

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PROBLEMATIKA VSEBNOSTI MIKROPLASTIKE V VODI IZ
PLASTENK**

VERONIKA VIDENŠEK

VELENJE, 2022

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PROBLEMATIKA VSEBNOSTI MIKROPLASTIKE V VODI IZ
PLASTENK**

VERONIKA VIDENŠEK

Varstvo okolja in ekotehnologije

MENTORICA: viš. pred. dr. Anja Bubik

VELENJE, 2022

Številka: 726-13/2019-2

Datum: 27. 9. 2019

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

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

Problematika vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

The problematic of microplastics in water from plastic bottles.

Mentorica: **pred. dr. Anja Bubik.**

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.

Izr. 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

Podpisana Veronika Videnšek, z vpisno številko 34150035, študentka dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom Problematika vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, ki sem ga izdelala pod mentorstvom viš. pred. dr. Anje Bubik.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

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

V Velenju, dne _____

podpis avtorja/ice

ZAHVALA

Hvala mentorici, dr. Anji Bubik, za strokovno vodenje in vse napotke skozi celotno diplomsko delo in za veliko mero razumevanja.

Hvala vsem anketirancem, da so si vzeli čas in korektno rešili anketni vprašalnik.

Hvala moji mami in bratu, ki sta me skozi študij spodbujala in podpirala.

Hvala tudi moji dobri prijateljici, ki je bila v času študija ob meni in mi je nesebično pomagala.

Največja zahvala pa gre mojemu partnerju in hčerkama Zali in Niki, ki so bili v času pisanja diplomskega dela še posebej razumevajoči in potrpežljivi, so vedno, ne glede na vzpone in padce, verjeli vame in me v težkih trenutkih opominjali na zastavljeni cilj, kateremu stremim.

Hvala.

IZVLEČEK

Brez plastike si danes življenja ne znamo več predstavljati. Zaradi možnosti uporabe, ki jo plastika ponuja, jo ljudje vsako leto v večjih količinah uporabljamo, njeni odpadki pa v okolju predstavljajo najhitreje rastočo obliko antropogenega onesnaževanja. Eden izmed glavnih razlogov za skrb je ta, da v okolju ni razgradljiva, ampak razpada na vedno manjše delce. Te delce imenujmo mikroplastika, ki v okolju zaradi svoje majhnosti in nezmožnosti odstranjevanja iz okolja predstavlja enega izmed najbolj perečih problemov, s katerim se človeštvo spopada. Mikroplastiko po definiciji predstavljajo zelo mali plastični delci, veliki le do 5 mm, različnih oblik in velikosti. Najdemo jih v vseh ekosistemih, od najvišjega vrha na zemlji, do najglobljega dela oceana, kjer ogroža morske organizme in posledično skozi proces bioakumulacije pristane tudi v naši prehrani.

Čeprav je neoporečna pitna voda v Sloveniji skoraj samoumevna, po svetu ni tako. Zaskrbljujoče je, da je bila mikroplastika najdena tudi v pitni vodi, v vodi iz plastenk pa je bilo z raziskavo, ki so jo izvajali na državni univerzi v Fredonii, ZDA, dokazana visoka vsebnost mikroplastičnih delcev. Od skupno 259 plastenk, ki so jih pregledali, jih je kar 93 % vsebovalo mikroplastiko. Izmed pregledanih vod je znamko vode Evian, ki je bila zajeta v raziskavi, moč kupiti tudi v slovenskih trgovinah. Večina najdenih delcev je bila manjša od 100 μm , kar pomeni, da lahko ti delci vstopijo tudi v človeška tkiva, kot je npr. placenta. Točen vpliv mikroplastike na človeško telo še ni povsem znan, so pa posledice odvisne od koncentracije mikroplastike in njenih fizikalnih lastnosti.

V diplomskem delu smo se osredotočili na problematiko vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk in v ta namen izvedli anketo, s katero smo želeli izvedeti, ali so ljudje ozaveščeni o problematiki mikroplastike in v kakšni meri ljudje uporabljajo vode iz plastenk. Z dobljenimi in analiziranimi podatki smo ugotovili, da velika večina (92 %) Slovencev za vsakodnevno pitje uporablja vodo iz vodovoda, le 11 % se jih odloča za pitje vode iz plastenk, saj ti v večini menijo, da je voda tako zares neoporečna, praktična za uporabo, cenovno ugodna in vedno dostopna. Kljub medijski izpostavljenosti problema mikroplastike so anketiranci zelo slabo ozaveščeni o njeni problematiki, saj jih le 52 % pozna pojem mikroplastike. Ugotovili smo, da je poznavanje pojma zelo povezano s stopnjo izobrazbe anketirancev.

Menimo, da je treba v prihodnje ljudi bolj ozaveščati o problematiki mikroplastike, dati večji poudarek temu, da imamo v Sloveniji privilegij skoraj vsem dostopne čiste pitne vode iz vodovoda in da zaradi tega ni potrebe po poseganju vode iz plastenk, saj se s tem ne le v telo vnaša manj mikroplastike, ampak tudi pripomore k zmanjšanju nastajanja plastičnih odpadkov.

Ključne besede: plastika, mikroplastika, pitna voda, voda iz plastenk, ozaveščenost

ABSTRACT

Nowadays, we can no longer imagine life without plastics. Because of the many uses that plastics offer; people are using more of them every year and their waste in the environment is the fastest growing form of anthropogenic pollution. One of the main reasons for concern is that they do not degrade in the environment but break down into smaller and smaller particles. These particles are called microplastics, which, because of their small size and their inability to be removed from the environment, represent one of the most pressing problems facing humanity. Microplastics, by definition, are composed of very small plastic particles, only up to 5 mm in size, of different shapes and sizes. They can be found in all ecosystems, from the highest peak on earth to the deepest part of the ocean, where they threaten marine organisms and consequently, through the process of bioaccumulation, end up in our diet.

Although clean drinking water is taken for granted in Slovenia, this is not the case worldwide. It is striking that microplastics have also been found in drinking water, and that a study carried out at the State University of New York at Fredonia, USA, has shown high levels of microplastic particles in plastic bottled water. Of the 259 bottles examined, 93 % contained microplastics. Of the waters tested, the Evian brand of water, which was included in the study, can also be bought in Slovenian shops. Most of the particles found were smaller than 100 μm , which means that these particles can also enter human tissues such as the placenta. The exact impact of microplastics on the human body is not yet fully known, but the consequences depend on the concentration of microplastics and their physical properties.

In this thesis, we focused on the issue of microplastics in plastic bottled water and carried out a survey to find out whether people are aware of the issue of microplastics and to what extent people use plastic bottled water. The data collected and analyzed showed that the vast majority (92.2 %) of Slovenians use tap water for their daily drinking needs, while only 11% of them choose to drink plastic bottled water, as most of them consider it to be truly safe, practical to use, affordable and always accessible. Despite the media exposure of microplastics, respondents have a very low awareness of the problem, with only 52 % being familiar with the concept of microplastics. We found that familiarity with the concept is highly correlated with the level of education of the respondents.

We believe that in the future it is necessary to raise people's awareness of the issue of microplastics, to put more emphasis on the fact that in Slovenia we have the privilege of having clean drinking water from the tap available to almost everyone and that it is not necessary to use water from plastic bottles because this will not only reduce the amount of microplastics in their bodies but also help to reduce the generation of plastic waste.

Keywords: plastic, microplastics, drinking water, plastic bottled water, awareness

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1. 1	Opis problema.....	1
1. 2	Nameni in cilji dela	2
1. 3	Hipotezi	3
2	PLASTIKA	4
2. 1	Zgodovina plastike	4
2. 2	Proizvodnja plastike	6
2. 3	Vrste polimernih mas	8
2. 4	Aditivi v plastiki.....	9
2. 5	Plastika kot odpadek.....	10
2. 6	Onesnaževanje okolja s plastiko in njeni negativni vplivi	12
3	MIKROPLASTIKA.....	15
3. 1	Delitev mikroplastike	15
3. 2	Interakcija mikroplastike s kemikalijami in mikrobi	16
3. 3	Mikroplastika v pitni vodi	17
3. 4	Mikroplastika v vodi iz plastenk.....	19
3. 5	Dostopnost vod iz študije v slovenskih trgovinah.....	21
3. 6	Izpostavljenost človeka mikroplastiki in toksikološke posledice na zdravje ljudi.....	22
4	UKREPI IN ZAKONODAJA	25
5	METODE DELA.....	27
6	REZULTATI ANKETE Z RAZPRAVO.....	28
6. 1	Spol.....	28
6. 2	Starost.....	29
6. 3	Stopnja dosežene izobrazbe.....	29

6. 4	Statistična regija Slovenije	30
6. 5	Vrsta uporabljene vode za pitje.....	31
6. 6	Razlogi za uporabo določene vode.....	31
6. 7	Pogostost uporabe vode iz plastenk	33
6. 8	Poznavanje pojma mikroplastika	34
6. 9	Mikroplastika v vsakdanjem življenju	37
6. 10	Vsebnost mikroplastike v okolju.....	37
6. 11	Vsebnost mikroplastike v oblikah vode	38
6. 12	Pozornost na vsebnost sestavin vode iz plastenk	40
6. 13	Znamka vode iz plastenk, po kateri anketiranci najpogosteje posegajo	41
6. 14	Kupovanje vode v plastenkah kljub mikroplastiki.....	41
6. 15	Rešitev za zmanjšanje uporabe vode iz plastenk	42
7	SKLEPI	43
8	POVZETEK	45
9	SUMMARY	47
10	VIRI IN LITERATURA.....	49

Kazalo slik

Slika 1: Polimerizacija etana – nastanek polietilena	6
Slika 2: Proizvodnja plastike od leta 1950 v svetu in Evropi	7
Slika 3: 7 glavnih identifikacijskih kod, ki označujejo plastiko	8
Slika 4: Morska želva, zapletena v ribiško mrežo	13
Slika 5: Prisotnost mikroplastike v vodi iz vodovoda na globalni ravni	18
Slika 6: Gostota mikroplastike po frakcijah, velikosti in skupno število vseh mikroplastičnih delcev v vseh steklenicah iste serije	20
Slika 7: Voda znamke Evian, kupljena v slovenski trgovini	22
Slika 8: Spol	28
Slika 9: Starost	29
Slika 10: Stopnja dosežene izobrazbe	29
Slika 11: Statistična regija Slovenije	30
Slika 12: Vrsta uporabljene vode za pitje	31
Slika 13: Pogostost uporabe vode iz plastenk	33
Slika 14: Poznavanje pojma mikroplastika	34
Slika 15: Poznavanje pojma mikroplastika glede na izobrazbo	36
Slika 16: Vsebnost mikroplastike v okolju (prikaz povprečij)	38
Slika 17: Vsebnost mikroplastike v oblikah vode (prikaz povprečij)	40
Slika 18: Pozornost na vsebnost sestavin vode iz plastenk	40

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Voda iz vodovoda	31
Preglednica 2: Voda iz plastenk	32
Preglednica 3: Ustekleničena voda	32
Preglednica 4: Poznavanje pojma mikroplastika glede na izobrazbo	35
Preglednica 5: Mikroplastika v vsakdanjem življenju	37
Preglednica 6: Vsebnost mikroplastike v okolju	37
Preglednica 7: Vsebnost mikroplastike v oblikah vode	38
Preglednica 8: Kupovanje plastenk kljub mikroplastiki	41
Preglednica 9: Rešitev za zmanjšanje uporabe vode iz plastenk	42

1 UVOD

1.1 Opis problema

V sodobnem načinu življenja, kot ga poznamo danes, si ljudje težko predstavljamo življenje brez plastike. Zaradi svojega širokega spektra uporabnosti in lahke dostopnosti nam je prinesla po eni strani številne koristi, po drugi strani pa je zaradi vse večje proizvodnje in uporabe le-te tudi pritisk na okolje vse večji.

Plastika je skupen izraz za vsak sintetični ali polysintetični polimer, ki se sintetizira iz ogljikovodika ali biomase (A. Mason in sod., 2018). Razvoj plastike, kot jo poznamo danes, se je začel z odkritjem Lea Hendrika Baekelanda leta 1907, ko je izumil prvo pravo sintetično smolo, imenovano bakelit (Plastics industry association, 17.1.2022). Masovna proizvodnja plastike se je začela po drugi svetovni vojni in vsako leto eksponentno narašča, tako je bilo leta 1950 proizvedene 1,5 milijona ton plastike, leta 2020 pa kar 367 milijonov ton (Plastics Europe, 2020). Ob upoštevanju trenutnega trenda rasti populacije in uporabe plastike ter njenih proizvodov se bo po poročanju Svetovne zdravstvene organizacije proizvodnja le-te do leta 2025 podvojila, do leta 2050 pa celo potrojila (WHO, 2019).

Ker smo danes ljudje vse bolj potrošniško naravnani, se večina plastičnih izdelkov nekaj ur/dni po uporabi zavrže, kar pa je družbo pripeljalo do problema ravnanja z odpadno plastiko (Evropski parlament, 2018). Prav zaradi tega velja neprimerno odlaganje sintetičnih polimerov za eno izmed najhitreje rastočih oblik antropogenega onesnaževanja pri nas in po svetu (L. Valentić, 2018). Kljub temu da se v EU večino plastičnih odpadkov po uporabi termično obdela in uporabi za pridobivanje električne in toplotne energije, se jih nekaj kopiči in ostaja zakopanih v odlagališčih pod zemljo, le majhen delež (okoli 30 %) pa se jih reciklira in ponovno uporabi (Evropski parlament, 2018). Velik del plastike zaide tudi v okolje, kjer se pod vplivom UV-žarkov in ostalih fizikalnih, kemičnih in mehanskih dejavnikov postopoma razkraja v tako imenovano mikroplastiko, ki v okolju tudi trajno ostane (Zveza potrošnikov Slovenije, 2019).

Mikroplastika so plastični delci različnih oblik in velikosti do 5 mm (Science advice for policy by European academies, 2019). Po izvoru ločimo primarne in sekundarne vire mikroplastike. Primarna mikroplastika je namensko proizvedena v takšni velikosti, kot so npr. mikrokroglice v kozmetiki in različni industrijski granulati (J. Boucher in sod., 2017). Sekundarna mikroplastika pa nastaja z razpadom večjih plastičnih predmetov, ki so posledica nepravilnega ravnanja z odpadlo plastiko, predvsem dejavnosti na kopnem (F. Prosen, 2021).

Mikroplastiko je moč najti povsod okrog nas, od zraka, oceanov, v tleh, v hrani in nenazadnje tudi v vodi za pitje. S tem namenom je Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) objavila poročilo študije o vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, ki so jo izvajali v ZDA. V raziskavo je bilo vključenih 11 znamk vode iz 19 lokacij in 9 držav. Testirali so 259 plastenk in od tega jih je kar 93 % vsebovalo delce mikroplastike (A. Mason in sod., 2018). Vzrokov za kontaminacijo pitne vode z mikrodenci je več, in sicer lahko mikrodenci pridejo v vodo zaradi izpiranja iz površin (ceste, kmetijstvo, prah v mestih, pranje sintetičnih oblačil), izpustov iz odpadnih vod, iz čistilnih naprav, izpustov iz industrije, razpadanja makroplastike ter s proizvodnjo in distribucijo vode (WHO, 2019). Vir mikroplastike v vodi iz plastenk pa je lahko tudi embalaža, v kateri je voda, in plastični pokrovček, s katerim je plastenka zaprta (K. Hunt, 2019). Če za vsakodnevno pitje pijemo le vodo

iz plastenk, v naše telo vnesemo 22-krat več delcev mikroplastike, kot če pijemo vodo iz vodovoda (D. Cox in sod., 2019).

Mikroplastiki smo izpostavljeni tudi ljudje. V naše telo lahko vstopi preko respiratornega sistema, preko kože, sluznice ali neposredno z zaužitjem (ZPS, 2019). Svetovna zdravstvena organizacija je potrdila, da vsebnost mikroplastike v pitni vodi iz plastenk na trenutnih ravneh ne predstavlja večje nevarnosti za zdravje ljudi in ga ne ogroža, kljub temu pa zaradi premalega števila raziskav in pomanjkljivih informacij ne morejo trditi, da so delci mikroplastike popolnoma neškodljivi, saj so učinki mikroplastike na zdravje lahko posledica fizikalnih lastnosti, kot sta velikost in oblika, kemičnih lastnosti, kot sta prisotnost aditivov in vrsta polmera, koncentracije mikroplastike ter pritrjenega patogenega mikrobnega biofilma (WHO, 2019; ZPS, 2019; C. Campanale in sod., 2020).

Za izboljšanje stanja lahko veliko naredimo sami s tem, da manj nakupujemo in dobro premislimo, ali stvar res potrebujemo, da v trgovini ne kupujemo plastičnih vrečk za enkratno uporabo, ampak nesemo vrečko, narejeno iz blaga ali celuloznih vlaken s sabo, da vodo in drugih pijač ne kupujemo v plastični embalaži, ampak pijemo vodo iz vodovoda in da pravilno ločujemo odpadlo plastiko. Tudi Evropska unija in ostale države po svetu se vse bolj zavedajo negativnih posledic uporabe plastike, zato želijo s sprejemanjem ukrepov in skupnim reševanjem ta negativni trend obrniti (F. Bogovič, 2021). Zadnja leta je bilo na nivoju Evropske unije sprejetih več zakonodajnih svežnjev, ki jih je v svoj pravni red prenesla tudi Slovenija. Z namenom izboljšanja ravnanja z odpadno plastiko je Slovenija v svoj pravni red prenesla direktivo (2015/720/EU) glede zmanjšanja uporabe lahkih plastičnih vrečk in direktivo (2019/904/EU) z namenom zmanjšanja vpliva nekaterih plastičnih proizvodov, ki je v Sloveniji v veljavi od 20. avgusta 2021 in prepoveduje dajanje na trg plastične proizvode za enkratno uporabo, ki so med desetimi najpogostejšimi najdenimi plastičnimi odpadki, ki onesnažujejo evropske plaže (EUR-Lex, 2015; EUR-Lex, 2019; Uradni list RS, 2021).

1.2 Nameni in cilji dela

Namen diplomskega dela je najprej predstaviti pojem mikroplastike iz vidika globalnega problema kopičenja mikroplastike v okolju in njenega vpliva na ekosistem in zdravje ljudi. Ker je problematika mikroplastike v pitni vodi, tudi pitni vodi iz plastenk, še dokaj neraziskana, je naš namen podrobno preučiti eno izmed novejših in bolj obširnih študij Svetovne zdravstvene organizacije o prisotnosti mikroplastike v vodi iz plastenk (A. Mason, 2018). Želimo ugotoviti, katere od testiranih vod iz raziskave so dostopne tudi v Sloveniji in na podlagi izsledkov le-tega ter anketnega vprašalnika ugotoviti, koliko ljudi v Sloveniji posega ter uživa vodo iz plastenk in uporablja takšno obliko plastike in koliko se jih hkrati zaveda problematike vnosa mikroplastike v okolje in njenega negativnega vpliva na zdravje.

Skozi diplomsko delo smo si zastavili tri cilje. Prvi je, skozi teoretični del diplomskega dela, ozaveščanje prebivalstva glede mikroplastike v vodi. Drugi cilj je natančno predstaviti rezultate in pomen študije. Tretji pa je dobljene rezultate ankete natančno analizirati in dobiti natančen vpogled, koliko ljudi se poslužuje vode v plastenkah, koliko v steklenicah in koliko vode iz vodovoda ter tako pridobiti čim bolj reprezentativne rezultate.

1. 3 Hipotezi

V diplomskem delu smo preverjali dve trditvi oziroma hipotezi:

1. Vsebnost mikroplastike v vodi iz plastenk je pogost okoljski problem in se ga v Sloveniji premalo zavedamo.
2. Anketiranci se za vsakodnevno pitje vode večkrat odločijo za vodo iz vodovoda kot za vodo iz plastenk in problematike mikroplastike v pitni vodi ne prepoznajo kot pomembne.

2 PLASTIKA

Beseda plastika izhaja iz grške besede plastikos in pomeni oblikovati ali ulivati. Je vsesplošno razširjena snov in predstavlja skupen izraz za vsak sintetični ali polysintetični polimer, ki se sintetizira iz ogljikovodika ali biomase, njeni začetki proizvodnje pa segajo le nekaj več kot 100 let nazaj (Wikipedia, 2020; A. Mason in sod., 2018). Polimeri so zelo velike molekule z visokimi molskimi masami, sestavljeni iz ponavljajočih se manjših molekul, imenovanih monomeri (M. Šprajcar in sod., 2012). Plastični predmet je tako sestavljen iz množice dolgih ogljikovodikovih verig, sestavljenih iz ponavljajočih se kratkih enot, monomerov in dodanih aditivov. Plastični izdelki lahko imajo različno obliko in teksturo, zato je izbira surovine, proizvodnega procesa in aditivov eden ključnih faktorjev, ki vplivajo na lastnosti plastike (trdota, elastičnost, lomljivost, obarvanost, termo in kemična stabilnost). Velikost molekule, skupaj z njenimi fizikalnimi lastnostmi in strukturami, pa predstavlja enega glavnih vzrokov za njeno edinstvenost in tako široko uporabnost. Skupno večini plastičnih materialov pa je, da jih je mogoče obdelovati z uporabo toplote ali pritiska, ne da bi se ob tem zlomili. To lastnost imenujemo plastičnost, po čemer so plastični materiali dobili tudi ime (Wikipedia, 2020).

Plastika je nepogrešljiva in predstavlja pomemben del človeškega vsakdana in gospodarstva, saj opravlja mnogo nalog, s katerimi premagujemo različne izzive, s katerimi se spopada naša družba. Nekaj takšnih je, da s plastično embalažo, v kateri shranimo živila, zmanjšamo živilski odpad in zagotavljamo sterilnost hrane, v avtomobilski industriji in letalstvu pripomore k zmanjšanju porabe goriva in izpustov CO₂, saj so plastične komponente lažje od drugih materialov, v medicini pa lahko biokompatibilni plastični materiali skupaj s tridimenzionalnim tiskanjem pomagajo reševati človeška življenja (Evropska komisija, 2018). Plastika ima poleg pozitivnih učinkov tudi nekaj negativnih. Eden glavnih je onesnaževanje okolja, saj se plastika, nastala iz sintetičnih ali polysintetičnih polimerov, nikoli ne razgradi, ampak razpada na manjše delce, tako imenovano mikro in nano plastiko, ki se v okolju kopiči in nikoli čisto ne odstrani (L. Parker, 2019).

Kljub vsemu pa je plastika danes, zaradi svoje poceni izdelave, dostopnosti, in možnosti natančnega prilagajanja lastnosti materialov namenu uporabe, omogočila razvoj tehnologij in uporabnih produktov. Je eden izmed najbolj priljubljenih materialov in predstavlja nepogrešljiv del človeškega vsakdana in če je na tržišču ne bi bilo mogoče več dobiti, bi jo zagotovo pogrešali, saj bi izdelki, kot so obutev, nekatera oblačila, gradbeni material, velik del vozil, embalaža in medicinski pripomočki, izginili iz potrošnje. Lahko bi jo sicer zamenjali z lesom, kovinami, papirjem ali steklom, vendar bi to pomenilo višje stroške in veliko več porabljene energije (D. Kogoj, 2021).

2.1 Zgodovina plastike

Prva uporaba naravnih polimerov sega v leto 1600 pr. n. št., ko so ljudstva v Srednji Ameriki predelovali naravni kavčuk za izdelavo raznih figuric in trakov (M. Centa, 2016).

Odkrivanje polysintetičnih ali sintetičnih mas se je bolj intenzivno začelo v 19. stoletju, z izumom Alexandra Parkesa leta 1856 v Veliki Britaniji. Material, ki ga je poimenoval »*parkesine*«, je bil organski material, pridobljen iz celuloze, ki ga je bilo mogoče po segrevanju oblikovati, ko pa se je ohladil, je ohranil svojo obliko. Parkes je svoj izum leta 1862 javno predstavil na veliki mednarodni razstavi v Londonu in bil za svoje delo nagrajen z bronasto medaljo (M. Bellis, 2020). Prvi izdelki, izdelani iz plastike, so bili peresa, glavniki in gumbi. Parkesine je bil leta 1865

patentiran in razstavljen kot nov material Kraljevi družbi umetnosti v Londonu. Ta material je predstavljal polsintetični termoplastični material na osnovi celuloznega nitrata, ki mu je bilo kemično mogoče spremeniti obliko in mehkobo. Čeprav izdelek ni bil komercialno uspešen, je Parkesine predstavljal pomemben prvi korak v razvoju plastike, saj so kmalu po odkritju material začeli preučevati, razvijati in izboljševati tudi drugi kemiki in znanstveniki (Plastic for change, 2022).

Naslednji, ki ga je zanimala plastika, je bil John Wesley Hyatt. Leta 1868 je z mešanjem trdne nitroceluloze, kafe in alkohola pod pritiskom izdelal plastiko, imenovano celuloid. Le ta je bila prvotno izumljena kot nadomestek za slonovino, ki je bila sestavni del biljardnih krogel. Ta plastika je bila tržno uspešnejša, saj so ji lahko dodali barvo, že pri temperaturi vrele vode se je zmehčala in jo je bilo moč oblikovati v nešteto oblik, pri sobni temperaturi pa jo je bilo mogoče polirati, vrtati, stružiti in žagati. Poleg krogel za biljard je celuloid zaslovel tudi kot prvi prožni fotografski film, ki se je uporabljal za snemanje in fotografiranje filmov (W. L. Hosch, 2009; M. Bellis, 2020).

