

Analiza stanja trofije površinskih voda na području Zagrebačke županije

Smuđ, Tena

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:643618>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**ANALIZA STANJA TROFIJE POVRŠINSKIH VODA NA
PODRUČJU ZAGREBAČKE ŽUPANIJE**

DIPLOMSKI RAD

Tena Smuđ

Zagreb, rujan, 2023.
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Agroekologija

**ANALIZA STANJA TROFIJE POVRŠINSKIH VODA NA
PODRUČJU ZAGREBAČKE ŽUPANIJE**

DIPLOMSKI RAD

Tena Smuđ

Mentor:

doc. dr. sc. Marina Bubalo Kovačić

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Tena Smuđ**, JMBAG 0178117548 , rođena 23. 03. 1999. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

ANALIZA STANJA TROFIJE POVRŠINSKIH VODA NA PODRUČJU ZAGREBAČKE ŽUPANIJE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Tena Smuđ**, JMBAG 0178117548, naslova

ANALIZA STANJA TROFIJE POVRŠINSKIH VODA NA PODRUČJU ZAGREBAČKE ŽUPANIJE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:		potpisi:
1. doc.dr.sc. Marina Bubalo Kovačić	mentor	_____
2. izv.prof.dr.sc. Aleksandra Perčin	član	_____
3. izv.prof.dr.sc. Monika Zovko	član	_____

Zahvala

Prije svega, željela bih se zahvaliti mentorici, doc.dr.sc. Marina Bubalo Kovačić, na vodstvu te velikoj pomoći i korisnim savjetima prilikom izrade diplomskog rada.

Nadalje, veliku zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji na podršci i strpljenju kojeg su mi pružali tijekom studija. Hvala i na velikom povjerenju zbog kojeg sam neizmjereno puno naučila i napredovala.

Također željela bih se zahvaliti svojim prijateljicama na velikoj podršci i lijepim uspomenama u ovih pet akademskih godina.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Općenito o predmetu rada	1
1.2. Hipoteza	2
1.3. Cilj istraživanja	2
1.4. Pregled literature	3
2. Materijali i metode	6
2.1. Područje istraživanja	6
2.1.1. Zagrebačka županija	6
2.1.2. Izdvojene lokacije za prikupljanje uzoraka vode	11
2.1.2.1. Marija Magdalena (Pušća)	13
2.1.2.2. Žabnica	15
2.2. Metode obrade podataka i prikupljanja uzoraka	16
2.2.1. Prikupljanje i obrada prostornih podataka za Zagrebačku županiju	16
2.2.2. Prikupljanje i analiza uzoraka vode s odabranih lokacija	20
2.2.2.1. Određivanje amonijevog dušika u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju	21
2.2.2.2. Određivanje sume nitratnog i nitritnog dušika u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju	22
2.2.2.3. Određivanje ortofosfata u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju	23
2.2.2.4. Određivanje klorida u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju	24
2.2.2.5. Određivanje sulfata u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju	24
2.3. Statističke metode za obradu rezultata	26
3. Rezultati i rasprava	30
3.1. Ocjena stanja voda na području županije	30
3.2. Utjecaj poljoprivrede na kakvoću voda	39
4. Potencijalne mjere poboljšanja trenutnog stanja	50
5. Zaključak	52
6. Popis literature	53
Životopis	

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Tene Smuđ**, naslova

ANALIZA STANJA TROFIJE POVRŠINSKIH VODA NA PODRUČJU ZAGREBAČKE ŽUPANIJE

Jedan od glavnih indikatora kakvoće vode predstavlja stupanj trofije. Antropogeni procesi poput intenzivne poljoprivredne i stočarske proizvodnje, prilikom neodgovorne primjene, doprinose napretku procesa eutrofikacije. Svrha ovoga rada bila je provjeriti utječe li intenzitet biljne i stočarske proizvodnje na koncentracije nitrata te na kakvoću vode na području Zagrebačke županije. Uzorkovanje je provedeno na dvije lokacije u dva navrata u vremenskom razdoblju od dva mjeseca na području općine Pušća te općine Farkaševac. Korištenjem GIS alata izrađene su karte korištenja zemljišta te se pomoću statističkih metoda poput statističke analize varijance (ANOVA) utvrdilo prihvaća li se ili odbacuje početno postavljena hipoteza. Na temelju dobivenih rezultata utvrđeno je kako dominantan utjecaj na kakvoću voda nema poljoprivreda već su povećane koncentracije nitrata posljedica nagle urbanizacije, različitog reljefa, utjecaja zagrebačkog vodonosnika i sl. U konačnici su iznešene par potencijalnih mjera poboljšanja trenutnog stanja.

Ključne riječi: eutrofikacija, poljoprivreda, kakvoća voda, stupanj trofije, nitrati

Summary

Of the master's thesis - student **Tena Smuđ** , entitled

ANALYSIS OF THE STATE OF SURFACE WATER TROPHY IN ZAGREB COUNTY

One of the main indicators of water quality is the trophic level. Anthropogenic processes such as intensive agricultural and livestock production, when applied irresponsibly, contribute to the progress of the eutrophication process. The purpose of this work was to check the impact of crop and livestock production on nitrate concentrations and water quality in the area of Zagreb County. Sampling was carried out at two locations on two occasions in a period of two months in the area of Pušća and Farkaševac municipalities. Using GIS tools, land use maps were created and statistical methods such as statistical analysis of variance (ANOVA) were used to determine whether the initial hypothesis was accepted or rejected. Based on the obtained results, it was determined that agriculture does not have a dominant influence on water quality, but that nitrate concentrations have increased due to sudden urbanization, different relief, the influence of the Zagreb aquifer, etc. In the end, a couple of potential measures to improve the current situation were presented.

Keywords: eutrophication, agriculture, water quality, trophic level, nitrates

1. Uvod

1.1. Općenito o predmetu rada

Stupanj trofije vodnog tijela je jedan od osnovnih ekoloških koncepata koji omogućava usporedbu ponašanja velikog broja vrsta u različitim ekosustavima te jedan je od glavnih indikatora kakvoće vode. Eutrofikacija je proces u kojem vodno tijelo poput jezera, ribnjaka, rijeka ili mora, postaje bogato hranjivim tvarima, posebno dušikom i fosforom. Ovaj proces obično rezultira promjenom u ekosustavu vodnog tijela te može imati negativne posljedice po njegovu ekološku ravnotežu. Prirodna eutrofikacija teče sporo te je ljudskom oku gotovo neprimjetna, tek pod utjecajem ljudskih aktivnosti poput ispuštanja otpadnih voda, ispiranja iz poljoprivrednog zemljišta (otopljena velika količina mineralnih gnojiva), deforestacijom slivnih područja te primjenom industrijskih voda dolazi do povećanja koncentracije biogenih elemenata te proces eutrofikacije brže napreduje.

Kako bi se spriječila ili ublažila eutrofikacija, važno je upravljati poljoprivrednim praksama, otpadnim vodama i urbanim razvojem kako bi se smanjio unos dušika i fosfora u vode. Također, provoditi mjere kontrole i uklanjanja viška algi iz zaraženih vodnih tijela kako bi se očuvala ekološka ravnoteža i kvaliteta vode.

Svrha ovoga diplomskog rada je tablično te kartografski, korištenjem GIS alata, prikazati trenutno stanje trofije površinskih voda na području Zagrebačke županije. U cilju dobivanja reprezentativnih rezultata analiza, uzorci voda su prikupljeni na području dviju općina Zagrebačke županije, općina Pušća te općina Farkaševac. Općina Pušća nalazi se na zapadnom dok se općina Farkaševac nalazi na krajnjem istočnom dijelu Zagrebačke županije. Na taj način osigurano je da su uzorci nezavisni jedno od drugoga te je obuhvaćeno šire područje Zagrebačke županije. Sve analize uzoraka provedene su u analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije (MELILAB) na Sveučilištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

Stupanj trofije te kakvoća voda definirani su na temelju dobivenih rezultata analiza. Svrha analiza je utvrditi koncentracije hranjivih tvari, poput nitrata i fosfata, čije povećane količine upućuju na potencijalno eutrofno stanje te lošiju kakvoću voda.

Za potrebe izrade diplomskog rada korištene su i tablice poljoprivredne i stočarske proizvodnje prema podacima iz 2020. godine u Zagrebačkoj županiji. Temeljem tih podataka te njihovom usporedbom s dobivenim rezultatima analiza dobiven je bolji uvid u stanje kakvoće voda na širem području Zagrebačke županije.

1.2. Hipoteza

Intenzitet biljne i stočarske proizvodnje na određenom području utječe na kakvoću vode to jest sadržaj hranjiva u vodi.

1.3. Cilj istraživanja

Cilj rada je:

1. analizirati stanje biljne i stočarske proizvodnje na području Zagrebačke županije,
2. utvrditi stanje trofije površinskih voda na postojećim monitoring postajama u Zagrebačkoj županiji,
3. predložiti potencijalne mjere poboljšanja trenutnog stanja.

1.4. Pregled literature

Kakvoća vode definirana je brojnim pokazateljima koji se mogu svrstati u tri skupine: skupinu fizikalnih, kemijskih i bioloških pokazatelja kakvoće vode. U skupinu fizikalnih pokazatelja spadaju: prisutnost raspršenih tvari (organskog ili anorganskog porijekla), mutnoća, boja, okus, miris i temperatura vode. Od kemijskih pokazatelja najznačajniji su: ukupne soli, reakcija, otopljeni anioni i kationi, organske tvari te metali (kovine). Biološki pokazatelji kakvoće vode su sljedeći: stupanj saprobnosti, stupanj biološke proizvodnje, mikrobiološki pokazatelji te stupanj otrovnosti i indeks razlike. Stupanj biološke proizvodnje ovisi o trofikaciji te je upravo jedan od glavnih indikatora kakvoće vode.

Stupanj trofičnosti predstavlja relativnu mjeru biološke produktivnosti vodnog tijela te ovisi o velikom broju čimbenika: veličini vodnog tijela, hidrologiji unutar sliva, prirodnih karakteristika i načina korištenja okolnog zemljišta, brzini sedimentacije i karakteru sedimenta, unosu hranjivih tvari i drugo (Romić i sur. 2022). Prema stupnju trofije, vodeni sustavi mogu se podijeliti na: siromašne hranjivima (oligotrofne i ultraoligotrofne), srednje bogate hranjivima (mezotrofne) te bogate hranjivima (eutrofne i hipereutrofne) (Romić, D. 2003).

Prirodni proces rasta organizama u vodenim sustavima uslijed obogaćivanja hranjivim tvarima dovodi do eutrofikacije. Eutrofikacija podrazumijeva proces obogaćivanja vode hranjivim tvarima, spojevima dušika i/ili fosfora, koji uzrokuju ubrzani rast algi i viših oblika biljnih vrsta te dovodi do neželjenog poremećaja ravnoteže organizama u vodi i promjene stanja voda (Romić i sur. 2022). Naime, kako biljke umiru i raspadaju se, troše kisik, što dovodi do smanjenja razine kisika u vodi. To može uzrokovati štetu vodenim organizmima, poput riba, a u teškim slučajevima dovesti do smrti riba i drugih vodenih životinja.

Na pojavu eutrofikacije, uz obogaćivanje voda hranjivim tvarima, utječu i brojni drugi faktori, poput temperature vode, brzine toka vode, prozirnosti vode te zasićenje kisikom. Mutnoća vode jedan je od važnijih parametara kvalitete vode koji je usko povezan s produktivnošću vodnih tijela te se često koristi kao pokazatelj trofičkog stanja (Stefanidis i sur. 2023). Dok je prirodna eutrofikacija pozitivna za ekosustav, jer dovodi do povećanja bioloških resursa i rijetko uzrokuje negativne pojave, antropogeni utjecaj može narušiti ekološku ravnotežu uz vrlo štetne posljedice (Hrvatske vode, 2020). Razni antropogeni procesi i aktivnosti doprinose eutrofikaciji voda, poput: ispuštanje hranjivih tvari otpadnim vodama, ispiranje iz poljoprivrednog zemljišta, deforestacija slivnih područja, i drugo. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja, osobito u uvjetima navodnjavanja, također se smatra vrlo odgovornom (Ondrašek i sur. 2015).

Osim djelovanja čovjeka, ovisno o hidrološkim uvjetima, geološkoj podlozi, vegetaciji te okolišnim čimbenicima povišeni stupanj trofičnosti voda može biti i prirodan.

Miliša, M. 2018.-2019. također navodi kako je povećana primarna proizvodnja, prvenstveno bentoskih alga, uslijed povišenja količine hranjivih soli koje su inače ograničavajući čimbenik za njihov razvoj, glavni biološki učinak povišenog stupnja trofije. Životna zajednica biljnih organizama vodenih ekoloških sustava poznatije kao fitobentos jedan su od najboljih pokazatelja kakvoće vode u ocjeni ekološkog stanja.

Prema predloženom modelu određivanja stupnja trofije u većini slučajeva reakcija fitobentosa na stupanj trofije odgovara očekivanom, odnosno oligotrofni i oligomezotrofni stupanj trofije odgovaraju vrlo dobrom i dobrom stanju prema biološkom elementu kakvoće – fitobentosu, oligomezotrofni i mezotrofni stupanj trofije odgovaraju dobrom i umjerenom stanju, i tako dalje (Miliša, M. 2018-2019).

U Hrvatskoj razlikujemo dvije biogeografske cjeline (Panonska ekoregija i Dinaridska ekoregija). Prilikom ocjenjivanja stupnja trofije promatraju se pokazatelji (ukupni dušik i ukupni fosfor) zajedno. U slučaju da su oba pokazatelja u različitim stupnjevima trofije ocjena se daje po nepovoljnijem pokazatelju, tj. pokazatelju koji zauzima viši (lošiji) stupanj trofije prema utvrđenim granicama (Hrvatske vode 2020). Za izradu diplomskog rada uzeti uzorci pripadaju Panonskoj ekoregiji stoga su u tablici 1.1. navedene granice srednjih godišnjih vrijednosti koncentracije hranjivih tvari za određivanje stupnja trofije za Panonsku ekoregiju.

Tablica 1.1. Granice srednjih godišnje vrijednosti koncentracije hranjivih tvari za određivanje stupnja trofije za Panonsku ekoregiju (Hrvatske vode 2020.)

Stupanj trofije	TP (mgP/l)	TN (mgN/l)
Oligotrofan - O	< 0,025	< 0,8
Oligotrofan - mezotrofan O/M	0,025-0,15	0,8-1,6
Mezotrofan - M	>0,15-0,25	>1,6-2,4
Mezotrofan - eutrofan - M/E	>0,25-0,4	>2,4-3,2
Eutrofan - E	> 0,4	> 3,2

Kada govorimo o izvorima onečišćenja vode razlikujemo raspršene ili difuzne te točkaste izvore. Kod difuznih izvora, zbog raspršenosti u prostoru, teško je detektirano onečišćenje povezati sa stvarnim izvorom (Bubalo, M. 2016). Suprotno tome, točkasti izvori predstavljaju aktivnosti iz kojih onečišćenje izravno ulazi u vodu ili drugi medij u okolišu (Romić, D. 2003). Kod točkastih izvora položaj točke ispuštanja se može identificirati. Poljoprivreda se istovremeno pojavljuje kao difuzni i kao točkasti izvor onečišćenja. Kao točkasti izvor onečišćenja pojavljuje se prilikom iznošenja otpada iz staja, bilo tekućeg ili krutog te prilikom njegovog neodgovarajućeg zbrinjavanja, primjerice istpuštanje otpadnih voda sa stočarskih farmi u otvorene prirodne ili

umjetne vodotoke. Poljoprivreda kao difuzni izvor onečišćenja javlja se prilikom iznošenja i razbacivanja otpada, tekućeg ili krutog, po poljoprivrednoj površini. Glavne poljoprivredne aktivnosti koje pridonose onečišćenju površinskih, ali i podzemnih voda su: obrada tla, primjena gnojiva i pesticida, navodnjavanje neadekvatnom vodom, stočne farme te neodgovarajuće zbrinjavanje i primjena stajskog gnoja.

Hranjive tvari koje se ispuštaju u okoliš, bez obzira na izvor onečišćenja, mogu se prenositi na različit način; u površinske vode putem otjecanja oborina ili vode dodane kroz navodnjavanje ili sustave drenažnih kanala i cijevi. Također, hranjive tvari se mogu infiltrirati do podzemne vode putem oborina ili vode korištene za navodnjavanje, dok se u atmosferu ispuštaju putem isparavanja. Unutar svakog dijela vodnog ciklusa, koncentracije hranjivih tvari podložne su utjecaju različitih faktora. Fizički faktori kao što su vrsta tla, geološke karakteristike i nagib terena igraju važnu ulogu, ali također su bitni biološki i geokemijski procesi koji mogu promijeniti kemijski oblik hranjivih tvari i njihov prijenos iz jednog dijela vodnog ciklusa u drugi. Prirodno okruženje također utječe na intenzitet tih procesa koji utječu na transport hranjivih tvari.

Ljudske aktivnosti, kao što su navodnjavanje, crpljenje podzemnih voda i izgradnja nepropusnih površina, mogu značajno utjecati na transport hranjivih tvari. Ovi aspekti mogu odrediti koncentracije hranjivih tvari u vodi, čak i u područjima koja imaju slične karakteristike korištenja zemljišta i gnojidbe. Na primjer, istraživanje Xu i suradnika (2007) pokazalo je smanjenje koncentracije nitrata u vodonosniku u Arizoni zbog urbanizacije i promjene poljoprivrednih površina. Rezultati istraživanja Showers i suradnika (2008) nisu pokazali značajne razlike u koncentraciji nitrata između vode za piće i drenažne vode, sugerirajući da su koncentracije rezultat dugogodišnjeg ispiranja organskih gnojiva s poljoprivrednih površina. Drake i Bauder (2005) su, s druge strane, utvrdili povećanje koncentracije nitrata s povećanjem broja stanovnika.

Kemijska svojstva hranjivih tvari također igraju važnu ulogu u njihovom prijenosu. Na primjer, nitrati se lako otapaju i pronose vodom, dok se fosfor ne otapa i vezuje za čestice tla. Geokemijski uvjeti u vodi također mogu utjecati na trajnost zagađivača, s obzirom na prisutnost otopljenog kisika i organske tvari.

