

# Fitoplankton kao biološki pokazatelj kakvoće vode akumulacije Butoniga

---

Šetin, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:420999>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET**

**BIOLOŠKI ODSJEK**

Ivan Šetin

**Fitoplankton kao biološki pokazatelj kakvoće vode akumulacije Butoniga**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2019.**

Ovaj je rad izrađen na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Anđelke Plenković-Moraj. Predan je na ocjenu Vijeću Biološkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja profesor biologije.

## Zahvala

Zahvaljujem se mojoj mentorici prof. dr. sc. Anđelki Plenković-Moraj na svojoj pomoći, strpljenju i stručnim savjetima koji su mi koristili pri izradi ovog rada.

Članovima ispitnog povjerenstva na konstruktivnim savjetima, te svim kolegama na podršci i poticaju.

Hvala mojoj obitelji koja mi je pružala neizmjernu podršku.

Hvala vam na svemu!

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Fitoplankton kao biološki pokazatelj kakvoće vode akumulacije Butoniga

Ivan Šetin

Rooseveltove trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Uzorci fitoplanktona sakupljeni su jednom mjesečno na četiri vertikalna profila tijekom vegetacijske sezone (svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj i listopad) u razdoblju 2014.-2018. U fitoplanktonskoj je zajednici ukupno utvrđeno 128 vrsta. Brojnošću vrsta dominiraju zelene alge (Chlorophyta i Charophyta), dok je subdominantna skupina Bacillariohyta. Abundancijom broja stanica/L redovito dominiraju skupine Ochrophyta (*Dinobryon* spp.) i Bacillariohyta (*Cyclotella* spp.). Navedeni su rodovi gotovo redovito dominantni tijekom čitavog razdoblja istraživanja uz kodominaciju zelenih algi (*Tetrastrum komarekii* Hindák i *Oocystis* sp.) te cijanobakterije *Konvophoron* sp. (ex *Romeria*). Tijekom istraživanih razdoblja redovito je najveća gustoća fitoplanktona utvrđena u ljetnom razdoblju. Na temelju frekvencije pojavljivanja i maksimalne gustoće fitoplanktona dominantna funkcionalna grupa (FG) u akumulaciji bila je B-E. Izračunati trofički indeks dijatomeja ukazuje na mezotrofno stanje s tendencijom prema umjereno eutrofnom stanju, a saprobni na I-II odnosno II klasu boniteta vode s povremenom tendencijom porasta. Provedenim analizama definirani fitoplanktonski deskriptori i njihove pripadajuće vrijednosti klasama Okvirne Direktive o vodama (ODV), definirane su postojećim zakonskim aktom koji ne uključuje metodologiju za akumulacije. Završetkom izrade i verificiranjem metodologije izračuna ekološkog potencijala za akumulacije neophodno je provesti usklađivanje prikupljenih podataka i novih izračuna.

(89 stranica, 21 slika, 19 tablica, 74 literaturnih navoda, 1 prilog, jezik izvornika: hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: fitoplankton, akumulacija Butoniga, ekološko stanje

Voditelj: Prof. dr. sc. Anđelka Plenković-Moraj

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Marin Ježić

Dr. sc. Damir Sirovina, v. pred.

Izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

Rad prihvaćen: 18. 09. 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### **Phytoplankton - a biological indicator in the water quality assessment of Butoniga Reservoir**

Ivan Šetin

Rooseveltovej trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Phytoplankton samples were collected monthly on four vertical profiles during the vegetative season (May, June, July, August, September, and October) in 2014-2018. A total of 128 species have been identified in the phytoplankton community. The number of species is dominated by green algae (Chlorophyta and Charophyta), while the subdominant group is Bacillariohyta. Abundance (cell number/L) is regularly dominated by the groups Ochrophyta (*Dinobryon* spp.) and Bacillariohyta (*Cyclotella* spp.). These genera are almost regularly dominant throughout the study period with subdomination of green algae (*Tetrastrum komarekii* Hindák and *Oocystis* sp.) and cyanobacteria *Konvophoron* sp. (ex Romeria). During the study period, the highest phytoplankton density was regularly found in the summer. Based on the frequency of occurrence and maximum of phytoplankton density, the dominant functional group (FG) in the reservoir was B-E. The calculated trophic index of diatoms indicates a mesotrophic state with a tendency towards a moderately eutrophic state, and saprobic ones on the I-II and II class, respectively, of water quality with an occasional upward tendency. The phytoplankton descriptors and their associated WFD values were defined through analyzes performed by an existing legal act that does not include the methodology for reservoirs. By completing the development and verifying the methodology for calculating the ecological potential for reservoirs, it is necessary to reconcile the collected data and new calculations.

(89 pages, 21 figures, 19 tables, 74 references, 1 annex, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: phytoplankton, Butoniga Reservoir, ecological status

Supervisor: Dr. Anđelka Plenković-Moraj, Full. Prof.

Reviewers: Dr. Marin Ježić, Asst. Prof.

Dr. Damir Sirovina, Senior lecturer

Dr. Jasna Lajtner, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 18. 09. 2019.

Sadržaj	
1. Uvod	1
1.1. Opće značajke fitoplanktona	1
1.1.1. Procesi rasta i gubitaka populacija fitoplanktona	4
1.1.2. Klasifikacija fitoplanktona u praćenju specifičnih ekoloških uvjeta	6
1.1.3. Važnost fitoplanktona u procjenama ekološke vrijednosti voda	10
1.2. Cilj istraživanja	12
1.3. Područje istraživanja	12
2. Materijali i metode	15
3. Rezultati	19
3.1. Taksonomski sastav zajednice fitoplanktona	19
3.2. Sezonska raspodjela i funkcionalna klasifikacija fitoplanktona	29
3.3. Trofička i saprobiološka obilježja fitoplanktonske zajednice	32
3.4. Statistička obrada podataka	34
4. Rasprava	52
5. Zaključak	55
6. Literatura	56
7. Prilog	60
8. Životopis	89

Fitoplankton je zaslužan za oko 40 % ukupne godišnje fotosintetske tj. primarne proizvodnje na Zemlji. Globalni ciklus ugljika, koji regulira temperaturu na Zemlji, i kisik, esencijalan za metabolizam svih aerobnih organizama, kontrolirani su djelovanjem fitoplanktona. Smatra se da nijedna druga skupina organizama ne igra tako važnu ulogu u održavanju života na Zemlji.

Fitoplanktonski organizmi, kao jedni od osnovnih primarnih producenata u slatkovodnim ekosustavima, vrlo su važan pokazatelj općeg ekološkog stanja vodnog tijela. Važnost taksonomskog sastava i gustoće (broj stanica/L i/ili biomasa) fitoplanktona određuju se karakterističnom metodologijom ovisno o određenom predmetu i cilju istraživanja. Uz ograničavajuće čimbenike kao što su dušik i fosfor, za neke skupine fitoplanktona limitirajući čimbenici su silicij ili neki mikronutrijenti. Upravo uslijed povećanih koncentracija mineralnih tvari u vodi dolazi do razvoja procesa eutrofikacije koji uvelike utječe kako na cjelokupne biocenoze slatkovodnih ekosustava tako i na sam fitoplankton uz promjene sastava populacija, brojnosti i slično. Implementacijom Okvirne Direktive o vodama (ODV) moraju se za sva vodna tijela definirati ekološka stanja voda, pri čemu fitoplankton u toj procjeni, zauzima vrlo važno mjesto.

### 1.1. Opće značajke fitoplanktona

Alge, kao glavni mikroorganizmi uključeni u proces primarne produkcije, prisutne su u svim tipovima slatkovodnih ekosustava. Pojedine algalne skupine (Euglenophyta/Euglenozoa, Dinophyta/Dinozoa, Ochrophyta) uglavnom obitavaju u slobodnom stupcu vode (plankton), dok su skupine Cyanobacteria (modrozeleno alge), Chlorophyta/Charophyta (zelene alge) i Bacillariophyta (dijatomeje) podjednako prilagođene na uvjete života planktonske zajednice, ali i pridnenih/obraštajnih biotopa (bentos/perifiton) (Sigeo 2005). Fitoplankton objedinjuje fotosintetske mikroorganizme koji su prilagođeni životnim uvjetima u slobodnom stupcu vode jezera, rijeka, mora i oceana (Graham i sur. 2009). Fitoplanktonske se vrste razlikuju u veličini, obliku, evolucijskom i filogenetskom položaju te potrebama za energijom i mineralnim tvarima.

Glavni sastavni dio živih algalnih stanica je voda dok se sastav pepela kao anorganske frakcije suhe mase, značajno razlikuje ovisno o taksonomskoj skupini. Tako je na primjer suha masa planktonskih zelenih algi između 5,3 i 19,9 % dok je kod dijatomeja puno viša zbog silikata. Glavni sastav suhe mase oslobođenog pepela su ugljik (51-56 %), dušik (4-9 %) i fosfor (0,03-0,8 %). Optimalni odnos atoma C:N:P je približno 106:16:1. Uz fosfor i dušik koji su ujedno u suhoj tvari fitoplanktonskih stanica zapravo makronutrijenti, dolaze i drugi elementi te ukupno obuhvaćaju > 0,1 % suhe tvari. Mikronutrijenti (Fe, Mn, Cu, Zn) pojavljuju se samo u tragovima (Padisák 2004).



Tri su osnovne značajke po kojima se međusobno razlikuju glavne skupine fitoplanktona: veličina i oblik, fotosintetski pigmenti te građa stanične stijenke. Osnovni preduvjet planktonskog načina života je mogućnost lebdenja, odnosno beskonačnog tonjenja u slobodnoj vodi. U tu svrhu došlo je do razvitka različitih prilagodbi koje možemo svrstati u dvije grupe:

- 1) prilagodbe koje doprinose smanjenju specifične težine (povećana količina vode unutar stanica, uklopljene kapljice masti i ulja, reducirani skelet i mjehurići plina u organizmu)
- 2) prilagodbe koje povećavaju otpor i sprječavaju tonjenje ispod osvjetljene, eufotičke zone (dugi stanični nastavci koji su bitna značajka planktonskih organizama, a ujedno djeluju i kao obranbeni mehanizam od herbivora).

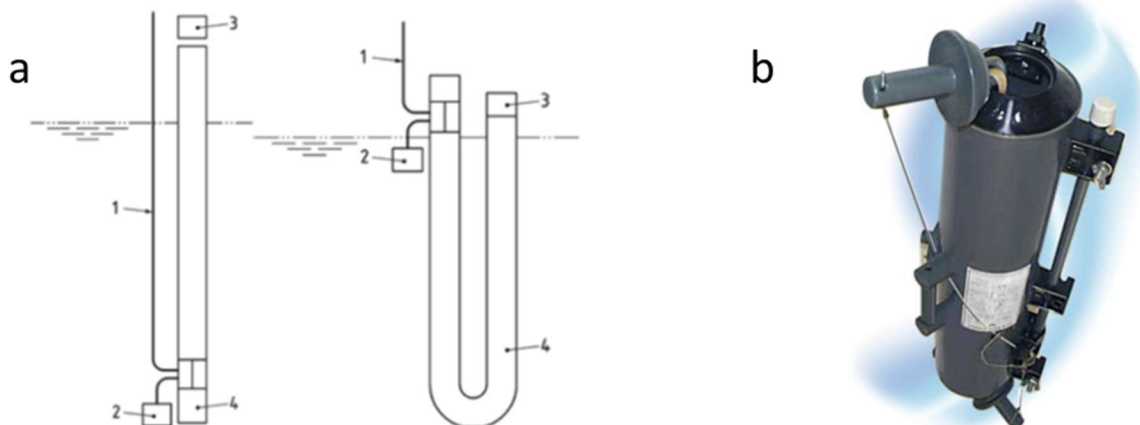
Intenzitet svjetlosti i količina hranjivih tvari glavni su čimbenici koji utječu na razvoj i rast fitoplanktona. Osim navedenih, važni su temperatura i sastav geološke podloge. Idući od površine vode prema dnu, vrijednosti temperature, količine kisika i intenzitet svjetlosti naglo opadaju, dok količina mineralnih soli, ugljikovog dioksida i tlak rastu. Za razvoj i opstanak fitoplanktona bitne su i koncentracije nitrata i fosfata u vodi. Ispiranjem obala, u proljeće i jesen, nabujale rijeke i potoci obogaćuju se nitratima i fosfatima što pogoduje razvoju algi koje podnose niže temperature vode. Tijekom ljeta smanjuje se količina nitrata, a time i broj vrsta koje su se razvijale u proljeće (Brown 1971).

Fitoplankton obuhvaća širok raspon veličina i formi, kako jednostaničnih tako i višestaničnih, odnosno pojedinačnih/kokoidalnih i kolonijalnih oblika. Veličina fitoplanktona (Tablica 1) varira od  $<1 \mu\text{m}$  do  $>1 \text{mm}$ , dok neki jedostanični oblici (npr. *Valonia*) i agregacijski oblici (npr. *Microcystis*) mogu biti i veći (Padisák 2004).

Tablica 1. Klasifikacija fitoplanktona prema veličinskim kategorijama stanica (Siburth i sur. 1978, preuzeto iz Reynoldsa 1997)

Minimalna-maksimalna linearna dužina stanice	Naziv
0,2-2 $\mu\text{m}$	pikofitoplankton
2-20 $\mu\text{m}$	nanofitoplankton
20 $\mu\text{m}$ -200 $\mu\text{m}$	mikrofitoplankton
200 $\mu\text{m}$ -2 mm	mezofitoplankton
$>2 \text{mm}$	makrofitoplankton

Uzorkovanje fitoplanktona bilo u stajaćim ili tekućim vodama ovisi o odabiru same lokacije uzorkovanja. Za rijeke je važno da mjesto uzorkovanja bude uzvodno ili nizvodno od izvora onečišćenja ili glavnog ekološkog utjecaja te longitudinalno ako se prati longitudinalni raspored fitoplanktona. Preporučeno je uzorak uzeti s broda ili mosta iz središnjeg toka rijeke ili čak i nekoliko horizontalnih uzoraka. Ako je rijeka dobro izmiješana (nema varijabilnosti temperature, prisutna je turbulencija) uzorak se uzima u srednjem dijelu toka 0,5 m ispod površine. Uzorak se može uzeti pomoću cijevi ili Niskin bocom (Slika 1).



Slika 1. Način uzorkovanja fitoplanktona pomoću: a - silikonske cijevi (izvor Hrvatske vode, siječanj 2015.) i b - uzorkivača tipa Niskin (izvor <https://osil.com/product/niskin-bottles/>)

Mjesta uzorkovanja u vodama stajaćicama tipa jezera, rezervoara i slično, ovise o samom programu istraživanja, ali je poželjno da je uključeno više lokacija i dubina vodnog tijela. Dubina je posebno važan čimbenik jer obično dublja jezera pokazuju stratificiranost i tada je poželjno uzorke uzimati svakih 5 m, dok je kod plićih jezera dovoljno 0,5 m ispod površine.

*Fitoplanktonskom se mrežom* uzorkuju one vrste koje su većih dimenzija od pora same mreže, dok se gube sitniji oblici (pikoplankton i nanoplankton), pa je ova metoda nepogodna za uzimanje kvantitativnog ili čak prisutno/odsutno vrsta uzoraka.

*Brojanje fitoplanktona* preporučeno je provoditi iz uzoraka koji su konzervirani u Lugolu i na način da se komorica za brojanje ispuni poduzorkom konzerviranog uzorka i nakon taloženja se identificiraju i broje stanice algi pod svjetlosnim mikroskopom. Odabir komorica za brojanje ovisi o iskustvu istraživača, a svaki tip komorice koristi se kod određenog mikroskopa (Utermöhl za invertni, a Sedgwick-Rafter i Lund za klasični mikroskop). Brojanje stanica fitoplanktona daje informacije o sastavu zajednice i gustoći pojedinih vrsta. Određivanje biomase algi provodi se određivanjem volumetrijske biomase i mjerenjem koncentracije klorofila *a* (Hötzel i Croome 1999).

Čimbenici koji utječu na strukturu fitoplanktonske zajednice u slatkovodnim ekosustavima proizlaze iz odnosa kemijskih, fizikalnih i bioloških parametara. Hranjive tvari (Mortensen i sur. 1992), CO<sub>2</sub> (Shapiro 1997) i količina svjetlosti (Philips i sur. 1997) zajedno s kompeticijom i gustoćom zooplanktona (Carpenter i Kitchell 1993) u najvećem dijelu utječu na sastav fitoplanktona u određenom ekosustavu. Mnoga znanstvena istraživanja upravo proučavaju utjecaje ili jednog od ovih parametara ili kombinacije više njih.

Sukcesija je slijed, izmjena zajednica koje se razvijaju u određenom vremenu na određenom prostoru. Sukcesija u prirodi vodi ka dinamičkom stabilnom stanju zajednice, klimaksu (Reynolds 2006). Tijekom godine zajednica fitoplanktona prolazi kroz značajne promjene sastava, brojnosti i biomase. U procesu kojeg nazivamo sezonska sukcesija uključeno je nekoliko tisuća generacija različitih fitoplanktonskih vrsta i time je godišnji razvoj fitoplanktonske zajednice sličniji dugoročnom razvoju biljaka nego njihovom godišnjem razvoju (Padisák 2003). Mnogobrojni su autori predlagali moguće modele razvoja fitoplanktonske zajednice i sukcesije fitoplanktona. Tri su modela najzapaženija u znanstvenim radovima: (1) Hutchinsonov model, (2) Sommerov PEG model i (3) Reynoldsov model.

### 1.1.1. Procesi rasta i gubitaka populacija fitoplanktona

Jedna od važnih karakteristika populacija je rast odnosno mijenjanje veličine (brojnost) i gustoće (broj po jedinici površine ili volumena). Koncept praćenja stope rasta važan je za opis dinamike populacije. Krivulja rasta populacija može biti eksponencijalna i logistička. Eksponencijalni rast izražen je kao promjena brojnost ili biomase tijekom vremena te se odnosi na stopu rasta populacije.

$$\frac{dN}{dt} = rN \quad (1)$$

Promjena veličine populacije referira se kao stopa mrežnog rasta ( $r$ ), a ona je jednaka razlici stope reprodukcije i stopi umiranja odnosno bilo kojim gubitcima.

$$r = \mu - \lambda \quad (2)$$

S obzirom da ni jedna populacija fitoplanktona ne može rasti beskonačno, jer bi čak i sporo rastuće populacije ispunile svoje stanište, mora postojati neka gornja granica gustoće populacije koja se naziva kapacitetom nosivosti ( $K$ ) i izražava se u logističkoj jednačini:

$$\frac{dN}{dt} = r \left( \frac{K-N}{K} \right) N \quad (3)$$

Također, logističkom jednadžbom točno se opisuje rast populacije algi u statičnoj kulturi s definiranim volumenom i sadržajem mineralnih tvari.

S obzirom da je osnovna značajka fitoplanktona pretvorba svjetlosne energije u biomasu kroz fotosintezu, planktonske alge pokazuju nekoliko karakterističnih odgovora na povećanje jačine svjetlosti. Pri niskim razinama svjetlosti, stopa mrežne fotosinteze usklađena je sa stopom respiracije što se ujedno naziva kompenzacijskom točkom, a stanica alge se takvom stanju prilagođava na način da povećava sadržaj klorofila. Pri višim razinama svjetlosti mnogo fitoplanktonskih vrsta pokazuje fotoinhibiciju, pad efikasnosti fotosinteze. U tom slučaju pojačava se proces respiracije. Dugotrajno izlaganje takvim razinama svjetlosti može dovesti do oštećenja fotosintetskog aparata u stanici. Stoga svjetlost kao i mineralne tvari može djelovati limitirajuće na rast fitoplanktona.

Procesi preuzimanja mineralnih tvari i njihovo korištenje za rast mogu biti predstavljeni kroz: preuzimanje mineralnih tvari, unutarnje skladištenje mineralnih tvari i kroz rast kao funkciju vanjskih razina mineralnih tvari. Prilikom određivanja rasta kroz preuzimanje mineralnih tvari važno je uzeti u obzir da se takav rast razlikuje između vrsta fitoplanktona. Kod vrste roda *Anabaena* kako se povećava koncentracija fosfora tako se razina preuzimanja mineralnih tvari povećava linearno dok ne dođe do platoa. Prilikom unutarnjeg skladištenja mineralnih tvari (N ili P), mineralne tvari se prenose unutar stanice (u „bazen“) i alga ih koristi prilikom rasta. Procesi rasta populacija kao funkcija koncentracije mineralnih tvari povezuju se s kulturama algi u kojima je točno određena koncentracija mineralnih tvari.

Procesi gubitaka su svi oni procesi koji uklanjaju fitoplankton iz vodenog okoliša, a opisuje ih izraz

$$\lambda = \gamma + \sigma + \chi + \delta + \pi + \rho + \omega \quad (4)$$

*Perenacija* ( $\rho$ ) predstavlja stadij mirovanja algi koje na taj način izbjegavaju razdoblje nepovoljnih okolišnih uvjeta (cijanobakterije stvaraju tip aseksualnih spora - akineta koje se razvijaju iz vegetativnih stanica, zelene alge proizvode zigote, a dinoflagelati ciste kao odgovor na smanjenje mineralnih tvari). *Smrtnost i razlaganje (liza) stanica* ( $\delta$ ) nastupa kada stanicu alge napadaju virusi i bakterije. *Ispiranje* ( $\omega$ ) nije toliko značajan proces za fitoplankton jezera, već više za kontinuirane sustave kultura. Prilikom *parazitizma* ( $\pi$ ) pojedinci jedne populacije žive na ili u drugoj populaciji i hrane se na njihovu štetu, a u slatkovodnim sustavima to su najčešće gljivični paraziti. Gubici prilikom *sedimentacijskih procesa* ( $\sigma$ ) uglavnom su povezani s potonućem stanica algi ispod razine eufotične zone. *Ispaša* ( $\gamma$ ) (engl. grazing) predstavlja gubitak stanica algi od strane herbivora kao što su trepetljikaši, kolnjaci i rakovi. *Gubici uslijed kompeticije* ( $\chi$ ) promatrani su s aspekta kompeticije mnogih vrsta algi za jednu limitirajuću mineralnu tvar, a modeli predviđaju da će u tom slučaju samo ona vrsta koja ima niži kapacitet nosivosti (K) za tom mineralnom tvari opstati (Graham i sur. 2009).

### 1.1.2. Klasifikacija fitoplanktona u praćenju specifičnih ekoloških uvjeta

Fitoplankton je svakako jedan od najznačajnijih pokazatelja promjena koje se događaju u slatkovodnim ekološkim sustavima. Međutim, dosadašnje interpretacije promjena fitoplanktona koje su definirane prema taksonomskoj pripadnosti, a ne i specifičnim ekološkim uvjetima koji utječu na njihov razvoj, a nisu vezani uz filogenetsku srodnost, pokazale su nedostatke u tumačenjima zbog plastičnosti tog sustava. Zbog toga se suvremena istraživanja sve više okreću ka definiranju fitoplanktonskih zajednica prema sličnim morfološkim i funkcionalnim karakteristikama, a u svrhu postizanja boljeg razumijevanja funkcioniranja ekoloških sustava (Reynolds 1997).

Tako se u svrhu tumačenja prilagodbi fitoplanktonskih vrsta na disturbanciju i stres koristi Grime-ova klasifikacija biljaka (Grime 1977), tzv. „C-R-S koncept“. Reynolds (1988, 1997) je prilagodio ovaj koncept fitoplanktonu, a koristi se u svrhu objašnjavanja sukcesija fitoplanktona u odnosu na miješanje vodenog stupca (Reynolds 1993). Osim C-R-S koncepta prihvaćena je i klasifikacija fitoplanktona na temelju morfoloških i funkcionalnih karakteristika vrsta te njihovog „odgovora“ na promjene čimbenika okoliša, kao što su veličina jezera, miješanje vodenog stupca, dostupnost hranjivih tvari, svjetla, ugljika itd. Općenito, funkcionalne skupine do sada su korištene u različitim poljima ekoloških istraživanja, uključujući istraživanja vegetacije (Leishman i Westoby 1992; Pillar 1999), predviđanja efekta globalnih klimatskih promjena (Gitay i sur. 1999), konzervacijskoj biologiji (Gitay i sur. 1999), u raznim studijama o mikroorganizmima (Meyer 1993), gljivama (Oberwinkler 1993), makrofitima (Shipley i sur. 1989) i makrobekralježnjacima (Usseglio-Polatera i sur. 2000).

Dugotrajnim istraživanjima fitoplanktona prvobitno je definirano 14 funkcionalnih skupina (Reynolds 1980). Sukcesivno, ovaj pristup je poboljšán i proširen (Reynolds i sur. 2002; Padišák i sur. 2009) te danas obuhvaća 40 funkcionalnih skupina. Istraživanjima Padišák i sur. (2009) definirano je još nekoliko skupina koje su omogućile kvalifikaciju ekološkog statusa rijeka (Borics i sur. 2007), zatim funkcionalnih skupina karakterističnih za jako zagađene vode i skupina karakterističnih samo za rijeke, ali mogu se pronaći i u zagađenim vodama.