Po celuloznem nitratu je bil formaldehid naslednji izdelek, ki je veliko prispeval k napredku tehnologije plastike. Leta 1907 je Leo Hendrik Baekeland izboljšal reakcijske tehnike fenol-formaldehida in ustvaril prvo popolnoma sintetično smolo, imenovano bakelit, ki je bila namenjena izoliranju žic za električno. S tem izumom se je začel razvoj sodobne plastike, ki jo poznamo danes (PIA, 17.1.2022).

Še nekaj pomembnih mejnikov, ki so vplivali na razvoj plastike:

- Polivinil klorid so prvič uporabili leta 1913, ko ga je odkril Friedrich Heinrich Avgust Klatte (M. Centa, 2016).
- Polimere, ki jih poznamo danes, je leta 1920 odkril Hermann Staudinger (PIA, 17.1.2022).
- V času druge svetovne vojne se je pojavilo ogromno inovacij na področju kemikalij in plastike. Materiali, narejeni iz plastike, so v tistem obdobju prodrli na tržišča in ljudem zvišali življenjski standard in kakovost življenja. Ena izmed teh inovacij je bila v podjetju DuPont leta 1939 iznajdba poliamida, bolj poznanega pod imenom najlon. Zaradi promocije je hitro postal zelo priljubljen in se uporabljal za izdelavo sintetičnih svilenih nogavic za ženske. Še danes so >najlonke< sinonim za hlačne nogavice (Wikipedia, 2020).
- Leta 1941 je bil odkrit eden najbolj uporabnih plastičnih materialov na svetu, in sicer polietilen tereftalat (PET). Odkril ga je John Rex Whinfield, danes pa se PET uporablja za izdelavo plastenk za vodo in drugih pijač (M. Centa, 2016).
- V 50. letih prejšnjega stoletja je na tržišče prišel tudi poliester. Leta 1954 pa so začeli uporabljati polipropilen, eden najbolj priljubljenih polimerov na svetu. Iz njega so izdelani jogurtovi lončki (PIA, 17.1.2022).
- Ker je leta 1979 v ZDA proizvodnja plastike presegla proizvodnjo jekla, lahko rečemo, da je druga svetovna vojna začela ero plastične industrije in spremenila svet (M. Centa, 2016).
- V začetku 90. let prejšnjega stoletja se družba prvič sreča s plastiko, izdelano iz biomase. Takrat ni izpolnila potrošnikovih pričakovanj in zanimanja zanjo še ni bilo. Nekaj let kasneje se je na tržišču ponovno pojavila, da bi zagotovila trajnostne možnosti umetnih polimerov (PIA, 17.1.2022).

2.2 Proizvodnja plastike

Ker ne obstaja en sam jasan postopek proizvodnje plastike, saj obstaja mnogo različnih vrst plastike, je za proizvodnjo le te potrebno veliko strokovnega znanja in dela (This is plastics, 17.1.2022). Primarni gradnik plastike so polimeri, ki so lahko po izvoru naravni ali umetno ustvarjeni. Naravne polimere v presnovnih procesih živi organizmi sami sintetizirajo za potrebe opravljanja različnih funkcij. Eden izmed takšnih polimerov je tudi molekula DNK, ki nosi dedni zapis v človeškem telesu, ostali naravni polimeri so še celuloza, škrob, hitin, agar, pektin itd., ki jih pridobimo iz obnovljivih virov iz rastlin, kot so koruza, krompir, žitarice, sladkorni trs. Ker v naravi velja pravilo, da kar narava da, lahko tudi razgradi, obstajajo encimski sistemi za razgradnjo teh polimerov. To delo večinoma opravijo splošno prisotni in skoraj vedno dejavni mikroorganizmi, kot so alge, bakterije in glive. Umetni polimeri so v osnovi zelo podobni naravnim polimerom, vendar jih umetno proizvaja človek iz neobnovljivih virov fosilnih goriv, kot sta nafta in zemeljski plin. V naravi ti polimeri kot taki ne obstajajo in ko končajo v okolju kot odpadki, se ne morejo vključiti nazaj v naravni tokokrog. Večina plastike, ki jo uporabljamo, spada v skupino umetnih polimerov (M. Šprajcar in sod., 2012).

Za proizvodnjo plastike so potrebni štirje koraki (I. Tieso, 2022):

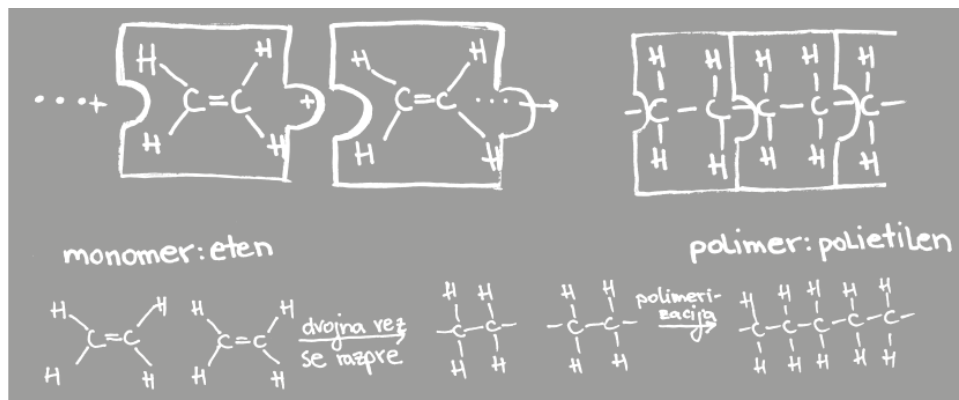
1. Pridobivanje surovin

Proizvodnja umetnih plastičnih mas se prične s črpanjem nafte in zemeljskega plina, ki v prvi fazi proizvodnega procesa rafinerirata v plina etan in propan (This is plastics, 17.1.2022).

2. Sinteza osnovnega polimera

Najbolj znan industrijski postopek sinteze umetnih plastičnih mas, pri kateri se monomeri povezujejo v molekulo polimera, se imenuje polimerizacija. Poznamo dve vrste polimerizacije, in sicer adicijsko ali verižno polimerizacijo in kondenzacijsko ali stopenjsko polimerizacijo (U. Šebenik; B. Alič, 2013).

V drugem delu proizvodnega procesa se molekuli etana in propana s pomočjo visoke temperature, v postopku, imenovanem »kreking«, razbijeta na monomere, ki se jim doda katalizator, ki v procesu polimerizacije pospešuje tvorjenje verig, da iz etana nastane etilen in iz propana propilen (This is plastics, 17.1.2022).



Slika 1: Polimerizacija etana – nastanek polietilena
Vir: M. Šprajcar in sod., 2012, str. 6

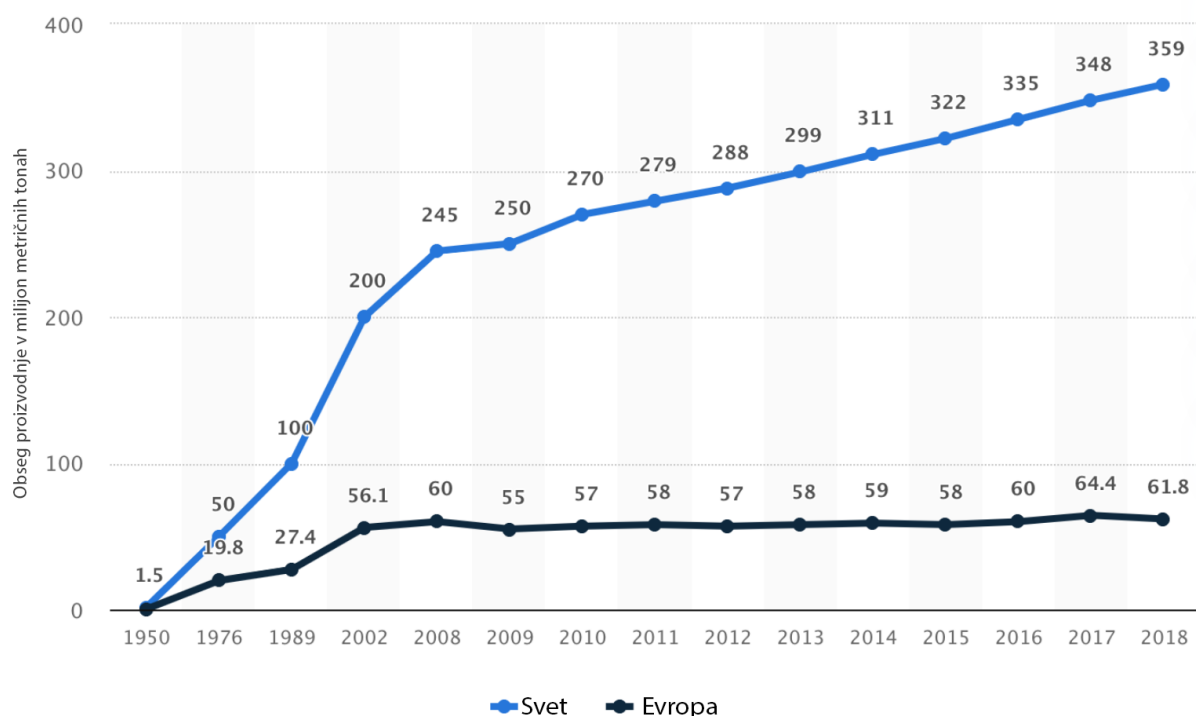
3. Sestavljanje polimera v osnovno frakcijo

Po postopku polimerizacije nastane polimerni prah, ki je videti kot pralni prašek. Nato plastično prašno maso dovajajo v ekstruder, kjer se stali in jo oblikujejo v cev. Ko se plastična masa ohladi, nastane dolga plastična cev, ki jo nato razrežejo na nekaj mm velike plastične granule, ki jih pošljejo v tovarne za nadaljnjo predelavo (M. Centa, 2016; This is plastics, 17.1.2022).

4. Oblikovanje plastike

V tovarnah pelete ponovno stalijo, jim dodajo aditive, da dobijo želene lastnosti plastike in jo oblikujejo v raznorazne uporabne predmete, ki jih vsakodnevno uporabljamo, kot so npr. plasteke za vodo, embalaža za hrano, medicinski pripomočki, gospodinjski aparati, pisarniški material, plastične igrače, plastične vrečke in še mnogo drugih izdelkov (This is plastics, 17.1.2022).

Zaradi vsestranskosti plastičnega materiala proizvodnja tega iz leta v leto eksponentno narašča. Iz proizvodnje 1,5 milijona ton plastike leta 1950 smo leta 2020 prišli do 367 milijonov ton plastike, proizvedene na svetu v enem letu, od tega je bilo skoraj 58 milijonov ton proizvedene v Evropi, kjer največ plastike proizvedeta Nemčija in Italija. Skoraj 40 % proizvedene plastike je namenjena za proizvodnjo embalaže, sledijo ji plastika, namenjena za gradbeništvo, avtomobilsko industrijo, elektroniko, kmetijstvo itd. Ob upoštevanju trenutnega trenda rasti populacije in uporabe plastike ter njenih proizvodov se bo po poročanju Svetovne zdravstvene organizacije proizvodnja le te do leta 2025 podvojila, do leta 2050 pa celo potrojila (I. Tiseo, 2022; WHO, 2019; Plastics Europe, 2020).



Slika 2: Proizvodnja plastike od leta 1950 v svetu in Evropi

Vir: prirejeno po Brink news, 2019

Proizvodnja plastike je energetsko zelo intenzivna, saj v ZDA za kilogram pridobljene plastične mase potrebujejo 62 do 108 mega joulov (MJ) energije. Za letno proizvodnjo plastike pa se porabi 6 % nafte, proizvedene v enem letu. Po trenutnem trendu naraščanja proizvodnje bi se naj delež do leta 2050 povečal na 20 % (C. J. Rhodes, 2018; I. Tiseo, 2022).

V svetovnem merilu je največja proizvajalka plastike Kitajska, saj trenutno vsak mesec proizvede od 6 do 8 milijonov ton plastičnih izdelkov, kar predstavlja 32 % svetovne proizvodnje plastike (I. Tiseo, 2022).

2.3 Vrste polimernih mas

Poznamo več tipov plastike, ki imajo med sabo različne načine uporabe. Polimerne mase se v osnovi delijo v tri glavne skupine: na termoplaste, duroplaste in elastomere. Termoplasti so linearno razvejani polimeri, ki se predelujejo pri visokih temperaturah. Njihova glavna lastnost je, da imajo možnost večkratne uporabe in recikliranja, saj je termoplastične izdelke mogoče ponovno mehčati, taliti ter preoblikovati. Zaradi te značilnosti so termoplasti v svetu najbolj uporabljena vrsta plimerne mase. V skupino termoplastov spadajo polistiren (PS), polovinil klorid (PVC), polietilen tereftalat (PET), polietilen (PE) in polipropilen (PP)... Slaba stran termoplastov pa je, da se ob visoki temperaturi začnejo mehčati in zgubijo mehanske lastnosti. Če je za termoplaste značilno, da imajo možnost recikliranja, je za duroplaste značilno ravno obratno. Duroplasti nimajo možnosti recikliranja in se njihovo preoblikovanje lahko opravi le enkrat, zato v svetovnem merilu njihova proizvodnja ne narašča. Duroplasti imajo trdno in obstojno obliko, so odporni na temperaturo in so zaradi tega na mnogih področjih nezamenljivi. Najbolj znan in pogosto uporabljen duroplast je poliuretan (PU ali PUR). Tudi elastomere ni mogoče reciklirati. Nastanejo s povezovanjem makromolekul kavčuka med vulkanizacijo, kjer se makromolekule členkasto sprimejo in tvorijo elastično vez. Najbolj znan elastomer so gume (AZOM, 2019; Laboratorij za preoblikovanje, 29.1.2022).

Plastiko lahko razvrščamo na številne načine, eden izmed teh je tudi, da jo razvrstimo glede na simbol, ki je odtisnjen na plastičnem izdelku in je sestavljen iz identifikacijske kode recikliranja plastike. Zaradi bolj doslednega recikliranja plastike je leta 1988 Združenje plastične industrije uvedlo sistem identifikacijske kode (RIC) in plastične materiale razdelilo v 7 glavnih kategorij. Po manjših spremembah je bila ta klasifikacija priznana kot svetovna standardna klasifikacija plastičnih mas. Med glavne vrste plastike po klasifikaciji plastičnih mas spadajo (PFC, 2021; Zeleni obnovljivi viri, 3.2.2022):



Slika 3: 7 glavnih identifikacijskih kod, ki označujejo plastiko

Vir: <http://guides.stopwaste.org/packaging/avoiding-pitfalls/resin-identification-code>

1 PET/PETE (Polietilen tereftalat) – iz te vrste plastike je izdelana večina plastenk za enkratno uporabo, kot so plastenke za vodo in ostale brezalkoholne pijače, kečap, ustno vodo. Je

najpogosteje uporabljena plastična masa v svetovni plastični industriji, saj materiala ni moč razbiti, če npr. plastenka pade na tla. Je zelo lahek, poceni in široko reciklrni material. PET se reciklira v okoli 20 % in se predela v novo embalažo ali v druge izdelke. Kadar recikliranje PET ni mogoče, se uporabi kot vir energije (B. C. Howard in sod., 2021; M. Centa, 2018).

2 HDP (HDPE) (Polietilen visoke gostote) – tudi ta vrsta plastike je, tako kot PET, ena najpogosteje recikliranih plastik. Ker je poceni in trpežna, se v njej hranijo šamponi, detergent, mleko in tekočine, ki so po strukturi gostejše (B. C. Howard in sod., 2021).

3 V/PVC (Polivinil klorid) – odlikujejo ga nizka cena, lahkotnost materiala, trajnost in lahka predelava. V gradbeništvu se v večini uporablja za izdelavo oken in vrat. Kljub svojim prednostim pa ima tudi nekaj slabosti. Kljub prizadevanjem industrij, ga še vedno skoraj ni mogoče reciklirati. Ker je del PVC-ja tudi klor, se med proizvodnjo sproščajo dioksini. Nikoli pa ga ne smemo sežigati, saj je ob sežigu sproščajo nevarni toksini (B. C. Howard in sod., 2021; PFC, 2021).

4 LDPE (Polietilen nizke gostote) – ima med vsemi plastikami najpreprostejšo strukturo. Je zelo prožna in se uporablja za proizvodnjo plastičnih vrečk, vrečk za zamrznjeno hrano ter za proizvodnjo kemičnih čistil in torb za prtljago (B. C. Howard in sod., 2021; PFC, 2021).

5 PP (Polipropilen) – odlikuje ga izrazita termična obstojnost in je v kemični industriji zelo razširjen. Od prehranske, lesne, avtomobilske, tekstilne industrije do industrije obutve in usnja. Ker ima visoko tališče, je uporabljen predvsem za proizvodnjo posod, v katerih se zadržuje vroča tekočina ter za proizvodnjo plastičnih pokrovčkov (B. C. Howard in sod., 2021; M. Centa, 2018).

6 PS (Polistiren) – je izdelan iz monomera stirena. Le ta se lahko izloča v živila in je rakotvoren. Izdelki iz polistirena so lahko trdni ali penasti, slednje poznamo pod blagovno znamko stiropor. Zelo težko ga je reciklirati. V proizvodnji se uporablja predvsem v izdelkih, kot so škatle za jajca, igrače, obešalniki, oprema za pisarne ter lončki za kavo (B. C. Howard in sod., 2021; M. Centa, 2018).

7 DRUGA PLASTIKA – v to skupino so razvrščene različne plastične smole, ki jih ne moremo razvrstiti v nobeno od zgoraj naštetih šestih kategorij. Najbolj znana plastika, ki spada v to skupino, so polikarbonati (PC), iz katerih so narejene leče za sončna očala, mobilni telefoni in CD diski. Pri obdelavi polikarbonatov z visoko temperaturo se sprošča bisfenol A, ki deluje kot hormonski motilec. Plastika v tej kategoriji se zaradi svojih učinkov skoraj nikoli ne reciklira (B. C. Howard in sod., 2021; PFC, 2021).

2. 4 Aditivi v plastiki

Za povečevanje vsestranskosti se v plastiki uporabljajo številni dodatki, ki jih imenujemo aditivi. To so kemikalije, ki so v plastiko dodane med proizvodnim procesom, z namenom modifikacije lastnosti polimernih mas. V razvoju industrije plastike so imeli aditivi zelo pomembno nalogo, saj je z njimi plastika ohranjala ali spreminjala želene lastnosti in je zato dolgoročno uporabna. Zaradi dodanih aditivov je odpornost plastike na razgradnjo zaradi UV žarkov, svetlobe, temperature, sevanja, plesni, bakterij in vlage veliko boljša. Aditivi, ki so se kot prvi uporabljali, so služili za ohranjanje lastnosti plastike. To pomeni, da plastika ni degradirala med proizvodnjo, ko je bila toplotno in mehansko obdelana. Kasneje so aditivi omogočili daljšo uporabnost, spremembo fizikalnih in mehanskih lastnosti. Med aditive spadajo ojačitvena polnila, UV-stabilizatorji, zaviralci gorenja, maziva, barvila, mehčala in razni antioksidanti. Kljub svojim prednostim, ki jih dajo aditivi plastiki, so številni izmed njih strupeni. To pomeni, da ob vstopu v okolje, zaužitju ali vdihavanju

povzročajo škodljive učinke na okolje in organizme, če se le ti ob uporabi ali predelavi izlužijo iz plastike. Kemikalije, ki so kancerogene, povzročajo mutacije DNK, delujejo kot hormonski motilci, veljajo za ene najbolj škodljivih. Med naštetimi kemikalijami pa so številne, ki jih kot aditive, med njeno proizvodnjo, dodajo plastiki. Eni izmed njih so ftalati, bisfenol A in zaviralci gorenja (C. Campanale in sod., 2020; R. Pfaendner, 2006).

FTALATI: so estri ftalne kisline z dvema različno dolgima ogljikovima verigama. Letno se proizvede okoli 6 milijonov ton ftalatov in so glede na obsežno proizvodnjo najbolj razširjena sintetična kemikalija. Najdemo jih v večini izdelkov, ki so med proizvodnjo, pakiranjem ali dobavo v stiku s plastiko. Ftalati so dodani predvsem plastiki iz polivinilklorida (PVC) in v plastični masi delujejo kot mehčalci, kar daje plastiki prožnost, upogljivost in elastičnost. Kronična izpostavljenost ftalatom zaradi škodljivih učinkov negativno vpliva tako na okolje kot na zdravje ljudi, saj v telesu delujejo kot hormonski motilci. Negativno vplivajo na delovanje več organov, kot je npr. ščitnica, reproduktivni sistem, rast in razvoj otrok. Zaradi svoje nevarnosti so nekatere države omejile uporabo nekaterih vrst ftalatov, tako so DEHP, DBP in BBP ftalati od leta 2007 v EU prepovedani za uporabo v vseh izdelkih za nego otrok in v igračah v koncentraciji nad 0,1 % (C. Campanale in sod., 2020; Y. Wang in sod., 2021).

BISFENOL A (BPA): je sintetična organska spojina, ki je pri sobni temperaturi trdna snov v obliki kosmičev ali kristalov in je zelo slabo topna v vodi. Njena formula je $C_{15}H_{16}O_2$. Je zelo pogosto uporabljena kemikalija v industriji in se kot mehčalec dodaja pri proizvodnji polikarbonatne plastike in epoksidnih smol. Polikarbonatno plastiko, ki ji je dodan BPA, odlikujejo trdnost, termična stabilnost in dimenzijska stabilnost, zato je na podlagi teh lastnosti uporabljena kot sestavni del varnostne opreme, medicinskih pripomočkov in embalaže za živila. Epoksidna smola je antikorozijsko mazivo in se uporablja v zaščitnih premazih v notranjosti aluminijastih pločevink in na oblogah konzerv za hrano. Kljub prednostim pa se BPA zlahka izpira iz plastičnih izdelkov in je škodljiv že v zelo malih koncentracijah, kar predstavlja nevarnost tako za okolje, živali in ljudi, saj v telesu deluje kot endokrini oz. hormonski motilec, ki lahko s posnemanjem človeških naravnih hormonov povzročajo prekomerno delovanje le teh ali pa se vežejo na njihova receptorska mesta in s tem preprečujejo delovanje. Otroci oz. dojenčki so BPA izpostavljeni v najvišjih koncentracijah, saj prehaja BPA preko stekleničk za hranjenje v njihovo telo. V Evropski uniji je uporaba BPA omejena, v izdelkih za otroke pa celo prepovedana (C. Campanale in sod., 2020; L. Hajdinjak, 2020).

ZAVIRALCI GORENJA: so kemične spojine, ki se že več desetletij, z namenom zvišanja plamentišča materialov, katerim so dodani, dodajajo izdelkom. Glavna lastnost zaviralcev gorenja v plastiki je, da zagotavlja požarno odpornost materialov in s tem zmanjša poškodbe izdelkov ter materialno škodo, ki jih povzroči požar. Koncentracije zaviralcev gorenja so v materialu tako velike zato, ker se molekule ne absorbirajo samo na površino plastike, ampak tudi v notranjost, saj so zaviralci gorenja dodani med postopkom proizvodnje. Ljudje smo jim izpostavljeni vsakodnevno in v telesu tudi ti delujejo kot hormonski motilci (C. Campanale in sod., 2020).

2.5 Plastika kot odpadek

Vsako snov ali predmet, ki ga imetnik po uporabi zavrže, imenujemo odpadek (Direktiva 2008/98/ES). Če je le ta izdelan iz sintetičnih ali polysintetičnih polimerov, pa ga imenujemo plastični odpadki. Plastične odpadke ločeno zbiramo in z odpadki po uporabi ravnamo tako, da jih odstranjujemo ali predelujemo na način, kot so odlaganje na odlagališča, jih termično izrabljamo ali recikliramo. V EU se večina plastičnih odpadkov uporabi v obratih za termično

obdelavo, iz katerih pridobivajo električno in toplotno energijo, kar predstavlja tudi najpogostejšo obliko odstranjevanja odpadkov. Odlagališč v nekaterih državah ne uporabljajo več, saj zaradi velike prostornine plastike zavzamejo veliko prostora, poleg tega pa lahko iz slabo zavarovanih odlagališč plastika ob njeni razgradnji onesnažuje okoliška tla in okolje. Namen recikliranja plastičnih odpadkov je zmanjšati stopnjo onesnaženosti in ohranjanje virov. Reciklira se le nekaj vrst plastike, kot je PET, HDPE in PVC, saj je strošek zbiranja, sortiranja, čiščenja in predelave ostalih vrst plastike prevelik. V Evropi je delež recikliranja plastike še vedno zelo nizek, v primerjavi z drugimi materiali, kot so npr. papir, steklo ali kovina in znaša manj kot 30 %. Nepravilno ravnanje s plastičnimi odpadki pa ima za posledico negativne družbene, gospodarske in ekološke vplive (I. Hotko, 2020; Evropska komisija, 2018).