Transport hranjivih tvari u podzemnim vodama je složeniji i sporiji nego u površinskim vodama, ovisi o karakteristikama vodonosnika i može rezultirati vremenskim odmakom između ispuštanja onečišćenja i njegove detekcije u podzemnim vodama. Različiti faktori poput propusnosti tla, prisutnosti pukotina u vodonosniku i intenziteta punjenja vodonosnika igraju ključnu ulogu u ovom procesu. Aluvijalni i plitki vodonosnici su posebno osjetljivi na onečišćenje nitratima, dok su dublji i zatvoreni vodonosnici obično bolje zaštićeni.

2. Materijali i metode

2.1. Područje istraživanja

2.1.1. Zagrebačka županija

Zagrebačka županija je administrativna cjelina središnjeg djela sjeverozapadne Hrvatske. Obuhvaća 3078 km^2 te je površinom 6. po veličini županija u zemlji. Sjedište županije je grad Zagreb. Prema posljednjem popisu stanovnika iz 2021. godine Zagrebačku županiju naseljava 299.985 stanovnika što ju, prema broju stanovnika, čini trećom hrvatskom županijom (iza Grada Zagreba i Splitsko-dalmatinske županije). Zagrebačku županiju čini 9 gradova, 25 općina te 697 naselja. Gradovi u Zagrebačkoj županiji su: Dugo Selo, Ivanić-grad, Jastrebarsko, Samobor, Sveta Nedelja, Sveti Ivan Zelina, Velika Gorica, Vrbovec i Zaprešić.

Zagrebačka županija je danas jedna od najbrže rastućih gospodarskih domaćih regija. Zahvaljujući bogate povijesti, tradicije, kulture, očuvane prirode te zelenim živopisnim krajolicima Zagrebačka županija postala je također jedna od vodećih turističkih atrakcija.



Slika 2.1. Karta Zagrebačke županije (<http://www.visitzagrebcounty.hr/tz/karta-zupanije/>)

Poljoprivredna proizvodnja u Zagrebačkoj županiji

U tablici 2.1. navedena je poljoprivredna proizvodnja na području 34 općina u Zagrebačkoj županiji. Za svaku općinu navedena je ukupna količina oranica, zaštićenih prostora, voćnjaka, vinograda, livada, pašnjaka, korištenih i nekorištenih prostora te sveukupna površina svake općine (izražena u hektarima). Također, naveden je i postotak ukupnog poljoprivrednog zemljišta u općini te postotak korištenoga poljoprivrednog zemljišta u općini.

Za izradu ovoga diplomskog rada uzeti su uzorci vode iz općine Farkaševac te iz općine Pušća, stoga su one naznačene plavom bojom u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Poljoprivredna proizvodnja u Zagrebačkoj županiji

R.br.	OPĆINA	Način korištenja zemljišta (ha)									Površina općine ha	Udio korištenog polj. zemljišta u općini %	Udio ukupnog polj. zemljišta u općini %
		Oranice	Zaštićeni prostori	Voćnjak	Vinograd	Livada	Pašnjak	Korišteno	Nekorišteno	Ukupno			
1	BRCKOVLJANI	3412,7	0,80	76,15	107,11	109,90	7,2	3713,86	398,17	4112	6983	53,2	58,9
2	BRDOVEC	1434,1	0,64	140,66	62,66	161,99	9,1	1809,20	533,73	2343	3723	48,6	62,9
3	DUBRAVA	5292,4	6,44	168,56	22,77	482,73	72,2	6045,07	879,09	6924	11565	52,3	59,9
4	DUGO SELO	2260,4	4,61	170,30	96,71	74,05	9,0	2615,09	445,30	3060	5429	48,2	56,4
5	FARKAŠEVAC	2966,4	1,39	29,45	0,59	237,91	11,0	3246,69	199,25	3446	7377	44,0	46,7
6	GRADEC	3653,4	1,33	120,83	81,66	393,99	17,6	4268,81	996,68	5265	8898	48,0	59,2
7	IVANIĆ-GRAD	9126,9	5,19	210,52	24,23	338,17	263,8	9968,82	1027,14	10996	17348	57,5	63,4
8	JAKOVLJE	1006,8	0,08	50,53	42,97	162,36	1,9	1264,65	282,55	1547	3558	35,5	43,5
9	JASTREBARSKO	4546,6	4,57	646,74	696,20	992,20	70,7	6956,95	3681,08	10638	22644	30,7	47,0
10	KLINČA SELA	2275,3	0,87	149,33	79,45	468,22	17,6	2990,86	1150,93	4142	7702	38,8	53,8
11	KLOŠTAR IVANIĆ	3212,6	5,14	349,32	76,13	107,87	218,3	3969,38	272,39	4242	7749	51,2	54,7
12	KRIŽ	4195,8	2,34	208,47	31,56	268,53	68,6	4775,29	613,91	5389	11776	40,5	45,8
13	PISAROVINA	4937,9	0,51	110,39	47,47	1026,46	146,8	6269,51	1750,91	8020	14538	43,1	55,2
14	PRESEKA	1744,5	0,19	174,38	110,11	310,32	18,6	2358,10	625,48	2984	4612	51,1	64,7
15	PUŠĆA	333,9	0,07	160,99	24,97	138,34	3,5	661,76	328,74	991	1702	38,9	58,2
16	RUGVICA	5832,8	5,52	68,93	0,00	150,77	5,8	6063,74	604,18	6668	9367	64,7	71,2
17	SAMOBOR	3906,2	0,80	427,36	369,40	464,95	44,7	5213,42	4454,95	9668	25146	20,7	38,4
18	SVETI IVAN ZELINA	5911,3	3,80	451,19	734,84	1642,99	13,5	8757,58	1532,08	10290	18594	47,1	55,3
19	SVETA NEDJELJA	1487,2	6,45	124,75	25,57	107,82	1,1	1752,86	446,83	2200	3974	44,1	55,4
20	VRBOVEC	8496,3	4,35	161,69	172,93	876,02	25,9	9737,19	1558,25	11295	16080	60,6	70,2
21	KRAŠIĆ	894,7	0,25	287,36	111,58	344,81	54,4	1693,09	1861,63	3555	7150	23,7	49,7
22	RAKOVEC	1784,1	0,20	63,03	56,00	258,49	2,4	2164,27	205,57	2370	3485	62,1	68,0
23	MARIJA GORICA	301,4	0,00	204,66	38,38	196,74	9,3	750,45	408,65	1159	1715	43,8	67,6
24	ŽUMBERAK	586,1	0,00	41,25	13,57	153,47	40,5	834,93	3193,24	4028	11009	7,6	36,6

25	VELIKA GORICA	10738,0	21,61	586,11	133,78	859,74	76,6	12415,81	3321,59	15737	32667	38,0	48,2
26	ORLE	2526,6	0,77	69,31	7,11	508,61	26,7	3139,14	1726,03	4865	5857	53,6	83,1
27	ZAPREŠIĆ	1718,4	3,06	183,05	45,85	230,51	4,3	2185,18	636,53	2822	5394	40,5	52,3
28	POKUPSKO	1921,0	0,00	127,04	34,03	404,87	41,2	2528,12	1870,11	4398	10573	23,9	41,6
29	KRAVARSKO	1085,7	0,00	138,66	98,04	140,81	17,7	1480,87	1009,62	2490	5842	25,4	42,6
30	BISTRA	1302,9	0,72	66,87	96,30	140,41	0,1	1607,27	477,85	2085	5289	30,4	39,4
31	LUKA	503,1	0,00	91,62	28,25	154,36	3,6	780,98	312,44	1093	1736	45,0	63,0
32	DUBRAVICA	566,9	0,04	66,70	30,85	312,35	2,2	979,05	211,33	1190	2056	47,6	57,9
33	BEDENICA	744,6	0,00	100,19	55,59	216,46	10,3	1127,21	222,86	1350	2148	52,5	62,9
34	STUPNIK	865,3	0,43	47,63	0,14	69,17	0,6	983,25	128,28	1112	2485	39,6	44,8

Stočarska proizvodnja u Zagrebačkoj županiji

Tablica 2.2. Stočarska proizvodnja u Zagrebačkoj županiji

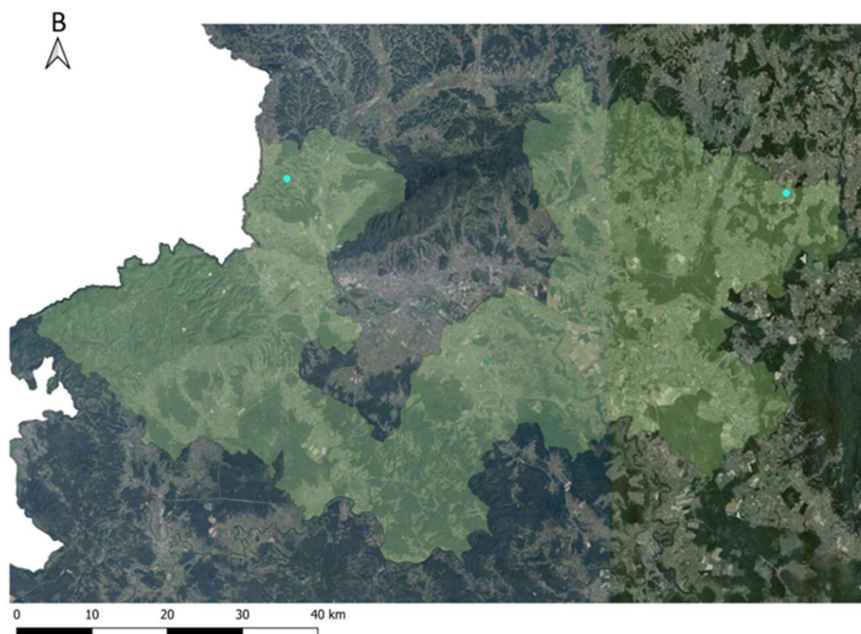
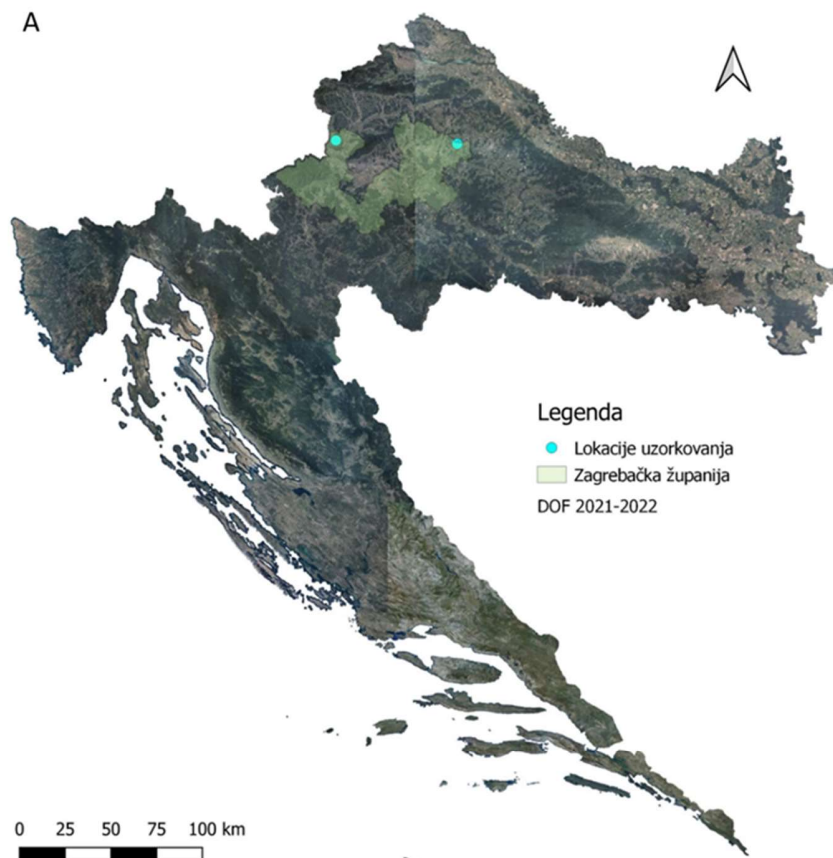
R.br.	OPĆINA	Površina općine (ha)	kg N/ha korištenog zemljišta	UG_500
1	BEDENICA	2147,52	22,30	355,7
2	BISTRA	5289,16	20,15	401,9
3	BRCKOVLJANI	6982,9	19,34	1150,9
4	BRDOVEC	3722,54	14,75	429,8
5	DUBRAVA	11565,2	47,75	4684,3
6	DUBRAVICA	2055,61	117,91	1595,9
7	DUGO SELO	5428,58	8,96	348,3
8	FARKAŠEVAC	7377,03	32,86	1795,1
9	GRADEC	8898,34	77,17	4365,4
10	IVANIĆ GRAD	17348,2	42,45	7508,7
11	JAKOVLJE	3558,2	8,24	138,2
12	JASTREBARSKO	22643,6	21,56	2078,1
13	KLINČA SELA	7701,93	23,02	1045,6
14	KLOŠTAR IVANIĆ	7748,66	29,88	1737,4
15	KRAŠIĆ	7149,73	28,80	703,8
16	KRAVARSKO	5841,59	9,39	216,8
17	KRIŽ	11776,5	24,60	1840,6
18	LUKA	1736,1	33,42	423,4
19	MARIJA GORICA	1714,82	15,95	195,2
20	ORLE	5856,97	20,80	1052,2
21	PISAROVINA	14537,6	23,95	2136,5
22	POKUPSKO	10572,9	16,05	636,2
23	PRESEKA	4612,08	23,59	858,3
24	PUŠĆA	1702,22	48,51	587,6
25	RAKOVEC	3485,36	24,04	894
26	RUGVICA	9366,73	9,48	895,7
27	SAMOBOR	25146	15,59	1169,1
28	STUPNIK	2484,9	16,51	239,6
29	SVETA NEDELJA	3974,1	13,91	358,1
30	SVETI IVAN ZELINA	18593,6	26,97	3348,5
31	VELIKA GORICA	32666,6	23,99	4725,6
32	VRBOVEC	16080,3	32,22	5600,9
33	ZAPREŠIĆ	5394,04	9,57	313
34	ŽUMBERAK	11009,4	16,38	211,5

U tablici 2.2. navedena je stočarska proizvodnja na području 34 općina u Zagrebačkoj županiji. Za svaku općinu navedena je sveukupna površina općine izražena u hektarima, količina kilograma dušika (kg N) po hektaru korištenog zemljišta te ukupni broj uvjetnih grla unutar općine, s obzirom na broj i veličinu registriranih farmi unutar općine.

Za izradu ovoga diplomskog rada uzeti su uzorci vode iz općine Farkaševac te iz općine Pušća, stoga su one naznačene plavom bojom u tablici 2.2.

2.1.2. Izdvojene lokacije za prikupljanje uzoraka vode

Uzorci površinske vode su prikupljeni na dvije lokacije namjerno udaljene jedna od druge (karta 2.1. A i B) . Jedna je na krajnjem zapadnom, a druga na krajnjem istočnom dijelu Zagrebačke županije. Na taj način osigurano je da su uzorci nezavisni jedno od drugoga te je obuhvaćeno šire područje Zagrebačke županije koje nije pokriveno rezultatima iz nacionalnog monitoringa kakvoće voda, a koji su korišteni u ovom radu.



Karta 2.1..A . Izdvojene lokacije uzorkovanja u Republici Hrvatskoj

Karta 2.2.B. Pozicija lokacija uzorkovanja unutar granica Zagrebačke županije

2.1.2.1. Marija Magdalena (Pušća)

Marija Magdalena je naseljeno mjesto u Republici Hrvatskoj u Zagrebačkoj županiji. Administrativno pripada sastavu općine Pušća. Naselje se proteže na površini od 1,58 km². Prema popisu stanovništva iz 2021. godine u naselju Marija Magdalena živi 220 stanovnika (Izvor. Državni zavod za statistiku). Naselje se nalazi na zapadnom dijelu Zagrebačke županije.

Poljoprivredna i stočarska proizvodnja u općini Pušća

Iz tablice 2.1. u kojoj je prikazana poljoprivredna proizvodnja u općinama u Zagrebačkoj županiji, na području općine Pušća ukupno se nalazi 991 ha poljoprivrednog zemljišta od kojih su: 333,9 ha oranice, 0,07 ha zaštićeni prostori, 160,99 ha voćnjaci, 24,97 ha vinogradi, 138,34 ha livade, 3,5 ha pašnjaci, 661,76 ha korišteno te 328,74 ha nekorišteno zemljište. Postotak ukupnog poljoprivrednog zemljišta u općini Pušća iznosi 58,2 % te postotak korištenoga poljoprivrednog zemljišta u općini iznosi 38,9 %.

Iz tablice 2.2. u kojoj je prikazana stočarska proizvodnja u općinama u Zagrebačkoj županiji, na području općine Pušća količina kilograma dušika (kg N) po hektaru korištenog zemljišta iznosi 48,51 kg N. Ukupni broj uvjetnih grla unutar općine, s obzirom na broj i veličinu registriranih farmi unutar općine, iznosi 587,6.

OPG Ivan Dugan

Uzorci vode uzeti su iz bunara sa registriranog obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva (OPG) Ivan Dugan.

Djelatnosti OPG-a sežu od proizvodnje kukuruza (4 ha), ječma i pšenice (3 ha), lucerne i livade (4 ha), do trajnih nasada na 2,5 ha (šljive i jabuke). Osim te proizvodnje, OPG je fokusiran i na uzgoj teladi, svinja i peradi te na njihovu preradu.

Gnojidbe ratarskih kultura provode se na svim parcelama jednom godišnje stajskim gnojivom (cca 20 t/ha). Predsjetvena gnojidba obuhvaća od 350-400 kg NPK (15-15-15) po hektaru te su dodatno vršene jedna do dvije prihrane od 200 kg KAN-a po hektaru, također provedene su jedna do dvije zaštite u ranim fazama rasta. Trajni nasadi gnojani su u jesen stajskim gnojem (25-30 t/ha) te se svake druge godine dodaje 500 kg NPK (6-12-24 + S). U proljeće se odrađuje prihrana sa 150 kg KAN-a. Zaštita kultura provodi se po programu zaštite za jabuke i za šljive (prema programu „Priručnik za zaštitu vinove loze, voća i povrća 2023.“) te je rađena jedna obavezna folijarna prihrana i druga po potrebi.



Slika 2.2. OPG Ivan Dugan



Slika 2.3. Bunar, OPG Ivan Dugan

2.1.2.2. Žabnica

Žabnica je naseljeno mjesto u sastavu općine Farkaševac u Zagrebačkoj županiji. Žabnica se proteže na površini od 4,26 km² (<https://opcina-farkasevac.hr/galleries/zabnica/>). Naselje se nalazi na istočnom dijelu Zagrebačke županije.

