

Osnovna šola Hudinja

Mariborska cesta 125

3000 Celje

# BIOLOŠKA IN KEMIJSKA ANALIZA ŠMARTINSKEGA JEZERA

Raziskovalna naloga

Ekologija

Avtorji:

Larisa Krumpak, 8. c

Žana Topolak, 8. c

Milenca Obrul, 8 .a

Mentor:

Martin Melanšek, mag. prof. kem. in mag. prof. biol.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2022

Osnovna šola Hudinja

Mariborska cesta 125

3000 Celje

# BIOLOŠKA IN KEMIJSKA ANALIZA ŠMARTINSKEGA JEZERA

Raziskovalna naloga

Ekologija

Avtorji:

Larisa Krumpak, 8. c

Žana Topolak, 8. c

Milenca Obrul, 8. a

Mentor:

Martin Melanšek, mag. prof. kem. in mag. prof. biol.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2022

## **Zahvala**

Za pomoč in vodenje pri delu se zahvaljujemo mentorju, gospodu Martinu Melanšku.

Za uporabo laboratorija se zahvaljujemo direktorici podjetja Nanoten d. o. o., gospe Sabini Blatnik.

Za lektoriranje se zahvaljujemo lektorici, gospe Petri Galič.

## Kazalo vsebine

<b>1. Uvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Teoretični del.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Jezera .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Umetna jezera .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1 Šmartinsko jezero.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Voda v stoječih vodah.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Kakovost vode .....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Posledice onesnaževanja voda .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Biološke analize vode.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.1 Določanje kakovosti vode z biološko metodo.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7 Kemijske analize vode .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Metodologija.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Analize .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Raziskovalna vprašanja .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Predpostavke.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Omejitve raziskovanja .....</b>	<b>22</b>
<b>4. Empirični del .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Rezultati.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.1 Biološka analiza .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.2 Kemijska analiza .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.2.1 Barva.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.2.2 Temperatura .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.2.3 Električna prevodnost .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.2.4 pH vrednost .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2.5 Kloridi.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.2.6 Nitrati.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.2.7 Sulfati .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.2.8 Fosfati .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.2.9 Trdota vode .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.2.10 Železo .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.2.11 Baker.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.2.12 Silikati.....</b>	<b>31</b>

4.1.2.13	Sulfit.....	31
5.	Diskusija.....	32
6.	Viri.....	33

## **Kazalo tabel**

Tabela 1: Barva vode.....	24
Tabela 2: Temperatura vode.....	24
Tabela 3: Elektro prevodnost vode.....	25
Tabela 4: pH vrednost vode.....	26
Tabela 5: Kloridi v vodi .....	27
Tabela 6: Nitrati v vodi .....	27
Tabela 7: Sulfati v vodi .....	28
Tabela 8: Fosfati v vodi.....	28
Tabela 9: Trdota vode .....	29
Tabela 10: Železo v vodi.....	30
Tabela 11: Baker v vodi .....	30
Tabela 12: Silikati v vodi .....	31
Tabela 13: Sulfit v vodi.....	31

## **Kazalo slik**

Slika 1: Delo na terenu. ....	23
Slika 2: Delo v laboratoriju - merjenje prevodnosti. ....	26
Slika 3: Merjenje trdote vode. ....	29

## **Povzetek**

Slovenija je zelo bogata z naravnimi danostmi in se uvršča med vodno zelo bogate države. Žal je po podatkih meritev Agencije RS za okolje, ki podpira celovito upravljanje z vodami v Sloveniji, stanje voda v naši državi vedno bolj zaskrbljujoče, za kar je zaslužen predvsem človek s svojim načinom življenja (Aralica et al., 2013). Šmartinsko jezero je s površino 1,07 km<sup>2</sup> med največjimi umetnimi jezери (zadrževalniki) v Sloveniji. V raziskovalni nalogi smo izmerili biološke, fizikalne in kemijske parametre vode v Šmartinskem jezeru.

Tudi pri kemijskem delu analiz so bile vse vrednosti pod zakonsko predpisano mejno vrednostjo. V biološkem delu analize smo izvedli biološko analizo vode, tako da smo preučili manjše vodne živali, ki prebivajo v jezeru. Ugotovili smo, da v vodi prevladujejo postranice, ki so značilne za srednje onesnažene vode. Našle smo tudi nekaj ličink enodnevnice, ki so značilne za čiste vode, in nekaj vodnih osličkov in ličink trzač, ki so značilni za močno onesnažene vode. Kot smo domnevali, je voda v Šmartinskem jezeru primerna za kopanje. Parametri vode so na vseh kemijskih analizah pod dovoljeno vrednostjo. Glede na živali, ki bivajo v vodi, lahko rečemo, da je voda v jezeru zmerno onesnažena.

Sestava vode se lahko zelo razlikuje glede na letni čas, saj na vodo vplivajo številne dejavnosti človeka, zato bi morali za izboljšanje rezultatov raziskovalne naloge morali kakovost vode spremljati celo leto, saj se vsebnost snovi lahko hitro spremeni zaradi vpliva neživih in živih dejavnikov okolja.

**KLJUČNE BESEDE:** Šmartinsko jezero, kemijska analiza, biološka analiza, kakovost vode

## 1. Uvod

Slovenija je zelo bogata z naravnimi danostmi in se uvršča med vodno zelo bogate države. Žal pa je po podatkih meritev Agencije RS za okolje, ki podpira celovito upravljanje z vodami v Sloveniji, stanje voda v naši državi vedno bolj zaskrbljujoče, za kar je zaslužen predvsem človek s svojim načinom življenja. Ključna problematika vodnega okolja v Sloveniji je vezana na onesnaževanje površinskih in podzemnih voda s hranili, organskimi in nevarnimi snovmi iz točkovnih in razpršenih virov onesnaževanja, prekomeren odvzem vode iz površinskih in podzemnih virov, spreminjanje naravnega poteka in oblike rečnih strug, jezerske in morske obale ter vnosa tujerodnih vrst rib v površinske vode. Temeljni problemi pri rabi vodnih virov so pomanjkanje vode za vse večje potrebe prebivalstva, prekomerno črpanje, krčenje močvirij, regulacije rek, poplave in vodna erozija ter onesnaževanje vode (Aralica et al., 2013).

Zaradi človekove dejavnosti, načina življenja in hitrega gospodarskega razvoja nastaja vrsta onesnaženj, med drugim tudi odpadne vode, ki v naravnih vodah lahko porušijo ravnotežje. Zato je nujno potrebno pametno gospodarjenje z vodami, saj je ta potrebna za zagotavljanje ustreznih življenjskih pogojev (Roš in Zupančič, 2010). V Sloveniji je onesnaževanje okolja večinoma obravnavano kot prekršek in temu primerne so kazni. Ekologi ugotavljajo in opozarjajo, da je veliko izlitij nevarnih snovi v vode neraziskanih in nekaznovanih (Šalamun, 2008).