V Sloveniji vsak državljan letno proizvede približno 489 kg mešanih komunalnih odpadkov, od tega 10 % predstavljajo plastični odpadki. Tako je v Sloveniji leta 2020 skupno nastalo več kot 67.000 ton plastičnih odpadkov, tretjina tega je predstavljala plastična embalaža. Večina plastičnih odpadkov se reciklira, nekaj odpadkov se termično obdelata, nekaj se jih odloži na odlagališča. Preostali del plastičnih odpadkov pa se izvozi v druge države (Turčija, Malezija, Hrvaška in Srbija). Ne samo Slovenija, tudi ostale evropske države plastične odpadke izvažajo izven Evropske unije, predvsem v azijske države. Tam je predelava odpadkov za voljo nižjih okoljskih standardov bistveno cenejša. V državah v razvoju je veliko tudi ilegalnih predelovalnic plastike, kjer plastiko, ki je ne morejo predelati, sežgejo ali odložijo v reke in tako pomembno prispevajo k onesnaževanju morij. 90 % vseh plastičnih odpadkov, ki pristanejo v oceanih, s sabo iz kopnega prinese 10 svetovnih rek, kot so Chang Jiang (Yangtze River), ki v morja nanosi kar 1.469.481 ton plastičnih odpadkov, sledijo ji Indus, Huang He (Yellow River), Hai He, Nile, Meghna, Zhujiang, Amur, Niger in Mekong, ki v največjih svetovnih metropolah služijo kot neposredni kanali za prenos odpadkov v morja (Statistični urad Republike Slovenije, 2021; United nations environment programme, 24.1.2022).

Ker smo ljudje vse bolj potrošniško naravnani, se večina plastičnih izdelkov nekaj ur/dni po uporabi zavrže, kar je družbo pripeljalo do problema z ravnanjem z odpadno plastiko (Evropski parlament, 2018). Prav zaradi tega velja neprimerno odlaganje sintetičnih polimerov za eno izmed najhitreje rastočih oblik antropogenega onesnaževanja pri nas in po svetu (L. Valentič, 2018). Ocenjuje se, da je količina skupne proizvedene plastike od njene iznajdbe več kot 8,3 milijarde ton. Malo manj kot polovica vse proizvedene plastike je bila namenjena za proizvodnjo embalaže, 19 % je bilo uporabljene v gradbeništvu, po ocenah pa naj bi se jo 2 milijardi ton (30 %) še vedno uporabljala. Od 6,3 milijarde ton plastičnih odpadkov je bilo 600 milijonov ton recikliranih, majhen delež (12 %) termično obdelanih, skoraj 5 milijard ton pa je odloženih v naravnem okolju, kjer onesnažuje reke, morja, gore, obale, zemljo, zrak, podtalnico itd. Vsako leto znova samo v morja in oceane vstopi okoli 8 milijonov ton plastičnih odpadkov. Zaskrbljujoče dejstvo je, da je še do pred nekaj leti bila proizvodnja plastike usmerjena večina v proizvodnjo plastike za enkratno uporabo, ki jo ljudje uporabljamo le nekaj minut, nato pa jo odvržemo in postane odpadek. Ti plastični izdelki so postali del našega vsakdanjega življenja in jih najdemo praktično povsod in predstavljajo polovico proizvedene plastike. Vsako leto se na svetu uporabi 5 bilijonov plastičnih vrečk za enkratno uporabo, vsako minuto pa kupimo 1 milijon plastenk z vodo ali drugo pijačo (Evropski parlament, 2018; UNEP, 24.1.2022; D. Kogoj, 2021). V svetovnem merilu so države Kitajska, Indonezija, Filipini, Vietnam in Šrilanka največje onesnaževalke s plastiko in skupno prispevajo kar 56 % svetovnih plastičnih odpadkov (C. J. Rhodes, 2018).

Cigaretni ogorki v okolju predstavljajo najpogostejšo vrsto plastičnih odpadkov, saj njihovi filtri vsebujejo drobna plastična vlakna. Zelo pogosto se pojavljajo tudi platenke za pijačo, plastični pokrovčki, slamice, vrečke za živila (sadje in zelenjavo), nosilne plastične vrečke, embalaža za hrano (UNEP, 24.1.2022).

Plastičnih odpadkov ne najdemo le v morju, temveč tudi na kopnem, rekah in v zraku. Znanstveniki so predlagali, da bi lahko plastični odpadki, glede na njihovo vsesplošno razširjenost, služili kot geološki kazalniki dobe antropocena. Čeprav nam je plastika olajšala življenje, je onesnaženje s plastičnimi odpadki, ko le ti zaidejo v okolje, skrb vzbujajoče, saj se pod vplivom UV žarkov, ostalih fizikalnih in kemičnih ter mehanskih dejavnikov postopoma razkrajajo. To razkrajanje je zelo dolg proces, saj je življenjska doba plastike in plastičnih odpadkov v okolju zelo dolga. Ker so danes plastiki v proizvodnem procesu dodani razni aditivi, ki življenjsko dobo plastike še podaljšajo, traja razgradnja plastičnih odpadkov več desetletij ali celo stoletij. Nekatere vrste plastike se v okolju nikoli ne razgradijo, ampak razpadajo na vedno manjše delce, tako imenovano mikroplastiko, ki v okolju tudi trajno ostane (L. Parker, 2019; UNEP, 24.1.2022; ZPS, 2019).

2.6 Onesnaževanje okolja s plastiko in njeni negativni vplivi

Onesnaževanje s plastiko, in njeni negativni vplivi na okolje, je globalni problem in se začne s samo proizvodnjo le-te. Onesnaževanje se začne na črpališču, ko črpamo nafto ali zemeljski plin za izdelavo plastike in transport do proizvodnih obratov kemijske industrije. Ob tem se pri črpanju sproščajo odvečni plini, ki izgorevajo, ob transportu pa se sprošča toplogredni plin CO₂ in tako onesnažujejo zrak. Ko surovo nafto ali zemeljski plin pripeljejo do rafinerije, jih tam predelajo v polimere, pri čemer se prav tako v ozračje spuščajo metan in drugi plini. Zaradi tega imajo zaposleni in prebivalci v bližini rafinerij ter proizvodnih obratov kemijske industrije ogroženo zdravstveno stanje, saj so neposredno izpostavljeni strupenim plinom ter morebitnim nesrečam, ki se zgodijo v rafinerijah. Za pridobivanje zelenih lastnosti v proizvodnih obratih kemijske industrije polimerom dodajo različne aditive, ki so lahko zelo strupeni. Nekateri od njih so benzen, stiren in toluen. Daljša izpostavljenost delavcev le tem ogroža njihovo zdravje in lahko ima za posledico hude bolezni (D. Kogoj, 2021).

Danes plastiko srečamo na vsakem koraku in je povprečen potrošnik z njo v stiku vsak dan. Do velikih količin plastičnih odpadkov je pripeljalo izboljšanje življenjskega standarda ljudi in naraščanje števila prebivalcev ter nepravilno ravnanje z odpadki (D. Kogoj, 2021). Ljudje nepravilno zbiramo ločene odpadke, jih ne odlagamo v zabojnike, da bi lahko bili le ti odpeljani na odlagališča, sežigalnice ali bi bili v recikliranih centrih ponovno uporabljeni (C. Moore, 2022). In ko plastika v obliki predmetov (plastične vrečke, platenke, ribiške mreže ...) enkrat vstopi v okolje, ima nanj predvsem negativni vpliv, saj se nikoli popolnoma ne razgradi. Najdemo jo praktično povsod, od najvišjih vrhov, kot je npr. Mount Everest, do najglobljih točk oceanov, npr. v Marianskem jarku (R. Aridi, 2020).

Eden izmed največjih problemov predstavljajo plastični odpadki v morjih in oceanih, kamor pridejo bodisi iz kopnega (odpadki iz gospodinjstev, iz proizvodnje, avtomobilske industrije, kmetijstva ...) ali pa iz morskega okolja (ribiška dejavnost, ladje, obmorski turizem, vodni športi ...) (ZPS, 2019). Zaradi slabih navad ljudi vsako leto v oceanih konča okoli 14 milijonov ton plastičnih odpadkov, kar pomeni, da se v oceane vsako minuto odloži približno za en tovornjak plastičnih odpadkov. Od vseh odpadkov, ki so odloženi v morju, plastični odpadki predstavljajo kar 80 % vseh. Po podatkih Evropskega parlamenta (2021) bi naj bilo leta 2050 v morjih več plastike kot rib. Ko so odpadki odloženi v morju, imajo na morski ekosistem velik negativni vpliv, saj ogrožajo morsko bioto, zdravje oceanov, obalni turizem, varnost in kakovost hrane in nenazadnje tudi zdravje ljudi (IUCN, 2021; L. Hancock, 2019). Eden izmed najbolj znanih primerov kopičenja plastike v oceanih je velika pacifiška zaplata smeti ali »Great Pacific Garbage Patch« (GPGP) in je od petih akumulacijskih območji v oceanih največja. GPGP zajema 1,6 milijona kvadratnih kilometrov površine. Njegova lega je na severnem delu Tihega oceana, med Havaji in Kalifornijo, vendar pa

se zaradi sezonskih spremenljivosti vetrov in tokov točna lokacija pacifiške zaplate nenehno spreminja. Gre za območje visoke koncentracije plastičnih odpadkov, skupna masa pa naj bi po ocenah bila 100 000 ton (The Ocean Cleanup, 2020).

Dva najbolj vidna negativna učinka plastičnih odpadkov v oceanih in morjih se kažeta kot zapletanje morskih organizmov v plastične odpadke ali zaužitje le-teh. Morske živali, kot so morske želve, kiti, delfini, tuljuni in morske ptice, ki uporabljajo odpadke za gradnjo gnezd, se mnogokrat zapletejo v odvržene plastične odpadke, še posebej v ribiške mreže, ki predstavljajo kar 27 % morskih odpadkov. Za organizme je zapletanje običajno usodno, saj se zadušijo ali pa umrejo od lakote (D. Kogoj, 2021; Evropski parlament, 2021).



Slika 4: Morska želva, zapletena v ribiško mrežo

Vir: <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/plastic-planet-animals-wildlife-impact-waste-pollution>

Poleg zapletanja morski organizmi plastiko tudi zaužijejo, namerno ali nenamerno. Plastični delci zaradi dolge izpostavljenosti vremenskim vplivom, UV svetlobi, valovanju in mehanskim vplivom razpadejo na vedno manjše kose, tako imenovano mikroplastiko. Večina plastičnih odpadkov je na dnu oceanov, nekaj je lebdi pod površino, kar 30 % pa plava na morski gladini in ker je na prvi pogled videti kot plankton, jo predvsem ribe in ostale morske živali zamenjajo za njihov plen (hrano) in jo tako namerno zaužijejo. Plastike organizmi ne morejo prebaviti, zato se kopiči v želodcu in prebavnem traktu. Ker živali ob tem ne občutijo lakote, to povzroči smrt organizma. Tudi če pri organizmu ne pride do smrti, lahko plastični delci ob zaužitju povzročijo raztrganine, okužbe, notranje poškodbe organov, organizmi imajo zmanjšano zmožnost reprodukcije in plavanja. Do nenamernega zaužitja plastike pride, kadar se organizmi hranijo s plenom, ki je že zaužil plastične delce. Po prehranjevalni verigi navzgor se plastični delci v organizmih kopičijo. Problem predstavljajo tudi aditivi, ki so dodani plastiki, saj se zaradi dolgotrajne izpostavljenosti zunanjim vplivom izluščijo iz plastike in ob zaužitju vstopijo v prebavni sistem organizma. Tako onesnaženo morsko hrano zaužijemo tudi ljudje, kar predstavlja nevarnost za zdravje (IUCN, 2021; D. Kogoj, 2021; ZPS, 2019).

Ker na gladini vode plastika zaradi svoje specifične gostote plava, negativno vpliva tudi na plankton in alge. Zaplate plastičnih odpadkov blokirajo svetlobo, ki jo alge potrebujejo za fotosintezo, pri čemer proizvajajo kisik in s tem škodujejo morskim organizmom in njihovem prehranjevalnemu spletu. Plastični odpadki služijo tudi kot sredstvo, na katero se pritrdijo invazivne morske vrste in potujejo v oddaljene habitate, kjer se naselijo v nov ekosistem in ogrožajo morsko biotsko diverziteto in prehranjevalno verigo organizmov (NMSF, 2020; IUCN

2021). Prav tako plastika in plastični odpadki kazijo obale in rajske plaže otokov in tako pomembno vplivajo na estetsko vrednost okolja. Eden izmed primerov je otok Bali v Indoneziji, kjer vsako leto morski tokovi pod vplivom monsunov samo na obalo Saba nanosijo 24 ton plastičnih odpadkov (SCMP, 2021). S tem povzročijo veliko gospodarsko škodo, saj se zmanjša prihodek od turizma in pa nastanejo nepotrebni stroški, povezani s čiščenjem in vzdrževanjem teh turističnih krajev. Plastika na plažah lahko ima vpliv tudi na fizično in psihično stanje ljudi (IUCN, 2021).

V primerjavi z vsebnostjo plastike v vodnem okolju je za pojavnost plastike na tleh ali v zraku raziskav manj, a to še ne pomeni, da plastika na kopnem ne onesnažuje okolja in da nima nanj negativnih vplivov. Preko virov, kot so padavine, blato iz čistilnih naprav, industrija in kmetijske dejavnosti, se v tleh kopiči mnogo plastike in mikroplastike. Le to pa ogroža delovanje ekosistemov in biotsko diverziteto (B. Boots in sod., 2019).

Zaradi velike prostornine plastike so v mnogih delih sveta pokrajine zasute s plastičnimi odpadki postale nekaj čisto običajnega (C. Moore, 2022). Zaradi pomanjkanja prostora se mnogo plastičnih odpadkov v sežigalnici sežge, kar privede do onesnaževanja okolja. Ob sežiganju se kljub naprednim tehnologijam v zrak sproščajo strupene emisije, kot so težke kovine (svinec, kadmij, cink), dioksini in furani, CO₂, žveplov dioksid, prah in ogljikov monoksid. Prebivalci neposredno vdihavajo nasičen zrak s strupenimi emisijami ali pa kot onesnaževala padejo na zemljo, kjer onesnažujejo rastlinstvo, vode in skozi prehranjevalno verigo škodljivo vplivajo na zdravje ljudi in živali. S sežiganjem nastaja tudi pepel, ki vsebuje negorljive ostanke. Ti negorljivi ostanki vsebujejo težke kovine, dioksine in druge organske snovi in so za okolje lahko zelo nevarni, saj se pepel odlaga na odlagališča, na kmetijske površine ali pa pomešanega s cementom odložijo v jame ali rudnike, kjer onesnažuje pokrajino in vode (D. Kogoj, 2021).

V urbanem okolju je uporaba plastike prav tako v porastu in pomembno prispeva h količini plastičnih odpadkov, saj se plastični filmi (zastirka) vse pogostejše uporabljajo v kmetijstvu za zadrževanje vlage, zastiranje plevela in zviševanje temperature na obdelovalnih površinah. Plastičen material, pod različnimi vremenskimi pogoji začne razpadati na manjše delce in ti delci se lahko spirajo iz kmetijskih površin v tla (D. Kogoj, 2021). Pomemben del mikroplastike in plastike se na kmetijska zemljišča odloži z odlaganjem blata iz čistilnih naprav, ki se na kmetijskih površinah uporablja kot gnojilo (B. Boots in sod., 2019). V blatu iz čistilnih naprav poleg hranil, ki koristno vplivajo na rast poljščin, najdemo tudi težke kovine, sintetična vlakna in škodljive kemikalije, ki se v blato akumulirajo preko čistilnih naprav bodisi iz sintetičnih delcev oblačil, ki se sproščajo med pranjem bodisi z odpadno vodo ob uporabi čistilnih sredstev ali sredstev za osebno nego (zobna pasta, šamponi, kreme), katerim so mikroplastični delci namerno dodani. Onesnaževala negativno vplivajo na kakovost tal, lahko pa se tudi izpirajo v podtalnico (D. Kogoj, 2021).

Plastični odpadki imajo tudi estetski vpliv. Ker ljudje plastične odpadke mečejo na tla, skozi okno avtomobilov, jih v parku odvržejo v poln koš za smeti, le te odnese veter in se npr. vrečke za enkratno uporabo, ki so zelo lahke, zlahka ujamejo na vejah dreves in ostalih rastlin in kazijo izgled okolja. Poleg tega lahko predvsem plastične vrečke, folije in ostali predmeti v okolju, če le ti zaidejo v kanalizacijski sistem, povzročijo zamašitev kanalizacije in odtočnih sistemov, kar lahko povzroči poplave. Plastične delce, ki jih v okolju prenaša veter, lahko zaužijejo kopenski organizmi, kot je na primer kalifornijski kondor, pri katerem so našli plastiko v želodcu, v Indiji pa je plastika povzročila zamašitev črevesja pri svetih kravah, kar lahko ima za posledico pogin živali (C. Moore, 2022; A. Jalil, 2013).

3 MIKROPLASTIKA

Kot pove že ime samo, so mikroplastika drobni plastični delci različnih oblik in velikosti, veliki do največ 5 mm in so sestavljeni iz različnih sintetičnih polimerov, kot so polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil klorid (PVC), poliester (PES) in številnih drugih umetnih polimerov (SAPEA, 2019; F. Prosenc, 2021). Mikroplastika nastaja tako, da so mikroplastična vlakna in delci zaradi razvoja komercialnih izdelkov namerno proizvajajo in dodajajo izdelkom ali pa so mikroplastični delci posledica razgradnje večjih kosov plastike, ki v okolju počasi razpada na vedno manjše kose (M. Stanley, 2019; Prijazni do okolja, 27.2.2022). To pomeni, da mikroplastični delci in vlakna v okolje vstopajo iz vsakdanjih predmetov, kot so oblačila, barve, izdelki za osebno nego (zobna pasta, piling za telo, kreme), plastični odpadki (plastične vrečke, platenke, slamice, plastičen jedilni pribor), pnevmatike, gnojila, fitofarmatcevska sredstva, čistila ter izdelki, ki se uporabljajo v naftni industriji in industriji zemeljskega plina ter polnila na športnih igriščih, ki so prekriti z umetno travo. V okolje lahko vstopajo namerno ali nenamerno (ECHA, 19.2.2022; Thermo fisher scientific, 27.2.2022). Mikroplastika zaradi svojih lastnosti v vodi ni topna in jo lahko najdemo v obliki vlaken, folije, pene, kroglic ali peletov (M. N. Isaac in sod., 2021). Razširjena je po vsem svetu in jo najdemo praktično v vseh ekosistemih – na kopnem, v zraku, vodi in nenazadnje tudi v pitni vodi (ECHA, 19.2.2022; Thermo fisher scientific, 27.2.2022). Znanstveniki so mikroplastiko našli v morskih organizmih v vseh trofičnih nivojih od planktona do kitov (M. Stanley, 2019). Ker je mikroplastika sestavljena iz zmesi umetnih polimerov, aditivov, ki so dodani osnovni plastiki in nekaterih nečistoč, njen osnovni material v okolju nikoli ne izgine. Biološka razgradnja mikroplastike tako ni možna in zato kljub tako majhnim delcem predstavlja v okolju pereč problem in prispeva k trajnemu onesnaževanju okolja, saj neopazno, zaradi svoje majhnosti, zdrsne skozi sisteme čiščenja in vstopa v prehranjevalne verige organizmov, kar lahko škodljivo vpliva na bioto in zdravje organizmov (M. Stanley, 2019; TFS, 27.2.2022).

Ker so študije v laboratorijih pokazale vrsto negativnih vplivov na žive organizme, so mnoge države predlagale ali pa že sprejele ukrepe za zmanjšanje količine mikroplastike, ki konča v okolju (TFS, 27.2.2022; M. Stanley, 2019). Eden izmed takšnih je tudi ukrep mnogih držav članic EU, ki prepoveduje uporabe mikroplastike v potrošniških izdelkih, predvsem v kozmetiki, kjer se mikroplastika po uporabi teh izdelkov izpere v vodotok (ECHA, 19.2.2022).

3.1 Delitev mikroplastike

Glede na izvor ločimo primarne in sekundarne vire mikroplastike (IUCN, 2021).

Primarna mikroplastika je namerno proizvedena v zelo majhni velikosti z namenom, da se lahko dodaja izdelkom za osebno nego, kot so zobne paste, piling za telo, čistila. Je surovina v plastični industriji, njena vlakna se uporabljajo tudi v tekstilni industriji in se v okolje neposredno sproščajo kot majhni plastični delci, mikroplastika (J. Boucher in sod., 2017; M. N. Issac in sod., 2021). V okolju vsako leto konča okoli 42 000 ton primarne mikroplastike zaradi vsakodnevne uporabe kozmetičnih izdelkov, ki vsebujejo mikroplastiko in ti mikroplastični delci prehajajo v tokove odpadnih vod. Zaradi majhnosti delcev, ki jih je težko odstraniti iz vodnih sistemov in neučinkovitega čiščenja odpadnih vod, se kopičijo v okolju (ECHA, 19.2.2022; M. N. Issac in sod., 2021). Po podatkih svetovne zveze za ohranjanje narave (IUCN) je bilo ocenjeno, da se vsako leto, preko čistilnih naprav, odtekanja s cest in vetrov, v oceane sprostijo okoli 1,5 milijona ton primarne mikroplastike, od katerih kar 98 % nastane pri dejavnostih na kopnem, le 2 % pa pri

dejavnostih na morju. Primarna mikroplastika lahko nastane tudi z erozijo velikih plastičnih predmetov med proizvodnjo, uporabo ali vzdrževanjem, kjer glavna vira teh predstavljata sintetična oblačila in avtomobilske gume. Glavna vira primarne mikroplastike, ki nastane na kopnem, izvirata torej iz abrazije sintetičnih oblačil med pranjem v pralnem stroju in obrabe pnevmatik med vožnjo, na morju pa eden od glavnih virov primarne mikroplastike izhaja iz premazov za plovila. Mikroplastična vlakna, ki se spirajo pri pranju oblačil, so v večini sestavljena iz poliestra, polietilena, elastana in akrila (J. Boucher. In sod., 2017; S. Zgonik, 2022). V povprečju se pri pranju 6 kg perila v okolje sprostijo 700 000 vlaken, ki končajo v odpadni vodi (M. N. Issac in sod., 2021). Prav tako kot pri pranju sintetičnih oblačil je tudi pri obrabi avtomobilskih pnevmatik izpust mikroplastičnih delcev velik. Avtomobilska pnevmatika je na koncu, ko jo odvržemo, v povprečju lažja za 1 kg, kot je bila pri njeni izdelavi. Večji in težji je avtomobil, večja je obraba pnevmatik. Delci, ki predstavljajo ta kilogram gume, so narejeni iz mešanice naravnih in umetnih materialov, ki se med vožnjo krušijo iz pnevmatik. Ti delci so lahko različnih oblik in velikosti. Večji delci obstanejo na cestišču in jih sčasoma v vodotoke sperejo padavine, manjše delce pa zaradi svoje lahкости in majhnosti raznaša veter in lahko postanejo del onesnaževanja s trdimi delci PM10 v zraku (S. Zgonik, 2022).

Sekundarna mikroplastika pride v okolje zaradi neprimernega ravnanja z odpadki, vsesplošnim smetenjem ter uporabo plastike v različnih dejavnostih, kot so ribištvo, kmetijska dejavnost, avtomobilska industrija, gradbeništvo, medicina. Sekundarna mikroplastika torej nastane, ko se večji plastični kosi, kot so ribiške mreže, koprene, plastične vrečke, rastlinjaki, platenke za vodo in drugi plastični predmeti, zaradi fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov v naravi (padavine, UV sevanje, veter, valovanje morja ...) razgradijo v manjše koščke in se nato kopičijo v tleh ali pa s površinskim odtokanjem ali erozijo tal preidejo v vodna telesa (F. Prosen, 2021). Po podatkih Evropskega parlamenta sekundarna mikroplastika v oceanih predstavlja od 69–81 % vse mikroplastike, ki se nahaja v oceanih (Evropski parlament, 2018).

3.2 Interakcija mikroplastike s kemikalijami in mikrobi

Mikroplastika služi kot vektor za prenos strupenih kemikalij v okolje (A. W. Verla in sod., 2019). Mikroplastika lahko vsebuje dve vrsti kemikalij, in sicer (C. Campanale in sod., 2020):

1. aditive in dodatke, ki izvirajo iz osnovne plastike;
2. kemikalije, ki jih mikroplastika absorbira iz okolice.

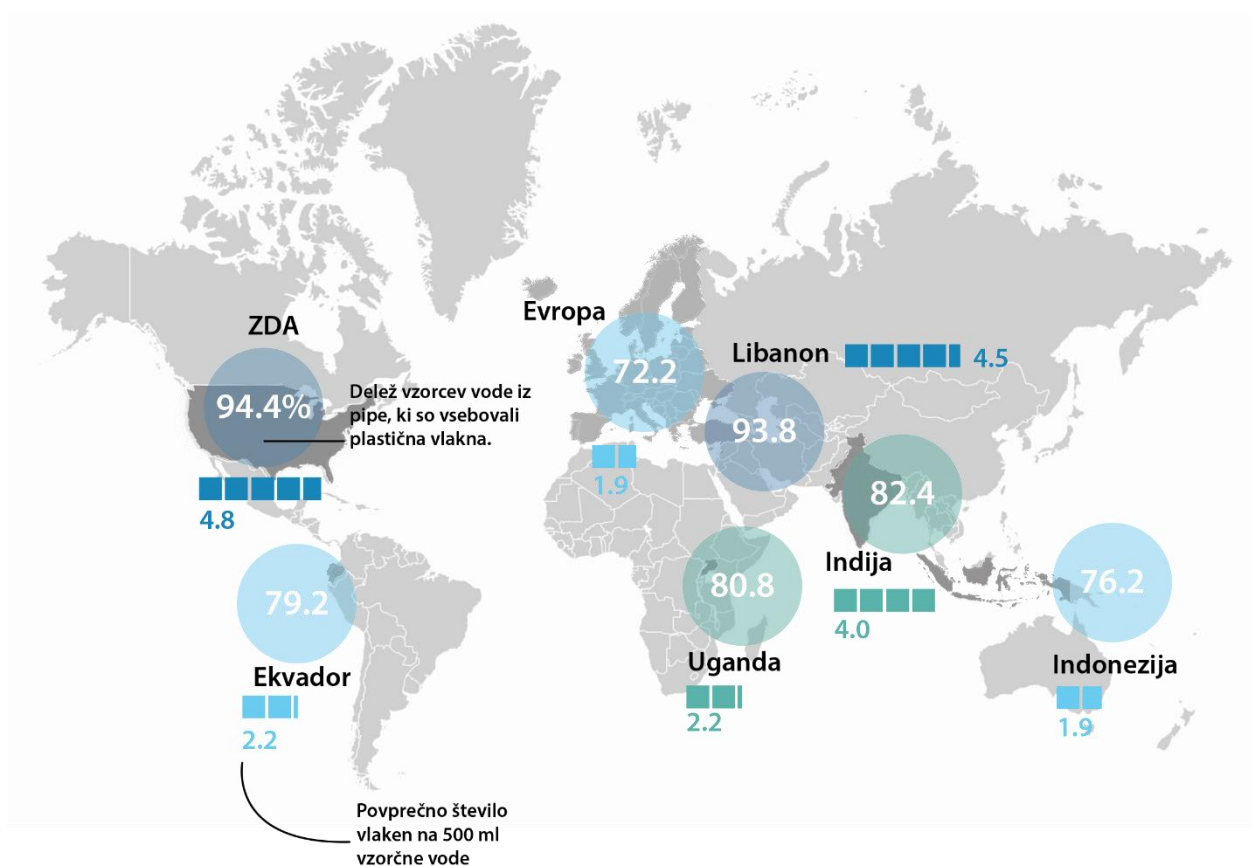
Aditivi oz. kemikalije, ki izvirajo iz osnovne plastike, so med proizvodnjo plastiki namerno dodani. To so kemikalije, ki dajejo plastiki željene lastnosti in se uporabljajo predvsem za podaljšanje življenjske dobe plastike in s tem podaljšujejo njeno uporabo. Poleg tega plastiki aditivi dajo barvo, izboljšajo lastnosti za odpornost proti razgradnji zaradi zunanjih dejavnikov, kot je UV sevanje, temperatura, plesen, bakterije in vlaga. Med aditive uvrščamo mehčala, UV stabilizatorje, zaviralce gorenja, maziva, barvila in antioksidante (C. Campanale in sod., 2020). Med več kot 300 vrstami aditivov, ki se dodajajo plastiki, so najpogostejši formaldehid, bisfenol A (BPA) in ftalati. Ti skozi proces desorpcije onesnaževal iz mikroplastike migrirajo najprej iz začetnega položaja v polimerni masi na zunanjo površino mikroplastike in se nato sprostijo v okolje, npr. vodo, zemljo, sediment in nenazadnje tudi v organizme. Učinki teh aditivov na okolje so zelo škodljivi, saj sodijo med povzročitelje raka v organizmih, lahko pa povzročajo v telesu tudi motnje hormonskega in reproduktivnega sistema. Poleg vremenskih vplivov in vrste plastike, ki vplivajo na hitrost desorpcije onesnaževal, predstavlja ključno lastnost za hitrost migriranja aditiva skozi

mikroplastiko in iz nje tudi velikost molekule aditiva, saj manjša, kot je molekula aditiva, hitreje se sprošča iz mikroplastike v okolje (A. W. Verla in sod., 2019).

Ker je razmerje med površino in volumnom mikroplastike zelo veliko, se nanj zelo dobro absorbirajo in nalagajo na površino strupene kemikalije, kot so težke kovine in organske kemikalije, ki zajemajo obstojna organska onesnaževala (POP), poliarmatski ogljikovodik (PAH), organoklorni pesticidi (OCP) in poliklorirani bifenil (PCB) in se nanjo vežejo s fizikalnimi interakcijami, kjer jih zadržujejo šibke sile, kot so vodikova vez, van der Waalsova vez ter tvorba udolbin v delcih mikroplastike. Ker so te vezi zelo šibke, lahko enostavno pride do desorpcije v medij. Kemikalije se na delce mikroplastike lahko prilepijo na več načinov, in sicer z adsorpcijo kot hidrofobni adsorbent ali kot rast biofilma na delcih mikroplastike, ki se začne takoj po vstopu delcev mikroplastike v vodno okolje in so lahko vir mikrobnih patogenov. Ti delci delujejo kot prenašalec onesnaževal v okolje in prehranjevalne verige, kjer se po zaužitju z desorpcijo sprostijo v organizem in lahko tam povzročijo toksično delovanje ali pa se kopičijo v prehranjevalni verigi. Vrsta polimera iz katere je sestavljena mikroplastika ima pri vrsti kemikalije, ki se nanj veže in sposobnosti sorbcije veliko vlogo. Na primer na pelete polietilena (PE) se je adsorbiralo več polikloriranega bifenila (PCB) kot na pelete polipropilena (PP), medtem ko je bila količina poliaromatskega ogljikovodika (PAH) večja na peletih PE kot pa na PP. Ker ima površina mikroplastike različno strukturo, je tudi njena afiniteta do onesnaževal različna. Kemikalije se običajno najbolje adsorbirajo v mikroplastiko, ki ima luknjičasto površino. Na koncentracijo adsorbiranih kemikalij vplivata tudi lokacija in obarvanost mikroplastike, in sicer na porumeneli mikroplastiki je koncentracija onesnaževal višja. Na industrializiranih območjih je koncentracija adsorbiranih kemikalij v mikroplastiki višja, kot v krajih, kjer industrije ni (A. W. Verla in sod., 2019).

3.3 Mikroplastika v pitni vodi

Leta 2017 so znanstveniki v raziskavi, ki jo je izvajala Orb Media v sodelovanju z Univerzo iz Minnesote (University of Minnesota School of Public Health), testirali 159 vzorcev pitne vode, ki so jo odvzeli iz vodovoda po celotnem svetu. Znanstveniki so v kar 83 % vseh testiranih vzorcev našli delce mikroplastike. Najvišjo stopnjo onesnaženosti pitne vode so našli v ZDA, kjer je bilo onesnažene 94 % testirane vode iz pipe. Mikroplastiko so našli v vzetih vzorcih vodovodne vode na lokacijah, kot so kongresne stavbe, sedež ameriške agencije za varstvo okolja in stolpnica Trump Tower v New Yorku. Po stopnji onesnaženosti vode z mikroplastiko sta ji sledili Libanon in Indija. Najnižja stopnja onesnaženosti pitne vode je bila v evropskih državah, vključno z Anglijo, Nemčijo, Francijo in je znašala 72 %. Povprečno so v ZDA v pol decilitra vzorčne vode našli 4,8 mikroplastičnih vlaken, v Evropi pa 1,9 (D. Carrington, 2017).



Slika 5: Prisotnost mikroplastike v vodi iz vodovoda na globalni ravni

Vir: prirejeno po D. Carrington, 2017

Testirana voda je bila onesnažena z delci, velikimi le desetino milimetra. Ti delci v okolje vstopijo pri vsakodnevni dejavnosti ljudi, kot so pranje perila, hoja po ulici, čiščenje obraza, pri vožnji z avtomobilom itd. (TFS, 27.2.2022).

Ker mikroplastika ni ena sama kemična snov, ampak je sestavljena iz različnih polimerov, ima vsak delec mikroplastike različne lastnosti in strukturo. Včasih je zaradi doseganja večje učinkovitosti materiala mikroplastika tudi kombinirana iz več različnih polimernih mas in dodatkov, ki so tej polimerni masi dodani, zato pri odkrivanju mikroplastike vse analitske metode niso enako dobre. Ker trenutno ni usklajenih in standardiziranih metod za vzorčenje, ekstrakcijo in analizo mikroplastičnih delcev, je analiza vsebnosti mikroplastike v vodi zelo zahtevna. Ker nobena poznana tehnika ne more hkrati zanesljivo določiti vrste polimera, iz katerega je sestavljena mikroplastika in dati dodatnih informacij, kot sta velikost, morfologija in določiti mase mikroplastiki, se uporablja kombinacija različnih metod. Vrste polimerov se določajo z infrardečo spektroskopijo s Fourierjevo transformacijo (FTIR), Ramanovo spektroskopijo, pirolizo, plinsko kromatografijo z masno spektrometrijo (GC/MS) ali termogravimetrično, velikost in morfologijo pa določamo z mikroskopijo in frakcionacijo velikosti (I. V. Kirstein in sod., 2021).

Mnoge od študij niso popolnoma zanesljive, saj ne izpolnjujejo vseh strogih standardov kakovosti, vendar je kljub temu zaskrbljenost zaradi izpostavljenosti mikroplastiki v pitni vodi, in s tem povezanimi negativnimi vplivi na zdravje ljudi, velika. Ker je eden od ciljev trajnostnega razvoja Združenih narodov tudi dostopnost čiste pitne vode, je zelo pomembno, da se vsebnost

mikroplastike zanesljivo oceni in ob zauživanju le teh z njimi povezana tveganja za zdravje ljudi (I. V. Kirstein in sod., 2021).

V Sloveniji je čista pitna voda samoumevna in jo lahko uživamo v naravnem stanju, kar pa je v drugih državah sveta prava redkost. Podzemna voda v Sloveniji predstavlja vir pitne vode za 97 % vseh prebivalcev in njena kakovost ustreza vsem kriterijem za pitno vodo, kar pomeni, da je primernege vonja, videza in okusa (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2008). Od leta 2004 se izvaja državni monitoring za pitno vodo in se je v primerjavi od leta 2004 do leta 2019 kakovost pitne vode izboljšala. Ob svetovnem dnevu vode, ki se obeležuje 22. marca, je še posebej poudarjen pomen in vrednost čiste pitne vode in vode nasploh (Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, 2021).

Tudi v Sloveniji so na Inštitutu za vode RS preučevali vsebnost mikroplastike na podzemnem viru pitne vode in s preliminarno raziskavo ugotovili, da je koncentracija vsebnosti mikroplastike zelo majhna, manj kot en delec na liter vode. Drugih študij, ki bi bile javno objavljene, povezanih z vsebnostjo mikroplastike v pitni vodi v Sloveniji, še ni bilo narejenih (Inštitut za vode RS, 2019).

3. 4 Mikroplastika v vodi iz plastenk

Domneva se, da prečiščena ustekleničena voda oz. voda iz plastenk naj ne bi vsebovala patogenih delcev in mikroplastike, a vendar temu ni tako in tudi ustekleničena voda ni nikakršna izjema pri vsebnosti mikroplastike. Rezultati študij so pokazali, da je ustekleničena voda bolj onesnažena z delci mikroplastike kot voda, ki priteče na pipi direktno iz vodovoda (TFS, 27.2.2022).

Z namenom raziskovanja vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, je Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) objavila poročilo študije o vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, ki so jo izvajali v ZDA na državni univerzi New York v Fredoniji. V raziskavo je bilo vključenih 11 vodilnih mednarodnih in nacionalnih blagovnih znamk iz devetih držav, ki so se nahajale na petih različnih celinah, saj je bila za vzorčne serije vode upoštevana tudi geografska raznolikost, velikost nacionalnega trga pakirane pitne vode (Kitajska, ZDA) in visoka poraba pakirane pitne vode na prebivalca (Mehika, Tajska, ZDA, Libanon). Ker so številne ustekleničene vode le filtrirana voda iz mestnega vodovoda, so bile vzorčne vode v študiji kupljene v vsaki državi na večih različnih mestih po državi, skupno pa so bile vzorčne vode zaradi povečanja možnosti različnih virov ustekleničenja odvzete na 19 različnih lokacijah. V študiji so bile zajete Aquafina, Dasani, Evian, Nestle Pure Life in San Pellegrino, ki sodijo med vodilne mednarodne blagovne znamke, med vodilnimi nacionalnimi blagovnimi znamkami pa so bile zajete iz Indonezije Aqua, iz Indije Bisleri, iz Mehike Epura, in Nemčije Gerolsteiner, iz Brazilije Minalba in iz Kitajste Wahaha. Voda je bila v večini pakirana v embalaži 500–600 ml, le dve blagovni znamki sta bili pakirani v embalaži 0,75–2 l. Da bi preprečili kontaminacijo med potjo vode v laboratorij, so z videokamero posneli nakupe v trgovini in dostavo kurirskim podjetjem (S. A. Mason in sod., 2018).

V študiji so pregledali skupno 259 steklenic. Pri ugotavljanju prisotnosti mikroplastike so vsako izmed teh steklenic pod digestorijem odprli in vanjo vbrizgali barvilo, imenovano Nilsko rdeče, in steklenice ponovno zaprli. Ker barvilo Nilsko rdeče adsorbira na površino plastike in na določeni valovni dolžini fluorescira, so ustekleničeno vodo nato vakuumsko filtrirali skozi filter iz steklenih vlaken. Pod mikroskopom so filtre pregledali in delce, večje od 100 mikrometrov fotografirali, prešteli in s spektroskopijo FTIR potrdili njihovo morfologijo. Glede na morfologijo so plastiko tudi vizualno označili (fragment, vlakno, pelet, film, pena) in ugotovili, da so fragmenti najpogostejše zastopani delci v ustekleničeni vodi (66 %), sledijo jim vlakna (13 %) in filmi (12 %). Delci, manjši

od 100 mikrometrov, so bili številčnejši in jih je bilo v povprečju na liter 314. Obdelani in prešteti so bili z metodo »Galaxy Count«, ki jo je razvil nekdanji astrofizik in so jo v astronomiji uporabljali za štetje zvezd na nebu. Morfologija teh najmanjših delcev v vodi ni bila potrjena. Barvilo nilsko rdeče se lahko veže tudi na neplastične snovi, kot so delci školk in alg, a je malo verjetno, da bi le ti bili prisotni v filtrirani ustekleničeni vodi. Za zagotavljanje in nadzor kakovosti so v laboratoriju, kjer so opravljali poskuse, skrbeli za visok higienski standard z namenom, da med poizkusom ne bi prišlo do kontaminacije. Izvedli so tudi slepi poskus, da bi ugotovili, ali postopek testiranja sam po sebi ne dodaja plastičnih delcev v steklenice (S. A. Mason in sod., 2018).

Raziskava je pokazala, da je bilo kar 97 % testirane vode kontaminirane z delci mikroplastike. Le 17 steklenic od skupno 259 testiranih ni vsebovalo mikroplastike. Pokazale so se velike razlike v koncentraciji delcev mikroplastike, od vode brez prisotnih mikroplastičnih delcev, do takšne z vsebnostjo več kot 10 000 delcev na liter. Tudi med ustekleničeno vodo iste blagovne znamke je bila prisotnost mikroplastike zelo različna, kar sklada z različnim okoljskim vzorčenjem (S. A. Mason in sod., 2018).

95 % najdenih delcev je bilo velikih od 6,5 mikrometra do 100 mikrometrov. Najvišjo povprečno gostoto mikroplastičnih delcev so našli pri znamki Neste Pure Life in Gerolsteiner, najnižjo pa pri San Pellegrino in Minalba. V povprečju je bilo odkritih 10,4 delcev mikroplastike v litru testirane ustekleničene vode. Najpogostejši polimerni material, iz katerega so bili delci, je bil polipropilen (54 %), iz katerega so skupaj s polietilenom narejeni plastični pokrovčki za zaprtje plastenk (S. A. Mason in sod., 2018).

Blagovna znamka	Lot	Lokacija nakupa	Povprečna gostota mikroplastike (MPP/L)				
			NR + FTIR potrjeni delci	NR označeni delci	Skupaj	Najmanjši	Največ
			(>100 um)	(6,5-100 um)	Povprečje		
Aqua	IB 101119	Džakarta, Indonezija	6.68	30.4	37.1	3	133
Aqua	BB 08311019:11 PSRL6	Bali, Indonezija	10.5	695	705	1	4,713
Aqua	BB 09311019:50 STB1	Medan, Indonezija	6.93	397	404	0	3,722
Aquafina	Oct0719 0121PF100375	Amazon.com	14.8	237	252	42	1,295
Aquafina	BN7141A04117	Chennai, Indija	11.6	162	174	2	404
Bisleri	HE.B.No.229 (BM/AS)	Chennai, Indija	18.0	808	826	39	5,230
Bisleri	MU.B.No.298 (MS/AD)	Mumbaj, Indija	8.85	204	213	2	1,810
Bisleri	SO.B.št. 087 (AS/LB)	New Delhi, Indija	0.57	3.15	3.72	0	32
Dasani	Oktober 0118NHBRB	Amazon.com	14.6	150	165	85	303
Dasani	P18NOV17CG3	Nairobi, Kenija	6.28	68.3	74.6	2	335
E-Pura	17.11.18	Mexico City, Mehika	22.3	664	686	11	2,267
E-Pura	14.10.18	Tijuana, Mehika	7.76	12.2	20.0	3	92
E-Pura	09.08.18	Reynosa, Mehika	0.21	37.1	37.3	0	149
Evian	PRD 1403212017:02	Amazon.com	26.0	171	197	126	256
Evian	PRD 11052417:29	Fredonia, NY, ZDA	1.51	56.7	58.2	0	256
Gerolsteiner	07.1420182 07.07.2017	Fredonia, NY, ZDA	14.8	1,396	1,410	11	5,106
Gerolsteiner	NV št. AC-51-07269	Amazon.com	8.96	195	204	9	516
Minalba	FAB: 09211017:06SP	Sao Paulo, Brazilija	2.56	37.5	40.1	4	199
Minalba	FAB: 15160817:05SP	Aparecida de Goiania, Brazilija	5.30	7.19	12.5	0	47
Minalba	FAB: 16091217:53SP	Rio de Janeiro, Brazilija	5.01	145	150	0	863
Nestle Pure Life	100517 278WF246	Amazon.com	29.8	2,247	2,277	51	10,390
Nestle Pure Life	P: 4/11/17 01:34 AZ	Bejrut, Libanon	11.0	38.2	49.3	6	153
Nestle Pure Life	730805210A 23:28	Bangkok, Tajska	18.0	450	468	11	3,526
San Pellegrino	BBE 11.201810	Amazon.com	1.68	28.6	30.3	0	74
Wahaha	20171102 1214JN	Jinan, Kitajska	9.10	147	156	30	731
Wahaha	20171021 3214GH	Peking, Kitajska	5.53	61.2	66.7	13	178
Wahaha	20171103 2106WF	Qingdao, Kitajska	4.40	62.7	67.1	1	165

Slika 6: Gostota mikroplastike po frakcijah, velikosti in skupno število vseh mikroplastičnih delcev v vseh steklenicah iste serije

Vir: prirejeno po S. Mason in sod., 2018

Vzrokov za kontaminacijo pitne vode z mikrodelci je več, in sicer lahko mikrodelci pridejo v vodo zaradi izpiranja iz površin (ceste, kmetijstvo, prah v mestih, pranje sintetičnih oblačil), izpustov odpadnih vod iz čistilnih naprav, izpustov iz industrije, razpadanja makroplastike ter s proizvodnjo in distribucijo vode (WHO, 2019). Glede na to, da so bili pri 4 % mikro delcev ugotovljeni znaki industrijskih maziv, je vir mikroplastike v vodi iz plastenk lahko tudi embalaža, v kateri je voda ali pa plastični pokrovček, s katerim je plastenka zaprta in se pri odprtju le te delci lahko odlomijo (K. Hunt, 2019; S. A. Mason in sod., 2018).

Poleg tega, da se v telo s pitjem vode iz plastenk vnaša velike količine mikroplastike, je pitje iz plastenk z ekološkega vidika tudi neekološko. Odvržene plastenke, kot odpadke, dodatno obremenjujejo okolje. Na dan je odvrženih več kot 40 milijonov plastenk. Potrošnja vode pri ustekleničevanju je zelo velika, saj se čez celoten delovni proces ustekleničenja vode za en liter ustekleničene vode porabi kar tri litre vode (K. Benčina, 2009).

Podatki so skrb vzbujajoči in kažejo na to, da je potreba po nadaljnjih raziskavah vsebnosti mikroplastike v vodi in njenih vplivih na zdravje ljudi ogromna, saj je razširjenost uživanja ustekleničene vode po vsem svetu zelo velika (S. A. Mason in sod., 2018). Skrb vzbujajoč podatek je tudi ta, da če pijemo le vodo iz plastenk, na leto s tem zaužijemo okoli 90.000 plastičnih mikrodelcev, kar je v povprečju 22-krat več od vsebnosti plastičnih mikrodelcev v vodi iz pipe (D. Cox in sod., 2019).

3. 5 Dostopnost vod iz študije v slovenskih trgovinah

Po pregledu slovenskih trgovin je v Sloveniji mogoče dobiti naravno mineralno vodo v plastenki znamke Evian, ki izvira iz francoskih Alp in jo je moč dobiti v 140 državah po svetu (Radenska Adriatic, 18.3.2022). Voda Evian je bila tudi del raziskave o vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk na državni univerzi v New Yorku. Študijo so opravljali na več vzorcih vode, odvzetih na dveh različnih lokacijah, in sicer iz spletne strani Amazon.com in kupljene v Fredonii v New Yorku. Po podatkih raziskave so vode iz obeh odjemnih mest izmed vseh vod imele nižjo stopnjo onesnaženosti z mikroplastiko v primerjavo z drugimi vodami. V vodah iz obeh odjemnih mest je bilo največje število najdenih mikroplastičnih delcev 256 v plastenki vode (S. A. Mason in sod., 2018).

Voda, kupljena v trgovini Mercator Zreče, ima na etiketi označeno, da jo proizvaja in polni S.A.E.M.E, 74500 Evian, Francija, njen distributer za Slovenijo pa je Radenska d. o. o. Njena analiza je bila opravljena 16. 1. 2015 v Carso LSEH v Lyonu. Na plastenki je navedeno opozorilo, da je potrebno vodo zavarovati pred neposredno sončno svetlobo in jo porabiti najmanj do datuma, navedenega na vrhu plastenke. Ostalih vrst analiziranih vod v slovenskih trgovinah ni bilo zaznati.



Slika 7: Voda znamke Evian, kupljena v slovenski trgovini

Vir: Videnšek, 2022

Ker je voda v Sloveniji zelo kakovostna in v večjem delu države pitna, ni potrebe po uporabi ustekleničene vode. Če že pijemo vodo iz plastenk, moramo biti pozorni na to, da ta nima vonja in okusa, da plastenke ne puščamo na soncu in vročini, saj se takrat kemikalije, ki so dodane plastiki, lažje izlužijo v vodo in da ne kupujemo vode v trgovini, ki je lahko na trgovskih policah tudi že več kot 6 mesecev (K. Benčina, 2009).

3.6 Izpostavljenost človeka mikroplastiki in toksikološke posledice na zdravje ljudi

Ker je bila beseda mikroplastika še pred nekaj leti bolj ali manj poznana le raziskovalcem, o njenih vplivih na zdravje ljudi ne vemo prav veliko (ZPS, 2019). Zadnja leta je bilo mnogo študij usmerjenih predvsem v raziskavo škodljivosti mikroplastičnih delcev na morske organizme. Dokazan je bil negativni vpliv kopičenja mikroplastike v telesu morskih organizmov, kar je privedlo do obstrukcije dihal, vnetja organov in reproduktivnih motenj (L. F. Amato-Lourenco in sod., 2020). O vplivih mikroplastike na človeško telo in njegovo zdravje ni veliko znanega, a kot pravi Sherri Mason, strokovnjakinja za mikroplastiko na državni univerzi v New Yorku *"Če opazujemo divje živali in kako to vpliva nanje, imamo dovolj dokazov, da bi nas moralo skrbeti"* (S. Mason v K. H., 2017).

Ljudje so mikroplastiki vsakodnevno izpostavljeni na vsakem koraku, od izdelkov za osebo nego, s padavinami, prahom s cest in urbanih območij, industrije, intenzivnega kmetijstva, onesnažene hrane, s sintetičnimi oblačili in nenazadnje tudi z uživanjem kontaminirane pitne vode. V človeško telo lahko mikroplastika vstopi na več načinov, in sicer (A. W. Verla in sod., 2019):

1. neposredno z zaužitjem kontaminirane hrane in vode,
2. posredno s trofičnim prenosom,
3. z vdihovanjem zraka, v katerem se nahajajo mikroplastični delci in
4. preko dermalnega stika.