Poljoprivredna i stočarska proizvodnja u općini Farkaševac

Iz tablice 2.1. u kojoj je prikazana poljoprivredna proizvodnja u općinama u Zagrebačkoj županiji, na području općine Farkaševac ukupno se nalazi 3446 ha poljoprivrednog zemljišta od kojih su: 2966,4 ha oranice, 1,39 ha zaštićeni prostori, 29,45 ha voćnjaci, 0,59 ha vinogradi, 237,91 ha livade, 11 ha pašnjaci, 3246,69 ha korišteno te 199,25 ha nekorišteno zemljište. Postotak ukupnog poljoprivrednog zemljišta u općini Farkaševac iznosi 46,7 % te postotak korištenoga poljoprivrednog zemljišta u općini iznosi 44 %.

Iz tablice 2.2. u kojoj je prikazana stočarska proizvodnja u općinama u Zagrebačkoj županiji, na području općine Farkaševac količina kilograma dušika (kg N) po hektaru korištenog zemljišta iznosi 32,86 kg N. Ukupni broj uvjetnih grla unutar općine, s obzirom na broj i veličinu registriranih farmi unutar općine, iznosi 1795,1 .

Uzorci vode uzeti su iz bunara sa ne registriranog obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva.

Na lokaciji uzorkovanja uzgaja se kukuruz (cca 1 ha) te zob (0,8 ha). Ostale površine zauzimaju livade te pašnjaci (cca 2 ha). Osim toga na manjoj površini od 300 m² uzgajaju se povrtne kulture: rajčica, paprika, grah, krastavci. Osim biljne proizvodnje, OPG je fokusiran i na uzgoj 40ak ovaca, 4 svinja te 20ak kokoši.

U jesen se provodi gnojidba stajskim gnojem dok se prilikom sjetve gnojidba provodi mineralnim gnojivom (NPK). Tijekom vegetacije prihrana se obavlja KAN-om .

Obrada tla je klasična. Ona uključuje oranje na dubinu do 30 cm, bez rahljenja tla podrivačem, tanjuranje, drljanje te nakon toga se provodi sjetva.

2.2. Metode obrade podataka i prikupljanja uzoraka

2.2.1. Prikupljanje i obrada prostornih podataka za Zagrebačku županiju

Svrha ovog poglavlja je prikazati stupanj trofičnosti površinskih voda na području Zagrebačke županije u Republici Hrvatskoj temeljem dobivenih rezultata provedenih analiza te usporedbom s dostupnim pokazateljima iz baze podataka Hrvatskih voda za razdoblje 2015. – 2021.

Kakvoća površinskih voda ispitana je i utvrđena na tekućicama (rijekama, kanalima) i stajaćicama (akumulacijama i retencijama) prema planu nacionalnog monitoringa voda u Republici Hrvatskoj, a u sklopu baze površinskih voda obrađena su i izvorišta. Baza podataka nacionalnog monitoringa sadrži podatke mjerenja kakvoće površinskih voda za 1246 postaja. Zbog određenih nesukladnosti u daljnju statističku obradu rezultata monitoringa uvrštena je 761 postaja. Naime, postaje na kojima je provedeno manje od 10 mjerenja odabranih pokazatelja ili nisu više aktivne, isključene su iz analiza, a na akumulacijama i jezerima u analizu je kao mjerodavan uvršten spojeni niz podataka, po jedan za svaku postaju (Hrvatske vode 2022).

U tablici 2.3. iz arhive podataka Hrvatskih voda, 2000. - 2020. izdvojene su postaje po regijama (Panonska i Jadranska), po županijama i po načinu korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj. Kako je prikazano u tablici 2.3. , 62 % od ukupnog broja postaja monitoringa površinskih voda u Republici Hrvatskoj nalazi se u Panonskoj regiji, od toga 405 ili 66 % nalazi se unutar poljoprivrednog prostora (Hrvatske vode 2022).

Za izradu ovoga diplomskog rada uzeti su uzorci iz Zagrebačke županije. Na području Zagrebačke županije ukupno postoji 66 postaja od kojih se 60 nalazi unutar poljoprivrednog zemljišta dok se ostalih 6 postaja nalazi unutar šumskog zemljišta (karta 2.3).

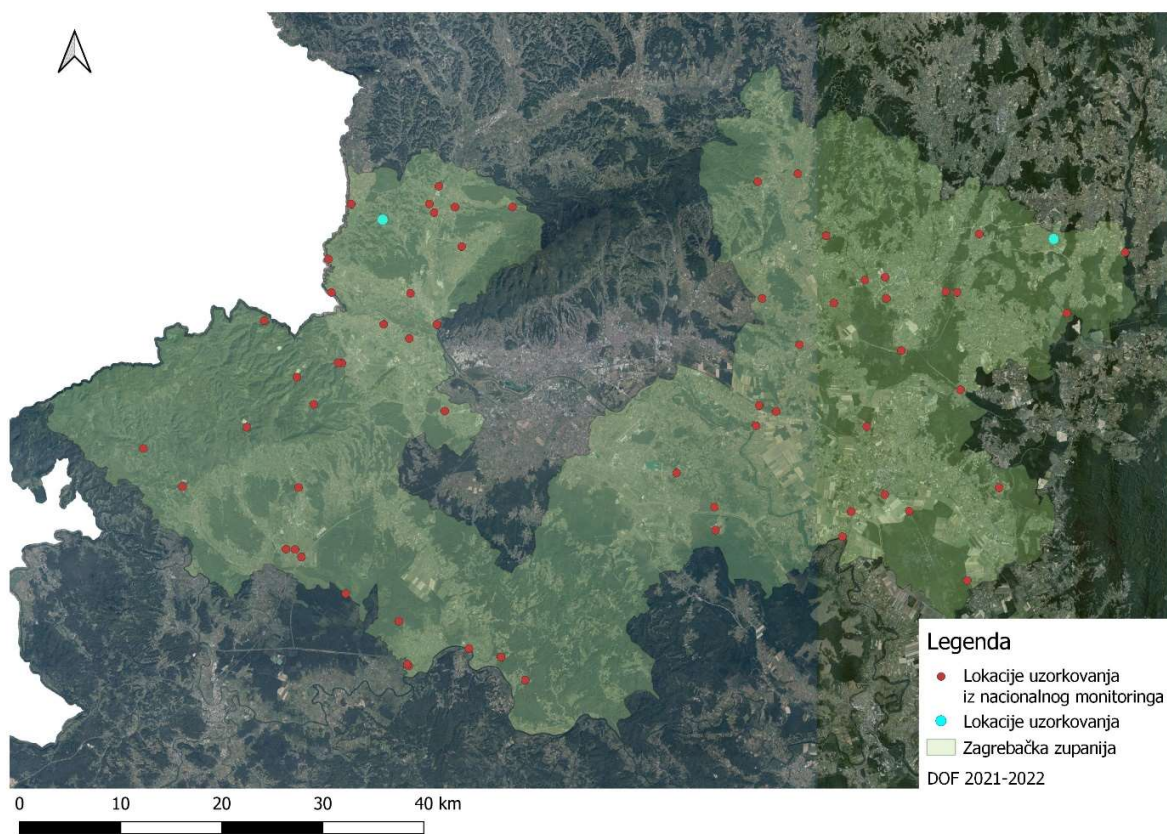
Tablica 2.3. Broj postaja monitoringa površinskih voda po regijama, županijama i po načinu korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj (arhiva podataka Hrvatskih voda, 2000. - 2020.)

Regija	Županija	Površina (km ²)	Broj postaja			Ukupno regija
			Poljoprivredno zemljište	Šumsko zemljište	Ukupno	
Panonska regija	Bjelovarsko-bilogorska	2639	14	5	19	472
	Brodsko-posavska	2028	19	6	25	
	Grad Zagreb	641	22	0	22	
	Karlovačka	3626	30	18	48	
	Koprivničko-križevačka	1748	30	1	31	
	Krapinsko-zagorska	1229	23	2	25	
	Međimurska	729	22	1	23	
	Osječko-baranjska	4153	49	7	56	
	Požeško-slavonska	1822	20	3	23	
	Sisačko-moslavačka	4466	51	8	59	
	Varaždinska	1261	28	2	30	
	Virovitičko-podravska	2022	16	2	18	
	Vukovarsko-srijemska	2449	21	6	27	
Zagrebačka	3060	60	6	66		
Jadranska regija	Dubrovačko-neretvanska	1780	44	2	46	289
	Istarska	2815	35	18	53	
	Ličko-senjska	5354	26	8	34	
	Primorsko-goranska	3589	26	25	51	
	Splitsko-dalmatinska	4539	26	14	40	
	Šibensko-kninska	2982	26	6	32	
	Zadarska	3647	27	6	33	
Ukupno			615	146	761	

Tablica 2.4. prikazuje inicijalnu bazu podataka iz koje je vršena daljnja obrada. Prikazane su dvije nasumično odabrane postaje unutar Zagrebačke županije. Postaja Sava, Drenje- Jesenice te postaja Lonja, nizvodno od Ivanić Grada. Postaja Sava, Drenje- Jesenice nalazi se na zapadnom dijelu Zagrebačke županije te s obzirom na utvrđeni potencijal trofije, definirana je dobra te vrlo dobra kvaliteta vode. S druge strane, postaja Lonja, nizvodno od Ivanić Grada nalazila se na istočnom dijelu Zagrebačke županije te je definirana loša te vrlo loša kvaliteta vode.

Tablica 2.4. Inicijalna baza podataka te izdvojeni prikaz dviju nasumično odabranih postaja unutar Zagrebačke županije. (Hrvatske vode 2020.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
71	69 Sava, Galdivo	10012	2020	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	2,17	0,13	M	3	OM	2	3	M			DOBR
72	70 Sava, Galdivo	10012	2021	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,97	0,10	M	3	OM	2	3	M			DOBR
73	71 Sava, Martinska Ves	10013	2018	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	2,30	0,07	M	3	OM	2	3	M			DOBR
74	72 Sava, Martinska Ves	10013	2019	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	2,06	0,12	M	3	OM	2	3	M			DOBR
75	73 Sava, Martinska Ves	10013	2020	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	2,29	0,10	M	3	OM	2	3	M			DOBR
76	74 Sava, Martinska Ves	10013	2021	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,86	0,11	M	3	OM	2	3	M			DOBR
77	75 Sava, Petruševac	10015	2015	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,65	0,10	M	3	OM	2	3	M			DOBR
78	76 Sava, Petruševac	10015	2016	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,68	0,09	M	3	OM	2	3	M			DOBR
79	77 Sava, Petruševac	10015	2017	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,69	0,08	M	3	OM	2	3	M			DOBR
80	78 Sava, Petruševac	10015	2018	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,48	0,09	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
81	79 Sava, Petruševac	10015	2019	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,59	0,07	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
82	80 Sava, Petruševac	10015	2020	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,76	0,06	M	3	OM	2	3	M			DOBR
83	81 Sava, Petruševac	10015	2021	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,58	0,05	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
84	82 Sava, Jankomir	10016	2015	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,67	0,11	M	3	OM	2	3	M			DOBR
85	83 Sava, Jankomir	10016	2016	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,70	0,08	M	3	OM	2	3	M			DOBR
86	84 Sava, Jankomir	10016	2017	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,68	0,10	M	3	OM	2	3	M			DOBR
87	85 Sava, Jankomir	10016	2018	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,53	0,07	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
88	86 Sava, Jankomir	10016	2019	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,63	0,08	M	3	OM	2	3	M			DOBR
89	87 Sava, Jankomir	10016	2020	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,70	0,07	M	3	OM	2	3	M			DOBR
90	88 Sava, Jankomir	10016	2021	Površinska voda Sredina	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,59	0,06	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
91	89 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2015	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,63	0,09	M	3	OM	2	3	M			DOBR
92	90 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2016	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,59	0,08	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
93	91 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2017	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,63	0,09	M	3	OM	2	3	M			DOBR
94	92 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2018	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,48	0,07	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
95	93 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2019	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,47	0,05	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
96	94 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2020	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,68	0,06	M	3	OM	2	3	M			DOBR
97	95 Sava, Drežnje-Jesenice	10017	2021	Površinska voda Desna obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,58	0,06	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
98	96 Sava, Ruvica	10019	2015	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,99	0,14	M	3	OM	2	3	M			DOBR
99	97 Sava, Ruvica	10019	2016	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	2,01	0,14	M	3	OM	2	3	M			DOBR
100	98 Sava, Ruvica	10019	2017	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	2,06	0,14	M	3	OM	2	3	M			DOBR
101	99 Sava, Ruvica	10019	2018	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,86	0,08	M	3	OM	2	3	M			DOBR
102	100 Sava, Ruvica	10019	2019	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,83	0,11	M	3	OM	2	3	M			DOBR
103	101 Sava, Ruvica	10019	2020	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,99	0,09	M	3	OM	2	3	M			DOBR
104	102 Sava, Ruvica	10019	2021	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,83	0,09	M	3	OM	2	3	M			DOBR
105	103 Sava, Drežnje	10020	2015	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5B	Panonska	1,56	0,10	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
106	104 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2015	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,32	0,12	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
107	105 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2016	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,34	0,10	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
108	106 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2017	Površinska voda Lijeva obala, Sredina	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,48	0,12	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
109	107 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2018	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,21	0,07	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
110	108 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2019	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,27	0,11	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
111	109 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2020	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,38	0,07	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR
112	110 Sava, nizvodno od utoka Vrbasa, Pritčac	10021	2021	Površinska voda Lijeva obala	SR.VR.	HR-R_5C	Panonska	1,38	0,07	OM	2	OM	2	2	OM			VRLO DOBR



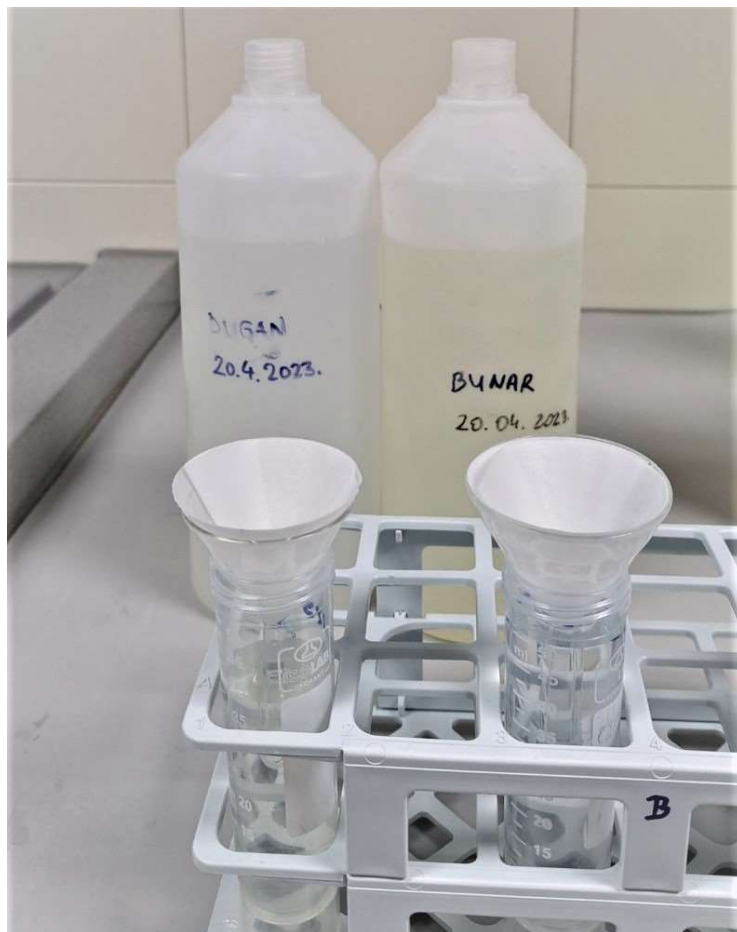
Karta 2.3. Prikaz lokacija uzorkovanja iz nacionalnog monitoringa te dvije izdvojene lokacije uzorkovanja na području Zagrebačke županije

2.2.2. Prikupljanje i analiza uzoraka vode s odabranih lokacija

Prikupljeni uzorci vode analizirani su u analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije (MELILAB) na Sveučilištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

Provedene analize uključuju:

1. Određivanje amonijevog dušika u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju,
2. Određivanje sume nitratnog i nitritnog dušika u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju,
3. Određivanje ortofosfata u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju,
4. Određivanje klorida u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju, te
5. Određivanje sulfata u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju.



Slika 2.4. Uzorci vode

2.2.2.1. Određivanje amonijevog dušika u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju

Ovaj postupak primjenjuje se u MELILAB-u za određivanje amonijevog dušika protočnom analizom, a temelji se na normi HRN EN ISO 11732:2008: „Kakvoća vode - Određivanje amonijevog dušika - Metoda protočne analize uz spektrometrijsku detekciju“. Metodu je moguće primjeniti za različite uzorke vode (podzemna voda, voda za piće, površinska voda, procjedna voda, otpadna voda), a u rasponu masene koncentracije amonijevog dušika od 0,1 mg/l do 10 mg/l.

Postupak analize

Zrakom segmentiranim kontinuiranim protjecanjem, amonij prisutan u uzorku reagira u alkalnom mediju s hipokloritom (ClO⁻), dobivenim iz diklorizocijanurata. Tako dobiveni kloramin reagira sa salicilatom uz katalizu nitroprusidom pri temperaturi od 37°C do 50°C stvarajući plavo-zeleni indofenol, koji se kvantitativno određuje na protočnom fotometru pri valnoj duljini od 640 nm do 660 nm.

Priprema uzoraka za analizu i kalibracija

Analiza se provodi odmah po prijemu uzorka u MELILAB. Prije analize uzorak vode je potrebno profiltrirati pomoću sustava za membransku filtraciju s membranskim filterima veličine pora 0,45 µm. U slučaju ako nije moguće odmah provesti analizu, uzorak se zakiseli sa sumpornom kiselinom do pH=2 i čuva u hladnjaku na temperaturi 2°C - 5°C 24 sata. U iznimnim slučajevima uzorak se može čuvati do dva tjedna nakon zakiseljavanja i membranske filtracije (membranski filter veličine pora 0,45 µm).

Kalibracija se provodi radnim standardnim otopinama te kalibracijski koeficijent mora biti $\geq 0,99$.

Nakon svake provedene kalibracije provodi se unutarnja kontrola kvalitete ispitivanjem CRM-a.

