

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

Poročilo za leto 2023

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

Poročilo za leto 2023

ISSN 1855-5330

Ljubljana, september 2024

Izdajatelj: Ministrstvo okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Urednik: mag. Mojca Dobnikar Tehovnik

Avtorji: mag. Polonca Mihorko

mag. Marina Gacin

Kartografija: Petra Krsnik

Deskriptorji: Slovenija, podzemna voda, kakovost, onesnaženje, vzorčenje, kemijsko stanje, trendi, nitrati, pesticidi, ostanki zdravil

Descriptors: Slovenia, groundwater, quality, pollution, sampling, chemical status, trends, nitrates, pesticides, pharmaceuticals

Podatki monitoringa so objavljeni na spletni strani Agencije RS za okolje:

- [Podzemna voda](#)
- Podatki [v Excelovih tabelah po posameznih letih](#)
- [GIS spletni pregledovalnik](#)
- [Podzemna voda – bogastvo, skrito pod zemeljskim površjem](#)
- Vsebnost [nitrata v podzemni vodi](#) ter vsebnost [atrazina in desetil-atrazina na Dravski kotlini](#)

Publikacijo je dovoljeno razširjati pod pogoji Creative Commons licence [CC BY-NC-ND 4.0](#) v celoti ali po delih, nekomercialno, brez sprememb in z navedbo vira.



Kemijsko stanje podzemne vode

Poročilo za leto 2023

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, september 2024

Povzetek

Agencija Republike Slovenije za okolje izvaja imisijski monitoring voda v naravnem okolju na podlagi Zakona o varstvu okolja. Program spremljanja kakovosti podzemne vode je za vsako leto pripravljen v skladu z Uredbo o stanju podzemnih voda in Pravilnikom o monitoringu podzemnih voda, ki sta v slovenski pravni red v letu 2009 prenesla Direktivo o vodah in Direktivo o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem.

Cilj Direktive o vodah je, da države članice varujejo, izboljšujejo in obnavljajo stanje vseh vodnih teles površinske in podzemne vode tako, da se doseže dobro stanje. Direktiva predpisuje izvajanje nadzornega in operativnega monitoringa. Nadzorni monitoring se izvaja v skladu z načrtom upravljanja voda, ki se pripravi vsakih šest let in zajema določanje kemijskega stanja na vseh vodnih telesih. Operativni monitoring se izvaja letno na vodnih telesih, ki v preteklosti niso dosegala dobrega kemijskega stanja, na vodnih telesih, ki so zaradi rabe prostora še posebej ranljiva in na vodnih telesih, v katerih so viri namenjeni oskrbi s pitno vodo večjega števila prebivalcev.

V letu 2023 je potekal operativni monitoring, kakovost podzemne vode se je spremljala na 14 vodnih telesih.

Rezultati monitoringa kemijskega stanja podzemne vode v letu 2023 so tako kot tudi v preteklih letih pokazali, da so bolj obremenjena vodna telesa, kjer prevladujejo vodonosniki z medzrnsko poroznostjo, boljše kakovosti pa je podzemna voda v vodnih telesih s prevladujočo razpoklinsko ali kraško poroznostjo. Zaradi intenzivnih človekovih dejavnosti so najbolj obremenjena vodna telesa v severovzhodnem delu Slovenije. Tako smo v letu 2023 slabo kemijsko stanje določili za Savinjsko, Dravsko in Mursko kotlino. Podzemna voda v Savinjski, Dravski in Murski kotlini je prekomerno obremenjena z nitrati, v Dravski kotlini pa tudi z atrazinom in njegovim razpadnim produktom desetil-atrazinom. Na nekaterih vodnih telesih smo občasno ugotovili tudi lokalno obremenjenost z lahkohlapnimi halogeniranimi ogljikovodiki.

V poročilu je prikazan sistem ocenjevanja kemijskega stanja (merila, standardi kakovosti) in ocena kemijskega stanja za leto 2023. Poročilo vsebuje tudi analizo trendov in predstavitev preiskovalnih monitoringov.

[Rezultati monitoringa](#) so od leta 2006 do 2023 dostopni na spletni strani Agencije za okolje in na spletnem [GIS pregledovalniku](#).

Rezultate poročamo tudi na različne mednarodne institucije, kot so npr. Evropska komisija, Evropska okoljska agencija (EEA WISE-SOE).

KAZALO

MERILA ZA OCENO KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE	1
OCENA KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE.....	2
PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA	4
Nitrati	4
Pesticidi.....	6
Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki.....	8
TRENDI ONESNAŽEVAL V PODZEMNI VODI	8
Statistična metoda za ugotavljanje trendov	9
Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2023 in v podobdobjih.....	9
Trendi za nitrat.....	10
Trendi za atrazin in desetil-atrazin	12
Interpretacija analize trendov.....	14
OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO UREDBI O PITNI VODI	15
PREISKOVALNI MONITORINGI.....	17
Stanje podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice	17
Ostanki zdravil in kofeina v podzemni vodi.....	21
Analize perfluorooktansulfonske kisline in perfluorooktanojske kisline	24
Metaboliti (razgradni produkti) pesticidov v podzemni vodi	26
Benzotriazoli v podzemni vodi	31
Bisfenol A, nonil in oktil fenoli v podzemni vodi	32
Stanje kraških izvirov glede na rezultate metode MST z digitalnim PCR	33
Analiza vode in sedimenta na izviru Zelenci in njegovih pritokih	34
VIRI	39

MERILA ZA OCENO KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE

Parametri, za katere so z Uredbo o stanju podzemnih voda določeni standardi kakovosti podzemne vode in vrednosti praga, ki razmejujejo dobro oziroma slabo kemijsko stanje, so razvidni iz tabel 1 in 2. Preseganje standardov kakovosti in vrednosti praga se ugotavlja na podlagi povprečne letne vrednosti posameznega onesnaževala na posameznem merilnem mestu.

Tabela 1: Standardi kakovosti za oceno kemijskega stanja podzemne vode

Parameter	Enota	Standard kakovosti
Nitrati	mg NO ₃ /L	50
Posamezni pesticid ter njegovi relevantni ⁽¹⁾ razgradni produkti	µg/L	0,1 ⁽²⁾
Vsota vseh izmerjenih pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov ⁽³⁾	µg/L	0,5

(1) Relevantni razgradni produkti so relevantni razgradni produkti pesticidov v skladu s predpisi, ki urejajo registracijo fitofarmaceutskih sredstev (registracijo ali dajanje v promet);

(2) Vrednost parametra velja za vsak posamezni pesticid. Za aldrin, dieldrin, heptaklor in heptaklor epoksid je standard kakovosti 0,030 µg/L.

(3) Vsota pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov: organoklorini, triazinski, organofosfori pesticidi, derivati fenoksi ocetne kisline, derivati sečnine (podrobneje so določeni v programu monitoringa kakovosti podzemne vode);

Tabela 2: Vrednosti praga za oceno kemijskega stanja podzemne vode

Parameter	Enota	Vrednost praga
Diklorometan	µg/L	2
Tetraklorometan	µg/L	2
1,2-Dikloroetan	µg/L	3
1,1-Dikloroeten	µg/L	2
Trikloroeten	µg/L	2
Tetrakloroeten	µg/L	2
Vsota lahkih alifatskih halogeniranih ogljikovodikov ⁽¹⁾	µg/L	10

¹ Triklorometan, tribromometan, bromodiklorometan, dibromoklorometan, difluoroklorometan, diklorometan, tetraklorometan, triklorofluorometan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, trikloroeten, tetrakloroeten, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan.

Kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode se določa za vsako posamezno vodno telo. Pri določanju kemijskega stanja se upošteva:

- preseganje standardov kakovosti in vrednosti praga,
- oceno učinkov vdora slane vode ali drugih vdorov v vodno telo podzemne vode,
- oceno koncentracij onesnaževal, ki so bile iz vodonosnika s podzemno vodo prenešene v površinsko vodo in ki lahko povzročajo pomembno in značilno poslabšanje ekološkega ter kemijskega stanja površinske vode,
- pomembne in značilne poškodbe vodnih in kopenskih ekosistemov, ki so neposredno odvisni od podzemne vode; pri tem se ugotavlja koncentracije onesnaževal v podzemni vodi, ki lahko povzročajo poškodbe ekosistemov,
- kakovost podzemne vode v zavarovanih območjih črpališč pitne vode, kjer se zaradi koncentracij onesnaževal v podzemni vodi lahko poslabša kakovost pitne vode.

Dobro kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode je stanje, pri katerem:

- je kemijska sestava podzemne vode taka, da na nobenem merilnem mestu letna aritmetična srednja vrednost parametrov podzemne vode ne presega standardov kakovosti in vrednosti praga,
- koncentracije onesnaževal:
 - ne izkazujejo vdorov morske vode ali drugih vdorov v vodno telo podzemne vode,

- ne preprečujejo doseganja okoljskih ciljev za površinske vode, ki so povezane z vodnim telesom podzemne vode ali
- ne povzročajo pomembnega in značilnega poslabšanja ekološkega ali kemijskega stanja površinskih voda, ki so povezane z vodnim telesom podzemne vode in
- ne povzročajo pomembnih in značilnih poškodb vodnih ter kopenskih ekosistemov, ki so neposredno odvisni od podzemne vode ter
- spremembe v električni prevodnosti ne izkazujejo vdorov morske vode ali drugih vdorov v vodno telo podzemne vode.

Vodno telo podzemne vode ima dobro kemijsko stanje, če so na vsakem merilnem mestu izpolnjeni vsi trije pogoji. V primeru, da je bilo na enem ali več merilnih mestih ugotovljeno neustrezno stanje, ima lahko vodno telo še vedno dobro kemijsko stanje. V takem primeru je potrebno preveriti, kolikšno območje vodnega telesa ali kolikšen volumen podzemne vode tega telesa pripada merilnim mestom s preseženimi standardi kakovosti ali vrednostmi praga. Če je preseganje večje kot 30 %, se za vodno telo določi slabo kemijsko stanje.

OCENA KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE

V letu 2023 se je izvajal operativni monitoring in sicer na vseh 14 vodnih telesih podzemne vode. V program je bilo v medzrskih ter kraško-razpoklinskih vodonosnikih vključenih 167 merilnih mest. Vodna telesa, njihova površina, število merilnih mest in gostota merilnih mest na vodno telo je podana v tabeli 3.

Tabela 3: Vodna telesa, površina, število merilnih mest in gostota merilnih mest v letu 2023

Vodno telo podzemne vode	Površina VTPodV (km ²)	Število MM	Št. MM na 100 km ²
Savska kotlina in Ljubljansko barje	773,6	47	6,08
Savinjska kotlina	109,1	11	10,08
Krška kotlina	96,8	13	13,43
Karavanke	403,6	4	0,99
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	1791,6	5	0,28
Spodnji del Savinje do Sotle	1397,0	4	0,29
Kraška Ljubljana	1306,9	7	0,54
Dolenjski kras	3354,5	22	0,66
Dravska kotlina	429,1	25	5,83
Zahodne Slovenske gorice	756,2	2	0,26
Murska kotlina	589,4	12	2,04
Vzhodne Slovenske gorice	307,8	4	1,30
Obala in Kras z Brkini	1588,3	3	0,19
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	1443,1	8	0,55

Legenda: **MM**: merilno mesto

Največja gostota merilnih mest je na bolj obremenjenih vodnih telesih, na ostalih, predvsem kraških vodnih telesih, je gostota nižja. Na kraških vodnih telesih reprezentativni kraški izviri z večjimi napajalnimi zaledji zajamejo večji delež telesa.

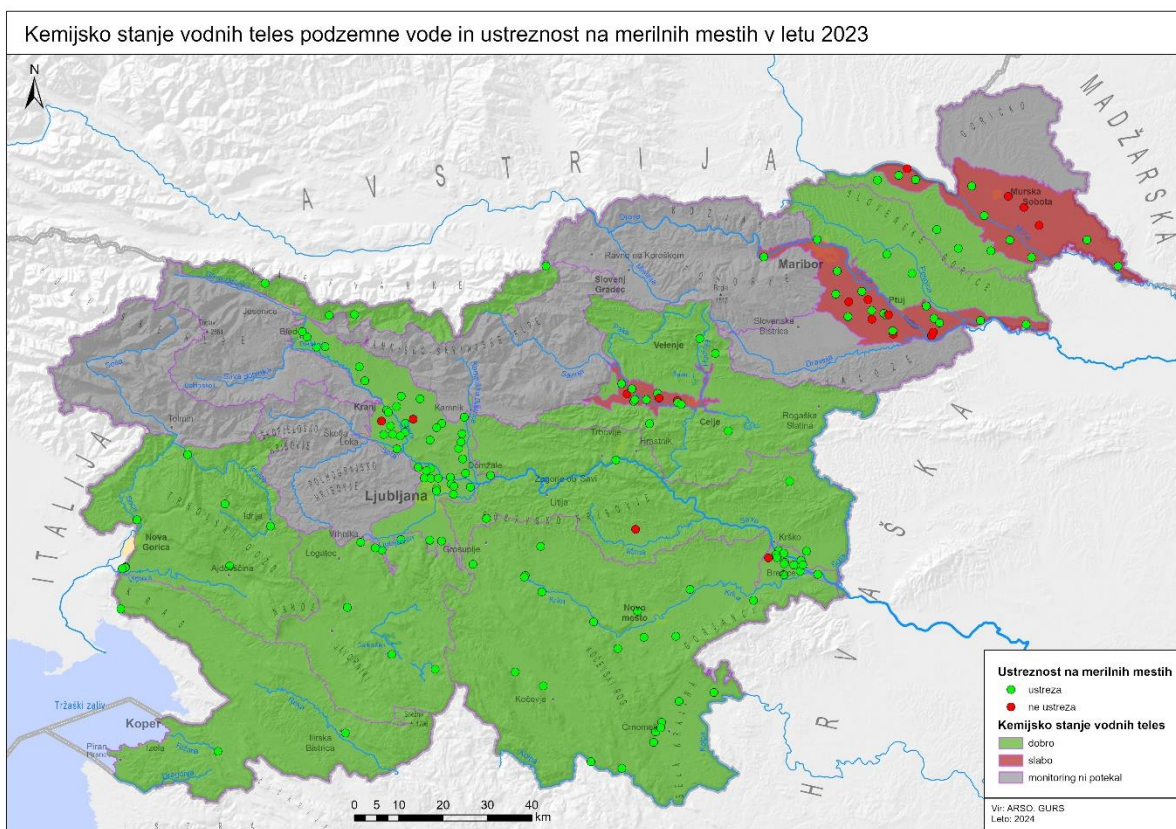
V tabeli 4 je prikazano kemijsko stanje podzemne vode po vodnih telesih za obdobje 2017-2023, ovrednoteno v skladu z Uredbo o stanju podzemnih voda.

Tabela 4: Kemijsko stanje vodnih teles podzemne vode v obdobju 2017-2023

Vodno telo podzemne vode	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Savska kotlina in Ljubljansko barje	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Savinjska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
Krška kotlina	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro

Vodno telo podzemne vode	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Julijske Alpe v porečju Save	/	/	/	dobro	/	/	/
Karavanke	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Kamniško-Savinjske Alpe	/	/	/	dobro	/	/	/
Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	/	/	/	dobro	/	/	/
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Spodnji del Savinje do Sotle	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Kraška Ljubljana	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Dolenjski kras	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Dravska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
Vzhodne Alpe	/	/	/	dobro	/	/	/
Haloze in Dravinjske gorice	/	/	/	dobro	/	/	/
Zahodne Slovenske gorice	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Murska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
Vzhodne Slovenske gorice	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Goričko	/	/	/	dobro	/	/	/
Obala in Kras z Brkini	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
Julijske Alpe v porečju Soče	/	/	/	dobro	/	/	/
Goriška Brda in Trnovsko Banjška planota	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro

Podzemna voda je bolj obremenjena v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo, boljše kakovosti pa je v vodonosnikih z razpoklinsko ali kraško poroznostjo. Zaradi intenzivnih človekovih dejavnosti so najbolj obremenjena vodna telesa v severovzhodnem delu Slovenije. V letu 2023 smo slabo kemijsko stanje določili za Savinjsko, Dravsko in Mursko kotlino (Karta 1).



Karta 1: Kemijsko stanje vodnih teles podzemne vode in ustreznost po merilnih mestih v letu 2023

Podzemna voda v Savinjski, Dravski in Murski kotlini je prekomerno obremenjena z nitrati, v Dravski kotlini pa tudi z atrazinom in njegovim razpadnim produktom desetil-atrazinom. Vodni telesi Murska

in Savinjska kotlina sta lokalno obremenjeni z lahkohlapnimi halogeniranimi alifatskimi ogljikovodiki, občasno preseganja opazimo tudi na drugih vodnih telesih.

PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA

V nadaljevanju so podrobneje predstavljeni parametri, ki so del ocene kemijskega stanja podzemne vode za leto 2023 in sicer vsebnost nitrata, pesticidov in lahkohlapnih halogeniranih organskih spojin v podzemni vodi.

Nitrati

Vsebnost nitrata se v programu monitoringa podzemne vode določa na vseh merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Analize smo izvedli na 167 merilnih mestih. Na 16 merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 9,6 % vseh merilnih mest. V tabeli 5 je prikazan procent ustreznih in neustreznih merilnih mest po vodnih telesih, v tabeli 6 pa preseganja po posameznih merilnih mestih v letu 2023.

