

**PRIMERJAVA KEMIČNIH ANALIZ VODE REKE
DRAVINJE IN POTOKA BREŽNICA**

**RAZISKOVALNA NALOGA
EKOLOGIJA Z VARSTVOM OKOLJA**

Pija Brdnik

9. razred

Mentorica:

Erna Drofenik Lorber, prof.

Somentorica:

dr. Kim Mezga, univ. dipl. inž. geol.

OŠ Kajetana Koviča Poljčane

Šolsko leto 2024/25



Osnovna šola Kajetana Koviča Poljčane

PRIMERJAVA KEMIČNIH ANALIZ VODE REKE DRAVINJE IN POTOKA BREŽNICE

Avtor: Pija Brdnik, 9. a

Šolsko leto: 2024/25

Mentorica: Erna Drogenik Lorber, prof.

Somentorica: dr. Kim Mezga, univ. dipl. inž. geol.

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	1
ABSTRACT	2
1. UVOD	3
1.1 Raziskovalni problem in cilji.....	3
1.2 Hipoteze.....	4
2. TEORETSKE OSNOVE.....	4
2.1 Voda v Sloveniji	4
2.2 Dravinjska dolina.....	4
2.2.1 Reka Dravinja	5
2.2.2 Potok Brežnica	9
2.4 Kemijski in indikatorski parametri	11
3. MATERIALI IN METODE	19
3.1 Raziskovalno okolje	19
3.2 Materiali.....	19
3.3 Izvedba kemijske analize vode	22
4. REZULTATI.....	26
4.1 Meritev pH vrednosti.....	27
4.2 Meritev električne prevodnosti	28
4.3 Rezultati kemijskih analiz ostalih parametrov.....	28
5. RAZPRAVA IN INTERPRETACIJA	38
6. ZAKLJUČEK.....	44
7. PRILOGE	47
7.1 Priloga 1.....	47
7.2. Priloga 2.....	48
8. VIRI IN LITERATURA	49
8.1 SPLETNI VIRI	50

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Jesenske meritve pH vode.....	27
Graf 2: Pomladne meritve pH	28
Graf 3: Jesenske meritve mangana in železa.....	29
Graf 4: Pomladne meritve mangana in železa.....	29
Graf 5: Jesenske meritve detergentov in fosfatov	30
Graf 6: Pomladne meritve detergentov in fosfatov	31
Graf 7: Jesenske meritve bakra, cinka in niklja.....	32
Graf 8: Pomladne meritve bakra, cinka in niklja	32
Graf 9: Jesenske meritve nitratov, nitritov in amonija	33
Graf 10: Pomladne meritve nitratov, nitritov in amonija	34
Graf 11: Jesenske meritve kadmija, arzena, svineca in kroma	34
Graf 12: Pomladne meritve kadmija, arzena, svineca in kroma	35
Graf 13: Jesenske meritve fenolov	36
Graf 14: Pomladne meritve fenolov	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Stanje reke Dravinje po neurju	6
Slika 3: Reka Dravinja	6
Slika 4: Mesto vzorčenja v reki Dravinji	7
Slika 5: Geološka karta od izvira reke Dravinje	7
Slika 6: Onesnažena reka Dravinja	8
Slika 7: Industrijska podjetja ob reki Dravinji od Zreč do Poljčan	9
Slika 8: Potok Brežnica (vir: OŠ Kajetana Koviča Poljčane)	9
Slika 9: Mesto vzorčenja v potoku Brežnica.....	10
Slika 10: Geološka karta od izvira potoka Brežnica do mesta vzorčenja	11
Slika 11: Zaščitna sredstva	22
Slika 12: Vzorčenje vode v potoku Brežnica in reki Dravinji	23
Slika 13: Preverjanje fizikalnih lastnosti.....	23
Slika 14: Merjenje vrednosti z indikatorskimi lističi	23
Slika 15: Zapisovanje lastnosti v zapisnik vzorčenja vode	24
Slika 16: Primer zapisnika vzorčenja vode	24
Slika 17: Najdene školjke navadnega škrčka v zgornjem delu potoka Brežnica	38

KAZALO TABEL

Tabela 1: pH vrednosti	13
Tabela 2: Dovoljene pH vrednosti glede na Uredbo o pitni vodi.....	13
Tabela 3: Referenčne vrednosti elektroprevodnosti	14
Tabela 4: Seznam uporabljenih hitrih terenskih testov za analizo vode	20
Tabela 5: Tabela datumov vzorčenj v reki Dravinji in potoku Brežnica v triletnem obdobju (2021-2024).....	22

Tabela 6: Najvišje dovoljene vrednosti parametrov glede na Uredbo o pitni vodi in Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda	25
Tabela 7: Vrednosti parametrov izmerjene le 1-krat.....	26
Tabela 8: Senzorično zaznavni parametri na datum vzorčenja v potoku Brežnica.....	26
Tabela 9: Senzorično zaznavni parametri na datum vzorčenja vode v reki Dravinji.....	26

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici, prof. Erni Drogenik Lorber, za strokovno vodenje, nasvete in podporo pri nastajanju te raziskovalne naloge.

Posebna zahvala gre somentorici, dr. Kim Mezga, univ. dipl. inž. geol., ki mi je s svojim znanjem, potrpežljivostjo in natančnostjo pomagala pri izvedbi meritev ter interpretaciji podatkov. Njena podpora in usmeritve so bile ključne za uspeh raziskave, zato sem ji izjemno hvaležna.

Zahvaljujem se tudi lektorici za skrbno pregledano besedilo in učiteljici Renati Kotnik, za povzetek v angleščini. Zahvala gre tudi moji družini za vso podporo in razumevanje skozi celoten proces dela.

POVZETEK

Raziskovalna naloga obravnava primerjavo kemijskih analiz vode reke Dravinje in potoka Brežnica v obdobju štirih let med leti 2021 in 2024. V okviru raziskave so bile meritve izvedene dvakrat letno, spomladi in jeseni. Skupaj je bilo izvedenih 7 meritev. Cilj naloge je bil ugotoviti fizikalno-kemijske lastnosti obeh vodotokov ter preučiti vplive naravnih in antropogenih dejavnikov v njunem zaledju na njihovo kakovost.

Vzorčenje vode in analiza parametrov sta zajemala različne metode dela. Delo je potekalo tako na terenu kot tudi v laboratoriju. Merila sem parametre, kot so: pH vrednosti, električne prevodnosti ter prisotnosti različnih kemijskih elementov in spojin, kot so nitrati, nitriti, amonij, fosfati, aluminij, mangan, baker, nikelj, krom, cink, kadmij, arzen, svinec, železo, detergenti in fenoli. Rezultate sem primerjala z Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) in Uredbo o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*). Izkazalo se je, da v nekaterih primerih koncentracije merjenih parametrov presegajo mejne vrednosti za površinsko in pitno vodo. Onesnažena voda lahko škodljivo vpliva na ekosisteme in živali, ki se pasejo ob reki, in posledično tudi na zdravje človeka.

Primerjava rezultatov med reko Dravinjo in potokom Brežnico je pokazala, da je reka bolj onesnažena, kar se pripisuje večjemu vplivu urbanizacije, kmetijstva in industrijski dejavnosti v njenem zaledju. Rezultati prav tako nakazujejo, da bi pogostejše in daljše poplave v Dravinjski dolini v letu 2023 lahko imele večji vpliv na onesnaženje površinskih voda. Naloga poudarja potrebo po trajnostnem upravljanju vodnih virov in ohranjanju kakovosti površinskih voda za prihodnje generacije.

Ključne besede: kemijska analiza vode, reka Dravinja, potok Brežnica, onesnaženost ekosistemi

ABSTRACT

The research assignment compares the chemical analyses of the Dravinja River and the Brežnica Stream water over a four-year period between 2021 and 2024. The measurements were carried out twice a year, in spring and autumn. A total of 7 measurements were carried out. The task aimed to determine the physico-chemical characteristics of the two watercourses and to study the effects of natural and anthropogenic factors in their hinterland on their quality.

Water sampling and parameter analysis involved different working methods. The work was carried out both in the field and in the laboratory. I measured parameters such as pH values, electrical conductivity, and the presence of various chemical elements and compounds such as nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, aluminium, manganese, copper, nickel, chromium, zinc, cadmium, arsenic, lead, iron, detergents, and phenols. The results were compared with the Regulation on the chemical status of surface waters (*Official Journal of the RS No. 14/2009*) and the Drinking water safety regulation (*Official Journal of the RS No. 61/23*). It was revealed that in some cases the concentrations of the measured parameters exceed the limit values for surface water and drinking water. Contaminated water can have a detrimental effect on ecosystems and animals grazing along the river and, consequently, on human health.

A comparison of the results between the Dravinja River and the Brežnica Stream shows that the river is more polluted, which is attributed to the greater impact of urbanization, agriculture, and industrial activity in its hinterland. The results also suggest that more frequent and longer-lasting floods in the Dravinja Valley in 2023 could have a greater impact on surface water pollution. The research highlights the need to manage water resources sustainably and to preserve surface water quality for future generations.

Key words: chemical analysis of water, Dravinja river, Brežnica Stream, pollution, ecosystems

1. UVOD

1.1 Raziskovalni problem in cilji

Namen moje raziskave je bil preučiti fizikalno-kemijske lastnosti vode v reki Dravinji in potoku Brežnica. V triletnem obdobju (2021–2024) sem tako ugotavljala vpliv naravnih in človeških dejavnosti na kakovost teh dveh vodnih teles površinske vode. Čeprav je reka Dravinja precej raziskana reka, na kateri se redno izvaja državni monitoring, tovrstnih kemijskih analiz vode na potoku Brežnica doslej ni bilo opravljenih. Osredotočila sem se na spremljanje koncentracij kovin (kalij, baker, nikelj, krom, cink, kadmij, svinec, železo, aluminij), nitratov, fenolov, detergentov in drugih kemijskih parametrov, ki lahko vplivajo na okolje in zdravje ljudi. S primerjavo rezultatov analiz v spomladanskem in jesenskem času sem želela pridobiti vpogled v sezonska in letna nihanja v vsebnosti omenjenih analiziranih parametrov vode ter opozoriti na morebitne nevarnosti onesnaževal, ki lahko izvirajo iz kmetijstva, industrije ali drugih virov.

Z raziskavo želim prispevati k boljšemu razumevanju vpliva morebitnih onesnaževal na stanje vodnih teles površinskih vod v Dravinjski dolini ter poudariti pomen in potrebe po ohranitvi ali ponovni vzpostavitvi dobrega kemijskega stanja vodnih teles površinskih voda za prihodnje generacije.

V raziskovalni nalogi sem želela ugotoviti, v kakšnem kemijskem stanju sta vodotoka, prepoznati morebitne sezonske podobnosti sestave vode obeh vodotokov in ugotoviti, ali se kakovost vode sezonsko spreminja. Hkrati sem želela določiti izvor spremljanih kemijskih merjenih parametrov v vodi (naravni ali antropogeni viri).

V ta namen sem si zastavila naslednje raziskovalne cilje:

- primerjati kemijske parametre v vodi reke Dravinje in potoka Brežnica v treh različnih letih, in sicer s poudarkom na fizikalno-kemijskih parametrih (pH vrednost, električna prevodnost), vsebnosti prisotnih nevarnih elementov in drugih pomembnih fizikalno-kemijskih lastnostih;
- zaslediti morebitne letne in sezonske spremembe v kakovosti vode obeh vodotokov (2021–2024);
- ugotoviti izvor merjenih parametrov v vodi in opredeliti, ali so posledica naravnega ali antropogenega (človeškega) vpliva.

1. 2 Hipoteze

V skladu z raziskovalnimi cilji sem si zastavila naslednji hipotezi.

Hipoteza 1: Koncentracije nekaterih parametrov, za katere menim, da so antropogenega izvora, v zadnjih letih naraščajo.

Hipoteza 2: Reka Dravinja je zaradi daljšega odseka in večje urbanizacije bolj onesnažena kot potok Brežnica.

2. TEORETSKE OSNOVE

2. 1 Voda v Sloveniji

Voda v Sloveniji sodi med najčistejše in bolj kakovostne v Evropi, vendar se kljub temu sooča z nekaterimi težavami glede onesnaženja. Glavni viri onesnaževal v površinski in podzemni vodi so kmetijstvo, industrija in gospodinjstva. Kmetijska gnojila in pesticidi lahko onesnažijo podzemno vodo, medtem ko industrijski odpadki in neustrezno ravnanje z odpadno vodo vplivajo na reke in jezera ter posledično tudi na podzemno vodo (Škrbec, 2017).

Poraba vode v Sloveniji je precej visoka (117 litrov na dan) predvsem zaradi široke uporabe vode v kmetijstvu, pa tudi v gospodinjstvih in industriji. Kljub temu da je Slovenija bogata z vodnimi viri, je potrebno z vodo varčevati in z njo trajnostno ravnati. Predvsem v prihodnosti prekomerna poraba in onesnaževanje predstavljata grožnjo za kakovost tega dragocenega vira (Škrbec, 2017).

2.2 Dravinjska dolina

Dravinjska dolina leži v severovzhodnem delu Slovenije in jo obdajajo Pohorje, Boč in Dravinjske gorice ter je bogata z naravnimi zanimivostmi. Sodi v obpanonsko pokrajino, za katero je značilno prepletanje gričevij in ravninskega sveta. Podnebje je celinsko, povprečna letna višina padavin se giblje med 1000 in 1100 mm, povprečna temperatura zraka na leto je med 10 °C in 11 °C. V ravninah prevladujejo kmetijske površine. Nekoč so bili na ravninah prisotni mokroti travniki, izsušeni zaradi kmetijstva in poselitve (Štarkel, Prosenc, 2021), sedaj pa prevladujejo predvsem kmetijske površine. Skozi to dolino tečeta tudi reka Dravinja in potok Brežnica, ki sta predmet moje raziskave.

2. 2. 1 Reka Dravinja

Reka Dravinja (Slika 1) je največji pritok reke Drave v Sloveniji. Je značilna nižinska reka, za katero je značilen počasen vijugasti tok. Izvira južno od Rogle na Pohorju na nadmorski višini okoli 1200 m. Ima več izvirov, vsi pa so pod Roglo na nadmorski višini okoli 1150 m. Skupna dolžina reke je 73 km, vsi njeni pritoki skupaj pa zajemaj 1361 km. Ima leve in desne pritoke, eden od njih je tudi potok Brežnica (Občina Zreče, 2018). Dravinja se v Dravo izlije ob robu krajinskega parka Šturmovec (Štarkel, Prosenc, 2021).

Dravinja ob hujšem dežju občasno tudi poplavlja, ker so zanjo so značilne poplavne ravnice. To so nizko ležeča območja ob reki, ki se ob povečanem vodostaju redno zalijejo. Njihova širina je odvisna od terenskih značilnosti, saj se na nekaterih mestih močno razširijo, drugje pa zožijo zaradi reliefa in človeških posegov. Poplave so posledica plitvega rečnega korita, nasipanja materiala in vpliva pritokov, ki povečujejo obseg razlivanja. Na teh območjih se nahajajo obsežni travniki, ki so pomembni za lokalno živinorejo, vendar pa so poplave v preteklosti že ogrozile naselja in infrastrukturo (Šifrer, 1978).

Poplavni travniki ob reki Dravinji, kjer so ohranjene mejice, drevesa, trstišča in mrtvice, predstavljajo dom beli štoklji, ki ima v Dravinjski dolini eno najmočnejših populacij v Sloveniji. Na teh območjih preletavajo tudi metulji, temni in strašničin mravljiščar ter močvirski cekinček. Reka Dravinja je habitat za kačje pastirje, kot je kačji potočnik, ob vodi pa lahko srečamo tudi ptica vodomca (Občina Poljčane, 2023).

Na spodnji fotografiji je prikazano stanje reke Dravinje po neurju (Slika 1).



Slika 1: Stanje reke Dravinje po neurju (vir: Civilna zaščita občine Poljčane)

Zaledje reke Dravinje je geološko raznoliko (Slika 5, zelen okvirček), saj v zgornjem toku, na območju Pohorja, prevladujejo metamorfne in magmatske kamnine. V srednjem in spodnjem toku Dravinje, kjer reka teče skozi Dravinjsko dolino, so tla pretežno sestavljena iz aluvialnih sedimentov, ki jih je nanese la reka. Ta območja so značilna po rodovitnih naplavinskih tleh, ki so primerna za kmetijstvo (Gams, 2008).

Ob reki Dravinji in v njenem zaledju se pred Poljčanami nahajajo naselja, kot sta Slovenske Konjice in Zreče.

Naselja so skozi zgodovino izkoriščala bližino reke Dravinje za razvoj kmetijstva in industrije, hkrati pa so bila izpostavljena tudi poplavam in drugim naravnim vplivom, povezanim z reko (Gams, 2008).

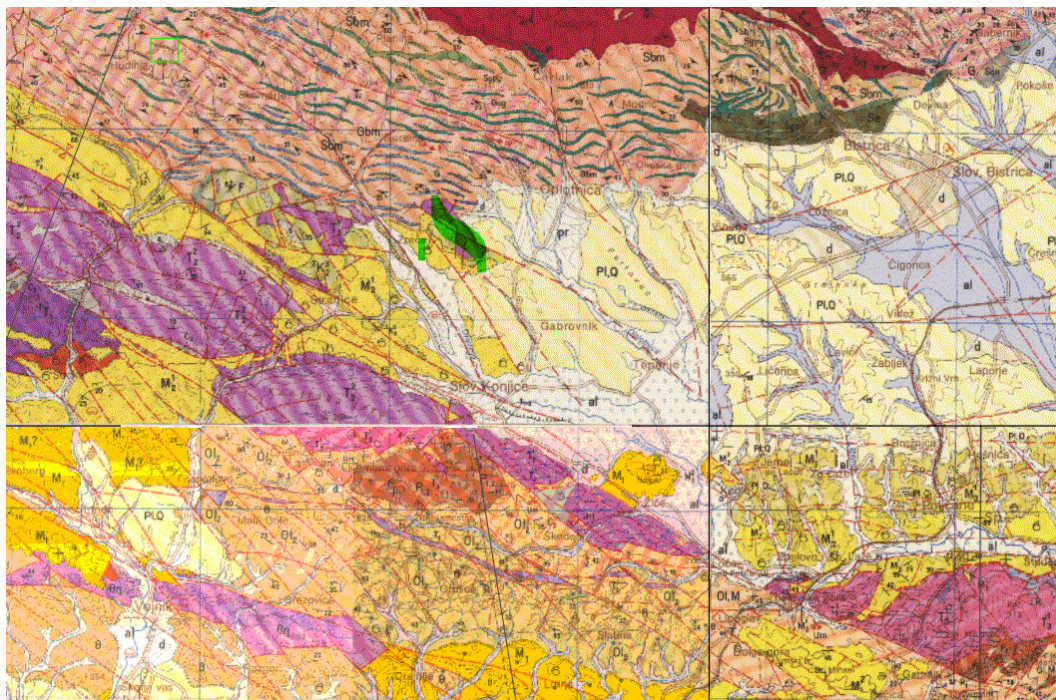


Slika 2: Reka Dravinja (vir: OŠ Kajetana Koviča Poljčane)

Na spodnji fotografiji (Sika 4) sta prikazani mesto vzorčenja (z rdečim krogom) v reki Dravinji in območje od izvira reke do mesta vzorčenja (Slika 5).



