

# O.T3.1: Vodnogospodarska strategija

za preprečevanje antropogenega  
onesnaževanja čezmejnih porečij

## Predgovor

Vodnogospodarska strategija temelji na spoznanjih, ki smo jih pridobili v okviru projekta EU, predvsem pa na naslednjih publikacijah: »Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser (BMG, 2015)«, »Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern (UBA 2018)«, »Pojavljanje zdravilnih učinkovin in njihovih metabolitov v slovenskih vodah (TRONTELJ et al., 2018)«, »Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern (TAB-Arbeitsbericht Nr. 183, 2019)« in »Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji (ARSO, 2020)«. Posamezne dele besedil smo v celoti prevzeli.

## 1. Uvod

Že nekaj let lahko s pomočjo izpopolnjenih metod analiziranja vedno bolj dokazujemo koncentracijo snovi na območju mikro in nanogramov na liter površinskih voda in podtalnice. Pri tako imenovanih mikroonesnaževalih gre za sledi zdravil, fitofarmaceutskih sredstev, biocide in druge kemikalije, ki lahko že v najmanjših koncentracijah trajno vplivajo na okolje ali zdravje ljudi.

To lahko ponazorimo na primeru zdravil: V medicini že od nekdaj uporabljamo zdravila za zdravljenje bolezni in izboljšanje splošnega počutja. Z zdravili zdravimo vzroke bolezni, blažimo bolečine in druge simptome, z njimi preprečujemo bolezni, jih diagnosticiramo in vplivamo na določene fiziološke funkcije zdravih oseb. Nekoč smo uporabljali predvsem zdravila rastlinskega izvora, danes pa so zdravila večinoma sintetično proizvedena. Z zdravili ne zdravimo samo ljudi, ampak tudi živali. In sicer preventivno in za zdravljenje bolezni, pa tudi za preprečevanje parazitov. Tako kot v humani medicini se tudi v veterinarstvu uporablja velika količina zdravil.

Zdravila, ki jih zaužijejo ljudje in živali, ostanejo v telesu v zelo malih koncentracijah. Večji del zaužitih učinkovin se nespremenjeno izloči kot tako imenovana matična snov ali v obliki produktov razgradnje (metaboliti). Te snovi nato po različnih poteh preidejo v okolje, kjer lahko povzročajo stranske učinke. Znajdejo se v tleh in vodah, kjer učinkovine vplivajo na organizme. Pod določenimi pogoji se s prehranjevalno verigo ali pitno vodo spet znajdejo v človeškem telesu in lahko škodijo zdravju.

V preteklih desetletjih je bilo objavljenih veliko člankov o situaciji antropogenih mikroonesnaževal v odpadni vodi, v tleh in v okolju, o njihovem obnašanju in možnih vplivih na ljudi in okolje ter o možnih ukrepih za njihovo odstranjevanje, predvsem iz odpadnih voda. Tudi v medijih se je v preteklih letih veliko poročalo o tej temi.

V Avstriji in Sloveniji se pojavnosti in koncentracij antropogenih mikroonesnaževal v okolju, in predvsem v vodah, ne spremlja sistematično na celotnem območju. Vendar so vzorčne raziskave in ocene pokazale, da mikroonesnaževala v površinskih vodah in v podtalnici naraščajo.

Predvsem previdni moramo biti pri snoveh, ki:

- so trajne oziroma persistentne v okolju,
- se v organizmih bioakumulirajo ali
- so strupene oziroma toksične za okoljske organizme.

Snovi, ki imajo vse tri lastnosti, imenujemo PBT snovi, pri čemer PBT pomeni persistentno, bioakumulacija in toksično. Zanje velja, da ne bi smele preiti v okolje. Skupne negativne vplive mikroonesnaževal v pitni vodi in vodah na okolje in zdravje pa je težko oceniti. Eden od razlogov je, da težko jasno dokažemo konkretne vplive in jih povežemo z določenim vzrokom. Natančnejšo oceno posledic otežujejo raznolikost učinkovin, nizki pragi učinkovanja veliko snovi v vodah, tehnično zahtevno dokazovanje snovi, nepoznavanje kombiniranih učinkov snovi in njihovih razkrojnih produktov (»učinek koktajla«) ter dolga obstojnost veliko snovi in nezadostno poznavanje dolgoročnih učinkov.

Čeprav pri veliko učinkovinah v izmerjenih koncentracijah v okolju ni vidnih negativnih učinkov na okolje oziroma ti niso bili jasno dokazani, se postavi vprašanje, ali ni že sama možnost in predvsem upravičen sum negativnih vplivov na okolje razlog dovolj, da postanemo dejavni.

Mikroonesnaževala, ki so v okolju, lahko na različne načine spet preidejo v človeški organizem. Če so njihovi ostanki v pitni vodi, jih človek pri pitju in uživanju hrane zaužije. Druga pot, po kateri lahko ostanki zdravil preidejo v človeka, je preko živil živalskega izvora. V živalih so ostanki, če so bile zdravljene z zdravili ali pa so bile obremenjene rastline njihova krma. Tudi prenosa farmakološko aktivnih snovi v živila neživalskega izvora ne moremo izključiti. Ostanki zdravil živalskega izvora se lahko akumulirajo v rastlinah, ki smo jih obdelovali s hlevskim gnojem, torej predvsem z gnojevko. Zato lahko predvidevamo, da zdravila niso prisotna samo v okolju, ampak jih človek v določenih količinah zaužije tudi s pitno vodo in hrano.

## 2. Poti vnosa

Viri mikroonesnaževal v vodah so lahko zelo raznoliki in odvisni predvsem od njihovih vzorcev uporabe, ali v primeru transformacijskih produktov/metabolitov, od kraja nastanka (glej sliko 1). Mikroonesnaževala pogosto preidejo v vode zaradi padavin, in sicer točkovno ali ploskovno (difuzno).



