



Ddr. Ana Vovk

Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Univerze v Mariboru
ana.vovk@um.si
COBISS: 1.04

Industrijsko onesnaževanje voda in vpliv na ekosisteme

Industrial Water Pollution and Impact on Ecosystems

Izvleček

Voda je obnovljiv vir in je za življenje izrednega pomena. Vodni viri pokrivajo 71 odstotkov Zemljinega površja, vendar niso enakomerno razporejeni, zato kljub velikanskim zalogam vode nekateri deli sveta trpijo njeno pomanjkanje. 97 odstotkov vse vode na Zemlji je v obliki oceanov in morij, več kot 2 odstotka v obliki snega in ledenikov, le okoli 0,62 odstotka pa je skupnih vodnih zalog (sladke vode), ki so neposredno uporabne za človeka ter večino njegovih dejavnosti, predvsem industrijo in energetiko. Industrijske naprave prispevajo znaten delež emisij h ključnim onesnaževalom zraka ter imajo tudi druge pomembne okoljske vplive, kot so emisije v vode in tla, nastajanje odpadkov in raba energije. Pregled svetovne literature s področja onesnaževanja voda kaže razsežnost vpliva na ekosisteme, v tem članku smo se omejili zgolj na prikaz stanja in različnih vrst onesnaževanj, vključno z mikroplastiko, ki je za delovanje ekosistemov velika ovira.

Ključne besede: onesnaževanje vode, industrija, ekosistem, mikroplastika

Abstract

Water is a renewable energy source and essential for life on Earth. Despite covering around 71% of Earth's landscape, it is not evenly distributed. Consequently, certain areas suffer from water shortages, while others have enormous water supplies. 97% of all water sources are in the form of oceans and seas, more than 2% are in the form of snow and glaciers, and only around 0.62% of total freshwater is available for human usage and activities, such as industry and energy sectors. Industrial facilities contribute a substantial amount of air emissions and have an additional effect on the environment in the form of water pollution, soil pollution, waste production and energy consumption. A review of global literature from the field of water pollution presents the vast extent of industrial pollution and its impact on ecosystems. The current article is limited to the state and various types of pollution, including the effects of microplastic on ecosystem functioning.

Keywords: water pollution, industry, ecosystem, microplastic

Uvod

Industrija in energetika močno obremenjujeta za človeka najpomembnejši del razpoložljivih vodnih virov. Industrija izkorišča veliko vode za hlajenje strojev in druge dejavnosti. V industrijski sektor po statističnih merilih sodijo industrijska podjetja in enote, ki zaposlujejo vsaj pet oseb in opravljajo eno ali več dejavnosti s področij rudarstvo, predelovalne dejavnosti in oskrba z elektriko, plinom in vodo po Standardni klasifikaciji dejavnosti (Agencija RS

za okolje, b. d.). Kot stranski produkt nastaja odpadna voda, v kateri so velike količine različnih anorganskih suspendiranih snovi. Industrijska odpadna voda se velikokrat izteka neposredno v površinski vodni vir. Količina industrijskih odpadnih voda je velika in zaradi hitrega spreminjanja proizvodnih tehnoloških postopkov se sestava teh voda hitro spreminja. Ameriška agencija za varovanje okolja (v nadaljevanju US EPA) je v svojih poročilih odkrila, da je okoli 40 odstotkov površinskih voda preveč onesnaženih za osnovno uporabo,

denimo oskrbo s pitno vodo, ribolov in plavanje. Najpogostejše so vode onesnažene z azbestom, fosfati, nitrati, živim srebrom, svincem, natrijem, žveplom, olji ali drugimi kemičnimi spojinami, ki so nevarne za okolje in zdravje ljudi (Vrhovnik, Vovk Korže, 2018).

Industrijska proizvodnja ima pomembno mesto pri zagotavljanju ekonomske blaginje in trajnostnega razvoja Slovenije in EU, a ima tudi velik vpliv na okolje (Portal GOV.SI, b. d.).

