

UTJECAJ VERTIKALNE STRATIFIKACIJE NA DISTRIBUCIJU FITOPLANKTONA U SAKADAŠKOM JEZERU

Ivanko, Mirna

Master's thesis / Diplomski rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj
Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:013466>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



**ODJEL ZA
BIOLOGIJU**
Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of biology, Josip Juraj
Strossmayer University of Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski nastavnički studij biologije i kemije

Mirna Ivanko

UTJECAJ VERTIKALNE STRATIFIKACIJE NA DISTRIBUCIJU
FITOPLANKTONA U SAKADAŠKOM JEZERU

Diplomski rad

OSIJEK, 2014.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Odjel za biologiju

Diplomski nastavnički studij biologije i kemije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

Utjecaj vertikalne stratifikacije na distribuciju fitoplanktona u Sakadaškom jezeru

Mirna Ivanko

Rad je izrađen: Zavod za ekologiju voda

Mentor: Doc. dr. sc. Melita Mihaljević

Neposredni voditelj: Dr. sc. Dubravka Špoljarić

Sažetak: Istraživanje vertikalne distribucije fitoplanktona u Sakadaškom jezeru provedeno je u proljetnom razdoblju od ožujka do svibnja 2012. godine. Praćen je utjecaj promjena fizikalno-kemijskih čimbenika vode na kvantitativni sastav fitoplanktona grupirajući vrste prema morfo-funkcionalnoj klasifikaciji. Termalna stratifikacija, te miješanje vodenih slojeva utjecali su na vrijednosti ostalih fizikalno-kemijskih čimbenika u vertikalnim slojevima vode. Opadanje biomase fitoplanktona od površine prema dnu jezera bilo je uzrokovano smanjenjem temperature vode i količine svjetlosti u vertikalnom stupcu vode, dok su u uvjetima miješanja vode vrijednosti biomase bile najveće u pridnenim slojevima. U sezonskim sukcesijama fitoplanktona ističe se dominacija vrsta *Cryptomonas* spp., *Synura uvella* te *Dinobryon divergens* u ožujku, a zajednica dijatomeja (vrste roda *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Tabularia*, *Tryblionella* i *Ulnaria*) u travnju i u svibnju. Mogu se definirati sljedeće sukcesije funkcionalnih skupina: **Y**, **Ws**, **E** → **C**, **D** i **Tb**. Pojava vrlo heterogene fitoplanktonske zajednice s malom biomasom utvrđena u svibnju može se okarakterizirati kao „faza čiste vode“. Iako je Sakadaško jezero relativno plitko jezero, dobiveni rezultati ukazuju na izraženu vertikalnu distribuciju fitoplanktona.

Broj stranica: 80

Broj slika: 30

Broj tablica: 3

Broj literaturnih navoda: 79

Broj priloga: 3

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: fitoplankton, vertikalna distribucija, Sakadaško jezero, funkcionalne skupine fitoplanktona

Datum obrane: 17.07.2014.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Enrih Merdić
2. doc. dr. sc. Melita Mihaljević
3. doc. dr. sc. Filip Stević
4. izv. prof. dr. sc. Janja Horvatić

Rad je pohranjen u:

u knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Biology
Graduate Study of Biology and Chemistry in Education
Scientific Area: Natural sciences
Scientific Field: Biology

MS thesis

The influence of vertical stratification on phytoplankton distribution in Lake Sakadaš

Mirna Ivanko

Thesis performed at: Department of Biology, Osijek

Supervisor: Melita Mihaljević, PhD, Assistant Professor

Assistant in charge: Dubravka Špoljarić, PhD

Short Abstract: Investigation of the vertical distribution of phytoplankton in Lake Sakadaš was done in spring period from March to May 2012. The influence of physico-chemical parameters on quantitative phytoplankton composition was investigated and species were grouped according to morpho-functional classification. The physico-chemical parameters of lake water were altered due to the thermal stratification established in March and April as well as by water column mixing in May. Water temperature and light were the main factors causing the decrease in phytoplankton biomass from the surface to the bottom of the lake in March and April, while the highest biomass values were established in bottom layers in May. The seasonal succession of phytoplankton was dominated by *Cryptomonas* spp., *Synura uvella* and *Dinobryon divergens* in March, and *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Tabularia*, *Tryblionella* and *Ulnaria* in April and May. The sequence of phytoplankton functional groups can be summarized as **Y**, **Ws**, **E** → **C**, **D** and **T_B**. The development of the heterogeneous community with low biomass in May can be characterized as the “clear water phase”. Although the Lake Sakadaš is relatively shallow, gained results show that the vertical distribution of phytoplankton is well pronounced depending on the influence of the physico-chemical factors.

Number of pages: 80

Number of figures: 30

Number of tables: 3

Number of references: 79

Number of appendices: 3

Original in: Croatian

Key words: phytoplankton, vertical distribution, Lake Sakadaš, phytoplankton functional groups

Date of the thesis defence: 17th of July 2014

Reviewers:

1. Enrih Merdić, PhD, Associate Professor
2. Melita Mihaljević, PhD, Assistant Professor
3. doc. dr. sc. Filip Stević, Assistant Professor
4. Janja Horvatić, PhD, Associate Professor

Thesis deposited in:

Library of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek.

Iskreno zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Meliti Mihaljević na prenesenom znanju i neizmjernoj pomoći pruženoj tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Srdačno zahvaljujem voditeljici dr. sc. Dubravki Špoljarić na ljubaznosti, strpljenju, savjetima i nesebičnoj pomoći prilikom pisanja diplomskog rada.

Vandi Cvijanović, prof. hvala na pomoći pri determinaciji fitoplanktonskih vrsta.

Ivani Turković Čakalić, prof. hvala na pomoći pri determinaciji zooplanktonskih vrsta.

Najveće hvala mojoj obitelji na razumijevanju i podršci tijekom studiranja.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Opće značajke fitoplanktona.....	1
1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja fitoplanktona Kopačkog rita.....	4
1.3. Cilj istraživanja.....	7
2. MATERIJALI I METODE.....	8
2.1. Područje istraživanja.....	8
2.2. Prikupljanje uzoraka.....	11
2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode.....	11
2.4. Analiza fitoplanktona.....	12
2.5. Statistička obrada podataka.....	12
3. REZULTATI.....	14
3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode.....	14
3.2. Struktura i dinamika fitoplanktonskih zajednica.....	25
4. RASPRAVA.....	42
5. METODIČKI DIO.....	46
6. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČCI.....	61
7. LITERATURA.....	62
8. PRILOZI.....	70

1. UVOD

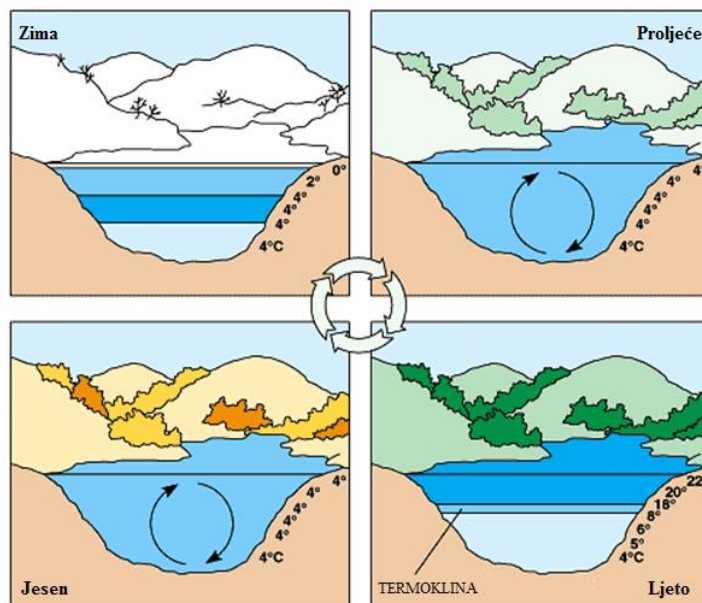
1.1. Opće značajke fitoplanktona

Plankton je zajednica organizama koji žive u vodenim biotopima i lebde nošeni strujama vode, unutar koje fitoplankton (grč. *phyton* - biljka, *planktos* - lutalica) predstavlja biljnu komponentu koju čine jednostanične i kolonijalne planktonske alge. Fitoplankton zbog sposobnosti vršenja fotosinteze čini osnovu hranidbenog lanca u morima, kopnenim stajaćicama i tekućicama. Prema veličini stanica, Sieburth i sur. (1978) fitoplankton dijele na pikofitoplankton (od 0,2 do 2 μm), nanofitoplankton (od 2 do 20 μm), mikrofitoroplankton (od 20 do 200 μm), mezofitoplankton (od 200 μm do 2 mm) te makrofitoroplankton (organizmi veći od 2 mm). Većina fitoplanktonskih vrsta ima veću specifičnu težinu od vode i tone, a održavanje u stupcu vode omogućuje im strujanje, viskoznost i mješanje vode te oblik stanice. Zbog mnogih nedosljednosti u taksonomiji i nomenklaturi fitoplanktona te različitih pristupa i novih metoda istraživanja, taksonomska klasifikacija ovih organizama podložna je čestim promjenama (Krienitz, 2009). U slatkovodnim ekološkim sustavima najčešće su prisutne vrste iz osnovnih taksonomskih skupina; Cyanobacteria, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta i Chlorophyta.

Struktura, raznolikost, brojnost i raspodjela fitoplanktona ovisi o fizikalnim, kemijskim i biološkim karakteristikama vode, među kojima se kao najvažnije izdvajaju intenzitet strujanja vode, svjetlost, temperatura vode, dostupnost nutrijenata te intra- i interspecifična kompeticija za dostupne resurse (Reynolds, 2006). Takve promjene, ovisne o abiotičkim i biotičkim čimbenicima tijekom godine, nazivaju se sezonske sukcesije fitoplanktona (Sommer, 1989).

