

NOVE ONEČIŠĆUJUĆE TVARI U PODZEMNIM VODAMA

mr. sc. Daria Čupić, dipl. ing. geol., mr. sc. Alena Vlašić, dipl. ing. bioteh., doc. dr. sc. Siniša Širac, dipl. ing. kem.

UVOD

Zaštita podzemnih voda jedan je od najvećih problema današnjice. Spoznaje o količinama i kakvoći vode osnova su za uspješno gospodarenje vodnim resursima, posebice u uvjetima održivog razvitka što je i temelj Okvirne direktive o vodama EU 2000/60/EZ (u daljnjem tekstu ODV). O važnosti podzemnih voda u Hrvatskoj govori činjenica da je više od 90% vodoopskrbnih količina za gradove i naselja vezano za vodu u podzemlju. Stoga je razumljiva i važna briga oko zaštite jednog od najvažnijih životnih resursa. Važnost, kao i nužnost zaštite, proizlazi iz činjenice da su posebice vode te povezani ekosustavi izloženi danas sve većim negativnim utjecajima izazvanim raznim oblicima ljudske aktivnosti koje su pojačane klimatskih promjena. Promjena klime odražava se izravno na vodnu bilancu i u konačnici smanjuje vodoopskrbne količine.

Opći cilj zakonodavstva Europske unije o vodama je zaštita zdravlja ljudi i okoliša od kombiniranih učinaka toksičnih i/ili postojanih onečišćujućih tvari. Ova se inicijativa odnosi na ODV 2000/60/EZ i njezine dvije direktive "kćeri": Direktivu o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja stanja 2006/118/EZ (u daljnjem tekstu DZP) i Direktivu o standardima kvalitete okoliša 2008/105/EZ (u daljnjem tekstu DSKO) koje su zajedno usmjerene na zaštitu podzemnih i površinskih voda. Tim se direktivama dopunjuje drugo relevantno zakonodavstvo o vodama, tj. Direktiva o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju (preinaka) (EU) 2020/2184, Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda Vijeća 91/271/EEZ, Okvirna direktiva o morskoj strategiji 2008/56/EZ, Direktiva o kvaliteti vode za kupanje 2006/7/EZ, Direktiva o poplavama 2007/60/EZ i Direktiva o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora 91/676/EEZ. Zakonodavstvo sadržava popise onečišćujućih tvari i standarde kvalitete te njihovo redovito preispitivanje da bi zaštita od onečišćenja bila fleksibilna i odgovorila na sve veći broj novih onečišćenja. Kako bi se zaštitile cjelokupne podzemne vode, uključujući geotermalne i mineralne, ODV i DZP kompletno su preneseni u

hrvatsko zakonodavstvo. Krajnji cilj ODV-a i DZP-a provođenjem programa mjera prema Planu upravljanja vodnim područjima je postići najmanje dobro stanje podzemnih voda na cjelokupnome teritoriju države. Stoga Plan upravljanja vodnim područjima sadrži pregled stanja voda, te pregled sustava praćenja, kao i mjera za upravljanje kakvoćom voda na vodnim područjima prema planskom razdoblju od šest godina, koje su usmjerene na dostizanje ciljeva zaštite voda kako je to propisano člankom 46. Zakona o vodama (NN 66/19,84/21,47/23). Podzemne vode se ocjenjuju u skladu s njihovim količinskim i kemijskim stanjem.

ZAKONODAVNI OKVIR EU-A I HRVATSKE

Direktiva 2006/118/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 12. prosinca 2006. o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja stanja (u daljnjem tekstu DZP) donesena je s ciljem zaštite podzemnih voda i sprečavanja onečišćenja podzemnih voda u Europskoj uniji. Cilj Direktive je uključiti postupke za ocjenjivanje kemijskog stanja voda, kao i mjere za smanjenje koncentracija onečišćujućih tvari.