Definiranjem fitoplanktonskih funkcionalnih skupina u različitim hidrološkim uvjetima moguće je predvidjeti kompozicijsku „odgovornost“ fitoplanktona na promjene ekoloških uvjeta što može doprinijeti rasvjetljavanju složenih odnosa između organizama i biotopa

U daljnjem tekstu se nalazi pregled odabranih funkcionalnih skupina koje su karakteristične za plitka eutrofna jezera i rijeke, s tipičnim predstavnicima, staništem koje naseljavaju te osjetljivost i tolerantnost pojedinih funkcionalnih skupina na pojedine čimbenike prema Reynolds i sur. (2002) i Padišák i sur. (2009).

**Skupina B** - U ovu skupinu pripadaju vrste koje naseljavaju mezotrofna, mala do srednje velika jezera, osjetljive su na temperaturnu stratifikaciju jezera, nedostatak silicija i povišenje pH, a tolerantne su na manju količinu svjetlosti. Tipični predstavnici: *Aulacoseira islandica*, *A. sub-arctica*, *A. italica*, *A. hergozii*, *Stephanodiscus neoastreae*, *S. rotula*, *S. meyerii*, *S. minutulus*, *Cyclotella bodanica*, *C. comta*, *C. operculata*, *C. kuetzingiana*, *C. ocellata*, *Cyclotella/Discostella stelligera*, *Cyclotella* spp. malih dimenzija.

**Skupina C** - Vrste koje naseljavaju eutrofna, mala i srednje velika jezera, osjetljive su na temperaturnu stratifikaciju jezera i nedostatak ugljika, a tolerantne su na manju količinu svjetlosti. Tipični predstavnici: *Aulacoseira ambigua*, *A. ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis*, *A. distans*, *Stephanodiscus rotula*, *Cyclotella meneghiniana*, *C. ocellata*, *Asterionella formosa*, *Asterionella* sp.

**Skupina D** - Vrste koje naseljavaju plitka jezera s velikom količinom hranjivih tvari, uključujući i rijeke. Prema originalnom opisu (Reynolds i sur. 2002) ove vrste su osjetljive na nedostatak hranjivih tvari, a tolerantne su na disturbancije uzrokovane plavljenjem. Međutim, i vrste kao što su *Synedra* spp. kojima je potrebno vrlo mala saturacija fosfora u okolišu pripadaju ovoj skupini (Tilman 1982). Tipični predstavnici: *Synedra/Ulnaria acus*, *Synedra ulna*, *S. delicatissima*, *S. nana*, *Synedra* sp., *Nitzschia acicularis*, *N. agnita*, *Nitzschia* spp., *Fragilaria/Synedra rumpens*, *Encyonema silesiacum*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Skeletonema potamos*, *S. subsalsum*, *Actinocyclus normanii*.

**Skupina E** - Vrste koje naseljavaju mala, plitka jezera s malom količinom hranjivih tvari ili heterotrofne ribnjake. Tolerantne su na manju količinu svjetlosti, a osjetljive na nedostatak ugljika. Tipični predstavnici: *Dinobryon* spp., *Mallomonas* spp., *Epipyxis* sp., *Salpingoeca* sp., *Erkenia siliceous*.

**Skupina F** - Vrste koje naseljavaju čista i duboka mezotrofna do eutrofna jezera, tolerantne su na miješanje vodenog stupca i manju količinu hranjivih tvari. Tipični predstavnici: *Botryococcus braunii*, *B. terribilis*, *B. neglectus*, *B. protuberans*, *Botryococcus*, *Oocystis lacustris*, *O. parva*, *O. borgei*, *O. marina*, *Oocystis* spp., *Kirchneriella pseudoaperta*, *K. pinguis*, *K. lunaris*, *K. obesa*, *Kirchneriella* sp., *Coenochloris/Sphaerocystis* spp., *Pseudospaerocystis lacustris*, *Lobocystis planctonica*, *Lobocystis* sp., *Dictyosphaerium* spp., *Eutetramorus* spp., *Nephroclamys* spp., *Nephrocytium* sp., *Willea wilhelmii*, *Elakatothrix* spp., *Eremosphaera tanganykae*, *Planktosphaeria gelatinosa*, *Micractinium pusillum*, *Treubaria triappendiculata*, *Fusola viridis*, *Coenococcus*, *Strombidium* sp., *Dimorphococcus* spp.

**Skupina G** - Vrste koje naseljavaju mala eutrofna jezera, osjetljive su na miješanje vodenog stupca i manju količinu hranjivih tvari, a tolerantne su na veliku količinu svjetlosti. Tipični predstavnici: *Volvox* spp., *Eudorina* spp., *Pandorina* spp., *Carteria* sp.

**Skupina H1** - Vrste koje naseljavaju eutrofna, stratificirana, plitka jezera sa malom količinom dušika.

Tolerantne su na nisku koncentraciju dušika i ugljika, a osjetljive su na miješanje vode, malu količinu svjetlosti i nisku koncentraciju fosfora. Tipični predstavnici: *Anabaena affinis*, *A. circinalis*, *A. crassa*, *A. flos-aquae*, *A. planctonica*, *A. perturbata*, *A. schermetievi*, *A. solitaria* - ova vrsta je prema Reynolds i sur. (2002) svrstana u H2 skupinu, *A. sphaerica*, *A. spiroides*, *A. viguieri*, *Anabaena* spp., *Anabaenopsis arnoldii*, *A. cunningtonii*, *A. elenkinii*, *A. tanganykae*, *Anabaenopsis* sp., *Aulosira* sp., *Aphanizomenon flos-aquae*, *A. gracile*, *A. klebahnii*, *A. issatschenkoi*, *A. ovalisporum*, *A. aphanizomenoides/Anabaena aphanizomenoides*, *Aphanizomenon* spp.

**Skupina J** - Vrste koje naseljavaju plitke eutrofne vode (uključujući rijeke) u kojima dolazi do miješanja vodenog stupca, s velikom količinom hranjivih tvari, a osjetljive su na manju količinu svjetlosti. Tipični predstavnici: *Pediastrum* spp., *Coelastrum* spp., *Scenedesmus* spp., *Actinastrum* spp., *Goniochlorys mutica*, *Crucigenia* spp., *Tetraedron* spp., *Tetrastrum* spp.

**Skupina L<sub>0</sub>** - Vrste koje naseljavaju duboka i plitka, oligotrofna do eutrofna, srednje velika do velika jezera. Tolerantne su na segregaciju hranjivih tvari, a osjetljive na miješanje vodenog stupca. Tipični predstavnici: *Peridinium cinctum*, *P. gatunense*, *P. incospicuum*, *P. willei*, *P. volzii*, *Peridinium* spp., *Peridiniopsis durandi*, *P. elpatiewskyi*, *Gymnodinium uberrimum*, *G. helveticum*, *Ceratium hirundinella*, *Ceratium cornutum*, *Merismopedia glauca*, *M. minima*, *M. punctata*, *M. tenuissima*, *Merismopedia* spp., *Snowella lacustris*, *Woronichinia elorantae*, *W. naegeliana*, *Synechocystis*, *Woronichinia* sp., *Chroococcus limneticus*, *C. turgidus*, *C. minutus*, *Chroococcus minor*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Coelosphaerium evidententer-marginatum*, *Coelosphaerium* sp., *Eucapsis minuta*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Radiocystis fernandoi*.

**Skupina P** - Vrste koje naseljavaju trajno ili djelomično izmiješane slojeve vode u epilimnionu, uglavnom jezera višeg trofičkog stupnja. Tolerantne su na smanjenu količinu svjetlosti i nedostatak ugljika, a osjetljive na stratifikaciju i nedostatak silicija. Tipični predstavnici: *Fragilaria crotonensis*, *Fragilaria* spp., *Aulacoseira granulata* f. *curvata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *Melosira lineata*, *Staurastrum chaetoceras*, *S. pingue*, *S. planctonicum*, *S. gracile*, *Staurastrum* sp., *Closterium aciculare*, *C. acutum*, *C. acutum* var. *variabile*, *C. gracile*, *C. parvulum*, *C. pronum*, *C. navicula*, *Closterium* sp., *Closteriopsis acicularis*, *Spirotaenia condensata*.

**Skupina S1** - Vrste koje naseljavaju vode s izmiješanim slojevima, a osjetljive su na „ ispiranje“ (eng. „flushing“). Ova skupina uključuje jedino cijanobakterije koje su tolerantne na manju količinu svjetlosti. Tipični predstavnici: *Planktothrix agardhii*, *Planktothrix* sp., *Geitlerinema unigranulatum*, *G. amphibium*, *Geitlerinema* sp., *Limnothrix redekeii*, *L. planctonica*, *L. amphigranulata*, *Pseudanabaena limnetica*, *Pseudanabaena* sp., *Planktolynghya limnetica*, *P. contorta*, *P. circumcreta*, *Planktolynghya* spp.,

*Lyngbya* sp., *Jaaginema subtilissimum*, *Jaaginema quadripunctulatum*, *Oscillatoria quadripunctulata*, Limnotherioideae, *Phormidium* sp., *Isocystis pallida*, *Leptolyngbya tenue*, *L. antarctica*, *L. fragilis*.  
Ukoliko su ove vrste utvrđene u dubokim tropskim jezerima, svrstavaju se u R skupinu.

**Skupina S<sub>N</sub>** - Vrste koje naseljavaju tople vode, tolerantne su na miješanje vodenog stupca, a osjetljive na „ispiranje“. Ukoliko su ove vrste utvrđene u dubokim tropskim jezerima svrstavaju se u R skupinu. Tolerantne su na nedostatak svjetlosti i dušika. Tipični predstavnici: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *C. catemaco*, *C. philippinensis*, *Cylindrospermopsis* sp., *Anabaena minutissima*, *Raphidiopsis mediterranea*, *Raphidiopsis/Cylindrospermopsis*, *Raphidiopsis* sp.

**Skupina T** Vrste koje naseljavaju vode sa trajno izmiješanim slojevima, zatim duboka jezera s manjom količinom svjetlosti, uključujući čisti epilimnion dubokih jezera tijekom ljeta. Tipični predstavnici: *Geminella* spp., planktonska *Mougeotia* spp., *Tribonema* spp., *Planctonema lauterbornii*, *Mesotaenium chlamydosporum*, *Mesotaenium* sp.

**Skupina TB** - Vrste koje naseljavaju brze tekućice, potoke i rječice. Tipični predstavnici: epilitske dijatomeje *Didymosphaenia geminata*, *Gomphonema* spp., *Fragilaria* spp., *Achnanthes* spp., *Suirella* spp. i nekoliko vrsta koje pripadaju rodovima *Nitzschia*, *Navicula*, *Melosira*, neke vrste reda Pennales i *Gomphonema parvulum*.

**Skupina W1** - Vrste koje naseljavaju ribnjake s velikom količinom organskih tvari obogaćene uslijed poljoprivredne proizvodnje, uzgoja riba ili otpadnih voda. Osjetljive su na hranidbeni pritisak zooplanktona. Tipični predstavnici: Euglenophyta (*Euglena* spp., *Phacus* spp., *Lepocinclis* spp.), osim „bottom-dwelling“ vrsta *Gonium* spp. i *Vacuolaria tropicalis*.

**Skupina W2** - Vrste koje naseljavaju mezotrofne do eutrofne ribnjake, ponekad i plitka jezera. Tipični predstavnici: „bottom dwelling“ Euglenophyta kao što su *Trachelomonas* spp. i *Strombomonas* spp.

**Skupina W<sub>s</sub>** - Vrste koje naseljavaju ribnjake, povremeno bogate organskim tvarima koje su nastale truljenjem vegetacije (humusna tla), ali ne kisela. Tipični predstavnici: *Synura* spp. kao što su *S. uvella*, *S. pettersonii*, ali u ovu skupinu ne pripada *S. sphagnicola* jer nije planktonska.

**Skupina X1** - Vrste koje naseljavaju plitke, eutrofne do hipertrofne vode. Tolerantne su na stratifikaciju, a osjetljive na miješanje vodenog stupca. Tipični predstavnici: *Monoraphidium contortum*, *M. convolutum*, *M. griffithii*, *M. minutum*, *M. circinale*, *M. pseudomirabile*, *M. dybowskii*, *M. pseudobraunii*, *M. tortile*, *M. arcuatum*, *M. pusillum*, *M. cf. nanum*, *Monoraphidium* spp., *Ankyra* spp., *Chlorolobium* sp., *Didymocystis bicellularis*, *Ankistrodesmus* spp., *Chlorella vulgaris*, *Chlorella homosphaera*, *Chlorella* spp., *Pseudodidymocystis fina*, *Keryochlamys styriaca*, *Ochromonas cf. viridis*, *Choricystis minor*, *Choricystis cylindraceae*, *Schroederia* sp., *Schroedriella setigera*.



**Skupina X2** - Vrste koje naseljavaju plitke, mezotrofne do eutrofne vode. Tolerantne su na stratifikaciju, a osjetljive na miješanje vodenog stupca. Tipični predstavnici: *Plagioselmis/Rhodomonas*, *Chrysocromulina* sp, *Carteria complanata*, *Chlamydomonas depressa*, *C. microsphaera*, *C. passiva*, *C. cf. muriella* (Devercelli 2006); *C. planctogloea*, *C. sordida*, *Chlamydomonas* spp., *Pedimonas* sp., *Pteromonas variabilis*, *Pyramimonas tetrahynchus*, *Spermatozoopsis exultans*, *Monas*, *Spermatozoopsis* sp., *Scourfeldia cordiformis*, *Katablepharis*, *Kephyrion*, *Pseudopedinella*, *Chrysolykos*, *Coccomonas* sp., *Ochromonas* sp., *Chroomonas* sp., *Cryptomonas pyrenoidifera*, *Cryptomonas brasiliensis*.

**Skupina X3** - Vrste koje naseljavaju plitke oligotrofne vode. Osjetljive su na miješanje vodenog stupca i hranidbeni pritisak zooplanktona. Tipični predstavnici: *Koliella* spp., *Chrysococcus* spp., *Chlorella* spp., eukariotski pikoplankton, *Chromulina* spp., *Ochromonas* spp., *Chrysidalis* sp., *Schroederia antillarum*, *S. setigera*.

**Skupina Y** - Ova skupina uključuje velike criptomonadine, ali i male dinoflagelate koji nastanjuju širok raspon staništa ukoliko je slab hranidbeni pritisak zooplanktona. Tipični predstavnici: *Cryptomonas* spp., *Glenodinium* spp., male vrste *Gymnodinium* spp., *Teleaulax* sp., *Komma caudata*.

### 1.1.3. Važnost fitoplanktona u procjenama ekološke vrijednosti voda

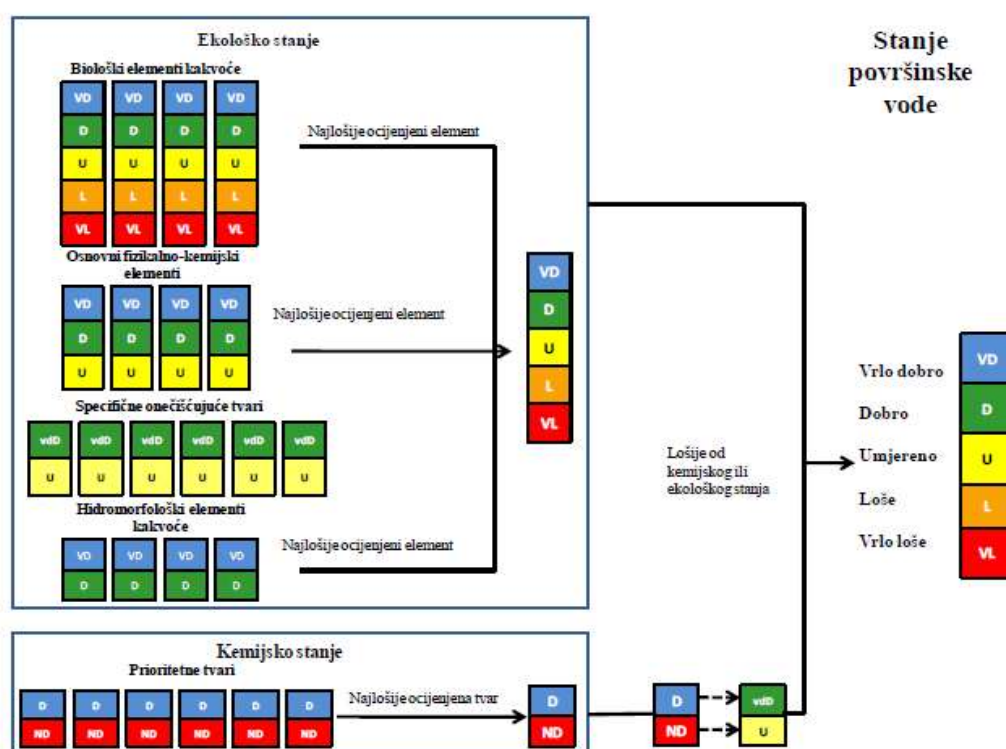
Okvirna Direktiva o vodama (2000/60/EZ) Europskog parlamenta uspostavlja okvire djelovanja Europske Zajednice na području politike voda postavljajući time osnovne principe održive politike voda EU. Glavni okolišni ciljevi zadani Okvirnom Direktivom o vodama su: (1) nema pogoršanja statusa površinskih i podzemnih voda; (2) zaštita, unaprjeđenje i restauracija svih vodnih tijela; (3) postizanje dobrog ekološkog i kemijskog stanja površinskih i dobrog kemijskog i kvantitativnog stanja podzemnih voda do 2015. godine; (4) progresivno smanjenje onečišćenja od prioritarnih tvari; (5) promjena bilo kojih značajnih i neprekidnih trendova onečišćenja podzemnih voda i (6) postizanje standarda i ciljeva za zaštićena područja (Sheridan i Barrister 2007). Direktiva 2000/60/EZ, ali i razne druge Direktive koje se tiču politike voda implementirane su u Zakon o vodama izmjenama i dopunama Zakona (NN 56/13).

Sukladno Dodatku V Okvirne Direktive o vodama, Hrvatska je kao članica Europske Unije implementirala odrednice ovog Dodatka u Uredbu o standardu kakvoće vode (NN 73/13) kojom se propisuju elementi kakvoće za klasifikaciju ekološkog stanja površinskih i prijelaznih voda.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) stanje površinskih voda određuje se na temelju ekološkog i kemijskog stanja tijela. Ekološko stanje površinskih voda ocjenjuje se u odnosu na biološke, hidromorfološke i osnovne fizikalno-kemijske i kemijske elemente. Na temelju rezultata ocjene elemenata kakvoće tijela, površinske vode razvrstavaju se u kategorije ekološkog stanja: vrlo dobro,

dobro, umjereno, loše i vrlo loše ekološko stanje (Slika 2). Monitoring stanja površinskih voda u Republici Hrvatskoj provode Hrvatske vode koje prema Planu monitoringa određuju mjerne profile koji su uspostavljeni na način da osiguravaju cjelovit pregled ekološkog i kemijskog stanja vodnog područja, dok sam monitoring može biti nadzorni, operativni i istraživački.

Glavni biološki elementi kakvoće rijeka i jezera su: fitoplankton, makrofita, fitobentos, makrozoobentos i ribe. S obzirom na stanje površinskih voda koje se mijenja od vrlo dobrog ka umjerenom stanju, paralelno se prati i promjena sastava fitoplanktona. Za rijeke pokazatelji ekološkog stanja su biološki element kakvoće, fitoplankton odnosno pokazatelji klorofil *a* i riječni potamoplanktonski indeks, a za jezera klorofil *a*, ukupna biomasa fitoplanktona i udio taksonomskih skupina fitoplanktona.



Slika 2. Shematski prikaz klasifikacija stanja površinskih voda (preuzeto iz Priloga 3. Uredbe o standardu kakvoće voda NN 73/13)

Prema Prilogu 7. Uredbe o standardu kakvoće voda učestalost nadzornog monitoringa elemenata kakvoće za fitoplankton rijeka i jezera provodi se svakih 6 mjeseci. Klorofil *a* ujedno se u rijekama i jezerima ubraja u granične vrijednosti i pokazatelje eutrofikacije s vrijednostima 5,9 - 20  $\mu\text{g/L}$  za vrlo dobra stanja i 10 - 40  $\mu\text{g/L}$  za dobra stanja rijeka, dok je za jezera 1,2 - 4 i 2,5 - 7  $\mu\text{g/L}$ . Točne granične vrijednosti su određene za svaki ekološki tip jezera.

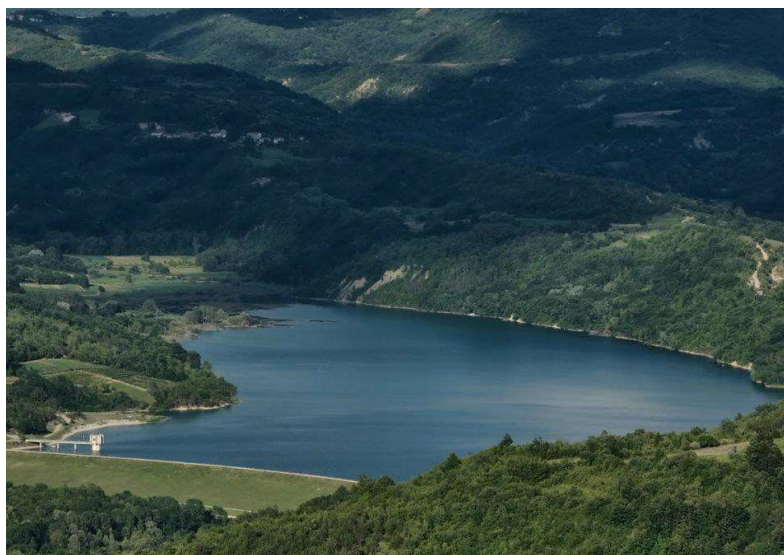
## 1.2. Cilj istraživanja

Struktura fitoplanktonske zajednice određena je odnosom između abiotičkih i biotičkih čimbenika okoliša te je važan pokazatelj i deskriptor stanja vodenih ekosustava. Predmet ovog rada je sistematizirati i analizirati prikupljene podatke tijekom petogodišnjih istraživanja (2014.-2018.) fitoplanktona u akumulaciji Butoniga s naglaskom na:

- prema metodologiji usklađenoj s Okvirnom Direktivom o vodama (ODV) izraditi metabazu prikupljenih podataka za fitoplankton, biološki element kakvoće (BEK) vode
- prema ukupnoj brojnosti (broj stanica/L) i dominantnim vrstama tipizirati fitoplanktonsku zajednicu akumulacije Butoniga
- na osnovi dominantnih i kodominantnih vrsta te njihovih ekoloških valenci odrediti funkcionalne grupe tijekom razvoja fitoplanktonske zajednice akumulacije
- odrediti utjecaj biotičkih i abiotičkih čimbenika na sastav, brojnost i sezonsku dinamiku fitoplanktonske zajednice
- na osnovu indikatorskih vrijednosti trofičkog indeksa dijatomeja ( $TID_{HR}$ ) i koncentracije klorofila *a*, procijeniti ekološko stanje akumulacije na osnovi fitoplanktona
- na osnovu indikatorskih vrijednosti saprobnog indeksa ( $SI_{HRIS}$ ) odrediti kakvoću vode akumulacije Butoniga

## 1.3. Područje istraživanja

Akumulacija Butoniga (Slika 3) umjetno je jezero smješteno u slivu rijeke Mirne, na području gradova Buzet i Pazin, a čine ga tri kraka koji se spajaju u središnje vodeno tijelo. Najveća pritoka na južnom kraju jezera je rječica Butoniga, centralni krak nastaje utokom potoka Podmerišće, a potok Račice tvori sjeveroistočni krak akumulacije. Jezero se uz pritoke opskrbljuje vodom i iz slivnog područja površine 73 km<sup>2</sup>.



Slika 3. Akumulacija Butoniga

(izvor <https://www.flickr.com/photos/109264249@N03/10958332944>)

Prema podacima iz studije istraživanja akumulacije Butoniga (Mrakovčić i sur. 2005) ukupna površina akumulacije je 2,5 km<sup>2</sup> kod ispunjenosti do kote 41 m nad morem. Normalna razina ispunjenosti akumulacije je do kote 36 metara nad morem zimi i 38 metara nad morem ljeti radi kapaciteta prihvata poplavnih voda. Razina vode u akumulaciji regulira se ispuštanjem kroz temeljni ispušt koji je na koti 22,5 metara nad morem. Kad je akumulacija ispunjena do kote 41 metar nad morem najveći kapacitet protoka kroz temeljni ispušt je 87 m<sup>3</sup> u sekundi.

