

56. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2022

Kvalitativna analiza fitoplanktona v jezeru Pristava

RAZISKOVALNO PODROČJE: BIOLOGIJA SŠ

Raziskovalna naloga

Šola: II. gimnazija Maribor

Avtor: Martin Zadavec

Mentorici: Helena Bajec, dr. Tina Eleršek

Maribor, April 2022

Povzetek

Fitoplankton so fotoavtotrofni mikroorganizmi, ki predstavljajo primarne proizvajalce vodnih ekosistemov. Fitoplanktonske organizme uporabljamo kot **indikatorje ekološkega stanja** jezer; kadar pride do kopičenja hranil (**eutrofikacija**), se fitoplankton na to takoj odzove, posledično pa to lahko negativno vpliva tudi na druge vodne organizme, ki v ekosistemu zavzemajo druge ekološke niše. V okviru raziskovalne naloge smo preučevali fitoplanktonsko sestavo v jezeru Pristava v različnih letnih časih. S pomočjo le te smo lahko raziskali prisotnost **indikatorskih rodov** in **ocenili ekološko stanje jezera**. Slednje bi na podlagi najdenih rodov in analize klorofila a, meritev eufotične cone ter kemijske analize vode uvrstili med **hiperevtrorna vodna telesa**. Med preučevanjem smo odkrili 16, za Pristavo novih rodov, med njimi tudi **toksična rodova cianobakterij**. Odkritje le teh nakazuje, da je nadaljnje spremljanje jezera ključno za njegovo upravljanje oz. varovanje njegove ekosistemske vloge.

Summary

Phytoplankton are photoautotrophic microorganisms, which represent the primary producers of aquatic ecosystems. Phytoplankton organisms are used as **indicators of the ecological status of lakes**; when nutrient accumulation (**eutrophication**) occurs, phytoplankton responds immediately, and consequently this can negatively affect other aquatic organisms that occupy different ecological niches in the ecosystem. As part of our research tasks, we studied the phytoplankton composition in Lake Pristava at different seasons of the year. With the help of the research, we could investigate the presence of **indicator genera** and **assess the ecological status of the lake**. The latter would be classified as **hypereutrophic water bodies** based on found genera and analysis of chlorophyll a, measurements of the euphotic zone and chemical analysis of water. During the study, we discovered 16, for Pristava new genera, among them also **toxic genera of cyanobacteria**. The discovery of these indicates that Pristava's further monitoring is crucial for its management and protecting its ecosystemic role.

Zahvala

Zahvaljujem se mentoricama za usmerjanje pri izvedbi tega eksperimentalnega dela, za spremljanje procesa nastanka naloge, za pomoč pri načrtovanju vsakega naslednjega koraka in trud, vložen z napotki za pisanje in oblikovanje te naloge, saj sta kljub natrpanem urniku žrtvovale čas, da je naloga uspešno zaključena. Moja zahvala gre tudi Nacionalnemu inštitutu za biologijo, katerega oprema za vzorčenje nam je bila posojena v uporabo, da je bil lahko izveden eksperimentalni del naloge.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod.....	1
2	Teoretično ozadje.....	2
2.1	Kaj je fitoplankton?	2
2.2	Fitoplankton - sistematika	3
2.2.1	Prokarionti	4
2.2.2	Evkarionti	5
2.3	Življenjsko okolje fitoplanktona	13
2.4	Indikatorski pomen fitoplanktona.....	15
2.5	Kvaliteta vode, hranila in vpliv na okolje	17
2.6	Parametri za kvalitativne analize fitoplanktona	19
2.7	Hipoteze	30
3	Metodologija	32
3.1	Kraj vzorčenja	32
3.2	Merjenje abiotskih dejavnikov.....	33
3.2.1	Določanje klorofila a z 90 % etanolom – s filtriranjem	33
3.2.2	Kemijsko analizo vode s pomočjo kovčka za analizo vode (Winlab).....	33
3.2.3	Merjenje temperature vode	34
3.2.4	Meritev prosojnosti – meritev eufotične cone	34
3.3	Kvalitativno vzorčenje fitoplanktona.....	35
3.4	Identifikacija rodov/vrst fitoplanktona	36
4	Rezultati	37
5	Priloge.....	57
6	Diskusija	60
6.1	Vodna kvaliteta jezera Pristava.....	60
6.2	Številčnost odkritih rodov	60
6.3	Koncentracija fosforja in dušika	61
6.4	Sprememba pH ter prosojnosti vode	62
6.5	Število odkritih rodov	63
7	Zaključek	64
8	Družbena odgovornost	65
9	Bibliografija	66

Kazalo slik:

Slika 1: Sistematika fitoplanktona (Fondriest Environmental, Inc., 2014)	3
Slika 2: Cianobakterije (Oddelek za kakovost okolja, Oklahoma, ZDA, 2022)	4
Slika 3: <i>Mikroalge</i> rodu <i>Nannochloropsis</i> (CSIRO, 2009)	5
Slika 4: Evglena (Deuterostome, 2011)	6
Slika 5: Kriptofiti (Plant life, 2011)	7
Slika 6: Dinofiti (Himemiya, 2007)	8
Slika 7: Zelene alge (buccaneer, brez datuma)	9
Slika 8: Rumene alge (<i>Dinobryon</i>) (Kvarnström, 2018)	11
Slika 9: Diatomeja (<i>Asterionella formosa</i>) (National park service, 2006)	12
Slika 10: Kriteriji trofičnosti jezer po OECD, (Rekar, 2011)	26
Slika 11: Indikatorski seznam vrst in rodov za količino fosforja (Majcen, 2016)	29
Slika 12: Kraj vzorčenja (Google Maps, 2022)	32
Slika 13: Jezero Pristava tik pred našim pomladanskim vzorčenjem	57
Slika 14: Določanje kemijske analize vode	58
Slika 15: Filtriranje vzorcev fitoplanktona s pomočjo steklenih GFC filtrov	58
Slika 16: Koncentriranje vzorcev z uporabo sedimentacijskega valja	59

Kazalo tabel:

Tabela 1: Indikatorji po Liebmannu	24
Tabela 2: Rezultati merjenj abiotских dejavnikov in kemijske analize vode	37
Tabela 3: Rezultati kvalitativne analize fitoplanktona po jesenskem vzorčenju	38
Tabela 4: Rezultati kvalitativne analize fitoplanktona po pomladanskem vzorčenju	39
Tabela 5: Rezultati kvalitativne analize fitoplanktona po poznopoletnem vzorčenju	40
Tabela 6: Primerjava rezultatov kvalitativne analize s podatki ARSO in našimi vzorčenji	41
Tabela 7: Identificirani rodovi v vzorcih, ki niso bili zabeleženi v podatkih ARSO	44
Tabela 8: Identificirani indikatorski rodovi po Liebmannu	44
Tabela 9: Fotografije identificiranih rodov fitoplanktona, v naši raziskavi posnete pod svetlobnim mikroskopom	47
Tabela 10: Indikatorske vrednosti odkritih rodov	55

1 UVOD

Fitoplankton so avtotrofni člani planktonske združbe in ključni deli vodnih ekosistemov. Predstavljajo prvi člen prehranjevalne verige in so tako ključni za preživetje celotnih biotov. (M. Suthers & Rissik, 2008) Fitoplanktonske organizme najdemo v različnih sistematskih kategorijah in sicer v skupini cianobakterij in alg. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985) Njihova skupna značilnost je, da pridobivajo energijo s fotosintezo. Za slednjo potrebujejo svetlobo, ki se v vodnih telesih nahaja le v višjih plasteh. Plasti, v katerih najdemo planktonske organizme, imenujemo s skupnim imenom eufotična cona. (Majcen, 2016) Fitoplanktonski organizmi so indikatorji ekološkega stanja jezer, pokazatelji kopičenja hranil v vodi, zato je pomembno, da smo pozorni na vse spremembe njegovih populacij in ob njih pravilno ukrepamo, saj lahko v nasprotnem primeru popolnoma izgubimo vodno bioto. Posledično je monitoring celinskih voda izrednega pomena. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985) Monitoring celinskih voda je pomemben za ohranjanje celinskih voda in ohranjanje biotske pestrosti v njih. Celinske vode so v Sloveniji zelo pomembne, saj so posredno oz. neposredno povezane tudi s pitno vodo in poljedelstvom, zato »zdravje voda« predstavlja tudi »zdravje« ljudi.

Namen te raziskovalne naloge je bil določiti kvaliteto vode jezera Pristava na podlagi fitoplanktona, glede na Metodologijo vrednotenja Ekološkega stanja jezer na podlagi fitoplanktona, uradnega dokumenta za monitoring celinskih voda v Sloveniji. (Majcen, 2016) Za preučevanje fitoplanktona smo v tej raziskovalni nalogi uporabili kvalitativno analizo rodov in primerjali s kvantitativno določenimi parametri kot so klorofil a. S kvalitativno analizo fitoplanktona se za namene državnega monitoringa določi vrstna sestava, za namen te naloge pa smo določili rodovno sestavo fitoplanktona in primerjali z rezultati državnega monitoringa. Taksonomsko določanje je potekalo s pomočjo svetlobnega mikroskopa s pomočjo ustreznih taksonomskih ključev. Na osnovi pregleda kvalitativnega vzorca smo oblikovali seznam rodov.

2 TEORETIČNO OZADJE

2.1 Kaj je fitoplankton?

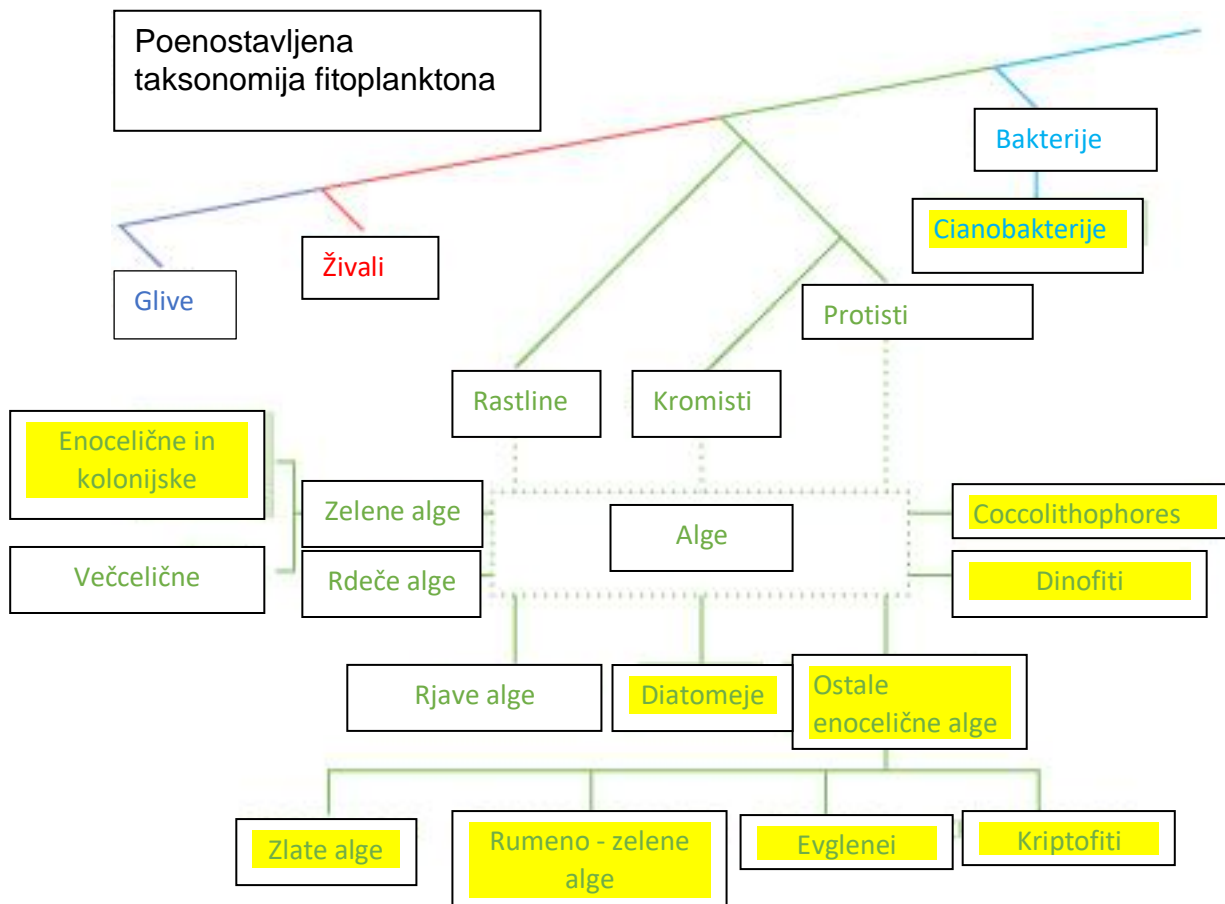
Z izrazom plankton označujemo vso majhno bioto (velikosti od nekaj mikrometrov do nekaj centimetrov), ki lebdi v vodi in se premika z vodnimi tokovi – vse od prokariontov do večceličnih evkariontov (npr. meduze). Definicija je sicer zelo ohlapna, saj med plankton uvrščamo tudi meduze in kril (predvsem njihove ličinke), čeprav ti organizmi v odrasli dobi aktivno plavajo. Med plankton spadajo tudi ribje ličinke, ki se sploh ponoči velikokrat ujamejo v planktonske mreže. Planktonske organizme delimo na dve skupini:

(i) Živalski plankton ali zooplankton. Predstavlja prve plenilce vodnih ekosistemov in hrano za večino preostalih členov prehranjevalne verige. Za svoj obstoj pa je odvisen od plena, t. j. fitoplanktonski organizmi oz. rastlinski plankton.