Vrste industrijskega onesnaževanja vode

Industrijske odpadne vode lahko delimo na (Infoplease, b. d.):

- **odpadne vode s sposobnostjo razgradnje** – s procesi samočiščenja. Razkroj je delo bakterij in lahko poteka aerobno ali anaerobno, s porabljanjem raztopljenega kisika in nastajanjem razkrojenih in ne do konca oksidiranih vmesnih produktov bakterije premaknejo dinamično ravnotežje v soglasju s svojo množino in hitrostjo razkrajanja. Zaradi tega se postopno izločajo vodni organizmi glede na potrebe po kisiku in glede na občutljivosti za vmesne razkrojne produkte. V skrajnem primeru ostane le nekaj vrst in pa ogromno število mikroorganizmov, med katerimi prevladujejo predvsem bakterije, tako aerobne kot anaerobne. Za močno onesnažene odvodnike

z zgnitja sposobnimi odpadnimi vodami je značilno, da so kalni in da imajo neprijeten vonj ter da je v blatnem dnu in pod prodniki anaerobno življenjsko okolje. Takšno okolje se prepozna po črnkastih lisah na spodnji strani prodnikov. Če so v industrijskih odpadnih vodah prisotni še kakšni strupi, lahko ti uničijo vse organizme v vodi, dokler je koncentracija strupa takšna, da ne dopušča preživetja organizmov;

- **odpadne vode brez zmožnosti razgradnje** – imajo sposobnost spreminjanja optičnih lastnosti naravnih voda in sestavo dna odvodnika (potok, jezero, reka). Odvodnik je za svetlobo manj prepusten ali celo neprepusten. S tem so bolj ali manj prizadeti asimilirajoči organizmi ter naselitev talnih vodnih rastlin in živali, česar posledica je zmanjšana zmožnost biološke presnove organskih snovi;
- **hladilne odpadne vode** prinašajo v odvodnik toploto. Povišana temperatura ima na vodno okolje dvojen učinek. Kadar je dovolj visoka, na splošno med 32 in 40 °C, je učinek neposreden in vodni organizmi zapadejo toplotni smrti. Sicer pa imamo opraviti s posrednimi učinki. Eden takih učinkov je sprememba bioloških ritmov, na primer dnevnega in letnega temperaturnega ritma, ritma rasti, razmnoževanja, drstitvenih selitev rib in podobno. Take spremembe lahko imajo usodne posledice za sestavo življenjske

Ameriška agencija za varovanje okolja je v svojih poročilih odkrila, da je okoli 40 odstotkov površinskih voda preveč onesnaženih za osnovno uporabo, denimo oskrbo s pitno vodo, ribolov in plavanje.



Slika 1: Naravni plavajoči sistemi po načelu ekoremediacij s procesom fitoremediacije čistijo vodo.

Foto: Shutterstock, 2021

združbe, saj izločijo nekatere člene in spremenijo dinamično ravnotežje, pri čemer lahko pride do gospodarske škode.

Industrijske odpadne vode povzročajo kalnost vode, kar je posledica širokega izvora onesnaževanja s stabilnimi koloidi, ki so prisotni zaradi večjih koncentracij mila, detergentov. V tekstilni, papirni, živilski in metalurški industriji pride včasih do iztoka močno obarvane vode v vodno okolje, kar je posledica organskih in anorganskih barvil. Tako obarvana voda za večino uporabnikov ni sprejemljiva in je pogosto tudi onesnažena s strupenimi kemikalijami, ki negativno vplivajo na življenje v vodnem okolju, v katero izteka (Vrhovnik, Vovk Korže, 2018; Infoplease, b. d.). Zato so na mnogih območjih vključili naravne čistilne sisteme, s katerimi s pomočjo rastlin zmanjšujejo količino obremenilnih snovi v tekoči vodi po sistemu fitoremediacije (Slika 1).

Industrija povzroča vodno onesnaževanje še na naslednja načina:

- **toplotno onesnaževanje** – vode, ki se v industriji uporabljajo le za hlajenje, lahko imenujemo tudi odpadne, saj se v naravno vodno telo stekajo z zelo povišano temperaturo, kar v vodnem ekosistemu povzroča veliko neprijetnosti. Temperatura pospešuje hitrost odvijanja številnih bioloških procesov, ki lahko bistveno vplivajo tako na kakovost naravne vode kot tudi na življenje v njej. Če industrijska voda povzroči pregrevanje vode za okoli 10 °C, se biološka aktivnost vode podvoji. Prav tako povišana temperatura spremeni večino kemijskih reakcij, ki se odvijajo v vodi. Pri segrevanju vode z industrijsko vodo so najbolj podvrženi spremembam organizmi, ki živijo na dnu, kjer vpliv naravnega segrevanja in ohlajanja vode skozi leto nima večjega pomena. Lokalni industrijski izpusti vode imajo negativen vpliv na številne ribje populacije, ki v splošnem zahtevajo nizke temperature in visoko stopnjo raztopljenega kisika, katerega koncentracija v segreti vodi pade, saj se z višanjem temperature zmanjšuje topnost plinov v vodi. Zaradi večje biološke oksidacije nekaterih organskih snovi, ki nastane pri teh pogojih, se poraba kisika še povečuje, in sicer do te mere, da ga začne primanjkovati, kar pa ima za posledico odmiranje najrazličnejših bioloških snovi (Infoplease, b. d.);
- **onesnaževanje s težkimi kovinami** – industrija lahko z odpadno vodo povečuje tudi količino kovin v vodi. Ko industrija rabi vodo za prečiščevalne procese, lahko v vodo vstopajo težke kovine, kot so krom, baker, svinec, železo, mangan, kadmij in nikelj

