

# Kakvoća vode unutar i van granica Regionalnog parka Mura-Drava

---

**Malarić, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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:204:062626>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-25**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**KAKVOĆA VODE UNUTAR I VAN GRANICA  
REGIONALNOG PARKA MURA-DRAVA**

DIPLOMSKI RAD

Martina Malarić

Zagreb, lipanj, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Agroekologija

**KAKVOĆA VODE UNUTAR I VAN GRANICA  
REGIONALNOG PARKA MURA-DRAVA**

DIPLOMSKI RAD

Martina Malarić

Mentor:

Doc.dr.sc. Marina Bubalo Kovačić

Zagreb, lipanj, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Martina Malarić**, JMBAG 0178064324, rođen/a 19.03.1985. u Varaždinu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**KAKVOĆA VODE UNUTAR I VAN GRANICA REGIONALNOG PARKA MURA-DRAVA**

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 **Martine Malarić**, JMBAG 0178064324, naslova

**KAKVOĆA VODE UNUTAR I VAN GRANICA REGIONALNOG PARKA MURA-DRAVA**

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. doc.dr.sc. Monika Zovko član \_\_\_\_\_

## Zahvala

Iskreno zahvaljujem profesoricu i mentoricu doc.dr.sc. Marini Bubalo Kovačić na prijedlogu teme i neizmjernom strpljenu prilikom izrade diplomskog rada. Zahvaljujem joj na svim materijalima, smjernicama i vremenu koje mi je pružila.

Na kraju, beskrajno sam zahvalna onima bez kojih ništa ne bi bilo moguće: zahvaljujem svome mužu na podršci i razumijevanju tijekom studija. Zahvaljujem roditeljima koji su bili uz mene i pružili podršku kada je bilo najpotrebnije.

Zahvaljujući vama uspjela sam svladati svaku prepreku i ostvariti životni san. Hvala.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Hipoteze i ciljevi rada .....	1
2. Pregled literature .....	2
2.1. Općenito o Regionalnom parku.....	2
2.2. Geološke značajke .....	6
2.3. Hidromorfološka obilježja Mure i Drave .....	8
2.3.1 Tok Mure .....	8
2.3.2 Tok Drave .....	8
2.4. Hidrogeološke značajke .....	9
2.5. Mjere gospodarenja prostorom .....	10
2.5.1 Unutar Regionalnog parka .....	11
2.5.2 Van Regionalnog parka .....	13
2.6. Utjecaji na kakvoću vode .....	16
2.6.1 Uredba o klasifikaciji voda .....	17
3. Materijali i metode .....	19
3.1. Prostorni smještaj područja istraživanja .....	19
3.2. Uzorkovanje i analiza uzoraka vode .....	20
3.3. Uzorkovanje i analiza uzoraka vode s vodotoka Bednja u ožujku 2022. ....	23
3.4. Analiza načina korištenja zemljišta u okolici lokacija uzorkovanja .....	24
3.5. Statistička obrada rezultata.....	24
4. Rezultati i rasprava .....	25
4.1. Rezultati prostorne analize načina korištenja zemljišta .....	25
4.2. Rezultati laboratorijskih analiza .....	26
4.3. Rezultati laboratorijskih analiza s lokacije Bednja u ožujku 2022. ....	30

4.4. Klasifikacija vodotoka prema Uredbi o klasifikaciji voda .....	31
5. Zaključak.....	35
6. Popis literature .....	36
ŽIVOTOPIS .....	38



## Sažetak

Diplomskog rada studentice **Martine Malarić**, naslova

### **KAKVOĆA VODE UNUTAR I VAN GRANICA REGIONALNOG PARKA MURA-DRAVA**

Uredbom o proglašenju Regionalnog parka Mura-Drava čitav tok rijeke Mure i Drave zaštićen u kategoriji Regionalnoga parka, sukladno Zakonu o zaštiti prirode. Istovremeno, SZ dio Hrvatske u kojem je unutar Regionalnog parka odabrano područje istraživanja, poljoprivredna proizvodnja je jako intezivna i može se reći da je jedan od dominantnijih utjecaja na različite aspekte okoliša. Hipoteza rada je da način gospodarenja zemljištem i okolišom općenito unutar i van Regionalnog parka utječe i na kvalitetu površinskih voda. Uzorci površinskih voda su prikupljeni u razdoblju prosinac 2021.-travanj 2022. i analiziran je ionski sastav iz otvorenih vodotoka unutar i van Regionalnog parka na tri odabrane lokacije (Drava, Bednja, Plitvica). Rezultati istraživanja pokazali su da mjere gospodarenja zemljištem utječu na kakvoću vode i da je kakvoća vode rijeke Drave u razdoblju uzorkovanja viša u odnosu na rijeke Bednju i Plitvicu.

**Ključne riječi:** poljoprivreda, nitrati, nitriti, površinske vode, Bednja

## Summary

Of the master's thesis - student **Martina Malarić**, entitled

### **WATER QUALITY WITHIN AND OUTSIDE OF REGIONAL PARK MURA-DRAVA**

The Decree on the Proclamation of the Mura-Drava Regional Park protects the entire course of the Mura and Drava rivers in the category of a Regional Park, in accordance with the Nature Protection Act. At the same time, the NW part of Croatia in which the research area has been selected within the Regional Park, agricultural production is very intensive and can be defined as one of the most dominant impacts on various aspects of the environment. The hypothesis of the paper is that land and environmental management in general within and outside the Regional Park affects the quality of surface waters. In the period December 2021-April 2022, surface water samples were collected and the ionic composition of surface waters from open watercourses inside and outside the Regional Park at three selected locations (Drava, Bednja, Plitvica) was determined. The results of the research showed that land management measures affect water quality and that the water quality of the Drava River in the sampling period is higher compared to the Bednja and Plitvice rivers.

**Keywords:** agriculture, nitrates, nitrites, surface water, Bednja

# 1. Uvod

Vlada Republike Hrvatske je 2011. godine donijela Uredbu o proglašenju Regionalnog parka Mura-Drava (NN 22/11). Tom Uredbom je čitav tok rijeke Mure i Drave zaštićen u kategoriji Regionalnoga parka, sukladno Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13). Regionalni park ujedno je i dio prekograničnoga rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav koji je proglašen na 24. sjednici Međunarodnoga koordinacijskoga vijeća Programa „Čovjek i biosfera“ pri UNESCO-u, održanoj 2012. godine u Parizu i najveći je riječni rezervat u Europi. Očuvane prirodne obale Drave i Mure, sa svojim biljnim i životinjskim svijetom tvore prepoznatljiv nizinski krajobraz rubnog dijela panonske nizine.

Istovremeno, sjeverozapadni dio Hrvatske u kojem je unutar Regionalnog parka odabrano područje istraživanja, poljoprivredna proizvodnja je jako intenzivna i može se reći da je jedan od dominantnijih utjecaja na različite aspekte okoliša. Prevladava uglavnom konvencionalna biljna i stočarska proizvodnja je jako razvijena, a podrazumijeva primjenu agrokemikalija za ostvarivanje maksimalnih prinosa. Okarakterizirana je intenzivnom obradom tla, upotrebom teške mehanizacije, umjetnih gnojiva koji čine neke od glavnih čimbenika narušavanja fizikalnih, kemijskih i bioloških karakteristika poljoprivrednog tla. U proizvodnji povrća veći dio proizvodnje zauzima intenzivna, dok je manji dio proizvodnje ekstenzivna proizvodnja na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima. Najzastupljenije povrtno vrste su kupus bijeli, krumpir, rajčica, paprika, luk i češnjak, mrkva, peršin. Raznolika je proizvodnja i voća, od kojih su najzastupljenije voćne vrste jabuka, kruška, šljiva i višnja. Od mahunarki se proizvodi grah, grašak i mahune. Prethodno nabrojene kulture zahtjevaju primjenu dušičnih gnojiva, a obično se dodaju relativno visoke doze N po hektaru. U stočarskoj proizvodnji, koja je također intenzivna, uzgajaju se svinje, goveda i perad te zbog toga postoji realna opasnost od neadekvatnog zbrinjavanja stajskog gnoja. Posljedica ovakvog pristupa vidi se u sve izraženijem iscrpljivanju neobnovljivih prirodnih resursa kao i ekološkim problemima, od čega treba izdvojiti onečišćenje i degradaciju tla, vode, zraka, te smanjenje biološke raznolikosti.

## 1.1. Hipoteze i ciljevi rada

Hipoteza rada je da način gospodarenja zemljištem i okolišom općenito unutar i van Regionalnog parka utječe i na kvalitetu površinskih voda.

Ciljevi diplomskog rada su:

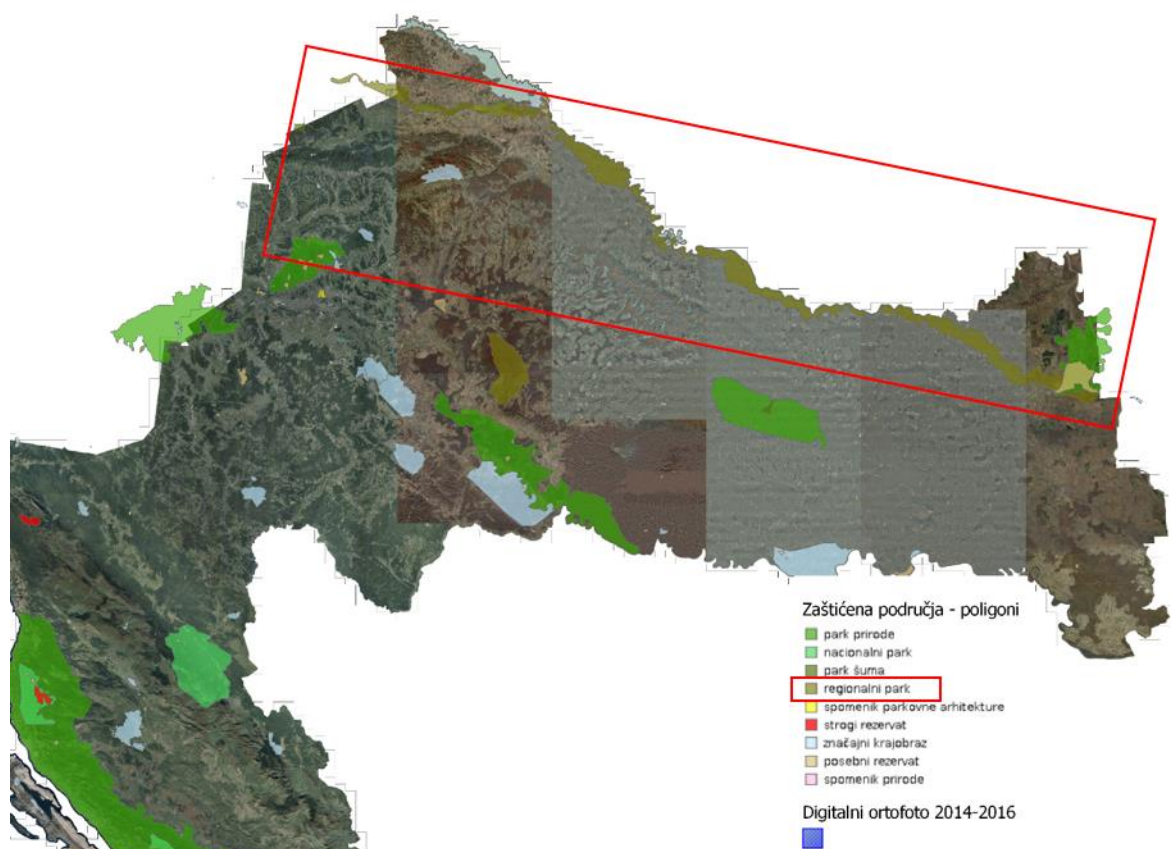
1. prikupiti i analizirati ionski sastav površinskih voda iz otvorenih vodotoka unutar i van Regionalnog parka,
2. klasificirati vodotoke prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98, 137/08),
3. analizirati sadašnji način korištenja zemljišta unutar i van parka i statistički procijeniti utjecaj istog na kakvoću voda.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Općenito o Regionalnom parku

Regionalni park Mura-Drava proteže se diljem pet županija: Međimurskom, Varaždinskom, Koprivničko-križevačkom, Virovitičko-podravskom i Osječko-baranjskom županijom (slika 2.1), ukupne površine 87.680,52 ha. Početkom 2008. godine Ministarstvo kulture donijelo je rješenje o preventivnoj zaštiti područja rijeke Mure i Drave u kategoriji Regionalnog parka. Preventivna zaštita trajala je do proglašenja tog područja Regionalnim parkom i tijekom tog vremena za to područje primjenjivale su se odredbe Zakona o zaštiti prirode kao zaštićeno područje. Državni zavod za zaštitu prirode je temeljem važećega Zakona o zaštiti prirode (NN 70/05 i 139/08) pristupio izradi stručne podloge za zaštitu.

Osnovno polazište za utvrđivanje granica područja Mura-Drava, određeno kategorijom Regionalnoga parka bila je valorizacija prostora sa stanovišta zaštite prirode. Kod utvrđivanja samih granica uzeti su u obzir postojeći režimi zaštite u prostoru, granice područja ekološke mreže Republike Hrvatske, kao i granice postojećih zaštićenih područja. Veliki broj naselja smješten je van granica regionalnog parka ili uz njegovu granicu.



Slika 2.1. Prikaz smještaja cjelokupnog područja Regionalnog parka Mura-Drava

Područje rijeke Mure i Drave obilježava visoka razina krajobrazne i biološke raznolikosti. Posebno se izdvajaju vlažna staništa koja su među najugroženijima u Europi, a to su poplavne šume, mrtvi rukavci, vlažni travnjaci, napuštena korita i meandri, šljunkoviti i pjeskoviti sprudovi, otoci te strme obale.

Područje Parka podijeljeno je na četiri dijela, opisana u nastavku, sukladno prirodnim osobinama te prema podjeli u publikaciji *Nacionalna ekološka mreža – važna područja za ptice*.

## **1) Dravske akumulacije i rijeka Mura**

Sjeverozapadni dio Parka sastoji se od dvije „grane“ koje se protežu duž tokova Drave i Mure, a spajaju se na ušću Mure u Dravu kod Legrada. Dio Parka koji se proteže duž rijeke Mure sa sjeveroistočne strane je ograničen državnom granicom sa Slovenijom i Mađarskom, dok jugozapadna granica obuhvaća vrijedna područja mozaičnog krajobraza i sjeveroistočnu stranu građevinskih područja rubnih naselja, te granicu poplavnog područja. Zaštićeno područje ne obuhvaća naselje Kotoribu te poljoprivredne površine sjeverozapadno i jugoistočno. Duž obala rijeke Mure protežu se vrijedne poplavne šume, a područje šume Murščak se posebno ističe. Ovaj prostor obuhvaćen je značajnim krajobrazom Mura.

Sam tok rijeke karakteriziraju brojni rukavci i šljunčani sprudovi, a njeno poplavno područje okruženo je mozaikom poljoprivrednih površina i pašnjaka. Prostor između Kotoribe i Podturena obuhvaća područje vrijednog kultiviranog krajobraza koji sačinjavaju manje poljoprivredne površine, živice i šumarci. Mura prima svoju lijevu pritoku Krku istočno od Podturena, a desne pritoke su joj Rakovnica (istočno od Donje Dubrave) te Trnava (istočno od Goričana).

