobakterij. Pričakovano so določili prisotnost halofilnih bakterij, ki jih najdemo v slanem morju, zanimivo pa tudi prisotnost bakterij, ki razgrajujejo ogljikovodike, tudi polietilen in polipropilen, najpogostejša gradnika plastike. Večino bakterijskih vrst so prvič odkrili v Sredozemskem morju, nekatere od teh bakterij pa so že bile odkrite v drugih svetovnih morjih. Te so do Jadranskega morja verjetno priplavale s koščki MP ali s čezoceanskimi ladjami. Najpomembnejše pa je bilo odkritje treh bakterijskih vrst (*Aeromonas*). Gre za patogene bakterije, ki pri ribah povzročajo bolezen furunkulozo, lahko pa okužijo tudi ljudi. To je prvo odkritje za zdravje škodljivih bakterij (*Aeromonas*) na MP sploh in opozarja na nujnost podrobnejših mikrobioloških analiz rib in vode v Jadranskem morju. Rezultati analiz dokazujejo, da lahko MP po morju prenaša patogene bakterije, ki so škodljive za ribe. Ko ribe zaužijejo delčke MP, vstopijo nove bakterijske vrste, tudi patogene, v prehranjevalno verigo. Po zaužitju patogenih bakterijskih vrst se pri vodnih organizmih lahko pojavijo bolezni. V študiji so na MP našli celo bakterije (*Vibrio*), ki so patogene tudi za ljudi (Viršek in sod., 2017).

7 UKREPI IN REŠITVE

Ker imajo plastični odpadki v pomorskih in sladkovodnih sistemih znatne okoljske in gospodarske vplive, je spremljanje ključnega pomena za oceno učinkovitosti ukrepov, ki se izvajajo za zmanjšanje številčnosti plastičnih odpadkov. Vendar je proces zapleten zaradi velike prostorske in časovne heterogenosti v količinah plastičnih odpadkov, zaradi omejenega razumevanja poti, po katerih potujejo plastični ostanki, in zaradi same dolgotrajnosti. Večina predhodnih študij se je osredotočila na točkovne vire in primarno MP, vendar znanstvena poročila kažejo, da je potrebna nadaljnja študija o relativnem prispevanju tako točkovnih kot razpršenih virov v velika vodna telesa, npr. ocean, da bi učinkovito razumeli in zmanjšali vložke plastike v tokove. Letne čistilne operacije, ki so zdaj organizirane v mnogih državah in na vseh celinah, stanejo več milijonov evrov. Ker pa je točkovne vire lažje regulirati, je lahko MP kontaminacija razpršenih virov izjemno zahtevna za upravljanje (Pfeffer in Stark, 2015).

Trenutno poteka kar nekaj svetovnih gibanj, ki ciljajo na zmanjšanje in preprečevanje morskega onesnaževanja z odpadnimi snovmi. Najbolj znani in odmevni svetovni iniciativi sta: Global Partnership on Marine Litter (GPML) in The Honolulu Strategy. GPML je prostovoljni mehanizem, ki se zavzema za več zainteresiranih strani. Združuje želje oblikovalcev politik, znanstvenikov, privatnega sektorja in naravovarstvenikov za pridobivanje rešitev in začenjanje dejanj. The Honolulu Strateg postavlja okvirje za preprečevanje onesnaževanja morja z odpadnimi snovmi in upravljanje z morskimi odpadki. Prav tako se trudi zmanjšati vplive morskih odpadkov z ekološkega vidika, vidika človeškega zdravja in ekonomskega vidika. Sestavljena je iz treh ciljev, iz katerih izhaja več setov strategij (Löhr in sod., 2017):

- Zmanjšanje količine in vpliva kopenskih odpadkov, ki vstopijo v morsko okolje.
- Zmanjšanje količine in vpliva morskih odpadkov (odpadli tovor, izgubljene ribiške mreže, odvržena plavila ...).
- Zmanjšanje količine in vpliva nakopičenih odpadkov na obalnih in bentičnih okoljih ter v pelagičnih vodah.

Veliko ljudi, meni, da so lahko plastični odpadki popolnoma reciklirani. Vendar se samo 10 % vseh plastičnih odpadkov dejansko reciklira v plastične izdelke, vse druge pa odložimo na smetišča ali zažgemo. V zadnjih letih vpeljujejo nove metode kemičnega razpada plastike. Zaenkrat je najuspešnejša metoda kemičnega razpada, termični razpad. Ni pa še razširjena. Med termičnim razpadom se plastiko segreje do 450 °C in nato predela v tekoče hidrokarbonatno gorivo. Termični razpad poteka v pogojih brez kisika, v reaktorju iz nerjavečega jekla. Ker reakcija gorenja ne poteče, se zrak ne dimi. Ta proces ima tudi minimalne izločke v okolje. Izločki tega procesa so samo ogljikov dioksid, vodni hlapi in biorazgradljivo oglje (Sigler, 2014).

Razvoj biološko razgradljive plastike nam pogosto daje upanje za rešitev problematike plastičnih odpadkov, vendar pa je biorazgradljiva plastika še vedno sestavljena iz sintetičnih polimerov in škroba, zelenjavnih olj in kemikalij, ki omogočajo hitrejši razkroj biološko razgradljive plastike pod vročimi in vlažnimi pogoji ob prisotnosti kisika. Proces je samo delen in mnogo sintetičnih polimerov ostane nerazgrajenih. Problem predstavlja tudi dejstvo, da v mrzli morski vodi brez prisotnosti UV-svetlobe procesi razgradnje tečejo veliko počasneje ali pa sploh ne (Parker, 2018).

Namesto biološko razgradljive plastike bi lahko začeli uporabljati biopolimere, ki so jih znanstveniki razvili za namen medicine, kot na primer regeneracije organov in tkivnega inženirstva. Pridobivajo jih iz beljakovin, polisaharidov in maščob ali pa iz mikroorganizmov. Biopolimeri so popolnoma razgradljivi, a jih za namene pakiranja v živilski in kozmetični industriji trenutno še ne uporabljamo zaradi kompleksne in drage tehnologije izdelave. Pred menjava polimerov z biopolimeri v živilski industriji bomo morali raziskati še možne toksikološke vplive pakiranja z biopolimeri, saj obstaja možnost prehajanja molekul iz biopolimerne embalaže neposredno na živila, s čimer povečamo toksičnost živil. Biopolimeri

kot embalaža v živilski industriji so, poleg popolne razgradljivosti, zanimivi tudi zaradi tega, ker imajo številni med njimi antibakterijske lastnosti, kar še poveča njihove možnosti uporabe (Silvestre in sod., 2011).

Glede na izdano literaturo na področju razgrajevanja plastičnih mas lahko domnevamo, da obstajajo velike možnosti za odkritje novih razkrojevalcev konvencionalne plastike. Obstaja velika verjetnost, da imajo encimi, ki v naravnem okolju razgradijo polimere, tudi sposobnost razgradnje sintetičnih polimerov. Encimi, sposobni razgradnje PET, najlona in PUR, pa izhajajo iz raznovrstnih ekosistemov, zato obstaja velika verjetnost odkritja novih encimov. Kljub vsemu je ta rešitev trenutno še nerealna, saj encimi niso vsestransko uporabni in cenovno ugodni. Koncentrirati se moramo na zamenjavo plastike z razgradljivo plastiko (Kruegerl in sod., 2015).

Več držav članic Evropske unije je v skrbi za okolje in zdravje ljudi uvedlo ali predlagalo nacionalno prepoved namerne uporabe MP v določenih potrošniških izdelkih, zlasti uporabo »mikrokroglic« v kozmetičnih izdelkih. Ocenjujejo, da je samo v enem kozmetičnem izdelku 360.000 kroglic, ki bi jih lahko nadomestili z biorazgradljivo alternativo, kot so zdrobljene orehove lupine ali celo sol (ECHA, 2020). Evropska komisija je od agencije ECHA zahtevala, naj oceni znanstvene dokaze za zakonsko ureditev uporabe MP v EU, ki se namerno dodaja v kakršne koli izdelke in ta prepoved velja od leta 2019.

Čiščenje plaž z mehanskimi sredstvi, katere upravljajo lokalni organi ali organizirane skupine javnega interesa, je postalo pojav globalne razsežnosti. Slednje pogosto vključujejo dolgoročno pobiranje z rokami, v nekaterih situacijah pa lahko celo ogrozijo zdravje udeležencev. Tudi predelava in / ali zbiranje odpadkov v morju z omejevanjem in uporabo ovir v pristaniščih, izlivih in bližnjih obalah niso neobičajne. Vendar so težko izvedljive, če ne skoraj nemogoče, predvsem zaradi razpršenosti plastičnega materiala na odprtem morju. Ti pristopi niso rešitev, s katerimi bi pomagali okolju, saj se za zdaj ne zdi, da bi vodili do kakršnega koli zmanjšanja plastičnega materiala, ki plava v svetovnih oceanih in zaprtih morjih ali je naplavljen na obalo. Edini dolgoročni pristop za nadzor nad odpadki je pregledovanje in upravljanje z viri teh odpadkov na različnih krajih izvora (Thompson in sod., 2009).

Ključnega pomena pri nadzoru globalnega problema je tudi zavedanje o potencialnih negativnih vplivih MP na organizme. Pri tovrstnih testih je prav tako ključnega pomena razviti standardizirane metode za izražanje odmerkov MP, pri čemer upoštevamo obliko delcev, polimerno vrsto in velikost. Prednostno je treba odmerke izražati na enak način kot pri meritvah na terenu in koristno bi bilo, če se na terenskih raziskavah poroča o številčnosti, teži in vrsti plastike. To bi močno olajšalo možnost izvajanja dejanskih ocen tveganja, s čimer bi dosegli kritične učinke glede na dejanske ravni izpostavljenosti. Preskušanje toksičnosti je treba načrtovati tako, da se lahko razlikujejo učinki MP in učinki kemikalij, povezanih z MP. Testiranje bi ustvarilo novo znanje o mehanizmih škodljivosti MP ter adsorbiranih kemikalij. Ker se ljudje bolj zavedajo potencialne grožnje onesnaževanja s plastiko in spremembe povpraševanja, politiki posvečajo več pozornosti in začenejajo sprejemati pomembne odločitve o tem, kako ublažiti težavo.

Raziskave o morskih odpadkih so trenutno naredile velik korak naprej in znatno povečujejo znanje o količini in sestavi odpadkov ter njegovih vplivih na morsko okolje, vodno življenje in ljudi. Društvo LITTERBASE se je odločilo povzeti rezultate znanstvenih študij vse od leta 1858 na razumljivih globalnih zemljevidih in številkah ter odpira znanstvena spoznanja o pomorskih odpadkih javnosti. Osredotočeni so na doseganje dostopnih in razumljivih znanstvenih informacij, saj verjamejo, da je znanje ključnega pomena za povečanje ozaveščenosti javnosti o tem okoljskem problemu in za sprejetje primernih protiukrepov (Litterbase, 2020).