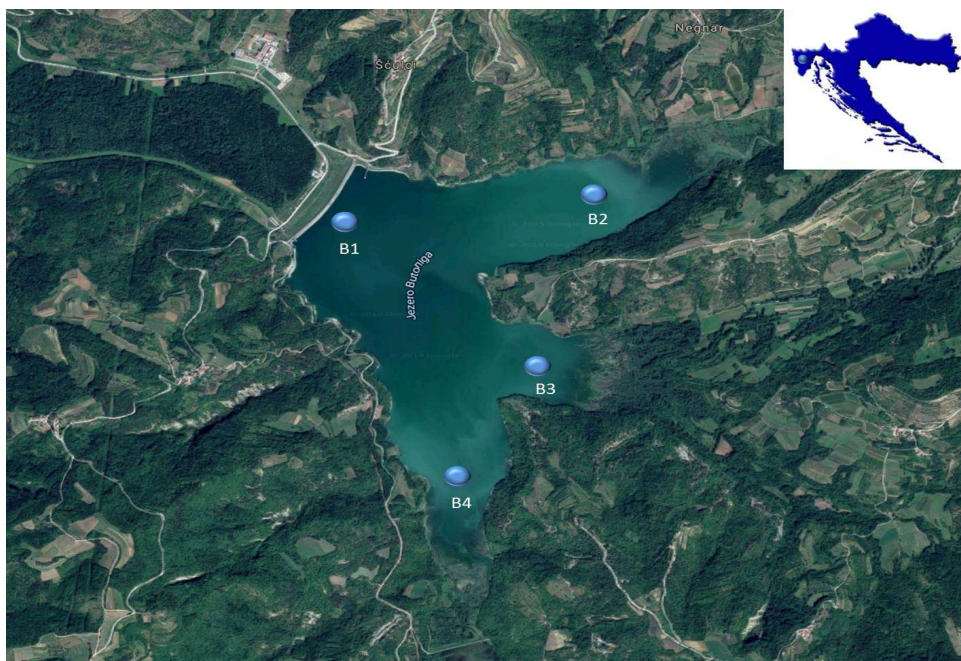
Prvobitna je namjena akumulacije bila obrana od poplava i navodnjavanje, ali se tijekom planiranja izgradnje pojavio i problem vodoopskrbe na južnom dijelu istarskog poluotoka te je namjena proširena za osiguranje vode za vodoopskrbu. Osnovano je poduzeće Vodoopskrbni Sustav Istre–Vodovod Butoniga sa zadatkom izgradnje cjevovoda u dužini od 80 km do Pule i postrojenja za kondicioniranje vode kapaciteta 1000 L u sekundi u prvoj fazi. Nakon prvobitne prenamjene izrađen je glavni projekt koji je odredio tehničke značajke nasute brane i akumulacijskog jezera:

- maksimalna visina (kota krune)	+ 44,7 m. n. m.
- dužina brane po kruni	576 m
- kota preljeva	+ 41,0 m. n. m.
- volumen do kote preljeva	19,7 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
- mrtvi prostor (za nanos)	2,2 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

Brana je sagrađena 1987. godine, a akumulacija je prvi puta napunjena 1988. godine. Kao kapitalni objekt obrane od poplave pokazala je svoje značenje posebice za vrijeme velikih poplava 1991. i 1992. godine.

U akumulaciji Butoniga uzorkovanje je provedeno na četiri vertikalna profila (Slika 4).

- B1 - lociran je uz branu, na najdubljem dijelu akumulacije. Dubina vodenog stupca je do 13 metara.
- B2 - smješten je u kraku akumulacije, gdje utječe potok Račice. Dubina vodenog stupca doseže do 10 metara.
- B3 - nalazi se nasuprot brani na plićem dijelu akumulacije kod utoka potoka Podmerišće. Dubina vodenog stupca doseže do 5 metra.
- B4 - nalazi se na kraku akumulacije gdje utječe potok Butoniga. Dubina vodenog stupca doseže do 6 metara.



Slika 4. Položaj istraživanih profila (izvor <https://www.google.com/maps/dir///>)

Sustavno praćenje trofičkih i biološko-ekoloških obilježja fitoplanktonske zajednice akumulacije Butoniga započelo je još davne 1999. godine (Plenković-Moraj 2000) i traje do danas (Mustafić i sur. 2019) u sklopu istraživanja i optimizacije ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije. Redovito se tijekom vegetacijskog razdoblja (proljeće, ljeto, jesen) sabiru i analiziraju uzorci s ciljem procjene stanja trofije i kakvoće vode akumulacije Butoniga temeljem fizikalno-kemijskih i biološko-ekoloških parametara. Uzorci nisu sabirani zimi jer naručitelj istraživanja Vodoopskrbni Sustav Istre–Vodovod Butoniga vodeći se Okvirnom Direktivom o vodama (ODV) nije tražio uzrokovanje u zimskom periodu. U zimskom periodu prisutno je vrlo malo fitoplanktona te ne utječe značajno na kvalitetu vode akumulacije Butoniga.

Tijekom niza godina Laboratorijsko postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, provodi analize fizikalno-kemijskih parametara: temperatura, mutnoća; otopljeni kisik, zasićenje kisikom, utrošak  $\text{KMnO}_4$ , amonijak, ukupni fosfor i anorganski fosfor u obliku orto-fosfata; željezo, mangan i aluminij ukupni organski ugljik (TOC). Paralelno sa sabiranjem potrebnih uzoraka za analizu navedenih parametara sabirani su uzorci vode za analizu klorofila *a* te gustoću nativnog fitoplanktona, a na terenu su mjereni prozirnost i reakcija vode pH vrijednost te električna vodljivost. Kemijska analiza vode rađena je prema standardnim analitičkim metodama (APHA 1995).

U Tablici 5. prema rezultatima istraživanja Laboratorijskog postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga prikazane su mjerodavne vrijednosti kakvoće vode i ocjene stanja po skupini pokazatelja samo za 2017. godinu zbog toga što ukupnu ocjenu karakterizira najlošija vrijednost, a dobiveni rezultati, implementirani u nedostatne regulative procjene ekološkog potencijala akumulacija, ne odražavaju nativno stanje.

Na svakom od četiri istraživana vertikalna profila akumulacije Butoniga sakupljani su kompozitni uzorci tijekom vegetacijskog razdoblja fitoplanktona (svibanj-studen) ovisno o dubini istraživanog profila u razdoblju 2014.-2018. Uzorci fitoplanktona su na terenu fiksirani 2% formaldehidom (konačna koncentracija). Djelatnici laboratorija za slatkovodnu algologiju Biološkog odsjeka PMF-a izračunali su apsolutnu učestalost fitoplanktonskih vrsta prebrojavanjem stanica i preračunavanjem na litru prema Utermöhl (1958) metodi. Kod kolonijalnih i nitastih oblika prebrojavane su sve stanice unutar pojedine morfološke strukture. Svaki poduzorak od 10 mL sedimentirali su najmanje 6 sati. Stanice manje od 20  $\mu\text{m}$  (nanofitoplankton) prebrojavali su u najmanje 15 nasumično odabranih vidnih polja uz pomoć invertnog mikroskopa Zeiss Axiovert 200 pri povećanju od 1000 X, a veće od 20  $\mu\text{m}$  u transektu pri povećanju od 400 X. Minimalno 400 sedimentiranih jedinica brojano je po uzorku uz pogrešku pri brojanju manju od 10 % (Lund i sur. 1958). Fitoplanktonske vrste mikroskopirane su svjetlosnim Zeiss Standard 20 opremljenim analognim Contax167MT fotoaparatom i invertnim Zeiss Axiovert 200 mikroskopima.

Kako je metodologija ocjene ekološkog potencijala za akumulacije tek u izradi, za potrebe ovog rada dati su samo preliminarni rezultati procjene ekološke kakvoće na osnovi metodološki pripremljenog fitoplanktonskog materijala za laboratorijsku obradu i analizu sukladno Uredbi o standardu kakvoća voda



Tablica 5. Prikaz mjerodavnih vrijednosti kakvoće vode i procjena skupine pokazatelja akumulacije Butoniga za 2017. (preuzeto iz studije Mustafić i sur. 2018)

Skupina pokazatelja	Pokazatelj i mjerna jedinica	Mjerodavna vrijednost					Vrsta vode					Ocjena po skupini pokazatelja					
		površ.	3 m	6 m	9 m	dno	površ.	3 m	6 m	9 m	dno	površ.	3 m	6 m	9 m	dno	
B1	Fizikalno- kemijski	pH	8,04	8,06	8,02	7,85	7,69	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Električna vodljivost (µS/cm)	382	368	388	440	460	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Režim kisika	Otopljeni kisik (mg O <sub>2</sub> /l)	9,71	9,76	10,8	8,45	5,74	I	I	I	III	III	III	III	III	III	III
		Zasićenost kisikom (%)	114,5	118,8	115,7	80,3	51,7	II	II	II	I	II	II	II	II	I	III
	Hranjive tvari	Utrošak KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	1,87	2,11	2,16	2,18	2,26	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Amonij (mg N/l)	0,14	0,23	0,28	0,23	0,68	II	II	II	II	IV	II	II	II	II	II
		Ukupan fosfor (mg P/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Prozirnost (m)	3,2					II									
	Biološki (Stupanj trofije)	Gustoća nativnog fitoplanktona (stanica/l)	1041000	1543000	1153000	1316000	312000	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
		Klorofil a (µg/l)	1,67	1,11	2,23	1,67	1,11	II	II	II	II	III	III	III	III	III	III
	Teški metali	Željezo (mg Fe/l)	0,07	0,07	0,09	0,07	0,14	II	II	II	II	III	III	III	III	III	III
		Mangan (mg Mn/l)	0,06	0,04	0,05	0,09	0,22	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Aluminij (mg Al/l)		0	0	0	0	0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
B2	Fizikalno- kemijski	pH	8,04	8,07	8,01	7,75	7,68	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Električna vodljivost (µS/cm)	367	367	387	445,5	451	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Režim kisika	Otopljeni kisik (mg O <sub>2</sub> /l)	9,89	10,13	11,12	9,16	4,5	I	I	I	III	III	III	III	III	III	III
		Zasićenost kisikom (%)	115,9	120,8	119,2	88,05	40,5	II	III	II	I	III	II	III	II	I	III
	Hranjive tvari	Utrošak KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	1,76	2	2,18	2,12	2,02	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Amonij (mg N/l)	0,17	0,21	0,28	0,3	0,45	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Ukupan fosfor (mg P/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Prozirnost (m)	3,2					II									
	Biološki (Stupanj trofije)	Gustoća nativnog fitoplanktona (stanica/l)	762000	1676000	1922000	1345000	3158000	II	III	III	III	III	II	III	III	III	III
		Klorofil a (µg/l)	1,11	2,23	2,23	1,67	1,11	II	II	II	II	III	III	III	III	III	III
	Teški metali	Željezo (mg Fe/l)	0,06	0,08	0,09	0,1	0,31	II	II	II	II	III	III	III	III	III	III
		Mangan (mg Mn/l)	0,03	0,09	0,1	0,15	0,67	II	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Aluminij (mg Al/l)		0	0	0	0	0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
B3	Fizikalno- kemijski	pH	8,03	8,06	7,95			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Električna vodljivost (µS/cm)	368	370	391			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Režim kisika	Otopljeni kisik (mg O <sub>2</sub> /l)	10,02	10,23	9,98			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Zasićenost kisikom (%)	116,2	117,5	104,3			II	II	I	I	II	II	I	I	I	I
	Hranjive tvari	Utrošak KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	2,11	2,03	2,26			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Amonij (mg N/l)	0,19	0,2	0,19			II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Ukupan fosfor (mg P/l)	0,01	0,01	0,02			II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Prozirnost (m)	3,2					II									
	Biološki (Stupanj trofije)	Gustoća nativnog fitoplanktona (stanica/l)	1530000	1296000	1876000			III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
		Klorofil a (µg/l)	1,11	3,88	2,23			II	II	I	I	II	II	II	II	II	II
	Teški metali	Željezo (mg Fe/l)	0,08	0,11	0,09			II	II	II	II	III	III	III	III	III	III
		Mangan (mg Mn/l)	0,08	0,06	0,12			III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Aluminij (mg Al/l)		0	0	0			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
B4	Fizikalno- kemijski	pH	8,04	8,06	7,98		7,92	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Električna vodljivost (µS/cm)	368	369	420		417	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Režim kisika	Otopljeni kisik (mg O <sub>2</sub> /l)	9,89	10,03	12,4		8,42	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Zasićenost kisikom (%)	114,7	115,2	144,5		99	II	II	IV	I	II	II	IV	I	I	I
	Hranjive tvari	Utrošak KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	2,34	2,56	2,18		2,4	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
		Amonij (mg N/l)	0,16	0,17	0,27		0,26	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Ukupan fosfor (mg P/l)	0,01	0,01	0,01		0,01	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
		Prozirnost (m)	2,7					II									
	Biološki (Stupanj trofije)	Gustoća nativnog fitoplanktona (stanica/l)	981000	1543000	1304000		930000	II	III	III	III	II	II	III	III	III	II
		Klorofil a (µg/l)	1,11	1,67	2,23		2,23	II	II	I	I	III	III	III	III	III	III
	Teški metali	Željezo (mg Fe/l)	0,07	0,07	0,11		0,24	II	II	III	III	III	III	III	III	III	III
		Mangan (mg Mn/l)	0,07	0,08	0,09		0,22	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Aluminij (mg Al/l)		0	0	0		0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	

Legenda:

Ekološko stanje:





(NN 73/13 i 151/14) te Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata (Hrvatske vode 2015).

Za determinaciju mikrofitskih vrsta koristili su relevantnu taksonomsku literaturu (West i West 1904, 1905, 1908, 1912; Huber-Pestalozzi 1950, 1982; Zabelina i sur. 1951, Golerbach i sur. 1953, Patrick i Reimer 1966, 1975; Hindak i sur. 1978; Coesel 1982, 1983, 1985, 1991, 1994, 1997; Jensen 1985, Popovsky i Pfiester 1990; Round i sur. 1990; Krammer i Lange-Bertalot 1991, 1991; Lenzenweger 1996, 1997, 1999; Lange-Bertalot 2001; John i sur. 2002; Wehr i Sheath 2003). U uzorcima je fitoplankton determiniran do vrste ili do roda. Pri izradi Metabaze uskladio sam nazivlja vrsta i autora sukladno izvorniku prema AlgaeBase (Guiry i Guiry 2015). Indikatorske vrijednosti vrsta definirao sam prema izvorniku Hrvatske vode (2015). Analizu strukture i sastava fitoplanktonske zajednice proveo sam uz pomoć opisne statistike: računalnog programa Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation 2010) i paketa STATISTICA 11.0.

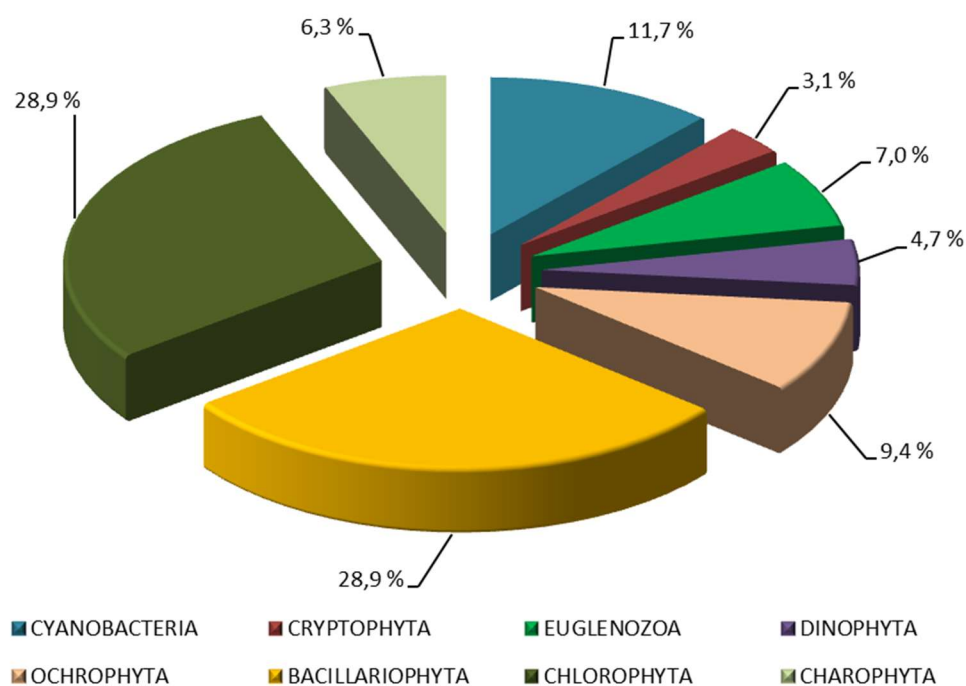
Za svaku varijablu izračunao sam osnovne statističke parametre (srednja vrijednost, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrijednost). Normalnost distribucije varijabli potvrdio sam korištenjem Kolmogorov-Smirnov i Shapiro-Wilks W testa, a homogenost varijance korištenjem Levene testa.

Varijable koje su odstupale od normalne distribucije sveo sam na istu logaritmiranjem ili drugom odgovarajućom matematičkom metodom. Nakon normalizacije podataka, ispitao sam potencijalnu razliku između grupa podataka za svaku varijablu korištenjem Analize varijance dok sam za potvrdu razlike između svih parova skupina za svaku varijablu koristio Newman-Keuls test.

Za potvrđivanje potencijalnog utjecaja prediktorskih varijabli (vertikalni profil uzorkovanja, godina uzorkovanja, sezona) na zavisne varijable koristio sam generalni regresijski model čiji su rezultati prikazani u formi Pareto dijagrama t-vrijednosti. Statistička značajnost u svim korištenim metodama je svedena na  $p < 0,05$ .

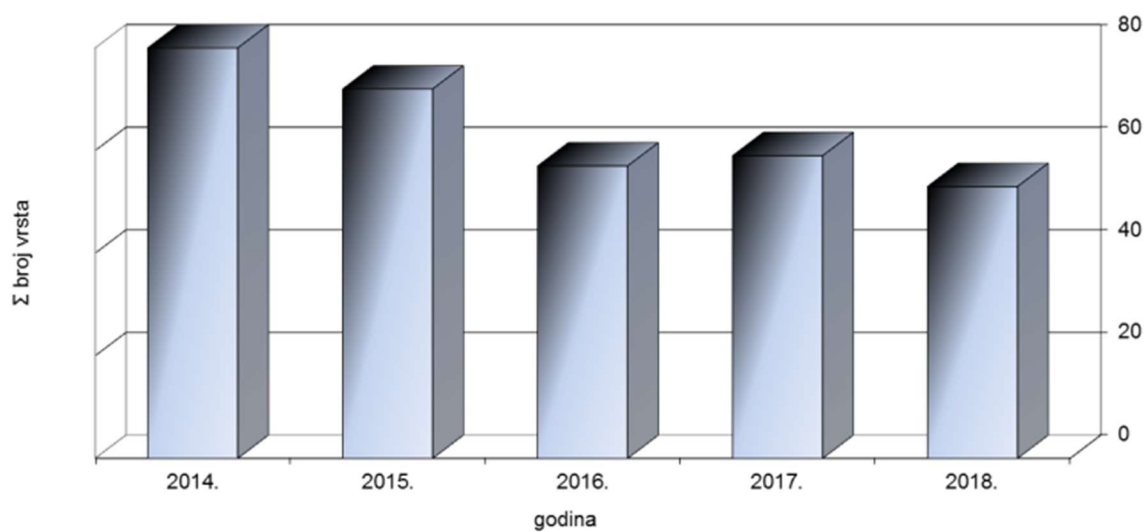
### 3.1. Taksonomski sastav zajednice fitoplanktona

Tijekom istraživnog razdoblja (2014.-2018.) u fitoplanktonskoj je zajednici, na sva četiri vertikalna profila akumulacije Butoniga (Tablica 2; Slika 5, 7 i 8), utvrđeno 128 vrsta (Mustafić i sur. 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). Brojnošću vrsta (45 vrsta) dominiraju zelene alge (skupine Chlorophyta i Charophyta), a subdominantna je skupina Bacillariophyta s 37 vrsta. Najveći broj (80) vrsta utvrđen je 2014., a najmanji (53), 2018. godine, dok je tijekom cjelokupnog istraživačkog razdoblja u odnosu na vertikalne profile najveći broj vrsta zabilježen na profilu B3 (100 vrsta), a najmanji tj. 68 vrsta na B2 (Slika 6). Redovito prisutne vrste u svim uzorcima su: *Cryptomonas* sp. <10 µm, *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin, *Dinobryon bavaricum* Imhof, *Dinobryon crenulatum* West & G.S.West, *Dinobryon divergens* O.E.Imhof, *Cyclotella* spp., *Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová i *Tetrastrum komarekii* Hindák.

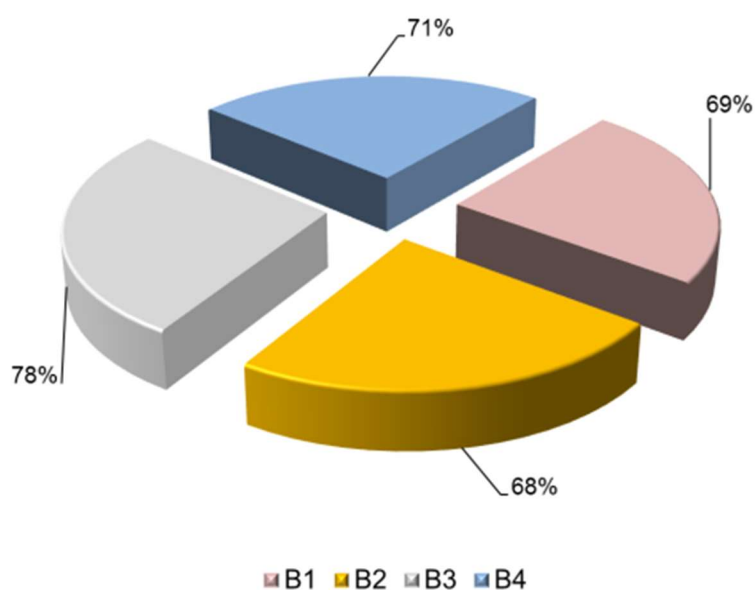


Slika 5. Udio (%) vrsta pojedinih skupna alga u fitoplanktonskoj zajednici akumulacije Butoniga (2014.-2018.)

A)



B)



Slika 6. A) Ukupan broj vrsta ( $\Sigma$ ) utvrđen u fitoplanktonskoj zajednici akumulacije Butoniga (2014.-2018.)

B) Prisutnost utvrđenih vrsta u fitoplanktonskoj zajednici akumulacije Butoniga (2014.-2018.) u svakom od istraživanih vertikalnih profila B1, B2, B3 i B4



Nastavak 1. Tablica 2.