(ii) Fitoplankton so avtotrofni člani planktonske združbe in ključni deli vodnih ekosistemov. Predstavljajo prvi člen prehranjevalne verige in so tako ključni za preživetje celotnih biot. Med fitoplankton uvrščamo enocelične oz. enocelične kolonijske organizme alg in cianobakterij. Njihova skupna značilnost je, da pridobivajo energijo s fotosintezo, s pomočjo fotosintetsko aktivnih pigmentov, npr. klorofila a, ki jim omogočajo uporabo sončne energije in pretvorbo ogljikovega dioksida v kompleksne organske molekule, kot so sladkorji. Za le to pa potrebujejo svetlobo, ki se v vodnih telesih nahaja le v višjih plasteh. Med fitoplankton uvrščamo organizme, ki pripadajo številnim različnim skupinam, kot so cianobakterije, zelene alge, dinofiti, idr. Ti enocelični organizmi so t.i. trave voda in so osnova vse vodne produktivnosti. (M. Suthers & Rissik, 2008)

2.2 Fitoplankton - sistematika

Fitoplanktonske organizme najdemo v različnih sistematskih kategorijah cianobakterij in alg. Čeprav skupini družijo zmožnost izvajanja fotosinteze, sta si po strukturi zgradbi zelo različni, cianobakterije namreč spadajo v domeno bakterij in so prokariotske, medtem ko alge spadajo v domeno evkariontov. Ne glede na taksonomijo, vsi fitoplanktonski organizmi vsebujejo vsaj eno izmed oblik fotosinteznih pigmentov (običajno klorofil a). Večino fitoplanktona celinskih voda predstavljajo zelene alge in cianobakterije, medtem ko so v morskih ekosistemih pogostejši dinoflagelati in diatomeje. (Fondriest Environmental, Inc., 2014) Obstaja veliko različnih razdelitev alg in cianobakterij, ena izmed njih je prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Sistematika fitoplanktona (Fondriest Environmental, Inc., 2014)

2.2.1 Prokarionti

2.2.1.1 *Cianobakterije*

Glavna značilnost cianobakterij, ki jih loči od vseh ostalih skupin, je prokariontska zgradba celice. Cianobakterije so včasih imenovane tudi modrozeleni cepeljivke ali v angleščini »blue-green algae«. Poleg klorofila, ki je značilen za vse fotoavtotrofne rastline, vsebujejo še druga fotosintetska barvila, npr. fikocianin in fikoeritrin. Kadar prevladujejo fikocianini, je videti kolonija modrozeleni barve, kadar pa prevladuje fikoeritrin, so cianobakterije videti rdeče, rjavkasto, črno, ipd. S temi barvili so alge sposobne kromatične adaptacije, t.j. zmožnosti, da uravnavajo nastajanje takšnega barvila, ki optimalno izrabi razpoložljivo svetlobo. Takšna prilagoditev je še posebej pomembna za alge, ki živijo v morskih globinah, jamah, visoko v gorah, v tleh, itd. Za nekatere vrste cianobakterij (kot npr. cianobakterije na Sliki 2), ki imajo heterociste, je značilno, da so sposobne vezati dušik iz zraka. Vse te in še mnoge druge posebnosti so omogočile cianobakterijam, da so preživele milijarde let v nespremenjeni obliki in da danes skorajda ni kotička na Zemlji, ki ga ne bi zmogle naseliti. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)

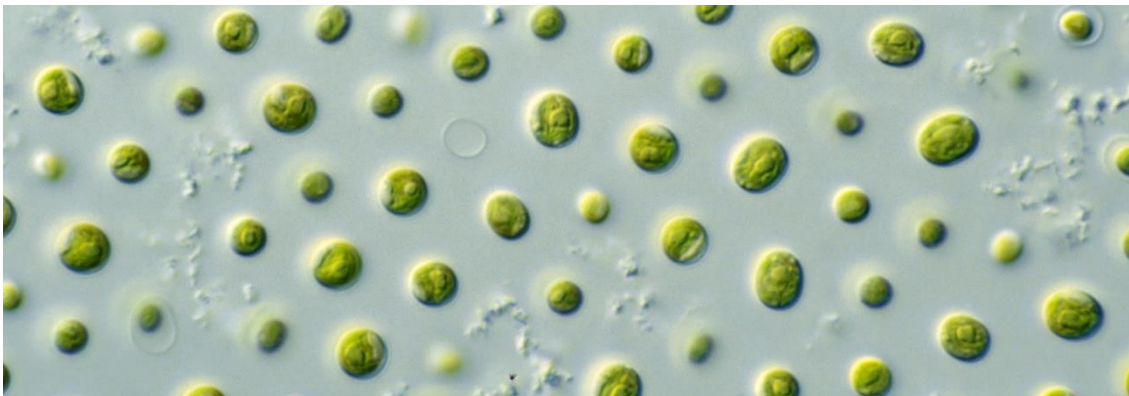


Slika 2: Cianobakterije (Oddelek za kakovost okolja, Oklahoma, ZDA, 2022)

2.2.2 Evkarionti

2.2.2.1 Mikroalge

Obstaja več sto tisoč različnih vrst planktonskih alg oz. mikroalg,. V to skupino spadajo zelene alge, diatomeje, dinoflagelati, zlate alge, rumeno-zelene alge in evglene. V vseh svetovnih vodah skupaj plava toliko alg, da s fotosintezo proizvedejo 50% delež vsega zemeljskega kisika. Alge niso samo enocelične, lahko so tudi večcelične. Večceličnim algam, ki so v mikrometrskem merilu, še vedno pravimo mikroalge. Včasih pa večcelične alge tvorijo tudi nitaste preplete, ki so v primeru zelenih alg lahko dolge tudi več metrov (npr. rod *Cladophora*) in jih ne prištevamo k planktonskim mikroalgam, saj so običajno z enim delom pritrjene na substrat. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)



Slika 3: Mikroalge rodu *Nannochloropsis* (CSIRO, 2009)

2.2.2.2 *Evglene*

Večinoma so to gibljive enocelične alge, ki imajo posebno zunanjo in notranjo zgradbo in se razlikujejo od bičkastih oblik in tipov celic drugih alg. Evolucijsko se niso razvile v večcelične organizme. Nekatere se lahko prehranjujejo tudi z organsko hrano. Tako ne preseneča, če jih najpogosteje najdemo v okolju, kjer je mnogo gnijočih organskih snovi. Tam se lahko tako razmnožijo, da obarvajo vodno okolje zeleno, če so prisotne vrste rodu *Euglena* (Slika 4) in *Phacus*, rdeče, *Euglena sanguinea*, *E. haematodes*, ali rjavo, *Trachelomonas sp.* Posebej pogoste so v vodah ob gnojiščih ali iztoku gospodinjskih odpadkov. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vrešč, & Valentinčič, 1985)



Slika 4: *Evglena* (Deuterostome, 2011)

2.2.2.3 *Kriptofiti*

V to skupino so uvrščene večinoma monadne (bičkaste) organizacijske stopnje s številnimi posebnimi značilnostmi in kombinacijami teh posebnosti, zato je njihov izvor nejasen. Celice imajo po dva skoraj enako dolga migetalkasta bička, ki sta pritrjena na sprednjem delu. Čeprav je celična stena sestavljena iz proteinov, podobno kot pri evglenah, je njena zgradba drugačna od slednjih. Alge iz te skupine imajo tihociste, s katerimi prebavljajo hrano. Nekatere med njimi so brez kromatoforov in se hranijo samo heterotrofno. Kromatofori vsebujejo poleg klorofilov še fikocianin in fikoeritrin, ki pa se razlikujeta od barvil cianobakterij in rdečih alg. Kljub majhnemu številu vrst so kriptofiti v morju in celinskih vodah splošno razširjeni. Njihov najbolj znan predstavnik je rod *Cryptomonas*, Slika 5 (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)



Slika 5: Kriptofiti (Plant life, 2011)

2.2.2.4 *Dinofiti*

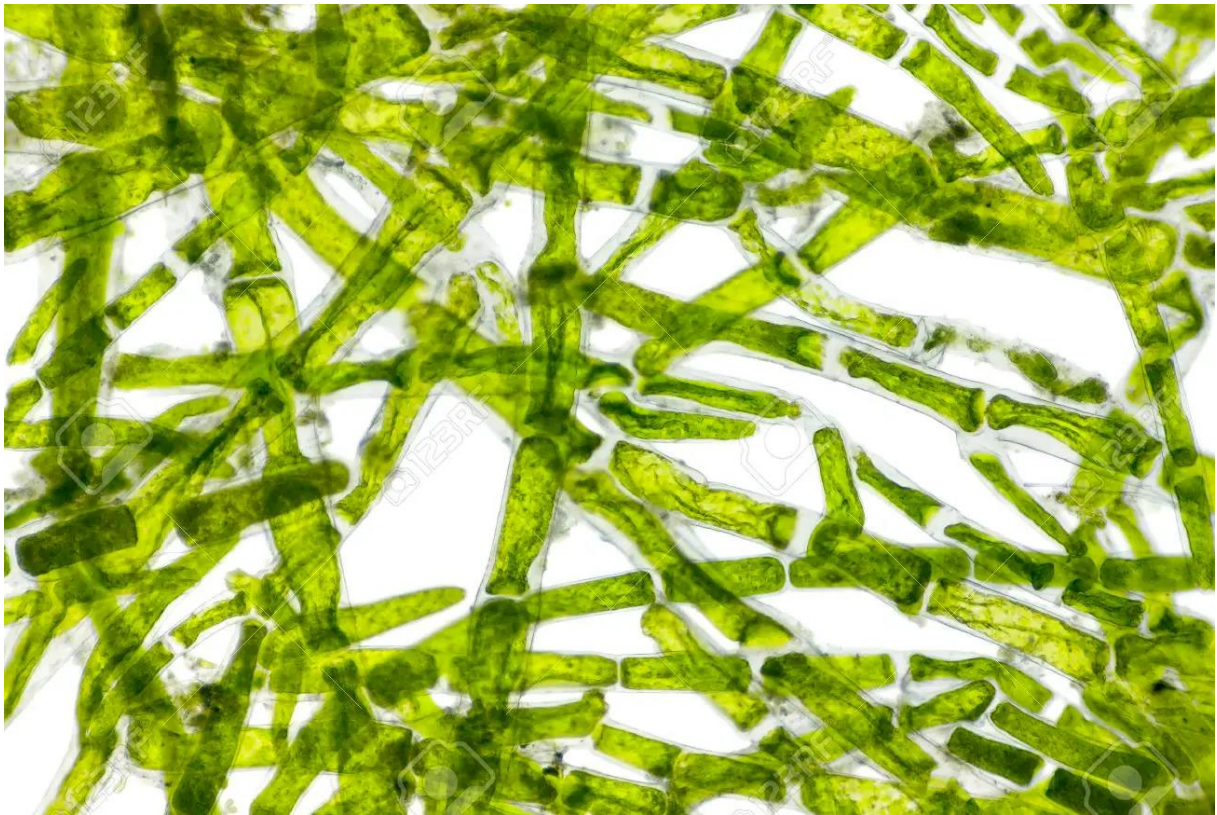
Dinofite predstavljajo predvsem enocelične, gibljive alge, ki so splošno razširjene v celinski, brakični in morski vodi. Večina vrst se prehranjuje heterotrofno. Celice imajo po dva različno zgrajena bička. Celična stena je sestavljena iz ploščic. V morju se poleti ob veliki količini organskih snovi prekomerno namnožijo in se množično pojavljajo v obliki »cvetenja«, ki ga imenujemo rdeča plima. Ker nekatere vrste vsebujejo toksine, so povzročitelj pogina rib. Za mnoge vrste iz te skupine je značilna bioluminiscenca, npr. za vrsto iskrinica – *Noctiluca*. Tudi v celinskih vodah se nekatere vrste, npr. *Ceratium hiridinella*, Slika 6, pojavijo množično. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)



Slika 6: Dinofiti (Himemiya, 2007)

2.2.2.5 Zelene alge

Med vsemi skupinami alg so zelene alge po številu vrst najštevilčnejše. Tudi njihova razširjenost in prilagojenost na ekstremne razmere se lahko primerja s cianobakterijami. Znanih je kar 450 rodov zelenih alg nad njihovimi 8000 vrstami. V glavnem živijo v celinskih vodah, le 10% jih živi v morju. Danes je v veliki meri nesporno, da so se višje rastline razvile iz zelenih alg. Vendar pa še vedno ni popolnoma jasno, kako je ta razvoj potekal, oz. katerim od današnjih zelenih alg so višje rastline najbolj sorodne. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)



Slika 7: Zelene alge (buccaneer, brez datuma)

2.2.2.6 Heterokontofiti

V tem delu so združeni naslednji razredi alg: *Xantophyceae*, *Chrysophyceae* (rumene alge), *Bacillariophyceae* (kremenaste alge) in *Phaeophyceae* (rjave alge). Organizacijske oblike pri heterokontofitih so pokazatelj dolgo časa trajajoče vzporedne evolucije z zelenimi algami. Zaradi mnogih podobnosti z zelenimi algami so heterokontofiti vse do leta 1900 uvrščali med zelene alge. Večina heterokontofitov ima negibljuje enocelične organizacijske oblike, vendar so med njimi tudi alge drugačnih oblik. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)

2.2.2.6.1 Rumene alge

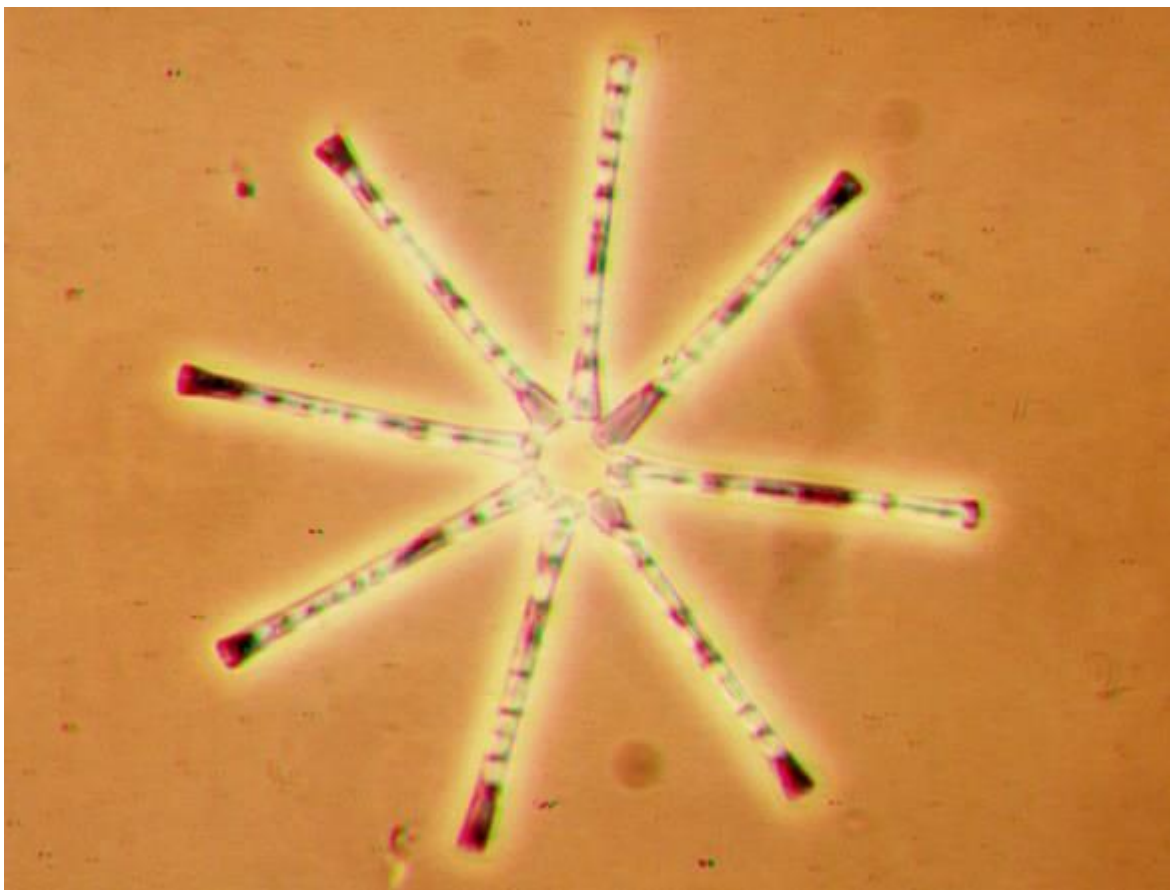
Rumene alge so v glavnini obarvane zlato rjavo, le redke pa so rumene, glede na poimenovanje (Slika 8). Pogosto so gibljive enocelične ali kolonijske oblike. Med fotosintetskimi barvili prevladujejo karoteni in ksantofili, ki dajejo značilno barvo tem vrstam alg. Njihova posebnost je, da imajo kot rezervno snov krizolaminarin, namesto škroba pa maščobe (olje). Celična stena je bogata s pektinom in večkrat okrepljena s silicijem. Pogostejše so v hladnejših vodah. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)



Slika 8: Rumene alge (*Dinobryon*) (Kvarnström, 2018)

2.2.2.6.2 Kremenaste alge (diatomeje)

Med vsemi algami so kremenaste alge (Slika 9) najbolj pogoste in kot skupina najlažje razpoznavne. So izjemno pomembne, saj predvsem v oceanih proizvedejo 20-25 % delež celotne organske mase na Zemlji. Značilnosti te skupine so silikatne, s kremenom prepojene dvodelne celične stene (lupinice), ki so najpogosteje čudovito ornamentirane. Glede na simetričnost jih delimo na dva reda, Pennales in Centrales. V prvem redu so lupinice bilateralno, pri drugem pa radialno simetrične. Diatomeje se razmnožujejo nespolno tako, da se lupinici razmakneta, materinski protoplast pa se razdeli na pol. Vsaka polovica si zgradi novo, manjšo polovico lupine. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)



Slika 9: Diatomeja (*Asterionella formosa*) (National park service, 2006)

2.3 Življenjsko okolje fitoplanktona

Fitoplankton živi v vseh stoječih in včasih tudi v počasi tekočih vodah. Drugo ime zanj je tudi lebdeče alge. Zmožnost lebdenja mu omogočajo različne prilagoditve, npr. oljne kapljice v kolonijah celic, zračni mehurčki v kolonijah celic, galertasti ovoji kolonij in večceličnih filamentov, različni izrastki kot so bički, spine, laski ipd. Mnoge alge pa lahko lebdiijo v vodi le zato, ker se gibljejo.