Pomembna točkovna pot vnosa je odvod odpadnih voda. Ta je lahko v obliki ločevalnih ali mešanih sistemov. V sistemu ločevanje se loči deževnico in umazanijo, v mešanem sistemu se ju odvaja skupaj. Z odpadno vodo preidejo zdravila (iztrebki, neustrezna odstranitve), pralna in čistilna sredstva ter biocidi in kemikalije iz domače uporabe v komunalne čistilne naprave. Poleg tega obstajajo tudi vnosi iz številnih obrti (npr. avtomehanik) in javnih ustanov (npr. bolnišnica).

Z deževnico preidejo snovi, ki jih uporabljamo zunaj (npr. biocidi in kemikalije iz strešnih lepenk ali fasadne barve, kemikalije zaradi obrabe gum, fitofarmacevtska sredstva iz (manjših) vrtov, javnih zelenih površin, športnih igrišč) v kanalizacijo (mešani sistem) ali neposredno v vode (sistem ločevanja). Zaradi pronicanja nestabilnih površin, če ni stabilizacije/pritrditve v porasli coni tal, lahko snovi preidejo v podtalnico.

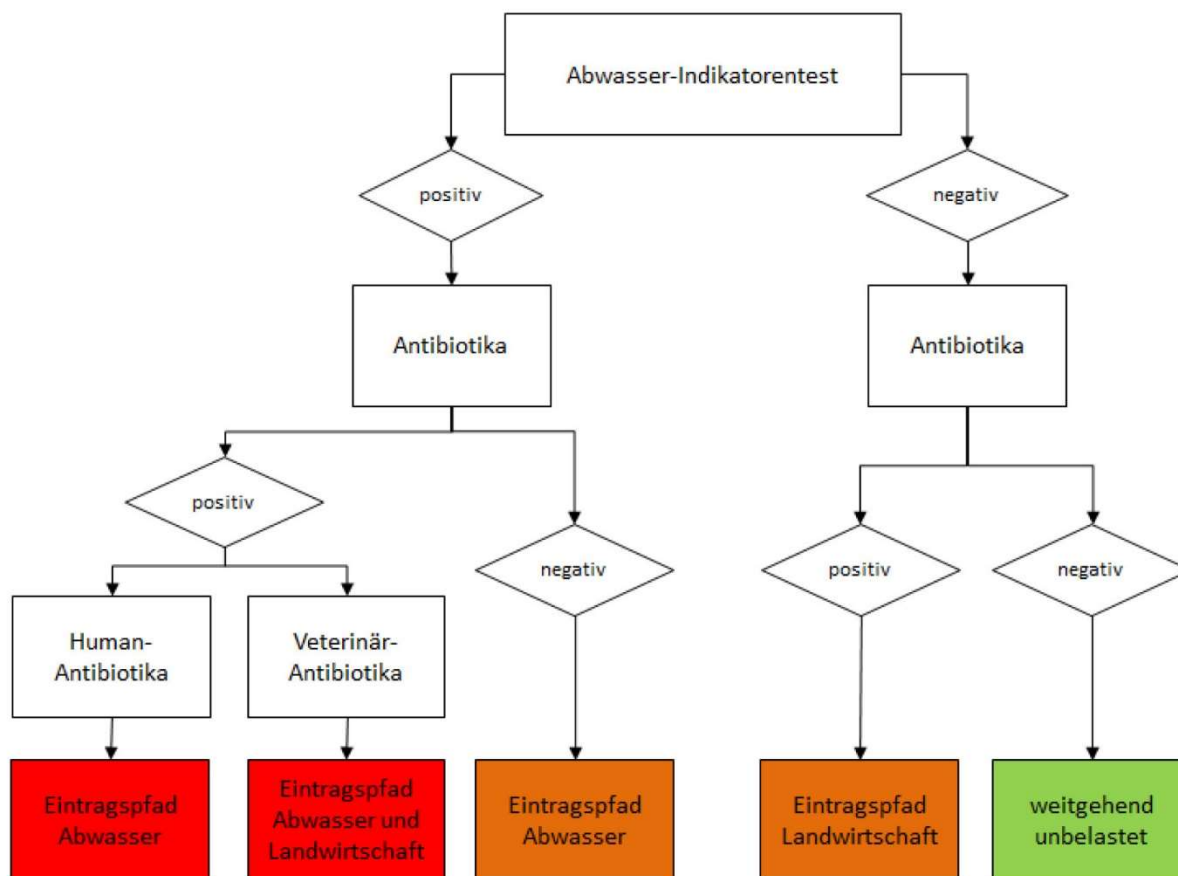
Pri mešanih sistemih lahko v primeru hudih padavin pride do preobremenitve in zaradi tega do tako imenovanih prelivov mešane vode. Pri tem mešanica neočiščene odpadne vode in deževnice z ostanki npr. biocidov, kemikalij in fitofarmacevtskih sredstev, s to mešano vodo preide v vode.

Opadno vodo s škodljivimi snovmi iz industrijske produkcije ali predelave (odvisno od panoge) se čisti v industrijskih čistilnih napravah (neposredni odtok). Po čiščenju odpadne vode v komunalni ali industrijski čistilni napravi običajno sledi odtok v vode. Ker se nekaterih škodljivih snovi v čistilnih napravah ne odstrani popolnoma, preidejo v vode. Snovi, ki jih uporabljamo zunaj, predvsem fitofarmacevtska sredstva, biocidi ali kemikalije, lahko zaradi odtoka v površinske vode, drenaž ali odnašanja škropiva, neposredno preidejo v površinske vode. Podtalnica se lahko onesnaži zaradi pronicanja ali obrežne infiltracije.