Tabela 5: Število merilnih mest in število ter procent neustreznih merilnih mest glede na vsebnost nitrata po vodnih telesih v letu 2023

Vodno telo podzemne vode	Št. MM	Št. neustr. MM glede na vsebnost nitrata	% neustr. MM glede na vsebnost nitrata
Savska kotlina in Ljubljansko barje	47	2	4,3
Savinjska kotlina	11	3	27,3
Krška kotlina	13	1	7,7
Karavanke	4	0	0,0
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5	0	0,0
Spodnji del Savinje do Sotle	4	0	0,0
Kraška Ljubljana	7	0	0,0
Dolenjski kras	22	0	0,0
Dravska kotlina	25	7	28,0
Zahodne Slovenske gorice	2	0	0,0
Murska kotlina	12	3	25,0
Vzhodne Slovenske gorice	4	0	0,0
Obala in Kras z Brkini	3	0	0,0
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	8	0	0,0
SKUPAJ	167	16	9,6

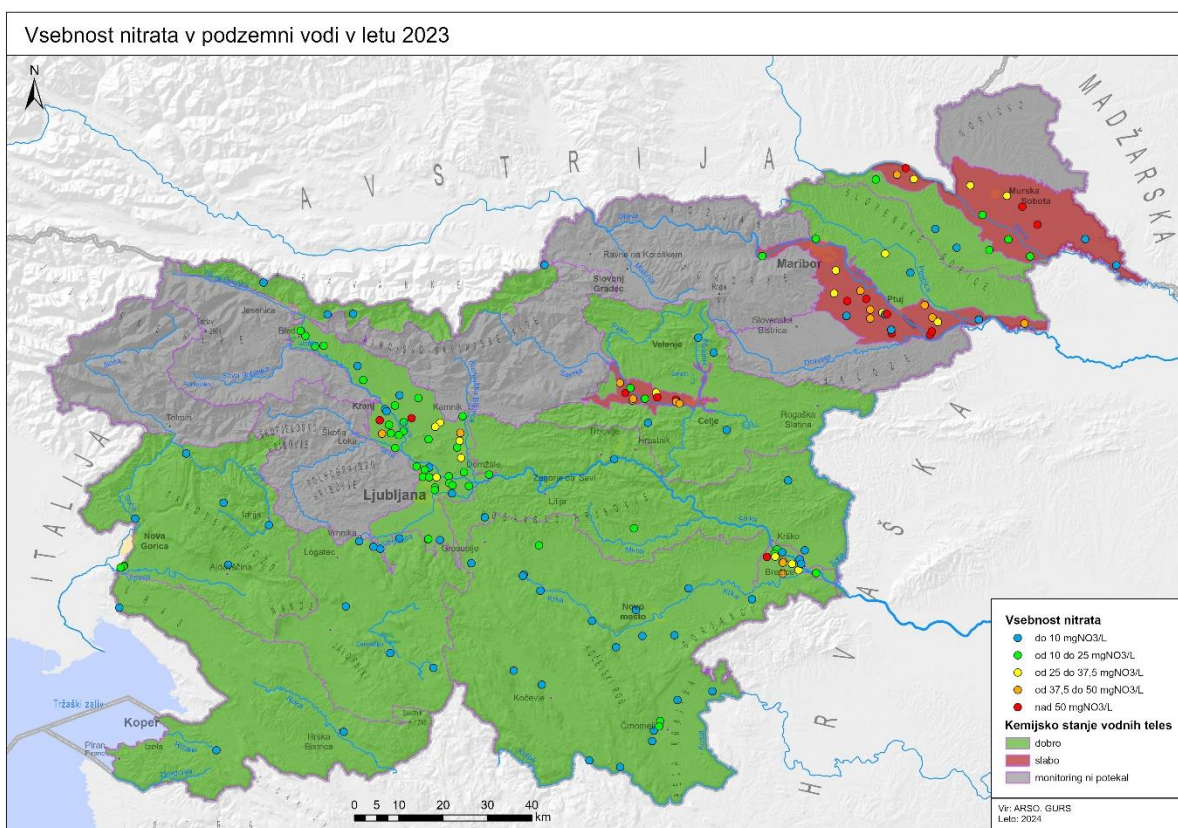
Legenda: **MM**: merilno mesto

Tabela 6: Preseganje standarda kakovosti za nitrat na merilnih mestih v letu 2023

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Nitrati mgNO ₃ /L
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Voglje Vog-1/14	57,5
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Žabnica 0590	53,0
Savinjska kotlina	Trnava Trn-1/14	53,5
Savinjska kotlina	Žalec Žal 1/14	60,0
Savinjska kotlina	Levec Vc-1772	51,0
Krška kotlina	Drnovo	53,4
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	51,0
Dravska kotlina	Podova Pod-1/10	68,5

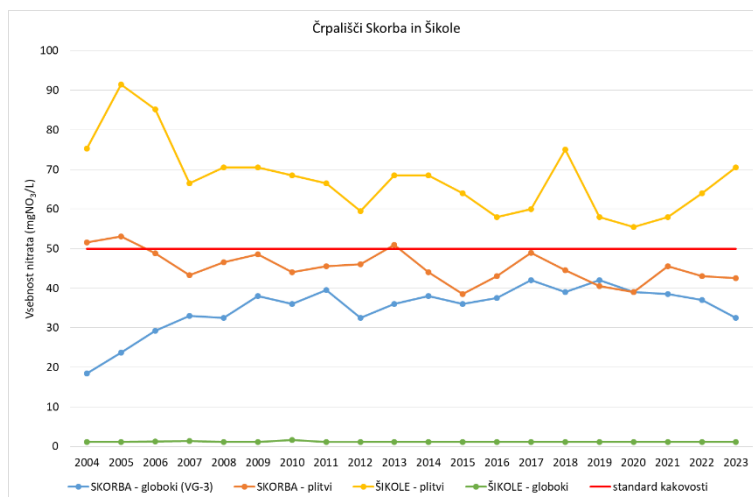
Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Nitrati mgNO ₃ /L
Dravska kotlina	Šikole plitvi	70,5
Dravska kotlina	Spodnja Hajdina Shaj-1/14	55,5
Dravska kotlina	Draženci Dra-1/14	62,0
Dravska kotlina	Siget H-50	53,0
Dravska kotlina	Bukovci Buk-1/14	60,0
Murska kotlina	Črnci Črn-1/10	53,0
Murska kotlina	Gančani Gan-1/14	70,5
Murska kotlina	Odranci (Od-1/09)	68,5
Standard kakovosti		50,0

Z nitratom je najbolj obremenjena Dravska kotlina, sledita vodni telesi Savinjska in Murska kotline. Na vseh treh vodnih telesih je poleg merilnih mest, kjer nitrat presega standard kakovosti tudi veliko merilnih mest, ki presegajo 75% standarda kakovosti (37,5 mgNO₃/L). Na drugih vodnih telesih je obremenjenost z nitratom nižja, najnižja pa je na vodnih telesih s prevladujočimi kraško razpoklinskimi vodonosniki. Vsebnost nitrata po koncentracijskih razredih je prikazana na karti 2.



Karta 2: Vsebnost nitrata v podzemni vodi v letu 2023

Že vrsto let velik problem glede vsebnosti nitrata predstavlja obremenjenost centralnega, južnega in jugovzhodnega dela Dravske kotline. Na tem delu se nahajata dve večji črpališči pitne vode in sicer Skorba ter Šikole. V Šikolah so vsebnosti nitrata stalno presežene v plitvem, kvartarnem vodonosniku, v zadnjih dveh letih so povprečne vsebnosti nitrata celo malo narasle. V globokem vodnjaku Skorbi VG-3 pa je vsebnost nitrata naraščala nekje do leta 2019, v naslednjih letih pa so vsebnosti nitrata nekoliko nižje (Grafikon 1).



Grafikon 1: Vsebnost nitrata na črpališčih pitne vode Šikole in Skorba v letih 2004-2023

Pesticidi

Vsebnost pesticidov se v programu monitoringa podzemne vode določa na merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Od 167 merilnih mest, ki so bila vključena v monitoring spremljanja podzemne vode smo analize izvedli na 41 merilnih mestih. Na ostalih merilnih mestih analiz nismo izvajali, ker so bile v preteklih letih vse meritve pesticidov pod mejo določljivosti analitske metode, kar pomeni, da pesticidi na teh merilnih mestih niso bili prisotni. Na petih merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 3,0 % merilnih mest, ki so bila vključena v program monitoringa. Število merilnih mest in delež neustreznih merilnih mest po vodnih telesih je prikazano v tabeli 7, preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid po merilnih mestih pa v tabeli 8.

Tabela 7: Število merilnih mest, neustrezna merilna mesta, število preseženih merilnih mest glede na posamezen pesticid po vodnih telesih

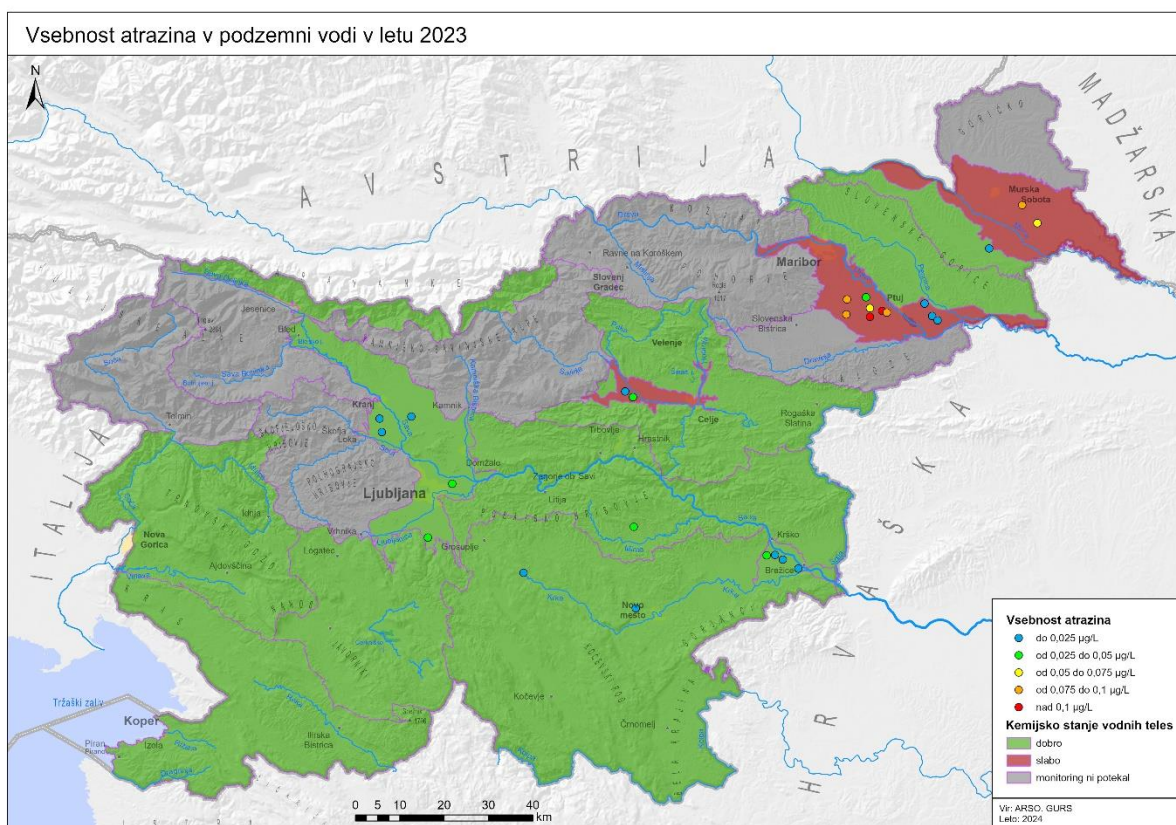
Vodno telo podzemne vode	Št. merilnih mest (MM)	Št. MM, kjer smo analizirali pesticide	Št. neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	% neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	Atrazin (µg/L)	Desetil-atrazin (µg/L)	Prometrin (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	47	8	1	2,1		1	
Savinjska kotlina	11	2					
Krška kotlina	13	4					
Karavanke	4						
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5	1	1	20,0		1	
Spodnji del Savinje do Sotle	4						
Kraška Ljubljana	7						
Dolenjski kras	22	3					
Dravska kotlina	25	14	3	12,0	2		1
Zahodne Slovenske gorice	2	1					
Murska kotlina	12	7					
Vzhodne Slovenske gorice	4	1					
Obala in Kras z Brkini	3						
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	8						
SKUPAJ	167	41	5	3,0	2	1	1

 Legenda: **MM**: merilno mesto

Tabela 8: Preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid na merilnih mestih v letu 2023

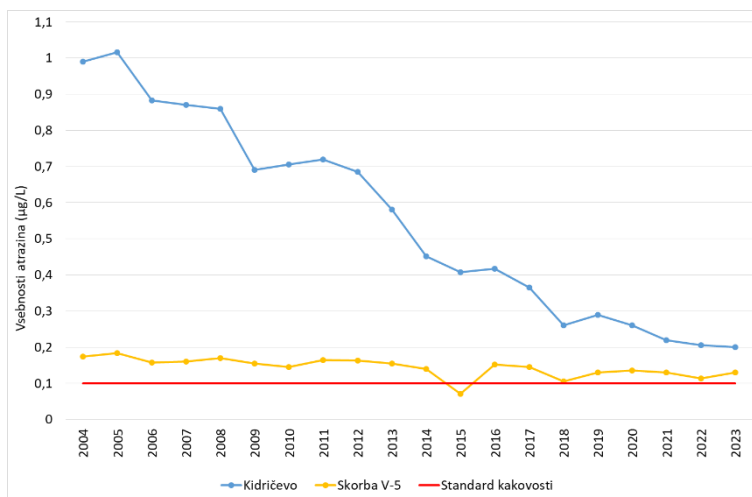
Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Atrazin (µg/L)	Desetil-atrazin (µg/L)	Prometrin (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Iški Vršaj 2AgI		0,11	
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	Kamnje Š-1/92		0,12	
Dravska kotlina	Podova Pod-1/10			0,12
Dravska kotlina	Kidričevo	0,20		
Dravska kotlina	Skorba V-5	0,13		
Standard kakovosti		0,1	0,1	0,1

Standard kakovosti za pesticide je bil presežen na petih merilnih mestih. Na treh merilnih mestih na Dravski kotlini je bila presežena vsebnost atrazina, kar je poleg nitrata tudi vzrok za slabo kemijsko stanje vodnega telesa Dravske kotline. Razen na Dravski kotlini, preseganja atrazina nismo določili na nobenem drugem merilnem mestu. Vsebnost atrazina je prikazana na karti 3.



Karta 3: Vsebnost atrazina v podzemni vodi v letu 2023

Najvišje vsebnosti atrazina smo določili v vodnjaku v Kidričevem, problem pa predstavlja tudi preseganje atrazina na črpališču pitne vode v Skorbi (Grafikon 2).



Grafikon 2: Vsebnost atrazina na merilnih mestih Kidričevo in Skorba V-5 v obdobju 2004-2023

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki

V letu 2023 smo vsebnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov spremljali na štirih merilnih mestih. Vrednost praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike je bila presežena na treh merilnih mestih. V nasprotju z nitratom in pesticidi, ki odražajo pritisk kmetijstva in urbanizacije, lahkohlapne halogenirane organske spojine odražajo industrijsko obremenitev. Presežene vrednosti praga so prikazane v tabeli 9.

Tabela 9: Preseganje vrednosti praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike na merilnih mestih v letu 2023

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Tetrakloroeten (µg/L)	Trikloroeten (µg/L)	Vsota LHCH (µg/L)
Savinjska kotlina	Levec VC-1772	3,7		
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)	70,0	2,8	133,0
Murska kotlina	Gančani Gan-1/14	6,8		
Vrednost praga		2,0	2,0	10,0

Našteta merilna mesta so že več let obremenjena z omenjenimi spojinami, ker pa gre za lokalno obremenitev, nobeno vodno telo zaradi preseganja vrednosti praga ni v slabem kemijskem stanju.

TRENDI ONESNAŽEVAL V PODZEMNI VODI

V skladu s predpisi je potrebno ugotavljati tudi trende onesnaževal v podzemni vodi. Trendi se ugotavljajo za posamezna vodna telesa podzemne vode, kot tudi za posamezna merilna mesta znotraj vodnih teles. Statistično značilni trendi se ugotavljajo za tista merilna mesta, za katere je na voljo najmanj 6 letni niz podatkov. Tako kot prejšnja leta, se je tudi v letu 2023 ugotavljalo trende onesnaževal na vodnih telesih z medzrnsko poroznostjo.

Statistična metoda za ugotavljanje trendov

Statistična značilnost naraščanja ali padanja koncentracij onesnaževal se je določala z bivariatno neparametrično metodo razvrstitvenega korelacijskega koeficienta r' , s stopnjo zaupanja testa (α) = 0,05 in 0,01. Kriterij za izbor te statistične metode je narava podatkov oziroma spremenljivk, ki jih spremljamo z monitoringom podzemne vode. Neparametrična metoda je bila izbrana, ker daje najboljši možni rezultat glede na lastnosti podatkov o kakovosti podzemne vode in sicer ker:

- frekvenčna porazdelitev podatkov odstopa od normalne,
- opazovan vzorec je manjši, oziroma število opazovanj ni veliko,
- nizi pogosto vsebujejo osamljene vrednosti.

Z neparametrično korelacijo se je ugotavljala enakomernost med spremenljivkama x in y , v našem primeru med spremenljivko časa in vsebnostjo kemijskega parametra v podzemni vodi. Za spremenljivki x in y , ki predstavljata vrednosti naših podatkov, ločeno poiščemo njune razvrstitve $R(x_i)$ in $R(y_i)$. Razvrstitev je mesto vrednosti v zaporedju, urejenem od najnižje proti najvišji vrednosti. Kadar je za vsako opazovanje i , razvrstitev x enaka razvrstitvi y , je razvrstitvena korelacija popolna. Statistika temelji na vsoti razlik med odgovarjajočimi razvrstitvami x in y . Vrednosti koeficienta segajo od 0 (ni korelacije) do 1 ali -1 (popolna pozitivna ali negativna korelacija). Raje kot o linearnem odnosu, govorimo o visoki enakomernosti med spremenljivkama x in y . S statističnim sklepanjem ugotavljamo, kakšne so lastnosti našega vzorca. Obravnavamo dve nasprotujoči si hipotezi. Prva predpostavlja, da korelacije ni, da se razvrstitve ene in druge spremenljivke ne ujemajo. Druga hipoteza predpostavlja, da korelacija obstaja.

1. $H_0: \rho' = 0$ korelacije ni
2. $H_1: \rho' \neq 0$ korelacija obstaja

Spearmanov razvrstitveni koeficient izračunamo s pomočjo formule:

$$r' = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R(x_i) - R(y_i))^2}{n(n^2 - 1)}$$

Izračunani r' primerjamo s tabelirano kritično vrednostjo. Prvo hipotezo H_0 zavrnemo, kadar je r' izračunani $>$ r' tabelirani.

Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2023 in v podobdobjih

Tako kot prejšnja leta smo tudi v letu 2023 ugotavljali statistično značilne trende onesnaževal v vodnih telesih podzemne vode in vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo.

Obsežnejše obdelave podatkov z rezultati in z grafi trendov za vsako vodno telo podzemne vode in po posameznih merilnih mestih so dostopne v [Excelovih datotekah](#) na spletni strani ARSO.

Trende ugotavljamo za parametre, ki so vzrok slabemu kemijskemu stanju podzemne vode glede na Uredbo o stanju podzemnih voda in sicer za nitrat ter atrazin. Poleg omenjenih dveh spojin statistično

vrednotimo tudi desetil-atrazin, ki je razgradni produkt atrazina. Razgradni produkt nam poda vpogled v hitrost razpada samega atrazina.

V obravnavanih analizah ocenjujemo časovne, linearne trende vsebnosti onesnaževal. Na spremenljivost vsebnosti onesnaževal v podzemni vodi vpliva vrsta naravnih in antropogenih dejavnikov. Ti vplivajo tudi na potek linearne funkcije s katero opisujemo koncentracije onesnaževal in za katero ocenjujemo trend. Poznavanje tovrstnih dejavnikov je pomembno, obravnavani so pri interpretaciji rezultatov.

Ker veliko dejavnikov vpliva na trende onesnaževal v podzemni vodi, smo statistične analize po času za posamezna vodna telesa in za posamezna merilna mesta izvedli v dveh korakih, najprej za obdobje, znotraj niza 26 hidroloških let, med leti 1998-2023.

V drugem koraku smo znotraj podatkovnega niza 1998-2023 izvedli statistično analizo za podobdobja med leti za minimalno 6 let (2018-2023) in maksimalno 24 let (2000-2023).

