

# I. OSNOVNA ŠOLA CELJE

## **ŽIVLJENJE V KAPLJICI VODE**

(Primerjava vrst sladkovodnega planktona v Šmartinskem  
in Žovneškem jezeru)

AVTORJI: Miha Boršič, 8. a  
Luka Hohnjec, 8. a  
Enej Litera, 8. a

MENTORICA: Polona Gorišek, prof. bio-pthv-nar

**Mestna občina Celje, Mladi za Celje**

**Celje, 2015**

## POVZETEK

Voda je spojina dveh atomov vodika in atoma kisika. Brez nje na našem planetu ne bi bilo življenja. V neposredni bližini Celja se nahaja največje umetno jezero v Sloveniji – to je Šmartinsko jezero.

Zanimalo nas je, katere vrste sladkovodnih mikroorganizmov živijo v njem. Za primerjavo smo mikroskopirali vzorce vode iz Žovneškega jezera, ki je od Šmartinskega oddaljeno devetnajst kilometrov.

Rezultati mikroskopiranja so pokazali, da se v obeh jezerih pojavljajo podobne vrste sladkovodnega fitoplanktona in zooplanktona. V obeh jezerih smo ugotovili prisotnost različnih vrst kremenastih alg – diatomej, protistov, predstavnike različnih debel valjastih črvov, več vrst vodnih bolh in ceponožcev.

V Šmartinskem jezeru nas je presenetila visoka prisotnost mikroskopskih rakov ceponožcev, ki se večinoma prehranjujejo s protisti. V vzorcu vode Žovneškega jezera smo opazili tudi počasnika oz. tardigrada; skupina, ki ji pripada, pa je znana po svoji vzdržljivosti v ekstremnih razmerah.

Potrdili smo vse tri zastavljene hipoteze, med drugim tudi to, da je v Šmartinskem jezeru prisotna veliko večja količina hranil kot v Žovneškem jezeru. Hranila omogočajo rast bakterij, s katerimi se prehranjujejo protisti, ki so hrana ceponožcem, s slednjimi pa se prehranjujejo manjše ribe.

Iz rezultatov je razvidno, da se v Šmartinskem jezeru dogaja proces, ki mu pravimo eutrofikacija. Posledično je v jezeru količina kisika vedno manjša, kar ruši ravnovesje rastlinskih in živalskih vrst.

***Ključne besede: sladkovodni mikroorganizmi, umetno jezero, eutrofikacija***

## KAZALO VSEBINE

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | UVOD.....   | 1  |
| 1    | CILJI RAZISKOVALNE NALOGE.....                                  | 2  |
| 1.1  | RAZISKOVALNE HIPOTEZE.....                                      | 2  |
| 1.2  | RAZISKOVALNA METODA.....  | 3  |
| II.  | TEORETIČNI DEL.....   | 3  |
| 2    | UMETNO JEZERO.....  | 3  |
| 2.1  | ŠMARTINSKO JEZERO.....  | 4  |
| 2.2  | ŽOVNEŠKO JEZERO.....  | 5  |
| 2.3  | RAST ALG IN TROFIČNO STANJE JEZER.....                          | 6  |
| II.  | EMPIRIČNI DEL.....  | 8  |
| 3    | NAMEN.....  | 8  |
| 3.1  | RAZISKOVALNE HIPOTEZE.....                                      | 8  |
| 4    | METODOLOGIJA.....   | 9  |
| 4.1  | VZORČENJE JEZERSKE VODE.....                                    | 9  |
| 4.2  | MIKROSKOPIRANJE.....  | 10 |
| 4.3  | DOLOČEVANJE IN POPISOVANJE SLADKOVODNIH<br>MIKROORGANIZMOV..... | 11 |
| 5    | REZULTATI.....  | 12 |
| 5.1  | ANALIZA VZORCEV VODE.....                                       | 12 |
| 5.2  | OCENA BISTROSTI VODE.....                                       | 13 |
| 5.3  | OCENA VONJA VODE.....   | 14 |
| 5.4  | ZELENE ALGE.....  | 14 |
| 5.5  | KREMENASTE ALGE.....  | 15 |
| 5.6  | PRAŽIVALI.....  | 17 |
| 5.7  | KOTAČNIKI.....  | 18 |
| 5.8  | GLISTE.....   | 20 |
| 5.9  | POČASNIKI.....  | 21 |
| 5.10 | RAKI LISTONOŽCI.....  | 22 |
| 5.11 | CEPONOŽCI.....  | 24 |
| 6    | SKLEP.....  | 26 |
| 7    | VIRI IN LITERATURA.....   | 27 |

## KAZALO SLIK

|   |    |
|---|----|
| Slika 1: Šmartinsko jezero .....                              | 4  |
| Slika 2: Žovneško jezero.....                                 | 6  |
| Slika 3: Vzorčenje jezerske vode na Šmartinskem jezeru .....  | 9  |
| Slika 4: Mikroskopiranje .....                                | 10 |
| Slika 5: Določevanje sladkovodnih mikroorganizmov .....       | 11 |
| Slika 6: Ocena bistrosti vode .....                           | 13 |
| Slika 7: Scenedesmus sp.(400 x povečava).....                 | 15 |
| Slika 8: Pediastrum sp. (400 x povečava) .....                | 15 |
| Slika 9: Fragilaria sp. (400 x povečava) .....                | 16 |
| Slika 10: Asterionella sp. (400 x povečava).....              | 16 |
| Slika 11: Vorticella sp. (400 x povečava) .....               | 18 |
| Slika 12: Stentor sp. (100 x povečava).....                   | 18 |
| Slika 13:Kotačnik (400 x povečava) .....                      | 19 |
| Slika 14:Synchaeta sp. (100 x povečava) .....                 | 19 |
| Slika 15: Glista (100 x povečava).....                        | 20 |
| Slika 16: Glista (100 x povečava).....                        | 20 |
| Slika 17: Počasnik iz Žovneškega jezera (40 x povečava) ..... | 22 |
| Slika 18: Vodna bolha (40 x povečava).....                    | 23 |
| Slika 19: Navplij (100 x povečava) .....                      | 25 |
| Slika 20: Ceponožec - samica (40 x povečava) .....            | 25 |

## KAZALO PREGLEDNIC

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Ugotovljene podobnosti in razlike vzorcev vode Šmartinskega jezera in Žovneškega jezera ..... | 12 |
| Tabela 2: Prisotnost zelenih alg v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                                | 14 |
| Tabela 3: Prisotnost kremenastih alg v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                            | 16 |
| Tabela 4: Prisotnost praživali v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                                  | 17 |
| Tabela 5: Prisotnost kotačnikov v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                                 | 19 |
| Tabela 6: Prisotnost glist v Šmartinskem in Žovneškem jezeru.....                                       | 20 |
| Tabela 7: Prisotnost počasnikov v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                                 | 21 |
| Tabela 8: Prisotnost vodnih bolh v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                                | 23 |
| Tabela 9: Prisotnost ceponožcev v Šmartinskem in Žovneškem jezeru .....                                 | 24 |

# I. UVOD

Voda je naravna dobrina in pogoj za življenje na Zemlji. V naravi voda nenehno kroži. Z izhlapevanjem prehaja v ozračje in se s padavinami vrača v oceane in na kopno. Na našem planetu je sladke vode le nekaj odstotkov. Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) se je v zadnjih 100 letih poraba pitne vode povečala za šestkrat. Že danes je mnogo dežel na svetu, kjer je pomanjkanje vode, še posebej pitne, veliko.