Duž rijeke Drave od Dubrave Križovljanske do ušća Mure proteže se druga, južna grana. Sjeverna granica prolazi južno od naselja i prati sjeverni rub poplavnog šumskog područja. U Park je uključeno veće područje poljoprivrednih površina sjeverno od Velikog Lovrečana. Na desnoj obali rijeke Drave Park obuhvaća vrijedna područja starih tokova s brojnim značajnim staništima, a unutar Parka nalaze se i tri akumulacije hidroelektrana na Dravi HE Varaždin, HE Dubrava i HE Čakovec. Sa stanovišta zaštite prirode akumulacije danas imaju važnu ulogu kao područje zimovanja više od 20000 močvarnih ptica. Granica velikim dijelom prati dovodne i odvodne kanale HE Varaždin i HE Čakovec te obrambeni nasip uz rijeku i nasipe akumulacija, te prolazi sjeverno od naselja. Između Varaždinskog jezera i akumulacije HE Varaždin, unutar Parka nalazi se okolno područje poljoprivrednih površina s brojnim manjim parcelama oko naselja Svibovec Podravski. Uz samu granicu Parka smješten je Regionalni centar Varaždin, a unutar njegovog obuhvata nalazi se zaštićena Dravska park-šuma. Na ušću Mure u Dravu, istočno od Donje Dubrave, smješten je zoološki rezervat Veliki Pažut. Osim važnosti za očuvanje biološke raznolikosti ima i značajne krajobrazne vrijednosti. Između Mure i Drave protežu se poplavne šume, uz koje se nalaze stari meandri i vrijedna močvarna područja te poljoprivredne površine. S krajobraznog stanovišta posebno je markantan srcoliki otok koji se nalazi na samom ušću Mure u Dravu obrastao poplavnim

šumama. Sjeveroistočno od Malog Bukovca Drava prima pritoku Bednju, a sjeveroistočno od Velikog Bukovca svoju desnu pritoku Plitvicu.

## **2) Gornji tok Drave (od Donje Dubrave do Terezinog Polja)**

Državnu granicu s Mađarskom Drava prati od ušća Mure do Botova, a nizvodno od Botova do Novog Virja nije granična rijeka i hrvatski teritorij se proteže na obje njene obale. U ovom dijelu Drava ima visoku energiju vode pa formira brojne rukavce i sprudove, a uz nju se protežu poplavne šume, livade, mrtvice i poljoprivredne površine. Unutar Parka su smještena manja naselja Šoderica, Molve Grede (zaseoci Gornja Šuma i Ledine Molvarske), Gabajeva greda (dio Gabajeve Grede i zaseok Levača) i Čingi Lingi.

Granica Parka prolazi sjeveroistočno od naselja Torčec, Đelekovec, Drnje, Botovo, Sigetec, Komatnica i Hlebine koja su van Parka. Sa stanovišta zaštite prirode značajni su strme obale i sprudovi te manja vodena i močvarna područja poput rukavca kod Đelekovca, rukavca Osredak kod Gabajeve grede ili Šoderice kod Botova. Značajne su stajaće vodene površine i šljunčare kod Sekulina, Saboleka i Hegedića. U ovom dijelu desni pritoci Drave su kanal Bistra kod Širina Virovskih i Gliboki potok kod Komatnice.

Granica Parka na lijevoj obali Drave obuhvaća prostor Prekodravlja uključujući Repašku šumu smještenu sjeveroistočno od naselja Repaš. Na ovaj vrijedan kompleks šuma hrasta lužnjaka, topola i vrba, nastavlja se područje livada, šikara i poljoprivrednih površina koje se proteže istočno od Repaša sve do državne granice s Mađarskom. Također su značajni krajobraz Čambina na istočnom rubu Repaške šume te stari meandri Ješkovo, južno od naselja Gola. Ovdje se Dravi pridružuje lijevi pritok, Ždalice. Unutar granica Parka nalaze se i naselja Gontalovo, Ždala, Gola, Otočka, Novačka i Repaš.

Nizvodno, granica Parka obuhvaća naselja i dijelove naselja Ferdinandovac, te manji dio naselja Gajc. Od Novog Virja tok Drave se ponovno približava državnoj granici. Poljoprivredne površine često dosežu do samog riječnog toka i izmjenjuju se s mrtvicama i manjim šumskim područjima. Državna granica vijuga i prati meandre nekadašnjeg riječnog toka, pa je migracija korita dovela do toga da danas granica presijeca sadašnji tok Drave formirajući manja područja hrvatskog teritorija na lijevoj obali i mađarskog na desnoj. Zbog nepristupačnosti, ova izdvojena šumska područja ostala su pošteđena antropogenog utjecaja te predstavljaju važno područje za gniježđenje ptica, posebno grabljivica. Područje Parka obuhvaća ušće potoka Rogstrug, istočno od Podravske Sesveta, a mrtvice kod Bakovca, istočno od Lepe Grede. Granica Parka dalje se proteže sjeveroistočno od naselja koja su van obuhvata Parka, Pitomača, Lenišće i Starogradački Marof, gdje su Parkom obuhvaćena područja mješovitog krajobraza šumaraka i poljoprivrednih površina, kao i manja naselja Šašnato polje, Đuretina, Brestić, Širine i Križnica.

Značajni krajobrazi Jelkuš, Križnica i Širinski otok smješteni su istočno od Pitomače. Na Širinskom otoku prevladavaju šume, a na području Jelkuša nalazi se vrijedan sprud, poplavne šume, te poljoprivredne površine. Jedan od najbolje razvijenih meandara Drave je Križnica, koji je svojim oblikom cvijeta lako prepoznatljiv i predstavlja simbol ovog dijela njenog toka.

Radi se o presječenom meandru gdje se formirao veliki otok na koji se pristupa skelom ili pješačkim mostom.

### **3) Srednji tok Drave (od Terezinog polja do Donjeg Miholjca)**

Istočno od Terezinog polja tok Drave i dalje prati državnu granicu, ali je značajnije reguliran pa se ne stvaraju novi rukavci i meandri. Park u ovom dijelu obuhvaća izuzetno vrijedan prostor u kojem se izmjenjuju područja manjih šumaraka, poplavnih šuma, livada, močvara, te kompleksi obradive zemlje i naselja.

Značajne su mrtvice Neteča, Liman, Stara Drava kod Budakovca, Rječina, Dravica kod naselja Detkovic i druge.

Pritoci Drave su Županijski kanal kod Kapinaca, Ođanica, Čađavička kod Čađavice (slika 2.2.), kanal Karašica-Drava kod Viljeva, Voćinsko-dravski kanal kod Ilminog dvora.



Slika 2.2. Ušće Čađavice u Dravu (izvor: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom)

### **4) Donje Podravlje**

Sjeverno od Donjeg Miholjca prolazi jugozapadna granica Parka. U tom dijelu se nalaze donjomiholjački ribnjaci koji uključuju i ornitološki rezervat Podpanj u kojem obitavaju značajne populacije ptica. Drava više ne prati hrvatsko-mađarsku granicu istočno od Podgajaca Podravske, pa su obje obale rijeke ponovno u Hrvatskoj. U zapadnom dijelu obrambeni nasip Drave prati granica minski sumnjivog područja, a istočni dio doseže sve do područja Darde i Aljmaša.

U dužini od 35 kilometara, na ovom prostoru, uz Dravu se proteže veliki kompleks močvara na koji se nastavlja područje Kopačkog rita. Dravske šume i ritovi ističu se svojom izuzetnom krajobraznom i biološkom raznolikošću. Uključuje više starih meandara, mrtvica, pješčanih sprudova i strmih obala te drugih vrijednih vlažnih staništa. Važni su kompleksi vrbovo-topolovih i lužnjakovih šuma, u kojima nalazimo značajne površine nasada alohtone američke topole dok se u manjoj mjeri javljaju pašnjačke površine. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010. )

Sjeverna granica Parka nalazi se uz južnu i zapadnu granicu PP Kopački rit, te prolazi južno od naselja Bilje, Kopačevo, Torjanci, Darde i Novo Nevesinje koji su smješteni uz lijevu obalu Drave u Baranji.

Značajna su vlažna područja i mrtvice: Dugačko jezero, Veliki Bajar, Stara Drava kod Bijelog Brda, vrijedne livade na području Đavolje grede koje se nalaze zapadno od granice PP Kopački rit. Pritoci Drave na ovom području čine dva ušća Karašice koji se nalaze kod Gata i kod Petrijevac. Park se sužava prateći desnu obalu Drave na prostoru Osijeka i ne uključuje naselja Tvrđavica i Podravlje. Uz desnu obalu Drave sve do Nemetina nastavlja se južna granica Parka. Istočno od Nemetina Park obuhvaća područje vlažnih staništa i poplavnih šuma uz desnu obalu Drave te se nastavlja sjeverno od naselja Bijelo Brdo i Sarvaš koja se nalaze izvan Parka, do ušća Drave u Dunav zapadno od Aljmaša gdje se nalazi najistočnija točka Parka.

## **2.2. Geološke značajke**

Glavninu promatranog područja prekrivaju kvartarne naslage. Neotektonski pokreti uzrokovali su znatnu morfološku razvedenost reljefa koja je sa klimatskim promjenama uvjetovala nastanak vrlo heterogenih kvartarnih tvorevina.

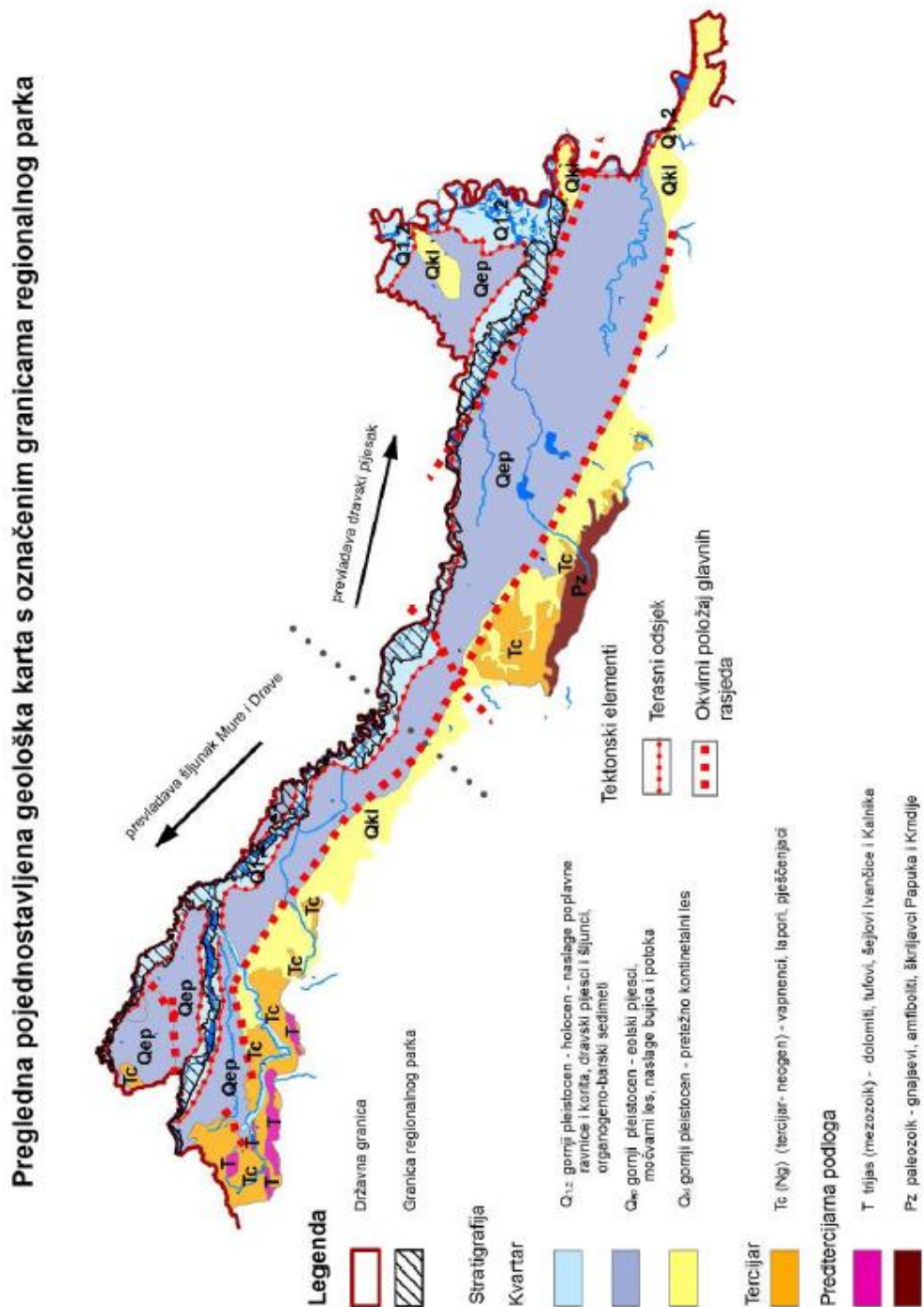
Izdvojeni su brojni litološki članovi: barski les, kontinentalni les, murski i dravski pijesci i šljunci, eolski pijesci, naslage mrtvaja, barski i organogeno-barski sedimenti, poplavni facijes i facijes korita, deluvijalne i proluvijalne naslage i aluvijalni nanosi manjih rijeka i potoka. (slika 2.3.; Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.)

Velike količine šljunka i pijeska istaložile su se u širokim dolinama glavnih rijeka. U gornjim dijelovima tokova, riječ je o jednoličnim naslagama kod kojih je dominantan šljunak, a pijesci su istaloženi pretežno u vršnom dijelu. Nizvodnije se postepeno smanjuje krupnozrnata komponenta, a pijesci postaju prevladavajući. Ako se uzme u obzir sastav, tada proizlazi da su matične stijene aluvijalnih naslaga glavnih vodenih tokova donesene uglavnom iz alpskih prostora. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010. )

Uz tokove Drave i Mure nalazimo i naslage poplavnog područja. Širina plavljenog područja na nekim mjestima iznosi i preko 5 kilometara, kao što je kod rijeke Mure. Sedimenti su diferencijalno taloženi ovisno o udaljenosti od korita rijeke i mikroreljefu. Uža područja uz rijeku sadrže nevezane taloge veće čistoće i krupnijeg zrna, a rubne zone sadrže taloge finijeg



zrna, gline i silta. Deluvijalno-proluvijalni nanosi nastali su kombiniranim djelovanjem gravitacijskog kretanja i površinskog ispiranja rastrošenih matičnih stijena i njihovim pretaložavanjem. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010. )



Slika 2.3. Pregledna geološka karta šireg područja (izvor: Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb)

### 2.3. Hidromorfološka obilježja Mure i Drave

Riječne tokove unutar Parka možemo podijeliti na dva glavna tipa: tip meandrirajuće rijeke i tip prepletene rijeke. Rijeku Dravu i Muru u njenom istočnom nizinskom dijelu svrstavamo u grupu nizinskih meandrirajućih rijeka.

Meandrirajuće rijeke karakterizira jedno izrazito vijugavo korito i manji pad. Kod razlika u brzini toka u koritu, na njihovim unutrašnjim stranama javlja se akumulacija erodiranog sedimenta i posljedično formiranje sprudova, a na vanjskim stranama meandara intenzivna erozija. Ovim procesom meandar bočno migrira pri čemu se izdužuje. S vremenom glavno korito rijeke presijeca meandar te formira mrtvi rukavac (mrtvicu).

Tip prepletene rijeke karakterističan je za dio srednjeg i gornji tok Drave. Ovakve rijeke karakterizira energija vode i veći pad. Kod normalnog niskog vodostaja formira se veći broj isprepletenih kanala i manjih korita koji su odvojeni šljunčanim sprudovima, a kod viših vodostaja cijelo je korito pod vodom. Ovi kanali pri srednjim i nižim vodostajima neprekidno mijenjaju svoj položaj. Ovi tokovi su karakteristični po manjoj zakrivljenosti i većoj širini toka u odnosu na dubinu.

#### 2.3.1. Tok Mure

Prema riječnom tipu, cijelim svojim tokom u granicama Parka, Mura predstavlja srednje veliku nizinsku rijeku sa šljunkovitim materijalom. Prvih 40 kilometara od Bukovja do Goričana nalazi se prijelazni tip od prepletenih prema meandrirajućim rijekama. Manji rukavci gravitiraju glavnom toku. Od Goričana sve do njenog ušća u Dravu kod Legrada, Mura je isključivo meandrirajuća rijeka s glavnim koritom i nekim utocima. Širina glavnog riječnog korita kreće se od 80 metara do 250 metara. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010. )

#### 2.3.2. Tok Drave

Drava je u gornjem toku , od Ormoža do ušća Mure, prvenstveno rijeka prepletene tipa što podrazumijeva i brojne rukavce. Na rijeci, istočno od Varaždina, izgrađena su dva velika akumulacijska jezera, HE Čakovec i HE Dubrava koje je i najveće dok je zapadno izgrađeno akumulacijsko jezero HE Varaždin. Najveći desni pritok joj je rijeka Bednja. Najveća širina glavnog kanala iznosi 850 metara. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.)