2.2.2.2. Određivanje sume nitratnog i nitritnog dušika u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju

Ovaj postupak primjenjuje se u MELILAB-u za određivanje nitritnog i nitratnog dušika te njihove sume protočnom analizom. Postupak se temelji na normi HRN EN ISO 13395:1998: „Kakvoća vode - Određivanje nitritnog i nitratnog dušika i njihove sume s protočnom analizom i spektrometrijskom metodom“. Metoda je primjenjiva na različite uzorke vode u rasponu masene koncentracije nitritnog dušika od 0,01 mg/l do 1,0 mg/l te sume nitritnog i nitratnog dušika od 0,02 mg/l do 10 mg/l.

Postupak analize

Najprije se uzorak uvodi u otopinu pufera koja kontinuiranim protokom teče kroz sustav te se kontinuirano miješa s puferom. Suma nitrita i nitrata određuje se na način da se nitrati u uzorku reduciraju do nitrita propuštanjem kroz kolonu s kadmijem (Cd-kolona). Smjesi pufera i nitrita dodaje se otopina reagensa fosforne kiseline, također kontinuiranim protokom. Nitriti prisutni u uzorku, kao i oni nastali redukcijom nitrata iz uzorka, reagiraju sa sulfanilamidom dajući diazonijevu sol koja s N-(1-naftil) etilendiaminom stvara ljubičasto obojenje čiji se intenzitet kvantitativno određuje na protočnom fotometru pri valnoj duljini od 540 nm. Nitriti se određuju na isti način kao i suma nitrita i nitrata, ali uz isključivanje Cd-kolone. Nitrati se određuju računskim putem, oduzimanjem koncentracije nitrita od sume koncentracija nitrita i nitrata.

Priprema uzoraka za analizu i kalibracija

U slučaju ako analizu nije moguće provesti odmah, uzorak se zakiseli klorovodičnom kiselinom do pH=2 te čuva na tamnom mjestu, pri temperaturi 2°C do 5°C do 24 sata. Prije analize uzorak vode je potrebno profiltrirati pomoću sustava za membransku filtraciju s membranskim filterima veličine pora 0,45 µm. Iznimno je moguće čuvati uzorak 8 dana na -20 °C.

Kalibracija se provodi radnim standardnim otopinama. Zahtijevana kalibracijska konstanta korelacije iznosi 99 %. Nakon svake provedene kalibracije provodi se unutarnja kontrola kvalitete ispitivanjem CRM-a.

2.2.2.3. Određivanje ortofosfata u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju

Ovaj postupak primjenjuje se u MELILAB-u za određivanje ortofosfata protočnom analizom, a temelji se na normi HRN EN ISO 15681-2:2018: „Kvaliteta vode - Određivanje ortofosfata i ukupnog dijela fosfora protočnom analizom - 2. dio: Metoda kontinuirane protočne analize“. Metoda se primjenjuje na različite uzorke vode (podzemna voda, voda za piće, površinska voda, procjedna voda, otpadna voda), a u rasponu masene koncentracije od 0,01 mg/l do 1,0 mg/l PO₄-P.

Postupak analize

Amonijev heptamolibdat i kalijev antimon(III) oksid tartarat u kiselom mediju reagiraju s otopinom fosfata stvarajući antimonov-fosfo-molibdatni kompleks. Nastali kompleks reducira se s L (+)askorbinskom kiselinom u molibdat plavo čiji se intenzitet obojenja kvantitativno određuje na protočnom fotometru pri valnoj duljini od 880 nm.

Priprema uzoraka za analizu i kalibracija

Analiza se provodi odmah po prijemu uzorka u MELILAB. Prije analize uzorak vode je potrebno profiltrirati pomoću sustava za membransku filtraciju s membranskim filterima veličine pora 0,45 µm. Ako analizu nije moguće provesti odmah, uzorak se čuva u hladnjaku, pri 2°C do 6°C do 24 sata.

Kalibracija se provodi radnim standardnim otopinama te dobiveni kalibracijski koeficijent mora biti $\geq 0,99$. Nakon svake provedene kalibracije provodi se unutarnja kontrola kvalitete ispitivanjem CRM-a.

2.2.2.4 Određivanje klorida u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju

Ovaj postupak primjenjuje se u MELILAB-u za određivanje klorida protočnom analizom, a temelji se na normi SKALAR METHODS No. 514 (ref. ISO 15682:1992)

Postupak analize

Uzorak se analizira barem unutar 24 sata nakon uzimanja. Uzorak se čuva na 4°C do analize. Automatizirani postupak za određivanje klorida temelji se na sljedećoj reakciji. Tiocijanat koji se oslobađa iz živinog tiocijanata putem klorida, reagira sa željezom(II) da bi se stvorio crveno obojeni kompleks željezo (III) tiocijanata koji se mjeri na 470 nm.

2.2.2.5. Određivanje sulfata u vodi protočnom analizom uz spektrometrijsku detekciju

Ovaj postupak primjenjuje se u MELILAB-u za određivanje sulfata protočnom analizom, a temelji se na normi SKALAR METHODS No. 587 (ref. ISO/DIF 22743)

Postupak analize

Automatizirani postupak za određivanje sulfata temelji se na metodi metil timol plavog. Uzorak se prvo propusti kroz kolonu za kationsku izmjenu natrijevog oblika kako bi se uklonili viševalentni metalni ioni. Uzorak koji sadrži sulfat tada reagira s alkoholnom otopinom barijevog klorida i metil timol plavog pri pH od 2,5 - 3,0 da nastane barijev sulfat. Nekompleksirana metil timol plava boja je siva; ako je alkaliziran s barijem, boja je plava. Količina nekompleksiranog metil plavog se mjeri na 460 nm.

Priprema uzoraka za analizu

Uzorak se filtrira i neutralizira na pH >2. Najprije je potrebno filtrirati ili cetrifugirati zamućene uzorke. Zatim ako je pH < 2, uzorak se neutralizira na pH >2. Uzorak je potrebno čuvati na 4 °C do maksimalno 28 dana. Neutralizacija je neophodna jer visoka koncentracija kiseline eluira katione iz ionsko-izmjenjivačke smole u modulu.



Slika 2.5. Analitički laboratorij Zavoda za melioracije (MELILAB), Agronomski fakultet u Zagrebu



Slika 2.6. Analitički laboratorij Zavoda za melioracije (MELILAB), Agronomski fakultet u Zagrebu

2.3. Statističke metode za obradu rezultata

Za obradu dobivenih rezultata analiza korišteni su neki od osnovnih statističkih pokazatelja. Ti pokazatelji su: minimalna, maksimalna te prosječna koncentracija nitrata ($mg\ NO_3/l$), standardna devijacija te koeficijent varijance. Na temelju tih pokazatelja utvrđena je kakvoća voda te potencijal trofije. Pomoću jednofaktorske analize varijance (one-way analysis of variance-ANOVA) utvrdilo se prihvaća li se ili odbacuje početno postavljena hipoteza.

Prosjeak ili srednja vrijednost

Srednja vrijednost ili aritmetička sredina (engl. mean ili arithmetic mean) predstavlja sumu svih podataka podijeljenu s ukupnim brojem podataka.

Srednja vrijednost uzorka je definirana formulom:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

, gdje n predstavlja ukupan broj podataka u uzorku.

Svojstva prosjeka su:

1. Predstavlja vrijednost od koje je polovica varijanata u uzorku manja , a polovica veća, odnosno suma odstupanja svih varijanata uzorka od aritmetičke sredine je nula, tj. $\sum(x - \bar{x}) = 0$.
2. Prosjeak je ona vrijednost od koje je suma kvadratnih odstupanja u uzorku najmanja, tj. $\sum(x - \bar{x})^2 = \min$.
3. Kada bi se uzela bilo koja druga varijanta u uzorku i utvrdila ova suma kvadratnih odstupanja svih ostalih vrijednosti uzoraka od nje, taj iznos će uvijek biti veći nego za \bar{x} .

Standardna devijacija uzorka

Standardna devijacija uzorka (engl. sample standard deviation) predstavlja pozitivnu vrijednost drugog korijena varijance uzorka, u čijoj formuli n predstavlja ukupan broj podataka u uzorku, tj.

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Za izračun je potreban podatak varijance (s^2). Varijanca predstavlja prosječno kvadratno odstupanje varijanata od srednje vrijednosti uzorka, tj.

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Zajedno standardna devijacija (s) i varijanca (s^2) su najvažnija i najbolja mjerila varijabilnosti te su najčešće korištena mjerila.

Koeficijent varijance

Prilikom usporedbe varijabilnosti različitih uzoraka, najbolja je primjena mjerila koje u sebi sadrži i procjenu sredine i procjenu disperzije tj. varijabilnosti. Takvo relativno mjerilo varijabilnosti je varijacijski koeficijent (cv).

Koeficijent varijacije uzorka (engl. sample coefficient of variation, cv) predstavlja omjer vrijednosti standardne devijacije uzorka sa srednjom vrijednosti podataka u uzorku te se izražava u %.

$$cv = \frac{100 \times s}{\bar{x}}$$

Analiza varijance (ANOVA)

Na samom početku ovog diplomskog rada postavljena je hipoteza koja se tijekom izrade ovoga rada mora potvrditi ili opovrgnuti. U tu svrhu primjenjena je statistička analiza jednofaktorskom analizom varijance (one-way analysis of variance- ANOVA).

Temelji li se statistički pokus na „jednom faktoru“ (jednoj kontrolnoj, nezavisnoj varijabli) sa slučajno raspoređenim tretmanima (razinama faktora, vrijednostima nezavisne varijable) po eksperimentalnim jedinicama, riječ je o jednofaktorskom pokusu. Opažene varijabilnosti u izmjerenim svojstvima (vrijednost zavisne varijable) potječu iz dvaju izvora. Prvi je izvor u svezi s različitosti tretmana, a drugi sa svojstvima eksperimentalnih jedinica (Šošić, 2004).

U ovom slučaju istraživanje se temelji na koncentracijama nitrata (mg/l) izmjerenih na postajama monitoringa kakvoće vode na području Zagrebačke županije.

Pomoću analize varijance (ANOV-e) utvrdilo se postoji li razlika u koncentraciji nitrata (mg/l) u ispitivanim uzorcima vode te postoji li direktna povezanost biljne i stočarske proizvodnje s koncentracijama nitrata u uzetim uzorcima voda na području istraživanja, odnosno na području općina Zagrebačke županije.

ANOVA se temelji na F -testu. Na temelju F -testa donosi se zaključak o (ne)postojanju značajnih razlika između sredina više populacija. Ukoliko su ustanovljene razlike slučajne ne odbacujemo hipotezu H_0 , to jest uzorci su iz iste populacije, no ukoliko su razlike statistički značajne odbacujemo H_0 , uzorci su iz različitih populacija te je potrebno odgovoriti na pitanje između kojih populacija postoji razlika. Daljnjom analizom upotrebom post-hoc testova saznajemo između kojih točno parova uzoraka postoje statistički značajne razlike i na kojoj razini vjerojatnosti. H_0 predstavlja nultu hipotezu. Nulta hipoteza označuje hipotezu koja pretpostavlja da ne postoji statistički bitna razlika između ispitivanih skupina.

Fisherov LSD test odnosno test najmanje značajne razlike (eng. Least significant difference) predstavlja najjednostavniji pristup za uspoređivanje aritmetičkih sredina promatranih uzoraka. Također, test je i najmanje pouzdan test budući da se istovremeno provodi višestruko uspoređivanje, svaki sa jednakom razinom značajnosti α , najčešće 5%. To znači da je rizik od nastajanja greške prilikom uspoređivanja svih sredina veći od te razine značajnosti. Također, ponekad se javlja i problem pronalaska značajnog ukupnog rezultata u F -testu, a pojedinačne razlike se ne mogu prepoznati.

Formula za izračun najmanje značajne razlike (LSD) koju koristimo kako bi pronašli koja se aritmetička sredina razlikuje od koje glasi.

$$LSD = t_{v, \alpha/2} s \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}$$

3. Rezultati i rasprava

3.1. Ocjena stanja voda na području županije

U statističkoj tablici 3.1. prikazani su osnovni statistički pokazatelji. To su: minimalna, maksimalna te prosječna koncentracija nitrata (mg NO₃/l), standardna devijacija te koeficijent varijance.

Najveća maksimalna koncentracija nitrata izmjerena je u postaji monitoringa Lubenica, Cugovec te iznosi 41,63 mg NO₃/l .

Zatim postaje: Križ, Novoselec (36,6 mg NO₃/l), Lonja, Lipovec Lonjski (36,37 mg NO₃/l), Odra, Novo Čiče (35,43 mg NO₃/l), potok Sutlišće III (34,81 mg NO₃/l) i potok Vranić(33,84 mg NO₃/l) također dominiraju sa visokim maksimalnim koncentracijama nitrata.

Najmanja minimalna koncentracija nitrata izmjerena je u 7 postaja monitoringa: Brebernica - Donja Kupčina, Dunjara, Ivančan – nizvodno, Lubenica – Cugovec, potok Sutlišće III, Roženica - Lijeve Štefanki, Skopljak - Gradec Pokupski i Spojni kanal (vt749), Jastrebarsko-Domagović te iznosi 0,01 mg NO₃/l.

Prosječna vrijednost izmjerene koncentracije nitrata iznosi 4,95 mg NO₃/l .

Vrijednost standardne devijacije varira od 0,49 (postaja Žumberačka reka, uz cestu prema Japetiću) do 7,66 (postaja Lubenica, Cugovec).

Vrijednost koeficijenta varijacije varira od 0,24 (postaja Žumberačka reka, uz cestu prema Japetiću) do 58,61 (postaja Lubenica, Cugovec).

Postaje (9): Bistra-Jakovlje, Bistra-Krainje-Kraljev vrh, Gradna- Savršćak, Kravaršćica- Dabići, potok Gradna I, Roženica- Lijeve Štefanki, Salnik, na cesti Rakovec – Samoborec, Sava-Drenje-Jesenice te Sutla- Harmica prema izmjerenim statističkim podacima imaju definirano vrlo dobro stanje voda te potencijal trofije nije eutrofan.

Postaje (19): Bregana- Divlje vode, Krapina- Kupljenovo, Krapina- Zaprešić, Kupčina- Donja Kupčina, Lipovečka gradna- Smerovišće, Lučelnica- Hruševac Kupljenski – most, Luka- Luka, Oteretni kanal Kupa-Kupa- cesta D. Kupčina-Šišljavić, potok Lužnica, potok Rakovica- Strmec, Reka- Domagović, Reka/Sopotnjak - Donja Reka, Rudarska gradna- Milinje, Sava-Rugvica, Sava-Topolje, Slapnica- prije utoka u Kupčinu, Volavčica- Domagović, Zelina- Biškupec Zelinski te Žumberačka reka- uz cestu prema Japetiću prema izmjerenim statističkim podacima imaju definirano dobro stanje voda te potencijal trofije nije eutrofan.

Na kartama 3.1 i 3.2. može se primjetiti kako se dosad navedene postaje sa dobrim te vrlo dobrim definiranim stanjem vode dominantno nalaze na zapadnoj strani Zagrebačke županije.

Postaje (11): Brebernica- Donja Kupčina, Dulepski potok- Luka Vrbovečka – most, Dunjara- Ivančan – nizvodno, Kupčina- Žamarija, Liplenica- Šušnjari, Odra II- Čička poljana, potok Starča- Stupnik, potok Vranić, Rudarska gradna- prije utoka u Gradnu, Velika rijeka- D. Bolč (Rajić) te Zelina, Božjakovina prema izmjerenim statističkim podacima imaju definirano umjereno stanje voda te je potencijal trofije potencijalno eutrofan.

Postaje (2): potok Bistra, Donja Bistra te Volavčica, u šumi imaju definirano loše stanje voda te je potencijal trofije eutrofan.

Postaje (21): Črncet kanal prije Rugvice na cesti Dugo Selo – Rugvica, Glogovnica- Koritna, Glogovnica prije utoka u Česmu, Kanal Lonja Strug- Posavski Bregi, Križ- Novoselec, Lateralni kanal Deanovac--cesta Ivanić Grad - Crna Humka, Lonja- Lipovec Lonjski, Lonja- nizvodno od Ivanić Grada, Lubenica- Cugovec, Luka- Vrbovec, Odra- Novo Čiče, Oreščak- na cesti Sveti Ivan Zelina – Hrastje, potok Črncet V- uz autocestu, potok Sutlišće III, Rajna- na cesti Vrbovec – Lonjica, Skopljak- Gradec Pokupski, Spojni kanal (vt749)- Jastrebarsko-Domagović, Spojni kanal Zelina- Lonja-Glogovnica-Česma- crp.st. Poljanski Lu, Stari Črncet- Vrbovec, Zelina- Laktec te Zlenin- Vrbovec prema izmjerenim statističkim podacima imaju definirano vrlo loše stanje voda te je potencijal trofije eutrofan.