Slika 3: Mesto vzorčenja v reki Dravinji (rdeč krog) (vir: <https://ogk100.geo-zs.si/>)



Slika 4: Geološka karta od izvira reke Dravinje (zelen okvirček) do mesta vzorčenja (vir: <https://ogk100.geo-zs.si/>)

Industrijska podjetja, ki se nahajajo ob reki Dravinji od Zreč do Poljčan, se ukvarjajo z različnimi panogami, ki bi lahko oz. so že imele vpliv na vodotok (Slika 6). Ta industrijska podjetja so: Unior, kovaška industrija (proizvodnja ročnega orodja), GKN Driveline Slovenija

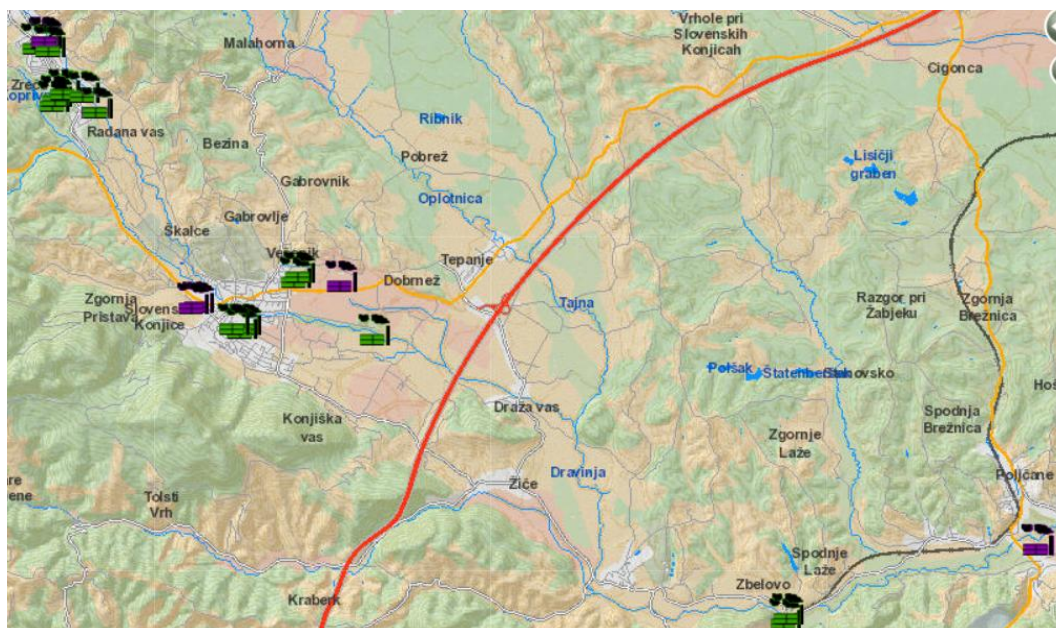
(proizvodnja ležajev, zobnikov in elementov za mehanski prenos energije), Weiler abrasives d. o. o. (proizvodnja brusilnih sredstev), MOL&INA (trgovina na drobno z lastnimi motornimi gorivi), Konus Konex in Konitex d. o. o. (proizvodnja galanterije, sedlarskih in jermenskih izdelkov) (Slika 7).

Leta 2020 je prišlo do vidnih sprememb reke Dravinje, ki so bile najverjetneje posledica izpusta industrijskih voda.

Spremembe na vodi reke Dravinje so bile v obliki pene, ki je bila vidna že dalj časa, kar so občani opazovali več let. Januarja 2020 so ponovno zaznali belo snov v reki, kar je sprožilo obvestilo policiji. V nadzoru, ki ga je izvedla okoljska inšpekcija, je bilo ugotovljeno, da industrijska odpadna voda izteka v reko Dravinjo. Voda na izpustu in reka Dravinja sta bili obarvani, medtem ko zgornji del reke ni bil prizadet (Delo, 2020).



Slika 5: Onesnažena reka Dravinja (vir: PGD Slovenske Konjice)



Slika 6: Industrijska podjetja ob reki Dravinji od Zreče do Poljčan (vir: ARSO)

Onesnaženje je lahko prisotno tudi zaradi kmetijskih dejavnosti.

Gnojila vsebujejo različne količine hranil, ki so ključna za rast rastlin. Najpomembnejša hranila, ki jih rastline ne dobijo dovolj iz tal, so dušik (N), fosfor (P) in kalij (K), medtem ko kalcij (Ca), magnezij (Mg) in žveplo (S) prav tako sodijo med glavna hranila. Gnojila delimo na organska in mineralna (Rajski vrt, 2025).

2. 2 .2 Potok Brežnica

Potok Brežnica izvira v zahodnem delu Dravinjskih gor in teče skozi Poljčane (Slika 9), kjer se izliva v reko Dravinjo. V zgornjem in srednjem toku teče po naravni strugi, obdani z rastjem, medtem ko je v spodnjem toku skozi Poljčane struga umetno urejena in deloma obzidana. Zaradi plitve struge in majhnega strmca lahko ob močnejših padavinah potok poplavi okoliške travnike in ogroža hiše (Brežnica, 2020).



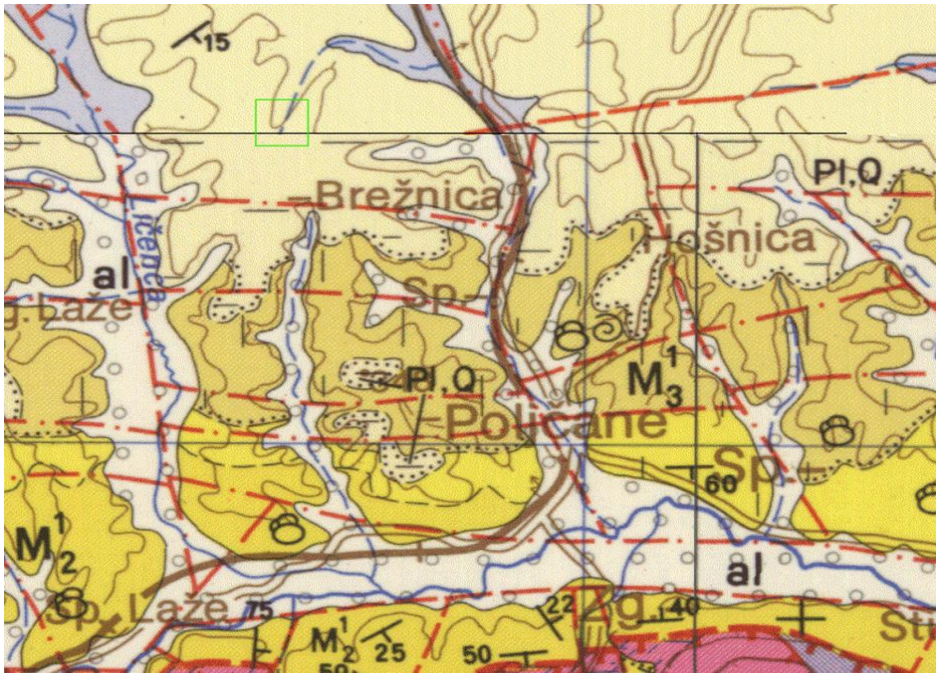
Slika 7: Potok Brežnica (vir: OŠ Kajetana Koviča Poljčane)

Na spodnji fotografiji (Slika 9) je prikazano mesto vzorčenja (z rdečim krogom) v potoku Brežnica.



Slika 8: Mesto vzorčenja v potoku Brežnica (rdeč krog) (vir: <https://ogk100.geo-zs.si/>)

Zaledje potoka Brežnica se nahaja v Dravinjskih gorah, ki so sestavljene iz neprepustnih kamnin (Slika 10). V njenem zaledju pred Poljčanami se nahajata vasi Zgornja Brežnica in Spodnja Brežnica (Gams, 2008).



Slika 9: Geološka karta od izvira potoka Brežnica (zelen okvirček) do mesta vzorčenja (vir: <https://ogk100.geo-zs.si/>)

Kemijska analiza vode je bila izvedena v okviru delavnic VITR, v katere je vključena naša šola. **VITR (vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj)** je vizija vzgoje in izobraževanja, ki poudarja celovit, interdisciplinaren pristop k pridobivanju znanja, sposobnosti in veščin, potrebnih za trajnostno prihodnost, pa tudi za spremembo vrednot, vedenja in življenjskih navad (Resnik Planinc in Ogrin, 2020).

2. 4 Kemijski in indikatorski parametri

Kemijska analiza vode vsebuje različne metode in preizkuse fizikalnih in kemijskih lastnosti vode, ki jih je potrebno izmeriti za nadzor kakovosti vode (Jagt, 2019).

Indikatorski parametri nimajo mejnih vrednosti, določenih glede na neposredno nevarnost za zdravje, temveč zagotavljajo vpogled v stanje celotnega sistema. Ob spremembah opozarjajo na morebitne težave z vodo, ki jih je treba raziskati (NIJZ, 2024).

Nekatere od omenjenih vrst, kot sta rogalist (*Myriophyllum spicatum*) in trikotničarka (*Dreissena polymorpha*) so invazivne in lahko negativno vplivajo na ekosisteme (Invazivke.si, 2025).

V nadaljevanju so predstavljeni parametri, ki sem jih opazovala in merila v vodi.

Barva je pomembna fizikalna lastnost pri kemijski analizi, ker lahko služi kot pokazatelj prisotnosti določenih snovi. Pitna voda bi morala biti brezbarvna, saj lahko prisotnost barve

pomeni prisotnost obarvanih organskih snovi in spremembe v njeni sestavi. Pitna voda se lahko obarva tudi ob kontaminaciji vodnega vira z industrijsko odpadno vodo. V nekaterih primerih se barva snovi spreminja v skladu z njeno kemijsko sestavo, koncentracijo ali reakcijami z drugimi snovmi (WHO, 2022).

Motnost je pokazatelj prisotnosti delcev, ki jih lahko tvorijo organske ali anorganske snovi, lahko pa tudi mikroorganizmi. Je pomemben parameter v procesu nadzora. Večja motnost (npr. usedline oz. sediment v vodi) je prisotna v površinskih vodah kot posledica dviganja usedline. Izražamo jo v NTU (nefelometričnih turbidimetričnih enotah). Izmerimo pa jo s primerjavo sipanja svetlobe pri prehodu skozi vzorec vode in skozi vzorec z znano motnostjo (KVS, 2009).

Vonj je organoleptični parameter, saj se ugotavlja s čutili. Sprememba vonja vode lahko nakazuje na spremembo sestave vode (lahko raztaplja materiale ali snovi v stiku s pitno vodo) ali pripravo vode (KVS, 2009). Metoda ni povsem zanesljiva zaradi vpliva človeškega faktorja (subjektivnosti), zato na to informacijo gledamo s pridržkom.

Temperatura je pomembna fizikalna lastnost v vodi in določa vrste vodnega življenja, uravnava maksimalno koncentracijo raztopljenega kisika ter vpliva na hitrost kemijskih in bioloških reakcij. Uravnava tudi hitrost izhlapevanja vode v ozračje, vendar podnebne spremembe vplivajo na povečano izhlapevanje, ki lahko povzroči preveč padavin ali sušo. Merimo jo v enoti °C, merilna naprava pa je termometer (SDWF, 2016).

Kratica **pH** pomeni »potencial hidrogena«. Vrednost pH vode nam pove koncentracijo vodikovih ionov oz. stopnjo kislosti ali bazičnosti vode. Merimo ga na lestvici od 0 do 14 brez enot. Vrednosti 1–6,9 opisujejo kislost, 7 nevtralnost in 7,1–14 bazičnost (Tabela 1). Najvišja dovoljena vrednost za pH za površinske vode je do 9,5 (Tabela 2). Izpostavljenost ekstremnim vrednostim pH lahko povzroča draženje oči, sluznic in kože. Meri se po logaritmični lestvici od 0 do 14 (KVS, 2009).

Vrednosti pH se lahko zvišajo zaradi visoke koncentracije alg in cianobakterij v vodi, saj te s fotosintezo porabljajo veliko ogljikovega dioksida. Vrednosti pa ob nizkih vrednostih – kislinskih območjih, povečujejo topnost nekaterih težkih kovin (CIANO, 2024).

Organizmi, značilni za kisle površinske vode, se razvijajo v kislem okolju in so prilagojeni na nizek pH ter nizko vsebnost mineralov v vodi. Med fitoplanktonom prevladujejo kremenaste alge (diatomeje), saj so odporne na nižji pH (ARSO, 2024). Med makrofiti uspevajo predvsem mahovi, kot je *Fontinalis antipyretica*, in nekatere vrste vodnih praproti (Življenjska okolja – Arnes, n.d.). Bentosni organizmi vključujejo ličinke enodnevnice, mladoletnic in vrbnic, ki so

prilagojene kislim pogojem (Eucbeniki.sio.si, 2024). Poleg tega so v kislih vodah pogosto prisotni rakci iz reda *Amphipoda*, saj so odporni na nizke vrednosti pH. Ribji svet v kislih rekah pogosto sestavljajo vrste, kot je postrv (*Salmo trutta*), ki lahko prenaša nižji pH, medtem ko so vrste, kot je krap, manj prilagojene takšnim razmeram (Tehnofan, 2025). Invazivne vrste so v kislih rekah redkejšje zaradi zahtevnih ekoloških razmer, vendar lahko nekatere rastlinske vrste, kot je kanadska zlata rozga (*Solidago canadensis*), vplivajo na obrežne ekosisteme (Cizelj, Lipovšek, 2019).

Prav tako bi kisli pogoji lahko povzročili odmiranje rib in ostale biotske pestrosti, saj kisel pH povečuje izločanje vrednosti nevarnih snovi (aluminij, mangan, železo ...), ki bi poškodovali njihove škrge in ostale organe. Kljub temu da bi se nekatere vrste prilagodile, bi se zaradi kislih pogojev rodnost znižala (vpliv na jajčeca in zmanjšanje plodnosti) (Hajrlahović, 2023).

Organizmi, značilni za bazične površinske vode, se razvijejo v bazičnem okolju in so prilagojeni alkalnemu okolju. Med fitoplanktonom prevladujejo modrozelenke alge (cianobakterije), kot sta *Microcystis* in *Oscillatoria*, ter kremenaste alge (diatomeje), npr. *Navicula* in *Nitzschia*. Med bentosnimi organizmi so značilni polži (*Theodoxus fluviatilis*), školjke (*Unio*, *Anodonta*) ter ličinke enodnevnice, mladoletnic in vrbnic, ki so pokazatelji dobre kakovosti vode. Ribji svet sestavljajo predvsem vrste iz družine krapovcev, kot so krap (*Cyprinus carpio*), linj (*Tinca tinca*) in platnica (*Rutilus rutilus*), v večjih rekah pa uspevajo tudi plenilci, kot sta ščuka (*Esox lucius*) in sulc (*Hucho hucho*) (ARSO, 2021).

Med makrofiti so pogoste vrste, kot sta rožiček (*Ceratophyllum demersum*) in morska metlika (*Zannichellia palustris*), večkrat pa se pojavlja tudi invazivni rogalist (*Myriophyllum spicatum*) (Frontiers in Microbiology) (Jeevannavar, Narwani, Matthews, Spaak, Brantschen, Mächler, Altermatt in Tamminen, 2024).

Tabela 1: pH vrednosti (vir: KVS, 2009)

pH vrednost	Vrsta vode
0–7	kisla
7	nevtralna
7–14	bazična

Tabela 2: Dovoljene pH vrednosti glede na Uredbo o pitni vodi (vir: Tehnofan, 2025)

Dovoljene pH vrednosti v pitni vodi:	
Najnižja dovoljena vrednost:	6,5
Najvišja dovoljena vrednost:	9,5

Elektroprevodnost (EC) je merilo sposobnosti vode, da prevaja električni tok. To lastnost povzročajo ionske snovi, kot so mineralne soli (npr. natrijev klorid, kalcijev sulfat), kisline, baze in drugi raztopljeni elektroliti, ki se v vodi disociirajo v ione. Meri se v enotah mikroSiemensih na centimeter ($\mu\text{S/cm}$) ali mili-Siemensih na centimeter (mS/cm) (NLZOH, 2021).

Referenčne vrednosti elektroprevodnosti vode se razlikujejo glede na vrsto vode in njeno sestavo. V spodnji tabeli (Tabela 3) je predstavljenih nekaj referenčnih vrednosti elektroprevodnosti, ki služijo kot smernice.

Tabela 3: Referenčne vrednosti elektroprevodnosti (vir: NIJZ, 2021)

Vir vode	Vrednost elektroprevodnosti ($\mu\text{S/cm}$)	Opombe
Pitna voda	50–1500 $\mu\text{S/cm}$	Pitna voda običajno vsebuje minerale in soli, ki prispevajo k elektroprevodnosti.
Naravna površinska voda (reke, jezera)	100–2000 $\mu\text{S/cm}$	Vrednosti so odvisne od geoloških značilnosti območja, vsebnosti raztopljenih snovi in vpliva človeških dejavnosti.
Podzemna voda	200–1000 $\mu\text{S/cm}$	Podzemna voda običajno vsebuje več raztopljenih mineralov kot površinska voda.
Deionizirana voda (laboratorijska)	< 1 $\mu\text{S/cm}$	Deionizirana voda ima zelo nizko vsebnost ionov, zato je njena elektroprevodnost zelo nizka.
Morska voda	35,000–50,000 $\mu\text{S/cm}$	Visoka vrednost zaradi vsebnosti soli.
Odpadna voda	1,000–10,000 $\mu\text{S/cm}$ (ali več)	Elektroprevodnost je odvisna od vrste onesnaževal in koncentracije raztopljenih snovi.

Visoke vrednosti EC lahko imajo slab vpliv na organizme, ene izmed teh so tudi školjke navadni škvrček, ki se nahajajo v potoku Brežnica.

Dolgotrajno onesnaženje vode bi školjkam in ostalim organizmom lahko škodovalo ter povzročilo, da bi ti težje uravnavali ravnovesje tekočin in soli v svojih telesih, kar bi lahko privedlo do dehidracije, zastrupitve ali celo smrti organizmov v obeh vodotokih (Govedič, 2020).