Medtem ko voda kroži, nabira različne primesi, mnoge škodljive za živa bitja. Onesnažena voda vsebuje razpadajoče organske snovi, raztopljene minerale in pline. V zraku se lahko onesnaži s plini, raztopinami škodljivih snovi in trdnimi delci, na kopnem pa z odpadnimi vodami industrije, kmetijskih in prometnih površin ter z odlagališči odpadkov. Vodo onesnažuje tudi gospodinjstvo. Glavni krivec za njeno onesnaževanje je človek. Pri umetnem onesnaževanju voda je najpomembnejša sposobnost reke, da sprejete odpadne vode onesnaževalcev biološko samoočisti. Če pa odpadne vode vsebujejo snovi, ki jih bakterije in plesni ne morejo razkrojiti, kot so raztopine anorganskih snovi, kisline, lugi in strupi, so za njeno očiščenje potrebni zapleteni fizikalni in kemijski procesi. Med onesnaževalce vode spadajo tudi težke kovine, kot so svinec, cink, kositer, nikelj, ki pa jih odstranijo z zapletenejšimi tehnološkimi postopki v čistilnih napravah (Viher, 2007).

Stopnja onesnaženosti z razgradljivimi snovmi je največja pri vstopu odpadnih voda v reko. Potem ko reka te odpadne vode odplavi, se ta stopnja zmanjšuje zaradi delovanja različnih



razkrojevalcev, razredčevanja snovi in deloma tudi zaradi usedanja snovi na dno (Viher, 2007).

## 2. Teoretični del

### 2.1 Jezera

Ko govorimo o stoječih površinskih vodah, večina ljudi takoj pomisli na jezera, čeprav mednje sodijo poleg naravnih jezer tudi mlake, rečne mrtvice in vodna zajetja antropogenega izvora - zadrževalniki in ribniki. Enotne in splošno veljavne definicije, na podlagi katere bi vodno telo stoječe vode lahko brez zadržkov opredelili kot jezero, pravzaprav ni. Ena od mnogih opredeljuje za jezero vsako naravno ali umetno vodno telo na zemeljskem površju, s površino nad 1 ha, z enakomerno višino vodne gladine in majhnim dotokom glede na skupno prostornino vode, da le-ta omogoča usedanje suspendiranih delcev in hkrati nima stalne, neposredne povezave z morjem. Po teh kriterijih je v Evropi 500 000 naravnih in umetnih jezer. Njihova skupna površina znaša, brez Kaspijskega jezera, približno 300 000 km<sup>2</sup>. To je tri odstotke površja Evrope. Skupna prostornina jezer je ocenjena na približno 3300 km<sup>3</sup>. Umetnim zadrževalnikom in zajetjem pripada približno tretjina te površine in četrtnina prostornine (Heinonen in drugi, 2000).

Po zgornji definiciji je v Sloveniji okoli 1300 jezer, vendar je podatek lahko tudi zavajajoč. S skupno površino 68.93 km<sup>2</sup>, pokrivajo stoječe vode le 0.3 odstotka celotnega ozemlja Slovenije, kar jo uvršča pod Evropsko povprečje. Skoraj polovico teh vodnih površin je umetnih. Edini večji naravni stalni jezera sta Blejsko (1.43 km<sup>2</sup>/25.7 milijonov m<sup>3</sup>) in Bohinjsko jezero (3.28 km<sup>2</sup>/92.5 mio.m<sup>3</sup>), ki sta, kot večina naravnih jezer v Evropi, ledeniškega izvora. Ostala stalna naravna jezera, z gorskimi jezeri, rečnimi mrtvicami in povirnimi jezeri vred, so manjša in njihova skupna površina ne presega 1.7 km<sup>2</sup>. Sredi visokogorskega krasa, v osrčju Julijcev, kjer je voda na površju redkost, se nahajajo hidrološko zelo zanimiva, visokogorska ledeniška jezera. Med njimi je največje Krnsko, ki meri okoli 5 ha. Drugo po površini je Jezero v Ledvici, oz. Četrto triglavsko jezero, ki je že pol manjše (2.3 ha) in zadržuje okoli 135 000 m<sup>3</sup> vode (Urbanc in Brancelj, 2000). Blejsko jezero jo ima 230 krat toliko. Številna jezerca, ki so nastala po umiku ledenikov, so se do danes precej zmanjšala. Ponekod so ostala le še mokrišča in visoka barja (Šijec in Pokljuško barje na Pokljuki, visoka barja na Jelovici, Lovrenško in Ribniško jezero na Pohorju) (Remec-Rekar & Bat, 2003).

Za naravo in človeka imajo stoječe površinske vode velik pomen. Vodne površine s povečanim izhlapevanjem blagodejno vplivajo na lokalne podnebne razmere in kot zadrževalniki blažijo posledice presežka ali pomanjkanja vode. Posebna močvirska vegetacija, ki navadno obkroža stoječe vode, vse našteje učinke še povečuje. Zlasti večja naravna jezera so edinstvene rekreativne površine, ki nudijo, ob primerni kakovosti vode, možnosti za razvoj turizma. Ob Blejskem jezeru ima tako že več kot stoletno tradicijo. Tudi ob Bohinjskem jezeru postaja turizem v zadnjih štiridesetih letih vedno pomembnejša dejavnost, ob ostalih jezerih pa se je začel razvijati šele pred dobrim desetletjem. Zaradi slabše kakovosti vode turizem ob nekaterih umetnih zadrževalnikih ni zaživel do take mere, kot so ob ojezeritvah predvidevali. Skoraj povsod pa se je razvilo ribištvo. Ob naraščajočem svetovnem pomanjkanju vode so nekatere stoječe vode pomembni zadrževalniki tehnološke ali celo pitne vode. V Sloveniji se v te namene večinoma izrablja druge, cenejše vodne vire (Remec-Rekar & Bat, 2003).