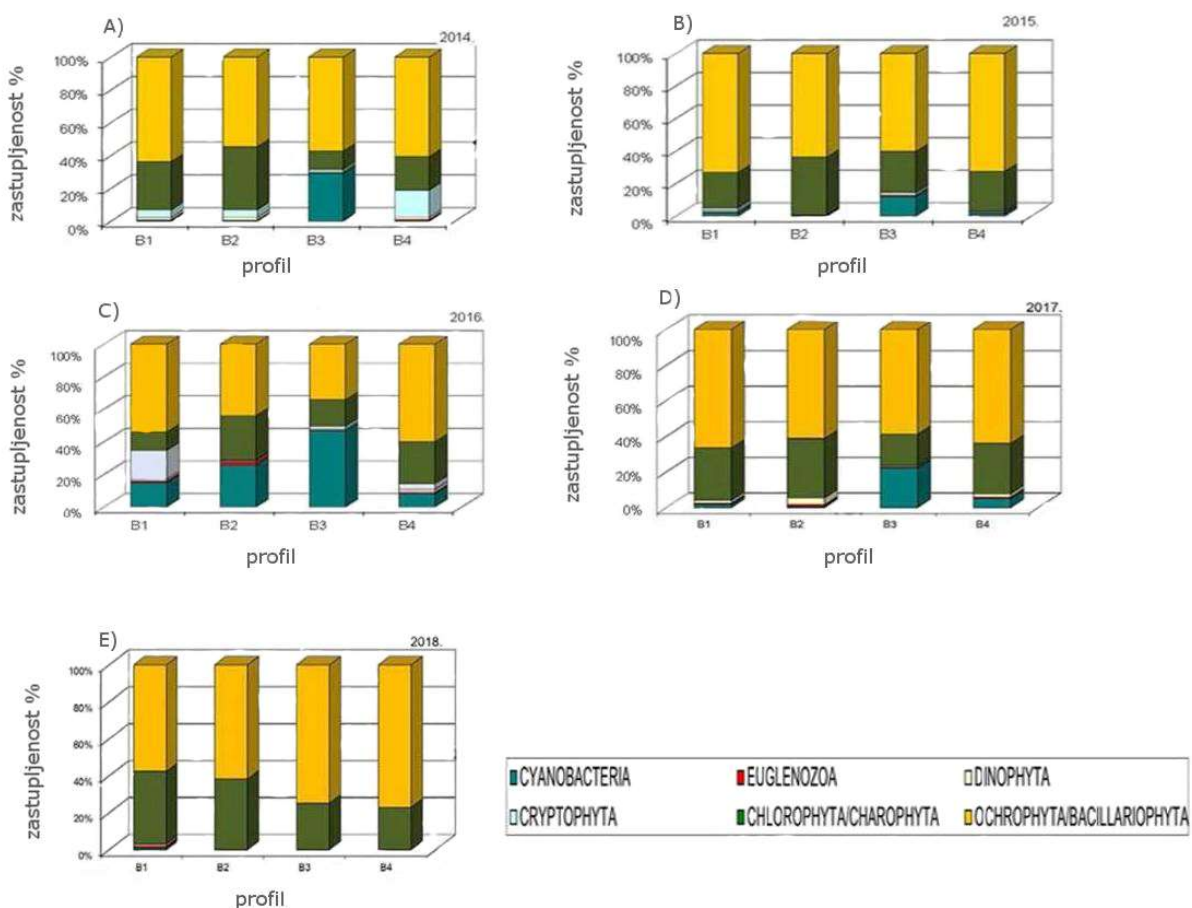
T A X A	KODON	TID <sub>HR</sub>	SI <sub>HRIS</sub>	F %	Godina / Postaja																			
					2014.				2015.				2016.				2017.				2018.			
					B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
<b>OCHROPHYTA</b>																								
<i>Bitrichia chodatii</i> (Reverdin) Chodat			1,2	95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof			1,2	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Dinobryon crenulatum</i> West & G.S.West			1,4	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof			1,8	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg			2,1	5					*															
<i>Dinobryon sociale</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			1,3	65	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Epipyxis utriculus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			1,2	10					*	*														
<i>Mallomonas</i> spp.			1,7	75	*		*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Ochromonas</i> sp.			2,0	15									*	*	*									
<i>Pseudokephyron entzii</i> W.Conrad			1,4	95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Synura</i> sp.				5																	*			
<i>Uroglena volvox</i> Ehrenberg			1,9	30	*	*	*	*	*	*														
<b>BACILLARIOPHYTA</b>																								
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czamecki		-	2,2	25			*	*	*	*	*													
<i>Achnanthydium</i> sp.		1,4	2,0	85	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		3,2	1,7	15		*		*	*															
<i>Amphora</i> sp.		3,2	1,8	35				*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Aulacoseira</i> sp.		2,6	2,2	10													*	*						
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		2,5	1,8	25	*	*		*	*	*														
<i>Cyclotella</i> spp.		2,0	1,6	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith		3,2	2,2	20				*	*		*	*												
<i>Cymbella affinis</i> Kützing		2,2	1,5	10					*								*							
<i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) Kirchner		2,2	1,9	20				*						*	*	*								
<i>Cymbella</i> sp.		2,2	1,8	15		*													*	*				
<i>Diatoma</i> sp.		2,0		5															*					
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent		2,6	2,3	15														*	*	*	*			
<i>Diploneis</i> sp.		2,0	1,2	30							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer		2,2	1,8	20	*	*	*	*																
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières		1,5	1,6	35				*	*	*								*	*	*	*			
<i>Fragilaria</i> sp.		1,6	1,6	30				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Gomphonema</i> sp.		2,0	2,2	5							*													
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		2,2	2,0	15				*	*							*								
<i>Gyrosigma</i> sp.		2,8	2,2	10		*														*				
<i>Melosira</i> sp.		-	-	5					*															
<i>Melosira varians</i> C. Agardh		3,2	2,0	10															*	*				
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		2,6	2,8	30	*	*	*	*	*	*	*													
<i>Navicula minima</i> Grunow		5,0	2,2	35	*	*	*	*	*	*	*				*	*								
<i>Navicula</i> sp.		2,6	2,0	60	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith		2,5	2,7	30	*	*	*	*	*	*	*													

## Nastavak 2. Tablica 2

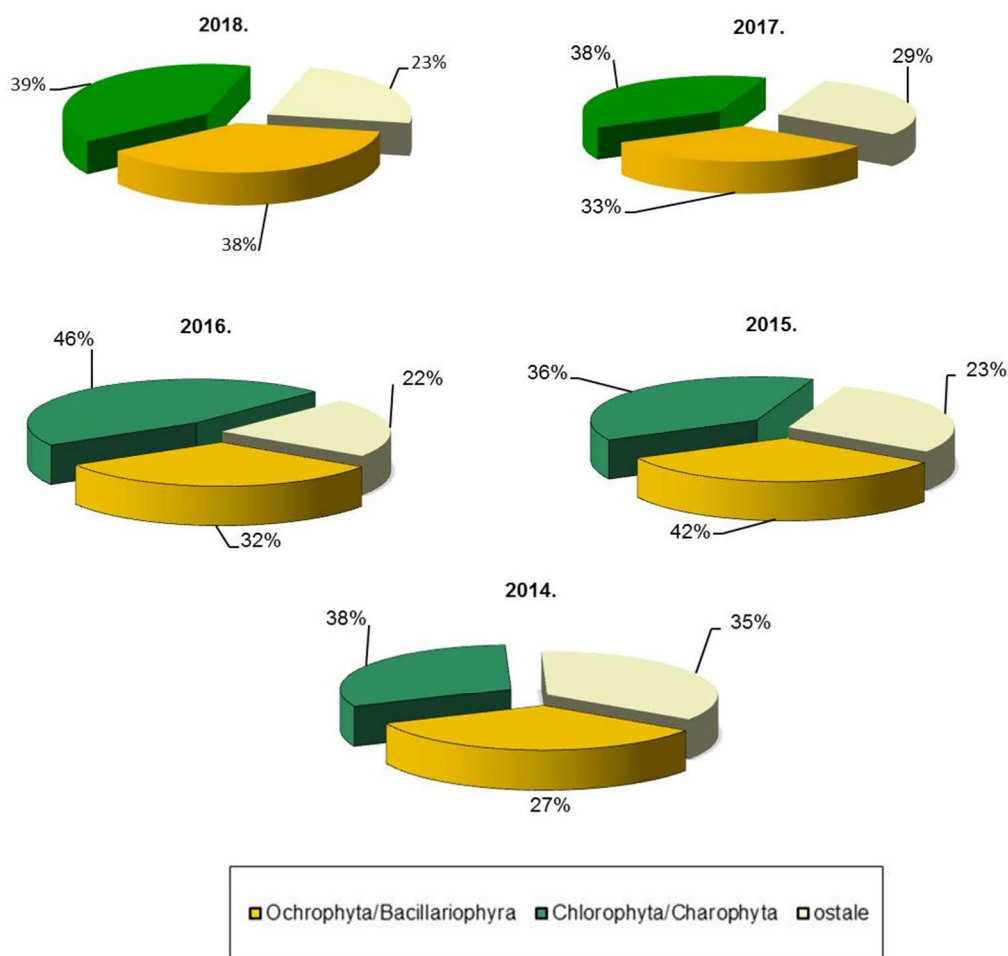
T A X A	KODON	TID <sub>HR</sub>	SI <sub>HRIS</sub>	F %	Godina / Postaja																			
					2014.				2015.				2016.				2017.				2018.			
					B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith		4,0	2,8	20	*	*	*		*															
<i>Nitzschia</i> sp.		3,2	2,3	5													*							
<i>Pinnularia</i> sp.		1,0	1,8	5	*		*																	
<i>Planothidium</i> sp.		2,0	2,1	30	*	*	*	*	*	*	*	*												
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O.Müller		1,2	1,3	30		*											*	*	*		*	*	*	
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovskiy		2,6	2,2	15	*	*			*															
<i>Sellaphora</i> sp.		2,6	2,2	5		*																		
<i>Synedra</i> sp.		1,6	2,2	40	*	*	*	*									*	*	*	*				
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M.Aboal		2,1	2,2	20																	*	*	*	*
<i>Ulnaria capitata</i> (Ehrenberg) P.C. Compère		4,0	1,5	40		*	*	*	*	*	*	*					*							
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère		2,1	2,2	55	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
<b>CHLOROPHYTA</b>																								
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs			2,1	10													*							*
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korshikov			1,8	10			*			*														
<i>Ankyra judayi</i> (G.M.Smith) Fott			2,1	70	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chlamydomonas</i> sp.			2,8	25			*														*	*	*	*
<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) J.H. Belcher & Swale				15			*	*			*													
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris			2,0	15			*	*									*							
<i>Crucigenia</i> sp.				5			*																	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze			2,1	30	*	*	*	*			*	*												
<i>Crucigeniella</i> sp.			2,3	15																		*	*	*
<i>Desmodesmus armatus</i> (R.Chodat) E.Hegewald s/bicaudatus			2,0	20		*											*				*			*
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat			1,8	5		*																		
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) K.Möbius			2,2	55	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Koliella spiculiformis</i> (Vischer) Hindák			1,8	25	*	*	*										*						*	
<i>Korshikoviella limnetica</i> (Lemmermann) P.C. Silva				10	*		*																	
<i>Messastrum gracile</i> (Reinsch) T.S. Garcia			2,1	5			*																	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová			2,2	5		*																		
<i>Monoraphidium dybowskii</i> (Woloszynska) Hindák & Komárková-Legnerová			2,2	10							*								*					
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová			2,5	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Oedogonium</i> sp.				5															*					
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat			1,0	5															*					
<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg			1,0	40	*	*	*	*	*	*	*	*												
<i>Oocystis</i> spp.			1,9	95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent			2,1	10		*									*									
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M.Smith			1,6	10																	*	*		*
<i>Radiococcus planctonicus</i> J.W.G.Lund				15	*	*			*															
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann			1,8	40		*											*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus armatus</i> (Chodat) Chodat			2,0	5							*													
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat	J		1,7	80	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## Nastavak 3 Tablica 2.

T A X A	KODON	TID <sub>HR</sub>	Sl <sub>HRIS</sub>	F %	Godina / Postaja																			
					2014.				2015.				2016.				2017.				2018.			
					B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	J		2,1	35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus</i> sp.	J		1,4	25					*	*	*	*				*								
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	F		1,4	55	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*				
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald	-		1,8	5			*																	
<i>Tetraedron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg	J		2,0	90	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tetraselmis cordiformis</i> (N.Carter) Stein	G		2,2	95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák	J		2,0	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Treubaria triappendiculata</i> C.Bernard	J		1,7	15	*					*	*													
<i>Trochiscia</i> sp.	-		1,2	90	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>CHAROPHYTA</b>																								
<i>Cosmarium</i> spp.	N		1,8	60	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	F		1,3	85	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gonatozygon brebissonii</i> De Bary	T <sub>D</sub>			5			*																	
<i>Gonatozygon</i> sp.	T <sub>D</sub>			15		*									*	*								
<i>Mougeotia</i> sp.	T		1,4	80	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs	N		1,4	50		*	*	*	*	*	*	*			*				*		*	*	*	*
<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Talling	N		1,7	35					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Staurodesmus</i> sp.	N		1,7	10											*								*	



Slika 7. Zastupljenost (%) skupina u fitoplanktonskoj zajednici akumulacije Butoniga tijekom istraživanja (2014.-2018.) na vertikalnim profilima B1, B2, B3 i B4; A) 2014. g., B) 2015. g., C) 2016. g., D) 2017. g., E) 2018. g.

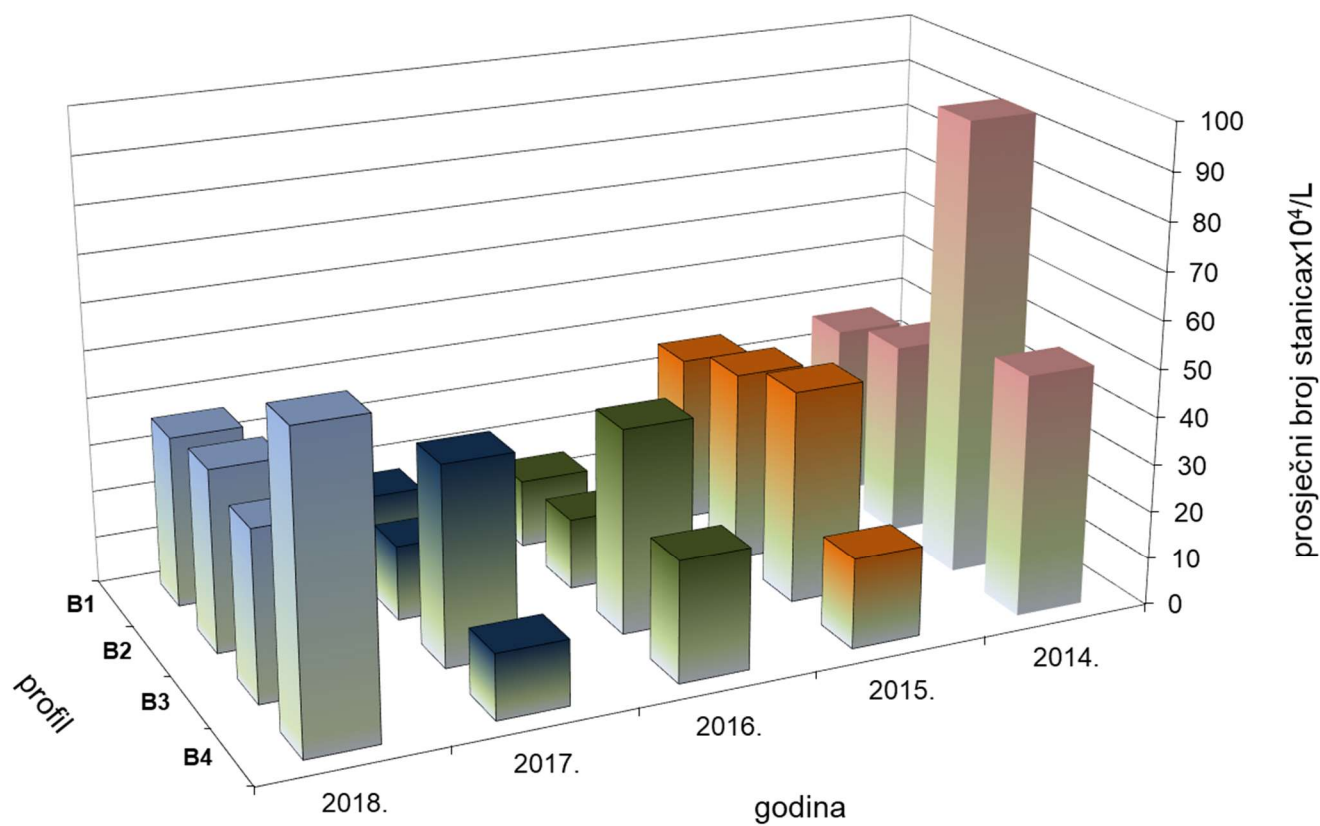


Slika 8. Postotni udio ukupnog broja stanica/L dominantnih fitoplanktonskih skupina akumulacije Butoniga tijekom istraživanja (2014.-2018.)

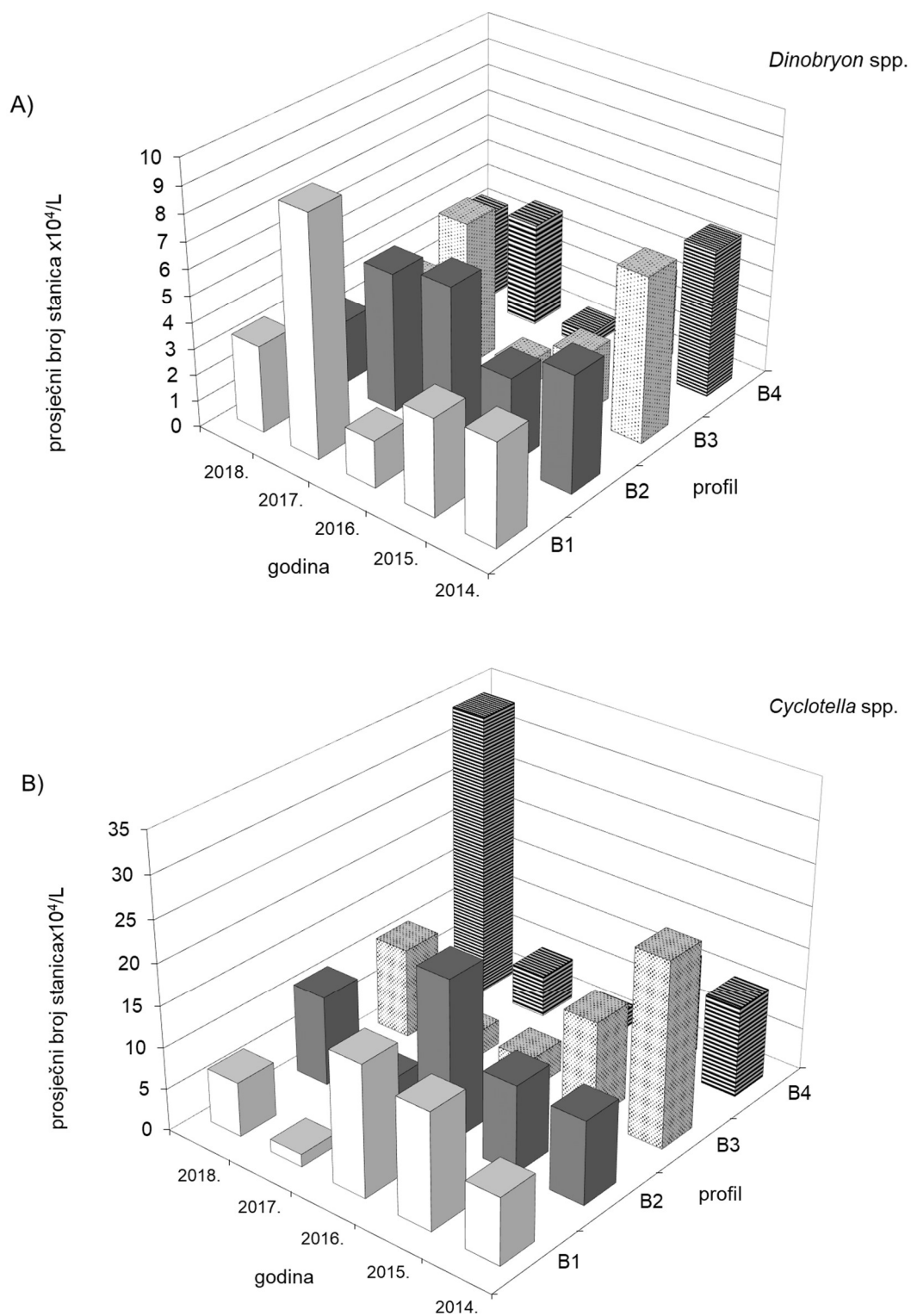
Tijekom provedenih istraživanja u razdoblju 2014.-2018. u fitoplanktonskoj zajednici abundancijom broja stanica/L redovito dominiraju skupine Ochrophyta i Bacillariophyta (Slika 9) Izraziti maksimum gustoće fitoplanktonske zajednice 2014. godine posljedica je snažnog razvoja vrste *Pseudanabaena catenata* Lauterborn na vertikalnom profilu B3. Odnos gustoće (prosječan broj stanica $\times 10^4$ /L) dominantnih rodova *Dinobryon* i *Cyclotella* u fitoplanktonskoj zajednici akumulacije Butoniga ukazuju da se nakon navedenog naglog porasta broja stanica fitoplanktonska zajednica akumulacije Butoniga posljednjih godina stabilizirala (Slika 9 i 10).

Navedeni su rodovi gotovo redovito dominantni tijekom čitavog razdoblja istraživanja uz kodominaciju zelenih algi (*Tetrastrum komarekii* Hindák i *Oocystis* sp.) te cijanobakterije *Konvophoron* sp. (ex *Romeria*).



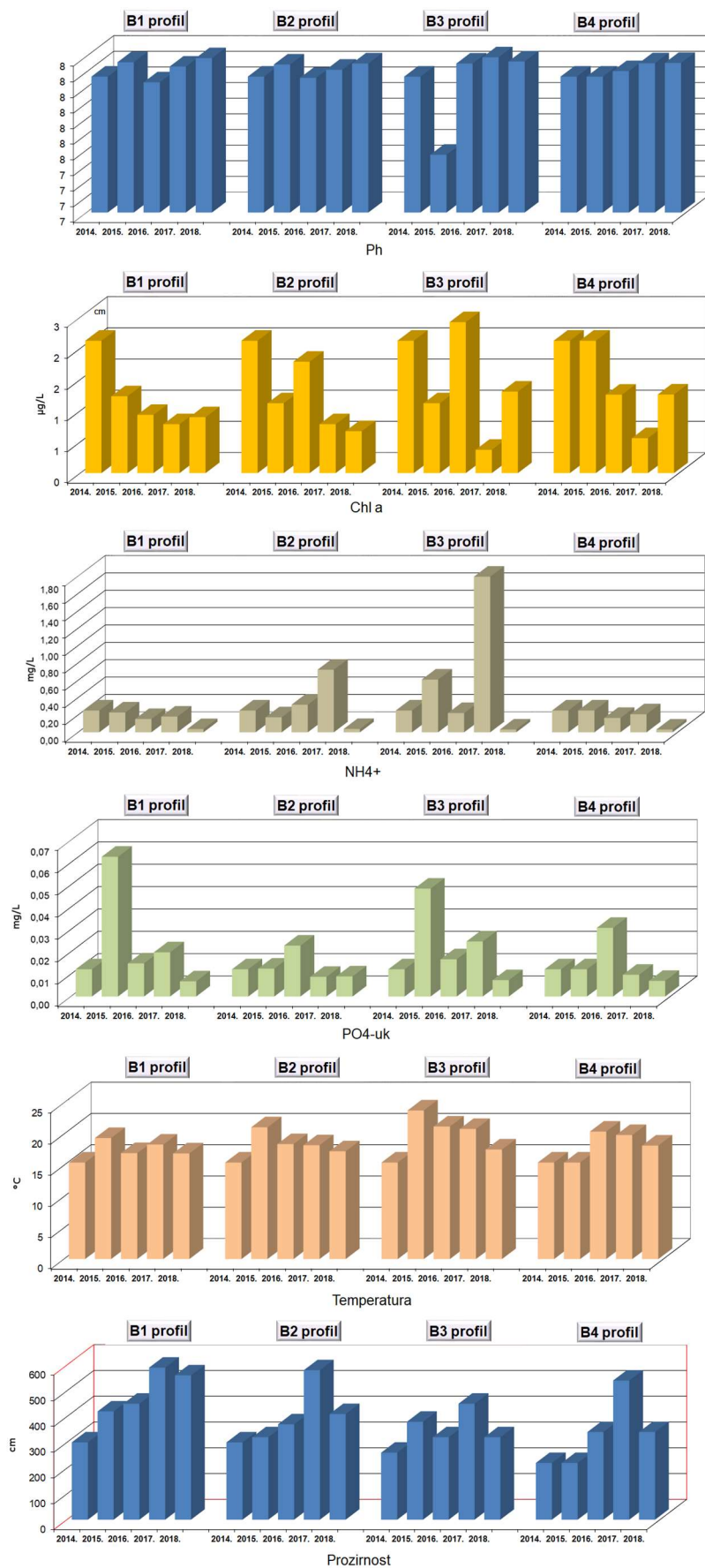


Slika 9. Gustoća fitoplanktonske zajednice (broj stanica/L akumulacije Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018.) na vertikalnim profilima B1, B2, B3 i B4.



Slika 10. Prosječan broj stanica/L A) *Dinobryon* spp., B) *Cyclotella* spp. u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. na vertikalnim profilima B1, B2, B3 i B4.

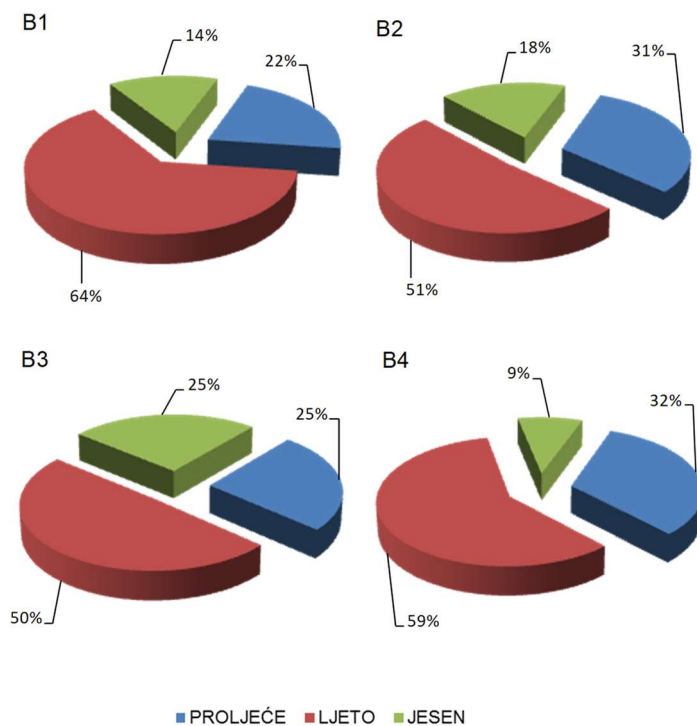
Rezultati mjerenja, Laboratorijskog postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga, relevantnih fizičko kemijskih parametara prikazani su u slici 11.



