

7. konferenca z mednarodno udeležbo

Konferenca VIVUS – s področja kmetijstva, gozdarstva, naravovarstva, varstva okolja, hortikulture, živilstva in prehrane ter podeželja

»Med vizijo in resničnostjo novih obzorij«

24. november 2022, Biotehniški center Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenija

*7<sup>th</sup> Conference with International Participation*

*Conference VIVUS – on Agriculture, Forestry, Environmentalism, Environment protection, Horticulture, Food Technology and Nutrition and Countryside*

*»Between the vision and reality of new horizons«*

*24<sup>th</sup> November 2022, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia*

## **Kemijska in mikrobiološka analiza vode v zgornjem toku reke Save**

**Maja Milovanović**

BC Naklo, Slovenija, milovanovicmaja8@gmail.com

### **Izveček**

Voda je strateška dobrina, njeni viri pa so čedalje bolj omejeni, zato je izrednega pomena, da se ohranja raven njene razpoložljivosti in predvsem kakovosti. Dobro stanje voda se lahko vzdržuje le s trajnostnim in skrbnim ravnanjem ter z učinkovitimi ukrepi v primeru težav. Le z doslednim monitoringom parametrov kakovosti vode in upoštevanjem evropske vodne politike z načrti upravljanja voda se lahko zagotovi primerno varstvo in dober ekološki potencial vodnih območij. S tem namenom sem izvedla monitoring vodnih teles reke Save. Vodo sem vzorčila v zgornjem toku reke na izbranih mestih od izvira pri Zelencih do revirja v Kranju, vzorce v laboratoriju analizirala in na osnovi kemijskih ter mikrobioloških parametrov kot tudi možnih dejavnikov okolja ocenila stanje kakovosti vode. Po lastnih ugotovitvah je kemijsko in ekološko stanje vode dobro. Nekoliko izstopata vzorca, odvzeta v bližini Kampa Perun in revirja Kranj, ki na osnovi laboratorijskih analiz sodita v slabši kakovostni razred. Po vsej verjetnosti je to rezultat različnih dejavnikov, od gospodinjskih in industrijskih odplak ter delovanja hidroelektrarne do posledic ribolova in urbanizacije. Končni cilj študije je tako opozoriti na problematiko onesnaženja, prispevati k razumevanju pomembnosti reke Save z naravovarstvenega in okoljevarstvenega vidika ter posledično apelirati na etično ravnanje vseh ljudi, da se ohranja biotska raznolikost vodnih teles reke Save in kakovost vode v čim boljšem stanju<sup>1</sup>.

**Ključne besede:** reka Sava, kakovost vode, onesnaženje, kemijsko stanje vode

## **Chemical and microbiological analysis of Sava river's upstream water**

### **Abstract**

Water is a strategic commodity, and its resources are increasingly limited, so it is vital to maintain its availability and, above all, its quality. Good water condition can only be maintained through sustainable and careful management and effective action in case of problems. Only through the consistent monitoring of water quality parameters and compliance with European water policy through water management plans, the adequate protection and good ecological potential of water areas can be ensured. With this aim in mind, I carried out the monitoring of the water bodies of the Sava River. I took water samples in the upper reaches of the river at selected sites from the source Zelenci to the fishing ground in Kranj, analysed the samples in the laboratory and assessed the water quality based on chemical and microbiological parameters as well as possible environmental factors. According to my own findings, the water's chemical and ecological state is good. The samples taken near the Perun

---

<sup>1</sup> Ta študija je v celoti povzeto po diplomskem delu: Milovanović M. Diplomsko delo: Analiza vzorcev vode reke Save v zgornjem toku na izbranih mestih. Strahinj: BC Naklo, 2022.

*7<sup>th</sup> Conference with International Participation*

*Conference VIVUS – on Agriculture, Forestry, Environmentalism, Environment protection, Horticulture, Food Technology and Nutrition and Countryside*

*»Between the vision and reality of new horizons«*

*24<sup>th</sup> November 2022, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia*

Camp and the Kranj area stand out slightly as they are of a lower quality. Likely, this is the result of domestic and industrial sewage, a hydroelectric power plant, as well as fishing and urbanization effects. The final goal of this study is thus to draw attention to the problem of pollution and to contribute to the understanding of the importance of the Sava River from a nature conservation and environmental protection point of view. I would like to encourage ethical behaviour of all people to preserve the biodiversity of the Sava River and the water quality in the best possible condition.

**Key words:** Sava River, water quality, pollution, chemical condition of water

## 1 Uvod

Evropska skupnost je leta 2000 sprejela *Vodno direktivo* 2000/60/ES, ki velja za vse države članice Evropske unije in vsebuje smernice, kako integrirati politiko trajnostne rabe in varovanja voda za zaščito ter zmanjšanja onesnaženja vodnih teles. V skladu s to direktivo se za površinske vode določa kemijsko in ekološko stanje, ki se ju razvršča v dva kakovostna razreda (dobro in slabo) za kemijsko in pet kakovostnih razredov (zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in zelo slabo) za ekološko stanje. Za doseganje dobrega kemijskega in ekološkega stanja voda je potrebno konstantno zbiranje vzorcev ter njihova primerjava s parametri naravnega vodnega okolja, kjer je človekov vpliv zanemarljiv. Na tak način lahko ocenimo kakovost vode in posledično sprejmemo ukrepe za ohranjanje vodnih teles ter preprečitev slabšanja stanja vode.