Fitoplankton so avtotrofni člani planktonske združbe in ključni deli vodnih ekosistemov. Predstavljajo prvi člen prehranjevalne verige in so kot takšni ključni za preživetje celotnih biomov. Njihova skupna značilnost je, da pridobivajo energijo s fotosintezo. Za slednjo pa potrebujejo svetlobo, ki se v vodnih telesih nahaja le v višjih plasteh.

To je območje pelagiala v jezeru, kjer je še dovolj svetlobe, da poteka fotosinteza in je omogočena neto produkcija (bruto primarna produkcija > respiracija). Spodnja meja eufotične cone je globina, do katere pride še 1% svetlobne radiacije. Približno globino eufotične cone določimo s pomnožitvijo Secchijeve globine, ki jo pomnožimo s faktorjem 2,5. Secchijeva globina je maksimalna globina do katere je še vidna bela plošča (po Secchi-ju). (Majcen, 2016)

Zmotno je prepričanje, da je v jezerih največ alg na vodni gladini oz. tik pod njo. Koliko svetlobe bo prodrlo v globino, je odvisno predvsem od števila lebdečih alg in drugih delcev v zgornjih plasteh jezerske vode. Zato prevladujejo v globinah takšne alge, ki so sposobne preživeti pri nizkih intenzitetah svetlobe. Nekatere pa pridobivajo energijo tudi iz organskih snovi; heterotrofne in miksotrofne alge. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985) Na površini je namreč svetloba za večino alg, posebno v poletnem obdobju, premočna. Zato se planktonske alge najuspešneje razvijajo v globini od 1 metra do nekaj metrov globoko. Le redke alge, ki so odporne na poškodbe zaradi UV žarkov in močno svetlobo, se zadržujejo na gladini.

Na rast in razvoj vseh vrst alg vpliva določena kombinacija glavnih ekoloških dejavnikov. Ker pa ta kombinacija ni enaka za vse alge, se nekatere pojavijo v času, ko je dan kratek in je manj svetlobe, temperature pa so nizke. Spet druge alge potrebujejo več svetlobe in višjo temperaturo. Poleg svetlobe in temperature je pomembna še količina hranilnih snovi. Zaradi vpliva vseh teh ekoloških dejavnikov se pozimi pogosto močno razmnožijo cianobakterije, spomladi so pogostejše diatomeje, poleti pa zelene alge. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)

2.4 Indikatorski pomen fitoplanktona

Evtrofikacija je kopičenje hranil (predvsem fosforja in dušika) v vodi, kar lahko vodi v pospešeno razmnoževanje alg in cianobakterij. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985) Ko pride do onesnaženja vode s temi hranili, cianobakterije in alge v okolju nimajo več omejujočih faktorjev, kar povzroči njihovo razrast. Razrast onemogoča rast vodnih trav in ostalih vodnih rastlin, ki začnejo odmirati. Njihovo odmiranje sprošča v okolje nova hranila in mehanizem deluje kot pozitivna povratna zanka. Zato rečemo, da je fitoplankton lahko indikator evtrofikacije. Kadar se fitoplankton bohotno razmnoži, daje videz kot, da bi bila gladina prekrita z oljno barvo ali goščo. Ta pojav imenujemo »cvetenje«. Cvetenje alg lahko povzroča ogromne dnevne spremembe v vodnem pH in v količini raztopljenega kisika. Čez dan alge s fotosintezo porabljajo raztopljen CO_2 v vodi, kar posledično zviša njen pH, izločanje kisika pa povzroča supersaturacijo raztopljenega kisika. Ponoči se fotosinteza ne proizvaja, zato se količina CO_2 v vodi poveča, posledično pa se zniža pH, ker pa se kisik ne sprošča, to povzroči znižanje njegove koncentracije v vodi. Dnevne spremembe pH vode niso zaželene v pitni vodi, saj procesi za pregledovanje in zagotavljanje neoporečnosti delujejo najbolje pri konstantnem pH. Znižanje koncentracije kisika lahko negativno vpliva na heterotrofne organizme v vodi. Dekompozirajoče celice v vodi, ob odsotnosti kisika lahko sproščajo tudi številne strupene pline, kot so vodikov sulfid in metan ter visoke koncentracije amonijaka, ki so za vodne organizme toksični. Atoksični pogoji lahko tudi vodijo v reducirajoče kemijske pogoje, pod katerimi se začnejo spreminjati kamninske podlage, kar povzroča mobilizacijo vodotopnih hranil, posebno fosforja iz sedimentov, kar pospeši razrast alg. Kovine, ki se pri raztapljanju sedimentov raztopijo v vodi, lahko zaradi svoje strupenosti v visokih koncentracijah povzročajo veliko težav. (M. Suthers & Rissik, 2008) Ravno zato, ker je fitoplankton začetni pokazatelj teh sprememb, moramo biti pri proučevanju njegovih populacij zelo pozorni in ob spremembah hitro ukrepati.

Jezera v katerih proučujemo fitoplankton, glede na količino hranil, delimo na oligotrofna, mezotrofna in evtrofna. Oligotrofna jezera so jezera z malo hranili in majhno količino organskega materiala. Mednje sodijo visokogorska jezera (npr. Bohinjsko). V teh jezerih je malo planktonskih alg. Druga skrajnost so evtrofna jezera, ki nastanejo kot posledica dotoka in kopičenja hranil, kar je odvisno tudi od hitrosti pretoka vode skozi jezero. Manjši kot je pretok, hitrejša je evtrofikacija. Za ta jezera so značilne druge vrste alg. V poletnih obdobjih v globljih jezerih nastanejo tri plasti. Zgornja plast - epilimnij, srednja plast - metalimnij in spodnja plast - hipolimnij. Zaradi gostote vode se med seboj te plasti ne mešajo. Ko propadli organizmi tonejo v globino, se s tem zmanjša nivo kisika v hipolimniju, zaradi česar se začne sproščati fosfor, ki je vezan v sedimentih jezer. Tak proces pa pospeši bioprodukcijo alg in stanje jezera se le še poslabša. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)

Evtrofikacija jezer pa seveda ni zgolj posledica človeškega ravnanja, temveč je prisotna v naravi tudi brez posega človeka. Takšne primer so v preteklosti iz jezer nastala barja, npr. Ljubljansko barje. Kljub slednjemu pa smo ljudje močni pospeševalci tega dogajanja, zato moramo biti pozorni na vse spremembe in ob njih pravilno ukrepati, saj lahko v nasprotnem primeru popolnoma uničimo vodno bioto. (Vrhovšek, Kosi, Bricelj, Vreš, & Valentinčič, 1985)

Razrast alg pa nima samo biološkega pomena. Povzročajo lahko sproščanje različnih vonjav, spreminjajo okus vode, zmanjšajo se estetskost in rekreacijska namenskost vode. Preveč alg lahko povzročajo okvare vodnih filtrov ter čistilnih naprav in namakalnih sistemov. (M. Suthers & Rissik, 2008)

2.5 Kvaliteta vode, hranila in vpliv na okolje

Večino omejujočih hranil za nastanek fitoplanktona predstavlja dušik v obliki amonijevih (NH_4), nitritnih (NO_2), nitratnih (NO_3) in fosfatnih (PO_4) ionov. Dušik (N) je običajno omejujoč dejavnik morskih, fosfor (P) pa ekosistemov celinskih voda. Ta elementa sta esencialna za organizme, saj gradita vse celične komponente (nukleinske kisline, membrane, aminokisline ...). Običajno človeške aktivnosti še povečujejo njune koncentracije, npr. s komunalnimi odplakami in kmetijstvom. V visokih koncentracijah amonijak postane toksičen za plankton in ribe. V nizkih koncentracijah pa manj toksičen amonijak dominira in ga fitoplankton lažje vgradi v celične komponente kot nitrate.

Za rast diatomej je omejujoč dejavnik silicij (Si) in običajno pride v vodo z izpiranjem prsti. Uporaben indikator za določanje obremenjenosti vode je razmerje med N:Si ali P:Si, ki ga uporabljamo za določanje hranil, ki jih je s svojim delovanjem prispeval človek. Optimalno razmerje med temi hranili za razvoj fitoplanktona je N: Si: P, 16:16:1, ki ga imenujemo Redfieldovo razmerje. Komunalne odplake in pretirano gnojenje pa to razmerje močno spremenijo, prav zato pa spremeni tudi naravno razmerje med različnimi vrstami fitoplanktona. Zato ni važna zgolj koncentracija hranil, temveč lahko tudi porušenje razmerja med njimi. Porušeno razmerje in preveč hranil, lahko povzroči prevlado ene vrste, kar pa postane še posebej problematično, če gre za vrste, ki proizvajajo toksine (v celinskih vodah so to običajno cianobakterije).

Vse navedeno narekuje oblastem, da že desetletja spremljajo vodno kvaliteto in evtrofikacije. Tovrstne raziskave so drage ter se velikokrat izkažejo za nezadostne, zaradi svojega majhnega števila. Za razliko od oceanskih vzorčenj, hranila v manjših in zaprtih vodnih telesih variirajo zelo hitro, kar posledično zahteva pogostejša preučevanja. Alge lahko na primer vsrkajo hranila v nekaj urah in čakajo, da jih bodo uporabila v toplejšem obdobju. Vzorci hranil so lahko zajeti le pod določenimi pogoji, prav tako pa tudi njihove laboratorijske analize potrebujejo posebno pozornost pri njihovih obravnavah. Znanstveniki so si enotni, da je samo preučevanje hranil v vodi nezadostno za določanje njene kvalitete. Fitoplankton je dober pokazatelj temperature in hranil v zadnji 3-7 dneh, iz česar dobimo dobre informacije za kratko časovno obdobje. Zaradi tega kratkega časovnega obdobja, pa ni zmeraj dober pokazatelj sprememb, ki bi jih radi pojasnili. (M. Suthers & Rissik, 2008)

2.6 Parametri za kvalitativne analize fitoplanktona

Abiotski dejavniki:

Klorofil a

Klorofil a je merilo za količino rasti alg v vodnem telesu. Lahko se uporablja za klasifikacijo trofičnih pogojev v vodi. Čeprav so alge del naravnega celinskega ekosistema, lahko povečanje njihovih populacij povzroča estetske problematike, kot je slab vonj in zelene kolonije, ki dajejo umazan videz, iz ekološkega vidika pa je nevarnejše njihovo cvetenje, saj zmanjšuje količino kisika v vodnem telesu. Nekatere cianobakterije lahko v celinskih vodah proizvajajo tudi toksine, ki so lahko nevarni za človeka, kar lahko zaznamo tudi kot povečano koncentracijo klorofila a. Voda v kombinaciji s hranili iz gnojil in komunalne ter mestne odplake lahko povzročajo onesnaženje s hranili ter posledično povečajo skupno število alg. (Okoljska agencija za zaščito okolja ZDA, 2013)

Kemijska analiza vode:

Pomen ionov v vodi, izmerjenih s pomočjo Winlab kovčka, je opisan že v podpoglavju Kvaliteta vode, hranila in vpliv na okolje.

Trdota vode

V pitni vodi so raztopljene različne snovi, katerih količina in vrsta je odvisna od področja, kjer voda izvira in od kemične sestave podlage, preko katere teče voda. Trdoto vode povzročajo raztopljene mineralne snovi, predvsem kalcijevi in magnezijevi hidrogenkarbonati ter kalcijev sulfat, ki jih voda raztaplja iz prsti in kamnin (CaCO_3 – apnenčasta podlaga, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – dolomitska podlaga, CaSO_4 – predeli z depoziti sadre). K trdoti vode seveda prispevajo tudi drugi ioni, vendar v znatno manjši meri: Na^+ , K^+ , Cl^- in drugi (odvisno od kamenin). (Kraški vodovod Sežana d.o.o, brez datuma)

Glavni dejavnik raztopljenih kalijevih in magnezijevih karbonatov so ioni, ki v tem procesu nastanejo, natančneje kalcijevi (Ca^{2+}) in magnezijevi (Mg^{2+}) ioni. Kalcij igra pomembno vlogo pri nastajanju celičnega tkiva alg in omogoča boljšo rast. Pomemben je tudi kot gradnik celične stene ter kot koencim, ki aktivira določene encime. Magnezijevi ioni so po drugi strani za vse fotoavtotrofne organizme izrednega pomena, saj je magnezij osrednji gradnik klorofila a, ki je najpomembnejši fotosintetski pigment.

pH vode

Z lestvico pH določamo kislost oziroma bazičnost vode na podlagi lestvice od 0 – 14, ki opisuje koncentracije oksonijevih ionov v vodi. Nadzorovanje vodnega pH je pomembno, saj le ta določa topnost in biološko dostopnost kemijskih faktorjev v vodi, na primer hranil (fosforja, dušika in ogljika) ter težkih kovin (železa, bakra, kadmija,...). Pri fosforju pH ne pove le, kakšna oblika fosforja bo v vodi najbolj razširjena, temveč tudi, ali jo bodo vodni organizmi lahko uporabili. V primeru težkih kovin stopnja, do katere se lahko raztopijo, določa tudi njihovo toksičnost za organizme. Najbolj toksične postanejo v kislih pH – jih, saj so takrat najbolj topne v vodi. (U.S. Geological Survey, 2019)

Eufotična cona

Eufotična cona je območje pelagiala jezera, kjer je še dovolj svetlobe, da poteka fotosinteza in je omogočena neto produkcija (bruto primarna produkcija > respiracija). Spodnja meja eufotične cone je globina, do katere pride še 1 % svetlobne radiacije. Približno globino eufotične cone določimo s pomnožitvijo Secchijeve globine s faktorjem 2,5. (Majcen, 2016)

Temperatura

Temperatura je pomemben dejavnik okolja, ki vpliva predvsem na metabolne procese alg, konkretnije na njihove encime. Alge so namreč konformisti za temperaturo, zato so njihovi encimi skozi leto različno aktivni. Pri prenizkih temperaturah vodni organizmi odmrejo, saj se metabolni procesi ustavijo, previsoke temperature pa povzročajo denaturacijo encimov, zaradi katere pa le ti ponovno ne morejo več delovati. Temperaturni optimum za alge celinskih voda se nahaja med 20°C in 30°C, odvisno od vrste alg. (Singh, 2015)

Kvalitativna analiza – Liebmannov indeks

V vodi lahko najdemo tipične indikatorje, ki lahko pokažejo stopnjo obremenjenosti vode. Analiza vode na podlagi indikatorskih rodov je zelo zanesljiva in lahko pokaže številne faktorje, ki bi jih s kemično analizo lahko dokazali šele po številnih in časovno potratnih preiskavah. Saprobionti so živali in rastline, ki imajo zelo ozka strpnostna območja za preživetje glede prisotnosti organskih onesnaženj v vodi. Zaradi slednjega se uporabljajo kot indikatorji vodnega onesnaženja. Posledično sta Kolkwith in Marsson med 1902 in 1935 oblikovala indikatorski seznam rodov, ki ga je Liebmann med 1950 in 1962 pregledal in dodelal. S pomočjo seznama indikatorskih rodov lahko raziskovalci določijo kvaliteto vode, preučujejo učinkovitost čistilnih naprav, ocenjujejo nivo onesnaženosti vodnega telesa, dokazujejo nelegalne izpuste odpadkov v okolje ter preverjajo, ali je vodno telo primerno za kopanje in pitje. Je ključen del vseh raziskav vode, za katerega pa je potrebno znanje o indikatorjih.