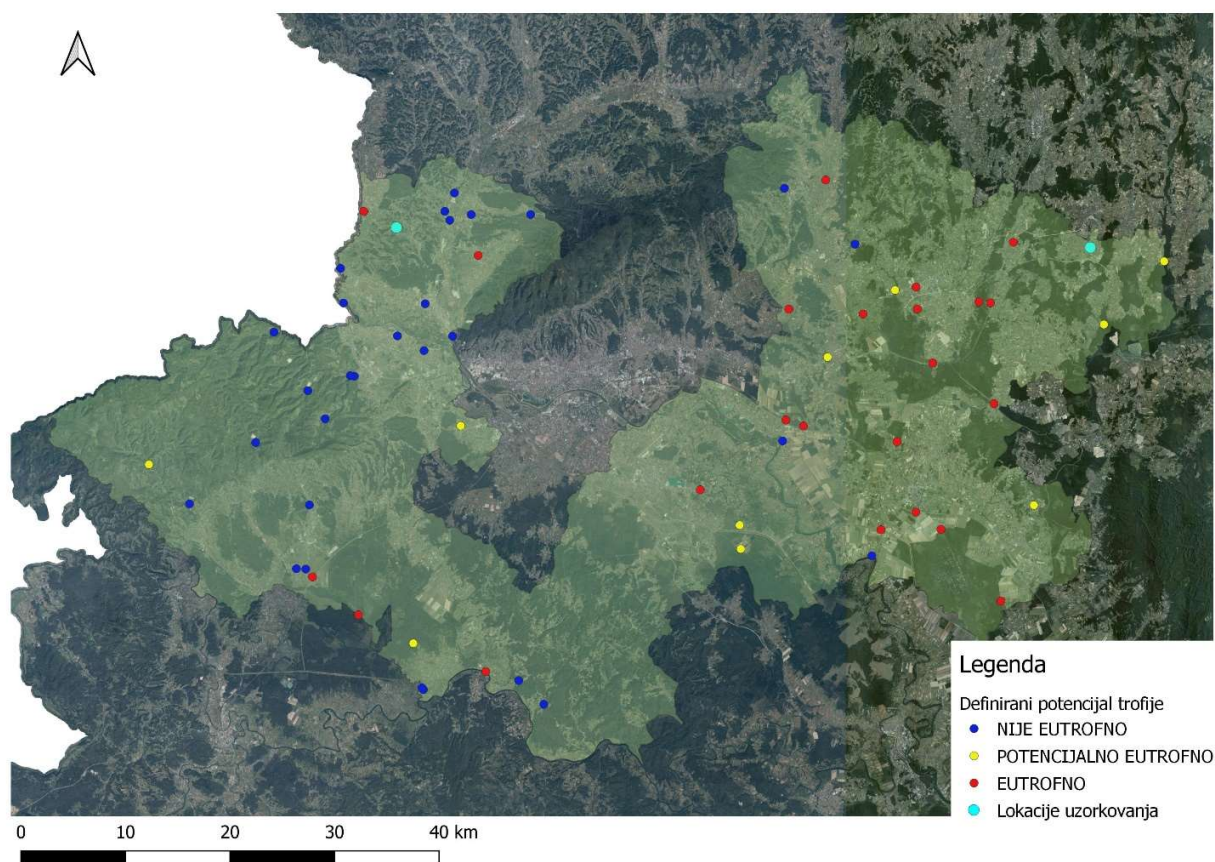
Na kartama 3.1. i 3.2. može se primjetiti kako se navedene postaje s umjerenim, lošim te vrlo lošim stanjem vode dominantno nalaze na istočnoj strani Zagrebačke županije

Tablica 3.1. Osnovni statistički pokazatelji i definirano stanje voda, odnosno potencijala trofije, za sve postaje u Zagrebačkoj županiji

R.br.	Naziv postaje monitoringa	Šifra iz baze	NITRATI (mgNO ₃ /l)					UKUPNO STANJE VODA	POTENCIJAL TROFIJE
			minimum	maksimum	prosjek	standardna devijacija	koeficijent varijacije		
1	Bistra, Jakovlje	17010	0,81	13,69	4,3	2,39	5,74	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
2	Bistra, Krainje, Kraljev vrh	17014	0,24	7,23	3,68	1,33	1,77	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
3	Brebernica, Donja Kupčina	16111	0,01	17,72	4,38	3,81	14,49	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
4	Bregana, Divlje vode	11075	1,78	7,53	4,18	1,29	1,67	DOBRO	NIJE EUTROFNO
5	Črnec kanal prije Rugvice, na cesti Dugo Selo - Rugvica	51173	0,09	12,18	2,48	2,69	7,23	VRLO LOŠE	EUTROFNO
6	Dulepski potok, Luka Vrbovečka - most	15596	0,22	11,52	3,52	2,93	8,59	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
7	Dunjara, Ivančan - nizvodno	15356	0,01	26,31	3,67	4,53	20,53	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
8	Glogovnica, Koritna	15374	0,02	24,8	6,22	4,53	20,52	VRLO LOŠE	EUTROFNO
9	Glogovnica, prije utoka u Česmu	15371	0,22	26,13	7,15	4,31	18,58	VRLO LOŠE	EUTROFNO
10	Gradna, Savrščak	51167	0,84	7,26	3,55	1,44	2,06	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
11	Kanal Lonja Strug, Posavski Bregi	15479	0,22	23,04	4,67	3,97	15,73	VRLO LOŠE	EUTROFNO
12	Krapina, Kupljenovo	17008	0,31	8,77	5,03	1,25	1,56	DOBRO	NIJE EUTROFNO
13	Krapina, Zaprešić	17001	0,13	19,49	6,01	2,55	6,51	DOBRO	NIJE EUTROFNO
14	Kravaršćica, Dabići	16104	0,45	10,32	3,15	2,04	4,18	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
15	Križ, Novoselec	15451	0,49	36,6	4,62	5,29	28	VRLO LOŠE	EUTROFNO
16	Kupčina, Donja Kupčina	16225	0,28	16,33	3,14	2,34	5,47	DOBRO	NIJE EUTROFNO
17	Kupčina, Žamarija	16243	1,56	5,76	4,03	0,99	0,98	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
18	Lateralni kanal Deanovac, cesta Ivanić Grad - Crna Humka	15594	0,22	20,82	5,73	5,4	29,17	VRLO LOŠE	EUTROFNO
19	Liplenica, Šušnjari	15454	0,22	10,19	3,36	2,64	6,97	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
20	Lipovečka gradna, Smerovišće	51156	0,68	7,53	3,58	1,12	1,25	DOBRO	NIJE EUTROFNO
21	Lonja, Lipovec Lonjski	15480	0,22	36,37	7,51	5,71	32,62	VRLO LOŠE	EUTROFNO
22	Lonja, nizvodno od Ivanić Grada	15481	0,22	17,03	6,24	3,86	14,92	VRLO LOŠE	EUTROFNO
23	Lubenica, Cugovec	15377	0,01	41,63	6,53	7,66	58,61	VRLO LOŠE	EUTROFNO
24	Lučelnica, Hruševac Kupljenski - most	17011	2	14,92	5,03	2,45	6,01	DOBRO	NIJE EUTROFNO
25	Luka, Luka	17012	1,35	16,14	5,66	2,7	7,31	DOBRO	NIJE EUTROFNO
26	Luka, Vrbovec	15359	0,22	24,94	8,44	5,27	27,81	VRLO LOŠE	EUTROFNO

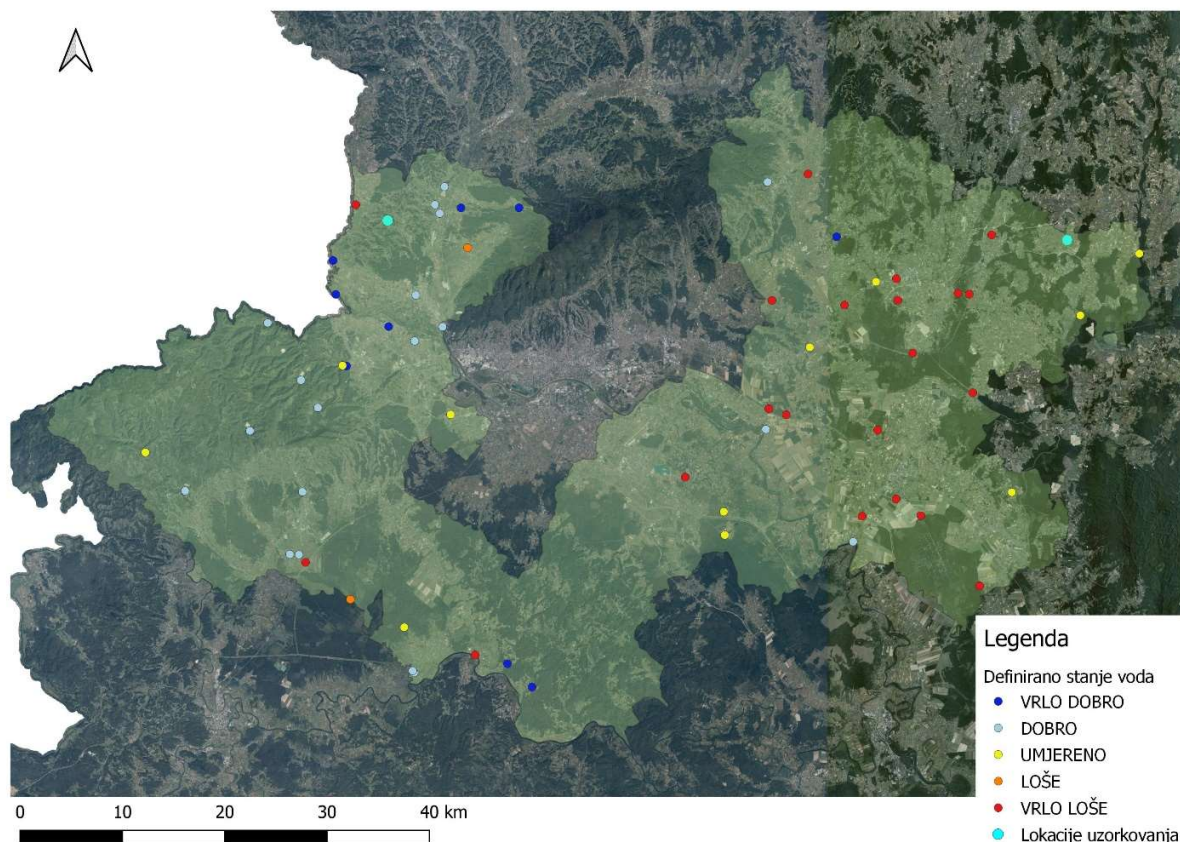
27	Odra II, Čička poljana	51133	1,33	15,24	8,06	3,29	10,82	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
28	Odra, Novo Čiče	51174	0,35	35,43	10,42	7,17	51,44	VRLO LOŠE	EUTROFNO
29	Oreščak, na cesti Sveti Ivan Zelina - Hrastje	15486	0,17	16,83	4,54	3,42	11,69	VRLO LOŠE	EUTROFNO
30	Oteretni kanal Kupa-Kupa, cesta D. Kupčina-Šišljavić,	16218	0,49	8	3,14	2,25	5,08	DOBRO	NIJE EUTROFNO
31	potok Bistra, Donja Bistra	51138	2,83	23,65	7,6	3,63	13,18	LOŠE	EUTROFNO
32	potok Črnc V, uz autocestu	51172	0,02	12,22	2,07	2,43	5,91	VRLO LOŠE	EUTROFNO
33	potok Gradna I	51155	0,51	16,34	4,82	2,52	6,36	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
34	potok Lužnica	51136	0,26	18,6	6,39	3,27	10,7	DOBRO	NIJE EUTROFNO
35	potok Rakovica, Strmec	51132	0,02	12,62	4,85	2,81	7,88	DOBRO	NIJE EUTROFNO
36	potok Starča, Stupnik	51129	0,04	29,76	6,57	5,05	25,54	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
37	potok Sutlišće III	51159	0,01	34,81	6,34	6,34	40,15	VRLO LOŠE	EUTROFNO
38	potok Vranić	51160	0,04	33,84	3,44	5,16	26,64	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
39	Rajna, na cesti Vrbovec - Lonjica	15595	0,22	13,19	3,24	2,63	6,9	VRLO LOŠE	EUTROFNO
40	Reka, Domagović	16228	1,37	17,06	4,13	2,01	4,05	DOBRO	NIJE EUTROFNO
41	Reka/Sopotnjak, Donja Reka	16824	2,08	9,86	4,62	1,41	1,99	DOBRO	NIJE EUTROFNO
42	Roženica, Lijevi Štefanki	16105	0,01	10,45	3,27	2,23	4,96	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
43	Rudarska gradna, Milinje	51165	1,55	7,97	4,92	1,25	1,57	DOBRO	NIJE EUTROFNO
44	Rudarska gradna, prije utoka u Gradnu	51166	1,58	10,63	5,43	1,52	2,32	UMJERENO	NIJE EUTROFNO
45	Salnik, na cesti Rakovec - Samoborec	15597	0,2	12,42	3,01	2,57	6,62	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
46	Sava, Drenje-Jesenice	10017	1,59	17,27	6,5	2,2	4,83	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
47	Sava, Rugvica	10019	2,83	9,26	6,69	1,14	1,31	DOBRO	NIJE EUTROFNO
48	Sava, Topolje	10023	4,43	8,86	6,58	1,01	1,02	DOBRO	NIJE EUTROFNO
49	Skopljak, Gradec Pokupski	16106	0,01	23,92	4,65	4,79	22,95	VRLO LOŠE	EUTROFNO
50	Slapnica, prije utoka u Kupčinu	16561	0,95	6,2	4,07	1,15	1,33	DOBRO	NIJE EUTROFNO
51	Spojni kanal (vt749), Jastrebarsko-Domagović	16241	0,01	7,09	2,78	2,03	4,11	VRLO LOŠE	EUTROFNO
52	Spojni kanal Zelina-Lonja-Glogovnica-Česma, crp.st. Poljanski Lu	15592	0,04	25,69	6,22	3,63	13,16	VRLO LOŠE	EUTROFNO
53	Stari Črnc, Vrbovec	15357	0,85	17,48	5,73	3,49	12,19	VRLO LOŠE	EUTROFNO
54	Sutla, Harmica	18001	0,44	18,6	5,36	2,96	8,75	VRLO DOBRO	NIJE EUTROFNO
55	Velika rijeka, D. Bolč (Rajić)	15386	0,2	23,01	4,15	4	15,98	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO

56	Volavčica, Domagović	16227	0,51	8,86	3,83	1,48	2,2	DOBRO	NIJE EUTROFNO
57	Volavčica, u šumi	16242	0,18	6,51	2,28	1,36	1,86	LOŠE	EUTROFNO
58	Zelina, Biškupec Zelinski	15589	1,51	6,64	3,68	1,32	1,76	DOBRO	NIJE EUTROFNO
59	Zelina, Božjakovina	15591	0,84	16,34	6,35	2,78	7,75	UMJERENO	POTENCIJALNO EUTROFNO
60	Zelina, Laktec	15590	0,71	14,17	6,55	2,62	6,89	VRLO LOŠE	EUTROFNO
61	Zlenin, Vrbovec	15358	0,22	28,79	5,63	4,77	22,74	VRLO LOŠE	EUTROFNO
62	Žumberačka reka, uz cestu prema Japetiću	16560	1,95	4,83	3,12	0,49	0,24	DOBRO	NIJE EUTROFNO



Karta 3.1. Prikaz lokacija uzorkovanja iz nacionalnog monitoringa te dvije izdvojene lokacije uzorkovanja na području Zagrebačke županije s obzirom na definirani potencijal trofije

Prema karti 3.1. vidljivo je kako na zapadnom dijelu Zagrebačke županije dominantni potencijal trofije nije eutrofan u odnosu na istočnu stranu Zagrebačke županije gdje je veći udio potencijalno eutrofnog i eutrofnog stanja.



Karta 3.2. Prikaz lokacija uzorkovanja iz nacionalnog monitoringa i dvije izdvojene lokacije uzorkovanja te definirano stanje voda na području Zagrebačke županije

Na temelju utvrđenog potencijala trofije moguće je definirati stanje (kakvoću) voda. Kategorije stanja voda su: vrlo dobro, dobro, umjereno, loše te vrlo loše stanje voda.

Prema karti 3.2. vidljivo je kako na zapadnom dijelu Zagrebačke županije dominantno stanje voda je dobro te vrlo dobro u odnosu na istočnu stranu Zagrebačke županije gdje prevladava loše te vrlo loše stanje voda.

3.2. Rezultati analiza uzoraka vode s odabranih lokacija

Tablica 3.2. Rezultati uzorkovanja 20.4.2023.

Analitički broj	Oznaka uzorka	pH 25°C	E.C./ 25°C mS / m	HCO ₃ ⁻	NH ₄ - N	NO ₃ - N	NO ₂ - N	PO ₄ -P	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
				mg / l										
223128	Bunar	7,4	56,5	217	0,52	17	0,013	0,72	20	39	61	18	19	15
223129	Dugan	7,3	77,3	433	0,65	3,1	<0,010	0,039	24	26	115	25	12	25

Tablica 3.3. Rezultati uzorkovanja 19.6.2023.

Analitički broj	Oznaka uzorka	pH 25°C	E.C./ 25°C mS / m	HCO ₃ ⁻	NH ₄ - N	NO ₃ - N	NO ₂ - N	PO ₄ -P	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
				mg / l										
223196	Bunar	8,2	103,0	400	0,66	33	0,098	0,70	46	51	115	23	44	40
223197	Dugan	7,4	83,1	488	0,51	2,5	<0,010	0,018	25	26	129	29	13	28

Tablice 3.2. i 3.3. prikazuju rezultate uzorkovanja uzetih uzoraka vode provedenih u analitičkom laboratoriju zavoda za melioracije (MELILAB) na Agronomskom fakultetu u Zagrebu u dva navrata u vremenskom razmaku od dva mjeseca. U tablicama su prikazane koncentracije karbonata, amonijevog iona, nitrata, nitrita, fosfata, klorida, sulfata, kalcija, kalija, magnezija te natrija u uzorcima vode. Također, naveden je i pH uzorka vode pri 25°C te električna vodljivost (EC) izražena u mS/m (miliSiemensa/metru).

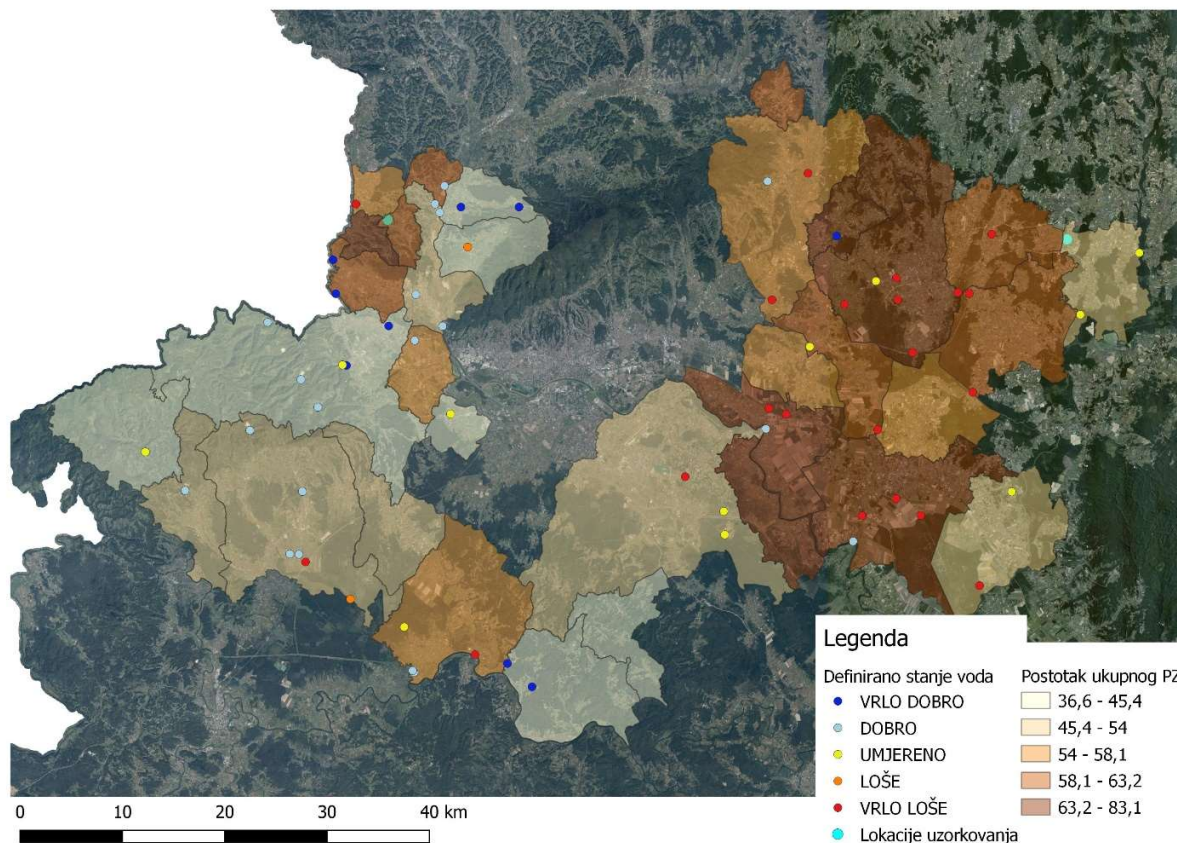
Prema rezultatima analiza primjećuje se izražena razlika u koncentraciji nitrata prema lokacijama uzorkovanja.