V Sloveniji se nadzoruje stanje voda v skladu z *Zakonom o vodah* in *Zakonom o varstvu okolja*. Fizikalno-kemijske parametre se meri v skladu z *Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda*<sup>2</sup>. Kriteriji za oceno stanja ter način, obseg in postopki monitoringa so zapisani v *Pravilniku o monitoringu stanja površinskih voda*<sup>3</sup> ter v *Uredbi o stanju površinskih voda*<sup>4</sup>. Splošne normative in mejne vrednosti parametrov za pitno vodo določa *Pravilnik o pitni vodi*<sup>5</sup>. Ti parametri so mikrobiološki, kemijski in indikatorski. Mikrobiološki parametri so indikatorji kvalitativnega in kvantitativnega obsega prisotnosti mikroorganizmov. Kemične snovi in stopnjo onesnaženosti, ki predstavljajo tveganje za zdravje ljudi, ugotavljamo z izbranimi kemijskimi parametri. Indikatorski parametri pa nas informirajo o stanju voda predvsem takrat, ko določeni parametri opozarjajo na odstopanje od predpisanih. V študiji so podane mejne vrednosti parametrov, ki sem jih upoštevala pri interpretaciji rezultatov na osnovi *Pravilnika o pitni vodi*. Podane so ocene stanja vode reke Save v zgornjem toku vzorčnih mest Zelenci, Mojstrana, Kamp Perun, most Piškovca, River camping Bled, Bohinjska Bela in revir Kranj ter uvrstitev teh vodnih teles v ustrezne kakovostne razrede. Kot izhodiščno mesto sem izbrala izvir reke Save, ostale pa na podlagi potencialnih vzrokov onesnaženja v okolici. Prisotnost bakterij, število mikroorganizmov in kvasovk ter drugih plesni v vodi sem določevala z gojišči PCA, PDA in briljantno zelenim bujonom<sup>6</sup>, toksičnost pa ugotavljala s čebulnim testom. Skušala sem potrditi dve hipotezi in sicer, vzorca s predvideno najslabšim kemijskim in mikrobiološkim stanjem ter visoko vsebnostjo mikroorganizmov bosta Kamp Perun in revir Kranj, voda v Zelencih pa bo uvrščena v zelo dober ekološki kakovostni razred in bo najmanj obremenjena z onesnaženjem, saj je to izvir reke Save.

<sup>2</sup> Ur. l. RS, št. 11/02, 41/04 – ZVO-1 in 14/09

<sup>3</sup> Ur. l. RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16

<sup>4</sup> Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13 in 24/16

<sup>5</sup> Ur. l. RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17

<sup>6</sup> PCA: Ang. Plate count Agar ali Tryptic Glucose Yeast Agar, Biolife 402145-2, PDA: Ang. Potato Dextrose agar, Biolife 401935-2, BZB: Ang. Brilliant green bile broth 2 %, Biolife 401265-2

## 2 Materiali in metode dela

Terensko delo je vključevalo vzorčenje vode v sterilne stekleničke, 10 cm pod površino gladine, ter meritve temperature zraka, vode, pH, električne prevodnosti in vsebnosti raztopljenega kisika. Pri meritvah sem uporabila pH-lističe, prenosni konduktometer in HQ merilnik. Z opazovanjem okoljskih dejavnikov vzorčnih mest sem pridobila naslednje podatke: lastnosti vodnih tokov, potencialne dejavnike onesnaženja, globino in videz struge, obraščenost obrežij reke, sediment na dnu reke, pene na gladini in presvetljenost vode. Od vseh naštetih parametrov so namreč odvisni bentoška favna in bakterije. Na perifitonske združbe<sup>7</sup>, alge in ribe in prav tako vplivajo zgornji dejavniki, zato so poleg ostalih parametrov odličen indikator ravni onesnaženosti.

Laboratorijske analize sem opravila takoj naslednji dan, saj se kakovost vzorcev vode s časom spreminja. V laboratoriju sem najprej izmerila pH in trdoto vode s kivetnimi testi PCK na *Hach DR2800* spektrofotometru, ki sta prva pokazatelja prisotnosti mineralnih in huminskih snovi v vodi ter, bodisi kislega (mehka voda, 0–8 °d<sup>8</sup>) bodisi bazičnega (trda voda 8–≥30 °d) značaja. Kakršnakoli odstopanja od pH-intervalu za čisto vodo (6,5–9,5) so običajno posledica vdora onesnaženja z industrijskimi odplakami. Prisotnost netopnih spojin ali drugih koloidnih snovi, kot so npr. kovinski hidroksidi, mikroorganizmi in druge organske snovi, dajejo vodi moten videz. Pitna voda namreč mora biti bistra. Bistrost vzorca sem določila tako, da sem v čašo zajela rečno vodo, pod njo postavila bel papir in ocenila stopnjo bistrosti (od 1 (bistra) do 4 (vidni delci)).

Določenih snovi v vodi se z enostavnimi kemijskimi analizami običajno ne da določiti kvantitativno, ker so pod pragom določljivosti. Lahko se jih pa zazna že v majhnih koncentracijah z vonjanjem. Voda je namreč pitna le v primeru, ko nima vonja. Če je ta prisoten, je to po vsej verjetnosti rezultat procesov gnilobe. Na vseh merilnih mestih sem tako steklenice vode pretresla in vzorce povonjala. Pri ocenah sem si pomagala z *Ballovo* lestvico (od 0 (ni vonja) do 5 (močan vonj)).

Prisotnost amonijevih, fosfatnih, nitratnih in nitritnih ionov sem določila v analitskem laboratoriju s kivetnimi testi LCK na *Hach DR2800* spektrofotometru; sulfatne in kloridne ione pa na Agilent ionskem kromatografu (IC). Vsebnost kovin sem analizirala na ICP-OES<sup>9</sup> inštrumentu. Pri vseh teh analizah sem standarde za kalibracijsko krivuljo in vzorce pripravila v skladu s predpisanimi analitskimi metodami. Redčitve vzorcev sem prilagodila interpolacijski krivulji tako, da sem z omenjenim instrumentalnim odzivom lahko ugotovila koncentracijo analita v vzorcu.

