



Izvješće o stanju podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini



Institut za vode
Josip Juraj Strossmayer

Institut za vode Josip Juraj Strossmayer
Ulica Grada Vukovara 220
10000 Zagreb
Tel: +385 (0)1 6307 303
Fax: +385 (0)1 6307 303
Email: institut@institutjjs.hr
Web: <https://institutjjs.hr/>

Autori:

dr. sc. Marina Šumanović
Nikola Hanžek, mag. oecol. et prot. nat.
dr. sc. Igor Stanković
Mirela Šušnjara, mag. oecol.

Na temelju članka 50., stavka 9. i članka 212., stavka 2. Zakona o vodama ("Narodne novine", br. 66/19., 84/21., 47/23.) Institut za vode „Josip Juraj Strossmayer“ nadležan je za tumačenje rezultata monitoringa o čemu izrađuje godišnje izvješće.

U Zagrebu, 30. listopada 2024.

Ravnatelj

izv. prof. dr. sc. Mario Šiljeg



Sadržaj

1. Uvod	1
2. Monitoring kemijskog stanja podzemnih voda u 2023. godini.....	3
3. Ocjena kemijskog stanja podzemnih voda na monitoring postajama	7
4. Rezultati monitoringa.....	9
4.1. Vodno područje rijeke Dunav	9
4.2. Jadransko vodno područje.....	10
5. Trendovi promjene koncentracija onečišćujućih tvari od 2007. do 2023. godine.....	15
5.1. Vodno područje rijeke Dunav	16
5.1.1. Podsliv rijeke Save	16
5.1.2. Podsliv rijeka Drave i Dunava.....	23
5.2. Jadransko vodno područje.....	26
6. Dodatni monitoring podzemnih voda u svrhu procjene rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju	29
6.1. Rezultati dodatnog monitoringa podzemnih voda u svrhu procjene rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju	31
7. Istraživački monitoring utjecaja poljoprivrede na tlo i podzemne vode.....	37
7.1. Istraživački monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve..	37
7.1.1. Rezultati monitoringa zaslanjenja podzemnih voda	38
7.1.2. Rezultati monitoringa zaslanjenja poljoprivrednih tala	40
7.2. Monitoring vodnog režima poljoprivrednih tala i kakvoće vode na području dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ – bosutskog polja.....	43
7.2.1. Monitoring kakvoće podzemnih voda	52
8. Literatura	55
POPIS ELEKTRONSKIH PRILOGA	56

Popis slika

Slika 1. Kartografski prikaz tijela podzemne vode u Republici Hrvatskoj.	2
Slika 2. Pregled postaja nadzornog monitoringa podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini.	3
Slika 3. Pregled postaja operativnog monitoringa podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini.	4
Slika 4. Kemijsko stanje podzemnih voda u 2023. godini.	11
Slika 5. Područje obuhvaćeno monitoringom zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve s pozicijama postaja motrenja.	37
Slika 6. Topografska karta područja dovodnog melioracijskog kanala s lokacijama motrenja tala i poljoprivredne proizvodnje.	45
Slika 7. Satelitski prikaz područja dovodnog melioracijskog kanala s lokacijama motrenja tala i poljoprivredne proizvodnje.	45
Slika 8. Lokacije piezometara i lizimetara sa prikazom debljine krovine vodonosnika.	46

Popis tablica

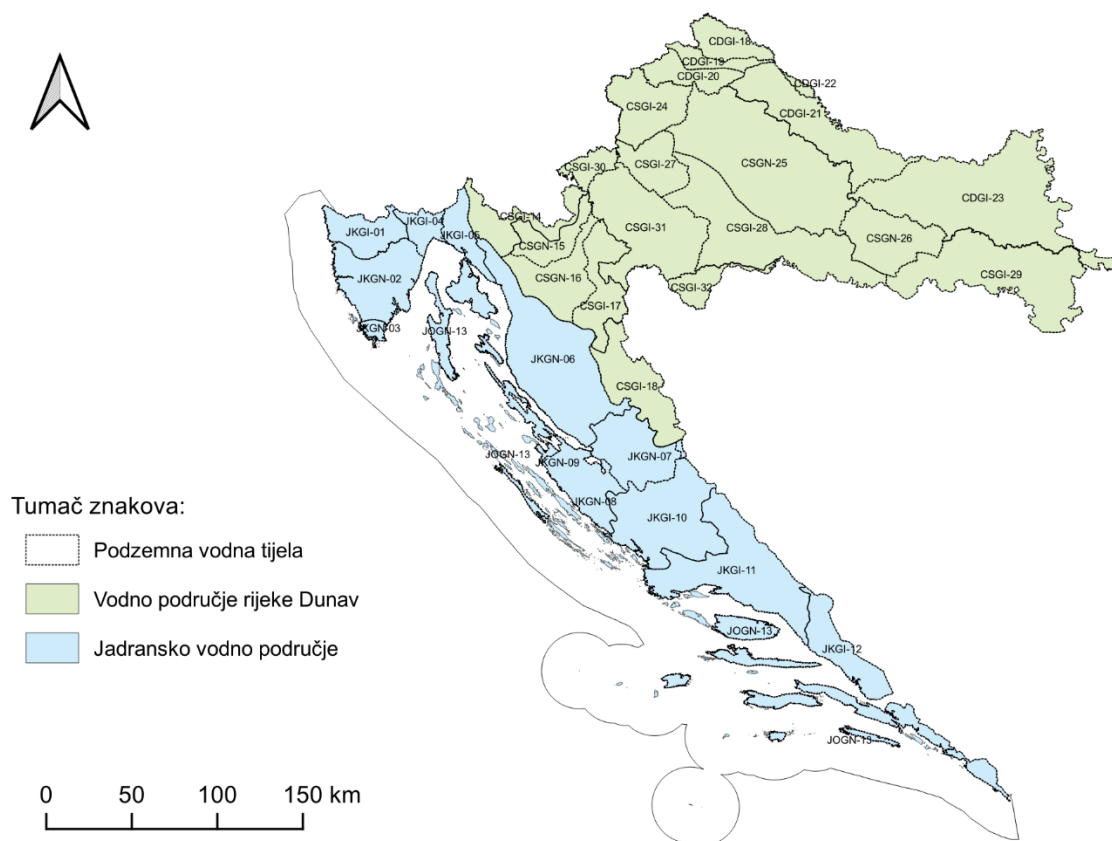
Tablica 1. Popis tijela podzemne vode.	1
Tablica 2. Broj monitoring postaja na tijelima podzemne vode u 2023. godini prema Planu i prema izvršenju.	5
Tablica 3. Pokazatelji koji se prate u okviru monitoringa podzemne vode ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak).	7
Tablica 4. Standardi kakvoće podzemne vode ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak).	7
Tablica 5. Granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari prema Uredbi o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak).	8
Tablica 6. Stanje podzemnih voda u 2023. godini na monitoring postaja u vodnom području rijeke Dunav.	12
Tablica 7. Stanje podzemnih voda u 2023. godini na monitoring postajama u jadranskom vodnom području.	13
Tablica 8. Ocjena lošeg kemijskog stanja podzemnih voda na monitoring postajama s vrijednostima koncentracije standarda / granične vrijednosti onečišćujućih tvari. Zeleno označava vodno područje rijeke Dunav, a plavo jadransko vodno područje.	14
Tablica 9. Parametri za nadzorni i operativni monitoring kvalitete podzemnih voda (Čupić, 2022).	30
Tablica 10. Stanje podzemnih voda prema pokazateljima kakvoće za ljudsku potrošnju u 2023. godini.	32
Tablica 11. Lokacije postaja monitoringa tla i postavljenih plitkih piezometara s georeferenciranim koordinatama.	38
Tablica 12. Monitoring tala na području Melioracijskog kanala tijekom 2023. godine.	47
Tablica 13. Osnovne kemijske značajke tla na lokacijama tijekom 2023. godine.	47
Tablica 14. Prikaz intenziteta dominantnog vlaženja poljoprivrednih tala na području Melioracijskog kanala.	49
Tablica 15. Vrijednosti širine zone utjecaja Melioracijskog kanala na razinu vode u tlu za razdoblje od 2019. do 2023. godine.	51
Tablica 16. Kakvoća podzemne vode - Rezultati analiza NO ₃ -N u mg/L, NH ₄ -N u mg/L, NO ₂ -N, mg/L PO ₄ -P- u mg/L u podzemnoj vodi.	52

1. Uvod

Na temelju članka 50., stavka 9. i članka 212., stavka 2. Zakona o vodama ("Narodne novine", br. 66/19., 84/21., 47/23.) Institut za vode „Josip Juraj Strossmayer“ je izradio godišnje izvješće o provedenom monitoringu kakvoće podzemnih voda u 2023. godini. Ocjena stanja podzemnih voda u ovom izvješćaju temelji se na vrijednostima koncentracije standarda i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari sukladno Uredbi o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak), a na temelju provedenog monitoringa prema odredbama Pravilnika o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda ("Narodne novine", br. 3/20.). Sustavno praćenje podzemnih voda provodi se u svrhu utvrđivanja kemijskog stanja voda, dugoročnih promjena prirodnih uvjeta, promjena uzrokovanih intenzivnim ljudskim aktivnostima i promjena uslijed provođenja mjera na područjima za koja je utvrđeno da ne ispunjavaju uvjete za dobro stanje. Kao posljedica usklađenja s Okvirnom direktivom o vodama Europske Unije (Europska komisija, 2000), u Zakonu o vodama je propisan monitoring stanja voda, što zahtijeva uspostavu praćenja količinskog i kemijskog stanja za podzemne vode. Današnji opseg, vrsta i način ispitivanja voda u Republici Hrvatskoj definirani su prethodno navedenim propisima Zakonom o vodama, Uredbom o standardu kakvoće voda te Pravilnikom o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda. Nacionalni monitoring kemijskog stanja podzemnih voda na monitoring postajama u Republici Hrvatskoj obuhvaća nadzorni i operativni monitoring. Rezultati kemijskog stanja podzemnih voda u Republici Hrvatskoj prikazani su na monitoring postajama prema tijelima podzemne vode (TPV) koja su nastala grupiranjem osnovnih podzemnih vodnih tijela (Slika 1, Tablica 1).

Tablica 1. Popis tijela podzemne vode.

Kod	Ime tijela podzemne vode	Kod	Ime tijela podzemne vode
Vodno područje rijeke Dunav		Jadransko vodno područje	
CDGI-18	MEĐIMURJE	JKGI-01	SJEVERNA ISTRA
CDGI-19	VARAŽDINSKO PODRUČJE	JKGN-02	SREDIŠNJA ISTRA
CDGI-20	SLIV BEDNJE	JKGN-03	JUŽNA ISTRA
CDGI-21	LEGRAD - SLATINA	JKGI-04	RIJEČKI ZALJEV
CDGI-22	NOVO VIRJE	JKGI-05	RIJEKA-BAKAR
CDGI-23	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	JKGN-06	LIKA-GACKA
CSGN-25	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	JKGN-07	ZRMANJA
CSGN-26	SLIV ORLJAVE	JKGN-08	RAVNI KOTARI
CSGI-27	ZAGREB	JKGN-09	BOLJKOVAC-GOLUBINKA
CSGI-28	LEKENIK - LUŽANI	JKGI-10	KRKA
CSGI-29	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	JKGI-11	CETINA
CSGI-30	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	JKGI-12	NERETVA
CSGI-31	KUPA	JOGN-13	JADRANSKI OTOCI
CSGI-32	UNA		
CSGI-14	KUPA		
CSGN-15	DOBRA		
CSGN-16	MREŽNICA		
CSGI-17	KORANA		
CSGI-18	UNA		



Slika 1. Kartografski prikaz tijela podzemne vode u Republici Hrvatskoj.

Uz redovan program monitoringa kakvoće podzemnih voda, u Republici Hrvatskoj se uvodi i dodatni monitoring podzemnih voda u svrhu procjene rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju gdje se stanje podzemnih voda na monitoring postajama ocjenjuje prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju ("Narodne novine", br. 64/23.), počevši s trogodišnjim razdobljem od 2022. do 2024. godine, a ocjenjivanje je detaljno opisano u Poglavlju 6.

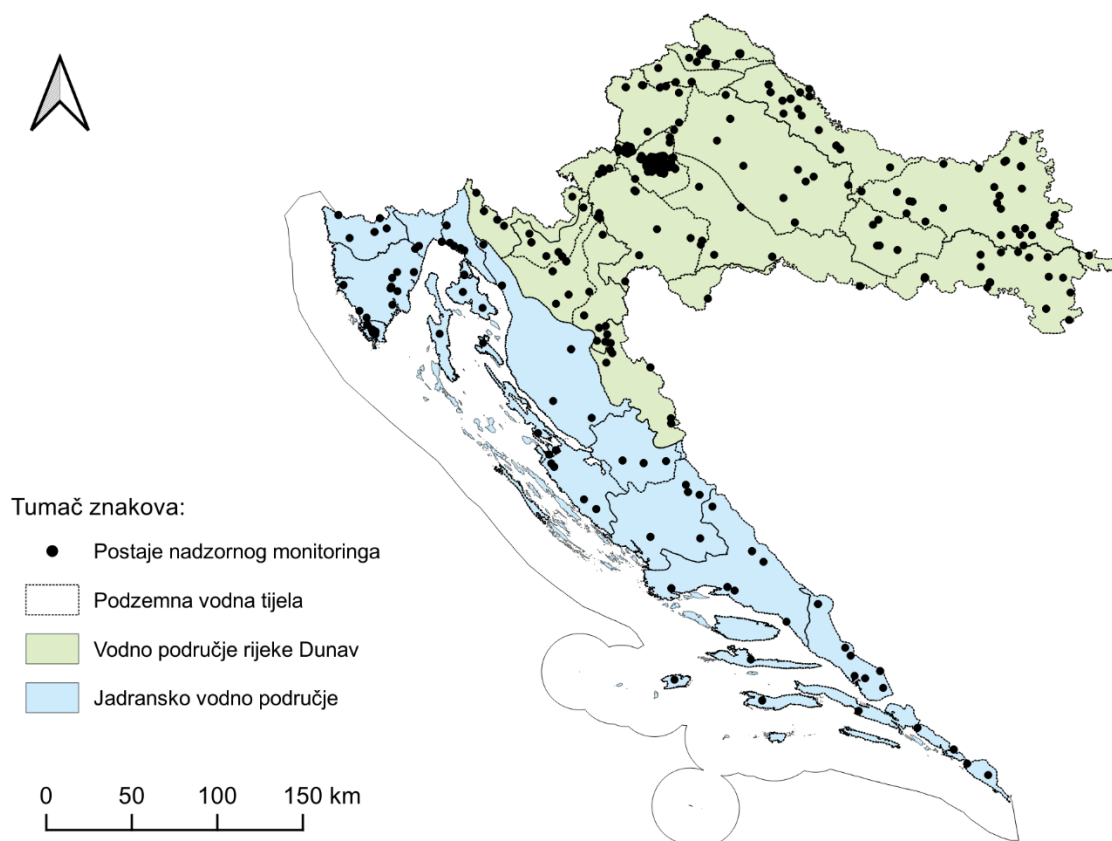
Izvešće o stanju podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini sastavljeno je na temelju izvješća iz 2022. godine te prethodnih izvješća koja su izrađivala Hrvatske vode zbog sukladnosti, koristeći podatke dobivene monitoringom podzemnih voda u 2023. godini.

2. Monitoring kemijskog stanja podzemnih voda u 2023. godini

Monitoring kemijskog stanja podzemnih voda osigurava cjelovit pregled kemijskog stanja podzemnih voda u vodnom području i omogućava utvrđivanje prisutnosti znatno i trajno rastućeg trenda onečišćenja. Obuhvaća nadzorni i operativni monitoring. Operativni se uvodi u podzemnim vodnim tijelima koja su ocijenjena kao loša i u tijelima koja se nalaze u riziku.

1. Nadzorni monitoring provodi se radi:
 - ocjene stanja na tijelima podzemne vode
 - vrednovanja i dopunjavanja postupka ocjenjivanja utjecaja onečišćenja
 - pribavljanja informacija za ocjenu znatno i trajno rastućih trendova koji su rezultat promjena
 - praćenja prirodnih uvjeta i utjecaja djelatnosti čovjeka.

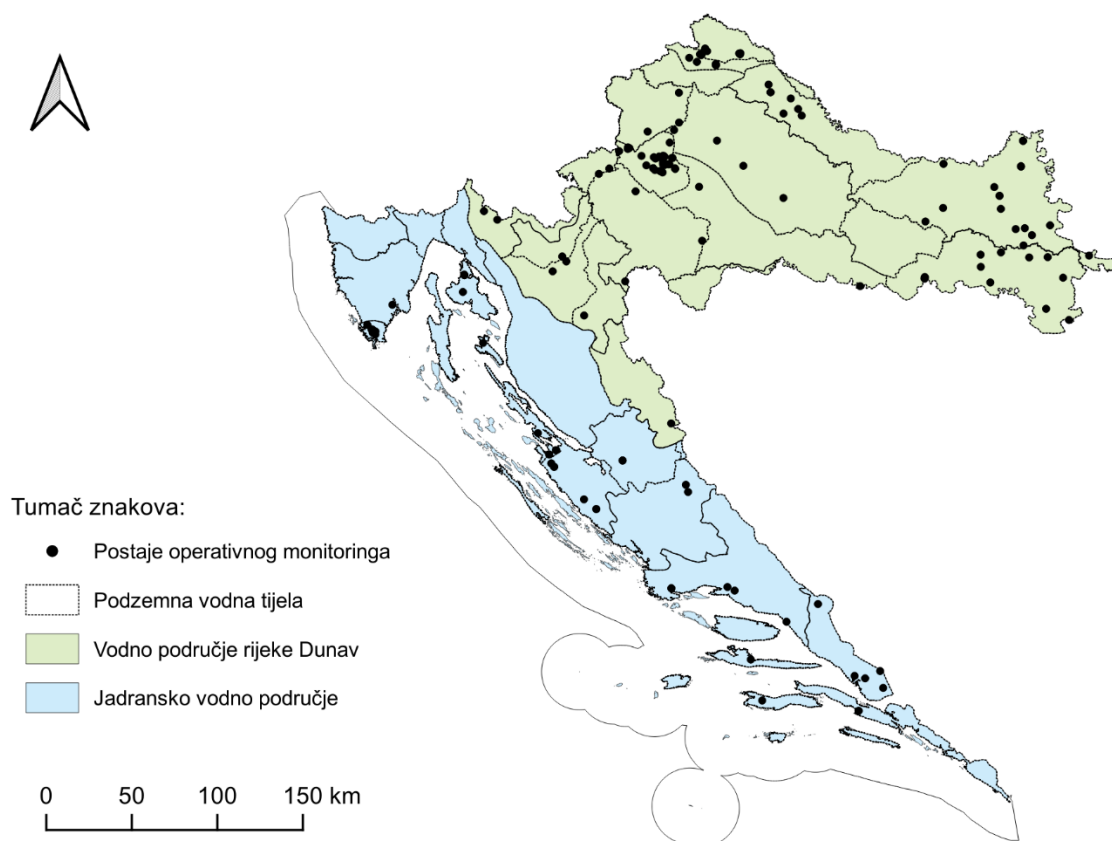
Nadzorni monitoring podzemnih voda u 2023. godini provodio se na 380 monitoring postaja (Slika 2).



Slika 2. Pregled postaja nadzornog monitoringa podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini.