DZP propisuje:

- Mjerila za ocjenjivanje kemijskog stanja podzemnih voda -standardi kakvoće podzemnih voda (Dodatak I.) i granične vrijednosti za specifične onečišćujuće tvari, skupine ili pokazatelje onečišćenja (minimalno popis iz Dodatka II.)
- Postupak za ocjenjivanje kemijskog stanja podzemnih voda (Dodatak III.)
- Mjerila za utvrđivanje i promjenu značajnih i trajno rastućih trendova te za utvrđivanje polaznih točaka za promjenu tih trendova (Dodatak IV.)
- Sprečavanje ili ograničavanje neizravnih ispusta (nakon prodiranja kroz tlo ili podzemlje) onečišćujućih tvari u podzemne vode.

Dobro kemijsko stanje podzemnih voda smatra se kad:

- izmjerene koncentracije nitrata ne prelaze standarde kakvoće od 50 mg/l; kao i koncentracije aktivnih tvari u pesticidima uključujući njihove relevantne metabolite,

produkte razgradnje i reakcije gdje je standard od 0,1 µg/l pojedinačno ili ukupno 0,5 µg/l;

- te koncentracije specifičnih onečišćujućih tvari koje moraju biti ispod graničnih vrijednosti utvrđenih od država članica (popis najmanje uključuje arsen, kadmij, olovo, živu, amonijak, kloride, sulfate, nitrite, fosfor (ukupan)/fosfate, sumu trikloroetilena i tetrakloretilena te el. vodljivost (ukazuju na slane ili druge unose otopljenih minerala)) i kada je koncentracija svih ostalih onečišćujućih tvari u skladu s definicijom dobrog kemijskog stanja utvrđenog u Prilogu V. Okvirne direktive o vodama.

Sadašnji zakonodavni okvir, iako propisuje standard kakvoće podzemnih voda te niz specifičnih onečišćujućih tvari i skupina tvari, kao i njihove dopuštene koncentracije, smatra se nedostatnim za zaštitu ekosustava i ljudskog zdravlja jer ne osigurava najnovije podatke i relevantne informacije o novim onečišćujućim tvarima. Direktive u području voda koje uključuje listu onečišćujućih tvari i standarda kvalitete zahtijevaju regularnu reviziju najmanje svake četiri godine prema članku 16.(4) ODV-a, te EU komisija obnavlja i revidira standarde i onečišćujuće tvari kao i njihove granične vrijednosti koji predstavljaju rizik za ekosustave, površinske i podzemne vode. DZP prema čl. 10. ima reviziju Dodatka I i II svakih 6 godina. 2014 god bila je zadnja revizija DZP-a, gdje su u Dodatak II dodane dvije nove tvari i to: ukupan fosfor i nitriti. Unutar radne skupina za podzemne vode EU-a zadužene za zajedničku strategiju implementacije direktive – CIS grupe, osnovana je podgrupa koja je volonterski pratila nove onečišćujuće tvari u podzemnim vodama (GW WL). Zadatak te podgrupe bio je identificirati nove tvari s pripadajućim standardima/graničnim vrijednostima prema usvojenoj Metodologiji. Kriteriji odabira onečišćujućih tvari koje će se uvrstiti u razmatranje prema postojećim monitorinzima država članica EU-a su njihova postojanost, mobilnost i toksičnost, te jesu li iste detektirane u najmanje četiri zemlje i na više od 10 monitoring postaja. Na temelju prijedloga te podgrupe i naposljetku CIS grupe za podzemne vode napravljen je prijedlog za reviziju dodatka I i II Direktive o podzemnim vodama, odnosno ažuriranju novih onečišćujućih tvari u podzemnim vodama: farmaceutskih spojeva, nMr metabolita pesticida i PFAS tvari, kao i njihovih graničnih vrijednosti.

U Hrvatskoj se ocjena kemijskog stanja provodi na temelju standarda/graničnih vrijednosti, kao i propisane metodologije iz Uredbe o standardu kakvoće voda Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/19, 20/23,50/23-ispravak, u daljnjem tekstu Uredba). U Uredbi je kompletno implementiran DZP.

Elementi za ocjenu kemijskog stanja tijela podzemnih voda, osim mineralnih i geotermalnih voda, su:

- osnovni – električna vodljivost, otopljeni kisik, pH vrijednost, temperatura, nitrati i amonij;
- standardi kakvoće podzemnih voda: nitrati i aktivne tvari u pesticidima uključujući njihove relevantne

metabolite, produkte razgradnje i reakcije i

- specifične onečišćujuće tvari.