Indikatorji vodne kvalitete

Nekateri vodni organizmi lahko preživijo v vodah različnih kvalitet, medtem ko druge povezujemo le z določenimi okoljskimi pogoji. Zgolj slednji so uporabni za človeka, kot indikatorski organizmi. V primeru saprobiontov veliko faktorjev igra vlogo v povezovanju z določeno stopnjo onesnaženosti:

1. Hrana: Plenilci bakterij raje živijo v okoljih z veliko bakterijami, torej v onesnaženih vodah.
2. Kisik: Potreba po kisiku se med različnimi vrstami zelo razlikuje. Anaerobi, ki živijo v anoksičnem okolju, živijo v drugačnih habitatih kot organizmi, ki za svoje delovanje potrebujejo ogromno kisika, od ene skrajnosti do druge pa je še veliko vmesnih pokazateljev kisika.
3. Dekompozicija in strupi: Veliko živih organizmov je zelo občutljivih na strupe, ki se pojavljajo v vodi v procesu močne dekompozicije organskega materiala. Primera takšnih toksinov sta na primer: vodikov sulfid in amonijak. Razgradnja beljakovin ima na nekatere organizme pozitiven vpliv, pri drugih pa je lahko inhibitor rasti.

Čeprav obstajajo postopno prehodna območja med ekstremno čistimi in ekstremno onesnaženimi vodami, so meje med temi zabrisane.

Vodno kvalitetni razred 4: Polisaprobiontno območje

To območje je zelo onesnaženo. Voda je brez kisika oziroma je z njim zelo revna, je neprijetnega vonja, dekompozitorji pa se zbirajo v lepljivih gmotah. V teh vodah najdemo ogromno bakterij in le redke druge predstavnike. A le te, na takšno okolje prilagojene organizme, lahko najdemo v velikem številu. Polisaprobiontna območja so običajno čista organska smetišča, voda v rožnih vazah, infuzije sena in drugih rastlinskih materialov, luže iztrebkov in zgornje plasti čistilnih filtrov. Seveda pa lahko najdemo saprobiontna območja tudi v naravi, na primer ob živalskih ter rastlinskih preostankih v vodnih telesih, ki omogočajo razvoj polisaprobiontskih združb.

Pogosti predstavniki fitoplanktonskega sveta tega kvalitetnega razreda so predstavniki cianobakterij rodu *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Spirulina*, predstavniki rodu *Evglen*, ter predstavniki zelenih alg iz rodov *Polytoma* in *Carteria*.

Vodnokvalitetni razred 3: α Mezosaprobiontno območje

V tem območju je samoočiščevalni proces privedel tako daleč, da je oksidacija dominanten proces v okolju. Voda vsebuje veliko kisika, vendar je zaradi številnih bakterijskih metabolizmov tudi njegova poraba velika. Višje živali in rastline so v vodi še vedno redkost, toda številne diatomeje, zelene alge ter zooplanktonski organizmi živijo v vodi. Voda je še vedno neprimerna za kopanje, pitna pa šele po številnih kemijskih prečiščenjih.

V vodnih telesih te kvalitete pogosto najdemo predstavnike cianobakterij iz rodov *Oscillatoria* in *Phormidium*, med Diatomejami najdemo pogosto rodove *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Navicula*, *Hantzschia* in *Nitzschia*, med zelenimi algami so pogosti predstavniki rodov *Chlamydomonas*, *Spondylomorom* in *Gonium*, med kolonijskimi algami pa najdemo predstavnike rodu *Closterium* in *Cosmarium*.

Vodnokvalitetni razred 2: 6 Mezosaprobiontno območje

Bakterije se na tem območju močno reducirajo, voda je bogata s kisikom in čista (če ni prekrita z algami ali cianobakterijami), planktonske združbe v jezeru so bogate, vodni rob je prerasel s travami. Vodilni organizmi na tem območju so občutljivi na dekompozicijske faktorje, nizke ravni kisika ter nihanje pH. Jezera te kvalitete so primerna za kopanje, dokler ni vanje izlivov organskega materiala. Voda je pitna po primernem očiščenju. V to območje spadajo številna jezera, ribniki ter nekatere počasi tekoče reke. Bujno rastlinje, obširna rast alg ter razvoj mikroalg lahko vodijo do deterioracije v ohranjanju stalnih mezosaprobiontov, še posebej v jeseni, ko organizmi propadejo. Za ta območja je značilna najširša diverziteteta v flori in favni.

Predstavniki te vodne kvalitete so največkrat iz razredov Diatomej, predvsem so to rodovi *Melosira*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Asterionella*, *Navicula*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Cymatopleura* in *Surirella*, v razredu zelenih alg pa v vodah te kvalitete pogosto zasledimo predstavnike rodov *Pediastrum*, *Dictyosphaerium*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, med kolonijskimi algami pa prevladuje rod *Closterium*.

Vodnokvalitetni razred 1: Oligosaprobiontno območje

Voda je večinoma čista, bogata s kisikom in skoraj brez odmrlega organskega materiala. Voda, ki ni le čista, temveč tudi revna s hranili, je posledično tudi revna z mikroorganizmi. V to skupino običajno uvrščamo vodne izvire, alpske potočke ter nekatera alpska in predalpska jezera. Izvorno v to skupino sodijo vsa globoka jezera, ki pa so zaradi onesnaženja z organskim materialom degradirana v kvalitetni razred 2.

Predstavniki, ki jih med preučevanjem lahko najdemo v teh najmanj obremenjenih vodah so predvsem predstavniki Cianobakterij *Phormidium*, predstavniki Diatomej so iz rodov *Cyclotella*, *Pinnularia* in *Meridion*, predstavniki zelenih alg so iz rodov *Sphaerocystis*, *Ulothrix*, *Microspora* ter *Aegagrophila* ter predstavniki kolonijskih alg iz rodov *Closterium*, *Euastrum*, *Micrasterias*, *Staurastrum* ter *Spirogyra*. (Streble & Krauter, 1988)

Celoten seznam indikatorskih rodov je predstavljen v Tabeli 1.

Tabela 1: Indikatorji po Liebmannu

Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 4
<i>Anaebaena</i>
<i>Spirulina</i>
<i>Oscillatoria</i>
<i>Oikomonas</i>
<i>Euglena</i>
<i>Polytoma</i>
<i>Carteria</i>
Skupno število indikatorskih rodov: 7
Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 3
<i>Phormidium</i>
<i>Oscillatoria</i>
<i>Anthophysis</i>
<i>Cyclotella</i>
<i>Stephanodiscus</i>
<i>Navicula</i>
<i>Hantzschia</i>
<i>Nitzschia</i>
<i>Chilomonas</i>
<i>Chlamyomonas</i>
<i>Spondylomorom</i>
<i>Gonium</i>
<i>Closterium</i>
<i>Cosmarium</i>
Skupno število indikatorskih rodov: 14

Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 2
<i>Microcystis</i>
<i>Gomphosphaeria</i>
<i>Anabaena</i>
<i>Spirulina</i>
<i>Oscillatoria</i>
<i>Synura</i>
<i>Uroglena</i>
<i>Melosira</i>
<i>Tabellaria</i>
<i>Diatoma</i>
<i>Fragilaria</i>
<i>Cymbella</i>
<i>Asterionella</i>
<i>Navicula</i>
<i>Nitzschia</i>
<i>Pediastrum</i>
<i>Dictyosphaerium</i>
<i>Ankistrodesmus</i>
<i>Scenedesmus</i>
<i>Closterium</i>
Skupno število indikatorskih rodov: 20
Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 1
<i>Haplosiphon</i>
<i>Calothrix</i>
<i>Microcoleus</i>
<i>Chromulina</i>
<i>Mallomonas</i>
<i>Meridion</i>
<i>Pinnularia</i>
<i>Surirella</i>
<i>Sphaerocystis</i>
<i>Ulothrix</i>
<i>Microspora</i>
<i>Cyclotella</i>
<i>Euastrum</i>
<i>Staurastrum</i>
<i>Haplosiphon</i>
<i>Calothrix</i>
<i>Microcoleus</i>
Skupno število indikatorskih rodov: 14

Kvaliteto voda lahko določamo tudi na podlagi OECD modula trofičnosti (Slika 10), ki onesnaženost vodnega telesa opredeljuje na podlagi količine hranil, ki ga najdemo v njem. Vodno kvaliteto opredeljuje na podlagi treh parametrov in sicer količine fosfatnih ionov, količine klorofila a ter na podlagi prosojnosti.

	fosfor celotni (povprečje) (µg P/l)	dušik _{anorg.} (povprečje) (µg N/l)	prosojnost (povprečje) (m)	prosojnost (minimum) (m)	klorofil-a (povprečje) (µg/l)	klorofil-a (maksimum) (µg/l)
OECD kriteriji za razvrstitev jezer v trofično kategorijo						
	(µg P/l)	(µg N/l)	(m)	(m)	(µg/l)	(µg/l)
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1,5	2,5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	3 - 1,5	1,5 - 0,7	8 - 25	25 - 75
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75

Slika 10: Kriteriji trofičnosti jezer po OECD, (Rekar, 2011)

Kvalitativna analiza rodov in vrst

V skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES) so znanstveniki in raziskovalci na področju vodnega življenja fitoplanktona oblikovali indikatorski seznam vrst in rodov. Metrika za vrednotenje odziva organizmov na spremembo trofičnosti vodnega telesa je seznam indikatorskih vrst in rodov fitoplanktona z določenimi trofičnimi vrednostmi v šestih trofičnih razredih (Slika 11). Gre za rodovno specifične trofične vrednosti v trofičnih razredih od 1 do 6 z določenim območjem koncentracije celotnega fosforja (TP µg/L). (Majcen, 2016)

Koda	Vrsta	Trofični razredi z različno koncentracijo celotnega fosforja (TP µg L ⁻¹)					
		<=5	5-8	8-15	15-30	30-60	>60
A. Razvrstitev vrst po naraščajoči trofičnosti							
R0040	<i>Cyclotella bodanica</i>	7	3				
R2195	<i>Cyclotella cyclopuncta</i>	7	3				
R2196	<i>Cyclotella distinguenda</i>	8	1	1			
R0733	<i>Pseudoquadrigula</i> sp.	8	1	1			
R0042	<i>Cyclotella comensis</i>	7	2	1			
R1070	<i>Dinobryon cylindricum</i>	7	2	1			
R2058	<i>Discostella glomerata</i>	6	3	1			
R1903	<i>Peridinium umbonatum</i> - complex	7	2		1		
R1166	<i>Chrysoykos planctonicus</i>	5	4	1			
R1446	<i>Chroococcus turgidus</i>	5	3	2			
R1167	<i>Chrysoykos skujae</i>	2	8				
R1155	<i>Bitrichia chodatii</i>	4	4	2			
R0493	<i>Botryococcus braunii</i>	5	2	2	1		
R1037	<i>Kephyrion</i> sp.	6	1	1	1	1	
R0191	<i>Diatoma vulgare</i>	5	2	1	1	1	
R1697	<i>Peridinium pusillum</i>		9	1			
R1066	<i>Dinobryon bavaricum</i>	3	3	2	2		
R1438	<i>Chroococcus limneticus</i>	4	2	2	1	1	
R1660	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	1	6	2	1		
R0442	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	4	5			
R2174	<i>Ulnaria delicatissima</i> var. <i>angustissima</i>	2	3	3	2		
R1654	<i>Gymnodinium</i> sp.	1	5	2	1	1	
R1691	<i>Peridinium inconspicuum</i>	1	4	3	2		
R1069	<i>Dinobryon crenulatum</i>	2	2	3	2	1	
R1443	<i>Chroococcus minutus</i>	1	3	4	1	1	
R0033	<i>Aulacoseira subarctica</i>		1	8	1		
R1209	<i>Cosmarium depressum</i>	2	2	3	1	1	1
R1704	<i>Peridinium willei</i>	1	4	2	1	1	1
R0440	<i>Tabellaria fenestrata</i>	1	1	4	4		
R1642	<i>Glenodinium</i> sp.		2	5	3		
R1151	<i>Uroglena</i> sp.		3	3	3	1	
R0606	<i>Coenococcus planctonicus</i>		1	5	4		
R1413	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>		3	3	2	2	
R1617	<i>Planktothrix rubescens</i>	1	1	3	4	1	
R0582	<i>Didymocystis</i> sp.		1	4	4	1	
R1510	<i>Snowella lacustris</i>		1	4	4	1	
R1549	<i>Anabaena spiroides</i>		1	6	1	1	1
R1282	<i>Staurastrum chaetoceras</i>			3	7		
R2549	<i>Urosolenia longiseta</i>		1	3	3	3	
R2556	<i>Crucigeniella irregularis</i>			4	4	2	
R0025	<i>Aulacoseira islandica</i>		1	3	3	2	1
R0083	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>		1	2	4	3	
R0533	<i>Coenochloris fottii</i>		1	3	3	2	1
R1074	<i>Dinobryon divergens varschauinslandii</i>			1	9		
R2503	<i>Achnanthyrium catenatum</i>			1	8	1	
R1081	<i>Dinobryon sertularia</i>		1	1	5	3	
R1096	<i>Mallomonas acaroides</i>		1	2	4	2	1
R1342	<i>Sphaeroszma</i> sp.			1	8	1	
R1687	<i>Peridinium cinctum</i>		1	2	4	2	1
R0649	<i>Lagerheimia genevensis</i>			3	3	4	
R1303	<i>Staurastrum pingue</i>			2	5	3	
R1375	<i>Chroomonas</i> sp.		1	2	2	5	
R0048	<i>Cyclotella ocellata</i>		1	1	4	3	1