Jedan od najvažnijih fizikalnih čimbenika koji utječu na vertikalnu distribuciju fitoplanktona u jezerima je temperatura vode. Zbog nejednolikog zagrijavanja slojeva vode u jezerima dolazi do pojave vertikalne termalne stratifikacije. U tim se uvjetima u vertikalnom presjeku mogu razlikovati tri sloja: epilimnion ili površinski sloj vode koji prati sezonska kolebanja temperature zraka, metalimnion ili termoklina u kojem dolazi do nagle promjene temperature (i do 10°C) i hipolimnion ili donji sloj sa stalnom niskom temperaturom vode (oko 4°C). U većini jezera umjerenog pojasa postoji ljeti direktna, a zimi obrnuta stratifikacija jezera, dok u proljeće i jesen uslijed miješanja cijelog vodenog stupca dolazi do homogenizacije temperature (izotermija). Prema ciklusu miješanja vode, takva jezera pripadaju dimiktičkim jezerima (Slika 1). Budući da fitoplankton predstavlja skupinu većinom fotosintetski aktivnih organizama, svjetlost je također značajan čimbenik, a razvoj

fitoplanktona odvija se u osvijetljenom sloju vode (tzv. eufotička zona). U neosvijetljenom (afotičkom) sloju uglavnom se nalazi izrazito mala količina fitoplanktona (Lampert i Sommer, 2007).



Slika 1. Pregled sezonskog miješanja vode u dimiktičkim jezerima
(Izvor slike: web 1)

Na razvoj fitoplanktona utječe i količina nutrijenata, posebice dušika i fosfora (Reynolds, 2006). Glavni izvor dušika u vodi su nitriti, nitrati, amonijevi ioni i otopljeni organski spojevi, a atmosferski dušik mogu fiksirati pojedine modrozelenne alge pomoću specijaliziranih stanica heterocita. Fosfor u vodi dolazi u oksidiranom stanju kao anorganski ili ortofosfatni ion te kao dio organskih spojeva. Ortofosfati već u malim koncentracijama omogućuju rast fitoplanktona. Povećanje koncentracije hranjivih tvari u kopnenim vodama dovodi do povećane primarne produkcije, tj. do eutrofikacije vodenih ekosustava. Razina eutrofikacije mjeri se trofičkim stupnjevima (oligotrofija, mezotrofija, umjerena eutrofija, eutrofija i hipertrofija) na temelju prozirnosti vode, koncentracije klorofila-a i ukupnog fosfora (Carlson, 1977).

Najznačajniji biotički čimbenik koji utječe na sezonsku sukcesiju fitoplanktonskih zajednica u jezerima je hranidbeni pritisak zooplanktona. Istraživanja međusobnih odnosa fitoplanktona i zooplanktona započela su radovima Hrbaček i sur. (1961) te Brooks i Dodson (1965) u kojima je utvrđeno da struktura fitoplanktona ovisi o „grazing procesu“, odnosno veličinskoj kategoriji organizama. To potvrđuju i sustavna istraživanja planktonskih zajednica

čiji su rezultati istraživanja poznati kao PEG-model (Plankton Ecology Group – model) sezonskih sukcesija planktonskih zajednica (Sommer i sur., 1989).

Sastav i raspodjela fitoplanktonskih zajednica može biti dobar pokazatelj promjena okolišnih uvjeta nekog vodenog ekosustava. U slatkovodnim ekološkim sustavima fitoplankton je odabran među pet bioloških elemenata za ocjenu ekološkog stanja vodnih tijela u Europskoj uniji prema kriterijima Okvirne direktive o vodama (Padisák i sur., 2006). Fitoplanktonske vrste su vrlo osjetljive na promjene u okolišu te s obzirom na to moguće ih je svrstati prema sličnim uvjetima u kojima se pojavljuju. Iz tih razloga poseže se za dodatnim klasifikacijskim sustavima. Model funkcionalnih skupina (eng. *functional groups* – FG) fitoplanktona (Reynolds i sur., 2002; Padisák i sur., 2009) svrstava vrste prema fiziološkim, morfološkim i ekološkim značajkama. Tako se skupine razlikuju prema tipu staništa (jezera različite veličine, dubine, stupnja trofije i režima miješanja vodenog stupca te rijeke), prema toleranciji (npr. na količinu svjetlosti i hranjivih tvari, stratifikaciju) i/ili osjetljivosti (npr. na promjene pH vrijednosti, stratifikaciju, manjak hranjivih tvari, hranidbeni pritisak) te posebnim zahtjevima (npr. visoki afiniteti za fosforom ili silicijem). Model se još uvijek razvija te je prema dosadašnjim istraživanjima definirana 41 funkcionalna skupina (Reynolds i sur., 2002; Padisák i sur., 2009).

U poplavnim područjima, fitoplankton predstavlja jedan od najznačajnijih pokazatelja stupnja povezanosti i utjecaja dinamike plavljenja na procese izmjene tvari i organizama. Poplave imaju značajan utjecaj na distribuciju fitoplanktona poplavnog područja, a intenzivnija ekološka istraživanja takvih područja započela su tek nakon objavljivanja „koncepta poplavnog pulsa“ (Junk i sur., 1989). Ovaj pristup kreće od pretpostavke da su rijeke i njihova poplavna područja integrirane komponente jednog dinamičkog sustava, povezane snažnim interakcijama između hidroloških i ekoloških procesa. Višegodišnja istraživanja fitoplanktona Sakadaškog jezera u Kopačkom ritu, dijelu poplavnog područja Dunava, pokazuju da su glavni čimbenici koji uvjetuju razvoj fitoplanktona u poplavnom području promjena razine vode, vrijeme zadržavanja vode, promjene prozirnosti, svjetlosti i temperature te prisutnost makrofitske vegetacije (Stević, 2011).

1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja fitoplanktona Kopačkog rita

Prva istraživanja fitoplanktona Kopačkog rita počela su 1940-tih godina, kada je objavljen i prvi poznati rad o fitoplanktonu ovog područja (Hortobagy, 1944). Kvalitativnom i kvantitativnom analizom jednog uzorka istraživana je vertikalna distribucija fitoplanktona Biljskog jezera. Ukupno su utvrđene 172 svojte, koje su pripadale skupinama Chlorophyceae, Flagellatae i Cyanophyceae, no nisu obrađene alge razreda Bacillariophyceae čiji su predstavnici prisutni u vodama Kopačkog rita tijekom cijele godine.

Fitoplankton Sakadaškog jezera prvi put je istražila prof. dr. sc. Dragica Gucunski, u sklopu istraživanja fitoplanktona četiri lokaliteta u Kopačkom ritu koja, osim navedenog, uključuju Hulovski kanal, Kopačko i Bijelo jezero. Utvrđene su 362 fitoplanktonske vrste (Gucunski, 1973) na temelju analize 68 uzoraka. Istražene su sezonske oscilacije u razvoju fitoplanktona u navedenim lokalitetima tijekom proljeća, ljeta i jeseni 1970. godine, te je prema rezultatima najveći broj fitoplanktonskih vrsta utvrđen krajem ljeta i početkom jeseni, a najmanji početkom proljeća i krajem jeseni. Najveći broj vrsta (266) imalo je Bijelo jezero, a najmanji (238) Hulovski kanal, dok je u Sakadaškom jezeru utvrđena 251 fitoplanktonska vrsta.

Istraživanja fitoplanktona u 1972. i 1973. godini u Sakadaškom, Kopačkom i Bijelom jezeru te u Hulovskom kanalu i pripadajućoj dionici Dunava (Gucunski, 1979) pokazala su da su ritske vode imale kvalitativno i kvantitativno bogatiji fitoplankton i znatno veći broj masovno razvijenih fitoplanktonskih vrsta u usporedbi s Dunavom. Utvrđeno je da su vode Kopačkog rita imale 155 vrsta više od Dunava. Vrlo složene i zanimljive hidrološke odnose pokazali su rezultati komparativnih istraživanja fitoplanktona Kopačkog rita i Dunava u 1972. i 1973. godini (Gucunski, 1994). Tada je u Sakadaškom, Kopačkom i Bijelom jezeru te Hulovskom kanalu utvrđeno 336 fitoplanktonskih vrsta, a na 1387 r. km. Dunava samo 181 vrsta.

Struktura i dinamika fitoplanktona Sakadaškog jezera istraživana je tijekom 1977. godine (Gucunski i Šomođi, 1979) s ciljem utvrđivanja utjecaja alohtonih organskih onečišćenja. Budući da je u Sakadaško jezero kroz povremeno otvorenu ustavu Kopačevo ulazila voda opterećena organskim tvarima, utvrđen je visok sadržaj ukupnog dušika i fosfora te jaka eutrofikacija jezera. Pogoršanje ekoloških uvjeta u jezeru od 1970. do 1977. godine potvrdilo je opadanje broja svojti, povremena pojava monotipskih zajednica te indeksi raznolikosti.

Saprobiološka analiza fitoplanktona Bijelog, Sakadaškog i Kopačkog jezera te Sunčanog kanala u svibnju 1982. godine (Gucunski, 1982) pokazala je da su vode pripadale beta do alfa-mezosaprobnom stupnju, tj. II.-III. klasi boniteta. Rezultati analize ukazali su na ponovno pogoršanje kakvoće vode zbog utjecaja baranjskih otpadnih voda, uzimajući u obzir da su prirodno ritske eutrofne vode beta-mezosaprobnog karaktera.

Zbog daljnjeg onečišćenja Sakadaškoj jezera otpadnim vodama, u travnju 1984. godine utvrđeno je samo 36 fitoplanktonskih vrsta (Gucunski, 1984). Saprobiološkom analizom fitoplanktona utvrđeno je da je voda pripadala alfa-mezosaprobnom stupnju ili III. klasi boniteta.

Istraživanjima Gucunski i Popović (1981; 1982) utvrđeni su prosječni volumeni pojedinih fitoplanktonskih vrsta Sakadaškog jezera i biomase za pojedine skupine fitoplanktona indikatora saprobnosti vode. Najveću biomasu imali su betamezosaprobnici iz razreda Bacillariophyceae, najveći diverzitet imali su predstavnici skupine Chlorophyta, a brojnošću jedinki dominirali su predstavnici razreda Bacillariophyceae i skupine Cyanobacteria.