Elementi za ocjenu kemijskog stanja mineralnih i geotermalnih voda su:

- osnovni – temperatura i električna vodljivost;
- standardi kakvoće podzemnih voda: nitrati i aktivne tvari u pesticidima uključujući njihove relevantne metabolite, produkte razgradnje i reakcije i
- specifične onečišćujuće tvari: fizikalni parametri koji upućuju na prekomjerno korištenje: promjena temperature i električne vodljivosti i umjetne sintetičke tvari: suma trikloretilena i tetrakloretilena.

NOVE ONEČIŠĆUJUĆE TVARI

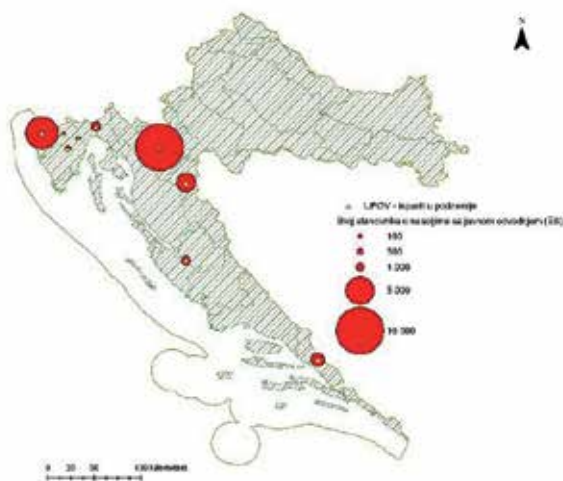
Najnovija tehnološka dostignuća omogućuju da se danas u podzemnim vodama prate tvari koje je donedavno bilo nemoguće određivati zbog ograničenja analitičkih metoda. Riječ je o novim onečišćujućim tvarima. Brojna su tumačenja i definicije ovog izraza, a danas se pod njim podrazumijevaju spojevi za koje se ranije nije smatralo ili znalo da su značajni u podzemnim vodama, a koji se u novije vrijeme naveliko otkrivaju te se zna ili sumnja da mogu uzrokovati štetne učinke na ekosustave i ljudsko zdravlje (Stuart, 2012). Izraz se ne odnosi samo na nove onečišćivače, nego i na spojeve koji su, najčešće uslijed razvoja tehnoloških mogućnosti, novootkriveni u okolišu (Lindsey i dr., 2001). Onečišćenje podzemnih voda novim onečišćivačima stvara sve veću zabrinutost i relativno je slabo istražena u usporedbi s površinskim vodama (Lapworth, 2012). Općenito, koncentracije novih onečišćivača veće su u površinskim nego u podzemnim vodama zbog procesa kojima su izloženi, kao što su apsorpcija, razrjeđenje i razgradnja. Brojnim istraživanjima kojima se pratio utjecaj odlagališta otpada utvrđeno je da se količine novih onečišćivača u podzemnim vodama kreću u značajnim koncentracijama, u rasponu od 10 - 104 ng/L. Koncentracije < 100 ng/L smatraju se pre niskima da bi imale akutni utjecaj, no međudjelovanje više spojeva i dugotrajna izloženost njima su zbog nedovoljne istraženosti još uvijek nepoznanica (Lapworth, 2012). Novi onečišćivači obuhvaćaju široku paletu spojeva kao što su pesticidi, farmaceutici, proizvodi za osobnu njegu, industrijski aditivi i njihovi nusprodukti, dodaci hrani, nusprodukti tretiranja vode, surfaktanti, hormoni i dr. Među najčešće utvrđenim spojevima su poljoprivredni spojevi, farmaceutici i PFAS - perfluoroalkilne i polifluoroalkilne tvari. PFAS je velika skupina koju čini više od 4700 sintetičkih kemikalija čije su primjene u društvu i pojavnost u prirodi jako raširene. Sve kemikalije iz te skupine sadržavaju veze ugljika i fluora, jednu od najsnažnijih kemijskih veza u organskoj kemiji, koja im omogućava da budu otporne na razgradnju pri uporabi i u okolišu. Nazivaju ih i "vječnim kemikalijama" jer su iznimno postojane u okolišu i ljudskim tijelima. Koristi ih se u desecima tisuća proizvoda i strojeva, uključujući automobile, tekstil, medicinsku opremu, vjetroelektrane i kuhinjske tave