Naraščanje števila prebivalstva in grožnja podnebnih sprememb lahko ob dosedanjem načinu uporabe vode pripelje do velike svetovne krize z vodo. Naraščajo tudi emisije nevarnih snovi v vodi in s tem vplivajo na poslabšanje njene kakovosti ter primernosti razpoložljivih vodnih virov za uporabo.

Voda ni življenjskega pomena le za ljudi, ampak tudi za vse žive organizme, bakterije, rastline, živali in glive.

Zanimalo nas je, katerim mikroskopskim organizmom je jezersko vodno okolje življenjski prostor. V neposredni bližini Celja se nahaja največje umetno jezero v Sloveniji, to je Šmartinsko jezero. Celjani in turisti ga radi obiskujejo in ob njem izvajajo ribolov, prostočasne in športne dejavnosti. Verjetno pa se je malokdo od njih vprašal, katera živa bitja, poleg rib in vodnih ptic, še živijo v njem. Za primerjavo smo poleg vzorcev vode Šmartinskega jezera mikroskopirali tudi vzorce vode iz devetnajst kilometrov oddaljenega Žovneškega jezera, na katerem se življenje odvija nekoliko drugače.

# 1 CILJI RAZISKOVALNE NALOGE

Glavni cilj in namen raziskovalne naloge je bil bolje spoznati, določiti in popisati prostemu očesu nevidne, mikroskopske prebivalce Šmartinskega jezera. Z nalogo smo želeli tudi raziskati, kakšna je mikroflora (mikroskopske alge) in favna (mikroskopske živali) Žovneškega jezera, ki je od Šmartinskega oddaljen približno devetnajst kilometrov. Zanimalo nas je, kakšne podobnosti in razlike bomo ugotovili, glede na to, da sta jezera sicer umetnega nastanka, vendar z njima različno gospodarijo in sta izpostavljena različnim dejavnikom.

## 1.1 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

Pred raziskovanjem smo postavili več hipotez, ki smo jih želeli preveriti:

HIPOTEZA I: Predvidevamo, da bomo v vzorcih vode iz Šmartinskega in Žovneškega jezera našli mikroskopske vrste protistov, alg in nevretenčarjev.

HIPOTEZA II: Predvidevamo, da je Šmartinsko jezero bogatejše s hranili, zato se v njem določene vrste sladkovodnih mikroorganizmov pojavljajo bolj množično.

HIPOTEZA III: Predvidevamo, da bomo v vzorcu vode iz Žovneškega jezera našli mikroorganizme, ki v Šmartinskem jezeru niso prisotni.

## 1.2 RAZISKOVALNA METODA

V raziskovalnem delu so uporabljene naslednje metode: metoda vzorčenja jezerske vode, metoda mikroskopiranja, metoda določevanja in popisovanja vodnih mikroorganizmov. Pripomočki, ki smo jih potrebovali, so bili naslednji: planktonska mreža z zbiralnikom, kozarci za vzorce vode, svetlobni mikroskop, objektna in krovna stekelca, kapalka, kamera in fotoaparati na pametnem telefonu.

Pri določevanju in popisovanju mikroskopiranih mikroorganizmov smo si pomagali s slikovnimi določevalnimi ključi v knjižni in spletni obliki ter s strokovno literaturo.

## II. TEORETIČNI DEL

### 2 UMETNO JEZERO

Umetna jezera so poznale že stare civilizacije. Prvotno so služila namakanju obdelovalnih površin, gojenju rib ali drugim gospodarskim dejavnostim (Firbas 2001).

Vodne akumulacije nastanejo z vodnimi zgradbami, kot so jezovi in dolinske pregrade. Jez je pregrada za zajezitev tekoče vode. Firbas (2001) pravi, da je dolinska pregrada je zajezitev, ki zapre dolino po vsej širini, zajezi vodo in jo tako akumulira.

Dolinske pregrade vsebujejo tudi pretočne in izpraznjevalne objekte, ki omogočajo izpraznitev umetnega jezera ali površinsko reguliranje pretoka. Za pregrado nastane akumulacijsko jezero, ki se navadno uporablja za zaščito pred visokimi vodami, za vodno preskrbo, hidroelektrarne, včasih tudi za rekreacijo in vodne športe.

## 2.1 ŠMARTINSKO JEZERO

Šmartinsko jezero je nastalo med letoma 1967 in 1970 kot pregrada potokov Koprivnica in Jezernikov graben. Jezero leži približno 5 kilometrov severno od Celja, nastalo je zaradi zaščite mesta Celja pred visokimi vodami s severne strani. Prvotni načrti, da bi vodo iz jezera uporabljali kot tehnološko vodo za celjsko industrijo se niso uresničili. Jezero leži v vzhoden delu Ložniškega gričevja in južno od Hudinjskega gričevja in ima razgibano jezersko obrežje s številnimi jezerskimi zalivi, obala je dolga približno 9800 m in je tako največji vodni zadrževalnik z dolinsko pregrado v Sloveniji (Firbas, 2001).

Približna nadmorska višina je 285 metrov, površina pa 113 hektarjev. Povprečna globina jezera znaša 7 metrov in se skozi leta niža, kar je posledica usedanja mulja na jezersko dno. Tudi sicer jezera nikoli ne praznijo, zato se v njem nalagajo velike količine organskih in anorganskih snovi.

Njegova velika površina je idealna za vodno rekreacijo ter športni ribolov. Ribe, zanimive za ribolov, so som, postrv, amur, tolstolobik, ploščič, krap, ščuka in smuč.