(Infoplease, b. d.). Pri tem moramo vedeti, da so vse kovine v vodi topne. Kovinske ione v vodi delimo na tiste, ki so v večjih količinah zdravju škodljivi, torej toksični, in tiste, ki za človekovo zdravje ne povzročajo nobenih tveganj. V vodi so sicer prisotni ioni natrija in železa ter mangan, aluminij, baker in cink, ki spadajo v skupino nestrupenih kovin. Z industrijsko dejavnostjo prihajajo v okolje predvsem strupene kovine, kot so arzen, kadmij, krom, svinec, srebro in barij. Te kovine so zdravju škodljive, večinoma rakotvorne. Toksične kovine se v industrijskih odpadnih vodah pojavijo predvsem zaradi različnih tehnoloških postopkov v industriji. Posledice onesnaževanja voda s težkimi kovinami so prisotne še danes. Nazoren primer tega je rudnik živega srebra v Idriji – zaradi neurejenih odlagališč odpadkov in neposrednih izpustov vode iz rudnika so reka Idrijca, spodnji tok reke Soče ter Tržaški zaliv še danes onesnaženi z živim srebrom.

Onesnaževanja voda zaradi rudarjenja

Primer, kako je rudarstvo onesnažilo tekoče vode, je reka Soča, ki kljub svoji bistrosti velja v spodnjih tokih za močno onesnaženo reko z vsebnostjo živega srebra (Hg). Pri tem moramo reko Sočo obravnavati skupaj z reko Idrijco, ki prinaša Hg v Sočo, ta pa ga nato prinese v Tržaški zaliv. V Tržaški zaliv se iztekajo številni rečni pritoki, med drugimi Rižana, Dragonja, Soča. S severne strani je najpomembnejši severni pritok – reka Soča s povprečnim pretokom 190 m³/s, ki je glavni vir vode in sedimenta. Sediment, ki ga s seboj prinaša Soča, je v večji meri iz karbonatnih delcev. Soča pa je tudi glavni vir pritoka Hg v Tržaški zaliv (Žižek in sod., 2007).

Živo srebro je ostanek drugega največjega rudnika živega srebra na svetu – rudnika živega srebra v Idriji, ki je bil aktiven okoli 500 let. V njem je bilo izkopane 12 milijonov ton rude in pridobljenega 107.000 ton Hg, od te proizvodnje se je v okolje izgubilo vsaj 37.000 ton Hg, bodisi v hlapni obliki ali kot ostanek pri žganju. Kljub temu da so izkopavanja postopoma ustavili in leta 1996 rudnik dokončno zaprli, so v Idriji, Soči in Tržaškem zalivu koncentracije Hg še vedno izredno visoke. To je posledica žganja in odlaganja obdelane rude v okolici rudnika. V vodo se Hg izpira po močnem deževju, saj je prst v okolici rudnika in vzdolž rek Idrijce in Soče močno onesnažena z ostanki Hg. Glavni transportni medij za prenos Hg v raztopljeni in predvsem suspendirani obliki je rečni tok (Žagar in sod., 2007; Hines in sod., 2006).

Rudnik je bil zato onesnaževalec celotnega porečja rek Idrijce in Soče ter Tržaškega zaliva s Hg. Reka Idrijca nad rudnikom zaradi naravno povišanih koncentracij Hg v prsti vsebuje približno 3 ng Hg/l. Koncentracije Hg v vodnih vzorcih se nato pri rudniku povišajo na 300 ng Hg/l, nato se vzdolž reke znižajo na 50 ng Hg/l, v reki Soči pa se koncentracije znižajo na 14 ng Hg/l. Vendar se zaradi zajezev dolvodno po Soči koncentracije znova povišajo, kar je posledica usedanja Hg v samih zajezivitvah zaradi upočasnjene rečnega pretoka. To je dokaz, da zajezivitve povečujejo ta ekološki problem reke. Na izlivu reke Soče v Tržaški zaliv koncentracije Hg dosežejo 20 ng/l. Erozija sedimenta, nabrežin in poplavnih ravnin dolvodno ob reki Idrijci in Soči je danes glavni vir Hg v Tržaškem zalivu (Kotnik in sod., 2006; Žižek in sod., 2005; Hines in sod., 2006).