s neprijanjajućim premazom jer su otporne na visoke temperature i koroziju. Većina kemikalija iz skupine PFAS lako se prenosi okolišem i prelazi velike udaljenosti u odnosu na izvor ispuštanja. Onečišćenja PFAS tvarima često se pronalaze u podzemnim vodama, površinskim vodama i tlu. Čišćenje kontaminiranih područja tehnički je zahtjevno i skupo. Ako se ispuštanje PFAS tvari nastavi, te kemikalije i dalje će se akumulirati u okolišu, pitkoj vodi i hrani.

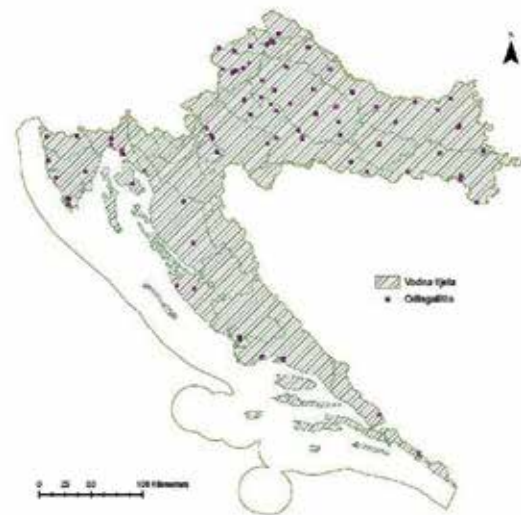
Iako je onečišćenje okoliša poljoprivrednim spojevima i farmaceuticima dobro poznata činjenica, manje je poznato kako su mnogi pesticidi ili lijekovi spojevi koji u svojoj strukturi sadrže spekatar mogućih produkata razgradnje, s potencijalno štetnim ili jednostavno nepoznatim svojstvima. Pod utjecajem svjetla ili prilikom kemijske obrade otpadnih voda, mnogi se lijekovi transformiraju u nove strukture o kojima znanost vrlo malo zna (Vrček, 2017).

Izvore onečišćenja možemo podijeliti prema porijeklu na stanovništvo, poljoprivredu i industriju. Najveći broj onečišćivača dolazi iz otpadnih voda i to uređaja za pročišćavanja otpadnih voda (slika 1), septičkih jama, bolnica, uređenih (slika 2) do divljih odlagališta komunalnog i industrijskog otpada, te otpadnih voda industrija (slika 4) i naposljetku poljoprivrede, od farma do poljoprivrednih površina s uporabom raznih gnojiva (slika 3), kao i raznih pripravaka za zaštitu bilja (pesticida, herbicida, fungicida). Put onečišćujućih tvari ovisi o hidrogeološkim karakteristikama vodonosnika, radi li se o krškom ili aluvijalnom vodonosniku, ovisi o propusnosti, transmisivnosti, debljini krovinskih naslaga, brzini toka podzemnih voda, nagibu terena i sl., kao i indirektnom ili direktnom ispuštanju u podzemne vode te karakteristikama samih onečišćujućih tvari, kao i prihranjivanju vodonosnika ako se radi o vezi između površinskih i podzemnih voda.