2. Operativni monitoring provodi se u razdobljima programa nadzornog monitoringa radi:
 - utvrđivanja kemijskog stanja svih podzemnih voda za koje je analizom značajki vodnih područja utvrđeno stanje rizika te loše stanje.

U 2023. godini se operativni monitoring podzemnih voda provodio na 133 monitoring postaje (Slika 3). Prema Planu monitoringa kemijskog stanja podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini predviđeno je provođenje monitoringa na 394 postaje nadzornoga i 141 postaji operativnog monitoringa. Monitoring se proveo na 380 mjernih postaja, od čega je 380 postaja u okviru nadzornog i 133 postaje u okviru operativnog monitoringa. Zbog nemogućnosti pristupa nekim monitoring postajama, kvara na pumpi te zatrpanih piezometara, kao i piezometara koji su izbušeni, ili nemogućnosti uzorkovanja zbog neadekvatne pumpe, postoji odstupanje od planiranog za 14 monitoring postaja nadzornog i osam postaja operativnog monitoringa (Tablica 2).



Slika 3. Pregled postaja operativnog monitoringa podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2023. godini.

Tablica 2. Broj monitoring postaja na tijelima podzemne vode u 2023. godini prema Planu i prema izvršenju.

Kod	Ime tijela podzemne vode	Vodno područje	Podsliv	Nacionalni monitoring plan			Nacionalni monitoring - izvršeno			
				Ukupan broj monitoring postaja	Nadzorni	Operativni	Ukupan broj monitoring postaja	Nadzorni	Operativni	
CDGI-18	MEDIJURJE	Vodno područje rijeke Dunav	Područje podsliva rijeka Drave i Dunava	6	6	6	6	6	6	
CDGI-19	VARAŽDINSKO PODRUČJE			9	9	9	9	9	9	
CDGI-20	SLIV BEDNJE			3	3	0	3	3	0	
CDGI-21	LEGRAD - SLATINA			13	13	7	13	13	7	
CDGI-22	NOVO VIRJE			3	3	0	3	3	0	
CDGI-23	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA			33	33	17	29	29	13	
UKUPNO PODRUČJE PODSLIVOVA RIJEKE DRAVE I DUNAVA				67	67	39	63	63	35	
CSGI-14	KUPA		Područje podsliva rijeke Save	5	5	2	5	5	2	
CSGI-17	KORANA			5	5	1	5	5	1	
CSGI-18	UNA			9	9	1	7	7	1	
CSGI-24	SLIV SUTLE I KRAPINE			9	9	3	8	8	2	
CSGI-27	ZAGREB			155	155	37	154	154	36	
CSGI-28	LEKENIK - LUŽANI			6	6	2	6	6	2	
CSGI-29	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE			16	16	11	15	15	11	
CSGI-30	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE			4	4	2	4	4	2	
CSGI-31	KUPA			13	13	3	13	13	3	
CSGI-32	UNA			1	1	0	1	1	0	
CSGN-15	DOBRA			6	6	1	6	6	1	
CSGN-16	MREŽNICA			5	5	2	5	5	2	
CSGN-25	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA			11	11	4	11	11	4	
CSGN-26	SLIV ORLJAVE			5	5	0	5	5	0	
UKUPNO PODRUČJE PODSLIVOVA RIJEKE SAVE				250	250	69	245	245	67	
UKUPNO VODNO PODRUČJE RIJEKE DUNAV				317	317	108	308	308	102	
JKGI-01	SJEVERNA ISTRA		Ukupno jadransko vodno područje	5	5	0	5	5	0	
JKGI-04	RIJEČKI ZALJEV			2	2	0	2	2	0	
JKGI-05	RIJEKA-BAKAR			5	5	0	5	5	0	
JKGI-10	KRKA	5		5	2	3	3	1		
JKGI-11	CETINA	7		7	4	6	6	4		
JKGI-12	NERETVA	12		12	6	11	11	5		

Kod	Ime tijela podzemne vode	Vodno područje	Podsliv	Nacionalni monitoring plan			Nacionalni monitoring - izvršeno		
				Ukupan broj monitoring postaja	Nadzorni	Operativni	Ukupan broj monitoring postaja	Nadzorni	Operativni
JKGN-02	SREDIŠNJA ISTR			11	11	1	11	11	1
JKGN-03	JUŽNA ISTR			6	6	6	6	6	6
JKGN -06	LIKA-GACKA			5	5	0	5	5	0
JKGN-07	ZRMANJA			3	3	1	2	2	1
JKGN-08	RAVNI KOTARI			4	4	4	4	4	4
JKGN-09	BOLJKOVAC-GOLUBINKA			2	2	2	2	2	2
JOGN-13	JADRANSKI OTOCI			10	10	7	10	10	7
UKUPNO JADRANSKO VODNO PODRUČJE				77	77	33	72	72	31
UKUPNO REPUBLIKA HRVATSKA				394	394	141	380	380	133

3. Ocjena kemijskog stanja podzemnih voda na monitoring postajama

Monitoring kemijskog stanja podzemnih voda treba osigurati cjelovitu informaciju o kemijskom stanju pojedinog vodnog tijela i vodnog područja u cjelini te omogućiti utvrđivanje prisutnosti znatnog i trajno rastućeg trenda onečišćenja podzemnih voda.

Za ocjenu kemijskog stanja tijela podzemne vode prate se pokazatelji u okviru nadzornog i operativnog monitoringa (Tablica 3) te standardi: prosječna godišnja koncentracija nitrata i aktivnih tvari pesticida (pojedinačnih i ukupno ispitanih) na svim monitoring postajama unutar tijela podzemne vode i uspoređuju se sa standardom kakvoće podzemnih voda (Tablica 4).

Tablica 3. Pokazatelji koji se prate u okviru monitoringa podzemne vode ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak).

Osnovni pokazatelji	Dodatni pokazatelji	
Podzemne vode, osim mineralne i geotermalne vode		
Otopljeni kisik	Pokazatelji koji ukazuju na utjecaj onečišćenja	Pokazatelji značajni za zaštitu svih oblika korištenja voda
pH vrijednost		
Temperatura		
Električna vodljivost		
Nitrati		
Amonij		

Tablica 4. Standardi kakvoće podzemne vode ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak).

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Standard kakvoće
Podzemne vode, osim mineralne i geotermalne vode		
Nitrati (NO ₃) ¹	mg/L	50
Aktivne tvari u pesticidima ² uključujući njihove relevantne metabolite, produkte razgradnje i reakcije ¹	µg/L	0,1 pojedinačno 0,5 ukupno ³

*Ako se za određeno vodno tijelo podzemne vode smatra da bi standardi kakvoće mogli onemogućiti postizanje ciljeva zaštite voda utvrđenih u članku 4. ove Uredbe za povezana vodna tijela površinske vode, ili bi mogli znatno smanjiti ekološku ili kemijsku kvalitetu tih vodnih tijela, ili bi mogli znatno ugroziti kopnene ekosustave koji izravno ovise o danom vodnom tijelu podzemne vode, u skladu s člankom 39., 40., 41. i 42. Uredbe i Prilogom 6. ovoj Uredbi utvrđuju se strože vrijednosti i to one propisane za površinske vode. Programi i mjere povezani s takvom graničnom vrijednošću primjenjuju se i za aktivnosti iz područja primjene propisa o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla, kao i za aktivne tvari u pesticidima uključujući njihove relevantne metabolite, produkte razgradnje i reakcije.

**Pesticid označava sredstva za zaštitu bilja i biocide u skladu s propisima o dopuštenim aktivnim tvarima u njima. Rezultati primjene SKPV za pesticide primjenjuju se ne dovodeći u pitanje primjenu posebnih propisa kojima je utvrđeno stavljanje na tržište i upotreba biocidnih pripravaka.

***Ukupno označava sumu svih pojedinačnih pesticida izmjerenih u monitoringu, uključivo njihove odgovarajuće metabolite i produkte razgradnje i reakcija.

Uz standarde kakvoće podzemnih voda, za ocjenu kemijskog stanja uzima se prosječna godišnja koncentracija specifičnih onečišćujućih tvari i to: arsena, kadmija, olova, žive, amonija, klorida, sulfata, ortofosfata, nitrita, ukupnog fosfora, zbroja trikloretilena i tetrakloretilena te električne vodljivosti na svim monitoring postajama unutar tijela podzemne vode i uspoređuje se s graničnim vrijednostima (Tablica 5).

Tablica 5. Granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari prema Uredbi o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak).

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Granična vrijednost
A) Podzemne vode, osim mineralne i geotermalne vode		
1. Koji se može pojaviti prirodno i/ili kao rezultat djelatnosti čovjeka		
Arsen (As)*	µg/L	10
Kadmij (Cd)	µg/L	5
Olovo (Pb)*	µg/L	10
Živa (Hg)	µg/L	1
Amonij (NH ₄)*	mg/L	0,5
Kloridi (Cl)	mg/L	250
Sulfati (SO ₄)*	mg/L	250
Ortofosfati (P)*	mg/L	0,2
Nitriti (NO ₂)	mg/L	0,5
Ukupni fosfor (P)*	mg/L	0,35
2. Umjetne sintetičke tvari		
Suma trikloretilena i tetrakloretilena	µg/L	10
3. Koji upućuje na prodore slane vode ili druge prodore		
električna vodljivost	µS/cm	2 500

*granična vrijednost ovog pokazatelja ne primjenjuje se na određena tijela podzemne vode, koja zbog njihova geološkog podrijetla sadrže višu koncentraciju, već se na tijela primjenjuje sljedeća granična vrijednost:

Naziv tijela podzemne vode	Pokazatelj	Arsen (As)	Amonij (NH ₄)	Ukupni fosfor (P)	Olovo(Pb)	Ortofosfati (P)	Sulfati (SO ₄)	Električna vodljivost	Kloridi (Cl)
	Mjerna jedinica	µg/L	mg/L	mg/L	µg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	mg/L
Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Granična vrijednost	500	10	3	-	1,71	-	-	-
Istočna Slavonija - sliv Save		250	15	-	-	-	-	-	-
Legrad - Slatina		35	2,5	-	-	-	-	-	-
Lekenik - Lužani		35	10	4	-	2,28	-	-	-
Lonja - Ilova - Pakra		60	15	2	-	1,15	-	-	-
Zagreb		-	80	-	20	-	-	-	-
Neretva		-	-	-	-	-	-	400	-
Jadranski otoci		-	-	-	-	-	-	600	5000

4. Rezultati monitoringa

Za potrebe ocjene kemijskog stanja podzemnih voda na monitoring postajama u obzir su uzete sve monitoring postaje na kojima je izvršen monitoring te je za 2023. godinu izraunata srednja godišnja vrijednost koncentracije pokazatelja prema Uredbi o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak), Prilog 6., Tablica 2. i 3. Srednja godišnja vrijednost koncentracije uspoređivana je sa standardom/graničnom vrijednosti parametara iz istih tablica. Ukoliko srednja godišnja vrijednost koncentracije pokazatelja premašuje standard / graničnu vrijednost, postaja se nalazi u lošem stanju. Detaljni rezultati su prikazani tablično (Tablica 6 i Tablica 7) te na karti (Slika 4).

4.1. Vodno područje rijeke Dunav

Na vodnom području rijeke Dunav planirano je uzrokovanje na 317 monitoring postaja nadzornog, od kojih 108 postaja pripada i operativnom monitoringu. Zbog kvara na piezometrima, zatrpavanja, puknuća ili kvara na pumpi, realiziran je monitoring na 308 mjernih postaja nadzornog i 102 mjerne postaje operativnog monitoringa. Odstupanje od planiranog monitoringa je za devet mjernih postaja u nadzornom monitoringu, odnosno za šest u operativnom.

Na 15 tijela podzemne vode vodnog područja rijeke Dunav, rezultati monitoringa provedenog u okviru Nacionalnog programa u 2023. godini ukazuju na dobro stanje.

Na svim monitoring postajama zabilježeno je dobro stanje po svim promatranim parametrima iz Uredbe o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak), a to su:

- Međimurje
- Sliv Bednje
- Novo Virje
- Istočna Slavonija – sliv Save
- Lekenik - Lužani
- Sliv Orljave
- Sliv Sutle i Krapine
- Žumberak - Samoborsko gorje
- Kupa (CSGI - 14)
- Kupa (CSGI - 31)
- Dobra
- Mrežnica
- Korana
- Una (CSGI - 18)
- Una (CSGI - 32).

Neodgovarajuće stanje zabilježeno je na monitoring postajama na sljedećim grupiranim tijelima podzemne vode:

1. TPV Varaždinsko područje

Prekoračenje standarda za nitrata uočeno je na tri monitoring postaje.

2. TPV Legrad - Slatina

Prekoračenje standarda za nitrite uočeno je na jednoj monitoring postaji.

3. TPV Zagreb

Prekoračenje standarda za nitrite, ortofosfate i olovo, za koje su inače utvrđene prirodno povišene koncentracije, uočeno je na jednoj monitoring postaji, dok je za ukupni fosfor i sumu tetrakloretilena i trikloretilena uočeno na dvije monitoring postaje.

4. TPV Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava

Prekoračenje standarda za nitrite uočeno je na dvije monitoring postaje.

5. TZV Sliv Lonja - Ilova - Pakra

Prekoračenje standarda za nitrite i arsen, za koje su inače utvrđene prirodno povišene koncentracije, zabilježeno je na jednoj monitoring postaji.

Sva zabilježena prekoračenja koncentracije standarda i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari prikazana su tablično (Tablica 6, Tablica 8). Neodgovarajuće stanje prema hranjivim tvarima ukazuje na utjecaj poljoprivrede.

4.2. Jadransko vodno područje

Na jadranskom vodnom području planirano je uzorkovanje na 77 monitoring postaja nadzornog od kojih 33 pripadaju i operativnom monitoringu. Zbog kvara na piezometrima, zatrpavanja, puknuća ili kvara na pumpi realiziran je monitoring na 72 monitoring postaje nadzornog i 31 operativnog monitoringa. Odstupanje od planiranog monitoringa je za pet mjernih postaja u nadzornom monitoringu, odnosno za dvije u operativnom.

Na jadranskom vodnom području od 13 grupiranih tijela podzemne vode na njih devet nije zabilježeno niti jedno prekoračenje graničnih vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari i standarda kakvoće podzemnih voda.

U dobrom stanju su sve monitoring postaje na sljedećim grupiranim tijelima podzemne vode:

- Sjeverna Istra
- Riječki zaljev
- Rijeka - Bakar
- Lika - Gacka
- Zrmanja
- Cetina
- Krka
- Ravni kotari
- Južna Istra.

Prekoračenje standarda / graničnih vrijednosti zabilježeno je na monitoring postajama koje su ocijenjene kao loše na sljedećim grupiranim tijelima podzemnih voda:

1. TPV Neretva

Prekoračenje standarda za kloride uočeno je na jednoj monitoring postaji.

2. TPV Središnja Istra

Prekoračenje standarda za kloride uočeno je na jednoj monitoring postaji.

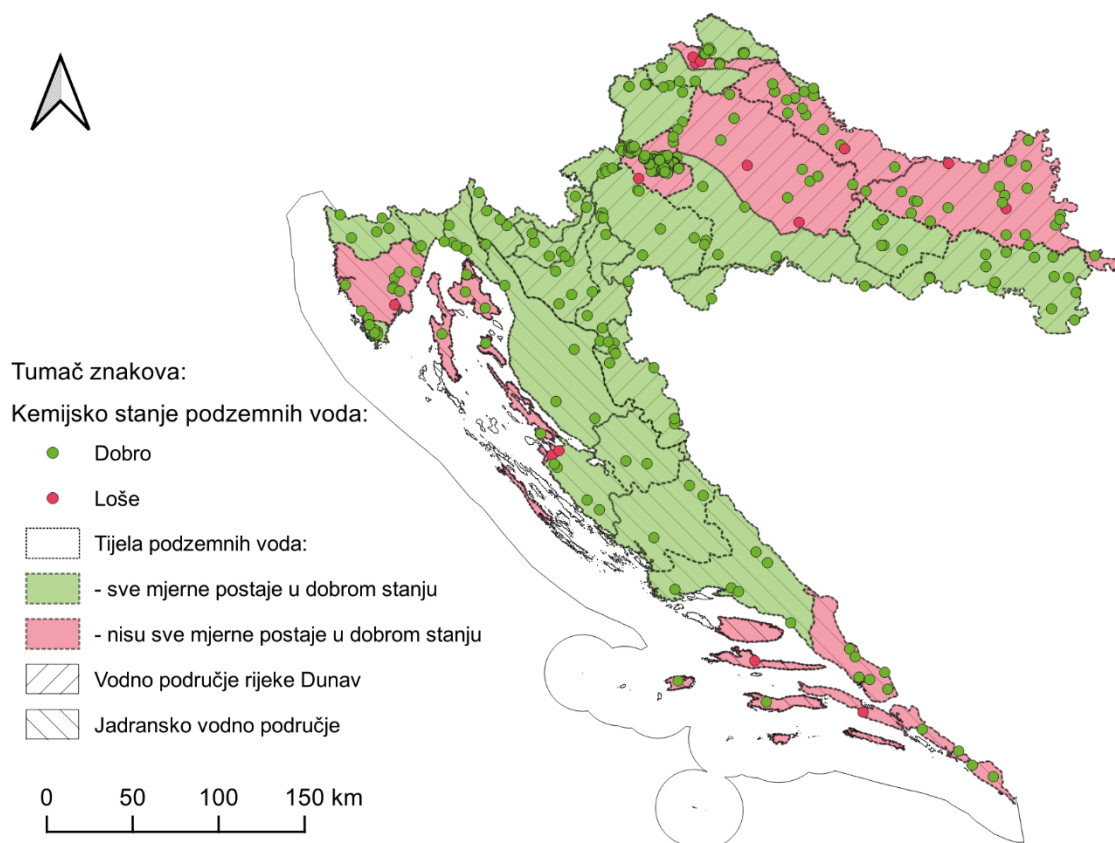
3. TPV Bokanjac - Golubinka

Prekoračenje standarda za kloride uočeno je na dvije monitoring postaje, dok je za nitrite uočeno na jednoj monitoring postaji.

4. TPV Jadranski otoci

Prekoračenje standarda za amonij uočeno je na jednoj monitoring postaji.

Sva zabilježena prekoračenja koncentracije standarda i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari prikazana su tablično (Tablica 7, Tablica 8).



Slika 4. Kemijsko stanje podzemnih voda u 2023. godini.

Tablica 6. Stanje podzemnih voda u 2023. godini na monitoring postaja u vodnom području rijeke Dunav.

KOD	Naziv tijela podzemnih voda	Ukupni broj monitoring postaja	STANJE		
			LOŠE	Parametar i broj prekoračenja	DOBRO
CDGI-18	MEĐIMURJE	6	-	-	6
CDGI-19	VARAŽDINSKO PODRUČJE	9	3	NITRATI (3)	6
CDGI-20	SLIV BEDNJE	3	-	-	3
CSGI-24	SLIV SUTLE I KRAPINE	8	-	-	8
CDGI-21	LEGRAD - SLATINA	13	1	NITRITI (1)	12
CDGI-22	NOVO VIRJE	3	-	-	3
CDGI-23	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	29	2	NITRITI (2)	27
CSGI-14	KUPA	5	-	-	5
CSGI-17	KORANA	5	-	-	5
CSGI-18	UNA	7	-	-	7
CSGI-27	ZAGREB	154	7	NITRITI (1), ORTOFOSFATI (1), OLOVO (1), UKUPNI FOSFOR (2), SUMA TETRAKLOREILENA I TRIKLOREILENA (2)	147
CSGI-28	LEKENIK - LUŽANI	6	-	-	6
CSGI-29	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	15	-	-	15
CSGI-30	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	4	-	-	4
CSGI-31	KUPA	13	-	-	13
CSGI-32	UNA	1	-	-	1
CSGN-15	DOBRA	6	-	-	6
CSGN-16	MREŽNICA	5	-	-	5
CSGN-25	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	11	2	NITRITI (1), ARSEN (1)	9
CSGN-26	SLIV ORLJAVE	5	-	-	5

Tablica 7. Stanje podzemnih voda u 2023. godini na monitoring postajama u jadranskom vodnom području.