Koda	Vrsta	Trofični razredi z različno koncentracijo celotnega fosforja (TP µg L ⁻¹)					
		<=5	5-8	8-15	15-30	30-60	>60
A. Razvrstitev vrst po naraščajoči trofičnosti							
R0848	<i>Tetraedron minimum</i>		1	1	4	3	1
R0736	<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i>			2	5	2	1
R1414	<i>Aphanocapsa elachista</i>		1	2	2	4	1
R0571	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>			1	5	4	
R1097	<i>Mallomonas akrokomos</i>			2	4	3	1
R2169	<i>Stausira construens</i>			2	2	6	
R1100	<i>Mallomonas caudata</i>			1	4	5	
R1427	<i>Aphanothece clathrata</i>			1	4	5	
R1776	<i>Trachelomonas volvocina</i>			1	4	5	
R2520	<i>Fragilaria capucina ssp. rumpens</i>			2	3	3	2
R0555	<i>Crucigeniella rectangularis</i>			1	5	2	2
R0690	<i>Nephrocytium agardhianum</i>				5	5	
R0782	<i>Scenedesmus ellipticus</i>			1	5	2	2
R0935	<i>Chlamydomonas globosa</i>			1	3	6	
R0051	<i>Cyclotella radiosa</i>			1	3	5	1
R0682	<i>Monoraphidium sp.</i>			1	2	7	
R0971	<i>Pandorina morum</i>			2	2	4	2
R1377	<i>Cryptomonas curvata</i>			1	3	5	1
R1536	<i>Anabaena flos-aquae</i>		1	1	2	3	3
R1620	<i>Pseudanabaena catenata</i>		1	1	2	3	3
R1205	<i>Cosmarium bioculatum</i>			1	1	8	
R1506	<i>Rhabdogloea sp.</i>			1	1	8	
R0490	<i>Ankyra lanceolata</i>			1	3	4	2
R0762	<i>Scenedesmus armatus</i>			1	3	4	2
R0975	<i>Phacotus lenticularis</i>			1	3	4	2
R1818	<i>Chrysochromulina parva</i>			1	3	4	2
R1004	<i>Mougeotia thylespora</i>				3	7	
R0184	<i>Diatoma ehrenbergii</i>				3	7	
R1141	<i>Synura sp.</i>			1	3	3	3
R0697	<i>Oocystis lacustris</i>			1	2	5	2
R0743	<i>Quadrigula lacustris</i>			1	1	7	1
R1288	<i>Staurastrum gracile</i>				3	6	1
R1487	<i>Microcystis flos-aquae</i>		1	1	1	3	4
R0701	<i>Oocystis parva</i>			1	1	6	2
R0760	<i>Scenedesmus obtusus</i>				1	9	
R0966	<i>Gonium pectorale</i>				1	9	
R0996	<i>Tetraselmis cordiformis</i>				2	7	1
R0998	<i>Volvox aureus</i>				1	9	
R1181	<i>Closterium acutum var. variabile</i>				2	7	1
R1300	<i>Staurastrum paradoxum</i>				2	7	1
R1519	<i>Synechocystis aquatilis</i>				2	7	1
R1560	<i>Aphanizomenon gracile</i>			1	2	4	3
R1613	<i>Planctothrix agardhii</i>			1	3	2	4
R0082	<i>Stephanodiscus minutulus</i>				3	4	3
R0489	<i>Ankyra judayi</i>				1	8	1
R0633	<i>Kirchneriella sp.</i>				2	6	2
R0654	<i>Lagerheimia subsalsa</i>				1	8	1
R0923	<i>Carteria sp.</i>			1	1	5	3
R1095	<i>Erkenia subaequiciliata</i>			1	2	3	4
R1386	<i>Cryptomonas ovata</i>			1	2	3	4
R1199	<i>Closterium pronum</i>				1	8	1
R1283	<i>Staurastrum cingulum</i>				1	8	1
R1621	<i>Pseudanabaena limnetica</i>				3	4	3
R0189	<i>Diatoma tenue</i>			1	1	4	4
R0529	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>				1	7	2
R0530	<i>Coelastrum reticulatum</i>			1	2	2	5

Koda	Vrsta	Trofični razredi z različno koncentracijo celotnega fosforja (TP $\mu\text{g L}^{-1}$)					
		<=5	5-8	8-15	15-30	30-60	>60
A. Razvrstitev vrst po naraščajoči trofičnosti							
R1726	<i>Euglena</i> sp.			1	2	2	5
R0993	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>				2	5	3
R1191	<i>Closterium limneticum</i>				1	7	2
R1525	<i>Woronichinia naegelliana</i>				3	3	4
R0891	<i>Gloeocystis</i> sp.				1	6	3
R0660	<i>Micractinium pusillum</i>				1	6	3
R0820	<i>Schroederia setigera</i>				1	6	3
R1482	<i>Microcystis aeruginosa</i>			1	1	3	5
R0016	<i>Acanthoceras zachariasii</i>				2	3	5
R0024	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>				2	3	5
R0343	<i>Nitzschia acicularis</i>			1	1	2	6
R0527	<i>Coelastrum microporum</i>			1	1	2	6
R1178	<i>Closterium acutum</i>			1	1	2	6
R0704	<i>Oocystis solitaria</i>				2	3	5
R1003	<i>Mougeotia</i> sp.				1	5	4
R0806	<i>Scenedesmus quadricauda</i>				1	4	5
R0940	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>				1	4	5
R0047	<i>Cyclotella meneghiniana</i>				1	4	5
R0963	<i>Eudorina elegans</i>				2	2	6
R1176	<i>Closterium aciculare</i>					6	4
R1311	<i>Staurastrum tetracerum</i>					6	4
R1153	<i>Pseudopedinella erkensis</i>				2	2	6
R0023	<i>Aulacoseira granulata</i>				1	3	6
R0506	<i>Chlorococcum</i> sp.					5	5
R0698	<i>Oocystis marssonii</i>				1	3	6
R1518	<i>Synechococcus</i> sp.					5	5
R1558	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>				1	3	6
R0713	<i>Pediastrum boryanum</i>					4	6
R0722	<i>Pediastrum simplex</i>				1	2	7
R0725	<i>Pediastrum tetras</i>				1	2	7
R0754	<i>Scenedesmus acuminatus</i>					4	6
R1499	<i>Microcystis wesenbergii</i>				1	2	7
R1582	<i>Limnithrix redekei</i>				1	2	7
R0488	<i>Ankyra ancora</i>				1	1	8
R0523	<i>Coelastrum astroideum</i>					3	7
R0616	<i>Golenkinia radiata</i>				1	1	8
R0716	<i>Pediastrum duplex</i>					3	7
R0777	<i>Scenedesmus dimorphus</i>				1	1	8
R1531	<i>Anabaena circinalis</i>				1	1	8
R1544	<i>Anabaena planctonica</i>					3	7
R1748	<i>Phacus longicauda</i>				1	1	8
R0078	<i>Stephanodiscus binderanus</i>					2	8
R0079	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>					2	8
R0484	<i>Ankistrodesmus</i> sp.					2	8
R0781	<i>Scenedesmus ecomis</i>					2	8
R0999	<i>Volvox globator</i>					2	8
R1622	<i>Pseudanabaena mucicola</i>					2	8
R0503	<i>Chlorella</i> sp.					2	8
R0020	<i>Aulacoseira ambigua</i>					1	9
R0500	<i>Characium</i> sp.					1	9
R1610	<i>Planktolyngbya limnetica</i>					1	9
R0028	<i>Aulacoseira italica</i>						10
R0930	<i>Chlamydocapsa planctonica</i>						10

Slika 11: Indikatorski seznam vrst in rodov za količino fosforja (Majcen, 2016)

2.7 Hipoteze

Hipoteza 1:

Na podlagi teoretičnega pojasnila Liebmannovega indeksa domnevamo, da bo jezero spadalo v Vodnokvalitetni razred 2: β Mezasaprobiontno območje, saj je jezero bogato z višjimi organizmi (je popularna ribiška točka), vendar ga zaradi okoliških polj ne bi mogli uvrstiti v vodnokvalitetni razred 1, saj zaradi gnojenja bližnjih polj zagotovo pride do eutrofikacije.

Hipoteza 2:

Glede na temperaturni optimum alg pričakujemo, da se bodo te najbolj množično pojavljale v poznopoletnem vzorčenju, saj se bo takrat temperatura vode, kot posledica povišane temperature zraka, najbolj približala temperaturnemu optimumu za alge celinskih voda (med 20°C in 30°C) in bomo takrat identificirali največje število rodov.

Hipoteza 3:

Pričakujemo, da se bo zaradi zmanjšanja rasti alg s padcem temperature v jezeru povečala koncentracija fosforja in dušika, saj bo prisotnih manj organizmov, ki bi te ione neposredno prevzemali iz vode. Glede na domnevo iz Liebmannovega indeksa, da jezero spada v mezasaprobiontno območje, dalje domnevamo, da bodo tudi vrednosti za fosfor, dušik, prosojnost in klorofil a ustrezale mezotrofnim jezerom (Slika 10) po lestvici OECD.

Hipoteza 4:

Pričakujemo, da se bosta kot odraz povečanja številčnosti alg v jezeru, kot posledica eutrofikacije, v poznopoletnem vzorčenju prosojnost vode in z njo tudi globina eufotične cone zmanjšali. Spomladi in poleti se namreč na okoliških poljih uporablja veliko gnojil za pridelavo poljščin in menim, da bo do tega pojava vsekakor prišlo.

Hipoteza 5:

Pričakujemo, da bomo v primerjavi z raziskavo fitoplanktonske združbe v jezeru Pristava, izvedeno s strani ARSO, uspeli dobiti dobro ujemanje rodov z njihovimi rezultati, saj na jezeru s strani njegovih upraviteljev ni bilo opravljenih nobenih večjih posegov, prav tako pa ni nobenih podatkov o spremembah namenske rabe okolice.

3 METODOLOGIJA

3.1 Kraj vzorčenja

Med travniki v Pesniški dolini južno od naselja Močna je reka Pesnica zajezena v jezero Pristava (Slika 11). Drugo ime zanj je Šikerjev ribnik, leži namreč v bližini znane Šikerjeve gostilne. Prvotni ribnik, ki je prejšnja stoletja pripadal grofom Herbersteinom (v njem so gojili ribe), so pred desetletji povečali v zadrževalnik reke Pesnice tako, da so na njen tok namestili pregrado. Jezero je dolgo 750 m in široko 500 m, njegova površina meri 31 ha, največja globina pa je 3 m. Danes je priljubljena točka za ribolov, v njem so namreč našli enega največjih somov v Sloveniji, uporabljajo pa ga tudi za gojenje ščuke, smuča, klena, krapa in somiča. Tu najdemo tudi rastišča redkega ščitastolistega plavčka in belega lokvanja. Je nadvse pomemben vodni prostor za prezimovanje ptic, ki se tod zadržujejo samo občasno, med selitvijo. Okolica jezera je urejena s sprehajalnimi potmi.

2231 Pernica

Koordinate:
46.566469,
15.765259



Slika 12: Kraj vzorčenja
(Google Maps, 2022)

3.2 Merjenje abiotskih dejavnikov

3.2.1 Določanje klorofila a z 90 % etanolom – s filtriranjem

- Material in pripomočki:
 - filtrirna nuča
 - stekleni filtri Whatman GF/C
 - centrifugirke
 - 90 % etanol p.a.
 - avtomatska pipeta Thermo (10 ml)
 - vodna kopel
 - centrifuga (ROTOFIX 32A)
 - spektrofotometer (Vernier UV-VIS Spectrophotometer)

Vzorec vode (v količini približno 250 - 500 ml) smo prefiltrirali skozi steklen filter GF/C. Filter smo dali v plastično centrifugirko z zamaškom in dodali 10 ml 90% etanola. Vzorec smo hranili v zmrzovalniku. Pri ekstrakciji smo vzorec segrevali v vodni kopeli na temperaturi 75°C v trajanju 5 minut. Nato smo ga pustili 15 minut na sobni temperaturi. Odcentrifugirali smo ga pri 4000 obratih/min in izmerili absorpcijo pri 665 nm in 750 nm. Nato smo ga zakisali: na 10ml vzorca smo morali dodati 0,01 ml 3 mol/l HCl ter nato ponovno izmeriti absorbcijo (5 – 30 minut) na 665 nm in 750 nm.

Izmerili smo tudi naslednje parametre:

3.2.2 Kemijsko analizo vode s pomočjo kovčka za analizo vode (Winlab): pH, nitrate, amonijeve, fosfatne, nitritne ione in trdoto

- Pripomočki:
 - ph indikatorski lističi
 - ionski indikatorji
 - indikatorji vodnega kamna

S pomočjo indikatorskih lističev, ki so del opreme, smo izmerili dane parametre. Rezultate smo primerjali s tistimi, ki so podani v legendi/navodilih posameznega indikatorja. PH predstavlja kislost vode, količina nitratov, nitritov in amonijevih ter fosfatnih spojin pa prisotnost hranil, ki so največkrat posledica izliva gnojil v vodno telo. Trdota vode predstavlja količino raztopljenega apnenca v vodi.

3.2.3 Merjenje temperature vode

- Pripomoček:
 - elektronski termometer Vernier

Z Vernierjevimi termometri smo izmerili temperaturo vode.

3.2.4 Meritev prosojnosti – meritev eufotične cone

- Pripomoček:
 - Secchijeva plošča

Merjenje prosojnosti se določa s pomočjo merjenja Secchijeve globine. To je maksimalna globina, do katere je še vidna bela plošča (po Secchi-ju). Merjenje Secchijeve globine po SIST EN ISO 7027:2000 je način merjenja prosojnosti oziroma motnosti vode. (Majcen, 2016)

3.3 Kvalitativno vzorčenje fitoplanktona

- Pripomočki:
 - dovoljenje za plovbo po jezeru
 - ustrezno registrirano plovilo, v skladu z lokalnim uredbami
 - osebna zaščitna oprema - rešilni jopič, primerna oblačila in obutev
 - kvalitativna planktonska mreža s porami od 20 - 40 μm
 - Secchijeva plošča
 - Vernierjev termometer
 - hladilna torba z elementi za hlajenje za shranjevanje vzorcev
 - embalaža za shranjevanje vzorcev (250 - 500 ml steklenica za kvalitativni vzorec, s širokim vratom in 1000 - 2000 ml PE posoda za klorofil-a)
 - pribor za označevanje vzorcev
 - terenski list
- Kraj vzorčenja - najgloblja točka jezera (3 m)
- V zelo plitvih zadrževalnikih, kjer je maksimalna globina manjša od 6 m, se ne glede na obdobje, vzorce zajame v celotnem vodnem stolpcu. Končna globina vzorčenja je 0,5 m nad dnom, da se ne zajame mulja. (Majcen, 2016) V primeru Pristave je največja globina 3 m, kar pomeni, da moramo vzorce vzeti do jezerske globine 2,5 m.
- Vzorce smo označili z naslednjo etiketo:
 - Jezero Pristava, koordinate odvzema vzorca, datum, globina
- Vzorce fitoplanktona za kvalitativno analizo in analizo planktonskih diatomej smo zajeli na osnovnem vzorčnem mestu z ustrezno planktonsko mrežo s porami 20–40 μm v celotnem vodnem stolpcu, od površine do dna. Vzorci so bili namenjeni taksonomski analizi. Vzorce smo hranili v ustrezno 500 ml temno stekleno embalažo. Za kvalitativno analizo smo zajeli 4 vzorce fitoplanktona.

Prvi vzorec smo v najkrajšem možnem času po zajemu (največ 36 ur po zajemu) pregledali, namenjen pa je bil predvsem natančnejši taksonomski determinaciji.

3.4 Identifikacija rodov/vrst fitoplanktona

- Pripomočki:
 - svetlobni mikroskop (Leica Dm750) z oljno-imerzijskimi objektivami z visoko optično ločljivostjo pri visokih povečavah 1000x in več za kvalitativno analizo
 - pripomočki za merjenje (PC software)
 - standardna oprema za mikroskopiranje (objektna, krovna stekelca, čistilni pribor, pipete)
 - sedimentacijski stekleni valji (5-50 ml) za koncentriranje zelo redkih vzorcev
 - filtrirana, ultra čista voda za redčenje zelo gostih vzorcev
 - pripomočki za beleženje
 - ustrezna literatura za taksonomsko determinacijo fitoplanktona

Fitoplankton smo s pomočjo svetlobnega mikroskopa ter s pomočjo ustreznih taksonomskih ključev taksonomsko uvrstili do nivoja rodu. Vsaki najdeni vrsti smo dodelili šifro iz šifranta, ki je del podatkovne baze EKO-VODE na ARSO. Pregled svežega kvalitativnega vzorca smo opravili najkasneje v roku 48 ur po zajemu.

Pri analizi ter oblikovanju diskusije smo za modul trofičnosti jezer uporabljali le vrednosti, ki so bile definirane za celoten rod (na primer: *Euglena sp.*). Pri rodovih, pri katerih je bila indikatorska vrednost opredeljena samo za eno vrsto, pa smo uporabili vrednosti za tisto vrsto (na primer: *Limnothrix redekei*). Izjemoma smo uporabili vrednosti za več vrst v posameznem rodu, ko smo skupaj s strokovnjakinjo za določanje fitoplanktonskih organizmov potrdili, da res gre za to specifično vrsto (primer *Scenedesmus*).