Določeno količino živega srebra v reko Sočo prispeva tudi erozija iz z živim srebrom onesnaženih območij nekdanjih bojišč prve svetovne vojne v njenem zgornjem toku. Povprečni letni vnos Hg v Tržaški zaliv s Sočo je najmanj 1,5 tone in je vezan na suspendirane delce v vodi (Žagar in sod., 2006).

Večinoma je bilo živo srebro vezano na lebdeče delce. Koncentracije Hg v reki Soči so največje na območju zajezev, kjer je značilno večje odlaganje substrata v zajezitev. Predvidevajo, da naj bi se v rečne zajezivitve odložilo skupaj s sedimenti nekaj milijonov kubičnih metrov Hg (Žagar in sod., 2006).

Številne meritve živega srebra v Soči so pokazale višje vsebnosti meseca maja zaradi nekoliko večje erozije s Hg onesnažene struge in nabrežine. Glede dolvodne razporeditve Hg je opaziti višje koncentracije v vseh treh plasteh vode. V vertikalnih profilih je opaziti naraščanje vsebnosti celotnega Hg proti dnu. Najvišje koncentracije Hg so bile opazne meseca avgusta pri dnu reke, kar je posledica višjih temperatur in večje biološke produkcije v rečnem zaledju ter s tem povečane biotske metilacije (Kotnik in sod., 2006; Žižek in sod., 2007).

Pogoji, v katerih so samočistilni procesi omejeni, so primerni za metilacijo živega srebra. Metil živo srebro nastaja največkrat iz anorganskega Hg z delovanjem anaerobnih organizmov, ki živijo v vodi. Največkrat proces metilacije vodijo organizmi v sedimentu. Skupine mikroorganizmov, ki jim pripisujemo procese metilacije in demetilacije, so pogosto sulfat reducirajoče bakterije, saj je v anoksičnih pogojih Hg večinoma povezan z žveplom, zato je metilacijska aktivnost v sedimentu pogosto

povezana s hitrostjo redukcije sulfata (Hines in sod., 1999, 2006).

Vse oblike živega srebra so škodljive, a največja pozornost je namenjena metil živemu srebru (MeHg). Ta oblika je bolj strupena od ostalih in povzroča številne okvare že pri nižjih koncentracijah (Hines in sod., 1999).

Metil živo srebro je dobro obstojna spojina in zato zelo negativno vpliva na celotno prehranjevalno verigo območja, saj s svojo prisotnostjo okuži vse organizme v vodi. Koliko MeHg posamezni organizmi absorbirajo, je odvisno od tega, na kateri stopnji v prehranjevalni verigi se nahajajo, saj se količina MeHg povečuje s posamezno stopnjo prehranjevalne verige. Najmanj MeHg v telesu tako vsebujejo proizvajalci in sekundarni producenti, največ pa ribe, ki so v vodnem okolju na koncu prehranjevalne verige. Koncentracije MeHg so v vodnih organizmih veliko večje kot v vodnem okolju.

Posledica tega je, da se ljudje z uživanjem ribje hrane lahko okužimo s toksičnim Hg, ki ogroža naše zdravje (Hines in sod., 1999, 2006).

Če pogledamo reko Idrijco in Sočo skupaj, ugotovimo, da se je število taksonov nevretenčarjev zmanjšalo. Gorvodno od rudnika živega srebra v Idrijci so našli 22 taksonov nevretenčarjev, dolvodno od rudnika jih je bilo le še 11. Ugotovljeno je bilo, da je bil na območju onesnaženja z živim srebrom prevladujoč le en takson, na neonesnaženih območjih pa je bila prisotna večja raznolikost med nevretenčarji. Do dominantnosti le enega taksona na območju onesnaženja je prišlo zaradi nezmožnosti prilagoditve na stresno situacijo in v tem okolju so se ohranili tisti organizmi, ki so se lahko prilagodili na nove razmere (Hines in sod., 2006).