KOD	Naziv tijela podzemnih voda	Ukupni broj monitoring postaja	STANJE		
			LOŠE	Parametar i broj prekoračenja	DOBRO
JKGI-01	SJEVERNA ISTRA	5	-	-	5
JKGI-04	RIJEČKI ZALJEV	2	-	-	2
JKGI-05	RIJEKA-BAKAR	5	-	-	5
JKGI-10	KRKA	3	-	-	3
JKGI-11	CETINA	6	-	-	6
JKGI-12	NERETVA	11	1	KLORIDI (1)	10
JKGN-02	SREDIŠNJA ISTRA	11	1	KLORIDI (1)	10
JKGN-03	JUŽNA ISTRA	6	-	-	6
JKGN-06	LIKA-GACKA	5	-	-	5
JKGN-07	ZRMANJA	2	-	-	2
JKGN-08	RAVNI KOTARI	4	-	-	4
JKGN-09	BOLJKOVAC-GOLUBINKA	2	2	NITRITI (1), KLORIDI (2)	0
JOGN-13	JADRANSKI OTOCI	10	1	AMONIJ (1)	9

Tablica 8. Ocjena lošeg kemijskog stanja podzemnih voda na monitoring postajama s vrijednostima koncentracije standarda / granične vrijednosti oneišćujućih tvari. Zeleno označava vodno područje rijeke Dunav, a plavo jadransko vodno područje.

TPV	Šifra postaje	Oneišćujuća tvar	2023. godina
VARAŽDINSKO PODRUČJE	26022	Nitrati (NO ₃ mg/L)	61,26
	26023	Nitrati (NO ₃ mg/L)	52,41
	26025	Nitrati (NO ₃ mg/L)	68,64
ZAGREB	52103	Olovo otopljeno (µg/L)	31,67
	52204	Ukupni fosfor (mgP/L)	1,95
	52429	Ortofosfati otopljeni (mgP/L)	0,32
	52604	Suma tetrakloretilena i trikloretilena (µg/L)	26,95
	52610	Ukupni fosfor (mgP/L)	0,84
	52620	Suma tetrakloretilena i trikloretilena (µg/L)	18,69
	53005	Nitriti (NO ₂ mg/L)	0,96
ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	26480	Nitriti (NO ₂ mg/L)	1,26
	26781	Nitriti (NO ₂ mg/L)	1,16
LEGRAD - SLATINA	26351	Nitriti (NO ₂ mg/L)	2,56
SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	18311	Arsen otopljeni (µg/L)	81,5
	18328	Nitriti (NO ₂ mg/L)	1,17
NERETVA	41704	Kloridi (mg/L)	610,67
SREDIŠNJA ISTRA	31055G	Kloridi (mg/L)	1237,5
BOLJKOVAC- GOLUBINKA	41318	Nitriti (NO ₂ mg/L)	0,53
		Kloridi (mg/L)	390,03
	41319	Kloridi (mg/L)	698,35
JADRANSKI OTOCI	40550	Amonij (NH ₄ mg/L)	0,6

5. Trendovi promjene koncentracija onečišćujućih tvari od 2007. do 2023. godine

Srednje godišnje koncentracije onečišćujućih tvari promatrane su u podzemnoj vodi u tijelima podzemnih voda u razdoblju od 2007. do 2023. godine. Cilj je utvrditi trend kretanja onih koncentracija koje su bile više od 75% granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari, odnosno standarda kakvoće podzemnih voda. Budući da se kontinuirano prate sva prekoračenja na monitoring postajama po tijelima podzemne vode, trendovi se revidiraju u skladu s novim podacima. Prema uočenim kontinuiranim prekoračenjima uspostavljeno je praćenje novih trendova. U nastavku su prikazane vrijednosti prosječnih godišnjih koncentracija s linearnim trendovima te su ovisno o uzlaznom ili silaznom trendu grafovi omeđeni **crvenom**, odnosno **zelenom** bojom. **Sivom** bojom uokvireni su grafovi stagnirajućeg trenda.

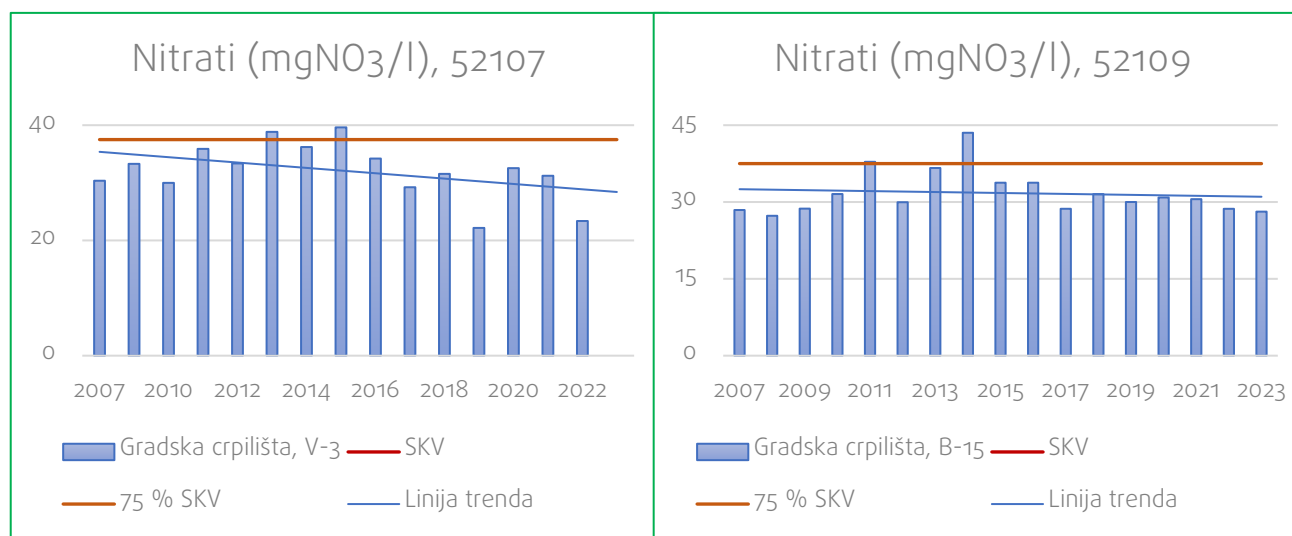


5.1. Vodno područje rijeke Dunav

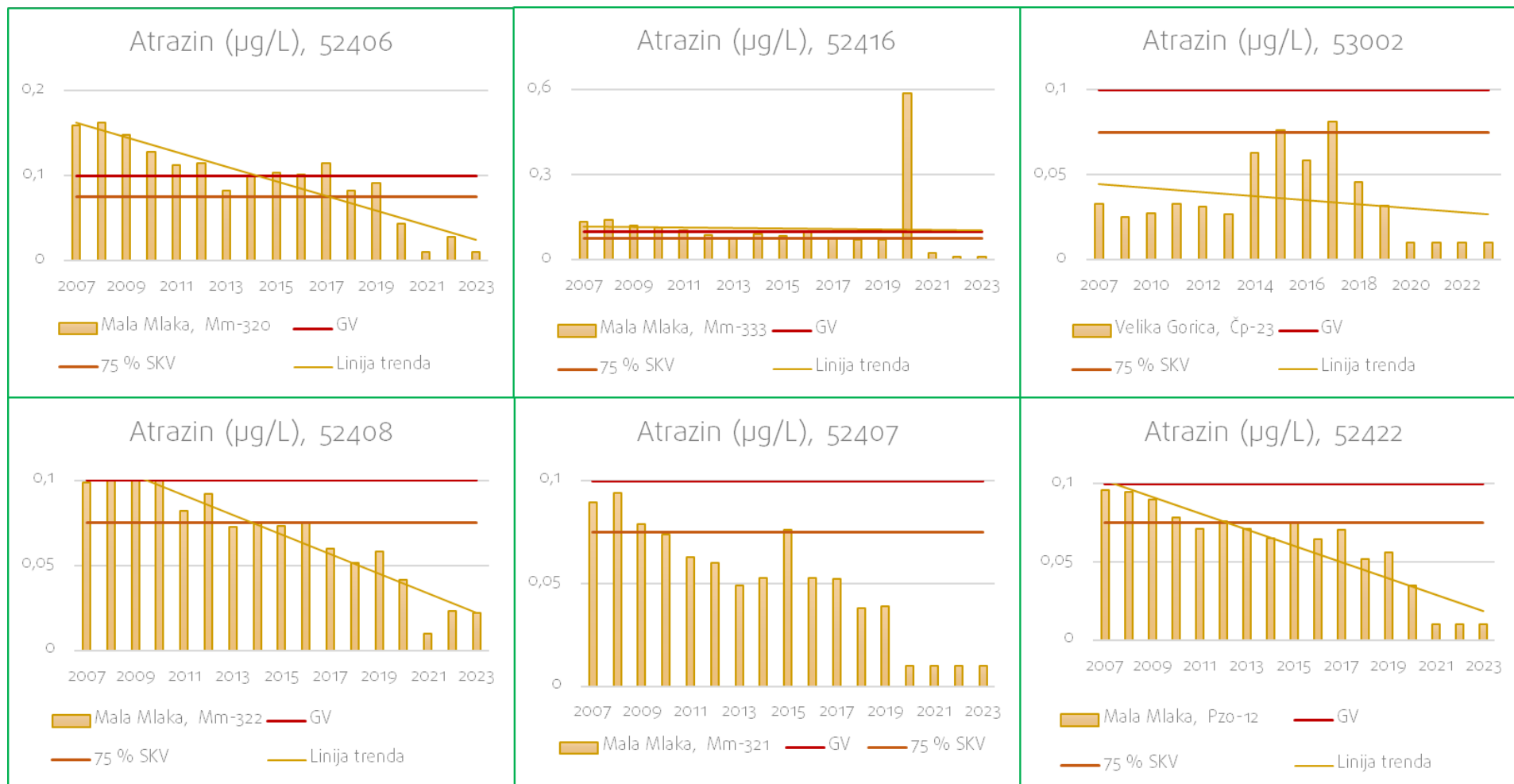
5.1.1. Podsliv rijeke Save

TPV Zagreb

Nitrati (NO₃- mg/L)

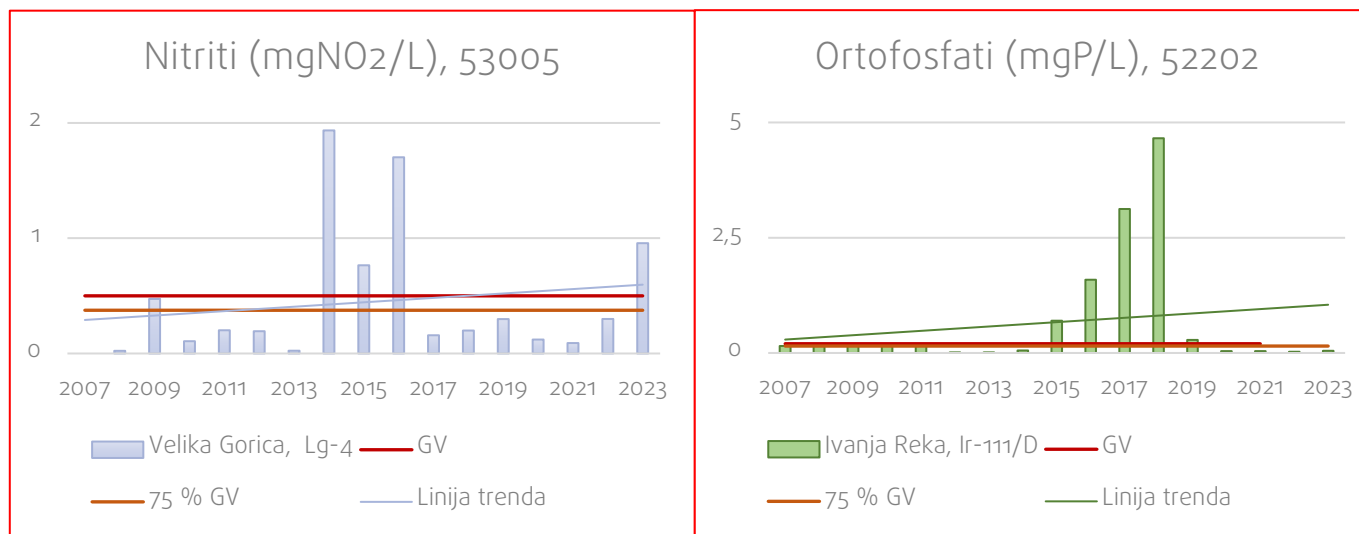


Atrazin ($\mu\text{g/L}$)

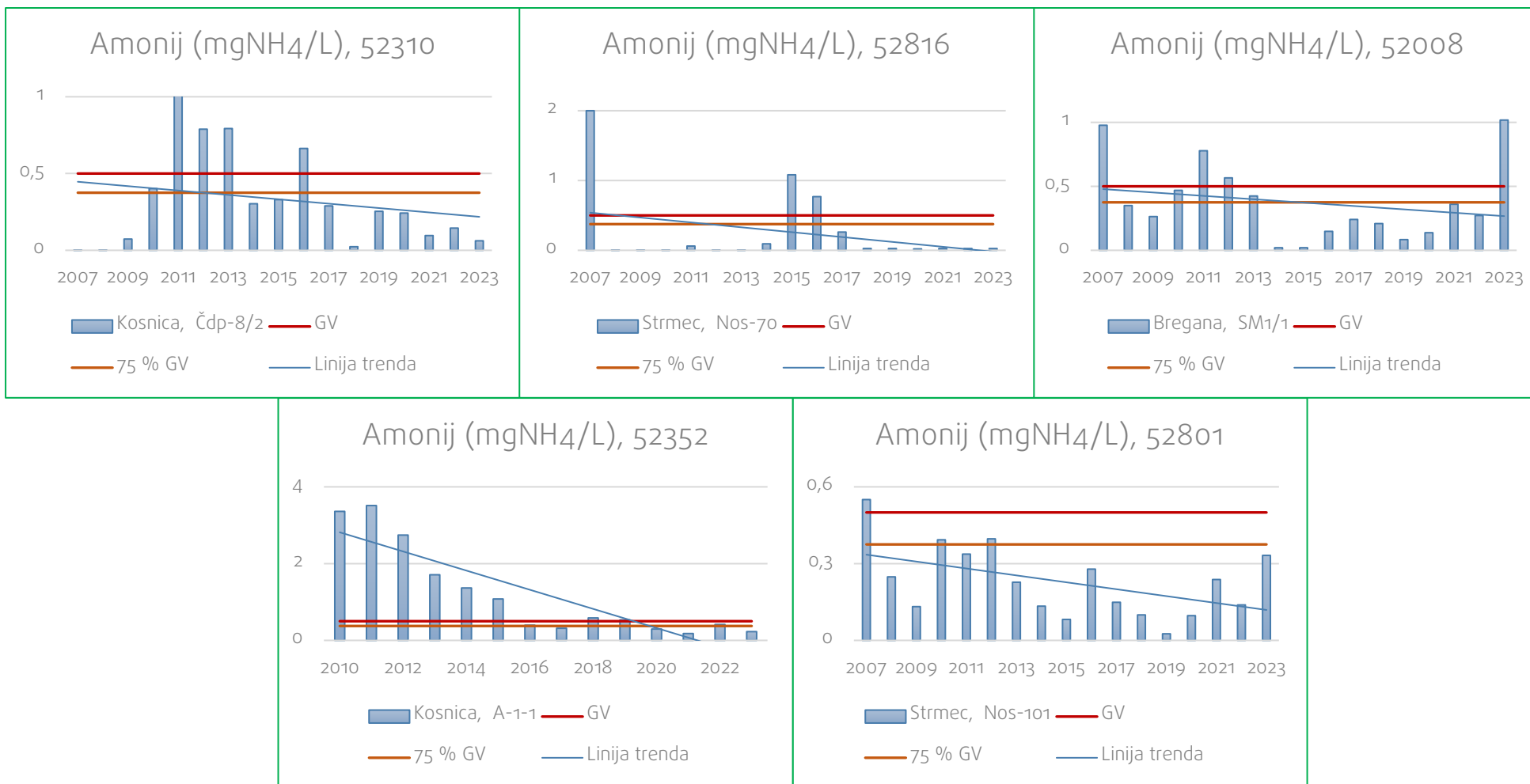


Nitriti (NO₂⁻ mg/L)

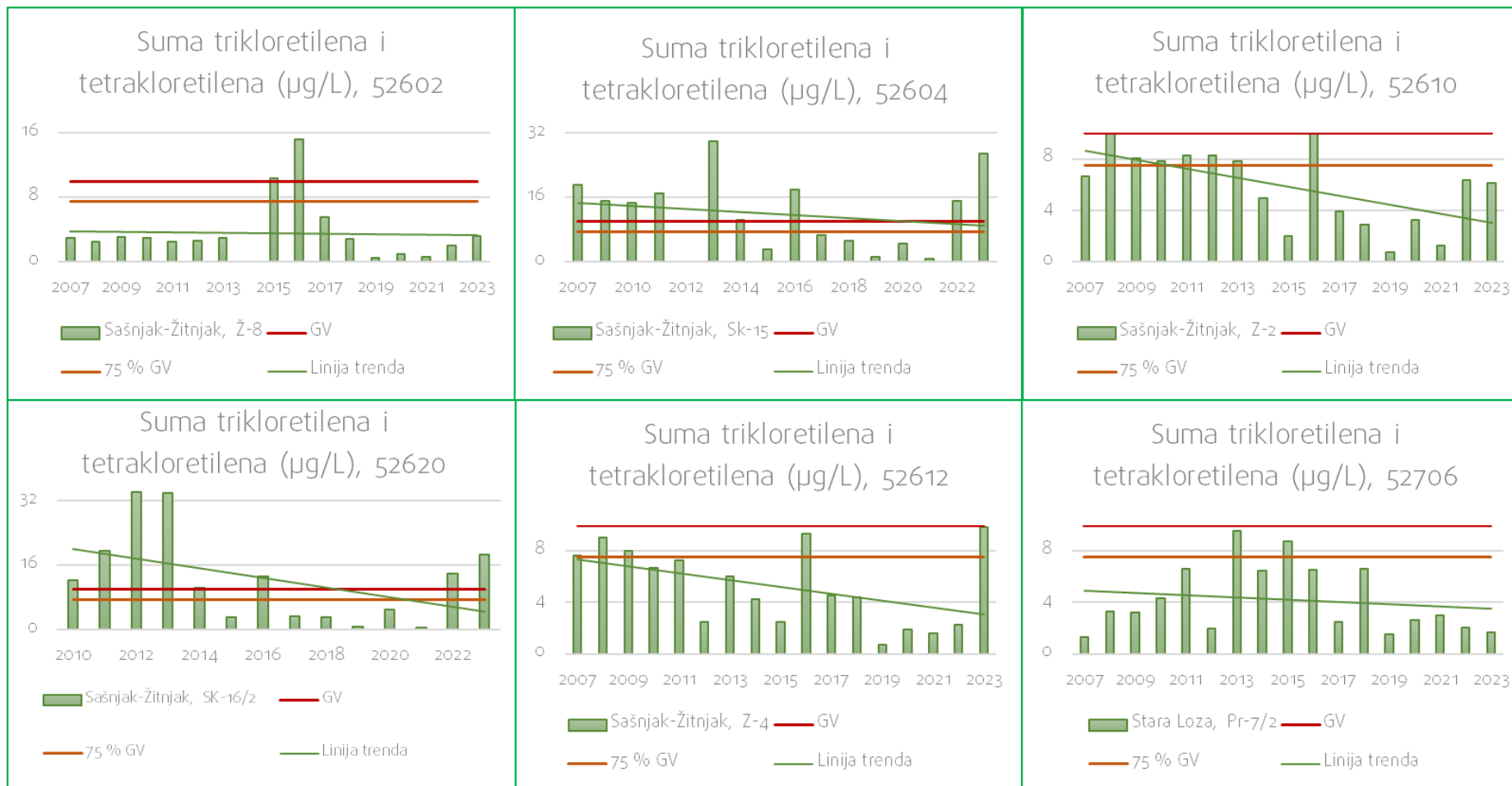
Ortofosfati (mgP/L)