8 METODE DELA

8.1 Anketa in njena izvedba

Anketo sem izvedla s pomočjo spletne aplikacije »En klik anketa«. Izbira anketirancev (N=323) je bila naključna in izvedena v sedmih regijah Slovenije (Savinjska (45 %), Osrednjeslovenska (23 %), Zasavska (6 %), Koroška (6 %), Gorenjska (7 %), Primorska (8 %) in Prekmurska (5 %) regija) je bila naključna. Ločila sem tip bivanja v hišo (Enostanovanjske stavbe so samostojno stoječe enodružinske hiše, vile, atrijske hiše, vrstne hiše, počitniške hiše in podobno. (Uradni list stanovanjski zakon, 2. člen), stanovanje/blok (Stanovanje po tem zakonu je skupina prostorov, namenjenih za trajno bivanje, ki so funkcionalna celota, praviloma z enim vhodom, ne glede na to, ali so prostori v stanovanjski hiši ali v drugi zgradbi (Uradni list, stanovanjski zakon, 2. člen)), in stanovanjsko hišo (Večstanovanjska hiša je po tem zakonu hiša, ki ima dve ali več stanovanj in eno hišno številko. Za večstanovanjsko hišo se ne šteje družinska hiša. Večstanovanjska hiša je po tem zakonu hiša, v kateri so tudi poslovni ali drugi nestanovanjski prostori, vendar so stanovanja v pretežni večini glede na celotno površino hiše. Družinska stanovanjska hiša je hiša z enim ali več lastnih stanovanj, ki so v lasti ene, solasti ali skupni lasti več oseb, ki so med seboj v sorodu. (Uradni list, stanovanjski zakon, 7. člen)).

Anketni vprašalnik je vseboval 20 vprašanj. Prvih 10 vprašanj je zajemalo demografske podatke o anketirancu (spol, starost, izobrazba, status, regija bivanja, tip bivanja, kraj bivanja, število oseb v gospodinjstvu, pogostost obiska trgovin in vrsta uporabljene embalaže). preostali del vprašanj se je nanašal na vprašanja s področja plastike in mikroplastike ter ozaveščenost o tej problematiki (zavedanje o problemu s plastiko, ločevanje odpadkov, količina smetiščnih vrečk v enem tednu, obstoj plastike, proces plastike v naravi, pojem mikroplastika, znanje o mikroplastiki, nevarnost mikroplastike, velikost delcev mikroplastike in prisotnost mikroplastike na naših krožnikih). Raziskava je sestavljena iz zaprtih, odprtih, kombiniranih vprašanj ter vprašanj z mersko lestvico.

Anketa je bila kratka in v njej so bila samo bistvena vprašanja, povezana s podatki o anketirancu ter s problematiko plastike in mikroplastike. Anketirance iz celotne države, sem izbrala naključno, saj sem hotela zbrati odgovore čim več anketirancev iz sedmih regij Slovenije, iz čim več starostnih skupin, različne izobrazbe in kraja bivanja. Skupno sem anketirala 323 prebivalcev, od tega 239 žensk ter 81 moških. Skupno je bila anketa za spletno reševanje odprta mesec dni, povprečni čas reševanja je bil krajši od 5 minut.

8.2 Statistična analiza

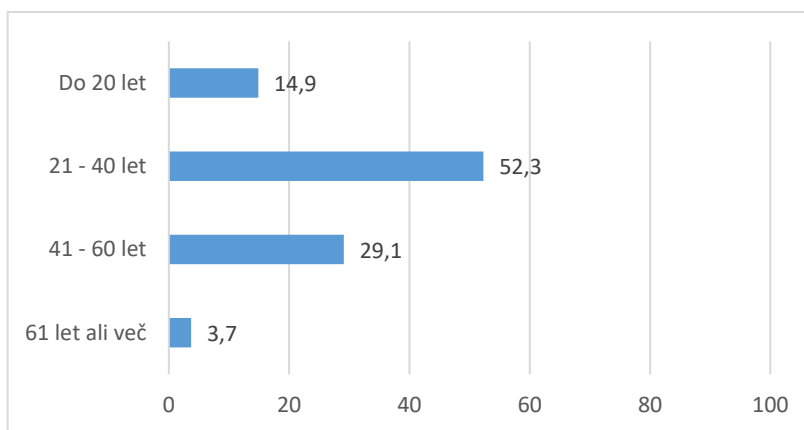
Za statistične metode hipotez sem uporabila binomski test (natančen test statistične pomembnosti odstopanj od teoretično pričakovane porazdelitve opazovanj v dve kategoriji - število poskusov in verjetnost uspeha pri poskusu), Hi-kvadrat test (za preizkus hipoteze neodvisnosti) primerja naše (dejanske) in teoretične (pričakovane) frekvence in računa, ali naše frekvence statistično pomembno razlikujejo od pričakovanih. Pričakovane frekvence predvidevajo, da so vsi odgovori zastopani v enakem številu - torej da imajo enake frekvence. Če se naše in pričakovane frekvence statistično pomembno razlikujejo, potem lahko trdimo, da med skupinami, tudi v populaciji, obstajajo razlike v določeni lastnosti. Če se razlikujejo, je razlika prevelika, da bi lahko šlo za naključje. Statistična pomembnost (p-vrednost) nam da podatek, kako zelo prepričani smo lahko, da razlike med skupinami zares obstajajo v populaciji, iz katere je bil vzorec vzet - torej ali lahko posplošimo rezultat iz vzorca na populacijo. Če je p-vrednost manj kot 0,05, to pomeni, da lahko na nivoju 5 % tveganja trdimo, da statistično pomembne razlike obstajajo - po domače to pomeni, da obstaja 5 % verjetnost (ali manj), da smo prišli do razlik v našem vzorcu po naključju. Pove nam, kako zanesljivi so konkretni rezultati iz našega vzorca. Nazadnje smo uporabili Kullbackov test, ki je alternativa za Hi-kvadrat test.

9 REZULTATI Z RAZPRAVO

V anketi je bilo vključenih 323 anketirancev iz celotne Slovenije. V nadaljevanju predstavljam odgovore anketirancev in rezultate ankete na posamezna vprašanja anketnega vprašalnika.

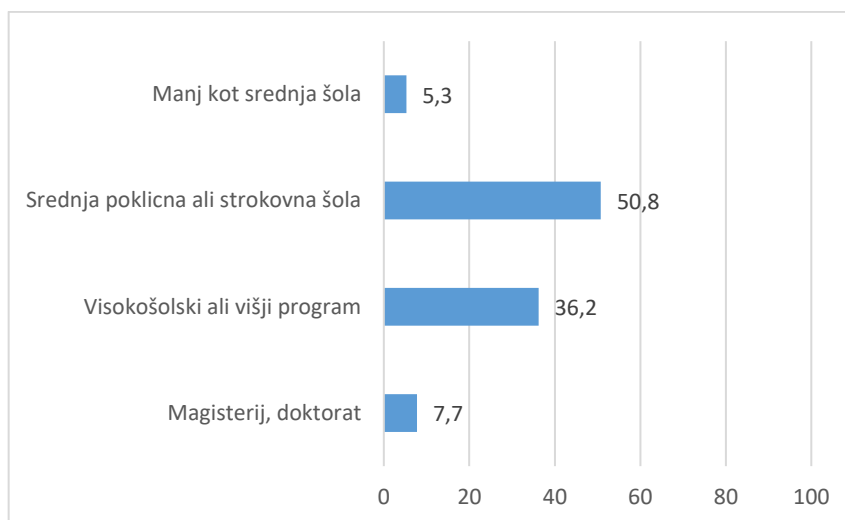
9.1 Rezultati ankete o anketirancih

V raziskavi je sodelovalo 323 oseb, od tega jih je bilo 75 % ženskega spola in 25 % moškega spola. Največji delež anketirancev je spadal v starostno skupino med 21. in 60. letom, mlajša generacija (mlajši od 20 let) in starejša generacija (starejši od 61 let) pa je skupaj znašala 19 % vseh anketiranih (slika 3).



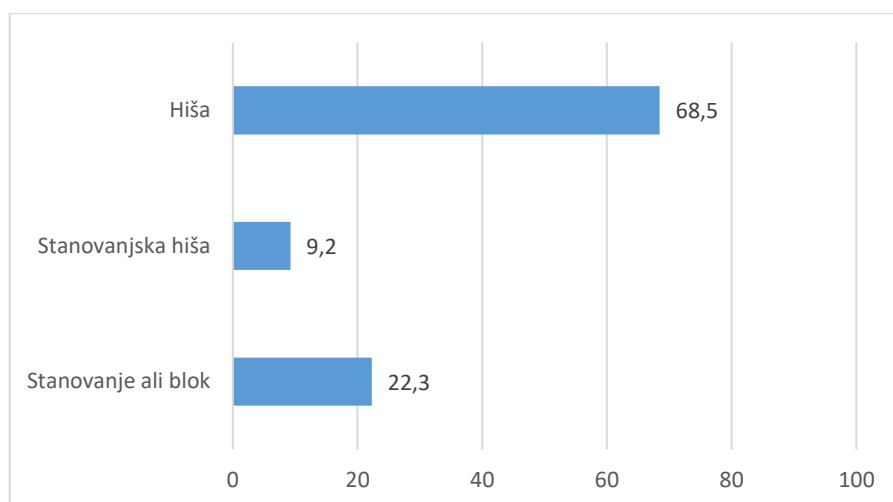
Slika 3: Odstotek anketiranih glede na starostno skupino

V povprečju je največ anketirancev (51 %) končalo poklicno/strokovno šolo, 36 % visokošolski/višji program, 8 % magisterij/doktorat in 5 % osnovno šolo (slika 4). Iz teh podatkov lahko vidimo, da ima večina anketiranih IV. – VI/2. stopnjo izobrazbe.

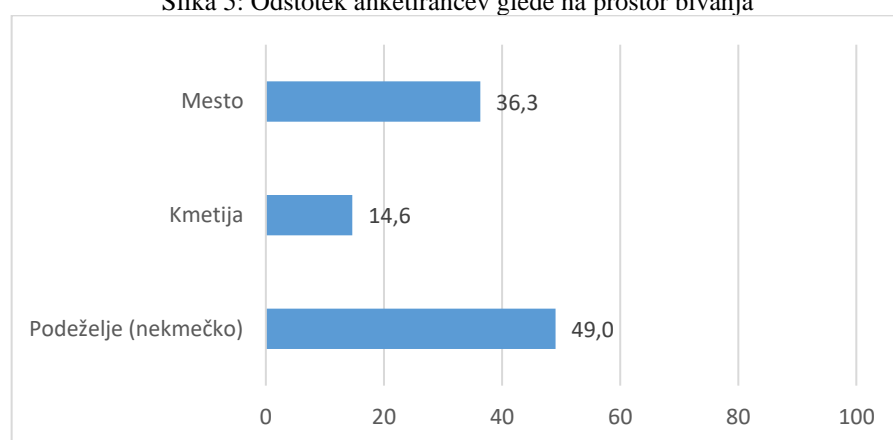


Slika 4: Odstotek anketiranih glede na izobrazbo

Večina anketirancev (68 %) prebiva v hiši, 22 % v stanovanju/bloku, 9 % jih živi v stanovanjski hiši (slika 5). Iz podeželja je 49 % vseh vprašanih, 36 % iz mesta ter 15 % iz kmetije (slika 6). Večina anketirancev (49 %) živi v ruralnem okolju v hiši, zaradi česar imajo drugačne življenjske navade kakor tisti, ki prebivajo v urbanem okolju. Na podlagi tega sklepamo, da bi bili odgovori drugačni, če bi bilo večino anketiranih iz urbanih območij (stanovanje/blok, stanovanjska hiša). Velik odstotek anketirancev prebiva na kmetijah, kjer imajo drugačne navade kakor tisti, ki živijo v hiši.