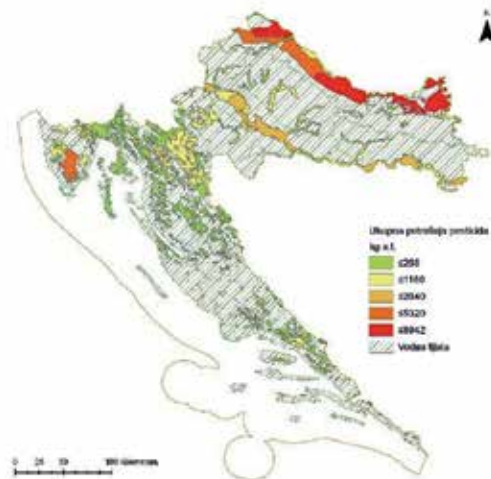
Podzemne vode su izuzetno osjetljive na onečišćenje, jednom onečišćene mogu akumulirati, pogotovo u aluvijalnim vodonosnicima, to onečišćenje kroz dugačak period, prvenstveno zbog spore dinamike i



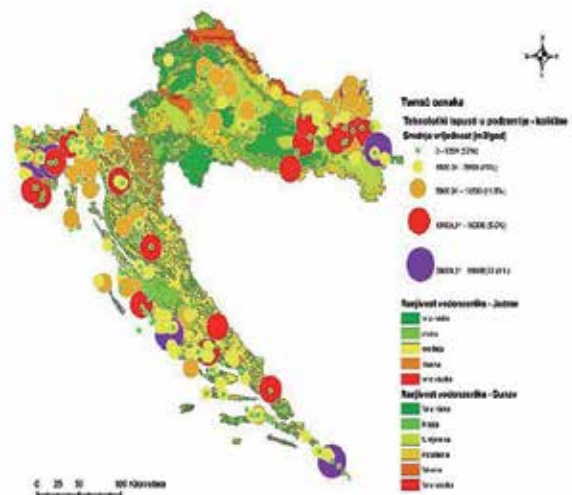
Slika 1: Uređaji za pročišćavanje



Slika 2: Odlagališta s direktnim ispuštanjem u podzemlje



Slika 3: Poljoprivreda-potrošnja pesticida



Slika 4: Industrija

obnavljanja. Možemo slobodno reći da podzemne vode imaju dugačku memoriju onečišćenja, onečišćenje koje se dogodilo u prošlosti može se evidentirati tek sada, stoga je onečišćenje podzemnih voda izuzetno opasno.

PRIJEDLOG ZA PROMJENE DIREKTIVE O PODZEMNIM VODAMA

Direktive se ažuriraju i provjeravaju od EU komisije upravo zbog sve većih novih onečišćenja, a time i onečišćujućih tvari. Stoga je zaključeno da se kroz ODV, DZPV i DSKO ažuriraju popisi novih onečišćujućih tvari, a zaključeno je i da bi se drugim poboljšanjima zakonodavstva povećale njihova djelotvornost, učinkovitost i usklađenost. Uzimajući u obzir opći cilj vodne politike EU-a, opći su ciljevi ove inicijative:

(1) povećati zaštitu građana i prirodnih ekosustava EU-a u skladu sa strategijom za bioraznolikost i akcijskim planom za postizanje nulte stope onečišćenja, koji su dio europskog zelenog plana;

(2) povećati učinkovitost i smanjiti administrativno opterećenje zakonodavstva kako bi EU mogao brže odgovoriti na nove rizike.

Stoga je napravljen prijedlog za ažuriranje, izmjenu i dopunu DZPV-a. Prijedlog je usvojila Europska komisija kao dio Akcijskog plana Zero Pollution u 2022. godini. Prijedlog DZPV-a koji obuhvaća ažuriranje novih onečišćujućih tvari se još uvijek razmatra s državama članicama prema protokolu o donošenju izmjena Direktiva. Prema prijedlogu izmjena i dopuna Direktive o podzemnim vodama u Dodatak I. uz postojeće, predlaže se dodavanje novih onečišćujućih tvari i njihovih standarda i to:

- 24 tvari iz skupine perfluoroalkilnih i polifluoroalkilnih tvari (PFAS) njihova suma od 0,0044 µg/l,

- dva farmaceutika (Karbamazepin (0,25 µg/l) i Sulfametoksazol (0,01 µg/l)) i ukupno aktivne tvari farmaceutika (0,25 µg/l), te

- ne-relevantni metaboliti pesticida (nrMS; 0,1/1/2,5 ili 5 µg/l).

- te promjene u dijelu B dodaju se minimalnom popisu umjetnih sintetičkih tvari trikloretilen i tetrakloretilen pojedinačno (koji se dosad pratio kroz sumu tih tvari), dodaje se nova tvar primadon

- u dijelu C informacije koje moraju dostaviti države članice u vezi s novim onečišćujućim tvarima i njihovim pokazateljima za koje su države članice utvrdile granične vrijednosti

- u dijelu D uvrštena je posebno granična vrijednost sume trikloetilena i tetrakloetilena od 10 µg/l na nivou EU.

Također se predlažu i tekstualne izmjene direktive u vidu popisa liste novih onečišćujućih tvari te njihovog monitoringa koja bi bila obavezna za sve države članice EU-a, a ne kao dosad volonterska. Te izmjene rokova kad se uspostavi popis novih onečišćujućih tvari države članice su ga dužne pratiti tijekom razdoblja od 24 mjeseca. Razdoblje početka praćenja počinje 6 mjeseca nakon uspostave popisa s time da se liste novih onečišćujućih tvari ažuriraju svakih 36 mjeseci.

ISTRAŽIVANJE I PRAĆENJE NOVIH ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U HRVATSKOJ

Republika Hrvatska podupire rad CIS grupe za

podzemne vode te ravnopravno i aktivno sudjeluje u njenom radu. Hrvatska je, do sada, izvršila sve obveze koje proizlaze iz provedbe Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (DZP). Provela je izvješćivanje za podzemna vodna tijela, stanje podzemnih vodnih tijela, kao i podzemnih vodnih tijela koja su u riziku u Planu upravljanja vodnim područjima od 2022. do 2027., te poslala podatke o tome EK-u putem Europskog informacijskog sustava za vode (Water Information System for Europe - WISE).

U okviru dosadašnjeg monitoringa Hrvatska nema informacija o 24 tvari iz skupine perfluoroalkilnih i polifluoroalkilnih tvari (PFAS), od farmaceutskih spojeva u podzemnim vodama ispitivan je samo sulfametoksazol do 2021. U programu višegodišnjeg monitoringa od 2022. do 2024. godine pratit će se oba spoja: sulfametoksazol i karbamazepin na 5 mjernih postaja, uz dodatnih pet farmaceutskih spojeva. Hrvatska još ne provodi praćenje nerelevantnih metabolita. Relevantnost metabolita se definira na razini EU-a, prilikom ocjene aktivnih tvari ili potvrdnih podataka za aktivne tvari. Prilikom ocjene na nacionalnoj razini sredstava za zaštitu bilja iz područja ponašanja u okolišu računaju se Predviđene koncentracije aktivnih tvari i metabolita u podzemnim vodama (PEC_{gw} izračuni), i na temelju tih izračuna se predlaže ili ne predlaže registracija sredstava Ministarstvu poljoprivrede. Kako bi se pokazali sigurni uvjeti uporabe, PEC_{gw} vrijednost **mora biti ispod 0,1 µg/l za aktivne tvari i relevantne metabolite.** Za nerelevantne metabolite PEC_{gw} vrijednosti u rasponu od 0.75 do 10 µg/l se smatraju prihvatljivim u odnosu na njihov toksikološki profil. Uputnik za identifikaciju nerelevantnih metabolita od strane Hrvatske je izrađen unutar CIS radne skupine za podzemne vode, prema preporukama Ministarstva poljoprivrede koje su pak slijedile tehnički vodič "Guidance Document on the Assessment of the Relevance of Metabolites in Groundwater of Substances Regulated under Council Directive 91/414/EEC. Sanco/221/2000 rev.10-final, 25 February 2003" korišten za regulaciju (EC 1107(2009). Ne-relevantne metabolite pesticide koji su štetni za ljudsko zdravlje i njihovu determinaciju određuje Zavod za javno zdravstvo. Za sada još postoje preporuke, nije utvrđena lista nerelevantnih metabolita u Hrvatskoj. Monitoring za ove nove onečišćujuće tvari iziskuje značajna financijska sredstva. Prema sadašnjem vremenskom okviru Prijedlog izmjene i dopune Direktive trebao bi stupiti na snagu tijekom 2024 godine. Hrvatska mora prvo provesti istražni program za nove tvari na mjestima gdje bi se očekivale prema karakteristikama vodonosnika, odnosno na mjestima gdje su podzemne i površinske vode u kontaktu, te u području vrlo visoke i visoke ranjivosti vodonosnika, kao i prema istraživačkom provedenom monitoringu za tvari koje su već nađene prvenstveno u površinskim vodama. Na osnovi pritisaka koji bi bili uzrok novim onečišćujućim tvarima koji su izračunati za potrebe Plana upravljanja vodnim područjima do 2027. godine