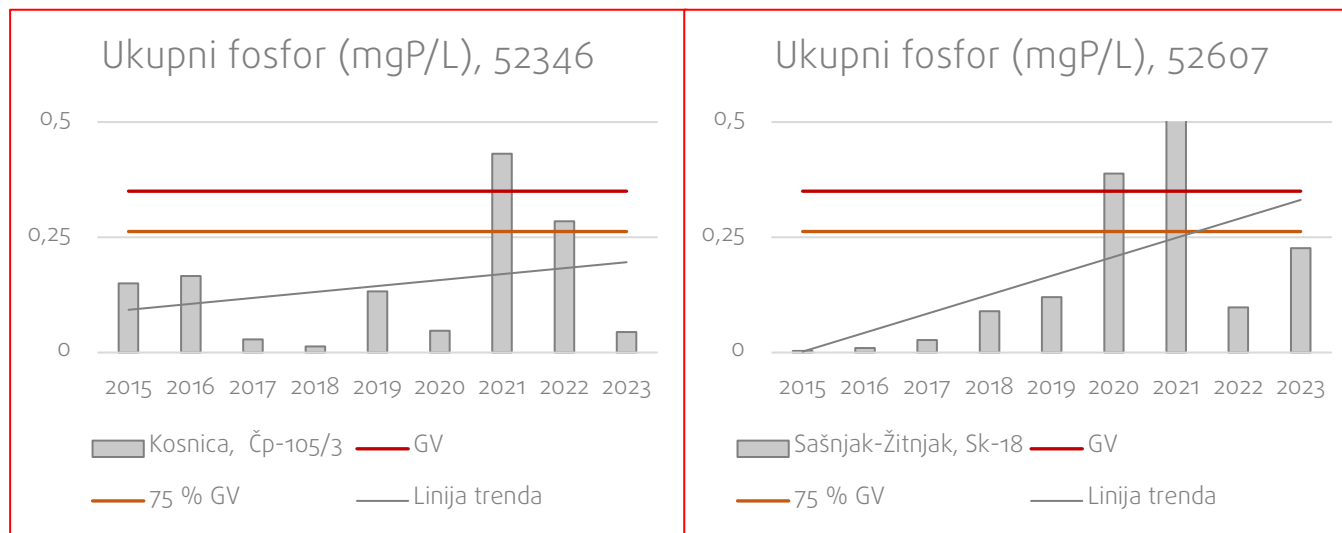
Amonij (NH₄⁺ mg/l)



Suma trikloretilena i tetrakloretilena ($\mu\text{g/L}$)

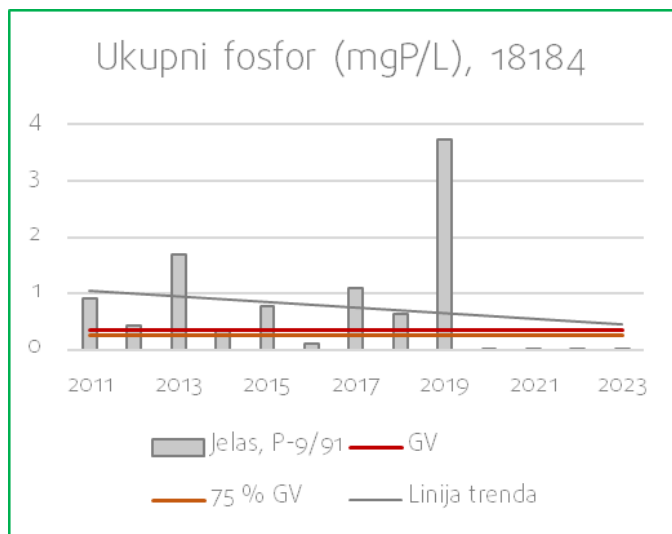


Ukupni fosfor (mg/L)

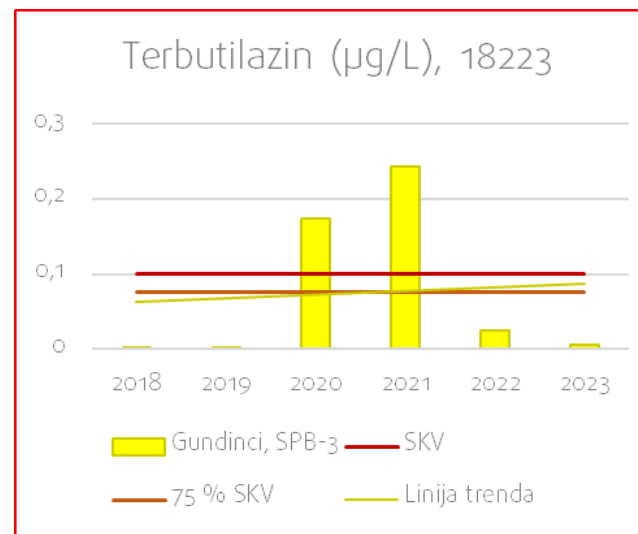


TPV Istočna Slavonija – sliv Save

Ukupni fosfor (mg/L)



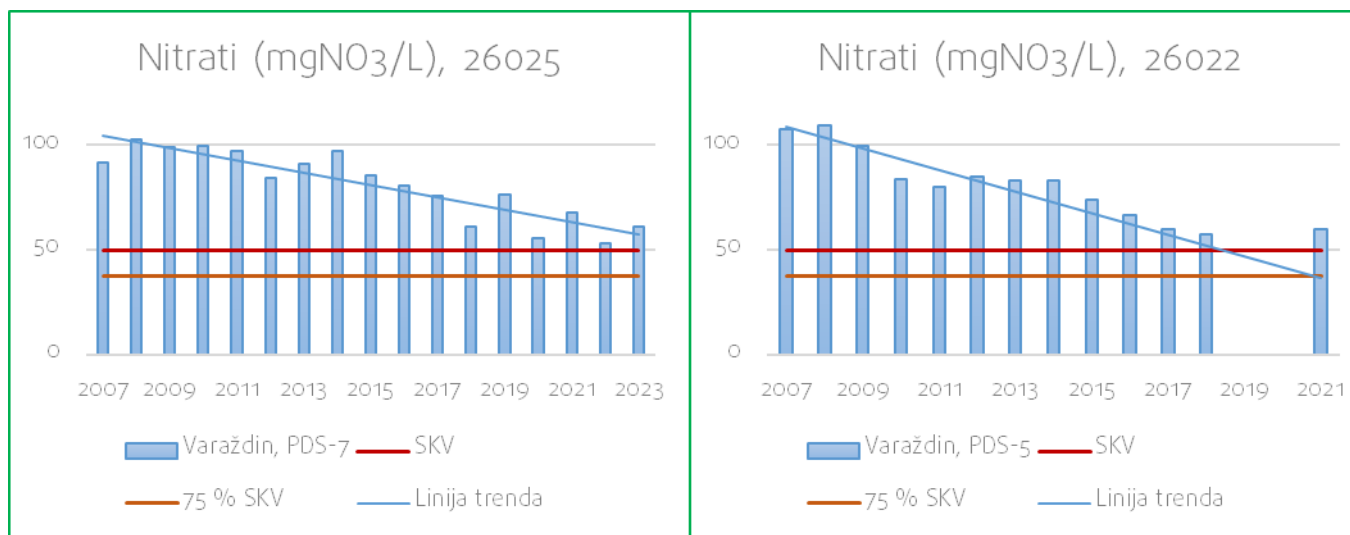
Terbutilazin (µg/L)



5.1.2. Podsliv rijeka Drave i Dunava

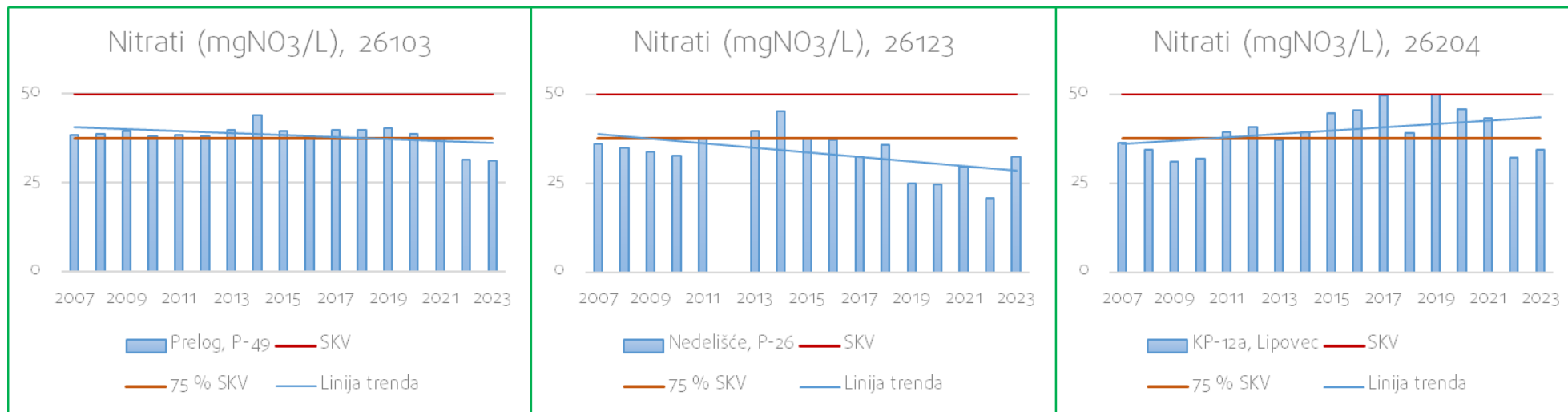
TPV Varaždinsko područje

Nitrati (NO_3^- mg /L)



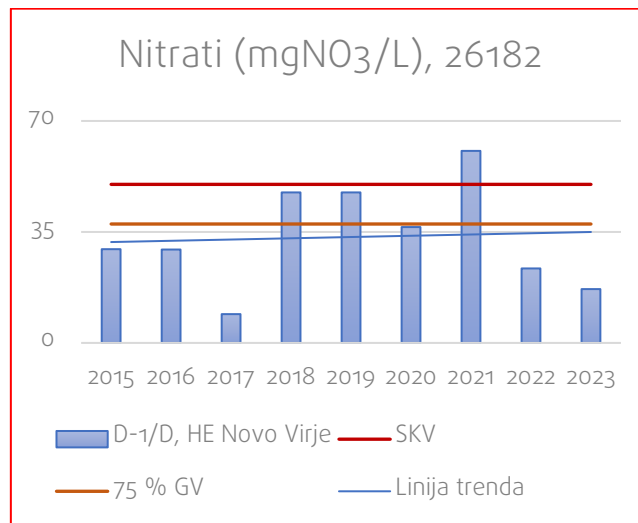
TPV Međimurje

Nitrati (NO₃⁻ mg /L)



TPV Novo Virje

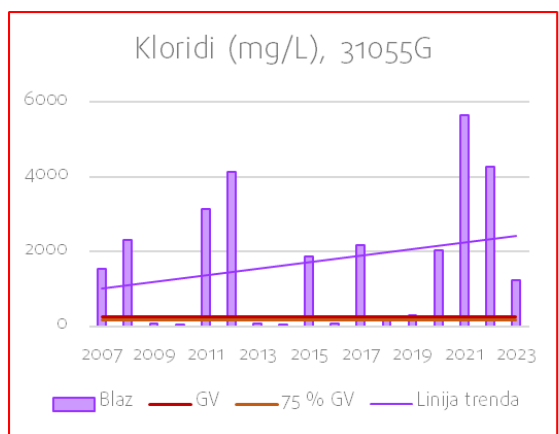
Nitrati (NO_3^- mg/L)



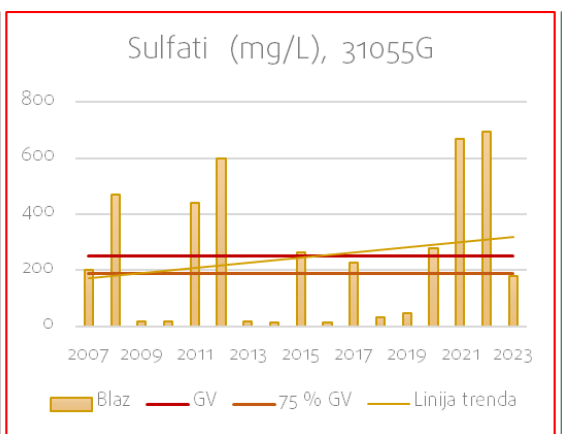
5.2. Jadransko vodno področje

TPV Središnja Istra

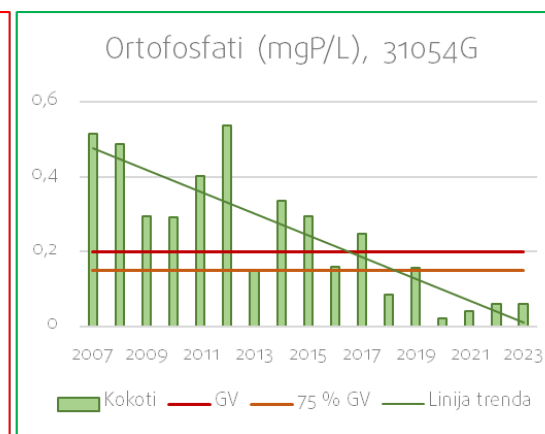
Kloridi (Cl⁻ mg/L)



Sulfati (SO₄²⁻ mg/L)

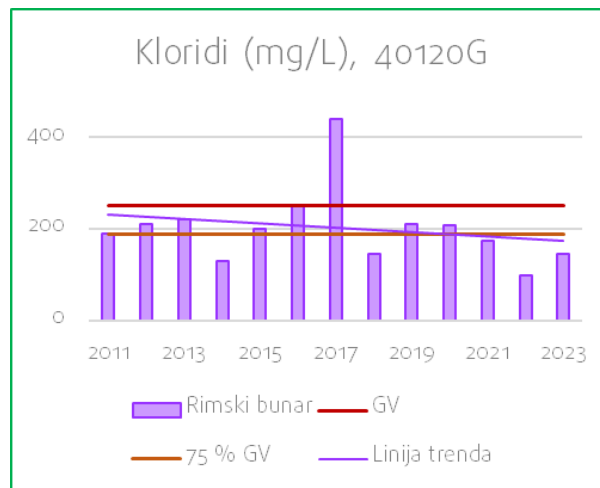


Ortofosfati (mgP/L)



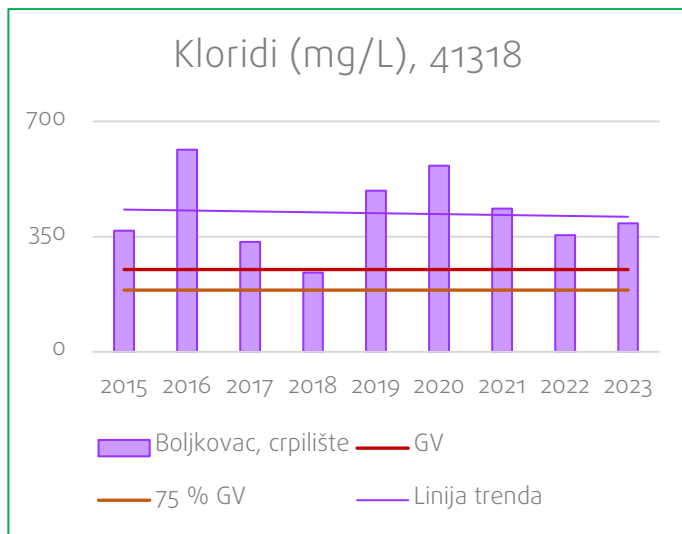
TPV Cetina

Kloridi (Cl⁻ mg/L)

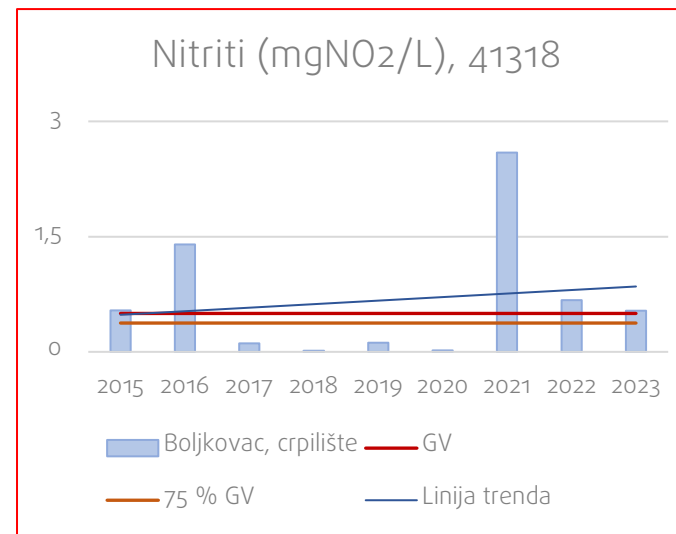


TPV Bokanjac - Poličnik

Kloridi (Cl⁻ mg/L)



Nitriti (NO₂⁻ mg/L)



6. Dodatni monitoring podzemnih voda u svrhu procjene rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju

U Republici Hrvatskoj, počevši s trogodišnjim razdobljem od 2022. do 2024. godine, uz programe monitoringa kakvoće podzemnih voda, uvodi se i dodatan monitoring podzemnih voda u svrhu procjene rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju gdje se stanje podzemnih voda na monitoring postajama ocjenjuje prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju ("Narodne novine", br. 64/23.). Vodno gospodarstvo nadležno je za zaštitu vode za piće prema Zakonu o vodama, dok je zdravstvo nadležno za kakvoću vode za piće prema Zakonu o vodi za ljudsku potrošnju ("Narodne novine", br. 56/13., 64/15., 104/17., 115/18., 16/20.) Identifikacija voda namijenjenih ljudskoj potrošnji (Članak 100.), kao i njihova zaštita (Članak 103.) propisani su Zakonom o vodama ("Narodne novine", br. 66/19., 84/21., 47/23.). Provedba se vrši putem zona sanitarne zaštite temeljem Odluke o zaštiti izvorišta (Članak 104.) te Pravilnika o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite ("Narodne novine", br. 66/11., 47/13.). Pravilnikom o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne mreže provodi se zaštita podzemnih voda, ali i svakog izvorišta ili drugog ležišta podzemne vode koje se koristi kao voda za ljudsku potrošnju. Zone sanitarne zaštite unose se u prostorne planove te Registar zaštićenih područja. Ministarstvo zdravstva i Državni inspektorat nadležne su institucije za provedbu Zakona o vodi za ljudsku potrošnju.