Velika prilagodljivost na povečane količine živega srebra je bila opazna tudi pri bakterijah, ki so se razmnožile v rečni mikrobiološki združbi. Bakterije so pomembne predvsem za metilacijo in demetilacijo živega srebra (Hines in sod., 1999).

MeHg vstopa v bentoške organizme na več načinov. Organizmi ga lahko neposredno absorbirajo iz vode skozi škrge in druge dihalne organe. Lahko se odlaga na delce, ki jih nato konzumirajo strgači. Dekompozitorji zaužijejo MeHg s pomočjo usedlin. Prehranjevalna veriga priča, da je vstop Hg v organizme zelo heterogen in da večje količine MeHg zaužijejo tisti organizmi, ki so višje na prehranjevalni

Zadnjih 40 let raziskav je pokazalo, da je okolje močno onesnaženo z mikroplastiko: delci plavajo na površini voda, prisotni so v celotni vodni masi, kot razbitine ali koščki ležijo po obali in se odlagajo v sedimentu. Na svoji poti pridejo v stik z različnimi organizmi, ki jih zaužijejo, ker težko ločijo mikroplastiko od hrane. Tako potuje mikroplastika po prehranjevalni verigi in se akumulira v organizmih.

lestvici vodnega ekosistema. Zato imajo primarni proizvajalci zelo nizke vsebnosti MeHg, perifiton ima že višje, najvišje koncentracije pa so izmerjene v ribah, ki v prehranjevalni verigi zasedajo najvišjo stopnjo (Žižek in sod., 2006).

MeHg je nevrotoksin za večino nevretenčarjev. Ti so občutljivi zato, ker nimajo zaščitnih detoksifikacijskih mehanizmov. MeHg tako brez težav prehaja v organizem in se nato zadržuje v telesu (Hines in sod., 1999).

MeHg se nahaja v kontaminiranih ribah. Koncentracije so navadno povišane v dolgo živčih ribah, katere se dalj časa prehranjujejo z organizmi, ki vsebujejo velike količine MeHg. Ta spojina živega srebra se v ribah nabira predvsem v mišičnem predelu telesa (Žižek in sod., 2006). Količine MeHg v Soči ogrožajo življenje rib in posredno ljudi, ki se z njimi prehranjujejo. Onesnaženost povečujejo še druge odplake, ki se zlivajo v vodo (Slika 2).



Slika 2: V reko Ščavnico se izpirajo gnojila iz okoliških njiv
Foto: A. Vovk, 2021

Onesnaženost vode z mikroplastiko

Po statističnih podatkih Združenja evropskih proizvajalcev umetnih mas (Association of Plastics Manufacturers in Europe) je bilo v letu 2013 samo v Evropi proizvedenih 57 milijonov ton plastike, na celem svetu pa 288 milijonov ton. Slaba stran te »zgodbje o uspehu« je ustvarjanje ogromnih količin plastičnih odpadkov in posledično tudi onesnaževanje okolja. Zadnjih 40 let raziskav je pokazalo, da je okolje močno onesnaženo z mikroplastiko: delci plavajo na površini voda, prisotni so v celotni vodni masi, kot razbitine ali koščki ležijo po obali in se odlagajo v sedimentu. Na svoji poti pridejo v stik z različnimi organizmi, ki jih zaužijejo,

ker težko ločijo mikroplastiko od hrane. Tako potuje mikroplastika po prehranjevalni verigi in se akumulira v organizmih, kot so ribe in ptice (Kalčikova, 2015). »Kot mikroplastiko opredelimo majhne plastične delce, ki so manjši od 5 milimetrov in večji od 300 mikrometrov. Ločimo med primarno in sekundarno mikroplastiko. Primarna je tista, ki je že načrtno proizvedena manjša od 5 mm. Sem uvrščamo plastične pelete in delce (osnovna surovina za plastične izdelke, dodatek abrazivnim sredstvom, dodatek kozmetičnim izdelkom). Sekundarna mikroplastika pa nastane z razpadom večjih plastičnih kosov. Največ mikroplastike v naravi nastane z razpadom večjih kosov plastike, iz česar lahko sklepamo, da nepravilno odlagamo odpadke« (Tavčar, 2016).