Vplivi na zdravje ljudi so odvisni predvsem od načina izpostavljenosti in koncentracije mikroplastike, ki ji je človek izpostavljen (WHO, 2019).

Eno izmed glavnih izpostavljenosti mikroplastike za ljudi predstavlja uživanje morske hrane, kot so ribe, raki in školjke, saj je pri teh vrstah prisotnost mikroplastike tudi dokazana. V svetovnem merilu na prebivalca znaša poraba morske hrane več kot 20 kg/leto in predstavlja 6,7 % vseh zaužitih beljakovin (M. Smith in sod., 2018). Mikroplastični delci lahko v človeškem telesu z zaužitjem onesnaženih živil končajo v prebavilih, in ker so polimeri netopni, je le malo verjetno, da bi se iz prebavil absorbirali. Po ocenah se jih le 0,3 % absorbira in le manjši delež teh bi naj bil sposoben doseči organe in celične membrane. Manjši, kot je delec, večja je njegova možnost za absorpcijo. V raziskavi so potrdili, da bi naj človeški izločevalni sistem z izločanjem odstranil do 90 % zaužite mikroplastike, kar dokazuje najdba mikroplastike v človeškem blatu, kjer so na 10 g blata našli 20 delcev mikroplastike (C. Campanale in sod., 2020; WHO, 2019). V prebavilih ti delci lahko povzročijo vnetni odziv, povečano prepustnost, povečan oksidativni stres, spremembo v sestavi in presnovi črevesnih mikrobov in motnje v delovanju celic (I. V. Kirstein in sod., 2021).

V telo se lahko mikroplastični delci vnašajo tudi s pitjem vode iz plastenk, a je WHO potrdila, da vsebnost mikroplastike v pitni vodi iz plastenk na trenutnih ravneh ne predstavlja večje nevarnosti za zdravje ljudi in ga ne ogroža, kljub temu pa zaradi premalega števila raziskav in pomanjkljivih informacij ne morejo trditi, da so delci mikroplastike popolnoma neškodljivi, saj so v procesu proizvodnje plastiki dodani različni aditivi (bisfenol A, ftalati ...) in se v procesu razpadanja izlužijo (WHO, 2019; ZPS, 2019).

V letu 2021 so znanstveniki prvič našli mikroplastiko v človeškem tkivu, in sicer v placenti. Preučevali so šest placent zdravih nosečnic in mikroplastiko našli v štirih od skupno šestih. Noseče ženske so mikrodolge verjetno zaužile ali vdihnile. Skupno je bilo najdenih 12 mikroplastičnih delcev, velikih večinoma 10 mikronov. Ker so bili delci tako majhni, se lahko prenesejo v krvni obtok in vstopijo v telo dojenčka, kar pa raziskovalci niso mogli ugotoviti. Ker je bilo pregledane le 4 % celotne placent, je skupno število mikroplastike še veliko večje. Vpliv še ni znan, a znanstveniki pravijo, da bi mikroplastika lahko vsebovala kemikalije, ki bi vplivale na razvoj imunskega sistema zarodka in zmanjšano rast ploda (A. Ragusa in sod., 2021).

Vdihovanje zraka je naslednja pomembna točka vstopa mikroplastike v človeško telo. Sprejem mikroplastičnih delcev v pljuča in njihov vpliv predstavlja eno od številnih neznank. Predpogoj za razumevanje in odgovor na vprašanje, kako vdihani mikroplastični delci povzročajo ali prispevajo k različnim pljučnim boleznim in v kolikšni meri ogrožajo zdravje ljudi, so podatki o odmerkih koncentracije mikroplastičnih delcev, velikosti, morfologiji in porazdelitvi različnih polimerov v zraku. Ob vdihu se mikroplastični delci v pljuča odlagajo glede na njihov aerodinamični premer. Z zmanjševanjem premera vlaken se učinkovitost odlaganja povečuje, medtem ko je za obstojnost in strupenost ključna dolžina vlaken (L. F. Amato-Lourenco in sod., 2020).

Vlakna, ki pridejo z vdihanim zrakom v pljuča, se odlagajo v terminalnih bronhiolih, alveolarnih kanalih in alveolah, kjer povzročijo dihalne težave, kronična vnetja, citotoksične učinke, avtoimune bolezni, granulome in fibrozo. Od koncentracije in odmerka vdihanega kontaminiranega zraka je odvisna resnost poškodbe tkiva. Ker je površina alveol v človeških pljučih velika približno 150 m² in ima zelo tanko tkivno pregrado, je možno prodiranje nanodelcev v krvni obtok in celotno človeško telo. Dokazana je bila tudi zmanjšana pljučna funkcija in pojavnost raka pri poklicnih izpostavljenostih tovarniških delavcev prahu polivinilklorida ter delavcev v tekstilni industriji, ki so bili izpostavljeni najlonskim, poliestrskim in akrilnim vlaknom (L. F. Amato – Lourenco in sod., 2020; C. Campanale in sod., 2020).

Človek je lahko mikroplastiki izpostavljen tudi preko dermalnega stika pri umivanju z vodo ali pri uporabi pilingov, krem in ostale kozmetike, ki vsebuje mikroplastiko. Zelo malo je verjetno, da bi

lahko prišlo do absorpcije mikroplastike skozi roženično plast kože, saj lahko koža absorbira delce, manjše od 100 mikrometrov (C. Campanale in sod., 2020).

Poleg fizikalnih lastnosti in koncentracije so za posledice mikroplastike na zdravje ljudi pomembne tudi njene kemične lastnosti, kot so prisotnost aditivov in vrsta polimera ter rast mikrobne biofilma na njeni površini. Ker ima mikroplastika veliko razmerje med površino in prostornino, ima skupaj z njeno hidrofobno lastnostjo veliko afiniteto do obstojnih organskih onesnaževal, antibiotikov in težkih kovin, ki lahko vstopijo skupaj z delci mikroplastike v človeško telo ter se v njem izlužijo in tako negativno vplivajo na človeško zdravje in povzročijo endokrine motnje ali pa so karcinogeni (C. Campanale in sod., 2020).

4 UKREPI IN ZAKONODAJA

Glede na opisano situacijo so okoljski, zdravstveni in ekonomski razlogi za ukrepanje zelo jasni. Onesnaževanje z mikroplastiko, tako primarno kot tudi sekundarno, predstavlja zelo kompleksen problem, ki ga je potrebno obravnavati celostno, od same proizvodnje izdelka do takrat, ko ta postane odpadke (F. Bogovič, 2021).

Ker je pomemben vir sekundarne mikroplastike plastična embalaža, je za doseganje cilja nujno reševati problematiko ravnanja s plastično embalažo. Evropska unija in mnoge druge države po svetu si prizadevajo, s sprejemanjem in pripravo ukrepov, obrniti negativni trend in preprečiti še hujše posledice onesnaževanja s plastiko in mikroplastiko (F. Bogovič, 2021). Z namenom preprečevanja in zmanjšanja vpliva embalaže za enkratno uporabo je Slovenija v svoj pravni red prenesla direktivo Evropskega parlamenta in sveta (2015/720/EU) o zmanjšanju potrošnje lahkih plastičnih nosilnih vrečk. Eden od ukrepov v Uredbi za postopno zmanjšanje potrošnje lahkih plastičnih vrečk, ki je v Sloveniji začel veljati 1.1.2019, je, da plastične vrečke, ki predstavljajo enega glavnih virov sekundarne mikroplastike, na vseh prodajnih mestih blaga in izdelkov niso več brezplačne. Izvzete so zelo lahke plastične vrečke, ki imajo debelino stene manj kot 15 mikronov in so v trgovinah namenjene za predpakirana živila, kot so sadje in zelenjava. S tem ukrepom bi naj do 31. decembra 2019 zmanjšali porabo nosilnih plastičnih vrečk na največ 90 takšnih vrečk na osebo in do 31. decembra 2025 le še na 40 vrečk na osebo (EUR-Lex, 2015).

Drugi ukrep Evropske unije je ta, da je z namenom zmanjšanja nastajanja velikih količin plastičnih odpadkov in zmanjšanja onesnaženosti okolja, predvsem vodnega, 5. junija 2019 začela veljati direktiva Evropskega parlamenta in sveta (2019/904/EU) o zmanjšanju vpliva nekaterih plastičnih proizvodov na okolje. Njen glavni cilj je zmanjšati vpliv plastičnih proizvodov na okolje in z inovativnimi, trajnostnimi materiali, proizvodi in nenazadnje tudi poslovnim procesom spodbujati prehod iz linearnega v krožno gospodarstvo. Direktiva prepoveduje dajanje na trg nekatere plastične proizvode za enkratno uporabo, kot so plastični lončki za pijačo, krožniki, vatrane palčke, slamice ter pribor (vilice, žlice, noži). Eden izmed ukrepov te direktive je tudi ta, da se plastični proizvodi za enkratno uporabo, kot so platenke, od leta 2024 na trg lahko dajo samo, če bo pokrov po uporabi platenke ostal pritrjen na vsebnik pijače. Države članice Evropske unije morajo do leta 2025 zagotoviti, da bo plastenka, katere glavni material je polietilen tereftalat, vsebovala najmanj 25 % reciklirane plastike, do leta 2030 pa najmanj 30 % reciklirane plastike (EUR-Lex, 2019). Ker morajo države članice Evropske unije v določenem roku zakonodajo prenesti v svoj državni pravni red, je v Sloveniji z 20. avgustom 2021 začela veljati uredba (št. 131/2021) o prepovedi nekaterih plastičnih proizvodov za enkratno uporabo na trgu v Republiki Sloveniji in označevanju nekaterih plastičnih proizvodov (Uradni list RS, 2021).

Za sprejemanje ukrepov, povezanih s primarno mikroplastiko, ki se v okolje sprošča preko izdelkov za osebno nego, tekstila, pnevmatik itd., je Evropska komisija leta 2017 zaprosila Evropsko agencijo za kemikalije (ECHA), naj pripravi predlog za preprečevanje ali zmanjšanje mikroplastike namerno dodane v izdelke, ki se dajejo na trg. ECHA je leta 2019 predstavila svoj predlog in predlagala široko omejitev mikroplastike, s čimer bi zmanjšala izpust mikroplastike v okolje. V letošnjem letu je v načrtu razprava z organi članic in sprejetje predloga in njegovih omejitev (ECHA).

Prvi zakonodajni dokument na ravni EU, ki omenja mikroplastiko in želi izboljšanje stanja pitne vode, je prenovljena direktiva (2020/2184/EU) o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi, katere glavni cilj je izboljšati dostop do vode in zagotavljati ustrezno čisto pitno vodo ter s tem varovati zdravje ljudi. V direktivi je omenjena tudi mikroplastika, ki bi jo bilo, poleg ostalih

parametrov, potrebno vključiti v mehanizem nadzornega sistema, s katerim bi lahko spremljali pomembnost le te na zdravje ljudi. Za oceno kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi, je vzorec vzet na mestu, kjer voda izteka iz pipe in morajo njegove vrednosti analiziranih parametrov biti znotraj mej, ki jih določa ta direktiva. Z oceno tveganja bi morale članice unije posebno pozornost nameniti mikroplastiki in endokrinim motilcem v njej, kadar se za prehrano ljudi uporabljajo površinske vode. Za prilagoditev te direktive znanstvenemu in tehničnemu napredku bi bilo potrebno, poleg določitve praga vodnih izgub, z uvedbo oznake za tiste proizvode, ki so v stiku z vodo, sprejeti tudi metodologije za merjenje mikroplastike (EUR-Lex, 2020).

Tudi posamezniki se problema s plastiko in mikroplastiko iz leta v leto bolj zavedajo, za izboljšanje stanja pa v prvi vrsti lahko veliko naredijo sami. Najboljši trajnostni ukrep je, da izdelkov iz plastike ne kupujejo. Ker pa to v celoti ni mogoče, pazimo, da npr. v trgovini večkrat uporabimo isto plastično vrečko, ali pa še bolje, uporabimo vrečko iz blaga ali narejeno iz celuloze. Ne kupujemo vode in drugih pijač v plastični embalaži, ampak si vodo nalijemo doma v steklen bidon, ki ga lahko prav tako večkrat uporabimo, da pravilno ločujemo odpadno plastiko in da ozaveščamo prebivalce o problematiki in njenih vplivih.

5 METODE DELA

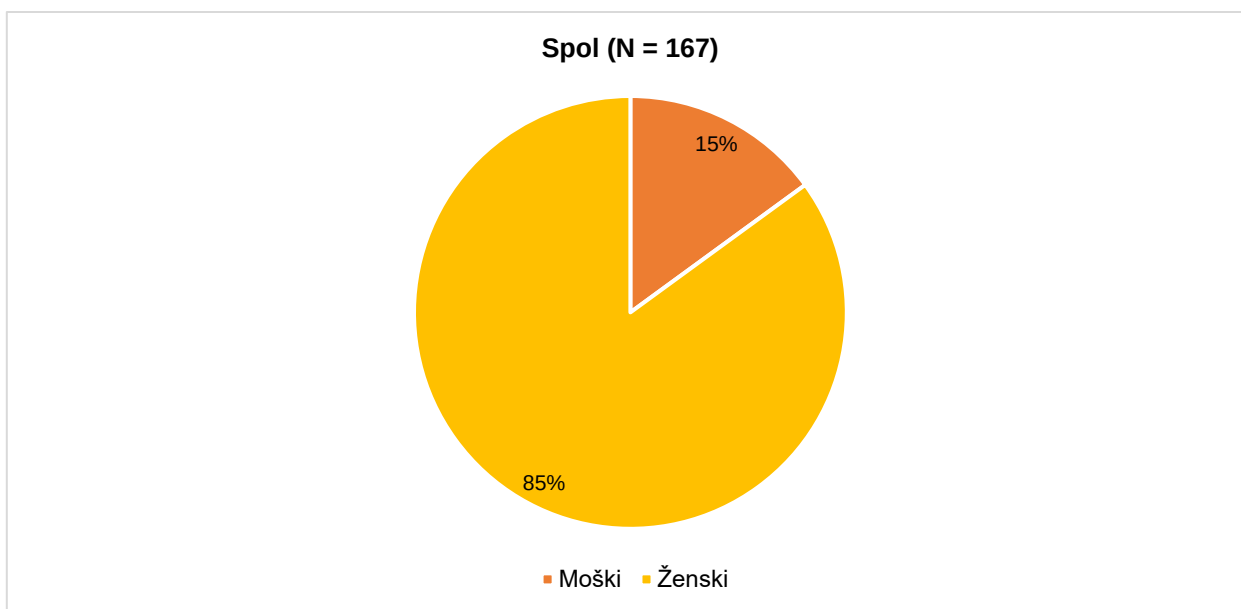
Skozi pripravo diplomskega dela sem najprej uporabila opisno metodo dela, saj sem zbrala in obdelala že obstoječe podatke. V teoretičnem delu sem se predvsem posvetila študiji o vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, iz česar diplomsko delo tudi izhajala. Sledila je eksperimentalna terenska metoda, saj sem po trgovskih centrih preverila prisotnost vode iz plastenk, ki so bile testirane in zajete v raziskavi na državni univerzi v Fredonii.

Vzporedno sem s pomočjo spletne strani enka (1KA) pripravila anketni vprašalnik glede uporabe in porabe vode iz plastenk, katerega je skupno rešilo 167 anketirancev. Anketni vprašalnik je bil sestavljen iz 15 vprašanj zaprtega in odprtega tipa, od katerih so bila štiri vprašanja sociodemografska, in sicer spol, starost, izobrazba in statistična regija. Dobljene podatke sem na koncu obdelala z računalniškim programom SPSS in jih v delu predstavila skozi grafikone in tabele.

6 REZULTATI ANKETE Z RAZPRAVO

Analiza dobljenih podatkov je narejena v enakem vrstnem redu, kot si sledijo vprašanja na anketnem vprašalniku (Priloga 1).

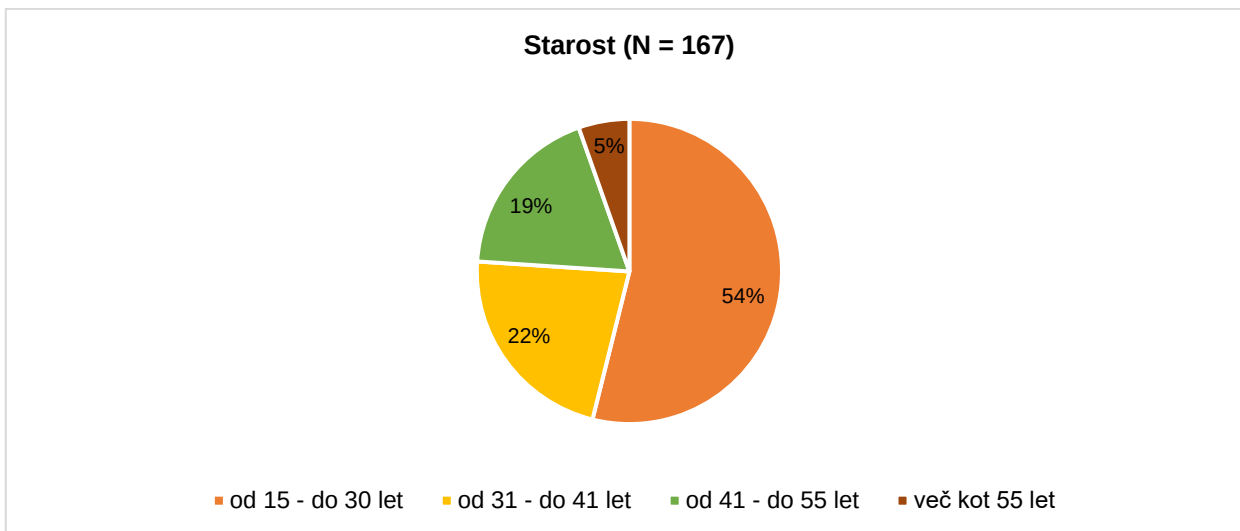
6.1 Spol



Slika 8: Spol

Vseh anketirancev, ki so odgovorili na anketni vprašalnik, je bilo skupno 167. Večina je bilo žensk, in sicer 142, kar predstavlja 85 % celotnega vzorca. Moških je bilo 25, kar predstavlja 15 % celotnega vzorca.

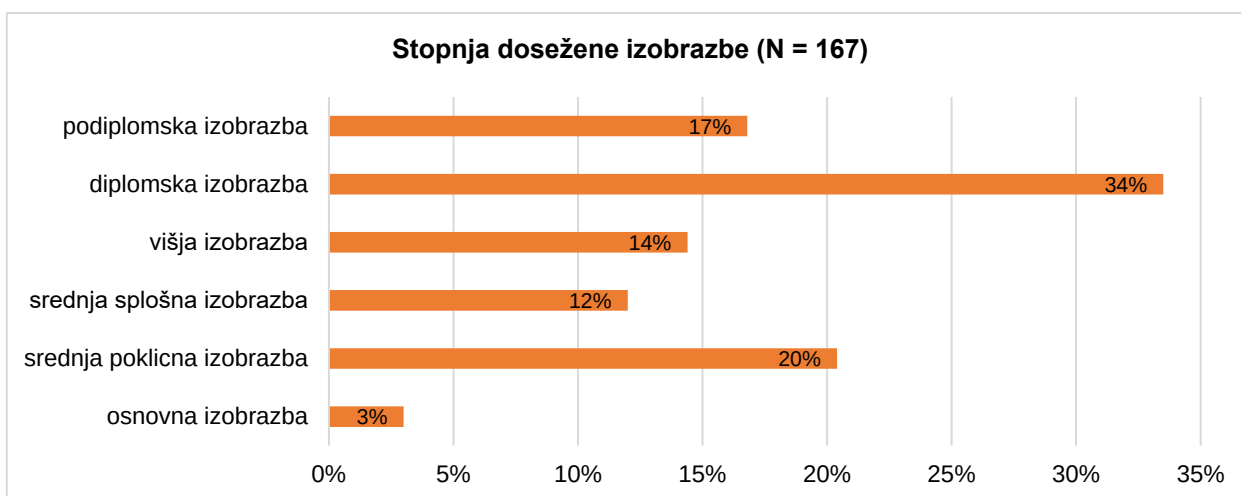
6.2 Starost



Slika 9: Starost

Pri drugem vprašanju nas je zanimala starostna skupina anketirancev. Ponujene so bile štiri starostne skupine, od 15 do 30 let, 31–40 let, 41–55 let in nad 55 let. Največ anketirancev je bilo starih od 15 do 30 let, in sicer 90, kar predstavlja 54 % vzorca. Sklepamo, da je ta skupina anketirancev najbolj množična zaradi spletnega anketiranja in posredovanja ankete na družabnem omrežju Facebook. Sledi skupina anketirancev, starih od 31 do 40 let, z 37 anketiranci (22 %), nato je skupina anketirancev, starih od 41 do 55 let z 31 osebami (19 %). Najmanj anketirancev pa je starih več kot 55 let, in sicer 9, kar predstavlja 5 % celotnega vzorca.

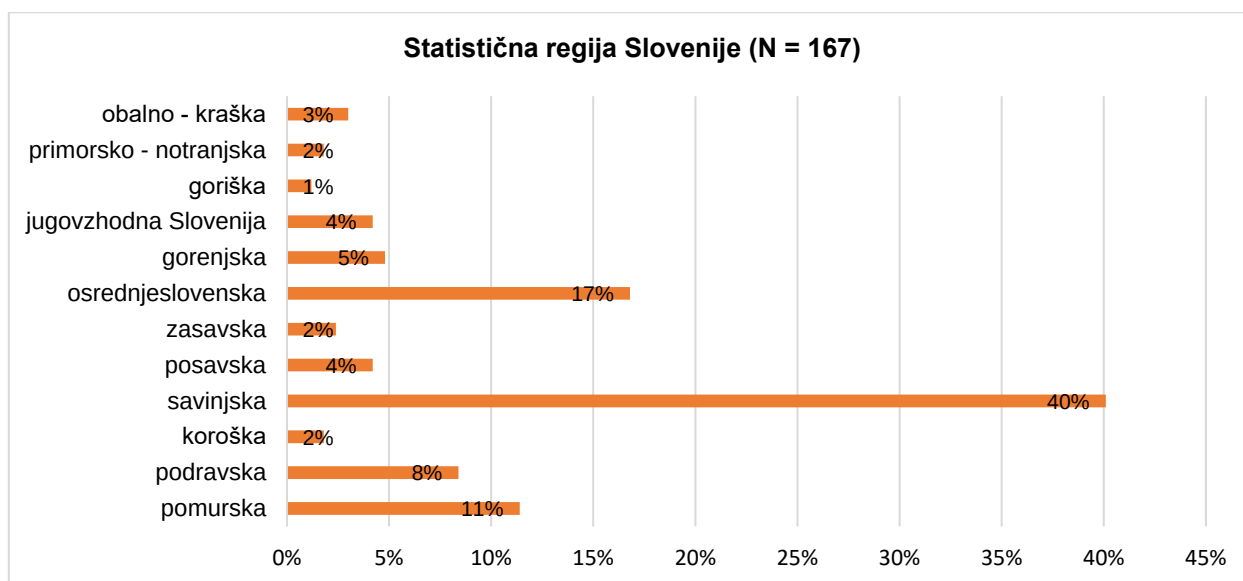
6.3 Stopnja dosežene izobrazbe



Slika 10: Stopnja dosežene izobrazbe

S tretjim vprašanjem smo anketirance spraševali po njihovi doseženi stopnji izobrazbe. Največji delež anketirancev (34 %) ima dodiplomsko izobrazbo, in sicer 56 anketirancev. Sledita srednja poklicna izobrazba, ki jo ima 34 anketirancev (20 %) in poddiplomska izobrazba z 28 anketiranci (17 %). 24 anketirancev ima končano višjo izobrazbo, kar je 14 % vzorca, 20 anketirancev srednjo splošno izobrazbo, kar je 12 %. Osnovno izobrazbo ima doseženo le 5 anketirancev, kar predstavlja 3 % celotnega vzorca.