Prema obvezama europske Direktive o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju (Europska komisija, 2020) provodi se Zakon o vodi za ljudsku potrošnju ("Narodne novine", br. 56/13., 64/15., 104/17., 115/18., 16/20.), uz primjenu Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe ("Narodne novine", br. 64/23.). Pripadajućim podzakonskim aktom propisane su granične vrijednosti pokazatelja zdravstvene ispravnosti i obveza praćenja zdravstvene ispravnosti vode namijenjene za ljudsku potrošnju (Tablica 9). Hrvatske vode nadležne su za procjenu rizika za područje sliva vodocrpilišta. Za prikupljanje, sistematizaciju i osnovnu obradu podataka kao i provedbu monitoringa zdravstvene ispravnosti vode za piće u Republici Hrvatskoj nadležan je Hrvatski zavod za javno zdravstvo.

U novom Planu monitoringa za podzemne vode u razdoblju od 2022. do 2024. godine uveden je, uz stari nadzorni program monitoringa N1 i novi program monitoringa podzemnih voda N2, na kojima su svi pokazatelji za vodu za piće po nadzornom režimu prema novoj Direktivi o vodi za piće. Namjera je na temelju provedenog monitoringa do 2024. godine dobiti podatke na temelju kojih bi se procijenio rizik i upravljanje rizikom za područje sliva za vodozahvate. Na taj bi se način smanjila razina obrade potrebne za proizvodnju vode namijenjene za ljudsku potrošnju smanjenjem pritisaka koji uzrokuju onečišćenje ili rizik od onečišćenja podzemnih vodnih tijela koja se koriste za vodoopskrbu, bilo javnog ili lokalnog tipa. U tu svrhu odredila bi se područja sliva za vodozahvate, kao i pridruženi rizici.

Uz stari operativni program monitoringa O1 koji je obuhvaćao podzemna vodna tijela u lošem stanju ili u riziku za kemijsko stanje mjere se parametri koji uzrokuju loše stanje ili rizik na dotičnom podzemnom

vodnom tijelu po frekvenciji operativnog programa, a koja je veća od nadzorne. Novi operativni program O₂ detektira gdje se podzemno vodno tijelo nalazi u lošem stanju i/ili u stanju rizika prema Uredbi i u zoni opskrbe javne vodoopskrbe i lokalnih vodovoda u riziku, na svim lokacijama monitoringa na tom tijelu podzemnih voda za parametar koji uzrokuje loše stanje ili rizik po frekvenciji operativnog monitoringa; te operativni program O₃ gdje je podzemno vodno tijelo u dobrom kemijskom stanju, nije u riziku, ali se zona opskrbe (u daljnjem tekstu ZO) javne vodoopskrbe i lokalnih vodovoda nalazi u riziku.

Frekvencija za nadzorni monitoring na dunavskom i jadranskom vodnom području jest 4x godišnje, dok je u operativnom 6x godišnje, bilo da se radi o rizicima vode za piće ili podzemnim vodnim tijelima u lošem stanju ili u riziku.

Tablica 9. Parametri za nadzorni i operativni monitoring kvalitete podzemnih voda (Čupić, 2022).

Pokazatelj	Granična vrijednost	Mjerna jedinica
Pesticidi pojedinačni	0,1	µg/l
Pesticidi ukupni	0,5	µg/l
Nitrati	50	mg/l
Električna vodljivost	2500	µS/cm
Amonij	0,5	µg/l
Ortofosfati otopljeni	300	µg/l
Arsen	10	µg/l
Kadmij	5	µg/l
Olovo	5	µg/l
Živa	1	µg/l
Kloridi	250	mg/l
Sulfati	250	mg/l
Trikloretilen	Σ=10	µg/l
Tetrakloretilen		
Nitriti	0,5	mg/l
Natrij	200	mg/l
Željezo	200	µg/l
Mangan	50	µg/l
Bakar	2	mg/l
Cink	3000	µg/l
Aluminij	200	µg/l
Cijanid	50	µg/l
Krom	25	µg/l
Nikal	20	µg/l
Fluoridi	1,5	mg/l
Mikrobiološki pokazatelji	0	broj/100 ml
Barij	700	µg/l
Berilij otopljeni	4	µg/l
Aromatski ugljikovodici	0,1	µg/l
Ukupne suspendirane tvari	10	mg/l
Akrlamid	0,1	µg/l
Antimon	10	µg/l

Benzo(a)piren	0,01	µg/l
Bisfenol A	2,5	µg/l
Bor	1,5	µg/l
Bromati	10	µg/l
1,2-dikloretan	3	µg/l
Epiklorhidrin	0,1	µg/l
Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH)	0,1	µg/l
Selen	20	µg/l
Trihalometan ukupno	100	µg/l
Uranij	30	µg/l
Vinil klorid	0,5	µg/l

6.1. Rezultati dodatnog monitoringa podzemnih voda u svrhu procjene rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju

Ovdje opisani rezultati dodatnog monitoringa podzemne vode, ocijenjeni prema pokazateljima za procjenu rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju, služe za ocjenu stanja podzemnih voda i rizika u slivu vodocrpilišta. Voda za ljudsku potrošnju koja se isporučuje krajnjim korisnicima kroz sustav javne vodoopskrbe, prije same isporuke se pročišćava i tretira na odgovarajuće načine kako bi bila zdravstveno ispravna i sigurna za ljudsku potrošnju. Kako je i spomenuto, procesu isporuke vode za ljudsku potrošnju prethodi obrada podataka i ispitivanje sirove vode koje vrši Hrvatski zavod za javno zdravstvo.

Dodatni monitoring podzemne vode prema pokazateljima za procjenu rizika za područje sliva vodozahvata vode namijenjene za ljudsku potrošnju je obuhvatio je 113 mjernih postaja u svrhu ocjene rizika u slivu vodocrpilišta. Mikrobiološki pokazatelji na najvećem broju mjernih postaja pokazali su nezadovoljavajuće stanje, odnosno premašili dozvoljenu vrijednost veću od 0 jedinica na 100 ml. Pokazatelji metala također su na određenom broju postaja premašili dopuštene granične vrijednosti. S druge strane, koncentracije pesticida i ugljikovodika na gotovo svim su mjernim postajama bile ispod dopuštenih graničnih vrijednosti. Stanje po postajama prikazano je u Prilogu 1a, dok su pokazatelji s premašenim graničnim vrijednostima po pojedinom tijelu podzemne vode iskazani u nastavku (Tablica 10).

Tablica 10. Stanje podzemnih voda prema pokazateljima kakvoće za ljudsku potrošnju u 2023. godini.

KOD	NAZIV TIJELA PODZEMNIH VODA	MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	METALI	UGLJIKOVODICI	IONI	HRANJIVE TVARI	FIZIKALNO- KEMIJSKI POKAZATELJI
		PARAMETAR I BROJ POSTAJA S PREKORAČENJEM GRANIČNE VRIJEDNOSTI					
CDGI18	MEĐIMURJE	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (1)					
CDGI19	VARAŽDINSK O PODRUČJE	Broj aerobnih bakterija 22°C (3), Broj aerobnih bakterija 36°C (3), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (3)				Nitrati (1)	
CDGI20	SLIV BEDNJE	Broj aerobnih bakterija 22°C (1), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (1), Broj crijevnih enterokoka (1), <i>Escherichia coli</i> (1)	Nikal (1)				
CDGI21	LEGRAD - SLATINA	Broj aerobnih bakterija 36°C (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (1)	Mangan (1)				
CDGI23	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	Broj aerobnih bakterija 22°C (11), Broj aerobnih bakterija 36°C (13), <i>Escherichia coli</i> (4), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (8), Broj crijevnih enterokoka (2)	Cink (4), Mangan (2), Željezo (1)			Nitriti (1)	
CSGI14	KUPA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (2)					
CSGI17	KORANA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2)					

KOD	NAZIV TIJELA PODZEMNIH VODA	MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	METALI	UGLJIKOVODICI	IONI	HRANJIVE TVARI	FIZIKALNO- KEMIJSKI POKAZATELJI
		PARAMETAR I BROJ POSTAJA S PREKORAČENJEM GRANIČNE VRIJEDNOSTI					
CSG18	UNA	Broj aerobnih bakterija 22°C (1), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Broj crijevnih enterokoka (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2)					
CSG124	SLIV SUTLE I KRAPINE	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2)					
CSG127	ZAGREB	Broj aerobnih bakterija 22°C (5), Broj aerobnih bakterija 36°C (3), <i>Escherichia coli</i> (2), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (6), Broj crijevnih enterokoka (6)					
CSG128	LEKENIK - LUŽANI	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (1)	Cink (2), Kadmij (1), Mangan (2)				
CSG129	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	Broj aerobnih bakterija 22°C (8), Broj aerobnih bakterija 36°C (8), Ukupni broj koliformnih bakterija (6), Broj crijevnih enterokoka (2)	Antimon (1), Cink (3), Mangan (3)				
CSG130	ŽUMBERAK - SAMOBORSK O GORJE	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (1)					
CSG131	KUPA	Broj aerobnih bakterija 22°C (4), Broj aerobnih bakterija 36°C (3), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (5), Broj crijevnih enterokoka (2)					
CSGN15	DOBRA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), <i>Escherichia coli</i> (3), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (2),), Ukupni broj koliformnih bakterija (3), Broj crijevnih enterokoka (3)					

KOD	NAZIV TIJELA PODZEMNIH VODA	MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	METALI	UGLJIKOVODICI	IONI	HRANJIVE TVARI	FIZIKALNO- KEMIJSKI POKAZATELJI
		PARAMETAR I BROJ POSTAJA S PREKORAČENJEM GRANIČNE VRIJEDNOSTI					
CSGN16	MREŽNICA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (2)					
CSGN25	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	Broj aerobnih bakterija 22°C (5), Broj aerobnih bakterija 36°C (4), <i>Escherichia coli</i> (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (4), Broj crijevnih enterokoka (1)	Mangan (1), Olovo (1), Živa (1)			Nitriti (1)	
CSGN26	SLIV ORLJAVE	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (1)					
JKG101	SJEVERNA ISTRA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (2)					
JKG104	RIJEČKI ZALJEV	Broj aerobnih bakterija 22°C (1), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (1), <i>Clostridium perfringens</i> (1)					
JKG105	RIJEKA - BAKAR	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (2)					
JKG110	KRKA	Broj aerobnih bakterija 22°C (1), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), <i>Clostridium perfringens</i> (2)					

KOD	NAZIV TIJELA PODZEMNIH VODA	MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	METALI	UGLJIKOVODICI	IONI	HRANJIVE TVARI	FIZIKALNO- KEMIJSKI POKAZATELJI
		PARAMETAR I BROJ POSTAJA S PREKORAČENJEM GRANIČNE VRIJEDNOSTI					
JKG11	CETINA	Broj aerobnih bakterija 22°C (4), Broj aerobnih bakterija 36°C (4), <i>Escherichia coli</i> (3), Ukupni broj koliformnih bakterija (5), Broj crijevnih enterokoka (1)					
JKG12	NERETVA	Broj aerobnih bakterija 22°C (5), Broj aerobnih bakterija 36°C (3), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (5), Broj crijevnih enterokoka (1)			Natrij(1), Kloridi (1)		
JKGN02	SREDIŠNJA ISTRA	<i>Escherichia coli</i> (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2)					
JKGN03	JUŽNA ISTRA	<i>Escherichia coli</i> (1), Ukupni broj koliformnih bakterija (1), Broj crijevnih enterokoka (1), <i>Clostridium perfringens</i> (1)					
JKGN06	LIKA - GACKA	Broj aerobnih bakterija 22°C (1), Broj aerobnih bakterija 36°C (1), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (1)					
JKGN07	ZRMANJA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (1)					
JKGN08	RAVNI KOTARI	Broj aerobnih bakterija 22°C (4), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), <i>Escherichia coli</i> (4), Ukupni broj koliformnih bakterija (4), Broj crijevnih enterokoka (4), <i>Clostridium perfringens</i> (3)					
JKGN09	BOLJKOVAC- GOLUBINKA	Broj aerobnih bakterija 22°C (2), Broj aerobnih bakterija 36°C (2), <i>Escherichia coli</i> (2), Ukupni broj			Natrij (1), Kloridi (2)	Nitriti (1)	

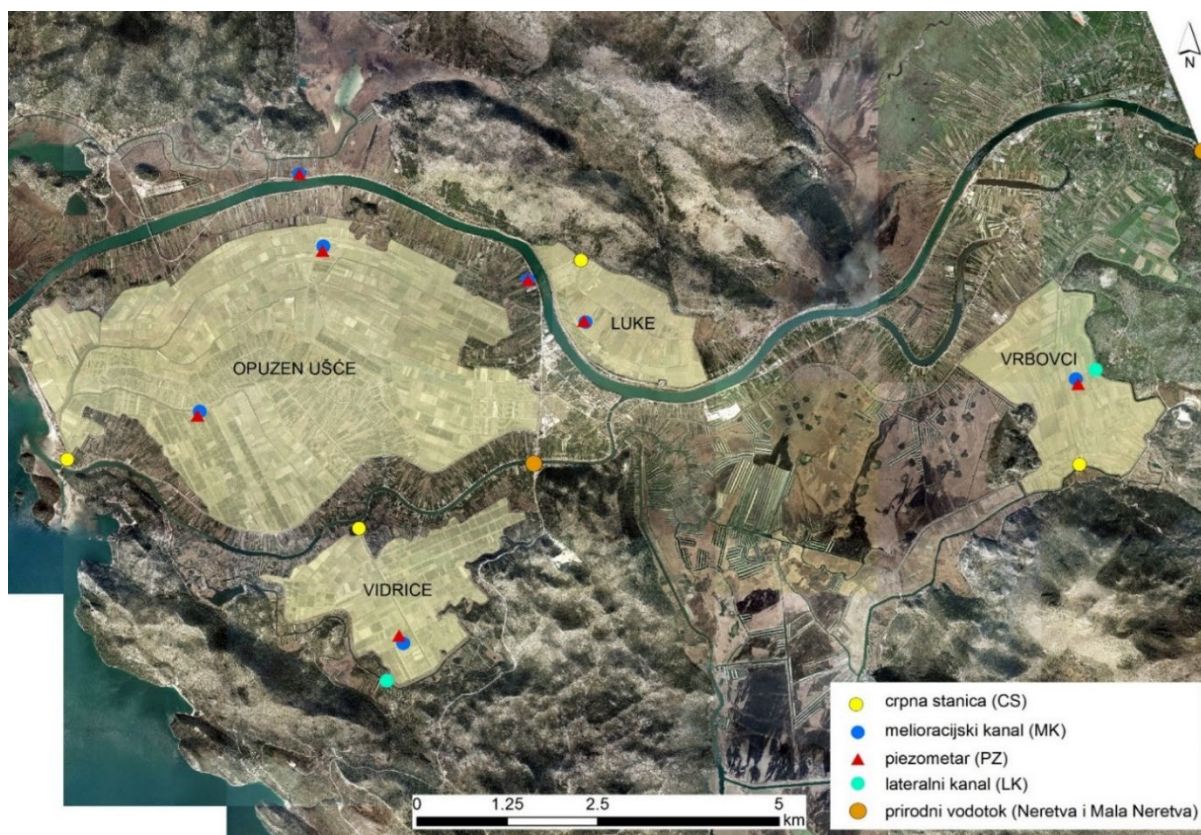
KOD	NAZIV TIJELA PODZEMNIH VODA	MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	METALI	UGLJIKOVODICI	IONI	HRANJIVE TVARI	FIZIKALNO- KEMIJSKI POKAZATELJI
		PARAMETAR I BROJ POSTAJA S PREKORAČENJEM GRANIČNE VRIJEDNOSTI					
		koliformnih bakterija (2), Broj crijevnih enterokoka (2), <i>Clostridium perfringens</i> (2)					
JOGN13	JADRANSKI OTOCI	Broj aerobnih bakterija 22°C (3), Broj aerobnih bakterija 36°C (3), <i>Escherichia coli</i> (4), Ukupni broj koliformnih bakterija (5), Broj crijevnih enterokoka (4), <i>Clostridium perfringens</i> (2)					

7. Istraživački monitoring utjecaja poljoprivrede na tlo i podzemne vode

7.1. Istraživački monitoring zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve

U sklopu projekta Monitoringa zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve provodi se monitoring površinskih i podzemnih voda na odabranim lokacijama melioracijskog područja koje su rizične s obzirom na proces zaslanjivanja. U razdoblju od siječnja do prosinca 2023. godine na području doline Neretve u sklopu navedenog projekta ukupno je prikupljeno i laboratorijski ispitano: 318 uzoraka vode i 56 uzoraka tla.

Mjerne lokacije su grupirane prema mjernim područjima, odnosno melioracijskim jedinicama kako bi se prikazali prostorni i vremenski trendovi promjena (Slika 5). Na pet mjernih područja je ukupno 15 mjernih lokacija na kojima se iz vodotoka i kanala uzimaju uzorci vode za potrebne monitoringa površinskih voda te 7 plitkih piezometara (dubine do 4 m) na kojima se uzimaju uzorci za potrebe monitoring podzemnih voda. U neposrednoj blizini piezometara su lokacije postaja monitoringa tla (Tablica 11).



Slika 5. Područje obuhvaćeno monitoringom zaslanjenja voda i poljoprivrednih tala na području doline Neretve s pozicijama postaja motrenja.

Tablica 11. Lokacije postaja monitoringa tla i postavljenih plitkih piezometara s georeferenciranim koordinatama.

Lokacije postaja monitoringa tla i plitkog piezometra	Identifikacijska oznaka postaje monitoringa tla (P)/piezometra (Pz)	Koordinata Y	Koordinata X
Vrbovci	P5/Pz5	6471263	4763979
Luke	P1/Pz1	6464437	4764868
Vidrice	P3/Pz3	6461886	4760416
Opuzen ušće - Jasenska	P2/Pz2	6460829	4765863
Opuzen ušće - Glog	P4/Pz4	6459102	4763532
Komin - lijevo zaobalje	P6/Pz6	6463667	4765453
Komin - desno zaobalje	P7/Pz7	6460513	4766955

U jednogodišnjem ciklusu uzeto je 12 uzoraka (jednom mjesečno) podzemnih voda po lokaciji (oznake Pz1 do Pz7), odnosno ukupno 84 uzorka podzemnih voda.

Uzorkovanje podzemnih voda izvodilo se potopnom pumpom. Transport uzoraka do laboratorija obavljalo se u rashladnim spremnicima udovoljavajući uvjetima potrebne temperature, mehaničke zaštite i zaštite od kontaminacije. Sva ispitivanja provedena su u Analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije, MELILAB (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet).

U svim uzorcima površinskih i podzemnih voda određivani su fizikalno-kemijski pokazatelji, sukladno zahtjevima Uredbe o standardu kakvoće voda („Narodne novine“, br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak) i to: ukupne suspendirane tvari, pH-vrijednost, električna vodljivost (EC_w), NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, Ortofosfati, K, HCO₃⁻, Ca, Mg, Cl, SO₄, Na i TOC.