Nitrati (NO_3^-) in nitriti (NO_2^-) sta naravni obliki dušika, ki se v vodi in drugod v okolju lahko pojavita kot pokazatelj človekove dejavnosti – uporaba umetnih in naravnih gnojil, uporaba v

industriji, prisotnost v komunalnih odplakah. Ob zastrupitvi se po telesu pojavi motena presnova kisika. Mejna vrednost za odraslega človeka je 50 mg/l za nitrat (NO_3^-) in 0,50 mg/l za nitrit (NO_2^-). Merimo jih v enotah mg/l ali $\mu\text{g/l}$ (ARSO, 2014).

Nitrati nastanejo s procesom, imenovanim nitrifikacija. To je proces, pri katerem s postopkom amonifikacije NH_4^+ do NO_3^- z oksidacijo produkta nastane nitrit (NO_2^-). Ta v drugi stopnji nitrifikacije oksidira v nitrat (NO_3^-) (Vojvoda, 2013).

Fosfati (PO_4^{2-}) so naravno prisotni v mnogih kamninah (npr. sedimentnih), v okolje pa pridejo iz Zemljine atmosfere in preko človekovih odplak. Ob zastrupitvi ob prevelikih odmerkih v vodi, tj. nad 1000 mg/l, lahko povzročijo prebavne motnje, zato je ob takih primerih priporočeno uporabljanje druge vode. Merimo jih v enotah mg/l ali $\mu\text{g/l}$ (NIJZ, 2014).

Povišane koncentracije fosfatov v vodi lahko povzročajo eutrofikacijo, ki se kaže kot množična rast alg in zmanjšanje kisika v vodi. To negativno vpliva na biotsko raznovrstnost, saj lahko povzroči širjenje invazivnih vrst in mrtve cone brez kisika (Dnevnik, 2012). Fosfati v vodi lahko pospešijo rast bakterij, kot je *Legionella pneumophila*, kar predstavlja dodatno tveganje za zdravje ljudi in živali, saj lahko vpliva na kakovost vode (Jereb, 2019).

Detergenti (anioni in kationi) so površinsko aktivne snovi, ki lahko vsebujejo različne anione (npr. sulfatne, fosfatne ione) in katione (npr. amonijeve ione). Prisotnost teh ionov v vodi lahko vpliva na njeno trdoto, pH vrednost ter na ekosisteme v vodnih telesih (Pivk, 2011).

Povišane koncentracije anionskih detergentov, ki izvirajo predvsem iz antropogenih virov, kot so gospodinjstva in industrija, lahko povzročijo številne negativne učinke na vodne organizme. Linearne alkilbenzen sulfonske kisline (LAS), ki so anionske površinsko aktivne snovi, niso zlahka razgradljive v anaerobnih pogojih, kar vodi do velikih koncentracij v blatu iz čistilnih naprav. LAS so tudi strupene za vodne organizme (Zveza potrošnikov Slovenije, 2022).

Mangan (Mn) je mineral, ki ga v naravi najdemo v podzemni in tudi v površinski vodi, in sicer kot posledico človeške dejavnosti – industrije in rudarstva. Uporablja se v različnih industrijah za proizvodnjo pripomočkov za čiščenje, gnojil, lakov in kozmetike. Dnevni vnos v pitni vodi in hrani za odraslega človeka je do 10 mg/dan. Ni nujni zdravstveni problem, temveč bolj tehnično-estetski, saj ob zvečanih koncentracijah obarva sanitarno in kuhinjsko opremo, perilo in pijačo ter jim da drugačen okus. Je eden izmed najpogostejših elementov v zemeljski skorji in ga pogosto najdemo skupaj z železom. V Uredbi o pitni vodi (Ur.l.RS št. 61/2023) je mangan

uvrščen kot indikatorski parameter z mejno vrednostjo 50 µg/l. Merimo ga v enotah mg/l ali µg/l (NIJZ, 2014).

Povišane koncentracije mangana so lahko strupene za ribje vrste predvsem zaradi njihovega vpliva na škrge, ki postanejo poškodovane, kar otežuje absorpcijo kisika. Prav tako lahko presežek železa vpliva na vodne organizme, kot so fitoplankton, zooplankton, ribe in vodni insekti, saj zmanjšuje kakovost vode in zavira rast ter razmnoževanje. Kljub temu da so nekatere vrste lahko prilagojene na povišane koncentracije teh kovin, podaljšano izpostavljanje lahko povzroči zmanjšanje biotske pestrosti, kar vpliva na celoten ekosistem (Hajrlahović, 2023).

Baker (Cu) se v površinskih vodah odlaga v sedimentu. Je nujno potreben za človeka, v višjih koncentracijah pa je lahko škodljiv. Potreben dnevni vnos odraslega človeka je 1,0–1,5 mg/dan. Če pa se določena vrednost prekorači, lahko privede do glavobola, slabosti, bruhanja in diareje. Merimo ga v enoti mg/l ali µg/l (NIJZ, 2023).

Toksičnost Cu (baker) za vodno okolje je odvisna od različnih dejavnikov, kot so kemična oblika, pH vrednost, trdota vode in prisotnost drugih kovin (Hajrlahović, 2023).

Nikelj (Ni) je element, ki se v manjših količinah nahaja v zemeljski skorji, lahko pa tudi v vodi, kot posledica onesnaženja ali naravnega izvora. Uporablja se večinoma v kovinski obliki v industriji nerjavečega jekla. Najpogosteje ima povišane koncentracije ravno takrat, ko material pride v stik z vodno površino. Pri pitju vode z visokimi koncentracijami niklja se pojavijo slabost, bruhanje in diareja. Merimo ga v enotah mg/l ali µg/l (KVS, 2009).

Nikelj velja za toksično kovino, ki lahko povzroči oksidativni stres pri organizmih in negativno vpliva na encimske procese v celicah. Pri dolgotrajni izpostavljenosti lahko vodi do poškodb DNK, motenj v delovanju metabolizma ter zmanjšane reproduktivne sposobnosti pri ribah in dvoživkah. Nekatere raziskave so pokazale, da lahko povečane koncentracije niklja povzročijo tudi zmanjšano biotsko pestrost v vodnih ekosistemih, saj občutljive vrste postopoma izginjajo (Genchi et al., 2020).

Krom (Cr⁶⁺) je kovina, ki tvori različne spojine. Njegove spojine so lahko zelo nevarne za naše zdravje, saj lahko v ustih povzročijo razjede, bolečine v trebuhu, škodujejo jetrom, povzročijo prebavne motnje in ostale težave. Najpogostejše oblike kromovih spojin so kovinski krom, trivalentni krom in šestvalentni krom. Med temi kovinski krom ni škodljiv za človeka. Dnevni vnos za povprečno odraslo osebo je 0,375 mg/l. Merimo ga v enotah mg/l ali µg/l (NIJZ, 2023).

Daljša izpostavljenost lahko povzroči upad ribjih populacij in motnje v razmnoževalnih ciklih, zmanjšanje kakovosti vode in druge negativne posledice za ekološke funkcije v vodotoku (Hajrlahović, 2023).

Cink (Zn) je topen v vodi. Uporablja se kot protikorozijska zaščita železnih oz. jeklenih izdelkov, tudi cevi. Ob preveliki odmerkih cinka se pojavijo prebavne težave, bolečine v trebuhu, potenje, hitrejše dihanje, slabost in bruhanje. Dolgotrajnejše predoziranje vodi v slabokrvnost zaradi pomanjkanja bakra in nižje odpornosti zaradi zmanjšanja števila belih krvnih celic ter znižanja vrednosti koristnega holesterola v krvi. Merimo ga v enoti mg/l ali µg/l (NIJZ, 2014).

Dolgotrajna prisotnost povišanih koncentracij kovin v vodi lahko negativno vpliva na organizme in celotno vodno okolje. Cink v večjih količinah zmanjšuje sposobnost vodnih organizmov za rast in razmnoževanje ter vpliva na njihovo vedenje. Pri nekaterih vrstah vodnih nevretenčarjev in rib lahko povzroči poškodbe celičnih membran ter zmanjšanje odpornosti na bolezni. Prav tako je znano, da se cink kopiči v prehranjevalni verigi, kar lahko vodi do toksičnih učinkov pri višjih organizmih, vključno s pticami in sesalci, ki se prehranjujejo z vodnimi organizmi (Griessler Bulc et al., 2007).

Kadmij (Cd) pride v okolje preko odpadnih vod, gnojil, zgorevanja fosilnih goriv, odpadkov, zaradi uporabe v industriji. Pitna voda s koncentracijami kadmija nad vrednostjo 0,005 mg/l predstavlja pri kroničnem vnosu tveganje za obolenja ledvic, draženje želodca, osteoporozo. Merimo ga v enoti mg/l ali µg/l (Jamšek, Šarc, 2009).

Kadmij je za vodni ekosistem relativno toksičen in lahko povzroči škodljive učinke na ribe, rakovice ter druge vodne organizme. Ta kovina lahko moti razvoj organizmov, poveča njihovo smrtnost, zmanjša plodnost in spremeni sestavo vodnega ekosistema. V vodi deluje kot trdno ali topno anorgansko onesnaževalo, ki se kopiči v sedimentih in živih organizmih (Hajrlahović, 2023).

Arzen (As) je strupen element, ki lahko onesnaži vodo bodisi zaradi naravnih geoloških procesov bodisi zaradi človeških dejavnosti, kot sta industrijsko onesnaževanje ali uporaba pesticidov. Dolgotrajna izpostavljenost arzenu v pitni vodi lahko povzroči resne zdravstvene težave, vključno z rakom, s kožnimi lezijami, težavami v razvoju, srčno-žilnimi boleznimi, z nevrotoksičnostjo in s sladkorno boleznijo. Merimo ga v enoti mg/l ali µg/l (NIJZ, 2024).

Arzen je izjemno strupen za vodno okolje, še posebej za vodne organizme, saj lahko onesnažuje vode in ribogojnice ter povzroča smrt predvsem rib, a tudi drugih organizmov. Problematičen je zaradi svojih bioakumulativnih učinkov, saj se lahko kopiči v organizmih, dokler ne doseže nevarnih koncentracij za živali (Hajrlahović, 2023).

Svinec (Pb) na človeško telo deluje akutno ali kronično strupeno. Povišane koncentracije svinca v pitni vodi so posledica raztapljanja materiala omrežja. Prekomerne vrednosti svinca povzročijo utrujenost, nespečnost, glavobol, razdražljivost, povišan krvni pritisk, bolečine v sklepih, motnje sluha, mnoge nove študije pa nakazujejo, da naj bi bil tudi rakotvoren. Merimo ga v enotah mg/l ali $\mu\text{g/l}$ (NIJZ, 2024).

Svinec lahko v vodnem okolju lahko povzroči različne negativne učinke, kot so znižana stopnja preživetja, zmanjšana rast, spremembe v vedenju in razmnoževanju ter poškodbe notranjih organov rib (Hajrlahović, 2023).

Železo (Fe) v številnih naravnih vodah najdemo v koncentracijah med 0,5 in 50 mg/l. V podzemni vodi pa se nahaja v topni obliki. Minimalni potrebni dnevni vnos je odvisen od starosti, spola, fiziološkega stanja in znaša od 10 do 50 mg/dan. Merimo ga v enotah mg/l ali $\mu\text{g/l}$ (NIJZ, 2024). Prisotnost železa v površinskih vodah je lahko posledica naravnih virov, kot so minerali v kamninah v zaledju vode, ali pa izhaja iz industrijskih dejavnosti (Zgubič, 2023).

Kovine se v tleh ne razgrajajo, ampak se kopičijo. V prsti lahko ostanejo od nekaj deset let pa tudi do nekaj tisoč let (Barborič, 2010).

Fenoli (C₆H₅OH) so pogosti stranski produkt v industrijah nafte, premoga in zemeljskega plina. Prav tako se uporabljajo pri proizvodnji plastike. Glavni viri fenolov v okolju so industrijske odpadne vode. V površinski in podzemni vodi se lahko pojavijo tudi v naravni poti zaradi razpadanja odmrlih rastlin, poginulih živali in zaradi sinteze fenolnih spojin s strani mikroorganizmov ter rastlin. Ob višjih koncentracijah fenolov v vodi se pri človeku lahko pojavijo negativni učinki, kot so zastrupitve, motnje v dihanju, bolečine v mišicah, bruhanje in diareja, ki imajo resne posledice za zdravje živali in ljudi. Merimo jih v enoti mg/l ali $\mu\text{g/l}$ (Janežič, 2023).

3. MATERIALI IN METODE

Za pridobitev informacij sem uporabila različne metode dela. S pomočjo virov in literature sem pripravila pregled teoretičnih izhodišč. Zastavila sem si raziskovalne cilje in hipoteze, nadaljevala z delom na terenu in nato še v laboratoriju. Po končanem vzorčenju sem rezultate tudi statistično obdelala.

3. 1 Raziskovalno okolje

V okviru VITR in inovativnih znanstveno-raziskovalnih delavnic (izvajalec i-SeMe) se od leta 2021 naprej dvakrat letno (spomladi in jeseni) na Osnovni šoli Kajetana Koviča Poljčane izvaja kemijska analiza vode, in sicer za lokalno reko Dravinjo (pred mostom, po kateri je speljana glavna cesta Slovenska Bistrica–Poljčane–Rogaška Slatina) in potok Brežnica (ob Osnovni šoli Kajetana Koviča Poljčane) v Poljčanah. Tako smo izvedli sedem sklopov vzorčenj in kemijskih meritev.

Izvedba kemijske analize vode vključuje različne korake in tehnike, ki vplivajo na natančnost določanja kemijske sestave vode in so opisani v nadaljevanju raziskovalne naloge.














3. 2 Materiali








Pripomočki, ki sem jih uporabila pri izvedbi vzorčenja vode:

- merilni valj,
- čaša 250 ml,
- kapalka,
- indikatorski lističi – 14 v 1 za določanje določenih parametrov,
- pH lističi 6×85 mm,
- destilirana voda,
- steklena posoda za zajemanje vode 1l,
- epruvete,
- lij,
- puhalka,
- žlička,
- Fotometer PF- 12 PLUS,
- WTW Cond 340i Set with TetraCon 325 – prenosna sonda za merjenje T, pH in EC,
- VISOCOLOR® School reagent case – kemijski kovček.

V spodnji tabeli je predstavljen seznam uporabljenih hitrih testov za analizo vode, s katerimi smo opravili analizo vode (Tabela 4).

Tabela 4: Seznam uporabljenih hitrih terenskih testov za analizo vode (vir: Spletni vir)

Parameter	Št. produkta	Povezava	Slika
Arzen	913 45	Spletni vir 1: https://www.mn-net.com/semi-quantitative-test-strips-quantofix-arsenic-sensitive-91345	
Fotometer PF- 12 PLUS	919 250	Spletni vir 2: https://market.mikropolo.si/vsi-izdelki/izdelek.aspx/i2144699	
Celokupna trdota	915002	Spletni vir 3: https://www.mn-net.com/titrimetric-test-kit-visocolor-he-total-hardness-h-2-915002	
Nitrat	931041	Spletni vir 4: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-nitrate-931041	
Železo	931026	Spletni vir 5: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-iron-2-931026	
Nikelj	931040	Spletni vir 6: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-nickel-931040	
Mangan	931 038	Spletni vir 7: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-manganese-931038	
Cink	931 098	Spletni vir 8: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-zinc-931098	
Amonij	931 008	Spletni vir 9: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-ammonium-3-931008	
Fosfat	931 084	Spletni vir 10: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-phosphate-931084	
Aluminij	931 006	Spletni vir 11: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-aluminum-931006	
Kalij	931 032	Spletni vir 12: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-potassium-931032	
Sulfat	931 092	Spletni vir 13: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-sulfate-931092	

Krom 6+	931 020	Spletni vir 14: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-chromium-vi-931020	
Baker	931 037	Spletni vir 15: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-copper-931037	
Detergenti kationi	931 051	Spletni vir 16: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-detergents-cationic-931051	
Detergenti anioni	931 050	Spletni vir 17: https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-anionic-detergents-931050	
Svinec	985 009	Spletni vir 18: https://www.mn-net.com/tube-test-nanocolor-lead-5-985009	
Kadmij	985 014	Spletni vir 19: https://www.mn-net.com/tube-test-nanocolor-cadmium-2-985014	
Fenoli	985 074	Spletni vir 20: https://www.mn-net.com/tube-test-nanocolor-phenolic-index-5-985074	

Zaščitna sredstva:

Ker so reagenti in oprema včasih lahko nevarni, sem pred samim začetkom vzorčenja poskrbela za ustrezno zaščito. Nosila sem zaščitna oblačila vključno z rokavicami, zaščitnimi očali in laboratorijskim plaščem (Slika 11), da bi se zaščitila pred morebitnimi nevarnostmi kemikalij in kontaminacijo. Prav tako sem se držala vseh predpisanih varnostnih ukrepov, ki veljajo pri delu z reagenti, da bi zagotovila svojo osebno varnost ter varnost okolja.



Slika 10: Zaščitna sredstva (vir: lasten arhiv)

3. 3 Izvedba kemijske analize vode

Kemijsko analizo vode smo izvajali opolnomočeni učenci 7., 8. in 9. razreda med leti 2021 in 2024 (Tabela 5).

Tabela 5: Tabela datumov vzorčenj v reki Dravinji in potoku Brežnica v triletnem obdobju (2021–2024)

Število meritev:	1. meritev	2. meritev	3. meritev	4. meritev	5. meritev	6. meritev	7. meritev
Datum meritev:	4. 11. 2021	10. 3. 2022	15. 12. 2022	4. 5. 2023	28. 9. 2023	4. 4. 2024	24. 9. 2024

KORAK 1: ODVZEM VZORCA VODE (vzorčenje)

Oba vzorca (iz reke Dravinje in potoka Brežnica) smo vzorčili in analizirali na isti dan. Za zajetje sem uporabila ročni postopek, pri katerem sem vedno na enakem mestu zajela 1 liter vode, da sem zagotovila primerljivost vzorcev. Da sem zagotovila kakovost vzorca, sem vzorec vedno zajela na pretočnem delu reke/potoka, in sicer v nasprotni smeri toka. Upoštevala sem tudi, da je za vzorce pomembno, da se zbirajo v čisti, nepredušni embalaži, kot sta steklena embalaža ali plastenka, katere sestava je takšna, da ne reagira z vodo. Preden sem vzorec vode zajela, sem plastenko trikrat splaknila z vodo iz reke in potoka (Slike 7–10).

Po vzorčenju je vzorce vode bilo potrebno hraniti na hladni temperaturi, da se prepreči sprememba v sestavi vode, preden se analiza izvede. Na začetku sem zabeležila barvo in vonj ter druge senzorično zaznavne posebnosti vzorca, kot sta prisotnost usedline ali delcev (motnost). Poleg tega je bilo potrebno izmeriti parametre s terenskimi sondami (WTW Cond.), ko je to bilo mogoče. S sondami smo izmerili električno prevodnost, pH in temperaturo vode.