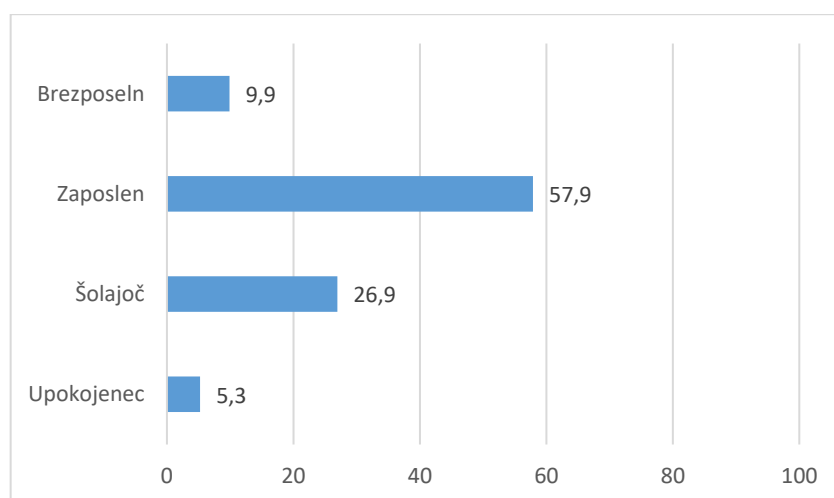


Slika 5: Odstotek anketirancev glede na prostor bivanja



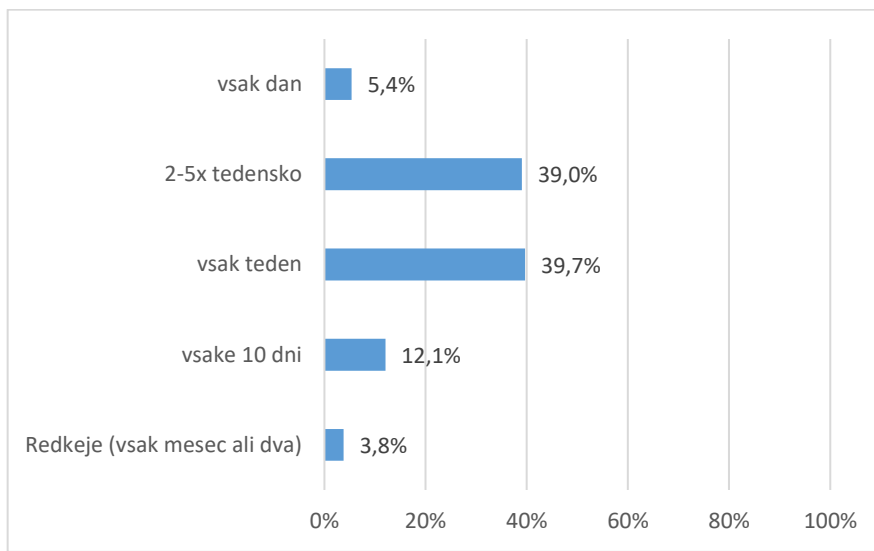
Slika 6: Odstotek vprašanih glede na lokacijo bivanja

Večina anketirancev je zaposlenih (58 %), 27 % se jih šola in 15 % vprašanih je brezposelnih ali upokojenih (slika 7). Pridobljeni podatki vprašanih za brezposelnost (9,9 %) so primerljivi s podatki za Slovenijo, saj je trenutna brezposelnost v Sloveniji za februar 2021 9 %.

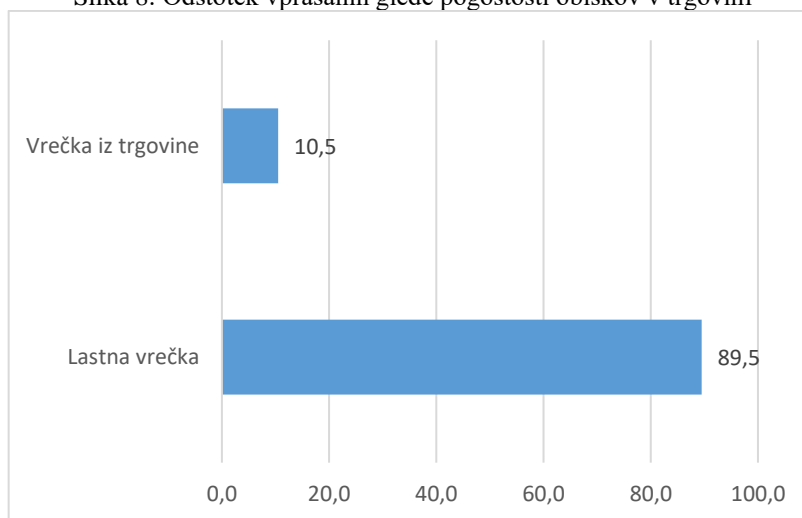


Slika 7: Odstotek vprašanih glede na trenutni status

40 % vprašanih vsak teden obišejo trgovino, 39 % pa dva- do pet-krat na teden. Vsak dan obiše trgovino le 5 % vprašanih in 16 % hodi v trgovino vsak deseti dan ali redkeje (slika 8). Anketiranci ob nakupu dobrin iz trgovine v 11 % kupijo vrečko v trgovini, ostalih 89 % pa uporabi lastno vrečko (slika 9). Iz teh podatkov lahko sklepamo, da približno 35 od vseh 323 vprašanih kupi vrečko, kar znaša skoraj 200 kupljenih vrečk v enem tednu. Zaradi ukrepov, sprejetih 1. januarja 2019 (Uradni list RS, Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo, 10.e člen), s katerimi so v Sloveniji prepovedali prodajo plastičnih vrečk in ponudili alternativno embalažo (vrečke iz papirja, tkanine, biorazgradljivi materiali), zaradi tega čedalje več ljudi vzame s seboj lastno vrečko, saj so alternativne vrečke plačljive in dražje kot predhodne plastične vrečke. Če bi anketo izvajali pred letom 2019, sklepamo, da bi bili odgovori precej drugačni, saj so se v teh dveh letih ljudje prilagodili novim ukrepom.

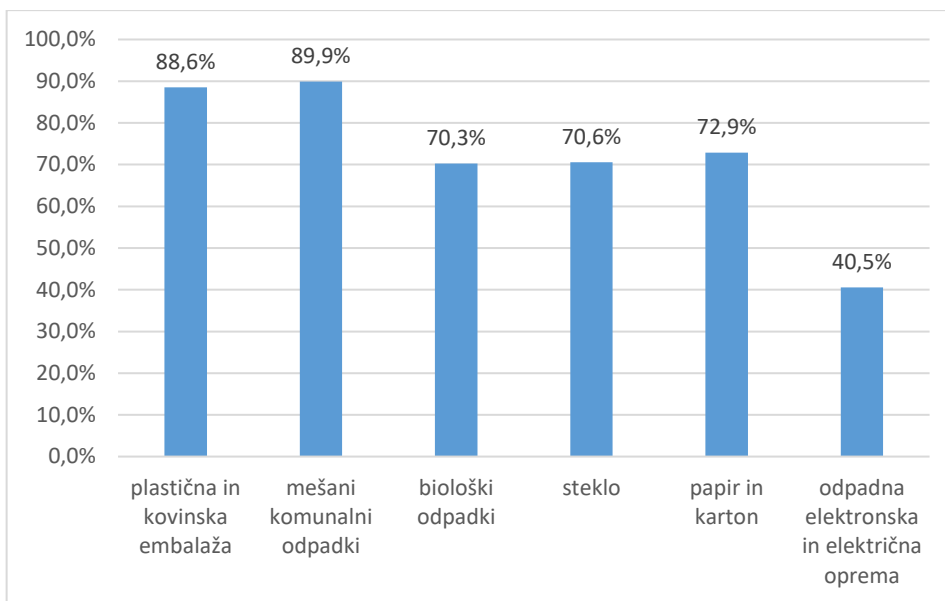


Slika 8: Odstotek vprašanih glede pogostosti obiskov v trgovini

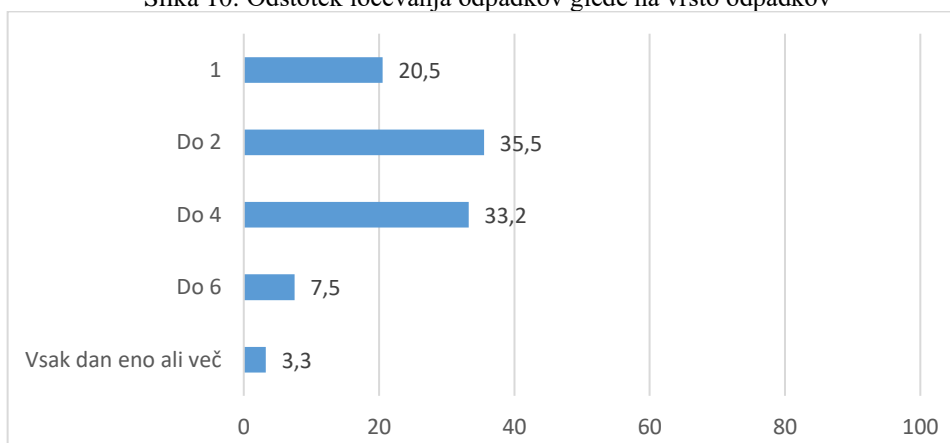


Slika 9: Odstotek lastnih in vrečk, kupljenih v trgovini

Vsak prebivalec Slovenije ima od sprejetja Uredbe o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo leta 2006 na razpolago dva zabojnika, enega za embalažo in drugega za mešane komunalne odpadke. V zadnjem obdobju 15 let so se anketiranci po podatkih analize v okviru te ankete dobro prilagodili ločevanju odpadkov (več kot 70 %) vseh kategorij. Izjema je odpadna elektronska in električna oprema (OEEO), ki jo ločujejo le v 41 % (slika 10). 67 % vseh anketirancev na teden napolni od dve do štiri smetiščne vrečke in 20 % vseh anketiranih napolni po eno smetiščno vrečko na teden (slika 11).