Nakon Legrada sve do Podravske Sesvete, Drava predstavlja prijelazni tip od prepletenih prema meandrirajućim rijekama, a to podrazumijeva samo mjestimičnu razgranatost korita. Od Podravske Sesvete do Aljmaša, u posljednjem dijelu toka, Drava

poprima karakteristike prave meandrirajuće rijeke s prostranom poplavnom ravnicom. Tipičan krajobraz s brojnim mrtvajama nalazimo od Podravske Sesveta do Terezinog Polja, te od Donjeg Miholjca do Osijeka. Meandrirajuće glavno korito prima nekoliko većih pritoka, dva s lijeve strane iz Mađarske te desne pritoke, Brežnicu i Karašicu. Širina korita kreće se od 200 metara do 400 metara. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.)

Područje sliva rijeke Bednje nalazi se u Panonskom bazenu u graničnom prostoru zapadnog dijela bazena. U reljefu se ističu Ravna gora, Ivanščica i Strahinščica. Jezgre planina izgrađene su iz paleozojskih i mezozojskih klastičnih, karbonatnih stijena, andezita i efuziva dijabaza. Na površini dominiraju dolomiti, vapnenci, pješčenjaci, andeziti trijasa i šejlovi. Najveći dio površine sliva prekrivaju neogenski sedimenti: lapori, gline i pijesci, vapnenci, pješčenjaci, konglomerati. Kvartarni sedimenti, pretežito gline, siltovi, šljunci, pijesci i les prekrivaju dravsku dolinu i pojedinačne šire ili uže doline uz korito Bednje i pritoka.

Južno od Ludbrega po uzvišenjima i rubovima doline i blagom pobježju uz dolinu Bednje rasprostranjene su klastične naslage plio-kvartara. Riječ je o klastičnim, fluvio-limničkim sedimentima, koji su taloženi diskordantno na već starije naslage. U građi u dubljim slojevima dominiraju šljunak i pijesak unutar kojih se rijetko nalaze proslojci glina. U plićim dijelovima dolaze pijesci i sitni šljunci s proslojcima glina.

U zoni Ludbrega razvijene su holocenske naslage eolskih pijesaka uz rub dravske terase. Holocenske aluvijalne naslage najmlađe su naslage na poriječju. Uz Bednju i pritoke aluvijalne naslage pokrivaju dio porječja u dolini uz vodotok. U gornjem dijelu naslaga prevladava glina, glinoviti silt i sitnozrnati pijesak, a u donjem dijelu naslaga šljunak pomiješan s glinom ili pijeskom. Aluvijalne naslage su debljine do 10 metara. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.)

## **2.4. Hidrogeološke značajke**

Prostrani ravničarski aluvijalni vodonosnik rijeke Drave i prostorno manji vodonosnik Mure pripadaju najznačajnijim vodnim resursima Republike Hrvatske i od ključnog su značenja za lokalnu vodoopskrbu. Manje značenje ima dublji vodonosni kompleks Drave u podini. Niže je propusnosti i svojom kvalitetom ne zadovoljava potrebe vodoopskrbe.

Aluvijalni vodonosnik čine nanosi rijeka Mure i Drave te terasne taložine pleistocena i holocena. Vodonosne naslage prekrivene su relativno nepropusnim naslagama silta, siltozne i pjeskovite gline. Podlogu vodonosnika čine pješčenjaci, lapori i gline pleistocenske starosti (Prelogović i Velić, 1988.).

Dravski prostor po svojim hidrogeološkim karakteristikama može se podijeliti na tri dijela: zapadni dio od granice sa Slovenijom do Pitomače, središnji dio, od Pitomače do Podravske Slatine i istočni dio, od Podravske Slatine do Dunava. Vodonosne naslage uz Muru sadrže slične karakteristike kao i one u zapadnom dijelu Drave, no manje debljine. U zapadnom dijelu nalazi

se jedinstveni šljunčani vodonosni horizont s proslojcima pijeska i gline, kojemu debljina varira od 5 do 80 metara. (Urumović i sur., 1990.)

Ako generalno gledamo, smjer kretanja podzemnih voda uspoređan je s tokom rijeke Drave (Larva i sur., 2010). U zapadnom dijelu se nalazi u direktnom kontaktu s vodonosnim naslagama, a u smjeru istoka, kako raste debljina nepropusnog pokrivača, veza nestaje. U istočnom dijelu izdašnost bunara ima medijan 4,4 l/s, u središnjem dijelu 8 l/s te 10,3 l/s u zapadnom dijelu. Zapadni šljunkoviti dio naslaga ima dva puta veću izdašnost od istočnog dijela, no moramo uzeti u obzir značajne lokalne varijacije. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.)

Režim podzemnih voda je u zapadnom dijelu značajno izmijenjen izgradnjom akumulacija hidrocentrala. Dominantno je napajanje vodonosnika padalinama odnosno infiltracijom. Značajan utjecaj na otjecanje podzemnih voda i regionalno snižavanje vodne plohe imaju duboko usječeni drenažni kanali hidrocentrala. Zbog usporavanja vode na akumulacijskim jezerima (Varaždinsko, Dubravsko), na početku toka Drave kroz Hrvatsku, dolazi do povećanja razine podzemnih voda koje je djelomično ublaženo kolmatacijom bazena i rubnim drenažama s vanjske strane nasipa. Nizvodno od hidrocentrala, kod zaustavljanja nanosa na branama, eksploatacije sedimenta, dolazi do erozivnog spuštavanja dna korita, odnosno snižavanja razina površinskih i podzemnih voda s pratećim štetnim učincima poput presušivanja manjih odvojenih jezera i mrtvica, sušenja šuma.

## **2.5. Mjere gospodarenja prostorom**

Rezervati biosfere organizirani su u tri međusobno povezane zone: područje jezgre-zakonski dugoročno zaštićeno područje u skladu s ciljevima zaštite rezervata biosfere i dovoljno veliko kako bi ispunilo tražene ciljeve, utjecajno područje-zona u kojoj se mogu odvijati samo aktivnosti koje su usklađene s ciljevima zaštite, prijelazno područje-vanjsko prijelazno područje gdje se potiče održivi razvoj i korištenje prirodnih dobara.

Regionalni park je kategorija zaštite gdje su dopuštene gospodarske i druge djelatnosti te korištenje prirodnih dobara kojima se ne ugrožavaju njegova uloga i bitne značajke. Njime se upravlja putem koordinacije postojećih županijskih javnih ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode tako da svaka javna ustanova upravlja dijelom regionalnog parka koji se nalazi unutar teritorija njezine županije. Mjere koje već jesu ili će biti propisane ugrađuju se u prostorne planove jedinica lokalne samouprave.

Djelatnost javne ustanove je zaštita, očuvanje, održavanje i promicanje Parka te koordiniranje i usklađivanje svih djelatnosti koje se odvijaju na tom prostoru. U sklopu ovih djelatnosti javna ustanova mora organizirati i obavljanje stručno-znanstvenih poslova zaštite prirode.

Javne ustanove koje upravljaju regionalnim parkom moraju nadzirati i obavljanje dopuštenih gospodarskih djelatnosti sukladno uvjetima zaštite prirode, u cilju osiguranja racionalnog i održivog korištenja prirodnih dobara.

Regionalni park Mura-Drava imat će svoj plan upravljanja čijoj izradi je protekle i ove godine posvećena velika pozornost. Radi se na planu upravljanja u okviru projekta „Razvoj okvira za upravljanje ekološkom mrežom 2000“. Uz navedeni projekt izrađuju se planovi upravljanja za zaštićena područja i područja ekološke mreže u cijeloj Hrvatskoj. Radi se o strateškom dokumentu Javne ustanove kojim se utvrđuje stanje zaštićenog područja i područja ekološke mreže, određuju ciljevi upravljanja, aktivnosti za postizanje ciljeva i pokazatelji provedbe tih planova. Planovi omogućavaju prilagodljivo i učinkovito upravljanje zaštićenim područjem i donose se za razdoblje od 10 godina, a vizija glasi: „Područje Mure i Drave je jedinstveni prostor očuvanja prirodne dinamike rijeka, mozaika vlažnih staništa, šuma i travnjaka od međunarodne važnosti i značaja na kojem čovjek kvalitetno i dobro živi, razumije i poštuje prirodu“. Planovi upravljanja bi trebali do kraja 2022. godine biti usvojeni.

### 2.5.1. Unutar Regionalnog parka

Kategorija zaštite prirode ovoga prostora dopušta gospodarske djelatnosti koje ne smiju ugrožavati njegove bitne značajke. Poljoprivredna proizvodnja se dalje neometano odvija, pod uvjetom da je sve u skladu s režimom zaštite obuhvaćenih zaštićenih područja. Ulaskom Republike Hrvatske u EU donesen je niz strožih zakonskih propisa vezanih uz poljoprivrednu praksu, prostorno planiranje te zaštitu prirode i okoliša. Poljoprivredni proizvođači moraju primjenjivati mjere gospodarenja koje poštuju zahtjeve EU Direktive o pticama i staništima. Za svako promatrano područje potrebno je osmisliti poljoprivredno okolišni program, koji se temelji na dobrovoljnom sporazumu između poljoprivrednika i državnih tijela i najvažniji su mehanizam za potporu poljoprivrednicima koji gospodare na tim područjima. Sve gospodarske djelatnosti, koje uključuju i proizvodnu ili industrijsku djelatnost koja nema značajan negativan utjecaj na biološku ili krajobraznu raznolikost, moguće je uz poštivanje uvjeta zaštite prirode. Korištenje, namjena i organizacija prostora te mjerila i smjernice za uređenje i zaštitu prostora Regionalnog parka određeni su dokumentima prostornog uređenja. Nakon razdoblja od pet godina, provedba plana upravljanja se analizira, kao i ostvareni rezultati pa se po potrebi obavlja revizija. Za radnje i zahvate na zaštićenom području za koje prema posebnom propisu nije potrebo provesti postupak ocjene prihvatljivosti zahvata u prirodi, može se izdati dopuštenje, odnosno rješenje.

Upravljanje Parkom temelji se na utvrđivanju zona različitih kategorija vrijednosti u sklopu zaštite prirode. Za pojedine kategorije izdvojenih prostora utvrđuju se, kroz izradu plana upravljanja, upravljačke smjernice i programi za njihovo provođenje. Po proglašenju zaštite, poljoprivreda, lovstvo, šumarstvo, vodno gospodarstvo i druge djelatnosti odvijaju se i dalje na ovom prostoru ugrađivanjem uvjeta zaštite prirode u planove gospodarenja, kojima se osigurava provedba ocjene prihvatljivosti plana i usklađenost sa zahtjevima zaštite prirode. Na području Parka moguće je izdvojiti tri područja:

## A) Područja izrazitih prirodnih vrijednosti

Područja izrazitih prirodnih vrijednosti obuhvaćaju riječne tokove, riječne obale, sprudove i otoke, poplavni prostor uz vodotoke Mure i Drave omeđen nasipima, manja područja ekološke mreže RH (značajniji rukavci i mrtvice) te proglašene rezervate.

Zaštita i očuvanje ovakvog područja odnosi se na provedbu utvrđenih mjera zaštite u domeni vodnog gospodarenja, utjecaja izgradnje na krajobrazne vrijednosti, te gospodarenja šumama. Sa stajališta očuvanja stabilnih populacija zaštićenih i ugroženih vrsta riba te očuvanja povoljnih uvjeta vodenih staništa, nije prihvatljivo daljnje iskopavanje šljunka iz sprudova i riječnih korita te povećanje udjela utvrđenih i reguliranih obala. Potrebno je adekvatno prilagoditi način rada postojećih hidrotehničkih objekata kako bi se osiguralo očuvanje prirodnih vrijednosti.

## B) Područja korištenja prirodnih dobara na održiv način

Područja korištenja prirodnih dobara na održiv način zauzimaju rubne površine Parka. To su uglavnom mozaično raspoređene poljoprivredne, šumske i travnjačke površine. U ovim područjima potrebno je osigurati održivi razvoj poljoprivredne proizvodnje i daljnje održivo gospodarenje šumama. Pri tome je potrebno poticati ekološki pristup i smanjenu upotrebu kemijskih sredstava da bi se uz ublažavanje negativnih utjecaja na floru i faunu osigurao harmoničan razvoj drugih gospodarskih djelatnosti na ovom području, ponajprije ekološke poljoprivrede i ekološkog turizma.

## C) Naselja

Na području naselja nema izrazitih prirodnih vrijednosti te se uspostavljanjem Parka nisu dogodile značajne promjene vezano uz korištenje i upravljanje prostorom. Provođenje komunalnih, gospodarskih i drugih aktivnosti može se odvijati u skladu s postojećom prostorno-planskom dokumentacijom. U naseljima je potrebno poticati izgradnju u skladu s smjernicama tradicionalne arhitekture i s krajobraznim vrijednostima te adekvatno rješavati sustavi kanalizacije i vodoopskrbe, odlagališta otpada i drugu komunalnu infrastrukturu.

Sve gospodarske djelatnosti, uključujući i industrijsku ili proizvodnu djelatnost koja nema značajan negativan utjecaj na biološku i krajobraznu raznolikost, moguće je uz ishođenje uvjeta zaštite prirode. Održivi razvoj je osnovni preduvjet za očuvanje tog prostora te bi svako neargumentirano zaustavljanje djelatnosti koje bi uvjetovalo preseljenje stanovništva izvan Parka bilo izrazito nepovoljno i sa stanovišta zaštite prirode.

Poljoprivredna djelatnost unutar Parka najvećim dijelom je sukladna režimu zaštite prirode. Poljoprivredna proizvodnja u zaštićenim područjima najčešće je i čimbenik koji uvjetuje očuvanje i opstanak prirodnih vrijednosti te ju je potrebno čuvati i poticati održivi

razvoj. Ovo zaštićeno područje može biti prednost za razvoj ekološke poljoprivrede te stvaranje brandiranih proizvoda za udaljena tržišta ili za posjetitelje Parka.

Moguće je uz uvažavanje uvjeta zaštite prirode u Parku graditi hidrotehničke objekte za razvoj navodnjavanja te provoditi okrupnjivanje zemljišta. U mjeri u kojoj je to moguće, potrebno je izbjegavati formiranje velikih površina pod monokulturom. Uz poljoprivrednu aktivnost, opasnost predstavlja zapuštanje pašnjaka i livada i njihova prenamjena te posebno isušivanje vlažnih područja pa je zato u upravljanju zaštićenim područjem potrebno obratiti pažnju na zaustavljanje takvih trendova.

Šumarstvo se odvija sukladno šumsko-gospodarskim osnovama, velikim dijelom na ekološki održiv način. Eventualno širenje površina s alohtonim šumskim sastojinama predstavljalo bi pritisak na krajobraznu i biološku raznolikost.

Ograničenja koja donosi zaštita najvećim dijelom se očituju kroz potrebu ishođenja uvjeta zaštite prirode. U regionalnom parku dopušteni su svi zahvati i radnje koje mu ne mijenjaju svojstva zbog kojih je zaštićen i koje ga ne oštećuju, a u njemu je dopuštena gospodarska djelatnost. Većina ljudskih aktivnosti u regionalnom parku ne predstavlja prijetnju krajobraznoj i biološkoj raznolikosti pa se eventualna nužna ograničenja odnose na manji broj zahvata s mogućim negativnim posljedicama.

U regionalnom parku potrebno je ishoditi posebne uvjete zaštite prirode u svrhu postupka izdavanja lokacijske dozvole. Ovakva obveza već postoji za sve zahvate van građevnog područja bez obzira dali su unutar zaštićenog područja ili ne. Važeći dokumenti prostornog uređenja određuju zaštitu, organizaciju, namjenu i uvjete korištenja prostora na cijelom području Parka pa tako i građevinska područja unutar parka.