Koncentracije nitrata prvih analiza (20.4.2023.) uzetih iz bunara ne registriranog OPG-a u općini Farkaševac iznosili su 17 mg/l dok su koncentracije nitrata uzetih iz bunara OPG Ivan Dugan iz općine Pušće iznosili 3,1 mg/l.

Koncentracije nitrata drugih analiza (19.6.2023.) uzetih iz bunara ne registriranog OPG-a u općini Farkaševac iznosili su 33 mg/l dok su koncentracije nitrata uzetih iz bunara OPG Ivan Dugan iz općine Pušće iznosili 3,5 mg/l.

Vidljivom povećanju koncentracije nitrata u mjesecu lipnju doprinosi rast temperature, bujanje vegetacije, smanjena topljivost kisika u vodi te zbog povećane poljoprivredne aktivnosti veća zasićenost vode umjetnim gnojivima. Također primjećuje se i povećanje pH vrijednosti u uzorku vode „Bunar 19.6.2023.“ u alkalni medij zbog uporabe navedenih gnojiva. Tome doprinosi i činjenica povećanja koncentracije ostalih minerala u analiziranom uzorku vode.

3.2. Utjecaj poljoprivrede na kakvoću voda



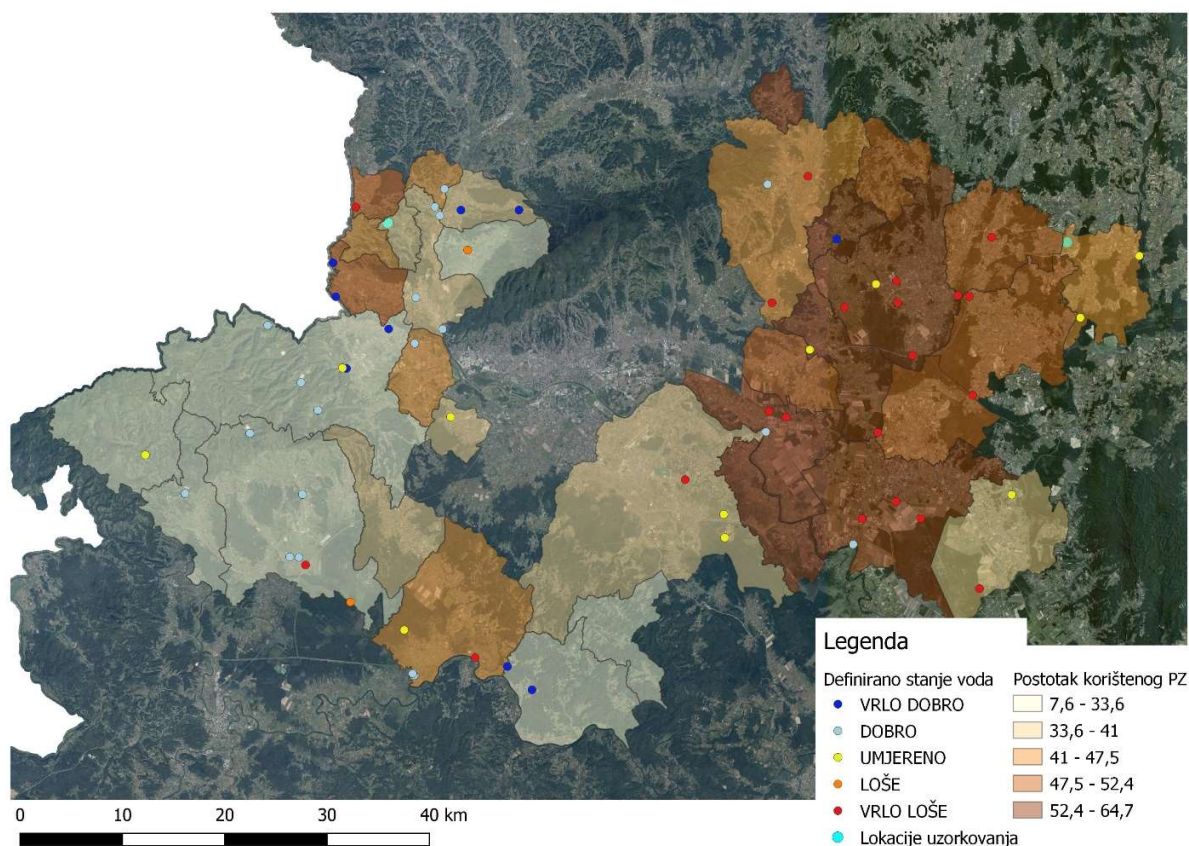
Karta 3.3. Definirano stanje voda te prikaz postotka ukupnog poljoprivrednog zemljišta unutar općina Zagrebačke županije

Karta 3.3. prikazuje podjelu općina Zagrebačke županije u klase prema postotku ukupnog poljoprivrednog zemljišta (PZ) u pojedinoj općini. Dobivene klase korištene su za definiranje stanja postojećeg pritiska iz biljne poljoprivredne proizvodnje na način da je klasa s rasponom najmanjeg postotka ukupnog poljoprivrednog zemljišta (36,6 – 45,4 %) u općini označena najsvijetlijom bojom dok je svaka sljedeća klasa, većeg raspona postotka ukupnog poljoprivrednog zemljišta, označena tamnijom bojom. Također na karti su naglašene i točke definiranog stanja voda u pojedinoj općini.

Klasu najvećeg opterećenja ukupnim poljoprivrednim zemljištima (63,2 – 83,1 % PZ) ima sedam općina Zagrebačke županije, a to su: Ivanić- Grad (63,4 %), Preseka (64,7 %), Rugvica (71,2 %), Vrbovec (70,2 %), Rakovec (68%), Marija Gorica (67,6 %) te Orle (83,1 %). Navedene općine dominantno se nalaze na istočnoj strani Zagrebačke županije uz izuzetak općine Marija Gorica koja se nalazi na zapadnoj strani Zagrebačke županije. Definirano stanje voda u navedenim općinama dominantno je vrlo loše.

Općine Zagrebačke županije s klasom najmanjeg opterećenja ukupnim poljoprivrednim zemljištima (36,6 - 45,4 % PZ) su (7) : Jakovlje (43,5 %), Samobor (38,4 %), Žumberak (36,6 %), Pokupsko (41,6 %), Kravarsko (42,6 %), Bistra(39,4 %) te Stupnik (44,8 %). Navedene općine dominantno se nalaze na zapadnoj strani Zagrebačke županije uz izuzetak općina Kravarsko i Pokupsko koje se nalaze na jugu Zagrebačke županije. Definirano stanje voda u navedenim županijama kreće se u rasponu dobro – vrlo dobro stanje voda.

Lokacije uzorkovanja sadrže: 58,2 % ukupnog poljoprivrednog zemljišta (općina Pušća) te 46,7 % ukupnog poljoprivrednog zemljišta (općina Farkaševac).



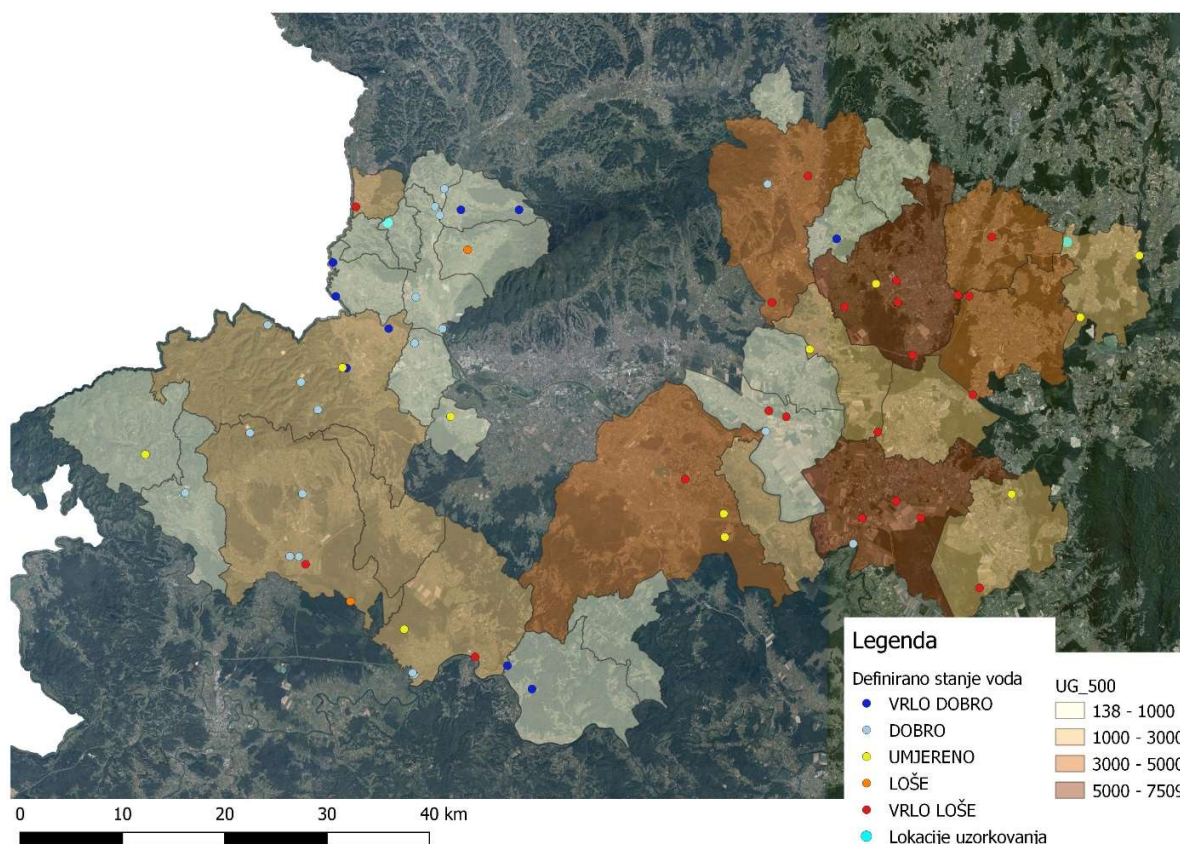
Karta 3.4. Definirano stanje voda te prikaz postotka korištenog poljoprivrednog zemljišta unutar općina Zagrebačke županije

Karta 3.4. prikazuje podjelu općina Zagrebačke županije u klase prema postotku korištenog poljoprivrednog zemljišta (PZ) u pojedinoj općini. Dobivene klase korištene su za definiranje stanja postojećeg pritiska iz biljne poljoprivredne proizvodnje na način da je klasa s rasponom najmanjeg postotka korištenog poljoprivrednog zemljišta (7,6 – 33,6 %) u općini označena najsvijetlijom bojom dok je svaka sljedeća klasa, većeg postotnog udjela korištenog poljoprivrednog zemljišta, označena tamnijom bojom. Također na karti su naglašene i točke definiranog stanja voda u pojedinoj općini.

Klasu najvećeg opterećenja korištenog poljoprivrednog zemljišta (52,4 – 64,7 % PZ) ima sedam općina Zagrebačke županije, a to su: Brckovljani (53,2 %), Ivanić – Grad (57,5 %), Rugvica (64,7 %), Vrbovec (60,6 %), Rakovec (62,1 %), Orle (53,6 %) te Bedenica (52,5 %). Sve navedene općine nalaze se na istočnoj strani Zagrebačke županije. Također, definirano stanje voda u navedenim općinama dominantno je vrlo loše.

Općine Zagrebačke županije s klasom najmanjeg opterećenja korištenog poljoprivrednog zemljišta (7,6 – 33,6 % PZ) su (7): Jastrebarsko (30,7 %), Samobor (20,7 %), Krašić (23,7 %), Žumberak (7,6 %), Pokupsko (23,9 %), Kravarsko (25,4 %) te Bistra (30,4 %). Navedene općine dominantno se nalaze na zapadnoj strani Zagrebačke županije uz izuzetak općina Kravarsko i Pokupsko koje se nalaze na jugu Zagrebačke županije. Definirano stanje voda u navedenim županijama kreće se u rasponu dobro – vrlo dobro stanje voda.

Lokacije uzorkovanja sadrže: 38,9 % korištenog poljoprivrednog zemljišta (općina Pušća) te 44,0 % korištenog poljoprivrednog zemljišta (općina Farkaševac).



Karta 3.5. Definirano stanje voda te prikaz ukupnog broja uvjetnih grla unutar općina Zagrebačke županije

Karta 3.5. prikazuje podjelu općina Zagrebačke županije u klase prema ukupnom broju uvjetnih grla (UG) unutar pojedine općine.

Općine Zagrebačke županije s klasom najvećeg opterećenja (5000 – 7509) jesu: Ivanić – Grad (7508,7) te Vrbovec (5600,9). Općine Ivanić – Grad i Vrbovec nalaze se na istočnoj strani Zagrebačke županije te imaju definirano vrlo loše stanje voda.

Općine Zagrebačke županije s klasom najmanjeg opterećenja (138 - 1000) jesu: Bedenica (355,7), Bistra (401,9), Brdovec (429,8), Dugo Selo (348,3), Jakovlje (138,2), Krašić (703,8), Kravarsko (216,8), Luka (423,4), Marija Gorica (195,2), Pokupsko (636,2), Preseka (858,3), Pušća (587,6), Rakovec (894), Rugvica (895,7), Stupnik (239,6), Sveta Nedelja (358,1), Zaprešić (313), Žumberak (211,5). Navedene općine dominantno se nalaze na zapadnoj strani Zagrebačke županije te imaju definirano umjereno - dobro – vrlo dobro stanje voda.

Lokacije uzorkovanja sadrže: 587,6 UG (općina Pušća) te 1795,1 UG (općina Farkaševac).

Korištenje poljoprivrednog zemljišta ima jak utjecaj na parametre hranjivih tvari u riječnoj vodi, kao što su sadržaj dušika i fosfora dok je industrijsko i urbano korištenje zemljišta povezano s organskim onečišćenjem, kao i s teškim metalima i hranjivim tvarima (Bu i sur. 2014). Osnovna podloga za procjenu pritiska poljoprivrede na vode jest svakako analiza poljoprivrednog zemljišta – raspoloživost, način i intenzitet korištenja, prostorna distribucija unutar administrativnih granica u RH, prirodna ranjivost i drugo. No poljoprivredni prostor u Zagrebačkoj županiji zbog brojnih prirodnih te drugih različitosti nije raspoređen jednolično (Romić i sur. 2014). Stoga postoje brojni drugi čimbenici poput utjecaja zagrebačkog vodonosnika, različitog reljefa, vegetacije, urbanizacije, neodgovarajućeg zbrinjavanja otpada i otpadnih voda koji značajno pridonose povećanim koncentracijama hranjivih tvari poput nitrata te utječu na samu kakvoću vode.

Na kartama 3.3., 3.4., 3.5. je vidljivo kako postoji značajna kontinuirana razlika u stanju kakvoće voda na zapadnoj i istočnoj strani Zagrebačke županije. Zapad i istok Zagrebačke županije razlikuju se po svojim geološkim i hidrogeološkim svojstvima. Ta razlika ima značajan utjecaj na kakvoću voda. Na zapadu Zagrebačke županije prevladavaju brežuljkasti i gorski krajevi okruženi s bujnom vegetacijom dok se na istočnoj strani većinski rasprostiru nizine te je i veća prisutnost korištenog poljoprivrednog zemljišta (karta 3.4.) čime je voda pod izravnim većim poljoprivrednim utjecajem.

Lei i sur. (2021) u svojoj studiji navode kako utjecaj karakteristika sliva na kvalitetu vode varira s prostorom i vremenom. Rezultati studije pokazali su kako se uglavnom lošija kvaliteta vode javljala zimi i na strmijim obradivim i pašnjačkim područjima te u močvarnim područjima. Na kvalitetu vode značajan utjecaj imala su svojstva tla, sastav korištenja zemljišta (površinski udjeli oranica ili pašnjaka s nagibima >2%, šume i urbana područja) te konfiguracija terena. Rezultati rada pokazali su kako se kvaliteta degradirane vode uglavnom javljala u potocima okruženim organskim tлом ili na oranicama i pašnjacima s nešto strmijim padinama te tijekom zimskog razdoblja. Zaključno smatraju kako topografija te postotak korištenog zemljišta igraju važnu ulogu u objašnjavanju prostornih varijacija ukupne kvalitete vode na razini sliva te ovisno o godišnjem dobu.

Glavni izvor pitke vode za građane grada Zagreba i Zagrebačke županije predstavlja zagrebački vodonosnik. Stoga je njegovo očuvanje od iznimne važnosti. Vodonosnik se nalazi u sjeverozapadnoj Hrvatskoj na području Grada Zagreba, omeđen Medvednicom na sjeveru te Vukomeričkim Goricama na jugu. Proteže se od Podsuseda na zapadu te do Rugvice na jugoistoku grada. U hidrološkom smislu, najvažniji dijelovi vodonosnika su ravnice te zaravni. Tamo su koncentrirane najveće količine površinske i podzemne vode. Ti nizinski dijelovi su od velike vitalne važnosti jer su bogati zalihama pitke podzemne vode. Glavni dio zagrebačkog vodonosnika čine aluvijalne naslage holocenske starosti. U profilu se razlikuju dva vodonosna sloja nastala u različitim uvjetima taloženja: prvi vodonosni sloj čine dominantno aluvijalne naslage rijeke Save

te drugi vodonosni sloj s dominantno jezersko–barskim naslagama (Dragičević i sur. 2014). Debljina vodonosnih naslaga se mijenja idući od zapada prema istoku i od sjevera prema jugu. Ukupna debljina vodonosnika raste idući prema jugoistoku dok u smjeru prema zapadu, tj. Vukomeričkim goricama debljina vodonosnika postepeno opada.