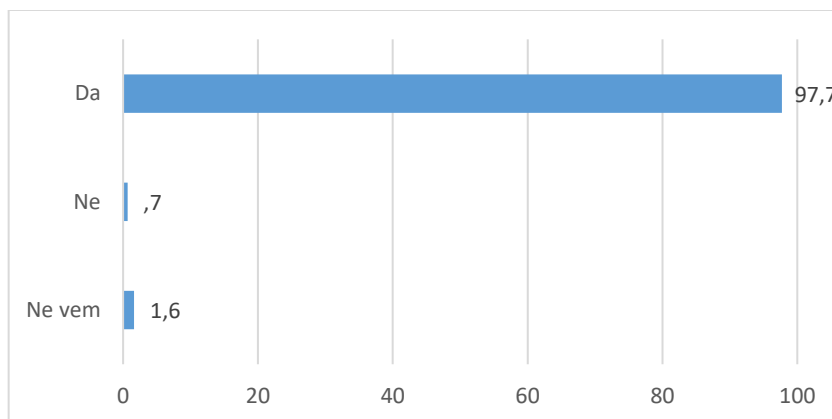
Slika 10: Odstotek ločevanja odpadkov glede na vrsto odpadkov



Slika 11: Odstotek polnih smetiščnih vrečk v enem tednu

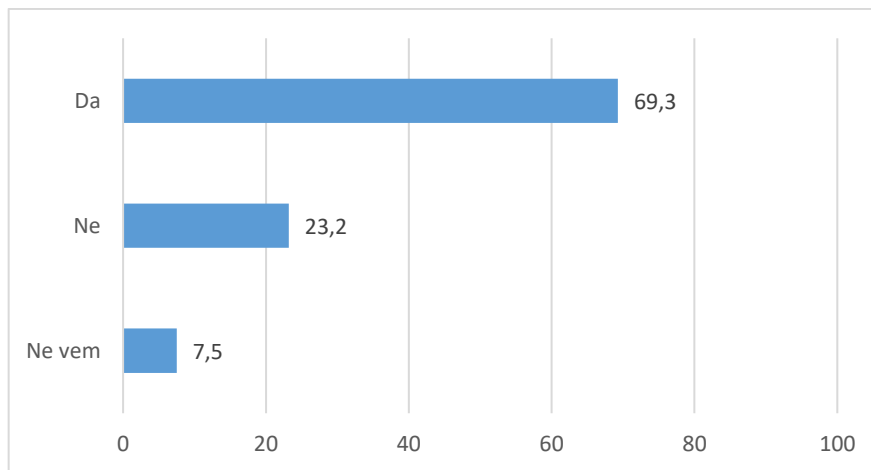
9.2 Rezultati ankete o problemih s plastiko in mikroplastiko

Večina anketirancev se zaveda problema plastike (več kot 98 %), kot so na primer vidna onesnaženja, kopičenje odlagališč, onesnaženje narave z odlaganjem odpadkov na divja odlagališča, gmote plastik v morju itd. (slika 12).



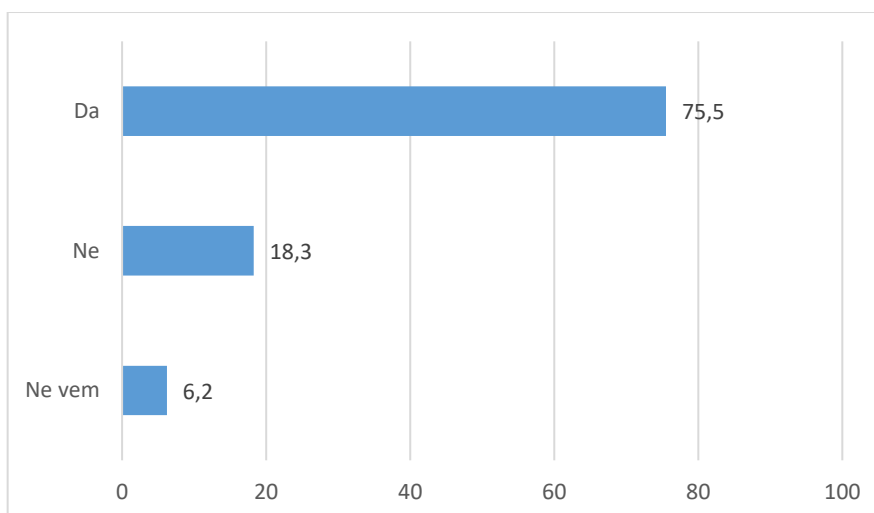
Slika 12: Odstotek zavedanja anketirancev o problematiki s plastiko

Pri vprašanju o tem, ali je plastika večna, so anketiranci v 69 % to potrdili. V 31 % pa so to anketiranci zanikali ali pa niso vedeli, da je plastika dolgoročno obstojna (slika 13). Da plastika v naravi razpade na manjše delce je potrdilo 99 % vseh anketiranih. Glede na podatke pridobljene v anketi lahko sklepamo, da so ljudje dobro ozaveščeni, da se plastika v naravi ne razkroji, ampak le razpade na čedalje manjše delce in tako dolgoročno ostane za vselej v naravi.

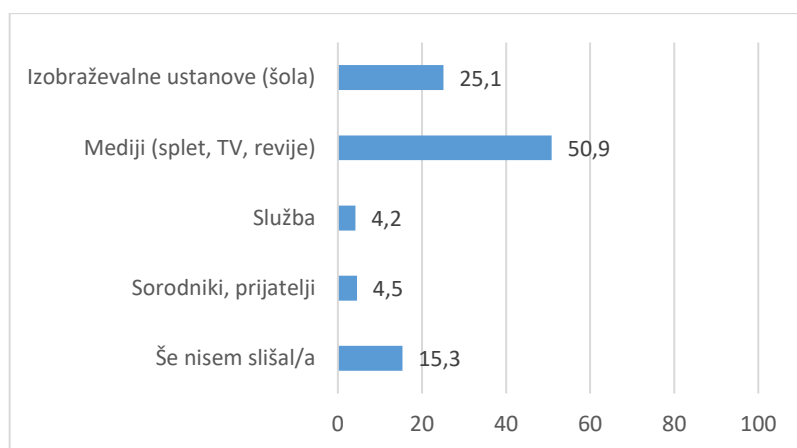


Slika 13: Odstotek anketirancev, vprašanih, ali je plastika večna

S pojmom mikroplastike je seznanjenih 76 % anketiranih, ostalih 24 % anketiranih pa za ta izraz še ni slišalo oz. ga ne poznajo (slika 14). Več kot polovica (51 %) anketiranih je izraz mikroplastika zasledila iz medijev (splet, novice, televizija, revije itd.), 25 % anketirancev se je seznanilo z mikroplastiko v izobraževalnih ustanovah (šola, fakultete), 9 % anketirancev je poznalo to besedo iz službe, od sorodnikov in prijateljev. 15 % vprašanih trdi, da še ni slišalo za to besedo (slika 15). Iz teh podatkov lahko sklepamo, da mediji (splet, televizijske novice, revije, časopisi itd.) prispevajo največ informacij o problemu mikroplastike. V zadnjem desetletju se je moč družbenih omrežij (Facebook, Twiter, Instagram) povečala in s tem so ljudje postali bolj in hitreje ozaveščeni, saj je prenos informacij z novimi tehnologijami bistveno hitrejši in seže v vse dele sveta.

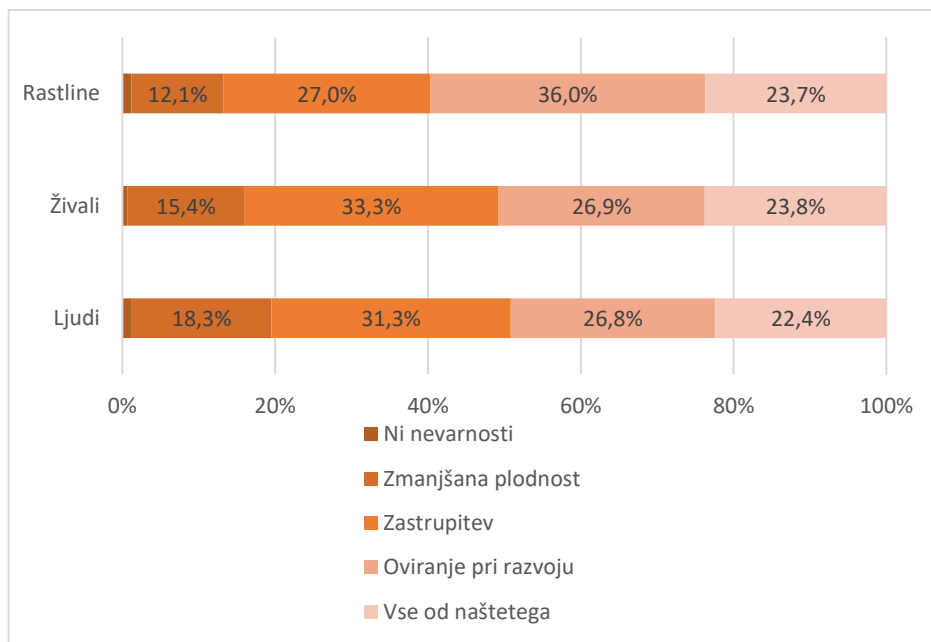


Slika 14: Odstotek vprašanih, ki poznajo izraz mikroplastika



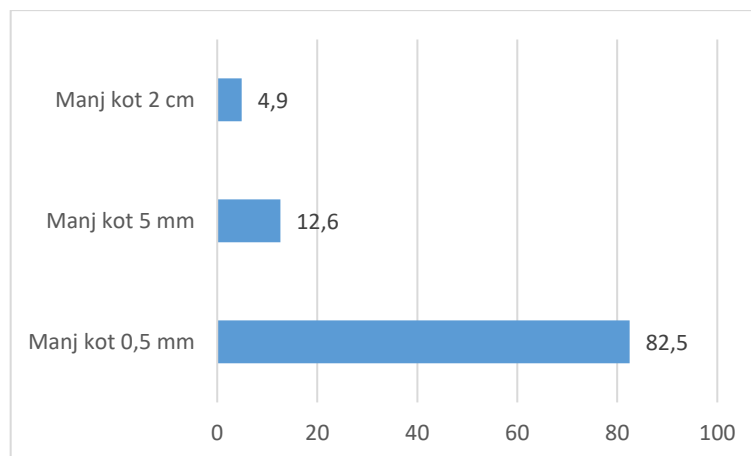
Slika 15: Odstotek anketirancev, ki je odgovoril na vprašanje, od kod so slišali za besedo mikroplastika

Anketiranci so odgovorili, da je mikroplastika nevarna tako za ljudi, živali in rastline (slika 16). Menijo, da plastika predstavlja največjo nevarnost za človeka, obstaja nevarnost zmanjšane plodnosti, saj lahko predstavljajo oviro pri razvoju in rasti ploda pri nosečnicah (škodljivi kemični aditivi, vključno s ftalati, BPA in polibromirani difenil etri) in poslabšuje imunski sistem novorojenčkov. Živali so po mnenju anketirancev najbolj izpostavljene zastrupitvi z mikroplastiko (manjše vrste živali: krili, ribe, raki, ker zaužijejo drobne koščke plastik). Te manjše živalske vrste so v prehranjevalni verigi plen večjih plenilcev vse do človeka. Ta proces je odvisen od živali, ki zaužije mikroplastiko, saj nekatere (školjke) izločijo delce iz telesa v zelo kratkem času. Po mnenju anketirancev so rastline zaradi prisotnosti mikroplastike najbolj ovirane pri razvoju, saj lahko določeni toksini iz plastike zmanjšujejo rodovitnost tal in s tem rast koreninskega sistema in ovirajo rasti cvetov.