## 2.2 Umetna jezera

Skoraj enako površino kot naravna presihajoča jezera imajo tudi umetna vodna zajetja (31.01 km<sup>2</sup>). Hidrološko pomembni so vse številnejši zadrževalniki v dolinah, pomen najstarejših umetnih zadrževalnikov, lokev in kalov na dinarskem, primorskem in visokogorskem krasu pa se postopoma manjša, ker ni več potreb za tako vodno preskrbo. V visokogorju se na novo pojavljajo zadrževalniki, namenjeni zasneževanju smučišč. Največja zajetja na Dravi in Savi služijo vodnim elektrarnam. Med njimi največje je Ptujsko jezero, po površini (3.5 km<sup>2</sup>) celo večje od Bohinjskega jezera, vendar pa zadržuje precej manj vode (19.8 mio.m<sup>3</sup>). Med večjimi zadrževalniki so Šmartinsko (1.07 km<sup>2</sup>/6.5 mio.m<sup>3</sup>) in Slivniško jezero (0.84 km<sup>2</sup>/4.0 mio.m<sup>3</sup>) v Posavinju, Pernica (1.23 km<sup>2</sup> 3.4 mio.m<sup>3</sup>) in Gradišče (0.51 km<sup>2</sup>/0.94 mio.m<sup>3</sup>) v povodju Pesnice, Ledavsko jezero (2.18 km<sup>2</sup>/5.7 mio.m<sup>3</sup>) na Ledavi in Gajševsko jezero (0.77 km<sup>2</sup>/ 2.6 mio.m<sup>3</sup>) na Ščavnici. Večinoma so zadrževalniki večnamenski in služijo za zaščito pred visokimi vodami, bogatenju nizkih voda, namakanju in gojenju rib. Namakanju je namenjen zadrževalnik Vogršček (0.82 km<sup>2</sup>/8.5 mio.m<sup>3</sup>) v Vipavski dolini, zadrževalnika Klivnik (>1 km<sup>2</sup>/7 mio.m<sup>3</sup>) in Molja (>1 km<sup>2</sup>/4.2 mio.m<sup>3</sup>) v Brkinih pa zadrževanju visokovodnih konic in bogatenju nizkih voda. Poseben tip umetnih jezer so Šaleška jezera v Velenjski kotlini, ki so nastala zaradi ugrezanja nad opuščenimi deli velenjskega premogovnika. Zanje je značilno, da

se zelo hitro spreminjajo. S površino >2 km<sup>2</sup> in 35 mio. m<sup>3</sup> vode so Družmirsko, Velenjsko, Turistično in Škalsko jezero skupaj že večja od Blejskega (Štrbenk, 1999). Družmirsko jezero je z 69 m globine naše najgloblje jezero, če seveda izvzamemo Divje jezero, ki je poseben tip kraškega izvira. Zaradi ugrezanja površja nad nekdanjim premogovnikom je nastalo tudi Kočevsko jezero (Remec-Rekar & Bat, 2003).

### 2.1.1 Šmartinsko jezero

Šmartinsko jezero je s površino 1,07 km<sup>2</sup> med največjimi umetnimi jezери (zadrževalniki) v Sloveniji. Leži severno od Celja na poti proti Vojniku in je nastalo z zajezitvijo potoka Koprivnice, ki se pred celjskim naseljem Otok zlije v Savinjo, še prej pa jo napojita desna pritoka Sušnica in Ložnica ter levi pritok Lahovski potok v naselju Spodnja Dobrova (Šmartinsko jezero: <https://www.celje.si/sl/kartica/smartinsko-jezero>, 18. 10. 2021).

Koprivnica izvira v severozahodni smeri proti Dobrni in se spoji z jezerom v naselju Loče, kakor se tudi imenuje 16 m visoka nasuta zemeljska pregrada, zgrajena leta 1970. Pregrada Loče je nasuta zemeljska pregrada v kraju Loče nad naseljem Dobrova. Pregrada tvori umetni zadrževalnik padavin s povodja Koprivnice, imenovan Šmartinsko jezero. Predvideni namen jezera je zadrževanje visokih voda Koprivnice, ribištvo, turizem ter šport in rekreacija (Šmartinsko jezero: <https://www.celje.si/sl/kartica/smartinsko-jezero>, 18. 10. 2021).

Z zajezitvijo so rešili stalno nevarnost poplavljanja reke Savinje za mesto Celje, poleg tega pa bi radi rešili tudi naraščajoče probleme oskrbe z vodo (Šmartinsko jezero: <https://www.celje.si/sl/kartica/smartinsko-jezero>, 18. 10. 2021).

Jezero je dobilo ime po kraju Šmartno v Rožni dolini. Poleg svoje prvotne funkcije zadrževalnika visoke vode sta se jezero in okolica z leti spremenila v rekreacijsko, športno in turistično območje, ki je iz leta v leto bolj priljubljeno. Jezero je priljubljena izletniška točka (Šmartinsko jezero: <https://www.celje.si/sl/kartica/smartinsko-jezero>, 18. 10. 2021).

S svojo idilično, neokrnjeno naravo, pestro ponudbo, predvsem pa varno in urejeno potjo do vode Šmartinsko jezero privablja in navdušuje vse generacije obiskovalcev. Številni sprehajalci, rekreativni tekači, kolesarji in seveda štirinožni prijatelji so vsak dan na poti k istemu cilju – na Šmartinsko jezero. Izposoja čolnov, kajakov in plovil na nožni pogon («pedolinov») omogoča rekreacijo na vodi, po njem pa je nekoč vozila tudi ladjica Jezerska

kraljica. Jezero je vsled bogatega vodnega življenja pravi raj za športni ribolov, v bližini sta na voljo začasno igrišče za golf in najem prostorov za piknik (Šmartinsko jezero: <https://www.celje.si/sl/kartica/smartinsko-jezero>, 18. 10. 2021).

## **2.3 Voda v stoječih vodah**

Stoječe in počasi tekoče celinske vode so zaradi manjše samočistilne sposobnosti bolj kot tekoče vode podvržene onesnaženju, ki ga prinaša hiter razvoj in vse intenzivnejša raba prostora. Stanje posameznega jezera ali zadrževalnika je odvisno od njegovih hidroloških in morfoloških značilnosti, predvsem pa vnosa različnih snovi. Osnovni, splošno razširjen problem večine stoječih voda v Sloveniji, ki so večinoma na karbonatni kamninski podlagi, je prekomeren vnos hranilnih snovi, zlasti fosforja in dušika. Postopno staranje - eutrofikacija jezer je naravni proces, ki ga sčasoma doživlja vsako jezero. S pravilnim sonaravnim upravljanjem v pojezerju ta proces lahko zelo upočasnimo, v nasprotnem primeru pa pospešimo. Največkrat je vir prekomerne obremenitve s hranili neurejeno odvajanje komunalnih vod in spiranje s kmetijskih površin. Problem zadrževalnikov, kamor se stekajo tudi industrijske odpadne vode, je poleg eutrofikacije tudi kopičenje in zadrževanje težkih kovin, pesticidov in različnih halogeniranih organskih spojin v vodi in usedlinah, ki so pri povečanih vsebnostih strupene za vodne organizme in posredno tudi za človeka. Prostornina večine zadrževalnikov se zaradi mehanskega zasipanja z materialom, ki ga vanje prinašajo pritoki, postopno manjša (Remec-Rekar & Bat, 2003).

## **2.1. Kakovost vode**

Z izrazom kakovost vode označujemo fizikalne, kemične in biološke značilnosti vode, ocenjujemo jih pa glede na to, za kaj jih uporabljamo. Za različne namene rabe so pomembne različne lastnosti vode. Za vodo, ki se uporablja v industriji, je na primer pomembno, da ni rjasta in da ne vsebuje snovi, ki se izločajo na površju aparatur. V pitni vodi ne sme biti sledi kakršnihkoli strupenih snovi in mikroorganizmov. Ker lahko zaradi mikroorganizmov pride do

različnih boleznih pri človeku, jih ne smejo vsebovati tudi kopalne vode. Za zaščito voda se po evropskem in nacionalnem nivoju po predpisih uporablja mejne vrednosti za snovi v vodi.