4 REZULTATI

Tabela 2: Rezultati merjenj abiotских dejavnikov in kemijske analize vode

	Vzorčenje 1 (Jesensko)	Vzorčenje 2 (Pomladansko)	Vzorčenje 3 (Podaljšek poletja)	opombe
Datum in čas vzorčenja	22/10/2020 10:25	11/6/2021 11:00	4/10/2021 10:45	
Vremenske razmere	Pretežno oblačno vreme; Predhodni 3 dnevi oblačni in vetrovni	Sončno in vetrovno vreme; predhodni 3 dnevi sončni in vetrovni (povprečno 20 °C)	Oblačno vreme; predhodni 3 dnevi sončni in vetrovni (povprečno 15 °C)	
Izmerjena globina na mestu vzorčenja	256 cm	241 cm	235 cm	Slika 12
Prosojnost (Secchi disk)	40 cm	30 cm	25 cm	
Eufotična cona	100 cm	75 cm	62,5 cm	
Temperatura zraka	12,4 °C	15,3 °C	22,4 °C	
Temperatura na gladini	11,6°C	16,3 °C	18,9 °C	
Temperatura na 1 m globine	11,4°C	16,7 °C	16,6 °C	
Klorofil a	6,58 µg/L	2028,26 µg/L	257,99 µg/L	
Kemijske lastnosti				
PO ₄	0,2 mg/L	0,25 mg/L	0,2 mg/L	
NO ₃	50mg/L	5 mg/L	5 mg/L	
NH ₄	0,2mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	
NO ₂	0,07mg/L	0,05 mg/L	0,05mg/L	
pH	9	8,5	8	

Tabela 2 prikazuje rezultate merjenj abiotских dejavnikov in kemijsko analizo vode pri vseh treh vzorčenjih (jesenskem, pomladanskem in poznopoletnem).

Tabela 3: Rezultati kvalitativne analize fitoplanktona po jesenskem vzorčenju

Št:	Rodovi alg in cianobakterij
1.	<i>Asterionella</i>
2.	<i>Calothrix</i>
3.	<i>Chromulina</i>
4.	<i>Closterium</i>
5.	<i>Cosmarium</i>
6.	<i>Diatoma</i>
7.	<i>Dictyosphaerium</i>
8.	<i>Euglena</i>
9.	<i>Fragilaria</i> (staro ime <i>Synedra</i>)
10.	<i>Gonium</i>
11.	<i>Hantzshia</i>
12.	<i>Limnothrix</i>
13.	<i>Melosira</i>
14.	<i>Navicula</i>
15.	<i>Pediastrum</i>
16.	<i>Phormidium</i>
17.	<i>Planktolyngbya</i>
18.	<i>Pseudokephyrion</i>
19.	<i>Scenedesmus</i>
20.	<i>Sphaerocystis</i>
21.	<i>Staurastrum</i>
22.	<i>Stephanodiscus</i>
23.	<i>Uroglena</i>

Tabela 3 prikazuje identificirane rodove alg in cianobakterij po jesenskem vzorčenju. Najdenih je bilo 23 rodov.

Tabela 4: Rezultati kvalitativne analize fitoplanktona po pomladanskem vzorčenju

Št:	Rodovi alg in cianobakterij
1.	<i>Ankistrodesmus</i>
2.	<i>Closterium</i>
3.	<i>Coelastrum</i>
4.	<i>Dinobryon</i>
5.	<i>Euglena</i>
6.	<i>Fragilaria (staro ime Synedra)</i>
7.	<i>Golenkinia</i>
8.	<i>Gonium</i>
9.	<i>Koliella</i>
10.	<i>Lagerheimia</i>
11.	<i>Melosira</i>
12.	<i>Merismopedia</i>
13.	<i>Nitzschia</i>
14.	<i>Pandorina</i>
15.	<i>Pediastrum</i>
16.	<i>Phormidium</i>
17.	<i>Planktothrix</i>
18.	<i>Pseudanabaena</i>
19.	<i>Scenedesmus</i>
20.	<i>Snowella</i>
21.	<i>Sphaerocystis</i>
22.	<i>Tetrastrum</i>
23.	<i>Tribonema</i>

Tabela 4 prikazuje identificirane rodove alg in cianobakterij po spomladanskem vzorčenju. Najdenih je bilo 23 rodov.

Tabela 5: Rezultati kvalitativne analize fitoplanktona po poznopoletnem vzorčenju

Št:	Rodovi alg in cianobakterij
1.	<i>Ankistrodesmus</i>
2.	<i>Aphanocapsa</i>
3.	<i>Aphanothece</i>
4.	<i>Aulacoseira</i>
5.	<i>Bitrichia</i>
6.	<i>Botryococcus</i>
7.	<i>Carteria</i>
8.	<i>Chlorella</i>
9.	<i>Chlamydomonas</i>
10.	<i>Closterium</i>
11.	<i>Cosmarium</i>
12.	<i>Cryptomonas</i>
13.	<i>Cyclotella</i>
14.	<i>Dictyosphaerium</i>
15.	<i>Encyonema (staro ime Cymbella)</i>
16.	<i>Euglena</i>
17.	<i>Gonichloris</i>
18.	<i>Gyrosigma</i>
19.	<i>Kephyrion</i>
20.	<i>Mallomonas</i>
21.	<i>Melosira</i>
22.	<i>Microcystis</i>
23.	<i>Nephrochlamys</i>
24.	<i>Nitzschia</i>
25.	<i>Oocystis</i>
26.	<i>Pediastrum</i>
27.	<i>Phacus</i>
28.	<i>Phormidium</i>
29.	<i>Pseudokephyrion</i>
30.	<i>Scenedesmus</i>
31.	<i>Sphaerocystis</i>
32.	<i>Staurastrum</i>
33.	<i>Stephanodiscus</i>
34.	<i>Tabellaria</i>
35.	<i>Tetraedron</i>
36.	<i>Tetrastrum</i>
37.	<i>Trachelomonas</i>
38.	<i>Uroglena</i>
39.	<i>Ulothrix</i>

Tabela 5 prikazuje identificirane rodove alg in cianobakterij po poznopoletnem vzorčenju. Najdenih je bilo 39 rodov.

Tabela 6: Primerjava rezultatov kvalitativne analize s podatki ARSO in našimi vzorčeni

	<i>Rodovi alg in cianobakterij v jezeru PRISTAVA v letih 2014 in 2016 (vzorčenja v treh limnoloških obdobjih, podatki ARSO)</i>	Naše jesensko vzorčenje – 22.10.2020	Naše pomladansko vzorčenje – 11.06.2021	Naše poznopoletno vzorčenje – 04.10.2021	Skupaj
1.	<i>Achnanthes</i>				
2.	<i>Actinastrum</i>				
3.	<i>Amphora</i>				
4.	<i>Anabaena</i>				
5.	<i>Ankistrodesmus</i>		X	X	X
6.	<i>Aphanizomenon</i>				
7.	<i>Aphanocapsa</i>			X	X
8.	<i>Aphanothece</i>			X	X
9.	<i>Asterionella</i>	X			X
10.	<i>Aulacoseira</i>			X	X
11.	<i>Carteria</i>			X	X
12.	<i>Ceratium</i>				
13.	<i>Chlamydomonas</i>			X	X
14.	<i>Closterium</i>	X	X	X	X
15.	<i>Cocconeis</i>				
16.	<i>Coelastrum</i>		X		X
17.	<i>Coenococcus</i>				
18.	<i>Colacium</i>				
19.	<i>Crucigenia</i>				
20.	<i>Cryptomonas</i>			X	X
21.	<i>Cyclotella</i>			X	X
22.	<i>Cymatopleura</i>				
23.	<i>Dictyosphaerium</i>	X		X	X
24.	<i>Didymocystis</i>				
25.	<i>Dinobryon</i>		X		X
26.	<i>Encyonema</i> (staro ime <i>Cymbella</i>)			X	X
27.	<i>Epithemia</i>				
28.	<i>Euglena</i>	X	X	X	X
29.	<i>Fragilaria</i> (staro ime <i>Synedra</i>)	X	X		X

	<i>Rodovi alg in cianobaktej v akumulaciji PRISTAVA v letih 2014 in 2016 (vzorčenja v treh limnoloških obdobjih, podatki ARSO)</i>	Naše jesensko vzorčenje – 22.10.2020	Naše pomladansko vzorčenje – 11.06.2021	Naše poznopoletno vzorčenje – 04.10.2021	Skupaj
30.	<i>Golenkinia</i>	X	X		X
31.	<i>Gomphosphaeria</i>				
32.	<i>Gyrosigma</i>			X	X
33.	<i>Kephyrion</i>			X	X
34.	<i>Kirchneriella</i>				
35.	<i>Koliella</i>		X		X
36.	<i>Lagerheimia</i>		X		X
37.	<i>Lepocinclis</i>				
38.	<i>Limnothrix</i>	X			X
39.	<i>Mallomonas</i>			X	X
40.	<i>Melosira</i>	X	X	X	X
41.	<i>Meridion</i>				
42.	<i>Merismopedia</i>		X		X
43.	<i>Monoraphidium</i>		X		X
44.	<i>Navicula</i>	X	X		X
45.	<i>Nephrochlamys</i>			X	X
46.	<i>Nitzschia</i>		X	X	X
47.	<i>Oocystis</i>			X	X
48.	<i>Pediastrum</i>	X	X	X	X
49.	<i>Peridinium</i>		X		X
50.	<i>Phacus</i>			X	X
51.	<i>Phormidium</i>	X	X	X	X
52.	<i>Planktolyngbya</i>	X			
53.	<i>Pseudanabaena</i>		X		X
54.	<i>Pseudokephyrion</i>	X		X	X
55.	<i>Pseudokirchneriella</i>				
56.	<i>Rhizosolenia</i>				
57.	<i>Romeria</i>				
58.	<i>Scenedesmus</i>	X	X	X	X
59.	<i>Schroederia</i>				
60.	<i>Snowella</i>		X		X

	<i>Rodovi alg in cianobaktej v akumulaciji PRISTAVA v letih 2014 in 2016 (vzorčenja v treh limnoloških obdobjih, podatki ARSO)</i>	Naše jesensko vzorčenje – 22.10.2020	Naše pomladansko vzorčenje – 11.06.2021	Naše poznopoletno vzorčenje – 04.10.2021	Skupaj
61.	<i>Sphaerocystis</i>	X	X	X	X
62.	<i>Staurastrum</i>	X		X	X
63.	<i>Stephanodiscus</i>	X		X	X
64.	<i>Surirella</i>				
65.	<i>Tetrachlorella</i>				
66.	<i>Tetraedron</i>			X	X
67.	<i>Tetrastrum</i>		X	X	X
68.	<i>Trachelomonas</i>			X	X
69.	<i>Uroglena</i>	X	X	X	X
	vsota	17	19	31	43
	odstotek določenih vs. ARSO	26%	29%	45%	62%

Tabela 6 prikazuje rodove, odkrite leta 2016 s strani ARSO. Ob njih so v treh stolpcih pripisani rodovi, najdeni v okviru naše raziskovalne naloge. Vidimo lahko, da smo od ARSO-vih 69 rodov v okviru našega vzorčenja našli 43 različnih rodov: 17 jeseni, 19 spomladi in 31 poleti. Skupaj naši rodovi predstavljajo 62% najdenih s strani ARSO.

Tabela 7: Identificirani rodovi v vzorcih, ki niso bili zabeleženi v podatkih ARSO

Identificirani rodovi v vzorcih, ki niso bili zabeleženi v podatkih ARSO					
1.	<i>Bitrichia</i>			X	X
2.	<i>Botryococcus</i>			X	X
3.	<i>Calothrix</i>	X			X
4.	<i>Chlorella</i>			X	X
5.	<i>Chromulina</i>	X			X
6.	<i>Cosmarium</i>	X		X	X
7.	<i>Diatoma</i>	X			X
8.	<i>Gonichloris</i>			X	X
9.	<i>Gonium</i>	X	X		X
10.	<i>Hantzshia</i>	X			X
11.	<i>Microcystis</i>			X	X
12.	<i>Pandorina</i>		X		X
13.	<i>Planktothrix</i>		X		X
14.	<i>Tabellaria</i>			X	X
15.	<i>Tribonema</i>		X		X
16.	<i>Ulothrix</i>			X	X
	vsota	6	4	8	16

V tabeli 7 so predstavljeni rodovi, ki jih ARSO v okviru svojega raziskovanja med leti 2014-2016 niso odkrili. Skupno je teh rodov 16.

Tabela 8: Identificirani indikatorski rodovi po Liebmannu

Št:	Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 4	
1.	<i>Anaebaena</i>	
2.	<i>Spirulina</i>	
3.	<i>Oscillatoria</i>	
4.	<i>Oikomonas</i>	
5.	<i>Euglena</i>	
6.	<i>Polytoma</i>	
7.	<i>Carteria</i>	
	2/7	29% delež najdenih

Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 3		
1.	<i>Phormidium</i>	
2.	<i>Oscillatoria</i>	
3.	<i>Anthophysis</i>	
4.	<i>Cyclotella</i>	
5.	<i>Stephanodiscus</i>	
6.	<i>Navicula</i>	
7.	<i>Hantzschia</i>	
8.	<i>Nitzschia</i>	
9.	<i>Chilomonas</i>	
10.	<i>Chlamyomonas</i>	
11.	<i>Spondylomorom</i>	
12.	<i>Gonium</i>	
13.	<i>Closterium</i>	
14.	<i>Cosmarium</i>	
	8/14	57% delež najdenih
Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 2		
1.	<i>Microcystis</i>	
2.	<i>Gomphosphaeria</i>	
3.	<i>Anabaena</i>	
4.	<i>Spirulina</i>	
5.	<i>Oscillatoria</i>	
6.	<i>Synura</i>	
7.	<i>Uroglena</i>	
8.	<i>Melosira</i>	
9.	<i>Tabellaria</i>	
10.	<i>Diatoma</i>	
11.	<i>Fragilaria</i>	
12.	<i>Cymbella</i>	
13.	<i>Asterionella</i>	
14.	<i>Navicula</i>	
15.	<i>Nitzschia</i>	
16.	<i>Pediastrum</i>	
17.	<i>Dictyosphaerium</i>	
18.	<i>Ankistrodesmus</i>	
19.	<i>Scenedesmus</i>	
20.	<i>Closterium</i>	
	14/20	70% delež najdenih

Indikatorski rodovi za vodnokvalitetni razred 1		
1.	<i>Haplosiphon</i>	
2.	<i>Calothrix</i>	
3.	<i>Microcoleus</i>	
4.	<i>Chromulina</i>	
5.	<i>Mallomonas</i>	
6.	<i>Meridion</i>	
7.	<i>Pinnularia</i>	
8.	<i>Surirella</i>	
9.	<i>Sphaerocystis</i>	
10.	<i>Ulothrix</i>	
11.	<i>Microspora</i>	
12.	<i>Cyclotella</i>	
13.	<i>Euastrum</i>	
14.	<i>Staurastrum</i>	
	6/14	43% delež najdenih

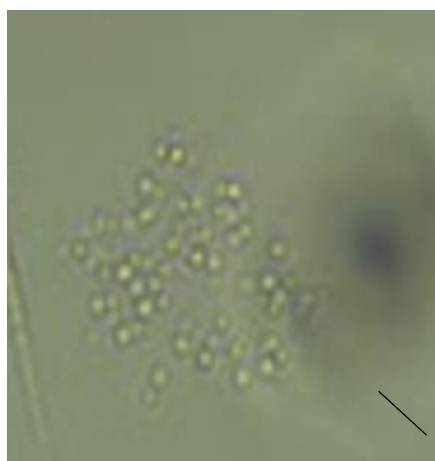
V tabeli 8 so zbrani vsi rodovi, ki so po Liebmannovem indeksu označeni kot indikatorski rodovi. Rumena barva v tabeli predstavlja v kvalitativni analizi najden rod. Pod rodovnimi imeni je dodan tudi delež najdenih rodov. V skupini indikatorjev vodnokvalitetnega razreda 4 smo našli 29%, iz vodnokvalitetnega razreda 3 smo jih našli 57% , iz vodnokvalitetnega razreda 2 70%, iz vodnokvalitetnega razreda 1 pa 43% vseh navedenih indikatorjev.

Tabela 9: Fotografije identificiranih rodov fitoplanktona, v naši raziskavi posnete pod svetlobnim mikroskopom

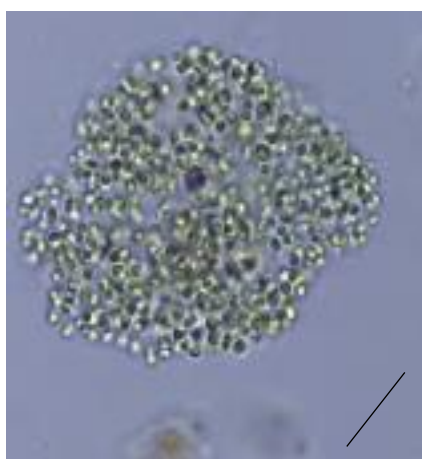
(Črte na fotografijah predstavljajo dimenzijo dolžine v μm , ki je zapisana pod sliko)



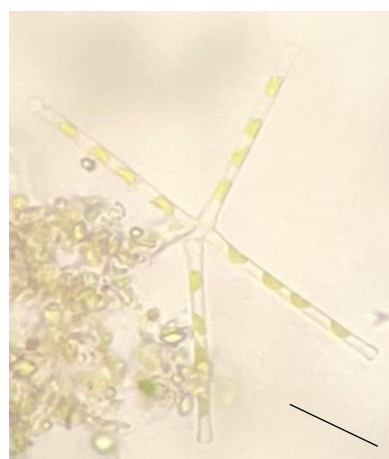
Ankistrodesmus
40 μm



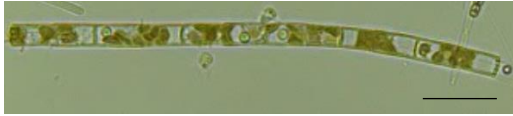
Aphanothece
77 μm



Aphanocapsa
77 μm



Asterionella
15 μm



Aulacoseira
207 μm



A. japonicum
200 μm



Chlamydomonas
15 μm



Closterium
265 μm



Coelastrum
32 μm



Cyclotella
28 μm



Dictyosphaerium
34 μm



Dinobryon
23 μm



Euglena
190 μm



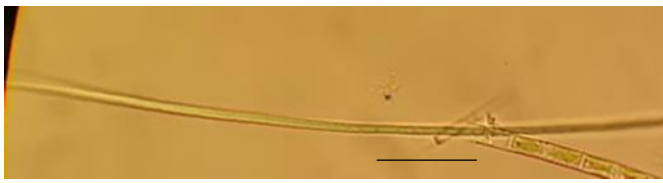
Gyrosigma
115 μm



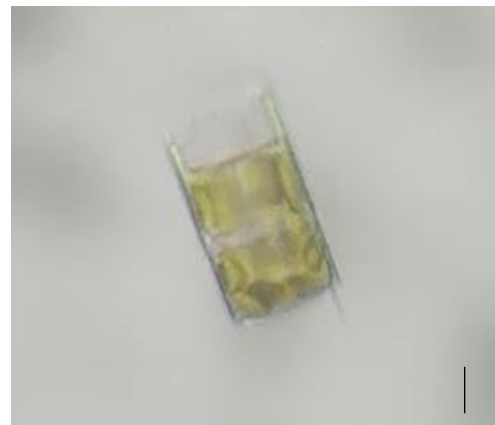
Koliella
50 μm



Lagerheimia
5 μm



Limnothrix
250 μm



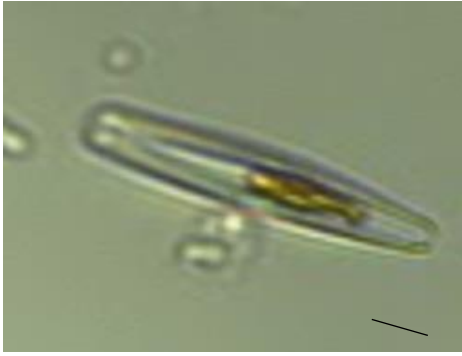
Melosira
30 μm



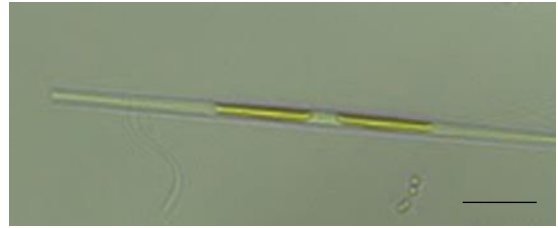
Merismopedia
20 μm



Monoraphidium
25 μm



Navicula
35 μm



Nitzschia
111 μm



Oocystis
31 μm



Pediastrum
50 μm



Peridinium
40 μm



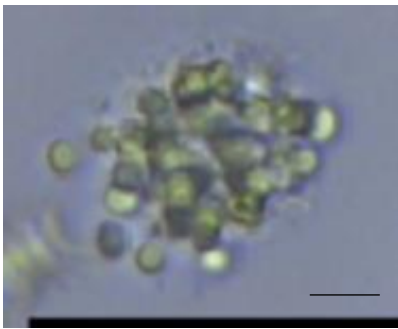
Phacus
87 μm



Scenedesmus
50 μm



Chlorella
27 μm



Sphaerocystis
26 μm



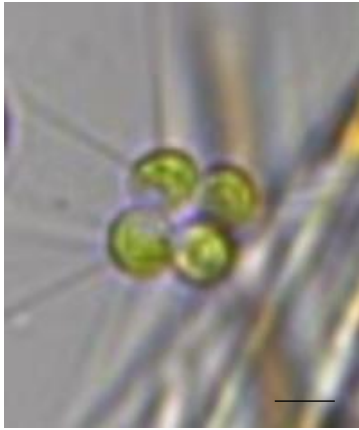
Staurastrum
36 μm



Stephanodiscus
40 μm



Tetraedron
15 μm



Tetrastrum
25 μ m



Trachelomonas
20 μ m



Uroglena
20 μ m



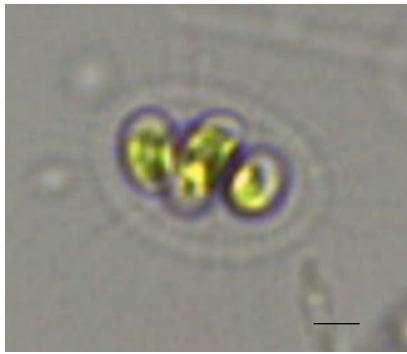
Bitrichia
37 μ m



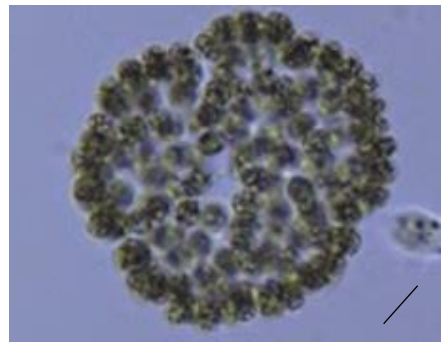
Cosmarium
19 μ m



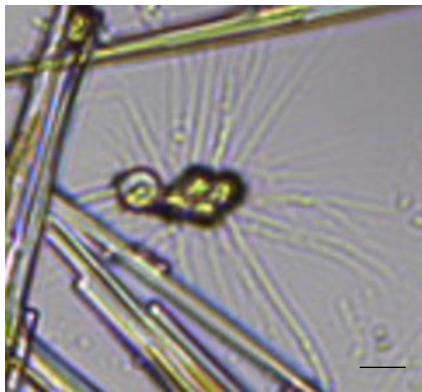
Gonichloris
29 μ m



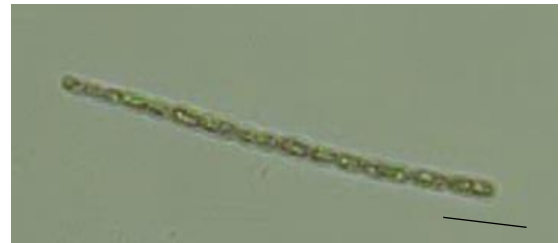
Gonium
25 μm



Microcystis
61 μm



Pandorina
40 μm



Planktothrix
60 μm



Tabellaria
80 μm



Tribonema
65 μm

Tabela 10: Indikatorske vrednosti odkritih rodov

Ime vrste in rodu		Trofični razredi z različno koncentracijo celotnega fosforja (TP $\mu\text{g L}^{-1}$)					
		< 5	5–8	8–15	15–30	30–60	> 60
1.	<i>Ankistrodesmus sp.</i>					2	8
2.	<i>Aphanocapsa</i> več vrst						
3.	<i>Aphanothece clathrata</i>			1	4	5	
4.	<i>Aulacoseira</i> več vrst						
5.	<i>Carteria sp</i>			1	1	5	3
6.	<i>Chlamydomonas</i> več vrst						
7.	<i>Closterium</i> več vrst						
8.	<i>Coelastrum</i> več vrst						
9.	<i>Cryptomonas</i> več vrst						
10.	<i>Cyclotella</i> več vrst						
11.	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>			1	5	4	
12.	<i>Dinobryon</i> več vrst						
13.	<i>Euglena sp.</i>			1	2	2	5
14.	<i>Fragilaria capucina ssp. Rumpens</i>			2	3	3	2
15.	<i>Golenkinia radiata</i>				1	1	8
16.	<i>Kephyrion sp.</i>	6	1	1	1	1	
17.	<i>Lagerheimia</i> več vrst						
18.	<i>Limnothrix redekei</i>				1	2	7
19.	<i>Mallomonas</i> več vrst						
20.	<i>Nitzschia acicularis</i>			1	1	2	6
21.	<i>Oocystis</i> več vrst						
22.	<i>Pediastrum boryanum</i>					4	6
23.	<i>Pediastrum simplex</i>				1	2	7
24.	<i>Pediastrum tetras</i>				1	2	7
25.	<i>Pediastrum duplex</i>					3	7
26.	<i>Phacus longicauda</i>				1	1	8
27.	<i>Planktolyngbya limnetica</i>					1	9
28.	<i>Pseudanabaena</i> več vrst						
29.	<i>Scenedesmus quadricauda</i>				1	4	5
30.	<i>Scenedesmus</i> več vrst						
31.	<i>Snowella lacustris</i>		1	4	4	1	

Tabela 10: Indikatorske vrednosti odkritih rodov

Ime vrste in rodu		Trofični razredi z različno koncentracijo celotnega fosforja (TP $\mu\text{g L}^{-1}$)					
32.	<i>Sphaerocystis</i> več vrst						
33.	<i>Staurastrum</i> več vrst						
34.	<i>Stephanodiscus</i> več vrst						
35.	<i>Tetraedron minimum</i>		1	1	4	3	1
36.	<i>Trachelomonas volvocina</i>			1	4	5	
37.	<i>Uroglena</i> sp		3	3	3	1	
38.	<i>Bitrichia chodatii</i>	4	4	2			
39.	<i>Botryococcus braunii</i>	5	2	2	1		
40.	<i>Chlorella</i> sp.					2	8
41.	<i>Chrysochromulina parva</i>			1	3	4	2
42.	<i>Cosmarium</i> več vrst						
43.	<i>Diatoma</i> več vrst						
44.	<i>Gonium pectorale</i>				1	9	
45.	<i>Microcystis</i> več vrst						
46.	<i>Pandorina morum</i>			2	2	4	2
47.	<i>Planktothrix</i> več vrst						
48.	<i>Tabellaria</i> več vrst						
	VSOTA	15	12	24	45	73	101

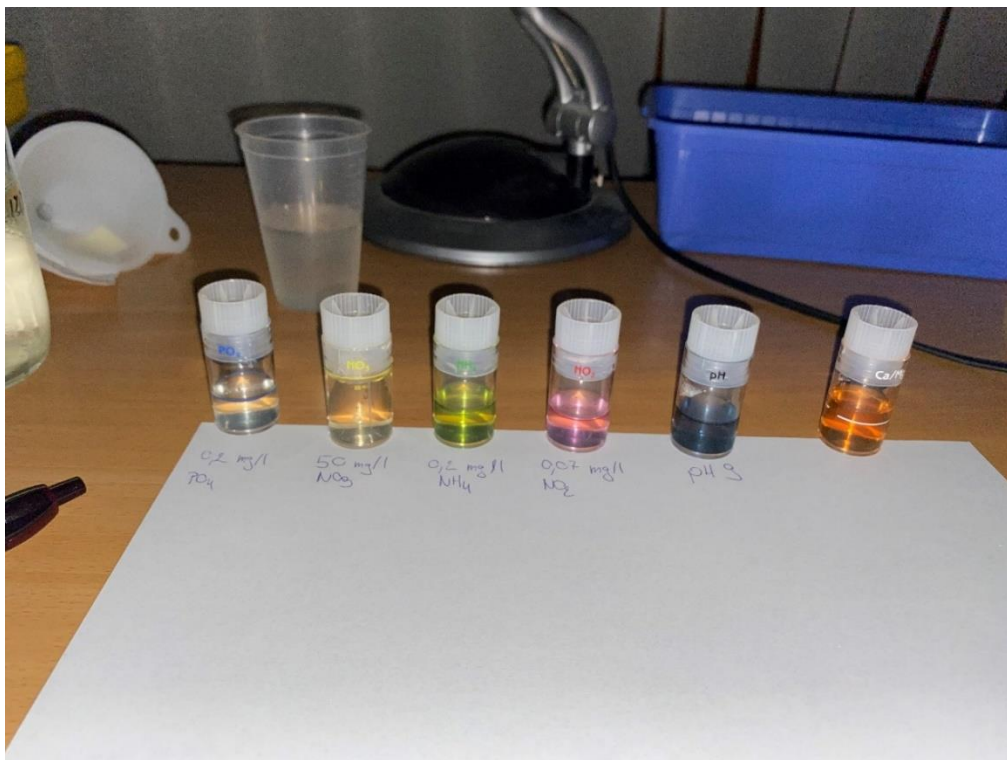
V tabeli 10 so prikazane indikatorske vrednosti v nalogi odkritih rodov. Pod preglednico lahko vidimo njihove vsote. Največjo vsoto predstavljajo indikatorski organizmi za trofični razred 6 po lestvici OECD.

5 PRILOGE

Fotografije terenskega dela in eksperimentalnega dela v laboratoriju:



Slika 13: Jezero Pristava tik pred našim pomladanskim vzorčenjem



Slika 14: Določanje kemijske analize vode



Slika 15: Filtriranje vzorcev fitoplanktona s pomočjo steklenih GFC filtrov



Slika 16: Koncentriranje vzorcev z uporabo sedimentacijskega valja

6 DISKUSIJA

6.1 Vodna kvaliteta jezera Pristava

Pri indikatorskih organizmih za vodnokvalitetni razred 4: polisaprobiontno območje, smo pri analizi vzorcev našli le 2 od 7 različnih indikatorskih rodov (Tabela 8). Edina indikatorska rodova, ki sta bila najdena, sta bila rod *Euglena* in rod *Carteria*. To ujemanje je bilo le 29 %.

Pri indikatorskih organizmih za vodnokvalitetni razred 1: oligosaprobiontno območje, smo pri analizi dobili srednje visoko ujemanje. Od značilnih 14 indikatorskih rodov smo jih pri analizi odkrili 6 (Tabela 8): *Calothrix*, *Chromulina*, *Cyclotella*, *Staurastrum*, *Ulothrix*, *Sphaerocystis*. Skupno ujemanje je bilo 43 %.