Tijekom 1988. godine Gucunski i Horvatić (1990) su utvrdile ukupno 134 fitoplanktonske vrste u Sakadaškom jezeru. Istraživana je količina klorofila-a i planktonska primarna produkcija te je voda pripadala beta-mezosaprobnom stupnju ili II. klasi boniteta. Takvi su rezultati potvrdili da je Sakadaško jezero ponovo preuzelo svoju ulogu izmjene eutrofne ritske vode s dunavskom, nakon zaustavljanja ulaska otpadnih voda u 1984. godini i čišćenja dna od alohtonog sedimenta. Horvatić i Gucunski (1994) su u Sakadaškom jezeru u 1987., 1988. i 1990. godini istražile sezonske promjene fitoplanktona. Utvrđena je 191 vrsta na temelju 24 uzorka te su tijekom svih godišnjih doba dominirale alge iz skupina Chlorophyta i Chrysophyta, osim u jesen kada je dominirala skupina Euglenophyta. Usporedbom fitoplanktona Sakadaškog jezera i Beljskog ribnjaka A2 u izravnoj blizini na koje je utjecao različit vodni režim i intenzitet antropogenih utjecaja u 1990. godini utvrđeno je ukupno 185 fitoplanktonskih vrsta u jezeru i 204 vrste u ribnjaku (Mihaljević i Gucunski, 1993).

Prva istraživanja fitoplanktona u Sakadaškom jezeru nakon ratnog razdoblja objavile su Mihaljević i Novoselić (2000). Istraživana je vertikalna distribucija fitoplanktona i zooplanktona (kvalitativna i kvantitativna analiza) te fizikalno-kemijska svojstva vode. Tijekom razdoblja od studenog 1997. do ožujka 1998. godine utvrđena je dobro razvijena zajednica vrsta iz razreda Euglenophyceae, masovni razvoj vrsta roda *Synura* u prosincu i siječnju te dominacija zajednica dijatomeja u ožujku. Zooplanktonskom zajednicom

dominirali su predstavnici skupine Rotifera. Zabilježeno je i masovno ugibanje riba, prouzrokovano smanjenjem količine kisika u studenom. Prilikom istraživanja fizikalno-kemijskih svojstava vode utvrđene su visoke koncentracije amonijaka, nitrata i organske tvari te mala prozirnost vode i smanjena koncentracija kisika, koji su uz razvoj indikatorskih vrsta karakterističnih za eutrofne vode, ukazali na povišenje stupnja trofije Sakadaškog jezera (eutrofno do hipertrofno stanje) u odnosu na prijeratna istraživanja.

U razdoblju od ožujka do prosinca 1999. godine istraživane su sezonske sukcesije i kvantitativni sastav fitoplanktona Sakadaškog jezera (Horvatić i sur., 2003). Dominantnu zajednicu tijekom ožujka činile su vrste iz razreda Bacillariophyceae, u travnju je dominirala zajednica vrsta roda *Dinobryon*, tijekom svibnja je utvrđeno smanjenje količine fitoplanktona tzv. „depresija“ ili „faza čiste vode“, dok je tijekom ljetnog razdoblja zabilježeno „cvjetanje“ cijanobakterija.

Utjecaj ekstremno visokog vodostaja rijeke Dunav na mikrofitoplankton Sakadaškog jezera istraživan je u rujnu i studenom 2002. godine (Mihaljević i sur., 2004). Tijekom visokog vodostaja Dunava, u Sakadaškom jezeru je utvrđena niža ukupna biomasa fitoplanktona te veliki utjecaj alohtonog dunavskog fitoplanktona na kvalitativni sastav fitoplanktona jezera.

Istraživanjima kvantitativnog sastava fitoplanktona (Stević i sur., 2005), koja su obuhvatila veći broj postaja (rijeku Dunav na 1426. i 1388. r. km, Zmajevački, Monjoroški i Vemeljski dunavac, Hulovski kanal i kanal Čonakut, Kopačko i Sakadaško jezero) tijekom rujna i studenog 2002. te ožujka 2003. godine, dokazan je značajan utjecaj hidrološkog režima Dunava na sastav i strukturu mikrofitoplanktona istraživanih lokaliteta.

U razdoblju od 2003. do 2008. godine istraživan je utjecaj poplava i sušnih razdoblja na strukturu i dinamiku fitoplanktona u Sakadaškom jezeru kroz praćenje dinamike funkcionalnih skupina (Stević i sur., 2013). Poplave su ovisno o pojavljivanju, intenzitetu i trajanju imale snažan utjecaj na razvoj fitoplanktona u jezeru. Za vrijeme ekstremnih poplava u 2005. i 2006. godini utvrđene su vrlo niske vrijednosti broja jedinki i biomase fitoplanktona, dok su u ekstremno sušnoj godini (2003.), kao i 2007. i 2008. godini u vrijeme uobičajenog plavljenja, utvrđene znatno više vrijednosti. Poplavnu fazu karakterizirale su dijatomeje iz funkcionalnih skupina **B**, **C**, **D**, **P** i **T_B** koje su tolerantne na mješanje vode. Razvoj klorokokalnih zelenih alga iz skupina **X1**, **J** i **F** povezana je također s miješanjem vode, dok je visoka koncentracija hranjivih tvari i stabilnost vodenog stupca tijekom sušnog razdoblja pogodovala su masovnom razvoju cijanobakterija. Cijanobakterije iz funkcionalne skupine **H1** posebno su osjetljive na stres uzrokovan poplavama, dok su se filamentozne vrste iz

skupina **SN** i **S1** pokazale tolerantne na kratkotrajna plavljenja. Razvoj nekih vrsta roda *Euglena* i *Phacus* koje pripadaju skupini **W1**, zatim *Peridinium* i *Ceratium* iz skupine **L₀** te *Trachelomonas* iz skupine **W2** također je povezan sa sušnim uvjetima i sezonskim promjenama u jesen. Komparativnom analizom fitoplanktona Dunava i Sakadaškog jezera u vrijeme ekstremne poplave u 2006. godini utvrđeno je da takvi specifični uvjeti mogu rezultirati promjenama ekološkog stanja jezera od tzv. stanja „mutne vode“ u stanje „bistre vode“ (Mihaljević i sur., 2010), koje je karakterizirano razvojem dijatomeja i klorokokalnih zelenih alga iz funkcionalnih skupina koje se mogu brzo prilagoditi uvjetima miješanja vodenog stupca. Homogena vertikalna raspodjela alga (posebice dijatomeja) u rano proljeće, koja je trajala do uspostavljanja temperaturne stratifikacije u svibnju, bila je rezultat intenzivnog miješanja vodenog stupca pod utjecajem ekstremnog plavljenja.

Na temelju pregleda dosadašnjih istraživanja fitoplanktona Sakadaškog jezera vidljivo je da se tijekom prijeratnog razdoblja analiza fitoplanktona temeljila na kvalitativnom sastavu i definiranju sezonskih sukcesija pojedinih zajednica. U poslijeratnom razdoblju su počela kvantitativna istraživanja s ciljem utvrđivanja biomase fitoplanktona, definiranja sezonskih sukcesija pojedinih zajednica, određivanja stupnja trofije na temelju količine fitoplanktona te svrstavanju fitoplanktonskih vrsta prema funkcionalnim skupinama. Također, u novijim istraživanjima nastoji se pokazati učinkovitost morfo-funkcionalne klasifikacije fitoplanktonskih vrsta u objašnjavanju promjena uzrokovanih različitim hidrološkim uvjetima u ekosustavu rijeka-poplavno područje.

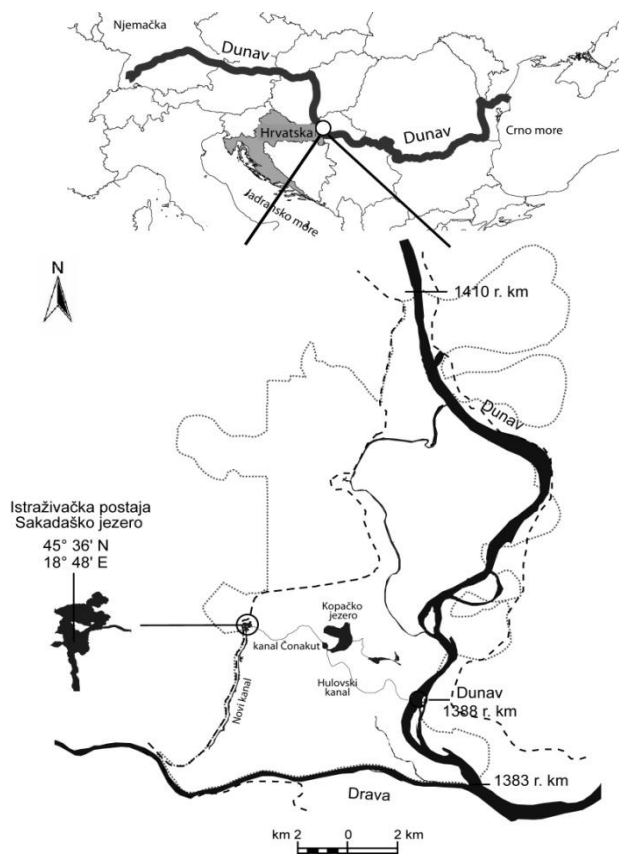
1.3. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je istražiti vertikalnu distribuciju fitoplanktona Sakadaškog jezera grupirajući vrste prema morfo-funkcionalnoj klasifikaciji, a vezano uz promjene okolišnih čimbenika u proljetnom razdoblju od ožujka do svibnja 2012. godine.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Park prirode Kopački rit je smješten na sjeveroistoku Hrvatske sa zemljopisnim položajem između $45^{\circ} 32'$ i $45^{\circ} 47'$ sjeverne geografske širine te $18^{\circ} 45'$ i $18^{\circ} 59'$ istočne geografske dužine. Poplavno je područje Dunava smješteno na srednjem dijelu toka ove rijeke od 1410 do 1383 r. km (Slika 2) i ubraja se u jedne od najvećih fluvijalno-močvarnih nizina u Europi (Mihaljević i sur., 1999). Zbog svojih prirodnih vrijednosti je 1967. godine zakonom zaštićen statusom Upravljanog prirodnog rezervata, a 1993. godine je temeljem Konvencije o vlažnim i močvarnim staništima od međunarodnog značaja, tzv. Ramsarske konvencije, uvršten na Popis međunarodno značajnih močvara ("List of Wetlands of International Importance"). Nakon proširenja površine 1999. godine (Zakon o Parku prirode Kopački rit) ukupna površina Parka iznosi oko 23.000 ha. Prema međunarodnoj kategoriji zaštite Svjetske unije za zaštitu prirode (IUCN) Posebni zoološki rezervat pripada kategoriji I b (Wilderness area), a sam Park prirode kategoriji V. Kopački rit je i na listi programa IBAs (Important Bird Areas) od 1986. godine koji obuhvaćaju globalnu mrežu područja koja su važna kao staništa za ptice i ostalu biološku raznolikost (web 2). Pristupanjem Hrvatske Europskoj uniji u sklopu projekta Uspostava nacionalne ekološke mreže kao dijela Sveeuropske ekološke mreže i EU mreže Natura 2000, Park prirode i Posebni zoološki rezervat određeni su kao područje od međunarodne važnosti. UNESCO je 2012. godine proglasio hrvatsko - mađarski prekogranični rezervat biosfere Mura - Drava - Dunav. Zaštita u kategoriji rezervata biosfere u Hrvatskoj temelji se na Regionalnom parku Mura – Drava i Parku prirode Kopački rit te ekološkoj mreži RH. Pristupanjem UNESCO-voj mreži rezervata biosfere, prepoznata je izuzetna prirodna vrijednost ovog područja na svjetskoj i europskoj razini (web 3).