Med fizikalne lastnosti vode uvrščamo temperaturo, barvo, motnost, vonj in prevodnost. Motnost je stanje vode, ki je povzročeno zaradi prisotnosti suspendiranih snovi, ki povzročijo razprševanje in vsrkanje svetlobe. Merilo motnosti je osnovano na primerjavi med intenziteto razpršene svetlobe v deionizirani vodi in vzorca vode (Roš in Zupančič, 2010). Neprijeten vonj vode je lahko posledica anaerobne razgradnje organskih spojin, ki so lahko prisotne v vodi (Howe, 2013). Prevodnost je sposobnost vode, da prevaja električni tok. Prevodnost kaže na prisotnost nabitih delcev v vodi. Prevodnost pitne vode znaša med 0,05–0,5 mS/cm, prevodnost morske vode pa 50mS/cm (Remec-Rekar & Bat, 2003).

## **2.5 Posledice onesnaževanja voda**

Vsako onesnaženje v okolju povzroči neravnovesje v ekosistemu. Povečanje koncentracije hranil v stoječi vodi povzročijo hitro namnožitev alg v vodnem telesu, ki prerastejo površino vodnega telesa. Temu pojavu rečemo cvetenje voda. Ko ta količina alg odmirata, se ob bakterijski razgradnji odmrlega organskega materiala intenzivno porablja kisik. To povzroči znižanje koncentracije kisika v vodi, ki postane nezadostna za preživetje drugih organizmov (žuželk, rib ipd.). Z ekonomskega vidika lahko vpliva na izgube v turizmu, saj takšno okolje ni privlačno za turiste in za ribiče (Voda in kakovost življenja, 2010).

Zdravje in blaginja ljudi sta tesno povezana s stanjem okolja. Kakovostno naravno okolje je lahko v mogočem koristno za telesno in duševno počutje ter družbeno blaginjo. Poslabšanje stanja okolja, recimo zaradi onesnaževanja zraka in vode, hrupa, sevanja, kemikalij ali bioloških dejavnikov, pa lahko škoduje zdravju (Evropsko okolje – Stanje in napovedi 2015, 2015).

Kot navaja Erženova (2010), so posledice onesnaženja voda različne. Kadar gre za vodo, namenjeno pitju, lahko pride do širjenja nalezljivih boleznih. Če je voda obremenjena s kemičnimi snovmi, lahko pride do zastrupitve tistih, ki jo uživajo. Pogosteje pa so količine nizke in ne povzročajo takojšnjih zdravstvenih težav, ampak se te pojavijo šele po dolgotrajnem uživanju take pitne vode.

Primeri snovi, s katerimi posledično vplivamo na oporečnost vode (Okolje za boljši jutri,

2011):

- umetna gnojila (pospešujejo razvoj alg v vodi),
- nepredelane odplake,
- detergenti (v rekah povzročajo pogin vodnih živali in tistih, ki koristijo vodo),
- industrijski odpadki (izpust škodljivih in človeku nevarnih snovi),
- toplota (voda, segreta v najrazličnejših tovarnah in termoelektrarnah, zaradi nenadnih temperaturnih sprememb v vodi, polni z živimi organizmi, povzroča njihovo smrt, saj nimajo razvitih sposobnosti hitrega prilagajanja).

K preprečevanju negativnih posledic onesnaževanja voda s hranili prispeva samočistilna sposobnost vode. Izraža se s količino organske mase, ki se s pomočjo mikroorganizmov v vodi razgradi v anorgansko snov (Kušar in drugi, 2014).

## **2.6 Biološke analize vode**

Pokažejo, kakšno je stanje ekosistema glede na odziv organizmov, ki živijo v njem. S tem ugotavljamo, kako na organizme vplivajo škodljive snovi v vodi in spremembe vodnega ekosistema zaradi človekovih posegov (Gerlj, Popovič in Maučec, 2013).

### **2.6.1 Določanje kakovosti vode z biološko metodo**

#### **ENODNEVNICE**

Enodnevnice spadajo v red krilatih žuželk. Obsega 3000 vrst, razširjenih po vsem svetu. V Sloveniji poznamo 78 vrst enodnevnice, ki pripadajo devetim družinam. Dolge so od 0,3 do 6 cm. Imajo nežno telo, slabotne noge in krila, na zadku pa 3 značilne nitaste izrastke. Ustne dele imajo zakrnele in se ne hranijo. Živijo od nekaj ur do nekaj dni in ves ta čas posvečajo parjenju. Parijo se v velikih rojih. Samice jajčeca odlagajo v vodo.

Ličinke enodnevnice živijo v skoraj vseh tipih celinskih voda in so pomemben vir prehrane za ribe in druge vodne plenilce. To še posebej velja za zadnji stadij ličinke, zaradi česar njihovo

obliko pogosto posnemajo z vabami za muharjenje. Stadij ličinke traja nekaj mesecev do nekaj let, v tem času se živali večkrat levijo. Imajo nepopolno preobrazbo - ličinke so na zunaj podobne odraslim živalim, so le manjše, imajo razvite obustne okončine ter škrge in nimajo kril. So pripadniki bentosa, združbe rečnega dna. Večinoma se hranijo z rastlinami. Enodnevnice so zaradi vezanosti ličink na vodno okolje tudi pomembni bioindikatorji pri ugotavljanju čistosti vodotokov. V splošnem njihova prisotnost označuje dobro kakovost vode, saj ob povečanem onesnaženju izginejo iz vodotoka takoj za vrbnicami (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Enodnevnice> 17.11.2021).

### POTOČNA POSTRANICA

V celinskih vodah smo do danes našeli 53 vrst. Večji del jih živi na skritih, težko dostopnih krajih, tudi v jamah. Površinske vrste ogroža spreminjanje vodnega režima in vsaj deloma tudi onesnaženje. Podrobnejši pregled vam bo razkril, da ne najdete vseh rodov na istem mestu. Nekatere boste našli samo v bistrjih, hitro tekočih potočkih, druge v izvirih, tretje v mlakah. Na postranice v naravi naletimo pogosto, tako na morski obali, v potokih, rekah, jezercih, kot tudi v lužah prav nemarnega videza. Najlažje jih boste našli pod kamenjem in v listnem odpadku. (<http://www.proteus.si/?q=node/189>, 19.11.2021)

### LIČINKA TRZAČE

Trzače so žuželke iz reda dvokrilcev. Poznamo več kot 4000 vrst. Živijo po vsem svetu, največ v zmernem pasu. Dolge so od 2 do 15 mm. Ime so dobile zaradi trzanja sprednjih nog. So vitke in krhke. Imajo slabo razvite ustne dele. Ped parjenjem se zberejo v velike roje in plešejo nad vodami, v katerih živijo njihove ličinke. So zelo podobne komarjem.