Druge možne poti vnosa mikroonesnaževal so usedline iz zraka (npr. poliaromatski ogljikovodik ali fitofarmacevtska sredstva), nesreče pri uporabi ali transportu vodi škodljivih snovi, nepravilno ravnanje pri proizvodnji, predelavi, transportu ali uporabi snovi in produktov, ponovna mobilizacija snovi iz sedimentov po poplavih ali gradbenih ukrepih, vnos kemikalij (npr. laki) in biocidov iz vodooskrbnih obratov ter nepravilno odstranjevanje. Snovi se vnašajo tudi iz produkcijskih postopkov ribogojstva (npr. krma, zdravila, transformacijski produkti, končni presnovni produkti).

Za kvantificiranje poti vnosa je potrebna analiza pretoka snovi. Pri tem je vidno, da mikroonesnaževala v okolje, predvsem v vode, preidejo iz različnih virov. Snovi se v delih okolja običajno pojavijo skupaj z drugimi snovmi in imajo kot »mešanica okolja« medsebojni vpliv ter višjo toksičnost/tveganje.

### 3. Ukrepi za zmanjšanje glede na skupino snovi



Slika 2: Sistem kazalnikov v odpadni vodi (BMG 2015)

- Zdravila v humani medicini

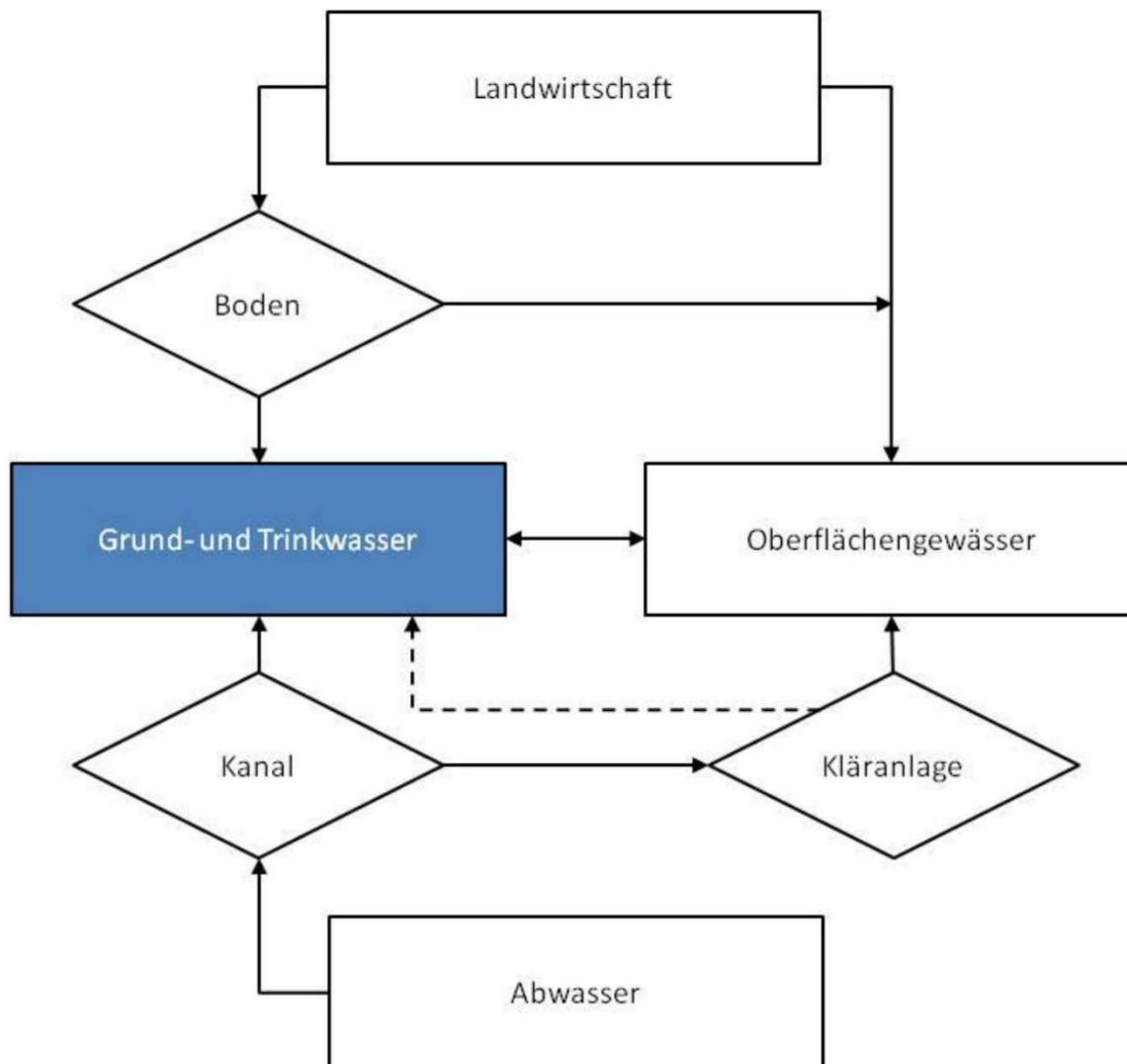
Učinkovine zdravil iz humane medicine s človeškimi iztrebki preidejo v komunalni sistem odpadne vode, in sicer iz bolnišnic in zdravstvenih ustanov ter zasebnih gospodinjstev. Ob predpisanih pogojih uporabe se nespremenjeno izločene učinkovine in metaboliti, ki nastanejo v telesu, znajdejo v odpadni vodi. Manjši del preide v sistem odpadne vode tudi zaradi postopkov izdelave ter nepravilnega metanja zdravil v umivalnike in straniščne školjke. Odvisno od opremljenosti čistilne naprave in lastnosti učinkovine, lahko sledi vnos v površinske vode. Učinkovine lahko po tej poti pri pridobivanju pitne vode z obrežno filtracijo ali iz površinske vode preidejo v pitno vodo.

Največji potencial za zmanjšanje onesnaženosti zaradi zdravil v človeški medicini imajo ukrepi za zmanjšanje vnosov preko odpadne vode.