Uzorkovanje tla je provedeno u dva vremenska termina (3. travnja i 11. listopada 2023. godine) na sedam postaja (oznake P1 do P7) sondiranjem sa četiri dubine: 0-25, 25-50, 50-75 i 75-100 cm. Priprema uzoraka za analizu napravljena je prema standardiziranom postupku pripreme tla za fizikalne i kemijske analize (HRN ISO 11464:2004). Svi uzeti uzorci tla (prosijani na 2000 µm) arhivirani su u plastične kutije (zapremine do 0,5 L) radi čuvanja minimalno 10 godina (prema preporuci Programa trajnog monitoringa tala Hrvatske) u laboratorijskom prostoru za arhivu.

U uzorcima tla je rađena analiza vodenog saturacijskog ekstrakta tla i to sljedećih kemijskih pokazatelja: pH, električna vodljivosti (EC_e), K, NO₃-N, koncentracija NO₂-N, koncentracija NH₄-N, koncentracija PO₄-P, HCO₃, Ca, Cl, Mg, Na i SO₄.

7.1.1. Rezultati monitoringa zaslanjenja podzemnih voda

Mjerno područje Luke

U piezometru Pz1 na melioracijskom području Luke tijekom 2023. godine voda je bila srednje zaslanjena s prosječnom vrijednosti EC_w od 4,6 dS/m koje su se kretale u rasponu od 3,2 do 5,4 dS/m. Koncentracije Cl⁻ kretale su se u rasponu od 581 do 1.151 mg/L. Visoke koncentracije sulfata utvrđene su u svim terminima uzorkovanja s maksimumom od 1.231 mg/L. Na postaji piezometar Luke su utvrđene povišene koncentracije ukupnog organskog ugljika koje su se kretale u rasponu od 8,2 do 88 mg/L.

Mjerno područje Vidrice

Prema prosječnoj vrijednosti EC_w koja je iznosila 10 dS/m, podzemna voda na području Vidrica (Pz3) se na godišnjoj razini klasificira kao jako zaslanjena. U siječnju te od rujna do prosinca izmjerene mjesečne vrijednosti EC_w su bile iznad granice od 10 dS/m, s maksimumom od 19 dS/m u studenom. Prosječna godišnja koncentracija Na^+ iznosila je 1.449 mg/L, a Cl^- 2.465 mg/L, s tim da su maksimalne godišnje vrijednosti navedenih parametara dosegle 3.040 mg/L odnosno 5.278 mg/L, što je značajno više od granice ozbiljnog stupnja ograničenja za primjenu u navodnjavanju. U veljači izmjerena koncentracija NO_3-N iznosila je 1,7 mg/L te 0,56 mg/L u svibnju, a nakon toga cijelu godinu nije prelazila 0,04 mg/L. Koncentracija TOC je tijekom cijele godine bila povišena i kretala se u rasponu od 16 do 36 mg/L.

Mjerno područje Opuzen ušće

Na lokaciji motrenja podzemne vode piezometar Jasenska vrijednost EC_w tijekom cijele godine bila je veća od 10 dS/m, a u studenom i prosincu veća od 25 dS/m (prosječna godišnja vrijednost iznosila je 20 dS/m), što ju je svrstalo u klasu jako zaslanjene vode, a vodu iz piezometra Opuzen ušće s prosječnom godišnjom vrijednosti od 7,4 dS/m kao srednje zaslanjenu.

Sukladno visokim vrijednostima EC_w u piezometru Jasenska, utvrđene su izrazito visoke i prosječne koncentracije Na^+ i Cl^- od 3734 mg/L, odnosno 6368 mg/L. Prosječne godišnje koncentracije Na^+ i Cl^- u piezometru Opuzen ušće od 844 mg/L, odnosno 1442 mg/L također su ukazivale na ozbiljan stupanj ograničenja za primjenu vode u navodnjavanju, iako je prema izmjerenim vrijednostima EC_w voda bila srednje zaslanjena. Prosječne godišnje vrijednosti koncentracija NO_3-N su u dva termina uzorkovanja bile > 2 mg/L na postaji monitoringa piezometar Opuzen ušće (veljača i prosinac) i piezometar Jasenska (siječanj i travanj). U ostatku razdoblja utvrđene koncentracije iznosile su > 1 mg/L na obje postaje monitoringa. Na postaji piezometar Jasenska su utvrđene povišene koncentracije ukupnog organskog ugljika koje su se kretale u rasponu od 21 do 55 mg/L.

Mjerno područje Vrbovci

Prema FAO klasifikaciji voda u plitkom piezometru Pz5 u mjernom području Vrbovci bila je na granici malo i srednje zaslanjene s rasponom od 1,6 do 2,4 dS/m.

Na ovoj lokaciji motrenja tijekom cijele godine postoji slabo do srednje ograničenje za primjenu vode za navodnjavanje u odnosu na izmjerene koncentracije Na^+ i Cl^- , s izuzetkom kolovoza i prosinca kada je ograničenje u odnosu na koncentracije Cl^- bilo ozbiljno (365 mg/L i 470 mg/L). Koncentracije nitrata manje od 5 mg/L utvrđene su u travnju i razdoblju od kolovoza do studenog, dok su se u ostatku godine kretale u rasponu od 12 mg/L do 32 mg/L.

Mjerno područje Komin

Podzemna voda iz piezometra Komin - lijevo zaobalje (Pz6) klasificira se kao jako zaslanjena, a voda iz piezometra Banja - desno zaobalje (Pz7) kao srednje zaslanjena voda ($EC_w < 10$ dS/m). Prosječna vrijednost EC_w u piezometru Komin-lijevo zaobalje iznosila je 21 dS/m i uz piezometar Jasenska predstavlja mjernu postaju s najvećim zaslanjenjem na području monitoringa. Oscilacije u vrijednostima EC_w na obje lokacije unutar ovog mjernog područje su minimalne izuzev vrijednosti u lipnju kada je piezometar Komin - lijevo zaobalje očišćen.

Sukladno visokim vrijednostima EC_w u piezometrima Komin - lijevo zaobalje, visoke su bile i prosječne koncentracije Na^+ i Cl^- od 3.858 mg/L, odnosno 7.109 mg/L. Ako se usporede s vrijednostima u kanalu Komin-desno zaobalje, onda su one bile gotovo 3 puta više (sukladno vrijednostima EC_w), ali i prosječne koncentracije Na^+ i Cl^- od 1.349 mg/L, odnosno 2.551 mg/L u piezometru Komin - desno zaobalje ukazivale su na ozbiljan stupanj ograničenja za primjenu vode u navodnjavanju. Koncentracija NO_3-N na obje lokacije kroz cijelu godinu iznosila je 0,04 mg/L, ali su zabilježene povišene koncentracije ukupnog organskog ugljika koje su se kretale u rasponu od 26 do 89 mg/L.

7.1.2. Rezultati monitoringa zaslanjenja poljoprivrednih tala

Postaja motrenja tla Luke (P1)

Uzorci tla uzeti u travnju 2023. godine na postaji P1 prema prosječnoj vrijednosti EC_e -a do 1 m dubine pokazuju da je tlo u zimskom terminu uzorkovanja bilo slabo zaslanjeno. Zabilježen je viši stupanj zaslanjenosti tla u površinskom sloju (0 - 25 cm) te na dubini od 50 do 100 cm. Ujedno su u tim slojevima utvrđene i najviše koncentracije Cl^- , Mg^{2+} i Na^+ . U ovom terminu uzorkovanja koncentracije dušika iz nitrata bile su < 0,5 mg/l cijelom dubinom profila.

Analize kemijskih pokazatelja tla s postaje P1 uzorkovane u listopadu 2023. godine pokazuju da je tlo tada bilo slabo do umjereno zaslanjeno u površinskom sloju. Prosječna vrijednost EC_e do 1 m dubine bila je 2,6 dS/m. I u ovom terminu uzorkovanja koncentracije dušika iz nitrata bile su < 0,5 mg/l cijelom dubinom profila.

Do 75 cm dubine tla postojale su sezonske razlike u stupnju zaslanjenosti tla. Sezonske razlike u koncentracijama NO_3-N nisu bile izražene tijekom godine monitoringa.

Postaja motrenja tla Vidrice (P3)

Vrijednosti kemijskih pokazatelja u uzorcima tla koji su uzeti u travnju 2023. godine na postaji P3 pokazuju da je tlo bilo alkalno, nezaslanjeno u površinskom sloju, slabo zaslanjeno od 25 do 50 cm dubine te umjereno zaslanjeno od 50 do 100 cm dubine. Cijelom dubinom profila u otopini tla dominantna je bila koncentracija SO_4^{2-} iona koji su se kretali u rasponu od 419 u površinskom sloju tla do 2.247 mg/L u sloju tla od 75 do 100 cm. Koncentracija Cl^- kretala se u rasponu od 46 mg/L u površinskom sloju tla do 498 mg/L u najdubljem sloju tla.

U ljetnom terminu uzorkovanja tlo je bilo slabo zaslanjeno do 50 cm dubine te umjereno zaslanjeno u dubljim slojevima tla s rasponom EC_e od 3,1 dS/m u površinskom sloju tla do 4,7 dS/m u najdubljem sloju tla. Također, i u ljetnom terminu uzorkovanja zabilježene su visoke koncentracije SO_4^{2-} , vrlo slične vrijednostima u zimskom terminu uzorkovanja.

Na ovoj postaji su zabilježene sezonske razlike u stupnju zaslanjenosti do 50 cm dubine tla, dok su koncentracije nitrata u otopini tla bile < 1 mg/L u oba termina uzorkovanja.

Postaja motrenja tla Opuzen ušće-Jasenska (P2)

Tlo na postaji monitoringa P2 na području Opuzen ušća - Jasenska u zimskom razdoblju bilo je alkalno i nezaslanjeno do 75 cm dubine. Prosječna vrijednost EC_e do 1 m dubine tla bila je 1,9 dS/m. Na dubini od 75 do 100 cm tlo je bilo slabo zaslanjeno (EC_e od 3,0 dS/m) s zabilježenim maksimumima koncentracije SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} i Na^+ .

Prema prosječnoj vrijednosti EC_e u ljetnom terminu uzorkovanja tlo je bilo alkalno i slabozaslanjeno. U površinskom sloju tla (0 - 25 cm), vrijednost EC_e kretala se od 1,4 dS/m. Koncentracije nitrata (NO_3-N) bile su ispod granice detekcije (< 0,079 mg/L), dok je koncentracija amonijaka (NH_4-N) bila 2,0 mg/L. U sloju tla od 25 - 50 cm, EC_e je nešto veća (1,6 dS/m), ali još uvijek unutar granica za nezaslanjeno tlo. Dubina od 50 - 75 cm pokazuje daljnji blagi porast EC_e na 1,7 dS/m. U dubini od 75 - 100 cm dolazi do značajnijeg porasta EC_e na 3,0 dS/m, što tlo svrstava u slabo zaslanjenu kategoriju. Primijećen je značajniji porast koncentracije nitrata (NO_3-N) na 5,2 mg/L.

U dva termina uzorkovanja u 2023. godini na postaji P2 vrijednosti EC_e ne pokazuju značajne sezonske promjene u zaslanjenosti do 75 cm dubine. Sezonske razlike u koncentracijama NO_3-N u tlu između dva termina uzorkovanja zabilježene su samo na dubini od 75 do 100 cm.

Postaja motrenja tla Opuzen ušće_Glog (P4)

U zimskom terminu uzorkovanja tlo je bilo nezaslanjeno do 50 cm dubine te slabo zaslanjeno od 50 do 100 cm dubine gdje su zabilježene najviše koncentracija SO_4^{2-} iona s prosječnom vrijednosti od 930 mg/L. Maksimumi koncentracija pojedinačnih soli (Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) zabilježeni su na 75 do 100 cm dubine tla.

U terminu uzorkovanja u listopadu tlo na postaji monitoringa P4 bilo je slabo zaslanjeno s prosječnom vrijednosti EC_e od 2,4 dS/m. EC_e u površinskom sloju je 0,70 dS/m, što ukazuje na nezaslanjeno tlo. Međutim, postojao je porast EC_e s dubinom, dosežući 3,4 dS/m u dubini od 75 - 100 cm, što tlo svrstava u kategoriju slabo do umjereno zaslanjenog. pH vrijednosti su se kretale od blago alkalnih 8,0 u površinskom sloju do 7,6 u dubini od 75 - 100 cm. Koncentracija nitrata (NO_3-N) varirala je kroz profil. U površinskom sloju iznosila je 4,5 mg/L, smanjila se na 2,3 mg/L u sloju od 25 - 50 cm, zatim na 0,32 mg/L u sloju od 50 - 75 cm, dok se u najdubljem sloju (75 - 100 cm) povećala na 9,7 mg/L.

Ostali kemijski pokazatelji, poput kalija (K^+), amonijaka (NH_4-N), fosfata (PO_4-P), bikarbonata (HCO_3^-), kalcija (Ca^{2+}), klora (Cl^-), magnezija (Mg^{2+}), natrija (Na^+) i sulfata (SO_4^{2-}), također su varirali s dubinom, s najvišim vrijednostima često u najdubljem sloju od 75 - 100 cm. Prosječne vrijednosti kroz analizirane dubine ukazuju na umjereno zaslanjeno tlo s pH vrijednošću 7,7, EC_e od 2,4 dS/m, i varirajućim koncentracijama kemijskih pokazatelja, s izraženom prosječnom koncentracijom sulfata (SO_4^{2-}) od 1402 mg/L.

Zaslanjenost tla na postaji P4 je bila veća u površinskom sloju tijekom ljetnog termina uzorkovanja, dok su potpovršinski slojevi pokazali veći stupanj zaslanjenosti tijekom zimskog termina. Zabilježeno je da su u listopadu, koncentracije nitrata bile više u dubokom sloju tla od 75 do 100 cm što bi moglo biti posljedica ispiranja nitrata.

Postaja motrenja tla Koševo Vrbovci (P5)

Vrijednosti kemijskih pokazatelja u uzorcima tla koji su uzeti u travnju 2023. godine na postaji P5 pokazuju da je tlo je u svim analiziranim slojevima bilo alkalno s prosječnom vrijednosti pH od 8,2. Cijelom dubinom profila tlo je bilo nezaslanjeno ($EC_e < 1$ dS/m), s prosječnom koncentracijom Cl^- od 42 mg/L te Na^+ od 52 mg/L. U svim slojevima tla koncentracija dušika iz nitrata (NO_3^- -N) i amonijaka (NH_4^+ -N) bila je niska s prosječnim vrijednostima od 0,04 mg/L odnosno 0,85 mg/L.

Vrijednosti kemijskih pokazatelja u uzorcima tla koji su uzeti u listopadu pokazuju da je tlo bilo nezaslanjeno (prosječna vrijednost EC_e do 1 m dubine 1,5 dS/m) s prosječnom koncentracijom Cl^- od 246 mg/L te Na^+ od 89 mg/L. U cijelom profilu koncentracija nitritnog i nitratnog oblika dušika bila je niska, s prosječnim vrijednostima od 0,22 mg/L odnosno 0,17 mg/L.

Na postaji nisu zabilježene sezonske razlike u vrijednostima EC_e i NO_3^- -N u tlu do 1 m dubine.

Postaja motrenja tla Komin_ lijevo zaobalje (P6)

U terminu uzorkovanja u travnju tlo na postaji P6 monitoringa je bilo alkalno i nezaslanjeno s prosječnom vrijednosti EC_e od 1,6 dS/m. Samo je na dubini od 50 do 75 cm zabilježena vrijednosti $EC_e > 2$ dS/m. Koncentracije N iz NO_3^- i NO_2^- bile su < 1 mg/L. HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ i SO_4^{2-} pokazuju varijacije s dubinom, sa značajnim porastom nekih iona, kao što su Cl^- i Mg^{2+} u sloju od 50 - 75 cm.

Analiza vertikalnog profila tla uzorkovanog u listopadu pokazuje sljedeće kemijske karakteristike: pH vrijednosti su se kretala od 7,8 u površinskom sloju do 8,1 u sloju od 50 - 75 cm, sugerirajući blago do umjereno alkalne uvjete. EC_e pokazuje najveću vrijednost od 1,7 dS/m u površinskom sloju, ukazujući na umjerenu zaslanjenost i smanjuje se na 1,1 dS/m na dubini od 75 - 100 cm. K^+ ima najvišu koncentraciju od 26 mg/L u površinskom sloju i opada s dubinom. NO_3^- -N ima koncentraciju od 0,96 mg/L u površinskom sloju i povećava se na 1,3 mg/L na dubini od 75 - 100 cm. NH_4^+ -N je najizraženiji u površinskom sloju s 5,2 mg/L i smanjuje se na 0,37 mg/L na većoj dubini. HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ i SO_4^{2-} variraju s dubinom. Ključna je visoka koncentracija Cl^- od 289 mg/L u površinskom sloju, koja se smanjuje s dubinom.

Na postaji P6 bile su izražene sezonske razlike u stupnju zaslanjenosti tla, sa zabilježenim višim vrijednostima EC_e na dubini od 50 cm u travnju. Koncentracije nitratnog oblika hranjiva u oba termina uzorkovanja bile su < 1 mg/L.

Postaja motrenja tla Komin_ desno zaobalje (P7)

Na postaji za monitoring tla Komin-desno zaobalje - Banja analiza kemijskih pokazatelja za različite dubine prikazuje sljedeće rezultate: pH se kretao oko vrijednosti 7,9 za gornje slojeve (0 - 50 cm) te blago opada na 7,8 u najdubljem sloju (75 - 100 cm), što upućuje na umjereno alkalne uvjete. EC_e pokazuje najmanju vrijednost od 0,67 dS/m u površinskom sloju (0 - 25 cm) i značajno se povećava do 3,9 dS/m u najdubljem sloju, ukazujući na porast zaslanjenosti s dubinom. Koncentracije K^+ blago padaju s dubinom, od 21 mg/L u površinskom sloju do 13 mg/L na dubini od 75 - 100 cm. NO_2^- -N - i NO_3^- -N su ispod granice detekcije ili vrlo niski u svim slojevima. NH_4^+ -N pokazuje slične vrijednosti kroz sve slojeve. HCO_3^- se smanjuje s dubinom, od 232 mg/L u površinskom sloju do 192 mg/L na dubini od 75 - 100 cm. Ca^{2+} i Cl^- rastu s dubinom, gdje Ca^{2+} ide od 119 mg/L na površini do 634 mg/L u najdubljem sloju, a Cl^- od 8 mg/L na površini do 347 mg/L na dubini od 75 - 100 cm. Mg^{2+} , Na^+ i SO_4^{2-} također pokazuju

povećanje s dubinom, sa značajnim porastom Mg^{2+} i SO_4^{2-} na dubini od 75 - 100 cm, gdje Mg^{2+} doseže 290 mg/L, a SO_4^{2-} - 1.860 mg/L.

Rezultati monitoringa tla s postaje P7 uzorkovane u listopadu pokazale su povećanje EC_e s dubinom, od 1,7 dS/m u površinskom sloju do 6,8 dS/m na dubini od 75 - 100 cm, što upućuje na povećanu zaslanjenost tla s dubinom.

Usporedbom vertikalnih profila EC_e i NO_3-N u zimskom i ljetnom terminu uzorkovanja zabilježene su razlike u stupnju zaslanjenosti između dva termina uzorkovanja cijelom dubinom profila na postaji P-7. Osim toga u oba termina uzorkovanja zabilježeno je povećanje stupnja zaslanjenosti tla s dubinom. Što se tiče nitrata, koncentracije NO_3-N bile su ispod 0,5 mg/L cijelom dubinom profila u oba termina uzorkovanja. Ipak, primjetan je blagi porast koncentracije nitrata u ljetnom terminu uzorkovanja na dubini od 50 cm.