Namen teh analiz je vpogled v tendenco razvoja trenda in v variabilnost podatkov proti koncu podatkovnega niza, vključno z letom 2023. Rezultat nas opozarja, da se vsebnost onesnaževala proti koncu podatkovnega niza, za razliko od celotnega niza med leti 1998-2023, ne znižuje, ali ne narašča, kar bodo potrdili ali ovrgli podatki monitoringa v prihodnjih letih. Zanesljivost ocene trenda v drugem koraku smo opredelili tudi glede na število let, ki jih zajema analiza (Tabela 10).

Tabela 10: Zanesljivost ocene trenda glede na število let, zajetih v analizo za podobdobja

Število let	Zanesljivost ocene trenda
6-10	nižja
11-20	srednja
>20	višja

S krajšim nizom let se zanesljivost statističnega testa zmanjša. Glede na to in glede na značilnosti obravnavanega niza podatkov, se poslužujemo neparametrične statistike, katera temelji na razvrstitvi (ranku) in poda najboljši možni rezultat glede na razpoložljive podatke.

Trendi za nitrat

Trend vsebnosti nitrata smo ocenjevali na tistih vodnih telesih, kjer povprečna vsebnost nitratov na posameznem merilnem mestu presega 10 mg NO₃/L. Ta kriterij je bil uporabljen na podlagi izsledkov projekta Bridge, v okviru katerega je bilo ugotovljeno, da se koncentracije nitrata do 10 mg/L lahko pojavljajo naravno. Z analizo trendov pa smo želeli pregledati predvsem antropogene vplive¹.

Vsebnosti nitrata se v posameznih vodnih telesih za celotno obravnavano obdobje med leti 1998-2023 statistično znižujejo z izjemo vodnih teles Savinjska in Krška kotlina. Nasprotno pa za krajša podobdobja v vodnih telesih podzemne vode, z srednjo in nižjo zanesljivostjo, trenda ni (Tabela 11). Razlog za to so različni dejavniki, tudi spremembe merilne mreže. Znotraj obdobja 26 let smo ukinjali stare, onesnažene, manj reprezentativne vaške vodnjake in vrtine z namenskimi, tehnično ustreznimi vrtinami, ki kažejo realno stanje kakovosti podzemne vode.

¹ BRIDGE: MÜLLER D., BLUM A., HART A., HOOKEY J., KUNKEL R., SCHEIDLEDER A., TOMLIN C., WENDLAND F. (2006) –Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, Deliverable D18, BRIDGE project, 63 p.

Tabela 11: Nitrat - statistično značilni trendi v vodnih telesih podzemne vode med leti 1998-2023 in za podobdobja

Vodno telo podzemne vode	Ocena trenda med leti 1998-2023	Podobdobje	Ocena trenda podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Trend pada	2015-2023	Trenda ni	9	nižja
Savinjska kotlina	Trenda ni				
Krška kotlina	Trenda ni				
Dravska kotlina	Trend pada	2011-2023	Trenda ni	13	srednja
Murska kotlina	Trend pada	2007-2023	Trenda ni	17	srednja
Goriška Brda in Trnovsko Banjška planota	Trend pada	2008-2023	Trenda ni	16	srednja

Podobne rezultate je analiza trendov pokazala tudi na znatnem številu merilnih mest, kjer se vsebnosti nitrata statistično značilno znižujejo za celotno obravnavano obdobje 1998-2024, medtem ko se za krajša podobdobja, z nižjo in srednjo zanesljivostjo ne znižujejo več (izjema je merilno mesto Godešič) (Tabela 12). Analiza je namreč pokazala, da se vsebnosti nitrata zadnja leta pravzaprav ne znižujejo, ampak iz leta v leto nihajo z določenim razponom.

Tabela 12: Nitrat - statistično značilni trendi v podzemni vodi na merilnih mestih med leti 1998-2023 in za podobdobja

Šifra VTPodV	Merilno mesto	Ocena trenda med leti 1998-2023	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
1001	Domžale, C-4	Trend pada	2015-2023	Trenda ni	9	nižja
1001	Dragočajna D-0185	Trend pada	2014-2023	Trenda ni	10	nižja
1001	Drulovka Dru-1/14	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
1001	Godešič SOV-5174	Trend pada				
1001	Hrastje (I a) 0344	Trend pada	2015-2023	Trenda ni	9	nižja
1001	Kleče (VIII a) 0543	Trend pada	2000-2023	Trenda ni	24	višja
1001	Koteks-Zalog 0371	Trend pada	2014-2023	Trenda ni	10	nižja
1001	Mercator V1	Trend pada	2014-2023	Trenda ni	10	nižja
1001	Šobčev bajer	Trend pada	2015-2023	Trenda ni	9	nižja
1001	Žabnica 0590	Trend pada	2015-2023	Trenda ni	9	nižja
1002	Dolenja vas ČB 1/83	Trend pada	2010-2023	Trenda ni	14	srednja
1002	Gotovlje 0800	Trend pada	2012-2023	Trenda ni	12	srednja
1002	Levec AMP P-1	Trend pada	2013-2023	Trenda ni	11	srednja
1002	Levec VC-1772	Trend pada	2014-2023	Trenda ni	10	nižja
1002	Medlog, vodnjak A	Trend pada	2013-2023	Trenda ni	11	srednja
1003	Drnovo	Trend narašča	2012-2023	Trenda ni	12	srednja
1003	PB-20	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
1003	Sp.Stari grad NE-1177	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
1003	Vrbina NE-1077	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
3012	Dornava (Do-1/09)	Trend narašča	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
3012	Kungota (Ku-1/09)	Trend pada	2015-2023	Trenda ni	9	nižja
3012	Skorba V-5	Trend pada	2007-2023	Trenda ni	17	srednja
3012	Zagojčji ZP-3/01	Trend pada	2007-2023	Trenda ni	17	srednja
4016	Rakičan (Ra-1/09)	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
4016	Žepovci Žep-2/10	Trend narašča	2018-2023	Trenda ni	6	nižja

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode **1001**: Savska kotlina in Ljubljansko barje; **1002**: Savinjska kotlina, **1003**: Krška kotlina, **3012**: Dravska kotlina, **4016**: Murska kotlina

V vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje na večini merilnih mest trenda nismo ugotovili. Padajoč trend za nitrat je bil za obdobje 1998-2023 ugotovljen na približno petini merilnih mest. Za večino od njih (z izjemo Godešiča), v krajšem podobdobju let, z nižjo verjetnostjo, ne pada več. Med temi merilnimi mesti so tudi črpališča Domžalskega in Ljubljanskega polja - Domžale, Hrastje, Kleče. V Klečah, je zanesljivost, da trend ne pada več, zaradi daljšega niza podatkov zadnjih štiriindvajsetih let, višja. Med najbolj obremenjenimi merilnimi mesti z nitratom v tem vodnem telesu so črpališče v

Godešiču in Žabnica na Sorškem polju ter Voglje na Kranjskem polju. V Žabnici se koncentracije, glede na analizo podobdobja zadnjih devetih let, ne znižujejo več, ampak nihajo okoli okoljskega standarda kakovosti. V Vogljah trenda nismo ugotovili, vrednosti pa prav tako nihajo pod in nad standardom kakovosti. V Godešiču so se vsebnosti nitrata znižale pod standard kakovosti v letu 2022, prvič po petindvajsetih letih. Letna povprečna vrednost je nižja od standarda kakovosti tudi v letu 2023 (Tabela 11, Tabela 12).

V Savinjski kotlini trenda za nitrat ni na več kot polovici merilnih mest. Na manj kot polovici merilnih mest med leti 1998-2023 še vedno ugotavljamo padajoče trende, le-ti, pa za krajše podobdobje let, s srednjo in nižjo zanesljivostjo ne padajo več. Med njimi je bil okoljski standard za nitrat v letu 2023 še vedno presežen v Levcu VČ-1772 ter v Trnavi in Žalcu. Na slednjih dveh merilnih mestih trenda nismo zaznali (Tabela 11, Tabela 12).

Na merilnih mestih Pb-20, Šentlenart in Vrbinja na Brežiškem polju v Krški kotlini, trend za nitrat za krajše podobdobje zadnjih šestih let, z nižjo zanesljivostjo ne pada več. V črpališču Drnovo, kjer vsebnosti nitrata v obdobju 1998-2023 naraščajo, pa za obdobje zadnjih dvanajstih let (med leti 2012-2023), s srednjo verjetnostjo ne naraščajo več, okoljski standard kakovosti pa je bil v zadnjih letih na tem merilnem mestu, tudi v letu 2023, še vedno presežen (Tabela 7, Tabela 12). Zaledje črpališča predstavljajo kmetijske površine. Črpališče od oktobra 2010 dalje služi kot rezervni vodni vir, ki ga uporabljajo v primeru večjih okvar na vodovodu Krško, ko vodna vira Brege in Rore ne zadostujeta za oskrbo vseh uporabnikov². Na ostalih merilnih mestih Krške kotline trenda nismo ugotovili.

V Dravski kotlini na večini merilnih mest trenda za nitrat nismo zaznali, okoljski standard kakovosti pa je bil v letu 2023 presežen na merilnih mestih Bukovci, Draženci, Podova, Prepolje, Siget, Spodnja Hajdina in plitvi vodnjak Šikole. Za obdobje let 1998-2023 se vsebnosti nitrata znižujejo v Kungoti, v plitvem vodnjaku v Skorbi in v Zagojičih, med tem, ko se za podobdobje zadnjih sedemnajstih let (2007-2023), s srednjo zanesljivostjo ne znižujejo več v Skorbi in v Zagojičih, v Kungoti pa z nižjo zanesljivostjo, za obdobje zadnjih devetih let. V Dornavi smo ugotovili trend naraščanja za daljši niz podatkov, za krajše podobdobje zadnjih šestih let pa z nižjo zanesljivostjo, trenda ni. V globokem vodnjaku v Skorbi, naraščajočega trenda za nitrat v letu 2023 nismo več ugotovili (Tabela 7, Tabela 12).

Osrednji del Murske kotline je na merilnih mestih Gančani in Odranci z nitratom najbolj obremenjen. Na teh dveh merilnih mestih, kjer je okoljski standard kakovosti že vrsto let presežen, tudi v letu 2023, trenda ne ugotavljamo. V Rakičanu, ki se prav tako nahaja v osrednjem delu Murske kotline, trend za obdobje 1998-2023, pada. Na Apaškem polju v Žepovcih pa smo prav tako za obdobje 1998-2023 ugotovili naraščajoč trend, katerega koncentracije v zadnjih letih nihajo tik pod standardom. Naraščanje koncentracij pripisujemo kmetijski dejavnosti in plitvemu vodonosniku na merilnem mestu. Tako v Rakičanu kot v Žepovcih, za krajši podobdobji zadnjih sedem in šest let, trenda z nižjo zanesljivostjo nismo ugotovili (Tabela 7, Tabela 12).

Trendi za atrazin in desetil-atrazin

Vrednosti atrazina in desetil-atrazina so v vodnih telesih podzemne vode večinoma že pod 0,03 µg/l, zato obsežnejša analiza trenda ni bila potrebna.

Atrazin in desetil-atrazin sta bila v podzemni vodi vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo za obdobje v letu 2023 analizirana na 29 merilnih mestih (manj kot 30 % merilne mreže v aluvialnih vodonosnikih), ker onesnaženje z atrazinom in njegovim razpadnim produktom v posameznih vodnih telesih in na posameznih merilnih mestih ni več prekomerno prisotno. Višje vrednosti so prisotne le še lokalno. Za

² Poročilo o kakovosti pitne vode na javnih vodovodih ter odvajanju in čiščenju odpadnih voda v mestni občini Krško in občini Kostanjevica na Krki v letu 2021

obdobje 1998-2024 trend za atrazin še pada v Dravski kotlini, med tem, ko v podobdobju zadnjih desetih let (2014-2023), trenda z nižjo zanesljivostjo ni (Tabela 13).

Tabela 13: Atrazin - statistično značilni trendi v vodnih telesih podzemne vode med leti 1998-2023 in za podobdobja

Vodno telo podzemne vode	Ocena trenda med leti 1998-2023	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
Savska kotlina in Ljubljansko barje	vrednosti so se znižale pod 0,03 µg/l				
Savinjska kotlina	vrednosti so se znižale pod 0,03 µg/l				
Krška kotlina	vrednosti so pod 0,03 µg/l				
Dravska kotlina	Trend pada	2014-2023	Trenda ni	10	nižja
Murska kotlina	Trenda ni				
Goriška Brda in Trnovsko Banjška planota	vrednosti so pod 0,03 µg/l				

Na posameznih merilnih mestih Dravske kotline (Kidričevo, Kungota, Podova, Prepolje, Skorba plitvi vodnjak, Spodnja Hajdina, Šikole plitvi vodnjak) in Murski kotlini (Gančani, Odranci) trend za atrazin in desetil – atrazin za obdobje let 1998-2023 še vedno padata. Za to obdobje se desetil-atrazin statistično značilno znižuje tudi v Latkovi vasi Savinjske kotline. Na večini od teh merilnih mest se vsebnosti atrazina in desetil-atrazina v krajših podobdobjih zadnjih let (6-10 let) ne znižujejo več, ampak nihajo z določenim razponom (Tabela 13, Tabela 14).

V Kidričevem, v osrednjem delu Dravskega polja, je onesnaženje z atrazinom in z njegovim razgradnim produktom desetil-atrazinom v letu 2023 še vedno prisotno in sicer v razmerju približno 2:1. Povprečna vrednost za atrazin v letu 2023, kljub padajočemu trendu, še vedo za 100% presega okoljski standard kakovosti (Grafikon 3, Tabela 13, Tabela 14). Njegov razgradni produkt, desetil-atrazin pa se na merilnem mestu za krajše obdobje zadnjih sedmih let, ne znižuje več in je bil v letu 2023 tik pod standardom kakovosti (Grafikon 4 in 5, Tabela 15). Podatki torej kažejo, da je atrazin v vodonosniku na merilnem mestu še vedno prisoten. Njegova razgradnja še vedno poteka, vendar se vrednosti razgradnega produkta – desetil-atrazina, v zadnjih letih ne znižujejo več.

Tabela 14: Atrazin - statistično značilni trendi v podzemni vodi na merilnih mestih med leti 1998-2023 in za podobdobja

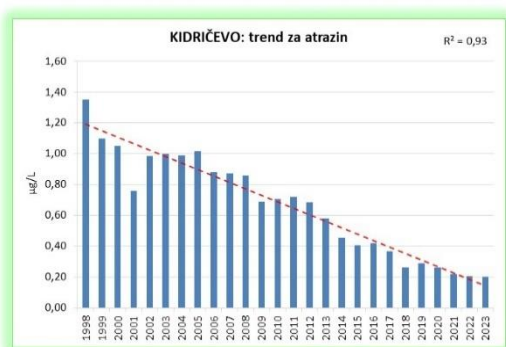
Šifra VTPodV	Merilno mesto	Ocena trenda med leti 1998-2023	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
3012	Kidričevo	Trend pada				
3012	Kungota (Ku-1/09)	Trend pada				
3012	Podova Pod-1/10	Trend pada				
3012	Prepolje, P-1	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
3012	Skorba V-5	Trend pada	2016-2023	Trenda ni	8	nižja
3012	Spodnja Hajdina SHaj-1/14	Trend pada				
3012	Šikole	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
4016	Gančani Gan-1/14	Trend pada				
4016	Odranci (Od-1/09)	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode, 3012: Dravska kotlina, 4016: Murska kotlina

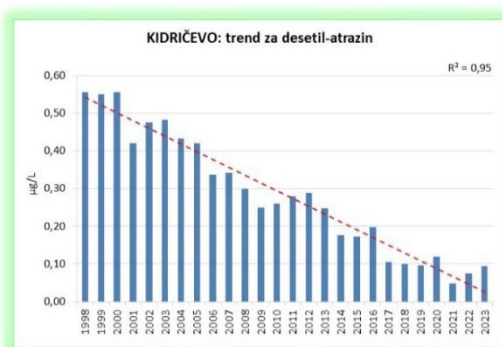
Tabela 15: Desetil-atrazin - statistično značilni trendi v podzemni vodi na merilnih mestih med leti 1998-2023 in za podobdobja

Šifra VTPodV	Merilno mesto	Ocena trenda med leti 1998-2023	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
1002	Latkova vas Lvas-1/14	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
1002	Kidričevo	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
1002	Kungota (Ku-1/09)	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
1002	Podova Pod-1/10	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
1002	Skorba V-5	Trend pada	2014-2023	Trenda ni	10	nižja
1002	Spodnja Hajdina SHaj-1/14	Trend pada	2017-2023	Trenda ni	7	nižja
1002	Šikole	Trend pada	2018-2023	Trenda ni	6	nižja
Vodn	Gančani Gan-1/14	Trend pada				
1003	Odranci (Od-1/09)	Trend pada				

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode, 1002: Savinjska kotlina, 3012: Dravska kotlina, 4016: Murska kotlina



Grafikon 3: Kidričevo, trend za atrazin



Grafikon 4: Kidričevo, trend za desetil-atrazin



Grafikon 5: Kidričevo, trenda ni za desetil-atrazin za niz podatkov 2017-2023

Interpretacija analize trendov

Nitrat

Dušik je najpomembnejši element v prehrani rastlin. Te sprejemajo dušik v obliki nitratnega (NO_3^-) ali amonijevega iona (NH_4^+). Zaradi intenzivne nitrifikacije v tleh, ob prisotnosti bakterij, je nitrat (NO_3^-) prevladujoča oblika dušika, ki jo sprejme rastlina. Nitrat je v zemlji zelo mobilan in se pri določenih klimatskih pogojih ter strukturi tal spirala v podzemno vodo.

Vir povečanja koncentracije nitrata v podzemni vodi je napajanje vodonosnika na območjih kmetijskih površin, ki so prejele dušikova gnojila. Zaradi dobre topnosti v vodi in ob slabši sposobnosti tal za zadrževanje vode je nitrat v tleh zelo mobilan. V tovrstnih tleh nitrat potuje približno enako hitro kot voda in zato ima onesnaževalo velik potencial spiranja v podzemno vodo.

Za obdobje let med 1998-2023 se trendi za nitrat na določenih merilnih mestih še vedno statistično značilno znižujejo. Padajoče trende nitrata v podzemni vodi medzrnskih vodonosnikov znotraj tega obdobja let pripisujemo gospodarjenju z dušikom v kmetijskem sektorju, hidrološkim in kmetijskim sušam ter sušam v tleh³. Za posamezna podobdobja med leti 2000-2023 pa se vsebnosti nitrata v medzrnskih vodonosnikih ne znižujejo, ampak nihajo z določenim razponom. Ko bo zanesljivost ocene trenda za krajša podobdobja na večjem številu merilnih mest višja, bo potrebna poglobljena analiza dejavnikov, ki so v zadnjih letih vplivali na nihajoče vrednosti nitrata v podzemni vodi.

Atrazin in desetil-atrazin

Vrednosti za atrazin in desetil-atrazin so v vodnih telesih podzemne vode večinoma že pod 0,03 µg/l. Zato je bila analiza trenda za posamezna podobdobja potrebna zgolj nekaterih merilnih mestih. V Dravski in Murski kotlini trendi za obdobje 1998-2023 padajo le na določenih merilnih mestih (Tabela 9, 10).