Mikrobiološko analizo sem izvedla v laboratoriju BC Naklo. Za določanje števila kolonij (oz. števila mikroorganizmov v vzorcu, ker iz enega mikroorganizma v vzorcu na gojišču zraste ena kolonija) sem uporabila tri gojišča: briljantno zeleni bujon, PCA in PDA. Pri pripravi gojišč sem vselej poskrbela za varnost, sterilnost in aseptično prenašanje vzorcev. S tem sem preprečila morebitne okužbe vzorcev z dodatnimi mikroorganizmi. Pri vseh analizah sem prav tako pripravila kontrolna gojišča z negativno kontrolo, s katerimi sem potrdila, da so bila gojišča primerno pripravljena.

Z gojiščem briljantno zelenim bujonom pri 37 °C in *durchamovimi* cevkami sem ugotavljala prisotnost toplotno odpornih koliformnih bakterij v vodi, katerih vir so predvsem fekalije. Bakterije tega vira povzročajo akutne zdravstvene težave, zato je treba mikrobiološke parametre redno spremljati, odpraviti nepravilnosti pri pripravi pitne vode, ugotoviti vir vdora bakterij in vodo prekuhavati, dokler dezinfekcija ni popolna.

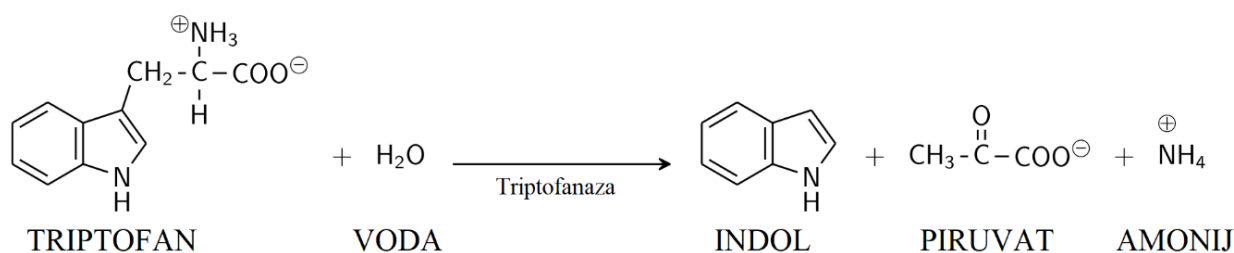
Z biokemičnim Kovačevim reagentom sem diagnosticirala prisotnost spojine indol, ki jo je bakterija *E. Coli* sposobna tvoriti z razkrojem aminokislina triptofan. V kolikor je indol v vodi prisoten, v gojišču tvori rožnat kompleks. Po inkubaciji sem v vse epruvete z gojiščem in vzorcem dodala nekaj kapljic Kovačevega reagenta in opazovala morebitno spremembo barve vsebine epruvet.

---

<sup>7</sup> Sklop mikroorganizmov ali biofilm na vodnem dnu. To so lahko bakterije, diatomeje, praživali, kotalčniki, nematodi, nitaste alge, maloščetinci ipd.

<sup>8</sup> 1 °d = 10 mg kalcijevega oksida na liter

<sup>9</sup> Induktivno sklopljeni plazemski optični emisijski spektrofotometer



Slika 1: Razkroj triptofana

Vir: [https://en.wikipedia.org/wiki/Indole\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Indole_test), 2022

Za ugotavljanje skupnega števila mikroorganizmov v vodi sem uporabila gojišče PCA in inkubirala petrijevke pri 22 °C in 37 °C, prisotnost plesni in kvasovk pa sem ugotavljala z gojiščem PDA.

Toksičnost vzorcev sem preverila z biološkim čebulnim testom, s katerim sem ocenila prisotnost škodljivih snovi, ki vplivajo na rast in razvoj živih organizmov v vodi (Firbas, 2010, 18). Opazovala sem hitrost rasti in dolžine korenin rastline mlade čebule (*Allium cepa* L.) v testnih vzorcih. Strupene kemikalije v vodnih medijih namreč upočasnjujejo rast korenin. Čim daljše so koreninice, tem manjša je količina strupenih snovi v vodi in obratno. Na gladino vzorcev v menzurah sem nastavila čebulice *Allium cepa* L.<sup>10</sup> in vzporedno nastavila testne rastline tudi za negativno kontrolo (destilirano vodo). Vse čebulice sem pustila v vodnih medijih pet dni pri sobni temperaturi. Testne rastline sem na koncu fotografirala in izmerila dolžine korenin v vseh menzurah, opazovala pa sem tudi morebitne spremembe barv vzorcev in oblike korenin. Končne meritve sem primerjala s kontrolo in določila kakovost vodnih vzorcev.

### 3 Rezultati

#### 3.1 Kemijska analiza

Reko Savo sem vzorčila v ponedeljek, 8. 3. 2021, na sedmih izbranih mestih. V Tabeli 1 so zabeležene meritve na vzorčnih lokacijah ter prva opažanja lastnosti struge in zajetih voda. Vreme v času vzorčenja je bilo jasno do pretežno jasno, 1018 hPa (meteo.arso.gov.si, 8. 3. 2021), temperatura zraka od 7–13 °C, vode pa od 7,8–11,4 °C.

Sodeč po vonju so vse vode pitne, z izjemo vzorcev pri Kampu Perun in revirju Kranj. Na teh dveh lokacijah sem namreč zaznala rahel vonj, vendar je bila intenziteta na meji določljivosti. Voda je bila na omenjenih vzorčnih mestih tudi manj bistra kot pri ostalih, saj je bila struga globlja. Hkrati je bila presvetljenost reke zato znatno manjša pri Kampu Perun in revirju Kranj, kar je po vsej verjetnosti posledica prisotnosti mikroorganizmov. To sem nadalje potrdila tudi z gojiščem PCA. Pene so bile opazne le pri Kampu Perun ob umetni prepreki, kjer so se ujele smeti, ki so priplavale s tokom.