Zaštita u kategoriji regionalnog parka trebala bi uz ekonomski razvoj doprinijeti općenito boljem stanju okoliša na ovom području i praćenju tog stanja te smanjenju razine onečišćenja, poboljšanju kvalitete života i zdravlja ljudi.

## 2.5.2. Van Regionalnog parka

Kod izgradnje optimalnih brdskih retencija uz izmještanje trase postojećeg nasipa uz rijeku Bednju i njeno produljenje na dionicu od ušća u Dravu do Ludbrega, odabrana je varijanta koja podrazumijeva skup mjera upravljanja rizicima od poplava na slivu Bednje, a temeljem rezultata Studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Bednje iz EU fondova i ažurirana je temeljem rezultata javne rasprave provedene u postupku procjene utjecaja na okoliš.

Konačna varijanta upravljanja poplavnim rizicima na slivu Bednje obuhvaća izgradnju tri retencije na pritocima Bednje te izmještanje postojećih neadekvatnih obostranih nasipa na najnižvodnijem dijelu sa produljenjem trase nasipa sve do mosta u Ludbregu, čime se smanjuju poplavni rizici, a pojava posljedice prolaska velikih vodnih valova smanjuje se na prihvatljivu mjeru.

Okolišni ciljevi ispunjeni su odabranim rješenjem s aspekta održavanja bioraznolikosti, najviše udaljavanjem linije nasipa od obala rijeke Bednje, čime se osigurava dodatan prostor

rijeci za izlivanje u vrijeme velikih voda. Skup odabranih mjera ne pogoršava stanje okoliša tijekom korištenja.

#### A) Područja ranjiva na nitrata i podložna eutrofikaciji

Eutrofna područja i sliv koji pripada osjetljivom području na kojima je zbog postizanja ciljeva kakvoće voda potrebno provesti višu razinu ili viši stupanj pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, određena su prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10, 141/15). Dunavski sliv u cijelosti je proglašen slivom osjetljivog područja, stoga čitav sliv rijeke Bednje pripada slivu osjetljivog područja.

Područja koja su ranjiva na nitrata poljoprivrednog porijekla na kojima je potrebno provesti pojačane mjere zaštite voda od onečišćenja nitratima poljoprivrednog porijekla, određena Odlukom o određivanju ranjivih područja u Republici Hrvatskoj (NN 130/12) sukladno kriterijima koji su utvrđeni Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14, 78/15, 61/16, 80/18).

Zaštićene prirodne vrijednosti kod kojih je održavanje ili poboljšanje stanja voda bitan element zaštite izdvojena su u suradnji s Hrvatskom agencijom za okoliš i prirodu iz Zaštićenih područja RH prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19) te su samo ta područja evidentirana u Registru zaštićenih područja-područja posebne zaštite voda.

Područja pogodna za zaštitu značajnih vodenih organizama: rijeka Bednja od Ivanca do utoka u Dravu proglašena kao ciprinidna voda Odlukom o određivanju područja voda pogodnih za život slatkovodnih riba (NN 33/11).

Jedini dio zahvata koji izravno zadire u ovu kategoriju zaštićenih područja sukladno Zakonu o vodama je najnižvodniji dio nasipa koji se ukupnom duljinom od oko 1 km nalazi na području ekološke mreže Natura 2000 Gornji tok Drave (od Donje Dubrave do Terezinog polja)-POP područje, Gornji tok Drave (od Donje Dubrave do Terezinog polja)-POVS područje, kao i na području Regionalnog parka Mura-Drava. (Hrvatske vode: Studija utjecaja na okoliš, lipanj, 2019.)

#### B) Biološka raznolikost uz rijeku Bednju

Na terenu su uočeni pritisci na biološku raznolikost rijeke Bednje: rijeka Bednja je devastirana zbog učestalog prekopavanja i produbljivanja korita, oblaganja kamenom, pretvaranja korita u trapezasti kanal i izravnavanje dna korita, rukavci rijeke presušuju zbog produbljivanja glavnog korita i više ne mogu vršiti funkciju mrijestilišta i zaklona za riblji mlađ. Stari rukavci nisu povezani s glavnim koritom. Za većih padalina zbog bujice vode u glavnom toku strada riblja mlađ. Nakon povlačenja viška vode iz rukavaca dolazi do pomora ribe zaostale u njima. Vegetacija se odstranjuje u potpunosti uključujući korijenov sustav grmlja i drveća koji na prirodan način utvrđuje oblu i štiti je od erozije.

Na širem području zahvata rekonstrukcije nasipa i dogradnje dominiraju mozaici kultiviranih površina razvijeni uz naselja Ludbreg, Sigetec Ludbreški, Kapela Podravska i Mali



Bukovec. Planirani nasip omeđuje vodotok Bednje u koji se ulijeva nekoliko stalnih i povremenih vodotokova.

Na zapadnom kraju šireg prostora zahvata zastupljene su čiste grabove i mješovite hrastovo-grabove šume, a uz gotovo čitav tok Bednje razvijene su poplavne šume topola i vrba.

### C) Antropogene promjene prirodnog stanja vezane uz hidroenergetske objekte

U protekla tri stoljeća hidrotehnički radovi vezani uz obranu od poplava i melioracije znatno su izmijenili i skratili tok Mure i Drave te njihova poplavna područja ograničili nasipima. Na rijeci Dravi izgrađene su 23 hidroelektrane uzvodno od Donje Dubrave, od kojih se tri hidroelektrane s akumulacijama nalaze u Republici Hrvatskoj. Osim poplavljanja prostora akumulacijskim jezerima, utjecaj hidroelektrana je vezan uz promjene vodostaja, smanjene količine riječnih sedimenata i produbljivanje riječnog korita. Druge hidrotehničke mjere imaju sličan utjecaj jer stabiliziraju i sužavaju profil rijeke te ograničavaju njezinu dinamiku. Procesi stvaranja sprudova, meandara i rukavaca ključni su za opstanak vrijednih močvarnih staništa. Usprkos navedenim utjecajima čovjeka u proteklom razdoblju, rijeke Dravu i Muru obilježavaju izuzetne prirodne vrijednosti te visoka krajobrazna i biološka raznolikost.

### Hidroelektrane i njihov utjecaj

Rijeka Drava ima veliko značenje jer ima veliku vodnost, kao i mogućnost energetskog iskorištavanja zbog relativno velikog uzdužnog pada rijeke. Bogata je vodom i u ljetnim mjesecima jer ima fluvio-glacijalni vodni režim, što je uvjet ujednačenosti srednjih godišnjih protoka, a osim toga i inverzni vodni režim što je povoljno s hidroenergetskog stanovišta.

Najveći utjecaj hidrocentrala vezan je uz prekrivanje područja prirodnih staništa velikim akumulacijama te skretanje voda iz prirodnih korita.

Dužina prirodnog toka Drave od hrvatske granice do Donje Dubrave prije je iznosila 80,8 km, danas je 26,7 km toka unutar akumulacijskih jezera, a 54,1 km su stara korita. Hidroelektrane uzrokuju dnevne oscilacije vodostaja zbog svog načina rada. Značajni utjecaji akumulacija vezani su uz zaustavljanje nanosa na branama i erozivno spuštanje korita te snižavanju razina površinskih i podzemnih voda što ima štetan učinak i dolazi do sušenja šuma i presušivanja manjih odvojenih jezera i mrtvica, utječu na mikroklimu a brane smanjuju mogućnost kretanja faune. Danas akumulacije predstavljaju područje zimovanja velikog broja ptica.

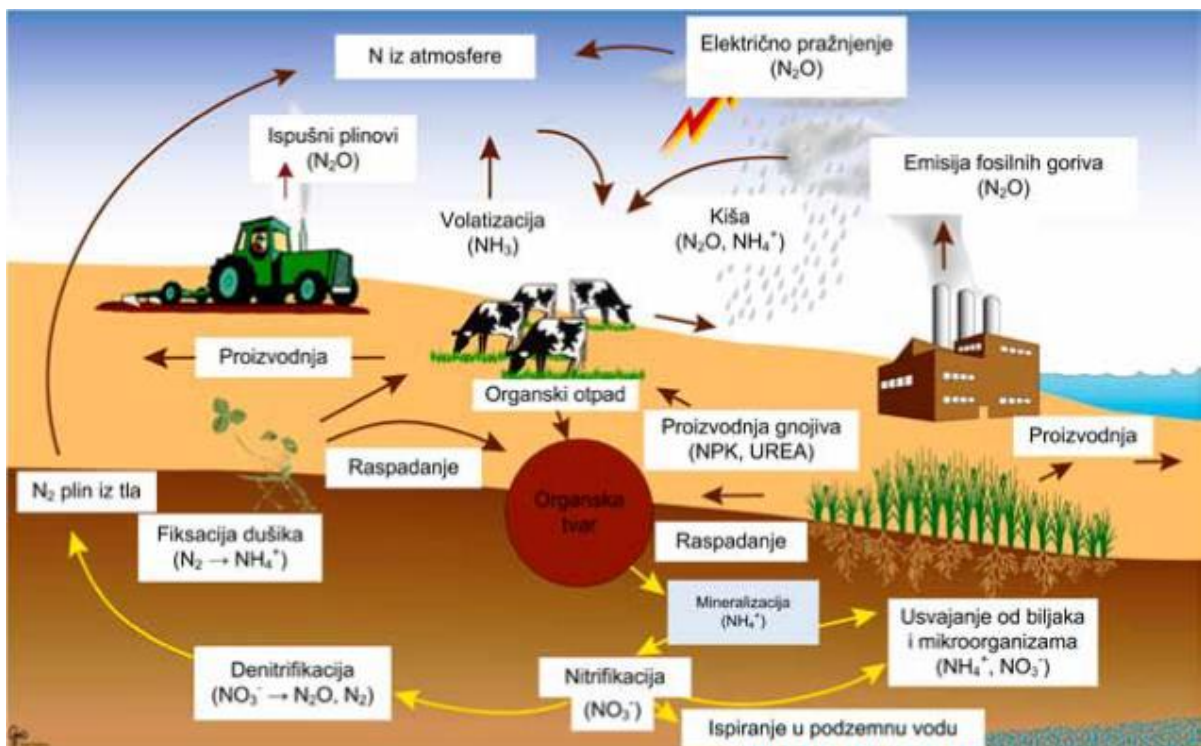
Duboko usječeni drenažni kanali hidrocentrala imaju značajni utjecaj na otjecanje podzemnih voda i regionalno snižavanje vodne plohe. (Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.)

## 2.6. Utjecaji na kakvoću vode

Različiti aspekti kakvoće vode su, prije ili kasnije, pod direktnim utjecajem svih radnji koje se poduzimaju u okolišu. Stoga je zaštita voda postala od prioritetne važnosti diljem svijeta, osobito tamo gdje postoje nedostaci pitke vode, što je vidljivo iz donošenja raznih direktiva u zadnjih nekoliko desetljeća. Jedan od europskih strateških dokumenata je Nitratna direktiva, vezana za izvore iz poljoprivrede, a koja ima za glavni cilj smanjiti i spriječiti onečišćenje voda nitratima iz poljoprivrednih izvora reguliranjem primjene stajskog gnojiva. Podzemne vode su generalno manje podložne antropogenim utjecajima od površinskih voda zbog većeg zadržavanja onečišćivala u sloju tla (Bubalo, 2016).

Hranjive tvari ispuštene u okoliš iz nekog izvora onečišćenja, mogu se transportirati u tekućice površinskim otjecanjem oborina i vode dodane navodnjavanjem ili sustavima drenažnih kanala i cijevi. Unutar svake komponente vodne bilance, koncentracije hranjivih tvari su pod utjecajem fizikalnih čimbenika (tip tla, geološka obilježja i nagib terena), a također i pod utjecajem i bioloških i geokemijskih procesa koji mogu promijeniti kemijski oblik hranjive tvari i utjecati na transfer iz jedne komponente vodne bilance u drugu (slika 2.4.). Obilježja prirodnog okruženja utječu na intenzitet kojim kemijski, fizikalni i biološki procesi utječu na pronos hranjivih tvari.

Najčešće ljudske aktivnosti i intervencije u okolišu koje uključuju navodnjavanje, crpljenje podzemnih voda, izgradnju nepropusnih površina, drenažne sustave, značajno utječu na pronos hranjivih tvari pa će ti aspekti odrediti koncentracije hranjivih tvari u vodama, čak i u slivovima koji imaju sličan način korištenja zemljišta i intenzitet korištenja gnojiva.



Slika 2.4. Ciklus dušika i produkti njegove razgradnje koji utječu na kvalitetu podzemnih i površinskih voda (izvor: Filipović i sur., 2016)

Poznato je da poljoprivreda više negoli ijedna druga djelatnost vode onečišćuje dušikom (nitratima), fosforom (fosfatima) i sredstvima za zaštitu bilja (pesticidima). U Europi poljoprivreda čini više od polovine sveukupnog pritiska dušika na vodne resurse (Bubalo, 2016). Kada je riječ samo o antropogenim izvorima dušika, udjel poljoprivrede u pritisku na vodne resurse još je veći, čak 61 % (Boyer i Howarth, 2008), a poljoprivreda je najveći pojedinačni izvor pritiska fosforom, koji je uz N, glavni uzročnik eutrofikacije vodnih tijela.

### 2.6.1. Uredba o klasifikaciji voda

Uredba o klasifikaciji voda je dokument koji je vlada Republike Hrvatske izglasala 21. studenoga 2008.godine, da bi se prema određenim parametrima kakvoće vode mogla definirati vrsta vode, a sukladno tome i njena namjena. U tekstu su izdvojeni dijelovi tablice iz same Uredbe po kojoj se klasificiraju vrste vode (tablica 2.1.), a njihova namjena po vrstama je prikazana u tablici 2.2.

Tablica 2.1. Isječak tablice 1. iz Uredbe o klasifikaciji voda

SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJ	I. VRSTA	II. VRSTA	III. VRSTA	IV. VRSTA	V. VRSTA
FIZIKALNO-KEMIJSKI A	pH	8,5 - 6,5	6,5 - 6,3 8,5 - 9,0	6,3 - 6,0 9,0 - 9,3	6,0 - 5,3 9,3 - 9,5	< 5,3 > 9,5
	Alkalitet mg CaCO <sub>3</sub> /l	> 200	200 - 100	100 - 20	20 - 10	< 10
	Električna vodljivost	< 500	500 - 700	700 - 1000	1000 - 2000	> 2000
	Amonij mg N/l	< 0,10	0,10 - 0,25	0,25 - 0,60	0,60 - 1,50	> 1,50
HRANJIVE TVARI C	Nitriti mg N/l	< 0,01	0,01 - 0,03	0,03 - 0,10	0,10 - 0,20	> 0,20
	Nitrati** mg N/l	< 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 4,0	4,0 - 10,0	> 10,0
	Ukupni dušik mg N/l	< 1,0	1,0 - 3,0	3,0 - 10,0	10,0 - 20,0	> 20,0
	*Ukupni fosfor mg P/l	< 0,1	0,1 - 0,25	0,25 - 0,60	0,60 - 1,5	> 1,5
	Bakar µgCu/l	< 2	2 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20
METALI F	Cink µgZn/l	< 50	50 - 80	80 - 100	100 - 200	> 200
	Kadmij µgCd/l	< 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2,0	2,0 - 5,0	> 5,0
	Krom µgCr/l	< 1	1 - 6	6 - 15	15 - 20	> 20
	Nikal µgNi/l	< 15	15 - 30	30 - 50	50 - 200	> 200
	Olovo µgPb/l	< 0,1	0,1 - 2,0	2,0 - 5,0	5,0 - 80,0	> 80
	Živa µgHg/l	< 0,005	0,005 - 0,02	0,02 - 0,10	0,1 - 1,0	> 1,0

\* za tekućice

\*\* ne odnosi se na podzemne vode

NAPOMENA: Mjerodavna vrijednost pokazatelja koja je na granici dopuštene vrijednosti za određenu vrstu vode pripisuje se lošijoj vrsti vode. Granične vrijednosti za kovine odnose se na ukupni sadržaj pojedinog pokazatelja.