Mikroplastika se skriva tudi v kozmetiki, v oljih, s čimer potrošniki običajno nismo seznanjeni. Z enim umivanjem obraza s kremo za piling spustimo v vodo 100.000 delcev mikroplastike. Ta plastika, ki je dodana kremam za piling, je na deklaraciji označena kot polietilen. Mikroplastika se vsakodnevno pojavlja v vse več novih izdelkih za osebno nego. Na konferenci Združenja za okoljsko toksikologijo in kemijo (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) v Barceloni leta 2015 je bilo predstavljeno, da so začeli mikroplastiko dodajati tudi zobnim pastam. Onesnaževanje površinskih voda s tem virom mikroplastike sodi med eno izmed najbolj nesmiselnih vrst onesnaževanja okolja. Vnos mikroplastike iz kozmetičnih izdelkov in izdelkov za osebno nego je treba čim prej preprečiti. To pa je mogoče storiti le s tesnim sodelovanjem med raziskovalci, družbo in industrijo (Kalčikova, 2015). Čeprav je plastika zelo obstojna, zaradi različnih naravnih vplivov, kot sta valovanje in UV-sevanje, pride do frakcionacije plastike v manjše delce. Ta razpad na manjše delce se začne že ob vnosu plastike v vodno okolje in se nato nadaljuje do razpada na zelo majhne, celo mikrometrске velikosti. Ti majhni delci so pogosto plovni, kar jim omogoča, da lahko brez težav krožijo z oceanskimi tokovi in se prenašajo na velike razdalje, tudi na oddaljene, neindustrializirane lokacije, kot sta Fidži ali Tonga v jugozahodnem Pacifiku (Tavčar, 2016).

Kar 60 do 80 odstotkov vseh plastičnih odpadkov konča v morju in oceanih. Razlogi za to so predvsem nelegalno odlaganje odpadkov v morje, izgubljanje kontejnerjev pri dolgih transportih, puščanje ostankov ribiških mrež v vodi ter turistične dejavnosti, ki vodijo k odlaganju odpadkov na plažah ter odlaganju odpadkov z ladij. Velik del morskih naplavin vsebuje plastične delce, vključujoč granule, surove mikroplastične smolnate kroglice, običajno v

premeru manjše od 5 milimetrov, najdene izven običajnega območja plastične proizvodnje, ki so vmesna surovina za proizvodnjo končnih izdelkov iz plastike. Plastičnim delcem z drugim imenom pravimo tudi »solze morskih deklic«. Dobršen delež plastičnih mikrodelcev, ki jih je mogoče najti praktično v vseh vodnih telesih na svetu, predstavljajo tudi okrogli plastični peleti. Ti se v industriji uporabljajo za brusno čiščenje končnih izdelkov, v logistiki pa pri pakiranju. Ti majhni delci so pogosto plovni, kar jim omogoča, da lahko brez težav krožijo z oceanskimi tokovi in se prenašajo na velike razdalje. V ZDA je letno proizvedenih okvirno 27 milijonov ton granul. Pol kilograma peletiziranega polietilena visoke gostote (HDPE) vsebuje približno 25 tisoč granul (okvirno 20 granul na mg HDPE). Poleg mehanskih vplivov, ki jih mikroplastika povzroča v prebavnem traktu organizmov, so raziskovalci ugotovili, da se iz mikroplastike sproščajo različni dodatki, snovi, ki so jih plastiki dodali pri proizvodnji. Sproščajo se tudi druga onesnaževala, ki so se na mikroplastiko absorbirala med svojo potjo po oceanih. Tako mikroplastika deluje kot nosilec onesnaževal na oddaljene lokacije in v organizme.

V svetu potekajo številne raziskave o vplivu mikroplastike in nanoplastike na zdravje ljudi in na organizme (Report of the NJDEP Science Advisory Board). Resnost tega problema zahteva konkretne odgovore in rešitve. Dejstvo je, da trenutno ne moremo odstraniti mikroplastike iz vode ali sedimenta. Prav tako ne moremo ustaviti fragmentacije plastike, ki je že izgubljena v morjih in oceanih. Edina rešitev je preventiva – zmanjšanje ali celo zaustavitev vnosa plastike v vodno okolje. Na Inštitutu za vode Republike Slovenije (v nadaljevanju IZVRS) ugotavljajo, da lahko količino plastike v morjih zmanjšamo predvsem z izbiro oblačil, v slovenskem morju so namreč najpogostejša plastična vlakna, ki pridejo tja s pranjem oblačil. Prenehati moramo uporabljati tudi kozmetične izdelke z mikroplastiko (Kalčikova, 2015). Med letoma 2000 in 2010 smo na svetu proizvedli več plastike kot v vsem prejšnjem stoletju. Kar polovico vse proizvedene plastike pa uporabimo le enkrat, preden jo zavržemo. Po raziskavah 10 odstotkov letne proizvodnje plastike konča kot odpadke v morju, leta 2013 je je končalo v morju 30 milijonov ton. Plastika se v naravi ne razgradi, temveč razpada na vedno manjše delce. Razpada lahko več stoletij.