Slika 11. Fizičko-kemijski parametri vode i klorofil a u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. na vertikalnim profilima B1, B2, B3 i B4.

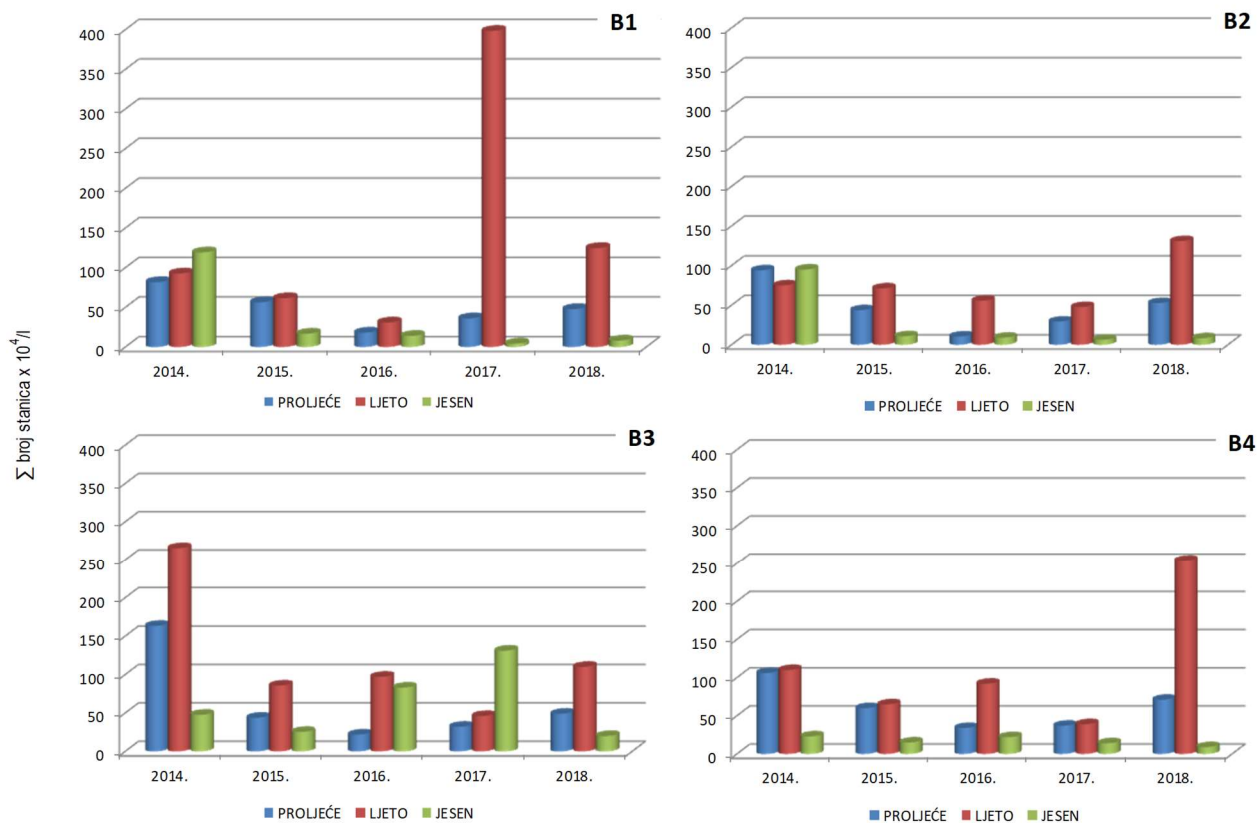
### 3.2. Sezonska raspodjela i funkcionalna klasifikacija fitoplanktona

Tijekom istraživanog razdoblja redovito je najveća gustoća fitoplanktona utvrđena u ljetnom razdoblju (Slika 12 i 13) s odstupanjima u jesen 2014. (profili B1 i B2) te jesen 2017. (profil B3) kada je u akumulaciji zabilježena povišena mutnoća (MTU -6,98) te smanjena prozirnost (1,2-2 m) vodenog stupca (Slika11 i 13).



Slika 12. Prosječna gustoća fitoplanktona (%) na istraživanim vertikalnim profilima B1, B2, B3 i B4 u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018.

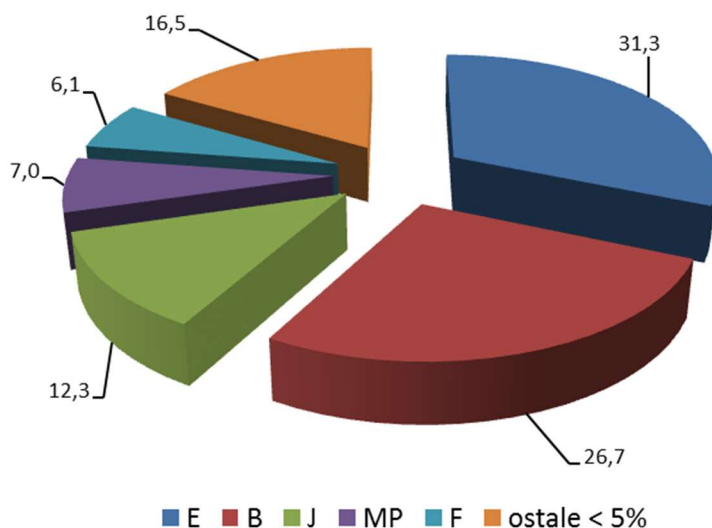
Vrsta *Cyclotella* spp. maksimum svoje populacije razvija u ljetnom razdoblju ( $155 \times 10^4$  stanica/L) te dominira fitoplanktonskom zajednicom u ljeto i jesen. Vrste roda *Dinobryon* (*Dinobryon bavaricum* Imhof, *Dinobryon divergens* O.E.Imhof, *Dinobryon crenulatum* West & G.S.West i *Dinobryon sociale* Ehrenberg) maksimum razvoja postižu u proljetnoj sezoni.



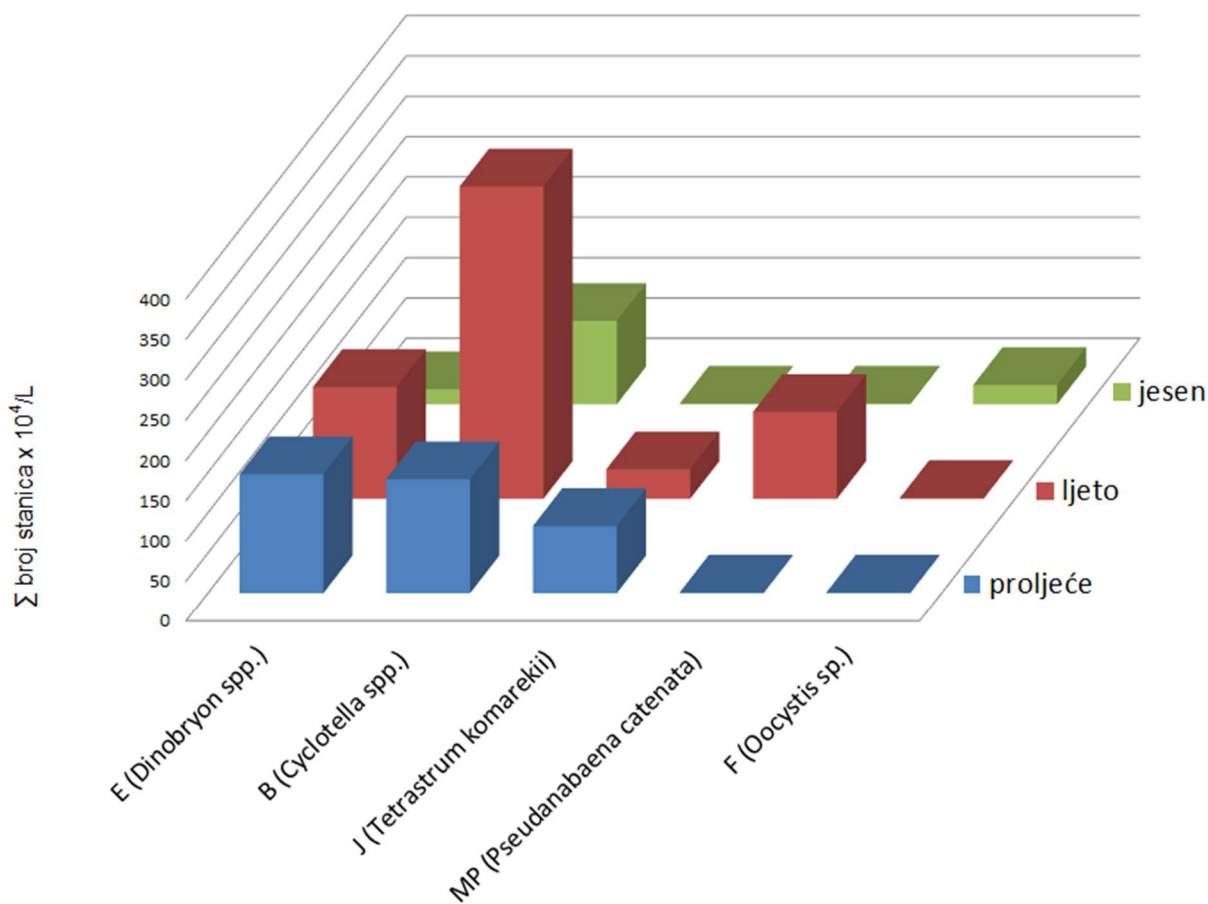
Slika 13. Sezonska distribucija gustoće fitoplanktona (broj stanica/L) u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. na vertikalnim profilima B1, B2, B3 i B4.

U akumulaciji je utvrđeno 11 funkcionalnih grupa: B, D, E, F, G, J, L<sub>0</sub>, MP, N, X1 i Y (Tablica 2, Slika 14).

Na temelju frekvencije pojavljivanja i maksimalne gustoće fitoplanktona dominantna funkcionalna grupa (FG) u akumulaciji bila je B-E. U proljeće je gotovo izjednačena zastupljenost grupa B i E uz subdominaciju grupe J. U ljeto i jesen dominira (Slika 15.) grupa B, a subdominantne su E i MP (ljeto) i F (jesen).



Slika 14. Postotni udio utvrđenih funkcionalnih grupa (E, B, J, MP, F), ostale funkcionalne grupe zastupljene su sa manje od 5% (D, G, Lo, N, X1, Y) u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018.



Slika 15. Sezonska distribucija dominantnih i kodominantnih funkcionalnih grupa u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018.

### 3.3. Trofička i saprobiološka obilježja fitoplanktonske zajednice

Prosječna vrijednost Trofičkog indeksa dijatomeja ( $TID_{HR}$ ) po vertikalnim profilima bila je u granicama: B1 = 1,82-2,00; B2 = 1,95-2,04; B3 = 1,98-2,47 i B4 = 1,63-1,83. Minimalna vrijednost (0,68) zabilježena je u proljeće 2015. na profilu B4, a maksimalna (3,31) u jesen 2015. na profilu B3. Indeks ukazuje na mezotrofno stanje s tendencijom prema umjereno eutrofnom stanju (Tablica 3), odnosno na dobro do umjereno dobro stanje s tendencijom pojavljivanja i četvrte kategorije – loše stanje.

Tablica 3. Srednje vrijednosti  $TID_{HR}$  na istraživanim profilima akumulacije Butoniga

Godina	Profil	PROLJEĆE	LJETO	JESEN
2014.	B1	1,99	1,97	1,99
2015.	B1	2,20	2,00	2,00
2016.	B1	1,63	2,03	2,06
2017.	B1	2,02	2,02	1,91
2018.	B1	1,25	2,00	1,17
2014.	B2	2,00	2,20	1,74
2015.	B2	1,98	2,01	2,01
2016.	B2	1,99	1,99	2,03
2017.	B2	2,11	2,00	2,00
2018.	B2	2,00	1,98	1,99
2014.	B3	2,28	2,09	2,06
2015.	B3	1,99	2,00	3,31
2016.	B3	2,01	1,96	2,55
2017.	B3	1,99	1,86	2,55
2018.	B3	2,01	2,01	1,86
2014.	B4	1,99	2,00	2,01
2015.	B4	0,68	0,96	2,01
2016.	B4	2,00	2,18	2,01
2017.	B4	2,06	2,01	1,99
2018.	B4	2,07	2,02	2,02

Prosječna vrijednost Indeksa sprobnosti ( $SI_{HRIS}$ ) tijekom istraživnog razdoblja po vertikalnim profilima bila je u granicama: B1 = 1,61-1,75; B2 = 1,63-1,79; B3 = 1,64-1,97 i B4 = 1,65-1,82. Minimalna vrijednost (1,44) zabilježena je u proljeće 2016. na profilu B1, a maksimalna (2,66) u jesen 2016. na profilu B3. Indeks ukazuje na I-II odnosno II klasu boniteta vode s povremenom tendencijom porasta (Tablica 4).

Tablica 4. Srednje vrijednosti  $SI_{HRIS}$  na istraživanim profilima akumulacije Butoniga

Godina	Profil	PROLJEĆE	LJETO	JESEN
2014.	B1	1,58	1,56	1,75
2015.	B1	1,52	1,63	1,77
2016.	B1	1,44	1,90	1,67
2017.	B1	1,79	1,58	1,79
2018.	B1	1,71	1,67	1,76
2014.	B2	1,63	1,48	2,14
2015.	B2	1,51	1,58	1,70
2016.	B2	1,80	2,04	1,75
2017.	B2	1,75	1,53	1,76
2018.	B2	1,78	1,50	1,60
2014.	B3	1,55	2,01	1,68
2015.	B3	1,53	1,55	1,63
2016.	B3	1,61	1,99	2,66
2017.	B3	1,76	1,57	2,09
2018.	B3	1,74	1,58	1,81
2014.	B4	1,60	1,54	1,79
2015.	B4	1,55	1,58	1,74
2016.	B4	1,60	1,75	1,77
2017.	B4	1,83	1,64	1,74
2018.	B4	1,74	1,59	1,69



### 3.4. Statistička obrada podataka

Osnovni statistički parametri, ukupni broj stanica, koncentracija klorofila *a* i fizikalno-kemijski pokazatelji grupirani obzirom na profil uzorkovanja te ukupne vrijednosti navedenih parametara za sva četiri vertikalna profila zajedno tijekom 5 godina istraživanja su prikazani u Tablici 6. Srednje vrijednosti i standardne devijacije broja stanica su se kretale od  $1,36 \pm 3,91 \times 10^4$  po litri na profilu B1 do  $1,89 \pm 5,91 \times 10^4$  po litri na profilu B3. Srednja vrijednost i standardna devijacija koncentracije klorofila *a* bila je također najviša na profilu B3 ( $2,50 \pm 2,76 \mu\text{g/L}$ ), a najniža na profilu B1 ( $1,33 \pm 0,57 \mu\text{g/L}$ ). Najviša koncentracija amonijevih iona je izmjerena na profilu B4 ( $4,27 \pm 0,57 \text{ mg/L}$ ), a najniža na profilu B2 koja je bila gotovo sedam puta niža ( $0,28 \pm 0,16 \text{ mg/L}$ ). Koncentracije ukupnih fosfata bile su dvostruko niže na profilima B2 i B4 u odnosu na ostala dva profila.

Nešto više vrijednosti ortofosfata su izmjerene na profilu B1 u odnosu na ostala tri profila. Međutim, koncentracije na sva četiri profila su vrlo niske s maksimalnom vrijednošću od  $0,02 \text{ mg/L}$ . Najniža temperatura vode izmjerena je na profilu B1 ( $18,19 \pm 3,10 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a najviša na profilu B4 ( $21,16 \pm 4,19 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Najniže vrijednosti prozirnosti izmjerene su na profilu B3 ( $297,32 \pm 111,00 \text{ cm}$ ), a najviša na profilu B1 ( $333,45 \pm 177,07 \text{ cm}$ ).

Analizom varijance potvrđena je statistički značajna razlika u srednjim vrijednostima mjerenih parametara između promatranih profila za sve parametre osim broja stanica (Tablica 7).

Rezultati Newman-Keuls testa (Tablica 8) za koncentraciju klorofila *a* pokazali su statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti mjerenih parametara za sve profile osim između profila B1 i B2. Koncentracija amonijevih iona se statistički značajno razlikuje između profila B4 i ostala tri profila, ukupni fosfati između svih profila osim B2 i B4 a ortofosfata između profila B1 i svih ostalih profila. Svi profili se statistički značajno razlikuju obzirom na vrijednosti temperature dok je u slučaju prozirnosti statistički značajno razlikuju B1 u odnosu na B3 i B4 te B2 i B3.

Tablica 6. Osnovni statistički parametri za broj stanica, koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na profil uzorkovanja te ukupne vrijednosti za sve četiri lokacije zajedno tijekom 5 godina istraživanja akumulacije Butoniga ( $\bar{X}$  srednja vrijednost; SD-standardna devijacija)

Profil		B1	B2	B3	B4	Svi zajedno
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	$\bar{X}$	1,36	1,37	1,89	1,66	1,59
	SD	3,91	3,54	5,91	7,22	5,44
	Min.	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
	Maks.	46,04	43,96	107,00	154,56	154,56
Chl a (µg/L)	$\bar{X}$	1,33	1,41	2,50	1,60	1,75
	SD	0,57	0,56	2,76	0,74	1,64
	Min.	0,42	0,51	0,37	0,56	0,37
	Maks.	2,68	2,12	15,26	3,07	15,26
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	$\bar{X}$	0,38	0,28	0,28	4,27	1,31
	SD	0,28	0,16	0,27	19,00	9,71
	Min.	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
	Maks.	1,41	2,54	1,79	93,15	93,15
Uk. fosfati (mg/L)	$\bar{X}$	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
	SD	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Maks.	0,06	0,06	0,05	0,03	0,06
Ortofosfati (mg/L)	$\bar{X}$	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	SD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Maks.	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Temperatura (°C)	$\bar{X}$	18,19	19,40	20,27	21,16	19,80
	SD	3,10	3,71	4,89	4,19	4,22
	Min.	11,35	11,45	12,64	11,45	11,35
	Maks.	22,62	25,60	28,53	27,48	28,53
Prozirnost (cm)	$\bar{X}$	333,45	321,86	297,32	304,96	313,41
	SD	177,07	159,16	111,00	128,11	144,95
	Min.	100,00	80,00	90,00	80,00	80,00
	Maks.	600,00	580,00	600,00	540,00	600,00

Tablica 7. Rezultati analize varijance za broj jedinki, koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na profil uzorkovanja akumulacije Butoniga 2014. - 2018. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom

Mjereni parametri	F	p
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	1,3	0,2762
Chl a (µg/L)	72,0	0,0000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	24,4	0,0000
Uk. fosfati (mg/L)	14,1	0,0000
Ortofosfati (mg/L)	12,9	0,0000
Temperatura (°C)	54,6	0,0000
Prozirnost (cm)	7,4	0,0000

Tablica 8. Rezultati Newman-Keuls testa za koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje između pojedinih parova skupina u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom

	B1	B2	B3	B4
Chl a (µg/L)				
B1		0,408217	0,000008	0,010588
B2	0,408217		0,000022	0,038627
B3	0,000008	0,000022		0,000009
B4	0,010588	0,038627	0,000009	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)				
B1		0,870370	0,984672	0,000009
B2	0,870370		0,996634	0,000022
B3	0,984672	0,996634		0,000008
B4	0,000009	0,000022	0,000008	
Uk. fosfati (mg/L)				
B1		0,000008	0,045190	0,000024
B2	0,000008		0,000280	0,314534
B3	0,045190	0,000280		0,003603
B4	0,000024	0,314534	0,003603	
Ortofosfati (mg/L)				
B1		0,000027	0,000008	0,000028
B2	0,000027		0,342026	0,629497
B3	0,000008	0,342026		0,324093
B4	0,000028	0,629497	0,324093	
Temperatura (°C)				
B1		0,000009	0,000022	0,000008
B2	0,000009		0,000366	0,000022
B3	0,000022	0,000366		0,000280
B4	0,000008	0,000022	0,000280	
Prozirnost (cm)				
B1		0,178922	0,000169	0,002750
B2	0,178922		0,012345	0,050011
B3	0,000169	0,012345		0,375993
B4	0,002750	0,050011	0,375993	

Osnovni statistički parametri za broj stanica, koncentraciju klorofila *a* i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na godinu uzorkovanja te ukupne vrijednosti za sva četiri vertikalna profila su prikazani u Tablici 9. Srednje vrijednosti i standardne devijacije broja stanica su se kretale od  $1,21 \pm 2,94 \times 10^4$  po litri u 2017. godini do  $2,27 \pm 9,13 \times 10^4$  po litri u 2018. godini. Srednja vrijednost i standardna devijacija koncentracije klorofila *a* bila je najviša u 2016. godini ( $2,60 \pm 3,49 \mu\text{g/L}$ ), a najniža u 2017. godini ( $1,16 \pm 1,40 \mu\text{g/L}$ ). Najviša koncentracija amonijevih iona je izmjerena u 2016. godini ( $6,80 \pm 23,66 \text{ mg/L}$ ) a najniža u 2018. godini ( $0,20 \pm 0,14 \text{ mg/L}$ ). Koncentracije ukupnih fosfata bile su dvostruko niže na u 2014. i 2017. godini u odnosu na ostale godine uzorkovanja.

Nešto više vrijednosti ortofosfata su izmjerene u 2015. i 2018. godini u odnosu na ostale godine uzorkovanja. Međutim, sve izmjerene koncentracije su vrlo niske s maksimalnom vrijednošću od  $0,02 \text{ mg/L}$ . Najniža temperatura vode izmjerena je u 2014. godini ( $16,16 \pm 2,05 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a najviša u 2015. godini ( $22,12 \pm 3,89 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Najniže vrijednosti prozirnosti su izmjerene u 2016. godini ( $254,85 \pm 104,59 \text{ cm}$ ), a najviša u 2018. godini ( $378,15 \pm 139,83 \text{ cm}$ ).

Analizom varijance potvrđena je statistički značajna razlika u srednjim vrijednostima mjerenih parametara između promatranih godina uzorkovanja za sve mjerene parametre (Tablica 10).

Rezultati Newman-Keuls testa (Tablica 11) za broj stanica se statistički značajno razlikuje između godina 2015., 2016. i 2017. od svih ostalih parova. Koncentracije klorofila *a* su pokazale statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti za sve profile osim između 2015. i 2017. godine. Koncentracija amonijevih iona se statistički značajno razlikuje između 2016. i svih ostalih godina uzorkovanja, ukupni fosfati između svih godina, a ortofosfata između svih godina osim 2016. i 2017. godine. U slučaju temperature nije bilo statistički značajne razlike jedino između 2015. i 2017. godine te 2017. i 2018. godine, a u slučaju prozirnosti jedino između 2015. i 2016. godine.

Tablica 9. Osnovni statistički parametri za broj stanica, koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje svih profila zajedno, grupirane obzirom na godinu uzorkovanja u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. ( $\bar{X}$  srednja vrijednost; SD-standardna devijacija)

Godina		2014	2015	2016	2017	2018
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	$\bar{X}$	1,77	1,23	1,36	1,21	2,27
	SD	5,77	2,89	3,61	2,94	9,13
	Min.	0,01	0,01	0,04	0,04	0,07
	Maks.	107,00	22,58	30,98	25,52	154,56
Chl a (µg/L)	$\bar{X}$	2,18	1,17	2,60	1,16	1,48
	SD	0,34	0,50	3,49	1,40	0,45
	Min.	1,34	0,70	0,51	0,37	0,67
	Maks.	3,07	2,80	15,26	6,15	2,61
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	$\bar{X}$	0,26	0,33	6,80	0,34	0,20
	SD	0,07	0,18	23,66	0,35	0,14
	Min.	0,19	0,12	0,11	0,16	0,03
	Maks.	0,54	0,84	93,15	1,79	0,71
Uk. fosfati (mg/L)	$\bar{X}$	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
	SD	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01
	Min.	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
	Maks.	0,01	0,06	0,06	0,02	0,03
Ortofosfati (mg/L)	$\bar{X}$	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
	SD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Maks.	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01
Temperatura (°C)	$\bar{X}$	16,16	22,12	19,87	21,85	21,40
	SD	2,05	3,89	4,84	3,24	3,23
	Min.	15,44	15,59	11,35	17,10	16,89
	Maks.	22,27	28,53	25,92	26,98	26,67
Prozirnost (cm)	$\bar{X}$	317,35	264,19	254,85	353,61	378,15
	SD	151,56	129,63	104,59	147,02	139,83
	Min.	120,00	80,00	80,00	160,00	190,00
	Maks.	600,00	440,00	450,00	600,00	600,00

Tablica 10. Rezultati analize varijance za broj jedinki, koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na godinu uzorkovanja u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom.