Pri indikatorskih organizmih za vodnokvalitetni razred 3: α mezosaprobiontno območje, smo pri analizi vzorcev dobili že večje ujemanje. Od značilnih 14 indikatorskih rodov za to območje smo jih našli v jezeru 8 (Tabela 8). To so bili rodovi *Phormidium*, *Stephanodiscus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Cyclotella*, *Chlamydomonas*, *Gonium* in *Closterium*. Ujemanje je bilo 57 %.

Pri indikatorskih organizmih za vodnokvalitetni razred 2: β mezosaprobiontno območje smo pri analizi vzorcev odkrili največje ujemanje. Od značilnih 20 indikatorskih rodov smo jih našli 14 (Tabela 8): *Microcystis*, *Uroglena*, *Melosira*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Asterionella*, *Navicula*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Pediastrum*, *Dictyosphaerium*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Closterium*. Skupno ujemanje je bilo 70 %. Prvo hipotezo (H1), ki na podlagi utemeljitve Liebmannovega indeksa dani ribnik opredeljuje kot območje vodnokvalitetnega razreda 2, torej potrjujemo.

6.2 Številčnost odkritih rodov

V času prvega vzorčenja (jesenskega) je bila izmerjena temperatura zraka 12,4 °C, temperatura vode pa med 11,6°C in 11,4°C (Tabela 2). Ta temperatura je zelo oddaljena od optimuma za rast alg (20°C-30°C), zato je bilo dejstvo, da smo v tem vzorčenju odkrili najmanjše število rodov, pričakovano. Odkrili smo le 23 različnih rodov (Tabela 3).

V času drugega (pomladanskega) vzorčenja je bila temperatura višja. Temperatura zraka je znašala 15,3°C, medtem, ko je temperatura vode znašala med 16,3°C in 16,7°C (Tabela 2). Zaradi občutnega dviga temperatur smo pričakovali, da bomo odkrili tudi veliko več rodov, vendar so se pričakovanja izkazala za napačna, saj smo pri drugem vzorčenju uspeli ponovno odkriti le 23 različnih rodov (Tabela 4).

V času tretjega vzorčenja, ki je bilo izvedeno v toplem oktobrskem podaljšku poletja, so bile temperature še nekoliko višje v primerjavi s pomladanskimi. Temperatura zraka je znašala 22,4°C, temperatura vode pa je od gladine, kjer je znašala 18,9°C padla na 16,6°C na 1 m globine (Tabela 2). Ponovno smo pričakovali večje število rodov, saj je bila temperatura vode najvišja glede na ostala vzorčenja. In naša pričakovanja so se uresničila, saj se je število odkritih rodov občutno povečalo na kar 39 (Tabela 5). S tem potrdimo našo drugo hipotezo (H2)

V prihodnje bi bilo potrebno narediti še vzorčenje v poletnem času, v katerem bi temperatura vode dosegla rastni optimum za alge celinskih voda in bi število odkritih rodov pričakovano še naraslo.

6.3 Koncentracija fosforja in dušika

Med prvim (jesenskim) vzorčenjem smo s kemijsko analizo dobili sledeči rezultat: Koncentracija fosfatnih ionov je znašala 0,2mg/L, največ je bilo nitratnih ionov, 50mg/L, amonijevih ionov je bilo 0,2mg/L, nitratnih pa 0,07mg/L (Tabela 2).

Pri drugem (pomladanskem) vzorčenju smo s kemijsko analizo ugotovili le majhne spremembe. Vrednost fosfatnih ionov se je zvišala na 0,25mg/L, veliko manj je bilo nitratnih ionov, ki so se znižali iz 50mg/L na 5mg/L, koncentracija amonijevih ionov je ostala nespremenjena, znižala pa se je koncentracija nitritnih ionov iz vrednosti 0,07 mg/L na novo vrednot 0,05mg/L (Tabela 2).

Še večje zmanjšanje smo pričakovali pri tretjem (poznopoletnem) vzorčenju, vendar se vrednosti od pomladanskega niso bistveno spremenile. Koncentracija fosfatnih ionov je sicer padla iz 0,25mg/L na 0,2mg/L, vrednosti nitratnih, amonijevih in nitritnih ionov pa so ostale enake pomladanskim (Tabela 2).

Ne glede na spremembe skozi letne čase, pa se vrednosti za trofične nivoje za kemijsko analizo po lestvici OECD ne skladajo popolnoma s tistimi po Liebmannovem indeksu. Po njem smo namreč določili, da jezero spada v vodnokvalitetni razred 2: β mezosaprobiontno območje, medtem ko je kemijska analiza po OECD prikazala odstopanje od te ugotovitve. Vrednosti za celotni dušik, ki bi naj za mezotrofna območja znašale med 300-650 $\mu\text{g/L}$, so bile pri konkretni raziskavi višje od 5000 $\mu\text{g/L}$ (Tabela 2). Podobna je bila ugotovitev glede vrednosti fosforjevih ionov, glede katerih je rezultat znašal namesto pričakovanih 10-35 $\mu\text{g/L}$ kar 200-250 $\mu\text{g/L}$ (Tabela 2). Meritve količine klorofila so v vseh letnih časih pokazale različne rezultate: jeseni je znašal le 6,58 $\mu\text{g/L}$, kar po OECD sicer spada med mezotrofna jezera (Slika 10), pomladi in v poznojesenskem času pa smo na podlagi vrednosti 2028,26 $\mu\text{g/L}$ za pomlad in 257,99 $\mu\text{g/L}$ (Tabela 2) za poletje, jezero uvrstili v hiperevtrofna območja. O hiperevtrofičnosti glede koncentracij fosforja priča tudi v Tabeli 10 izračunan indeks indikatorskih organizmov, po katerem smo dokazali, da je v jezeru največ indikatorjev za hiperevtrofna območja.

Tretjo hipotezo (H3) bi lahko torej le delno potrdili. Koncentracije nitratnih in nitritnih ionov v vodi so sicer bile resnično v jesenskem vzorčenju največje, po drugi strani pa se koncentracije amonijevih in fosfatnih ionov skozi leto niso veliko spreminjale (Tabela 2). Naša pričakovanja, da se bodo vrednosti ionov skladale s tistimi za mezotrofna jezera, so se izkazala za napačna.

6.4 Sprememba pH ter prosojnosti vode

Ob meritvi prosojnosti s Secchijevim diskom smo v jesenskem vzorčenju izmerili globino 40 cm (Tabela 2), po pomnožitvi s faktorjem pa smo izračunali globino eufotične cone, ki je znašala 1 m v globino. Ta vrednost je bila pričakovana, saj je bilo število alg v jezeru v tem obdobju razmeroma nizko.

Pri drugem (pomladanskem) vzorčenju je prosojnost znašala 30 cm (Tabela 2), globina eufotične cone pa 75 cm.

Pri tretjem (poznopoletnem) vzorčenju so se rezultati ponovno skladali s pričakovanimi, saj se je število alg v jezeru povečalo. Prosojnost je padla na 25 cm (Tabela 2), prav tako eufotična cona na 62,5 cm.

Četrto hipotezo (H4) smo potrdili z vsemi zgoraj navedenimi argumenti. Kot posledica eutrofikacije vode v pomladanskem in poletnem času se je povečalo število alg v jezeru, zaradi tega pa se je zmanjšala prosojnost.

6.5 Število odkritih rodov

V okviru nacionalnega monitoringa ARSO so uspeli pri proučevanju jezera Pristava med leti 2014-2016 zaznati 69 (Tabela 6) različnih rodov. Skozi tri vzorčenja v naši raziskavi smo namreč uspeli najti le 43 (Tabela 6) od 69 najdenih rodov s strani ARSO, kar predstavlja 62 % ujemanje, največje ujemanje smo dosegli s poznopoletnim vzorčenjem.

Da bi bila primerjava s podatki ARSO iz leta 2016 bolj zanesljiva, bi bilo v prihodnosti dobro izvesti še poletni monitoring jezera, saj pod točko 6.2 v poletnem obdobju, kot posledica eutrofikacije, število fitoplanktonskih organizmov v jezeru naraste. To predvidevanje utemeljujemo tudi na podatku, da smo v oktobrskem podaljšku poletja odkrili največ različnih rodov, kar 39 (Tabela 5).

Istočasno naši rezultati dokazujejo spremembe v jezeru. Identificirali smo 16 rodov več (Tabela 7), kot kažejo podatki ARSO za jezero Pristava, med njimi tudi toksična rodova cianobakterij *Microcystis* in *Planktothrix*, kar je pomemben podatek, saj morajo biti toksični rodovi pod drobnogledom, da ne začno povzročati škode v vodnih ekosistemih.

Hipotezo 5 (H5) smo na podlagi zgoraj navedenega ovrgli. Navkljub dejstvu, da se razmere na jezeru od leta 2016 verjetno niso bistveno spremenile, smo v primerjavi z raziskavami ARSO ugotovili dokaj nizko ujemanje.

7 ZAKLJUČEK

V naši raziskavi kvalitativne analize fitoplanktona smo potrdili, da je jezero Pristava obremenjeno s hranili. Po preučitvi in primerjavi vrednosti najdenih ionskih koncentracij smo jezero uvrstili med s hranili izredno obremenjeno vodno telo. Fitoplankton se je najštevilčnejše pojavljal v poznopoletnem vzorčenju, kot posledica eutrofikacije jezera v pomladanskih in poletnih mesecih. V tem času so bile tudi najugodnejše razmere za njegovo rast, saj se je temperatura vode (18,9°C-16,6°C) (Tabela 2) zelo približala optimumu rasti (20°C-30°C). Z raziskovanjem smo preverili spremembe v rodovni sestavi fitoplanktona v jezeru, od prejšnjega preučevanja ARSO, ki je potekalo leta 2016, in uspeli odkriti 43 različnih rodov (Tabela 6), kar predstavlja 62% s strani ARSO zabeleženih rodov. Nadaljnje smo uspeli odkriti 16 dodatnih rodov (Tabela 7), ki v letu 2016 niso bili najdeni v jezeru, med njimi tudi toksična rodova cianobakterij *Microcystis* in *Planktothrix*. Prav spremljanje slednjih je še toliko pomembnejše za ohranjanje vodne kvalitete. Stroka namreč ob pojavu toksičnih rodov za jezero pristojnim institucijam predlaga izvedbo ustreznih in potrebnih ukrepov, ki bi preprečili, da sedaj še užitne ribe po koncentriranem prehranjevanju s plenilci teh alg ne postanejo strupene in s tem neužitne za prehranjevanje ljudi. Na tak način lahko prispevamo k ohranjanju in razvijanju ekološke vloge jezera.

8 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Osnovni namen pričujoče naloge je, da iz vedno globljega zavedanja, da je varstvo narave ključno za obstoj človeka, prispevamo k ozaveščanju med srednješolci, kako pomembno nalogo ima spremljanje ekološkega stanje izbranega vodnega telesa. Želeli smo predstaviti način biološke analize popularne ribolovne točke v Slovenskih goricah, jezera Pristava, in predstaviti trenutno ekološko stanje z metodami, ki jih lahko izvedemo tudi dijaki. Eksperimentalno delo smo začeli izvajati v času popolne izolacije zaradi epidemije, kar je obenem predstavljalo sprostitev in zavedanje, da se kljub težki situaciji da z vztrajnostjo najti načine za napredovanje v praktičnem znanju in istočasno prispevati k popularizaciji znanja na področju ekologije. Spremljanje tega in vseh drugih jezer je izjemnega pomena, saj se na območju Severovzhodne Slovenije, celinske vode razprostirajo v bližini podtalnice, spremembe obremenjenosti voda z organskimi in anorganskimi snovmi pa lahko vplivajo na ljudi, ki to vodo redno pijejo. Prav tako pa skozi nadziranje fitoplanktona spremljamo ekološko stanje preostalih členov ekološke verige, ki v jezeru živijo. Skozi preučevanje smo odkrili, da je jezero Pristava izredno obremenjeno s hranili, kar se največkrat pokaže z obsežno namnožitvijo fitoplanktona v poletnih mesecih. V raziskavi pridobljeni podatki, bodo uporabni za spletni portal www.ciano.si, ki ozavešča bralce o obstoju in pomenu cianobakterij v človeškem življenju.

9 BIBLIOGRAFIJA

- buccaneer. (brez datuma). *Microscopic view of green algae*. Pridobljeno iz 123RF.
- CSIRO. (6. december 2009). *CSIRO - znanstvene slike - Mikroalge*. Pridobljeno iz CSIRO science image: <https://www.scienceimage.csiro.au/image/10697/microalgae//large>
- Deuterostome. (28. oktober 2011). *Evglénofiti, Wikipedija*. Pridobljeno iz Wikipedija prosta enciklopedija: https://sl.wikipedia.org/wiki/Evglénofiti#/media/Slika:Euglena_sp..jpg
- Fondriest Environmental, Inc. (22. Oct. 2014). *Algae, Phytoplankton and Chlorophyll*. Pridobljeno iz Fundamentals of Environmental Measurements: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/algae-phytoplankton-and-chlorophyll>
- Google Maps. (2022). *Google Maps*. Pridobljeno iz Google Maps: <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?ie=UTF8&hl=sl&t=h&msa=0&source=embed&vpsrc=0&z=17&iwloc=000482b0159c48dac2d01&mid=1cfkLHntjT5DeG0swSkgeY6QIKs0&ll=46.56499979732603%2C15.765013023459712>
- Himemiya, M. (11. December 2007). *Ceratium furca*. Pridobljeno iz Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Ceratium_furca#/media/File:Ceratium_furca.jpg
- Kraški vodovod Sežana d.o.o. (brez datuma). *Trdota vode - Kraški vodovod Sežana d.o.o.* Pridobljeno iz Kraski-vodovod.si: <https://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-trdota>
- Kvarnström, D. H. (2018). *2018 Photomicrography Competition*. Pridobljeno iz Small world.
- M. Suthers, I., & Rissik, D. (2008). *Plankton: A guide to their ecology and monitoring*. Collingwood: CSIRO PUBLISHING.
- Majcen, I. (2016). *METODOLOGIJA VREDNOTENJA EKOLOŠKEGA STANJA*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.
- National park service, U. f. (26. Junij 2006). *File:Asterionella formosa.jpg*. Pridobljeno iz Wikipedia Commons: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Asterionella_formosa.jpg
- Oddelek za kakovost okolja, Oklahoma, ZDA. (2022). *Kaj so cianobakterije*. Pridobljeno iz Oklahoma department of environmental quality: <https://www.deq.ok.gov/state-environmental-laboratory-services/environmental-public-health-information/harmful-algal-blooms/what-are-cyanobacteria/>
- Okoljska agencija za zaščito okolja ZDA. (2013). *Indikatorji, Klorofil a US EPA*. Pridobljeno iz US EPA: <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-chlorophyll>
- Plant life. (Maj 2011). *Cryptomonads*. Pridobljeno iz Plant life: <http://lifeofplant.blogspot.com/2011/05/cryptomonads.html>

- Rekar, Š. R. (2011). *Ocena stanja jezer v Sloveniji v letu 2011*. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje.
- Singh, P. (2015). Vpliv temperature in svetlobe na rast alg. *Elsevier*, 431-444.
- Streble, H., & Krauter, D. (1988). *Das Leben im Wassertropfen*. Stuttgart: Kosmos-Naturführer.
- U.S. Geological Survey. (2019). *Usgs.gov*. Pridobljeno iz pH in voda: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/ph-and-water>
- Vrhovšek, D., & Kosi, G. (1982). *Priročnik za določanje splošno razširjenih sladkovodnih alg v Sloveniji*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.
- Vrhovšek, D., Kosi, G., Bricelj, M., Vreš, B., & Valentinčič, T. (1985). *Sladkovodne alge: ali jih poznamo?* Ljubljana: Državna založba.