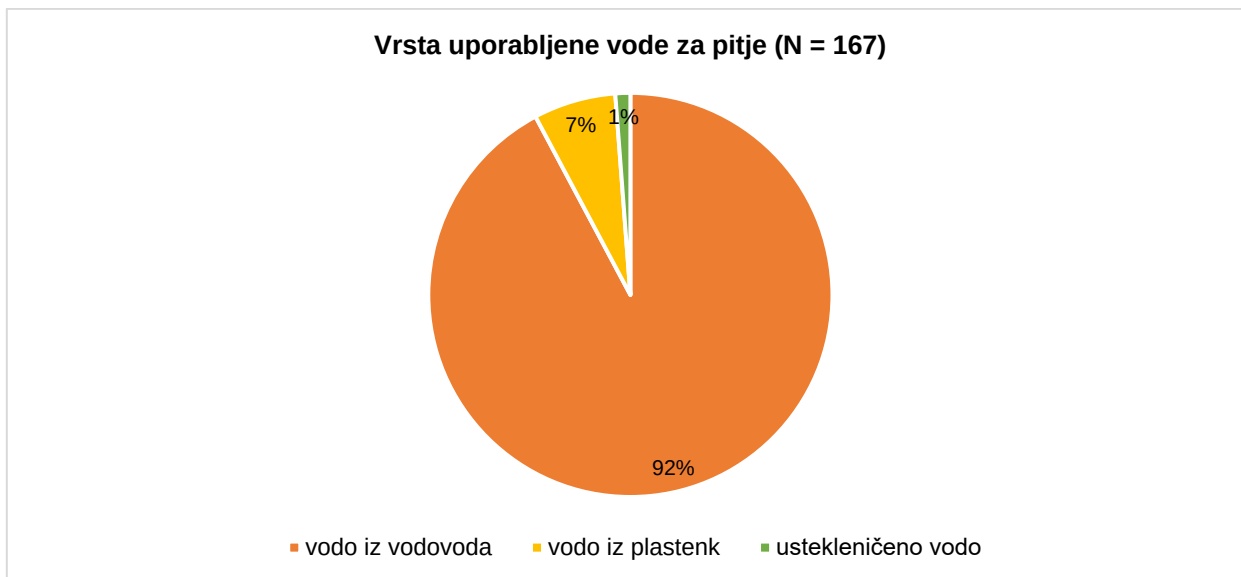
6. 4 Statistična regija Slovenije



Slika 11: Statistična regija Slovenije

Pri tem vprašanju nas je zanimala statistična regija Slovenije, iz katere prihajajo anketiranci. Iz slike lahko razberemo, da je največ anketirancev, in sicer 67, kar predstavlja 40 % celotnega vzorca, iz savinjske regije. Sledijo osrednjeslovenska regija z 28 anketiranci, pomurska z 19 anketiranci, podravska s 14 anketiranci. Iz posameznih ostalih statističnih regij prihaja manj kot 10 anketirancev, kar posamično predstavlja manj kot 10 %.

6.5 Vrsta uporabljene vode za pitje



Slika 12: Vrsta uporabljene vode za pitje

Zanimalo nas je, katero vrsto vodo uporabljajo anketiranci za vsakodnevno pitje. Kar 154 anketirancev navaja, da za pitje uporablja vodo iz vodovoda. Teh 154 anketirancev predstavlja 92 % celotnega vzorca. 11 anketirancev (7 %) uporablja vodo iz plastenk in 2 anketiranca (1 %) posegata po ustekleničeni vodi.

6.6 Razlogi za uporabo določene vode

V nadaljevanju nas je zanimalo, zakaj anketiranci posegajo po vodi iz vodovoda, vodi iz plastenk ali ustekleničeni vodi (preglednice 1–3).

Preglednica 1: Razlogi za uporabo vode iz vodovoda

Voda iz vodovoda (N = 154)	Število	%
Menim, da je slovenska voda neoporečna in zelo kakovostna.	86	55,8 %
Je cenovno ugodna in jo imam vedno na razpolago.	52	33,8 %
Ker je to za okolje najboljša rešitev.	11	7,1 %
Drugo:	5	3,2 %

Med 154 anketiranci, ki za pitje uporabljajo vodo iz vodovoda, jih več kot polovica, in sicer 86 (55,8 %) meni, da je slovenska voda neoporečna in zelo kakovostna. Da je voda iz vodovoda cenovno ugodna in vedno na razpolago, meni 52 anketirancev, kar je 33,8 % vzorca, 11 anketirancev (7,1 %) pa navaja, da pijejo vodo iz vodovoda, ker je to za okolje najboljša rešitev. 5 anketirancev je navedlo svoje odgovore, in sicer:

- Odgovor A, vendar bi rekla, da je dovolj kakovostna, ne zelo.
- Imamo dodatni hišni filter.
- Imamo tudi lasten vir.
- Ker imamo samo to možnost.
- Vse troje.

Preglednica 2: Razlogi za uporabo vode iz plastenk

Voda iz plastenk (N = 11)	Število	%
Ker je voda zanesljivo neoporečna in brez okusa.	2	18,2 %
Je praktična za uporabo in je cenovno ugodna.	4	36,4 %
Dobim jo v vsaki trgovini, je dostopna.	3	27,3 %
Ker nimam dostopa do pitne vode iz vodovoda.	1	9,1 %
Drugo:	1	9,1 %

11 anketirancev za pitje posega po vodi iz plastenk. 4 anketiranci (36,4 %) zato, ker je praktična za uporabo in cenovno ugodna, 3 anketiranci (27,3 %) zato, ker se dobi v vsaki trgovini, je dostopna. 2 anketiranca (18,2 %) menita, da je voda iz plastenk zanesljivo neoporečna in brez okusa, 1 anketiranec (9,1 %) uporablja vodo iz plastenk, ker nima dostopa do pitje vode iz vodovoda. 1 anketiranec je podal svoj odgovor, in sicer:

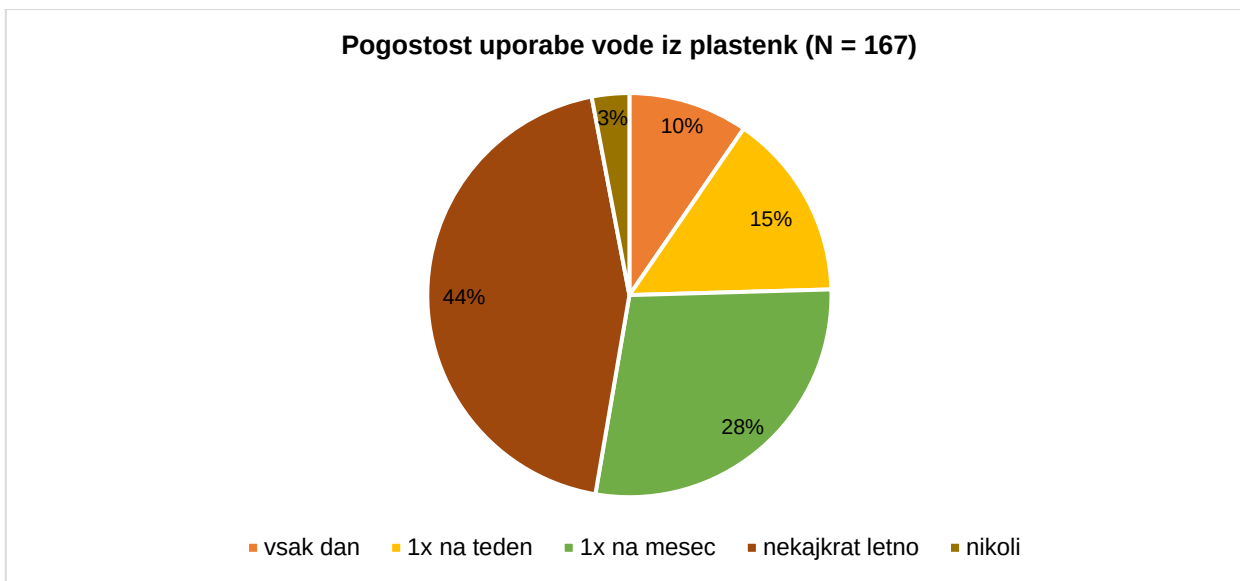
- Ker je iz vodovoda preslaba voda.

Preglednica 3: Razlogi za uporabo ustekleničene voda

Ustekleničena voda (N = 2)	Število	%
Sem ozaveščen/a glede okoljskih problemov in uporabljam materiale, ki se jih lahko reciklira.	0	0 %
Ker je voda zanesljivo neoporečna in brez okusa.	1	50 %
Ker nimam dostopa do pitne vode iz vodovoda.	0	0 %
Drugo:	1	50 %

Najredkeje uporabljena za pitje je ustekleničena voda. Le-to uporabljata 2 anketiranca. Eden navaja, da zato, ker je voda zanesljivo neoporečna in brez okusa, drugi anketiranec pa je pod drugo zapisal, da zato, »ker se kar naenkrat okoli nabere preveč plastičnih flaš«.

6.7 Pogostost uporabe vode iz plastenk

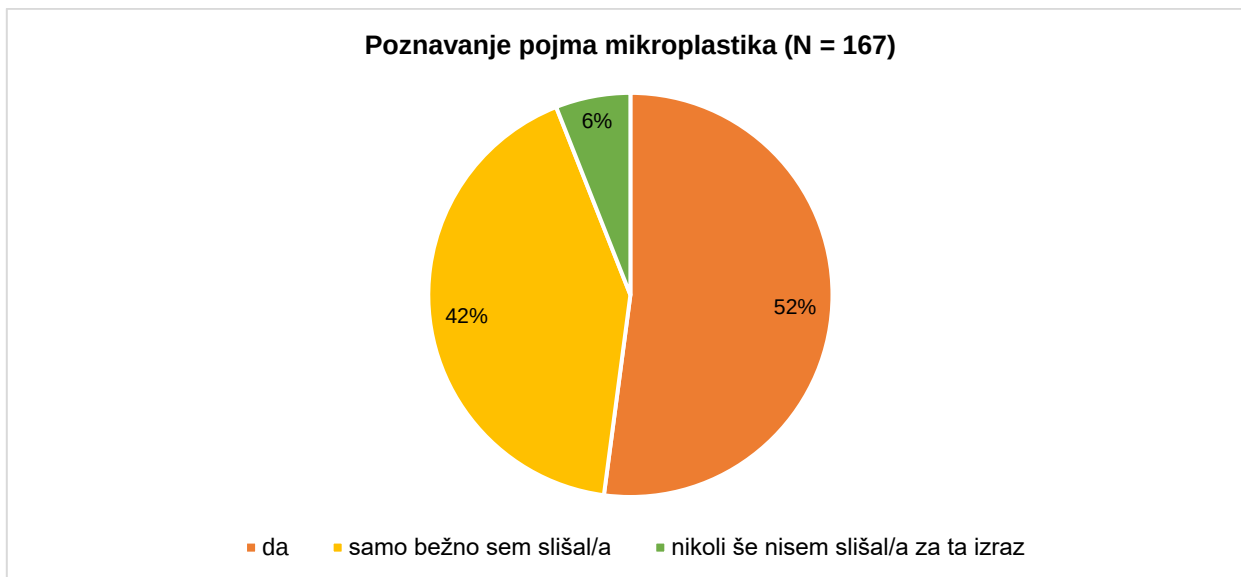


Slika 13: Pogostost uporabe vode iz plastenk

Pri tem vprašanju smo želeli izvedeti, kako pogosto anketiranci posegajo po vodi iz plastenk. Večino anketirancev, natančneje 74, kar predstavlja 44 % vzorca, po vodi v plastenkah poseže le nekajkrat letno. 47 anketirancev (28 %) navaja, da vodo v plastenkah uporablja 1-x na mesec, 25 anketirancev (15 %) pa vodo v plastenkah uporablja na tedenski ravni. Vsakodnevno vodo v plastenkah uporablja 16 anketirancev (10 %), medtem ko 5 anketirancev (3 %) vode v plastenkah ne uporablja nikoli.

Rezultati so pričakovani, saj večina anketirancev pije vodo iz vodovoda. Morda bi dobili še boljši vpogled, če bi dodali vprašanje, s katerim namenom anketiranci kupijo vodo v plastenki. Predvidevamo, da tisti, ki vodo kupijo in uporabljajo le nekajkrat mesečno ali nekajkrat letno, jo zaradi svoje praktičnosti uporabijo na daljši poti z avtomobilom, na izletu ali pa jo dobijo na raznih službenih konferencah, zborovanjih, sestankih in ostalih dogodkih.

6.8 Poznavanje pojma mikroplastika



Slika 14: Poznavanje pojma mikroplastika

S tem vprašanjem smo želeli preveriti, koliko je anketirancem znan naš osrednji pojem proučevanja, pojem mikroplastika. Rezultati so pokazali, da je 87 anketirancem, kar predstavlja 52 % celotnega vzorca, pojem poznan. 70 anketirancev (42 %) je za pojem mikroplastike samo bežno slišalo, 10 anketirancem (6 %) pa pojem mikroplastike ni znan, oziroma še nikoli niso slišali za ta izraz.

Rezultat ni pričakovan in je zelo presenetljiv, da je tako velik delež anketirancev za izraz mikroplastika le bežno slišal ali pa ga sploh ne pozna, saj je danes na voljo ogromno informacij, raznih aktivnosti, kampanj in projektov na temo zmanjšanja mikroplastike v okolju. In glede na to, da so anketiranci predvsem mlajši, je še toliko bolj presenetljivo, saj imajo mladi vendarle vseskozi možnost biti v stiku s spletom, novicami in raznimi članki.

Zdelo se nam je smiselno pogledati, kako se poznavanje pojma mikroplastike razlikuje glede na stopnjo dosežene izobrazbe. Izdelali smo kontingenčno tabelo, pri kateri smo stopnjo dosežene izobrazbe vzeli za neodvisno spremenljivko, za odvisno spremenljivko pa poznavanje pojma mikroplastike. Rezultati so predstavljeni v preglednici 4, za lažjo predstavbo pa prikazani še s sliko.

Preglednica 4: Poznavanje pojma mikroplastika glede na izobrazbo

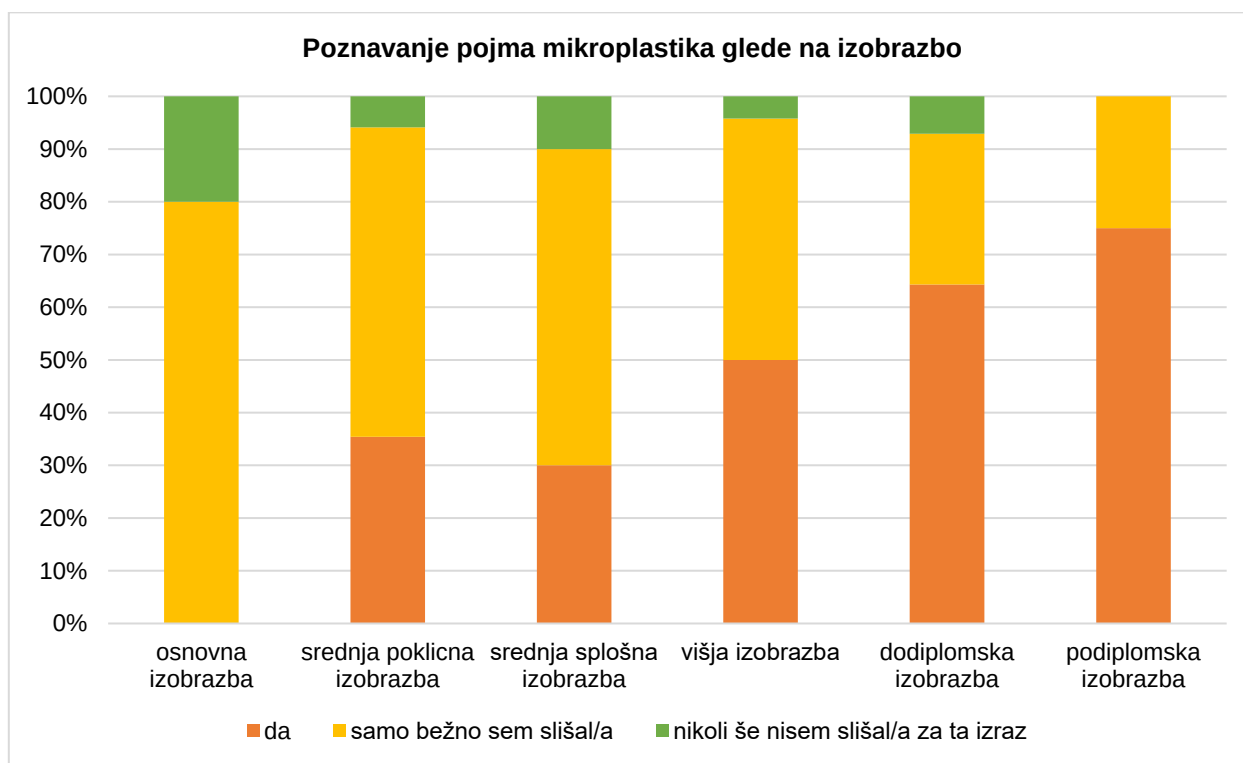
Poznavanje pojma mikroplastika * Izobrazba (kontingenčna preglednica)								
N = 167		os. izobr.	sr. pokl. izobr.	sr. spl. izobr.	viš. izobr.	dodipl. izobr.	podipl. izobr.	SKUPAJ
da	<i>Število</i>	0	12	6	12	36	21	87
	<i>% znotraj Poznavanje pojma mikroplastika</i>	0 %	13,8 %	6,9 %	13,8 %	41,4 %	24,1 %	100 %
	<i>% znotraj Izobrazba</i>	0 %	35,3 %	30 %	50 %	64,3 %	75 %	52,1 %
samo bežno sem slišal/a	<i>Število</i>	4	20	12	11	16	7	70
	<i>% znotraj Poznavanje pojma mikroplastika</i>	5,7 %	28,6 %	17,1 %	15 %	22,9 %	10 %	100 %
	<i>% znotraj Izobrazba</i>	80 %	58,8 %	60 %	45,8 %	28,6 %	25 %	41,9 %
nikoli še nisem slišal/a za ta izraz	<i>Število</i>	1	2	2	1	4	0	10
	<i>% znotraj Poznavanje pojma mikroplastika</i>	10 %	20 %	20 %	10 %	40 %	0 %	100 %
	<i>% znotraj Izobrazba</i>	20 %	5,9 %	10 %	4,2 %	7,1 %	0 %	6 %
SKUPAJ	<i>Število</i>	5	34	20	24	56	28	167
	<i>% znotraj Poznavanje pojma mikroplastika</i>	3 %	20,4 %	12 %	14,4 %	33,5 %	16,8 %	100 %
	<i>% znotraj Izobrazba</i>	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

*os. izobr. = osnovna izobrazba *sr. pokl. izobr. = srednja poklicna izobrazba *sr. spl. izobr. = srednja splošna izobrazba
 *viš. izobr. = višja izobrazba (višja strokovna, višješolska) *dodipl. izob. = dodiplomska izobrazba (visoka strokovna, univerzitetna) *podopl. izob. = podiplomska izobrazba (magisterij, doktorat, specializacija)

Iz prikazanih podatkov vidimo, da 36 anketirancev (41,4 %) z dodiplomsko izobrazbo in 21 anketirancev (24,1 %) s podiplomsko izobrazbo pozna pojem mikroplastike. Med anketiranci z doseženo osnovno izobrazbo ni nikogar, ki bi mu bil izraz mikroplastike poznan. Med tistimi, ki so za izraz mikroplastike že bežno slišali, so anketiranci s srednjo poklicno izobrazbo, 28,6 % (N = 20) in anketiranci z dodiplomsko izobrazbo 22,9 % (N = 16). 4 anketiranci z osnovno izobrazbo so za izraz mikroplastike bežno slišali (5,7 %). Med tistimi, ki za ta izraz še nikoli niso slišali, ni nobenega anketiranca z doseženo podiplomsko izobrazbo (N = 0), anketiranci s srednjo poklicno izobrazbo pa med tistimi, ki jim izraz mikroplastike sploh ni poznan, tvorijo 20 % (N = 2), prav tako anketiranci s srednjo splošno izobrazbo (N = 2, 20 %).

Kako se poznavanje pojma mikroplastike razlikuje glede na stopnjo dosežene izobrazbe, nam pove vrstica “% Znotraj izobrazba”. Razberemo lahko, da 75 % anketirancev z doseženo podiplomsko izobrazbo pojem mikroplastike pozna, 25 % ga je bežno slišalo, 0 % je takih, ki jim je izraz neznan. 50 % anketirancev z višjo izobrazbo pozna pojem mikroplastike, 45,8 % višje izobraženih anketirancev je za pojem bežno slišalo, 4,2 % anketirancev z višjo izobrazbo pa za pojem ni slišalo še nikoli. 80 % tistih anketirancev, ki imajo doseženo le osnovno izobrazbo, je za pojem mikroplastike le bežno slišalo, 20 % anketirancev z osnovno izobrazbo pa ni še nikoli niti slišalo. Osnovno izobraženih anketirancev, ki bi poznalo pojem mikroplastike, ni.

Če dobro pogledamo podatke, lahko opazimo, da višja, kot je izobrazba, višji je delež anketirancev, ki poznajo pojem mikroplastike, nižja, kot je izobrazba, višji je delež tistih anketirancev, ki za pojem mikroplastike še niso slišali ali so zanj le bežno slišali. To pomeni, da je pojem mikroplastike bolj znan višje izobraženim anketirancem. Slednje nazorno prikazuje tudi spodnja slika.



Slika 15: Poznavanje pojma mikroplastika glede na izobrazbo

6.9 Mikroplastika v vsakdanjem življenju

Pri tem vprašanju smo anketirance vprašali, ali menijo, da uporabljajo in se srečujejo z mikroplastiko v vsakdanjem življenju. Iz tabele lahko razberemo, da je kar 155 anketirancev, kar predstavlja 92,8 % vzorca, odgovorilo z »da«, kar pomeni, da menijo, da je mikroplastika del njihovega vsakdanjega življenja. 10 anketirancev (6 %) pravi, da ne ve, ali je mikroplastika prisotna v vsakdanjem življenju, 2 anketiranca (1,2 %) pa sta mnenja, da v vsakdanjem življenju nista v stiku z mikroplastiko.

Preglednica 5: Mikroplastika v vsakdanjem življenju

Mikroplastika v vsakdanjem življenju (N = 167)	da	Ne	ne vem
Število	155	2	10
%	92,8 %	1,2 %	6 %

6.10 Vsebnost mikroplastike v okolju

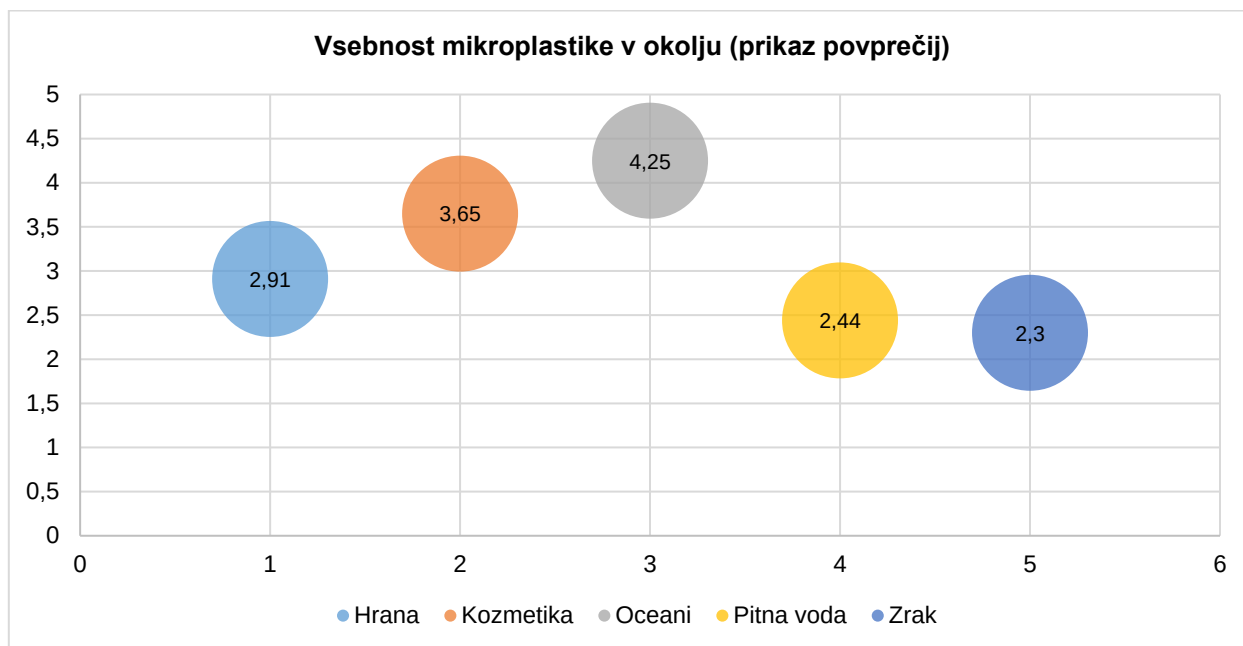
To vprašanje se je nanašalo na vsebnost mikroplastike v okolju. Anketiranci so za pet kategorij, in sicer hrano, kozmetiko, oceane, pitno vodo in zrak, na lestvici od 1 (pomeni najmanjšo vsebnost mikroplastike) do 5 (pomeni največjo vsebnost mikroplastike) ocenili, v kateri kategoriji se, po njihovem mnenju, v okolju nahaja najvišja vrednost mikroplastike.