Slika 2. Karta Parka prirode Kopački rit
(Izradio F. Stević)

Klima Kopačkog rita je na granici srednjoeuropsko-kontinentalne i kontinentalne klime Panonske nizine. Oborine su raspoređene tijekom godine tako da je maksimum padalina zabilježen u lipnju, s prosječnom količinom oborina oko 90 mm, dok su minimalne vrijednosti zabilježene u veljači i rujnu. Najviše temperature zraka dosežu do 39°C, a najniža zabilježena iznosila je -24.6°C. Nadmorske visine cjelokupnog prostora Baranje ne prelaze 250 m, a područje Parka prirode nalazi se na njegovu najnižem dijelu, gdje se nadmorske visine terena kreću od 78 m (dno Kopačkog jezera) do 86 m. Na hidrologiju Kopačkog rita utječu rijeke Drava i Dunav, podzemne vode i padaline, no najveći udio u opskrbi (više od 90%) ima dunavska voda. Mikroreljefna struktura Kopačkog rita sastoji se od različitih morfoloških oblika poput jezera, bara, kanala, fokova i žila (Mihaljević i sur., 1999) koji su zbog složenih hidroloških uvijeta podložni stalnim promjenama (Slika 3). Izgled cijelog prostora, odnosno očuvanje pojedinih staništa ovisi o intenzitetu poplava zbog čega je iznimno važno održavanje prirodnih vodnih režima i dinamike promjene vodostaja, protoka, količine i kvalitete voda, kao snovnih uvjeta koji održavaju njihovu biološku raznolikost, ekološke funkcije i vrijednosti.

Istraživani lokalitet Sakadaško jezero (Slika 4) najmlađe je jezero u ritu, nastalo prilikom velike poplave 1962. godine kada su dunavske vode probile nasip Zmajevac – Kopačevo i tu se trajno zadržale (Gucinski, 1994). Ono je najdublje jezero Kopačkog rita, prosječne dubine oko 5 m, a maksimalno može doseći dubinu do 12 m. Jezero je ovalnog oblika, površine oko 0,15 km² i relativno strmih obala. Dno jezera je neravno s brojnim vrtačama i uvalama budući da se produbljivalo melioracijskim radovima (Gucunski, 1972). Sakadaško jezero povezano je kanalom Čonakut s Kopačkim jezerom koje je s Dunavom povezano Hulovskim kanalom. Plavljenje Sakadaškog jezera počinje pri vodostaju Dunavana mjernoj postaji Apatin (1401,4 r. km) višem od 3 m (Mihaljević i sur., 1999).



Slika 3. Kopački rit
(Izvor slike: web 4)



Slika 4. Sakadaško jezero u svibnju 2012. godine
(Fotografija: Zavod za ekologiju voda)

2.2. Prikupljanje uzoraka

Uzorci vode za hidrobiološke analize uzeti su na postaji u središnjem dijelu Sakadaškog jezera jednom mjesečno u razdoblju od ožujka do svibnja 2012. godine (Slika 1 i Slika 3).

2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode

Temperatura vode i zraka, dubina i prozirnost vode, električna provodljivost (koduktivitet, Kond), pH, otopljeni kisik u vodi (OK) i zasićenje kisikom (OK%) mjereni su *in situ*. Temperatura zraka mjerena je živinim termometrom. Secchi pločom promjera 30 cm određena je prozirnost vode, a dubina baždarenim konopcem s utegom. Prijenosnim uređajem WTW Multi 340i (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Njemačka) izmjerena je temperatura vode, električna provodljivost vode, pH, otopljeni kisik u vodi i zasićenje kisikom. Ovi parametri mjereni su na dubini od oko 20 cm ispod površine vode te na svakom metru dubine jezera prilikom uzorkovanja fitoplanktona. Također su na svim dubinama uzeti i uzorci za analizu koncentracije klorofila-a (Chl-a). Za ovu je analizu 1 L uzorka vode profiltrirano je uz pomoć vakuum sisaljke kroz Whatman GF/C (ø 55 mm) filtere (Whatman International Ltd., Engleska). Filteri s talogom su homogenizirani u tarioniku s tučkom s 90%-tnim acetonom te je sadržaj prebačen u staklene kivete. Nakon 24 h ekstrakcije u mraku na 4°C, ekstrakti su centrifugirani 10 min na 3000 okr/min. Pomoću spektrofotometra DR/2010 (Hach Company, SAD) izmjerena je apsorbanacija ekstrakata pri valnim duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm. Koncentracije klorofila-a izračunate su prema SCOR-UNESCO (1966) te Strickland i Parsons (1972) upotrebom sljedeće jednadžbe:

$$\text{Chl-a } (\mu\text{g/L}) = (11,64 \times A_{663} - 2,16 \times A_{645} + 0,10 \times A_{630}) \times v/V \times d$$

pri čemu su A_{630} , A_{645} i A_{663} apsorbanacije pri valnim duljinama od 630, 645 i 663 nm od kojih je oduzeta vrijednost apsorbanacije pri 750 nm (A_{750}), v predstavlja volumen ekstrakta (mL), a V volumen filtrirane vode (L) i d duljinu kivete (cm).

Uzorci za analizu amonijevih-iona (NH_4^+), nitrata (NO_3^-), nitrita (NO_2^-), organskog dušika po Kjeldahlu (orgN), ukupnog dušika (TN) i ukupnog fosfora (TP) uzeti su u površinskom i pridnenom sloju jezera te su koncentracije određene standardnim metodama (APHA, 1985) u RJ „Ekolaboratorij“ poduzeća "Vodovod Osijek" d.o.o.

2.4. Analiza fitoplanktona

Uzorci za analizu fitoplanktona uzeti su u intervalima od jednog metra dubine kroz cijeli vertikalni stupac (0-6 m). Procjeđivanjem 10 L vode kroz fitoplanktonsku mrežicu veličine pora 22,5 μm te fiksacijom u 4%-tnoj otopini formaldehida dobiveni su uzorci (100 mL) za kvalitativnu analizu fitoplanktona. Fitoplanktonske vrste određene su pomoću svjetlosnog mikroskopa (Carl Zeiss Jena) i priručnikaza determinaciju (Hindak i sur., 1975; Hindak, 1977-1990; Hindak i sur., 1978; Huber-Pestalozzi, 1961-1990; Komarek, 1973; Hustedt, 1976; Anagnostidis i Komárek, 1985, 1988; Komárek i Anagnostidis, 1989; Wacklin i sur., 2009). Nomenklatura je usklađena prema bazi podataka AlgaeBase (Guiry i Guiry, 2014).

Kvantitativna analiza fitoplanktona određena je brojanjem jedinki nakon sedimentacije u modificiranim Utermöhl-ovim komoricama od pleksiglasa volumena 1 mL (Utermöhl, 1958). Nakon minimalno četiri sata sedimentacije fitoplanktona u komorici, jedinke su brojane pomoću invertnog mikroskopa (Axiovert 25, Carl Zeiss®, Inc, Göttingen, Njemačka) pripovećanju od 600x. Sedimentirane jedinke fitoplanktona na dnu komorice su brojane u dvije okomite pruge, tako da je za svaki uzorak izbrojano najmanje 30 mikroskopskih polja i/ili 200 jedinki. Broj vrsta izražen je kao broj jedinki po litri (jed./L). Volumeni vrsta dobiveni su mjerenjem najmanje 30 jedinki svake vrste određene kvantitativnom analizom aproksimirajući jedinke prema odgovarajućem geometrijskom tijelu (Rott, 1981; Hillebrand i sur., 1999). Biomasa fitoplanktona izračunata je iz biovolumena fitoplanktonskih jedinki tako da je za volumen od 1 cm^3 uzet ekvivalent biomase od 1 mg (Javornický i Komárková, 1973; Sournia, 1978) i izražen u mg/L svježe tvari. Vrste zastupljene s više od 5% ukupne biomase fitoplanktona procijenjene su kao dominantne. Funkcionalne skupine fitoplanktona određene su prema Reynolds i sur. (2002) i Padisák i sur. (2009).