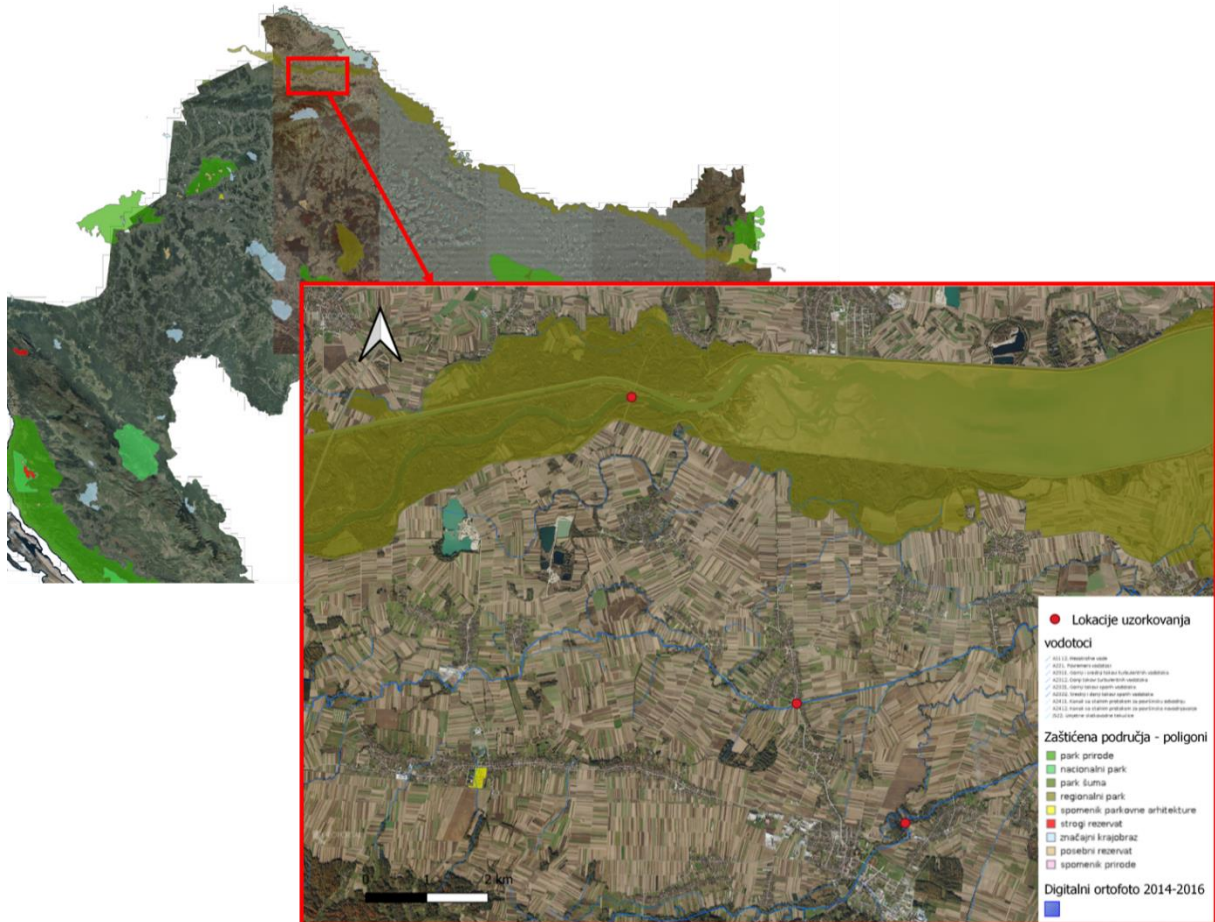
Tablica 2.2. Kriteriji prema uvjetima za korištenje voda za određene namjene

I. vrsta	Podzemne i površinske vode koje se, u svojem prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije, mogu koristiti za piće ili u prehrambenoj idustriji, te pvršinske vode koje se mogu koristiti i za uzgoj plemenitih vrsta riba (pastrve).
II. vrsta	Vode koje se u prirodnom stanju mogu koristiti za kupanje i rekreaciju, za sportove na vodi, za uzgoj drugih vrsta riba (ciprinida) ili koje se nakon odgovarajućeg pročišćavanja mogu koristiti za piće i druge namjene u industriji i sl.
III. vrsta	Vode koje se mogu koristiti u industrijama koje nemaju posebne zahtjeve za kakvoćom vode, te u poljoprivredi. To su vode koje se pročišćavaju da bi se koristile za određene namjene.
IV. vrsta	Vode koje se mogu koristiti isključivo uz pročišćavanje na područjima gdje je veliko pomanjkanje vode.
V. vrsta	Vode koje se gotovo ne mogu koristiti ni za kakve namjene, jer ne zadovoljavaju kriterije za namjene po ovoj Uredbi.

### 3. Materijali i metode

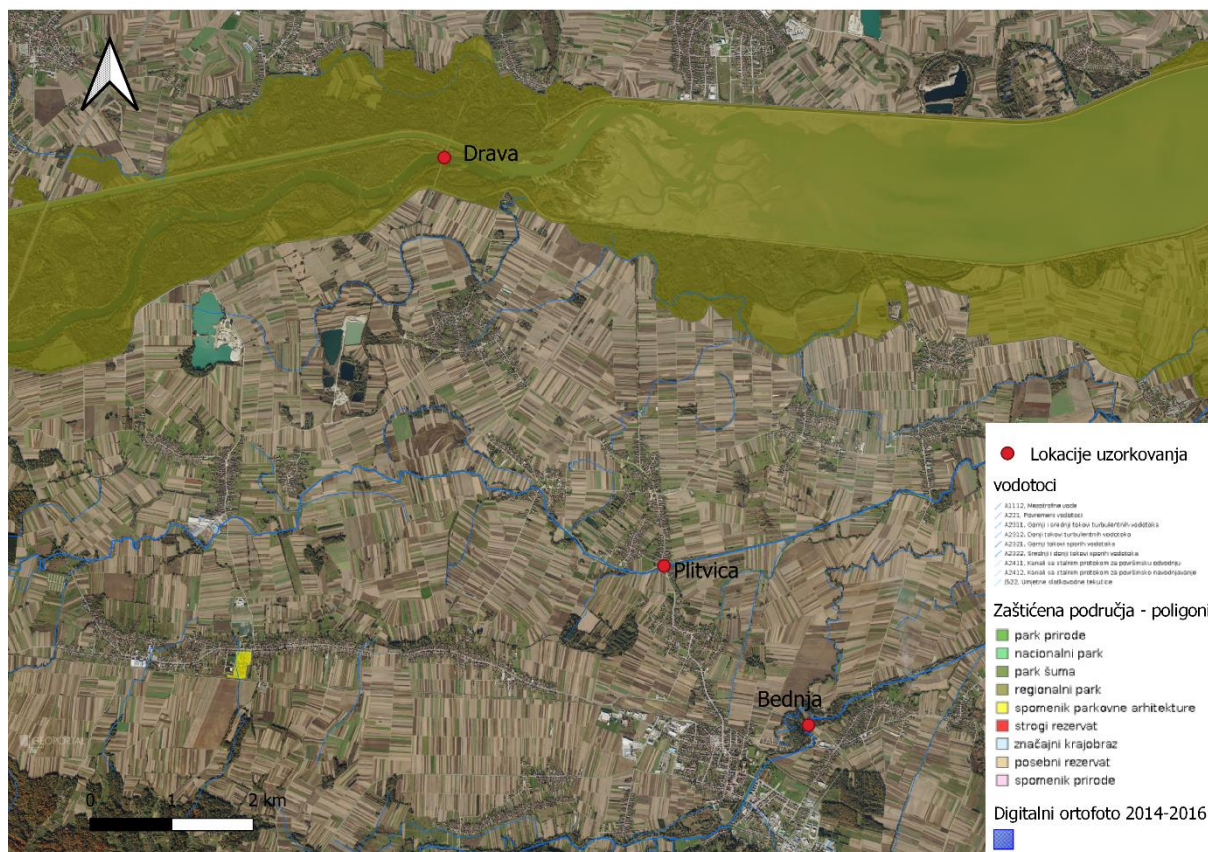
#### 3.1. Prostorni smještaj područja istraživanja

Na području Varaždinske županije unutar koje su odabrane 3 lokacije za prikupljanje uzoraka površinske vode (slika 3.1) nalazi se 11,23% površine od ukupne površine Regionalnog parka.



Slika 3.1. Prikaz šireg područja lokacija prikupljanja uzoraka površinske vode

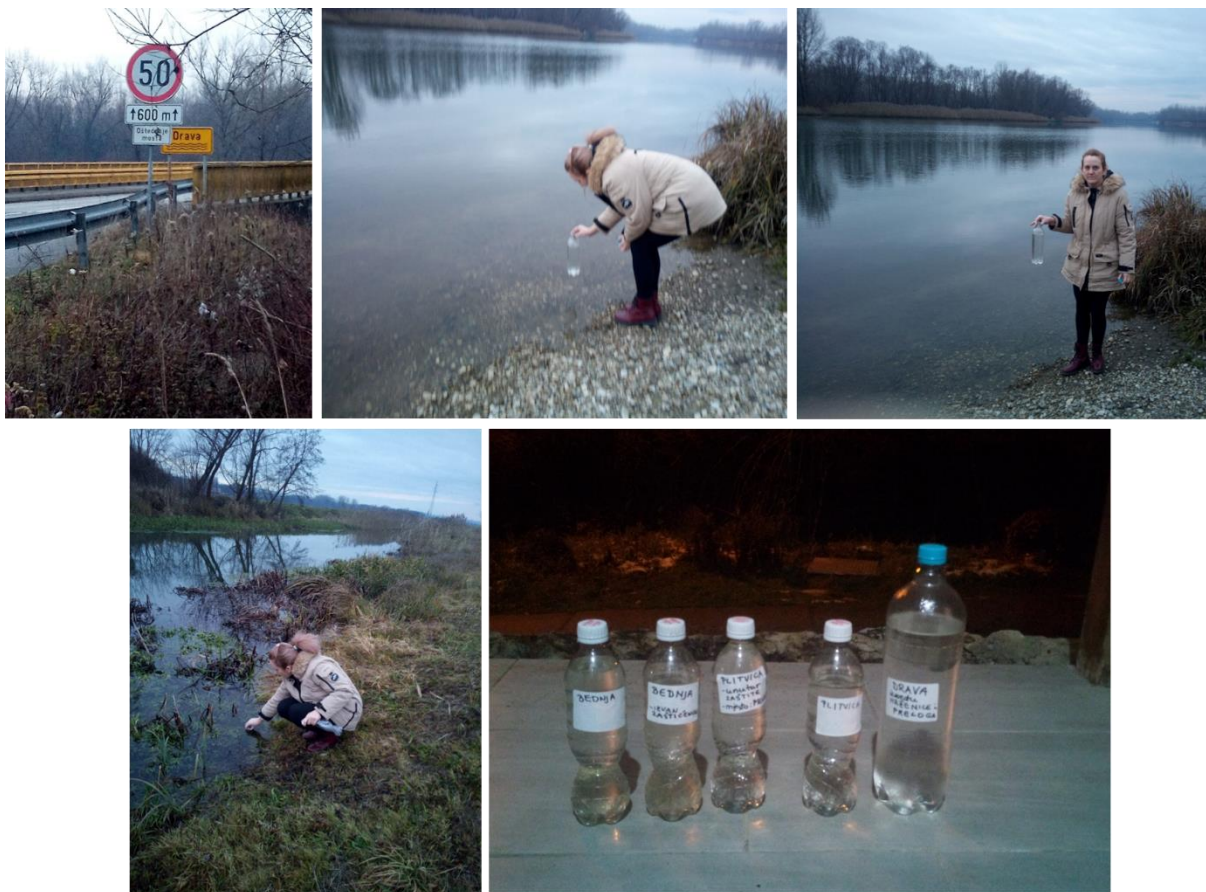
Odabrane su 3 lokacije za prikupljanje uzoraka površinske vode od kojih je jedna cijelom tokom unutar Regionalnog parka (lokacija Drava), jedna je jednim dijelom unutar, a dijelom van Regionalnog parka (lokacija Plitvica) i jedna cijelom trasom van Regionalnog parka (lokacija Bednja; slika 3.2). Pri odabiru lokacije vodilo se računa da je lokacija unutar specifičnog krajolika (poljoprivredni ili prirodni prostor) i da je lako pristupačna.



Slika 3.2. Prikaz užeg područja lokacija prikupljanja uzorka površinske vode

### 3.2. Uzorkovanje i analiza uzorka vode

Uzorkovanje površinskih voda u razdoblju prosinac 2021.-travanj 2022. izvodilo se jednom mjesečno izravnim uranjanjem boce za uzorke u vodotok (slika 3.3). Postupak uzorkovanja površinskih voda te rukovanje uzorcima provedeno je sukladno postupcima HRN EN 5667-6, 2016, HRN ISO 5667-11, 2011. Transport uzorka do laboratorija obavljao se u rashladnim spremnicima zadovoljavajući uvjete o temperaturi, mehaničkoj zaštiti i zaštita od kontaminacije, a sukladno s analitičkim postupcima koje se provode u laboratoriju. Sva ispitivanja provedena su u Analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije.



Slika 3.3. Prikaz postupka uzorkovanja vode

U prikupljenim uzorcima vode određivani su fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete vode (tablica 3.1), a sukladno zahtjevima Uredbe o klasifikaciji voda i Uredbi o standardu kakvoće voda za prijelazne vode (NN, br. 153/2009, 63/2011, 130/2011 i 56/2013).

Tablica 3.1. Pregled pokazatelja elemenata kakvoće površinskih voda koji su se analizirali u prikupljenim uzorcima

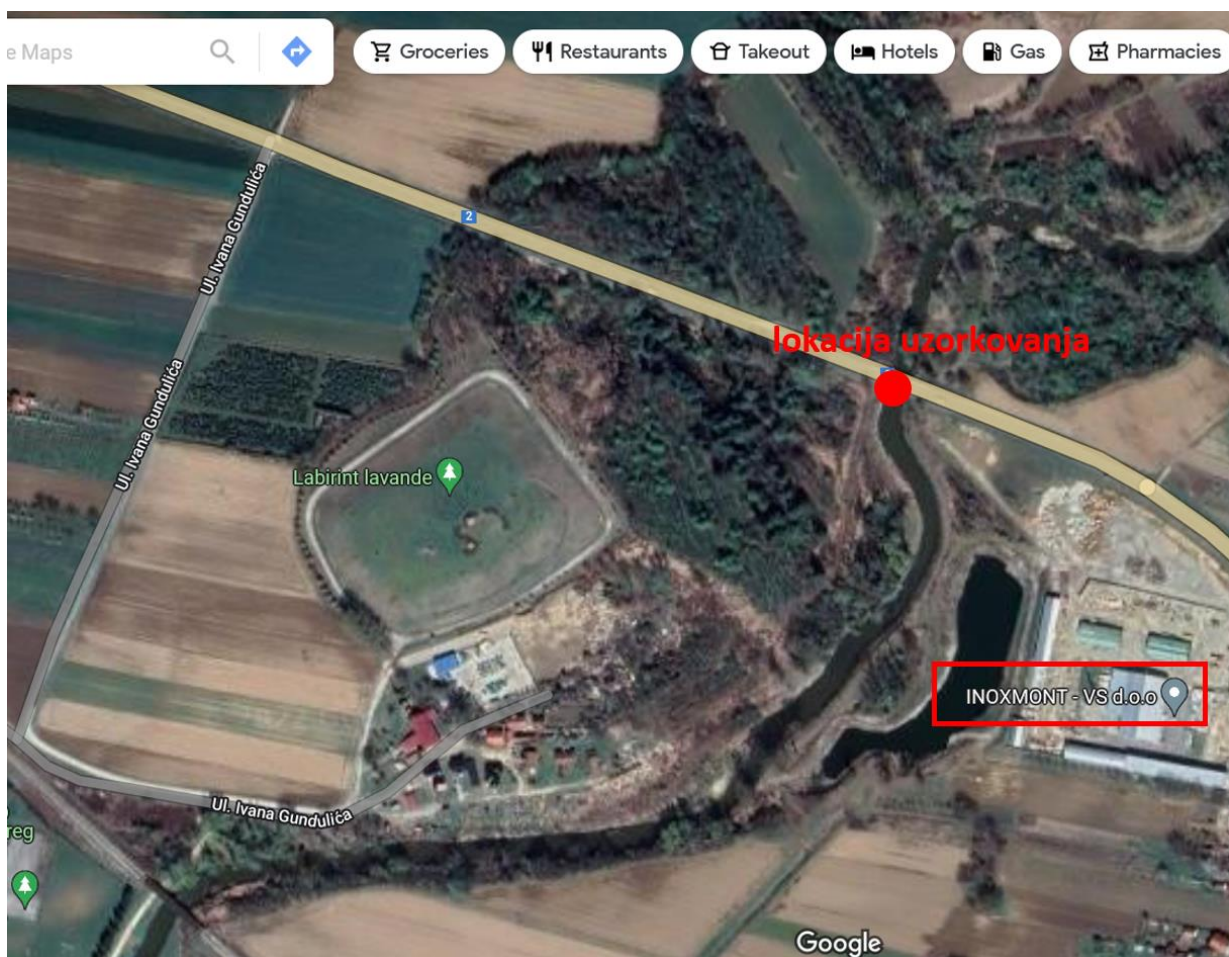
<b>Element kakvoće</b>	<b>Pokazatelj</b>	<b>Postupak određivanja pokazatelja</b>
<b>Zakiseljenost</b>	(*)pH-vrijednost	Kakvoća vode – Određivanje pH vrijednosti (HRN ISO 10523:1998) Instrument: pH-metar Lab 870 (SCHOTT Instruments, Njemačka) s člankom (LF413T-ID, SCHOTT Instruments, Njemačka)
<b>Salinitet</b>	(*)električna vodljivost (EC <sub>w</sub> )	Kakvoća vode-određivanje električne vodljivosti (ISO 7888:1985; EN 27888:1993) Instrument: Konduktometar Lab 970 (SCHOTT Instruments, Njemačka) s člankom (LF413T-ID, SCHOTT Instruments, Njemačka)
<b>Hranjive tvari</b>	(*)NO <sub>3</sub> -N*, NO <sub>2</sub> -N*, NH <sub>4</sub> -N	Određivanje nitritnog i nitratnog N i njihove sume s protočnom analizom i spektrofotometrijskom metodom (HRN EN ISO 13395) Kakvoća vode - Određivanje amonijevog dušika - Metoda protočne analize uz spektrometrijsku detekciju (ISO 11732:2005; EN ISO 11732:2005) Instrument: Ionski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San <sup>++</sup> Analyzer (Nizozemska)
	K	Kakvoća vode -Određivanje natrija i kalija - 2. dio: Određivanje kalija metodom atomske apsorpcijske spektrometrije (HRN EN ISO 9964-2:1993) Instrument: AAS/AES PerkinElmer 3110
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Određivanje hidrogenkarbonata kiselobaznom titracijom s H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Specifične tvari</b>	Ca, Mg	Određivanje kalcija i magnezija - EDTA titrimetrijska metoda (HRN EN ISO 6058:1984) Kakvoća vode – Određivanje klorida metodom protočne analize uz fotometrijsku ili potenciometrijsku detekciju (HRN EN ISO 15682:2008)
	Cl i SO <sub>4</sub>	Kakvoća vode- određivanje sulfata metodom protočne analize (CFA) Instrument: Ionski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San <sup>++</sup> Analyzer (Nizozemska)
	Na	Određivanje natrija i kalija -- 1. dio: Određivanje natrija metodom atomske apsorpcijske spektrometrije (ISO 9964-1:1993) Instrument: AAS/AES PerkinElmer 3110

(\*) Postupak ispitivanja akreditiran je od 11. studenog 2018. sukladno HRN EN ISO 17025:2006.



### 3.3. Uzorkovanje i analiza uzoraka vode s vodotoka Bednja u ožujku 2022.

Pri uzorkovanju uzoraka po redovitom planu, na lokaciji Bednja u ožujku 2022. je vizualno detektirana pojava fine metalne prašine na površini vode (slika 3.3). Budući da u redovitoj analizi uzoraka vode nije bilo planirano analiziranje koncentracije teških metala, a na Fakultetu također nije postojala mogućnost analize istih, nova 3 uzorka s razmakom od nekoliko dana od redovitog uzorkovanja su prikupljena s vodotoka Bednja; jedan uzvodno od uočenog zagađenje, jedan s prvotne lokacije i jedan nizvodno od lokacije i dopremljena na analizu koncentracije odabranih metala na Zavod za javno zdravstvo dr. Andrija Štampar. Pregledom digitalne ortofoto karte okolice (slika 3.4.), utvrđeno je da se u blizini nalazi industrijski pogon koji se bavi preradom metala (uglavnom aluminija i čelika), a za analizu su odabrane koncentracije teških metala (Al, Cr, Cu, Fe, Ni) koji su specifični za primjenu u navedenoj djelatnosti.



Slika 3.4. Prikaz okolice lokacije uzorkovanja na rijeci Bednji, uz naznaku industrijskog pogona iz metalne industrije

Uzorkovanje površinskih voda izvodilo se izravnim uranjanjem boce za uzorke u vodotok. Transport uzoraka do laboratorija obavljao se u rashladnim spremnicima zadovoljavajući uvjete o temperaturi, mehaničkoj zaštiti i zaštiti od kontaminacije, a pri analizi korištene su

norme HRN EN ISO 17294-1:2008, Kakvoća vode – Primjena masene spektrometrije s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) za određivanje elemenata-1.dio: Opće smjernice i osnovna načela (ISO 17294-1:2004; EN ISO 17294-1:2006) i HRN EN ISO 17294-2:2016, Kvaliteta vode – Primjena spektrometrije masa s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS)-2.dio: Određivanje odabranih elemenata uključujući uranijeve izotope (ISO 17294-2:2016; EN ISO 17294-2:2016).

### **3.4. Analiza načina korištenja zemljišta u okolici lokacija uzorkovanja**

Korištenjem programskog paketa Quantum GIS 3.24 Tisler provedena je analiza načina korištenja zemljišta u okolici lokacija uzorkovanja. Pri analizi su korišteni javno dostupni podaci sa servera Državne geodetske uprave (Digitalna ortofoto karta 2014-2016 i Zaštićena područja Republike Hrvatske) te baza načina korištenja poljoprivrednog zemljišta koja je izrađena u sklopu projekta Preispitivanja područja podložna eutrofikaciji i područja ranjiva na nitrate.

### **3.5. Statistička obrada rezultata**

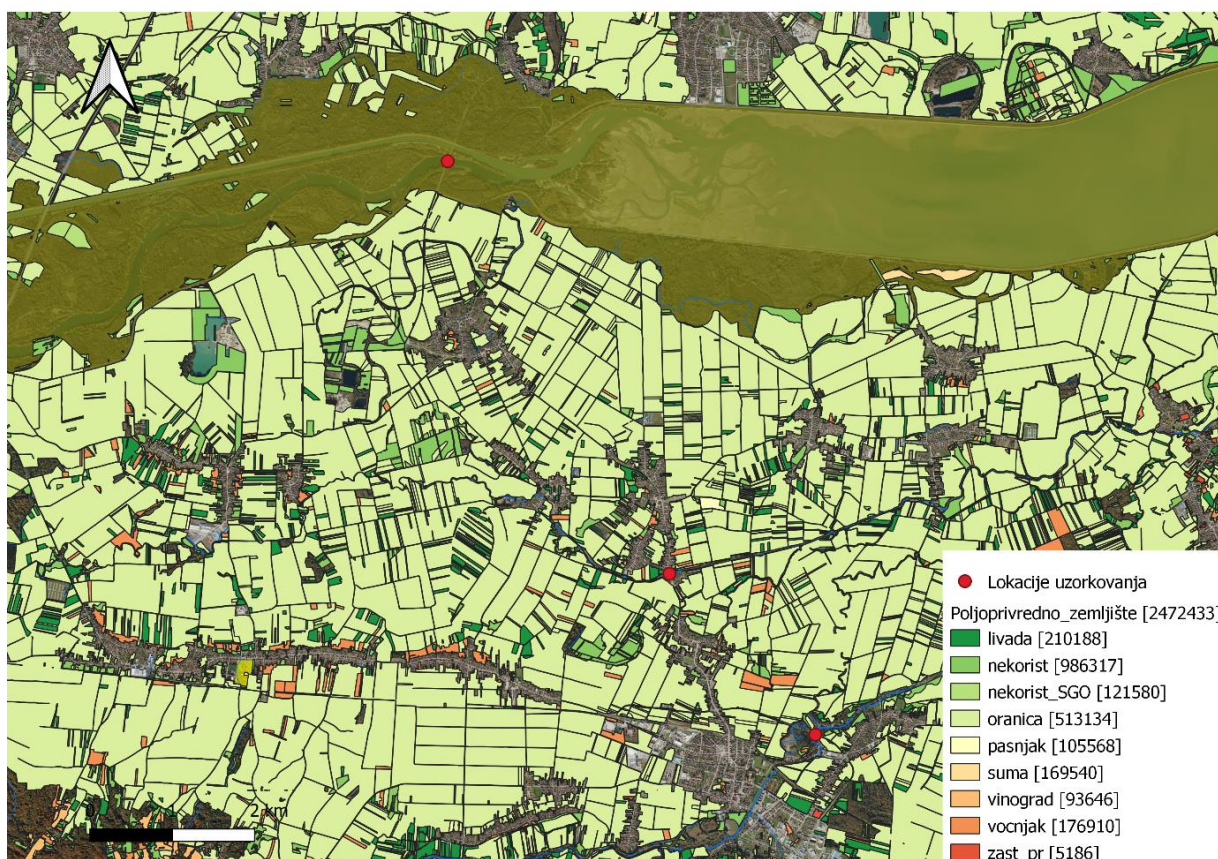
Osnovni statistički pokazatelji su određeni u programskom paketu ExcelStat za sve rezultate laboratorijskih analiza svih prikupljenih uzoraka.

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Rezultati prostorne analize načina korištenja zemljišta

Prema analizi prostornih podataka izvršenoj korištenjem geostatističkog programa Quantum GIS, a prikazanoj na slici 4.1. uočljivo je da se lokacija uzorkovanja Drava nalazi unutar granica Regionalnog parka i da je okružena prirodnom vegetacijom uz tok rijeke Drave.

Druge dvije odabrane lokacije, Plitvica i Bednja, nalaze se unutar naselja za koje je evidentna intenzivna poljoprivredna proizvodnja, koja se provodi uglavnom na oranicama, a osim toga ima i voćnjaka.



Slika 4.1. Prikaz načina korištenja poljoprivrednog zemljišta na području istraživanja

Prema podacima iz Ondrašek i sur. (2019; 2021), na području Varaždinske županije su dominantni kukuruz, žitarice, uljarice, voćnjaci, vinogradi i povrće, što odgovara i vizualnom prikazu na prethodnoj slici. Ovakva analiza nije se mogla napraviti za područje istraživanja jer nije bilo moguće baš precizno definirati što bi bila granica područja istraživanja, odnosno koji prostor može imati utjecaj na kvalitetu vode na lokacijama uzorkovanja.

## 4.2. Rezultati laboratorijskih analiza

Rezultati laboratorijskih analiza uzoraka s lokacije rijeka Plitvica prikazani su u tablici 4.1. Vidljivo je da u nekim pokazateljima nema većih promjena tijekom razdoblja uzorkovanja, kao na primjer pH koji se kreće u rasponu od 7,5 do 8,2 ili  $K^+$  koji se kreće u rasponu od 2,2 do 2,8 mg/l. Slična situacija je i s koncentracijama  $Mg^{2+}$  i  $Na^+$ . Kod parametara povezanih s dušikom, a čije granice su i propisane u Uredbi o klasifikaciji voda, ipak se može primijetiti veća varijabilnost, a i blagi porast s vremenom pa se tako koncentracija  $NO_3-N$  kreće u rasponu od 1,0 do 8,1 mg/l.

Rezultati laboratorijskih analiza uzoraka s lokacije rijeka Drava prikazani su u tablici 4.2. Kod parametara povezanih sa sumporom, čije granice su propisane u Uredbi o klasifikaciji voda, može se primijetiti veća varijabilnost, a i blagi porast s vremenom pa se tako koncentracija  $SO_4^{2-}$  kreće u rasponu od 16 do 30 mg/l. U nekim pokazateljima nema većih promjena tijekom uzorkovanja, kao na primjer pH koji se kreće u rasponu 7,3 do 8,2 mg/l. Slična situacija je i s koncentracijama  $Na^+$ ,  $K^+$  i  $Mg^{2+}$ .

Rezultati laboratorijskih analiza uzoraka s lokacije rijeka Bednja prikazani su u tablici 4.3. Kod parametara povezanih s dušikom te klorom i natrijem, čije granice su propisane u Uredbi o klasifikaciji voda, može se primijetiti veća varijabilnost, a i blagi porast s vremenom pa se tako koncentracija  $NO_3-N$  kreće u rasponu od 0,7 do 6,5 mg/l, koncentracija  $Cl^-$  se kreće u rasponu od 15 do 55 mg/l, a koncentracija  $Na^+$  se kreće u rasponu 11 do 35 mg/l.

Usporedimo li međusobno lokacije uzorkovanja može se uočiti da rijeke Bednja i Plitvica (van Regionalnog parka) pokazuju sličniji karakter i imaju relativno slične prosječne vrijednosti većine mjerenih parametara; nema većih promjena kod pH,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , dok recimo amonij, nitriti i nitrati ipak pokazuju veću varijabilnost. Ipak, promatramo li srednje vrijednosti analiziranih parametara, uglavnom su one niže na rijeci Bednji u odnosu na rijeku Plitvicu.

Kod usporedbe rijeke Bednje u odnosu na rijeku Dravu postoji veća varijabilnost kod  $HCO_3^-$  i  $Ca^{2+}$ , a izmjerene koncentracije su ujedno i više u rijeci Bednji u odnosu na rijeku Dravu. Sa parametrima  $Mg^{2+}$  i  $Na^+$  je situacija obrnuta - tu je koncentracija izmjerenih parametara viša u rijeci Dravi u odnosu na rijeku Bednju.

Fokusiramo li se više na analizirane parametre vezane za detekciju utjecaja iz poljoprivrede budući da je prema Romić i sur. (2014) utvrđeno da je u Varaždinskoj županiji 53%, a u Međimurskoj županiji 72% poljoprivredno zemljište, uočava se da rijeka Plitvica ima najviše i prosječne i maksimalne vrijednosti nitrata, dok su minimumi evidentirani na rijeci Dravi. Budući da je područje uzorkovanja na rijeci Dravi unutar granica parka i okruženo prirodnom vegetacijom, povišene koncentracije nitrata, van parka se mogu donekle povezati s poljoprivrednom proizvodnjom, ali treba uzeti u obzir da postoje i drugi izvori dušika. Zna se da se povećano ispiranje nitrata i otjecanje u podzemne i površinske vode se može pojaviti u poljoprivrednim područjima gdje je sloj tla relativno tanak ili ima nizak puferski kapacitet za hranjiva. Navedeno se češće događa na područjima gdje se dogodi promjena u korištenju zemljišta (Mesić i sur., 2002), gdje je parcela nekorištena između rotacija u plodoredu i gdje se ukloni prirodni pokrov (Addiscott i sur., 1991). Osiguranje maksimalnih prinosa u biljnoj

proizvodnji dovelo je do prekomjerne gnojidbe dušikom. Problem se javlja kada dodano gnojivo nije usvojeno od strane usjeva, a Azam i sur. (1995) navode kako od ukupno dodanog N u tlo 50 % uzima biljka, oko 25 % se veže u tlu, a ostatak od 25 % se izgubi ispiranjem, denitrifikacijom i drugim mehanizmima. Naravno, prethodno navedeno varira ovisno o kulturi, klimatskim parametrima prije i nakon primjene gnojiva, tipu tla, nagibu terena, itd.

Tablica 4.1. Rezultati laboratorijskih analiza prikupljenih uzoraka na rijeci Plitvici

Mjesec uzorkovanja	pH 25°C	E.C./ 25°C mS / m	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> - N	NO <sub>3</sub> - N	NO <sub>2</sub> - N	PO <sub>4</sub> -P	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
			mg / l										
prosinac 2021.	7,9	64,8	326	0,13	1,0	0,065	0,043	21	27	98	2,4	19	12
siječanj 2022.	8,2	67,9	351	0,45	6,4	0,005	0,005	30	28	106	2,6	21	15
veljača 2022.	7,7	69,2	360	0,39	8,1	0,062	0,032	25	26	106	2,5	23	12
ožujak 2022.	7,8	67,8	336	0,84	8,6	0,053	0,005	24	25	97	2,2	23	13
travanj 2022.	7,5	65,5	317	0,87	4,9	0,037	0,013	32	25	91	2,8	20	19
<b>sr. vrijednost</b>	<b>7,8</b>	<b>67,0</b>	<b>338</b>	<b>0,54</b>	<b>5,8</b>	<b>0,044</b>	<b>0,020</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>99</b>	<b>2,5</b>	<b>21</b>	<b>14</b>
<b>min</b>	<b>7,5</b>	<b>64,8</b>	<b>317</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>91</b>	<b>2,2</b>	<b>19</b>	<b>12</b>
<b>maks</b>	<b>8,2</b>	<b>69,2</b>	<b>360</b>	<b>0,9</b>	<b>8,6</b>	<b>0,065</b>	<b>0,043</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>106</b>	<b>2,8</b>	<b>23</b>	<b>19</b>

Tablica 4.2. Rezultati laboratorijskih analiza prikupljenih uzoraka na rijeci Dravi

Mjesec uzorkovanja	pH 25°C	E.C./ 25°C mS / m	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> - N	NO <sub>3</sub> - N	NO <sub>2</sub> - N	PO <sub>4</sub> -P	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
			mg / l										
prosinac 2021.	7,6	39,5	183	0,18	1,2	0,034	0,051	16	16	50	2,0	12	11
siječanj 2022.	8,2	39,2	189	0,77	1,5	0,025	0,005	14	19	54	1,8	12	10
veljača 2022.	7,5	40,1	201	0,03	1,2	0,035	0,005	16	25	53	1,9	13	11
ožujak 2022.	7,3	41,1	198	1,1	0,75	0,027	0,025	13	28	52	1,7	12	12
travanj 2022.	7,4	38,7	183	1,1	0,66	0,052	0,025	14	30	49	2,1	12	11
<b>sr. vrijednost</b>	<b>7,6</b>	<b>39,7</b>	<b>191</b>	<b>0,65</b>	<b>1,1</b>	<b>0,035</b>	<b>0,022</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>52</b>	<b>1,9</b>	<b>12</b>	<b>11</b>
<b>min</b>	<b>7,3</b>	<b>38,7</b>	<b>183</b>	<b>0,03</b>	<b>0,7</b>	<b>0,025</b>	<b>0,005</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>49</b>	<b>1,7</b>	<b>12</b>	<b>10</b>
<b>maks</b>	<b>8,2</b>	<b>41,1</b>	<b>201</b>	<b>1,14</b>	<b>1,5</b>	<b>0,052</b>	<b>0,051</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>54</b>	<b>2,1</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Tablica 4.3. Rezultati laboratorijskih analiza prikupljenih uzoraka na rijeci Bednji

Mjesec uzorkovanja	pH 25°C	E.C./ 25°C mS / m	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> - N	NO <sub>3</sub> - N	NO <sub>2</sub> - N	PO <sub>4</sub> -P	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
			mg / l										
prosinac 2021.	7,9	56,8	317	0,27	6,5	0,024	0,031	16	18	83	2,1	19	11
siječanj 2022.	8,3	58,1	342	0,72	1,2	0,036	0,005	15	21	90	1,8	21	11
veljača 2022.	7,7	71,0	354	1,6	1,1	0,049	0,028	55	25	83	2,3	23	35
ožujak 2022.	7,2	60,3	342	0,90	0,69	0,023	0,033	18	24	77	2,1	24	15
travanj 2022.	7,7	55,5	314	0,83	0,86	0,032	0,043	15	24	81	2,2	19	13
<b>sr. vrijednost</b>	<b>7,8</b>	<b>60,3</b>	<b>334</b>	<b>0,86</b>	<b>2,1</b>	<b>0,033</b>	<b>0,028</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>83</b>	<b>2,1</b>	<b>21</b>	<b>17</b>
<b>min</b>	<b>7,2</b>	<b>55,5</b>	<b>314</b>	<b>0,27</b>	<b>0,7</b>	<b>0,023</b>	<b>0,005</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>77</b>	<b>1,8</b>	<b>19</b>	<b>11</b>
<b>maks</b>	<b>8,3</b>	<b>71,0</b>	<b>354</b>	<b>1,59</b>	<b>6,5</b>	<b>0,049</b>	<b>0,043</b>	<b>55</b>	<b>25</b>	<b>90</b>	<b>2,3</b>	<b>24</b>	<b>35</b>

### 4.3. Rezultati laboratorijskih analiza s lokacije Bednja u ožujku 2022.

Pri redovitom uzorkovanju u ožujku 2022., na površini vodotoka Bednja uočen je film metalne prašine. Ubrzo nakon toga, ta informacija je postala i javna jer su određeni portali prenijeli vijest o zagađenju rijeke Bednje (slika 4.2.).



Slika 4.2. Isječak vijesti s portala Regionalni tjednik

U tablici 4.4 prikazani su rezultati analiza koncentracije odabranih metala (Al, Cr, Fe, Ni i Cu) s tri lokacije na rijeci Bednji. Koncentracije većine analiziranih metala najniže su na uzvodnoj lokaciji uzorkovanja, a najviše na nizvodnoj. Koncentracije Al se kreću od 55  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji Ludbreške Sesvete do 84  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji Kapela Podravska. Koncentracije Cr se kreću od 2,8  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji Ludbreške Sesvete do 4,7  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji Kapela Podravska. Koncentracije Fe se kreću od 530  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji grad Ludbreg do 801  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji Kapela Podravska. Koncentracije Ni se kreću od 1,2  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji grad Ludbreg do 1,5  $\mu\text{g/l}$  na lokacijama Ludbreške Sesvete i Kapela Podravska. Koncentracije Cu se kreću od 14  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji grad Ludbreg do 16  $\mu\text{g/l}$  na lokaciji Kapela Podravska.



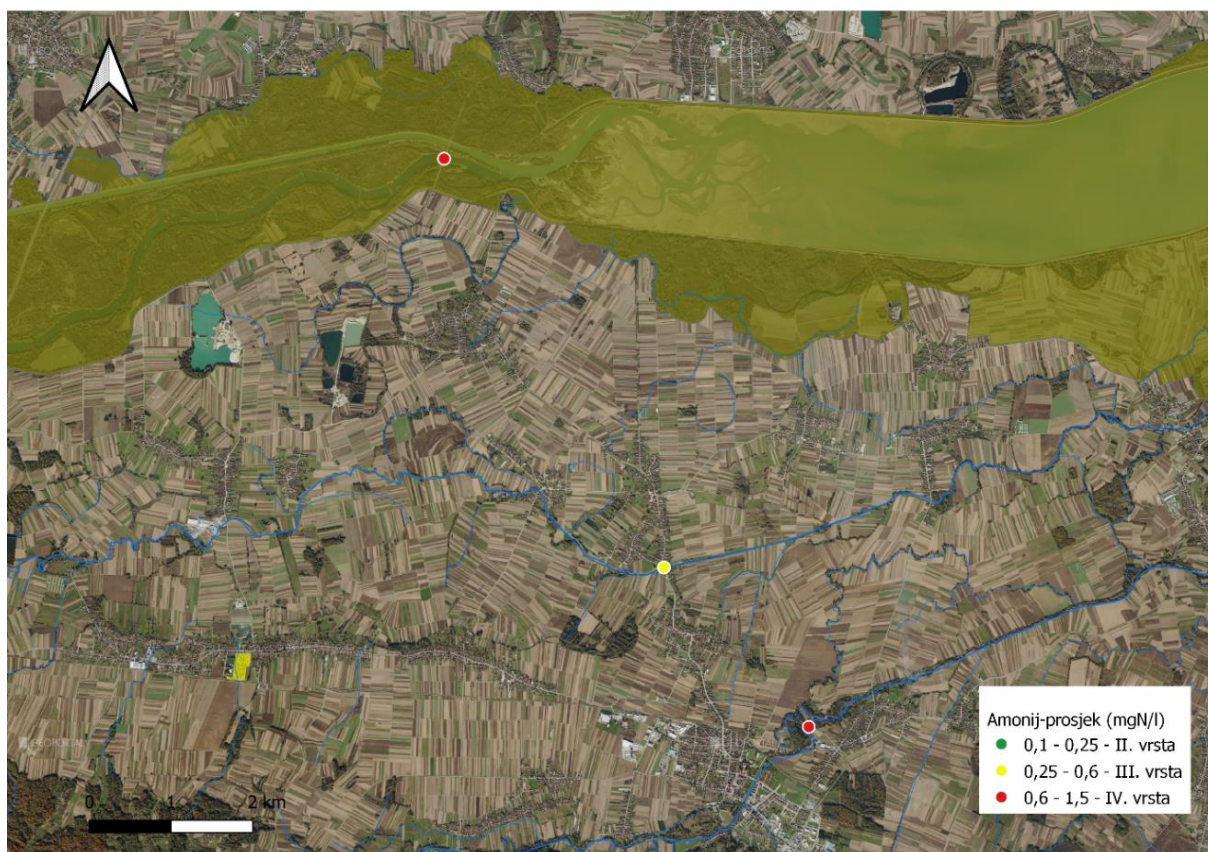
Tablica 4.4. Rezultati laboratorijskih analiza prikupljenih uzoraka na rijeci Bednji u ožujku 2022.

Lokacija uzorkovanja	Koncentracija [ $\mu\text{g/l}$ ]				
	Al	Cr	Fe	Ni	Cu
uzvodno - grad Ludbreg	59	3,2	530	1,2	14
Bednja - Ludbreške Sesvete	55	2,8	723	1,5	15
nizvodno - Kapela Podravska	84	4,7	801	1,5	16

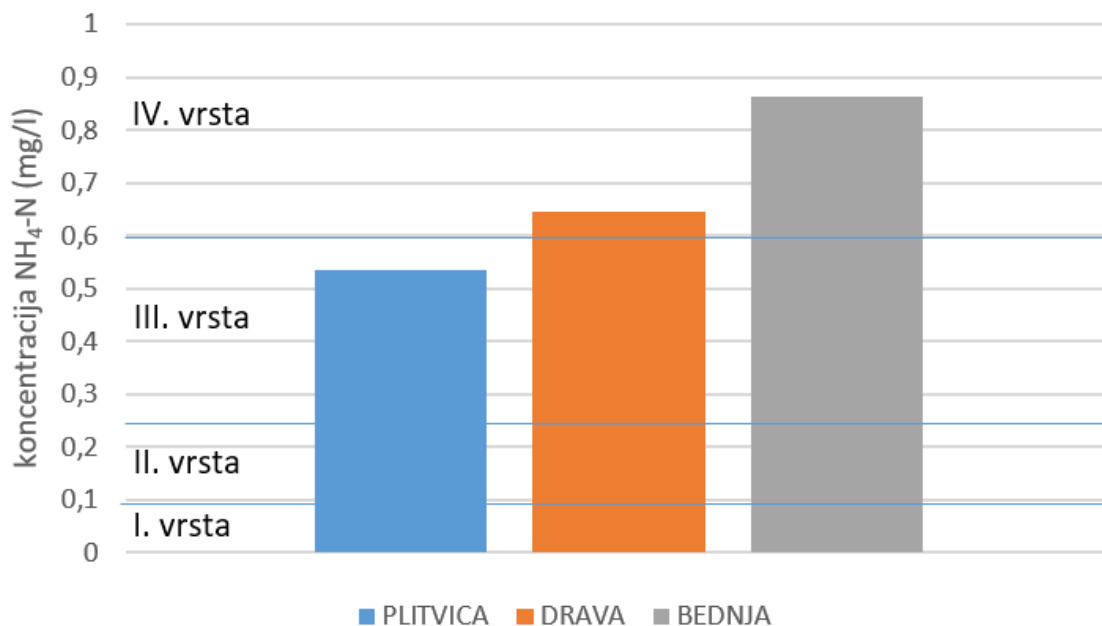
U istraživanju provedenom za potrebe diplomskog rada (Mlinarić, 2019.) koje je obuhvaćalo nekoliko lokacija u Varaždinskoj županiji, između ostalog i rijeku Plitvicu, na toj lokaciji su zabilježene koncentracije bakra ispod  $5 \mu\text{g/l}$  u razdoblju siječanj 2016. – prosinac 2018. Zapravo su sve izmjerene vrijednosti bile ispod granice instrumenta pa nisu dale dovoljno precizne rezultate da bi se usporedile s rezultatima ovog uzorkovanja. Ipak, skloni smo zaključiti da neposredna blizina postojanja za preradu metala, ukoliko adekvatno ne filtrira otpadne vode, ali i zrak koji izlazi iz pogona, može imati značajan utjecaj na kakvoću vode u blizini.

#### 4.4. Klasifikacija vodotoka prema Uredbi o klasifikaciji voda

Na slici 4.3. i grafu 4.1. su prikazane prosječne koncentracije amonija ( $\text{mgN/l}$ ) te prema Uredbi o klasifikaciji voda prosječne vrijednosti u uzorcima iz Drave i Bednje spadaju u vode IV. vrste, a Plitvice u vode III. vrste.