K^+ pokazuje relativnu konzistentnost s dubinom, s vrijednostima koje su varirale od 16 mg/L u površinskom sloju do 17 mg/L na dubini od 75 - 100 cm. Vrijednosti NO_2-N su bile niske kroz sve slojeve, s najvećom koncentracijom od 0,06 mg/L u površinskom sloju. NO_3-N je bio prisutan u niskim koncentracijama, najviše 0,11 mg/L također u površinskom sloju. NH_4-N koncentracije su bile relativno visoke u odnosu na nitrite i nitrate, s 1,4 mg/L u površinskom sloju, povećavajući se na 2,5 mg/L na dubini od 75 - 100 cm. HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ i SO_4^{2-} pokazuju povećanje s dubinom, sa značajnim porastom Ca^{2+} od 335 mg/L u površinskom sloju do 799 mg/L na dubini od 75 - 100 cm, Cl^- od 38 mg/L do 1.278 mg/L i SO_4^{2-} od 844 mg/L do 2.213 mg/L u istom dubinskom intervalu.

7.2. Monitoring vodnog režima poljoprivrednih tala i kakvoće vode na području dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ - bosutskog polja

Prema svojim obilježjima, Biđ - bosutsko polje je izrazito poljoprivredno područje, gdje čak 75% stanovništva živi u ruralnim sredinama, pretežito se baveći poljoprivredom. S obzirom na to da usvojeni Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV), u 2005. godini definirana su četiri nacionalna pilot - projekta navodnjavanja na području RH, među kojima je i **nacionalni pilot projekt navodnjavanja Biđ - bosutskog polja**.

Nacionalni pilot projekt navodnjavanja Biđ - bosutskog polja provodi se u dvije etape:

I. etapa - Dovodni melioracijski kanal za navodnjavanje (DMKBBP) duljine 14.772 m od rijeke Save do kanala Konjsko. Predmetni kanal usklađen je s planovima navodnjavanja županija u području Biđ - bosutskog polja te regulacijom vodnog režima površinskih i podzemnih voda u šumskom kompleksu Spačva. **Trasa melioracijskog kanala poklapa se s trasom višenamjenskog kanala Dunav - Sava** čije je rješenje ušlo u svu važeću prostorno - plansku dokumentaciju Brodsko - posavske i Vukovarsko - srijemske županije. Veći broj prirodnih vodotoka (Moravik, Z. Berava, Beravica, Dorovo, Konjsko) i melioracijskih kanala, dolazi pod utjecaj zahvata (uspor), što proširuje i samu površinu natapanja oplemenjivanjem malih voda.

II. etapa - Sustav navodnjavanja na max. 4.000 ha (I. faza) - za uspostavu sustava navodnjavanja nužna je izgradnja Dovodnog melioracijskog kanala s pratećim objektima, koji će vode u spojnim vodotocima i kanalima dovesti na zadovoljavajuću razinu i kvalitetu potrebnu za natapanje. Površina od max. 4.000 ha u I. fazi odnosi se uglavnom na površine uz sami melioracijski kanal **DMKBBP** (približno po 1 km lijevo i desno od osi kanala).

Potreba za višegodišnjim monitoringom vodnog režima poljoprivrednih tala i kakvoće vode u Biđ - bosutskom polju, proizašla je kao rezultat neophodnih mjera zaštite okoliša u svezi izgradnje Višenamjenskog kanala Dunav - Sava (VKDS-a), propisanih Rješenjem Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša, klasa: UP/351-02/98-06/26, ur.broj: 452-07-JP-99-10 od 16. ožujka 1999. godine, odnosno izrade studije o meliorativnoj ulozi VKDS-a na ekosustave u zaobalju.

Budući da se radi o radikalnom hidrotehničkom zahvatu u agrosferu, DMKBBP kao takav zahtijeva visoku stručnost u izvedbi, održavanju i korištenju cjelovitog sustava. Poljoprivreda je tradicionalno bila najvažnija grana gospodarstva na ovom prostoru. Razumljivo je, stoga, da promjene agroekoloških uvjeta za uzgoj poljoprivrednih kultura posebice u uvjetima navodnjavanja, treba sustavno pratiti kako bi se mogle održavati pod nadzorom, odnosno kako bi se izbjegli negativni, a osnažili i maksimalno iskoristili pozitivni utjecaji i nove mogućnosti koje se stavljanjem kanala u funkciju otvaraju.

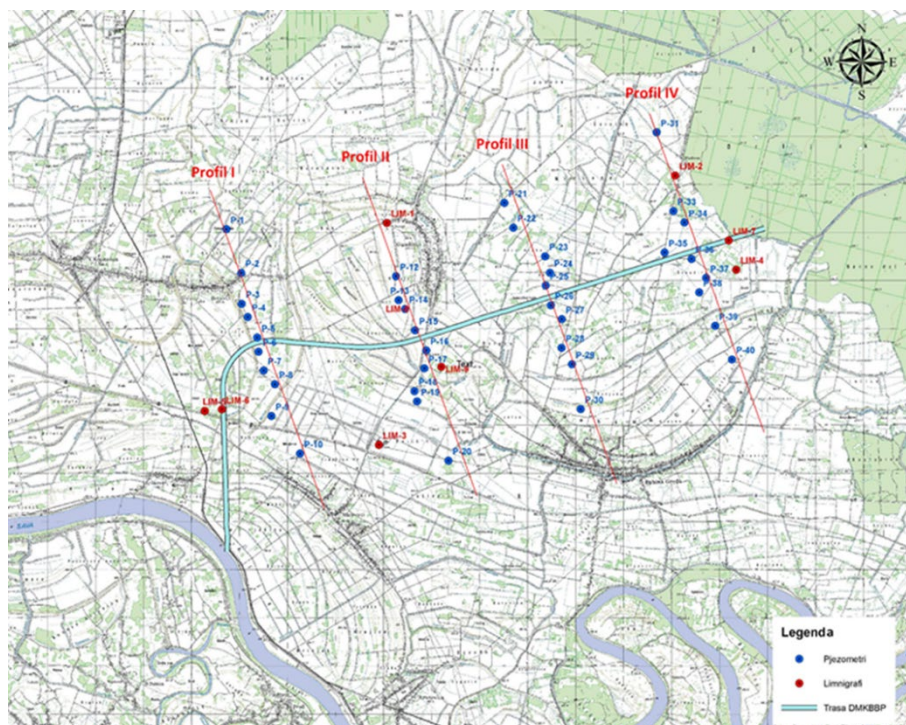
Ciljevi i metodika istraživanja za 2023. godinu sukladni su Programu monitoringa za razdoblje 2019. - 2023. godine. Ciljevi su:

1. Motrenje stanja vodnog režima poljoprivrednih tala u neposrednom zaobalju Dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ - bosutskog polja (DMKBBP).
2. Utvrđivanje utjecaja DMKBBP na promjene vodnog režima poljoprivrednih tala primjenom matematičkog modela (modeliranja).
3. Motrenje stanja, kakvoće i onečišćenja tla i voda iz pravca poljoprivredne proizvodnje.
4. Praćenje osnovnih značajki poljoprivredne proizvodnje u uvjetima s i bez primjene navodnjavanja.
5. Utvrđivanje utjecaja poljoprivredne proizvodnje na ispiranje dušika i fosfora kroz primjenu matematičkih modela (modeliranja).
6. Preporuke za provođenje mjera u zaštiti tla i voda (okoliša).

Konačni rezultati projekta trebaju ukazati i predvidjeti moguće promjene agroekoloških uvjeta, prije svega vodnog režima tla i kakvoće vode, za uzgoj poljoprivrednog bilja zbog izgradnje kanala (DMKBBP), kako bi se prije svega izbjegli negativni, a osnažili pozitivni utjecaji koji se izgradnjom ove hidrotehničke građevine ostvaruju.

Zaštita voda (podzemnih i površinskih) vrlo je aktualan problem s poljoprivrednog i vodno gospodarskog gledišta. Onečišćenje površinskih i podzemnih voda nitratima, fosfatima i teškim metalima postao je problem od lokalnog i nacionalnog značenja. Posebice nitrati predstavljaju ozbiljan problem za kvalitetu podzemne pitke vode kojom je šire područje DMKBBP izuzetno bogato.

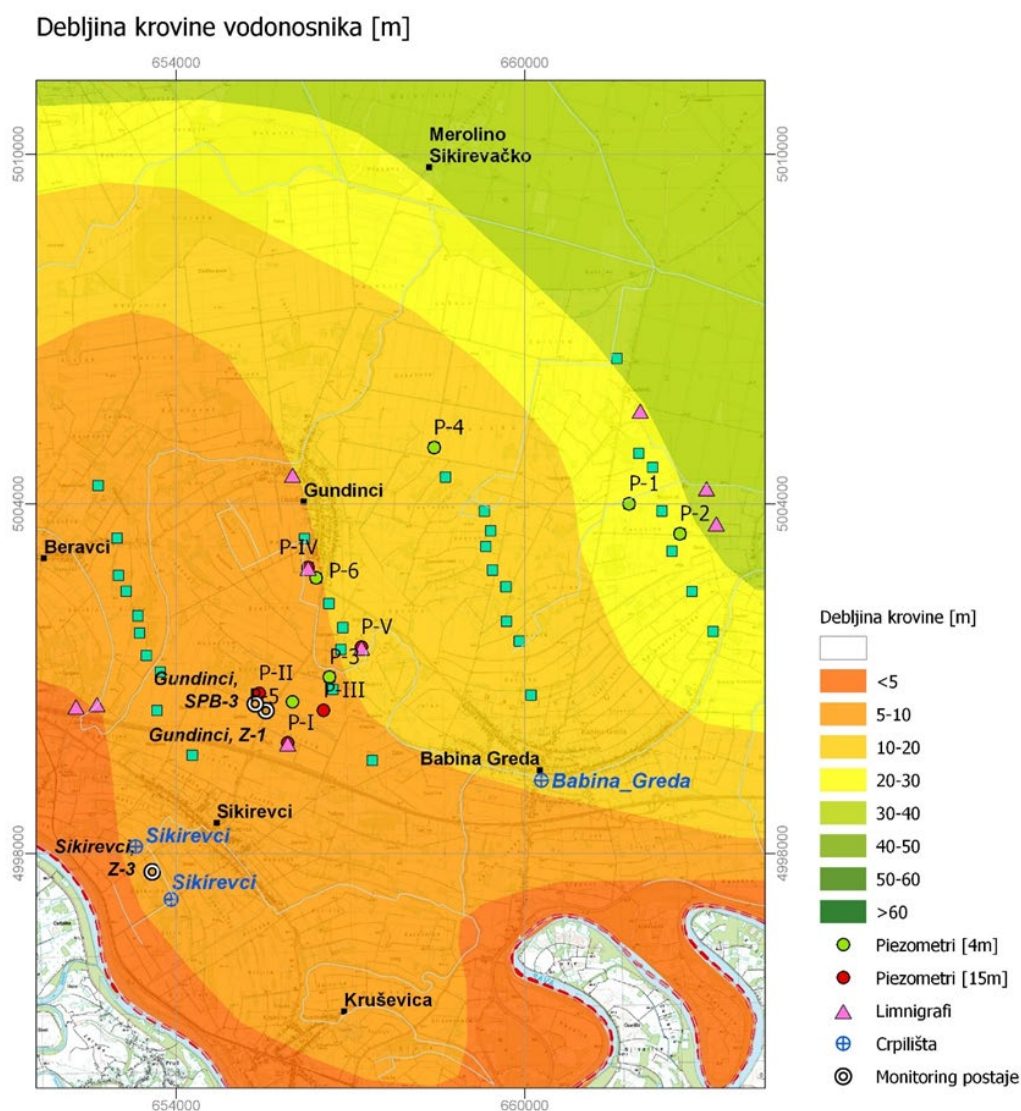
Područja dovodnog melioracijskog kanala s lokacijama motrenja tala i poljoprivredne proizvodnje i lokacijama piezometara i lizimetara sa prikazom debljine krovine vodonosnika su prikazani na kartama (Slika 6, Slika 7 i Slika 8).



Slika 6. Topografska karta područja dovodnog melioracijskog kanala s lokacijama motrenja tala i poljoprivredne proizvodnje.



Slika 7. Satelitski prikaz područja dovodnog melioracijskog kanala s lokacijama motrenja tala i poljoprivredne proizvodnje.



Slika 8. Lokacije piezometara i lizimetara sa prikazom debljine krovine vodonosnika.

U 2023. godini na istraživanom području dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ - bosutskog polja na području Gradišta, palo je ukupno 666,1 mm oborina, odnosno mjesečni prosjek je 55,51 mm. Prosječna temperatura iznosi 14,1°C. Godišnji manjak vode u 2023. godini iznosi ukupno 490,65 mm i višak vode iznosi 87,55 mm u prosječnom tlu dobiven bilanciranjem po metodi Thornthwita.

Temeljem prikazanih pokazatelja možemo zaključiti sljedeće:

- Prosjek godišnje količine oborina u motrenom razdoblju iznosio je 666,1 mm, što je za 16,26 mm ili 2,4% manje od višegodišnjeg prosjeka (1981. - 2023.), koji je iznosio 682,36 mm
- Godišnja količina oborina u motrenom razdoblju (2019. - 2023.), kolebala je u rasponu vrijednosti od 604,8 mm u 2022. godini pa do 717,4 mm u 2019. godini
- Prosječna godišnja srednja temperatura zraka u motrenom razdoblju iznosila je 13,3°C i bila je viša za 1,3°C od višegodišnje vrijednosti (1981. - 2023.), koja je iznosila 12,0°C

- Vrijednosti srednje godišnje temperature zraka kolebale su u rasponu od 12,6°C u 2021. godini pa do 14,1°C u 2023. godini
- Generalno se može zaključiti da je u motrenom razdoblju od 2019. do 2023. godine na širem području Melioracijskog kanala zamjetan trend manjka oborina i povećanja srednje godišnje temperature zraka.

Osnovna kemijska svojstva poljoprivrednih tala u obradivom horizontu (0 - 30 cm dubine) na motrenim lokacijama (1 - 6) (Tablica 12), tijekom 2023. godine bila su vrlo povoljna (Tablica 13).

Tablica 12. Monitoring tala na području Melioracijskog kanala tijekom 2023. godine.

Oznaka lokacija	Smještaj	Način korištenja tla	Pedološk i profil	Naziv pedosistematske jedinice
1.	Babina Greda - Kladavac	oranica	P-1	hidromeliorirano drenažom iz hipoglejnog tla
2.	Babina Greda - Konjsko	oranica	P-2	hidromeliorirano drenažom iz hipoglejnog tla
3.	Gundinci - Jasinje	oranica	P-3	hidromeliorirano drenažom iz livadskog pseudooglejenog tla
4.	Gundinci - Dobrovo	oranica	P-4	močvarno glejno hipoglejno (djelomično hidromeliorirano)
5.	Gundinci - crpilište	oranica	P-5	hidromeliorirano drenažom iz amfigleja
6.	Gundinci - kanal	oranica	P-6	močvarno glejno hipoglejno

Tablica 13. Osnovne kemijske značajke tla na lokacijama tijekom 2023. godine.

Profil	Dubina, cm	pH		Humus %	N %	mg/100 gr	
		H ₂ O	1 MKCl			P ₂ O ₅	K ₂ O
P-1	0-30	8,40	7,60	1,70	0,17	21,0	14,0
P-2	0-30	8,20	7,30	2,80	0,19	38,0	14,0
P-3	0-30	7,80	6,70	3,10	0,21	40,0	18,0
P-4	0-30	6,50	5,10	3,80	0,23	19,0	12,0
P-6	0-30	8,10	7,50	4,30	0,20	7,8	13,0

Tijekom petogodišnjeg motrenja (2019. - 2023.) osnovnih fizikalnih, a posebice kemijskih značajki poljoprivrednih tala na području Melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ - bosutskog polja, zaključuje se sljedeće:

- Sadržaj temeljnih biogenih elemenata, dušika, fosfora i kalija (NPK) u površinskom horizontu (0 - 30 cm dubine) motrenih poljoprivrednih tala, kretao se je različito po lokacijama i godinama motrenja
- Na svim motrenim lokacijama (1 - 6 osim 1 i 4) utvrđen je trend blagog porasta dušika i fosfora u površinskom horizontu (u daljnjem tekstu tlu) poljoprivrednih tala
- Na svim lokacijama (1 - 6), osim lokacije 2, utvrđen je međutim trend blagog opadanja opskrbljenosti tla kalijem

- Opskrbljenost tla dušikom, prema dobivenim prosječnim godišnjim vrijednostima istraživanog razdoblja, kretala se je u rasponu od 0,16% (dobro opskrbljeno) na lokaciji 1 i 6 pa do 0,21% (bogatoposkrbljeno) na lokaciji 4
- Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom kretala se je u rasponu prosječnih vrijednosti od 11,0 mg P₂O₅/100 g tla (umjereno opskrbljeno) na lokaciji 6 pa do 37,3 P₂O₅/100 g tla (vrlo bogatoposkrbljeno) na lokaciji 3
- Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem kretala se je u rasponu prosječnih vrijednosti od 12,8 mg K₂O/100 g tla (umjereno opskrbljeno) na lokaciji 2 pa do 26,4 mg K₂O/100 g tla (vrlo bogatoposkrbljeno) na lokaciji 1
- Prosječni sadržaj humusa u tlu kolebao je u rasponu vrijednosti od 1,98% (slabo humozno tlo) na lokaciji 1, do 3,23% (dosta humozno tlo) na lokaciji 4
- Prosječne vrijednosti reakcije tla izmjerene u MKCL - u po lokacijama motrenja, kretale su se u rasponu vrijednosti od 5,27 (kisela reakcija) na lokaciji 5 pa do 7,47 (vrlo slabo alkalna reakcija) na lokaciji 1
- Opskrbljenost poljoprivrednih tala, biljkama pristupačnim hranjivima, u prvom redu dušikom, fosforom i kalijem (NPK) na području Melioracijskog kanala, tijekom razdoblja (2019.-2023.), bila je usko u svezi s količinom gnojidbe, prinosom uzgajanih kultura i vremenskim prilikama za vrijeme motrenja.

Monitoring analize mulja u dovodnom melioracijskom kanalu tijekom razdoblja 2019. - 2023. godine uključivao je analizu sljedećih teških metala: Cd, Cr, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb i Zn. Uzorkovanje mulja izvršeno je 1 x godišnje, i to na dvije lokacije dovodnog Melioracijskog kanala. Lokacija 1A nalazi se kod mosta gdje kanal presijeca prometnicu/cestu Babina Greda-Kladavac. Koncentracije najvećeg broja analiziranih teških metala (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn i Hg) u sedimentu mulja dovodnog Melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ - bosutskog polja i tijekom razdoblja 2019. - 2023. godine bile su znatno ispod maksimalno dozvoljenih vrijednosti sadržaja teških metala u poljoprivrednim tlima, a što je propisano prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja ("Narodne novine", br. 71/19.). Od navedenog, donekle odstupaju izmjerene koncentracije kroma i nikla u 2023. godini čije se vrijednosti približavaju maksimalno dopuštenom sadržaju teških metala prema navedenom pravilniku.

Na osnovi detaljnih hidropedoloških istraživanja (Petošić i sur., 2002) na području Melioracijskog kanala izdvojeno je ukupno šest osnovnih načina vlaženja poljoprivrednih tala. To su: aluvijalni, semiglejni - pseudooglejni, hipoglejni, humoglejni, amfiglejni i hidromeliorirani. Hidromofni način vlaženja tala dijagnosticiran je, dakle, na 9.155 ha ili na 100% istraživanih površina. Jak intenzitet vlaženja poljoprivrednih tala pod utjecajem površinskih voda (poplavnih i stagnirajućih) prisutan je kod svega 466 ha ili 5,1% istraživanih tala. Međutim, vlaženje tala pod jakim utjecajem plitkih podzemnih voda unutar profila do 0,5 m dubine tla dijagnosticirano je praktično na 55,2% ili na oko 5.065 ha istraživanog područja.