Preglednica 6: Vsebnost mikroplastike v okolju

Vsebnost mikroplastike v okolju (deskriptivna statistika)						
	N	Minimum	Maksimum	Povprečje (M)	Std. odklon	Modus
Hrana	167	1	5	2,91	1,058	3
Kozmetika	167	1	5	3,65	0,988	4
Oceani	167	1	5	4,25	0,955	5
Pitna voda	167	1	5	2,44	1,033	2
Zrak	167	1	5	2,3	1,078	2

Iz preglednice 6 lahko razberemo, da je najvišje povprečje pri kategoriji oceanov ($M = 4,25$), kar pomeni, da anketiranci menijo, da se najvišja vrednost mikroplastike nahaja v oceanih. Sledita kozmetika s povprečjem 3,65 in nato hrana s povprečjem 2,91. Standardni odklon nam pove, koliko so bili odgovori razpršeni oziroma koliko so bili anketiranci pri posameznem odgovoru enotni oziroma neenotni. Iz podatkov vidimo, da so bili anketiranci najbolj enotni glede vsebnosti mikroplastike v oceanih (Std. odklon = 0,955), medtem ko so bili najmanj enotni glede vsebnosti mikroplastike v zraku (Std. odklon = 1,078). Modus nam pove, katera vrednost je bila pri posamezni kategoriji največkrat izbrana. Tako vidimo, da je bila pri kategoriji oceani največkrat izbrana vrednost 5, medtem ko pri pitni vodi in zraku vrednost 2. Glede na rezultate in nizek odstotek mnenja, da je mikroplastika tudi v pitni vodi, se nam zdi resnično smiselno ljudi na tem področju še bolj ozaveščati, predvsem mlade.

Prikaz povprečij vsebnosti mikroplastike vseh petih kategorij nazorno prikazuje slika 16.



Slika 16: Vsebnost mikroplastike v okolju (prikaz povprečij)

6. 11 Vsebnost mikroplastike v oblikah vode

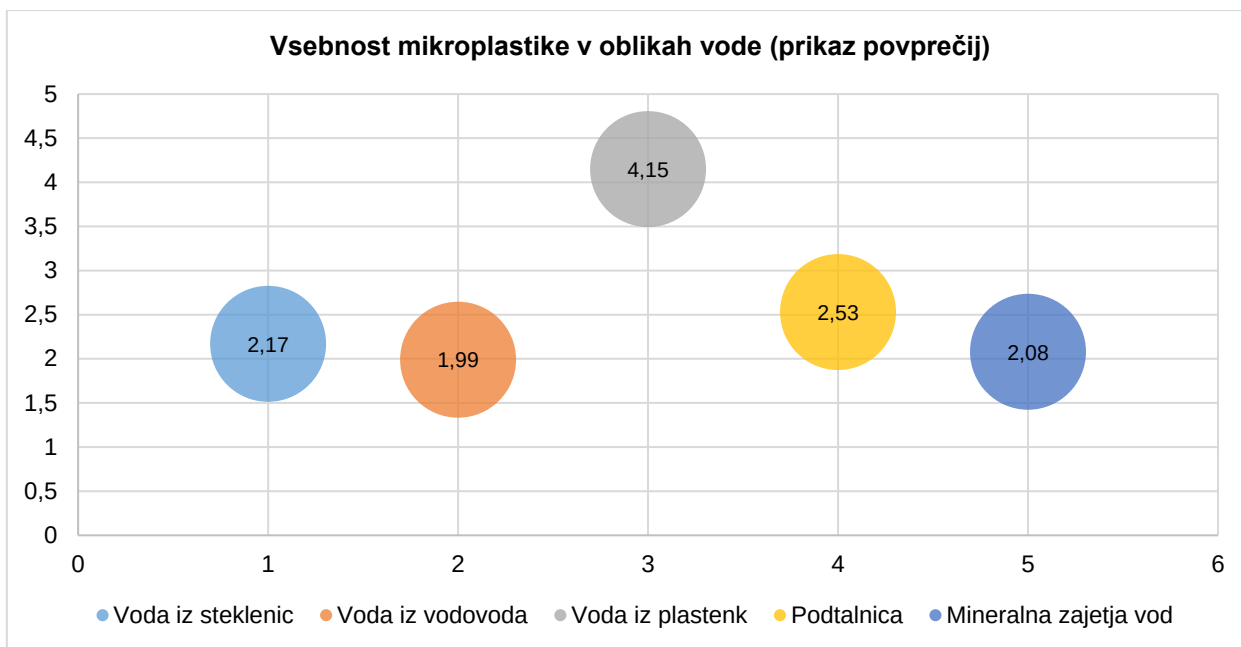
Naslednje vprašanje se je nanašalo na vsebnost mikroplastike v različnih oblikah vode. Anketiranci so za pet kategorij, in sicer vodo iz steklenic, vodo iz vodovoda, vodo iz plastenk, podtalnico in mineralna zajetja vod, na lestvici od 1 (pomeni najmanjšo vsebnost mikroplastike) do 5 (pomeni največjo vsebnost mikroplastike) ocenili, v kateri obliki vode se, po njihovem mnenju, nahaja najvišja vrednost mikroplastike.

Preglednica 7: Vsebnost mikroplastike v oblikah vode

Vsebnost mikroplastike v oblikah vode (deskriptivna statistika)						
	N	Minimum	Maksimum	Povprečje (M)	Std. Odklon	Modus
Voda iz steklenic	167	1	5	2,17	1,047	2
Voda iz vodovoda	167	1	5	1,99	0,888	1
Voda iz plastenk	167	1	5	4,15	0,998	5
Podtalnica	167	1	5	2,53	1,171	3
Mineralna zajetja vod	167	1	5	2,08	1,002	1

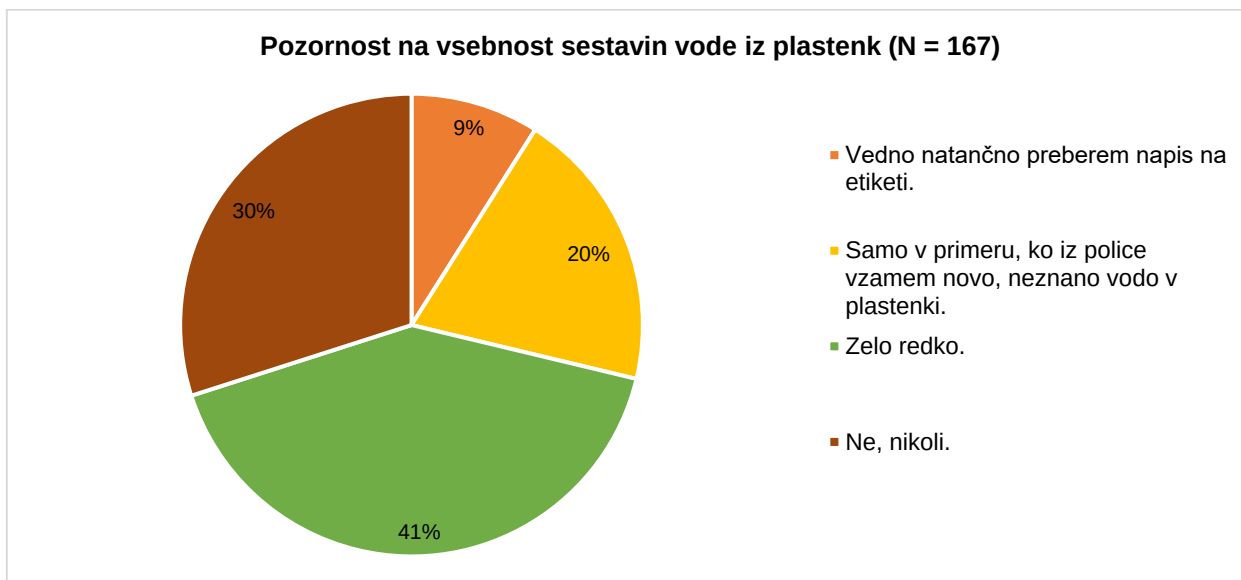
Iz preglednice 7 lahko razberemo, da je najvišje povprečje pri kategoriji voda iz plastenk ($M = 4,15$), kar pomeni, da anketiranci menijo, da se najvišja vrednost mikroplastike nahaja v vodi iz plastenk. Sledi podtalnica s povprečjem 2,53, medtem ko se po mnenju anketirancev najmanj mikroplastike nahaja v vodi iz vodovoda ($M = 1,99$). Standardni odklon nam pove, koliko so bili odgovori razpršeni. Iz podatkov vidimo, da so anketiranci najbolj razpršene odgovore podajali pri kategoriji podtalnice (Std. odklon = 1,171), najmanjša razpršenost podanih odgovorov pa je pri kategoriji vode iz vodovoda (Std. odklon = 0,888), kar pomeni, da so si bili anketiranci pri tem odgovoru bistveno bolj enotni. Modus je največkrat izbrana vrednost pri posamezni kategoriji. Iz podatkov vidimo, da je bila pri kategoriji voda iz plastenk največkrat izbrana vrednost 5, torej največja vsebnost mikroplastike, medtem ko je pri vodi iz vodovoda in mineralnih zajetjih vod pri izbiri prevladovala vrednost 1.

Prikaz povprečij vsebnosti mikroplastike v različnih oblikah vode nazorno prikazuje slika 17.



Slika 17: Vsebnost mikroplastike v oblikah vode (prikaz povprečij)

6. 12 Pozornost na vsebnost sestavin vode iz plastenk



Slika 18: Pozornost na vsebnost sestavin vode iz plastenk

V nadaljevanju nas je zanimalo, ali so anketiranci, ko posežejo po vodi iz plastenke, pozorni na vsebnost sestavin le-te. 69 anketirancev, kar predstavlja 41 % celotnega vzorca, navaja, da so

zelo redko pozorni na sestavine vode iz plastenke, 50 anketirancev (30 %) nikoli ne polaga pozornosti na sestavine vode v plastenki. V primeru, da iz police vzame novo, neznano vodo v plastenki, sestavine v vodi iz plastenke preveri 33 anketirancev, kar je 20 % vzorca. 15 anketirancev (9 %) pa vedno, ko posežejo po vodi iz plastenk, natančno prebere napis na etiketi.

Dobljeni rezultati so nas presenetili, saj bi pričakovali, da etiketo na vodi pogleda veliko manj ljudi, saj voda, kupljena v plastenki, naj ne bi vsebovala nikakršnih dodatkov.

6.13 Znamka vode iz plastenk, po kateri anketiranci najpogosteje posegajo

Pri tem vprašanju nas je zanimalo, po kateri znamki vode iz plastenk anketiranci največkrat posegajo. Anketiranci so prosto podajali svoje odgovore, vendar so se znamke vod ponavljale, in sicer:

- Costella (34,7 %)
- Dana (22,2 %)
- Zala (17,9 %)
- Radenska (12,9 %)
- Evian (8,9 %)
- Jana (3,4 %).

6.14 Kupovanje vode v plastenkah kljub mikroplastiki

Anketirance smo še vprašali, če bi kupili vodo v plastenki tudi, če bi vedeli, da plastenka z vodo vsebuje mikroplastiko. 95 anketirancev (56,9 %) bi kljub nekaj pomislekov vodo v plastenki vseeno kupilo, 56 anketirancev (33,5 %) pa pravi, da se, če bi vedeli, da voda v plastenki vsebuje mikroplastiko, za nakup ne bi odločili. 16 anketirancev (9,6 %) podatek o vsebnosti mikroplastike ne bi zmotil in bi se vseeno odločilo za nakup vode v plastenki.

Velik delež anketirancev bi imel pomisleke ob nakupu vode, ki vsebuje mikroplastiko, pa bi se zanje vseeno odločili. Menimo, da je mladim vseeno, kaj kupijo, saj zaradi premale ozaveščenosti in podučnosti ne poznajo problematike mikroplastike in njenih negativnih vplivov tako na okolje kot na zdravje ljudi.

Preglednica 8: Kupovanje plastenk kljub mikroplastiki

Kupovanje plastenk kljub mikroplastiki (N = 167)	Število	%
Da	16	9,6 %
bi imel/a nekaj pomislekov, a bi jo vseeno kupil/a	95	56,9 %
Ne	56	33,5 %

6. 15 Rešitev za zmanjšanje uporabe vode iz plastenk

Pri zadnjem vprašanju nas je zanimalo, katere ukrepe bi anketiranci predlagali za manjšo uporabo vode iz plastenk, oziroma kakšne so po njihovem mnenju rešitve za zmanjšanje uporabe vode iz plastenk. Pri tem vprašanju je vsak anketiranec lahko navedel več odgovorov.

Vseh 167 anketirancev je na to vprašanje skupaj podalo 490 odgovorov. Najpogosteje izbrani odgovori so »Spodbujanje uporabe steklenic za večkratno uporabo.« (N = 107), »Prepoved prodajanja plastenk oziroma plastičnih embalaž.« (N = 103) in »Spodbujanje okoljske ozaveščenosti in predstavitev posledic uporabe plastike.« (N = 102). Odgovor, ki je bil izbran v najmanjšem številu, je »Širjenje zavarovanih področij vodnih virov.« (N = 41).

Podatki v preglednici 9 nam povedo še naslednje. 21,8 % odgovorov, od skupaj 490 odgovor, je bilo »Spodbujanje uporabe steklenic za večkratno uporabo«. 64,1 % anketirancev, od skupaj 167 anketirancev, je kot enega izmed možnih odgovorov izbralo »Spodbujanje uporabe steklenic za večkratno uporabo«. 61,7 % anketirancev, od skupaj 167 anketirancev, je kot enega izmed možnih odgovorov izbralo »Prepoved prodajanja plastenk oziroma plastičnih embalaž.« in 24,6 % anketirancev, od skupaj 167 anketirancev, je kot enega izmed možnih odgovorov izbralo »Širjenje zavarovanih področij vodnih virov«.

Preglednica 9: Rešitev za zmanjšanje uporabe vode iz plastenk

Rešitev za zmanjšanje uporabe vode iz plastenk (N = 167)	Odgovori		Odstotek anketirancev
	N (število)	%	
Spodbujanje okoljske ozaveščenosti in predstavitev posledic uporabe plastike.	102	20,8 %	61,1 %
Prepoved prodajanja plastenk oziroma plastičnih embalaž.	103	21 %	61,7 %
Nižja cena ustekleničene vode.	76	15,5 %	45,5 %
Širjenje zavarovanih področij vodnih virov.	41	8,4 %	24,6 %
Vsakoletna predstavitev analiz in podatkov širši javnosti o kakovosti virov pitne vode v Sloveniji.	61	12,4 %	36,5 %
Spodbujanje uporabe steklenic za večkratno uporabo.	107	21,8 %	64,1 %
<i>Skupaj odgovorov</i>	490	100 %	293,4 %

Dobljeni podatki nakazujejo na to, da so anketiranci v večini usmerjeni bolj k rešitvam pri uporabniku samem kot vodnih virih, saj je najmanjši odstotek takšnih, ki meni, da je potrebno poskrbeti za vodne vire in z odgovorom, da bi bilo potrebno spodbujati uporabo steklenic za večkratno uporabo, se odgovori navezujejo na potrošnika. Anketiranci vode v večini izrazito ne povezujejo z njeno ceno, tudi rezultati kakovosti vode se jim ne zdijo pomembni. Sklepamo, da se ljudem kakovost naše pitne vode ne zdi sporna, ali pa jih zaradi premalo znanja in ozaveščenosti to ne zanima, bolj vidijo izzive pri odnosu ljudi do plastike in plastične embalaže.

7 SKLEPI

Cilji diplomskega dela so bili ozaveščanje prebivalstva, analiza in predstavitev rezultatov vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk na podlagi študije, ki so jo izvajali pod vodstvom Sherri A. Mason na državni univerzi v New Yorku. Predstavili smo tudi rezultate spletne ankete, katere namen je bil pridobiti vpogled v to, katero vodo ljudje v Sloveniji za vsakodnevno pitje največ uporabljajo.

Diplomsko delo temelji na rezultatih študije, ki jo je objavila Svetovna zdravstvena organizacija leta 2018, o vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, v okviru katere so pregledali in analizirali 259 plastenk vode, iz skupno 9 držav, odvzetih na 19 lokacijah. Ugotovljeno je bilo, da je kar 93 % vseh vod vsebovalo mikroplastiko, le 17 plastenk le-te ni vsebovalo. Najpogosteje so se pojavljali delci, manjši od 100 µm. Najmanjši identificirani je bil velik le 6,5 mikrometra. Koncentracija delcev se je med plastenkami vode zelo razlikovala, saj so bile vode, tudi iste blagovne znamke, odvzete na različnih lokacijah in so posledično zaradi okoljskih vplivov nekatere vode vsebovale več kot 10 000 delcev na liter, v nekaterih pa mikroplastike ni bilo zaznati. Največ mikroplastičnih delcev so zaznali pri znamki Nestle Pure Life, najnižjo pa pri San Pellegrino in Minalba. Ena izmed znamk, ki so jo analizirali, je bila tudi voda Evian, ki jo je po pregledu trgovin možno kupiti tudi v Sloveniji. Po podatkih študije so vzorci vode vsebovali 256 mikroplastičnih delcev, kar jo uvršča, glede na seznam testiranih vod, med vode z manjšo vsebnostjo mikroplastike. Glede na dejstvo, da je polipropilen najpogosteje najden material, iz katerega so bili narejeni mikroplastični delci, je zelo verjetno, da mikroplastika skozi pokrovček, s katerim je plastenka zaprta, prehaja v vodo, saj je le ta tudi narejen iz polipropilena. Raziskava je pokazala tudi to, da je v vodi iz pipe 2-krat manj mikroplastičnih delcev manjših od 100 mikrometrov kot v vodi iz plastenk, kar pa ima glede na dejstvo, da mikroplastika manjša od 20 mikrometrov lahko vstopa v človeške organe (placento) in preide v celično membrano, resne negativne posledice za zdravje človeka.

Namen ankete v drugem delu diplomskega dela je bil ugotoviti, v kolikšni meri ljudje v Sloveniji uporabljajo/zaužijejo vode iz plastenk in kako se zavedajo problematike mikroplastike v okolju. V anketi je sodelovalo 167 odraslih oseb. Z analizo ankete smo ugotovili, da kar dobrih 92 % ljudi uporablja za vsakodnevno pitje vode vodo iz vodovoda, saj jih kar polovica od teh meni, da je slovenska voda zelo kakovostna in neoporečna, da je cenovno ugodna in vedno na razpolago in da je uporaba vode iz vodovoda za okolje najboljša rešitev. Ugotovili smo tudi, da 10 % ljudi vsakodnevno uporablja vodo iz plastenk, le 3 % pa je takšnih, ki vode v plastenki nikoli ne uporabljajo.

Z anketo smo ugotovili, da je 40 % ljudi za pojem mikroplastika le bežno slišala, 6 % pa ta pojem ni poznan. Ugotovili smo, da je poznavanje pojma mikroplastike odvisen od stopnje izobrazbe, saj med tistimi, ki imajo podiplomsko izobrazbo, ni nikogar, ki za pojem mikroplastike še ne bi slišal in med tistimi, ki imajo osnovnošolsko izobrazbo, ni nikogar, ki bi za pojem mikroplastike že slišal in ga na ta način poznal.

Slabih 93 % anketirancev meni, da se z mikroplastiko srečujejo v vsakodnevnem življenju. Po mnenju anketirancev je vsebnost mikroplastike najvišja v oceanih, vsebnost mikroplastike v pitni vodi razvrstijo na četrto mesto. Kar 30 % med njimi ni nikoli pozornih na vsebnost sestavin v vodi, ki jo kupijo, kljub temu da jih večina meni, da je vsebnost mikroplastike najvišja ravno v vodi iz plastenk in bi se kar 10 %, čeprav bi vedeli, da voda vsebuje mikroplastiko, brez pomisleka odločilo za nakup le-te.

Na podlagi podatkov študije, pregleda trgovin in analizirane ankete lahko ovrednotimo dve hipotezi, ki smo si ju v začetku dela zastavili.

Hipoteza 1: Vsebnost mikroplastike v vodi iz plastenk je pogost okoljski problem in se ga v Sloveniji premalo zavedamo.

Na podlagi študije menimo, da je vsebnost mikroplastike v vodi iz plastenk pogost okoljski problem, saj je od skupno 259 plastenk vode 93 % le-teh vsebovalo delce mikroplastike. Ker samo dobra polovica anketirancev pozna pojem mikroplastike, sklepam, da tako kot ne poznajo pojma, ne poznajo tudi njenega vpliva in se s tem premalo zavedajo, kako velik vpliv ima mikroplastika na okolje. Glede na velikost vzorca in da so bili anketiranci zajeti iz vseh statističnih regij Slovenije, menimo, da so podatki reprezentativni in pokažejo dejansko sliko, kako Slovenke in Slovenci poznajo problematiko mikroplastike.

Hipoteza 2: Anketiranci se za vsakodnevno pitje vode večkrat odločijo za vodo iz vodovoda kot za vodo iz plastenk in problematike mikroplastike v pitni vodi ne prepoznajo kot pomembno.

Tudi to hipotezo lahko v celoti potrdimo, saj je analiza ankete pokazala, da se kar 154 (92 %) anketirancev za vsakodnevno pitje vode odloči za vodo iz vodovoda. Menimo, da problematike mikroplastike v pitni vodi ne prepoznajo kot pomembno, saj bi se slabih 10 % anketirancev kljub temu, da bi vedeli, da plastenka vode vsebuje mikroplastiko, vseeno odločili za nakup. 56,9 % anketiranih bi imela nekaj pomislekov, a bi se kljub temu tudi odločili za nakup vode v plastenki. Na podlagi tega lahko sklepamo, da smo ljudje na splošno zelo slabo ozaveščeni o problematiki mikroplastike in o njenih negativnih vplivih tako na okolje kot tudi na zdravje ljudi.

Ob tako krutih dejstvih, kot so podatki, da vsako leto v oceanih konča 1,5 milijona ton mikroplastike, da na svetu vsako minuto porabimo milijon plastenk, da če uživamo le vodo iz plastenk, vsako leto v telo vnesemo okoli 90.000 mikrododelcev in da so mikrododelce že našli tudi v človeškem tkivu, kot je placenta, se zavedamo, da je zadnji čas, da spremenimo miselnost ter naš sodoben način življenja in se odločimo za bolj trajnostne in okolju prijazne alternative.

Čeprav kot posamezniki nimamo velikega vpliva, miselnost, da je potrebno za bodoče rodove varovati okolje že danes, kar so sprejeli že mnogi, bi se lahko izkazal za izjemno pomembnega pri zagotavljanju čiste pitne vode za prihodnje generacije ter pri zmanjševanju obremenjevanja okolja s plastiko in mikroplastiko. Najmanj, kar lahko naredimo za to, je, da smo dober vzgled mlajšim generacijam.

8 POVZETEK

Vsi poznamo plastiko in jo tudi vsakodnevno uporabljamo. Je eden izmed najbolj priljubljenih materialov, ki ga je umetno ustvaril človek in njena uporaba zaradi njenih možnosti uporabe in prilagodljivosti materiala iz leta v leto močno narašča. Gre za sintetični ali polysintetični polimer, ki nastane s polimerizacijo monomerov. V mnogih pogledih nam je plastika olajšala življenje, a po drugi strani ravno zaradi prekomerne uporabe in težav z njenim odlaganjem v okolju povzroča resen okoljski problem. Od živali, ki se vanjo zapletajo in jo zaužijejo, do izčrpavanja omejenih naravnih virov, kot sta nafta in zemeljski plin, ki sta potrebna za njeno proizvodnjo. Enega izmed glavnih problemov plastike v okolju pa predstavlja dejstvo, da plastika v okolju nikoli ne izgine, ampak razpada na vedno manjše kose, na tako imenovano mikroplastiko. To so delci, veliki do največ 5 mm, ki so lahko različnih oblik, barve in so sestavljeni iz različnih vrst sintetičnih polimerov. Poznamo primarno in sekundarno mikroplastiko, ki v okolje pride preko nepravilnega odlaganja plastičnih odpadkov in tako se pod vplivom okoljskih dejavnikov razkrajja v vedno manjše kose. Primarna mikroplastika je namerno proizvedena v mali velikosti in se dodaja predvsem v kozmetične izdelke, kot so zobne paste, pilingi in čistila. Pomemben vir primarne mikroplastike je tudi abrazija sintetičnih oblačil med pranjem in obraba avtomobilskih gum med vožnjo. Ker večina delcev mikroplastike iz odtokov, cest in ostalih površin spere voda, le ti končajo na čistilnih napravah, kjer jih zaradi svoje majhnosti niti te ne morejo odstraniti iz vode. Od tu naprej mikroplastika potuje v sladkovodne ekosisteme, vse do končne točke, morja in oceanov, kjer se kopiči. Tu predstavlja veliko grožnjo morskim organizmom, saj jo zaradi svoje majhnosti nenamerno zaužijejo. Od tu pa zaradi kopičenja mikroplastike v prebavnem sistemu morskih organizmov in bioakumulacije preide mikroplastika tudi v prehrano ljudi. Ne le preko zaužitja kontaminirane hrane, dnevno smo mikroplastiki ljudje izpostavljeni še preko vdihovanja onesnaženega zraka in nenazadnje tudi preko pitja kontaminirane vode. Mikroplastika lahko vpliva na fizične sposobnosti organizma, aditivi in kemikalije, ki so prvotno plastiki dodani med procesom proizvodnje se skozi proces razkrajjanja lahko izlužijo iz nje in povzročijo endokrine motnje ali pa celo karcinogenost.

V diplomskem delu smo se posvetili problematiki mikroplastike v vodi iz plastenk.