2.5. Statistička obrada podataka

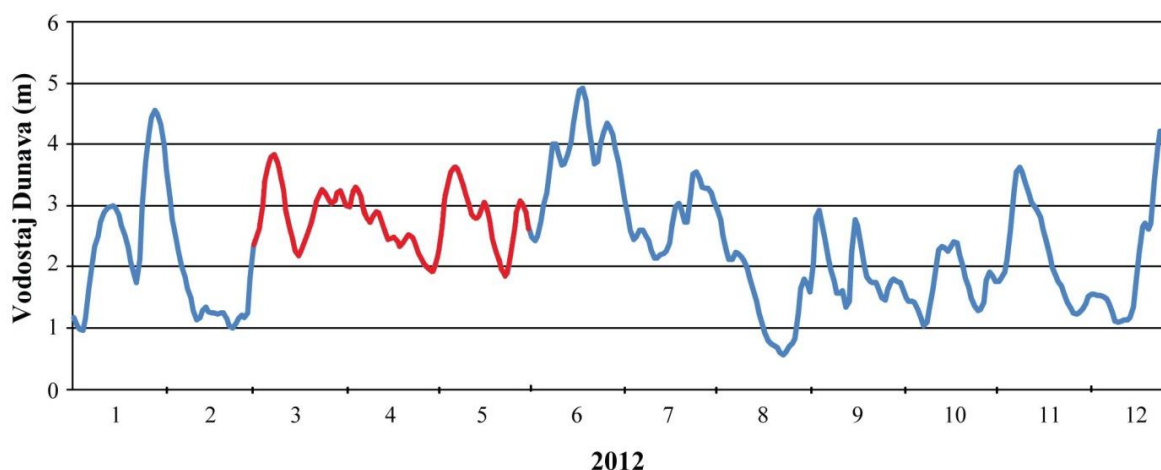
Za utvrđivanje sličnosti u biomasi fitoplanktonskih vrsta u vertikalnom stupcu vode (0-6 m) Sakadaškog jezera u istraživanom razdoblju (ožujak - svibanj 2012.) korištena je hijerarhijska klaster analiza koja je provedena u računalnom programu Primer 5 (Clarke i Warwick, 2001). Stupanj sličnosti između uzoraka izračunat je pomoću Bray-Curtisovog indeksa, a svi podaci su transformirani (drugi korijen, *eng. square root*) i standardizirani.

Stupanj linearne povezanosti istraživanih parametara u vertikalnom stupcu vode u svakom mjesecu utvrđen je primjenom Pearsonovog koeficijenta korelacije na razini značajnosti od 5% ($p < 0,05$) (Petz, 2002) u računalnom programu Statistica 8.0 (StatSoft Inc., SAD).

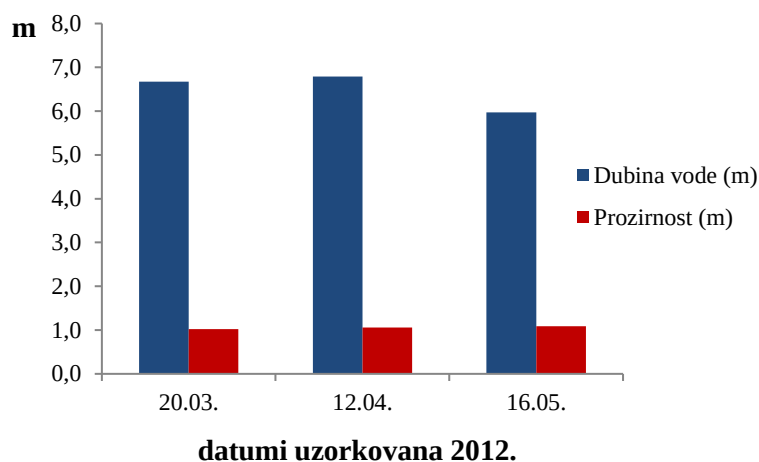
3. REZULTATI

3.1. Fizikalno-kemijska svojstva vode

Podaci o vodostaju Dunava preuzeti su od javne ustanove Hrvatske vode za mjernu postaju Apatin smještenu na 1401,4 r. km. S obzirom na promjene vodostaja Dunava, vidljivo je da su razdoblje istraživanja (ožujak - svibanj 2012.) karakterizirala kratkotrajna plavljenja malog intenziteta početkom ožujka i u prvoj polovici svibnja (Slika 5). Najviše vrijednosti vodostaja (do 3,8 m) u promatranom razdoblju zabilježene su u ožujku, dok je najniži vodostaj od 1,8 m zabilježen u svibnju. Sukladno dinamici vodostaja Dunava, zabilježene su i male promjene u dubini vode Sakadaškog jezera koja je varirala od 6,0 do 6,7 m (Slika 6). Prozirnost vode također je bila vrlo ujednačena s vrijednostima od 1,0 do 1,1 m.



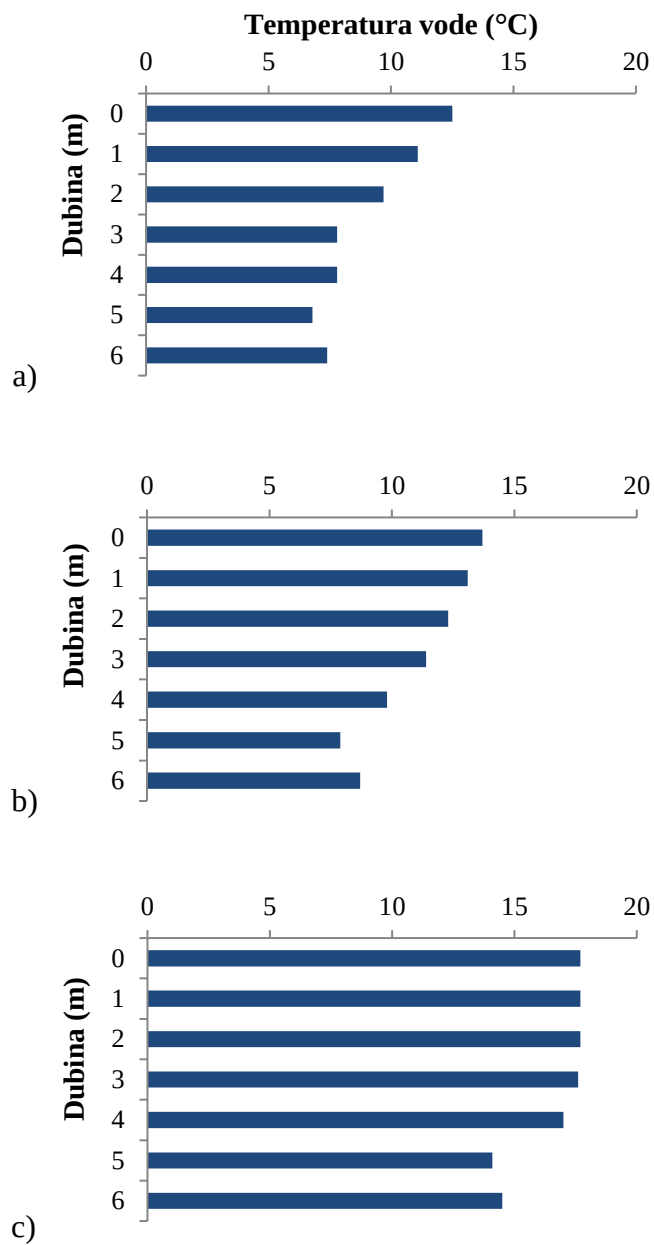
Slika 5. Promjene dnevnih vrijednosti vodostaja rijeke Dunav na mjernoj postaji Apatin (1404,4 r. km) u 2012. godini; crvenom bojom istaknuto je razdoblje istraživanja (ožujak - svibanj 2012.)



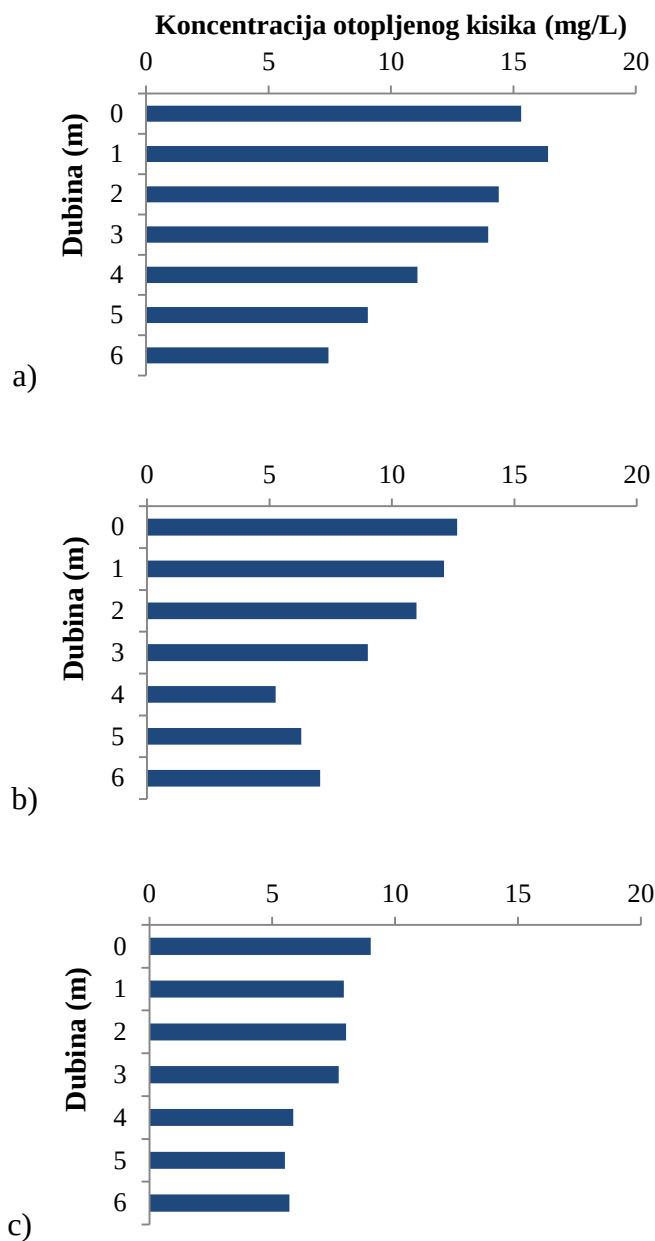
Slika 6. Promjene dubine i prozirnosti vode Sakadaškog jezera tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini

U ožujku (Slika 7a) i travnju (Slika 7b) temperatura vode je kontinuirano opadala u vertikalnom stupcu od površine do dna Sakadaškog jezera u vrijednostima od 12,5 do 6,8°C u ožujku te od 13,7 do 7,7°C u travnju. U svibnju (Slika 7c) je temperatura vode bila ujednačena od površine do 4 m dubine (oko 17°C) te je opala tek u pridnenim slojevima do vrijednosti od oko 14 °C, što ukazuje na narušenu vertikalnu stratifikaciju.