Izrazita heterogenost i anizotropija vodonosnika te neujednačena debljina naslaga posljedica su raznih klimatskih promjena te tektonskih pokreta koji su utjecali na procese taloženja (Dragičević i sur. 2014). Osnovni smjer toka podzemne vode kreće se od zapada prema istoku/jugoistoku, paralelno s rijekom Savom. Zagrebački je vodonosnik vrlo dobro propustan otvoreni vodonosnik. Zapadni dio Zagreba najvećim dijelom dobiva vodu iz vodocrpilišta Strmec koji pripada samoborsko-zaprešićkom vodonosniku. Zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik sastoje se od dva vodonosna sloja povezana u jednu hidrauličku cjelinu.

Pokrovni sloj vodonosnika čini površinski pokrivač koji najvećim dijelom tvore prašnasti sedimenti s promjenljivim udjelom sitnozrnatog pijeska i gline, a mjestimice i ulošcima treseta, te su različitih debljina. Najveći dio prašnastih naslaga, koji čine pokrovni sloj, nastao je taloženjem suspendiranog nanosa iz poplavnih voda pri izlivanju iz korita Save. Idući prema jugu, a posebno jugoistoku, debljina pokrovnih naslaga se povećava (Dragičević i sur. 2014).

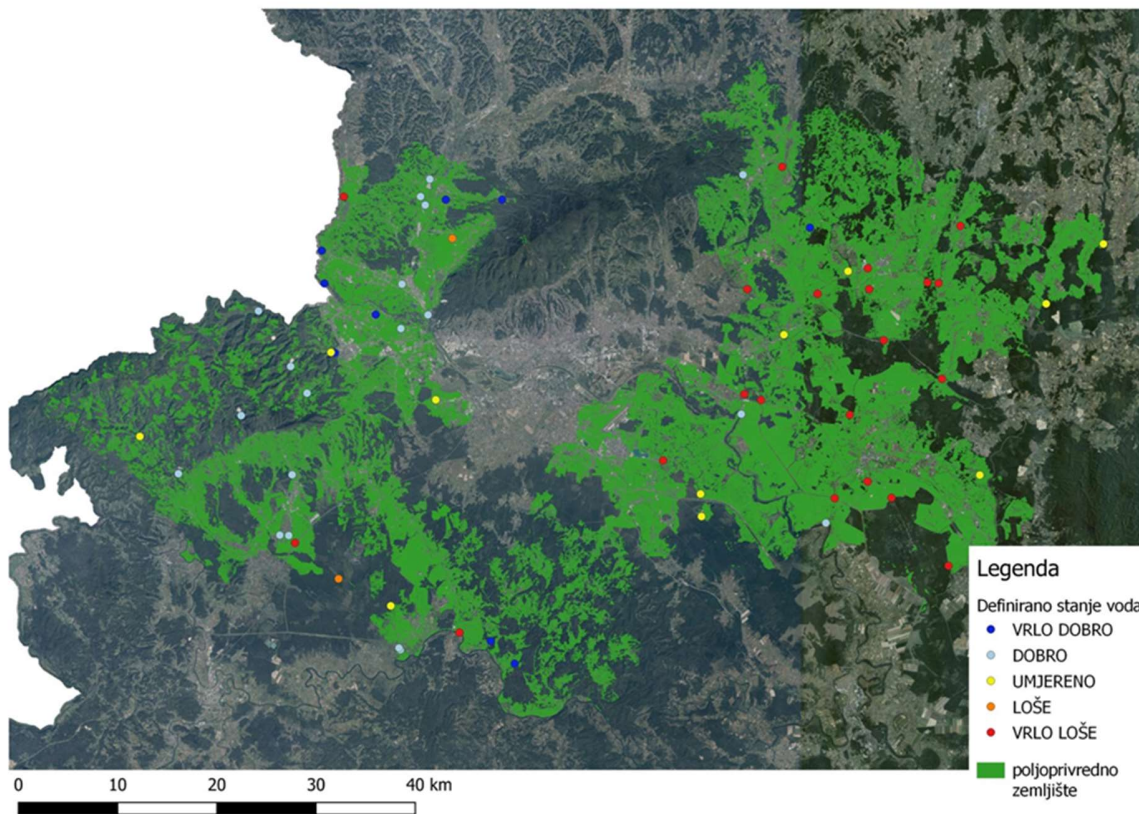
Kao nepropusna podloga vodonosnika izdvojene su glinovite te ponekad i laporovite naslage kojima često nije definirana niti stratigrafska pripadnost niti debljina. To su najčešće slojevi gline čija starost se pripisuje srednjem i donjem pleistocenu (Dragičević i sur. 2014). istočno od Lekenika registrirana je najmanja dubina podine koje se pruža pravcem jugozapad-sjeveroistok. Sjeverozapadno, prema Prevlaci i jugoistočno, prema Martinskoj Vesi dubina do podine kontinuirano raste i doseže više od 80 m. Vodonosnik se se stanjuje idući prema rubovima sedimentacijskog bazena (Dragičević i sur. 2014).

Uz vodna tijela nalazi se takozvana riparijska vegetacija. Utjecaj vegetacije uz riparijsku zonu ima veliki utjecaj na vodno tijelo uz koje se nalazi. Riparijska zona označava prostor koji se nalazi na obalama i u koritu vodnih tijela. Ovisno o vrsti, površini i gustoći, poboljšava kakvoću vode time što zadržava sediment odnosno sprječava ispiranje čestica tla, nutrijenata i polutanata s okolnih površina, prvenstveno poljoprivrednih. Također, utječe na povećanje kapaciteta infiltracije tla budući da djeluje kao spužva, upija vodu te je polagano ispušta u vodno tijelo, čime usporava otjecanje/ispiranje vode s površine. Korijenje vegetacije stabilizira obalu i korito čime smanjuje eroziju i sedimentaciju (Lončar i sur. 2017).

Sve brža urbanizacija sve više utječe na nastajanje prekomjernog odlaganja otpada te time ostavlja trag na dostupnost i kvalitetu podzemnih i površinskih voda. Upotrebom vode iz raznovrsnih vodoopskrbnih sustava za određene namjene, pri čemu se mijenjaju prvotne značajke: fizikalne, kemijske i mikrobiološke nastaju otpadne vode. U otpadne vode ubrajamo: sanitarne otpadne vode (kućanske), tehnološki otpadne vode te oborinske otpadne vode.

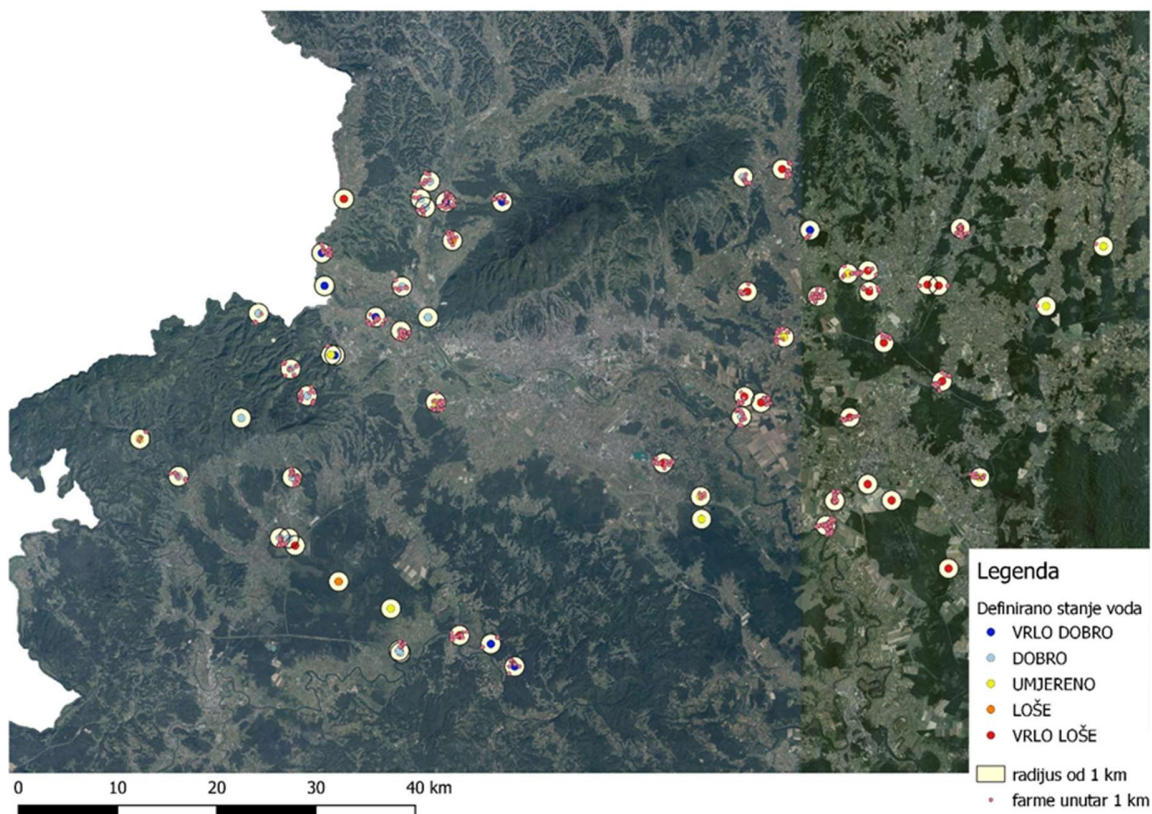
Nabrojene tri skupine čine uobičajeni sastav komunalnih otpadnih voda, a njima se pridružuju otpadne vode od pranja javnih prometnih površina te procjedne vode (Tušar, B. 2001). Sve vode upotrijebljene za vodoopskrbu stanovništva nazivamo kućanskim otpadnim vodama. Te otpadne vode opterećene su s organskom tvari, pa je njihova osnovna karakteristika biorazgradivost, tj. razgradnja pomoću mikroorganizama razlagača (Tušar, B. 2001). Neki od najčešćih pokazatelja kakvoće kućanske otpadne vode su: biokemijska potrošnja kisika - petodnevna (BPK₅), količine krutih tvari, kemijska potrošnja kisika (KPK), pH, temperatura te sadržaj hranjiva poput dušika (ukupni N, organski, amonijak, nitrati, nitriti) i fosfora (ukupni P, organski, anorganski) (Tušar, B. 2001). Na kakvoću oborinskih voda, koje s gradskog područja dotječu u kanalizaciju, utječu čimbenici poput, intenzivnosti i vrsti prometa, utjecaju industrija, vrsti površinskog pokrova, trajanju kiše određene jačine, zagađenosti zračnog bazena, trajanju sušnog razdoblja koje je prethodilo kiši, itd. (Tušar, B. 2001). Vode sadržane u otpadu nazivamo procjednim vodama. Procjedna voda je otpadna voda s odlagališta otpada, koja se procijedila kroz slojeve odloženog otpada i pri tome primila u sebe velike količine onečišćujućih tvari. Sadrži desorbirane, dispergirane te otopljene tvari iz otpada. U objektima na padini brda ili u dubokim podrumima često dolazi do procjeđivanja podzemne vode, koju treba prikupljati posebnim sustavom kanalizacije – drenažom i uključiti u zajednički odvodni sustav (Tušar, B. 2001). Sve ove vode u konačnici najčešće završavaju u zajedničkim kanalskim sustavima, kao komunalne ili gradske, a s obzirom na kakvoću moraju zadovoljiti određene zakonske odredbe (Tušar, B. 2001). Konačni postupak u rješavanju kanalizacijskih sustava, bilo velikih bilo kućnih i lokalnih, je ispuštanje pročišćene vode u prijamnik. Pročišćene otpadne vode mogu se ispuštati u prirodne vodne sustave (vodotoke, jezera, more), a tamo gdje nema drugih mogućnosti i u tla (tada voda mora biti primjerene kakvoće) (Tušar, B. 2001). Veliki ekološki problem predstavlja upravo ispuštanje otpadnih voda u jezera ili akumulacije jer može doći do prekomjernog unosa hranjivih tvari (dušik i fosfor) koji pogoršavaju kakvoću vode.

Definitivno najpoznatije odlagalište otpada na prostoru Zagrebačke županije je odlagalište Jakuševac – Prudinec. Služi kao odlagalište komunalnog, neopasnog i industrijskog otpada Grada Zagreba i njegove okolice. Nalazi se na desnoj obali rijeke Save te se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok, duž nasipa rijeke Save, od kojega je odvojeno lokalnom cestom. Nakić i sur. (2007.) u svom radu navode kako se zagađenje postupno širi prema istoku, što potvrđuje pomicanje granične linije zagađenja od Jakuševca prema Mičevcu.



Karta 3.6. Karta preklapljenog definiranog stanja voda i poljoprivrednog zemljišta u Zagrebačkoj županiji

Preklapanjem 62 lokacije monitoringa s bazom korištenja poljoprivrednog zemljišta, utvrđeno je da se samo njih 11 nalazi na baš korištenoj ili zapuštenoj poljoprivrednoj parceli, što je samo 18 % analiziranih lokacija. Od 11 lokacija koje se nalaze na poljoprivrednoj površini, njih 9 je na parceli koja je klasificirana kao oranica, 1 na livadi, a jedna na nekorištenoj parceli te zbog uniformnosti namjene zemljišta, a i malog broja ulaznih podataka, nije moguće izvršiti ANOVA analizu kojoj bi se utvrdilo utječe li korištenje zemljišta na prosječne ili maksimalne koncentracije nitrata u površinskim vodama.



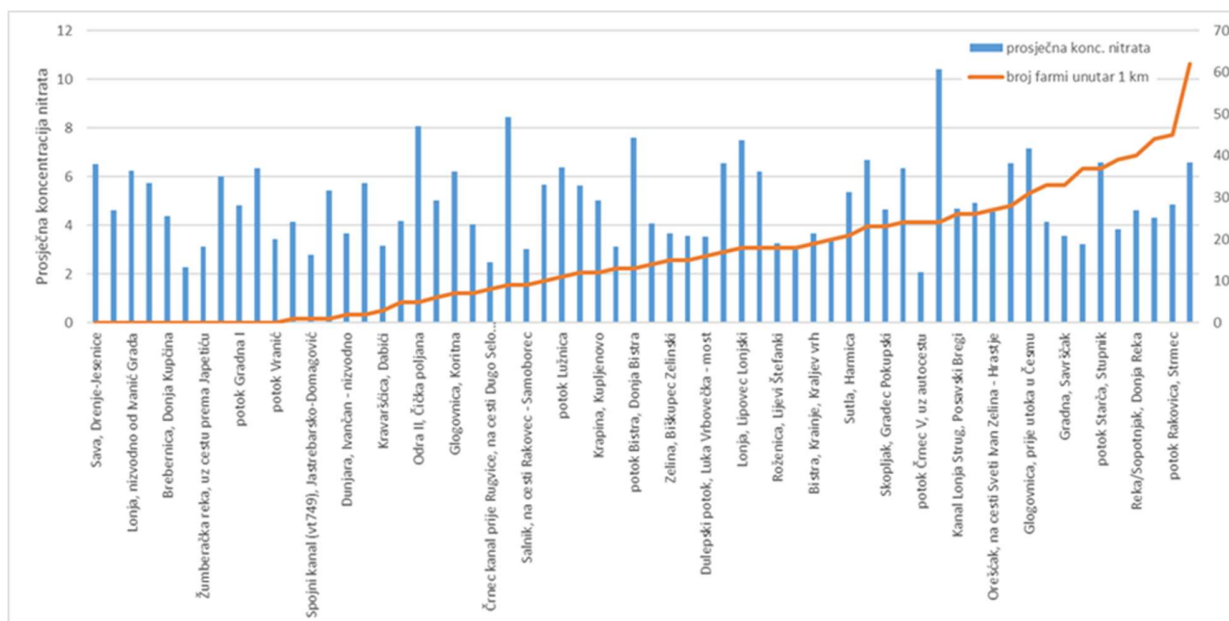
Karta 3.7. Karta stanja trofije preklopljena s farmama unutar 1 km od lokacije monitoringa

U analizi utjecaja stočarske proizvodnje na kakvoću voda, odnosno utvrđene koncentracije nitrata, provedena je sljedeća preliminarna procedura:

1. svaka lokacija monitoringa je postavljena kao središte kruga radijusa 10 km;
2. baza prostornog smještaja registriranih farmi dodana je na podlogu;
3. izvršeno je prostorno preklapanje definiranih krugova i prostornog smještaja farmi;
4. tim preliminarnim postupkom utvrđeno je da velik broj farmi unutar definiranog radijusa ne spada u područje Zagrebačke županije te je utvrđeno da treba smanjiti radijus na 1 km da bi se obuhvatile samo farme koje su unutar županije.

U sljedećem koraku provedena je ista analiza samo s radijusom od 1 km koja je rezultirala kartom 3.7. Žuti krugovi predstavljaju radijus od 1 km, a rozi kružići unutar njih su farme koje se nalaze unutar tih definiranih područja. Iz same karte je vidljivo da unutar nekih krugova nema niti jedne farme, takvih je 11, a maksimalni broj farmi koji okružuje neku lokaciju monitoringa iznosi 62. Pretpostavlja se da broj farmi koji se nalaze u radijusu od 1 km od lokacije monitoringa utječu na koncentracije nitrata i ta pretpostavka je testirana ANOVA analizom. Provedena je ANOVA analiza na temelju prosječnih i maksimalnih koncentracija nitrata te je utvrđeno da nema statistički

značajne razlike u prosječnim koncentracijama nitrata ovisno o broju farmi unutar 1 km, a što je vidljivo i na grafu 3.1.