Najprej smo se posvetili že narejeni študiji o vsebnosti mikroplastike v vodi iz plastenk, ki so jo opravili v ZDA. Zajeli so ustekleničene vode iz 9 držav, iz 19 različnih lokacij. Skupno so pregledali 259 plastenk vode in s pomočjo barvila Nilsko rdeče ugotovili, da jih kar 93 % vsebuje delce mikroplastike. Ker je bila vsebnost mikroplastike v plastenkah vode tudi znotraj iste blagovne znamke zelo različna, se je izkazalo, da je tudi okoljski vpliv zelo velik. V raziskavi so bile zajete vode 11 blagovnih znamk, od tega je bilo 6 takih, ki sodijo med vodilne nacionalne blagovne znamke in 5 takšnih, ki sodijo med mednarodne blagovne znamke, in sicer Aquafina, Dasani, Nestle Pure Life, San Pellegrino in Evian. V diplomskem delu nas je zanimalo, ali je mogoče katero od pregledanih blagovnih znamk vode dobiti tudi v Sloveniji. Naključno smo zato izbrali slovenske trgovine in jih pregledali. Po pregledu slovenskih trgovin je blagovno znamko Evian moč kupiti tudi v Sloveniji.

Z anketo, v kateri je sodelovalo 167 oseb, se je želelo ugotoviti, koliko ljudi poznajo problematiko mikroplastike v okolju in v kakšni meri se poslužujejo vode iz plastenk. Z analizo ankete smo ugotovili, da kar 92 % anketiranih uporablja za vsakodnevno pitje vode vodo iz vodovoda, le 7% jih uporablja vodo iz plastenk. Tisti, ki uporabljajo vodo iz plastenk, menijo, da je voda iz plastenk zanesljivo neoporečna in brez okusa, da je praktična za uporabo, da jo dobimo v vsaki trgovini, eden od anketirancev pa nima dostopa do vode iz vodovoda in zato uporablja vodo iz plastenk. Ljudje v večini uporabljajo vodo iz plastenk nekajkrat letno, kar je verjetno posledica izletov in je

v ta namen voda iz plastenke bolj praktična. 52 % anketiranih pozna pojem mikroplastike, 6% pa za izraz še ni nikoli slišalo. Iz analize je bilo razvidna korelacija med izobrazbo in poznavanjem pojma mikroplastike. Ljudje z nižjo stopnjo izobrazbe ne poznajo pojma, ljudje z višjo izobrazbo ga poznajo ali pa so zanj vsaj že kdaj slišali. Kljub veliki medijski pozornosti problematike mikroplastike, menim, da ljudje še vedno niso dovolj osveščeni o problematiki mikroplastike, predvsem na lokalni ravni.

Menimo, da vsebnost mikroplastike, poleg oceanov, v pitni vodi in vodi iz plastenk, predstavlja velik okoljski problem. Še večji problem pa predstavlja dejstvo, da je voda nujno potrebna za življenje in da je zelo pomembno, kakšno vodo pijemo in kako z njo ravnamo, saj je od omogočenosti dostopa do čiste pitne vode odvisna kakovost našega življenja in nenazadnje tudi obstoj življenja samega. Kljub temu da je raziskava pokazala, da večina ljudi posega po vodi iz vodovoda, bi bilo potrebno večji poudarek dati temu, da se večkrat izpostavi in ozavešča o tem, kako kakovostno pitno vodo imamo v Sloveniji. Problematika mikroplastike po podatkih ankete ljudem večinoma ni poznana, saj je že poznavanje osnovnega pojma mikroplastike zelo slabo. Menimo, da o tematiki mikroplastike in njenih vplivih premalo razpravljamo. Ljudi, predvsem mlade, je potrebno ozaveščati, jim pokazati in dati možnost alternative, jih spodbujati k skupnemu reševanju globalnega problema mikroplastike, ki je grožnja tako za nas kot tudi za naš planet.

9 SUMMARY

We all know and use plastic every day. It is one of the most popular man-made materials and its use is growing rapidly year to year, due to its usability and material flexibility. It is a synthetic or semi-synthetic polymer formed by the polymerization of monomers. In many ways, plastics have made our lives easier, but on the other hand, it is precisely because of their excessive use and the problems of their disposal in the environment that they are causing a serious environmental problem. From animals getting entangled in it and ingesting it, to the depletion of limited natural resources such as oil and natural gas, which are needed to produce it. One of the main problems of plastics in the environment is the fact that plastics never disappear in the environment, but break down into smaller and smaller pieces, so-called microplastics. These are particles up to a maximum of 5 mm in size, which can be of different shapes, colors and composed of different types of synthetic polymers. There are primary and secondary microplastics, which are introduced into the environment through the improper disposal of plastic waste and thus break down into smaller and smaller pieces under the influence of environmental factors. Primary microplastics are deliberately produced in such small sizes and are mainly added to cosmetic products such as toothpastes, scrubs and cleaning products. Abrasion of synthetic clothing during washing and wear and tear of car tires during driving are also important sources of virgin microplastics. As most microplastics are washed away by water from drains, roads and other surfaces, they end up in sewage treatment plants, where their small size means that even these cannot remove them from the environment. From here, microplastics travel into freshwater ecosystems, all the way to the end point of the oceans and seas, where they accumulate. Here, it poses a major threat to marine organisms, as it is inadvertently ingested due to its small size. From here, microplastics also enter the human diet through their accumulation in the digestive system of marine organisms and bioaccumulation. In addition to ingesting contaminated food, humans are exposed to microplastics daily through inhaling contaminated air and, last but not least, drinking contaminated water. Microplastics can affect the body's physical abilities and the additives and chemicals originally added to the plastic during the manufacturing process to achieve the desired properties, which can leach out of the plastic during the degradation process, can cause endocrine disruption or even carcinogenicity.

In this thesis, we focus on the issue of microplastics in plastic bottled water.

Firstly at a study already done in the USA on the microplastic content of plastic bottled water was analysed. They took bottled water from 9 countries from 19 different locations. In total, 259 water bottles were examined and, using the Nile Red dye, 93% were found to contain microplastic particles. As the microplastic content of water bottles varied widely, even within the same brand, the environmental impact was also found to be very high. The study covered 11 water brands, 6 of which were leading national brands and 5 of which were international brands, namely Aquafina, Dasani, Nestle Pure Life, San Pellegrino and Evian. In the thesis, we wanted to know whether any of the water brands reviewed could be obtained in Slovenia. We therefore randomly selected Slovenian shops and reviewed them. After the review of Slovenian shops, we found that the Evian brand can also be purchased in Slovenia.

Through a survey of 167 people, we wanted to find out how much people know about the problem of microplastics in the environment and to what extent they consume water from plastic bottles. The analysis of the survey showed that 92 % of people use tap water for their daily drinking, while only 7 % use water from plastic bottles. Those who use bottled water consider that bottled water is reliably safe and tasteless, that it is practical to use, that it is available in every shop, and one respondent does not have access to tap water and therefore uses bottled water. Most people use

plastic bottled water a few times a year, probably because of trips and for this purpose plastic bottled water is more practical. 52 % of people are familiar with the concept of microplastics and 6 % have never heard of it. The analysis showed a correlation between education and knowledge of microplastics. People with lower levels of education are not familiar with the term, while people with higher levels of education are familiar with it or have at least heard of it. Despite the high media coverage of microplastics, I believe that people are still not sufficiently aware of microplastics, especially at local level.

It is believed that the microplastics content in drinking water and plastic bottles, in addition to the oceans, is a major environmental problem. In our opinion, what is even more of a problem is the fact that water is essential for life and that it is very important what kind of water we drink and how we treat it, because the quality of our lives and, ultimately, the very existence of life itself depends on having access to clean drinking water. Even though research has shown that most people use tap water, more emphasis should be placed on raising awareness and highlighting the quality of drinking water in Slovenia. According to the survey data, the issue of microplastics is mostly unknown to people, as the basic understanding of microplastics is already very poor. We believe that the topic of microplastics and its impacts is not discussed enough. People, especially young people, need to be made aware, shown, and given alternatives, and encouraged to work together to tackle the global problem of microplastics, which is a threat to both us and our planet.

10 VIRI IN LITERATURA

1. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). (2008). Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, 2008, str. 53.
2. Amato-Lourenço L. F., Santos Galvão L., Weger L. A., Hiemstra P. S., Vijver M. G., Mauad T. (2020). An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health?. Science of the total environment, volume 749, December 2020.
3. Aridi R. (2020). Even Mount Everest, the world's tallest peak, can't escape microplastics. Smithsonian magazine.
4. AZO Materials (AZOM). (2019). Understanding plastics and polymers – the different types od plastic. Plasics and polymers. Medmrežje: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17477> (23. 1. 2022)
5. Bellis M. (2020). A brief history of the invention of plastics. Thought Co.
6. Benčina K. (2009). Voda iz plastenk je nevarna zdravju! Vizita, junij 2009. Medmrežje: <https://vizita.si/novice/nikar-ne-pijte-iz-plastenk.html> (6. 3. 2022)
7. Bogovič F. (2021). Franc Bogovič: V morjih je več delcev mikroplastike, kot je zvezd v galaksiji. SLOVENECE, 14. 3. 2021. Medmrežje: [Franc Bogovič: V morjih je več delcev mikroplastike, kot je zvezd v galaksiji - Slovenec](https://www.slovenec.si/zveste/143121) (20. 6. 2022)
8. Boots B., Russell W., Senga Green D. (2019). Effects of microplastics in soil ecosystem: Above and below ground. ACS publications, 2019.
9. Boucher J., Friot D. (2017). Primary microplastics in the oceans. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), Gland, Švica, 2017.
10. Browne M. A. (2015). Sources and pathway of microplastics to habitats. Marine antropogenic litter, str. 229–244.
11. Campanale C., Massarelli C., Savino I., Locaputo V., Felice Uricchio V. (2020). A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health.
12. Carrington D. (2017). Plastic fibres found in tap water around the world, study reveals. The guardian. Medmrežje: <https://www.theguardian.com/environment/2017/sep/06/plastic-fibres-found-tap-water-around-world-study-reveals> (4. 3. 2022)
13. Clark Howard B., Lake Abdelrahman A., (2022). Exactly what every plastic recycling symbol really means. Good housekeeping institute, februar 2022.
14. Courtney A., Joel E. B., Holly A. B. (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. NOAA Marine Debris Program, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, Technical Memorandum NOS-OR&R-30, Januar 2009.
15. EUR-Lex, (2015). DIREKTIVA (EU) 2015/720 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 29. april 2015 o spremembi Direktive 94/62/ES glede zmanjšanja potrošnje lahkih plastičnih nosilnih vrečk.
16. EUR-Lex, (2019). DIREKTIVA (EU) 2019/904 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 5. junija 2019 o zmanjšanju vpliva nekaterih plastičnih proizvodov na okolje.
17. EUR-Lex, (2020). DIREKTIVA (EU) 2020/2184 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 16. decembra 2020 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (prenovitev).
18. European chemicals agency (ECHA). Mikroplastika. Medmrežje: <https://echa.europa.eu/sl/hot-topics/microplastics> (19. 2. 2022)
19. Evropska komisija. (2018). Sporočilo komisije evropskemu parlamentu, svetu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij. Evropska strategija za plastiko v krožnem gospodarstvu.
20. Evropski parlament. (2018). Mikroplastika – izvor, vplivi in rešitve.
21. Evropski parlament. (2018). Strategija za plastiko: več recikliraj, manj odpadkov.

22. Evropski parlament. (2021). Plastika v oceanih: dejstva, posledice in novi predpisi EU
23. Hajdinjak L. (2020). Kromatografsko določanje vsebnosti bisfenola A v embaliranih vodah. Diplomsko delo: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
24. Hancock L. (2019). Plastic in the ocean. World wild life (WWF).
25. Hotko I. (2020). Ločevanje in recikliranje plastike. Knof.
26. Hunt K. (2019). Microplastics in drinking water don't appear to pose health risk, WHO says. CNN, avgust 2019. Medmrežje: <https://edition.cnn.com/2019/08/21/health/who-microplastics-drinking-water-risk-intl/index.html> (6. 3. 2022)
27. Inštitut za vode Republike Slovenije (IVRS). (2019). Inštitut za vode RS ugotavlja, da je pri mikroplastiki še veliko neznank. Medmrežje: <http://www.izvrs.si/vplivi-mikroplastike/> (6. 3. 2022)
28. International union for conservation of nature (IUCN). (2021). Marine plastic pollution. Medmrežje: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-plastic-pollution> (6. 2. 2022)
29. Issac M. N., Kandasubramanian B. (2021). Effect of microplastics in water and aquatic systems. Environmental science and pollution research 28, 19544–19562, 2021.
30. Jalil A., Mian N., Khalilur Rahman M. (2013). Using plastic bags and its damaging impact on environmental and agriculture: an alternative proposal. Macrothink institute. International journal of learning & development, ISSN 2164-4063, vol. 3, No. 4, 2013.
31. K. H. (2017). Na milijarde ljudi po svetu uživa vodo, ki je onesnažena s plastičnimi mikrodenci. 24ur.com. Medmrežje: <https://www.24ur.com/cas-za-zemljo/na-milijarde-ljudi-po-svetu-uziva-vodo-ki-je-onesnazena-s-plasticnimi-mikrodenci.html> (15. 2. 2022)
32. Kirstein I. V., Gomiero A., Vollertsen J. (2021). Microplastic pollution in drinking water. Current opinion in toxicology, volume 28, december 2021, str. 70–75.
33. Kogoj D., (2021). Vzroki in posledice neustreznega ravnanja s plastičnimi odpadki. Diplomsko delo: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet.
34. L. Hosch W. (2009). Celluloid synthetic plastic. Britannica.
35. Laboratorij za preoblikovanje. Materiali, Univerza v Ljubljani. Medmrežje: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm> (29. 1. 2022)
36. Mason S. A., Welch V. G., Neratko J. (2018). Syntetic polyme contamination in bottled water. Department of chemistry, State University of New York at Fredonia, NY, United States.
37. Moore C. (2022). Plastic pollution. Britannica.
38. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NLZOH). Skrb za vodo. Medmrežje: <https://www.nlzoh.si/objave/skrb-za-vodo/> (4. 3. 2022)
39. National marine sanctuary foundation (NMSF). (2020). What is the great pacific garbage patch? Medmežje: <https://marinesanctuary.org/blog/what-is-the-great-pacific-garbage-patch/> (13. 2. 2022)
40. Parker L., (2019). The world's plastic pollution crisis explained. Much of the planet is swimming in discarded plastic, wich is harming animal and possibly human helath. Can it be cleaned up? National Geographic, junij 2019.
41. Pfaendner R., (2006). How will additives shape the future of plastics?.
42. Plastic Europe. Plastics – the facts 2020. Medmrežje: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/> (6. 2. 2022)
43. Plastics for change. (2021). The 7 different types of plastic. Medmrežje: <https://www.plasticsforchange.org/blog/different-types-of-plastic> (23. 1. 2022)
44. Plastics hall of fame. (2005). Alexander Parkes. Medmrežje: <https://plasticshof.org/members/alexander-parkes/> (14. 1. 2022)
45. Plastics industry association (PIA). History of plastics. Medmrežje: <https://www.plasticsindustry.org/history-plastics> (17. 1. 2022)
46. Prijazni do okolja. Plastike in druge embalaže je preveč. Medmrežje: <https://www.prijaznidookolja.si/plastike-in-druge-embalaze-je-prevec/> (27. 2. 2022)

47. Prosenc F., (2021). Mikroplastika in trajnostni razvoj. Revija Pamfil. Medmrežje: <https://revijapamfil.si/clanki/2021/4/27/mikroplastika-in-trajnostni-razvoj> (28. 2. 2022)
48. Radenska adriatic. Naše blagovne znamke, Evian. Medmrežje: <https://www.radenska.si/nase-blagovne-znamke/evian> (18. 3. 2022)
49. Ragusa A., Svelato A., Santacroce C., Catalano P., Notarstefano V., Carnevali O., Papa F., Rongioletti M. C. A., Baiocco F., Draghi S., D'Amore E., Rinaldo D., Matta M., Giorgini E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. Environment international, volume 146, januar 2021.
50. Rhodes C. J. (2018). Plastic pollution and potential solutions. National library of medicine, national center for biotechnology information.
51. SAPEA. (2019). Scientific perspective in microplastics in nature and society. Science advice for policy by European Academies. Berlin: SAPEA; str. 12
52. Smith M., Love C. D., Rochman C. M., Neff R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. Current environmental health reports, str. 375–386, avgust 2018.
53. South China morning post (SCMP). (2021). Indonesia's trash hero leads Bali's fight against plastic pollution, educating children and running clean-ups. Medmrežje: <https://www.scmp.com/lifestyle/travel-leisure/article/3121995/indonesias-trash-hero-leads-balis-fight-against-plastic> (14. 2. 2022)
54. Stanley M. (2019). Microplastics. National geographic society. Medmrežje: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/microplastics/> (27.2.2022)
55. SURS. Statistični urad Republike Slovenije (2021). Evropski teden zmanjševanja odpadkov 2021: krožne skupnosti.
56. Šebenik U., Alič B. (2013). Osnove polimernega inženirstva. Skripta za vaje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, katedra za polimerno inženirstvo, organsko kemijsko tehnologijo in materiale, str. 2–3.
57. Šprajcar M., Hrovat P., Kržan A. (2012). Biopolimeri in bioplastika. Plastika skladna z naravo. Kemijski inštitut, Ljubljana, str. 4–8.
58. The ocean clean up (2020). The great pacific garbage patch. Medmrežje: <https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/> (14. 2. 2022)
59. Thermo fisher scientific (TFS). Microplastic analysis by FTIR and Raman. Medmrežje: https://www.thermofisher.com/si/en/home/industrial/environmental/environmental-contaminant-analysis/microplastics-analysis.html?cid=7010z000000v8Yc&s_kwcid=AL!3652!3!336348895198!p!!g!!microplastics&ef_id=EA!a!QobChMIz9CjyaPc9wiVBOqyCh3qrw4UEAAAYASAAEqJTGFd_BwE.G:s&s_kwcid=AL!3652!3!336348895198!p!!g!!microplastics (27. 2. 2022)
60. This is plastics. How are plastics made? Medmrežje: <https://thisisplastics.com/plastics-101/how-are-plastics-made/> (17. 1. 2022)
61. Tiseo I. (2022). Annual production of plastics worldwide from 1950 to 2020. Statista, januar 2022.
62. Torres M. Hund hund. Plastic symbols and classifications explained. Medmrežje: <https://www.hundhund.com/blogs/stories/plastic-symbols-and-classifications-explained> (19. 2. 2022)
63. United nationals environment programme (UNEP). Our planet is choking on plastic. Medmrežje: <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/> (24. 1. 2022)
64. Uradni list Evropske unije. (2008). DIREKTIVA 2008/98/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19.november 2008 o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv.
65. Uradni list RS (2021). UREDBA o prepovedi dajanja nekaterih plastičnih proizvodov za enkratno uporabo na trg v Republiki Sloveniji in o označevanju nekaterih plastičnih proizvodov. Št. 131, str. 8018–8020.

66. Valentić L. (2018). Analiza mikroplastike v izbranih površinskih in podzemeljskih kraških vodah. Magistersko delo: Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju.
67. Verla W. A., Enyoh E. C., Verla N. E., Nwarnorh O. K. (2019). Microplastic- toxic chemical interaction: a review study on quantified levels, mechanism and implication. SN Applied Science 1, 1400, oktober 2019.
68. Wang Y., Qian H. (2021). Phthalates and their impacts on human health.
69. Wikipedia, (2020). Plastika. Medmrežje: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika> (15. 2. 2022)
70. World health organization (WHO). (2019). Microplastics in drinking-water.
71. Zeleni obnovljivi viri (ZOV). Vrste umetnih snovi. Medmrežje: <https://www.renovablesverdes.com/sl/tipos-de-plasticos/> (3. 2. 2022)
72. Zgonik S. (2022). Avtomobilске gume – vse pomembnejši vir onesnaževanja z mikroplastiko. N1, 2022. Medmrežje: <https://n1info.si/novice/slovenija/avtomobilске-gume-onesnazenje-z-mikroplastiko/> (1.3.2022)
73. Zveza potrošnikov Slovenije (ZPS). (2019). Bomo postali planet (mikro)plastika. Medmrežje: <https://www.zps.si/okolje-topmenu-320/trajnostna-potronja-topmenu-366/9479-bomo-postali-planet-mikro-plastika-2-2019> (3. 2. 2022)

PRILOGE

Priloga 1: Anketni vprašalnik

Lepo pozdravljeni.

Sem Veronika Videnšek in pri zaključku študija Varstva okolja in ekotehnologije raziskujem področje mikroplastike. Pri tem bi potrebovala tudi Vašo pomoč. Lepo bi prosila, če korektno izpolnite anketni vprašalnik, ki mi bo v pomoč pri zaključku diplomske naloge. Podatki so anonimni in bodo namenjeni le za raziskavo v okviru mojega diplomskega dela.

1. Spol

- a) moški
- b) ženska

2. Starost

- a) do 15 let
- b) od 15 do 30 let
- c) od 30 do 40 let
- d) od 40 do 55 let
- e) nad 55 let

3. Izobrazba

- a) osnovna izobrazba
- b) srednja poklicna izobrazba
- c) srednja splošna izobrazba
- d) višja izobrazba (višja strokovna, višješolska)
- e) dodiplomska izobrazba (visoka strokovna, univerzitetna)
- f) podiplomska izobrazba (magisterij, doktorat, specializacija)

4. Iz katere statistične regije Slovenije prihajate?

- a) pomurska
- b) podravska
- c) koroška
- d) savinjska
- e) posavska
- f) zasavska
- g) osrednjeslovenska
- h) gorenjska
- i) jugovzhodna Slovenija
- j) goriška
- k) primorsko-notranjska
- l) obalno-kraška

5. Katero vodo največkrat uporabljate za pitje?

- a) vodo iz vodovoda
- b) vodo iz plastenk
- c) ustekleničeno vodo

6. Zakaj največkrat posegate po izbrani pitni vodi?

VODA IZ VODOVODA

- a) Menim, da je slovenska voda neoporečna in zelo kakovostna.
- b) Je cenovno ugodna in jo imam vedno na razpolago.
- c) Ker je tako za okolje najboljša rešitev.
- d) Drugo: _____

VODA IZ PLASTENK

- a) Ker je voda zanesljivo neoporečna in brez okusa.
- b) Je praktična za uporabo in je cenovno ugodna.
- c) Dobim jo v vsaki trgovini, je dostopna.
- d) Ker nimam dostopa do pitne vode iz vodovoda.
- e) Drugo: _____

USTEKLENIČENA VODA

- a) Sem ozaveščen/a glede okoljskih problemov in uporabljam materiale, ki se jih lahko reciklira.
- b) Ker je voda zanesljivo neoporečna in brez okusa.
- c) Ker nimam dostopa do pitne vode iz vodovoda.
- d) Drugo: _____

7. Kolikokrat posežete po vodi iz plastenk?

- a) vsak dan
- b) 1-x na teden
- c) 1-x na mesec
- d) nekajkrat letno
- e) nikoli

8. Ali poznate pojem mikroplastika?

- a) da
- b) samo bežno sem slišal/a
- c) še nikoli nisem slišal/a za ta izraz

9. Menite, da uporabljate in se srečujete z mikroplastiko v vsakdanjem življenju?

- a) da
- b) ne
- c) ne vem

10. Kje po vašem mnenju se nahaja največ mikroplastike v okolju? (Rangirajte odgovore od 1 do 5, kjer 1 predstavlja najmanjšo vsebnost mikroplastike in 5 največjo)

Hrana ____
Kozmetika ____
Oceani ____
Pitna voda ____
Zrak ____

11. V katerih oblikah vode, ki jo ljudje zaužijemo, menite, da je problem mikroplastike največji? (Rangirajte odgovore od 1 do 5, kjer 1 predstavlja najmanjši problem in 5 največjega)

Voda iz steklenic ____
Voda iz vodovoda ____
Voda iz plastenk ____
Podtalnica ____
Mineralna zajetja vod ____

12. Ali ste kdaj pozorni na vsebnost sestavin, ki jih vsebuje voda iz plastenk?

- a) Vedno natančno preberem napis na etiketi.
- b) Zelo redko.
- c) Samo v primeru, ko iz police vzamem neznano/novo vodo iz plastenke.
- c) Ne, nikoli.

13. Po kateri znamki vode iz plastenk največkrat posegate? Če je ne kupite nikoli, zapišite.

14. Če bi vedeli, da plastenka vode vsebuje mikroplastiko, bi jo vseeno kupili?

- a) Da.
- b) Bi imel/a nekaj pomislekov, a bi jo vseeno kupil/a.
- c) Ne.

15. V čem vidite rešitev zmanjšanja uporabe vode iz plastenk? (možnih več odgovorov)

- a) Spodbujanje okoljske ozaveščenosti in predstavitev posledic uporabe plastenke.
- b) Prepoved prodajanja plastenk oziroma plastičnih embalaž.
- c) Nižja cena ustekleničene vode.
- d) Širjenje zavarovanih področij vodnih virov.
- e) Vsakoletna predstavitev analiz in podatkov širši javnosti o kakovosti virov pitne vode v Sloveniji.
- f) Spodbujanje uporabe steklenic za večkratno uporabo.