Mjereni parametar	F	p
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	2,8	0,0232
Chl a (µg/L)	73,2	0,0000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	36,1	0,0000
Uk. fosfati (mg/L)	98,0	0,0000
Ortofosfati (mg/L)	23,0	0,0000
Temperatura (°C)	304,5	0,0000
Prozirnost (cm)	60,2	0,0000

Tablica 11. Rezultati Newman-Keuls testa za koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje između pojedinih parova skupina u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.- 2018. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom.

godina	2014	2015	2016	2017	2018
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>					
2014		0,317873	0,268619	0,435848	0,174140
2015	0,317873		0,734864	0,953977	0,025992
2016	0,268619	0,734864		0,917044	0,036483
2017	0,435848	0,953977	0,917044		0,034261
2018	0,174140	0,025992	0,036483	0,034261	
Chl a (µg/L)					
2014		0,000022	0,000082	0,000008	0,000009
2015	0,000022		0,000008	0,943531	0,003403
2016	0,000082	0,000008		0,000017	0,000022
2017	0,000008	0,943531	0,000017		0,007614
2018	0,000009	0,003403	0,000022	0,007614	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)					
2014		0,908751	0,000008	0,991954	0,927346
2015	0,908751		0,000022	0,994850	0,976927
2016	0,000008	0,000022		0,000009	0,000017
2017	0,991954	0,994850	0,000009		0,996623
2018	0,927346	0,976927	0,000017	0,996623	
Uk. fosfati (mg/L)					
2014		0,000022	0,000008	0,000010	0,000009
2015	0,000022		0,000053	0,000008	0,002839
2016	0,000008	0,000053		0,000017	0,000022
2017	0,000010	0,000008	0,000017		0,000022
2018	0,000009	0,002839	0,000022	0,000022	
Ortofosfati (mg/L)					
2014		0,000038	0,040686	0,002437	0,000136
2015	0,000038		0,000008	0,000017	0,480685
2016	0,040686	0,000008		0,196488	0,000022
2017	0,002437	0,000017	0,196488		0,000008
2018	0,000136	0,480685	0,000022	0,000008	
Temperatura (°C)					
2014		0,000017	0,000009	0,000008	0,000022
2015	0,000017		0,000008	0,239618	0,004930
2016	0,000009	0,000008		0,000022	0,000009
2017	0,000008	0,239618	0,000022		0,050343
2018	0,000022	0,004930	0,000009	0,050343	
Prozirnost (cm)					
2014		0,000009	0,000022	0,000125	0,000022
2015	0,000009		0,321091	0,000022	0,000008
2016	0,000022	0,321091		0,000008	0,000017
2017	0,000125	0,000022	0,000008		0,009186
2018	0,000022	0,000008	0,000017	0,009186	

Ako se u obzir uzme sezona uzorkovanja (Tablica 12) najmanji broj stanica je utvrđen tijekom jeseni ( $1,29 \pm 3,96 \times 10^4/L$ ), a najviši tijekom ljeta ( $1,79 \pm 6,78 \times 10^4/L$ ). Srednja vrijednost i standardna devijacija koncentracije klorofila *a* bila je najviša upravo u jesen ( $2,60 \pm 3,20 \mu g/L$ ), a najniža u proljeće ( $1,46 \pm 0,58 \mu g/L$ ). Najviša koncentracija amonijevih iona je izmjerena jesen ( $5,21 \pm 20,73 mg/L$ ), a najniža u proljeće ( $0,26 \pm 0,27 mg/L$ ). Koncentracija ukupnih fosfata bile je dvostruko viša u proljeće u odnosu na ostale dvije sezone uzorkovanja, a koncentracije ortofosfata su također najviše u proljeće.

Najniža temperatura vode izmjerena je u jesen ( $16,36 \pm 2,37 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a najviša u ljetnom razdoblju uzorkovanja ( $22,01 \pm 4,24 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Najniže vrijednosti prozirnosti su izmjerene u jesen ( $157,54 \pm 58,10 \text{ cm}$ ), a najviša u proljeće ( $417,59 \pm 107,24 \text{ cm}$ ).

Analizom varijance potvrđena je statistički značajna razlika u srednjim vrijednostima mjerenih parametara između promatranih godina uzorkovanja za sve mjerene parametre osim broja stanica (Tablica 13).

Rezultati Newman-Keuls testa (Tablica 14) za koncentracije klorofila *a* i amonijevih iona su pokazale statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti za sve sezone uzorkovanja osim proljeća i ljeta, ukupnih fosfati između svih sezona osim ljeta i jeseni a ortofosfata, temperature i prozirnosti između svih sezona.

Tablica 12. Osnovni statistički parametri za broj jedinki, koncentraciju klorofila *a* i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na sezonu uzorkovanja u akumulaciji Butoniga tijekom istraživanja 2014.-2018. (  $\bar{X}$  srednja vrijednost; SD-standardna devijacija)

Sezona		PROLJEĆE	LJETO	JESEN
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	$\bar{X}$	1,49	1,79	1,29
	SD	3,87	6,78	3,96
	Min.	0,02	0,01	0,02
	Maks.	39,56	154,56	46,04
Chl <i>a</i> (µg/L)	$\bar{X}$	1,46	1,57	2,60
	SD	0,58	0,71	3,20
	Min.	0,37	0,42	0,56
	Maks.	2,42	3,07	15,26
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	$\bar{X}$	0,26	0,29	5,21
	SD	0,27	0,20	20,73
	Min.	0,03	0,11	0,14
	Maks.	1,79	2,54	93,15
Uk. fosfati (mg/L)	$\bar{X}$	0,02	0,01	0,01
	SD	0,01	0,01	0,01
	Min.	0,00	0,01	0,01
	Maks.	0,06	0,06	0,04
Ortofosfati (mg/L)	$\bar{X}$	0,01	0,00	0,00
	SD	0,00	0,00	0,00
	Min.	0,00	0,00	0,00
	Maks.	0,02	0,02	0,01
Temperatura (°C)	$\bar{X}$	18,84	22,01	16,36
	SD	3,11	4,24	2,37
	Min.	15,44	15,44	11,35
	Maks.	25,48	28,53	22,27
Prozirnost (cm)	$\bar{X}$	417,59	311,55	157,54
	SD	107,24	130,71	58,10
	Min.	220,00	140,00	80,00
	Maks.	600,00	600,00	260,00



Tablica 13. Rezultati analize varijance za broj jedinki, koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na sezonu uzorkovanja. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom.

Mjereni parametar	F	p
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	1,6	0,2051
Chl a (µg/L)	87,1	0,0000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	50,5	0,0000
Uk. fosfati (mg/L)	9,7	0,0001
Ortofosfati (mg/L)	149,8	0,0000
Temperatura (°C)	450,6	0,0000
Prozirnost (cm)	786,4	0,0000

Tablica 14. Rezultati Newman-Keuls testa za koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje između pojedinih parova skupina (sezona uzorkovanja: proljeće, ljeto, jesen). Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom

sezona	PROLJEĆE	LJETO	JESEN
Chl a (µg/L)			
PROLJEĆE		0,204814	0,000022
LJETO	0,204814		0,000009
JESEN	0,000022	0,000009	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)			
PROLJEĆE		0,962101	0,000022
LJETO	0,962101		0,000009
JESEN	0,000022	0,000009	
Uk. fosfati (mg/L)			
PROLJEĆE		0,001803	0,000060
LJETO	0,001803		0,219602
JESEN	0,000060	0,219602	
Ortofosfati (mg/L)			
PROLJEĆE		0,046192	0,000022
LJETO	0,046192		0,000009
JESEN	0,000022	0,000009	
Temperatura (°C)			
PROLJEĆE		0,000009	0,000009
LJETO	0,000009		0,000022
JESEN	0,000009	0,000022	
Prozirnost (cm)			
PROLJEĆE		0,000009	0,000022
LJETO	0,000009		0,000009
JESEN	0,000022	0,000009	

Ukoliko se promatra broj stanica, koncentracija klorofila *a* i fizikalno kemijski pokazatelji obzirom na odjele vidljivo je da najveći broj jedinki (Tablica 15) pokazuje skupina Cyanobacteria ( $3,35 \pm 11,13$ ) zatim Ochrophyta ( $2,81 \pm 4,90$ ) i Bacillariophyta ( $2,52 \pm 9,01$ ), a najmanju Dinophyta ( $0,23 \pm 0,21$ ) i Euglenozoa ( $0,27 \pm 1,08$ ). Generalno gledano odjeli s najvećom brojnosti stanica pokazuju i najviše koncentracije klorofila *a*.

Tablica 15. Srednje vrijednosti i standardne devijacije za broj stanica, koncentraciju klorofila *a* i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na odjel neovisno o profilu, godini i sezoni uzorkovanja

Odjel	Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	Chl <i>a</i> (µg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Uk. fosfati (mg/L)	Ortofosfati (mg/L)	Temperatura (°C)	Prozirnost (cm)
EUGLENOZOA	0,27±1,08	1,55±0,87	1,32±9,58	0,01±0,01	0,004±0,003	20,12±4,03	270,32±131,81
DINOPHYTA	0,23±0,21	1,65±0,74	0,76±6,64	0,01±0,01	0,005±0,003	19,47±4,00	341,22±140,91
CRYPTOPHYTA	0,53±0,66	1,66±1,38	1,43±10,34	0,01±0,01	0,004±0,003	19,44±3,97	332,25±147,24
OCHROPHYTA	2,81±4,90	1,65±1,45	1,44±10,35	0,01±0,01	0,005±0,003	20,03±4,09	332,98±144,67
BACILLARIOPHYTA	2,52±9,01	2,07±2,35	1,71±11,43	0,01±0,01	0,004±0,003	19,19±4,43	279,76±140,92
CHLOROPHYTA	1,14±2,64	1,59±1,21	0,90±7,46	0,01±0,01	0,005±0,003	19,99±4,15	320,89±149,51
CYANOBACTERIA	3,35±11,13	2,24±2,60	1,12±8,86	0,01±0,01	0,005±0,003	20,07±4,49	303,27±130,55
CHAROPHYTA	0,38±0,72	1,77±1,57	2,14±13,00	0,01±0,01	0,005±0,003	20,79±4,45	300,93±134,48

Analizom varijance (Tablica 16) je potvrđena statistički značajna razlika između odjela u brojnosti stanica, koncentraciji klorofila *a*, temperaturi i prozirnosti. Rezultati Newman – Keuls testa (Tablica 17) pokazuju između kojih parova odjela postoji statistički značajna razlika za navedene varijable.

Tablica 16. Rezultati analize varijance za broj jedinki, koncentraciju klorofila *a* i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na odjel. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom

Mjereni parametar	F	p
Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	12,3	0,0000
Chl <i>a</i> (µg/L)	5,3	0,0000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0,5	0,8077
Uk. fosfati (mg/L)	0,8	0,6279
Ortofosfati (mg/L)	1,2	0,3170
Temperatura (°C)	3,5	0,0010
Prozirnost (cm)	8,0	0,0000

Tablica 17. Rezultati Newman-Keuls testa za broj stanica, koncentraciju klorofila *a* i fizikalno-kemijske pokazatelje između pojedinih parova skupina zbirno za sve godine, sezone i profile uzorkovanja. Statistički značajne vrijednosti ( $p < 0,05$ ) označene su crvenom bojom

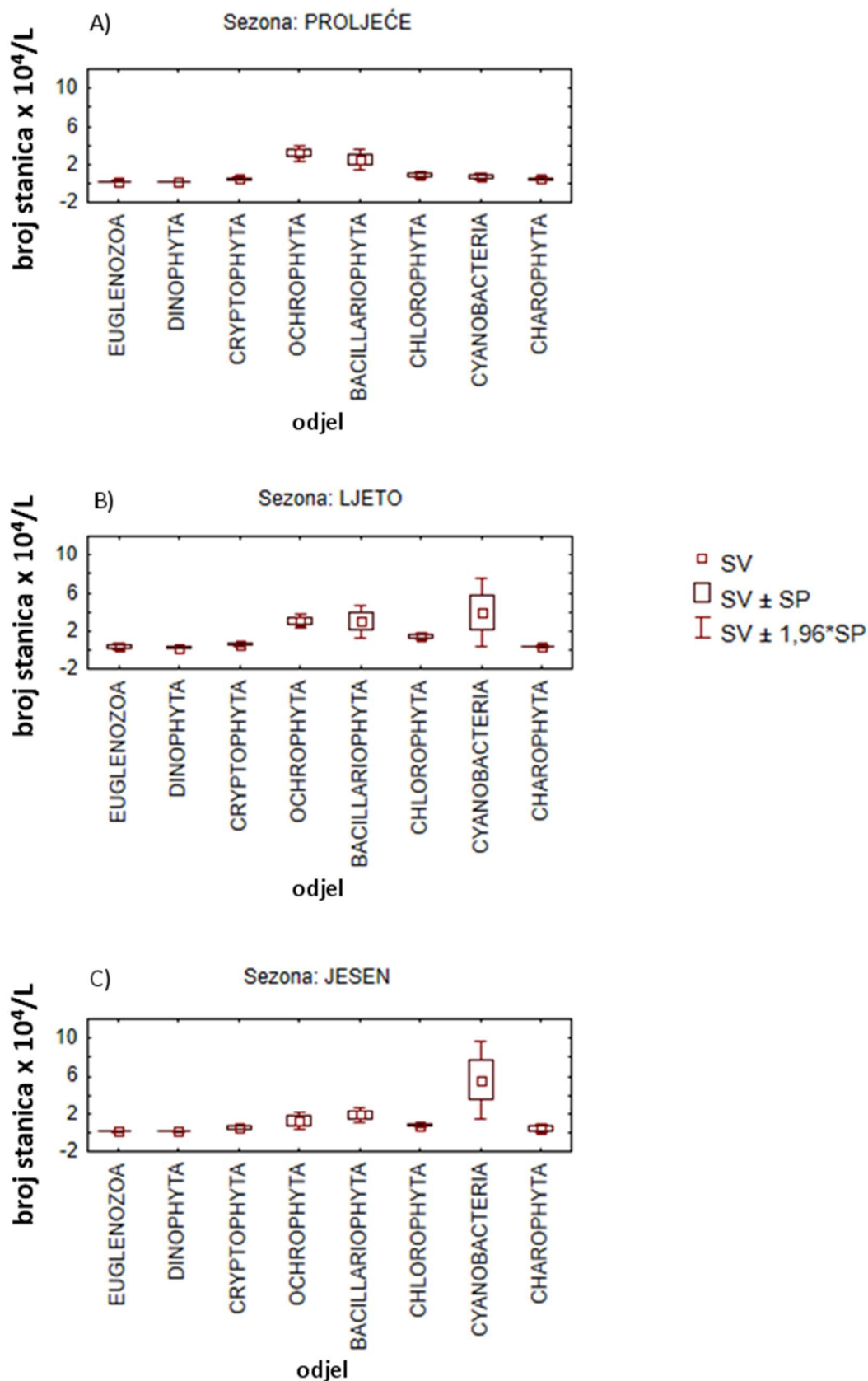
	EUGLENOZOA	DINOPHYTA	CRYPTOPHYTA	OCHROPHYTA	BACILLARIOPHYTA	CHLOROPHYTA	CYANOBACTERIA	CHAROPHYTA
<b>Broj stanica/L x 10<sup>4</sup></b>								
EUGLENOZOA		0,9400	0,8780	0,0001	0,0004	0,3868	0,0000	0,8368
DINOPHYTA	0,9400		0,9435	0,0001	0,0004	0,4584	0,0000	0,9574
CRYPTOPHYTA	0,8780	0,9435		0,0002	0,0009	0,2714	0,0000	0,7795
OCHROPHYTA	0,0001	0,0001	0,0002		0,5950	0,0064	0,3262	0,0001
BACILLARIOPHYTA	0,0004	0,0004	0,0009	0,5950		0,0117	0,2845	0,0006
CHLOROPHYTA	0,3868	0,4584	0,2714	0,0064	0,0117		0,0003	0,3516
CYANOBACTERIA	0,0000	0,0000	0,0000	0,3262	0,2845	0,0003		0,0000
CHAROPHYTA	0,8368	0,9574	0,7795	0,0001	0,0006	0,3516	0,0000	
<b>Chl <i>a</i> (µg/L)</b>								
EUGLENOZOA		0,9165	0,9619	0,8192	0,0296	0,7705	0,0010	0,7653
DINOPHYTA	0,9165		0,9784	0,9635	0,0636	0,9327	0,0046	0,7705
CRYPTOPHYTA	0,9619	0,9784		0,9971	0,0380	0,9809	0,0031	0,5087
OCHROPHYTA	0,8192	0,9635	0,9971		0,0857	0,7567	0,0056	0,8835
BACILLARIOPHYTA	0,0296	0,0636	0,0380	0,0857		0,0525	0,3153	0,0737
CHLOROPHYTA	0,7705	0,9327	0,9809	0,7567	0,0525		0,0024	0,8350
CYANOBACTERIA	0,0010	0,0046	0,0031	0,0056	0,3153	0,0024		0,0145
CHAROPHYTA	0,7653	0,7705	0,5087	0,8835	0,0737	0,8350	0,0145	
<b>Temperatura (°C)</b>								
EUGLENOZOA		0,5533	0,6035	0,9739	0,3174	0,9897	0,8915	0,1200
DINOPHYTA	0,5533		0,9374	0,3979	0,7945	0,2286	0,5134	0,0262
CRYPTOPHYTA	0,6035	0,9374		0,5159	0,5703	0,4050	0,5911	0,0275
OCHROPHYTA	0,9739	0,3979	0,5159		0,2954	0,9274	0,9342	0,2861
BACILLARIOPHYTA	0,3174	0,7945	0,5703	0,2954		0,2499	0,3286	0,0050
CHLOROPHYTA	0,9897	0,2286	0,4050	0,9274	0,2499		0,9835	0,3366
CYANOBACTERIA	0,8915	0,5134	0,5911	0,9342	0,3286	0,9835		0,2086
CHAROPHYTA	0,1200	0,0262	0,0275	0,2861	0,0050	0,3366	0,2086	
<b>Prozirnost (cm)</b>								
EUGLENOZOA		0,0001	0,0004	0,0004	0,5203	0,0052	0,1115	0,0931
DINOPHYTA	0,0001		0,8140	0,5746	0,0006	0,5090	0,0732	0,0669
CRYPTOPHYTA	0,0004	0,8140		0,9602	0,0032	0,4392	0,1188	0,1426
OCHROPHYTA	0,0004	0,5746	0,9602		0,0039	0,6885	0,1794	0,1861
BACILLARIOPHYTA	0,5203	0,0006	0,0032	0,0039		0,0262	0,2451	0,1494
CHLOROPHYTA	0,0052	0,5090	0,4392	0,6885	0,0262		0,2302	0,3623
CYANOBACTERIA	0,1115	0,0732	0,1188	0,1794	0,2451	0,2302		0,8731
CHAROPHYTA	0,0931	0,0669	0,1426	0,1861	0,1494	0,3623	0,8731	

Ukoliko se promatra sezona uzorkovanja zamijećeno je da odjeli Euglenozoa, Dinophyta, Bacillariophyta i Chlorophyta imaju najveći broj stanica u ljetnim mjesecima, Ochrophyta i Charophyta u proljeće, a Cyanobacteria u jesen (Tablica 18, Slika 16).

Ukoliko se u obzir uzme godina uzorkovanja (Tablica 19, Slika 17) za odjel Euglenozoa najveći broj jedinki je potvrđen u 2016. godini ( $0,83 \pm 2,51$ ) koja je čak osam puta veća u odnosu na najnižu vrijednost utvrđenu u 2015. godini. U slučaju Dinophyta nije bilo značajnijih varijacija u toku pet promatranih godina. Cryptophyta je imala najveću brojnost jedinki u 2014. godini ( $0,82 \pm 0,77$ ) što je oko četiri puta više u odnosu na najnižu određenu vrijednost. U slučaju Charophyta najveća brojnost jedinki je potvrđena u 2017. godini ( $0,59 \pm 1,31$ ). Navedena četiri odjela pokazuju statistički značajno niži broj jedinki za sve mjerene godine u odnosu na preostala četiri odjela.

Tablica 18. Srednje vrijednosti i standardne devijacije za broj jedinki, koncentraciju klorofila a i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na odjel i sezonu uzorkovanja.

Sezona	Odjel	Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	Chl a (µg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Uk. fosfati (mg/L)	Ortofosfati (mg/L)	Temperatura (°C)	Prozirnost (cm)
PROLJEĆE	EUGLENOZOA	0,22±0,19	1,28±0,55	0,34±0,41	0,02±0,02	0,01±0,01	19,70±2,62	398,24±81,49
	DINOPHYTA	0,21±0,18	1,57±0,58	0,25±0,22	0,02±0,01	0,01±0,00	18,20±3,05	412,84±115,57
	CRYPTOPHYTA	0,50±0,59	1,44±0,61	0,25±0,27	0,01±0,01	0,00±0,00	18,24±2,86	425,78±114,35
	OCHROPHYTA	3,19±4,96	1,42±0,57	0,25±0,28	0,02±0,01	0,01±0,00	19,14±3,13	417,66±101,79
	BACILLARIOPHYTA	2,50±5,98	1,55±0,58	0,28±0,24	0,02±0,01	0,01±0,00	18,60±3,20	404,42±113,80
	CHLOROPHYTA	0,89±3,01	1,41±0,57	0,27±0,30	0,02±0,01	0,01±0,00	19,25±3,08	426,75±103,76
	CYANOBACTERIA	0,74±0,84	1,67±0,53	0,22±0,10	0,02±0,01	0,01±0,00	18,01±3,47	404,84±110,36
	CHAROPHYTA	0,47±0,52	1,38±0,58	0,27±0,32	0,02±0,01	0,01±0,00	19,26±3,20	420,32±98,47
LJETO	EUGLENOZOA	0,34±1,42	1,53±0,76	0,32±0,24	0,01±0,01	0,00±0,00	21,76±3,98	282,22±124,37
	DINOPHYTA	0,27±0,24	1,67±0,70	0,30±0,20	0,01±0,01	0,00±0,00	21,07±4,31	314,69±133,23
	CRYPTOPHYTA	0,57±0,69	1,52±0,74	0,26±0,15	0,01±0,00	0,00±0,00	21,66±4,41	323,47±138,97
	OCHROPHYTA	3,10±5,04	1,53±0,68	0,28±0,14	0,01±0,01	0,01±0,00	22,28±4,07	327,03±135,57
	BACILLARIOPHYTA	2,98±12,34	1,67±0,72	0,27±0,15	0,01±0,01	0,00±0,00	21,98±4,51	297,26±120,43
	CHLOROPHYTA	1,47±2,76	1,51±0,67	0,30±0,22	0,01±0,01	0,00±0,00	22,07±4,13	319,28±136,32
	CYANOBACTERIA	3,95±14,06	1,57±0,75	0,28±0,19	0,01±0,01	0,00±0,00	22,44±4,23	295,42±112,33
	CHAROPHYTA	0,34±0,60	1,60±0,77	0,30±0,32	0,01±0,01	0,01±0,00	22,57±4,21	299,26±123,25
JESEN	EUGLENOZOA	0,13±0,13	1,78±1,23	4,39±19,35	0,01±0,01	0,00±0,00	16,61±2,46	147,83±51,69
	DINOPHYTA	0,12±0,11	1,94±1,33	5,21±21,30	0,01±0,01	0,00±0,00	16,84±2,43	170,00±65,40
	CRYPTOPHYTA	0,53±0,71	2,34±2,64	6,00±22,49	0,01±0,01	0,00±0,00	17,07±2,01	178,57±52,88
	OCHROPHYTA	1,24±4,09	2,45±3,09	7,07±24,24	0,01±0,01	0,00±0,00	16,44±2,46	153,91±55,37
	BACILLARIOPHYTA	1,93±5,14	3,01±3,88	4,77±19,90	0,01±0,01	0,00±0,00	16,06±2,51	154,52±61,06
	CHLOROPHYTA	0,75±1,24	2,09±2,33	3,34±16,47	0,01±0,01	0,00±0,00	16,32±2,43	151,37±56,04
	CYANOBACTERIA	5,62±9,39	5,08±5,12	4,98±20,75	0,01±0,01	0,00±0,00	16,24±1,46	169,00±63,40
	CHAROPHYTA	0,42±1,18	2,85±3,28	10,99±30,26	0,01±0,01	0,00±0,00	16,20±2,04	164,62±57,98