Slika 1: Šmartinsko jezero



## 2.2 ŽOVNEŠKO JEZERO

Žovneško jezero se nahaja v zahodnem delu Spodnje Savinjske doline, imenovano tudi zadrževalnik Trnjava. Nastalo je zaradi potrebe po namakanju hmeljnih površin v Spodnji Savinjski dolini, predvsem zaradi suhih prodnatih tal (Firbas, 2001).

Posledično gladina Žovneškega jezera skozi leto močno niha. V vročih avgustovskih dneh je gladina zelo nizka. Jeseni, zaradi izlova rib in mineralizacije tal, ribnik skoraj v celoti izprazni. Na ta način pospešijo razgradnjo organskih snovi, kar pomeni čistejšo vodo v naslednjem letu.

Jezero obsega po površini 49 hektarjev in meri v globino povprečno 7 metrov. Že v začetni fazi gradnje je bilo načrtovano tudi ribogojstvo, in sicer na zahodnem delu jezera, kjer danes gojijo krape. Poleg tega je jezero postalo dom več kot 100 vrstam ptic. Športne aktivnosti (plavanje, čolnarjenje, jadranje) so na jezeru prepovedane, zato imajo živali mir. Žovneško jezero ima status ekološko pomembnega področja.

Gozd ob Žovneškem jezeru nudi zavetje številnim redkim in ogroženim živalskim in rastlinskim vrstam. Tu so našle domovanje tudi ptice ujede: kanja, navadna postovka, kragulj. Od ptic, ki se zadržujejo v bližini voda, so najbolj zastopane vrste: čopasti ponirek, siva čaplja, vodomec, v zadnji letih tudi kormorani in rečni galebi.

V okolici jezera so še druge naravne vrednote in naravni spomeniki. Nad jezerom stojijo ostanki gradu Žovnek, ki je bil nekoč eden največjih gradov v Sloveniji. Ime je dobil po svobodnih gospodih Žovneških, poznejših Celjskih grofih.



Slika 2: Žovneško jezero

### 2.3 RAST ALG IN TROFIČNO STANJE JEZER

Vrhovšek (1985) pravi, da so s stališča ribogojstva alge v ribogojnih jezerih manj pomembne kot višje vodne rastline. Vendar pri celotni organski proizvodnji v jezeru ne smemo prezreti njihove vloge, predvsem zato, ker so v hladnejših obdobjih, ko višje vodne rastline še ne uspevajo, za življenje v jezeru zelo pomembne.

Pogosto se zaradi umetnega dodajanja hranilnih snovi, npr. pri vzreji rib, alge tako zelo namnožijo, da preprečijo prodiranje svetlobe v globlje plasti jezera, s čimer onemogočajo razvoj vodnih rastlin. Ob daljšem oblačnem vremenu, katerega posledica so nizke svetlobne intenzitete, lahko pride do pomanjkanja kisika in pogina rib.

Takemu pojavu pravimo evtrofikacija jezera.

Štirn (2010) pravi, da je evtrofikacija proces, ki ga lahko povzročajo prilivi sezonsko nenavadno visokih koncentracij rastlinskih gnojil, organsko onesnaženimi industrijskimi izpusti in ostanki umetne hrane v ribogojnicah ter potom prašenja in dežja iz onesnaženega ozračja.

Evtrofno jezero je tisto, ki vsebuje veliko mineralnih soli in organskih snovi. Po navadi je bolj plitvo, voda je prosojna in zelenkaste barve. Na dnu takšnih jezer pogosto primanjkuje kisika, kar posledično prinaša zmanjšanje števila ostalih organizmov, npr. rib, ki potrebujejo vodo, bogato s kisikom. Nastaja veliko organskih ostankov, ki se hitro povečujejo, saj je njihov razkroj zelo počasen (Vrhovšek, 1985).

Distrofno jezero je jezero, ki je nastalo na območjih visokih barij z erozijo šotnih površin. Vsebuje veliko humusnih snovi in humusnih kislin, posledično je voda v teh jezerih močno zakisana ter revna z mineralnimi snovmi. Ravno zaradi visoke vsebnosti humusnih kislin je pogosto obarvana rumeno ali rjavo. Po navadi tovrstna jezera ne presegajo globine enega metra. Na dnu se nahajajo organske usedline, iz katerih nastaja šota. Rastlin in živali v distrofnem jezeru skorajda ni. Zaradi temne barve vode je opazno hitro upadanje svetlobe v globino. Okolico jezerc poraščajo mahovi in šaši.

Mezotrofno jezero prepoznamo po srednji vsebnosti biogenih hranilnih snovi, tako se uvršča po vsebnosti hranilnih snovi med evtrofna in oligotrofna jezera. Globina vode je 3–5 metrov, plitvine so manj razvite. Za mezotrofna jezera je značilna proizvodnja fitoplanktona in alg ter bogastvo rib.

Oligotrofno jezero ima malo rastlinskih in živalskih prebivalcev. Vzrok za to je majhna vsebnost mineralnih snovi. Po navadi so to zelo globoka jezera. Vsebujejo zelo veliko kisika, zaradi česar bakterije zelo dobro predelajo organske odpadke. Voda je svetlo modre barve, prosojna, hladna, rahlo kislavost z nizko ali nevtralno pH vrednostjo. V njih je zelo malo rastlinskih vrst od nevretenčarjev pa prevladujejo žuželke in ličinke žuželk. Imajo nizko proizvodnjo alg in zato pogosto zelo čisto vodo.

## II. EMPIRIČNI DEL

### 3 NAMEN

Glavni namen empiričnega dela naše raziskovalne naloge je ugotoviti obstoj podobnosti in razlik med vrstami mikroskopskih prebivalcev dveh jezer umetnega nastanka. Zanimale so nas predvsem vrste organizmov, ki se pojavljajo le v enem od jezer.

#### 3.1 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

HIPOTEZA I: Predvidevamo, da bomo v vzorcih vode iz Šmartinskega in Žovneškega jezera našli mikroskopske vrste protistov, alg in nevretenčarjev.

HIPOTEZA II: Predvidevamo, da je Šmartinsko jezero bogatejše s hranili, zato se v njem določene vrste sladkovodnih mikroorganizmov pojavljajo bolj množično.

HIPOTEZA III: Predvidevamo, da bomo v vzorcu vode iz Žovneškega jezera našli mikroorganizme, ki v Šmartinskem jezeru niso prisotni.

## 4 METODOLOGIJA

### 4.1 VZORČENJE JEZERSKE VODE

Za jemanje vzorcev jezerske vode smo uporabili planktonsko mrežo z držalom, ki ima na spodnjem delu vgrajen 100 ml zbiralnik.

Odvzemna mesta smo izbrali tako, da so vsebovala tudi nekaj vodnega rastlinja, na katerem se radi zadržujejo pritrjeni mikroskopski organizmi.

Z lovilno mrežo smo dosegli globino pol metra pod gladino vode. Vzorce vode smo na obeh jezerih odvzeli na isti dan, v najkrajšem možnem časovnem zamiku, da so bili vremenski pogoji kar se da identični.



Slika 3: Vzorčenje jezerske vode na Šmartinskem jezeru

## 4.2 MIKROSKOPIRANJE

Mikroskop je optična naprava, ki nam omogoča, da natančneje in globlje opazujemo strukturo določenega objekta kot s prostim očesom (Bavdek S. 1980). Znanstveniki mikroskop uporabljajo pri različnih vedah, na primer v botaniki, zoologiji, histologiji, patologiji, bakteriologiji idr.

Pred izumom mikroskopa so ljudje opazovali okolico samo z očmi, zato niso vedeli, da poleg vidnega sveta obstaja tudi očem nevidni svet, poln nenavadnih živih bitij. Ena najpogostejših tehnik v biološkem raziskovanju je mikroskopiranje.

Pri tej tehniki s pomočjo mikroskopa opazujemo večkrat povečano sliko. Mikroskop gradi sistem leč. Objekti opazovanja so običajno tako majhni, da jih s prostim očesom ne moremo videti. Vsak mikroskop ima več različnih povečav. Svetlobni mikroskop, ki smo ga uporabljali pri naši raziskovalni nalogi, je imel tri povečave, in sicer štiridesetkratno, stokratno in štiristokratno.



Slika 4: Mikroskopiranje

### 4.3 DOLOČEVANJE IN POPISOVANJE SLADKOVODNIH MIKROORGANIZMOV

Zaradi lažjega določevanja opazovanih mikroorganizmov smo si pomagali s fotografiranjem. Izziva smo se lotili tako, da smo si pomagali s spletno kamero in fotografskimi kamerami na mobilnih telefonih. Fotografiranje organizmov, ki so mirovali ali se le počasi premikali, je bilo razmeroma preprosto, težave so nam delali hitro gibajoči se enoceličarji, ki nam jih na fotografski senzor zaradi majhnosti in hitrosti ni uspelo ujeti.

Sledilo je določevanje mikroskopiranih organizmov s pomočjo slikovnih določevalnih ključev in strokovno literaturo. Po znanstveni klasifikaciji nam je organizme uspelo določiti do reda, nekatere pa celo do družine, rodu in vrste.



Slika 5: Določevanje sladkovodnih mikroorganizmov

## 5 REZULTATI

### 5.1 ANALIZA VZORCEV VODE

Ob fizični primerjavi in mikroskopskem pregledu vzorcev vode Žovneškega in Šmartinskega jezera, odvzetih na dan 17. 1. 2015, smo ugotovili naslednje podobnosti in razlike:

Tabela 1: Ugotovljene podobnosti in razlike vzorcev vode Šmartinskega jezera in Žovneškega jezera

| <b>JEZERO</b><br><b>ZNAČILNOSTI</b> | <b>ŠMARTINSKO</b><br><b>JEZERO</b> | <b>ŽOVNEŠKO</b><br><b>JEZERO</b> |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Bistrost vode</b>                | motna                              | bistra                           |
| <b>Vonj vode</b>                    | neprijeten                         | brez vonja                       |
| <b>Zelene alge</b>                  | pogosto prisotne                   | prisotne                         |
| <b>Kremenaste alge</b>              | prisotne                           | prisotne                         |
| <b>Praživali</b>                    | prisotne v velikih količinah       | prisotni v manjših količinah     |
| <b>Kotačniki</b>                    | prisotni                           | prisotni v manjših količinah     |
| <b>Gliste</b>                       | prisotne                           | prisotne                         |
| <b>Počasniki</b>                    | prisotnost ni bila ugotovljena     | ugotovljen en primerek           |
| <b>Listonožci (vodne bolhe)</b>     | prisotni v velikih količinah       | prisotni                         |
| <b>Ceponožci</b>                    | prisotni v velikih količinah       | prisotni                         |



## 5.2 OCENA BISTROSTI VODE

Bistrost je merilo čistosti vode in se lahko sezonsko spreminja. Bistrost se zmanjša, ko se zviša obarvanost, količina suspendiranih usedlin ali količina alg.

Motnost je posledica optične aktivnosti koloidnih delcev, na katerih se svetloba razprši. Voda se obarva zaradi prisotnosti in aktivnosti nekaterih bakterij, fitoplanktona in drugih organizmov, zaradi plavajočih delcev gline, peska in zemlje ter zaradi razpadanja rastlinskega materiala. Zato na bistrost vpliva tudi količina hranilnih snovi, ki pride v vodo zaradi gnojenja prsti. Primerjava bistrosti vzorcev Žovneškega in Šmartinskega jezera je pokazala, da je voda v Žovneškem jezeru bolj bistra kot v Šmartinskem.



Slika 6: Ocena bistrosti vode

### 5.3 OCENA VONJA VODE

Vonj določajo hlapne snovi, ki so raztopljene v vodi. Temperatura vode vpliva na njen vonj, zato ima toplejša voda močnejši vonj.

Čiste vode nimajo vonja. Vonj po šoti imajo vode, ki tečejo iz močvirskih območij. Kadar je zaradi onesnaženja v vodi prisotna žveplena kislina, ima voda vonj po pokvarjenih jajcih, organske snovi, predvsem beljakovine, pa se izrazijo kot vonj po gnilem. Primerjava vonja vzorcev Žovneškega in Šmartinskega jezera je pokazala, da je voda v Žovneškem jezeru brez posebnega vonja, vzorec vode iz Šmartinskega jezera pa je imel vonj po gnilem, kar kaže na večjo prisotnost organskih snovi, še posebej beljakovin.

### 5.4 ZELENE ALGE

Med vsemi skupinami alg so zelene alge po številu vrst najštevilčnejše (Vrhovšek, 1985). So zelo razširjene, prilagojene na ekstremne razmere v okolju. Po obliki steljke so zelo raznolike. Znanih je 450 rodov zelenih alg z nad 8000 vrstami. Večinoma živijo v sladkih vodah, le 10 % jih živi v morskih okoljih. Iz zelenih alg so se skozi evolucijo razvile višje rastline.

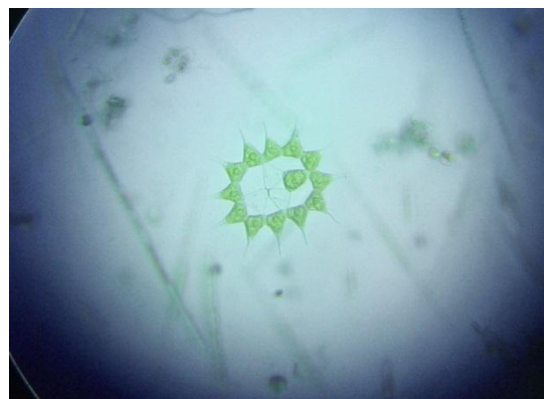
Tabela 2: Prisotnost zelenih alg v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| <b>JEZERO</b><br><b>ZELENE ALGE</b> | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b> | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>Pediastrum sp.</b>               | prisotni                 | prisotni               |
| <b>Scenedesmus sp.</b>              | prisotni                 | niso bili ugotovljeni  |
| <b>Spirogyra sp.</b>                | prisotni                 | niso bili ugotovljeni  |
| <b>Cosmarium sp.</b>                | prisotni                 | prisotni               |

Iz preglednice 2 je razvidno, da smo v Šmartinskem jezeru ugotovili večjo rodovno prisotnost zelenih alg, ki so bile v omenjenem jezeru tudi precej številčnejše.



Slika 7: Scenedesmus sp. (400 x povečava)



Slika 8: Pediastrum sp. (400 x povečava)

## 5.5 KREMENASTE ALGE

Med vsemi algami so kremenaste alge, ki jih imenujemo tudi diatomeje, najbolj pogoste in kot skupina najbolj prepoznavne.

Vrhovšek (1985) pravi, da njihov pomen spoznamo, če vemo, da proizvedejo kremenaste alge 20–25 % celotne organske mase na Zemlji.

Značilnost te skupine alg so silikatne, s kremenom prepojene dvodelne celične stene (lupinice), ki so po navadi čudovito ornamentirane. Večji, zgornji del, imenujemo epiteka, spodnji, manjši del, pa hipoteka (teka = škatlica). Za diatomeje je značilno tudi to, da se v celični steni nalaga kremen, po čemer so dobile ime. Nespolno se razmnožujejo s celično delitvijo. Pri tem se oba dela 'škatlice' razpreta in oddaljita, vsaka hčerinska celica pa obnovi del 'škatlice', ki ji manjka. Vedno pa se obnovi manjši del, torej hipoteka, kar vodi k temu, da so nove generacije kremenastih alg manjše od prejšnjih. Pri neki minimalni velikosti pa se začnejo alge razmnoževati spolno.

Tabela 3: Prisotnost kremenastih alg v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| <b>JEZERO</b><br><b>KREM. ALGE</b> | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b> | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>Asterionella sp.</b>            | prisotni                 | niso bili ugotovljeni  |
| <b>Dinobryon sp.</b>               | niso bili ugotovljeni    | prisotni               |
| <b>Fragilaria sp.</b>              | prisotni                 | prisotni               |
| <b>Gomphonema sp.</b>              | prisotni                 | prisotni               |

Iz preglednice 3 je razvidno, da smo tako v Žovneškem kot v Šmartinskem jezeru ugotovili podobno vrstno zastopanost kremenastih alg. Med mikroskopiranjem smo ugotovili, da so bile kremenaste alge razmeroma enakovredno številčno zastopane v obeh jezerih. Razlike so se pojavile le pri prisotnosti posameznih rodov.

Opazili smo več različnih diatomej, vendar sta najbolj uspeli fotografiji Asterionelle sp. (slika 9) in Fragilarie sp. (slika 10).



Slika 10: Asterionella sp. (400 x povečava)



Slika 9: Fragilaria sp. (400 x povečava)

## 5.6 PRAŽIVALI

To so enocelični ali kolonijski organizmi, ki so med seboj izjemno raznoliki in jih uvrščamo v več debel in številne razrede. Večinoma se premikajo s pomočjo raznih celičnih izrastkov, kot so migetalke, bički, panožice, nekateri živijo pritrjeni na podlago. Med njimi prevladujejo heterotrofni organizmi, kar pomeni, da morajo hranilne snovi pridobiti iz okolja. Nekatere vrste so avtotrofne, te pa si hrano izdelujejo s pomočjo fotosinteze.

Buchbaum (1972) pravi, da še danes obstajajo nenavadna vmesna bitja, ki so zelena kot prave rastline in prosto plavajo kot prave živali. Lahko se hranijo kot rastline ob pomoči klorofila in lahko preidejo na živalski način prehranjevanja.

Večinoma vse praživali živijo v vodnih okoljih. Razmnoževanje je pogosto nespolno, s preprosto celično delitvijo.

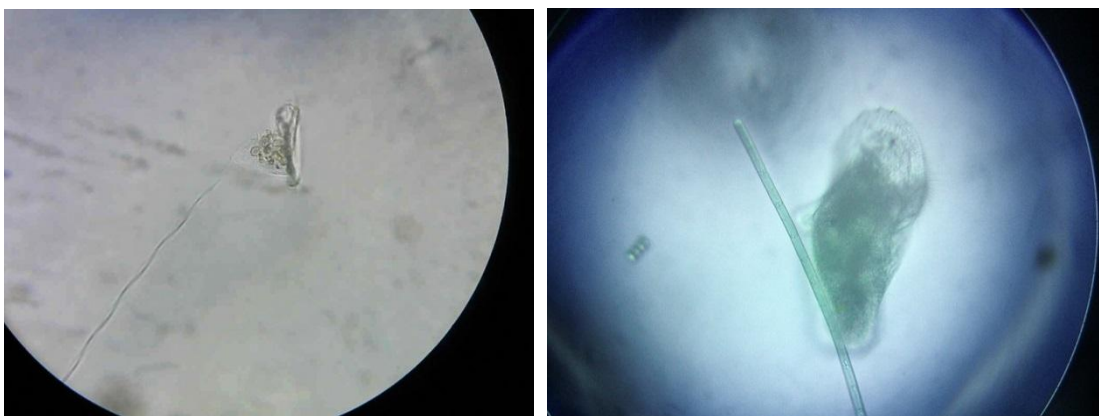
Lahko se razmnožujejo tudi spolno, z izmenjavo dednega materiala med dvema osebkoma, temu načinu pravimo konjugacija.

Tabela 4: Prisotnost praživali v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| <b>JEZERO</b><br><b>PRAŽIVALI</b> | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b> | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>Stentor sp.</b>                | prisotni                 | niso bili ugotovljeni  |
| <b>Vorticella sp.</b>             | prisotne                 | niso bili ugotovljene  |
| <b>Paramecium sp.</b>             | prisotni                 | niso bili ugotovljeni  |

Iz preglednice 4 je razvidno, da smo prisotnost treh razpoznavnih rodov praživali ugotovili le v Šmartinskem jezeru. Na tem mestu je potrebno omeniti, da smo pri mikroskopiranju vzorcev vode Žovneškega jezera opazili zelo majhne primerke praživali, ki pa jih nismo mogli določiti.

Na sliki 11 je prikazana pražival z imenom zvončica (*Vorticella* sp.), ki je izredno zanimiva za opazovanje pod mikroskopom. Večinoma živi pritrjena na podlago. Za pritrditev ji služi vodno rastlinje ali kos lesa. Ob ustju »zvonca« ima venec migetalk, s katerimi ustvarja vodni tok, ki k njenim celičnim ustecem prinese organski drobir in bakterije, s katerimi se zvončica prehranjuje. Ob dotiku se t. i. pecelj, s katerim je zvončica pritrjena na podlago, skrči kot vzmet in zvončica se skrči. Po nekaj trenutkih se znova vrne v prvotno obliko.



Slika 11: *Vorticella* sp. (400 x povečava) Slika 12: *Stentor* sp. (100 x povečava)

## 5.7 KOTAČNIKI

Poznanih je 1.500 vrst kotačnikov, živijo v sladkih vodah in na vlažnih mestih. So majhne živali, navadno dosegajo velikosti do 1 mm. Telo je vretenasto in pokrito s tršo kutikulo.

Plavajo s pomočjo venca migetalk, ki so nameščene okrog ust na vrhu telesa, čemur pravimo tudi rotacijski organ in je značilnost kotačnikov. Število in razvrstitev migetalk je pomembna za določanje posameznih vrst. Telo se na koncu zoži v krčljivo 'nogo', ki se pogosto konča z dvema ostrogama. Nekatere vrste se s pomočjo žlez na ostrogah premikajo kot gosenice. Za kotačnike je značilna tudi posebna žrelna tvorba, imenovana mastaks. Od žrela drugih valjastih črvov se mastaks kotačnikov loči po tem, da vsebuje zobcem podobne izrastke, s katerimi kotačnik melje hrano. Mastaks se

nadaljuje v večji želodec, ob katerem ležijo tudi spolni organi, ki se končajo z zadnjično odprtino.

Čeprav so kodačniki na prvi pogled dokaj primitivna bitja, pa njihova notranja zgradba kaže kompleksen evolucijski napredek v razvoju nižjih nevretenčarjev. Buchbaum (1972) pravi, da je pri teh posebnostih najbolj privlačno, da lahko skozi telesni ovoj točno vidimo njihov notranji ustroj in delovanje organov, kakor pri steklenem modelu.

Tabela 5: Prisotnost kodačnikov v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

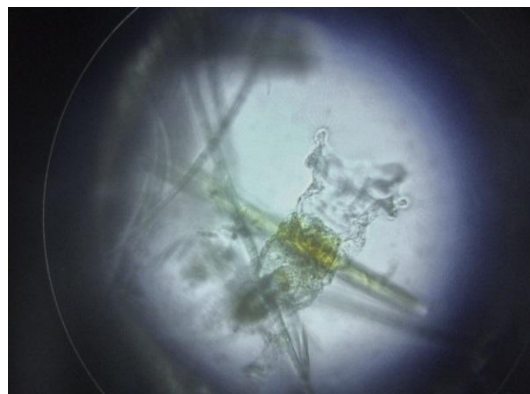
| <b>JEZERO</b><br><b>KOTAČNIKI</b> | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b> | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>Keratella sp.</b>              | prisotni                 | prisotni               |
| <b>Synchaeta sp.</b>              | prisotni                 | niso bili ugotovljeni  |
| <b>Asplanchnopus sp.</b>          | niso bili ugotovljeni    | prisotni               |

Preglednica 5 kaže, da smo kodačnike ugotovili v vzorcih vode iz obeh jezer, vendar so bili, tako kot pri večini ostalih živih bitij, številčnejši v vzorcu Šmartinskega jezera (slika 13 in 14).

Še zanimivost: pri mikroskopiranju vzorca vode iz Šmartinskega jezera smo na dveh različnih preparatih opazili po tri kodačnike, ki so se držali skupaj s t. i. nogo in se z rotacijskimi organi vrteli v krogu. Ko smo se lotili fotografiranja organizmov, se žal ta prizor ni več ponovil.



Slika 14: Synchaeta sp. (100 x povečava)



Slika 13: Kodačnik (400 x povečava)

## 5.8 GLISTE

Gliste so nitaste in valjaste živali, pri katerih je veliko zajedavskih vrst. Poznanih je čez 12.000 vrst in so tako najštevilčnejša skupina valjastih črvov. Najdemo jih v vodnih okoljih, kot tudi v tleh. Njihovo telo pokriva prožna kutikula, ki je prilagojena na življenje v trdnem substratu ali v gostitelju. Na prednjem delu telesa imajo usta, ki se nadaljujejo v ustno votlino ter žrelo, sledi dolgo črevesje, ki se konča z zadnjično odprtino.

Živčevje je razdeljeno na trebušno in hrbtno struno in je povezano z močnimi mišicami, ki so razporejene vzdolžno v telesni votlini.

Večina glist je plenilcev, nekatere vrste so zajedavci v drugih živalih in celo rastlinah. Mnoge vrste se prehranjujejo z odmrliimi organskimi snovmi in so pomembni razkrojevalci. Gliste so enospolna bitja z razvitimi spolnimi organi.

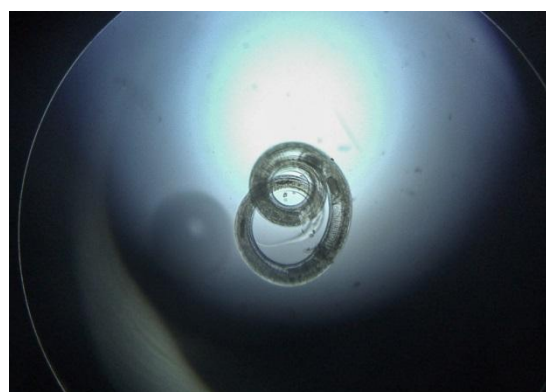
Tabela 6: Prisotnost glist v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| JEZERO<br>GLISTE | ŠMARTINSKO<br>JEZERO | ŽOVNEŠKO<br>JEZERO |
|------------------|----------------------|--------------------|
| Nematoda         | prisotne             | prisotne           |

Preglednica 6 kaže na to, da smo prisotnost glist ugotovili v obeh vzorcih vode, vendar niso bile številčne. Pod mikroskopski objektiv smo jih ujeli, kadar smo vzeli vzorce z dna kozarca (sliki 15, 16).