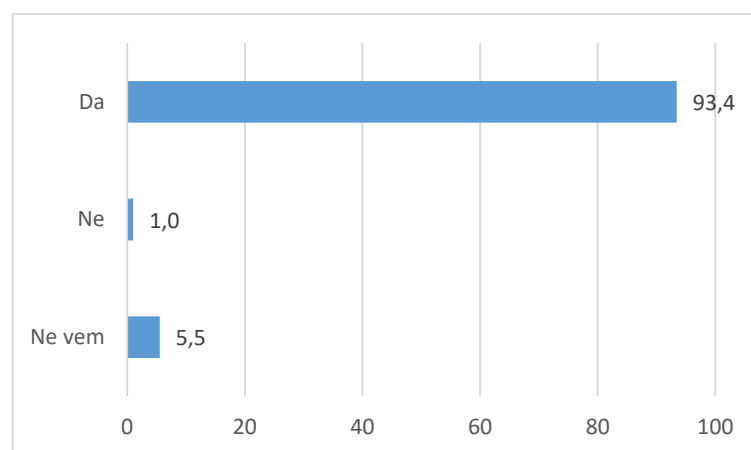
Slika 16: Prikaz nevarnosti mikroplastike pri posameznih kategorijah

Glede velikosti mikroplastike, je bil pravilni odgovor manj kot 5 mm ali manj kot 0,5 mm. Glede na to 5 % vseh meni, da je mikroplastika manjša od dveh centimetrov, kar je napačna trditev. Od vseh jih 82 % meni, da je manjša od 0,5 mm ter 13 %, da je manjša od 5 mm (slika 17). Na podlagi teh rezultatov sklepamo, da so ljudje dovolj informirani o velikosti delcev mikroplastike.



Slika 17: Odstotek anketirancev in odgovori na vprašanje o velikosti mikroplastike

Da mikroplastika lahko pristane na naših krožnikih, se je strinjalo 93 % anketiranih (slika 18). Kar 7 % vseh meni, da izraza mikroplastika ne poznajo ali da ta ne more priti v našo hrano. Pri tem vprašanju so odgovori »ne« delno pravilni, saj še vedno ne pristane veliko delcev v naši prehranjevalni verigi.

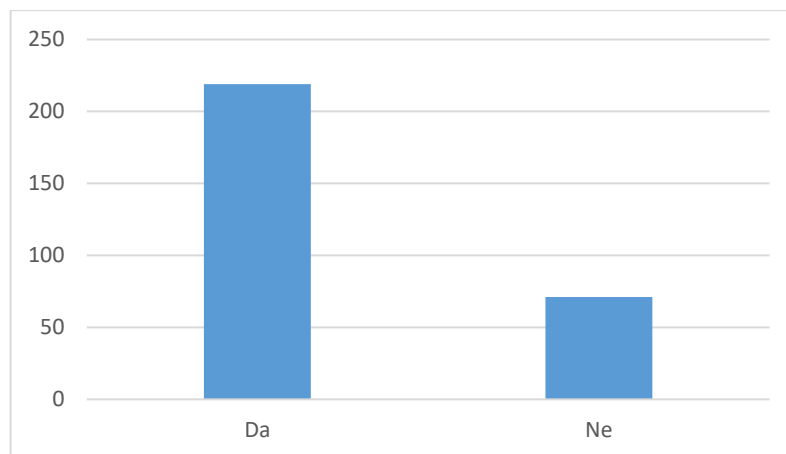


Slika 18: Odstotek vprašanih glede prisotnosti mikroplastike na naših krožnikih

9.3 Razprava o rezultatih ankete v okviru treh postavljenih hipotez
Pri svojem delu sem postavila tri hipoteze.

V **prvi hipotezi** sem predvidela, da večina anketirancev pozna pojem mikroplastika in da se zaveda njene nevarnosti zaradi prisotnosti v prehranjevalni verigi. Rezultati ankete (slika 19) so pokazali, da lahko prvi del hipoteze potrdim, saj je večina (76 %) s tem pojmom seznanjena.

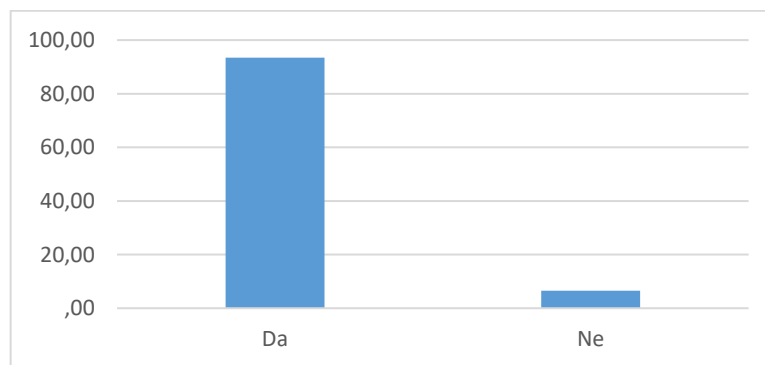
Na podlagi pridobljenih podatkov odgovorov sem ugotovila, da ljudje poznajo besedo mikroplastika, vendar je niso znali vsi obrazložiti, saj to razmeroma nova beseda, ki se je začela omenjati pred približno 10 leti. Največ informacij pridobimo na spletnih virih (od novic do strokovnih člankov), saj so v današnjih časih lahko dostopne (pametni telefon, računalnik, tablica itd.) in brezplačne informacije, ki se spotoma osvežujejo in nadgrajujejo.



Slika 19: Poznavanje pojma mikroplastika

Testirali smo, da več kot polovica anketirancev meni, da lahko mikroplastika pride v našo prehrano. Na podlagi odgovorov ankete lahko drugi del prve hipoteze tudi potrdimo. Sklepamo, da ljudje verjamejo, da lahko mikroplastika pristane na naših krožnikih (slika 18), saj jih je 93 % odgovorilo, da se zavedajo nevarnosti.

Med hrano, v kateri se lahko zbirajo delci mikroplastike, lahko prištevamo školjke, rake, kozice, morske sadeže, ribe in ribje izdelke. Večina teh živali se prehranjuje na morskem dnu, kamor potonejo delci mikroplastike in zaradi privlačnih barv in oblik postanejo zmotni ulov. Preko absorpcije in požiranja pristanejo delci mikroplastike v črevesju, hemolimfi, jajčnikih in škregah organizmov. Nekatera bitja, kot so školjke, lahko zaužito mikroplastiko hitro izločijo (po enem dnevu), nasprotno pa se pri ribah kopiči mikroplastika v celotnem organizmu in tam tudi ostane. Mikroplastika lahko pristane na naših krožnikih, je pa teh delcev zanemarljivo malo, saj trenutno s hrano zaužijemo le nekaj deset delcev mikroplastike na leto (Laglbauer in sod., 2014).



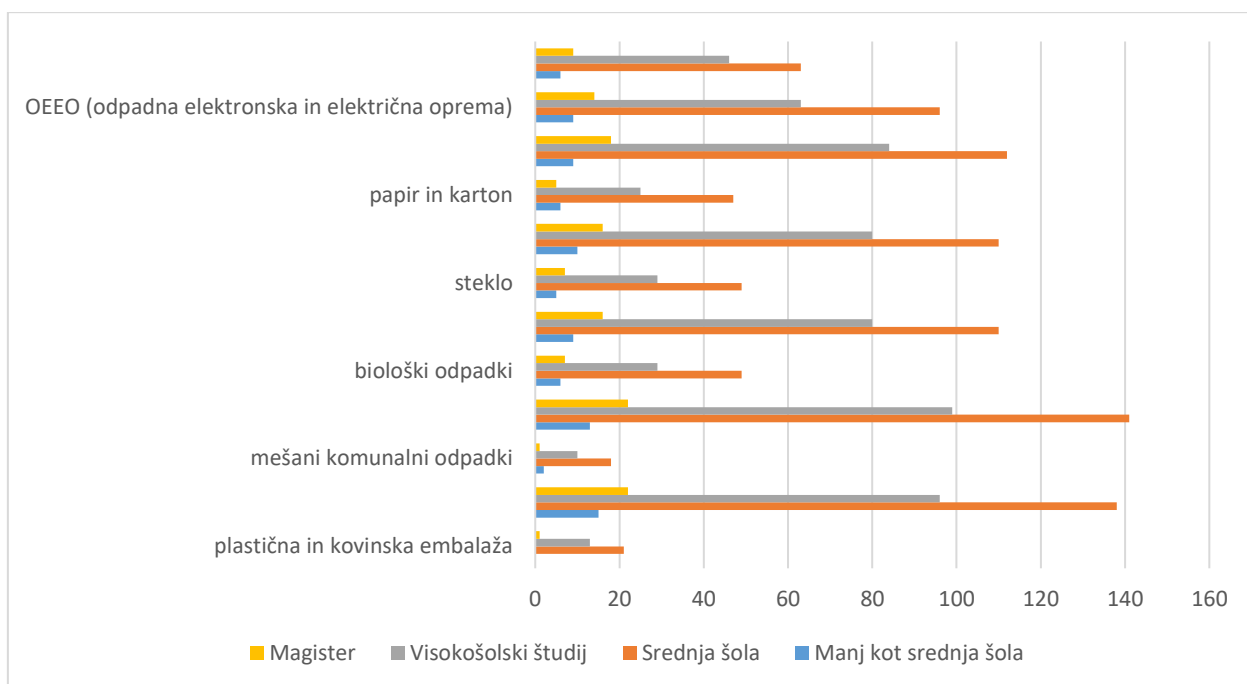
Slika 20: Odstotek zavedanja nevarnosti zaradi mikroplastike v prehranjevalni verigi

V okviru **druge hipoteze** smo testirali tezo, da je upoštevanje ukrepov za zmanjšanje uporabe plastike odvisna od stopnje izobrazbe.