Promjenu temperature vode pratile su i promjene ostalih fizikalno-kemijskih svojstava. Koncentracija otopljenog kisika bila je visoka u ožujku i travnju. Najviše vrijednosti (>15 mg/L u površinskim slojevima) zabilježene su u ožujku. Koncentracija se smanjivala prema dubljim slojevima do cca. 6 mg/L (Slika 8). U svibnju su vrijednosti bile niže u odnosu na prethodna dva mjeseca (<9 mg/L u cijelom vodenom stupcu). Koncentracije su bile gotovo ujednačene od površine jezera do 3 m dubine te također u pridnenim slojevima, ali s nešto nižim vrijednostima (do 5,5 mg/L).



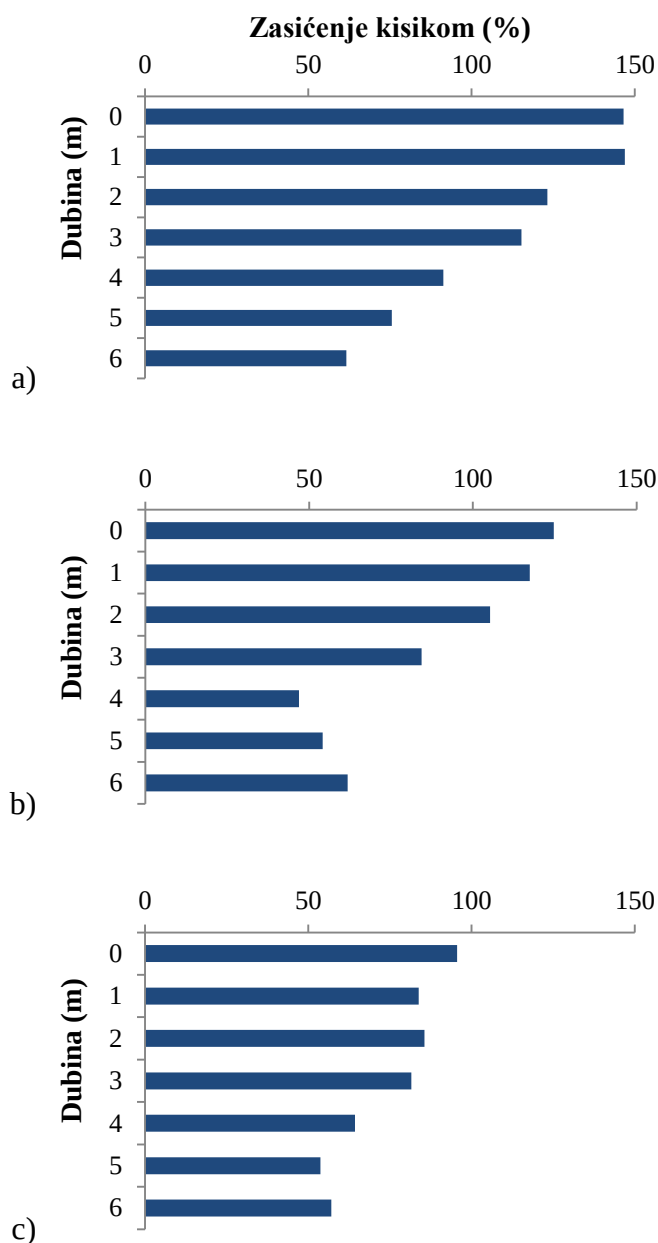
Slika 7. Promjene temperature vode po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru



Slika 8. Promjene koncentracije otopljenog kisika po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Sukladno koncentracijama otopljenog kisika mijenjao se i postotak zasićenosti vode kisikom (Slika 9) te je u ožujku i travnju bio gotovo udvostručen u površinskim slojevima (125-150%) u odnosu na pridnene (50-60%). U svibnju je postotak zasićenosti kisikom također opadao kroz vertikalni stupac vode te je najveća vrijednost utvrđena na površini (95,6%), a najmanja na 5 m dubine (53,7%).

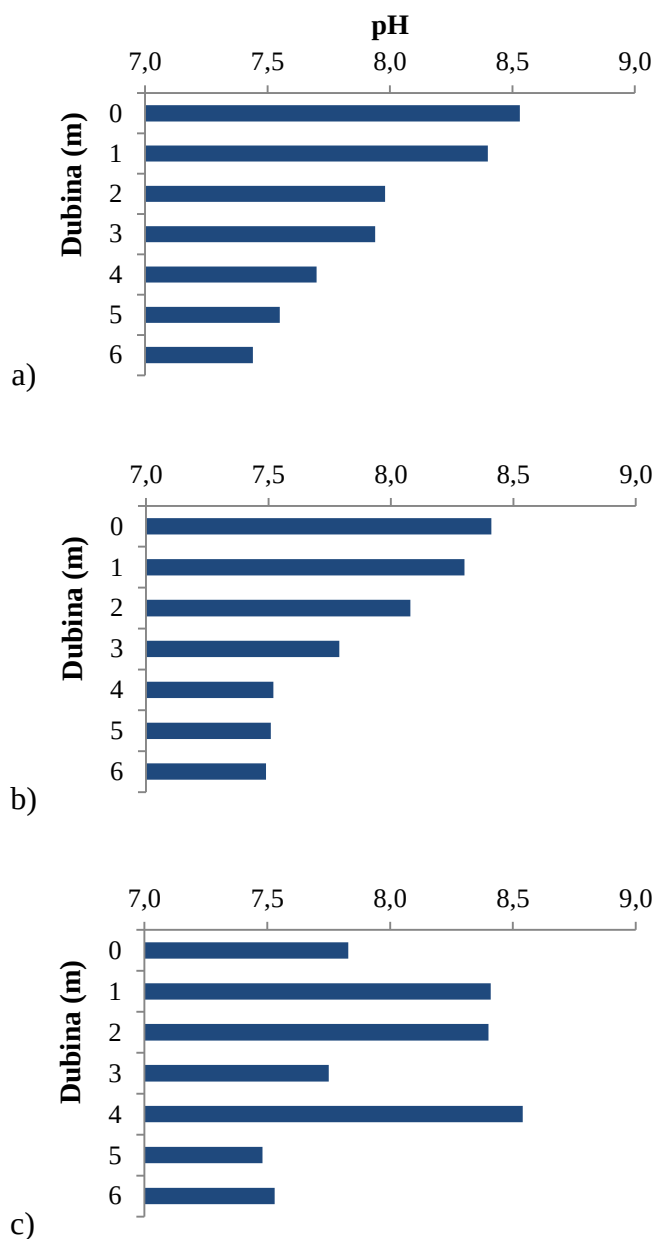
Tijekom cijelog razdoblja istraživanja, koncentracija otopljenog kisika i zasićenost kisikom u vertikalnom stupcu vode pratili su promjene temperature vode s dubinom, što potvrđuje i snažna pozitivna korelacija između ovih parametara (Tablice 1, 2 i 3).



Slika 9. Promjene postotka zasićenosti kisikom po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

U ožujku i travnju bio je također izražen i vertikalni gradijent pH vrijednosti vode (Slika 10) koja je opadala s dubinom, s vrijednostima od oko 8,5 do 7,5. Suprotno tome, u svibnju nije zabilježen kontinuirani pad pH vrijednosti pa je najviša vrijednost izmjerena na 4

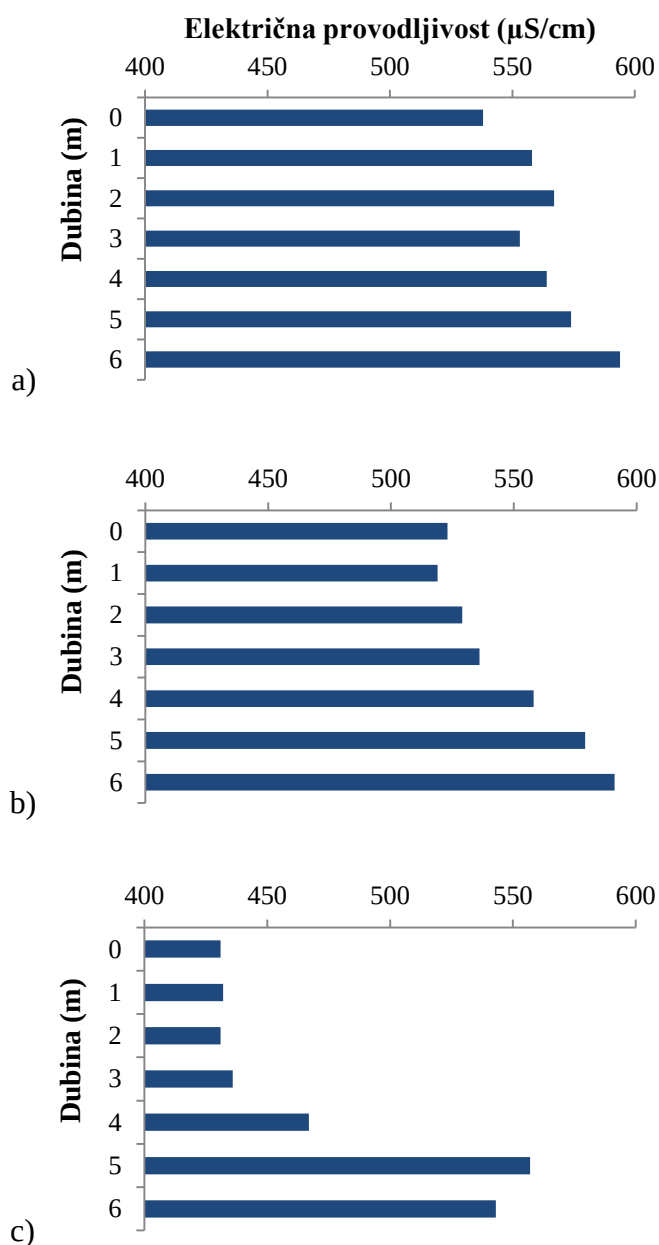
m dubine (8,54), nešto niže vrijednosti na 1 i 2 m dubine (8,4) te najniža na 5 m (7,48). U ožujku i travnju utvrđena je značajna pozitivna korelacija između pH vrijednosti, temperature vode i količine kisika u vertikalnom stupcu vode (Tablica 1 i 2).