Raztopljeni kisik v vodi je zelo pomemben faktor za življenje številnih organizmov, saj ga porabljajo za dihanje, zato sem na terenu izmerila tudi koncentracijo kisika. Raztopljeni kisik (nadalje DO<sup>11</sup>) vstopi v vodo prek neposredne absorpcije iz ozračja, tokov v vodnih telesih in fotosinteze v vodi živečih rastlin. Če je DO premalo, voda postane onesnažena. Moje meritve so v območju 8,70 do 11,75 mg/l O<sub>2</sub>, kar nakazuje na dovoljšno koncentracijo kisika v vodah.

Koncentracije ionov v nobenem vzorcu ne presegajo mejne vrednosti, ki so določene v *Pravilniku o pitni vodi*, zato sem vsa vzorčna vodna telesa umestila v dober kakovostni razred. Vsi vzorci imajo zelo nizko količino ionov oz. so določene vrednosti še celo pod pragom določljivosti. Ti ioni se običajno pojavijo v površinskih vodah bodisi zaradi uporabe detergentov in pralnih praškov, bodisi zaradi odplak industrijskih in komunalnih obratov ter gospodinjstev, pa tudi posledic kmetijstva in mineralnih gnojil, ki jih padavine spirajo v tla. Noben od opisanih parametrov ne pokaže resnejšega onesnaževanja.

<sup>10</sup> Distribucija: Semenarna Ljubljana, d.d., 500 g, premer čebulic 10-20 mm

<sup>11</sup> Ang. dissolved oxygen

Tabela 1: Preglednica meritev na terenu, dne 8. 3. 2021

	VZORCI	GLOBINA VODE [cm]	pH-METER	$\sigma$ [ $\mu$ S/cm]	KISIK [mg/l]	VODNI TOK	SEDIMENT	VONJ VODE [0–5]	INTEN. VONJA	PENE NA POVRŠINI	BISTROST [1–4]
1	ZELENCI	90	7,90	283	8,70	Stoječa	Mulj	0	/	NE	1
2	MOJSTRANA	27	8,31	293	10,47	Deroči	Prod, pesek	0	/	NE	1
3	KAMP PERUN	17	8,10	324	10,44	Miren	Mulj	2	Rahla	Ponekod	2
4	MOST PIŠKOVCA	12	8,25	307	10,40	Deroči	Prod	0	/	NE	1
5	R. C. BLED	40	8,40	311	11,31	Hiter	Prod	0	/	NE	1
6	BOHINJSKA BELA	10	8,40	252	11,24	Deroči	Skale, kamni	0	/	NE	1
7	REVIR KRANJ	30	8,18	337	11,75	Miren	Prod	2	Rahla	NE	3

Tabela 2: Rezultati meritev TOC in prevodnosti pri 20 °C

Vzorci [20 °C]	1	2	3	4	5	6	7	Mejne vred.
TOC [mg/l]	0,610	1,304	0,645	0,668	0,627	0,874	0,683	4 mg/l
$\sigma$ [ $\mu$ S/cm]	227,0	271,0	318,0	329,0	324,0	270,0	355,0	2500 $\mu$ S/cm

Vrednost KPK (kemijska potreba po kisiku), ki je merilo onesnaženja vod z biološko razgradljivimi in nerazgradljivimi snovmi, je pod limitom. V *Pravilniku o pitni vodi* ni definirana, sem pa svoje rezultate primerjala s priporočeno vrednostjo vsebnosti KPK za vode, ki spadajo v kakovostni razred A3<sup>12</sup>. TOC je koncentracija celokupnega organskega ogljika v vodi, med katere sodijo elementarni ogljik, saje in ostala kemijska onesnaževala (npr. benzen, kloroform ipd.). Ta parameter je lahko pokazatelj in/direktnega tveganja za zdravje, saj

<sup>12</sup> [https://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2001-004-00001-PP~P001-0000.PDF](https://www.uradni-list.si/files/RS_-2001-004-00001-PP~P001-0000.PDF), 15. 3. 2022

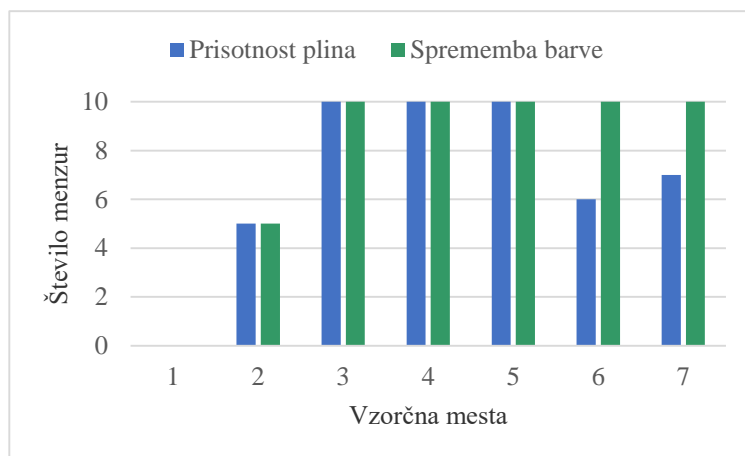
veliko organskih spojin z drugimi sredstvi reagira toksično. Izmerjena vrednost je po pričakovanjih pod mejno. Prisotnost kloridnih ionov v vodah prav tako ni visoka. Soljenje cest, ki je glavni razlog onesnaženja voda s kloridi, se očitno v okolici reke Save v zgornjem toku izvaja zmerno. V pitni vodi na električno prevodnost vpliva predvsem prisotnost anorganskih snovi, kot so  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  in  $\text{Cl}^-$  ioni<sup>13</sup>, katerih celokupne koncentracije se običajno ne spreminjajo. Če pa se električna prevodnost nenadno spremeni, lahko sumimo na akutno onesnaženost. Ker so moje izmerjene vrednosti pod mejno, izključujem možnost onesnaženja voda na vseh merilnih lokacijah. Tudi koncentracije kovin (Al, Cu, Fe, Na, Ni, Si<sup>14</sup>, Zn in Mn)<sup>15</sup>, katerih prisotnost kaže obremenitev vodnih teles z onesnaženjem s kemičnimi snovmi, ne presegajo mejnih vrednosti, zato sem vsa vodna telesa uvrstila v **dober kakovostni razred**.