- Zdravila v veterinarski medicini

Zdravila se v veterinarski medicini uporabljajo predvsem v kmetijstvu za zdravljenje živali kot so krave, prašiči, kokoši, purani, ovce, koze in konji. Velik del učinkovin živali nespremenjene izločijo. Poglavitna pot vnosa zdravil v veterinarski medicini je vnos iz hlevskega gnoja na kmetijskih površinah. Ostanke učinkovin zdravil v živalskih izločkih in metaboliti, ki so se razvili v njihovih organizmih, od tam neposredno ali preko odtoka površinske vode preidejo v obmejne površinske vode. Če jih sestava tal ne zadrži, lahko pronicajo vse do podtalnice.

Medtem ko se veliko ukrepov za zmanjšanje, kot so komunikacija in ozaveščanje, nanaša tako na humano medicino kot na veterinarsko, je nekaj ukrepov namenjenih posebej zmanjšanju vnosa v okolje iz področja zdravil v veterinarstvu. Pri zdravilih v veterinarski medicini je največji potencial za zmanjšanje v omejitvi vnosa ostankov preko hlevskega gnoja v okolje, s pomočjo regulacijskih in tehničnih ukrepov. Splošno lahko zmanjšanje rabe zdravil v veterinarski medicini dosežemo tudi z optimiranjem različnih okvirnih pogojev, na primer pri preventivni oskrbi ali vzreji, pri krmi in higieni.



Slika 3: Poti vnosa zdravil v veterinarski medicini v podtalnico in pitno vodo

- Fitofarmaceutska sredstva

V veliko vodah so ostanki fitofarmaceutskih sredstev (FFS) in njihovih metabolitov. Programi za spremljanje vedno znova kažejo prekoračitve ciljev kakovosti. Predvsem manjša vodna telesa na kmetijskih površinah so izpostavljena vnosom FFS, saj se ta uporabljajo na velikih površinah in v velikih količinah.

Zaradi različnih načinov uporabe fitofarmaceutskih sredstev preidejo v vode na različne načine. Glavne poti vnosa so med drugim razpršeni vnosi preko usedlin zaradi sprejev in prahu, odtok v površinske vode, neposredno pronicanje, drenažni sistemi, obrežna filtracija ali hlapljivost z naknadnimi usedlinami ter točkovni vnosi kot so odtoki iz kmetij pri neprimernem čiščenju.



Če želimo tveganja in vplive na vodne organizme, povezane z uporabo FFS, bolje opisati in ovrednotiti, moramo prepoznati vrzeli v poznavanju snovi, njihovem potencialu za širjenje in potencialu za stranke učinke na okolje ter uporabiti nova spoznanja in jih upoštevati pri postopku odobritve fitofarmaceutskih sredstev.

Trajno zaraščeni obrežni pasovi so priznani ukrep za zmanjšanje (razpršenih) vnosov v vode. Zaraščeni robni pasovi imajo neposredni vpliv na manjša vodna telesa na kmetijskih območjih, ki so posebej pomembna za naravno ravnovesje in so zelo izpostavljena vnosom FFS, saj se nahajajo v bližini površin, na katerih se uporablja FFS, poleg tega imajo ta telesa manjšo količino vode. Obremenitev voda s FFS so v veliki meri povezane s skupno intenzivnostjo v praksi uporabljene kemične zaščite pridelka.

Opustitev kemično-sintetične zaščite pridelka bi bila uspešnejša z večjim spodbujanjem in širjenjem ekološkega kmetijstva in (nadaljnjim) razvojem nekemijskih metod zaščite.

Bolje kot so uveljavljeni (tehnični) ukrepi za zmanjševanje vnosa in bolj standardizirano kot se jih izvaja, tem učinkoviteje zmanjšujejo vnose v vode. Boljše krajinske strukture in načini pridelave, ki zmanjšujejo erozijo, lahko na primer odtoke v površinske vode preprečijo že na polju. Učinkoviti so tudi zgoraj opisani trajno zaraščeni obrežni pasovi. Poleg tega je potreben razvoj novih pametnih rešitev na področju tehnik nanašanja, da zmanjšamo tveganja za okolje. Bistveno zmanjšanje celotne količine v vodah bi lahko dosegli z že razpoložljivo tehniko, predvsem z uporabo najboljše razpoložljive tehnike, npr. z določitvijo minimalnega standarda.

- Biocidi

Biocidi obsegajo pesticide (insekticide, rodenticide), dezinfekcijska sredstva in polimerizirane materiale. Veliko produktov se uporablja v neposredni bližini ljudi, npr. v gospodinjstvu. Zaradi zelo različnih vrst uporabe preidejo biocidi v okoljske medije po zelo različnih poteh vnosa. Na območjih mest, kjer je ločevalni kanalizacijski sistem, se vnaša različne polimerizirane materiale, npr. fasade stavb se z deževnico izpirajo in nato neposredno preidejo v povezane vode, pri čemer je čiščenje običajno omejeno na zadržanje pred vstopom v kanalizacijo (npr. jamice in rigole) ali sedimentacijo v bazenih v sistemu kanalov.

Velik del biocidov pa v okolje preide posredno. Posredno zato, ker snovi v vode ali tla preidejo z vmesnim korakom. V vode prehajajo predvsem preko čistilnih naprav. Vemo, da se veliko biocidov iz različnih vrst produktov, predvsem dezinfekcijska sredstva, vnaša v čistilne naprave. Če se na zadevnem mestnem območju deževnica zbira v mešani kanalizaciji, se v komunalne odpadne vode zlivajo tudi polimerizirani materiali, ki se uporabljajo za fasade stavb ali strehe. Pri močnih padavinah lahko pride do prelivov deževnice in deloma se biocidi z odpadno vodo neposredno zlivajo v površinske vode.

Posredni vnos biocidov preko gnojevke na kmetijskih površinah poteka tako v primeru dezinfekcijskih sredstev, ki se uporabljajo za higieno v veterinarstvu, kot tudi v primeru pesticidov, ki se uporabljajo v hlevih. Po raztrosu gnojevke se biocidi, ki so v njej, oz. zadevni transformacijski produkti, z dežjem izpirajo v površinske vode ali pa prenašajo v globlje sloje tal, vse do podtalnice.