Slika 10. Promjene pH vrijednosti po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

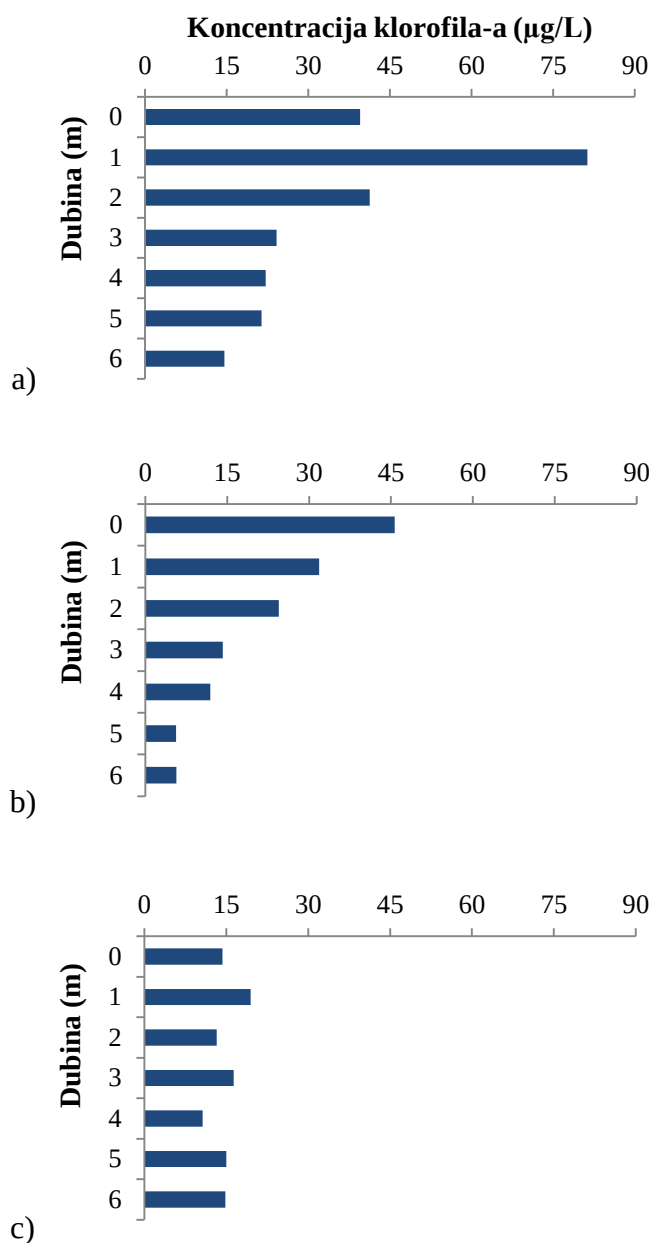
U ožujku i travnju nije bilo znatnijih promjena u električnoj provodljivosti u vertikalnom stupcu vode (Slika 11) te su vrijednosti u oba mjeseca bile prilično ujednačene. Vrijednosti su blago rasle prema dubljim slojevima, od oko 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na površini do preko 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pri dnu jezera. U svibnju su zabilježene veće promjene u električnoj provodljivosti

između površinskih i pridnenih slojeva jezera. U površinskom sloju te na prva tri metra dubine vrijednosti su bile niže (oko 430 $\mu\text{S/cm}$), a najveća vrijednost (557 $\mu\text{S/cm}$) zabilježena je na 5 m dubine. U usporedbi s prethodna dva mjeseca, u svibnju su zabilježene nešto niže vrijednosti, posebice u površinskim slojevima.



Slika 11. Promjene električne provodljivosti vode po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

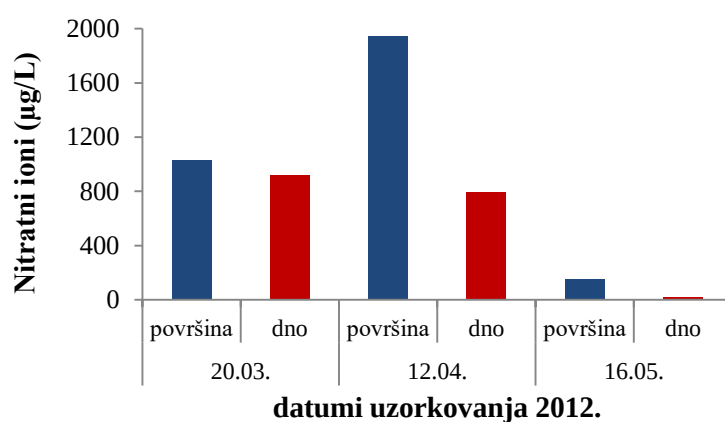
Koncentracija klorofila-a (Slika 12) je kontinuirano opadala od površine do dna jezera u ožujku (81,3 - 14,6 $\mu\text{g/L}$) i travnju (45,7 - 5,7 $\mu\text{g/L}$), s izuzetkom površinskog sloja vode u ožujku gdje je zabilježena nešto niža vrijednost (39,5 $\mu\text{g/L}$). U svibnju su koncentracije klorofila-a bile gotovo ujednačene po slojevima, s manjim oscilacijama od 10,7 $\mu\text{g/L}$ do 19,4 $\mu\text{g/L}$ što ponovo ukazuje na izmiješanost vodenog stupca.



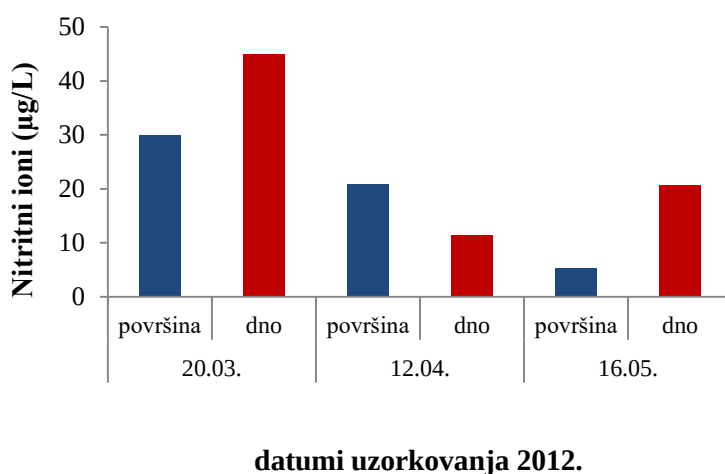
Slika 12. Promjene koncentracije klorofila-a po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

U istraživanom razdoblju uočene su znatne razlike u koncentraciji nutrijenata između površinskog i pridnenog sloja vode Sakadaškog jezera.

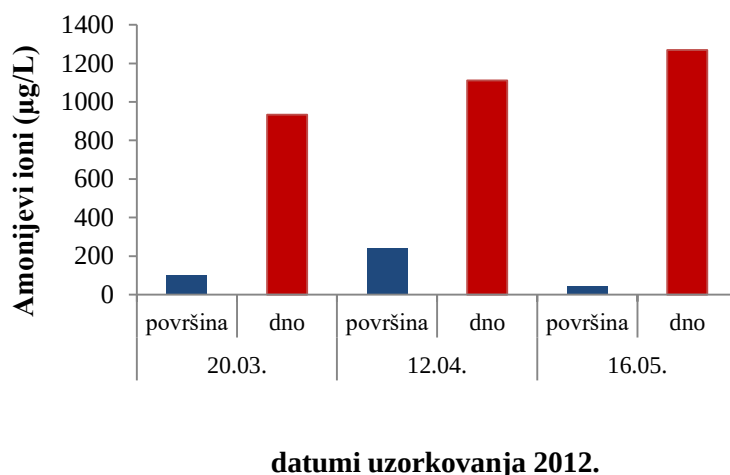
Ističu se niže koncentracije nitratnih iona (Slika 13) u pridnenom sloju u usporedbi s površinskim slojem u svakom mjesecu, s maksimalnom zabilježenom koncentracijom od 1941,3 $\mu\text{g/L}$ na površini u travnju. Suprotno tome, koncentracije nitrita (Slika 14) bile su više pri dnu jezera (11,4 - 45,0 $\mu\text{g/L}$) u odnosu na površinu (5,3 - 30 $\mu\text{g/L}$), s izuzetkom travnja, kada je zabilježena viša koncentracija na površini. Koncentracija amonijevih iona (Slika 15) bila je uvijek viša u pridnenom sloju, gdje se povećavala kontinuirano od ožujka do svibnja (934 - 1268,8 $\mu\text{g/L}$). Najviša koncentracija amonijevih iona na površini vode izmjerena je u travnju (240,2 $\mu\text{g/L}$), a najniža u svibnju (43,7 $\mu\text{g/L}$).