Zanimalo nas je, ali je upoštevanje ločevanja odpadkov odvisno od stopnje izobrazbe. Na podlagi rezultatov ankete (slika 20) smo ugotovili, da upoštevanje ukrepov za zmanjšanje uporabe plastike ni odvisno od stopnje izobrazbe. P-vrednosti Hi-kvadrat testa so višje od 0,05 ($P = 0,309$ do $0,977$). To pomeni, da izobrazba statistično ne vpliva na upoštevanje ukrepov za zmanjšanje uporabe plastike. Hipotezo zavrnamo.

Stopnja izobrazbe je večkrat ključnega pomena pri boljšem prepoznavanju določenih problemov zaradi več prebrane literature in najnovejših informacij. V našem primeru to ne drži.

Plastika je že dolgo v življenju človeka (prvi plastični material bil odkril leta 1839), vendar so se ljudje šele pred nekaj desetletji začeli ukvarjati z vsemi posledicami, onesnaženja in odlaganja plastičnih odpadkov. V preteklosti človeka ni zanimal vpliv na okolje, saj se niso nikoli kazali vidni znaki onesnaženj ali se za njih nismo zavzemali. Prav tako ni bilo določenih zakonov ali ukrepov za varovanje in ohranjanje okolja. V zadnjih letih se je kvaliteta življenja postopno slabšala (zdravje človeka, življenje v morjih, gospodarstvo (turizem, ribištvo) in podnebje) in zanj je kriv naš vpliv z onesnaževanjem in izpusti. Zaradi zakonov in ukrepov smo uspeli zmanjšati poseg v okolje in omiliti situacijo. Mlajša generacija se sooča s problemi, ki so nastali v preteklosti, vendar so bolj ozaveščeni o ukrepih za zmanjšanje uporabe plastike, saj so odraščali z vsemi zakonodajami/ukrepi, s katerimi so dobro seznanjeni in jih upoštevajo. Za starejše generacije so tovrstni problemi precejšnja novost, tako da se težje prilagodijo novemu režimu. V tem primeru so lahko tudi manj izobraženi bolj ozaveščeni o problematiki s plastiko in posledičnim onesnaževanjem v okolju.

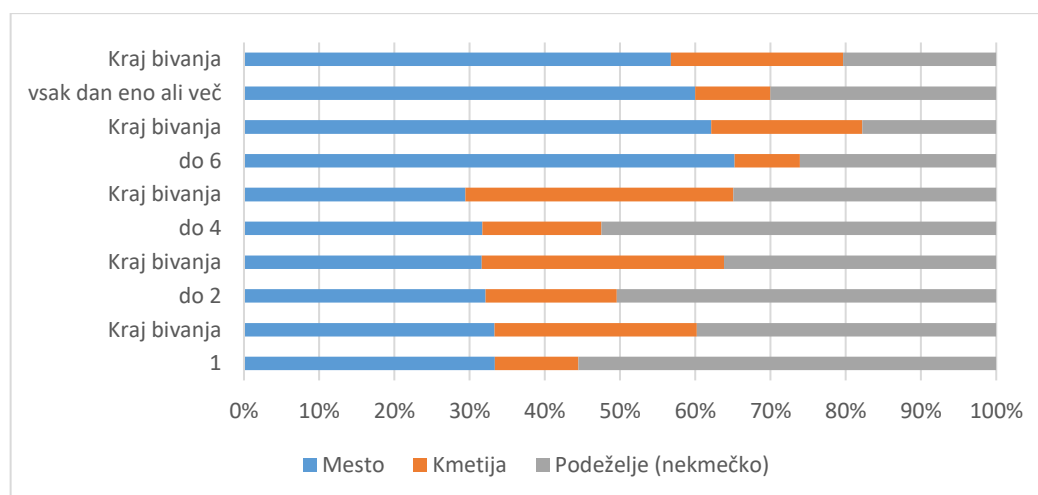


Slika 21: Ločevanje odpadkov, ozaveščenost glede na izobrazbo

Način in navade bivanja v hiši oziroma na kmetiji so drugačni od življenja v stanovanju in njihovih navadah. V primeru anketiranja tistih, ki bivajo v stanovanjih, bi verjetno lahko opazili razliko v ločevanju odpadkov. V stanovanjih večkrat ni izbire po prostornosti kompleksa in lastnem travniku/terasi/balkonu in zato ni možnosti shranjevanja določenih večjih predmetov (ležalniki, senčniki, trampolini itd.), zato jih ljudje hitro zavržejo med ostale odpadke.

V okviru **tretje hipoteze** smo trdili, da je nevarnost zaradi prekomerne uporabe plastike večja v mestih kot na podeželju.

P-vrednost Hi-kvadrat testa je nižja od 0,05 ($p = 0,024$), kar pomeni, da je nevarnost prekomerne uporabe plastike neodvisna od kraja (načina) bivanja. Ker več plastičnih vrečk porabijo v mestih, lahko to hipotezo potrdimo. Iz naših podatkov je razvidno, da je več nevarnosti zaradi prekomerne uporabe plastike v mestih (slika 22).



Slika 22: Odstotek smetiščnih vrečk, napolnjenih v enem tednu glede na kraj bivanja

Mestno okolje je bolj razvito glede industrije, zaposlitvenih možnosti, turizma, dobrin in prebivalstva. Ljudje, ki živijo v stanovanjih, imajo več prednosti zaradi večje izbire delovnih mest in bližine delovnega mesta, izobraževalnih centrov, bližine zdravstvenih ustanov, bližine trgovin in številnih nakupovalnih centrov ter številnih družbenih, kulturnih in športnih prireditiv. Vedno hitrejši tempo življenja prinaša več povpraševanja po industrijskih izdelkih (kovinska, avtomobilska, kemijska, farmacevtska in elektro industrija ter živilska industrija), kar prinaša negativne posledice (smog, hrup, kisli dež, onesnaženi vodni viri, gradnja na kmetijski zemlji, posredni okoljski vplivi (gradnja cest, železnic, naftovodov, daljnovodov, povečan promet ter deagrarizacija in urbanizacija). Zaradi gradnje novih objektov (stanovanja, trgovine, industrije) so bila najbližja kmetijska zemljišča izven mest.

Prebivalci mest v stanovanjih pogosto nimajo možnosti pridelave lastne hrane in so prisiljeni kupovati hrano zunaj mest (kmetije) ali v trgovinah (zapakirano). Pakirano hrano dobijo zavito v plastično embalažo, ki jo po uporabi izdelka zavržemo in s tem povečamo količino plastičnih odpadkov v smetnjakih in odpadkih. Zaradi velikega povpraševanja po hrani so tovarne med seboj konkurenčne in s tem tudi cene izdelkov na policah trgovin. Pogosto cenejši izdelki nimajo trajnostne embalaže (plastika, folija), tako kot višje-cenovni/biološki/ekološki izdelki (steklo, papir, naravni materiali). V mestih je prav tako pogosto mnogo restavracij, ki ponujajo prevoz hrane do doma. Naročena hrana je ponavadi pripeljana v stiroporu ali plastični embalaži in po prehranjevanju odložimo ovojnino med odpadke. To privede do še več odpadkov, odloženih v smetiščne zabojnike. Mesto je kraj priložnosti in kraj, kjer se akumulira vse več odpadkov iz industrije in gospodinjstev zaradi vse večjih potreb prebivalstva. Le trajnostni razvoj lahko pripomore k boljšemu in čistejšemu okolju za sedanje in naslednje generacije. Pomembna je tudi odločitev vsakega posameznika o lastni uporabi določenih potrošnih plastik (vrečke, ovojnine, embalaže), če se bo njegova poraba skozi leta povečala ali zmanjšala. Za razliko od ljudi, ki živijo v mestih, imajo ljudje iz podeželja drugačen življenjski stil, in sicer si lahko v vrtovih sami pridelajo sadje in zelenjavo in s tem zmanjšajo število obiskov trgovin ter zagotovijo manjšo porabo plastičnih embalaž za izdelke. Z doma pridelano hrano prav tako dobimo svež izdelek z vsemi hranilnimi vrednostmi ter s kontroliranim gnojenjem ali uporabo pesticidov. Razlika je prav tako v samem načrtovanju poti živil iz podeželja v trgovino, saj se večinoma odločimo za večji nakup, da je izdelkov doma dovolj za določen čas. Pri načrtovanju si vzamemo čas za spisek izdelkov ter pripravo lastnih vrečk ali kartonskih zabojev za nakup. Naročanje hrane na podeželje iz restavracije je ponavadi zamudno ali ni mogoče zaradi predolge razdalje. Zaradi vseh teh lastnosti lahko sklepamo in potrdimo, da ljudje s podeželja porabijo manj potrošne plastike kot tisti iz mestnega okolja.

10 SKLEP

V diplomski nalogi sem obravnavala nevarnosti mikroplastike v okolju, vpliv na človeka in živali ter v prehranjevalni verigi. Za ta namen sem v teoretičnem delu opisala osnove plastike in njeno onesnaženje, nevarne snovi v plastiki in odpadke, vplive mikroplastike na okolje in organizme, vključno s človekom, ter njen prodor v prehranjevalno verigo. Obravnavala sem tudi pozitivne lastnosti uporabe plastike in nagibanje k trajnostni prihodnosti. Na splošno zaužitje mikroplastičnih delcev v živalih in v človeku ter toksičnost posameznih vrst plastik. Navedla sem tudi določene ukrepe, ki bi bili in so nujni za ohranitev čistosti ekosistema.

V okviru izvedene ankete sem raziskovala ozaveščenost javnosti o problemu in nevarnosti plastike in mikroplastike. Zanimalo me je, ali se ljudje zavedajo omenjene problematike, kako uporabljajo plastiko v vsakdanjem življenju in kakšno je njihovo splošno znanje o mikroplastiki.

Na podlagi pridobljenih podatkov ugotavljam, da so vprašani dobro informirani o problemih s plastiko in o ločevanju odpadkov v pravilno označene zabojnike. Prav tako so anketirani dobro predvidevali, da se plastika razpade na vedno manjše delce do mikroskopskih velikosti. S tem sklepam, da se ljudje zavedajo poti plastike v okolju in njene dolgoročne nerazgradljivosti.

Za nadaljnjo raziskavo tega področja bi bilo mogoče opraviti obsežnejšo raziskavo v več geografskih lokacijah, kjer bi odgovore dobili od več anketiranih za še bolj natančne podatke.

11 POVZETEK

Problematika zaradi odvrženih plastičnih delcev v morju se povečuje, ker se ljudje premalo zavedajo, kako nevarna je lahko plastika za živali in ljudi ter za celoten ekosistem. Glavni cilj v okviru diplomske naloge je predstaviti to področje in opozoriti ljudi na nevarnosti odvržene plastike v naravo ter vplivi na morske organizme in prehranjevalno verigo človeka ter ukrepi za izboljšanje trenutne situacije o problematiki s plastiko. Za dosežen cilj sem predstavila proces razgradnje plastike v naravnem okolju, nastanek mikroplastike, njen vstop v prehranjevalno verigo in njen vpliv na zdravje organizma. Imela sem cilj spoznati do kakšne mere so morski organizmi izpostavljeni škodljivim vplivom mikroplastike v njihovi prehrani - in na podlagi tega predlagati nujne ukrepe, da se njim izognemo.