Ličinke trzače je moč najti v vseh vodah. Pogosto je njihova prisotnost povezana z onesnaženjem vode, saj so nekatere vrste prilagojene na življenje v slabših pogojih in so prevladujoče v onesnaženih vodah. Ličinke nekaterih vrst so svetlo rdeče barve. Posušene ličinke trzač je moč kupiti kot ribjo hrano (<http://en.wikipedia.org/wiki/Chironomidae> 19.11.2021).



## VODNI OSLIČEK

Vodni osliček spada med enakonožce, imenovane tudi enakonožni raki. Vanj uvrščamo približno 10.000 danes živečih opisanih vrst. Približno polovica vrst živi na kopnem, s čimer so najuspešnejša skupina rakov, ki je poselila kopno (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Enakono%C5%BEci>, 19.11.2021).

Vodne osličke najdemo v Evropi, Rusiji in Severni Ameriki v potokih, rekah ali stoječih vodah, še posebej tam, kjer je veliko kamnov, pod katere se lahko skrijejo, in kjer voda ni preveč kisla. Vodni osliček je precej odporen na onesnaženost, zaradi česar ga uporabljamo kot indikatorja ekološke obremenjenosti vod, ki jih naseljuje ([http://en.wikipedia.org/wiki/Asellus\\_aquaticus](http://en.wikipedia.org/wiki/Asellus_aquaticus), 19.11.2021).

### **2.7 Kemijske analize vode**

Pokažite nam, katere snovi so prisotne v vodi, in trenutno stanje, ki se lahko v kratkem času spremeni zaradi padavin, enkratnih izpustov strupenih snovi v vodo ipd. (Gerlj, Popovič in Maučec, 2013).

Kakšno je kemijsko stanje ugotovimo:

- za vsako reko ali njen del,
- za vsak vodni vir, ki je onesnažen z enim ali več parametrom iz seznama parametrov,
- za vsak vodni vir, v katerega se odvajajo odpadne vode s prednostnimi snovmi,
- za vodne vire, ki potekajo čez državno mejo (Tehovnik Dobnikar, 2008).

Med kemijske lastnosti vode uvrščamo pH vrednost, koncentracijo različnih ionov in elementov v vodi, kot so na primer: amonijev dušik, skupni fosfor, skupni klor, sulfati, sulfiti, sulfidi, baker, krom.

Rezultate ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov (Inštitut za varovanje države, 2016):

- **Prosti klor:**  
Preostanek klora, ki ostane po meritvah. Koncentracija prostega preostalega klora, ki ostane, ko je dezinfekcija končana, mora znašati od 0,3 do 0,5 mg/l. V primeru, da je mikrobiološka skladnost pitne vode stalno spremljana, je lahko koncentracija tudi nižja (Inštitut za varovanje države, 2016).
- **Temperatura vode:**  
Parameter, ki vpliva na kemijske reakcije in reakcijske hitrosti, vodno življenje in primernost vode za koristno uporabo. Povečanje temperature lahko npr. povzroči spremembe v vrstah rib (Roš in Zupančič, 2010).
- **Vonj in barva:**  
Pri tem uporabljamo svoja čutila. Na sprejemljivost pitne vode vplivajo številni dejavniki. Sprejemljivost je odvisna od sposobnosti zaznave posameznega uporabnika in kakovosti vode, na katero so v določenem okolju navajeni, nanjo vplivajo različni socialni, okoljski in kulturni vidiki. Spremembo okusa ali vonja vode lahko povzročajo spremembe v viru oskrbe z vodo, priprava vode (npr. uporaba dezinfekcijskih sredstev), vpliv omrežja (voda lahko raztaplja materiale in snovi v stiku s pitno vodo, npr. kovine, plastiko, maziva). Na okus in vonj vode lahko vpliva tudi prisotnost in aktivnost mikroorganizmov v pitni vodi (shranjevanje in distribucija pitne vode). Sprememba barve pitne vode, odvzete na pipi, nam pove, da je prišlo do stika s površinsko vodo, neustrezne priprave vode, poškodbe cevovoda in dviganje usedline. Obarvanje vode kot posledica dviganja usedlin nastane zaradi npr. spremembe smeri ali hitrosti toka vode, zaradi loma cevi, odpiranja ali zapiranja ventilov, usedline so lahko posledica korozije (rja) ali pa vdora umazanije. Za pitno vodo je mejna vrednost sprejemljiva za potrošnike in brez neobičajnih sprememb. Za rezultate monitoringa pitne vode v Sloveniji je za oceno skladnosti dogovorjena mejna vrednost za okus: brez okusa; za vonj: brez vonja ter vonja po kloru (Inštitut za varovanje države, 2016).

- pH-vrednost:

S tem prikažemo stopnjo kislosti ali bazičnosti vode. Običajni pH v podzemnih vodah je med 6 in 8,5. Če je vrednost vode pH 7 pomeni, da je voda nevtralna, pod to vrednostjo je kislina, nad pa bazična. Trde vode imajo višjo pH-vrednost, mehke vode pa nižjo. Ekstremne vrednosti pH v pitni vodi so lahko posledica nezgod, napačnega postopka v pripravi vode ali sproščanja iz materialov v stiku z vodo (npr. azbestno cementne cevi). Neposredna izpostavljenost ekstremno visokemu ali nizkemu pH povzroča draženje oči, sluznice in kože ter okvaro tkiva. Med posredne vplive štejemo povečanje korozije materialov v stiku z vodo z nizko pH-vrednostjo; posledice so lahko kontaminacija vode, sprememba okusa in videza ter tudi poškodbe na materialih. Za pitno vodo je določena mejna vrednost med 6,5 in 9,5. Spremljanje vrednosti parametra pH na terenu omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti pitne vode. Zaradi vpliva na korozijo in postopke priprave je eden najpomembnejših operativno-tehnoloških parametrov (Inštitut za varovanje države, 2016).
- Elektroprevodnost:

Lastnost vode je, da prevaja električni tok, ki je odvisna od prisotnosti ionov v vodi (njihove gibljivosti, koncentracije in naboja ter od temperature vode ob merjenju). Rastopine anorganskih snovi so večinoma dobri prevodniki. Če pri opazovanem viru pitne vode ali v pitni vodi na določenem oskrbovalnem območju ugotovimo nenadno spremembo električne prevodnosti, lahko sklepamo, da je prišlo do mešanja vode iz drugega vodnega vira ali do vdora onesnaženja ipd. (Inštitut za varovanje države, 2016).
- Nitriti:

V naravi se nitriti pojavljajo večinoma kot posledica človekove dejavnosti (uporaba umetnih in naravnih gnojil, nahajajo se v komunalnih odplakah in industriji). V vodi so dobro topni. Ljudje smo nitratom in nitritom izpostavljeni preko hrane in vode. Nahajajo se v nekaterem sadju in zelenjavi (npr. v pesi, zeleni solati, redkvi, špinači), živili so dodani kot konzervansi (npr. v prekajenem mesu). Nitrati so sestavni del nekaterih zdravil. Zaradi prehranskih navad s hrano zaužijemo različno količino nitratov. Nekatera zelenjava in sadje vsebuje tudi zaščitne snovi, ki negativne učinke

nitratov izničijo. Delež vnosa nitritov preko pitne vode v telo narašča z naraščanjem koncentracije le-teh v pitni vodi. Mejna vrednost je 50 mg/l za nitrat ( $\text{NO}_3$ ) in 0,50 mg/l za nitrit ( $\text{NO}_2$ ). Zdravstveni problem za dojenčke, nosečnice in doječe matere predstavlja pitna voda s koncentracijo nitratov nad vrednostjo 50 mg/l (Inštitut za varovanje države, 2016).

### **3. Metodologija**

Izbrali smo eksperimentalno metodo dela, s katero smo želeli preučiti sestavo vode v Šmartinskem jezeru. Izvedli smo kemijsko in biološko analizo vode.

V začetni fazi raziskovanja smo pregledali dostopno literaturo o vodah. V nadaljevanju smo se lotili raziskovalnega dela, s katerim smo želeli pridobiti podatke o sestavi in kakovosti vode v Šmartinskem jezeru. Empirični del je tako temeljil na eksperimentalnem delu. Za pridobivanje rezultatov eksperimentov smo delali analize vode na obali Šmartinskega jezera, odvzeli smo vzorce vode, nato pa v laboratoriju izvedli kemijsko analizo vode. Rezultate smo prikazali opisno in v tabelah.

#### **3.1 Analize**

##### **Postopek analiziranja**

V sklopu raziskovalnega dela smo terensko delo opravljali enkrat. Na odvzem vode za kemijsko analizo in biološko analizo vode smo izvedli v torek, 9. 11. 2021. Vodo smo analizirali in zajeli na dveh odzemnih mestih.

Prvo odzemno mesto je bilo pri pregradi Šmartinskega jezera, ob rekreacijski poti. Voda je lahko dostopna, dno jezera je peščeno in iz večjih kamnov. Drugo odzemno mesto je bilo na delu Šmartinskega jezera, kjer je drstišče. Obala je naravna, neregulirana, obrasla z grmičevjem in značilnim obvodnim rastlinjem, dno je peščeno, ponekod zamuljeno, višina vode je nekaj decimetrov. Okolica so travniki - kmetijske obdelovalne površine, teren je rahlo nagnjen proti jezeru.

Na samem jezeru smo izvedli biološko analizo, kemijsko pa smo izvedli v laboratoriju podjetja Nanoten d. o. o., v soboto, 12. 11. 2021. Kemijske analize vode smo izvedli še 14. 1. 2022, biološke pa nismo zaradi epidemioloških razmer, saj bi se tam družili učenci različnih oddelkov. Prav tako smo 14. 1. 2022 odvzeli samo vzorec pri pregradi, saj pri prvem odvzemu ni bilo večjih odstopanj med vzorcema.

### **3.2 Raziskovalna vprašanja**

Pri raziskovalni nalogi smo si postavili naslednja raziskovalna vprašanja:

- Ali je voda v Šmartinskem jezeru primerna za kopanje?
- Ali je voda v Šmartinskem jezeru primerna za pitje?
- Kakšna je kakovost vode?
- Katere so manjše živali, ki živijo v vodah Šmartinskega jezera?

### **3.3 Predpostavke**

Predpostavljamo naslednje:

- Šmartinsko jezero je primerno za kopanje,
- voda Šmartinskega jezera ni primerna za pitje,
- voda Šmartinskega jezera je onesnažena,
- voda je bogata z nitrati,
- voda je bogata s fosfati.

### **3.4. Omejitve raziskovanja**

Pri eksperimentalnem delu smo bili časovno omejeni, saj je bilo eksperimentalno delo opravljeno v jesenskem času. Za bolj natančno analizo vode bi morali raziskavo opravljati dlje časa, saj se lahko sestava vode razlikuje že po večjem deževju.

## 4. Empirični del

### 4.1 Rezultati

#### 4.1.1 Biološka analiza

Prvo odvzemno mesto vode je bilo pri pregradi Šmartinskega jezera ob rekreacijski poti. Voda je lahko dostopna, dno jezera je peščeno in iz večjih kamnov. Drugo odvzemno mesto je bilo na delu Šmartinskega jezera, kjer je drstišče. Obala je naravna, neregulirana, obrasla z grmičevjem in značilnim obvodnim rastlinjem, dno je peščeno, ponekod zamuljeno, višina vode je nekaj decimetrov. Okolica so travniki - kmetijske obdelovalne površine, teren je rahlo nagnjen proti jezeru.



Slika 1: Delo na terenu.

Na prvem odvzemnem mestu smo v vodi našli veliko postranic, nekaj vodnih osličkov in ličink trzače.

Na drugem odvzemnem mestu smo našli manj živali. Voda je bila bolj onesnažena z listjem kot na prvem odvzemnem mestu. Tu smo našli le nekaj postranic, smo pa na tem mestu ujeli pijavko.

## 4.1.2 Kemijska analiza

### 4.1.2.1 Barva

Tabela 1: Barva vode

Barva	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	/	Rahlo rumena
PREGRADA, 14. 1. 2022	/	Rahlo rumena
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	/	Rahlo rumena

Vsi vzorci vode, ki smo jih odvzeli iz Šmartinskega jezera, so bili rahlo rumeno obarvani.

### 4.1.2.2 Temperatura

Tabela 2: Temperatura vode

Temperatura	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	°C	8,9
PREGRADA, 14. 1. 2022	°C	4,9
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	°C	11,3



Temperatura vode je bila pri merilnem mestu pri pregradi 8,9 stopinj Celzija. To mesto je bilo na senčnem predelu jezera. Leži pod hribom, ki daje senco vodi. Na drugem merilnem mestu, kjer smo opravili meritev, je bila temperatura 11,3 stopinj Celzija. Lega je bila na sončnem predelu. Pri vzorcu odvzetem 14. 1. 2022 je bila temperatura vode 4,9 stopinj Celzija.