Vplive večjih in manjših kosov plastike (makro- in mikroplastike) na živali in ljudi ugotavljajo čedalje pogostejše raziskave, odpadki namreč že povzročajo tudi gospodarsko škodo. Pogosto je zapletanje živali, ljudi pa tudi propelerjev

na čolnih v morju. S potovanjem plastike se prenašajo tujerodne vrste. Živali se hranijo z morskimi odpadki, kar posredno ogroža tudi zdravje ljudi (sproščanje kemikalij). V kar 50 do 80 odstotkih analiz poginulih želv so našli plastiko, najpogostejše plastične vrečke, ki močno spominjajo na meduze. Od skupno 144 pregledanih morskih ptic jih je v prebavilih kar 82 odstotkov imelo plastiko (Kalčikova, 2015).

Vodni organizmi pojedjo mikroplastiko v vodi, našli so jo v organizmih po vsej prehranjevalni verigi, od najmanjših fitoplanktonskih organizmov pa vse do kitov. Živali ob zaužitih večjih količinah mikroplastike dobijo občutek sitosti in zato poginejo zaradi izstradanja, plastika jim lahko poškoduje prebavila, poleg tega pa se na mikroplastiko vežejo obstojna organska onesnaževala, ki se akumulirajo v živalih in sproščajo v meso, tudi rib. Zelo majhni delci mikroplastike lahko prehajajo iz prebavil v meso živali, kar pomeni, da lahko plastiko že jemo (Tavčar, 2016).

Na svetovni ravni so že predlagali prve zakonodajne rešitve. Na ravni EU onesnaženje z odpadki v morju obravnava *Okvirna direktiva o morski strategiji*, katere cilj je doseganje dobrega stanja morij do leta 2020. Kopenske vire onesnaženja obravnava *Vodna direktiva*.

»Pri zmanjšanju vnosa mikroplastike v okolje moramo sodelovati prav vsi. Zmanjšanje lahko dosežemo le s pravilnim in odgovornim ravnanjem s plastičnimi odpadki. Pozorni moramo biti pri izbiri oblačil, saj so v slovenskem morju najpogostejša plastična vlakna, ki pridejo tja s pranjem oblačil. Prenehati moramo uporabljati kozmetične izdelke, ki vsebujejo mikroplastiko,« pravijo na IZVRS (Kalčikova, 2015).

Onesnaženost vode z drugimi spojinami

V preteklosti industrijske dejavnosti niso imele urejene komunalne infrastrukture, zato je voda iz obratov iztekala neposredno v vodne vire v bližini. Takšno onesnaževanje je spremenilo celoten življenjski cikel v rekah. Te odpadne vode so vsebovale veliko koncentracij spojin na bazi dušika, ogljika in fosforja. Dušikove spojine lahko na osnovi raznih zemeljskih bakterij oksidirajo in pronicajo globlje v zemljo, kar ima zelo negativen vpliv na kakovost podtalnice. Prav tako lahko dušikove spojine zmanjšajo kakovost površinske vode, kar vpliva na življenje v njej. Kompleksna struktura organskih snovi odmrlih rastlin in živali ter njihovih

Dejstvo je, da trenutno ne moremo odstraniti mikroplastike iz vode ali sedimenta. Prav tako ne moremo ustaviti fragmentacije plastike, ki je že izgubljena v morjih in oceanih. Edina rešitev je preventiva – zmanjšanje ali celo zaustavitev vnosa plastike v vodno okolje.

Z industrijsko odpadno vodo v vodno okolje prihaja tudi fosfor, ki nastane pri rabi vode v postopkih kondicioniranja kotlovskih naprav. Fosfor predstavlja hranilo za vodne rastline in ob njegovi preveliki količini pride do hitre rasti, ki vpliva na eutrofikacijo površinskih voda.

ostankov razpade na enostavne sestavine. Beljakovine se transformirajo v aminokisline in nadalje v amonijak, ob prisotnosti kisika amonijak oksidira v nitrit in potem v nitrat, kar povzroča dodatno porabo kisika, zato tovrstne spojine zmanjšujejo mikrobiološko zmožnost presnove organskih spojin v vodi. Z industrijsko odpadno vodo v vodno okolje prihaja tudi fosfor, ki nastane pri rabi vode v postopkih kondicioniranja kotlovskih naprav. Posredno fosfor močno zmanjšuje kakovost vode, saj predstavlja hranilo za vodne rastline in ob njegovi preveliki količini pride do hitre rasti, ki vpliva na eutrofikacijo površinskih voda (Agencija RS za okolje, b. d.).