Pokazatelji kolebanja razine vode u profilu poljoprivrednih tala istraživanog područja na ukupnoj površini od oko 7.200 ha za razdoblje od 2019. do 2023. zasnivaju se na njezinom kontinuiranom motrenju. Motrenje je izvršeno na temelju hidropedoloških (4 m dubine) i hidrogeoloških piezometara (15 m dubine) te automatskih limnigrafa (vidi kartu u prilogu).

Za analizu dinamike razine vode u tlu i potvrđivanja osnovnih načina vlaženja poljoprivrednih tala koji su dijagnosticirani na početku monitoringa 2000. godine, odabrani su pokazatelji koji su dobiveni motrenjem tijekom razdoblja (2019. - 2023.) na slijedećim hidropedološkim piezometrima (dubine 4 m): P-10, P-15, P-23, P-24 i P-35.

Generalno, u razdoblju od 2019. do 2023. godine motrenjem dinamike vode u tlu do 4 m dubine nisu potvrđeni osnovni načini vlaženja poljoprivrednih tala područja istraživanja koji su prethodno dijagnosticirani na samom početku monitoringa, odnosno 2000. godine (Tablica 14). Također, prikazani trendovi sniženja razine vode u razdoblju od 2019. do 2023. godine su gotovo beznačajni (od 4 mm do 3 cm godišnje) što ne pruža realan uvid u situaciju na terenu. Naime kratkotrajno, ali značajno povišenje razine vode u tlu u svibnju i lipnju 2019. godine te u lipnju i srpnju 2023. godine u kombinaciji sa značajnim razdobljima kada razina vode u tlu pada ispod 4 m dubine od površine terena znatno doprinose vrlo niskim vrijednostima trenda. S druge strane, navedeni podaci govore u prilog sve nepovoljnijem rasporedu i distribuciji oborina (sve dulja sušna razdoblja s povremenim kratkim periodima izrazito visokih oborina praćenih grmljavinskim olujama i pojavom tuče). Realnu situaciju na terenu najbolje opisuju razine vode u tlu koje tokom razdoblja od 2019. do 2023. nisu bile više od 1,37 m ispod površine terena (te su vrlo često bile ispod 4 m dubine od površine terena) iako se radi o prethodno dijagnosticiranim hidromorfnim tlima u kojima su se razine vode barem u jesensko - zimskom periodu podizale unutar 1 m dubine od površine terena pa čak i do same površine terena. Ovakva situacija ne treba se dovoditi u svezu s utjecajem Melioracijskog kanala, već s nepovoljnim klimatsko-hidrološkim prilikama (sve više temperature zraka, sve brži vjetrovi koji značajno isušuju tlo te izrazito nepovoljan raspored oborina) i povećanom potrošnjom pitke vode na širem području motrenja.

Tablica 14. Prikaz intenziteta dominantnog vlaženja poljoprivrednih tala na području Melioracijskog kanala.

	Srednje mjesečne vrijednosti razina		Razlika (m) a-b
	2014. - 2018. (a)	2019. - 2023. (b)	
P-10	83,02	82,26	0,76
P-15	82,49	82,02	0,47
P-23	81,35	80,24	1,11
P-24	81,82	80,36	1,46
P-35	80,95	80,14	0,81
Rijeka Sava	81,55	81,08	0,47
LIM-1	83,40	82,48	0,92
LIM-2	81,00	80,01	0,99
LIM-3	83,40	81,75	1,65
LIM-4	80,01	79,31	0,70
LIM-5	85,31	84,81	0,50
P-I	81,84	80,91	0,93
P-II	82,29	81,05	1,24
P-III	82,18	81,03	1,15
P-IV	81,41	81,20	0,21
P-V	81,65	81,33	0,32
Prosječna razlika a-b			0,86

Analizom izmjerenih vrijednosti razine vode u tlu tijekom 2022. godine u hidropedološkim piezometrima (4,0 m dubine), može se zaključiti da je dinamika vode u profilu poljoprivrednih tala, kao i u prethodnim razdobljima motrenja (2014. - 2018.), a posebno tijekom (2019. - 2021.) bila u čvrstoj korelaciji (vezi) s dinamikom podzemnih voda u vodonosniku pitke vode, a koja je motrena u hidrogeološkim piezometrima od 15,0 m dubine. Hidrološke analize koje su provedene u Vodoprivrednom birou Zagreb 1997. godine pokazale su da je rijeka Sava dominantni čimbenik vodnog režima na području monitoringa. Za procjenu utjecaja rijeke Save na vodni režim vodonosnika korišteni su podaci o vodostaju rijeke Save na mjernoj postaji Sava - Slavonski Šamac i izmjerene vrijednosti razine podzemne vode na 5 dubokih hidrogeoloških piezometara dubine 15 m u razdoblju od 2019. do 2023. godine.

Generalno se može zaključiti:

- Razina vodostaja rijeke Save u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 78,20 m n. m. do maksimalnih 84,49 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 81,08 m n. m., dok trend povišenja razine vodostaja rijeke Save u razdoblju istraživanja iznosi 0,0082 m dnevno, odnosno 10 cm godišnje
- Razina vode u tlu izmjerena na limnigrafu 1 u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 81,86 m n. m. do maksimalnih 84,10 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 82,48 m n. m., dok trend sniženja razine vode na limnigrafu 1 u razdoblju istraživanja iznosi 5 cm godišnje
- Razina vode u tlu izmjerena na limnigrafu 2 u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 78,72 m n. m. do maksimalnih 82,14 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 80,01 m n. m., dok trend povišenja razine vode na limnigrafu 2 u razdoblju istraživanja iznosi 18 cm godišnje
- Razina vode u tlu izmjerena na limnigrafu 3 u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 80,35 m n. m. do maksimalnih 83,57 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 81,75 m n. m., dok trend povišenja razine vode na limnigrafu 3 u razdoblju istraživanja iznosi 3 cm godišnje
- Razina vode u tlu izmjerena na limnigrafu 4 u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 78,21 m n. m. do maksimalnih 80,63 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 79,31 m n. m., dok trend povišenja razine vode na limnigrafu 4 u razdoblju istraživanja iznosi 5 mm godišnje
- Razina vode u tlu izmjerena na limnigrafu 5 u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 84,33 m n. m. do maksimalnih 86,56 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 84,84 m n. m., dok trend povišenja razine vode na limnigrafu 5 u razdoblju istraživanja iznosi 13 cm godišnje
- Razina podzemne vode izmjerena na piezometru P-I u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 78,51 m n. m. do maksimalnih 82,51 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 80,91 m n. m., dok trend sniženja razine podzemne vode na piezometru P-I u razdoblju istraživanja iznosi 0,0032 m mjesečno, odnosno 4 cm godišnje
- Razina podzemne vode izmjerena na piezometru P-II u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 78,53 m n. m. do maksimalnih 82,67 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 81,05 m n. m., dok trend sniženja razine podzemne vode na piezometru P-II u razdoblju istraživanja iznosi 7 cm godišnje

- Razina podzemne vode izmjerena na piezometru P-III u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 79,10 m n. m. do maksimalnih 82,75 m n.m. Srednja vrijednost iznosi 81,03 m n. m., dok trend sniženja razine podzemne vode na piezometru P-III u razdoblju istraživanja iznosi 13 mm godišnje
- Razina podzemne vode izmjerena na piezometru P-IV u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 79,24 m n. m. do maksimalnih 83,24 m n. m. Srednja vrijednost iznosi 81,20 m n. m., dok trend povišenja razine podzemne vode na piezometru P-IV u razdoblju istraživanja iznosi 22 cm godišnje
- Razina podzemne vode izmjerena na piezometru P-V u razdoblju od 2019. do 2023. godine kolebala se u rasponu vrijednosti od minimalnih 80,53 m n. m. do maksimalnih 82,72 m n.m. Srednja vrijednost iznosi 81,33 m n. m., dok trend povišenja razine podzemne vode na piezometru P-V u razdoblju istraživanja iznosi 5 cm godišnje.

Cilj analize dinamike vode u tlu i podzemnih voda u neposrednoj zoni (zaobalju) kanala bio je da se uz primjenu matematičkog modela pokuša preciznije utvrditi zona utjecaja Melioracijskog kanala na dinamiku vode u tlu u profilu poljoprivrednih tala i to onih koja se prostiru unutar neposrednog zaobalja kanala.

Radi procjene mogućeg utjecaja kanala na promjene razine vode, posebice u površinskom slojtu (0 - 50 cm dubine), detaljno su analizirani pokazatelji koji su dobiveni kontinuiranim motrenjem na 40 hidropedoloških piezometara do 4 m dubine. S tim je ciljem dakle, nastavljena i kontinuirano motrena razina vode u tlu (piezometrima) tijekom razdoblja od 1. siječnja 2019. do 31. prosinca 2023. godine (Tablica 15).

Piezometri na kojima je vršeno promatranje razine vode, postavljeni su u obliku četiri (I, II, III, IV) profila (presjeka) u odnosu na uzdužnu os kanala i to na sljedeći način: u svakom Profilu ugrađeno je ukupno 10 piezometara, po pet piezometara s lijeve i desne strane kanala (lijevo i desno zaobalje).

Tablica 15. Vrijednosti širine zone utjecaja Melioracijskog kanala na razinu vode u tlu za razdoblje od 2019. do 2023. godine.

Razina podzemne vode	Utjecaj djelovanja	Utjecaj djelovanja
(mn.m / m od površine terena)	$\Delta h > 10$ cm (m)	$\Delta h > 50$ cm (m)
Profil I.		
84,5 m n. m. / 1 m od površine	520 (260)	330 (165)
83,5 m n. m. / 2 m od površine	450 (255)	290 (145)
82,5 m n. m. / 3 m od površine	430 (215)	260 (130)
81,5 m n. m. / 4 m od površine	380 (190)	220 (110)
80,5 m n. m. / 5 m od površine	170 (85)	70 (35)
Profil II.		
83,1 m n. m. / 1 m od površine	220 (110)	140 (70)
82,1 m n. m. / 2 m od površine	180 (90)	120 (60)
81,1 m n. m. / 3 m od površine	160 (80)	80 (40)
80,1 m n. m. / 4 m od površine	ne javlja se	ne javlja se
79,1 m n. m. / 5 m od površine	+60 (+30)	+20 (+10)

Razina podzemne vode (mn.m / m od površine terena)	Utjecaj djelovanja $\Delta h > 10$ cm (m)	Utjecaj djelovanja $\Delta h > 50$ cm (m)
Profil III.		
83,1 m n. m. / 1 m od površine	210 (105)	160 (80)
82,1 m n. m. / 2 m od površine	190 (95)	120 (60)
81,1 m n. m. / 3 m od površine	160 (80)	80 (40)
80,1 m n. m. / 4 m od površine	ne javlja se	ne javlja se
79,1 m n. m. / 5 m od površine	+60 (+30)	+20 (+10)
Profil IV.		
81,7 m n. m. / 1 m od površine	270 (135)	120 (60)
80,7 m n. m. / 2 m od površine	170 (85)	100 (50)
79,7 m n. m. / 3 m od površine	ne javlja se	ne javlja se
78,7 m n. m. / 4 m od površine	+70 (+35)	+10 (+5)
77,7 m n. m. / 5 m od površine	+190 (+95)	+90 (+45)

7.2.1. Monitoring kakvoće podzemnih voda

Druga vrsta piezometara na kojima je motrena koncentracija dušika u podzemnoj vodi ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ i ukupnog N) odnosi se na piezometre od 15 m dubine. Na ovim piezometrima na ukupno 3 lokacije, pod oznakom I., II. i III., analiza je vršena tijekom cijelog razdoblja (2019. do 2023. godine). Uzorkovanje i analiza podzemne vode na ovim piezometrima vršena je 6x godišnje, tj. svakih 60 dana, a rezultati su prikazani tablično (Tablica 16).

Tablica 16. Kakvoća podzemne vode - Rezultati analiza $\text{NO}_3\text{-N}$ u mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ u mg/L, $\text{NO}_2\text{-N}$, mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$ - u mg/L u podzemnoj vodi.

Oznaka piezometra	mg/L	Vrijeme uzorkovanja						God. prosjek
		22.02.	11.03.	03.05.	10.07.	10.10.	11.11.	
I	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,81	0,22
II	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,10	0,08	0,10	0,10	0,08	0,64	0,18
III	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,83	0,12	0,11	0,10	0,85	0,81	0,47
Prosjeck	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,34	0,34	0,11	0,10	0,09	0,77	0,29
Oznaka piezometra	mg/L	Vrijeme uzorkovanja						God. prosjek
		22.02.	11.03.	03.05.	10.07.	10.10.	11.11.	
I	$\text{NH}_4\text{-N}$	2,10	2,70	3,10	0,98	1,40	1,00	1,88
II	$\text{NH}_4\text{-N}$	3,00	2,90	2,40	0,71	1,50	0,91	1,90
III	$\text{NH}_4\text{-N}$	0,58	0,62	1,50	0,50	2,00	1,20	1,07
Prosjeck	$\text{NH}_4\text{-N}$	1,89	2,07	2,33	0,73	1,63	1,04	1,62
Oznaka piezometra	mg/L	Vrijeme uzorkovanja						God. prosjek
		22.02.	11.03.	03.05.	10.07.	10.10.	11.11.	
I	$\text{NO}_2\text{-N}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,07	0,02
II	$\text{NO}_2\text{-N}$	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,10	0,03
III	$\text{NO}_2\text{-N}$	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,08	0,03
Prosjeck	$\text{NO}_2\text{-N}$	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,08	0,03
		Vrijeme uzorkovanja						

Oznaka piezometra	mg/L	22.02.	11.03.	03.05.	10.07.	10.10.	11.11.	God. prosjek
I	PO ₄ -P	0,01	0,01	0,01	0,02	2,10	0,82	0,50
II	PO ₄ -P	0,01	0,01	0,01	0,03	0,60	2,30	0,49
III	PO ₄ -P	0,04	0,06	0,26	0,03	4,40	0,60	0,90
Prosjeak	PO ₄ -P	0,02	0,03	0,09	0,03	2,37	1,24	0,63

Prema Uredbi o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (Narodne novine, broj 20/23), može se zaključiti da: koncentracije amonija (NH₄-N) u podzemnoj vodi istraživanog područja graničnu vrijednost od 0,5 mg/L prelaze jedino u podzemnoj vodi piezometra III.; koncentracije nitrata (NO₃-N) u podzemnoj vodi na svim lokacijama motrenja nalaze se unutar vrijednosti standarda kakvoće od 50 mg/L; koncentracije nitrita (NO₂-N) u podzemnoj vodi istraživanog područja ne prelaze graničnu vrijednost za nitrite od 0,5 mg/L.

Prema Uredbi o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak) može se zaključiti da koncentracije fosfora iz ortofosfata (PO₄-P) u podzemnoj vodi istraživanog područja graničnu vrijednost od 0,2 mg/L prelaze jedino u podzemnoj vodi iz piezometra III.

Temeljem dobivenih podataka tijekom monitoringa stanja i kakvoće vode u zoni Melioracijskog kanala (2019. - 2023.) izrađen je model toka vode i pronosa nitrata u nesaturiranoj zoni tla pomoću HYDRUS programskog paketa. Primjenom numeričkog modeliranja simulirani su prirodni procesi koji se javljaju na istraživanom području a odnose se na (ne)saturiranu zonu tla. Ti procesi uključuju hidrauliku toka vode kroz profil tla, pronos onečišćivala (ureja, KAN-a, amonijaka i nitrata) te njihove kemijske transformacije. Na temelju provedenog modeliranja i dobivenih pokazatelja može se zaključiti sljedeće:

- Rezultati numeričkog modeliranja toka vode i transporta nitrata u (ne)saturiranoj sredini tla potvrdili su dobru pouzdanost korištenih modela u tumačenju navedenih procesa i mogućnost njihove primjene u poljskim uvjetima hidromorfni tala na istraživanom području
- Visoki koeficijenti determinacije dobiveni za pojedine godine istraživanja (2019. - 2023.) ukazuju na pouzdanost modela za procjenu toka voda, režima vlažnosti nesaturirane zone tla, kao i za pouzdanost modela pronosa nitrata u klimatski različitim godinama i prilikom uzgoja različitih kultura kao i uz aplikaciju različitih oblika i količine gnojidbe
- Primjenom numeričkih simulacija dobivenih korištenjem programa HYDRUS-1D i HYDRUS-2D u uvjetima hidromorfni tala na istraživanom području Melioracijskog kanala tijekom razdoblja 2019. - 2023. utvrđen je znatan utjecaj (ne)saturirane zone tla na tok vode i transport nitrata
- Primjenom, u radu testiranog i verificiranog modela, moguća je simulacija različitih scenarija primjene mineralnih gnojiva (vrijeme, vrsta, količina) i optimizacija gnojidbe, čime bi se utjecalo na sprečavanje izraženijeg ispiranja nutrijenata, posebice nitrata, a time i jačeg onečišćenja podzemnih voda

Rezultati provedenog numeričkog modeliranja ukazuju na opravdanu mogućnost procjeđivanja nitrata dodanih mineralnom gnojdbom kroz profil tla do podzemne vode, što je posebice vidljivo iz dvodimenzionalnog modela. Posebice je navedeno moguće tijekom godina sa većom količinom oborina

ili sa oborinama jakog intenziteta što ukazuje na opasnost daljnje degradacije i onečišćenja podzemnih voda na širem području Melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ - bosutskog polja.

8. Literatura

- "Narodne novine", br. 3/20. Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda.
- "Narodne novine", br. 56/13., 64/15., 104/17., 115/18., 16/20. Zakon o vodi za ljudsku potrošnju.
- "Narodne novine", br. 64/23. Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju.
- "Narodne novine", br. 66/11., 47/13. Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite.
- "Narodne novine", br. 66/19., 84/21., 47/23. Zakon o vodama.
- "Narodne novine", br. 71/19. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja.
- "Narodne novine", br. 96/19., 20/23. i 50/23. – ispravak. Uredba o standardu kakvoće voda.
- Čupić D, Novi program monitoringa kvalitete podzemnih voda s mjerama zaštite vode namijenjene ljudskoj potrošnji. In: 26 znanstveno-stručni skup Voda i javna vodoopskrba, Vis, Hrvatska, 2022.
- Europska komisija, 2000. Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama) (SL L 327, 22. 12. 2000.), izmijenjena Direktivom Komisije 2014/101/EU od 30. listopada 2014. o izmjeni Direktive 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike. Službeni list Europske unije L327:1-72.
- Europska komisija, 2020. Direktiva (EU) 2020/2184 Europskog parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2020. o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju (preinaka). Službeni list Europske unije, Bruxelles.
- HRN ISO 11464:2004, Kakvoća tla - Priprema uzoraka za fizikalne i kemijske analize (ISO 11464:1994).
- Petošić D, Tomić F, Stričević I, Dolanjski D i Mustačić I, 2002. Vodni režim i stanje tala na području donjeg toka kanala Dunav – Sava. Agronomski fakultet, Zagreb.

POPIS ELEKTRONSKIH PRILOGA

Prilog 1. Rezultati analiza kakvoće podzemnih voda u 2023. godini

Prilog 1.a Rezultati analiza kakvoće slivnih područja vodozahvata podzemnih voda za ljudsku potrošnju u 2023. godini