Kot prispevek k zmanjšanju vnosov mikroonesnaževal v vode je naš nadrejeni cilj, da se biocide uporablja v kar najmanjši meri in nepotrebne vplive na okolje zmanjša s ciljno uporabo. Poleg tega je treba okrepiti alternativne rešitve, ki ne vsebujejo biocidov.

- Kemikalije v uredbi REACH

Uredba EU REACH velja za večino namensko proizvedenih snovi, katerih uporaba ni opredeljena v drugih pravnih predpisih. Gre lahko za proizvedene ali uvožene sestavne dele ali dodatke, ki se uporabljajo v namenskih mešanicah ali proizvodih za profesionalno uporabo ali uporabnike, kot na primer barve, lepila in tudi proizvodih, ki jih uporabljamo v vsakodnevnem življenju, kot so pnevmatike, čevlji, oblačila ali igrače. Z uredbo REACH se želi ob upoštevanju previdnostnega načela zagotoviti visoko raven varnosti za ljudi in okolje. Podjetja, ki kemikalije proizvajajo, uvažajo ali nadalje uporabljajo, morajo zagotoviti varno uporabo kemikalij v celotnem življenjskem krogu.

Zaradi velikega števila snovi in različnih načinov uporabe so tudi poti vnosa v površinske vode zelo raznolike. Točnih plavnin ne moremo opredeliti. Kemikalije lahko preidejo v vode, tla ali zrak med njihovo produkcijo, nadaljnjo obdelavo ali v času življenjske dobe proizvoda, neposredno ali posredno preko industrijskih ali komercialnih čistilnih naprav ali drugih načinov odstranitve. Poleg vnosa iz industrijskih in obrtnih vrst uporabe (npr. mehanična delavnica, čiščenje objektov), lahko kemikalije iz produktov v komunalne čistilne naprave in blato iz čistilnih naprav preidejo tudi zaradi uporabe proizvodov v gospodinjstvih (npr. detergenti, stenske barve, tekstil, toaletni papir, embalaža), večinoma preko odpadne vode.

To so točkovni vnosi. Obstaja pa tudi veliko razpršenih vnosov. Na urbanih območjih lahko kemikalije preidejo v vode preko izpustov stavb in gradbenih proizvodov (npr. izolacijska sredstva, izolacijski premazi, strehe, umetna trava), iztokov s cest in tirnic (npr. delci pnevmatik, protikorozijska zaščita), deponij ali v okviru postopkov recikliranja (barve za tiskanje, razvijalci barve, embalaža), pa tudi s področja prostočasnih dejavnosti (npr. UV filter v zaščiti pred soncem) in posredno iz zraka s padavinami. Neposredni vnosi v vode nastanejo tudi pri uporabi kemikalij na področju plovnih poti (npr. piloti, vodni gradniki, pomorstvo).

Optimizacijo meril in osnov za ocenjevanje lahko dosežemo z boljšo podatkovno razpoložljivostjo in komunikacijo ter razširitvijo regulativnih instrumentov uredbe REACH za uvožene proizvode. Tudi ukrepi na viru, na primer uporaba instrumentov uredbe REACH »dovoljenje/omejitev« za zmanjšanje vnosov oz. opredelitev snovi PMT (snovi, pomembne za surovo vodo, ki so hkrati persistentne, mobilne v vodnem krogotoku in toksične) kot problematične snovi, so smiselni.

- Pralna in čistilna sredstva, kozmetika

Skupina proizvodov pralnih in čistilnih sredstev (PČS) in kozmetika niso predmet posebnih dovoljenj. Predpisana je samo popolna aerobna biološka razgradljivost površinsko aktivnih snovi, ki se smejo uporabljati v zasebnih in obrtnih čistilnih in pralnih sredstvih. Pri predpisani uporabi čistilnih in pralnih sredstev ter kozmetike ta v čistilne naprave večinoma preidejo skozi kanalizacijo. Kljub temu neposredni vnos v vode zaradi prelivov kanalizacije z mešano vodo v primeru hudih nalivov ni zanemarljiv.

Večji del snovi, ki se uporabljajo v čistilnih in pralnih sredstvih, je v skladu z uredbo REACH treba registrirati, vendar je o njihovih okoljskih značilnostih znano le malo ali sploh nič. Le redko so del programov za spremljanje voda (npr. benzotriazol). Priporočeni ukrepi za zmanjšanje vnosov problematičnih sestavin pralnih in čistilnih sredstev vključujejo raziskovalne projekte o pojavnosti težko razgradljivih snovi v okolju, izdelavo informacijskega sistema o problematičnih sestavinah, informacijske kampanje za ozaveščanje javnosti o trajnostnem ravnanju s pralnimi in čistilnimi sredstvi ter nadaljnji razvoj meril znaka za okolje, podeljenega pralnim in čistilnim sredstvom.

## 4. Naknadni/nadrejeni ukrepi za zmanjšanje

### 4.1 Boljše čiščenje odpadnih voda s četrto stopnjo čiščenja

Komunalne čistilne naprave imajo običajno mehansko in biološko stopnjo čiščenja. Na tretji, kemični stopnji čiščenja, se z abiotsko kemičnimi postopki nastavi pH vrednost vode, uniči patogene organizme in oborijo ter odvzamejo fosfor, dušik, ter v določenih primerih tudi železo in mangan. Mikroonesnaževala pa se z biološkim čiščenjem, in tudi s tretjo, kemično stopnjo čiščenja, odstrani samo v določeni meri. S četrto stopnjo čiščenja bi jih lahko večinoma popolnoma odstranili.

Postopki, uporabljeni v četrti stopnji čiščenja, se glede na način delovanja delijo na fizikalne, oksidativne in adsorpcijske postopke.