V okviru diplomskega dela smo ugotovili, da je plastika v današnjem svetu za človeka tako rešitev kakor tudi problem. Omogoča nam lažje življenje zaradi dostopnosti materiala, vzdržljivosti in nižje cene v nasprotju z drugimi podobnimi materiali. Skoraj vse v naši okolici je izdelano iz plastike ali plastičnih vlaken. Mikroplastika v okolju in v morju bo verjetno za vedno ostala, saj je težko odstranljiva, ne da bi poškodovala okolje. Ljudje se moramo zavedati teh problemov in k zmanjševanju le-teh pripomoremo s pravilnim ločevanjem, recikliramo in zmanjšamo uporabo plastike za enkratno uporabo in jo zamenjamo z alternativnimi rešitvami. Prav je, da Evropska unija spodbuja članice k izvajanju raznih čiščenj, ozaveščenost javnosti o okoljskem problemu in sprejetje protiukrepov. Mikroplastika je škodljiva za vse organizme, saj vpliva na imunski sistem in hormonsko neravnovesje. Še vedno ni znano, od kod prihajajo tako velike količine plastičnih odpadkov v morje, saj ni dovolj podatkov izvora. Organizacije se zavzemajo za raziskave o morskih odpadkih, količini, sestavi in vplivih na morsko okolje. Razvijajo se že nove tehnologije za zmanjšanje odpadkov, ki pristanejo na smetiščih, za uporabo goriva iz plastike. Ob primerni uporabi plastike lahko pripomoremo k čistejšemu okolju za nas in za vse organizme okoli nas. Ozaveščanje ljudi o problematiki plastike dandanes najbolj poteka preko družbenih omrežij in nudi najhitrejše informacije iz vseh koncev sveta.

S pomočjo ankete sem izvedela kako dobro so ljudje ozaveščeni o problematiki in nevarnosti o mikroplastiki in splošnega znanja o plastiki.

V prvi postavljeni hipotezi sem ugotavljala, ali vprašani poznajo pojem mikroplastika in se zavedajo njene nevarnosti zaradi prisotnosti v prehranjevalni verigi. Prvi del hipoteze je bil potrjen, saj je večina vprašanih (76 %) poznala pojem mikroplastike, drugi del hipoteze je bil zavržen, ker se ljudje še vedno ne dovolj zavedajo njene nevarnosti v prehranski verigi. Z drugo hipotezo sem želela ugotoviti, ali je upoštevanje ukrepov za zmanjšanje uporabe plastike odvisna od stopnje izobrazbe. Hipotezo sem ovrгла, saj stopnja izobrazbe v odgovorih ni imela pomena pri upoštevanju ukrepov za zmanjšanje uporabe plastike. To sem ugotovila na podlagi rezultata, da bolj izobraženi ne ločujejo bolje od manj izobraženih. V tretji hipotezi ugotavljam, ali je nevarnost zaradi prekomerne uporabe plastike večja v mestih kot na podeželju. Hipotezo sem potrdila, saj je več plastičnih vrečk porabljenih v mestu kot na podeželju.

Anketa je bila uspešna, saj sem iz podatkov ugotovila, da so ljudje dobro ozaveščeni o problematiki, ukrepih in nevarnosti mikroplastike v naravi in do človeka. Glavne omejitve raziskave so bile najti dovolj vprašanih, ki so predstavljali vse regije Slovenije, čim več starostnih skupin in spolov, skupin glede izobrazbe in kraj bivanja ter ostala vprašanja o plastiki in mikroplastiki. Predvsem je mnogo napisane teorije za mikroplastiko, vendar zelo malo potrjene prakse in je zato še zelo neznana tematika, kar se tiče vplivov na okolje in organizme.

12 SUMMARY

The problem of discarded plastic particles in the sea is increasing because not all people are aware of how dangerous plastic can be for animals and humans and for the entire ecosystem. The main goal of the thesis is to present this area and warn people about the dangers of discarded plastic in nature, the impact on marine organisms, plastic in the human food chain and measures to improve the current situation on the issue of plastics. For the achieved goal, I presented the process of degradation of plastic in the natural environment, the formation of microplastics, its entry into the food chain and its impact on the health of organisms. I aimed to find out the extent to which marine organisms are exposed to the harmful effects of microplastics in their diet - and on that basis to suggest urgent measures.

In our thesis, we found that plastic in today's world is both a solution and a problem for humans. Plastic makes our lives easier due to its availability of the material, durability and lower cost as opposed to other similar materials. Almost everything in around us is made of plastic or plastic fibers. Microplastics in the environment and in the sea will probably remain forever, as they are difficult to remove without damaging the environment. People need to be aware of these problems in order to properly separate, recycle and reduce the use of disposable plastics and replace them with alternative solutions. Also, the European Union encourages members to carry out various clean-ups, raise public awareness of the environmental problem and take countermeasures. Microplastics are harmful to all organisms as they affect the immune system and hormonal imbalance. It is still unknown where such large amounts of plastic waste come from into the sea, as no data are known. The organizations are committed to research on marine litter, the amount, composition and impacts on the marine environment. New technologies are already being developed to reduce waste which ends up in landfills, to use plastic for fuel. With the appropriate use of plastic, we can contribute to a cleaner environment for us and for all organisms around us. Raising people's awareness of plastic problems today is mostly done through social networks and offers the fastest information to all over the world.

With the help of a survey, I learned how well people are aware of the problems and dangers of microplastics and general knowledge about plastics.

In the first hypothesis, I determined whether the respondents knew the concept of microplastic and were aware of its dangers due to its presence in the food chain. The first part of the hypothesis was confirmed, as the majority of respondents (76%) knew the concept of microplastics, the second part of the hypothesis was rejected because people are still not sufficiently aware of its dangers in the food chain. With the second hypothesis, I wanted to determine whether compliance with measures to reduce the use of plastics depends on the level of education. I refuted the hypothesis because the level of education in the responses did not matter when considering measures to reduce the use of plastics. I found this based on the result that the more educated do not distinguish better from the less educated. In the third hypothesis, I determine whether the risk of excessive use of plastic is greater in cities than in rural areas. I confirmed the hypothesis as more plastic bags are consumed in the city than in the countryside.

The survey was successful, as I found from the data that people are well aware of the problems, measures and dangers of microplastics in nature and towards humans. The main limitations of the survey were to find enough respondents representing all regions of Slovenia, as many age groups and genders as possible, groups regarding education and place of residence, and other questions about plastics and microplastics. Above all, there is a lot of written theory for microplastics, but very little confirmed practice, and it is therefore still a very unknown topic in terms of impacts on the environment and organisms.

13 LITERATURA IN VIRI

1. Andrady A. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 8: 1596-1605.
2. Avio C. G., Gorbi S., Regoli F. 2016. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 128: 2-11
3. Bricelj, M. (2020). Jadransko morje, evropsko morje pod pritiski. *Geografski obzornik*, 19–21. Medmrežje: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-LCX1YVKS/60e772fa-c4fb-469b-a971-7b261c0bfd81/PDF>
4. Browne M., Crump P., Niven S., Teuten E., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, 45, 21: 9175-9179.
5. Čehić, S. (2007). Pregled na vode v Sloveniji. Medmrežje: http://www.stat.si/doc/pub/Pogled_na_vode_v_Sloveniji.pdf
6. Centa, M. (2016). Ugotavljanje koncentracij mikroplastike v slovenskih vodotokih in jezerih. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
7. Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 12: 2588-2597
8. Collignon A., Hecq J.-H., Galgani F., Voisin P., Collard F., Goffart A. 2014. Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 861-864
9. Cózar A., Sanz-Martín M., Martí E., González-Gordillo JI., Ubeda B., Gálvez JÁ. 2015. Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea. Medmrežje: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0121762>
10. Cox K., Juanes F. University of Victoria. Humans unknowingly consume a lot of microplastics. 2019. Medmrežje: <https://www.uvic.ca/news/topics/2019+microplastics-consumption-kierancox+media-release>
11. Costa M., Ivar do Sul J., Silva-Cavalcanti J., Araújo M., Spengler Â., Tourinho P. 2010. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168: 299-304
12. D'Angelo S., Meccariello R. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Microplastics: A Threat for Male Fertility, 2021.
13. De Vries, A. (2008). Plastika, kemija in zaščita podnebja. *Futurenergia.org*. Medmrežje: <http://www.futurenergia.org/ww/sl/pub/futurenergia2007/resources/sa01>.
14. Desforges J., Galbraith M., Ross P. 2015. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69, 3: 320-330
15. Disney, W. (1974). *Skrivnosti morja*. Mladinska knjiga: Ljubljana.
16. Dris R., Gasperi J., Rocher V., Saad M., Renault N., Tassin B. 2015. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, 12, 5: 592-599
17. Engler R. 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environmental Science and Technology*, 46, 22: 12302–12315
18. European chemicals agency - ECHA. (2020). Medmrežje: <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/sl/>.
19. Farrell P., Nelson K. 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177: 1-3
20. Fendall L., Sewell M. 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1225-1228
21. Fossi M. C., Marsili L., Bainsi M., Gianetti M., Coppola D., Guerranti C., Caliani I., Minutoli R., Lauriano G., Finioia M. G., Rubegni F., Panigada S., Berube M., Ramirez U. J., Panti C. 2015. Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios. *Environmental Pollution*, 206: 68-78
22. Fossi M., Panti C., Guerranti C., Coppola D., Giannetti M., Marsili L., Minutoli R. 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the

- Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64, 11: 2374-2379
23. Geodetski inštitut Slovenije. (2020). Morska obala. Medmrežje: <http://www.hidrografija.si/p1/3-1.php>
 24. Grego M., Bajt O. Nacionalni inštitut za biologijo. Mikroplastika v Tržaškem zalivu. 2020. Medmrežje: <https://www.nib.si/aktualno/novice/1073-mikroplastika-v-trzaskem-zalivu>
 25. Gregory M. 2009. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 867-871
 26. Gross M. 2013. Plastic waste is all at sea. *Current Biology*, 24: R135-R137
 27. Hanke G., Galgani F., Werner S., Oosterbaan, L., Nilsson P., Fleet D., Kinsey S., Thompson R., Palatinus A., Van Franeker J.A., Vlachogianni T., Scoullou M., Veiga J.M., Matiddi M., Alcaro L., Maes T., Korpinen S., Budziak A., Leslie H., Gago J., Liebezeit G. 2013. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. European Union, Publications Office of the European Union. Medmrežje: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC83985>
 28. Helmenstine A. M. 2019. Why Is the Ocean Salty? Medmrežje: <https://www.thoughtco.com/why-is-the-ocean-salty-609421>
 29. Hirai H., Takada H., Ogata Y., Yamashita R., Mizukawa K., Saha M., Kwan C., Moore C., Gray H., Laursen D., Zettler E.R., Farrington J.W., Reddy C.M., Peacock E.E., Ward M.W. 2011. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 8: 1683-1692
 30. Hotko I. Knof. Ločevanje in recikliranje plastike. 2020. Medmrežje: <https://knof.si/blog/2020/08/06/locevanje-in-recikliranje-plastike/>
 31. Inštitut za vode Republike Slovenije. Onesnaževanje in obremenjevanje morskega okolja, 2016. Medmrežje: <http://www.zivetizmorjem.si/portfolio/onesnazevanje-obremenjevanje-morskega-okolja/>
 32. Inštitut za vode Republike Slovenije. Projekt DeFishGear, 2016. Mikroplastika: nevidni sovražnik okolja? Medmrežje: <http://www.izvrs.si/mikroplastika-nevidni-sovraznik-okolja/>
 33. Ivar do Sul J., Costa M. 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185: 352-364
 34. Jakopokvič, K. (2012). Odpadki so postali globalno tržno blago. Deloindom.si. Medmrežje: <http://www.deloindom.si/odpadki/odpadki-so-postaliglobalno-trzno-blago>
 35. Jambeck J. R., Geyer R., Wilcox C., Siegler R.T., Perryman M., Andrady A., Narayan R., Law L. K. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Marine Pollution*, 347: 768-771
 36. Kralj, R. (2010). Največje smetišče na svetu. Rtv slo.si. Medmrežje: <http://www.rtv slo.si/blog/rok-kralj/najvecje-smetisce-na-svetu/39761>
 37. Kruegerl C. M., Harmsl H., Schlosserl D. 2015. Prospects for microbiological solutions to environmental pollution with plastics. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99:8857-8874
 38. Kržan, A. (2012). Biorazgradljiva plastika. Zps.si. Medmrežje: <https://www.zps.si/index.php/okolje/trajnostna-potronja/5501biorazgradljiva-plastika-52012>
 39. Kumar, P. (2014). Past, present & future of plastics. Slideshare.net. Medmrežje: <http://www.slideshare.net/pdk2006/past-present-future-ofplastics>
 40. Laglbauer, B.J.L., R. Melo Franco-Santos, M. Andreu-Cazenave, L. Brunelli, M. Papadatou, A. Palatinus, M. Grego, T. Deprez. (2014). Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. Medmrežje: https://www.researchgate.net/publication/267455581_Macrodebris_and_microplastics_from_beaches_in_Slovenia
 41. Lechner A., Keckeis H., Lumesberger-Loisl F., Zens R., Krusch M., Tritthart M., Glas M., Schludermann E. 2014. The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter

- outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environmental Pollution*, 188: 177-181
42. Li W.C., Tse H.F., Fok L. 2016. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566-567: 333-349
 43. Litterbase. (2020). Medmrežje: <https://litterbase.awi.de/>.
 44. Ljubec, B. (2014). Morski odpadki, grožnja za vse. *Navtika*, 7/8, 2–7. Medmrežje: http://www.nautica.si/wp-content/uploads/2014/09/Ekologija_navtika-plus.pdf
 45. Löhr A., Savelli H., Beunen R., Kalz M., Ragas A., Van Belleghem F. 2017. Solutions for global marine litter pollution. *Current opinion in Environmental Sustainability*, 28: 90-99
 46. Lusher A., McHugh M., Thompson R. 2015. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67, 1–2: 94–99
 47. Ministrstvo za infrastrukturo. (2020). Sektor za varovanje obalnega morja. Medmrežje: http://www.up.gov.si/si/delovna_podrocja/sektor_za_varovanje_obalnega_morja/
 48. Moore C., Lattin G., Zellers A. 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 11, 1: 65-73
 49. Murray F., Cowie P. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62, 6: 1207-1217
 50. National Geographic. Resource library. Great Pacific Garbage Patch, 2019. Medmrežje: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>
 51. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2011). Ocean pollution. Medmrežje: <http://www.noaa.gov/resource-collections/ocean-pollution>
 52. Neves D., Sobral P., Ferreira J., Pereira T. 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish off Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101: 119-126
 53. Norén F., Naustvoll L. 2010. Survey of microscopic anthropogenic particles in Skagerrak, 4-9
 54. Okoljsko poročilo. (2016). Načrt upravljanja voda za vodno območje Donave za obdobje 2016–2021 in Načrt upravljanja voda za vodno območje Jadranskega morja za obdobje 2016–2021. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.
 55. Oliveira M., Ribeiro A., Hylland K., Guilhermino L. 2013. Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+ group) of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae). *Ecological Indicators*, 34: 641-647
 56. Palatinus, A. (2008). Onesnaženost priobalnega zemljišča morja s trdnimi odpadki. *Repozitorij.ung.si*. Medmrežje: <http://repozitorij.ung.si/Dokument.php?id=2801>
 57. Palatinus, A. (2009). Onesnaževanje slovenske obale s trdnimi odpadki. *Varstvo narave* (22), 137–145.
 58. Palatinus, A. (2011). Pregled stanja onesnaženosti priobalnega zemljišča morja s trdnimi odpadki za potrebe okvirne direktive o morski strategiji (2008/56/ES). *22. Mišičev vodarski dan 2011*, 32-41.
 59. Parker L. 2018. Od nje smo odvisni in v njej se utapljam. *National Geographic Slovenija*, 6: 77-79
 60. Perovskia. (2012). Problem onesnaževanja s plastiko. *Wordpress.si*. Medmrežje: <https://belonacrnem.wordpress.com/2012/05/22/problemonesnazenja-s-plastiko>
 61. Peterlin, M. (2013). Načrt upravljanja morskega okolja: Začetna presoja morskih voda v pristojnosti Republike Slovenije, Prevladujoče obremenitve in vplivi. Medmrežje: http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/NU_MO_pritiski_in_vplivi.pdf
 62. Pfeffer, M., Stark, J. (2015). Distribution and consequences of microplastics, a new anthropogenically derived contaminant in streams.
 63. Prednosti plastike. (2020). *Futurenergia.org*. Medmrežje: http://www.futurenergia.org/ww/sl/pub/futurenergia/energy_world/benefits.htm

64. Rilling M. C. 2012. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil?. *Environmental Science & Technology*, 46: 6453-6454
65. Rochman C., Hoh E., Hentschel B., Kaye S. 2013. Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: Implications for plastic marine debris. *Environmental Science and Technology*, 47: 1646-1654
66. Setälä O., Fleming-Lehtinen V., Lehtiniemi M. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185: 77-83
67. Shuxley. (2014). The History of Plastic. Visual.ly. Medmrežje: <http://visual.ly/history-plastic>
68. Sigler M. 2014. The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: current situations and future solutions. *Water, air and soil pollution*, 225: 2184-2193
69. Silvestre C., Durracio D., Cimmino S. 2011. Food packaging based on polymer nanomaterials. *Progress in Polymer Science*, 36: 1766-1782
70. Statistični urad RS. Odpadki, Slovenija 2018: Prebivalec Slovenije je v 2018 v povprečju proizvedel 495 kg komunalnih odpadkov, 17 kg več kot v 2017. Medmrežje: <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/8419>
71. Šalamun, A. (2008). Onesnaževanje okolja večinoma ni kaznovano, stanje voda je slabo. *Finance.si*. Medmrežje: <https://www.finance.si/201973>
72. Šober, A. (2011). Smeti pobijajo živali. *Zverce.si*. Medmrežje: <http://www.zverce.si/smeti-pobijajo-zivali>
73. Talsness C., Andrade A., Kuriyama S., Taylor J., vom Saal F. 2009. Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364: 2079-2096
74. Teuten E. L., Saquing J.M., Knappe D., Barlaz M.A., Jonsson S., Björn A., Rowland S.J., Thompson R.C., Galloway T.S., Yamashita R., Ochi D., Watanuki Y., Moore C., Viet P.H., Tana T.S., Prudente M., Boonyatumanond R., Zakaria M.P., Akkavong K., Ogata Y., Hirai H., Iwasa S., Mizukawa K., Hagino Y., Imamura A., Saha M., Takada H., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 1526: 2027-2045
75. Thompson R., Moore C., vom Saal F., Swan S. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364: 2153-2166
76. Thompson R., Olsen Y., Mitchell R., Davis A., Rowland S., John A., McGonigle D., Russell A. 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304, 5672: 838
77. Trdan, Š. (2013). Analiza trdnih odpadkov in mikroplastike na slovenski obali. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja.
78. U. S. Fish and Wildlife Service (2017). Birds of Midway. Medmrežje: [https://www.fws.gov/refuge/Midway Atoll/wildlife and habitat/Birds of Midway.html](https://www.fws.gov/refuge/Midway%20Atoll/wildlife%20and%20habitat/Birds%20of%20Midway.html)
79. United Nations Environment Programme. (2015). Marine Litter Assessment in the Mediterranean. Medmrežje: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7098/MarineLitterEng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
80. Vidrih, P. (2015). Delfini so v resnih težavah. *Primorske.si*. Medmrežje: <http://www.primorske.si/Plus/Sobota/Delfini-so-v-resnih-tezavah>
81. Viršek, M.K., M.N. Lovšin, Š. Koren, Peterlin, M. (2017). Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. Medmrežje: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28889914>
82. Wagner M., Scherer C., Alvarez-Munoz D., Brennholt N., Bourrain X., Buchinger S., Fries E., Grosbois C., Klasmeier J., Marti T., Rodriguez-Mozaz S., Urbatzka R., Vethaak A.D., Winther-Nielsen M., Reifferscheid G. 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26: 12
83. Watts A., Lewis C., Goodhead R., Beckett D., Moger J., Tyler C., Galloway T. 2014. Uptake and Retention of Microplastics by the Shore Crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science & Technology*, 48, 15: 8823–8830

84. WHO. (2019). Microplastics in drinking-water. Ženeva: WHO. Medmrežje: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>
85. Wright S., Thompson R., Galloway T. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. Environmental Pollution, 178: 483-492
86. Young People's Trust For the Environment. (2020). Polluting the Seas. Medmrežje: <https://ypte.org.uk/factsheets/sea-pollution/polluting-the-seas#>

13.1 Literatura v anketi

CENTURY 21. 2018: Je bolje živeti v mestu ali na podeželju? Medmrežje 1: <https://c21.si/blog/podrobnosti/Je-bolje-ziveti-v-mestu-ali-na-podezelju.html> (21. maj 2021)

Medmrežje 2: <https://www.1ka.si/> (3. april 2021)

Stanovanjski zakon (SZ-1), Uradni list RS, št. 69/2003, stran 10633 (2. in 7. člen).

Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo, Uradni list RS, št. 84/06, 106/06, 110/07, 67/11, 68/11 – popr., 18/14, 57/15, 103/15, 2/16 – popr., 35/17, 60/18, 68/18, 84/18 – ZIURKOE in 54/21

Volarič, N. 2021: Statistik.si. Medmrežje 3: <https://www.statistik.si/>(3. april 2021)