Atrazin se v Dravski kotlini zadržuje veliko dlje časa kot na drugih vodnih telesih. Kaže, da ga je v vodonosniku še vedno več, kot njegovega razgradnega produkta desetil-atrazina. K tej situaciji pripomore več dejavnikov. Eden od njih je zagotovo dejstvo, da je bila Dravska kotlina v primerjavi z drugimi vodnimi telesi v preteklosti daleč najbolj obremenjena z atrazinom. Ne gre izključiti starih bremen (ki so lahko na površju odprta, ali pa so na različnih globinah vodonosnika še vedno prisotna in se izpirajo v podzemno vodo), hidrogeoloških pogojev in počasne razgradnje, možna je pa tudi nelegalna uporaba atrazina po uveljavitvi prepovedane uporabe⁴.

Razloge je potrebno iskati tudi v lastnostih atrazina. [Razgradnja atrazina poteka](#) bodisi s kemijskih razpadom, bodisi z razpadom s pomočjo mikroorganizmov. Reakcija razgradnje atrazina v tleh je odvisna tudi od drugih dejavnikov (npr. pH, specifična površina ter poroznost delcev, delež organske snovi, prisotnost mikroorganizmov, temperatura,..). Glavni faktorji, ki vplivajo na transport pesticidov skozi tla so hidravlična prevodnost tal, količina organske snovi in glin (zlasti montmorilonita in vermikulita) in vsebnost vlage v tleh. Na transport herbicidov iz zemeljskega površja do podzemne vode vplivajo še drugi faktorji - od rabe do obdelave ter lastnosti tal, klimatskih dejavnikov, hidrogeoloških značilnosti (napajanje vodonosnika, globina do podzemne vode, značilnosti nezasičene cone)⁵.

Za ugotavljanje dejavnikov, ki vplivajo na spremenljivost vsebnosti atrazina in desetil-atrazina v medzrnskih vodonosnikih po času (in prostoru), bi bile potrebne kompleksne strokovne študije.

OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO UREDBI O PITNI VODI

Podzemne vode v Sloveniji predstavlja glavni vir pitne vode, saj se z njo oskrbuje približno 97 % prebivalcev v Sloveniji. Nabor parametrov, ki ga za preverjanje ustreznosti pitne vode predpisuje Uredba o pitni vodi, je obsežnejši kot nabor parametrov v Uredbi o stanju podzemnih voda. V Uredbi o pitni vodi so parametri razdeljeni v tri skupine: mikrobiološki, kemijski in indikatorski parametri. Zdravstveno ustreznost pitne vode določajo mikrobiološki in kemijski parametri, indikatorski pa dajo

³ ARSO 2021-2023: Kazalci okolja (KM25, PP13, PP14, PP-15)

⁴ Razširjenost pesticidov v vodonosniku Dravskega polja, A. Koroša, Geologija 62/2, 2019, Ljubljana

⁵ Sophocleous, M. et.al. 1990: Movement and aquifer contamination potential of atrazine and inorganic chemicals in central Kansas croplands. Ground Water Series 12, Kansas Geological Survey

informacijo o urejenosti sistema za oskrbo in imajo opozorilni namen. V poročilu prikazujemo le tiste kemijske parametre, ki jih Uredba o stanju podzemne vode ne obravnava, so pa navedeni v Uredbi o pitni vodi.

Obdelava podatkov je pokazala, da na nekaterih merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, presegajo mejno vrednost sledeči parametri: pH vrednost, amonij, arzen, železo in mangan. Mejne vrednosti so navedene v tabeli 16.

Tabela 16: Parametri, ki presegajo mejne vrednosti glede na Uredbo o pitni vodi

Parameter	Mejna vrednost	Skupina parametra
Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)	med 6,5 in 9,5	indikatorski
Amonij (mgNH ₄ /L)	0,5	indikatorski
Arzen (µg/L)	10	kemijski
Železo (µg/L)	200	indikatorski
Mangan (µg/L)	50	indikatorski

Vzorčenje v okviru monitoringa pitne vode poteka na pipah uporabnika. Državni monitoring kemijskega stanja podzemne vode poteka na surovi vodi, preden le ta vstopa v vodarne, kjer vodo iz različnih virov pogosto mešajo med seboj. Da bi lažje ocenili presegevanja, še posebej pri globokih vrtinah, smo pri vrednotenju upoštevali tudi povprečje parametrov za obdobje 1998-2022 (Tabela 17).

Tabela 17: Merilna mesta s presegevanji mejne vrednosti po Pravilniku o pitni vodi

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	pH (-)		Amonij (mgNH ₄ /L)		Mangan (µg/L)		Železo (µg/L)		Arzen (µg/L)	
		1998-2022	2023	1998-2022	2023	1998-2022	2023	1998-2022	2023	1998-2022	2023
Krška kotlina	PB-20			0,4	2,0	395	1090	55	1505		
Dravska kotlina	Rače Rač-1/10	6,3	6,1								
Dravska kotlina	Šikole GV2					110	118	291	326	10	14
Murska kotlina	Žepovci Žep-2/10	6,4	6,1								
Murska kotlina	Mali Segovci MSeg-1/14	5,9	5,9								
Murska kotlina	Benica Ben-1/14					254	254	7276	6450		
Murska kotlina	Zgornje Krapje (ZK-1/09)	6,6	6,4								
Murska kotlina	Veščica (Ve-1/09)	6,3	6,1			466	314	4009	1141		
Vzhodne Slovenske gorice	Spodnji Ivanci							705	354		
Vzhodne Slovenske gorice	Žihlava Žih 2/04							401	435		

Rezultati so pokazali, da so na merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, glede na Uredbo o pitni vodi, večinoma preseženi indikativni parametri.

Glede na povprečje meritev v letih 1998-2022 je bila na merilnem mestu PB-20 presežena vsebnost amonija, mangana in železa. Višje vsebnosti amonija, mangana in železa pripisujemo spremenjenemu režimu napajanja vrtine zaradi zaježitve HE Brežice. Vpliv zaježitve se kaže na padcu vsebnosti kisika, kar povzroča anaerobne razmere v vrtini.

Vsebnost arzena, ki spada med parametre, ki vplivajo na zdravstveno ustreznost pitne vode, je bila presežena le na enem merilnem mestu in sicer v globokem vodnjaku na črpališču Šikole. Vsebnost arzena ne odstopa od povprečja v obdobju 1998-2022. Presegevanja arzena na splošno opažamo na objektih, ki segajo v globlje geološke plasti, kjer so povišane vsebnosti arzena po vsej verjetnosti posledica naravnega ozadja.

PREISKOVALNI MONITORINGI

Stanje podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice

Uredba o stanju podzemnih voda nam nalaga tudi spremljanje stanja voda na območjih, kjer je podzemna voda povezana s površinskimi vodami, koncentracije onesnaževal v podzemni vodi pa lahko škodljivo vplivajo na vodne in kopenske ekosisteme, ki so od njih neposredno odvisni. Slovenija je tako kot vse evropske države definirala območja NATURA 2000 z namenom ohranjanja biotske raznovrstnosti in varovanja naravnih habitatov ogroženih rastlinskih in živalskih vrst. Pravno podlago za vzpostavljanje območij NATURA 2000 predstavljata Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst in Direktiva o ohranjanju prostoživečih ptic. Med območji NATURA 2000 so definirana tudi območja, odvisna od podzemne vode.

Kot ogroženo je bilo definirano območje, kjer prebiva človeška ribica (*Proteus anguinus*) in obsega območje Dinarskega krasa južne in jugo-vzhodne Slovenije. Na tem območju so v skladu s Pravilnikom o določitvi vodnih teles podzemnih voda določena tri vodna telesa podzemne vode in sicer vodno telo Kraška Ljubljana, Dolenjski kras in Obala in Kras z Brkini. Človeška ribica (v Sloveniji najdemo belo in črno podvrsto) živi v kraškem podzemlju in celo življenje preživi v vodi. Glede na to, da lahko živi tudi preko 50 let je kakovost vode, v kateri živi še kako pomembna. Zato lahko vsako onesnaženje, tako kratkotrajno kot tudi dolgotrajno, vpliva na katerikoli razvojni stadij človeške ribice. Po navedbi stroke predstavljajo največjo grožnjo nitrati (preko 10 mg NO₃/L), kovine, pesticidi in PCB⁶. Zakonodaje, ki bi predpisovala mejne vrednosti in sistem monitoringa še ni, je pa bila v okviru projekta LIFE Kočevsko izdelana študija, ki je določila vrednost nitrata 9,2 mg NO₃/L kot ciljno mejno vrednost za ugodno stanje habitata človeške ribice⁷.

Največji vir potencialnega onesnaženja z nitrati predstavljajo kmetijstvo, neustrezno očiščene komunalne odpadne vode ter lokalno, neustrezno vzdrževano kanalizacijsko omrežje.

Merilna mesta, kjer spremljamo kakovost vode zaradi človeške ribice so navedena v tabeli 18.

Tabela 18: Mreža za spremljanje kakovosti podzemne vode zaradi človeške ribice

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Koordinata E	Koordinata N	Prvo leto opazovanj
Kraška Ljubljana	Malenščica - črpališče v Malnih - iztok	442138	76116	2003
Kraška Ljubljana	Tresenec, Otok na Čerkniškem jezeru	452165	65596	2007
Kraška Ljubljana	Veliki Obrh pri Ložu	461914	62240	2003
Dolenjski kras	Radešca, Podturn	503086	66907	1994
Dolenjski kras	Dobličca	511218	45745	1990
Dolenjski kras	Jelševnik	511616	48119	2014
Dolenjski kras	Otovški breg	513011	50275	2014
Dolenjski kras	Pački breg	512783	49076	2014
Dolenjski kras	Krupa	516918	55006	1993
Dolenjski kras	Obrh Rinža	486328	58486	2007
Dolenjski kras	Vir pri Stični	485709	89905	2016
Dolenjski kras	Mali Podljuben	508993	69444	2016
Dolenjski kras	Metliški Obrh	524784	56970	1992

⁶ Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC); Pregled ekosistemov odvisnih od stanja podzemnih vod; GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE, 2014

⁷ B. Kolar: Ocena tveganja, ki ga predstavlja nitrat za ekosisteme podzemne vode in za človeško ribico na projektnem območju LIFE Kočevsko (LIFE13 NAT/SI/000314), Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Center za okolje in zdravje, 2017

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Koordinata E	Koordinata N	Prvo leto opazovanj
Obala in Kras z Brkini	Brestovica	391075	75834	2003

Na vseh merilnih mestih smo v letu 2023 vzorčili dvakrat. V vseh vzorcih smo izmerili osnovne fizikalne (temperatura zraka, temperatura vode, pH, električna prevodnost (20 °C), kisik, nasičenost s kisikom, redoks potencial in kemijske parametre (amonij, nitrit, nitrat, ortofosfat), kovine, na nekaterih merilnih mestih pa tudi pesticide (Vir pri Stični, Otovški in Pački breg) in ostanke zdravil (Otovški in Pački breg, Krupa).

Ker trenutno zakonodaja, ki bi predpisovala mejne vrednosti in sistem monitoringa ni na voljo, smo pri oceni stanja kraških izvirov, kjer prebiva človeška ribica, uporabili naslednje podlage:

- B. Kolar: Ocena tveganja, ki ga predstavlja nitrat za ekosisteme podzemne vode in za človeško ribico na projektnem območju LIFE Kočevsko (LIFE13 NAT/SI/000314), Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Center za okolje in zdravje, 2017
- Uredba o stanju podzemnih voda
- Uredba o stanju površinskih voda

Ocena stanja podzemne vode kraških izvirov na podlagi študije »Ocena tveganja, ki ga predstavlja nitrat za ekosisteme podzemne vode in za človeško ribico na projektnem območju »LIFE Kočevsko«

V okviru omenjene študije je bila kot ciljna mejna vrednost za ugodno stanje habitata človeške ribice določena vsebnost nitrata **9,2 mgNO₃/L**. Mejna vrednost je bila določena na osnovi razpoložljivih ekotoksikoloških podatkov za vodne organizme in z upoštevanjem naravnega ozadja.

V tabeli 19 je prikazana povprečna letna vsebnost nitrata v obdobju 2010 - 2023 na merilnih mestih, kjer spremljamo stanje voda na ogroženih območjih človeške ribice. S poudarjenim tekstom so označena letna povprečja, ki presegajo predlagano mejno vrednost za nitrat.

Tabela 19: Letna povprečja nitrata na merilnih mestih v obdobju 2010-2023

Leto	Malenščica	Dobličca	Krupa	Metiški Obrh	Obrh Rihža	Veliki Obrh pri Ložu	Brestovica	Radešca, Podturm	Jelševnik	Otovški breg	Pački breg	Vir pri Stični	Mali Podljuben	Tresenec
2010	2,8	2,4	5,0	7,3	3,0	3,0	5,4	5,2						
2011	4,3	3,1	4,8	4,8	4,9	3,3	5,4	5,3						
2012	3,6	4,6	4,9	9,9	4,3	4,4	5,4	7,0						
2013	2,7	5,6	7,1	7,2	3,3	3,3	2,8	5,9						
2014	3,3	2,9	4,2	7,0	3,4	3,2	2,7	7,9	3,6	13,2	11,7			
2015	6,1	2,8	4,8	7,4	4,8	4,7	5,6	4,8	3,5	14,1	13,0			
2016	4,5	3,2	5,4	6,4	4,0	4,0	5,4	4,8	3,5	15,7	14,2	11,8	8,7	6,6
2017	3,2	3,9	3,8	7,9	3,5	4,5	5,6	6,3	3,2	17,9	16,4	19,3	6,6	5,4
2018	3,9	3,4	4,8	6,9	5,9	3,6	5,0	6,1	3,2	17,0	14,2	14,0	10,6	6,3
2019	4,4	3,9	6,0	6,8	6,1	4,0	4,5	6,6	5,7	13,5	11,4	18,0	9,9	6,1
2020	3,0	5,3	5,8	6,6	5,9	3,8	5,0	6,2	4,2	17,5	14,9	13,0	6,7	4,4
2021	3,2	3,6	5,3	7,2	5,2	3,5	4,4	6,0	4,8	16,8	14,8	14,8	13,5	4,8
2022	4,4	3,8	5,5	7,8	3,2	4,6	5,9	5,9	4,1	10,9	10,5	17,7	9,8	4,5
2023	2,0	3,7	4,0	8,8	2,3	3,3	6,2	4,9	3,6	13,2	12,1	18,1	8,5	2,9

Rezultati meritev so pokazali, da so glede na vsebnosti nitrata v letu 2023 v slabem stanju merilna mesta Otovški in Pački breg in Vir pri Stični. Ocena na podlagi omenjene študije je **neuradna**, saj

ugotovitve študije še niso bile prenesene v veljavno zakonodajo, ki bi poleg mejne vrednosti predpisovala tudi način izvajanja monitoringa in vrednotenja rezultatov.

Stanje izvirov, ocenjeno na podlagi Uredbe o stanju površinskih voda

Ocena podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice na podlagi Uredbe o stanju površinskih voda je le informativnega značaja, saj je frekvenca zajemov v okviru monitoringa podzemne vode nižja, kot je predpisano v okviru monitoringa ekološkega stanja površinskih voda. Poleg tega napajalna zaledja nekaterih kraških izvirov (Vir pri Stični, Otovski breg, Pački breg), kjer se nahajajo habitati človeške ribice, niso najbolj obsežna in ne odražajo večjega dela vodonosnika oziroma vodnega telesa.

Izvir Vir pri Stični (izvir Virskega potoka) je manjši kraški izvir, ki se nahaja južno od Šimenkovega brezna pri Mekinjah nad Stično. S hidrološkim bilančnim izračunom je bilo ocenjeno prispevno zaledje izvira, ki znaša približno 2,3 km² (12). Izvira Otovski breg in Pački breg sta manjša kraška izvira na zahodnem obrobju Bele Krajine. Za Otovski breg⁸ je bilo ocenjeno zaledje na 2,4 km², za Pački breg⁹ pa na 3,4 km².

Vsi trije kraški izviri, v katerih je habitat človeške ribice v neugodnem stanju, kar bi lahko bila posledica vpliva povišanih vsebnosti nitrata v podzemni vodi, nimajo velikih vplivnih, oziroma napajalnih območij znotraj vodnega telesa Dolenjski kras, katerega površina znaša kar 3.355,0 km². To pomeni, da je onesnaženje lokalnega značaja in ne presega 30% volumna vodnega telesa, zato ostaja kemijsko stanje za vodno telo Dolenjski kras, dobro.

Parametri kemijskega stanja

Mejne vrednosti za parametre kemijskega stanja iz Uredbe o stanju površinskih voda in mejne vrednosti v nobenem od naštetih izvirov v letu 2023 niso bile presežene, zato so vsi izviri v dobrem kemijskem stanju.

Parametri ekološkega stanja

Uredba o stanju površinskih voda poleg parametrov za oceno kemijskega stanja površinskih voda, določa tudi standarde za posebna onesnaževala in splošne fizikalno-kemijske parametre, ki so del ocene ekološkega stanja voda. Standardi kakovosti za posebna onesnaževala, ki so določeni na nacionalnem nivoju, so postavljeni na osnovi ekotoksikoloških podatkov za vodne organizme, z namenom zaščite najbolj občutljive vrste vodnega ekosistema, pa tudi z namenom zaščite plenilcev pred sekundarnim zastrupljanjem in so praviloma strožji kot mejne vrednosti za pitno vodo. Ekološko stanje izvirov, kjer prebiva človeška ribica smo vrednotili na podlagi celotnega fosforja in posebnih onesnaževal.

V tabeli 20 so prikazane referenčne in mejne vrednosti celotnega fosforja za zelo dobro/dobro (ZD/D) in dobro/zmerno (D/Z) ekološko stanje za posamezne ekološke tipe. S poudarjenim tekstom in obrobo so označene mejne vrednosti, ki veljajo za območje izbranih izvirov. Za izračun letne vsebnosti skupnega fosforja se izračuna mediana.