<sup>13</sup> Ioni po vrsti: kalcijevi, magnezijevi, natrijevi, kalijevi, sulfatni in kloridni

<sup>14</sup> Silicij ni zabeležen v Pravilniku o pitni vodi; rezultate sem primerjala z intervalom koncentracije za površinske vode (Gregorčič, 2018).

<sup>15</sup> Kovine po vrsti: aluminij, baker, železo, natrij, nikelj, silicij, cink, mangan

### 3.2 Mikrobiološka analiza



Slika 2: Grafikon - št. menzur s prisotnostjo plina v *durchamovih* cevkah in s spremembo barve

Število bakterij, ki se razvijejo pri 37 °C na gojišču brilijantno zeleni bujon, je pokazatelj učinkovitosti postopkov pri pripravi pitne vode, v primeru te študije, pa pokazatelj vdora bakterij iz zunanega vira in fekalnega onesnaženja. Obvladovanje mikroorganizmov v pitni vodi je zelo pomembno za zdravje predvsem zato, ker so akutne posledice bakterijskih okužb zdravju škodljive. Po inkubaciji vzorcev sem ugotavljala prisotnost koliformnih bakterij in spremembo barve gojišč in/ali pojav plina v *durchamovih* cevkah. Kot je razvidno iz Slike 2, se je pri vseh vzorcih pojavil plin, spremenila pa se je tudi barva gojišča, kar pomeni, da je voda teh vzorcev onesnažena s fekalnimi bakterijami. Vse te vode zatorej niso zdravstveno ustrezne in bi jih bilo treba prekuhavati, z izjemo vode iz Zelencev, ki ne vsebuje koliformnih bakterij. Na Kovačev reagent ni bil pozitiven noben od vzorcev, kar je dokaz, da analizirane vode ne vsebujejo bakterij *E. coli*.

Plesni in kvasovke so večcelične glive, ki imajo strupene in alergijske učinke na zdravje ljudi ter lahko povzročijo hude okužbe dihal. Mejne vrednosti teh gliv v pitni vodi sicer niso določene, vendar je zaradi možnih škodljivih učinkov priporočljivo, da plesni in kvasovk v pitni vodi ni. Na vzorcih 1 in 2 se plesni na gojišču PDA niso razrasle, na ostalih pa. Najbolj plesnivi vzorci so bili 4, 5 in 7. Ker je bilo obrežje reke Save pri Kampu Perun precej onesnaženo tudi z naplavinami in z gospodinjskimi odpadki, je prisotnost plesni logična. Na vzorcih 1, 2 in 6 se kvasovke niso razrasle, najbolj okužene vode s kvasovkami pa so iz vzorcev 3, 5 in 7. Vodna telesa pri Kampu Perun, River Campingu Bled in revirju Kranj so načeloma tudi najbolj izpostavljeni industrijskemu onesnaženju in turizmu.

Tabela 3: Preglednica rezultatov analiz vzorcev na gojišču PDA za prisotnost plesni in kvasovk

	VZORCI na dveh paralelnih petrijevkah	PRISOTNE KOLONIJE PLESNI	PRISOTNE KOLONIJE KVASOVK	Mejna vrednost
	<b>KONTROLA</b>	NE	NE	0 plesni in 0 kvasovk
<b>1</b>	<b>ZELENCI</b>	NE	NE	
<b>2</b>	<b>MOJSTRANA</b>	NE	NE	
<b>3</b>	<b>KAMP PERUN</b>	DA (6 kolonij)	DA (> 500)	
<b>4</b>	<b>M. PIŠKOVCA</b>	DA (4 velike kolonije)	DA (1)	
<b>5</b>	<b>R. C. BLEĐ</b>	DA (3 velike kolonije)	DA (83)	
<b>6</b>	<b>BOH. BELA</b>	DA (1 kolonija)	NE	
<b>7</b>	<b>REVIR KRANJ</b>	DA (4 velike kolonije)	DA (> 300)	

Tabela 4: Preglednica rezultatov analiz vzorcev na PCA

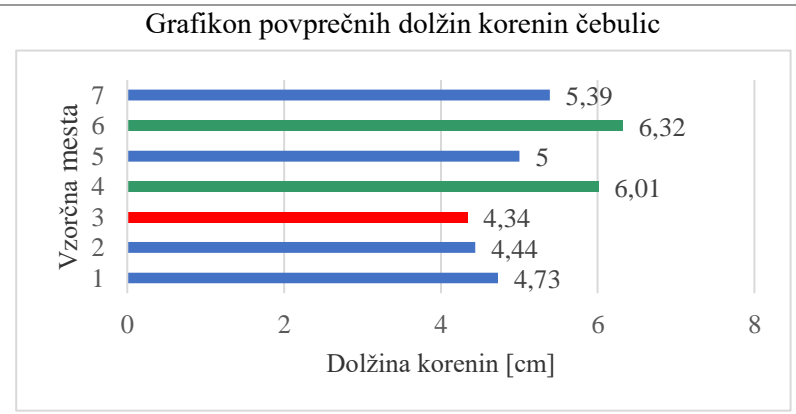
VZ. na dveh petrijevkah	Povp. skupno št. kolonij pri 22 °C	Povp. skupno št. kolonij pri 37 °C	Mejne vred. v P. o pitni vodi	Stolpčni grafikon povp. št. kolonij mikroorganizmov pri 37 °C
KONTROLA	0	0	Manj kot 100/ml oz. manj kot 20/ml za vodo, namenjeno za pakiranje / stekleničenje	
ZELENCI	58	45		
MOJSTRANA	39	> 150		
K. PERUN	> 600	> 200		
PIŠKOVCA	40	65		
R. C. BLED	> 150	> 200		
BOH. BELA	18	> 100		
R. KRANJ	> 100	> 150		