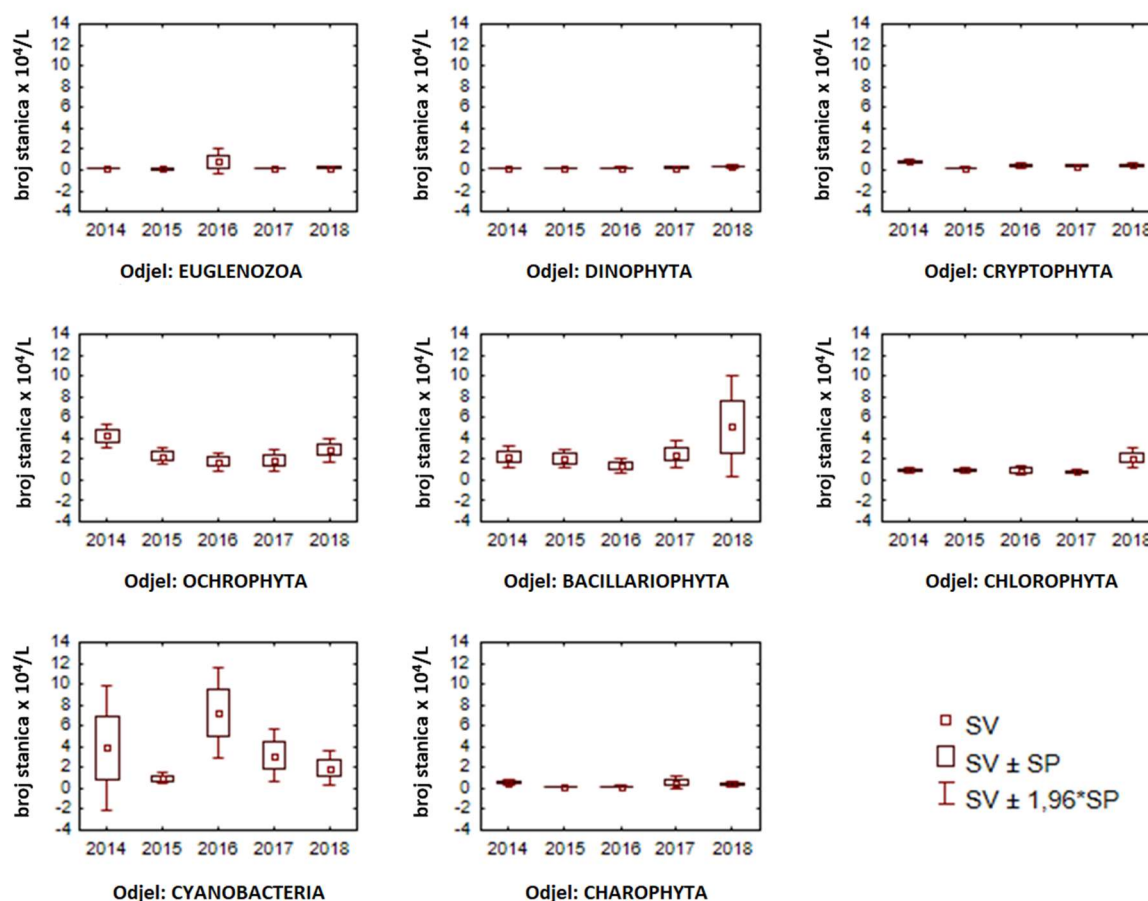


Slika 16. Srednje vrijednosti i standardne pogreške za broj stanica obzirom na odjel i sezonu uzorkovanja; A) PROLJEĆE, B) LJETO, C) JESEN (SV - srednja vrijednost, SV ± SP - srednja vrijednost ± standardna pogreška, SV ± 1,96\*SP - srednja vrijednost ± 1,96\*standardna pogreška)

Tablica 19. Srednje vrijednosti i standardne devijacije za broj stanica, koncentraciju klorofila *a* i fizikalno-kemijske pokazatelje grupirane obzirom na odjel i godinu uzorkovanja

Odjel	Godina	Broj stanica/L x 10 <sup>4</sup>	Chl <i>a</i> (µg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Uk. fosfati (mg/L)	Ortofosfati (mg/L)	Temperatura (°C)	Prozirnost (cm)
EUGLENO-ZOA	2014	0,13±0,08	2,29±0,51	0,26±0,09	0,01±0,00	0,004±0,002	17,19±3,00	267,08±129,26
	2015	0,10±0,11	1,18±0,56	0,38±0,20	0,02±0,01	0,004±0,004	20,98±3,56	240,42±132,94
	2016	0,83±2,51	1,53±0,62	5,85±22,50	0,02±0,01	0,004±0,004	19,22±4,37	250,00±103,02
	2017	0,17±0,11	1,05±1,31	0,39±0,38	0,01±0,00	0,003±0,001	22,49±3,44	298,33±142,05
	2018	0,23±0,20	1,57±0,37	0,20±0,12	0,02±0,01	0,006±0,002	22,17±3,51	328,18±152,43
DINOPHYTA	2014	0,20±0,16	2,21±0,27	0,25±0,02	0,01±0,00	0,004±0,001	16,05±1,96	348,08±148,65
	2015	0,17±0,19	1,20±0,49	0,35±0,18	0,02±0,02	0,006±0,006	22,12±3,32	268,75±131,12
	2016	0,21±0,25	1,65±0,65	3,68±17,54	0,02±0,01	0,005±0,004	21,92±3,58	306,07±73,70
	2017	0,24±0,16	0,96±1,04	0,34±0,32	0,01±0,00	0,003±0,002	21,70±3,21	372,07±151,05
	2018	0,36±0,29	1,37±0,46	0,19±0,15	0,01±0,01	0,005±0,002	21,16±3,37	405,86±133,22
CRYPTO-PHYTA	2014	0,82±0,77	2,18±0,32	0,26±0,06	0,01±0,00	0,004±0,001	16,07±1,95	323,29±154,59
	2015	0,21±0,14	1,16±0,51	0,32±0,18	0,02±0,02	0,005±0,005	22,60±3,72	274,33±126,54
	2016	0,44±0,73	2,50±3,35	11,44±30,80	0,02±0,01	0,003±0,003	20,05±4,47	281,20±110,54
	2017	0,42±0,42	1,05±1,29	0,32±0,32	0,01±0,00	0,003±0,002	21,51±3,45	364,34±154,62
	2018	0,46±0,68	1,38±0,45	0,20±0,18	0,01±0,01	0,005±0,002	20,32±3,09	370,38±139,59
OCHRO-PHYTA	2014	4,29±6,08	2,18±0,35	0,26±0,07	0,01±0,00	0,004±0,001	16,17±2,08	330,56±158,23
	2015	2,32±3,67	1,11±0,38	0,33±0,19	0,02±0,02	0,005±0,005	22,48±3,70	281,30±127,96
	2016	1,78±3,76	2,30±2,99	7,12±24,42	0,02±0,01	0,004±0,004	20,04±4,47	270,74±104,29
	2017	1,90±4,15	1,01±1,17	0,35±0,40	0,01±0,01	0,004±0,003	21,78±3,06	387,38±139,87
	2018	2,92±5,19	1,43±0,42	0,19±0,13	0,02±0,01	0,005±0,002	21,36±3,21	393,17±135,69
BACILLARIO-PHYTA	2014	2,28±6,27	2,18±0,37	0,26±0,07	0,01±0,00	0,004±0,001	16,25±2,17	295,70±139,76
	2015	2,07±4,50	1,21±0,58	0,34±0,19	0,02±0,01	0,005±0,005	21,55±4,32	251,57±135,84
	2016	1,42±3,32	3,70±4,90	8,30±26,26	0,02±0,01	0,003±0,003	18,02±5,34	208,64±108,01
	2017	2,49±4,81	1,55±1,87	0,34±0,32	0,01±0,00	0,004±0,003	21,47±3,41	336,21±147,78
	2018	5,14±20,11	1,58±0,49	0,22±0,14	0,02±0,01	0,005±0,002	21,65±3,36	325,00±138,91
CHLORO-PHYTA	2014	0,96±1,70	2,17±0,35	0,26±0,07	0,01±0,00	0,004±0,001	16,14±2,02	306,74±158,53
	2015	0,97±1,62	1,13±0,44	0,34±0,19	0,02±0,02	0,006±0,005	21,96±3,92	266,42±130,13
	2016	0,91±2,15	1,95±2,43	4,37±18,93	0,02±0,01	0,004±0,004	20,52±4,87	264,19±100,70
	2017	0,82±1,11	1,07±1,21	0,34±0,36	0,01±0,01	0,004±0,003	21,74±3,04	359,00±149,96
	2018	2,16±5,05	1,46±0,38	0,20±0,11	0,02±0,01	0,005±0,002	21,64±3,09	410,00±137,55
CYANO-BACTERIA	2014	3,92±17,96	2,15±0,26	0,26±0,05	0,01±0,00	0,005±0,001	15,85±1,61	364,86±147,58
	2015	0,99±1,54	1,21±0,52	0,30±0,16	0,02±0,01	0,005±0,005	23,01±3,79	260,65±121,21
	2016	7,25±9,50	4,77±5,31	5,47±21,89	0,02±0,01	0,005±0,005	20,62±4,53	249,44±90,78
	2017	3,16±2,42	2,10±2,42	0,26±0,14	0,01±0,00	0,003±0,001	22,58±3,95	281,25±99,32
	2018	1,95±2,60	1,35±0,52	0,19±0,21	0,01±0,01	0,004±0,001	20,68±3,20	352,00±113,31
CHARO-PHYTA	2014	0,56±0,70	2,15±0,26	0,26±0,05	0,01±0,00	0,005±0,001	15,85±1,61	327,14±144,23
	2015	0,16±0,22	1,24±0,63	0,27±0,12	0,01±0,01	0,004±0,004	23,19±3,62	262,29±125,65
	2016	0,20±0,24	2,59±3,10	10,03±28,74	0,02±0,01	0,004±0,004	20,29±4,75	250,69±100,18
	2017	0,59±1,31	1,00±1,15	0,31±0,34	0,01±0,00	0,004±0,002	23,57±2,96	319,57±137,03
	2018	0,46±0,72	1,73±0,56	0,21±0,10	0,02±0,01	0,006±0,002	22,17±3,38	351,38±139,30

Ochrophyta pokazuje najveću brojnost jedinki u 2014. godini (4,29±6,08), Bacillariophyta u 2018. godini (5,14±20,11), Chlorophyta također u 2018. godini (2,16±5,05) a Cyanobacteria u 2016. godini (7,25±9,50).



Slika 17. Srednje vrijednosti i standardne pogreške za broj stanica obzirom na odjel i godinu uzorkovanja (SV - srednja vrijednost, SV  $\pm$  SP - srednja vrijednost  $\pm$  standardna pogreška, SV  $\pm$  1,96\*SP - srednja vrijednost  $\pm$  1,96\*standardna pogreška)

Rezultati generalnog regresijskog modela prikazani u formi pareto dijagrama t-vrijednosti (Slika 18) su potvrdili da su istraživane fizičko-kemijske varijable ovisne o prostorno-vremenskim varijablama, dok broj stanica (jedinki) nije ovisan o prostorno-vremenskim varijablama, odnosno o profilu, godini i sezoni uzorkovanja.

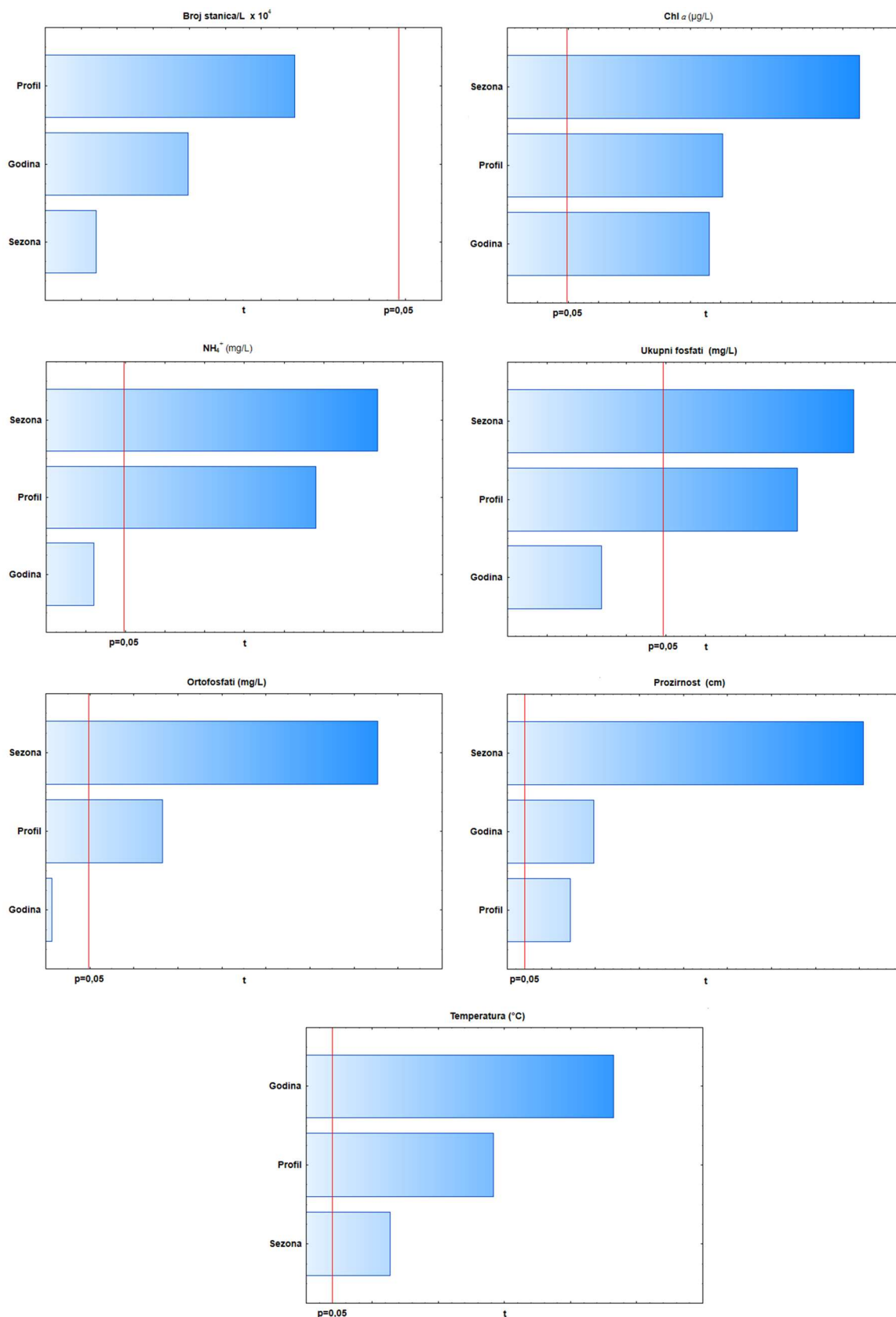
U slučaju koncentracije klorofila *a* statistički značajan utjecaj imaju sezona uzorkovanja, profil i godina uzorkovanja, s tim da najveći utjecaj ima sezona uzorkovanja nakon čega slijede profil i godina uzorkovanja.

Sezona uzorkovanja također ima najveći utjecaj na koncentraciju amonijevih iona nakon čega slijedi profil uzorkovanja dok godina nema statistički značajan utjecaj. Isti odnos je potvrđen za koncentracije ukupnih fosfata i ortofosfata.

Sve tri varijable imaju statistički značajan utjecaj na temperaturu vode i njenu prozornost s tim da na temperaturu ima daleko najveći utjecaj godina uzorkovanja, a na prozornost sezona uzorkovanja.

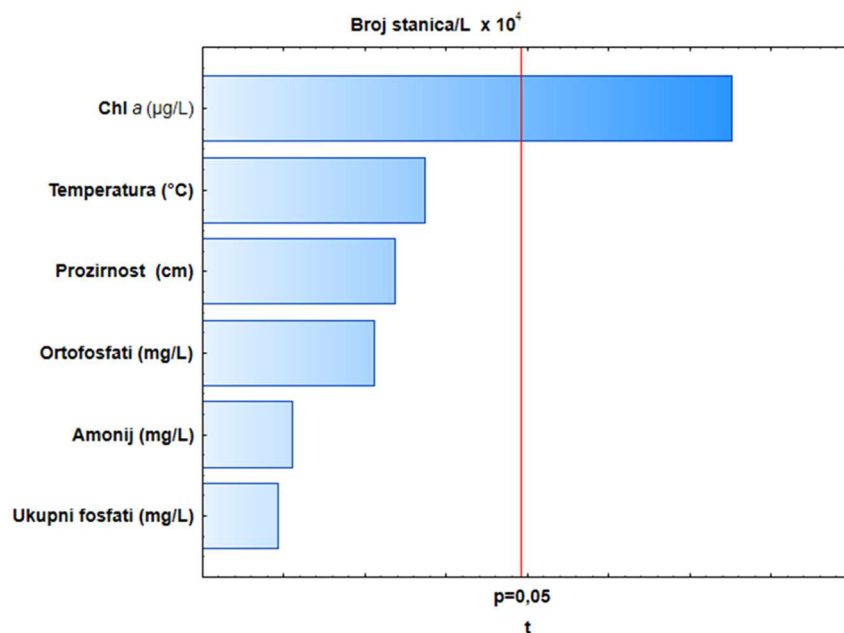
Ukoliko se promatra utjecaj istraživanih varijabli na broj stanica (Slika 19) vidljivo je da je koncentracija klorofila *a* jedina varijabla sa statistički značajnim utjecajem na broj stanica.

Od odabranih prediktorskih varijabli (koncentracija klorofila *a* i fizikalno-kemijski pokazatelji) jedino temperatura, a zatim koncentracija klorofila *a* statistički značajno koreliraju sa zastupljenošću odjela (Slika 20), a od prostorno-vremenskih varijabli jedino sezona uzorkovanja pokazuje statistički značajan doprinos (Slika 21).

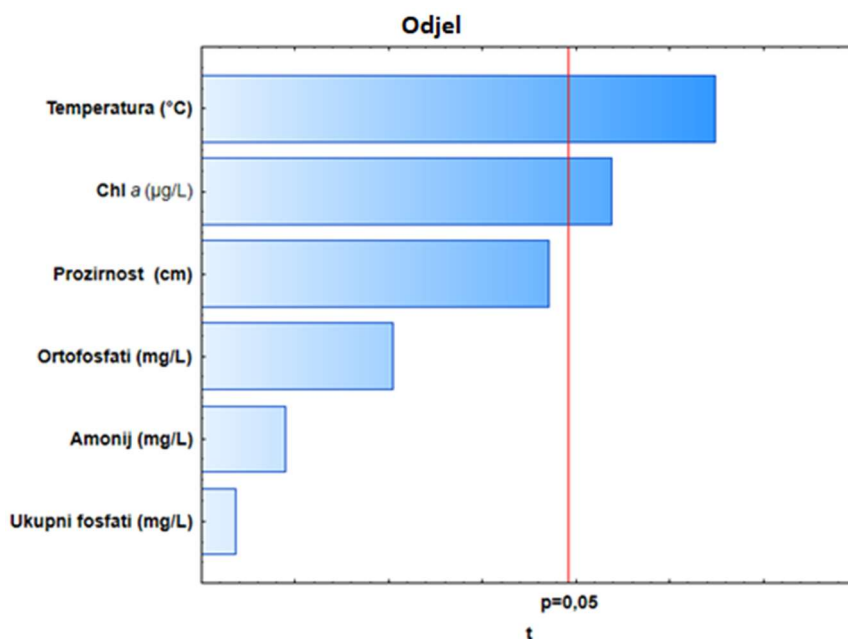


Slika 18. Rezultati generalnog regresijskog modela prikazani u obliku Pareto dijagrama t-vrijednosti međuovisnosti broja jedinki, klorofila *a* te fizikalno-kemijskih pokazatelja i odabranih prediktorskih varijabli (profil, sezona, godina uzorkovanja). Sve varijable koje prelaze graničnu vrijednost  $p=0,05$  (crvena linija) pokazuju statistički značajan utjecaj na odgovarajuću zavisnu varijablu

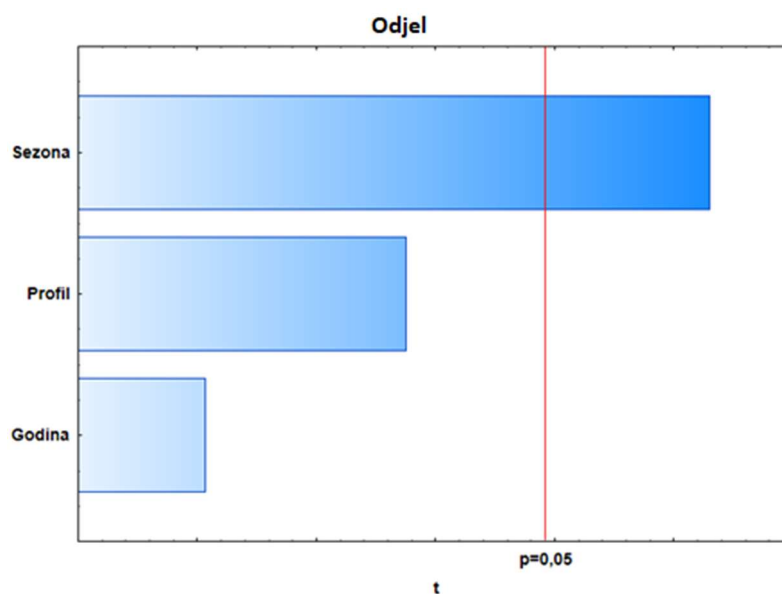




Slika 19. Rezultati generalnog regresijskog modela prikazani u obliku Pareto dijagrama t-vrijednosti međuovisnosti broja jedinki i odabranih prediktorskih varijabli (klorofil a, fizikalno-kemijski pokazatelji). Sve varijable koje prelaze graničnu vrijednost  $p=0,05$  (crvena linija) pokazuju statistički značajan utjecaj na odgovarajuću zavisnu varijablu



Slika 20. Rezultati generalnog regresijskog modela prikazani u obliku Pareto dijagrama t-vrijednosti međuovisnosti odjela i odabranih prediktorskih varijabli (klorofil a, fizikalno-kemijski pokazatelji). Sve varijable koje prelaze graničnu vrijednost  $p=0,05$  (crvena linija) pokazuju statistički značajan utjecaj na odgovarajuću zavisnu varijablu



Slika 21. Rezultati generalnog regresijskog modela prikazani u obliku Pareto dijagrama t-vrijednosti međuovisnosti zastupljenosti odjela i odabranih prediktorskih varijabli (profil, sezona uzorkovanja, godina uzorkovanja). Sve varijable koje prelaze graničnu vrijednost  $p=0,05$  (crvena linija) pokazuju statistički značajan utjecaj na odgovarajuću zavisnu varijablu

U fitoplanktonskoj je zajednici akumulacije Butoniga tijekom istraživanog razdoblja (2014.-2018.) utvrđeno 128 vrsta. Općenito je prihvaćeno da je broj vrsta ili biodiverzitet, u velikim jezerima veći nego u manjim, što nije i znanstveno potvrđeno, kao ni pretpostavke da eutrofna jezera imaju manji broj vrsta u zajednici nego oligotrofna jezera (O'Sullivan i Reynolds 2003). Vodeni ekosustavi u kojima nisu prisutni ekstremni uvjeti (izrazito visoke ili niske vrijednosti pH, provodljivosti, sastav iona, mutnoća, stres uzrokovan miješanjem) omogućavaju razvoj više stotina različitih fitoplanktonskih vrsta. Ekstremni uvjeti u pravilu dovode do smanjenja biodiverziteta, jer ne dozvoljavaju razvoj vrsta s uskom ekološkom valencom (Heaney i sur. 1988).

Prema broju stanica/L (abundancija) fitoplanktonskom zajednicom akumulacije Butoniga dominiraju vrste skupine Bacillariophyta (*Cyclotella* spp.) i Ochrophyta (*Dinobryon* spp.). Fitoplanktonske zajednice u kojima dominiraju dijatomeje razvijaju se uglavnom u dobro miješanim vodama, gdje među prvima reagiraju na produljenje dana pri kraju zimskog razdoblja razvojem i rastom stanica (Reynolds 1997), a osjetljive su na temperaturnu stratifikaciju, nedostatak silicija i ugljika te povišenje pH, a tolerantne su na manju količinu svjetlosti (Padisák i sur. 2009, Reynolds i sur. 2002).

Primjena funkcionalnih grupa, prema pripadajućim vrstama fitoplanktona, kao deskriptora biološkog elementa kakvoće, pruža dovoljno podataka ne samo o morfologiji, fiziologiji i ekologiji samih vrsta već istovremeno omogućava i razumijevanje zajednice u skladu s ekološkim značajkama staništa (Salmaso 2003, Salmaso i Padisák 2007).

Dominantne vrste dijatomeja akumulacije Butoniga roda *Cyclotella* taksonomski nisu u određene do vrste s razloga što je najveća abundancija utvrđena kod vrste *Cyclotella ocellata* Pantocsek. Navedena vrsta ima značajnu morfološku varijabilnost te je vrlo zahtjevno njeno taksonomsko određivanje. Naime, često je zamijenjena sa sličnim taksonima roda *Cyclotella*, kao npr. *Cyclotella comensis* Grunow, *Cyclotella krammeri* Hakansson i *Cyclotella rossii* Hakansson, jer objedinjuje značajke svih navedenih vrsta. Hegewald i Hindakova (1997) zbog toga ujediniju sporne vrste u jedan takson - *Cyclotella ocellata*-kompleks. Prema navodima Padisak i Reynolds (1998) *Cyclotella ocellata* je mezo- do eutrofna vrsta, što je u kontradikciji s pronalascima ove vrste u ultraoligotrofnim (Fritz i sur. 1993), oligotrofnim (Kiss i sur. 1996; Padisak i sur. 1998) i oligo-mezotrofnim (Reavie i Smol 2001) jezerima. Također su vrste roda *Cyclotella* često dominantne vrste u dubokim jezerima (Reynolds 2002).