S fizikalnimi postopki lahko dosežemo zelo visoko stopnjo čiščenja. Pri fizikalnih postopkih se vodo pod visokim pritiskom pumpa skozi zelo fino membrano. Del vode ostane pred membrano in vsebuje zadržane snovi v visoki koncentraciji. Ta koncentrat je treba nadalje obdelati in odstraniti. Fizični

postopki pa so povezani z zelo visokimi stroški in veliko porabo energije, zato se jih v komunalnih čistilnih napravah običajno ne izvaja.

Oksidativne in adsorpcijske postopke ločujemo glede na uporabljena sredstva: pri oksidativnih postopkih je sredstvo oksidacije predvsem ozon, ki je v določenih primerih obogaten z UV-žarki ali vodikovim peroksidom. Pri adsorpcijskih postopkih se uporablja aktivno oglje, pri čemer je treba razlikovati med granuliranim aktivnim ogljem in aktivnim ogljem v prahu. Katera tehnika je najboljša, je odvisno od lokalnih pogojev, npr. sestava odpadne vode (obrat, naselje, preliv deževnice), glavnih vrst onesnaženja in lokalne opremljenosti naprave.

Četrto stopnjo čiščenja z dodajanjem ozona ali aktivnega oglja so širokopotezno preverjali v testnih čistilnih napravah in je pripravljena za uporabo. V Nemčiji in Švici s tem že imajo izkušnje, tam bo v naslednjih 20 letih četrta stopnja čiščenja uvedena za onesnažena vodna telesa.

Tako z ozonom kot tudi z aktivnim ogljem lahko odstranimo veliko (različnih) mikroonesnaževal. Stopnja odstranitve je odvisna predvsem od odmerka uporabljenega sredstva (ozon ali aktivno oglje), lastnosti mikroonesnaževala ter sestave organskih snovi, ki so se skupaj raztopile v odpadni vodi. Nekaj snovi lahko iz odpadne vode v veliki meri odstranimo že z dokaj majhnimi odmerki. Pri drugih snoveh so potrebne večje količine sredstev, da dosežemo enako visoko odstranitve. Četrta stopnja čiščenja poleg tega zmanjša mikrobnobno obremenitev sprejemnih vodnih teles.

Na splošno je odstranitev mikroonesnaževal v veliki meri odvisna od sestave organskih snovi, ki so se skupaj raztopile v vodi, zato so v posameznih čistilnih napravah lahko potrebni različno veliki odmerki za enak učinek čiščenja. Poudariti je treba, da lahko z obema postopkoma zmanjšamo velik spekter mikroonesnaževal. Poleg tega dosežemo tudi sekundarne učinke čiščenja:

- Pri uporabi aktivnega oglja se zmanjša tudi kemična potreba po kisiku v postopku čiščenja vode. Pri uporabi aktivnega oglja v prahu se pri dodajanju sredstev za obarjanje (kovinskih snovi) v postopku zmanjšajo skupne količine fosforja.
- Uporaba ozona zaradi njegovih dezinfekcijskih lastnosti zmanjša bakterije v postopku čiščenja vode.
- Dodatni pozitivni učinki čiščenja nastanejo zaradi potrebe po naknadni obdelavi, tako pri ozonu kot pri aktivnem oglju. Zadnji korak četrte stopnje čiščenja je običajno peščeni filter. S tem se še dodatno zmanjša vsebnost ogljika in fosforja v odtoku.
- Poleg tega uporaba aktivnega oglja in ozona zmanjša negativne vonjave in razbarva odpadno vodo.

Pozitivnim učinkom četrte stopnje čiščenja kljubujejo visoki stroški za energijo, visoka poraba obratovalnih sredstev (aktivno oglje), večje količine blata iz čistilnih naprav in težje odstranjevanje blata, ki je zmešano z aktivnim ogljem. Predvsem pri uporabi ozona je treba upoštevati možne razgradne produkte, torej metabolite, ki bi lahko imeli neželene učinke.

## 4.2 Centralizirano in decentralizirano čiščenje deževnice

Tok odpadne vode iz urbanih območij preko kanalizacije teče v čistilno napravo in se nato izlije v vode. Poleg tega obstajajo, odvisno od sistema kanalov, v primeru padavin še dodatne poti vnosa:

- Pri mešani kanalizaciji se odpadna voda iz cevi, razredčena z deževnico, neobdelana iz čistilne naprave izliva v vodna telesa.
- Pri ločenem kanalizacijskem sistemu se deževnica v vode izliva ločeno.

Če želimo zmanjšati vnos snovi v vode, lahko, odvisno od sistema kanalizacije, uporabimo različne tehnične ukrepe, ki ustrezajo najsodobnejšim tehnologijam. Zadržanje mikroonesnaževal lahko predpostavljamo. Vendar je treba učinkovitost ukrepov natančneje raziskati.

1. Vmesno hranjenje in čiščenje prelivov/odlivov mešane vode
  - a. v bazenih za prelive deževnice, zbiralnih kanalih in bazenih za zadržanje deževnice,
  - b. z aktiviranjem volumna kanalov nad »statično« omejitvijo odtoka,
  - c. z ukrepi na ravni upravljanja mreže kanalov za ciljno aktiviranje volumna hranjenja (bazeni za deževnico, zbiralni kanali in kanali),
  - d. zadrževalni filter v tleh,
  - e. okrepitev čiščenja mešane vode v čistilnih napravah.
2. Centralizirano čiščenje deževnice
  - a. bazeni za zadržanje deževnice in zadrževalni filter v tleh,
  - b. sedimentacija v čistilnih bazenih za deževnico in navpičnih čistilnih napravah.
3. Decentralizirano čiščenje deževnice
  - a. preprečevanje odtoka deževnice z odprtimi površinami, pronicanjem in izparevanjem,
  - b. izbira čiščenja glede na stopnjo onesnaženosti, npr. pronicanje preko zgornjega sloja tal pri nizki stopnji onesnaženosti.