Povprečno skupno število mikroorganizmov po inkubaciji vzorcev pri 37 °C na gojišču PCA je višje od mejne vrednosti za pitno vodo pri večini vzorcev, razen pri vzorcih 1 in 4, ki vsebujeta manj kot 100 mikroorganizmov na mililiter. Torej sta voda v Zelencih in voda pri mostu Piškovca pitni. Za vse ostale vode se priporoča prekuhanje oz. preprečitev nadaljnje kontaminacije na samem viru onesnaženja, najuspešnejši način pa je sistem večkratnih ovir in dezinfekcija vode. Nobena od vzorčenih voda pa ni primerna za stekleničenje, saj so vse meje presežene, ker vsebujejo več kot 20 mikroorganizmov na mililiter. Bakterije, ki se razvijejo na gojišču PCA pri 22 °C, so v naravi prisotne kot normalna flora in po navadi niso fekalnega izvora. Po inkubaciji na gojišču PCA pri 22 °C je mejna vrednost števila mikroorganizmov presežena pri vzorcih 5 in 7, pri vzorcu 3 pa je število bakterij krepko nad mejo. Voda pri Kampu Perun je tako najbolj onesnažena in ne ustreza *Pravilniku o pitni vodi*.

V Tabeli 5 so prikazani rezultati analiz čebulnega testa. Zabeležene so meritve dolžin korenin čebulic v desetih menzurah vsakega posameznega vzorca. Ekstremno kratkih in ekstremno dolgih korenin pri izračunu povprečja nisem upoštevala. Za negativno kontrolo sem uporabila destilirano vodo ter s tem dokazala, da eksperiment deluje, saj so bile tu korenine najkrajše, ker v destilirani vodi praktično ni mineralov in hranil za čebulice. Najdaljše korenine so bile pri vzorcih 4 in 6, pri katerih sem opazila tudi, da so vse čebulice pognale bogate korenine. Voda teh dveh vodnih teles je plitka, vsebnost kisika pa zaradi hitrejšega toka večja, kar je bil pomemben faktor pri čebulnem testu. Sodeč po rezultatih je najbolj toksična voda vzorca 3, saj so bile v tem vzorcu korenine najkrajše. Glede na slabo stanje reke Save pri Kampu Perun zaradi visoke obremenitve z onesnaženjem rezultat kratkih korenin povsem vzdrži.

Tabela 5: preglednica meritev dolžin korenin čebulic v vzorcih vode z *Allium* testom

VZORCI		MENZURE										Povp. z odbitimi ekstremi
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Zelenci	7,4	4,5	6,3	3,3	4,1	4,1	5,5	3,1	5,8	5,9	4,73
2	Mojstrana	7,6	3,3	4,3	3,7	4,3	5,6	5,8	4,6	2,3	3,9	4,44
3	K. perun	7,2	4,3	9,0	5,8	3,0	4,2	3,3	2,0	5,0	4,8	4,34
4	Piškovca	8,3	7,0	6,0	6,3	2,4	4,9	5,8	6,6	6,8	4,7	6,01
5	R. C. Bled	3,7	5,8	4,8	5,0	7,0	3,8	6,6	4,8	4,2	4,3	4,78
6	Boh. Bela	5,5	5,5	8,0	5,6	7,3	6,2	6,7	5,4	6,7	3,5	6,32
7	R. Kranj	4,5	3,1	6,4	4,4	5,4	7,2	6,5	5,8	6,0	4,1	5,39
	Dest. voda	6,0	1,3	1,5	2,0	2,0	2,4	4,7	2,4	1,3	3,8	2,38



#### 4 Razprava

Obe zastavljeni hipotezi študije na osnovi pridobljenih rezultatov potrjujem. Kemijsko stanje izbranih vodnih teles reke Save v zgornjem toku ocenjujem za dobro, saj mejne vrednosti kemijskih in indikatorskih parametrov v vzorcih niso bile presežene, razen mejne vrednosti števila koliformnih bakterij. Ta je bila presežena v vseh vzorcih z izjemo vzorca 1 (Zelenci).

Po pregledu literature in opazovanju okolice analiziranih vodnih teles ter na osnovi mikrobioloških parametrov sem vzorce po lastni presoji umestila v ekološke razrede – vzorčno mesto 1 v zelo dober, 2 in 6 v dober, 4 v zmeren, 3, 5 in 7 pa v slab kakovostni razred. Spodaj navajam možne dejavnike onesnaženja reke Save v zgornjem toku ter posledice obremenjenosti in škodljive vplive za naravo in ljudi.