Dostupni podaci o vrsti *Cyclotella ocellata* temelje se na istraživanjima u mnogim različitim geografskim regijama što indicira da izračunati optimum ukupnog fosfora ovisi o regiji u kojoj *Cyclotella ocellata* raste. Uzimajući u obzir taksonomsku nejasnoću *Cyclotella ocellata*-kompleksa može se pretpostaviti da postoji nekoliko ekoloških tipova unutar ovog taksona koji pokazuju različite ekološke zahtjeve.

Dominantne vrste skupine Ochrophyta (Crysophyceae: *Dinobryon divergens* O.E.Imhof, *Dinobryon bavaricum* Imhof, *Dinobryon crenulatum* West & G.S.West, *Dinobryon sociale* (Ehrenberg) Ehrenberg, ali i vrste *Pseudokephyrion entzii* W.Conrad) u akumulaciji Butoniga neznatnu dominaciju preuzimaju isključivo u proljeće te se pretpostavlja da je razvoj skupine Bacillariophyta u tom razdoblju uglavnom ograničen količinom silicija (Sommer i sur. 1986). Razvoj vrsta iz roda *Dinobryon* je karakterističan za vode osiromašene fosforom i važan je u ispaši bakterijama (Bird i Kalff 1986). Ljeti je veći dio fosfora u eufotičkoj zoni organski vezan (Jurgens i Gude 1990) što dovodi do činjenice da smanjenje koncentracije nutrijenata potiče razvoj miksotrofnih vrsta iz roda *Dinobryon* koji ima sposobnost konzumiranja bakterija kao alternativnog načina dobivanja potrebnog fosfora za rast i preživljavanje. Vrsta *Dinobryon divergens* je po svojim fiziološkim značajkama karakteristična za plitka eutrofna do mezotrofna jezera, ali je također radi mogućnosti miksotrofnog načina ishrane zabilježena i u oligotrofnim do mezotrofnim jezerima i karakteristična je ne samo za krška oligotrofna jezera već i za alpska oligotrofna jezera (Mischke i sur. 2012).

Prekid kompeticije za svjetlost od strane specijaliziranih autotrofnih vrsta rezultira povećanjem abundancije ljeti pri nižim koncentracijama nutrijenata (Kamjunke i sur. 2006). Uz predstavnike Chrysophyceae u ljetnom se razdoblju javljaju i predstavnici skupine Dinophyta poglavito *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin, *Parvodinium inconspicuum* (Lemmermann) S.Carty i *P. umbonatum* (Stein) Carty. *Ceratium hirundinella* je vrsta sa širokom tolerancijom na različite uvjete okoliša. U plitkim stratificiranim vodama može postati kvantitativno važna fitoplanktonska vrsta, najvjerojatnije zbog svojih migracijskih značajki (Grigorzyk i sur. 2000; Padišák i sur. 2003). *C. hirundinella* se inače pojavljuje od proljeća do jeseni u umjerenim jezerima, a maksimum razvoja dostiže ljeti (Heaney i Talling 1980, Heaney 1976, Reynolds 1984). Pojavljivanje vrste *Ceratium hirundinella* u akumulaciji Butoniga u skladu je s nalazima za mediteransko područje, gdje to je vrlo česta vrsta tijekom čitavog sukcesijskog razdoblja (Pérez-Martínez i Sánchez-Castillo 2001). Vrsta je često morfološki promijenjena (različite dimenzije i broj nastavaka na hipoteci) (List 1914). U jezerima i akumulacijama Republike Hrvatske već su zabilježeni oblici s 4 nastavka na hipoteci što je i slučaj s ovom vrstom u akumulaciji Butoniga (Gligora i sur. 2003).

U akumulaciji su radi ipak većih koncentracija određenih hranjivih tvari zabilježene i zelene alge (*Sphaerocystis Schroeteri* Chodat, *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) K.Möbius, *Oocystis* sp., *Elakatothrix gelatinosa* Willei, *Tetraselmis cordiformis* (Carter) Stein što zajedno s povišenim koncentracijama klorofila a ukazuje na porast trofije, ali i saprobnog stanja posebice u toplijim mjesecima (McCormick i Cairns 1994).

Navedeni rezultati ukazuju da je akumulacija Butoniga u dopuštenim graničnim vrijednostima za vode dobrog do umjereno dobrog stanja s povremenom tendencijom porasta što je utvrđeno i provedenim monitoringom (Mustafić i sur. 2015, 2016, 2017, 2018, 2019).

Analizom temperaturne stratifikacije (Mustafić i sur. 2018) uočen je zagrijani stupac vode dubok i do 8 m posebice u ljetnim mjesecima. Stoga je neophodno zadržavanje temperaturne stratifikacije ljeti, kako bi se nutrijenti zadržali u hladnijem sloju ispod termokline. Eventualno spuštanje razine vode akumulacije ljeti ispod kote od 34 m nad morem, zbog zagrijavanja vode, znatno će ubrzati proces eutrofikacije u kratkom vremenskom periodu, zbog prisutnosti veće koncentracije nutrijenata ispod termokline. Sanacija ovog problema izrazito je skup i dugotrajan posao, a može se postići samo potpunim pražnjenjem i produbljivanjem dna akumulacije.

Statističkom obradom rezultata ustanovljeno je da postoje razlike u sastavu fitoplanktonske zajednice, ovisno o sezoni uzorkovanja, kao i o godini uzorkovanja pri čemu je za odjel Euglenozoa najveći broj jedinki je potvrđen u 2016. godini ( $0,83 \pm 2,51$ ) koja je čak osam puta veća u odnosu na najnižu vrijednost utvrđenu u 2015. godini. Ipak, od prostorno-vremenskih varijabli jedino sezona uzorkovanja pokazuje statistički značajan doprinos ( $p \geq 0,05$ ). Unatoč tome, ne postoji statistički značajna razlika u ukupnom broju stanica ovisno o prostorno vremenskim varijablama, odnosno o profilu, godini i sezoni uzorkovanja, dok prostorno vremenski parametri pokazuju statistički značajan utjecaj ( $p \geq 0,05$ ) na količinu klorofila a i ostale istraživane fizičko-kemijske parametre. Rezultati statističke obrade podataka pokazuju da prostorno vremenske varijable različito utječu na istraživane parametre te se može uočiti da, primjerice na temperaturu daleko najveći utjecaj ima godina uzorkovanja, dok na prozirnost najviše utječe sezona uzorkovanja. S obzirom na količinu podataka i činjenicu da je ovo prvi korak u istraživanju jezera Butoniga, statističke analize izrađene su na razini odjela (phylum). Zbog toga postoji mogućnost da bi statistička obrada podataka na nižim sistematskim kategorijama pokazala statistički značajne utjecaje istraživanih parametara/varijabli na sastav fitoplanktonskih zajednica (fitoplanktonske zajednice) istraživanih profila (ili istraživanog jezera) pa bi ovo istraživanje svakako valjalo nastaviti.

Provedenim analizama definirani fitoplanktonski deskriptori i njihove pripadajuće vrijednosti Okvirne Direktive o vodama (ODV) klasama definirane su postojećim zakonskim aktom koji ne uključuje metodologiju za akumulacije. Kako ukupnu ocjenu ekološkog stanja karakterizira najlošija vrijednost nekog pokazatelja, dobiveni rezultati implementirani u nedostatne regulative procjene ekološkog potencijala akumulacija, ne odražavaju nativno stanje same akumulacije. Završetkom izrade i verificiranjem metodologije izračuna ekološkog potencijala za akumulacije neophodno je provesti usklađivanje prikupljenih podataka i novih izračuna.

- Zajednicom fitoplanktona u akumulaciji Butoniga dominiraju *Cyclotella* spp. – *Dinobryon* spp., te zajednicu karakterizira funkcionalna grupa B-E. Dominantna FG u potpunosti opisuje vodu akumulacije koju naseljavaju fitoplanktonske vrste malih, plitkih mezotrofnih jezera. Vrste koje su osjetljive na temperaturnu stratifikaciju, nedostatak silicija i ugljika te povišenje pH, a tolerantne su na manju količinu svjetlosti.
- Na osnovi navedenog nije moguće zaključiti da li je stanovita fitoplanktonska zajednica karakteristična za određeno vodno tijelo, jer bez implementacije hidro-morfoloških i izračuna biomase nije moguće jasno definirati da li je taksonomski sastav odgovor na stresne uvjete ili narušavanje u zajednici.
- Na temelju analize temperaturne stratifikacije uočeno je da je u najtoplije doba godine zagrijani stupac vode dubok i do 8 m. U ovom je najosjetljivijem razdoblju neophodno zadržati temperaturnu stratifikaciju, zbog zadržavanja nutrijenata u hladnom sloju ispod termokline. Spuštanje razine vode u akumulaciji ne smije biti ispod kote od 34 m nad morem, jer će nutrijenti, prisutni u većoj količini ispod termokline zbog zagrijavanja akumulacije, znatno ubrzati proces eutrofikacije, odnosno potaknuti će pogoršanje kakvoće vode u vrlo kratkom razdoblju. To će se moći sanirati samo potpunim pražnjenjem akumulacije i produbljivanjem njena dna, što je izrazito skup i dugotrajan posao.
- Navedeni rezultati ukazuju da je akumulacija Butoniga u dopuštenim graničnim vrijednostima za vode dobrog do umjereno dobrog stanja s povremenom tendencijom porasta.
- Provedenim analizama definirani fitoplanktonski deskriptori i njihove pripadajuće vrijednosti klasa Okvirne Direktive o vodama (ODV) definirane su postojećim zakonskim aktom koji ne uključuje metodologiju za akumulacije. Završetkom izrade i verificiranjem metodologije izračuna ekološkog potencijala za akumulacije neophodno je provesti usklađivanje prikupljenih podataka i novih izračuna.
- Budući da su statističke analize izvedene na razini odjela (phylum), bilo bi dobro nastaviti istraživanje obradom podataka na nižim sistematskim razinama.

- American Public Health Association APHA (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edn. APHA, Washington.
- Bird D, Kalff J (1986) Bacterial grazing by planktonic lake algae. *Science* **231**: 493-495.
- Borics G, Várbíró G, Grigorszky I, Krasznai E, Szabí S, Kiss KT (2007) A new evaluation technique of potamoplankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Large Rivers*, 17. *Arch Hydrobiol Supplement* **161**: 465-486.
- Brown AL (1971) Ecology of fresh water. Heinmann Educational Books Ltd, London.
- Carpenter SR, Kitchell JF (1993) The Trophic Cascade in Lakes. Cambridge University Press, Cambridge.
- Coesel PFM (1982) De Desmidiaceeën van Nederland - Sieralgen - Deel 1. Fam. Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae. Wetensch Meded KNNV, Utrecht.
- Coesel PFM (1983) De Desmidiaceeën van Nederland - Sieralgen - Deel 2. Fam. Closteriaceae. Wetensch Meded KNNV, Utrecht.
- Coesel PFM (1985) De Desmidiaceeën van Nederland - Sieralgen - Deel 3. Fam. Desmidiaceae (1). Wetensch Meded KNNV, Utrecht.
- Coesel PFM (1991) De Desmidiaceeën van Nederland - Sieralgen - Deel 4. Fam. Desmidiaceae (2). Wetensch Meded KNNV, Utrecht.
- Coesel PFM (1994) On the ecological significance of a cellular mucilaginous envelope in planktic desmids. *Algalogical Studies* **73**: 65-74.
- Coesel PFM (1997) De Desmidiaceeën van Nederland - Sieralgen - Deel 6. Fam. Desmidiaceae (2). Wetensch Meded KNNV, Utrecht.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Communities*, L 327/1, 2000.
- Gitay H, Noble IR, Connell JH (1999) Deriving functional types for rain-forest trees. *J Veg Sci* **10**: 641-650.
- Gligora M, Plenković-Moraj A, Ternjej I (2003) Seasonal distribution and morphological changes of *Ceratium hirundinella* in two mediterranean shallow lakes. *Hydrobiologia* **506**: 213-220.
- Golerbach MM, Kosinskaja EK, Poljanski VI (1953) *Sinzelenije vodorosli*. Gos Izd Sovjetskaja nauka, Moskva
- Graham LE, Graham JM, Wilcox LW (2009) *Algae (Second Edition)*. Wilbur B (ur.). Pearson Benjamin Cummings, San Francisco, CA, 486-546.
- Grigorszky I, Nagy S, Krienitz L, Kiss KT, Hamvas MM, Tóth A, Borics G, Máthé C, Kiss B, Borbély G, Dévai G, Padišák J (2000) Seasonal succession of phytoplankton in a small oligotrophic oxbow and some consideration to the PEG model. *Verh Internat Verein Theor Angew Limnol* **27**: 152-156.
- Guiry MD, Guiry GM (2015) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; pretreživano rujan 2019.
- Heaney SI (1976) Temporal and spatial distribution of the dinoflagellate *Ceratium hirundinella* O.F. Müller within a small productive lake. *Freshwat Biol* **10**: 163-170.
- Heaney SI, Talling JF (1980) Dynamic aspect of dinoflagellate distribution patterns in a small productive lake. *J Ecol* **68**: 75-94.
- Heaney SI, Lund JWG, Hilda M, Gray K (1988) Population dynamics of *Ceratium* spp. in three English lakes, 1945-1985. *Hydrobiologia* **161**: 133-148.
- Hegewald E, Hindáková A (1997) Variability of a natural population and clones of the *Cyclotella ocellata*-complex (Bacillariophyceae) from the Gallberg-pond, NW-Germany. *Algol Stud* **86**: 17-37.
- Hindak F, Marvan P, Rosa K, Popovsky J, Lhotsky O (1978) *Sladkovodne riasy*, Slovenske Pedagogicke Nakladatelstvo, Bratislava.
- Hötzel G, Croome R (1999) *A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwaters*. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra, 56 str.
- Hrvatske vode (2015). Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće. Str 1-247. <https://www.voda.hr/hr/metodologije>
- Huber-Pestalozzi G (1950) *Das Phytoplankton des Süßwassers*. (Die Binnengewässer, Band XVI). Teil 3. Cryptophyceen, Chloromonadinen, Peridineen. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi G (1982) *Das Phytoplankton des Süßwassers*. (Die Binnengewässer, Band XVI). Teil 8. 1. halfe Conjugatophyceae, Zygnematales und Desmidiales. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Jensen NC (1985) Hustedt's "Die Kieselalgen, 2. Teil: The Pennate Diatoms. Koeltz Scientific Books Koenigstein.
- John DM, Whitton BA, Brook AJ (2002) *The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press, New York.

- Jurgens K, Gude H (1990) Incorporation and release of phosphorus by planktonic bacteria and phagotrophic flagellates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **59**: 271-284.
- Kamjunke N, Henrichs T, Gaedke U (2006) Phosphorus gain by bacterivory promotes the mixotrophic flagellate *Dinobryon* spp. During re-oligotrophication. Oxford University Press.
- Kiss KT, Rojo C, Álvarez-Cobelas M (1996) Morphological variability of a *Cyclotella ocellata* (Bacillariophyceae) population in the lake Las Madres (Spain). *Algol Stud* **82**: 37-55.
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1991) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1991) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2. Bacillariophyceae. Teil 4. Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) and *Gomphonema*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Lange-Bertalot H (2001) *Navicula sensu stricto* 10 Genera Separated from *Navicula sensu lato* Frustulia. *Diatoms of Europe: Volume 2*. ARG. Gantner Verlag KG, Florida.
- Leishman MR, Westoby M (1992) Classifying plants into groups on the basis of associations of individual traits - evidence from Australian semi-arid woodlands. *J Ecol* **80**: 417-424.
- Lenzenweger R (1996) Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1. *Biblioteca Phycologica*. J Cramer, Stuttgart.
- Lenzenweger R (1997) Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 2. *Biblioteca Phycologica*. J Cramer, Stuttgart.
- Lenzenweger R (1999) Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 3. *Biblioteca Phycologica*. J Cramer Stuttgart.
- List T (1914) Über die temporal und Lokalvariation von *Ceratium hirundinella* O. F. M. aus dem Plankton einiger Teiche in der Umgegend von Darmstadt und einiger Kolke des Altrheins bei Erfelden. *Arch. Hydrobiol.* **9**: 81-126.
- Lund JWG, Kipling C, Le Cren ED (1958) The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* **11**: 143-170.
- McCormick PV, Cairns J Jr (1994) Algae as indicators of environmental change. *J Appl Phycol.* 509-526.
- Meyer O (1993) *Functional Groups of Microorganisms*. U: Schulze ED, Mooney HA (ur.), *Biodiversity and Ecosystem Function*. Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin 67-96.
- Mischke U, Nixdorf B (2003) Equilibrium phase conditions in shallow German lakes: How cyanoprokaryota species establish a steady state phase in late summer. *Hydrobiologia* **502**: 123-132.
- Mortensen E, Jeppesen E, Søndergaard M, Nielsen LK (1994) Nutrient dynamics and biological structure in shallow freshwater and brackish lakes. *Proceedings from an International Conference held in Silkeborg, Denmark 16-20 August 1992*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht; Boston.
- Mustafić P, Mrakovčić M, Plenković-Moraj A, Mihaljević Z, Ternjej I, Kerovec M, Zanella D, Marčić Z, Čaleta M, Žutinić P i sur. (2019). Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2018. Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb, 2019.
- Mustafić P, Mrakovčić M, Plenković-Moraj A, Mihaljević Z, Ternjej I, Kerovec M, Zanella D, Marčić Z, Čaleta M, Žutinić P i sur. (2018). Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2017. Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb, 2018.
- Mustafić P, Mrakovčić M, Plenković-Moraj A, Mihaljević Z, Ternjej I, Kerovec M, Zanella D, Čaleta M, Marčić Z, Žutinić P, Gligora Udovič M (2017). Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2016. Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb, 2017.
- Mustafić P, Mrakovčić M, Mišetić S, Plenković-Moraj A, Mihaljević Z, Ternjej I, Horvatić J, Kerovec M, Zanella D, Čaleta M i sur. (2016) Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2015. godine. Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb, 2016.



- Mrakovčić M, Mustafić P, Mišetić S, Plenković-Moraj A, Mihaljević Z, Ternjej I, Horvatić J, Kerovec M, Zanella D, Čaleta M i sur. (2015) Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2014. Godine. Prirodoslovno- matematički fakultet, Zagreb, 2015.
- NN 56/13 - Zakon o vodama izmjenama i dopunama Zakona [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/f/ull/2013\\_05\\_56\\_1139.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/f/ull/2013_05_56_1139.html)
- NN 73/13) - Uredba o standardu kakvoće voda [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_06\\_73\\_1463.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_73_1463.html)
- Oberwinkler F (1993) Evolution of Functional Groups in Basidiomycetes. (Fungi). U: Schulze ED, Mooney HA (ur.), Ecol Stu An. Ecol Stud. Springer-Verlag, Berlin 143-164.
- O'Sullivan PE, Reynolds CS (2003) The Lakes Handbook 1. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Padisák J (2003) Phytoplankton. U: O'Sullivan PE, Reynolds CS (ur.) The Lakes Handbook 1. Limnology and Limnetic Ecology. Blackwell Science Ltd. Oxford, 251-308.
- Padisák J, Borics G, Fehér G, Grigorszky I, Oldal I, Schmidt A, Zámóné-Doma Z (2003) Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia* **502**: 157-168.
- Padisák J, Reynolds CS (1998) Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia* **384**: 41-53.
- Padisák J, Crossetti LO, Naselli-Flores L (2009) Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* **621**: 1-19.
- Padisák J (2004) Phytoplankton. U: O'Sullivan PE, Reynolds CS (ur.). *The Lakes Handbook - Limnology and Limnetic Ecology (Volume 1)*. Blackwell Publishing, Oxford, 251-308.
- Patrick R, Reimer CW (1966) The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii, Volume 1- Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnantheaceae, Naviculaceae. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Patrick R, Reimer CW (1975) The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii, Volume 2, Part 1- Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemaceae. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Pérez-Martínez C, Sánchez-Castillo P (2001) Temporal occurrence of *Ceratium hirundinella* in Spanish reservoirs. *Hydrobiologia* **452**: 101-107.
- Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol.* **273**: E99–E107.
- Pillar VD (1999) On the identification of optimal plant functional types. *J Veg Sci* **10**: 631-640.
- Plenković-Moraj A (2000) Fitoplankton str. 21-32 U: Mrakovčić M, Kerovec M : Trofija akumulacija Butoniga u 1999. godini. - Studija Biološkog odsjeka PMF-a Zagreb, 86.
- Plenković-Moraj A (2000): Obilježja fitoplanktona akumulacije Butoniga str. 23-43 U: Kerovec M, Mrakovčić M : Trofička i biološko-ekološka obilježja akumulacije Butoniga. Studija Biološkog odsjeka PMF-a Zagreb, 95 str.
- Popovsky J, Pfister LA (1990) Dinophyceae (Dinoflagellida); u: Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D Süßwasserflora von Mitteleuropa. Begründet von A. Pascher. Band 6; Gustav Fischer Verlag, Jena, 272 str.
- Reavie ED, Smol JP (2001) Diatom-environmental relationships in 64 alkaline southeastern Ontario (Canada) lakes: a diatom-based model for water quality reconstructions. *J Paleolimnol* **25**: 25-42.
- Reynolds CS (1984) The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press.
- Reynolds C (1988) Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. U: Sandgren CD (ur.) Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press, 388–433.
- Reynolds CS (1993) Scales of disturbance and their role in plankton ecology. *Hydrobiologia* **249**: 157–171.
- Reynolds CS (1997) Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe.

- Reynolds CS (2002) Resilience in aquatic ecosystems-hysteresis, homeostasis and health. *Aquat. Ecosyst. Health Management* **5**: 3–17.
- Reynolds CS (2006) *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Reynolds CS, Huszar V, Kruk C, Naselli-Flores L, Melo S (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J Plankton Res* **24**: 417-428.
- Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990) *The Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Salmaso N (2003) Life strategies, dominance patterns and mechanisms promoting species coexistence in phytoplankton communities along complex environmental gradients. *Hydrobiologia* **502**: 13-36.
- Salmaso N, Padišák J (2007) Morpho-Functional Groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* **578**: 97–112.
- Shapiro J (1997) The role of carbon dioxide in the initiation and maintenance of blue-green dominance in lakes. *Freshwat Biol* **37**: 307–323.
- Sheridan N, Barrister LLM (2007) Transposition of the Water Framework Directive Into Croatian Legislation. U: Gereš D (ur.). 4. Hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode i Europska unija – Izazovi i mogućnosti, Zbornik radova, Opatija, 977-983.
- Shiple B, Keddy PA, Moore DRJ, Lemky K (1989) Regeneration and establishment strategies of emergent macrophytes. *J Ecol* **77**: 1093-1110 .
- Sieburth JMcN, Smetacek V, Lenz J (1978) Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relations to plankton size fractions. *Limnol Oceanogr* **23**: 1256–1263.
- Sigee DC (2005) *Freshwater microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*. John Wiley and Sons Ltd, England, 524 str.
- Sommer U, Gliwicz ZM, Lampert W, Duncan A (1986) The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in freshwaters. *Arch Hydrobiol* **106**: 433-471.
- Tilman P (1982) *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press, Princeton.
- Usseglio-Polatera P, Bournaud M, Richoux P, Tachet H (2000) Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. *Freshwater Biol* **43**: 175-205.
- Utermöhl H (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitteilungen. Verh Internat Verein Theor Angew Limnol* **9**: 1-38.
- Wehr JD, Sheath RG (2003) *Freshwater Algae of North America*. Academic Press, Boston.
- West W, West GS (1904) *A Monograph of the British Desmidiaceae. Volume I*. Adlard and Son, London.
- West W, West GS (1905) *A Monograph of the British Desmidiaceae. Volume II*. Adlard and Son, London.
- West W, West GS (1908) *A Monograph of the British Desmidiaceae. Volume III*. Adlard and Son, London.
- West W, West GS (1912) *A Monograph of the British Desmidiaceae. Volume IV*. Adlard and Son, London.
- Zabelina MM, Kiselev IA, Proškina, AI, VI Šešukova (1951) *Opređelitelj presnovodnih vodoroslei SSSR. Diatomovie vodorosli*. Gosudarstvenoe izdatel'jstvo Sovjetskaja nauka, Moskva.

### Osobni podatci

Ime i prezime: Ivan Šetin

Mjesto rođenja: Brežice, Slovenija

### Obrazovanje

Osnovna škola Janko Mišić i Glazbena škola Ferdo Livadić, Samobor

Srednja škola VII Gimnazija, Zagreb

Dodiplomski studij (smjer profesor biologije), Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu