

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Problematika mikroplastů v životním prostředí

Bakalářská práce

2020

Eva Kotasová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eva Kotasová**
Osobní číslo: **C17031**
Studijní program: **B2807 Chemické a procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ochrana životního prostředí**
Téma práce: **Problematika mikroplastů v životním prostředí**
Zadávací katedra: **Ústav environmentálního a chemického inženýrství**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši na aktuální problematiku mikroplastů (MP) v životním prostředí. Definujte pojem mikroplast. Zaměřte se zejména na problematiku vody. Popište výskyt a zdroje znečištění vod mikroplasty ve světě i v ČR a možnosti jejich odstranění. Pozornost zaměřte také na způsob kvantifikace a identifikace MP ve vodách.
2. Posudte na základě literárních informací nebezpečnost mikroplastů vyskytujících se ve vodách pro živočichy i člověka.
3. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 9/2012 „Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu“ v platném znění.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jaroslava Kořínková, Dr.**
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Konzultant bakalářské práce: **Dr. Ing. Zora Nývltová**
VÚOS

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2020**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. února 2020

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 7.7.2020

Eva Kotasová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce Ing. Jaroslavě Kořínkové, Dr. za odbornou pomoc, rady, trpělivost a vlídnost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině za umožnění studia na vysoké škole a za neustálou podporu a lásku.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá mikroplasty v životním prostředí: definuje pojem mikroplast, jeho složení a výskyt v jednotlivých složkách prostředí. Zaměřuje se také na zdroje, ze kterých jsou mikroplasty distribuovány do přírody. Pozornost věnuje kvantifikaci a identifikaci mikroplastových částic ve vodách a jejich vlivu na vodní organismy a na zdraví člověka.

KLÍČOVÁ SLOVA

mikroplast, mikroplasty v životním prostředí, rozdělení mikroplastů, zdroje mikroplastů, vlivy mikroplastů na zvířata a lidské zdraví

TITLE

Microplastics in the environment

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with microplastics in the environment: it defines the concept of microplastics, its composition and occurrence in individual components of the environment. It also focuses on the sources from which microplastics are distributed to nature. It pays attention to the quantification and identification of microplastic particles in water and their effect on aquatic organisms and human health.

KEYWORDS

microplastics, microplastics in the environment, division of microplastics, sources of microplastics, impact of microplastics on living organisms and human health

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ.....	9
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....	10
ÚVOD.....	11
1. MIKROPLASTY.....	12
1.1 Rozdělení mikroplastů	12
1.2 Složení mikroplastů	13
1.3 Dělení plastů.....	14
1.3.1 Termoplasty	14
1.3.2 Termosety	14
1.4 Aditiva v plastech.....	15
1.4.1 Tepelné stabilizátory	15
1.4.2 Světelné stabilizátory	15
1.4.3 Stabilizátory se specifickým účinkem.....	15
1.4.4 Barviva	15
1.4.5 Opticky zjasňující látky	16
1.4.6 Maziva	16
1.4.7 Změkčovadla	16
1.4.8 Antistatika	16
1.4.9 Nadouvadla	16
1.4.10 Retardéry hoření.....	17
1.4.11 Plniva.....	17
1.5 Rizikové látky v plastech.....	17
2. MIKROPLASTY VE SLOŽKÁCH ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	19
2.1 Zdroje mikroplastů v životním prostředí.....	19
2.1.1 Odpad.....	20
2.1.2 Průmysl	20
2.1.3 Kosmetika a čisticí prostředky	21
2.1.4 Syntetické textilie.....	21
2.2 Mikroplasty v půdě.....	22
2.3 Mikroplasty v ovzduší.....	24
2.4 Mikroplasty ve vodním prostředí.....	25

2.4.1 Mikroplasty ve vodách České republiky	26
3. VLIV MIKROPLASTŮ NA ŽIVÉ ORGANISMY	27
4. VLIV MIKROPLASTŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ.....	29
4.1 Vstřebávání mikroplastů v lidském organismu.....	29
4.2 Zdravotní účinky mikroplastů	30
5. DETEKOVÁNÍ MIKROPLASTŮ VE VODNÍM PROSTŘEDÍ.....	32
5.1 Odběr vzorků a kvantifikace mikroplastů	32
5.2 Separace mikroplastů z analyzovaného vzorku	32
5.2.1 Hustotní flotace.....	33
5.2.2 Elutriace	33
5.3 Identifikace mikroplastových částic.....	34
5.3.1 Elektronová mikroskopie	34
5.3.2 Ramanova spektroskopie	34
5.3.3 Infračervená spektroskopie.....	34
6. ODSTRAŇOVÁNÍ MIKROPLASTŮ	35
6.1 Jemné filtry	35
6.2 Reverzní osmóza	35
ZÁVĚR.....	36
POUŽITÁ LITERATURA	37

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 – Vlákenné mikroplastové částice [9].....	12
Obrázek 2 – Různé fragmenty plastových částic [9].....	13
Obrázek 3 – Kulovité mikroplastové částice [9].....	13
Obrázek 4 – Látky, které se mohou na plastovou částici navázat nebo se z ní uvolnit [8].....	18
Obrázek 5 – Původ mikroplastů v oceánu [12].....	19
Obrázek 6 – Vlákna mikroplastů v půdě [21].....	23
Obrázek 7 – Transport mikroplastů a jeho biologické interakce [28].....	26
Obrázek 8 – Bongo sítě [37]	32
Obrázek 9 – Zařízení fungující na principu elutriace [39].....	33

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

BPA – Bisfenol A

DDT – Dichlordifenyltrichlorethan

DMS – Dimethylsulfid

PA – Polyamid

PAH – Polyaromatické uhlovodíky

PAU – Polycyklické aromatické uhlovodíky

PBDE – Polybromované difenylethery

PCB – Polychlorované bifenyly

PE – Polyethylen

PET – Polyethylentereftalát

PMMA – Polymethyl-methakrylát

POM – Polyoxymethylen

PP – Polypropylen

PS – Polystyren

PVC – Polyvinylchlorid

ÚVOD

Tato práce se zabývá problematikou mikroplastů ve složkách životního prostředí, a to především ve vodě. S plastovým materiálem se dnes setkáváme na každém kroku. Globální produkce plastu roste každým rokem více a více. Tím pádem se zvyšuje také množství plastového odpadu a s tím související objem mikroplastů v životním prostředí. S mikroplasty se dnes setkáváme prakticky ve všech složkách životního prostředí, jak v těch neživých, v ovzduší, půdě, sedimentech a především vodě, která je ze všech složek nejvíce prozkoumána, tak také ve složkách živých, tedy v živých organismech. Důvodem zaměření se na tematiku mikroplastů jsou jejich negativní dopady na organismy a lidské zdraví. Plastový odpad se v současné době snažíme v co největší míře recyklovat, ale stále ho velké množství končí v životním prostředí, s největším zastoupením v oceánech, což má negativní dopady na podmořské živočichy a mořské ptactvo. Plastový odpad se v životním prostředí působením různých fyzikálních i chemických vlivů fragmentuje na menší částice, které označujeme jako mikroplasty. Tyto částice se díky své malé velikosti snadno dostávají i tam, kde bychom je nečekali, a to do pitné vody v našich domácnostech, a také do některých potravin, které denně konzumujeme. Z tohoto důvodu je důležité zjistit jaký mají vliv na člověka a jeho zdraví.

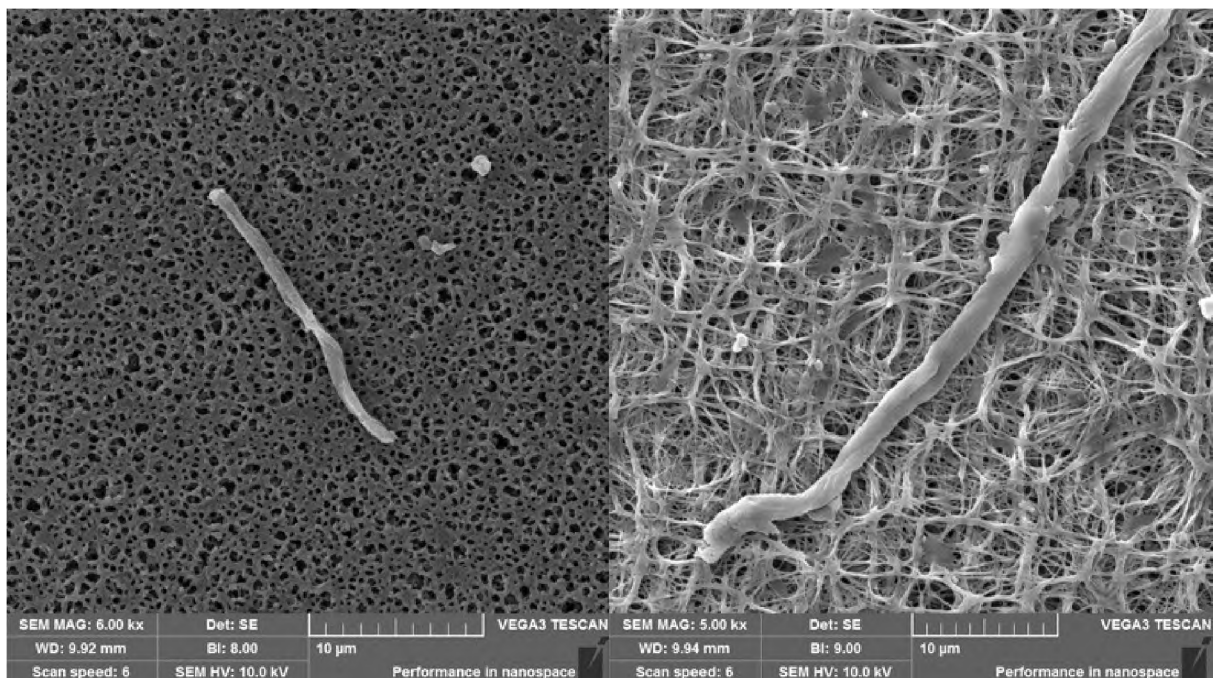
Cílem této bakalářské práce je vysvětlení pojmu mikroplast, popsání jeho rozdělení a složení, také toho, jaké škodlivé látky může obsahovat, nebo jaké škodlivé látky se na něj mohou navázat. Práce se také věnuje výskytu mikroplastů v životním prostředí a zaměřuje se na to, jaký mají vliv na živočichy vyskytující se v tomto znečištění. Práce se dále zabývá, jakým způsobem se mohou mikroplasty dostat do lidského organismu a jak na to tělo reaguje. Dalším cílem je popsat, jak se mikroplasty dají ve vodě detekovat a jak se mohou z vody odstranit.

1. Mikroplasty

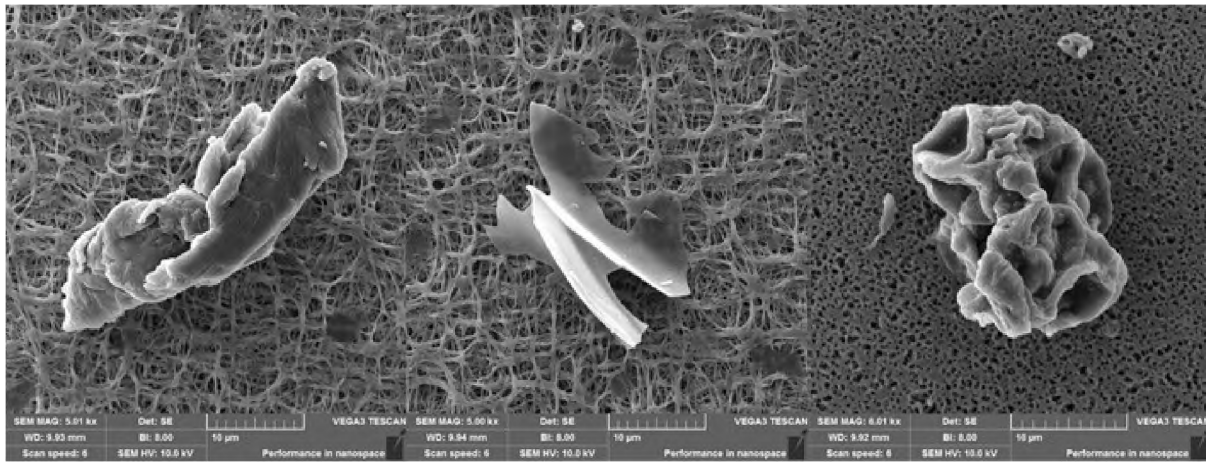
Mikroplasty (Obrázek 1) jsou označením pro malé částičky plastů v rozmezí velikostí od 100 nm až po 5 mm, přičemž dolní hranice není pevně stanovená, neboť dosud neexistuje jejich přesná definice. V životním prostředí byly prokázány i částičky plastů o velikosti pouze 1 μm a dá se předpokládat, že jsou přítomny i ještě menší částice, označované jako nanoplasty. Nanoplasty však v dnešní době není možné spolehlivě analyzovat. Dosavadní studie říkají, že zpravidla roste počet částic s jejich klesajícími rozměry [1].

1.1 Rozdělení mikroplastů

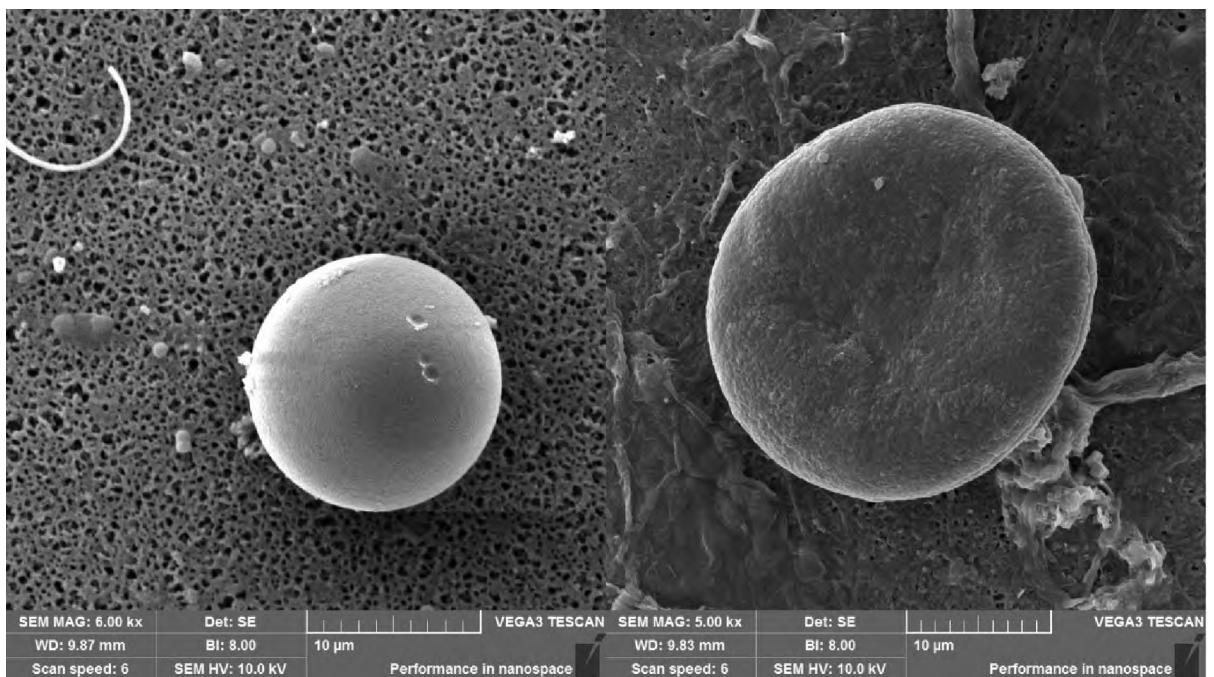
Rozlišují se primární a sekundární mikroplasty. Primární mikroplasty jsou směsí vláken, zlomků (Obrázek 2) a kuliček pravidelného i nepravidelného tvaru (Obrázek 3), které jsou již v této podobě záměrně vyráběny. Jsou využívány hojně v kosmetice, v čistících prostředcích, v zubních pastách a přidávají se do nátěrových hmot. Primární mikroplasty se přidávají do produktů jako abraziva nebo pro zlepšení viskozity či vzhledu. Sekundární se liší svým vznikem, který spočívá v postupném lámání a fragmentaci větších kusů plastů. Tvoří se tedy například rozpadem plastového odpadu, mechanickým otěrem pneumatik nebo opotřebáváním a praním plastových tkanin a mnoha dalšími způsoby [2].



Obrázek 1 – Vlákenné mikroplastové částice [1]



Obrázek 2 – Různé fragmenty plastových částic [1]



Obrázek 3 – Kulovité mikroplastové částice [1]

1.2 Složení mikroplastů

Mikroplasty jsou fragmenty plastů, proto se jejich složení odvíjí od složení plastů samotných. Jedná se o směs polymerů a funkčních přídatných látek. S plasty se setkáváme v podobě předmětů, filmů nebo vláken. Pro plasty jsou charakteristickými vlastnostmi pružnost, tepelná odolnost, tvrdost, ale i křehkost a tvarovatelnost, od které se odvozuje jejich název. V jejich strukturách, obrovských makromolekulách, se vyskytují atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, dále také dusík, chlor a další prvky [3].

1.3 Dělení plastů

Plasty se dělí podle různých hledisek. Podle jejich původu se rozdělují na přírodní a syntetické. Přírodní plasty mají svůj původ v přírodních látkách jako je kaučuk, bílkoviny a polysacharidy – celulóza, škrob. Syntetické plasty jsou vyrobeny především z ropných látek. Na základě zpracovatelnosti plastů po jejich ohřátí se rozlišují termoplasty a termosety [4].

1.3.1 Termoplasty

Jako termoplasty jsou označovány materiály, které po zahřátí měknou, a mohou se díky tomu tvářet, tento stav nazýváme plastický. Do taveniny přejde zahříváním nad teplotu tání a poté zpětným ochlazením pod tuto teplotu přejde znovu do stavu tuhého. Během zahřívání nenastává chemická reakce a při zpracovávání se nepřeměňuje chemická struktura materiálu. Změny, které v materiálu proběhnou, mají charakter pouze fyzikální a proces měknutí i tuhnutí je vratný. Může se tedy teoreticky do nekonečna opakovat. Termoplasty se rozlišují na amorfni a semikrystalické.

Typickými zástupci jsou polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polymethyl-methakrylát (PMMA) a polyoxymethylen (POM). Příkladem jejich aplikace jsou součástky do aut, plastové lahve nebo plastové trubice [4].

1.3.2 Termosety

Termosety, novějším názvem reaktoplasty, jsou materiály, jež jsou tavitelné a tvarovatelné po zahřátí pouze určitou dobu. Po dalším zahřívání nebo za působení katalyzátorů dochází k chemickým změnám, během kterých se původní molekuly zesítují a stanou se netavitelnými a nerozpustnými. Vytvoří se prostorová trojrozměrná síť, kterou již nelze zrušit. Takto působící chemická reakce se nazývá vytvrzování. Je to nevratný proces a takto vytvrzená struktura nelze znovu tvarovat, převést do taveniny ani svařovat. Jedná se o amorfni polymer. Produkt v nevytvrzeném stavu se nazývá pryskyřice, například fenolformaldehydová pryskyřice, epoxidová pryskyřice nebo pryskyřice polyesterová a další.

Výrobky z termosetů jsou charakteristické vysokou tepelnou a chemickou odolností, tvrdostí a tuhostí. Využívají se například při výrobě bowlingových koulí a různých součástek [4].

1.4 Aditiva v plastech

Aditiva jsou přídatné látky, které se přidávají do plastu za účelem získání požadovaných vlastností, zlepšení zpracovatelnosti, nebo jeho ochrany před degradačními procesy nebo aby se snížila jeho cena. Hlavními nežádoucími vlastnostmi plastů jsou hořlavost, vznik elektrostatického náboje na jeho povrchu, nízká odolnost proti vysokým teplotám, nízká houževnatost, nízká tvrdost, omezená odolnost vůči chemikáliím a nevhodné optické vlastnosti. Přídatnými látkami jsou různé druhy stabilizátorů, barviva, opticky zjasňující látky, maziva, změkčovadla, antistatika, nadouvadla, retardéry hoření a plniva.

1.4.1 Tepelné stabilizátory

Mají za cíl zpomalení degradačního procesu a zlepšení odolnosti plastu vůči zvýšené teplotě, která je použita při jeho zpracování. Tepelná degradace je nežádoucí, neboť zhoršuje užité vlastnosti a mění zabarvení plastu. Účinek tepelných stabilizátorů je poměrně krátkodobý, působí především po dobu zpracovávání polymeru. Pokud má výrobek odolávat vyšším teplotám dlouhodobě, musí se vyrábět z plastů, které jsou samy dostatečně odolné, nebo jejich odolnost zvýšit dodatečným síťováním makromolekul.

1.4.2 Světelné stabilizátory

Zpomalují degradaci způsobenou slunečním zářením. Nejnebezpečnějším zářením pro polymery je ultrafialové záření o vlnové délce 290 až 400 nm, které zapříčiňuje vznik volných radikálů a tyto nepárové elektrony mohou vyvolávat štěpení nebo síťování makromolekul polymeru. Ochrana před tímto působením spočívá v přidavku UV stabilizátorů, které toto záření nepropouští, což mohou být například saze, nebo jej absorbují a zajistí jeho přeměnu na energii tepelnou, popřípadě na záření o větší vlnové délce, které není pro polymer škodlivé.

1.4.3 Stabilizátory se specifickým účinkem

Tyto stabilizátory se snaží zabránit stárnutí plastu v důsledku působení jiných vnějších vlivů v atmosféře, vodních srážek, kyslíku, ozónu a podobně, včetně mikroorganismů.

1.4.4 Barviva

Díky barvivům se získávají požadované odstíny plastů. Jde o pigmenty původu organického nebo anorganického. Organická barviva oproti těm anorganickým sloučeninám jsou

v polymeru rozpustná a zanechávají jim jejich průhlednost. K zabarvování se používá přes více než 200 pigmentů obojího původu.

1.4.5 Opticky zjasňující látky

Opticky zjasňující látky jsou látky, které částečně pohlcují ultrafialové záření, a to pak přemění na energii tepelnou a zpět ji vyzařují ve formě fluorescence, tedy záření o větší vlnové délce. Využívají se nejčastěji při barvení do růžových, fialových a modrých odstínů. Přidání těchto látek dělá dojem, že je na denním světle sledovaná barva jasnější.

1.4.6 Maziva

Maziva usnadňují zpracování plastu, mají vliv na tekutost taveniny nebo její vyjímání z formy, ale zlepšují také vlastnosti výrobků, jejich vzhled, světelnou a tepelnou stabilitu, či odolnost vůči větru. Maziva, která jsou málo rozpustná v polymeru, vystupují na jeho povrch a vytváří tak vnější vrstvu, která usnadňuje vyjmutí výrobku z formy. Maziva, která jsou v polymeru dobře rozpustná sníží viskozitu taveniny a usnadní tím zpracovatelnost.

1.4.7 Změkčovadla

Jsou to organické kapaliny, které mají vysoký bod varu a zlepšují ohebnost, rázovou houževnatost a tekutost taveniny. Změkčovadla působí na principu zvýšení vnitřní pohyblivosti makromolekul, jejich oddálení a následném poklesu sil působících mezi molekulami.

1.4.8 Antistatika

Antistatika jsou přísady, které snižují povrchový odpor polymeru. Jsou to látky, které mohou vázat vodu, tedy být silně hydrofilní nebo mohou mít elektricky vodivou strukturu. V jejich molekulách se vyskytují molekuly uhlíku, kyslíku, dusíku, fosforu a síry.

1.4.9 Nadouvadla

Nadouvadla, která se přidávají při přípravě lehčených hmot, se po přidání a zahřátí rozloží a uvolní se ve formě plynu, nejčastěji oxidu uhličitého nebo dusíku. Výsledkem jsou pak výrobky s uzavřenými, otevřenými nebo navzájem propojenými póry.

1.4.10 Retardéry hoření

Retardéry hoření zpomalují procesy hoření. Některé zpomalovače hoření mohou obsahovat polychlorované bifenyly (PCB) nebo polybromované difenylethery a polybromované bifenyly, které mohou představovat zdravotní riziko.

1.4.11 Plniva

Mezi další aditiva patří také plniva, což jsou látky anorganického nebo organického původu a používají se jako částicové plnivo v podobě prášku nebo malých kuliček, nebo se používají jako vláknité plnivo v podobě vláken různých délek. Plniva mají účinek na mechanické vlastnosti plastu, a to buď vyztužující nebo nevyztužující. Mezi vyztužující plniva patří vlákna skleněná, uhlíková, kovová, aramidová, minerální nebo přírodní a další. Typickými přírodními plnivy jsou například vlákna konopí, kokosu nebo lnu. Jejich účelem je především zvýšení rázové pevnosti [5].

1.5 Rizikové látky v plastech

Plasty v sobě také obsahují látky, které působí toxicky anebo mají negativní vliv na hormonální systém živých organismů. Tím pádem ovlivňují také reprodukci organismů negativním způsobem. Látky působí dlouhodobě a individuálně. Mezi takto negativně působící látky řadíme některé ftaláty a Bisfenol A.

Bisfenol A

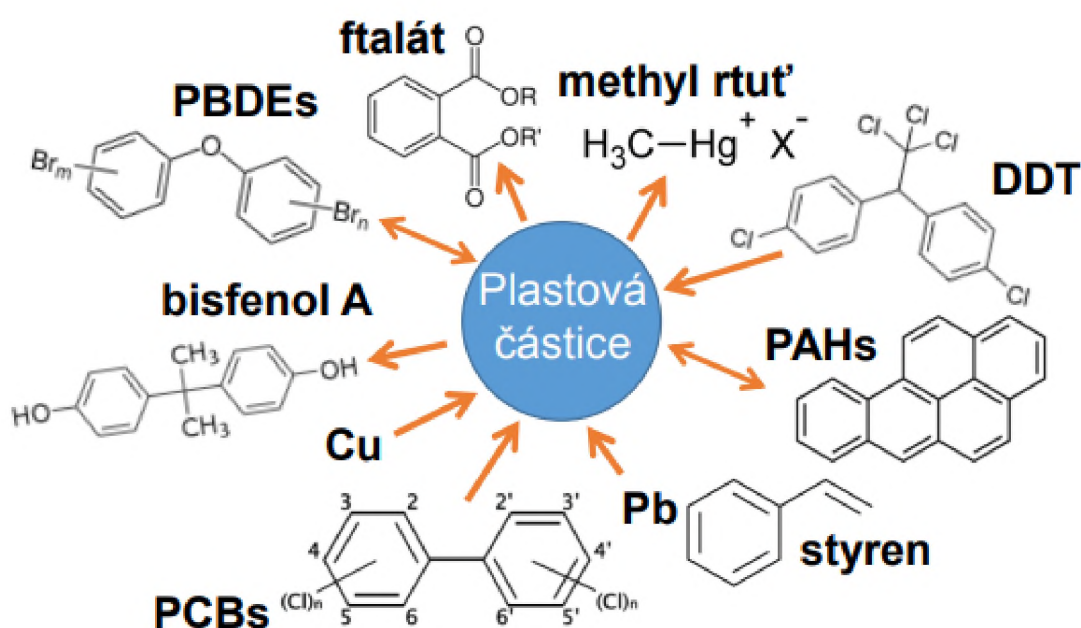
Bisfenol A (BPA) je látka, která se využívá v průmyslové výrobě polykarbonátových plastových výrobků. Mezi ně patří běžné spotřební zboží, jako je plastové kempingové nádoby, lahve na nápoje, sportovní vybavení, CD a DVD nosiče, hračky pro děti a dózy na potraviny. Nachází se v kávovarech, v počítačích nebo v mobilních telefonech, ve smalttech nebo epoxidových lepidlech. Jedná se o endokrinní disruptor, tedy hormonálně aktivní látku, která napodobuje chování přirozených hormonů v lidském těle, blokuje v buňkách receptory hormonů, ovlivňuje syntézu, transport, metabolismus a vylučování hormonů. BPA je charakterizován jako reprodukční toxická látka kategorie 1 B. To znamená, že se o této látce předpokládá, že působí negativně na schopnost reprodukce u člověka. BPA dokáže napodobit estrogen, ovlivňovat procesy v těle a negativně působit na zdraví. Může působit na nervovou soustavu a u dětí způsobuje hyperaktivitu a problémy s udržením pozornosti. Nejintenzivněji působí na vyvíjející se organismus, vystavení látce v raném věku zvyšuje riziko výskytu

rakoviny prsu v pozdějším věku. Způsobuje různorodé problémy s potenci u mužů. Z plastů se nejlépe uvolňuje po zahřátí. Riziko uvolňování tedy roste s rostoucí teplotou a také opotřebením plastu [6].

Ftaláty

Ftaláty jsou organické sloučeniny, estery kyseliny ftalové. Využívají se jako změkčovadla, především k tomu, aby byly plasty poddajnější. Příkladem může být přeměna PVC z tuhého plastu do jeho měkčené formy. Ftaláty se nachází například v podlahovinách, stavebních materiálech, interiérech domácností, potrubních rozvodech, ale také v kosmetice a mnoha dalších produktech. Ftaláty nejsou v PVC pevně chemicky vázány, a proto se z něj mohou postupně uvolňovat. Z tohoto důvodu patří ftaláty k běžným kontaminantům vnitřního ovzduší. Používané ftaláty jsou však zdraví škodlivé. Některé ftaláty jsou klasifikovány, podobně jako Bisfenol A, jako endokrinní disruptory, což znamená, že mohou poškodit plodnost nebo plod v těle matky. Například bis(2-ethylhexyl)ftalát, benzybutylftalát, dibutyl-ftalát a diisobutylftalát [7].

Dalším rizikem mohou být škodlivé látky, které sice nejsou součástí plastu samotného, ale mohou se na mikroplast navázat. Jedná se například o látky jako jsou DDT, PAH, PCB, PBDE, některé těžké kovy, styren [8].



Obrázek 4 – Látky, které se mohou na plastovou částici navázat nebo se z ní uvolnit [8]

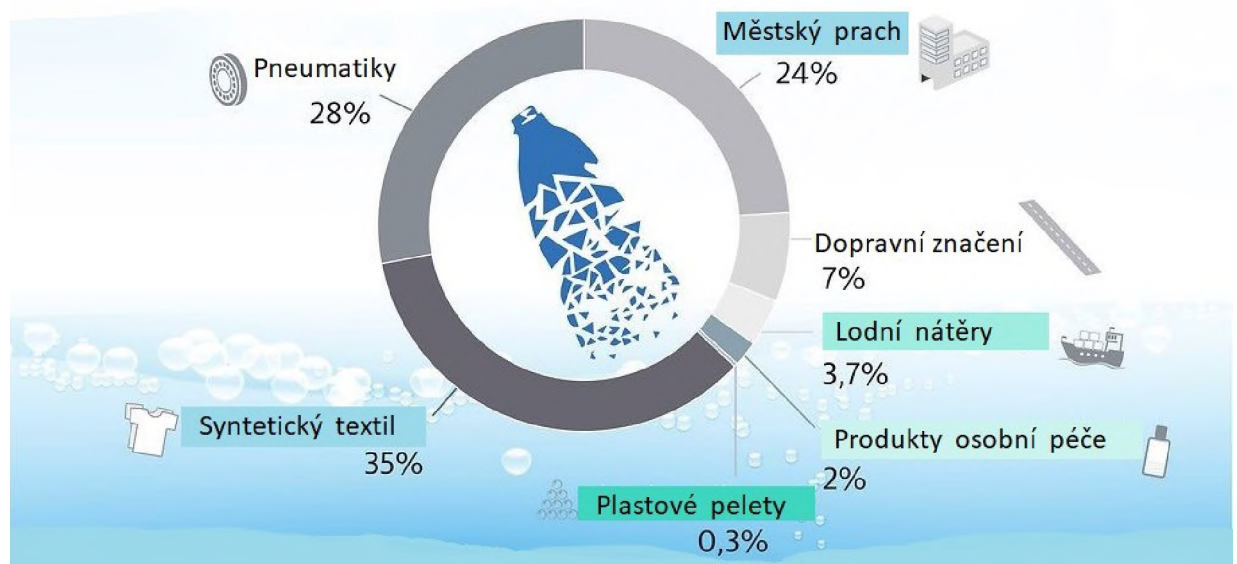
2. Mikroplasty ve složkách životního prostředí

Mikroplasty jsou široce distribuovány napříč terestrickými a námořními systémy, od povrchu až do hlubokých spodních vrstev. Distribuce může být ovlivněna řadou procesů včetně odtoku, infiltrace, průtokem řek, větrným působením, působením mořských proudů, pohybem zvířat a lidskou činností napříč ekosystémy a také mezi nimi. Největšími zdroji mikroplastů jsou syntetické textilie, průmysl, odpady, kosmetické a čisticí přípravky [9].

2.1 Zdroje mikroplastů v životním prostředí (Obrázek 5)

V posledních 40 letech se produkce plastů dle informačního listu, připraveného pro Kancelář Evropského parlamentu v České republice, zvýšila dvacetkrát. Celosvětová produkce plastů za rok přesáhla 320 milionů tun a z toho se 141 milionů tun využilo na výrobu obalů. Prioritní surovinou pro výrobu plastů je ropa a také zemní plyn. V roce 2016 průmysl výroby plastů spotřeboval 6 procent světové produkce ropy, a toto procento stále stoupá. Předpokládá se, že v roce 2050 má spotřeba stoupnout až na 20 procent [10].

Zdroje mikroplastových částic v oceánu



Obrázek 5 – Původ mikroplastů v oceánu [11]

2.1.1 Odpad

Odpad vyprodukovaný při činnostech člověka může být tvořen až z 54 hmot.% plastem. Mezi nejrozšířenější využití plastů patří obalové materiály (39,5 % celkové produkce plastů), stavební materiály (20,1 %), automobilové komponenty (8,6 %), elektronické spotřebiče (5,7 %) a zemědělské materiály (3,4 %), přičemž zbytek tvoří výrobky jako jsou například domácí spotřebiče a sportovní vybavení. V Evropské unii existuje pro toto využití přibližně 30 000 různých polymerních materiálů. Zpráva Evropské komise také uvádí, že 84 % z těchto 30 000 polymerů představují termoplasty.

Česko sice nemá oceány s nahromaděným plastovým odpadem, přesto se problém odpadů z umělých hmot nevyhýbá ani nám. V českých městech a obcích, ale také ve volné krajině, nalezneme volně pohozené odpady. Mezi nejčastější pohozené odpady patří obaly od sladkostí nebo rychlého občerstvení, cigaretové nedopalky a polyethylentereftalátové (PET) lahve. Odhaduje se, že na jednoho obyvatele České republiky připadá 6 kilogramů odpadu odhozeného mimo koše nebo recyklační místa za rok. Studie zpracovaná pro Ministerstvo životního prostředí ukazuje, že průměrný vzorek takto volně pohozených odpadů je tvořen z více než 41 procent plasty, jež také zabírají více než 75 procent objemu. Zahraniční přístupy v boji proti volně pohozenému odpadu ukazují, že by správným postupem mohlo být zavedení záloh na plastové obaly [10].

2.1.2 Průmysl

Jedním z největších zdrojů mikroplastů v prostředí je automobilový průmysl. V jednom automobilu je přibližně 13 procent použitého materiálu polymerního původu. Patří sem jak termoplasty, tak i reaktoplasty mezi něž se počítají i pěnové polyuretany na čalounění sedaček, interiéru karosérie a zvuk izolujících dílů karosérie a guma. Největší podíl plastových dílů je obsažen ve skupině karosérie a podle druhu plastů jsou nejvíce zastoupeny materiály na bázi polypropylenu (cca 35 %), následují různé typy polyamidů (cca 14 %) a polyethylen (cca 10 %) [12].

Hlavním zdrojem pocházejícím z automobilového průmyslu je však oděr pneumatik, který má v oceánech nejvyšší podíl hned po syntetickém textilu. Dalším zdrojem je vypouštění odpadních vod z průmyslových podniků, které mohou využívat plastové pelety, které se používají například jako brusné částičky pro čištění lodí [13].

2.1.3 Kosmetika a čisticí prostředky

Velkým zdrojem mikroplastů ve vodním prostředí jsou mikroplasty pocházející z kosmetického průmyslu a z používání čisticích prostředků na bázi mikroplastů. Výrobci kosmetiky je používají jako peelingové částice, které mají za úkol odstranit nečistoty a odumřelé kožní buňky z pokožky. Po použití se mikročástice spláchnou přímo do kanalizačního systému. Vzhledem k jejich velikosti mohou často snadno procházet skrze čističky odpadních vod do vodních ekosystémů. Výrobci s mikroplasty v kosmetických přípravcích nešetří a organizace 5Gyres odhaduje, že se do jednoho produktu pro čištění tváře průměrně přidá 330 000 plastových částic. Také podle britských vědců může 5 mililitrů peelingového přípravku obsahovat 5 000 až 94 000 mikroplastů. Tím se může po každém koupání do odtoku dostat okolo 100 000 plastových mikročástic [14].

Hongkongské environmentální hnutí Plastic Free Seas zveřejnilo odhady, podle kterých každá tuba se 130 gramy přípravku obsahuje až 1,5 milionů částic mikroplastů, což znamená, že se po jednom použití do vody dostane okolo 17 000 částiček [15].

Po použití se mikroplastové částice dostávají až k zařízením pro čištění vody, kde je voda filtrována. Některé mikroplastové částice jsou však příliš malé na to, aby je čisticí technologie odstranily. Vědci ze Slovinska zjistili, že dokáží zachytit průměrně 52 % z celkového počtu částic. Ve výsledku se každodenně do povrchových vod dostane 112 milionů mikroplastových částic, které se takto mohou dostat i do pitné vody. To platí i pro Českou republiku, kde vědci z Ústavu pro hydrodynamiku akademie věd testovali pitnou vodu. Zjistili, že na jeden litr připadá 300 až 900 plastových částic [16].

2.1.4 Syntetické textilie

Některé textilní materiály pocházejí z přírody, jako například bavlna. Jiné pak mají v přírodě svůj původ, ale pomocí chemie se poté upravují do vhodné podoby, jako například viskóza. Zhruba 70 procent všech používaných textilních materiálů je však ryze syntetického původu. Jedná se převážně o materiály z polyethylenu, akrylu a polyamidu [17].

Mikroplastová vlákna (Obrázek 5) uvolněná z těchto textilií zaujímají v oceánu největší procentuální zastoupení [18]. Do vodního prostředí se ze syntetického textilu uvolňují především během praní. Studie z Plymouth University uvádí, že jedna pračka o šesti kilogramech prádla může do vody uvolnit přibližně 470 tisíc kusů drobných plastů původem z

polyesterového oblečení a akrylové látky pak vypustí cca 730 tisíc. Dostupná čísla vznikla na základě testovacího praní na 30 nebo 40 °C [19].

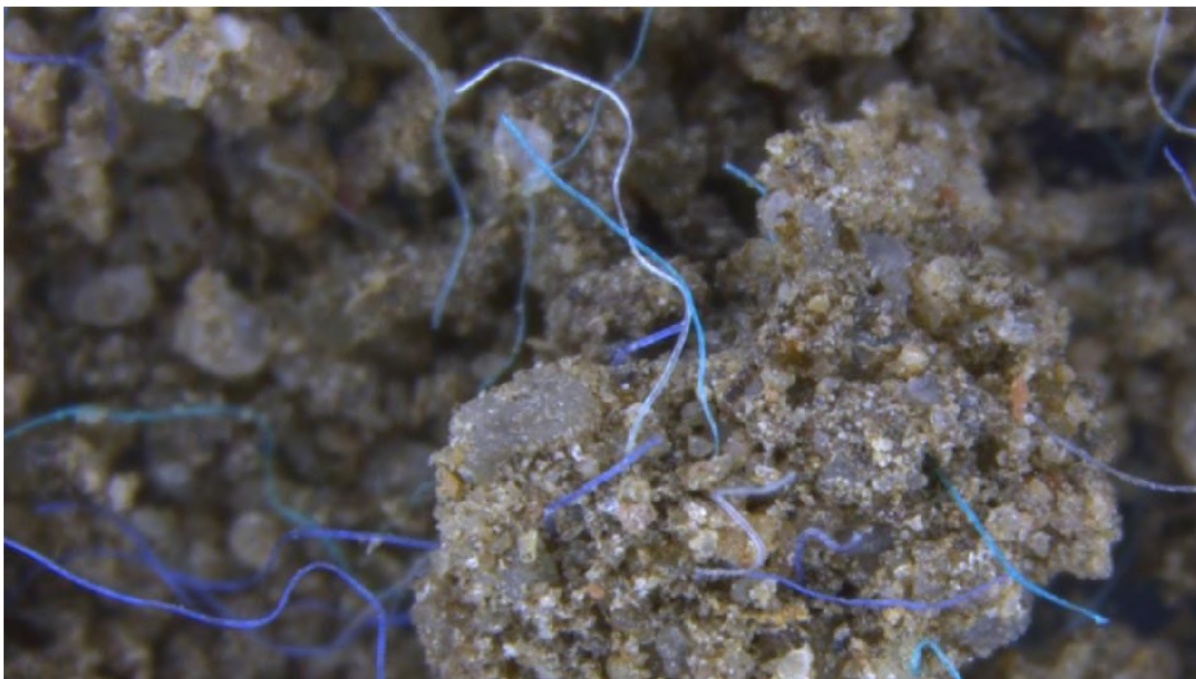
V institutu pro polymery v Itálii analyzovali mikrovlákna ze tří různých typů syntetických tkanin, tkaný polyester, pletený polyester a tkaný polypropylen, během praní simulujících domácí podmínky. Nejvyšší uvolňování mikrovláken zaznamenali u tkaného polyesteru. Počet uvolněných mikrovláken ze standardního množství praného prádla, tedy 5 kg, polyesterových tkanin byl odhadnut na více než 6 000 000 vláken v závislosti na použitém pracím prostředku.

Počet uvolněných mikrovláken lze ovšem snížit až o 35 % užitím změkčovadla během praní, díky schopnosti změkčovadla snížit tření mezi vlákny. Bez ohledu na typ tkaniny, výsledky studie ukazují, že práškový prací prostředek, vyšší teplota, vyšší tvrdost vody a mechanické působení zvyšují uvolňování mikroplastů [20].

2.2 Mikroplasty v půdě

Kromě oceánů, jezer, řek a jejich sedimentů byly mikroplastové částice nalezeny také v půdě. Mikroskopické fragmenty plastů mohou mít rozsáhlé následky pro téměř všechny suchozemské ekosystémy. Ukazuje to například výzkum německých inženýrů Leibnizova institutu a jejich berlínských kolegů, kteří se věnovali dopadům možné kontaminace půdy. Leibnizův institut si za svůj cíl vytyčil zhodnocení rizik pro půdu a její obyvatele. Znečištění půdy totiž dosahuje čtyřnásobku koncentrace znečištění vody. Do půdy se dostávají mikroplasty vlivem lidské činnosti, například když je do půdy sami cíleně zavážíme, spolu s kaly z čistíren odpadních vod. Ty se totiž často využívají jako hnojivo v zemědělství. Zůstává v nich však 80 až 90 procent objemu mikroskopických plastů.

Výzkum zjistil, že mikroplastové částice v půdě (Obrázek 6) představují rizika srovnatelná s riziky ve vodních ekosystémech. Popisuje mikroplasty jako ideální médium na přenos choroboplodných zárodků, neboť prošly kanalizací. Mohou také ovlivňovat půdní mikroflóru, ovlivňovat její kondici a tím vlastně i fungování celého půdního koloběhu živin. Ve výzkumu vysvětluje, že žížaly si vytváří své hromádky jinak, když jsou v půdě přítomné mikroplasty, což ovlivňuje provzdušněnost půdy, její kompaktnost a pohyb živin.



Obrázek 6 – Vlákna mikroplastů v půdě [21]

Podle výzkumníků z institutu je nutné si uvědomit, že plastové částice získávají během svého rozpadu nové chemické a fyzikální vlastnosti. Chemický vliv mikroplastů se projevuje na rozkladu organického materiálu v půdě. Se snižující se velikostí fragmentů, až do velikosti na škále nanometrů, pak narůstají rizika narušení buněčných stěn, včetně vysoce selektivních membrán, například v mozku či placentě živočichů.

Člověk se může s mikroplasty pocházejícími z půdy setkat v potravě ve formě konzumovaných suchozemských organismů, v kvasinkách či vláknitých houbách [22].

2.3 Mikroplasty v ovzduší

Mikroplasty se vlivem působení mnoha vlivů rozšířily do všech složek životního prostředí, a tedy i do ovzduší, ve kterém jsou mikroplastové částice unášeny působením povětrnostních podmínek, objevují se v dešti a také byly objeveny ve sněhu.

Významným příspěvkem při kontaminaci životního prostředí je takzvaný „plastový prach“, který vzniká třením pneumatik o povrch vozovky. U osobního automobilu se hovoří až o dvaceti gramech na sto najetých kilometrů. Do vzduchu se dále dostávají ze syntetického textilu, v podobě prachu tvořeného uvolněnými vlákny z oblečení, dále z obalů, tašek, sáčků na jedno použití a abrazií z plastových povrchů [23].

Byl proveden výzkum, který se zaměřil na měření objemu mikroplastů v dešti ve čtyřech světových městech – v Londýně, Dongguanu, Paříži a Hamburku. V Londýně byl v ovzduší naměřen největší počet mikroplastů a autoři výzkumu předpokládají, že zamoření měst mikroplasty je nyní celosvětovým problémem. Měření mikroplastů v ovzduší probíhalo také v čínském Dongguanu, kde bylo naměřeno dvacetkrát méně mikroplastů než v Londýně, poté v Paříži, kde bylo znečištění sedmkrát nižší než v hlavním městě Velké Británie a také v německém Hamburku, kde bylo naměřeno třikrát méně mikroplastů. Vědcům zatím není jasné, jak nebo proč došlo k takovým rozdílům, ale zřejmě za tím mohou být rozdíly v použitých měřicích metodách. Koncentrace mikroplastů v ovzduší naměřená v Londýně je podle vědců alarmující. Mikroplasty byly sesbírány na střeších devíti budov v centru Londýna a vědci naměřili od 575 do 1008 kusů mikroplastů na metr čtvereční denně. Pro srovnání v Pyrenejích v jižní Francii bylo naměřeno 11 400 kusů mikroplastů na metr čtvereční měsíčně, což je čtvrtina množství nalezeného v Londýně, přesto se však stále jedná o vysoké číslo vzhledem k odlehlosti měřené lokality [24].

V dalším výzkumu byly sebrány vzorky sněhu. Téměř v každém vzorku z Arktidy byly tisíce částic mikroplastů, jeden litr sněhu obsahoval 14 000 částic. Také vzorky ve sněhu z Alp, v mořském ledu ze Severního ledového oceánu a vzorky sněhu z ostrova High Arctic na Špicberských ostrovech indikují, že znečištění mikroplasty zasahuje i do odlehlých oblastí naší planety [25].

2.4 Mikroplasty ve vodním prostředí

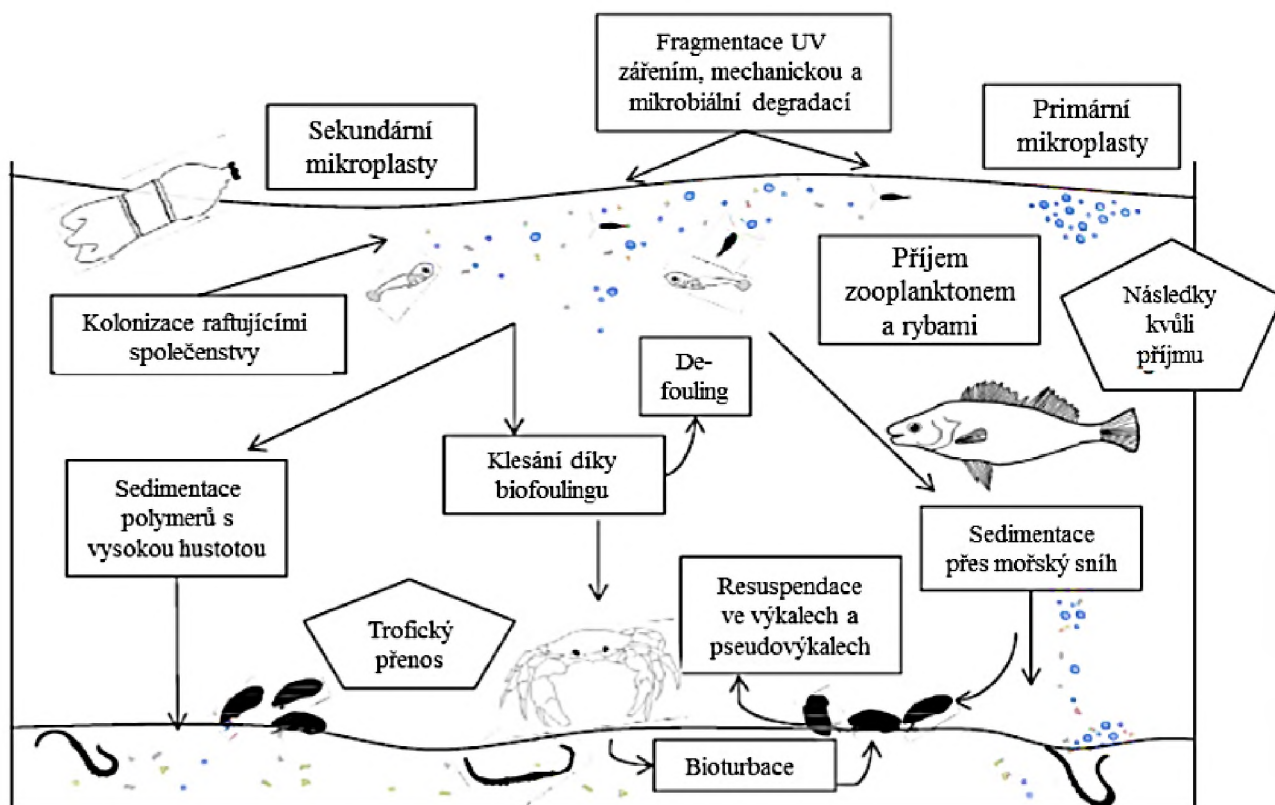
Ve vodním prostředí byly identifikovány mikroplasty různých kompozic, včetně akrylu, polyamidu, polyesteru, polyethylenu, polypropylenu a polystyrenu. Mikroplasty se liší také svým tvarem a morfotypy, jako jsou vlákna, filmy, pěny, fólie, pelety, fragmenty a koule.

I když jsou plasty většinou lehké a vztlakové materiály a značné množství mikroplastů bylo kvantifikováno jako plovoucí odpad při vzorkování povrchové vody, mohou se hustší plasty snadno ponořit a byly detekovány i v sedimentech. Avšak významná část plastových částic má tendenci zůstat zavěšena ve vodním sloupci. Například koncentrace částic v rozmezí od 1,6 do 12,6 kusů o rozměrech 48 pm až 5 mm na litr byly naměřeny v nádrži Tři soutěsky v Číně [1].

Se zvyšující se spotřebou plastu se produkuje mnoho mikroplastů, ať už záměrně nebo neúmyslně, a nepřetržitě přecházejí do vody a sedimentů (Obrázek 7). Kvůli degradaci vlivem oxidace, působením fotonů nebo tepelných vlivů, dále kvůli tření a biodegradaci se distribuce, velikosti a tvary mikroplastů liší v sedimentech a vodě. Velikosti mikroplastů se pohybují hlavně od 0,5 do 2 mm. V systémech sediment-voda logicky mikroplasty klesají a akumulují se v sedimentu pouze tehdy, převyšuje-li jejich hustota hustotu mořské vody, která je $1024 \text{ kg} \times \text{m}^3$ při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ [26]. Jinak mají sklon plavat na hladině nebo se pohybovat ve vodním sloupci. Lehké mikroplasty jsou tedy distribuovány v povrchových vrstvách mořské vody a těžké mikroplasty s vysokou hustotou jsou distribuovány v bentosu v důsledku potopení a pohybu bioty.

Obecně se dá říct, že mikroplasty nalezené ve vzdáleném oceánu pochází z lodí a mořských platform, zatímco mikroplasty nalezené v pobřežních oblastech pochází z pevniny a dostávají se sem odpadní vodou, odtokem, řekou a také proudem vzduchu. Například v Chicagu, USA, kde je vysoká míra urbanizace, byly v řece koncentrace mikroplastů vyšší proti jejímu proudu a rovnaly se nebo překračovaly koncentrace v oceánech a Velkých jezerech [9].

Ekosystémy oceánů jsou z hlediska znečištění plasty ovlivněny komerčním rybolovem, plavidly a dalšími lidskými činnostmi. Tyto aktivity přispívají však asi k 20 procentům z celkového množství plastických nečistot v mořském prostředí. Zbývajících 80 procent znečištění pochází z pevniny a je zapříčiněno především špatným nakládáním s odpady [27].



Obrázek 7 – Transport mikroplastů a jeho biologické interakce [28]

To, kde se ve vodním sloupci částice mikroplastu nachází, rozhoduje o její biologické dostupnosti. Organismy žijící v horní vrstvě (např. planktonofágové), jsou ovlivněny především plasty s nižší hustotou (např. polyethylen), zatímco plasty s vyšší hustotou (např. polyvinylchlorid) jsou dostupné organismům žijícím na dně (např. detritofágové). Daná částice však může být dostupná organismům v různé hloubce v různý čas, hovoříme o jakémisi cyklu. Ten je pak ovlivněn biologickými interakcemi. Samozřejmostí je přenos mikroplastů celým potravním řetězcem [28].

2.4.1 Mikroplasty ve vodách České republiky

Popsat mikroplasty ve velkých českých řekách si dala za cíl organizace Greenpeace. Zaměřila se na Labe a Vltavu, vzorky byly odebrány na několika místech v Praze, v Ústí nad Labem a v Hřensku. Výsledky pak ukázaly, že mikroplasty obsahovalo devět z deseti vzorků. Většina vzorků obsahovala jeden až čtyři syntetická vlákna nebo fragmenty. Zhruba polovina z nich byla tvořena mikroplasty, zbytek pak byla většinou průmyslově upravená celulózová vlákna. Průměrná koncentrace 3,7 mikroplastových částic na litr koresponduje s výsledky dalších podobných studií ze zahraničí [29].

3. Vliv mikroplastů na živé organismy

Některé plastové částice mají tak malou velikost, že si je mohou vodní živočichové snadno splést s planktonem, který je nejběžnějším přirozeným zdrojem jejich potravy. Podle studií je přímým průchodem mikroplastů do těla skrze kůži nebo jejich konzumací ohroženo přibližně 660 druhů vodních živočichů. Ohrožení se týká nejen těch nejmenších mořských ryb, ale i žraloků a velryb. Během krmení a získávání kyslíku z vody jejich těly prochází tisíce kubíků vody denně, a tak je pravděpodobnost pro požití mikroplastů obrovská. Podle odhadů by mohl jeden žralok za den zkonsumovat 200 částic. U větších živočichů je pak počet ještě vyšší. S problémem mikroplastů se však potýkají také sladkovodní ryby [16].

Dle studie, kde byly odebrány vzorky z ústí řeky Temže se ukázalo, že 28 procent ryb požílo mikroplasty. A v ústí skotského zálivu Firth of Clyde bylo postiženo 39 procent ryb. Tuto studii provedli vědci z londýnské Royal Holloway, Natural History Museum a University of the West of Scotland. Dále také zjistili, že celkem jedna třetina z 876 ryb a krevet vyšetřených z ústí řeky i zálivu požíla mikroplasty [30].

Nový výzkum, který vznikl pod vedením profesora Laurenta Seuronta z francouzského Národního výzkumného centra (CRNS), prokázal, že mikroplasty mohou v prostředí oceánů narušovat přirozený vztah mezi predátorem a kořistí. Informoval o tom deník Independent [32].

Konkrétním příkladem ohroženého druhu mikroplasty je plážovka vejcorodá. Mikroplasty zapříčiňují, že tyto šneci přestávají reagovat na své predátory a nebrání se před nimi [31].

Vědci se během své studie zaměřili konkrétně na to, jak konzumace mikroplastů ovlivňuje chování šneka jménem plážovka vejcorodá, které se také říká březhenka obecná. Tento druh plže plní důležitou úlohu v potravním řetězci v okolí pláží, ale zároveň je také oblíbenou pochoutkou lidí, zejména ve Francii. Přirozeným predátorem těchto plážovek jsou krabi. Pokud za normálních okolností šneci ucítí ve vodě blížícího se kraba, okamžitě se uchýlí k přirozené obranné akci. Schovají se do své ulity nebo se ukryjí pod kameny.

Poté, co vědci během experimentu umístili šneky do vody, která obsahovala mikroplasty sesbírané z pláže poblíž francouzského města Calais, ale tato reakce zmizela – plži na blížící se predátory přestali reagovat. Koncentrace mikroplastů přitom byla podobná jako na pláži.

Autoři této provedené studie soudí, že některé ze škodlivých látek, které se na mikroplasty navázaly, nejspíš poškodily těmto plžům nervové soustavy. Všechny jejich normální reakce přestaly fungovat. Jedná se o velmi znepokojující zjištění. Pokud plážovky nejsou schopné

predátora ucítit a uniknout mu, existuje mnohem větší šance, že zemřou a případně i vyhynou. To by vedlo k narušení celého potravního řetězce [33].

Další ohroženou skupinou zvířat jsou ptáci, kteří konzumují malé částice plastu a poté umírají. Američtí vědci si při svém výzkumu položili otázku, co mořské ptáky láká na konzumaci plastů, které se často najdou v žaludku uhynulých opeřenců. Podle nich by ptáky na odpadcích plovoucích na mořské hladině mohlo lákat to, že voní jako jejich potrava.

Ve studii, kterou vedl Matthew Savoca z Kalifornské univerzity, zjistili, že plovoucí plastový odpad akumuluje řasy a vydává pach velmi podobný krilu, kterým se živí řada mořských ptáků. To by mohlo vysvětlit, proč jsou druhy, které při lovu spoléhají především na svůj čich značně náchylní ke spolknutí kusu plastu. Příkladem těchto druhů jsou albatrosi a buňáci.

Je známo, že ptáci a další mořští tvorové včetně želv a ryb polykají plasty. To může vést k poškození jejich vnitřních orgánů, způsobit neprůchodnost střev, anebo hromadění chemických látek v jejich tkáních. Předchozí studie odhalily, že někteří ptáci krmí kousky plastu i svá mláďata, protože si je pravděpodobně pletou s potravou.

Aby zjistili, co ptáky k plastovým úlomkům přitahuje, vzali vědci korálky vyrobené ze tří nejběžnějších druhů plastu. Vybrali dva hustotou odlišné typy polyethylenu a polypropylen. Korálky zašili do síťových sáčků a přivázali je k bójkám, aby zabránili jejich spolknutí volně žijícími živočichy, a pak je vypustili do oceánu v zátokách Monterey a Bodega u kalifornského pobřeží. O tři týdny později vědci korálky vylovili a jejich zápach analyzovali jak na Kalifornské univerzitě, tak v Ústavu pro vědecký výzkum vína a potravin, kde vědci obvykle zkoumají chemické pozadí různých vůní a chutí vína. Výsledky ukázaly, že plasty vylučují sloučeninu síry, dimethylsulfid (DMS), která je spojená s řasami, jež plovoucí plasty pokryly. Tentýž tým už dříve zjistil, že právě DMS je chemickou látkou, jež pro některé druhy mořských ptáků představuje spouštěcí impuls k hledání krilu.

V další části své vědecké analýzy došli autoři studie k závěru, že mořští ptáci z řádu trubkonosí, kam patří zmínění albatrosi a buňáci, kteří využívají pach DMS, aby našli potravu, s téměř šestkrát vyšší pravděpodobností spolkykají plasty než ostatní ptáci [34].

4. Vliv mikroplastů na lidské zdraví

Člověk má dvě základní expoziční cesty, jakými se do jeho organismu mikroplast může dostat. Je to inhalace vzduchu a ingesce vody a potravin, popřípadě požití zbytku zubní pasty. Přičemž nyní pomíjíme úmyslné požití některých léčiv, ve kterých jsou mikročástice nebo nanočástice použity jako nosiče účinné látky, nebo speciální případy degradace plastových protetických implantátů. Výskyt mikroplastů je zatím znám pouze v několika potravních komoditách, kterými jsou pitná voda, mořští živočichové, cukr, med a některé alkoholické nápoje. Celkový příjem mikroplastů z potravy je tedy zatím neznámý, ale odhaduje se, že by ročně mohl činit 39 až 52 tisíc požitých částic a pokud by se přičetla také expozice inhalací, tak by množství vzrostlo na 74 až 121 tisíc mikroplastů [35].

4.1 Vstřebávání mikroplastů v lidském organismu

Mikroplasty se vyskytují v různých velikostech, tvarech i materiálech a tyto proměnné, spolu s dalšími jako je například elektrický potenciál povrchu částic, množství a další vlastnosti plastů zásadně ovlivňují, zda a jak se budou mikroplasty dostávat do organismu, respektive jestli se budou dále vstřebávat.

Přestože dýchací cesty člověka jsou vybaveny ochrannými mechanismy, které zabraňují průniku částic do dolních cest dýchacích, určitá velikostní frakce částic se tam dostává a v závislosti na množství může negativně ovlivnit zdraví. Jde o frakci označovanou jako PM_{2,5} a PM_{1,0} (částice aerosolu o velikosti do 2,5 a do 1,0 mikrometru). Pokud jsou mikroplasty v této velikosti a vhodném tvaru, budou se chovat podobně jako prašný aerosol a budou pronikat až do plicních sklípků.

Z trávicího traktu se vstřebávají mikroplasty poměrně obtížně, pouze z desetin procenta a méně, přičemž bude opět záležet na velikosti a dalších vlastnostech těchto částic. Naprostá většina částic projde zažívacím traktem a je vyloučena stolicí, část může být deponována, podobně jako nerozpuštěné anorganické částice, v některých buňkách střevního epitelu. Jsou navrhovány dva možné mechanismy vstřebání, kterými jsou endocytóza prostřednictvím M buněk v peyerových plátech nebo parabuněčná persorpce.

Když se mikroplasty vstřebají, vrací se žlučí zpět do střeva a jsou vyloučeny stolicí, nebo se dostávají dál do krevního oběhu a poté jsou poměrně rychle vyloučeny močí. Jelikož jsou plasty inertní a v organismu setrvávají jen krátkou dobu, nebude zde pravděpodobně docházet k žádné

jejich degradaci. Dosud nemáme důkaz o tom, že by někde v organismu docházelo ke kumulaci mikroplastů vstřebaných ze zažívacího traktu [36].

4.2 Zdravotní účinky mikroplastů

I když přímé důkazy o účincích vdechnutých mikroplastů z ovzduší chybí, vzhledem k tomu, že některé z nich se mohou chovat podobně jako polévatý prach, i jejich zdravotní účinek by mu mohl být podobný. Mohla by nastat zánětlivá akutní i chronická onemocnění dýchacích cest, nepříznivé účinky na kardiovaskulární systém, snížení plicních funkcí.

Protože se ale mikroplasty podílejí na celkovém počtu vdechovaných částic pravděpodobně jen malým podílem, nelze jejich účinek oddělit od účinku celkového polévatého prachu v ovzduší, a nedá se tedy určit, zda mohou být považovány za významný zdroj inhalační expozice.

V průmyslových provozech, především v textilních továrnách, kde se pracuje výhradně se syntetickými vlákny bylo zjištěno, že mezi pracovníky je vyšší výskyt kašle, pískotů či dušnosti než u běžné populace.

V případě požití se uvažuje o těchto možných mechanismech, kterými by mohlo být zdraví ohroženo. Jedná se o mechanismy, kdy se předpokládá uvolňování nebezpečných látek z plastu, nebo zánětlivá nežádoucí odpověď imunitního systému při kumulaci mikroplastů v organismu. Dále se předpokládá přímý toxický účinek mikročástic na buňku, a nakonec také reakce organismu na přítomnost mikrobiálního znečištění na povrchu částice mikroplastu.

Z mikroplastů by se tedy mohly uvolňovat některé toxické látky. A to buď přímo ze samotného plastu, například monomery či přídatné látky jako ftaláty či bromované zpomalovače hoření. Nebo z povrchu, na který by se mohly sorbovat organické látky typu polyaromatických uhlovodíků (PAU) či polychlorovaných bifenyly (PCB), a to v případě, pokud by částice předtím prošly prostředím s vysokým obsahem těchto látek. Zatím ale tento účinek nebyl prokázán ani u drobných vodních živočichů, které na jednotku své tělesné hmotnosti přijímají mnohonásobně vyšší dávku mikroplastů než člověk. A například u pitné vody, když se provádí stanovení těchto látek, se stanovuje jak jejich podíl rozpuštěný ve vodě, tak podíl sorbovaný na tyto částice. Přesto i tam nejsou tyto látky ve vodě detekovány.

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) ve své zprávě z roku 2016 odhadl, že požitím jedné porce mušlí – slávek, nepřijme člověk více než 0,2 % obvyklého dietárního příjmu tří obávaných toxických látek (BPA, polychlorovaných bifenyly a polycyklických aromatických

uhlovodíků). Pokud jsou mikroplasty nosiči těchto chemických látek, jedná se zde o množství toxikologicky nevýznamná.

Mikroplasty, jakožto pro tělo cizorodé částice, by mohly v místě jejich největší kumulace vyvolávat zánětlivou reakci a nepříznivou imunitní odpověď organismu. Zatím však nejsou důkazy, že by ke kumulaci požitých mikroplastů někde v organismu významně docházelo a že by vyvolané reakce překračovaly běžný rámec obranné imunitní odpovědi organismu.

Je třeba si uvědomit, že člověk vedle mikroplastů požívá rovněž mnohonásobně vyšší počty anorganických nerozpustných částic, které představují pro organismus podobné cizorodé tělísko jako částice mikroplastu. Ty mohou pocházet buď z přírody, například mikroskopické částice křemičitanů a jiných hornin, nebo jsou do potravin záměrně přidávány člověkem při jejich zpracování, například látky typu křemičitanů a hlinitokřemičitanů či oxidu titaničitého, nebo E554, E556 či E559, které se používají jako protispěkové přísady do rýže, mouky, soli, cukru, práškového mléka, a také do žvýkaček.

Uvažuje se také o přímém toxickém účinku mikročástic na buňku, její poškození až zánik buňky prostřednictvím oxidačního stresu. I tento mechanismus se může jistě uplatnit, ale v organismu každý den přirozeně zanikají a zase vznikají miliony nových buněk a zatím nejsou žádné signály, že by příjem mikroplastů ze životního prostředí tento proces vychyloval na nežádoucí stranu.

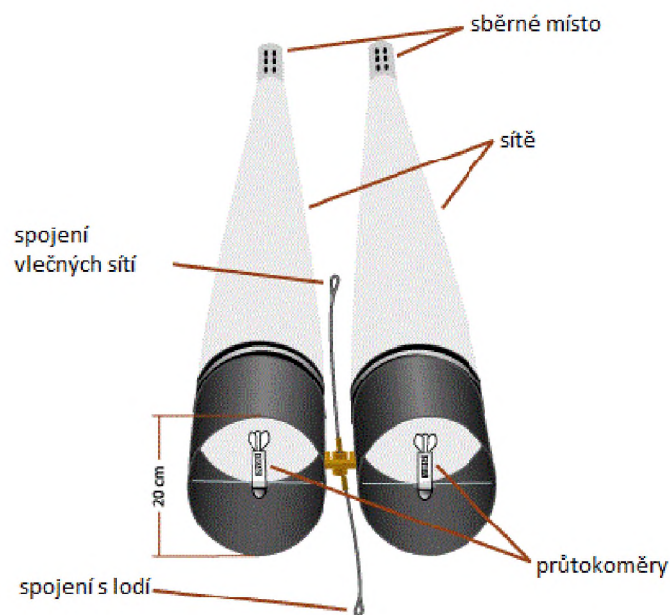
Konečně se zvažuje také teorie, že by povrch částic mikroplastů mohl nést pro tělo neznámé bakterie. Mechanický účinek mikročástic nebo imunitní odezva na tyto neznámé bakterie by mohly negativně ovlivnit fyziologické složení mikrobiomu, tedy přirozeného osídlení dýchacích cest a zažívacího traktu bakteriemi, které jsou velmi důležitým prvkem imunitního systému. Ani v tomto případě však nejsou zatím žádné důkazy, že by se tento jev v praxi nějak projevoval [36].

5. Detekování mikroplastů ve vodním prostředí

5.1 Odběr vzorků a kvantifikace mikroplastů

Při odběru vzorků z vody je využíváno skutečnosti, že mikroplasty díky své nízké hustotě plavou na hladině. K odběru je vhodné použít vlečné sítě pro povrchové vody, jejichž výhodou je pokrytí velké oblasti vodní plochy. Při odběru je využito průtokoměru, který zajišťuje data ohledně celkového objemu analyzované vody. Z dat o objemu a z opticky nebo pomocí mikroskopie spočítaných částic mikroplastů se poté vyhodnocuje koncentrace mikroplastů ve vodách. Výsledek stanovení mikroplastů ve vodách se poté nejčastěji vyjadřuje jako počet mikroplastových částic v jednom litru vody [38].

Výplet vlečných sítí má běžně hustotu otvorů okolo 335 μm , přičemž s jinou velikostí otvorů se bude různit také sesbírané množství mikroplastů. Pro odběr vzorku ze středně hlubokých vod se využívají bongo sítě. Bongo sítě jsou dvě sítě ve tvaru kruhu spojené k sobě, se sběrnými místy na jejich koncích (Obrázek 8).



Obrázek 8 – Bongo sítě [37]

5.2 Separace mikroplastů z analyzovaného vzorku

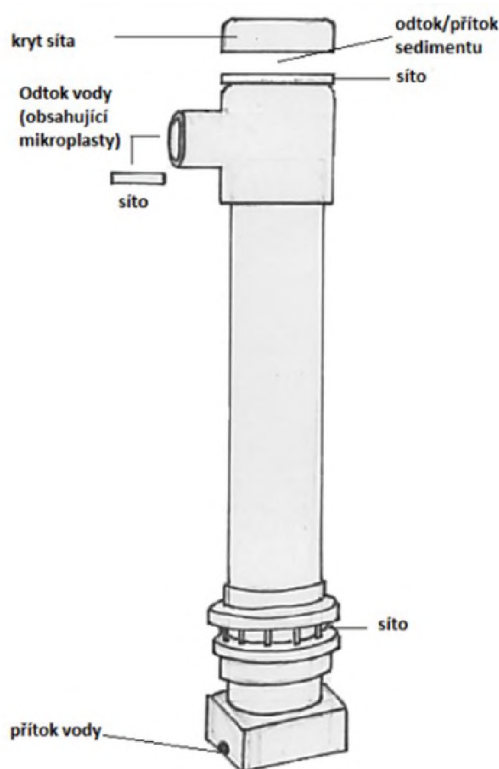
Po odběru z vod následuje separace mikroplastových částic z analyzovaného vzorku metodami založenými na fyzikálních a chemických vlastnostech jako jsou hustota, elektrostatická síla, velikost, tvar a rozměr. Nejběžnější užívanými metodami jsou hustotní flotace, elutriace a elektrostatické odlučování.

5.2.1 Hustotní flotace

Hustoty běžně používaných plastů leží v rozmezí $0,01 - 1,45 \text{ g/cm}^3$ a hustoty sedimentu, písku nebo anorganických materiálů se pohybují většinou kolem $2,65 \text{ g/cm}^3$. Tohoto rozdílu hustot se využívá k oddělení lehčích mikroplastů od těžších částic. Do vzorku se přidává nasycený solný roztok chloridu sodného. Upravený vzorek se poté promíchá třepáním. Těžší částice se usadí na dně a na povrchu roztoku zůstanou mikroplasty, které jsou připraveny k odebrání. V roztoku chloridu sodného lze oddělovat pouze částice s nižší hustotou než $1,2 \text{ g/cm}^3$. Chlorid sodný je vhodný pro mořský odpad, doporučovaný vzhledem k jeho nízké ceně, a především díky jeho nízké zátěži životního prostředí. Pro odebrání širší škály mikročástic je potřeba zvýšit hustotu zkoumaného roztoku, použitím různé koncentrace rozpuštěných solí chloridu zinečnatého nebo jodidu sodného. Při těchto úpravách se dají efektivně extrahovat i plasty s vysokou hustotou jako jsou PVC nebo PET [38].

5.2.2 Elutriace

Elutriace je proces, který pomocí proudění plynu nebo kapaliny proti směru sedimentace odděluje lehčí částice od těžších. Na základě této metody byl navržen přístroj (Obrázek 9), který se skládá z plastového sloupku, který je opatřen ve spodní části sítím.



Obrázek 9 – Zařízení fungující na principu elutriace [39]

Vzorek sedimentu se přemístí do kolony promytím skrz síto pro odstranění velkých frakcí. K zabránění znečištění částicemi nebo vlákny ze vzduchu je použito krycí síto.

Ze spodní části sloupce se začne vytlačovat vodovodní voda a tím se vytvoří proudění vody ve válci směrem vzhůru. Během tohoto procesu se vzorek fluidizuje. Oddělení plastových částic od sedimentu je zajištěno provzdušňováním ve spodní části sloupce. Kombinace průtoku vody a provzdušňování odděluje mikroplasty od těžších částic, které se uchycují na síto. Průtok je zvolen takový, aby bylo dosaženo co nejefektivnější separace a minimální kontaminace vzorku [39].

5.3 Identifikace mikroplastových částic

Po separaci mikroplastových částic následuje jejich identifikace pomocí mikroskopických metod, kterými jsou například elektronová mikroskopie, Ramanova spektroskopie nebo infračervená spektroskopie.

5.3.1 Elektronová mikroskopie

Skenovací (rastrovací) elektronový mikroskop (SEM) poskytuje velmi kvalitní obrazy zkoumaných mikroplastových částic. Principem metody je interakce elektronového paprsku se vzorkem a měření sekundárních iontů.

Metoda je schopná posoudit částice do velikosti až 1 μm . Na vzorek je aplikován tenký svazek elektronů, který dopadá postupně na všechna místa vzorku. Odražený (emitovaný) paprsek se poté převádí na viditelný obraz [40].

5.3.2 Ramanova spektroskopie

Využívá rozptylu laserového paprsku. Principem jejího fungování je interakce laserového záření s molekulami a atomy vzorku vedoucí k rozdílnému zpětnému záření. Jedná se o jedinou metodu, která je k dispozici pro velikosti částic v rozmezí od 1 do 20 μm [39].

5.3.3 Infračervená spektroskopie

Při analýze jsou mikroplastové částice ozařovány infračerveným paprskem s definovaným rozsahem vlnové délky a naměřená absorpance infračerveného záření je specifická pro danou chemickou vazbu. Identifikuje funkční skupiny přítomné v mikroskopických polymerech, zejména karbonylové skupiny [39].

6. Odstraňování mikroplastů

Mikroplasty se dají z vody odstranit pouze pomocí filtrace. Jedná se o filtrace pomocí jemných filtrů a o reverzní osmózu.

6.1 Jemné filtry

Prvním způsobem odstraňování mikroplastů je využití jemné filtrace, která zachytí všechny mechanické nečistoty a voda je díky tomu zbavena veškerých mechanických sedimentů. Nejlepší jsou jemné filtry využívající uhlíkové směsi.

6.2 Reverzní osmóza

Druhým způsobem je použití reverzní osmózy, která díky membráně a sedmi stupňům filtrace zachytává malé částice o velikosti až 0,0001 μm . Po této filtraci voda již neobsahuje žádné mikroplastové částice ani antibiotika či pesticidy [41].

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce v podobě literární rešerše bylo popsání problematiky mikroplastů v životním prostředí. V práci byl vysvětlen pojem mikroplast a bylo popsáno jeho rozdělení a také látky, které by mohly mikroplasty obsahovat, přičemž byla věnována pozornost především látkám škodlivým pro živé organismy. Bylo potvrzeno, že mikroplasty jsou rozšířeny do všech složek životního prostředí. Byly zjištěny v řekách, jezerech, oceánech, půdě i v ovzduší velkých průmyslových měst. Ze zdrojů vyplývá, že problematika mikroplastů se týká také vod České republiky, a to ve srovnatelné míře s jejími okolními státy.

Zkoumán byl také vliv mikroplastů na živočichy, kteří se s nimi setkávají v prostředí, ve kterém žijí a zaměňují ho se svojí potravou, což je ve velké míře ohrožuje. Ohroženi jsou nejvíce vodní živočichové a mořští ptáci.

Vliv na zdraví člověka není doposud dostatečně prozkoumán. Mikroplastové částice jsou stejně jako plasty inertním materiálem, tudíž by neměly s lidským organismem nijak výrazně interagovat. Ovšem mohou být médiem pro navázání jiných škodlivin a mikroorganismů, virů či bakterií, které by člověku mohly působit zdravotní potíže.

Zjištěným problémem při popisování problematiky stanovování mikroplastů ve vodě byla absence legislativy a nepřítomnost všeobecně přijímaných mezinárodních norem. Nejednalo se pouze o chybějící definici rozměrů mikroplastů, ale také o vyjadřování výsledků jejich stanovení. V případě sedimentů šlo obvykle o hmotnost mikroplastu v miligramech vztaženou na hmotnost sušiny vzorku. U vod se jednalo o výsledky často vztažené na metr čtvereční vzorkované plochy nebo na objemovou jednotku odebraného vzorku, například v litrech nebo metrech krychlových. Kvůli těmto odlišnostem jsou výsledky různých studií a výzkumů obtížně porovnatelné. Mikroplastové částice se z vody odstraňují pomocí jemné filtrace, anebo s použitím reverzní osmózy.

Jelikož jsou mikroplasty v tak velké míře rozšířeny a mají výrazně negativní vliv na mořské živočichy, bylo by vhodné vytvoření legislativy, která by omezila používání mikroplastů v kosmetice a v dalších odvětvích, kde nejsou mikroplasty nutně potřebné. Je také potřeba sjednotit metody stanovení mikroplastů a definovat jejich rozměry, nejlépe zavedením mezinárodně platných norem. Pozornost by ovšem měla být nadále věnována také výzkumu vlivů na člověka a jeho zdraví.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PIVOKONSKÝ, Martin. *Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water*. Science of The Total Environment [online]. 2018 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718330663>
- [2] PODLESNÁ, Valentina. *Mikroplasty: neviditelný škůdce všude kolem nás* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/mikroplasty-neviditelny-skudce-vsude-kolem-nas>
- [3] DUCHÁČEK Vratislav. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. ISBN 80-7080-617-6
- [4] Rozdělení a charakteristika polymerů [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [5] Složení polymerů – přísady [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/05.html>
- [6] Toxické znečištění - Bisfenol A – skryté, všudypřítomné nebezpečí [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.greenpeace.org/archive-czech/cz/Kampan/Toxicke-znecistení/BPA/>
- [7] Chemické látky v plastových výrobcích [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/cs/chemicals-in-plastic-products>
- [8] PIVOKONSKÝ, Martin. Akademie věd České republiky. *Plasty v pitné vodě – realita nebo Fake News* [online]. 2018 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: file:///C:/Users/PC/Downloads/3_Pivokonsky_Plasty-v-pitne-vode.pdf
- [9] Microplastics in the environment: *A review of analytical methods, distribution, and biological effects* [online]. [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016599361830520X>
- [10] VOSECKÝ, Vojtěch a Martin SEDLÁK, *Konec doby plastové? Inovace mohou zachránit planetu od masové produkce umělých hmot* [online]. 2019 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/688/konec-doby-plastove-inovace-mohou-zachranit-planetu-od-masove-produkce-umelych-hmot/>

- [11] Dr. SÄTTLER, Andrea. *Tiny plastic particles, big discussion* [online]. 2018 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.henkel.co.uk/spotlight/2018-10-25-why-are-microplastics-a-problem-and-what-s-the-solution-885956>
- [12] ZEMAN, Lubomír. Kompozity s termoplastickou maticí a automobilový průmysl, 1. část [online] [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/kompozity-s-termoplastickou-matici-a-automobilovy-prumysl-1-cast/c/2652/>
- [13] FREIDINGER, Jan. *Co jsou mikroplasty a proč je musíme omezit* [online]. 2018 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.greenpeace.org/czech/clanek/894/co-jsou-mikroplasty-a-proc-je-musime-omezit/>
- [14] Plastic Microbeads [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.5gyres.org/microbeads/>
- [15] Plastic Microbeads, Microbeads ban – Hong Kong’s first commitment [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <http://plasticfreeseas.org/microbeads.html>
- [16] Mikroplasty v číslech: sesbírali jsme překvapující statistiky [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.nafigatecosmetics.cz/blog/mikroplasty-v-cislech-sesbirali-jsme-prekvapujici-statistiky>
- [17] DRDÁKOVÁ, Veronika. *Jedno praní uvolní do vody stovky tisíc mikroplastů* [online]. 2019 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/onadnes/moda/mikroplasty-prani-pracka.A191117_183953_modni-trendy_drdv
- [18] House of Commons Environmental Audit Committee. *Fixing fashion: clothing consumption and sustainability* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmenvaud/1952/1952.pdf>
- [19] WILLIAMS, Alan. Washing clothes releases thousands of microplastic particles into environment, study shows [online] [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.plymouth.ac.uk/news/washing-clothes-releases-thousands-of-microplastic-particles-into-environment-study-shows>
- [20] DE FALCO, Francesca. *Environmental Pollution, Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics*. [online]. 2018 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117309387>

- [21] BUNK, Katharina. *An underestimated threat: land-based pollution with microplastics*. [online]. 2018 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.igb-berlin.de/en/news/underestimated-threat-land-based-pollution-microplastics>
- [22] MACHADO, Anderson Abel de Souza. *Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems* [online]. 2017 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>
- [23] DOHNAL, Radomír. Mikroplasty jsou všude. *Ekolist* [online]. 2017 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/mikroplasty-jsou-vsude-vedcum-pro-vyzkum-jejich-vlivu-na-nase-zdravi-chybi-kontrolni-skupina>
- [24] VOBECKÁ, Kristína. Mikroplasty zamořují obyvatele měst: byly nalezeny v ovzduší i v dešti. *Obnovitelně* [online]. 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/1045/mikroplasty-zamoruji-obyvatele-mest-byly-nalezeny-v-ovzdusi-i-v-desti/>
- [25] MEYER, Robinson. A Worrisome Discovery in High Arctic Snowfall. Snow from the Far North can contain thousands of particles of microplastic, a new study finds. *The Atlantic* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/08/microplastic-air-pollution-real/596119/>
- [26] RUDA, Aleš. *Fyzikální vlastnosti mořské vody* [online]. [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/12-2-fyzikalni-vlastnosti.html#hustota
- [27] LI, Jingyi, Huihui LIU and J.Paul CHEN. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *ScienceDirect* [online]. 2019 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016599361830520X>
- [28] BÍLKOVÁ, Martina. Mikroplasty ve sladkovodních akvatických ekosystémech. [online]. 2015 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/104953695-Mikroplasty-v-akvatickych-ekosystemech.html>

- [29] HORKÝ, Petr. *V českých řekách jsou mikroplasty z pneumatik, oblečení i z kosmetiky - S Janem Freidingerem z organizace Greenpeace o měřeních ve Vltavě a Labi. Respekt* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.respekt.cz/spolecnost/v-ceskych-rekach-jsou-mikroplasty-z-pneumatik-obleceni-i-z-kosmetiky>
- [30] FRANGOUL, Anmar. *More than a quarter of fish near the River Thames have ingested plastic, study reveals. CNBC* [online]. 2018 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2018/10/10/fish-near-river-thames-have-ingested-plastic-study-reveals.html>
- [31] SEURONT, Laurent. Microplastic leachates impair behavioural vigilance and predator avoidance in a temperate intertidal gastropod. *Biology Letters* [online]. 2018 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsbl.2018.0453>
- [32] GABBATISS, Josh. Plastic chemicals changing marine animals' behaviour and leaving them vulnerable to attack, study suggests. *Independent* [online]. 2018 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.independent.co.uk/environment/plastic-pollution-ocean-animal-behaviour-microplastics-chemicals-study-research-a8654541.html>
- [33] CARRINGTON, Damian. Microplastic toxins leave shellfish at mercy of predators – research. *The Guardian* [online]. 2018 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2018/nov/28/microplastic-toxins-leave-shellfish-at-mercy-of-predators-research>
- [34] Biologové odhalili, proč mořští ptáci tak často požírají plasty. *Česká televize* [online]. 2016 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/1956383-biologove-odhalili-proc-morsti-ptaci-tak-casto-poziraji-plasty>
- [35] Cox K. D.; Covernton, G. A.; Davies, H. L. et al. Human consumption of microplastics. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53(12): 7068–7074 [cit. 2020-3-10]. Dostupné z: https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acs.est.9b01517/suppl_file/es9b01517_si_001.pdf
- [36] KOŽÍŠEK, František, Helena KAZMAROVÁ. *Mikroplasty v životním prostředí a zdraví. Vodní hospodářství* [online]. 2019 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <http://vodnihospodarstvi.cz/mikroplasty-v-zivotnim-prostredi-a%E2%80%AFzdravi/>

- [37] [cit. 2020-07-04]. Dostupné z: <https://noaateacheratsea.blog/2013/09/13/britta-culbertson-the-beat-of-the-bongo-part-1-catching-zooplankton-september-11-2013/20bon/?fbclid=IwAR3neep5hZOvLgCKc3uGattMrAW1QIHf02Shw4DluZCVDlpjA8xOCO1gIo>
- [38] BOUDA, Tomáš. *Gravimetrické stanovení mikroplastů v sedimentech po jejich separaci v těžkých kapalinách* [online] [cit. 2020-07-04] Dostupné z: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/14_t_bouda_microplastics_in_sediment_181120_1.pdf
- [39] HAVLÍČKOVÁ, Lucie. *Detekce mikroplastů v životním prostředí* [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-07-03] Dostupné z: [file:///C:/Users/kunzd/Downloads/BPTX_2017_1_11310_0_477728_0_198202%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/kunzd/Downloads/BPTX_2017_1_11310_0_477728_0_198202%20(1).pdf)
Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce prof. RNDr. Tomáš Cajthaml, Ph.D.
- [40] *Elektronová mikroskopie transmisní a rastrovací* [online] [cit. 2020-07-04]. Dostupné z: http://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/El_mikr/El_mikr.html
- [41] *Mikroplasty ve vodě* [online] 2018 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.cistavoda.cz/blog/mikroplasty-ve-vode/>