Slika 5: Poljoprivreda (pesticidi)



Slika 7: Tehnološki ispusti u podzemlje



Slika 6: Željeznica (sredstva za zaštitu bilja)



Slika 8: Odlagališta

od potrošnje pesticida iz poljoprivrede i korištenju pesticida za zaštitu željeznica, s obzirom na njihovu detekciju, vezani su i metaboliti pesticida. Podaci o uporabi pesticida u poljoprivredi u 2019. godini korišteni su za ocjenu hazarda prema studiji Agronomskog fakulteta "Određivanje prioriternih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora", a kao podloga je uzeta vrlo visoka i visoka karta ranjivosti krških i panonskih vodonosnika, te ukupna ocjena stanja za svako tijelo podzemnih voda (slika 5). Tako je napravljena i karta onečišćenja željeznice na temelju podataka o količinama pesticida korištenih za zaštitu željezničke infrastrukture u kombinaciji s kartama ranjivosti vodonosnika. Isti princip je procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja tijela podzemnih voda uslijed opterećenja od odlagališta i tehnoloških ispusta u podzemlje. Područja visokog rizika označena su crvenom bojom i tu bi se postavio prvenstveno istraživački monitoring novih onečišćujućih tvari, nerelevantni metaboliti pesticida u području visokog rizika od poljoprivrede i korištenja sredstava za održavanje željezničkih pruga, farmaceutskih tvari u području farmaceutske industrije i tehnoloških ispusta u podzemlje, kao i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i odlagališta, te PFAS tvari, u području rizika prvenstveno odlagališta, tehnoloških ispusta u podzemlje te također uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Hrvatski geološki institut sudjelovao je na dva

međunarodna projekta vezana uz praćenje novih onečišćujućih tvari u podzemnim vodama koja su u manjoj mjeri u površinskim vodama i to: projekt GeoTwin (Strengthening research in the Croatian Geological Survey, Geoscience-Twinning to develop state-of-the-art subsurface modelling capability and scientific impact, Horizon 2020). U fokusu jednog radnog paketa tog projekta bilo je upravo napredno modeliranje podzemnog toka i transporta novih onečišćujućih tvari. Za pokusno područje odabrano je krško područje Hrvatske, na kojem su se u uvjetima hidroloških maksimuma i minimuma uzorkovali izvori



Slika 9: Lokacija uzorkovanja izvora u sklopu GeoTwin projekta (Hrvatski geološki institut)



Slika 10: Pokusno područje u Hrvatskoj s lokacijama uzorkovanja – slijev izvora Jadro i Žrnovnica (Hrvatski geološki Institut)

koji sudjeluju u vodoopskrbi. Projekt je trajao od 2018. do 2021. godine.

Europski projekt boDEREC-CE (Board for Detection and Assessment of Pharmaceutical Drug Residues in Drinking Water - Capacity Building for Water Management in CE). Glavni cilj projekta bio je razvoj integriranog upravljanja sustavima vodoopskrbe te preporuka za unapređenje postojećih regulativa i standarda za otpadne vode i vode za piće. Tijekom trogodišnjih istraživanja unutar projekta provedena su sveobuhvatna istraživanja pojave, utjecaja i transporta novih onečišćujućih tvari iz skupine farmaceutika u podzemnim i površinskim vodama odabranih pilot-područja zemalja partnera iz centralne Europe. U Hrvatskoj je odabrano pokusno područje slijeva izvora Jadro i Žrnovnica (slika 10), a u suradnji s kolegama iz Slovenije na području Hrvatske uzorkovanja su

provedena i u površinskom toku rijeke Save.