Vsa opažanja na terenu sem zabeležila v zapisniku vzorčenja, kjer sem navedla tudi datum, lokacijo vzorčenja, vremenske razmere in osebo, ki je izvedla postopek vzorčenja (Slike 12, 13, 14 in 15).



Slika 11: Vzorčenje vode v potoku Brežnica in reki Dravinji (vir: lasten arhiv)



Slika 12: Preverjanje fizikalnih lastnosti (vir: lasten arhiv)



Slika 13: Merjenje vrednosti z indikatorskimi lističi (vir: lasten arhiv)

snovi, med katere sodijo: kalij (K), sulfati (SO_4^{2-}), nitrati (NO_3^-), nitriti (NO_2^-), amonij (NH_4^+), fosfati (PO_4^{2-}), aluminij (Al), mangan (Mn), baker (Cu), nikelj (Ni), krom (Cr), cink (Zn), kadmij (Cd), arzen (As), svinec (Pb), železo (Fe), detergenti (anioni in kationi) ter fenoli.

Pred začetkom kemijske analize vode smo se prepričali, da smo imeli vso potrebno opremo vključno z ustreznimi vzorčevalnimi posodami in reagenti za analizo vode. Pri analizi smo bili posebej pozorni na pravilno uporabo reagentov, ki so bili potrebni za testiranje različnih parametrov. Reagente smo po priloženih navodilih dodajali previdno, upoštevajoč se vseh varnostnih smernic, da smo preprečili morebitno onesnaženje vzorcev ali poškodbe zaradi napačne uporabe kemikalij.

KORAK 3: ZBIRANJE IN ANALIZA PODATKOV

Po končanem vzorčenju sem podatke iz zapisnikov prenesla v Excelovo preglednico, kjer sem urejala in analizirala podatke. S tabelami in grafikoni sem jasno prikazala ključne informacije, kar je olajšalo nadaljnjo analizo in primerjavo izmerjenih vrednosti z Uredbo o pitni vodi (Ur. l. RS št. 61/23) in Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. l. RS št. 14/2009) (Tabela 6).

Tabela 6: Najvišje dovoljene vrednosti parametrov glede na Uredbo o pitni vodi (vir: Ur. l. RS št. 61/23) in Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (vir: Ur. l. RS št. 14/2009)

Parameter	Najvišja dovoljena vrednost (mg/l) glede na Uredbo o pitni vodi (vir: Ur. l. RS št. 61/23)	Najvišja dovoljena vrednost (mg/l) glede na Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. l. RS št. 14/2009)
Nitrati (NO_3^-)	50	25
Nitriti (NO_2^-)	0,5	Ni mejne vrednosti
Amonij	0,5	0,05
Mangan	0,05	0,01
Baker	2	0,005
Nikelj	0,02	0,034
Krom	0,025	0,01
Cink	5	0,1
Kadmij	0,005	0,001
Arzen	0,01	0,007
Svinec	0,01	0,01
Železo	0,2	0,3
Detergenti (anioni)	0,2	0,1

Detergenti (kationi)	0,1	Ni mejne vrednosti
Fenoli	0,002	0,01
Kalij	Priporočljivo do 12	Priporočljivo do 12
Sulfati	250	150
Fosfati	0,27	0,03
Aluminij	0,2	0,2

4. REZULTATI

Rezultati senzoričnih meritev in meritev parametrov so pregledno predstavljeni v Tabelah 8 in 9, v Grafih 1–14 in v Prilogi. Nenadno izstopajoče vrednosti, prikazane na grafu, ki niso v skladu z Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*), so obkrožene z vijolično barvo. Koncentracije pH, ki prav tako niso v skladu z omenjeno Uredbo, so obkrožene z modro barvo.

Vrednosti parametrov, ki so bile izmerjene le enkrat, so predstavljene v Tabeli 7.

Tabela 7: Vrednosti parametrov, izmerjene le 1-krat

Element	Najvišja dovoljena vrednost (mg/l)	Izmerjena vrednost v reki Dravinji	Izmerjena vrednost v potoku Brežnica
K	Priporočljivo do 12	15,5	25
SO₄²⁻	150	13,6	1
Al	0,2	0,1	0,1

Podatki fizikalno-senzoričnih parametrov, kot so vonj, barva, motnost, in vremenske lastnosti na dan vzorčenja sem prikazala v Tabelah 8 in 9.

Tabela 8: Senzorično zaznavni parametri na datum vzorčenja v potoku Brežnica

Potok Brežnica	Leto: 2021/22		Leto: 2022/23		Leto: 2023/24		Leto: 2024/25
Šol. leto	4. 11. 2021	10. 3. 2022	15. 12. 2022	4. 5. 2023	28. 9. 2023	4. 4. 2024	24. 9. 2024
Datum meritev	4. 11. 2021	10. 3. 2022	15. 12. 2022	4. 5. 2023	28. 9. 2023	4. 4. 2024	24. 9. 2024
Vreme	deževno (2 dni)	sončno	sneg, zmrzal, -4*	delno oblačno	jasno	jasno	oblačno, deževno
Barva in motnost	rjava	bistra	rjavkasto-rumena	rjavkasto-rumena	rumenkasta	rjava	rjava
Vonj	brez vonja	brez vonja	po kanalizaciji	po gnojnici	brez vonja	po gnojnici	brez

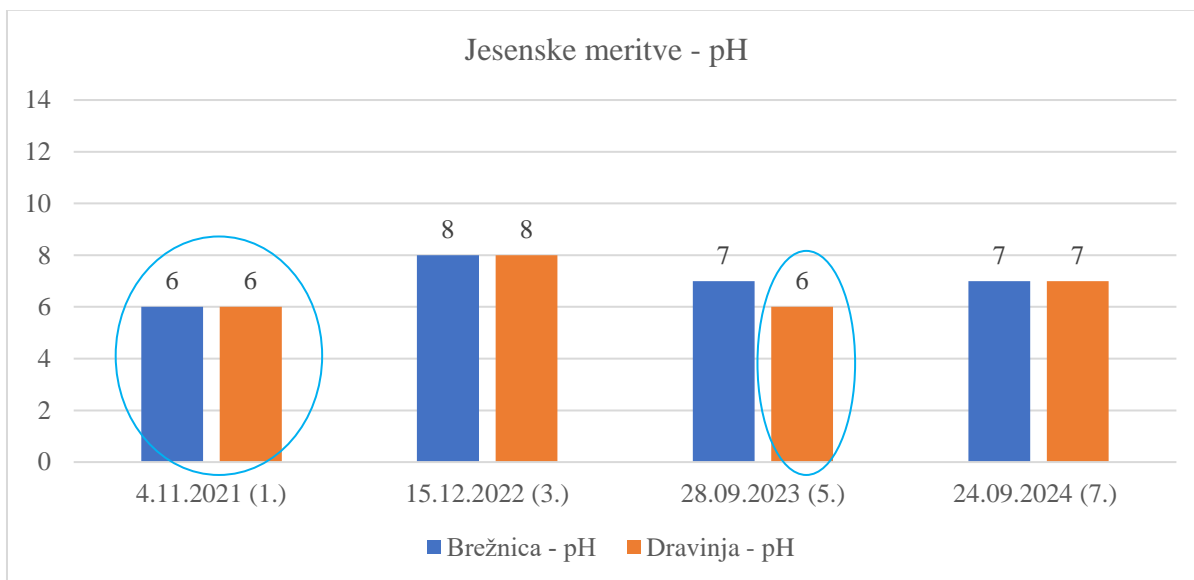
Tabela 9: Senzorično zaznavni parametri na datum vzorčenja vode v reki Dravinji

Reka Dravinja		Leto: 2021/22		Leto: 2022/23		Leto: 2023/24		Leto: 2024/25
Šol. leto	4. 11. 2021	10. 3. 2022	15. 12. 2022	4. 5. 2023	28. 9. 2023	4. 4. 2024	24. 9. 2024	
Datum meritev	deževno (2 dni)	sončno	sneg, zmrzal, -4*	delno oblačno	jasno	jasno	oblačno, deževno	
Vreme	rjava	bistra	čista, prozorna	rjava, z usedlino	rjava, motna	rahlo rjava	brez	
Barva in motnost	brez	brez	brez vonja	brez vonja	brez vonja	brez vonja	brez vonja	
Vonj								

4. 1 Meritev pH vrednosti

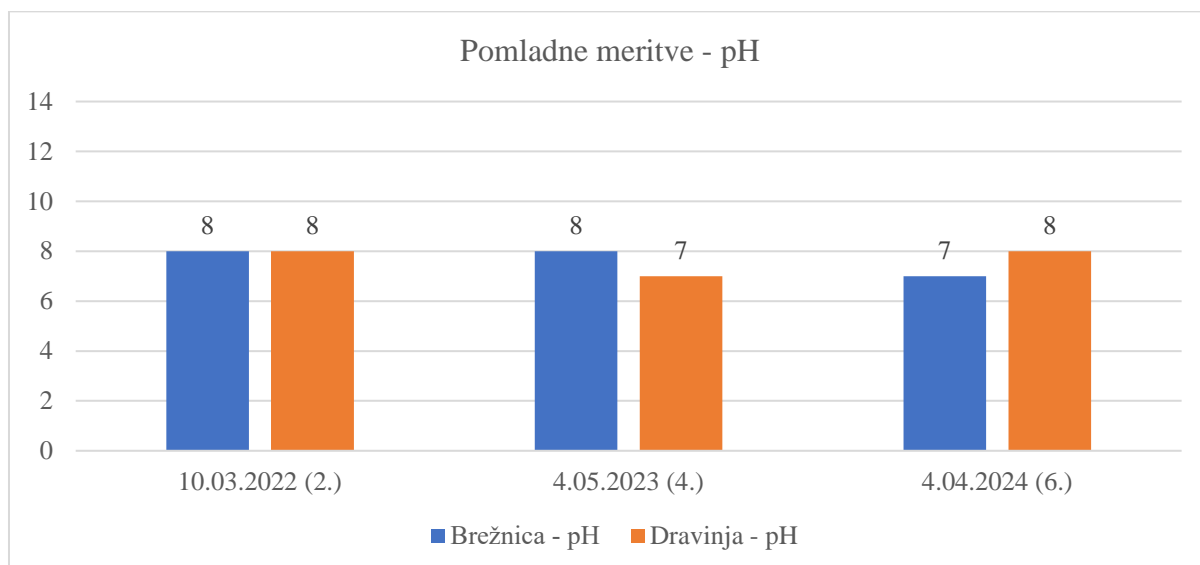
V nadaljevanju so predstavljene meritve za pH vrednosti vode reke Dravinje in potoka Brežnica, razdeljene na jesenske in pomladne meritve.

Graf 1: Jesenske meritve pH vode



Vrednosti pH pri jesenskih meritvah v reki Dravinji so ob 1. in 5. meritvi znašale 6, ob 3. meritvi so se zvišale na 8,05 ter ob 7. meritvi merile 7. Vrednosti pH v potoku Brežnica so ob 1. meritvi merile 6 ter se ob 3. meritvi zvišale na 8,3, vendar ob 5. meritvi upadle na 7 ter tako ostale tudi ob 7. meritvi.

Graf 2: Pomladne meritve pH



Vrednosti pH v spomladanskem času v reki Dravinji so nihale med 7 in 8. Ob 2. in 6. meritvi so merile 8, vendar ob 4. meritvi upadle na 7. Koncentracije pH v potoku Brežnica so ob 2. meritvi prav tako merile 8 in se v teh vrednostih obdržale do 4. meritve. Vrednosti so ob 6. meritvi upadle na 7.

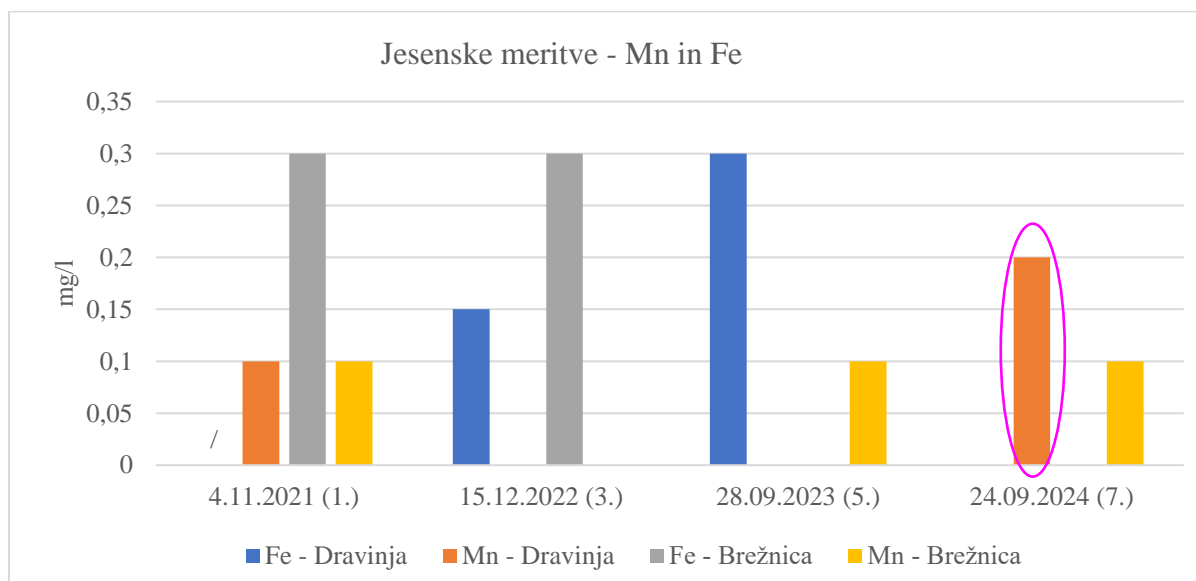
4. 2 Meritev električne prevodnosti

Elektroprevodnost vode smo merili le 2-krat (ko je bila sonda na voljo), in sicer smo v reki Dravinji pri 3. meritvi (2022) izmerili vrednosti 356 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in v 4. meritvi (2023) 252 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Podobno kot pri reki Dravinji smo tudi v potoku Brežnica izmerili eelektroprevodnost vode, in sicer sta obe vrednosti med 3. in 4. meritvijo bili precej podobni (315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 317 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

4. 3 Rezultati kemijskih analiz ostalih parametrov

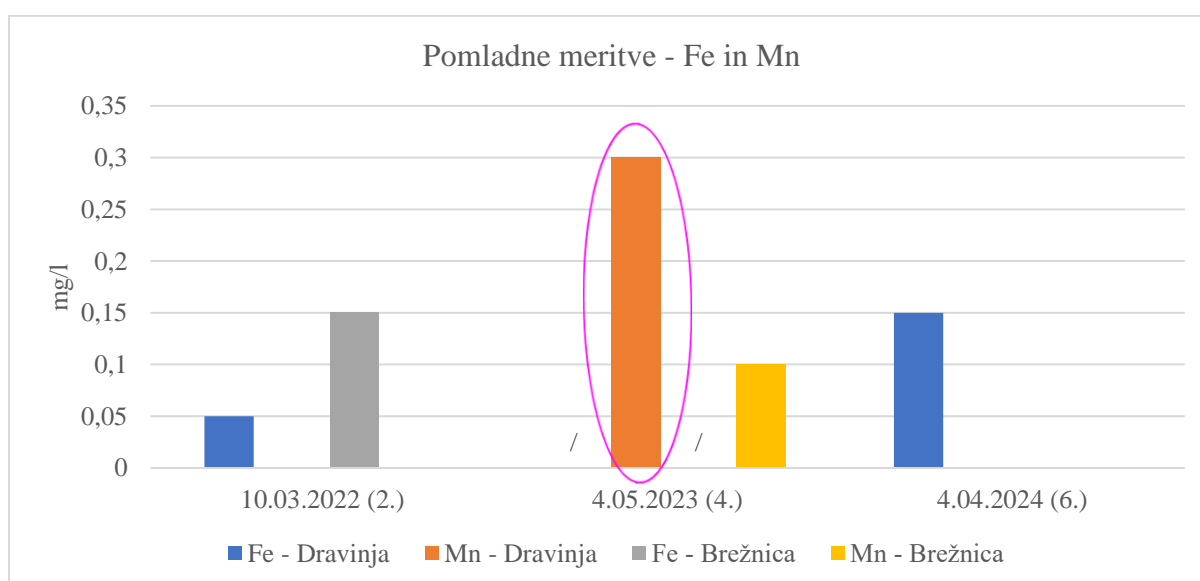
V nadaljevanju so predstavljeni rezultati kemijskih analiz vode reke Dravinje in potoka Brežnice, razdeljeni na jesenske in pomladne meritve v grafični obliki (Graf 3–14).

Graf 3: Jesenske meritve mangana in železa



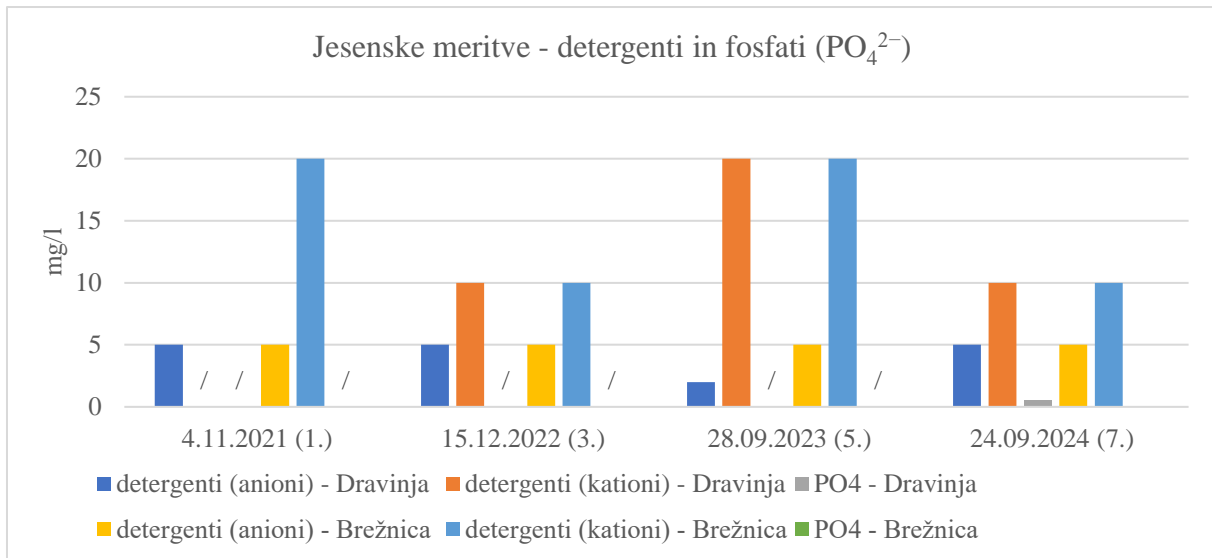
Jesenske meritve prisotnosti mangana v reki Dravinji so pokazale, da so ob letu 2021 (1.) merile 0,1 mg/l, leta 2022 (3.) in 2023 (5.) so upadle na 0 mg/l. Leta 2024 (7.) so se koncentracije povečale in merile 0,2 mg/l. Vrednosti v potoku Brežnica so ob letih 2021 (1.), 2023 (5.) in 2024 (7.) merile 0,1 mg/l. Ob letu 2022 (3.) so upadle na 0 mg/l. Vrednosti železa v reki Dravinji so leta 2024 (7.) merile 0 mg/l. Ob letu 2022 (3.) so merile 0,15 mg/l in se leta 2023 (5.) zvišale na 0,3 mg/l. Koncentracije železa v potoku Brežnica so leta 2021 (1.) merile 0,3 mg/l in so bile v enakih vrednostih izmerjene ob letu 2022 (3.). Koncentracije so leta 2023 (5.) in 2024 (7.) upadle in merile 0 mg/l. Vrednosti železa v reki Dravinji ob letu 2021 (1.) niso bile izmerjene.