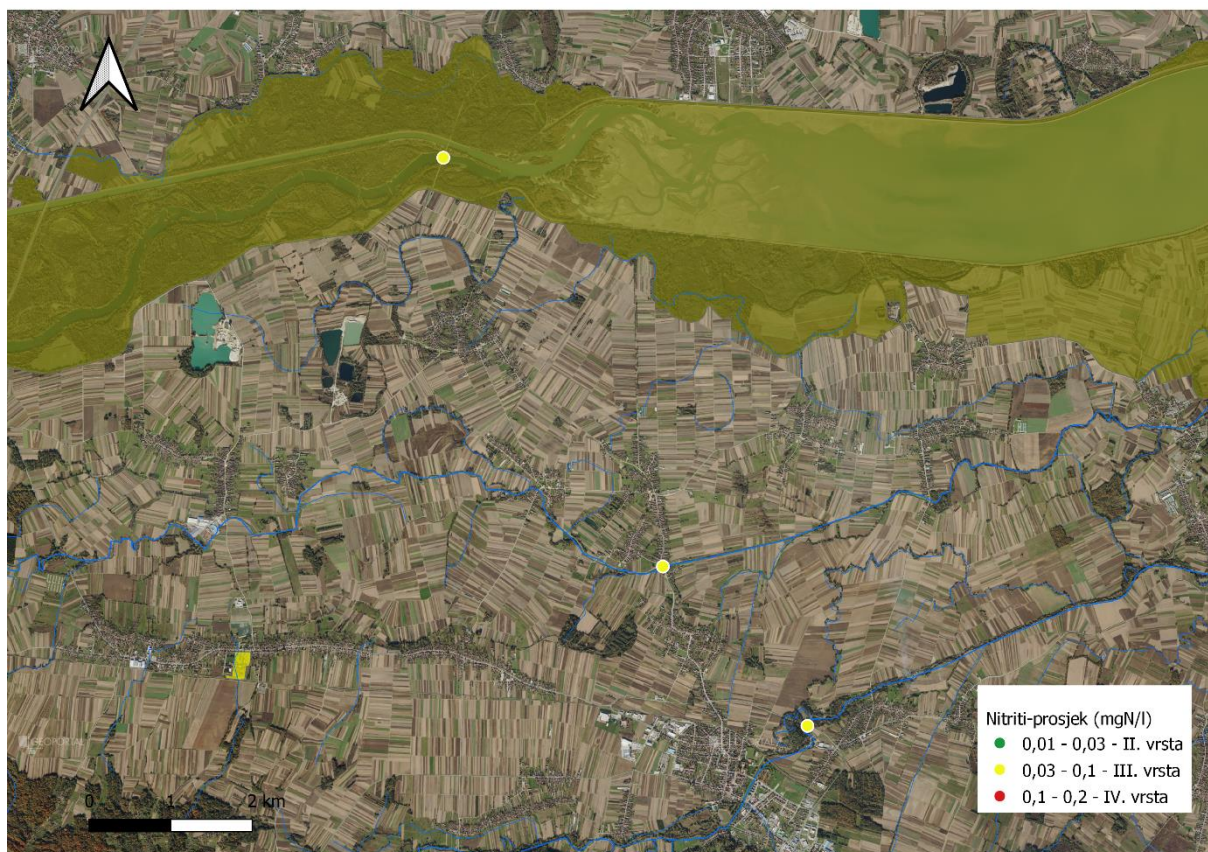


Slika 4.3. Točkasti prikaz prosječnih koncentracija amonija na lokacijama uzorkovanja

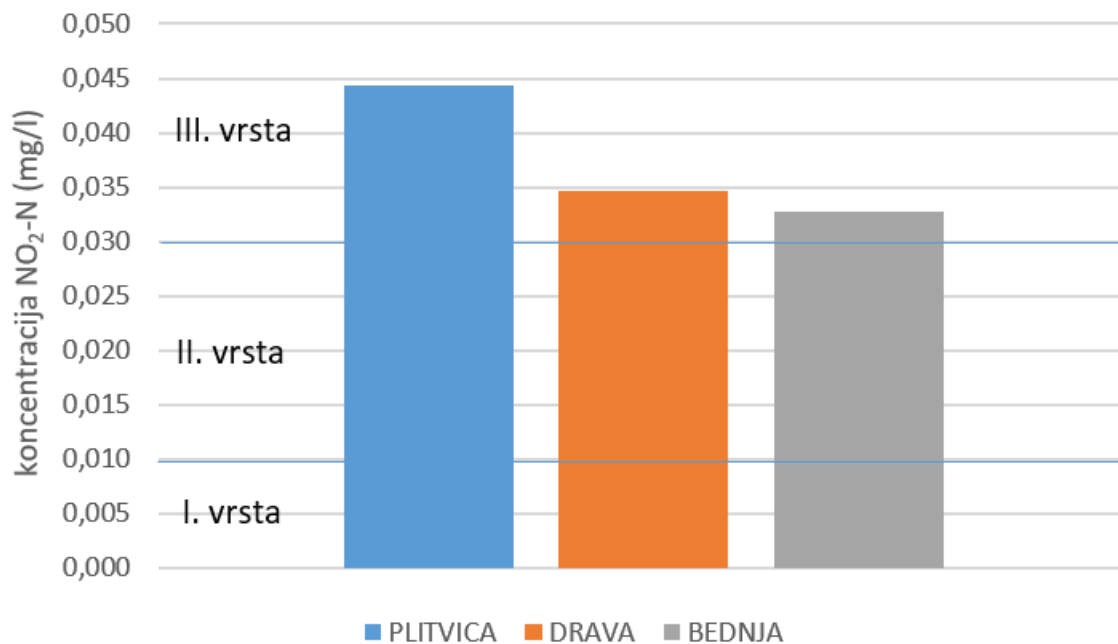


Graf 4.1. Prosječne koncentracije amonija (mgN/l) na lokacijama uzorkovanja uz naznaku granica vrste voda prema Uredbi o klasifikaciji voda

Na slici 4.4. i grafu 4.2. su prikazane prosječne koncentracije nitrita (mgN/l) te prema Uredbi o klasifikaciji voda prosječne vrijednosti u uzorcima iz Drave, Plitvice i Bednje spadaju u vode III. vrste.

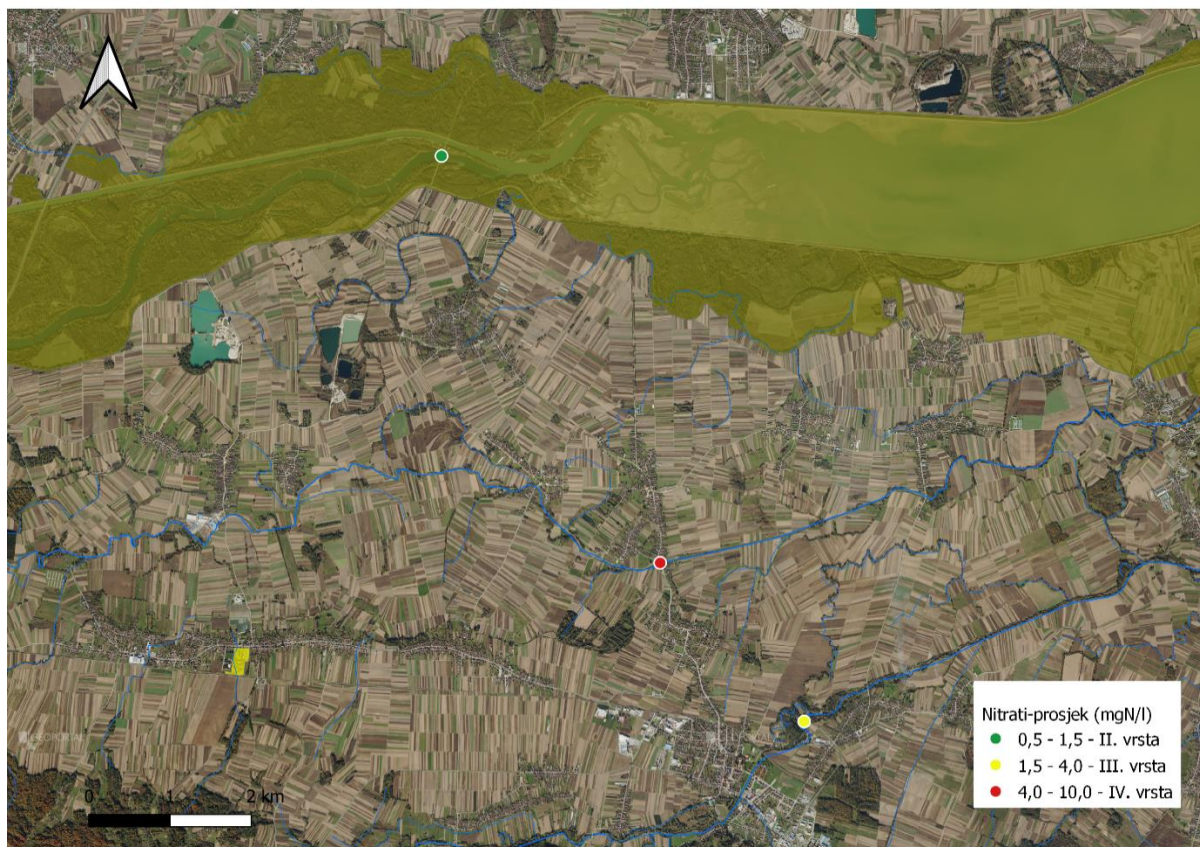


Slika 4.4. Točkasti prikaz prosječnih koncentracija nitrita na lokacijama uzorkovanja

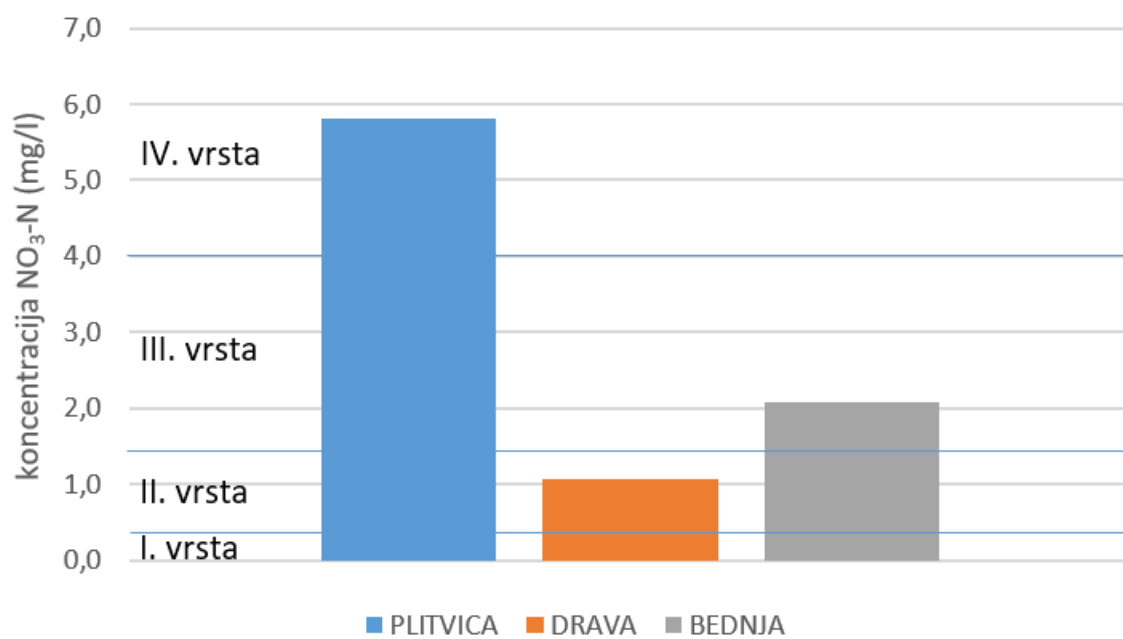


Graf 4.2. Prosječne koncentracije nitrita (mgN/l) na lokacijama uzorkovanja uz naznaku granica vrste voda prema Uredbi o klasifikaciji voda

Na slici 4.5. i grafu 4.3. su prikazane prosječne koncentracije nitrata (mgN/l) te prema Uredbi o klasifikaciji voda prosječne vrijednosti u uzorcima iz Drave spadaju u vode II. vrste, iz Bednje spadaju u vode III. vrste, a Plitvice spadaju u vode IV. vrste.



Slika 4.5. Točkasti prikaz prosječnih koncentracija nitrata na lokacijama uzorkovanja



Graf 4.3. Prosječne koncentracije nitrata (mgN/l) na lokacijama uzorkovanja uz naznaku granica vrste voda prema Uredbi o klasifikaciji voda

## 5. Zaključak

Sukladno definiranim ciljevima rada i rezultatima primijenjenih metoda analize kakvoće vode i analize prostornih podataka može se zaključiti sljedeće:

1. generalno gledano, rezultati analiziranih kemijskih pokazatelja su u razdoblju uzorkovanja bili niži na rijeci Dravi u odnosu na rijeke Bednju i Plitvicu;
2. prema Uredbi o klasifikaciji voda prosječne vrijednosti amonija u razdoblju uzorkovanja u uzorcima iz Drave i Bednje spadaju u vode IV. vrste, a Plitvice u vode III. vrste;
3. prema Uredbi o klasifikaciji voda prosječne vrijednosti nitrita u razdoblju uzorkovanja u uzorcima iz Drave, Plitvice i Bednje spadaju u vode III. vrste;
4. prema Uredbi o klasifikaciji voda prosječne vrijednosti nitrata u razdoblju uzorkovanja u uzorcima iz Drave spadaju u vode II. vrste, iz Bednje spadaju u vode III. vrste, a Plitvice spadaju u vode IV. Vrste;
5. okolica rijeka Bednje i Plitvice su naselja s razvijenom poljoprivrednom proizvodnjom.

Može se zaključiti da ipak mjere gospodarenja zemljištem, koje je van Regionalnog parka dominantno poljoprivredno i podrazumijeva primjenu različitih agrotehničkih mjera, utječu na kakvoću vode i da je kakvoća vode rijeke Drave u razdoblju uzorkovanja viša u odnosu na druge dvije lokacije.

## 6. Popis literature

1. Addiscott T. M., Whitmore A. P., Powlsen D. S. (1991): Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem. CAB International, Wallingford, Oxon, UK
2. Azam, F., Smith, D.C., Long, R.A., Steward, G.F., 1995. Bacteria in oceanic carbon cycling as a molecular problem. In Molecular Ecology of aquatic microbes edited by Ian Joint, Nato. ASI series, Series Ecol. Sci. 38, 39-54.
3. Bubalo, M. (2016). Model predviđanja koncentracije nitrata u podzemnim vodama pod utjecajima iz poljoprivrede, doktorska disertacija
4. Državni zavod za zaštitu prirode: Stručna podloga za proglašenje područja Mura-Drava u Republici Hrvatskoj regionalnim parkom, Zagreb, srpanj 2010.
5. Filipović, V., Petošić, D., Zoran, N., Bubalo, M. (2019). Prisutnost nitrata u podzemnim vodama: izvori i procesi. Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo
6. Hrvatske vode (2019). Izvješće o stanju površinskih voda u 2019. godini
7. Hrvatske vode (2019). Studija utjecaja na okoliš
8. Larva O., Marković T., Brkić Ž. (2010). Groundwater hydrochemistry of the quaternary alluvial aquifer in Varaždin region — Croatia. In: Zuber A., Kania J., Kmiecik E. (Eds.): XXXVIII IAH Congress Groundwater Quality Sustainability Extended Abstracts, Krakow
9. Mesić M., Bašić F., Grgić Z., Igrc-Barčić J., Kisić I., Petošić D., Posavi M., Romić D., Šimunić I. (2002). Procjena stanja, uzorka i veličine pritiska poljoprivrede na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske. studija, na hrvatskom.
10. Mlinarić, P. (2019). Monitoring prisutnosti pojedinih metala u površinskim vodama Varaždinske županije, diplomski rad
11. Narodne novine (NN) (107/95). Uredba o klasifikaciji voda
12. Narodne novine (NN) (22/11). Uredba o proglašenju Regionalnog parka Mura-Drava
13. Narodne novine (NN) (33/11). Odluka o određivanju područja voda pogodnih za život slatkovodnih riba
14. Narodne novine (NN) (NN 80/13, 15/18, 14/19). Zakon o zaštiti prirode
15. 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

16. Ondrašek, G., Romić, D., Bakić Begić, H., Bubalo Kovačić, M., Husnjak, S., Mesić, M., Šestak, I., Salajpal, K., Barić, K., Bažok, R., i sur. (2019). Određivanje prioriternih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora, studija
17. Prelogović E., Velić J. (1988). Kvartarna tektonska aktivnost u zapadnom dijelu Dravske potoline. Geol. Vjesnik 41: 237-253
18. Prostorni plan Varaždinske županije („Službeni vjesnik Varaždinske županije“ broj 8/00., 29/06. i 16/09.)
19. 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
20. Urumović K., Hlevnjak B., Prelogović E., Mayer D. (1990). Hidrogeološki uvjeti Varaždinskog vodonosnika. Geološki vjesnik 43: 149-158

## **ŽIVOTOPIS**

Martina Malarić rođena je 19. ožujka 1985. godine. 2011. godine je na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završila preddiplomski sveučilišni studij Agroekologije. Nakon toga dodatno se osposobljavala za rad s učenicima s teškoćama i na Hrvatskim studijima Sveučilišta u Zagrebu je položila Pedagoško-psihološko-didaktičko-metodička naobrazbu 2014. godine. Do sada je radila u prodaji poljoprivrednih preparata i kao pomoćnik u nastavi. Sveučilišni diplomski studij Agroekologija je upisala 2020. godine.

Aktivno se služi njemačkim jezikom u govoru i pismu te se koristi programima iz MS Office paketa. Majka je jedne djevojčice.