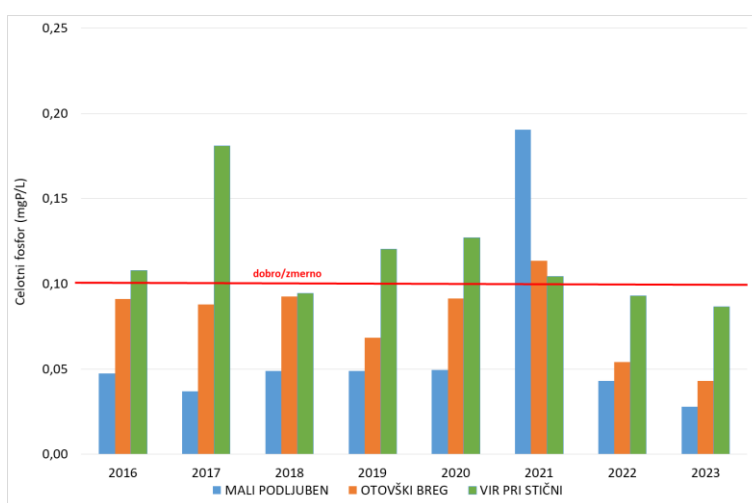
Tabela 20: Referenčne (RV) in mejne vrednosti za zelo dobro/dobro (ZD/D) in dobro/zmerno (D/Z) stanje za celotni fosfor (vrednosti v tabli podane v mg P/L)

⁸ Šimenkovo brezno, Naše jame 41, Glasilo Jamarske zveze Slovenije, Miha Brenčič, Igor Perpar in Boris Sket, Ljubljana, 1999

⁹ Zaključno poročilo projekta: Raziskave za opredelitev in preprečevanje obremenjevanja vodozbirnega zaledja Jelševniščiце in Otovca, s posebnim ozirom na habitat črne človeške ribice (HačloRi), 2021-2024, št. projekta: V1-2139, ZRC SAZU, Univerza v Ljubljani, Geološki zavod Slovenije, 2024, Ljubljana

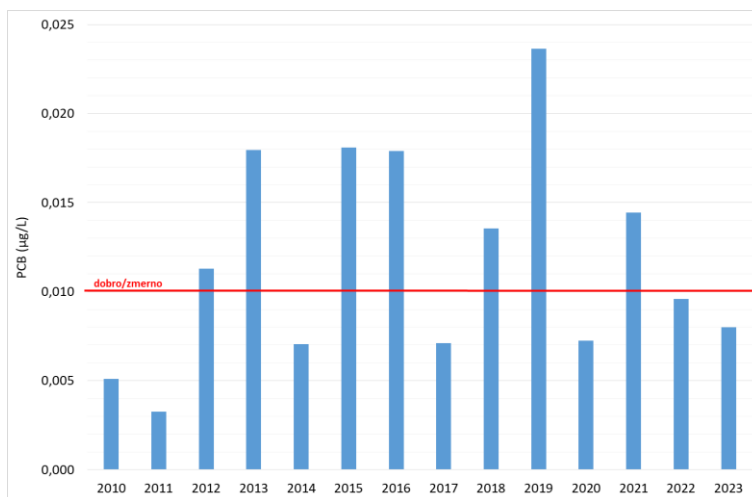
TP/NO ₃ tip	RV	ZD/D	D/Z
AL1	0,003	0,02	0,05
AL2	0,005	0,02	0,10
ED1	0,01	0,02	0,10
ED2	0,01	0,02	0,10
ED3	0,02	0,02	0,10
NIZ1	0,02	0,05	0,15
NIZ2	0,04	0,10	0,20
PN3	0,03	0,05	0,10
SM1	0,008	0,02	0,05
SM2	0,013	0,02	0,05
VR	0,01	0,05	0,10

V letu 2023 so bila glede na celotni fosfor vsa merilna mesta v dobrem ekološkem stanju. Mejna vrednost za dobro/zmerno stanje za celotni fosfor ni bila presežena niti na merilnih mestih, ki so v preteklosti izkazovala zmerno stanje (Grafikon 6).



Grafikon 6: Vsebnost skupnega fosforja na merilnih mestih Vir pri Stični, Otovški breg in Mali Podljuben v obdobju 2016-2023

Obremenjenost območja Semiča s polikloriranimi bifenili (PCB) zaradi proizvodnje kondenzatorjev v letih 1962 – 1985 v tovarni Iskra Semič še vedno predstavlja okoljski problem. PCB so umetne organske spojine iz skupine kloriranih cikličnih ogljikovodikov. Zaradi emisij iz proizvodnje in neustrezno odloženih odpadkov v okolje, je na območju Semiča prišlo z izcejanjem v kraško podzemlje do onesnaženja belokranjskega krasa, predvsem v zaledju izvira reke Krupe. Onesnaženje s PCB ostaja tudi po več kot tridesetih letih še vedno problematično. PCB spada med posebna onesnaževala. V letu 2023 v izvira Krupe povprečna letna vrednost vsote PCB ni presežla mejne vrednosti za dobro stanje (Grafikon 7).



Grafikon 7: Povprečna letna vsebnost PCB v izviru Krupe za obdobje 2010-2023

V letu 2023 so bila torej glede na vsebnost posebnih onesnaževal in celotnega fosforja vsa merilna mesta v dobrem ali zelo dobrem stanju.

Ostanki zdravil in kofeina v podzemni vodi

Napredek medicinske in veterinarske znanosti ter posledično tudi farmacevtske industrije ima v zadnjih letih pozitiven vpliv na zdravje tako na humanem kot tudi veterinarskem področju. Zdravila imajo pozitivne in tudi stranske učinke na telo, vendar si brez njih življenja ne moremo več predstavljati. Malo pa je znanega o tem, kaj se zgodi takrat, ko te substance pristanejo v okolju in kako lahko vplivajo na vodne in kopenske ekosisteme ter nenazadnje preko pitne vode tudi na nas ljudi.

Farmacevtske učinkovine in njihovi razgradni produkti lahko [končajo v okolju na več načinov](#) (proizvodnja zdravil, uporaba zdravil, neustrezno odlaganje, gnojenje). Po ocenah največji [delež prispeva uporaba zdravil](#) tako v humani kot veterinarski medicini. Človeško ali živalsko telo namreč porabi le del zdravilnih učinkovin, preostanek le teh in njihovi razgradni produkti pa se izločijo preko ledvic ali črevesja in zato večinoma končajo v kanalizaciji, kjer preko čistilne naprave, ki jih pogosto odstrani le v sledovih, končajo v rekah, tleh in podzemni vodi. Veterinarski pripravki se s kmetijsko dejavnostjo preko gnoja ali gnojnice raztrosijo po njivah in vrtovih, kjer onesnažujejo tla, s spiranjem pa tudi vode. Nekatere spojine se v okolju razgradijo, nekatere pa so obstojne in jih v vodah lahko zaznavamo še mnogo let.

V okviru monitoringa podzemne vode smo v letu 2014 pričeli s spremljanjem farmacevtskih učinkovin in njihovih razgradnih produktov v podzemni vodi. Kriteriji, ki smo jih pri izbiri merilnih mest upoštevali, so bili podatki o čistilnih napravah v zaledju merilnih mest, urbana poselitve (problem neustrezno vzdrževane kanalizacije) in kmetijska področja. Sprva smo farmacevtske učinkovine spremljali na bolj obremenjenih vodnih telesih z medzrnsko poroznostjo in obsežnejših kraških vodnih telesih, kasneje pa smo merilno mrežo razširili tudi na ostala manj obremenjena vodna telesa.

V programu smo spremljali farmacevtske učinkovine:

- za zdravljenje bakterijskih okužb, antibiotiki
- za zdravljenje srčno-žilnih bolezni
- za uravnavanje krvnih maščob
- ne-steroidna protivnetna zdravila
- za zdravljenje astme
- protibolečinska/protivročinska zdravila

- nekatere hormone
- v okolju zelo obstojen karbamazepin, ki ima širok spekter uporabe

Vsa našteté farmacevtske učinkovine se uporabljajo v humani medicini, z izjemo antibiotikov in nekaterih protivnetnih in protibolečinskih zdravil, ki se uporabljajo tudi v veterinarski medicini.

V program je tudi vključen tudi kofein. Največ kofeina se nahaja v napitkih (kava, energetski napitki), dodan je tudi nekaterim protibolečinskim zdravilom. Kofein je indikator onesnaženja podzemne vode s komunalno odpadno vodo.

V letu 2023 smo farmacevtske učinkovine spremljali na 20 merilnih mestih na naslednjih vodnih telesih:

- Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Dolenjski kras
- Dravska kotlina
- Murska kotlina
- Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota

Analize smo opravili enkrat in sicer v spomladanskem zajemu.

Rezultati analiz so pokazali, da so nekatera merilna mesta bolj in stalno obremenjena. Večina obremenjenih merilnih mest se nahaja na vodnih telesih, kjer prevladuje kraški tip vodonosnika. V območjih kraških vodonosnikov se prepletajo sistemi pretakanja podzemne vode in površinskih voda. Slednje pritečejo iz nekraškega obrobja in na stiku s krasom poniknejo v podzemlje. Tako površinski kot podzemni tokovi so obremenjeni z onesnaženjem iz kmetijske dejavnosti in iz urbane poselitve. Onesnaženje v razpokanih in preperelih kamninah s padavinami in ponikalnicami hitro odteče v podzemlje ter pronica do gladine podzemne vode. Vire onesnaženja s farmacevtskimi učinkovinami v kraških izvirih gre iskati v njihovih napajalnih zaledjih, kjer onesnaženje največkrat povzročajo čistilne naprave in lokalno neurejena kanalizacija.

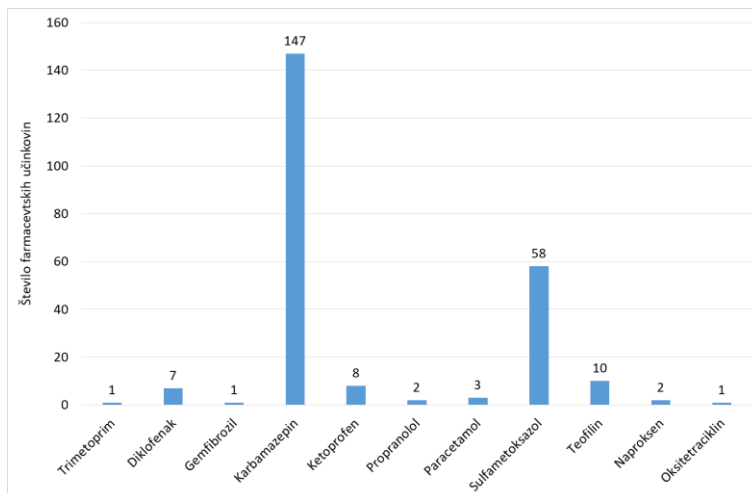
V letu 2023 smo določili 7 različnih farmacevtskih učinkovin v 15 vzorcih, v šestih vzorcih pa smo določili ostanke kofeina. Seznam je prikazan v tabeli 21.

Tabela 21: Prisotnost farmacevtskih učinkovin in kofeina v vzorcih podzemne vode v letu 2023

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Datum	Trimetoprim (µg/L)	Karbamazepin (µg/L)	Ketoprofen (µg/L)	Kofein (µg/L)	Paracetamol (µg/L)	Sulfametoksazol (µg/L)	Teofilin (µg/L)	Oksitetraciklin (µg/L)
Dolenjski kras	Krka	22.05.2023				0,039				
Dolenjski kras	Vir pri Stični	15.05.2023	0,027	0,008						0,030
Dolenjski kras	Težka voda	15.05.2023		0,010						
Dolenjski kras	Bilpa	01.06.2023			0,021	0,066				
Dolenjski kras	Pački breg	25.05.2023					0,100			
Murska kotlina	Žepovci Žep-2/10	23.05.2023		0,079				0,006		
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)	24.05.2023		0,016						
Dravska kotlina	Vrbanski plato 16	05.06.2023		0,010						
Dravska kotlina	Ormož V-8	06.06.2023		0,006		0,024				
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Meja Mej-1/13	22.06.2023		0,011		0,065		0,004		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Drulovka Dru-1/14	22.06.2023		0,015		0,029		0,008		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Podgorje Pod-1/14	13.06.2023						0,004		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vojkova Voj-1/14	15.06.2023		0,015				0,013		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Hraslje (I a) 0344	06.06.2023		0,009				0,005		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Fužine V-DSO-1/15	22.06.2023				0,110	0,005	0,004	0,011	
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	Miren 0330	05.06.2023		0,021				0,006		

Iz tabele je razvidno, da je bil v vzorcih vode najbolj pogosto določen karbamazepin (v 11 vzorcih) in sulfametoksazol (v 8 vzorcih). Ostale farmacevtske učinkovine so se pojavile v manjšem številu vzorcev. Pogosto je bil v vzorcih podzemne vode prisoten tudi kofein.

V celotnem obdobju od 2014 do 2023 smo v vzorcih določili 11 različnih farmacevtskih učinkovin od tega najpogosteje karbamazepin in sulfametoksazol (Grafikon 8).



Grafikon 8: Število vzorcev, v katerih je bila v obdobju 2014-2023 določena prisotnost posamezne farmacevtske učinkovine

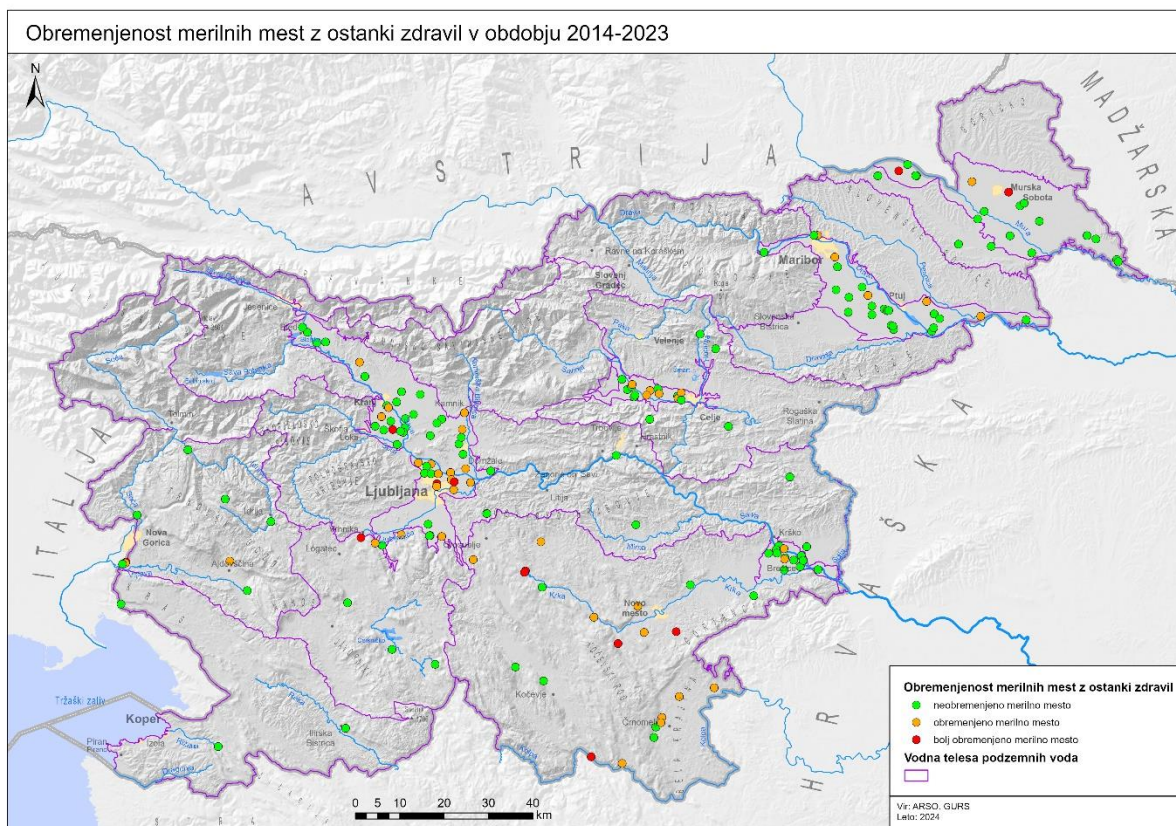
Na nekaterih merilnih mestih podzemne vode v vzorcih vode najdemo več ostankov farmacevtskih učinkovin kot na ostalih merilnih mestih. V tabeli 22 je prikazanih deset merilnih mest, kjer smo zaznali največ ostankov farmacevtskih učinkovin.

Tabela 22: Bolj obremenjena merilna mesta, število vzorcev in zaznane oz. prisotne farmacevtske učinkovine za obdobje 2014-2023

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Št. vzorcev	Št. vseh zaznanih učinkovin nad LOQ	Diklofenak	Karbamazepin	Ketoprofen	Sulfametoksazol
Dolenjski kras	KRKA	15	26	2	12		12
Dolenjski kras	TEŽKA VODA	15	16		15		1
Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	13	13		12		1
Dolenjski kras	RADEŠČA, Podturn	15	12		10		2
Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	13	12		12		0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOJKOVA Voj-1/14	7	11		7		4
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	MIREN 0330	6	10		6		4
Dolenjski kras	BILPA	15	9		6	1	2
Savska kotlina in Ljubljansko barje	MEJA Mej-1/13	7	8		7		1
Savska kotlina in Ljubljansko barje	HRASTJE (I a) 0344	7	8		6		2

Kraški izvir reke Krke v Krški jami izstopa po onesnaženju s farmacevtskimi učinkovinami, saj v njem določamo več vrst ostankov zdravil. Od leta 2007, ko je bil izvir Krke vključen v program monitoringa podzemne vode, v njem opažamo tudi povišane vsebnosti pesticidov. Vir onesnaženja v površinskem napajalnem zaledju izvira (porečje Dobravke in Podlomščice), predstavljajo komunalna čistilna naprava in kmetijske površine. Na aluvialnih vodnih telesih po onesnaženju s farmacevtskimi učinkovinami izstopata dve merilni mesti na Murski kotlini (Žepovci in Rakičan). Vzrok onesnaženja podzemne vode

s farmacevtskimi učinkovinami na aluvialnih vodnih telesih prvenstveno odraža urbano poselitev in posledično neurejeno kanalizacijsko mrežo. V Žepovcih obremenjenost z onesnaževali pripisujemo tudi plitvemu vodonosniku. Obremenjenost merilnih mest s farmacevtskimi učinkovinami je prikazana na karti 4.



Karta 4: Obremenjenost merilnih mest z ostanki zdravil v obdobju 2014-2023

Merilna mesta smo razvrstili v tri razrede. Neobremenjena so tista mesta, kjer v obdobju 2014-2023 nismo zaznali ostankov zdravil. Bolj obremenjena so tista merilna mesta, kjer smo v omenjenem obdobju zaznali 8 ali več ostankov zdravil. Ostala merilna mesta so uvrščena v skupino obremenjenih merilnih mest.

Mejne vrednosti za vrednotenje kakovosti podzemne vode glede na vsebnost farmacevtskih učinkovin še niso določene. V zadnjih letih se na evropskem nivoju pojavljajo predlogi po širitvi obveznega nabora parametrov, ki jih bodo države morale spremljati v podzemni vodi. Med predlogi se pojavljata karbamazepin in sulfametoksazol. Nobeno merilno mesto podzemne vode v Sloveniji ne presega mejnih vrednosti iz nove Direktive o pitni vodi.

Analize perfluorooktansulfonske kisline in perfluorooktanojske kisline

Perfluorooktansulfonska kislina (PFOS) in perfluorooktanojska kislina (PFOA) spadata med obstojna organska onesnaževala. To so strupene, slabo razgradljive spojine, ki se lahko širijo na velike razdalje po zraku in/ali vodi. So škodljive za okolje in zdravje, saj se kopičijo v organizmih, lahko povzročajo raka, vplivajo na hormonsko ravnotežje in lahko okvarijo imunski sistem.

PFOS in PFOA sta industrijski kemikaliji, ki sta imeli zaradi svojih hidrofobnih in lipofobnih lastnosti v preteklosti širok spekter uporabe. Uporabljali sta se v čistilnih izdelkih, v penah za gašenje in kot

impregnacijsko sredstvo v številnih izdelkih, kot so preproge, pohištvo, papir, tekstil in usnje. Danes je uporaba močno omejena, uporabljata se le tam, kjer niso našli ustrezne zamenjave, npr. v fotografski industriji, v industriji elektronike in polprevodnikov ter v hidravličnih tekočinah v letalih.