Industrija pa lahko onesnažuje tudi podtalno vodo. To se zgodi takrat, ko so industrijski odpadki nepravilno skladiščeni in/ali odvrženi v okolje, kjer se nahaja podtalna voda. S spiranjem se nevarne snovi pričnejo kopičiti v podtalnici in voda postane neprimerna za pitje. Zato se mesta usmerjajo v trajnostne pristope celovitega upravljanja z odpadnimi vodami na način, da vključujejo tudi sodobne digitalne tehnologije (Slika 3).



Slika 3: V Gentu (Belgija) je reka Leie privlačen ambient ljudi

Foto: A. Vovk, 2022

Sklep

Zaradi težav, ki jih povzroča odpadna industrijska voda, se izražajo zahteve, da se nadzor in čiščenje industrijske vode izvajata na samem mestu nastanka. S tem pripomoremo k ohranjanju kakovosti naravnih vodnih ekosistemov, ki v veliki meri vplivajo na stanje pitnih voda, za katere veljajo še posebej strogi predpisi in standardi. Žal še vedno industrijsko onesnaževanje ustvarja enega največjih

pritiskov na okolje. Onesnaževanje vpliva na vse ekosisteme. Ob krepitvi zahtev po celovitem upravljanju z ekosistemi in še zlasti vodnimi ekosistemi so se v zadnjih letih zgodili večji premiki tudi na področju systemskega pristopa varovanja okolja. Uskladitev s pravnim redom EU zato poteka tako na pravnem (zakonskem) kot na institucionalnem področju. Industrija mora poleg novih upravnih postopkov investirati v izboljšavo tehnoloških postopkov (Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj, b. d.). To pa je že del strategije pametnih mest in vasi, kjer je velik poudarek na celovitih pristopih in odgovornem odnosu do ekosistemov.

Viri in literatura

- Agencija RS za okolje (b. d.). 4.4 Industrija. <https://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/industrija.pdf>
- Hines, M. E. in sod. (1999). Mercury Biogeochemistry in the Idrija River, Slovenia, from above the Mine in the Gulf of Trieste. *Environmental research Section*, št. 83, str. 129–139.
- Hines, M. E. in sod. (2006). Microbial Mercury transformations in marine, estuarine and freshwater sediment downstream of the Idrija Mercury Mine, Slovenia. *Applied Geochemistry*, št. 21, str. 1024–1039.
- Infoplease (b. d.). Water Pollution. <https://www.infoplease.com/encyclopedia/science/biology/environment/water-pollution>
- Kalčíková, G. (12. 11. 2015). Mikroplastika – še ena oblika onesnaževanja okolja. *Delo*.
- Kotnik, J. in sod. (2006). Vloga reke Soče pri vnosu živosrebrnih spojin v tržaški zaliv. *Geologija*, 49(1), 113–121.
- Longo, P. J., Schutz, A. & Scott, J. M. (2022). Borders and water conflicts: mitigating conflicts with love and cooperation. *Natural Resources Journal*, 62(1), 125–142. <https://www.jstor.org/stable/27108391>
- Portal GOV.SI (b. d.). Industrijsko onesnaževanje. <https://www.gov.si/teme/industrijsko-onesnazevanje/>
- Umanotera, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj (b. d.). Področje 12: Industrijsko onesnaževanje. https://www.umanotera.org/upload/files/12._Industrijsko_onesnazevanje.pdf
- Vrhovnik P., Vovk Korže A. (2018). Plastika okoli nas. Zavod za gradbeništvo Slovenije in Mednarodni center za ERM, Maribor.
- Tavčar, B. (12. 2. 2016). Mikroplastika, nevidni sovražnik življenja. *Delo*.
- Žagar, D. in sod. (2005). Modelling of mercury transport and transformation processes in the Idrija and Soča river system. *Science of the Total Environment*, št. 368, str. 149–163.
- Žižek, S. in sod. (2007). Bioaccumulation of mercury in benthic communities of a river ecosystem affected by mercury mining. *Science of the Total Environment*, št. 377, str. 407–415.