Graf 4: Pomladne meritve mangana in železa



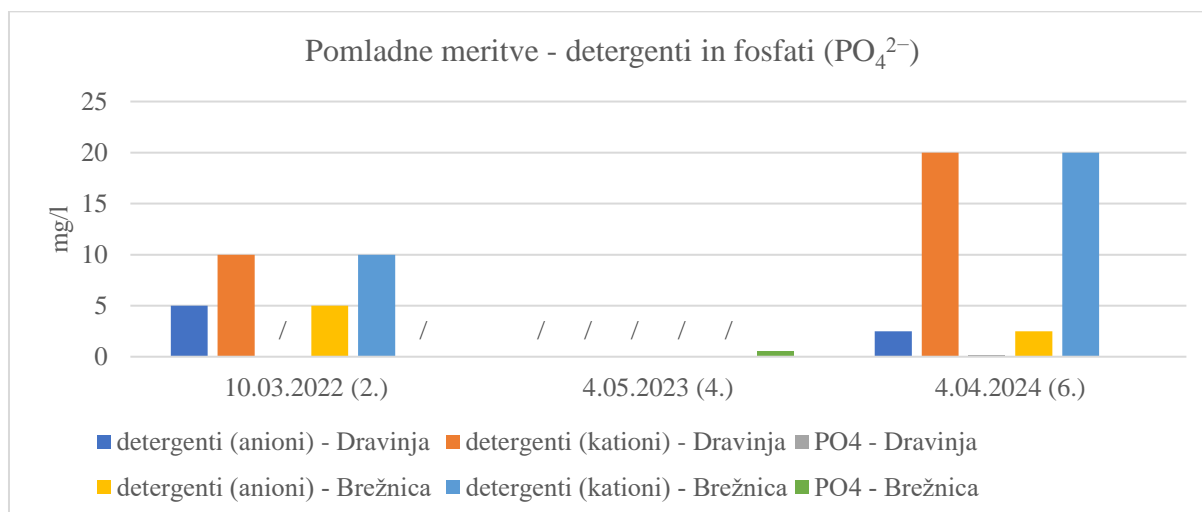
Vrednosti mangana v spomladanskem času v reki Dravinji so ob 2. in 6. meritvi merile 0 mg/l. Ob 4. meritvi so koncentracije merile 0,3 mg/l. Prav tako so vrednosti mangana v potoku Brežnica ob 1. in 6. meritvi merile 0 mg/l in se ob 4. meritvi povzpele na 0,1 mg/l. Vrednosti železa v reki Dravinji so ob 2. meritvi merile 0,05 mg/l. Ob 4. meritvi so vrednosti upadle na 0 mg/l, ob 6. meritvi pa se povzpele na 0,15 mg/l. Vrednosti železa v potoku Brežnica so ob 2. meritvi znašale 0,15 mg/l. Koncentracije so ob 4. in 6. meritvi upadle na 0 mg/l.

Graf 5: Jesenske meritve detergentov in fosfatov



Iz grafa 5 je razvidno, da so vrednosti detergentov anionov v reki Dravinji ob 1., 3. in 7. meritvi znašale 5 mg/l. Ob 5. meritvi so koncentracije upadle na 2 mg/l. Vrednosti detergentov anionov v potoku Brežnica so ob vseh jesenskih meritvah znašale 5 mg/l. Koncentracije detergentov kationov v reki Dravinji so ob 3. in 7. meritvi pa so merile 10 mg/l. Ob 5. meritvi so koncentracije znašale 20 mg/l. Vrednosti detergentov kationov v potoku Brežnica so ob 1. in 5. meritvi merile 20 mg/l, ob 3. in 7. meritvi pa so vrednosti upadle na 10 mg/l. Vsebnost fosfatov v reki Dravinji je ob 7. meritvi merila 0,5 mg/l. Vrednosti fosfatov v reki Dravinji ob 1., 3. in 5. meritvi niso bile izmerjene, prav tako vrednosti fosfatov tudi v potoku Brežnica niso bile izmerjene v 1., 3. in 5. meritvi. Ob 7. meritvi so te merile 0 mg/l. Koncentracije detergentov kationov v reki Dravinji ob 1. meritvi niso bile izmerjene,

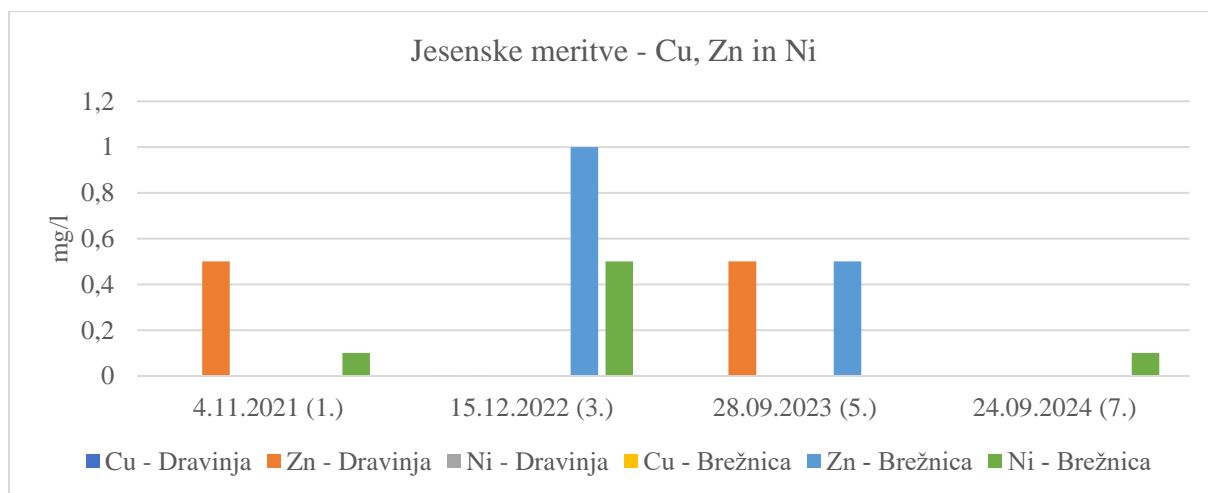
Graf 6: Pomladne meritve detergentov in fosfatov



V grafu 6 lahko vidimo, da so vrednosti detergentov anionov v reki Dravinji ob 2. meritvi merile 5 mg/l. Vrednosti so ob 6. meritvi merile 2,5 mg/l. Koncentracije detergentov anionov v potoku Brežnica so ob 2. meritvi merile 5 mg/l, ob 6. meritvi je vrednost merila 2,5 mg/l. Razvidno je tudi, da so vrednosti detergentov kationov v reki Dravinji ob 2. meritvi 10 mg/l. Ob 6. meritvi je vrednost narastla na 20 mg/l. Koncentracije detergentov kationov v potoku Brežnica so ob 2. meritvi merile 10 mg/l, ob 6. meritvi pa so koncentracije merile 20 mg/l. Meritve fosfatov v reki Dravinji ob 2. in 4. meritvi niso bile izvedene, ob 6. meritvi pa so koncentracije merile 0,1 mg/l. Prav tako meritve fosfatov v potoku Brežnica ob 2. meritvi niso bile izvedene, ob 4. meritvi so merile 0,5 mg/l. Ob 6. meritvi so vrednosti upadle na 0 mg/l. Meritve detergentov

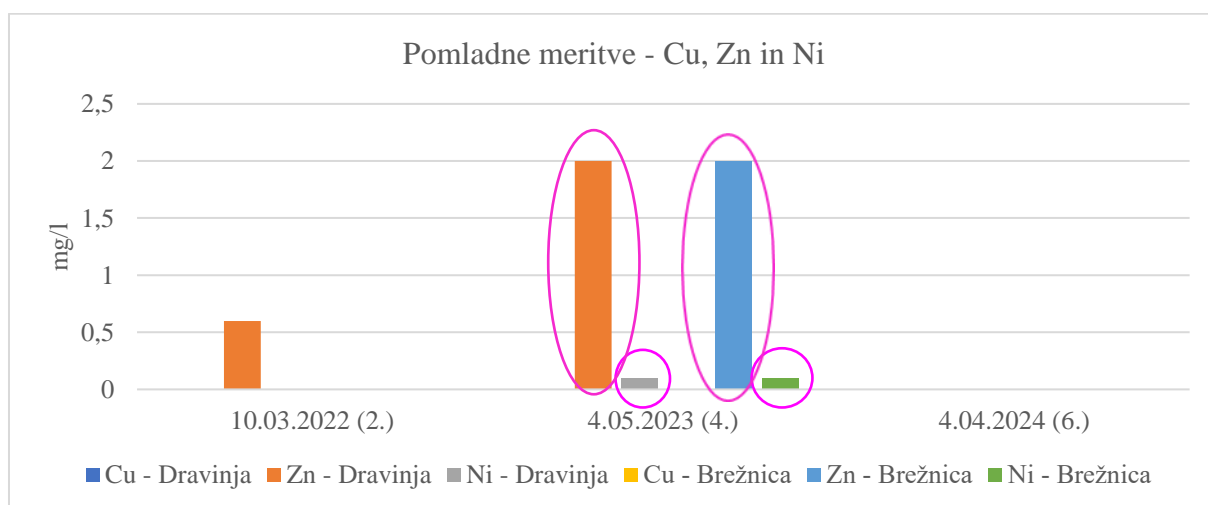
anionov v reki Dravinji in potoku Brežnica ob 4. meritvi niso bile izvedene. Prav tako ob 4. meritvi ni bila izvedena vrednost detergentov kationov v reki Dravinji in v potoku Brežnica.

Graf 7: Jesenske meritve bakra, cinka in niklja



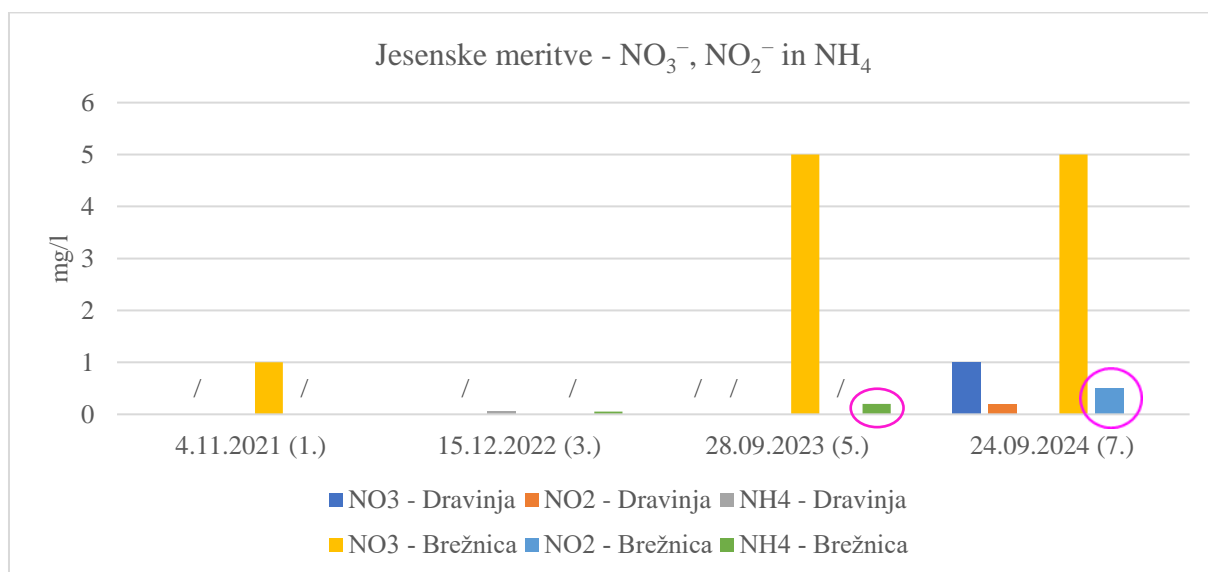
Na grafu 7 je opazno, da so vrednosti bakra v reki Dravinji ob 1., 5. in 7. meritvi merile 0 mg/l, ob 3. meritvi so vrednosti znašale 0,0001 mg/l. Koncentracije bakra v potoku Brežnica so ob vseh jesenskih meritvah merile 0 mg/l. Vrednosti cinka v reki Dravinji so ob 1. in 5. meritvi znašale 0,5 mg/l. Ob 3. meritvi je vrednost merila 0,001 mg/l, ob 7. meritvi pa 0 mg/l. Koncentracije cinka v potoku Brežnica so ob 1. in 7. meritvi merile 0 mg/l, ob 3. meritvi 1 mg/l in ob 5. meritvi 0,5 mg/l. Opazimo lahko tudi, da so vrednosti niklja v reki Dravinji v vseh jesenskih meritvah znašale 0 mg/l, medtem ko so vrednosti v potoku Brežnica ob 1. in 7. meritvi merile 0,1 mg/l. Ob 3. meritvi so koncentracije merile 0,5 mg/l in ob 5. meritvi upadle na 0 mg/l.

Graf 8: Pomladne meritve bakra, cinka in niklja



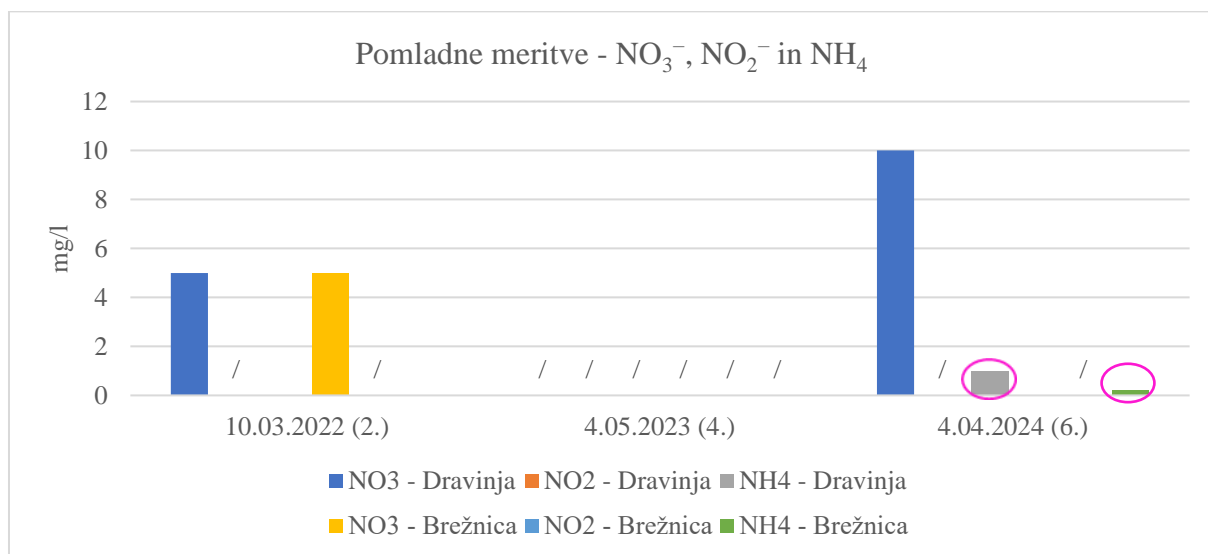
Iz grafa 8 je razvidno, da so vrednosti bakra v reki Dravinji ob 2. in 6. meritvi merile 0 mg/l, ob 4. meritvi pa so vrednosti znašale 0,0001 mg/l. Vrednosti bakra v potoku Brežnica so ob vseh pomladnih meritvah merile 0 mg/l. Koncentracije cinka v reki Dravinji so ob 2. meritvi merile 0,6 mg/l in se ob 4. meritvi povzpele na 2 mg/l. Ob 6. meritvi so vrednosti upadle na 0 mg/l. Izmerjene vrednoti cinka v potoku Brežnica so ob 2. in 6. meritvi merile 0 mg/l, ob 4. meritvi so koncentracije merile 2 mg/l. Prav tako lahko vidimo, da so vrednosti niklja v reki Dravinji ob 2. in 6. meritvi merile 0 mg/l, ob 4. meritvi je koncentracija znašala 0,1 mg/l. Prav tako so meritve enako pokazale tudi v potoku Brežnica.

Graf 9: Jesenske meritve nitratov, nitritov in amonija



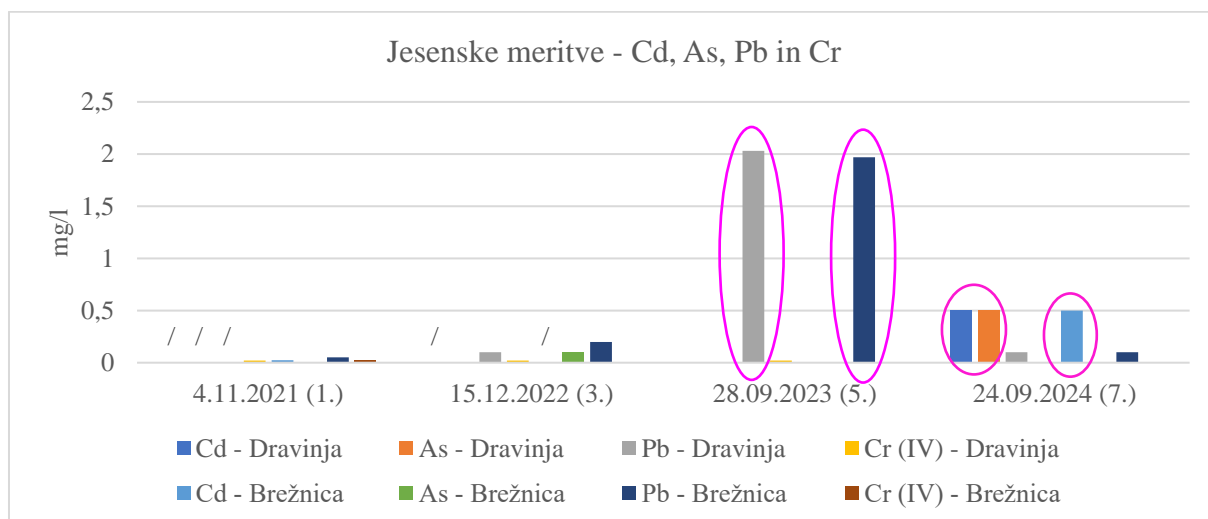
V grafu 9 lahko vidimo, da so vrednosti nitratov v reki Dravinji ob 1., 3. in 5. meritvi znašale 0 mg/l. Vrednosti so ob 7. meritvi narasle na 1 mg/l, medtem ko je vsebnost v potoku Brežnica ob 1. meritvi merila 1 mg/l, ob 3. meritvi 0 mg/l ter ob 5. in 7. meritvi 5 mg/l. Vrednosti nitritov v reki Dravinji so ob 7. meritvi merile 0,2 mg/l. V potoku Brežnica so vrednosti nitritov ob 7. meritvi merile 0,5 mg/l. Vrednosti amonija v reki Dravinji so ob 1., 5. in 7. meritvi merile 0 mg/l, ob 3. meritvi je vrednost znašala 0,05 mg/l. Prav tako so vrednosti amonija v potoku Brežnica ob 1. in 7. merile 0 mg/l, ob 3. meritvi 0,05 mg/l in ob 5. meritvi 0,2 mg/l. Vrednosti nitritov v reki Dravinji ob 1., 3. in 5. meritvi niso bile izmerjene, prav tako tudi v potoku Brežnica vrednosti nitritov niso bile izmerjene pri 1., 3. in 5. meritvi.

Graf 10: Pomladne meritve nitratov, nitritov in amonija



Vidimo lahko tudi, da so vrednosti nitratov v reki Dravinji ob 2. meritvi merile 5 mg/l, ob 6. meritvi pa so se vrednosti zvišale na 10 mg/l. Prav tako so koncentracije nitratov v potoku Brežnica ob 2. meritvi merile 5 mg/l, ob 6. pa se znižale na 0 mg/l. Koncentracije amonija v reki Dravinji so ob 2. meritvi znašale 0 mg/l, ob 6. meritvi so merile 1 mg/l. Prav tako so vrednosti amonija v potoku Brežnica ob 2. meritvi znašale 0 mg/l, ob 6. meritvi pa so se koncentracije povešale na 0,2 mg/l. Opazimo lahko, da nobena izmed teh meritev ni bila izvedena na dan 4. meritve. Prav tako meritve vrednosti nitritov v reki in potoku v spomladanskem času niso bile izvedene.

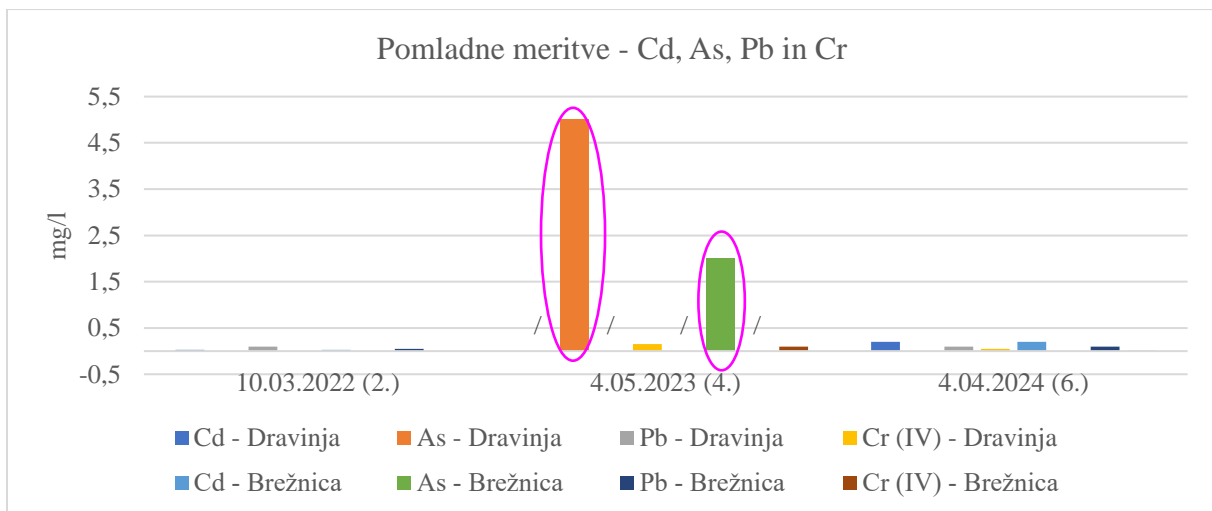
Graf 11: Jesenske meritve kadmija, arzena, svinca in kroma



Iz grafa 11 je razvidno, da so vrednosti kadmija ob 5. meritvi znašale 0 mg/l, ob 7. meritvi pa 0,5 mg/l. V potoku Brežnica so vrednosti ob 1. meritvi merile 0,025 mg/l, vrednost 5. meritve

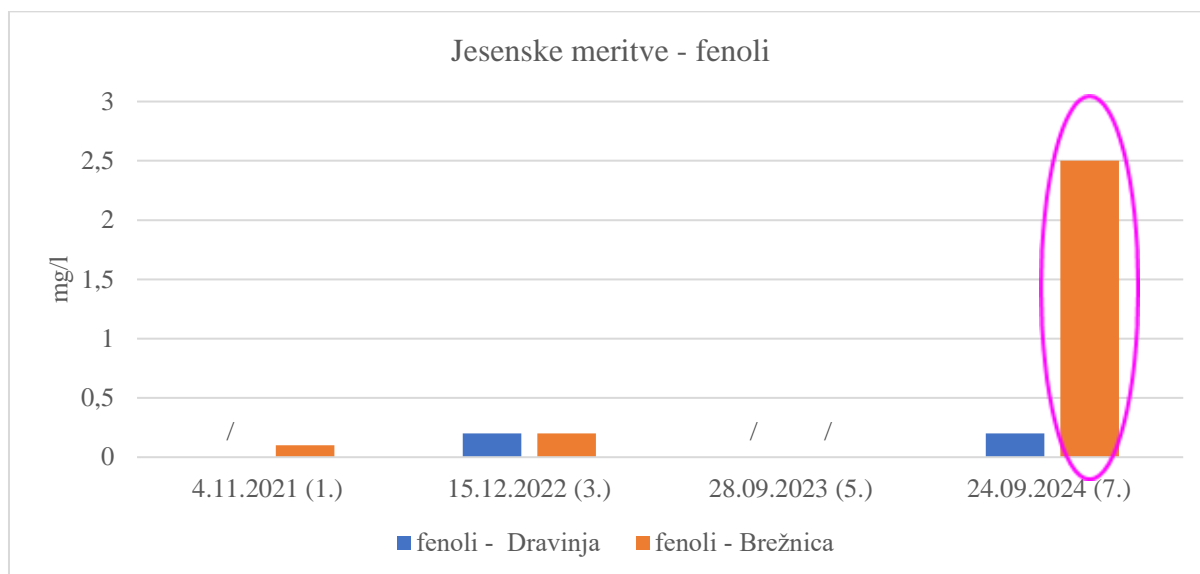
je znašala 0 mg/l in 7. meritve 0,5 mg/l. Vrednosti arzena v reki Dravinji so ob 3. in 5. meritvi znašale 0 mg/l, ob 7. meritvi 0,5mg/l. V potoku Brežnica so vrednosti arzena ob 1., 5. in 7. meritvi znašale 0 mg/l in ob 3. meritvi 0,1 mg/l. Koncentracije svinca v reki Dravinji so ob 3. in 7. meritvi znašale 0,1 mg/l, ob 5. meritvi 2,03 mg/l. V potoku Brežnica so koncentracije svinca ob 1. meritvi merile 0,05 mg/l, 3. meritvi 0,2 mg/l, 5. meritvi 1,97 mg/l in 7. meritvi 0,1 mg/l. Vrednosti kroma v reki Dravinji so ob 1., 3. in 5. meritvi znašale 0,02 mg/l in ob 7. meritvi 0 mg/l. V potoku Brežnica so vrednosti kroma ob 1. meritvi merile 0,02 mg/l, ob 3., 5. in 7. meritvi pa 0 mg/l. Meritve kadmija v reki Dravinji niso bile izvedene ob 1. in 3. meritvi, v potoku Brežnica ni bila izvedena 3. meritev. Vrednost arzena ob 1. meritvi v reki Dravinji ni bila izvedena, prav tako ni bila ob 1. meritvi v reki Dravinji izvedena meritev koncentracije svinca.

Graf 12: Pomladne meritve kadmija, arzena, svinca in kroma



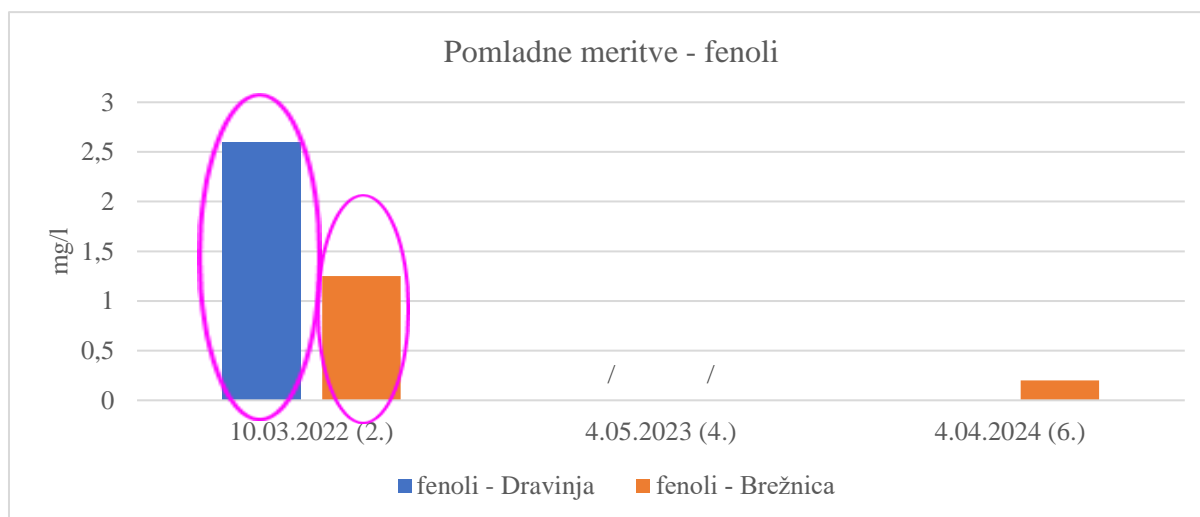
Iz grafa 12 je razvidno da so vrednosti kadmija v reki Dravinji ob 2. meritvi znašale 0,025 mg/l, ob 6. meritvi pa 0,2 mg/l. Prav tako so iste vrednosti bile izmerjene tudi v potoku Brežnica. Vrednosti arzena v reki Dravinji so ob 2. in 6. meritvi znašale 0 mg/l, ob 4. meritvi pa 5 mg/l. Vrednosti arzena v potoku Brežnica so prav tako ob 2. in 6. meritvi znašale 0 mg/l, ob 4. meritvi pa 2 mg/l. Izmerjena vrednost svinca v reki Dravinji je ob 2. in 6. meritvi znašala 0,1 mg/l. V potoku Brežnica so vrednosti svinca ob 2. meritvi merile 0,05 mg/l in ob 6. meritvi 0,1 mg/l. Koncentracije kroma v reki Dravinji so ob 2. meritvi bile 0 mg/l, ob 4. meritvi 0,15 mg/l in 6. meritvi 0,05 mg/l. Vrednost kroma v potoku Brežnica je ob 2. meritvi znašala 0 mg/l, 4. meritvi 0,1 mg/l in ob 6. meritvi 0,005 mg/l. Vrednost svinca v reki Dravinji in potoku Brežnica ni bila izmerjena ob 4. meritvi, prav tako pa ob isti meritvi nista bili izmerjeni vrednosti kadmija.

Graf 13: Jesenske meritve fenolov



Na grafu 13 je opazno, da so vrednosti fenolov v reki Dravinji ob 3. in 7. meritvi merile 0,2 mg/l. Koncentracije v potoku Brežnica so ob 1. meritvi merile 0,1 mg/l. Te so ob 3. meritvi merile 0,2 mg/l, ob 7. meritvi pa so se povzpele na 2,5 mg/l. Vrednosti fenolov v reki Dravinji niso bile izmerjene ob 1. in 5. meritvi, prav tako vrednosti niso bile izmerjene ob 5. meritvi v potoku Brežnica.

Graf 14: Pomladne meritve fenolov



Vrednosti fenolov v reki Dravinji so ob 2. meritvi merile 2,6 mg/l, v potoku Brežnica pa 1,25 mg/l. Koncentracije v reki Dravinji so ob 6. meritvi upadle na 0 mg/l. Prav tako so upadle tudi vrednosti v potoku Brežnica – na 0,2 mg/l. Vrednosti fenolov v pomladnih meritvah v obeh vodotokih niso bile izmerjene ob 4. meritvi.

Čprav celotna raziskava temelji na pridobljenih rezultatih, gre še vedno za terenske teste, ki niso tako natančni in zanesljivi kot laboratorijske analize.

5. RAZPRAVA IN INTERPRETACIJA

V raziskovalni nalogi sem predstavila aktualno stanje površinskih voda reke Dravinje in potoka Brežnica v Poljčanah v obdobju preteklih štirih let. Pri tem sem spremljala tako fizikalne lastnosti kot tudi izbrane kemijske parametre. Za interpretacijo dobljenih rezultatov so poleg rabe prostora, prisotnost industrije, urbanih središč ter stanja na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda ključne tudi informacije o vremenskih razmerah v času vzorčenja ter sezonski termin izvedenih meritev.

Ob vzorčenju vode potoka Brežnica (ob šoli) sem na podlagi senzorično zaznavnih parametrov (barva in vonj) opazila, da so tekom vzorčenja nekateri vzorci vode bili vidno onesnaženi. To dejstvo mi je potrdila tudi informacija, da se v zgornjem delu potoka, kjer ni velike poselitve (gospodinjstev) in industrije, pojavljajo školjke navadnega škržka (*Unio crassus*), ki so dober indikator za čisto vodo ter se v onesnaženi vodi ne pojavlja. Prav tako se školjke ne pojavljajo na mestu vzorčenja in dolvodno (čez središče, kjer je veliko gospodinjstev), kar nakazuje na onesnaženje vode antropogenega izvora.



Slika 16: Najdene školjke navadnega škržka v zgornjem delu potoka Brežnica (vir: lasten arhiv)

Izrisani grafi (Graf 1–14) kažejo, da so bile izmerjene vrednosti opazovanih parametrov v potoku Brežnica in reki Dravinji nekoliko višje v jesenskem obdobju. Tako ob jesenskem in pomladnem času sem med vzorčenjem v potoku Brežnica zaznala značilen vonj po gnoju. Hkrati sem v tem obdobju zabeležila povišano vrednost kalija, ki je sestavni del gnoja (Tabela 7) in presega priporočene vrednosti, določene v Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. l. RS št. 14/2009). Meritev kalija so bile enako kot meritve aluminija in sulfatov izvedene le enkrat (Tabela 7).

Povišane vrednosti parametrov, kot so železo, mangan, cink, nikelj, amonij, svinec, arzen in kadmij, najverjetneje izvirajo iz izpustov bližnjih industrijskih obratov in gospodinjstev ter iz vplivov intenzivnega kmetijstva v neposredni bližini reke Dravinje. Nižje vrednosti, zabeležene spomladi, bi lahko bile posledica taljenja snega, ki vodi do redčenja vode. Podobno znižanje koncentracij sem opazila tudi po obdobjih močnega deževja.

V nadaljevanju bom predstavila in opisala rezultate izmerjenih parametrov.

Na podlagi **senzorično zaznavnih parametrov** (Tabeli 8 in 9) sem ugotovila, da so ti izrazito pogojeni z vremenskimi razmerami v času vzorčenja ter s sezonskim obdobjem. V potoku Brežnica sem v več primerih zaznala izrazit vonj po gnoju, kar nakazuje na morebiten vpliv kmetijskih dejavnosti v zaledju potoka. Skoraj v vseh primerih je bila voda v potoku tudi rjavkasto ali rumenkasto obarvana, kar najverjetneje sovпада z izpiranjem hranil in erozijskega materiala s kmetijskih površin, kjer poteka intenzivno kmetijstvo. Voda v reki Dravinji medtem ni imela nikoli značilnega vonja, kar pripisujem večjemu pretoku, večji globini in širši rečni strugi reke Dravinje. Nekajkrat pa je voda bila obarvana rjavo, ob 4. meritvi se je pojavila usedlina, voda ob 5. meritvi pa je bila motna, kar nakazuje na vnos suspendiranih delcev iz zaledja ali struge reke. Vse te posebnosti so lahko medsebojno povezane tudi z ostalimi fizikalno-kemijskimi izmerjenimi parametri.

Elektroprevodnost (EC) vode v Dravinji in Brežnici nakazuje na prisotnost zmerne količine raztopljenih soli in ionov, kar je značilno za sladkovodne reke in potoke. To potrjuje tudi pregled Tabele 3, kjer so navedene referenčne vrednosti elektroprevodnosti. Izmerjene vrednosti so lahko posledica naravnih procesov, kot sta raztapljanje mineralov iz okoliških kamnin in tal ter prisotnost naravnih organskih snovi. Kljub temu pa na podlagi spremljanja drugih parametrov sklepamo, da je k povišani elektroprevodnosti verjetno prispevalo tudi onesnaženje.

Analiza vsebnosti **mangana** in **železa** v vodi so pokazale povišane vrednosti predvsem v jesenskem obdobju v reki Dravinji in potoku Brežnica. To lahko nakazuje na njihov izvor iz antropogenih virov, kot so industrijske aktivnosti, urbana območja ali kmetijstvo, lahko pa je njihova prisotnost povezana tudi z naravnimi procesi. Vrednosti so v veliki večini povišane in presegajo dovoljene vrednosti glede na Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) ter prav tako Uredbo o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*). Vrednosti mangana v reki Dravinji še dodatno izstopajo, in sicer v spomladanski meritvi (4. 5. 2023), kjer je voda bila umazana – rjave barve, ter je vsebovala usedlino. Te značilnosti bi lahko nakazovale na

antropogen izvor, saj so v tem obdobju na bližnjih površinah ob reki Dravinji intenzivno gnojili, prav tako pa je voda iz potoka Brežnica imela vonj po gnojevki. Tako lahko sklepam, da je bil vzrok antropogenega izvora. Prav tako sem merila tudi vrednosti pH vode. Te so se v večini skladale z uredbama, vendar so te ob jesenskih meritvah (4. 11. 2021 in 28. 9. 2023) mejile na bolj kislo območje, kar pripisujem hladnemu vremenu in manjši svetlobi ter posledični manjši porabi CO₂ in bazičnemu pH. Daljše pojavljanje mangana v visokih količinah bi lahko imelo vpliv na vodne organizme tako v reki Dravinji kot v potoku Brežnica.

Pri meritvah **nitritov, nitratov in amonija** v reki Dravinji in potoku Brežnica so vrednosti v večini skladne z Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*). Vendar sem večja izstopanja opazila le ob meritvah amonija, kjer so bile vrednosti povišane pri jesenskih in pomladanskih meritvah (28. 9. 2023 in 4. 4. 2024). Ob tem je bila voda v potoku Brežnica rumenkasta, v reki Dravinji pa rjavkasta. Prav tako sem pri zadnji meritvi zaznala povišane vrednosti nitritov glede na Uredbo o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*). Te koncentracije so lahko posledica naravnih procesov v tleh (zemlji) in vodi, lahko pa posledica kmetijske dejavnosti. Kmetijski vplivi, predvsem uporaba gnojil, bi lahko posledično vplivali na povišano koncentracijo amonija, saj se lahko snovi iz tal počasi izpirajo v vodotok. Obarvanost vode je verjetno nastala zaradi organskih snovi, ki so posledica razkroja organskih materialov. Kljub tem ugotovitvam ne moremo z gotovostjo trditi, da je vzrok za povišane vrednosti amonija samo en dejavnik, vendar lahko trdim, da so vsi ti dejavniki skupaj prispevali k tem spremembam.

Prisotnosti **kadmija, arzena, svinca in kroma** v reki Dravinji in potoku Brežnica so lahko naravnega ali človeškega izvora. V večini primerov so te vrednosti presegale dovoljene koncentracije, določene v Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) in Uredbi o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*). Povišane koncentracije so bile še posebej izrazite v jesenskem času, izstopajoče vrednosti arzena, svinca in kadmija pa sem zabeležila pri treh meritvah (4. 5. 2023, 28. 9. 2023 in 24. 9. 2024). Vrednosti so bile povišane v obeh vodotokih, le pri 7. meritvi so bile vrednosti arzena povišane samo v reki Dravinji. Iz podatkov sklepam, da je ob meritvah prišlo do večjega industrijskega vpliva iz bližnjih usnjarskih in metalurških dejavnosti, ki za svojo proizvodnjo uporabljajo te kovine, saj se večina teh nahaja v odpadnih industrijskih vodah, ki so v preteklosti reko že onesnažile, pa tudi iz gospodinjskih izpustov, saj v občini ni urejene kanalizacije. Čeprav same industrijske dejavnosti niso neposredno ob potoku, bi lahko vplivale na kakovost vode v potoku preko različnih prenosnih poti. Ob daljšem pojavljanju bi lahko ti parametri vplivali na vse vodne organizme, predvsem pa na ribe, katerim

bi lahko povzročili zmanjšano rodnost, spremembe v vedenju, uničenje notranjih organov, lahko bi se v njih kopičili ali pa povzročili celo smrtnost.

V analiziranih vzorcih vode so bile vrednosti **cinka**, **niklja** in **bakra** povišane predvsem v jesenskem obdobju, kar lahko nakazuje na sezonske vplive, kot so padavine, spiranje onesnaževal s površin ali povečana antropogena dejavnost. Medtem ko baker v nobeni od meritev ni presegal najvišje dovoljene meje, določene v Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) in Uredbi o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*), sta cink in nikelj pogosto presegala dovoljene količine. Ta parametra bi v prihodnje lahko vplivala na vodne organizme, kar bi povzročilo spremembe DNK in motnje v metabolizmu.

Na podlagi rezultatov analize kovin v vodi ugotavljam, da so bile vrednosti mangana, kroma, cinka in svinca v reki Dravinji pri 4. in 5. meritvi nekoliko višje v primerjavi s preostalimi sedmimi meritvami. Podobno je bilo tudi pri potoku Brežnica, kjer so bile v istem obdobju povišane vrednosti arzena, cinka in svinca. Ker so se povišane vrednosti teh kovin pojavljale med majem in septembrom 2023, lahko sklepam, da njihov izvor izhaja iz antropogenih virov. V tem obdobju so bile padavine obilnejše, kar je povzročilo dolgotrajnejše poplave. Možno je, da so onesnažene poplavne vode prispevale k povišanim koncentracijam kovin, saj bi njihovo daljše zadrževanje lahko povzročilo izpiranje onesnaževal iz okoliških virov.

Da bi lahko te domneve z večjo gotovostjo potrdili, bi morali že prej opraviti tudi analize tal na poplavnih območjih. Takšne raziskave bi omogočile natančnejše določanje izvora onesnaženja in boljše razumevanje vpliva poplav na kakovost vodotokov.

Povišane koncentracije **detergentov in fosfatov** v vodnih telesih zaznamo predvsem zaradi človeških vplivov. Anionski detergenti so bili v večini primerov nad mejno vrednostjo, določeno v Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) in Uredbo o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*), medtem ko kationi niso presegli predpisanih vrednosti, saj zanje mejne vrednosti niso določene. Pri analizi koncentracij anionskih detergentov v vodi sem opazila, da so vrednosti teh detergentov razporejene enakomerno skozi vse meritve, in to brez izstopanj. Zaradi nezmožnosti pojava po naravni poti in enakomerno povišanih vrednosti sklepam, da gre za antropogene dejavnike – predvsem izpuste iz gospodinjstev ali industrije, saj v naši občini ni urejene čistilne naprave in kanalizacije, ki bi lahko to prečiščevala. Del zgradbe anionskih detergentov predstavljajo tudi kisline LAS – anionske snovi, ki se nalagajo v blatu in imajo lahko negativen vpliv na organizme v vodi.

Fenoli v obeh vzorcih pri 2. meritvi izstopajo in se ne skladajo z Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) ter z Uredbo o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*). V tem primeru redčenje vode ni bilo mogoče, saj v tem obdobju ni bilo padavin. Zato lahko z zagotovostjo trdim, da je njihov izvor antropogenega vira. V reki Dravinji glede na njeno zaledje sklepam, da so povišane vrednosti posledica industrijskih odpadnih voda iz gorvodnih industrij. Presenetljivo pa se fenoli v potoku Brežnica ne pojavljajo le pri 2. meritvi, temveč tudi pri 7. meritvi, kar nakazuje na ponavljajoče se onesnaženje. Glede na to, da se po naravni poti ne bi moglo izmeriti tako visokih koncentracij, sklepam, da gre tudi v tem primeru za vpliv antropogenih virov, ki lahko dolgoročno vplivaj na kakovost vode in posledično na negativen vpliv na vodne organizme.

V raziskovalni nalogi sem si zastavila tudi dve hipotezi.

Hipoteza 1: Koncentracije nekaterih parametrov, za katere menim, da so antropogenega izvora v reki Dravinji in potoku Brežnica, iz leta v leto naraščajo.

To hipotezo lahko zavrnem, kajti z analizo se je izkazalo, da trendi ne kažejo na povečanje onesnaženja iz leta v leto, prav tako ne opažam tipičnega trenda. Zagotovo pa je zaskrbljujoče, da se nekateri merjeni parametri v vodotokih sploh pojavljajo. Veliki del doline, kjer teče reka Dravinja, je pod zaščito Natura 2000, katere cilj je ohranjanje in varovanje čistega okolja in vode. Predvidevam pa lahko, da je reka iz leta v leto pod večjimi okoljskimi pritiski zaradi naraščanja števila prebivalstva, socialne ekonomije in širjenja industrijske proizvodnje ter kmetijstva. Prav tako v občini Poljčane še nimamo urejene čistilne naprave in kanalizacijskega omrežja, ki bi lahko preprečile onesnaževanje. S prihajajočimi podnebnimi spremembami, kot so intenzivne padavine ter pogoste in dolgotrajne poplave, lahko meteorne vode po eni strani redčijo koncentracijo merjenih parametrov v vodi, po drugi strani pa pospešijo prenos onesnaževal iz zemlje v reko. Hkrati pa lahko pride tudi do onesnaženja tal s težkimi kovinami, ki jih reka med poplavljanjem odloži na okoliška zemljišča, kar povečuje tveganje za dolgoročno onesnaženje tako vode kot tal.

Hipoteza 2: Reka Dravinja je zaradi daljšega odseka ter večje urbanizacije in obremenjenosti bolj onesnažena kot potok Brežnica.

To hipotezo lahko potrdim, saj na to nakazujejo rezultati analize vode. Analiza vode v reki Dravinji je v večini pokazala, da je njena onesnaženost večja kot v potoku Brežnica, saj se reka giblje skozi več krajev (urbanih središč), posledično pa na njo vplivajo večji pritiski tako gospodarstva kot kmetijstva, prav tako na reko vpliva neurejen kanalizacijski sistem. Potok Brežnica je manjši, ima krajši odsek in v njegovem zaledju niso taki intenzivne človekove dejavnosti (poselitev, industrija in kmetijstvo).

Iz izvedene raziskave lahko povzamem, da se onesnaženost v reki Dravinji od njenega izvira do točke vzorčenja pojavlja predvsem zaradi urbanih območij, kmetijskih dejavnosti in različnih industrijskih panog. Da ima industrija velik vpliv na reko Dravinjo, smo se prebivalci v letu 2018 lahko prepričali sami, saj je voda reke Dravinje bila bela, kar je takrat povzročilo pogin rečnih organizmov. Vendar skozi analizo moje raziskave lahko sklepam, da ima velik vpliv na onesnaženost potoka Brežnice in reke Dravinje tudi kmetijstvo, ki se na nekaterih odsekih izvaja v neposredni bližini reke in potoka. Zaradi že navedenih vzrokov (kmetijstvo, industrija) smo v letu 2023, ko je zaradi poplav prišlo do izlitja reke Dravinje, bili ogroženi vsi občani. Voda je takrat poplavlila njive, travnike in ostale kmetijske površine ter tako prisotne nevarne snovi prenesla na rodovitna območja. Na površine so se najverjetneje prenesle snovi, kot so težke kovine (svinec, kadmij, arzen, baker, nikelj, cink in mangan) in organska onesnaževala (detergenti), ki se v prsti lahko zadržijo tudi do nekaj let. Ti so tako v zemlji ostali, določene, bolj dovzetne rastline za črpanje snovi iz tal, pa so te kovine iz zemlje izčrpale (pridelki in krma), le-to pa so zaužili ljudje in živali. Ogroženost na našem območju tako še vedno ostaja, čeprav te vode ne pijemo. V občini Poljčane nimamo urejene kanalizacije in čistilne naprave, ki bi vodo lahko prečiščevala. Posledično se onesnažena voda iz potoka izliva v reko Dravinjo, ta naprej v reko Dravo, reka Drava v Donavo, reka Donava pa v Črno morje, ki se na koncu izlije v Sredozemsko morje.

6. ZAKLJUČEK

Občina Poljčane je od leta 2004 vključena v omrežje Natura 2000. Takrat so bile v Sloveniji določena območja, ki so pomembna za ohranjanje biotske pestrosti. Poljčane so del teh območij predvsem zaradi svoje naravne raznolikosti in habitatov, ki so pomembni za varstvo številnih rastlinskih in živalskih vrst. Ob tem bi pričakovali kakovostno in čisto vodo, saj je ta ključna za preživetje ekosistemov.

Z namenom, da ugotovim, kakšno vodo imamo v neposredni bližini doma in šole v Poljčanah, sem analizirala obstoječe podatke vzorcev vode iz reke Dravinje in potoka Brežnica v obdobju od leta 2021 do leta 2024. Merila sem prisotnosti nevarnih snovi, za katere nisem vedela, ali so antropogenega ali naravnega izvora. Vse rezultate sem vpisala v preglednice in nato ustvarila grafe.

Nadalje sem na podlagi teoretičnih izhodišč in pregleda rabe površine v zaledju obeh vodotokov strnila nekatere parametre v skupine, ki imajo lahko skupen izvor.

Ugotovila sem, da rezultati merjenih parametrov ne kažejo tipičnih trendov naraščanja ali padanja tekom vseh sedmih vzorčenj. Kljub temu pa sem opazila nekaj izstopanj predvsem pri obeh vodotokih, kjer so vrednosti nekaterih kovin bile najvišje izmed vseh meritev. Senzorično zaznavni parametri so bili pogojeni z vremenskimi razmerami in sezonskim obdobjem. EC vrednosti, ki so posledica naravnih procesov so bile normalnih vrednosti. Mangan in železo sta se pojavljala povišana v jesenskem obdobju, pH je ob tem odstopal le ob dveh meritvah. V skupini nitritov, nitratov in amonija je bilo večje izstopanje za amonij. V skupini kadmija, arzena, svinca in kroma pa so vsi v večini presegali dovoljene meje. Prav tako sem ob meritvah cinka, niklja in bakra opazila izstopanje cinka in niklja. Pri detergentih in fosfatih so bili enakomerno povišani anionski detergenti. Fenoli so bili medtem povišani in neskladni le ob dveh meritvah.

Ugotovitve kažejo, da so bili ob meritvah pritiski na reko Dravinjo večji kot na potok Brežnica, kar nakazuje tudi pregled zaledja obeh vodnih teles. Ob reki Dravinji se tako nahaja več industrijskih in kmetijskih dejavnosti. Poleg tega podnebne spremembe in pogoste poplave povečujejo obremenitev reke, saj te naravne nesreče pripomorejo k večjemu vnosu kovin iz okolice.

Čeprav so analize in meritve pogosto osredotočene na reko Dravinjo (državni monitoring ARSO), se v potoku Brežnica doslej še ni izvajalo tovrstnih raziskav. To me je še dodatno

spodbudilo, da se lotim tega projekta, saj gre za področje, ki do sedaj ni bilo tako podrobno raziskano. S tem delom sem želela raziskati nekaj novega in prispevati k boljšemu razumevanju obeh vodotokov in njunega pomena.

Menim, da bi se moralo znanje predajati tudi mlajšim generacijam, saj onesnaženost vode in prisotnost določenih preseženih vrednosti parametrov (določenih v Uredbi o pitni vodi *Ur. l. RS št. 61/23* in Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda *Ur. l. RS št. 14/2009*) predstavlja resno grožnjo tako za ekosisteme, ki so odvisni od reke Dravinje in potoka Brežnica, kot tudi za kakovost vode, ki jo uporabljajo živali, posledično pa ogroža tudi ljudi. Moje mnenje je, da je nujno potrebno sprejeti ukrepe za zmanjšanje onesnaževal ter postaviti čistilno napravo za zaščito teh vodnih virov v prihodnosti. Menim, da bi s kemijskimi analizami vode v šoli morali nadaljevati, saj so potrebne za spremljanje dolgoročnih vrednosti onesnaževal in pravočasno ukrepanje v primeru večjih tveganj. Hitro naraščanje gospodarstva čez leta je človeka usmerilo v to, da mu ni več mar za okolje, temveč so mu pomembne le še materialne dobrine. S svojimi nevarnimi izpusti snovi v naravo se ne zavedamo, da s tem ne škodimo le naravi, temveč tudi sebi. Prisotnosti nevarnih snovi pa niso prisotne le na površju, temveč tudi v vodi. Sama bi ob območjih, kjer je reka izpostavljena industriji in gospodinjstvu, namestila opozorilne table, javno predstavila svojo raziskovalno nalogo občanom in jih pozvala, da pričnejo ceniti naravne vrednote. Prav tako bi s strani šole ob izvedenih meritvah, ki izstopajo iz Uredbe o kemijskem stanju površinskih voda (*Ur. l. RS št. 14/2009*) in Uredbe o pitni vodi (*Ur. l. RS št. 61/23*) morali seznaniti občino, da bi ta nadaljnjo ukrepala.

Z nalogo sem želela ozavestiti svojece, sosede, sošolce in sošolke o tem, kakšno je stanje vode, kaj se z njo dogaja v času gnojenja, in jih osvestiti, da je voda pomembna za naš življenjski slog in zdravje, tudi če je ne pijemo.

Rezultati in spoznanja, pridobljena med pripravo te raziskovalne naloge, so mi še dodatno osvetlili pomen kakovostne vode za naš kraj in širše okolje. Spoznala sem, da kljub območju Nature 2000 kmetje zaščitene območij še vedno ne upoštevajo in imajo na njih obdelovalne površine. To bi v prihodnosti lahko privedlo do popolnega uničenja habitatov, vključno z nekaterimi zaščitnimi vrstami na tem območju. Na območju Poljčan namreč prebivajo ogrožene živalske vrste – ptič vodomec, markantna bela štoklja, temni in strašničini mravljiščar ter močvirski cekinček, kačji pastirji in ostale živalske vrste.

Na podlagi ugotovitev sem oblikovala nabor štirih konkretnih ukrepov, s katerimi bi lahko učenci in lokalni prebivalci aktivno prispevali k izboljšanju kakovosti površinskih voda reke Dravinje in potoka Brežnica ter k večji ozaveščenosti o pomenu varovanja vodnih virov.

Ukrep 1: Predlagam nadaljevanje izvajanja analize vode iz reke Dravinje in potoka Brežnica, da se spremlja njuno kemijsko stanje vsaj dvakrat letno. Ta predlog se mi zdi ključen, saj se monitoring za reko Dravinjo ne izvaja v Poljčanah, temveč se izvaja gorvodno (v Ločah) in dolvodno (v Makolah). V bodoče bi bilo smiselno naše rezultate reke Dravinje primerjati z državnim monitorigom, ki ga izvaja ARSO, da bi se lahko ocenil vpliv onesnaženja na reko Dravinjo v občini Poljčane. Izredno pomembno pa je tudi to, da se gorvodno v potoku Brežnica pojavljajo školjke, zaradi katerih je pomembno, da se ohranja kakovost vode.

Ukrep 2: Predlagam, da se enkrat letno predstavijo rezultati kemijske analize vode iz obeh rek lokalni skupnosti – preko članka (lokalni časopis, spletna stran šole/občine Poljčane, socialna omrežja) ali kot javna predstavitev, kjer se bo tudi lokalna skupnost ozavestila o tej problematiki. Predstavitve rezultatov sicer na naši šoli že izvajamo in tako opolnomočeni učenci predajamo znanje mlajšim generacijam ter jih poučujemo o praktičnem znanju o vzorčenju in interpretiranju rezultatov, hkrati pa osveščamo pomen kakovostne reke za lokalno okolje.

Ukrep 3: Predlagam, da bi se v bodoče izvedla tudi analiza prsti ob reki Dravinji in potoku Brežnica in bi se spremljale merjene vrednosti nekaterih parametrov, še posebej v luči podnebnih sprememb in vse bolj ekstremnih vremenskih pojavov (poplav).

Ukrep 4: Predlagam, da bi se povezali z okoljskimi šolami in organizirali skupne delavnice in okrogle mize, na katerih bi se pogovarjali o onesnaženju lokalnih voda in o tem, kako lahko mi pripomoremo k zmanjšanju onesnaženja. Reka Dravinja, ki teče skozi številne kraje, je namreč naša skupna dobrina in prav bi bilo, da se povežemo in izmenjamo znanja ter izkušnje, s katerimi bi izboljšali njeno stanje kakovosti reke.