ZAKLJUČAK

Stanje kvalitete podzemnih voda u velikom dijelu Republike Hrvatske je u dobrom stanju. Loše stanje uslijed nitrata iz poljoprivredne proizvodnje nalazi se na području Varaždina, kao i južne Istre, te postoje povremeni problemi sa zaslanjenjem na području Boljkovca. U novije vrijeme sve veći zahtjevi za vodom te sve veći pritisci uslijed razvoja gospodarstva i novih tehnologija, uzrokuju porast novih onečišćujućih tvari. Razvoj novih tehnologija omogućio je i praćenje velikog broja novih onečišćujućih tvari. Od potencijalnih onečišćujućih tvari potrebno je identificirati one tvari koje se značajno i nepovoljno odražavaju na okoliš i ljudsko zdravlje. Međunarodna suradnja i nastojanja stručnjaka u okviru direktiva na području EU-a i kroz zakonodavne akte zemalja članica, te raznih međunarodnih projekata, korak su prema zaštiti podzemnih voda. Prije provedbe istraživačkih monitoringa za nove onečišćujuće tvari na razini cijelog EU-a postoji potreba jasnijeg određivanja standarda parametara za koje nisu razvijene analitičke metode (granice detekcije za određivanja od spomenutih komponenti tvari). Potrebni su jedinstveni kriteriji (na razini EU-a) za utvrđivanje: relevantnosti metabolita, regulatornih indikacija relevantnosti metabolita, farmaceutskih aktivnih tvari te načina njihove identifikacije i procjene rizika. Budući da više od 90% javne vodoopskrbe u Hrvatskoj koristi podzemne vode, Republika Hrvatska je svakako zainteresirana za uspostavu jasne poveznice (mogućnost usporedbe i optimizacije monitoringa) između standarda propisanih ovom direktivom i standarda propisanih Direktivom (EU) 2020/2184 o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju. ■

LITERATURA:

Agronomski fakultet, 2019, Studija "Određivanje prioriteta područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora", Zagreb

Akcijski plan Zero Polution

Direktiva o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja stanja 2006/118/EZ

Direktiva o standardima kvalitete okoliša 2008/105/EZ

Direktiva o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju, (preinaka) (EU) 2020/2184

Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda Vijeća 91/271/EEZ

Direktiva o kvaliteti vode za kupanje 2006/7/EZ

Direktiva o poplavama 2007/60/EZ

Direktiva o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora 91/676/EEZ

Okvirna direktiva o vodama 2000/60/EZ

Okvirna direktiva o morskoj strategiji 2008/56/EZ

Plan upravljanja vodnim područjima 2022.-2027 (NN, br. 84/2023)

Lapworth, D. J., Baran, N., Stuart, M. E. & Ward, R. S. (2012): Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence. *Environmental Pollution*, 163, 287– 303. doi:10.1016/j.envpol.2011.12.034.

Lapworth, D. J. (2018): Emerging Contaminants in Groundwater. Presentation held within Geo-Twin project, Croatia

Lindsey, M.E., Meyer, M. & Thurman, E.M. (2001): Analysis of trace levels of sulfinamide and tetracycline antimicrobials in groundwater and surface water using solidphase extraction and liquid chromatography/mass spectroscopy. *Analytical Chemistry* 73, 4640-4646.

Lukač Reberski, J., Terzić, J., Selak, A. i Boljat, I. (2019) "Novi onečišćivači" u podzemnim vodama Hrvatske – primjer projekata GeoTwin i boDEREC-CE

Stuart, M., Lapworth, D., Crane, E. & Hart, A. (2012): Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. *Science of The Total Environment*, 416, 1–21. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.072. Tehnički vodič Guidance Document on the Assessment of the Relevance of Metabolites in Groundwater of

Substances Regulated under Council Directive 91/414/EEC. Sanco/221/2000 rev.10-final, 2003

Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN, br. 20/2023)

Vrček, V. (2017): Farmakoeкологија – okolišna sudbina lijekova, *Kem. Ind.* 66 (3-4), 135–144

Zakon o vodama (NN 66/19,84/21,47/23)