V obdobju 2018-2023 smo skupno analizirali 438 vzorcev, od tega smo v 177 vzorcih določili PFOS višji od meje določljivosti. Prisotnost PFOA v vzorcih podzemne vode spremljamo od leta 2020, v tem času smo potrdili prisotnost PFOA v 93 od skupno 296 vzorcev. V tabeli 22 je prikazano število merilnih mest po vodnih telesih in število ter procent merilnih mest, kjer smo določili prisotnost PFOS.

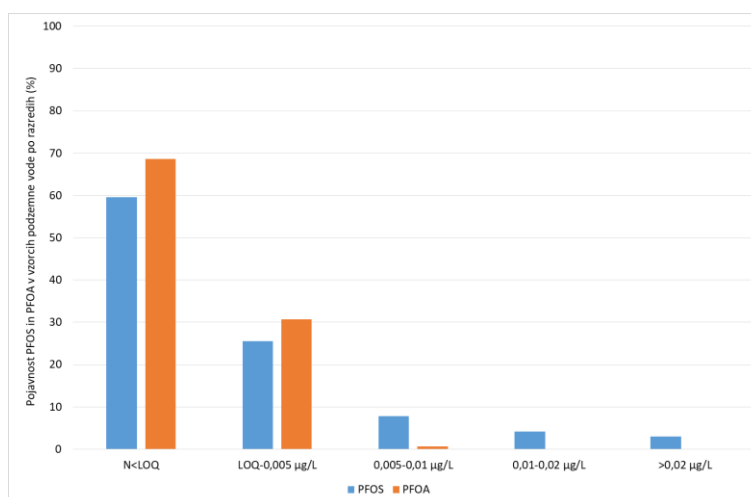
Rezultati monitoringa so pokazali, da so najbolj obremenjena vodna telesa z medzrnsko poroznostjo. Daleč najbolj je obremenjeno vodno telo Savska kotlina in Ljubljansko barje, kjer je kar bila na 67,3% merilnih mest določena vsebnost PFOS nad mejo določljivosti uporabljene analitske metode (Tabela 23). Bolj obremenjeni sta tudi vodni telesi Krške in Dravske kotline ter nekaj merilnih mest na vodnem telesu Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota. Na kraških vodnih telesih, razen v enem vzorcu na Dolenskem krasu prisotnosti PFOS nismo zaznali.

Tabela 23: Število merilnih mest, število in procent merilnih mest, kjer smo v vzorcih analizirali PFOS v obdobju 2018-2023 in PFOA v obdobju 2020-2023

Vodno telo podzemne vode	Št. MM	PFOS št. MM > LOQ	PFOS % MM > LOQ	PFOA št. MM > LOQ	PFOA % MM > LOQ
Savska kotlina in Ljubljansko barje	49	33	67,3	24	49,0
Savinjska kotlina	13	1	7,7		
Krška kotlina	14	6	42,9	4	28,6
Spodnji del Savinje do Sotle*	4				
Kraška Ljubljana*	7				
Dolenjski kras*	22	1	4,5		
Dravska kotlina	27	10	37,0	5	18,5
Murska kotlina	13	5	38,5	1	7,7
Vzhodne Slovenske gorice*	3				
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota**	3	2	22,2	1	11,1
SKUPAJ	155	58	37,4	35	22,6

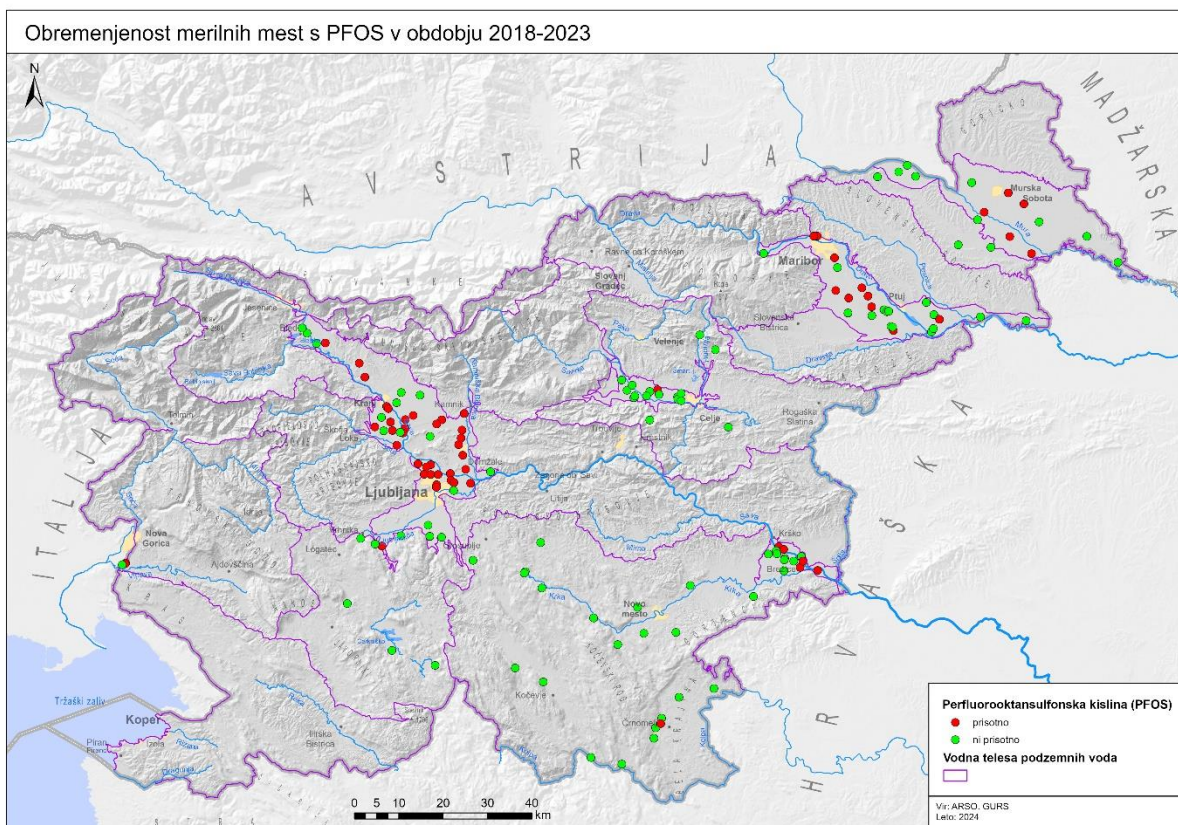
MM: merilno mesto, *: meritve so bile opravljene le eno leto, **: meritve so bile opravljene le na treh od devetih merilnih mestih

Najvišje vsebnosti PFOS smo določili na vodnih telesih Savska kotlina in Ljubljansko barje, Dravska kotlina in Krška kotlina. Daleč najvišja vsebnost PFOS je bila določena na merilnem mestu na Krški kotlini (Sp. Stari grad NE-1177). Rezultati analiz kažejo, da so vsebnosti PFOA nižje kot vsebnosti PFOS (Grafikon 9).



Grafikon 9: Pojavnost PFOS in PFOA po različnih koncentracijskih razredih v obdobju 2018-2023

Obremenjenost vodnih teles s PFOS je prikazana tudi na karti 5



Karta 5: Obremenjenost merilnih mest z PFOS v obdobju 2018-2023

Standard kakovosti za vrednotenje spojin iz skupine PFAS, kamor spadata tudi PFOS in PFOA, za podzemno vodo še ni predpisan.

Metaboliti (razgradni produkti) pesticidov v podzemni vodi

Vsebnost pesticidov v podzemni vodi spremljamo od začetka monitoringa podzemne vode in sicer od leta 1987. V prvih letih so bila v vzorcih pogosto določena presejanja pesticidov, pogosti so bili tudi vzorci, kjer sta standard kakovosti presegala več kot dva pesticida. V zadnjih letih so presejanja standarda kakovosti redka, v letu 2023 smo presejanja ugotovili v sedmih od skupno 80 vzorcev.

Glede na upadanje vsebnosti pesticidov v podzemni vodi v zadnjih letih na nivoju EU pozornost posvečajo tudi metabolitom pesticidov. Metaboliti so produkti razgradnje ali produkti reakcije aktivne substance, delimo pa jih na relevantne in nerelevantne. Posebej pomembni so relevantni metaboliti, saj imajo podoben toksikološki vpliv kot osnovna aktivna substanca. Od leta 1991 v podzemni vodi redno spremljamo dva metabolita atrazina (desetil-atrazin in desizopropil-atrazin) in od leta 2006 en metabolit terbutilazina (desetil-terbutilazin). Atrazin je od leta 2002 v Sloveniji umaknjen iz prodaje, medtem ko je terbutilazin še v uporabi. Metaboliti atrazina in terbutilazina se uvrščajo med relevantne metabolite.

V letu 2021 smo v program monitoringa podzemne vode prvič uvrstili metabolit metolaklor in sicer metolaklor-ESA (Metolachlor Ethane Sulfonic Acid). Metolaklor je mešanica dveh stereoizomer (S in R). R izomera je praktično neaktivna, zato v fazi proizvodnje poskušajo doseči čim večjo vsebnost S izomere. V metolakloru se tako nahaja 80-100 % S in 0-20 % R izomere. Glede na to, da je aktivna le S izomera pogosto metolaklor označujejo po aktivni substanci kot S-metolaklor.

Vsebnost metolaklora v podzemni vodi spremljamo od leta 1987. V tem obdobju smo v podzemni vodi vzorčili 7296 vzorcev, od katerih smo v 667 vzorcih določili prisotnost metolaklora. Standard kakovosti 0,1 µg/L je bil presežen v 175 vzorcih (Tabela 24).

Tabela 24: Metolaklor - število vzorcev po vodnih telesih, število vzorcev preko LOQ in število preseganj standarda kakovosti v obdobju 1987-2023

Vodno telo podzemne vode	Št. vzorcev	Št. vzorcev > LOQ	Preseganja 0,1 µg/L v vzorcih
Savska kotlina in Ljubljansko barje	2191	80	28
Savinjska kotlina	753	50	21
Krška kotlina	699	40	0
Julijske Alpe v porečju Save	41	0	0
Karavanke	45	1	0
Kamniško-Savinjske Alpe	51	0	0
Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	28	1	0
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	119	11	0
Spodnji del Savinje do Sotle	78	2	2
Kraška Ljubljana	133	2	0
Dolenjski kras	480	65	10
Dravska kotlina	1263	315	86
Vzhodne Alpe	36	0	0
Haloze in Dravinjske gorice	30	0	0
Zahodne Slovenske gorice	58	0	0
Murska kotlina	730	82	23
Vzhodne Slovenske gorice	85	10	4
Goričko	23	1	1
Obala in Kras z Brkini	100	2	0
Julijske Alpe v porečju Soče	33	0	0
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	320	5	0
SKUPAJ	7296	667	175

Metolaklor se v večini primerov pojavlja na večjih aluvialnih vodnih telesih. Večje število pojavljanj je tudi na vodnem telesu Dolenjski kras. Pojav metolaklora je večinoma lokalnega značaja, saj ga zaznamo le na določenih merilnih mestih.

Prisotnost metolaklor-ESA v podzemni vodi

Metolaklor ESA smo v letu 2023 analizirali na naslednjih vodnih telesih:

- Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Savinjska kotlina
- Krška kotlina
- Posavsko hribovje do osrednje Sotle
- Dolenjski kras
- Dravska kotlina
- Murska kotlina
- Zahodne Slovenske gorice
- Vzhodne Slovenske gorice

Kriterij za uvrstitev merilnih mest v program spremljanja vsebnosti metolaklora-ESA je bilo pojavljanje metolaklora in metolaklor-ESA ter ostalih pesticidov na merilnem mestu v preteklosti. Analize smo

izvajali v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. V obdobju 2021-2023 smo izvedli 412 analiz in v 221 vzorcih določili prisotnost metolaktora-ESA.

Glede na toksikološke študije je bil [na Evropsko Agencijo za kemikalije](#) vložen predlog razvrstitve S-metolaktora med substance, ki so lahko kancerogene in vplivajo na razmnoževanje. Aktivna snov S-metolaktor je trenutno še v zaključni fazi revizije na Evropski agenciji za varnost hrane (EFSA) oziroma na Evropski Komisiji. Na podlagi osnutke ocene in [RAC mnenja](#) lahko pričakujemo, da bo metabolit metolaktor-ESA razglašen za relevantnega in bo zanj veljal standard kakovosti 0,1µg/L. V nadaljevanju poglavja smo rezultate ovrednotili po previdnostnem načelu, ki upošteva, da je metabolit metolaktor-ESA že razglašen za relevantnega.

V decembru 2023 je Evropska komisija z [Izvedbeno uredbo](#) o neobnovitvi odobritve aktivne snovi S-metolaktor državam članicam naložila, da prekličejo registracijo fitofarmaceutskih sredstev, ki vsebujejo S-metolaktor, kar morajo storiti do 15. novembra 2024. S tem je uporaba S-metolaktora na področju evropske unije prepovedana.

V tabeli 25 so prikazana vodna telesa podzemne vode, vodonosni sistemi in njihova površina, delež njiv, število merilnih mest in merilna mesta, na katerih smo določili prisotnost metolaktora-ESA.

Tabela 25: Prisotnost metolaktora-ESA na aluvialnih vodnih telesih v obdobju 2021-2023

Vodno telo podzemne vode	Vodonosni sistem	Površina VS (km ²)	Delež njiv (%)*	Število MM	Število MM, kjer je prisoten metolaktor-ESA	Število MM kjer metolaktor-ESA presega 0,1µg/L
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Bled - Ribno	26	9,1	2	0	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Tržiška Bistrica	49	15,3	2	0	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Radoveljsko polje	63	9,3	2	0	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Kranjsko polje	121	35,3	8	5	2
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Sorško polje	68	35,2	9	3	2
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vodice - Skaručna	34	15,9	1	1	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	109	18,4	15	1	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko Barje	129	25,1	4	0	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Borovniški vršaj	6	9,5	1	0	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Iški vršaj	12	47,2	2	0	0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Prodni zasip Kamniške Bistrice	87	29,1	5	2	0
Savinjska kotlina	Braslovško polje	26	37,8	4	3	2
Savinjska kotlina	Spodnjesavinjsko polje	55	26,7	9	2	0
Krška kotlina	Brežiško polje	16	37,8	4	1	0
Krška kotlina	Čateško polje	5	31,2	1	0	0
Krška kotlina	Krško polje	60	46,0	8	0	0
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	Območje Mirne	4	5,1	1	1	0
Dravska kotlina	Območje Selniške Dobre in Ruš	18	17,5	1	1	0
Dravska kotlina	Dravsko polje	293	43,8	19	13	7
Dravska kotlina	Ptujsko polje	91	61,2	6	4	3
Dravska kotlina	Ormož - Središče ob Dravi	27	48,1	1	1	0
Zahodne Slovenske gorice	Slovenske gorice - zahodni del	4	23,9	1	1	0
Murska kotlina	Apaško polje	49	62,3	3	2	2
Murska kotlina	Mursko - Ljutomersko polje	65	58,6	3	3	1
Murska kotlina	Dolinsko Ravensko	449	56,4	7	5	4
Vzhodne Slovenske gorice	Slovenske gorice - severni in vzhodni del	3	31,9	2	2	2

Legenda: VS: vodonosni sistem, MM: merilno mesto; *: Vir: [MKGP Grafični podatki RABA za celo Slovenijo 2024](#)

Rezultati spremljanja metabolita metolaklor-ESA so pokazali, da je največ merilnih mest s preseganji na Dravski in Murski kotlini, kjer je tudi zelo visok delež njivskih površin. Prisotnost metolaklor-ESA je visoka tudi v Savinjski kotlini (Braslovško polje) in Savski kotlini in Ljubljansko barje (Kranjsko in Sorško polje), kjer prevladuje višji delež njivskih površin. Na kraških vodnih telesih smo izbrali le manjše število merilnih mest (Tabela 26), vendar smo tudi tu ugotovili prisotnost metolaklor-ESA.

Tabela 26: Prisotnost metolaklor-ESA na ostalih vodnih telesih

Vodno telo podzemne vode	Število MM	Število MM, kjer je prisoten metolaklor-ESA
Kraška Ljubljana	1	0
Dolenjski kras	7	3

Legenda: **MM**: merilno mesto

V letu 2023 smo metolaklor ESA analizirali v 60 vzorcih. Vsebnost nad 0,1 µg/L je bila zaznana v 33 vzorcih.

V tabeli 27 so zbrani vzorci, kjer je v obdobju 2021-2023 letno povprečje metolaklor-ESA presegalo vsebnost 0,1 µg/L za posamezen relevantni metabolit. S poudarjenim tekstom so označena merilna mesta, kjer je bilo preseganje metolaklor-ESA prisotno za vsako posamezno leto v opazovanem obdobju.