#### 4.1.2.3 Električna prevodnost

Tabela 3: Elektro prevodnost vode

El. prevodnost	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	$\mu\text{Scm}^{-1}$	289
PREGRADA, 14. 1. 2022	$\mu\text{Scm}^{-1}$	304
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	$\mu\text{Scm}^{-1}$	298

Električna prevodnost na prvem odjemnem mestu je bila  $289 \mu\text{Scm}^{-1}$ . V bližini nismo zaznali potencialnih virov ionov ali ostalih elektrolitov, ki bi lahko zvišali električno prevodnost. Prav tako je bila električna prevodnost na drugem odjemnem mestu blizu vrednosti, ki smo jo izmerili na prvem odjemnem mestu. Na drugem odjemnem mestu smo izmerili električno prevodnost v višini  $298 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Pri vzorcu odvzetem 14. 1. 2022, je bila el. prevodnost vode  $304 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Na obeh odjemnih mestih je bila električna prevodnost nižja od zakonsko zahtevane meje  $2500 \mu\text{Scm}^{-1}$  ter hkrati v območju povprečnih vrednostih električne prevodnosti v Republiki Sloveniji, ki znaša  $10\text{--}1000 \mu\text{Scm}^{-1}$ .



Slika 2: Delo v laboratoriju - merjenje prevodnosti

#### 4.1.2.4 pH vrednost

Tabela 4: pH vrednost vode

pH vrednost	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	/	6,85
PREGRADA, 14. 1. 2022	/	6,34
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	/	6,90

pH vrednost je bila na obeh odjemnih mestih v mejnih vrednostih za pitno vodo v Republiki Sloveniji, ki znaša med 6,5 do 9,5. Izmerili smo, da je voda v Šmartinskem jezeru rahlo kislá. Na prvem odjemnem mestu, pri pregradi, je bil pH 6,85, na drugem odjemnem mestu, pri drstišču, pa je bil pH 6,90. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bil pH 6,34.

#### 4.1.2.5 Kloridi

Tabela 5: Kloridi v vodi

Kloridi	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	11
PREGRADA, 14. 1. 2022	mg/l	11,5
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	13

Na nobenem merilnem mestu nismo zaznali koncentracije kloridov, ki bi presegala zakonsko določeno mejno vrednost v pitni vodi, ki znaša 250 mg/l. V vzorcu, odvzetem pri pregradi, je bila izmerjena koncentracija 11 mg/l, v vzorcu, vzetem pri drstišču, pa 13 mg/l. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost kloridov 11,5 mg/l.

#### 4.1.2.6 Nitrati

Tabela 6: Nitrati v vodi

Nitrati	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	1,8
PREGRADA, 14. 1. 2022	mg/l	1,7
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	2,1

Nitrate smo zaznali v obeh odvzetih vzorcih. Pri vzorcu, zajetem pri pregradi, smo zaznali 1,8 mg/l, pri vzorcu, zajetem pri drstišču pa je bilo zaznано več nitratov, 2,1 mg/l. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost nitratov 1,7 mg/l. Pri obeh merilnih mestih smo pričakovali, da bo vrednost višja, saj je jezero obdano s kmetijskimi površinami, s katerih se gnojila spirajo v jezero. Je pa res, da je bilo vzorčenje opravljeno v času, ko se dela na poljih končajo. Kljub vsemu je bila vrednost izmerjenih nitratov nižja od najvišje dovoljene koncentracije, ki znaša 50 mg/l, prav tako je bila nižja tudi od priporočljive vrednosti, ki znaša 25 mg/l.

#### 4.1.2.7 Sulfati

Tabela 7: Sulfati v vodi

Sulfati	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	7
PREGRADA, 14. 1. 2022	mg/l	9
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	24

Na prvem merilnem mestu, pri pregradi Šmartinskega jezera, je bila koncentracija sulfatov 7 mg/l. Na drugem odjemnem mestu pri drstišču je bila večja vrednost sulfatov, vrednost je bila 24 mg/l. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost sulfatov 9 mg/l. Na povečane vrednosti sulfatov v vodi lahko vplivajo tudi človeške dejavnosti, ki so najbolj izrazite v okolici večjih mest. Na obeh merilnih mestih so bile koncentracije sulfatov pod zakonsko zahtevano mejno vrednostjo sulfatov v pitni vodi, ki znaša 250 mg/l.

#### 4.1.2.8 Fosfati

Tabela 8: Fosfati v vodi

Fosfati	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	0,095
PREGRADA, 14. 1. 2022	mg/l	0,39
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	0,09

V vodi smo izmerili tudi fosfate, v vzorcu odvzetem pri pregradi Šmartinskega jezera, smo izmerili 0,095 mg/l, na drugem mestu, pri drstišču, pa je bila izmerjena vrednost 0,09 mg/l. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost fosfatov 0,39 mg/l.

#### 4.1.2.9 Trdota vode

Tabela 9: Trdota vode

Trdota	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	°dH	6,75
PREGRADA, 14. 1. 2022	°dH	7,50
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	°dH	6,50

Na prvem odjemnem mestu, pri pregradi Šmartinskega jezera, smo izmerili skupno trdoto 6,75 nemških stopinj. Na drugem merilnem mestu pa smo izmerili trdoto vode 6,5, kar pomeni, da je voda dokaj mehka. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila trdota 7,50 nemških stopinj. Torej v njej ni raztopljenih veliko kalcijevih in magnezijevih ionov.



Slika 3: Merjenje trdote vode.

#### 4.1.2.10 Železo

Tabela 10: Železo v vodi

Železo	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	0,06
PREGRADA, 14. 1. 2022	mg/l	0,07
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	0,09

Železo je ena izmed najbolj razširjenih kovin v zemeljski skorji. V številnih naravnih vodah ga najdemo v koncentracijah med 0,5 in 50 mg/l. V vzorcu, odvzetem pri pregradi, smo zaznali 0,09 mg/l, pri drstišču pa 0,06 mg/l. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost železa 0,07 mg/l. Kar pomeni, da so vrednosti nižje, kot je dovoljeno v pitni vodi.

#### 4.1.2.11 Baker

Tabela 11: Baker v vodi

Baker	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	0,01
PREGRADA, 14. 1. 2021	mg/l	0,05
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	0,03

V pravilniku o pitni vodi je določena mejna vrednost bakra v pitni vodi 2,0 mg/l. V obeh vzorcih, odvzetih v jezeru, je nižja od te vrednosti. V vzorcu, odvzetem pri pregradi, je bilo 0,01 mg/l, pri drstišču pa 0,03 mg/l. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost bakra 0,05 mg/l.

#### 4.1.2.12 Silikati

Tabela 12: Silikati v vodi

Silikati	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	8,7
PREGRADA, 14.1. 2022	mg/l	9,1
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	9,3

Silikati sami po sebi v vodi niso nevarni. V vzorcih, ki smo jih vzeli iz Šmartinskega jezera, smo določili 8,7 mg/l pri pregradi, in 9,3 mg/l pri drstišču. Pri vzorcu, odvzetem 14. 1. 2022, je bila zaznana vrednost silikatov v vodi 9,1 mg/l. Koncentracija silikatov v vodovodni vodi lahko včasih doseže 40 mg / l. So varni za ljudi in zato ni sprejemljivih standardov za pitno vodo.