Slika 16: Glista (100 x povečava)



Slika 15: Glista (100 x povečava)



## 5.9 POČASNIKI

Počasniki ali tardigradi so deblo mikroskopskih, dvobočno somernih, členjenih živali z osmimi nogami. Znanih je malo več kot 1000 vrst, ki živijo po vsem svetu v najrazličnejših okoljih, od najvišjih gorstev do globokomorskih jarkov.

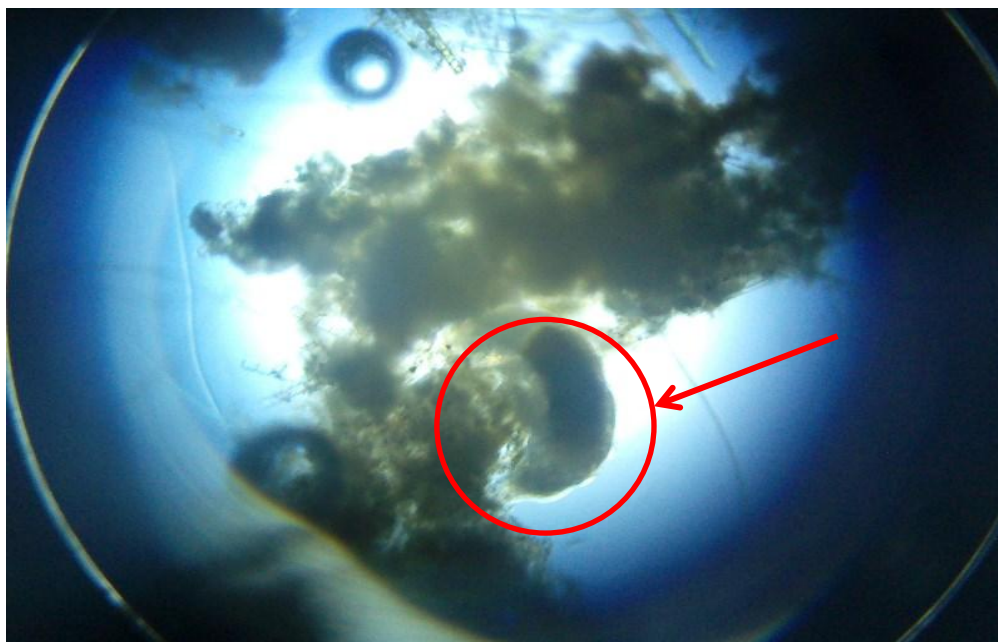
To so majhne živali, ki dosežejo največ 1,5 mm v dolžino. Skupina je znana predvsem po tem, da se lahko povsem izsušijo in v takšnem stanju preživijo obdobja ekstremnih okoljskih razmer. V širši javnosti so postali znani zaradi preživetja v vesolju. Predstavniki različnih vrst so dokumentirano preživel 10 dni vakuumu in nefiltriranega kozmičnega sevanja na zunanosti vesoljske sonde, temperature od ene stopinje nad absolutno ničlo do 150 °C ter pritisk preko 5000 atmosfer.

Počasniki imajo čokato, valjasto telo s štirimi pari kratkih nožic, ki se končajo s po štirimi do osmimi krempljci ali prisesnimi ploščicami. Pokrito je s troslojno kutikulo, ki je lahko gladka ali strukturirana, zgrajena iz hitina, beljakovin in lipidov. Nekatere vrste imajo na zunaj zabrisano členjenost, ki pa jo jasno razkriva zgradba živčevja. V vsakem členu telesa je par ganglijev, ki oživčuje par okončin, v glavi pa možgani. Sodeč po njihovem številu imajo izvorno glavo in pet členov, pri čemer je prvi člen zraščan z glavo. Njegove okončine naj bi bile preobražene v zapleteno oblikovano bodalo, ki sodeluje pri prehranjevanju.

Tabela 7: Prisotnost počasnikov v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| <b>JEZERO</b>     | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b> | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|-------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>POČASNIKI</b>  |                          |                        |
| <b>Tardigrada</b> | niso bili ugotovljeni    | ugotovljen en primerek |

Iz preglednice 7 je razvidno, da smo en primerek počasnika ugotovili le v vzorcu vode Žovneškega jezera, zaradi premikanja viden le obris na sliki 17.



Slika 17: Počasnik iz Žovneškega jezera (40 x povečava)

## 5.10 RAKI LISTONOŽCI

To so majhni, sladkovodni rakci, med katerimi so najbolj znane vodne bolhe. Na videz se razlikujejo od večine rakov po tem, da so prosto plavajoči. Njihove noge so preoblikovane v listaste, sploščene izrastke, po čemer so dobili tudi ime.

Prsni koš vodnih bolh obdaja skoraj celo telo, le glava je prosta. Prvi par anten je skoraj zakrnel, drugi par pa je peresasto razrasel. S pomočjo teh tipalnic vodne bolhe plavajo. Na glavi imajo eno samo veliko sestavljeno oko. Srce leži na hrbtni strani, nad jajčniki, ki so zelo kompleksni. Vodne bolhe hranijo jajčeca v hrbtnem delu prsnega koša, v posebni zarodni kamrici, iz katerih se razvijejo mlade vodne bolhe.

Vodne bolhe so pomemben člen prehranjevalnih verig. V jezerih in ribnikih so odlična hrana za ribje mladice.

Tabela 8: Prisotnost vodnih bolh v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| <b>JEZERO</b><br><b>RAKI</b><br><b>LISTONOŽCI</b> | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b>     | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|---|------------------------------|------------------------|
| <b>Vodne bolhe</b>                                | prisotne v velikih količinah | prisotne               |

Vsekakor nas je presenetila količina vodnih bolh v vzorcu Šmartinskega jezera. Če smo vzorec vode pridržali proti svetlobi, smo te majhne rake opazili že s prostim očesom. Če smo premaknili kozarec, so se premaknile tudi vodne bolhe. S potrpežljivostjo nam je uspelo ujeti večjo vodno bolho, veliko 1 mm v kapalko (slika 18), manjše pa so se pod objektivom večinoma znašle po naključju.



Slika 18: Vodna bolha (40 x povečava)

## 5.11 CEPONOŽCI

Kdor je le kdaj že vrgel planktonsko mrežo v jezero ali mlako in lovil drobna živa bitja, da jih je lahko opazoval pod mikroskopom, je nemalokrat ujel tudi drobnega, 1–3 mm dolgega, vitkega rakca z dolgima (prvima) tipalnicama, z enim kot rubin sijočim navplijevim očescem in z značilnim razcepljenim zadnjim členom; po tem lepem rdečem očesu so dali ime temu rakcu samook (Buchsbaum in Milne, 1972).