Za zaščito vodnih ekosistemov in zdravja ljudi je nujno izvajati redno spremljanje kakovosti vode, izvajati ukrepe za zmanjšanje vnosa težkih kovin ter izvajati sanacijske ukrepe na onesnaženih območjih. Poleg tega je pomembno ozaveščanje javnosti o vplivih onesnaževal na okolje in zdravje.

7. PRILOGE

7.1 Priloga 1

Lokacija zajemnega mesta (vzorčenje)	reka Dravinja						
Datum in ura odvzema	4. 11. 2021 D	10. 3. 2022 D	15. 12. 2022 D	4. 5. 2023 D	28. 9. 2023 D	4. 4. 2024 D	24. 9. 2024 D
Vreme	1. meritev deževno (2 dni)	2. meritev sončno	3. meritev sneg, zmrzal, -4°C	4. meritev delno oblačno	5. meritev jasno	6. meritev jasno	7. meritev oblačno, deževno
Parametri [enota]							
barva	rjava	bistra	čista-prozorna	rjava z usedlino	rjava, motna	rahlo rjava	brezbarvna
vonj	brez vonja	brez vonja	brez vonja	brez vonja	brez vonja	brez vonja	brez vonja
pH listič	6	8	8,05	7	6	8	7
pH (/) izmerjen	/	/	8,05	7	/	/	/
elektroprevodnost [μS/cm]	/	/	356	252	/	/	/
mg/l							
K	/	/	/	/	/	/	15,5
SO ₄ ²⁻	/	/	/	/	/	/	13,6
NO ₃ ⁻	0	5	0	/	/	10	1
NO ₂ ⁻	/	/	/	/	/	/	0,2
NH ₄	0	0	0,05	/	0	1	0
PO ₄ ²⁻	/	/	/	/	/	0,1	0,5
Al	/	/	/	/	/	/	0,1
Mn	0,1	0	0	0,3	0	0	0,2
Cu	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0
Ni	0	0	0	0,1	0	0	0
Cr (IV)	0,02	0	0,02	0,15	0,02	0,05	0
Zn	0,5	0,6	0,0001	2	0,5	0	0
Cd	/	0,025	/	/	0	0,2	0,5
As	/	0	0	5	0	0	0,5
Pb	/	0,1	0,1	/	2,03	0,1	0,1
Fe	/	0,05	0,15	/	0,3	0,15	0
detergenti (anioni)	5	5	5	/	2	2,5	5
detergenti (kationi)	/	10	10	/	20	20	10
fenoli	/	2,6	0,2	/	/	0	0,2

Opomba: Tam, kjer je manj kot nekaj (<), sem vzela polovico te vrednosti in jo označila z zeleno barvo ter jo odebelila, da sem lahko narisala graf.

7.2. Priloga 2

Lokacija vzorčevanja	potok Brežnica						
Datum in ura odvzema	4.11. 2021 B	10. 3. 2022 B	15. 12. 2022 B	4. 5. 2023 B	28. 9. 2023 B	4. 4. 2024 B	24. 9. 2024 B
Meritev	1. meritev	2. meritev	3. meritev	4. meritev	5. meritev	6. meritev	7. meritev
Vreme	deževno (2 dni)	sončno	sneg, zmrzal, 4°C	- delno oblačno	jasno	jasno	oblačno, deževno
Parametri [enota]							
barva	rjava	bistra	rjavkasto- rumena	rjavkasto- rumena	rumenkasta	rjava	rjavkasta
vonj	brez vonja	brez vonja	vonj po kanalizaciji	vonj po gnoju	brez vonja	po gnojnici	brez
pH listič	6	8	8,3	8	7	7	7
pH (/) izmerjen	/	/	8,3	8	/	/	/
elektroprevodnost [μS/cm]	/	/	315	317	/	/	/
mg/l							
K	/	/	/	/	/	/	25
SO ₄ ²⁻	/	/	/	/	/	/	1
NO ₃ ⁻	1	5	0	/	5	0	5
NO ₂ ⁻	/	/	/	/	/	/	0,5
NH ₄	0	0	0,05	/	0,2	0,2	0
PO ₄ ²⁻	/	/	/	0,5	/	0	0
Al	/	/	/	/	/	/	0,1
Mn	0,1	0	0	0,1	0,1	0	0,1
Cu	0	0	0	0	0	0	0
Ni	0,1	0	0,5	0,1	0	0	0,1
Cr (IV)	0,02	0	0	0,1	0	0,005	0
Zn	0	0	1	2	0,5	0	0
Cd	0,025	0,025	/	/	0	0,2	0,5
As	0	0	0,1	2	0	0	0
Pb	0,05	0,05	0,2	/	1,97	0,1	0,1
Fe	0,3	0,15	0,3	/	0	0	0
detergenti (anioni)	5	5	5	/	5	2,5	5
detergenti (kationi)	20	10	10	/	20	20	10
fenoli	0,1	1,25	0,2	/	/	0,2	2,5

Opomba: Tam, kjer je manj kot nekaj (<) sem vzela polovico te vrednosti in jo označila z zeleno barvo in jo odebelila, da sem lahko narisala graf.

8. KNJIŽNI VIRI IN LITERATURA

1. APHA, AWWA, WEF (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition* [12. 01. 2025].
2. Barborič, S. (2010). *Vpliv življenjskega okolja na koncentracijo kadmija v krvi pri otrocih*. Diplomsko naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo [12. 02. 2025].
3. Hajrlahović, H. (2023). *Določevanje izbranih težkih kovin ter drugih kemijskih parametrov v površinski vodi potoka Drtijiščice in ocena njihovih vplivov na zdravje ljudi*. Magistrsko delo, Repozitorij Univerze v Ljubljani [02. 03. 2025].
4. Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254 [04. 11. 2024].
5. Janežič, J. (2023). *Odstranjevanje fenolov in njihovih spojin iz industrijskih odpadnih vod: diplomsko delo*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo [19. 03. 2025].
6. Jamšek, M., & Šarc, L. (2009). Diagnostika in zdravljenje zastrupitev s kovinami. *Medicinski Razgledi*, 48, 101–113 [14. 11. 2024]
7. Jereb, G. (2019). *Modifikacija metode ocene tveganja za zdravje ljudi na primeru mehčanja pitne vode*. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani [19. 12. 2024].
8. Pivk, B. (2011). *Instrumentalne metode v analizni kemiji* [12. 02. 2025].
9. Štarkel, N., & Prosenc, P. (2021). *Analiza in ocena stanja projektnih območij Dravinjska dolina in Dravinja s pritoki z vidika upravljanja voda: LIFE Integriran projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor [21. 01. 2025].
10. Van der Jagt, H., & Reijnders, H. F. (2019). Water analysis. *Encyclopedia of Analytical Science*, 233–252 [14. 02. 2025].
11. Vojvoda, J. (2013). *Letna dinamika in raznolikost amonij-oksidirajočih arhej in bakterij v obalnem morju Tržaškega zaliva*. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta [27. 01. 2025].

12. Zgubič, T. (2023). *Kemijska analiza vode: primerjava rezultatov meritev*. Poljčane: Osnovna šola Kajetana Koviča Poljčane [12. 02. 2025].

8.1 SPLETNI VIRI

1. ARSO (2014). Nitrati v podzemni vodi. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/nitrati-v-podzemni-vodi-7> [24. 01. 2025].
2. ARSO (2021). Kemijsko-ekološko stanje površinskih voda. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/kemijsko-ekolosko-stanje-povrsinskih-voda-1> [20. 02. 2025].
3. ARSO (2024). Hranila – biokemijska potreba po kisiku v rekah. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/hranila-biokemijska-potreba-po-kisiku-v-rekah-8> [13. 11. 2024].
4. ARSO (2025). Atlas okolja. Dostopno na: https://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso [10. 12. 2024].
5. CIANO (2021). Organizmi so odvisni od svojega okolja. Dostopno na: <https://www.ciano.si/organizmi-so-odvisni-od-svojega-okolja/> [24. 01. 2025].
6. CIANO (2024). Okoljski DNK. Dostopno na: <https://www.ciano.si/zanimivosti/>
7. Cizelj, S. in Lipovšek, Š. (2019). Živali v in ob vodi. Življenjska okolja. Dostopno na: <https://ziviljenjskaokolja.splet.arnes.si/stojece-in-tekoce-vode/zivali-v-in-ob-vodi/> [13. 01. 2025].
8. Delo (2020). Industrijske odpadne vode v Dravinji ne sme več biti. Dostopno na: <https://www.delo.si/lokalno/stajerska/industrijske-odpadne-vode-v-dravinji-ne-sme-vec-biti> [17. 01. 2025].
9. Dnevnik (2012). Z omejitvijo fosfatov v detergentih do manjšega cvetenja morja. Dostopno na: <https://www.dnevnik.si/1042433882> [05. 03. 2025].
10. Eko generacija (2017). Dostopno na: <https://eko-generacija.org/?p=2702> [24. 01. 2025].
11. Gams, I. (2008). Geomorphology of the Pohorje Mountains. *Acta Geographica Slovenica*, 48(2), 187–254. [10. 02. 2025].
12. Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M.S., & Catalano, A. (2020). Nikelj: Človeško zdravje in okoljska toksičnost. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 679. Dostopno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31973020/> [24. 01. 2025].

13. Gospodarsko ministrstvo (2021). Trikotničarka (Lat. Dreissena polymorpha). Dostopno na: <https://www.gov.si teme/invazivne-tujerodne-vrste-rastlin-in-zivali/seznam/trikotnicarka-lat-dreissena-polymorpha/> [18. 12. 2024].
14. Govedič, M. (2020). Navadni škržek (Lat. Unio crassus) v območju Natura 2000 Ličenca pri Poljčanah (SI3000214). Dostopno na: https://natura2000.gov.si/fileadmin/user_upload/Dokumenti/LIFE_IP_NATURA_SI/Rezultati/A.1.2_navadni_skrzek_Unio_crassus_Volcke_CKFF_2020.pdf [14. 02. 2025].
15. Griessler Bulc, T., Hribar, J., & Holoubek, I. (2007). Toxicity of heavy metals in aquatic ecosystems. *Environmental Pollution*, 148(3), 505–518. Dostopno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749107001475> [10. 02. 2025].
16. Invazivke (2017). Spletni portal za zbiranje podatkov o invazivnih tujerodnih vrstah. Dostopno na: <https://www.invazivke.si/> [04. 12. 2024].
17. Jeevannavar, A., Narwani, A., Matthews, B., Spaak, P., & Brantschen, J. (2024). Foundation species stabilize an alternative eutrophic state in nutrient-disturbed ponds via selection on microbial community. *Frontiers in Microbiology*. Dostopno na: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2024.1310374/full> [07. 03. 2025].
18. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije (2023). Kmetijstvo in okolje. Dostopno na: <https://www.kgzsi.si/kmetijstvo-in-okolje> [10. 2. 2025].
19. KVS (2009). Dostopno na: <https://www.kraski-vodovod.si/default.asp?stran=voda-kislost> [12. 01. 2025].
20. Naravoslovnotehnična fakulteta (2025). Električna prevodnost, pH vrednost in trdota vode. Dostopno na: https://www.ntf.uni-lj.si/igt/wp-content/uploads/sites/8/2015/08/3_Prevodnost_pH_TrdotaVode.pdf [18. 01. 2025].
21. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Aluminum*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-aluminum-931006> [10. 02. 2025].
22. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Ammonium 3*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-ammonium-3-931008> [10. 02. 2025].

23. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Anionic Detergents*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-anionic-detergents-931050> [10. 02. 2025].
24. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Chromium VI*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-chromium-vi-931020> [10. 02. 2025].
25. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Copper*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-copper-931037> [10. 02. 2025].
26. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Detergents (Cationic)*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-detergents-cationic-931051> [10. 02. 2025].
27. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Iron 2*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-iron-2-931026> [10. 02. 2025].
28. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Manganese*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-manganese-931038> [10. 02. 2025].
29. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Nickel*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-nickel-931040> [10. 02. 2025].
30. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Nitrate*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-nitrate-931041> [10. 02. 2025].
31. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Phosphate*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-phosphate-931084> [10. 02. 2025].
32. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Potassium*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-potassium-931032> [10. 02. 2025].
33. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Sulfate*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-sulfate-931092> [10. 02. 2025].
34. MN-NET. (2025). *Colorimetric test kit VISOCOLOR® ECO Zinc*. <https://www.mn-net.com/colorimetric-test-kit-visocolor-eco-zinc-931098> [10. 02. 2025].
35. MN-NET. (2025). *Semi-quantitative test strips QUANTOFIX® Arsenic Sensitive*. <https://www.mn-net.com/semi-quantitative-test-strips-quantofix-arsenic-sensitive-91345> [10. 02. 2025].

36. MN-NET. (2025). *Titrimetric test kit VISOCOLOR® HE Total Hardness H-2*. <https://www.mn-net.com/titrimetric-test-kit-visocolor-he-total-hardness-h-2-915002> [10. 02. 2025].
37. MN-NET. (2025). *Tube test NANOCOLOR® Cadmium 2*. <https://www.mn-net.com/tube-test-nanocolor-cadmium-2-985014> [10. 02. 2025].
38. MN-NET. (2025). *Tube test NANOCOLOR® Lead 5*. <https://www.mn-net.com/tube-test-nanocolor-lead-5-985009> [10. 02. 2025].
39. MN-NET. (2025). *Tube test NANOCOLOR® Phenolic Index 5*. <https://www.mn-net.com/tube-test-nanocolor-phenolic-index-5-985074> [10. 02. 2025].
40. Mikro+Polo. (2025). *VISOCOLOR testni komplet za trdoto vode*. <https://market.mikro-polo.si/vsi-izdelki/izdelek.aspx/i2144699> [10. 2. 2025].
41. NIJZ (2014). O posameznih parametrih na kratko. Dostopno na: <https://nijz.si/ moje-okolje/pitna-voda/o-posameznih-parametrih-na-kratko/> [12. 02. 2025].
42. NIJZ (2014). Priloga I pravilnika o pitni vodi, del C, indikatorski parametri. Dostopno na: https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/indikatorski_parametri_0.pdf [12. 12. 2024].
43. NIJZ (2020). Krom, njegove značilnosti in vpliv na človeka in okolje. Dostopno na: <https://nijz.si/moje-okolje/krom-njegove-znacilnosti-in-vpliv-na-cloveka-in-okolje/> [04. 12. 2024].
44. NIJZ (2023). Opisi indikatorskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi. Dostopno na: <https://nijz.si/moje-okolje/pitna-voda/fizikalno-kemicni-indikatorski-parametri/> [18. 02. 2025].
45. NIJZ (2024). Opisi kemijskih parametrov, ki jih določamo v vodi. Dostopno na: <https://nijz.si/wp-content/uploads/2024/01/Opisi-kemijskih-parametrov-ki-jih-dolocamo-v-pitni-vodi.pdf> [15. 02. 2025].
46. NLZOH (2021). Pitna voda in električna prevodnost. Dostopno na: <https://www.nlzoh.si/objave/pitna-voda-in-elektricna-prevodnost/> [04. 03. 2025].
47. Novice (2018). Skrivnostno obarvanje reke Dravinje. Dostopno na: <https://novice.si/page/slo-konjice-skrivnostno-obarvanje-reke-dravinje/> [17. 11. 2024].
48. Občina Poljčane (2023). Ohranjanje naravne dediščine ob reki Dravinji. Dostopno na: <https://www.poljcane.si/objava/806455> [12. 12. 2024].

49. Občina Radenci (2025). Kemijska in mikrobiološka analiza vode vam da odgovor na vprašanje, kakšno vodo pijete. Dostopno na: <https://ztsradenci.si/kemijska-in-mikrobioloska-analiza-vode-vam-da-odgovor-na-vprasanje-kaksno-vodo-pijete/> [12. 02. 2025].
50. Občina Zreče (2018). Naravne vrednote v občini Zreče. Dostopno na: <https://www.zrece.si/Datoteke/UpravljalceDatotek/12/NV%20V%20OB%C4%8CINI%20ZRE%C4%8CE.pdf> [06. 03. 2025].
51. PIRS (2023). Uredba o pitni vodi, (Ur. l. RS št. 61/2023). Dostopno na: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED8706> [11. 01. 2025].
52. Rajski vrt (2025). Gnojenje rastlin. Dostopno na: <https://rajski-vrt.si/index.php/novosti/gnojenje-rastlin-m> [13. 01. 2025].
53. Reka Dravinja (2025). Dostopno na: <https://www.roglapohorje.si/sl/razisci/2019090313232055/reka-dravinja/> [10. 01. 2025].
54. Republika Slovenija (2025). Uredba o pitni vodi. Dostopno na: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED8706> [12. 02. 2025].
55. Resnik Planinc, T., & Ogrin, M. (2020). Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj Znamenja trajnosti. Dostopno na: <https://znamenjatrajnosti.si/vitr> [05. 01. 2025].
56. SDWF (2025). Dostopno na: <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2018/8/15/water-temperature-fact-sheet> [14. 03. 2025].
57. SIO (2024). Ekosistemi celinskih voda. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/nar7/2024/index3.html> [07. 01. 2025].
58. Svinec in njegov vpliv na zdravje (2024). Dostopno na: <https://www.sanacija-svinec.si/o-svincu/svinec-in-njegov-vpliv-na-zdravje/> [09. 11. 2024].
59. Tehnofan (2025). Analiza vode – osnovna kemijska analiza vode. Dostopno na: <https://www.filtri-za-vodo.si/analiza-vode/kemijska-analiza-vode/osnovna-kemijska-analiza> [22. 03. 2025].
60. WHO (2017). Guidelines for Drinking-water Quality, 4th Edition. Dostopno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950> [28. 01. 2025]
61. WHO (2022). Dostopno na: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=265> [21. 01. 2025].
62. Wikipedia (2025). Dostopno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Bre%C5%BEnica> [12. 12. 2024].

63. Zaynab, M., et al. (2022). Možnosti pridelave hrane na zemljiščih s težkimi kovinami. *Geografski zbornik*, 62(1), 1–15. Dostopno na: <https://journals.um.si/index.php/geography/article/download/3361/2513/> [18. 03. 2025].
64. ZPM Maribor (2020). Vsebnost težkih kovin v zemlji in rastlinah na poplavnem območju Drave. Dostopno na: https://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2020/07/S%C5%A0_Varstvo_okolja_Vsebnost_te%C5%BEkih_kovin_v.pdf [09. 12. 2024].
65. Zveza potrošnikov Slovenije (2022). Kemikalije v detergentih, ki bi se jim lahko izognili. Dostopno na: <https://www.zps.si/nasveti-in-vodniki/kemikalije-v-detergentih-ki-bi-se-jim-lahko-izognili-2022-05-05> [25. 01. 2025].