#### 4.1.2.13 Sulfit

Tabela 13: Sulfit v vodi

Sulfit	ENOTA	REZULTAT
PREGRADA, 12. 11. 2021	mg/l	manj kot 0,5
PREGRADA, 14. 1. 2022	mg/l	manj kot 0,5
DRSTIŠČE, 12. 11. 2021	mg/l	manj kot 0,5

V vzorcih vode Šmartinskega jezera je bilo manj kot 0,5 mg/l sulfita.

## 5. Diskusija

Namen raziskovalne naloge je bil s pomočjo fizikalnih, kemijskih in bioloških analiz določiti kakovost vode v Šmartinskem jezeru. Z izvedbo analiz smo ugotovili, s katerimi snovmi je voda v jezeru obremenjena.

Pri meritvah, ki se nanašajo na fizikalni del, smo izmerili temperaturo, pH in električno prevodnost vode. Vse izmerjene vrednosti parametrov so bile pod mejnimi vrednostmi, ki so predpisane v Sloveniji, torej lahko rečemo, da je voda iz tega vidika ustrezna.

Pri kemijskem delu smo določili koncentracije različnih anionov. Tudi pri kemijskem delu analiz so bile vse vrednosti pod zakonsko predpisano mejno vrednostjo. V biološkem delu analize smo izvedli biološko analizo vode, tako da smo preučili manjše vodne živali, ki prebivajo v jezeru. Ugotovili smo, da v vodi prevladujejo postranice, ki so značilne za srednje onesnažene vode. Našli smo tudi nekaj ličink enodnevnice, ki so značilne za čiste vode, in nekaj vodnih osličkov in ličink trzač, ki so značilni za močno onesnažene vode. Glede na najdene živali ocenjujemo, da je voda v Šmartinskem jezeru zmerno onesnažena. Rezultati naše analize se skladajo z biološko analizo vode iz potoka Koprivnica, ki so jo opravile učenke v letu 2013 v sklopu raziskovalne naloge pod mentorstvom gospe Andreje Škorjanc Gril.

Kot smo domnevali, je voda v Šmartinskem jezeru primerna za kopanje. Parametri vode so na vseh kemijskih analizah pod dovoljeno vrednostjo. Tudi rezultati kemijskih analiz vode se skladajo z rezultati analize, ki so jo opravili na NIJZ po naročilu Mestne občine Celje. Zaradi obarvanosti vode in rezultatov bioloških analiz voda ni primerna za pitje. Glede na živali, ki bivajo v vodi, lahko rečemo, da je voda v jezeru zmerno onesnažena.

Predpostavki, v katerih smo predpostavili, da je voda bogata z nitrati in fosfati, lahko ovržemo, saj so bili vsi rezultati meritev pod mejno vrednostjo, ki je zakonsko določena.

Sestava vode se lahko zelo razlikuje glede na letni čas, saj na vodo vplivajo številne dejavnosti človeka. Na sestavo vode v spomladanskem času gotovo vpliva kmetijska dejavnost, saj se v pomladnem času kmetje poslužujejo gnojenja obdelovalnih površin. Prav tako pa lahko sestavo vode v jezeru hitro spremeni eno obilnejše deževje.

Za izboljšanje rezultatov raziskovalne naloge bi morali kakovost vode spremljati celo leto, saj se vsebnost snovi lahko hitro spremeni zaradi vpliva neživih in živih dejavnikov okolja.



## 6. Viri

Aralica, A., Bračun, U., Čebela, T., Jerman, B., Kumer, P. in Učakar, U. (2013). Več prostora za vode: Publikacija ob mednarodnem letu sodelovanja na področju voda 2013. Ljubljana: Društvo za Združene narode za Slovenijo.

ARSO. (2015a). Podatki o kakovosti voda - 2015, podzemne vode. Pridobljeno na [http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/kakovost\\_arhiv2015.html](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/kakovost_arhiv2015.html)

ARSO. (2015b). Vodna dovoljenja. Pridobljeno na [http://www.dv.gov.si/si/raba\\_vode/vodna\\_dovoljenja/](http://www.dv.gov.si/si/raba_vode/vodna_dovoljenja/)

ARSO. (2012). Vode. Pridobljeno na <http://www.arso.gov.si/vode/>

ARSO. (2003). Varstvo okolja - Vode. Pridobljeno na <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/vode.pdf>

Cvitanič, I. in Uhan, J. (2010). Vode v Sloveniji: ocena stanja voda za obdobje 2006 – 2008 po določenih okvirne direktive o vodah. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO

Gerlj, S., Popovič, V. A. in Maučec, S. (2013). Biološka analiza potoka Koprivnica (Raziskovalno delo). Celje: Osnovna šola Hudinja.

HEINONEN, Pertti; ZIGLIO, Giuliano; PREMAZZI, Guido. Use and Impact of Monitoring Results for Water Protection Management. Water Quality Measurements Series: Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring, 2000, 351-363.

Inštitut za varovanje države (2016). O vodi. Pridobljeno na <http://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-indikatorski-parametri>

Vukadin, B., Kovač, N. in Kušar, U. (2014). Kazalci okolja v Sloveniji. V U. Kušar (ur.), Vode (str. 59-95). Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.

Remec-Rekar, Š., & Bat, M. (2003). Jezera. V: *Vodno bogastvo Slovenije, edited by: Uhan, J. and Bat, M., Ljubljana, Ministry of Environment and spatial planning, Environment Agency of the Republic of Slovenia, 39-45.*

Roš, M. in Zupančič, G. (2010). Čiščenje odpadnih voda. Velenje. Visoka šola za varstvo okolja, Velenje

Šterbenk, E. (1999). Pokrajinski vidiki rabe premogovniškega ugrezninskega Velenjskega jezera. *Dela*, (13), 215-223.

Šalamun, A. (17. 01. 2008). Onesnaževanje okolja večinoma ni kaznovano, stanje voda je slabo.

Finance.si. Pridobljeno na <http://www.finance.si/201973/Onesna%C5%BEevanje-okolja-ve%C4%8Dinoma-ni-kaznovano-stanje-voda-je-slabo>

Urbanc, J., & Brancelj, A. (2000). Tracing experiment in the Ledvica Lake in the Triglav Lakes Valley. *Geologija*, 42(1), 207-213.

Viher, T. (2007). Onesnaževanje voda. (Seminarska naloga). Celje: Gimnazija Lava  
Pridobljeno na <http://web.scelje.si/tomi/seminarske2007/Onesnazevanje/voda.htm>

## IZJAVA

Mentor MARTIN MELANŠEK v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom BIOLOŠKA IN KEMIJSKA ANALIZA ŠMARTINSKEGA JEZERA, katere avtorica je/so MILENCA OBRUL, LARISA KRUMPAK IN ŽANA TOPOLAK:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 15. 4. 2022

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

\*

### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.