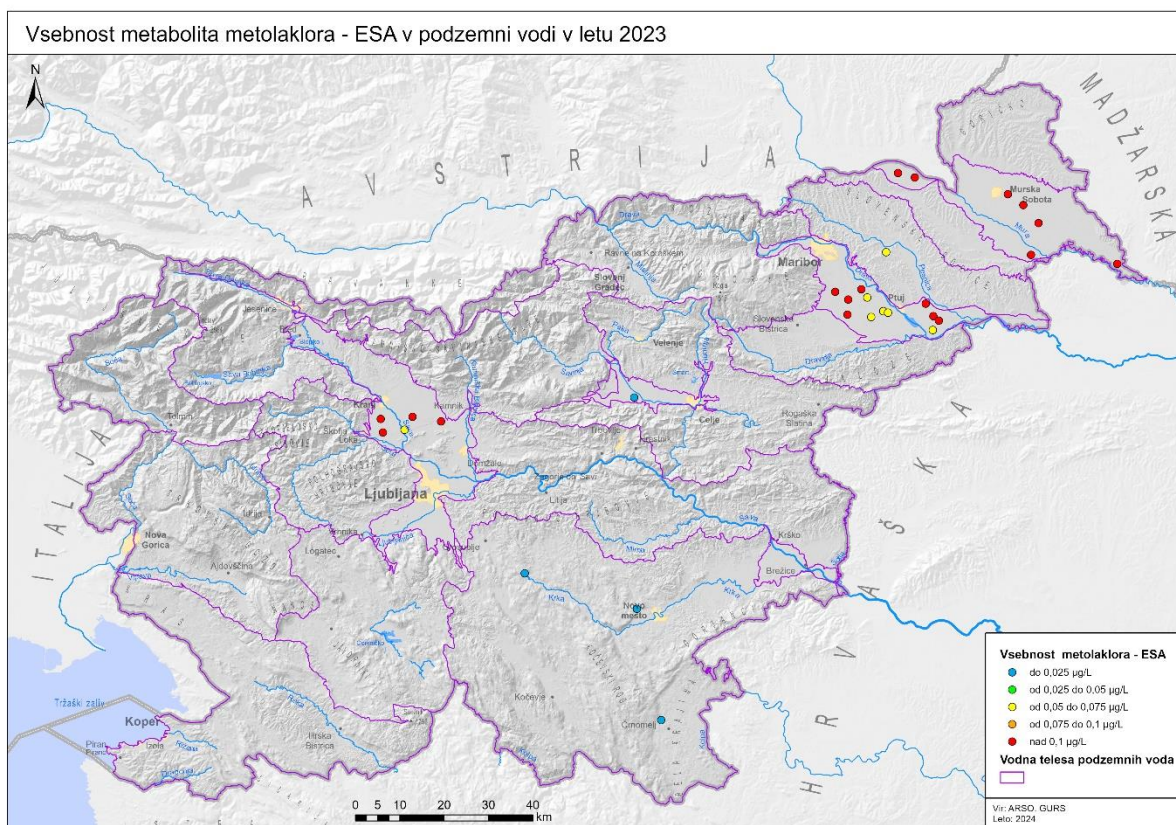
Tabela 27: Merilna mesta, kjer je letno povprečje metolaklor-ESA v obdobju 2021-2023 presegalo 0,1 µg/L

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Leto	Letno povprečje metolaklor-ESA (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	2021	0,46
Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	2022	0,26
Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	2023	0,69
Savska kotlina in Ljubljansko barje	MOSTE Most-1/18	2023	0,14
Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	2021	0,22
Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	2022	0,35
Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	2023	0,78
Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	2022	0,15
Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	2023	0,15
Savinjska kotlina	TRNAVA Trn-1/14	2022	0,11
Savinjska kotlina	LATKOVA VAS Lvas-1/14	2021	0,27
Dolenjski kras	KRKA	2022	0,16
Dolenjski kras	LUKNJA - izvir Prečne	2021	0,12
Dolenjski kras	LUKNJA - izvir Prečne	2022	0,80
Dolenjski kras	OTOVŠKI BREG	2022	0,13
Dravska kotlina	PREPOLJE, P-1	2022	0,15
Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	2021	0,14
Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	2022	0,24
Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	2023	0,32
Dravska kotlina	STARŠE Sta-1/10	2022	0,15
Dravska kotlina	STARŠE Sta-1/10	2023	0,27
Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	2021	0,15
Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	2022	0,22
Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	2023	0,31
Dravska kotlina	ŠIKOLE	2022	0,12
Dravska kotlina	ŠIKOLE	2023	0,15
Dravska kotlina	KIDRIČEVO	2021	0,18
Dravska kotlina	KIDRIČEVO	2022	0,15
Dravska kotlina	DORNAVA (Do-1/09)	2022	0,25
Dravska kotlina	DORNAVA (Do-1/09)	2023	0,16
Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14	2023	0,19
Dravska kotlina	ZAGOJIČI ZP-3/01	2023	0,10
Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	2022	0,13
Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	2023	0,20

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Leto	Letno povprečje metolaklor-ESA (µg/L)
Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	2021	0,53
Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	2022	0,93
Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	2023	0,57
Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	2022	0,22
Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	2023	0,14
Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	2021	0,25
Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	2022	0,53
Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	2023	0,28
Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	2021	0,16
Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	2022	0,34
Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	2023	0,13
Murska kotlina	BENICA Ben-1/14	2022	0,24
Murska kotlina	BENICA Ben-1/14	2023	0,22
Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	2021	0,58
Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	2022	1,53
Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	2023	0,73
Vzhodne Slovenske gorice	RAJŠPOV IZVIR v Lokavcu	2021	0,11
Vzhodne Slovenske gorice	LUKAVCI V3	2021	0,26
Vzhodne Slovenske gorice	LUKAVCI V3	2022	0,61

Najvišje vsebnosti metolaklor-ESA so bile v povprečju ugotovljene na Murski kotlini, Dravski kotlini, Savski kotlini in Ljubljanskem barju. Največ merilnih mest, kjer je letno povprečje višje od 0,1µg/L je na Murski kotlini in sicer štiri merilna mesta. Po dve merilni mesti z vrednostjo, kjer letno povprečje presega 0,1 µg/L je tudi na Dravski kotlini in na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje.

Na karti 6 je prikazana povprečna letna vsebnost metolaklor – ESA v letu 2023.



Karta 6: Povprečna letna vsebnost metolaklor – ESA v letu 2023

Benzotriazoli v podzemni vodi

V drugi polovici leta 2022 je JP VOKA SNAGA je zaradi oskrbe s pitno vodo, v okviru rednega spremljanja stanja Ljubljanskega vodonosnika, na posameznih merilnih mestih opazila prisotnost spojin in skupine benzotriazolov.

Benzotriazoli so organske spojine, ki imajo antikorozivne lastnosti, delujejo pa tudi kot UV stabilizator. Zaradi svojih lastnosti se uporabljajo v industriji, pogosti pa so tudi v izdelkih široke potrošnje. Uporabljajo se v proizvodnji gume, kot maziva, v hladilnih sistemih, hidravličnih tekočinah, kot UV stabilizatorji v izdelkih iz plastične mase, v barvah in premazih, dodajajo se k čistilnim sredstvom, ...

V podzemni vodi smo v drugem vzorčenju spremljali naslednje spojine benzotriazolov:

- 1-metil-1H-benzotriazol,
- 1H-benzotriazol,
- 4-metil-1H-benzotriazol,
- 5-metil-1H-benzotriazol

Analize smo opravili na 34 merilnih mestih. V program smo uvrstili vsa merilna mesta, ki jih na vodonosniku Ljubljanskega polja vključujemo v državni monitoring kakovosti podzemne vode. Dodatno smo v program uvrstili tudi merilna mesta na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje, kjer smo v preteklosti zaznali spojine iz skupine PFAS in ostanke zdravil. Dodali smo tudi pet merilnih mest na kraških vodonosnikih, ki so bolj obremenjena z ostanki zdravil. Z izbiro merilnih mest smo tako poskušali pokriti tako morebitne industrijske emisije kot tudi komunalne odpadne vode. Število merilnih mest po vodnih telesih in vodonosnih sistemih je podano v tabeli 28.

Tabela 28: Število merilnih mest po vodnih telesih in vodonosnih sistemih

Vodno telo	Vodonosni sistem	Število merilni mest
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Tržiška Bistrica	2
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Kranjsko polje	3
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Sorsko polje	3
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Prodni zasip Kamniške Bistrice	5
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	16
Kraška Ljubljanica	Logatec	1
Dolenjski kras	Grosuplje - Lašče	1
Dolenjski kras	Gorjanci	1
Dolenjski kras	Kočevje - Goteniška gora	1
Dolenjski kras	Lahinja	1

Analizirali smo 35 vzorcev. V vseh vzorcih smo določili 1H-benzotriazol, v 25 vzorcih pa je bil prisoten 4-metil-1H-benzotriazol. Prisotnost ostalih dveh benzotriazolov v vzorcih je bila bistveno nižja. Število vzorcev in njihova razporeditev po koncentracijskih razredih so podani v tabli 29.

Tabela 29: Število vzorcev in število vzorcev razporejenih po razredih

Benzotriazoli	Št. vzorcev	<LOQ	≤ 0,01 µg/L	>0,01µg/L in ≤0,025µ/L	>0,025µg/L in ≤0,05µ/L	>0,05µg/L
1H-benzotriazol	35	0	4	18	12	1
4-metil-1H-benzotriazol	35	10	10	9	3	3
5-metil-1H-benzotriazol	35	29	5	1		
1-metil-1H-benzotriazol	35	34	1			

V tabeli 30 je prikazano deset merilnih mest, kjer smo določili najvišje vsebnosti benzotriazolov. Tri najvišje vsebnosti benzotriazolov so označena s poudarjenim tiskom.

Tabela 30: Deset merilnih mest, kjer smo določili najvišje vsebnosti benzotriazolov

Skupina	Vodonosni sistem	Ime	Datum	1H-benzotriazol (µg/L)	4-metil-1H-benzotriazol (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Prodni zasip Kamniške Bistrice	Črpališče Lek	19.10.2023	0,027	0,420
Dolenjski kras	Grosuplje - Lašče	Krka	20.09.2023	0,260	0,072
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	Hrastje (I a) 0344	16.10.2023	0,021	0,250
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	Koteks-Zalog 0371	19.10.2023	0,020	0,050
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	Vojkova Voj-1/14	24.10.2023	0,033	0,034
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Sorško polje	Iskra Kranj 0391	23.10.2023	0,040	0,021
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	Navje-limnigraf	17.10.2023	0,019	0,037
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	Podgorica 1991	19.10.2023	0,042	0,008
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	Hrastje - ŠM1/2D	19.10.2023	0,033	0,016
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Prodni zasip Kamniške Bistrice	Podgorje Pod-1/14	24.10.2023	0,023	0,025

Mejna vrednost za spojine iz skupine benzotriazolov v podzemni vodi ni določena.

Bisfenol A, nonil in oktil fenoli v podzemni vodi

Bisfenoli so organske kemikalije, ki se uporabljajo pri proizvodnji polikarbonatne plastike in epoksi smol. Najpogosteje uporabljena kemikalija iz skupine bisfenolov je bisfenol A, znan tudi pod kratico BPA. Bisfenol A je po podatki Evropske agencije za kemikalije razvrščen med snovi, ki vplivajo na razmnoževanje ter med hormonske motilce. V človeško telo pride predvsem preko hrane, ki je bila v stiku z polikarbonatno plastiko ali z oblogami iz epoksi smol. Zaradi teh negativnih učinkov je Evropska unija sprejela ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti prebivalstva bisfenolu A (npr.: prepoved uporabe bisfenola A v stekleničkah za hranjenje dojenčkov, določitev mejne vrednosti za bisfenol A, ki je še dovoljena pri prehodu iz embalaže v hrano, ..). V Uredbi za pitno vodo je predpisana mejna vrednost za bisfenol A in sicer 2,5 µg/L.

V drugem vzorčenju podzemne vode v letu 2023 smo poskušali ugotoviti, koliko bisfenola A se pojavlja v podzemni vodi v Sloveniji. Izbrali smo 66 merilnih mest, kjer smo v preteklosti opazili pojavljanje industrijskih kemikalij in ostankov zdravil. V nabor merilnih mest so bila vključena tudi večja črpališča pitne vode. Število merilnih mest po vodnih telesih je prikazano v tabeli 31.

Tabela 31: Število merilnih mest, kjer smo spremljali prisotnost bisfenola A

Vodno telo	Število merilnih mest
Savska kotlina in Ljubljansko barje	16
Savinjska kotlina	7
Krška kotlina	8
Kraška Ljubljana	2
Dolenjski kras	7
Dravska kotlina	16
Murska kotlina	7
Goriška Brda in Trnovsko-Banjska planota	3

Analize vzorcev podzemne vode so pokazale, da bisfenol A v nobenem od odvzetih vzorcih ni bil prisoten. Analize bisfenola A v podzemni vodi bomo v prihodnjih letih še ponavljali, eno od vodil za vključitev v program pa bo redno spremljanje rezultatov monitoringa pitne vode. V primeru, da se bo

v pitni vodi pojavila prisotnost bisfenola A, bomo reprezentativna merilna vključili v preiskovalni monitoring podzemne vode.

Stanje kraških izvirov glede na rezultate metode MST z digitalnim PCR

V zadnjih letih so v Centru za mikrobiološke analize živil, vod in drugih vzorcev okolja na Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano razvili metodo, s katero se lahko določi vir fekalnega onesnaženja. [Metoda MST z digitalnim PCR](#) lahko na podlagi fekalnih indikatorskih bakterij zanesljivo dokaže, ali je vir fekalnega onesnaženja človek, prežvekovalci (govedo, ovce, jelenjad, koze), govedo, prašiči ali ptice. Njena dodatna prednost je, da posamezne prispevke k onesnaženju tudi količinsko opredeli.

V letu 2022 smo opravili vzorčenje v nekaterih kraških izviroh Dolenjskega krasa - Jelševniku, Dobljici in Otovškem bregu, v letu 2023 pa smo v program smo uvrstili 6 merilnih mest na vodnem telesu Kraška Ljubljana in 22 na vodnem telesu Dolenjski kras. V tabeli 32 je pripravljen povzetek rezultatov analize MST z digitalnim PCR. Celovit zapis rezultatov analize je dostopen na [spletni strani Agencije za okolje](#).

Tabela 32: Povzetek analize MST z digitalnim PCR po merilnih mestih

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Ali je vzorec fekalno onesnažen	Najverjetnejši vir fekalnega onesnaženja	Pojasnilo
Kraška Ljubljana	Galetovi izviri - Bistra	v majhnem obsegu	ni mogoče določiti	
Kraška Ljubljana	Strojarček	Da	človek in prežvekovalci	kontaminacijo v pretežni meri prispevali prežvekovalci (nizke ravni označevalcev)
Kraška Ljubljana	Iščica	Da	človek	
Kraška Ljubljana	Malenščica - črpališče v Malnih - iztok	Da	človek	
Kraška Ljubljana	Tresenec, Otok na Cerkniskem jezeru	Da	človek in prežvekovalci	kontaminacijo v pretežni meri prispevali prežvekovalci (nizke ravni označevalcev)
Kraška Ljubljana	Veliki Obrh pri Ložu	Da	človek	
Dolenjski kras	Vir pri Stični	Da	človek	
Dolenjski kras	Težka voda	Da	človek in prežvekovalci	kontaminacijo v pretežni meri prispevali prežvekovalci (nizke ravni označevalcev)
Dolenjski kras	Jezero - Šmarjeta	v majhnem obsegu	ni mogoče določiti	
Dolenjski kras	Luknja - izvir Prečne	Da	človek	
Dolenjski kras	Studena pri Kostanjeviški jami	Da	človek	
Dolenjski kras	Tominčev izvir	Da	človek	
Dolenjski kras	Medvedica	Da	človek	
Dolenjski kras	Krka - izvir Poltarica	Da	človek	
Dolenjski kras	Globočec	v majhnem obsegu	ni mogoče določiti	
Dolenjski kras	Krka	Da	človek	
Dolenjski kras	Mali Podljuben	Da	človek	
Dolenjski kras	Bilpa	Da	človek	
Dolenjski kras	Obrh Rinža	v majhnem obsegu	ni mogoče določiti	
Dolenjski kras	Radešca, Podturn	Da	človek	
Dolenjski kras	Rakitnica	Da	človek	
Dolenjski kras	Izvir Dolski	Da	človek	

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Ali je vzorec fekalno onesnažen	Najverjetnejši vir fekalnega onesnaženja	Pojasnilo
Dolenjski kras	Dobličica	Da	človek in prašiči	skoraj v celoti prispeval človek, prispevka prašičev zaradi nizke ravni označevalcev ni možno ovrednotiti
Dolenjski kras	Jelševnik	Da	človek	
Dolenjski kras	Otovški breg	Da	človek	
Dolenjski kras	Pački breg	Da	človek	
Dolenjski kras	Krupa	Da	človek	
Dolenjski kras	Metliški Obrh	Da	prežvekovalci	prisotnost specifičnih označevalcev domačega goveda

Skupaj smo v letu 2023 opravili 28 analiz z metodo MST z digitalnim PCR. Rezultati so pokazali, da v štirih vzorcih zaradi nizke ravni fekalne kontaminacije ni bilo mogoče opredeliti najverjetnejšega vira kontaminacije. V 19 vzorcih je bilo ocenjeno, da je najverjetnejši vir fekalne kontaminacije človek. Človek in prežvekovalci so bili najverjetnejši vir onesnaženja v treh vzorcih, vendar iz koncentracij dokazanih označevalcev lahko sklepamo, da so onesnaženje v pretežni meri prispevali prežvekovalci. Pri interpretaciji teh treh vzorcev je potrebna previdnost zaradi nizke ravni označevalcev. V enem vzorcu so najverjetnejši vir fekalne kontaminacije prežvekovalci, pri čemer je bila potrjena tudi prisotnost specifičnih označevalcev domačega goveda, kar pa ne izključuje prispevka drugih prežvekovalcev. Človek in prašiči so bili vzrok kontaminacije v enem vzorcu, iz koncentracij dokazanih označevalcev pa lahko sklepamo, da je kontaminacijo skoraj v celoti prispeval človek. Prispevka prašičev zaradi nizke ravni označevalcev ni možno ovrednotiti.

Z vzorčenjem ne moremo izključiti drugačnih obremenitev ob kakšnem drugem časovnem terminu vzorčenja, saj vzorec odraža stanje na dan odvzema. Lahko pa na podlagi rezultatov sklepamo, da so izviri na vodnih telesih Kraška Ljubljana in Dolenski kras večinoma obremenjeni s komunalno odpadno vodo. Le manjše število vzorcev je pokazalo pristnost fekalnih indikatorskih bakterij za prežvekovalce in prašiče. V izogib poslabšanja stanja vode na kraških izviri bi morali več pozornosti nameniti vzdrževanju komunalnega omrežja oziroma pogostejšemu in rednemu praznjenju greznic.

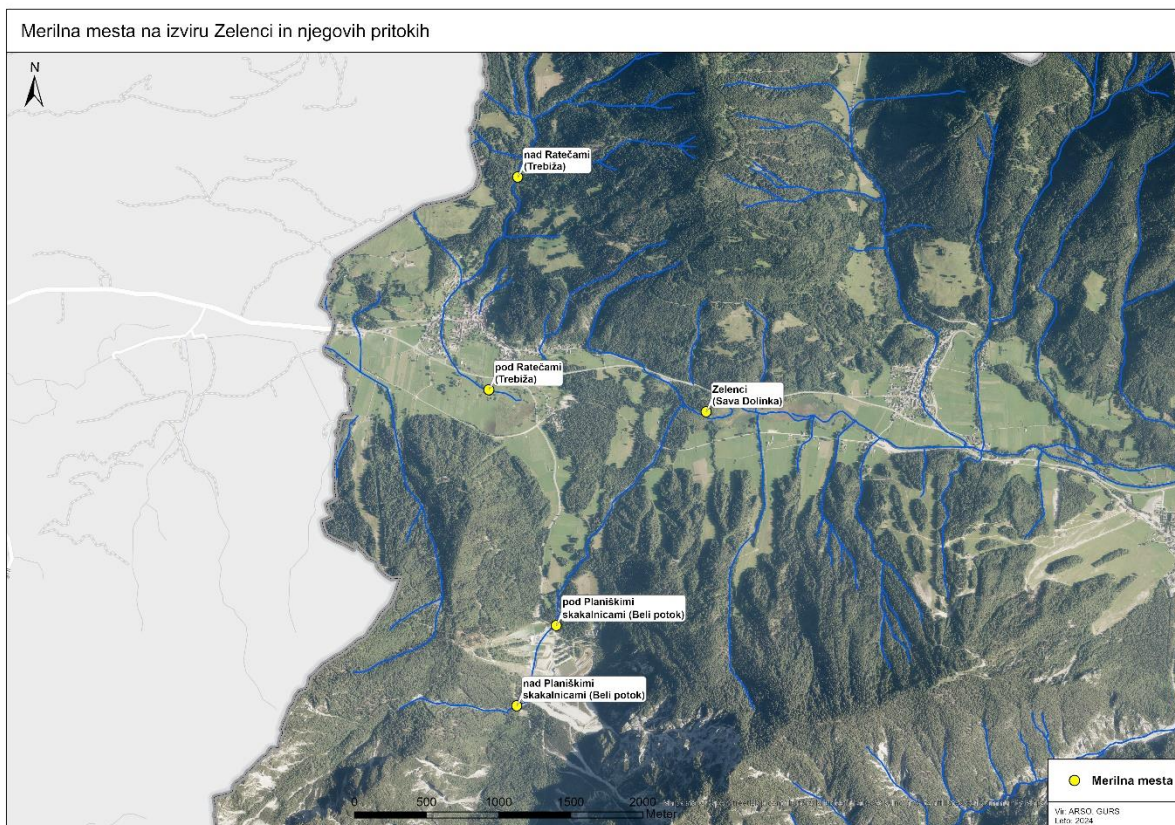
Analiza vode in sedimenta na izviru Zelenci in njegovih pritokih

V letu 2022 je bilo zaradi suše in posledično padca vodostaja na izviru Zelenci opaziti kopreno nečistoč, zato smo v letu 2023 organizirali obsežen preiskovalni monitoring. Program preiskovalnega monitoringa je obsegal analizo vzorcev vode in sedimenta. Poleg kemijskih analiz smo vzeli vzorce vode tudi za mikrobiološke preiskave in PCR analizo z namenom ugotavljanja potencialnega vira onesnaženja. V sodelovanju iz Inštitutom za vode smo na vseh merilnih mestih izvedli tudi analize mikroplastike. Analize mikroplastike smo izvedli z namenom pregleda stanja in določitev morebitnega vpliva uporabe plastičnih mas na skakalnicah v Planici, ki se nahajajo v zaledju izvira Zelenci.