Onesnaževanje deževnice bi morali preprečiti pri oblikovanju odtoka in z zmanjšanjem možnih virov vnosa mikroonesnaževal. Tudi gradnja dodatnih naprav za odvajanje ali hranjenje in čiščenje deževnice lahko pripomore k zmanjšanju obsega škodljivih snovi.

#### **4.3 Decentralizirano čiščenje odpadne vode iz zdravstvenih ustanov**

Kontrastna sredstva za rentgenske preiskave ne smejo preiti v kanalizacijo in odpadno vodo, ampak jih je treba ločeno odstraniti, saj se celo s četrto stopnjo čiščenja odstrani le nekatere spojine.

Vnos kontrastnih sredstev za rentgenske preiskave, nekaterih antibiotikov in citostatičnih zdravil, se lahko zmanjša z

1. ločenim zbiranjem urina v bolnišnicah (in po potrebi radioloških ustanovah) s pomočjo posebne sanitarne tehnike (npr. namestitve ločevalnih stranišč),
2. zbiranjem ob postelji v bolnišnicah (posebni zbiralniki), radioloških ustanovah in v domačem okolju po zdravstveni obravnavi (urinska vrečka) in
3. z odstranjevanjem neuporabljenih kontrastnih sredstev za rentgenske preiskave v bolnišnicah in radioloških centrih s pomočjo posebnih sistemov zbiranja.

Ne glede na uporabljeno metodo je treba zbrani urin odvesti v primerno odstranjevanje odpadkov, običajno je to sežiganje. Če razvijemo posebno logistiko odstranjevanja, lahko iz urina ponovno pridobimo tudi jod.

#### **4.4 Čiščenje industrijske odpadne vode**

Mikroonesnaževala lahko v vode preidejo tudi iz industrijskih postopkov. Pri tem je treba razlikovati med izdelavo in nadaljnjo predelavo kemijskih snovi, npr. v napravah kemijske industrije, in njihovo uporabo kot kemijska pomožna sredstva v obrtnih in industrijskih obratih. Oboje je pomembno. K obratom, ki uporabljajo kemična pomožna sredstva sodijo npr. obrati za plemenjenje tekstila, strojarne, obrati za galvaniziranje, obrati za izdelavo papirja in za izdelavo čipov. Med kemična pomožna sredstva spadajo pripravki za utrjevanje, površinsko aktivne snovi, konzervansi, zaviralci gorenja, protikorozijska sredstva, topila, sredstva za mokro jakost, biocidi, optična belila in barvila. Večino teh snovi se uporablja v obrtnih in industrijskih obratih, ne v zasebnih gospodinjstvih.

Mikroonesnaževala v industrijski odpadni vodi pod tem pojmom niso regulirana niti na ravni EU niti na nacionalni ravni. Naš cilj je zato, v evropskem postopku za določanje ukrepov za zmanjšanje emisij v industriji izdelati ukrepe za zmanjšanje emisij, s pomočjo ciljnega vodenja informacij o podatkih snovi. Te bi se nato morale obvezno izvajati v celotni EU. S krepitvijo stičišč med uredbo REACH, Okvirno direktivo o vodah in Direktivo o industrijskih emisijah bi lahko izboljšali izvajanje ukrepov za zmanjšanje izpusta mikroonesnaževal iz obratov.

## 4.5 Nadrejeni ukrepi v kmetijstvu

V kmetijstvu so poleg že omenjenih ukrepov prisotni tudi nadrejeni pristopi, ki bi lahko pripomogli k zmanjšanju vnosa škodljivih snovi in s tem k zmanjšanju mikroonesnaževal v vodah.

1. Širitev ekološkega kmetijstva  
Ekološko kmetijstvo prispeva z neuporabo kemično-sintetičnih fitofarmaceutskih sredstev in s precejšnjimi omejitvami pri uporabi zdravil v veterinarski medicini. Zaradi teh in drugih pozitivnih okoljskih vplivov je treba ekološko kmetijstvo še dalje dosledno podpirati in spodbujati.
2. Ukrepi, ki blažijo erozijo  
Na splošno lahko ukrepi, ki blažijo vetrno in vodno erozijo, prispevajo k zmanjšanju vnosa onesnaževal v vode, z odnašanjem tal iz kmetijskih površin. Poleg kolobarjenja in podsevkov lahko k tem ukrepom štejemo tudi tlom neškodljive metode pridelovanja.
3. Obrežni pasovi brez fitofarmaceutskih sredstev in gnojil  
Če želimo zmanjšati vnos fitofarmaceutskih sredstev in gnojil v vode, je treba obdelovalno področje ločiti od sosednjih naravnih površin. Učinkovita metoda so trajno zaraščeni tamponski pasovi (npr. živa meja, obrežni pasovi z grmičevjem in drevesi). Za uspešno ločevanje območij je treba prepovedati uporabo fitofarmaceutskih sredstev in gnojil v obrežnih pasovih.
4. Odprava kmetijske rabe blata iz čistilnih naprav  
Zaradi kmetijske rabe se v okolje spušča snovi, ki jih absorbira blato, vključno z mikroonesnaževali.

## 4.6 Urejeno odstranjevanje odpadkov/zdravil

Nepravilno odstranjevanje odpadkov je lahko pot vnosa mikroonesnaževal v vode. Problematičnih odpadkov iz gospodinjstev, ki vsebujejo škodljive snovi in lahko prispevajo k mikroonesnaženosti (npr. fitofarmaceutska sredstva, ostanki kemikalij, topila itd.), se ne sme odstranjevati z odpadki iz gospodinjstev.

## 5. Pregled izbranih ukrepov in povzetek

Ukrepi za zmanjšanje glede na skupino snovi za vzpostavitev in izboljšanje ocenjevalnih podlag in meril, na viru in pri uporabi:

### Zdravila v humani medicini

- Nadaljnji razvoj in usklajevanje ukrepov za zmanjševanje tveganja pri odobritvi

- Raziskave o bolj okoljsko prijaznih učinkovinah/oblikah uporabe
- Komunikacija, prilagojena ciljnim skupinam, in ozaveščanje
- Informacijska kampanja o pravilnem odstranjevanju ostankov zdravil
- Monografski sistem farmacevtskih učinkovin
- Raziskave za širjenje izdaje na recept zaradi okoljskih vidikov

## Zdravila v veterinarski medicini

- Nadaljnji razvoj in uskladitev ukrepov za zmanjševanje tveganja pri odobritvi
- Prepoved snovi PBT v zdravilih v veterinarski medicini
- Raziskave o bolj okolju prijaznih učinkovinah/oblikah uporabe
- Komunikacija, prilagojena ciljnim skupinam, in ozaveščanje
- Monografski sistem farmacevtskih učinkovin
- Raziskave o potencialnih vplivih sprememb na področju rabe zdravil s strani veterinarjev

## Fitofarmacevtska sredstva

- Vzpostavitev trajno zaraščenih obrežnih pasov
- Večji delež ekološko obdelovanih površin
- Uporabo fitofarmacevtskih sredstev na določenih območjih nadalje omejiti ali preprečiti
- Vzpostaviti in uveljavljati boljše standarde
- Združitev prospektivnega ovrednotenja tveganj in spremljanja
- Dati na voljo natančne prostorske in časovne podatke o uporabi fitofarmacevtskih sredstev
- Odprava pomanjkljivosti in vrzeli pri postopkih in izdaji dovoljenj za fitofarmacevtska sredstva

## Biocidi

- Uvedba podzakonskega pravilnika o:
  - Izpustih
  - Strokovnem znanju
  - Dobrih praksah
  - Predpisi o zahtevah za naprave za nanašanje biocidnih pripravkov
  - Prepoved pršenja pripravkov z biocidi z zraka
  - Zbiranje podatkov o prodaji in uporabi biocidnih učinkovin/biocidnih pripravkov
- Uvedbe odprave sredstev proti obraščanju na občutljivih območjih/naravovarstvenih območjih
- Sistematično zbiranje podatkov in spremljanje negativnih vplivov za okolje zaradi biocidov
- Ozaveščanje in komunikacija: aktivno ozaveščanje prebivalstva o pravilni oz. trajnostni rabi biocidnih pripravkov



## Kemikalije v uredbi REACH

- Raba instrumentov uredbe REACH, dovoljenje/omejitev za zmanjšanje vnosa posameznih snovi, ki se pojavljajo kot mikroonesnaževala
- Preprečevanje vnosa snovi, ki so kritične za neobdelano vodo, v okolje, ki ga ureja EU uredba REACH
- Uporaba realističnega faktorja koncentracije ali faktorja razredčenja pri ovrednotenju izpostavljenosti industrijskih kemikalij

## Pralna in čistilna sredstva

- Raziskave o vnosu biološko težko razgradljivih snoveh iz pralnih in čistilnih sredstev v vode
- Izdelava informacijskega sistema o sestavinah pralnih in čistilnih sredstev
- Informacijska kampanja o trajnostnem ravnanju s pralnimi in čistilnimi sredstvi
- Informacijska kampanja o pravilnem doziranju čistilnih sredstev
- Izdelava meril za znak za okolje za pralna in čistilna sredstva

## Naknadni ukrepi

- Komunalna odpadna voda in deževnica
- Četrta stopnja čiščenja
- Razširjeno centralizirano čiščenje deževnice
- Razširjeno decentralizirano čiščenje deževnice
- Razširjeno centralizirano čiščenje odtokov mešane vode
- Ločeno zbiranje/odstranjevanje kontrastnih sredstev za rentgenske preiskave
- Industrijska odpadna voda
  - Prostovoljna pobuda za postopno opuščanje določenih kemikalij
  - Raziskovalni projekt za sistematično proučevanje relevantnih področij glede kemičnih dodatkov za nadaljnji razvoj zahtev

## 5. Literatura

ABEGGLEN, C. (2009): Eliminating micropollutants: wastewater treatment methods. V: EAWAG News (67e), str. 25–27; Dübendorf

AGENCIJE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE – ARSO (2020): Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji; Ljubljana

BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT – BMG (2015): Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser; Dunaj

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS – BMNT (2018): Spurenstoffe im Grundwasser; Dunaj

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS – BMNT (2019): Arzneimittelwirkstoffe und Hormone in Fließgewässern; Dunaj

HILLENBRAND, T., TETTENBORN, F., MENGER-KRUG, E., MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F., FUCHS, S., TOSHOVSKI, S., KITTLAUS, S., METZGER, S., TJOENG, I., WERMTER, P., KERSTING, M., ABEGGLEN, C. (2015): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer; UBA-Texte 86/2014, Dessau-Roßlau

JAMNIK, B., AUERSPERGER, P., URBANC, J., LAH, K. & PRESTOR, J (2009): Ostanke zdravil kot pokazatelj antropogenih vplivov na podzemno vodo Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja; Ljubljana

KLAUER, B. (2019): Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern; TAB-Arbeitsbericht št. 183, Berlin

METZGER, S., ROSLER, A., KAPP, H. (2012): Spurenstoffbericht – Erweiterung des Klarwerks Mannheim um eine Adsorptionsstufe zur Verbesserung der Abwasserreinigung; Hochschule Biberach

REACH: Uredba (ES) št. 1907/2006 (Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals)

SOVIČ, N. & LADISLAV KÜČAN, L (2019).: Dodatni parametri v programih spremljanja vodnih virov; Simpozij z mednarodno udeležbo, Portorož

TRONTELJ, J, KLANČAR, A. & ROŠKAR, R. (2018): Pojavljanje zdravilnih učinkovin in njihovih metabolitov v slovenskih vodah; farm vestn 2018; 69

(2018): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern; Dessau-Roßlau