Ko te majhne rakce opazujemo v kozarcu vode, vidimo, kako se sunkoma odganja z dolgima tipalnicama. Med ujetimi rakci lahko opazimo tudi samice, ki imajo ob strani zadka dve vrečici z jajčeci.

Samooki spadajo v skupino ceponožcev, ki šteje več kot 4000 vrst. Najdemo jih lahko v vseh mogočih vodah, večinoma pa so morski. Opazili so jih tudi že v kratkotrajnih mlakah in lužah, kjer neugodna obdobja lahko preživijo kot otrpli ali v obliki dobro zavarovanih jajčec.

Ličinka ceponožcev se imenuje navplij. Je jajčaste oblike, ima tri pare nožic in t. i. navplijevo oko na temenu.

Ceponožci imajo različne načine prehranjevanja. Nekateri s čeljustmi precejajo vodo. Na ta način ujamejo alge, bakterije in organski drobir. Druge vrste živijo plenilski način življenja. S čeljustnimi nožicami grabijo večji plen, med drugim tudi druge ceponožce, kotalčnike, vodne bolhe in podobno.

Tabela 9: Prisotnost ceponožcev v Šmartinskem in Žovneškem jezeru

| <b>JEZERO</b>    | <b>ŠMARTINSKO JEZERO</b>     | <b>ŽOVNEŠKO JEZERO</b> |
|------------------|------------------------------|------------------------|
| <b>CEPONOŽCI</b> |                              |                        |
| <b>Ceponožci</b> | prisotni v velikih količinah | prisotni               |

Pri analizi vzorcev vode iz obeh jezer nas je tudi v primeru rakcev ceponožcev presenetila količina v Šmartinskem jezeru. Tako kot pravita Buchsbaum in Milne (1972), smo že s prostim očesom lahko opazovali njihovo sunkovito premikanje. V vzorcu Šmartinskega jezera smo odkrili tudi veliko navplijev – ličink ceponožcev (slika 19) in samic ceponožcev, ki so imele ob zadku pripeti vrečici z jajčeci (slika 20).



**Slika 19: Navplij (100 x povečava)**



**Slika 20: Ceponožec - samica (40 x povečava)**

## 6 SKLEP

Z mikroskopsko analizo vzorcev vode Šmartinskega in Žovneškega jezera, odvzetih v zimskem času, smo spoznali in proučili mikroorganizme, ki so se v jezerih nahajali.

V obeh jezerih smo potrdili prisotnost zelenih alg, diatomej, praživali, kotačnikov, glist, vodnih bolh in ceponožcev. V vzorcu vode iz Žovneškega jezera smo našli tudi počasnika.

Potrdili smo vse tri zastavljene hipoteze, med drugim tudi to, da je v Šmartinskem jezeru prisotna veliko večja količina hranil kot v Žovneškem jezeru. Hranila omogočajo rast bakterij, s katerimi se prehranjujejo protisti, ki so hrana ceponožcem, s slednjimi pa se prehranjujejo manjše ribe.

Vzroke za veliko količino organskih snovi v Šmartinskem jezeru gre iskati v onesnaženosti jezerske vode z odpadnimi vodami gospodinjstev, prekomernemu vnosu hranilnih snovi s strani obiskovalcev jezera, ki po nepotrebnem hranijo vodne ptice. K vnosu hranil v jezersko vodo pripomorejo tudi ribiči, ki za vabo uporabljajo organske hranilne vabe.

Iz rezultatov je razvidno, da se v Šmartinskem jezeru dogaja proces, ki mu pravimo eutrofikacija. Posledično je v jezeru količina kisika vedno manjša, kar bi v prihodnosti lahko privedlo do pogina rib in ostalih organizmov, ki za svoje življenje potrebujejo veliko raztopljenega kisika v vodi.

Ob primerjavi načina uporabe in gospodarjenja z obema jezeroma smo ugotovili precejšnje razlike.

Šmartinskega jezera nikoli ne praznijo, zato se v njem nabirajo vedno večje količine hranilnih snovi, voda je zaradi tega motna in neprijetnega vonja. Žovneško jezero deloma spraznijo vsako jesen, čez zimo se tla mineralizirajo, organske snovi se predelajo, zato je voda v njem bistra in brez vonja. Ker voda v Žovneškem jezeru vsebuje manj hranilnih snovi, lahko podpira tudi manj mikroorganizmov, kar smo ugotovili tudi ob pregledu vzorca vode.

## 7 VIRI IN LITERATURA

1. Allen, G. in Denslow, J.: Sladkovodne živali 1. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1999.
2. Bajd, B.: Pojdimo k mlaki. Pedagoška obzorja. Novo mesto, 1995.
3. Bavdek, S.: Mikroskop in mikroskopiranje Biotehniška fakulteta Ljubljana, 1980.
4. Buchsbaum, R. in J. Milne, L.: Nižje živali nevretenčarji brez žuželk. Mladinska knjiga, Ljubljana 1972.
5. Fribas, P.: Vsa slovenska jezera : leksikon slovenskih stojećih voda. Državna založba Slovenije, Ljubljana 2001.
6. Geister, I.: Izbrana življenjska okolja rastlin in živali v Sloveniji. Modrijan, Ljubljana 1999.
7. Mršič, N.: Živali naših tal: uvod v pedozoologijo sistematika in ekologija s splošnim pregledom talnih živali. 1. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1997.
8. Oxlade, C. in Stockley, C.: Pogled skozi mikroskop. Državna založba Slovenije, Ljubljana 1990.
9. Remec Rekar, Š.: Življenje jezer. Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana, 1996.
10. Vovk, Korže, A., Bricelj, M.: Vodni svet Slovenije. Piročnik za interdisciplinarno proučevanje voda. Ljubljana, 2004.
11. Vrhovšek, D.: Sladkovodne alge Ali jih poznamo? Državna založba Slovenije, Ljubljana 1985.

### SPLETNI VIRI:

<http://www.arso.gov.si/>

<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/e-TL3.html>

<http://www.svarog.si/>

<https://alpeadriagreen.wordpress.com/2010/11/19/predavanje-evtrofikacija-kodljivo-preobilje/>

Avtorstvo fotografij: Slike 1 – 6: Polona Gorišek, 7 – 20 Enej Litera, Miha Boršič in Luka Hohnjec.