Vzorčenje smo izvedli na izviru Zelenci in na dveh potokih, ki napajata izvir in sicer Beli potok in Trebiža. Beli potok priteče v izvir Zelenci iz smeri Planice, potok Trebiža iz smeri Rateč. Na Belem potoku smo izbrali eno merilno mesto pred in eno pod Planico, na Trebiži pa prav tako dve merilni mesti in sicer eno pred in eno pod Ratečami. Merilna mesta so navedena v tabeli 33, prikazana so na karti 7.

Tabela 33: Merilna mesta na izviru Zelenci in njegovih pritokih

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Koordinata E	Koordinata N
Julijske Alpe v porečju Save	SAVA DOLINKA - Zelenci	403086	151088
Julijske Alpe v porečju Save	BELI POTOK nad Planiškimi skakalnicami	401772	149048
Julijske Alpe v porečju Save	BELI POTOK pod Planiškimi skakalnicami	402046	149606
Julijske Alpe v porečju Save	TREBIŽA nad Ratečami	401779	152717
Julijske Alpe v porečju Save	TREBIŽA pod Ratečami	401578	151241



Karta 7: Merilna mesta na izviru Zelenci in njegovih pritokih

Vzorčenje smo na vseh merilnih mestih izvedli dvakrat in sicer v maju in septembru. Vzorec sedimenta smo na izviru Zelenci odvzeli meseca marca. V maju in septembru je Inštitut za vode na vseh merilnih mestih odvzel vzorce vode in sedimenta in v njih opravil analizo mikroplastike.

Analize vzorcev vode

V vzorcih vode smo v obeh vzorčenjih opravili analize:

- terenskih in osnovnih parametrov
- kovin
- triazinskih pesticidov
- ostankov zdravil
- lahkih halogeniranih ogljikovodikov
- policikličnih aromatskih ogljikovodikov
- aromatskih spojin
- fenolnih spojin
- bisfenola A, oktilfenila, nonilfenola, di(2-etilheksil)ftalata, dibutilftalata, C10-C13 kloroalkanov
- PFOS in PFOA

V maju smo v vzorcih opravili tudi mikrobiološke analize, analizo z metodo MST z digitalnim PCR in identifikacijo organskih spojin, ki je zajemala identifikacijo lahkih organskih spojin, srednje hlapnih organskih spojin ter polarnih spojin.

Tudi v rednem programu monitoringa podzemnih voda je bil v preteklih letih vključen izvir na Zelencih. Vzorčenje in analize smo izvajali v letih 2006-2008, 2012, 2016 in 2020. V tem obdobju smo opravili 13 vzorčenj.

V tabeli 34 je prikazano povprečje meritev na izviri Zelenci za obdobje 2006-2020 in meritve za nabor osnovnih parametrov, ki so bili spremljani v okviru preiskovalnega monitoringa. V tabeli so prikazani tisti, ki so bili v programih monitoringa v vseh letih opazovanj.

Tabela 34: Povprečje meritev na izviri Zelenci za obdobje 2006-2020 v primerjavi z rezultati v letu 2023

Parameter	Enota	Povprečje 2006-2020	15.05.2023	28.09.2023
Električna prevodnost (20°C)	µS/cm	253	270	261
pH	-	7,8	7,9	8,0
Kisik	mg/L	9,8	9,8	10,0
Amonij	mg NH ₄ /L	0,010	<0,013	0,028
Nitriti	mg NO ₂ /L	0,003	0,010	<0,007
Nitrati	mg NO ₃ /L	1,8	<2,2	2,3
Fosfor (skupno)	mg PO ₄ /L	0,032	<0,031	<0,031
Ortofosfati	mg PO ₄ /L	0,012	<0,031	<0,031
Sulfati	mg/L	3	3,2	2,8
Kloridi	mg/L	3,6	4,4	4,5

Rezultati analiz vzorcev vode v letu 2023 so pokazali, da med rezultati ni bistvenih odstopanj od povprečja za obdobje 2006-2020. Podobne rezultate so pokazale tudi analize kovin.

V vzorcih vode smo opravili veliko analiz organskih spojin (pesticidi, ostanki zdravil, lahkih organskih spojin, polihlorirane spojine, policiklične aromatske ogljikovodike, aromatske spojine, fenolne spojine, bisfenol A, oktilfenil, nonilfenol, di(2-etilheksil)ftalat, dibutilftalat, C10-C13 kloroalkane, PFOS in PFOA). Vzorce za analize organskih spojin smo odvzeli ob obeh vzorčenjih. V vzorcih smo določili prisotnost onesnaževal, ki so zbrana v tabeli 35.

Tabela 35: Organske spojine, ki so bile prisotne v vzorcih v okviru preiskovalnega monitoringa na izviri Zelenci in njegovih pritokih

Merilno mesto	Datum	C10-13 kloroalkani (µg/L)	Bisfenol A (µg/L)	Benzo(a)piren (µg/L)*	Benzo(g,h,i)perilen (µg/L)*	Diklofenak (µg/L)**	Paracetamol (µg/L)**	Kofein (µg/L)
Sava Dolinka – Zelenci	15.05.2023	0,04	0,03					
Sava Dolinka – Zelenci	28.09.2023							0,220
Beli potok nad Planiškimi skakalnicami	15.05.2023			0,00049			0,008	0,025
Beli potok nad Planiškimi skakalnicami	28.09.2023							0,025
Beli Potok pod Planiškimi skakalnicami	28.09.2023			0,00120	0,0020			0,043
Trebiža nad Ratečami	28.09.2023							0,087
Trebiža pod Ratečami	15.05.2023							0,059
Trebiža pod Ratečami	28.09.2023					0,022		0,160

Legenda: * policiklični aromatski ogljikovodiki, ** ostanki zdravil

Na podlagi analize osnovnih parametrov, kovin in organskih spojin v vzorcih vode kaže na to, da izvir Zelenci in njegovo zaledje ni obremenjeno s kmetijsko dejavnostjo (nizka vsebnost nitrata in odsotnost

pesticidov), zaznati pa je vpliv urbanizacije (prisotnost ostankov zdravil, bisfenol A), ki pa je glede na pojavnost organskih spojin v vzorcih vode zelo majhen.

V dveh vzorcih vode smo določili tudi prisotnost benzo(a)pirena. [Benzo\(a\)piren](#) spada med policiklične aromatske ogljikovodike, katerih molekulska struktura vsebuje enega ali več aromatskih obročev. V okolju se pojavlja kot posledica nepopolnega izgorevanja organskih snovi npr.: gozdni požari, vulkanski izbruhi, izvor pa je lahko tudi antropogen (izgorevanje fosilnih goriv, premoga, koksa, lesa...). Preko zraka se na prašnih delcih lahko prenaša na velike razdalje. Ocenjeno je, da večino emisij v vode predstavlja prav atmosferska depozicija. Na podlagi podatkov o toksičnosti benzo(a)pirena ([mutagenost in kancerogenost](#)) je bil določen standard kakovosti za površinske vode. V Uredbi o stanju površinskih voda je predpisan okoljski standard kakovosti za letno povprečna vrednost (0,00017 μ g/L) in največjo dopustno koncentracijo (0,27 μ g/L). Vsebnosti benzo(a)pirena v Belem potoku nad Planiškimi skakalnicami v maju in v Belem potoku pod Planiškimi skakalnicami v septembru presegajo letno povprečno vrednost. Za realno oceno stanja pa bi potrebovali vsaj 12 meritev (mesečno vzorčenje), zato stanja na podlagi le dveh rezultatov ne moremo oceniti. Največja dovoljena koncentracija ni bila presežena v nobenem vzorcu.

V vzorcih vode smo opravili tudi mikrobiološke analize, ki so v nekaterih vzorcih pokazali prisotnost bakterij, ki so pokazatelj fekalnega onesnaženja. Rezultati so prikazani v tabeli 36.

Tabela 36: Rezultati mikrobioloških analiz vzorcev na izviru Zelenci in njegovih pritokih

Merilno mesto	Datum	Escherichia coli (E. coli) CFU/100 ml	Intestinalni enterokoki CFU/100 ml	Clostridium perfringens (Vključno s sporami) CFU/100 ml
Sava dolinka - Zelenci	15.05.2023	<10	<10	<10
Sava Dolinka - Zelenci	28.09.2023	<10	<10	<10
Beli potok nad Planiškimi skakalnicami	15.05.2023	<10	<10	<10
Beli potok nad Planiškimi skakalnicami	28.09.2023	<10	11	<10
Beli potok pod Planiškimi skakalnicami	15.05.2023	<10	<10	<10
Beli potok pod Planiškimi skakalnicami	28.09.2023	14	21	<10
Trebiža nad Ratečami	15.05.2023	<10	<10	<10
Trebiža nad Ratečami	28.09.2023	<10	<10	<10
Trebiža pod Ratečami	15.05.2023	28	<10	54
Trebiža pod Ratečami	28.09.2023	61	41	78

Rezultati mikrobioloških analiz so pokazali, da so v vzorcih voda občasno prisotni mikroorganizmi fekalnega izvora v Trebiži pod Ratečami in v Belem potoku. Rezultati analiz so nižji od [Smernih vrednosti](#) NIJZ za prepoved ali odsvetovanje kopanja. Sicer pa mejne vrednosti za površinsko ali podzemno vodo za mikrobiološke parametre niso predpisane. Vzorec vode na izviru Zelenci ni bil fekalno onesnažen, kar je pokazala tudi analiza z metodo MST z digitalnim PCR.

Analize vzorca sedimenta

Vzorec sedimenta je bil na izviru Zelenci odvzet v mesecu marcu. V vzorcu sedimenta smo analizirali kovine, bromirane difeniletire, policiklične aromatske ogljikovodike, organoklorne pesticide, dioksine in dioksinom podobne spojine, di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), C10-C13 kloroalkane, tributilkositrove spojine, dibutilkositrove spojine, dikofol, kvinoksifen, PFOS in heksabromociklododekan (HBCDD).

V vzorcu sedimenta smo določili di(2-etilheksil)ftalat (DEHP), C10-C13 kloroalkane, kadmij, krom, nikelj in svinec ter nekaj spojin iz skupine dioksinov in dioksinom podobnih spojin. Okoljski standardi za

vsebnost onesnaževal v sedimentu za površinske vode niso predpisani, saj se v sedimentu spremljajo trendi. Ker se na izviri Zelenci oblikuje manjše jezero, smo rezultate primerjali z analizami sedimenta v Blejskem in Bohinjskem jezeru. Pregled podatkov je pokazal, da se vrednosti bistveno ne razlikujejo.

Analize mikroplastike

V sodelovanju iz Inštitutom za vode so bili na vseh merilnih mestih odvzeti tudi vzorci vode in sedimenta za analize mikroplastike. Vzorčenje je bilo izvedeno v maju in septembru. V nadaljevanju navajamo povzetek poročila iz novembra 2023, ki so ga pripravili na Inštitutu za vode v sklopu preiskovalnega monitoringa.

»Naša raziskava je potrdila prisotnost delcev mikroplastike (v nadaljevanju MP) na vseh lokacijah vzorčenja: v Zelencih, Trebiži nad in pod Ratečami in Belem potoku nad in pod skakalnicami v Planici. Pričakovano so bile najnižje koncentracije najdene pri vzorcih Trebiže nad Ratečami in Belega potoka nad skakalnicami, ki sta služili kot kontroli (s človeškimi aktivnostmi manj obremenjeni okolji). Dejstvo, da smo tudi tam našli nekaj delcev MP potrjuje vseprisotnost MP v okolju, čemur pripomore tudi prenos MP delcev po zraku. Velika raznolikost najdenih delcev MP po kemijski sestavi in barvi tako v vodi kot v sedimentih kaže na veliko raznolikost njihovih virov.

V primerjavi s septembrskimi vzorci je bilo v majskih najdenih več delcev MP. Razlogov za to je lahko več, od različnih hidroloških pogojev pred in med vzorčenjem (npr. suha struga Belega potoka), rahlo spremenjenih vzorčnih mestih, do različnih človeških aktivnostih na območjih, ki bi lahko bile potencialen vir onesnaženja okolja s plastičnimi odpadki in MP.

Najdene koncentracije v vodi so primerljive s koncentracijami najdenimi v Blejskem jezeru (Centa, 2016), v štirih slovenskih rekah (Matjašič et al., 2023, Kovač Viršek et al., 2019, Kovač Viršek et al., 2020) in v jezerih Lago Lugano in Lago Maggiore v Italiji (Nava et al., 2023). Koncentracije v sedimentih so nižje od koncentracij ugotovljenih v Blejskem jezeru (Centa, 2016).

Za večino najdenih MP delcev, na podlagi primerjave z vzorčenimi materiali potencialnih virov v Planici, ni mogoče potrditi njihovega vira. Najbolj verjetna prepoznavna vira iz Planice je mogoča pri delcih najdenih na Belem potoku pod skakalnicami. Povezava najdenih MP delcev v Zelencih s potencialnimi viri v Planici je zelo negotova tudi zaradi slabega razumevanja gibanja delcev MP s podzemno vodo med lokacijama.

Za boljše razumevanje problematike onesnaževanja z MP delci, vključno z bolj zanesljivim iskanjem njihovih virov, bi bilo potrebno izvesti dodatne raziskave, ki bi lahko vključevale vzorčenje zraka in ocena atmosferske depozicije, analize globjih sedimentnih plasti v Zelencih, vzorčenje vode na več globlinah v glavnem jezeru in sedimentov na več lokacijah po celotnem rezervatu Zelencev, vzorčenje sedimentov s pastjo in ocena sedimentacije, vključitev več potencialnih virov in ocena ekološkega stanja na podlagi prisotnosti nevretenčarjev.«

VIRI

1. Direktiva Sveta 91/676/EGS z dne 12. decembra 1991 o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov
2. Direktiva Sveta 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (Direktiva EU o pitni vodi)
3. Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike
4. Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20)
5. Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 41/04, 17/06 – ORZVO187, 20/06, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE, 158/20 in 44/22 – ZVO-2)
6. Direktiva o varstvu podzemne vode pred onesnaženjem in poslabšanjem 2006/118/ES
7. Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12, 66/16 in 44/22 – ZVO-2)
8. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Uradni list RS, št. 31/09 in 44/22 – ZVO-2)
9. Uredba o pitni vodi (Uradni list RS, št. 61/23)
10. Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS, št. 63/05 in 8/18)
11. Direktiva Komisije 2009/90/ES z dne 31. julija 2009 o določitvi strokovnih zahtev za kemijsko analiziranje in spremljanje stanja voda v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES
12. Uredba o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2)
13. Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, št. 113/09, 5/13, 22/15, 12/17 in 44/22 – ZVO-2)
14. Program monitoringa stanja voda za obdobje 2016 – 2021
15. Hidrogeološke razmere na Dravskem polju, L. Žlebnik, Geologija 25/1, 1982, Ljubljana
16. Movement and aquifer contamination potential of atrazine and inorganic chemicals in central Kansas croplands, M. Sophocleous et.al., Ground Water Series 12, Kansas Geological Survey, 1990
17. Šimenkovo brezno, M. Brenčič et.al., Naše jame 41, Glasilo jamarske zveze Slovenije, 1999, Ljubljana
18. Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, Deliverable D18, BRIDGE project, D. Müller et.al., 63 p, 2006
19. Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode RS, Geološki zavod Slovenije 2005 in 2006
20. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, M. Petrič, ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna, september 2007
21. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, N. Trišič et. al., interno poročilo Agencija RS za okolje, Ljubljana, februar 2008

22. Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC): Pregled ekosistemov odvisnih od stanja podzemnih vod, končno poročilo, Geološki zavod Slovenije, december 2011
23. Pritiski in varovanje podzemnega krasa, primeri iz Slovenije in Hrvaške, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU: A. Hudoklin, Are we guaranteeing the favourable status of the Proteus anguinus in the Natura 2000 network in Slovenia, Postojna, junij 2011
24. Pliocenski vodonosnik Dravskega polja, M. Klasinc, Diplomsko delo, NTF, Ljubljana, maj 2013
25. Odstranjevanje atrazina iz pitne vode z vlakni iz aktivnega oglja, Magistrsko delo, M. Jeremić, 2016, Maribor
26. [Razširjenost pesticidov v vodonosniku Dravskega polja, A. Koroša, Geologija 62/2, 2019, Ljubljana](#)
27. [Celovit nadzor obremenitev na območju belokranjskega in postojnskega krasa](#), ki predstavljajo tveganje za življenje človeške ribice, 13.12.2019, Inšpektorat RS za okolje in prostor
28. ARSO 2021-2023: Kazalci okolja (KM25, PP13, PP14, PP-15)
29. Poročilo o kakovosti pitne vode na javnih vodovodih ter odvajanju in čiščenju odpadnih voda v mestni občini Krško in občini Kostanjevica na Krki v letu 2021, Kostak, marec 2022, Krško
30. Zaključno poročilo projekta: Raziskave za opredelitev in preprečevanje obremenjevanja vodozbirnega zaledje Jelševniščice in Otovca, s posebnim ozirom na habitat črne človeške ribice (HaČloRi), ZRC SAZU, 2021-2024, Univerza v Ljubljani, Geološki zavod Slovenije, št. projekta: V1-2139, 2024, Ljubljana
31. Novodobna onesnaževala v vodah Ljubljanske kotline, M. Brenčič, et.al., projekt boDEREC-CE, 2022, Ljubljana
32. Poročilo Inštituta za vode Republike Slovenije, Analiza mikroplastike na izviru Zelenci in njegovih pritokih v letu 2023, Ljubljana, november 2023
33. [Atrazine](#) (Ref: G-30027): Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire
34. [Atrazine](#): PUBchem, NIH – National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information, An official website of the United States government
35. [Desethylatrazine](#) (Ref: G-30033): Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire
36. Kmetijski Inštitut Slovenije: [Mineralne oblike dušika](#)
37. [Nitrate the Element: NAU-Northern Arizona University](#)