Industrijske panoge so glavni onesnaževalci površinskih voda predvsem zaradi izpustov industrijskih odpadnih voda in neučinkovitosti čistilnih naprav. Odpadne vode spuščajo v okolje tudi večje kmetijske panoge in ribogojnice, s kmetijskih površin pa se z dežjem spirajo gnojila v reko in podtalne vode. Ker je kmetijskih površin v bližnjih okolicih vzorčnih mest malo (z izjemo Mojstrane), tej panogi načeloma ne bi pripisala obsežnejšega vira onesnaženja. Bolj pereč problem za reko Savo so neposredni izpusti komunalnih odpadnih voda. Med Kranjsko Goro in Mojstrano za komunalne vode in ločevanje odpadkov skrbi zbirni center in kompostarna Komunala Kranjska Gora Tabre, pri Jesenicah je za to zadolžen Jeko, na Bledu Infrastruktura Bled, v Kranju pa Komunala Kranj. Vsa javna komunalna podjetja so zavezana upoštevati *Direktivo o odpadkih 2008/98/ES* in ostale uredbe tako, da so emisije snovi pri odvajanju komunalne odpadne vode čim manjše (učinkovito čiščenje odpadnih voda na čistilnih napravah), da se izvajajo redni monitoring vodnih teles (s strani države), v katera se komunalne odpadne vode odvajajo, ter da se upoštevajo mejne vrednosti emisij snovi v vode in merila občutljivosti vodnih teles površinskih voda. Izbrani vzorci, v katerih so prisotne koliformne bakterije, so posledica komunalnih odplak. Škodljivi dejavniki za reko Savo v zgornjem toku so še turistične in športne dejavnosti ter promet in urbanizacija. Razlogi za to so izpusti odpadnih voda iz turističnih objektov, emisije toplote iz termalnih kopalnic (Bled) ter spiranje kemikalij z meteornimi vodami v reko z umetnih površin (golf igrišče pri



Bledu, umetno zasnežena smučišča v Kranjski Gori) in s prometne infrastrukture (ceste in železnice). Na sam rečni sistem vplivajo tudi odvzemi vode za namakanje nekmetijskih površin, kot so parki, golf igrišča, smučišča in kopališča.

Največjo obremenitev za reko Savo z naravovarstvenega vidika povzročajo hidroelektrarne. Z izgradnjo akumulacijskega jezera pri HE Moste so se uničili rečni in obrežni habitati, kot so ribja drstišča, prodišča, kjer gnezdi rečne ptice, in plitvine, kjer se zadržujejo dvoživke, vodni nevretenčarji ipd. Med gradnjo HE Moste in male HE Jesenice so rečno strugo regulirali do te mere, da so posegli v naravni ekosistem, s tem pa se je uničila tudi obvodna vegetacija. Na terenskem delu ptic ni bilo opaziti, ribe pa sem videla le v Zelencih. Z zaježitvijo reke je izginil tudi obrežni poplavni prostor z bogatim rastlinstvom, ki deluje kot biološka čistilna naprava in vir podtalnice.

Posledice delovanja HE so nihanje temperatur v reki, pomanjkanje kisika in rečnega sedimenta. Tako se ruši naravni ritem drstenja rib in povzroča krčenje življenjskega prostora živali v vodi. Z izgradnjo jeza HE Moste se je prekinila tudi vzdolžna povezanost rečnega sistema. S tem je onemogočena migracija organizmov v reki. Vodni prostor se je omejil, mesta za razmnoževanje, prehranjevanje ter zavetje rib pa skrčila. Negativen vpliv na vodni ekosistem in kakovost vode ima tudi kopičenje mulja, saj reka izgublja samočistilno sposobnost. V mulju se namreč nalagajo strupene snovi in organski material, ki s časom gnije in z razkrojem posledično sprošča neprijeten vonj ter toplogredne pline. Vsi naštetih dejavniki so po vsej verjetnosti ključni razlogi, da je bilo v vzorcih zaznanih veliko število bakterij. Boljša kakovost vode reke Save v zgornjem toku in zaščita obrežnih habitatov se bo, po mojem mnenju, vzpostavila takrat, ko bodo sprejeti strožji ukrepi za zniževanje potreb po električni energiji in se bo začelo večinsko uporabljati trajnostno energijo, da se reko na splošno razbremenijo. Nujna bo pogostejša kontrola in posodabljanje čistilnih naprav, zasaditev avtohtone obrežne vegetacije in odstranjevanje tujerodnih vrst. Spodbudni bi bili tudi ekoturizem, ki bi lahko nadomestil masovnega, uvedba boljše kmetijske prakse, predvsem pa rutinsko odkrivanje virov onesnaževanja in redni monitoring voda. Verjamem, da se s seznanjanjem problematike kakovosti vode lahko vzbudi vsesplošna odgovornost do narave.

## Literatura in viri

Agencija RS za okolje. *Podatki o kakovosti voda 2021; Reke – izpis podatkov za leto 2021 – I. mejnik* (online). 2021. (citirano 29. 1. 2022). Dostopno na naslovu: [https://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/kakovost\\_arhiv2021.html](https://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/kakovost_arhiv2021.html).

Agencija RS za okolje. *Rezultati monitoringa ekološkega stanja vodotokov v letu 2019* (online). 2019. (citirano 29. 1. 2022). Dostopno na naslovu: [https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekološko\\_stanje\\_reke\\_2019.pdf](https://www.arso.gov.si/vode/reke/ocena%20stanja/Ekološko_stanje_reke_2019.pdf).

Ambrožič, Š., et al. *Kakovost voda v Sloveniji*. Ljubljana: Agencija RS za okolje, 2008. ISBN 978-961-6024-39-6.

ARSO, *Kemijsko stanje površinskih voda v Sloveniji*. Ljubljana, 2021. ISSN 2670-4633.

ARSO, *Podatki samodejnih hidroloških postaj*. (online). 2021. (citirano: 14. 1. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.arso.gov.si/vode/podatki/amp/>.

Direktiva 2008/105/ES Evropskega parlamenta in sveta o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv Sveta 82/176/EGS, 83/513/EGS, 84/156/EGS, 84/491/EGS, 86/280/EGS ter spremembi Direktive 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta. *Uradni list Evropske unije*, L348/84 (2008). Priloga I.

Firbas, P. *Kakovost vode Kamniške Bistrice, vrednotena z biološkim testom*. Letnik 76, št. 5. str. 131-132. 2017. ISSN: 0350-4573.