Graf 3.1. Usporedba prosječne koncentracije nitrata (mg/l) sa brojem farmi unutar 1 km od lokacije uzorkovanja

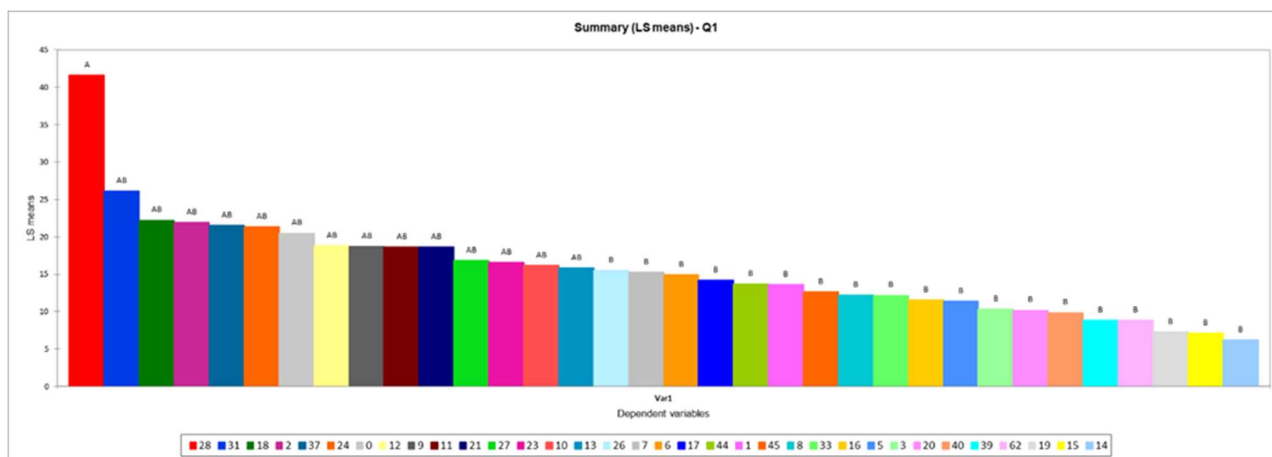
Plavi stupci prikazuju prosječnu koncentraciju nitrata na svakoj lokaciji monitoringa i vidimo da se one kreću u rasponu od 2 do 10,4 mg/l. Narančasta linija predstavlja broj farmi unutar 1 km od lokacije uzorkovanja i vidimo da povećanje broja farmi ne uzrokuje i povećanje koncentracije nitrata, a to su potvrdili i rezultati ANOVA analize, odnosno post hoc Fisherovog testa kada su sve lokacije grupirane u istu grupu.

Ista analiza provedena je i za maksimalne koncentracije nitrata jer je među njima veća varijabilnost, ali rezultati ANOVA-e (tablica 3.4.) pokazuju da se nulta hipoteza opet može prihvatiti, odnosno da ne postoji statistički značajna razlika između zabilježenih maksimalnih koncentracija nitrata na lokacijama monitoringa ovisno o broju farmi unutar 1 km od lokacije.

Tablica 3.4. Rezultati ANOVA-e za varijablu maksimalne koncentracije nitrata (ispis iz XLSTAT-a)

Izvor varijacija	Zbroj kvadrata	Stupnjevi slobode	Sredina kvadrata	Empirijski F-omjer	P-vrijednost
Razlike među uzorcima	33	2030,366	61,526	0,570	0,939
Razlike unutar uzoraka	28	3021,686	107,917		
UKUPNO	61	5052,053			

Fisherov post hoc test ipak je izvršio grupiranje u različite grupe ovisno o maksimalnim koncentracijama (graf 3.2.), ali generalno ne postoji statistička značajnost definiranih različitih grupa. Osobito je zanimljivo da su istoj grupi (oznaka AB na grafu 3.2) lokacije oko kojih ima više od 20 farmi (31, 37, 24, 21, 27, 23), ali i lokacije oko kojih nema (0) ili ima vrlo malo farmi (2).



Graf 3.2. Fisherov post hoc test

4. Potencijalne mjere poboljšanja trenutnog stanja

Smanjenje ulaza hranjivih tvari u površinske vode ključno je za kontrolu eutrofikacije, degradacije vodnih resursa te očuvanja vodenih ekosustava. Neke od potencijalnih mjera kojima bi se ostvario smanjeni unos hranjivih tvari u površinske vode te poboljšalo eutrofno te potencijalno eutrofno stanje površinskih voda su:

1. Kontrolirana primjena poljoprivrednih gnojiva u preporučenim količinama uz pridržavanja pravilnog rasporeda primjene.
2. Očuvanje vegetacije pomaže u smanjenju erozije tla te filtracije hranjivih tvari prije nego što dospiju u površinske vode.
3. Kontrola erozije može se postići primjenom i pravilnih antierozijskih mjera, poput sadnje vegetacije, gradnje erozijskih barijera i pravilnog upravljanja vodenim tokovima.
4. Kontrola invazivnih vrsta. Invazivne biljke i alge mogu doprinijeti eutrofikaciji. Stoga je važno pratiti i kontrolirati širenje tih organizama.
5. Edukacija i osviještenost. Podizanje svijesti o eutrofikaciji i njezinim uzrocima pomaže u identifikaciji problema te mobiliziranju podrške za očuvanje vodnih resursa.
6. Kontinuirano praćenje kvalitete vode i istraživanje utjecaja eutrofikacije pomaže u pravodobnom prepoznavanju problema i prilagodbi strategija upravljanja.
7. Poboljšanim upravljanjem otpadom i recikliranje organskog otpada može se smanjiti ispuštanje hranjivih tvari iz otpada u okoliš.
8. U nekim slučajevima, potrebna je aktivna restauracija ekosustava, poput uklanjanja viška algi, obnova oštećenih područja i obnova akvatičnog bilja.
9. Propisno zbrinjavanje otpada kako ne bi dospjeli u vodne sustave.
10. Upravljanje otpadnim vodama instalacijom sustava za pročišćavanje otpadnih voda, ugradnjom septičkih jama te provedbom projekata za pročišćavanje otpadnih voda kako bi se smanjio ispušt nitrata i fosfata u površinske vode.

Jedna zanimljiva potencijalna mjera koju su u svojoj studiji razradili Kumar i suradnici (2023) objašnjava mogućnost upotrebe pokrovnih usjeva za smanjenje ispiranja nitrata te time njihovog ulaska u vode. U svom radu Kumar i sur. (2023) navode kako odgađanje sjetve pokrovnih usjeva smanjuje sposobnost smanjenja ispiranja nitrata. Naime, pod povoljnim uvjetima rasta, pokrovni usjevi učinkoviti su alati za uklanjanje dostupnog dušika iz tla, nakon glavnog usjeva, te smanjuju ispiranje nitrata. Međutim, na njihovu sposobnost smanjenja ispiranja nitrata utječu dostupni

uvjeti rasta nakon sjetve te njihove karakteristike za asimilaciju biomase i dušika. Kumar i suradnici (2023) u svojoj studiji istražili su kako tri različite kulture, stočna rotkvica, facelija i zob, koje imaju različite karakteristike rasta i apsorpcije dušike, utječu na sposobnost preuzimanja dušika iz tla i smanjenja ispiranja nitrata. Unos dušika smanjio se s naknadnim vremenima sjetve kroz pokrovne usjeve i godine. Međutim, smanjenje je bilo različito u različitim pokrovnim usjevima i različitim godinama. Također smanjenje ispiranja nitrata smanjilo se s narednim vremenima sjetve. Rezultati studije su pokazali kako stočna rotkvica i rana sjetva predstavljaju najučinkovitiju kombinaciju za dobivanje maksimalne prednosti smanjenja ispiranja nitrata pomoću pokrovnog usjeva. Stočna rotkvica je u prosjeku smanjila ispiranje nitrata za 64 kg N ha^{-1} , značajno više od facelije i zobi sa 47 odnosno 44 kg N ha^{-1} kroz sva vremena sjetve i razdoblja odvodnje. Ove kvantifikacije odgovora rotkvica, facelija i zobi za unos dušika i smanjenje ispiranja nitrata na temelju vremena sjetve potencijalno bi se mogle koristiti za usmjeravanje poljoprivrednika o učinku vremena sjetve i kombinaciji pokrovnih usjeva za smanjenje ispiranja nitrata.

Rezultati studije Staponites i suradnika (2022.) sugeriraju da potpunim zatravljanjem usjeva u relativno malom opsegu može biti praktična strategija za smanjenje velikih koncentracija nitrata. Istraživani usjevi su vraćeni u tradicionalne travnjake. Rezultati studije su pokazali kako je potpuna zatravljenost usjeva bila približno tri puta učinkovitija u smanjenju koncentracije nitrata od električne vodljivosti i kalcija te je imala mali utjecaj na pH vrijednost, koja je tijekom vremena ostala neutralna. Značajna poboljšanja u kvaliteti vode dogodila su se unutar devet godina od implementacije upravljanja, uz srednju vrijednost godišnje koncentracije nitrata koja se smanjila s 5,5 na 1,9 mg/L nakon zatravljanja svih površina pod usjevima unutar 3,1% područja istraživanja, dok su se postupna poboljšanja nastavila tijekom sljedećih 20 godina, što je u konačnici rezultiralo koncentracijama nitrata ispod 1,0 mg/L.

Qi i suradnici (2022.) navode važnost određivanja učestalosti uzorkovanja vode. Određivanje odgovarajućih učestalosti uzorkovanja je kritično važno za hidrološke studije jer su visoke učestalosti uzorkovanja povezane s višim troškovima dok niske učestalosti uzorkovanja mogu dovesti do nižih točnosti ili čak zavaravajuće pristranosti.

Navedene mjere trebale bi se primjenjivati u skladu sa zakonskim propisima i ograničenjima te uz suradnju relevantnih vlasti, znanstvenika i lokalne zajednice kako bi se učinkovito suzbila eutrofikacija i poboljšala kvaliteta površinskih voda. Pitanje voda u republici Hrvatskoj regulirano je zakonskim aktima. Od važećih ističu se: Zakon o vodama (Narodne novine br. 107/95), Uredba o Klasifikaciji voda u Republici Hrvatskoj (Narodne novine br. 77/98) te Državni plan za zaštitu voda (Hrvatska vodoprivreda, siječanj 2002) usklađen sa „ Okvirnim direktivama o vodama Europske zajednice“ (Romić, D. 2003).

5. Zaključak

Na temelju rezultata provedenih laboratorijskih analiza te upotrebe statističkih metoda i pokazatelja prilikom obrade dobivenih rezultata zaključujemo kako poljoprivreda na području Zagrebačke županije nema dominantan utjecaj na povećanje koncentracije nitrata.

Brojni drugi čimbenici poput utjecaja zagrebačkog vodonosnika, različitog reljefa, vegetacije, urbanizacije, neodgovarajućeg zbrinjavanja otpada i otpadnih voda značajno pridonose povećanim koncentracijama hranjivih tvari poput nitrata te utječu na samu kakvoću vode.

Poljoprivredni prostor u Zagrebačkoj županiji zbog brojnih prirodnih te drugih različitosti nije raspoređen jednolično. Analizom podataka ukupne poljoprivredne i stočarske proizvodnje na području Zagrebačke županije uočena je razlika u ukupnom udjelu korištenog poljoprivrednog zemljišta te u ukupnom broju uvjetnih grla unutar općina Zagrebačke županije. Intezitet biljne i stočarske proizvodnje pokazao se većim na istočnoj strani Zagrebačke županije u odnosu na zapadnu stranu.

Općine koje se nalaze na istočnoj strani Zagrebačke županije dominiraju sa većim opterećenjem postotka ukupno korištenog poljoprivrednog zemljišta te ukupnog broja uvjetnih grla. U skladu s takvim uvjetima definirano stanje voda na istočnoj strani Zagrebačke županije dominantno je loše - vrlo loše.

Općine koje se nalaze na zapadnoj strani Zagrebačke županije dominiraju sa manjim opterećenjem postotka ukupnog korištenog poljoprivrednog zemljišta te ukupnog broja uvjetnih grla. U skladu s takvim uvjetima definirano stanje voda na zapadnoj strani Zagrebačke županije dominantno je dobro – vrlo dobro stanje voda.

Naime, na zapadu Zagrebačke županije prevladavaju brežuljkasti i gorski krajevi okruženi s bujnom vegetacijom dok se na istočnoj strani većinski rasprostiru nizine te je i veća prisutnost korištenog poljoprivrednog zemljišta čime je voda pod izravnim većim poljoprivrednim utjecajem.

Jedna od mogućnosti smanjenja udjela nitrata u površinskim vodama bila bi poticanje uzgoja kultura (financijski stimuliranog od države) koje bi pridonjele smanjenju nitrata i ostalih minerala koristeći ih za izgradnju svoje biomase te također kontinuirani sezonski monitoring razine onečišćenja koji pokazuje trenutno stanje i kroz određeno vremensko razdoblje pruža rezultate na temelju kojih su donešena rješenja.

6. Popis literature

1. Bu, H. , Meng, W. , Zhang, Y. , Wan, J. (2014). Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China.
2. Čupić, D. , Medić, Đ. , Šikoronja, M. , Rosandić, T. , Popović, S. (2020). Izvještaj o kakvoći voda na ranjivim područjima (razdoblje 2016. – 2019.). Plan upravljanja vodnim područjem 2016.-2021. Podloga za Izvještaj Republike Hrvatske u skladu s člankom 10. Direktive Vijeća 91/676/EEZ o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora, HRVATSKE VODE
3. Dragičević, I. , Mayer, D. , Vranjković, A. , Pavičić, I. , Ferić, P. , Šipek, S. (2014). Hidrogeološka istraživanja južnog dijela zagrebačkog vodonosnika. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
4. Drake V. M., Bauder J. W. (2005). Ground water nitrate-nitrogen trends in relation to urban development, Helena, Montana, 1971-2003. Ground Water Monitoring & Remediation 25: 118-130
5. Kumar, U. , Thomsen Kaag, I. ,Eriksen J. , Vogeler, I. , Maenpaa, M. , Hansen Moller, E. (2023). Delaying sowing of cover crops decreases the ability to reduce nitrate leaching. Department of Agroecology, Aarhus University, 8830 Tjele, Denmark
6. Lei, C. , Wagner, P. , Fohrer, N. (2021). Effects of land cover, topography, and soil on stream water quality at multiple spatial and seasonal scales in a German lowland catchment. Department of Hydrology and Water Resources Management, Institute for Natural Resource Conservation, Kiel University, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel, Germany
7. Lončar, G. , Vranješ, D. , Tomašević, I. , Čović, K. , Buj, I. , Dašić, G. , Korica, L. (2017). Mogućnosti ublažavanja utjecaja regulacijskih i zaštitnih vodenih građevina na vodene ekosustave. Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska
8. Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja , Hrvatske vode (2020). Izvještaj Republike Hrvatske u skladu s člankom 10. Direktive Vijeća 91/676/EEZ o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora za razdoblje 2016. - 2019.
9. Miliša, M., Gligora Udovič, M., Žutinić, P. (2019). Izrada kriterija za određivanje stupnja trofije stajaćica i tekućica, Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
10. Nakić, Z. , Prce, M. , Posavec, K. (2007). Utjecaj odlagališta otpada Jakuševac-Prudinec na kakvoću podzemne vode. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet
11. Ondrasek, G., Bakić Begić, H., Romić, D., Brkić, Ž., Husnjak, S., Bubalo Kovačić, M. (2021). A novel LUMNAqSoP approach for prioritising groundwater monitoring stations for

- implementation of the Nitrates Directive. *Environmental sciences Europe*, 33: 23, 16, doi: 10.1186/s12302-021-00467-1
12. Ondrašek, G. , Petošić, D. ,Tomić, F. , Mustać, I. , Filipović, V., Petek, M. , Lazarević, B. , Bubalo, M. (2015). *Voda u agroekosustavima*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
 13. Romić , D., Bubalo , M., Salajpal , K., Romić , M., Zovko , M., Ondrašek , G., Bakić , H., Husnjak , S., Reljić , M. (2022). Preispitivanje područja podložna eutrofikaciji i područja ranjiva na nitrate. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
 14. Romić, D., Husnjak, S., Mesić, M., Salajpal, K., Barić, K., Poljak, M., Romić, M., Konjačić, M., Vnućec, I., Bakić, H., Bubalo, M., Zovko, M., Matijević, L., Lončarić, Z., Kušan, V., Brkić, Ž., Larva, O. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
 15. Romić, D. (2003) . *Zaštita tla i voda*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
 16. Stefanidis, K., Varlas, G., Papaioannou, G., Papadopoulos, A., Dimitrou, E. (2023). Assessing temporal variability of lake turbidity and trophic state of European lakes using open data repositories, *Science of The Total Environment*, Volume 857, Part 3, 159618
 17. Staponites, L. , Simon, O. , Bartak, V. , Bily, M. (2022). Management effectiveness in a freshwater protected area: Long-term water quality response to catchment-scale land use changes. Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic
 18. Šošić, I. (2004). *Primijenjena statistika*, Zagreb: Školska knjiga
 19. Torres-Bejarano, F., García-Gallego J., Salcedo-Salgado, J. (2023). Numerical modeling of nutrient transport to assess the agricultural impact on the trophic state of reservoirs, *International Soil and Water Conservation Research*, 11, 197-212
 20. Tušar, B. (2001). *Kućna kanalizacija*. Građevinski fakultet, Zagreb.
 21. Qi, J., Li, S. , Benoy, G. , Xing, Z. , Gao, L. , Meng, F. (2022). Impacts of sampling frequency on the estimation accuracy of exceedance for suspended solids and nitrates in streams in small to medium-sized watersheds
 22. Xu J., Baker L. A., Johnson, P. C. (2007). Trends in ground water nitrate contamination in the Phoenix, Arizona region. *Ground Water Monitoring & Remediation* 27: 49-56

Životopis

Tena Smuđ rođena je 23.ožujka 1999. godine u Zagrebu u Republici Hrvatskoj. Školovanje je započela 2006. godine u Osnovnoj školi Ivana Meštrovića u Zagrebu. Po završetku osnovne škole, 2014.godine upisuje IX. gimnaziju u gradu Zagrebu koju završava 2018. godine. Iste godine upisuje preddiplomski studij „Agroekologija“ na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Godine 2021. završava preddiplomski studij te stječe naziv „sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) inženjerka agroekologije“ (s pohvalom cum laude) te iste godine upisuje diplomski studij „Agroekologija“ na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. U akademskim godinama 2019./2020. te 2020./2021. dobitnica je stipendije u STEM područjima znanosti , 2021./2022. dobitnica je Stipendije Grada Zagreba za učenike i studente za izvrsnost te godine 2022./2023. dobitnica je stipendije Sveučilišta u Zagrebu za izvrsnost. Aktivno se služi engleskim jezikom u govoru i pismu te se izvrsno snalazi u radu na računalu.