Firbas, P. *Kemizacija okolja in citogenetske poškodbe*. NUK Ljubljana, 2010. ISBN 978-961-6838-05-4.

Fiskesjö, G. *The Allium test — In Vitro Toxicity Testing Protocols*. Humana Press Inc, Totowa, NJ. Str. 119-127 (online). 1995. (citirano 14. 1. 2022). Dostopno na naslovu: <https://link.springer.com/protocol/10.1385/0-89603-282-5:119>.

Godič Torkar, K. *Trajnostni razvoj z izbranimi poglavji iz biologije*. Ljubljana: Zavod IRC, 2011, str. 63–68.

Habulin M., Primožič M. *Biokemijska tehnika*. Maribor, FKKT, Univerza v Mariboru, 2008, str. 5–8.

*Kemijska potreba po kisiku* (online). 2022. (citirano 15. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.ntf.uni-lj.si/igt/wp-content/uploads/sites/8/2015/08/KPKinTOC.pdf>.

Križanec, O. *Analiza izbranih pokazateljev kvalitete površinskih in odpadnih vod Maribora in okolice* (online). 2015. (citirano 22. 3. 2022). Dostopno na naslovu: [https://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2015/06/S%C5%A0\\_VO\\_Analiza\\_izbranih\\_pokazateljev\\_kvalitete.pdf](https://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2015/06/S%C5%A0_VO_Analiza_izbranih_pokazateljev_kvalitete.pdf).

Maček, M. A. *Mikrobiološka in kemijska analiza priložnostnih vzorcev vode v študijskem letu 2019/2020*. V: 6. konferenca z mednarodno udeležbo – Konferenca VIVUS s področja kmetijstva, naravovarstva, hortikulture in floristike ter živilstva in prehrane: zbornik prispevkov: Raziskovalni izzivi in razvojne priložnosti, 2020, let. 6, str. 473–482.

Mikoš M., Muck P., Savić V. *The Sava River Channel Changes in Slovenia*, 2016, 28/49 (2015), str. 102-104, ISSN 1581-0267.

Milovanović M. *Diplomsko delo: Analiza vzorcev vode reke Save v zgornjem toku na izbranih mestih*. Strahinj: BC Naklo, 2022 (vir tabel: lasten).

MOP RS, *Priprava načrtov upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja 2015-2021* (online). 2015. (citirano 14. 3. 2022). Dostopno na naslovu: [http://www.natura2000.si/fileadmin/user\\_upload/Dokumenti/Life\\_Upravljanje/C7\\_5V\\_7\\_Rozman\\_PU\\_N\\_19.5.2015.pdf](http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/Dokumenti/Life_Upravljanje/C7_5V_7_Rozman_PU_N_19.5.2015.pdf).

*Monitoring in ocenjevanje stanje površinskih in podzemnih voda v Sloveniji* (online). 2016. (citirano 15. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Monitoring%20in%20ocenjevanje%20stanja%20voda%20v%20Sloveniji.pdf>.

*Ocena ekološkega in kemijskega stanja voda v Sloveniji za obdobje 2006 do 2008* (online). 2010. (citirano 15. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Ocena%20stanja%20voda%2020062008.pdf>.

*Ocena kemijskega stanja vode* (online). 2014. (citirano 4. 2. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/Vode/Stanje-voda/Ocena-kemijskega-stanja-voda-za-Nacrt-upravljanja-2022-2027.pdf>.

*Osnove spektrofotometrije* (online). 2020. (citirano 3. 2. 2022). Dostopno na naslovu: <https://hannaservice.si/osnove-spektrofotometrije/>.

*Parametri v pitni vodi* (online). 2022. (citirano 9. 2. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.nijz.si/sl/parametri-ki-jih-dolocamo-v-pitni-vodi>.

Poje, M. *Kakovost površinskih virov pitne vode v Sloveniji*. Ljubljana: CIP, Agencija RS za okolje. NUK. 2008.

*Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda*. Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16.

*Predstavitev Načrta upravljanja voda 2009-2015. Skrbimo za porečje Save* (online). 2010. (citirano 15. 3. 2022). Dostopno na naslovu: [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Publikacije/21e6910923/skrbimo\\_za\\_vode\\_sava.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Publikacije/21e6910923/skrbimo_za_vode_sava.pdf).

*Raztopljeni kisik v vodi* (online). 2022. (citirano 14. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://si.hach.com/parameters/dissolved-oxygen>.

Statistični urad RS, *Voda od izvira do izpusta* (online). 2013. (citirano 15. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.stat.si/doc/pub/vodaodizviradoizpusta.pdf>.

*Uredba o stanju površinskih voda*. Uradni list RS, št. 24/16 (2016). Priloge III., IV., V., VI, VII.

*Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov na območju občine Jesenice*. Uradni list RS, št. 62/13 (2013), 92/14 in 93/20).

Vidic, T., Maček, M. A. *Abiotični dejavniki in ekotoksikologija*. Navodila za vaje. BC Naklo. 2020.

*Zakon o varstvu okolja*. Uradni list RS, 19 (2020), 158/20, 3. člen.

*Za Savo, združenje nevladnih organizacij* (online). 2022. (citirano 14. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://za-savo.si/skoda-za-naravo/>.

*Za Savo, združenje nevladnih organizacij* (online). 2022. (citirano 3. 2. 2022). Dostopno na naslovu: <https://za-savo.si/reka-sava/>.

Zavod za zdravstveno varstvo Celje, *Zbirno poročilo o monitoringu vplivov na kakovost voda med gradnjo HE Krško – LOT 3A* (online). 2012. (citirano 15. 3. 2022). Dostopno na naslovu: <https://www.infra.si/pdf/koncno-stanje/Zbirno-porocilo-kakovost-povrsinskih-voda-in-podtalne-vode-med-gradnjo-HE-KK.pdf>.