Slika 13. Promjene koncentracije nitratnih iona tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

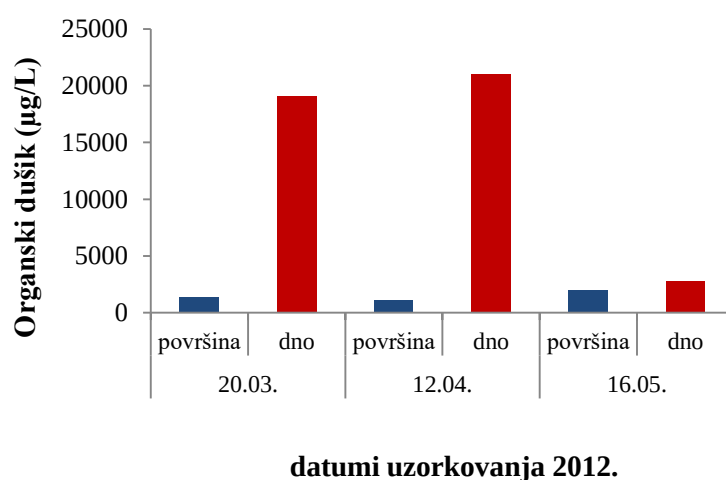


Slika 14. Promjene koncentracije nitritnih iona tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

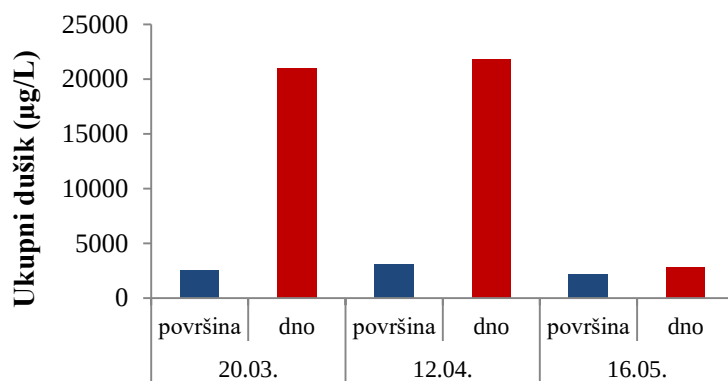


Slika 15. Promjene koncentracije amonijevih iona tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

U ožujku i travnju utvrđena je značajna razlika u količini organskog dušika između površinskog i pridnenog sloja vode (Slika 16). Pri dnu su izmjerene izrazito visoke koncentracije od 19050,0 µg/L (ožujak) i 21000,0 µg/L (travanj). Višestruko niže vrijednosti izmjerene su u ožujku (1400,0 µg/L) i travnju (1100,0 µg/L) u površinskom sloju. Vrijednosti su u svibnju bile gotovo ujednačene na površini i dnu (2000,0 µg/L i 2800,0 µg/L). Količina ukupnog dušika u pridnenom sloju mijenjala se u skladu s vrijednostima koncentracije organskog dušika (Slika 17), dok je u površinskom sloju zabilježena najviša koncentracija u travnju (3062,2 µg/L) te nešto niže vrijednosti u ožujku (2560,0 µg/L) i svibnju (2158,8 µg/L).



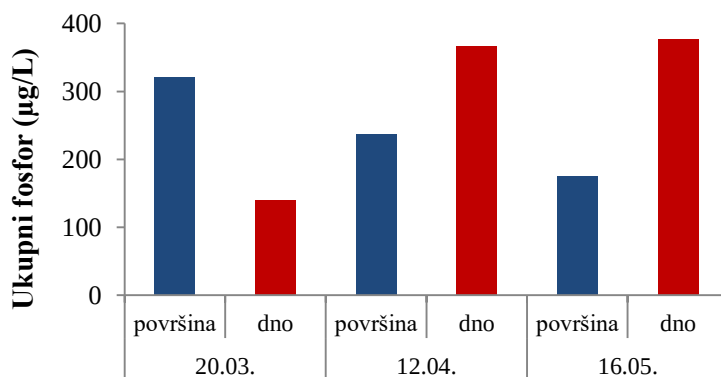
Slika 16. Promjene koncentracije organskog dušika tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru



datumi uzorkovanja 2012.

Slika 17. Promjene koncentracije ukupnog dušika tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

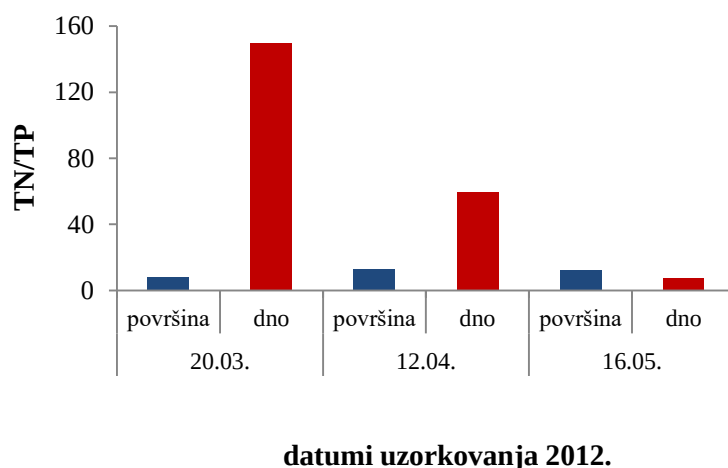
Koncentracije ukupnog fosfora bile su općenito vrlo visoke (Slika 18). Od ožujka do travnja vrijednosti ukupnog fosfora u površinskom sloju opadale su od 320,0 do 174,8 µg/L, a rasle u pridnenim slojevima od 140,0 do 377,2 µg/L.



datumi uzorkovanja 2012.

Slika 18. Promjene koncentracije ukupnog fosfora tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

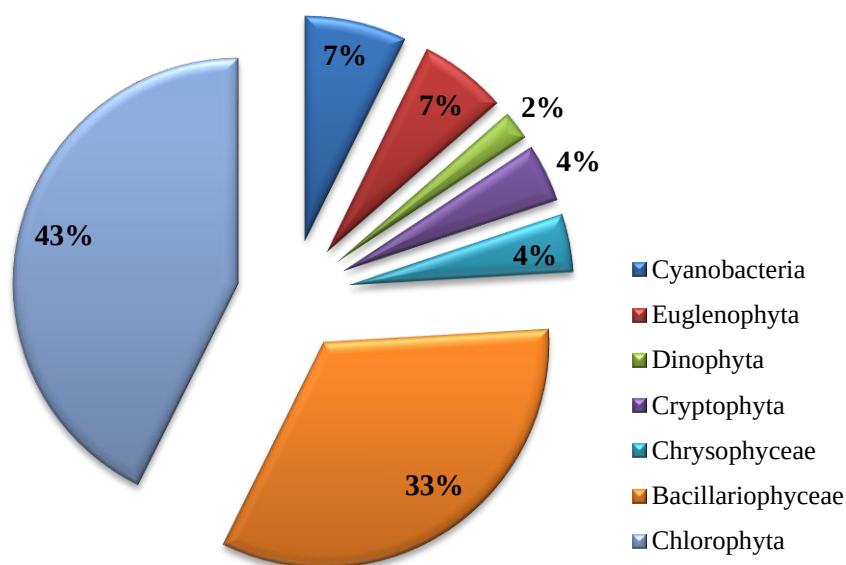
Sukladno promjenama količine ukupnog dušika i fosfora mijenjale su se vrijednosti TN/TP (Slika 19). Od ožujka do svibnja je zabilježen porast u površinskom sloju (8,0 - 12,4), a smanjenje u pridnenom (149,6 - 7,5).



Slika 19. Promjene omjera ukupnog dušika i ukupnog fosfora (TN/TP) tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

3.2. Struktura i dinamika fitoplanktonskih zajednica

Tijekom istraživanog razdoblja kvantitativnom analizom je ukupno utvrđeno 96 vrsta od kojih je najveći broj pripadao odjeljku Chlorophyta (43%) i razredu Bacillariophyceae (33%). Ostale skupine bile su zastupljene s malim brojem vrsta, Cyanobacteria i Euglenophyta sa 7%, Cryptophyta i Chrysophyceae s 4% te Dinophyta s 2% od ukupnog broja vrsta (Slika 20).



Slika 20. Postotna zastupljenost broja vrsta pojedinih sistematskih kategorija u kvantitativnom sastavu fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini

Ukupna biomasa fitoplanktona mijenjala se tijekom istraživanja kroz vertikalne slojeve u granicama od 10,4 mg/L do svega 3,4 mg/L (Slika 21). Od ukupnog broja vrsta, tijekom istraživanih razdoblja utvrđene su 23 dominantne vrste zastupljene s više od 5% ukupne biomase fitoplanktona (Slika 22). U ožujku i travnju je vidljivo smanjenje ukupne biomase prema dubljim slojevima jezera te ponovno povećanje pri samom dnu (6 m) koje je bilo izraženije u ožujku. Biomasa je u površinskim slojevima do 3 m dubine bila relativno ujednačena (7,0 - 10,4 mg/L u ožujku; 5,9 - 9,5 mg/L u travnju). U tim su se slojevima najvećom ukupnom biomasom isticale skupine Cryptophyta, Chrysophyceae i Bacillariophyceae, dok su povećanju biomase pri samom dnu najvećim udjelom doprinijele Bacillariophyceae (Slika 21a i 21b). U travnju je utvrđena značajna pozitivna korelacija između ukupne biomase fitoplanktona i temperature vode, količine kisika, pH i klorofila-a te značajna negativna korelacija s električnom provodljivošću vode (Tablica 2). Utvrđena je također povezanost između ukupne biomase fitoplanktona i biomase dominantnih vrsta (*Synura uvella* i *Ulnaria ulna*). Suprotno prethodnim mjesecima, u svibnju su utvrđene puno niže vrijednosti ukupne biomase (oko 4 mg/L) u površinskim slojevima (0 - 2 m). Zabilježen je blagi porast u dubljim slojevima te udvostručenje biomase (9,3 mg/L) na dnu (6 m). Zanimljivo je da se u svibnju u površinskim slojevima pojavljuje više kodominantnih skupina, dok u pridnenim slojevima biomasom dominira skupina Bacillariophyceae (Slika 21c). U ovom mjesecu je utvrđena značajna negativna korelacija ukupne biomase fitoplanktona s temperaturom vode ($r = -0,8484$, $p = 0,016$) te pH vrijednošću ($r = -0,8181$, $p = 0,025$). Ukupna biomasa pozitivno je korelirala s ukupnim brojem jedinki fitoplanktona ($r = 0,8698$, $p = 0,011$) i električnom provodljivošću ($r = 0,8228$, $p = 0,023$), kao i s biomasom dominantnih vrsta (*Asterionella formosa*, *Cyclotella meneghiniana*, *Koliella longiseta*, *Pseudanabaena limnetica*, *Stephanodiscus* sp., *Synura uvella*, *Ulnaria acus* i *Ulnaria ulna*) (Tablica 3).

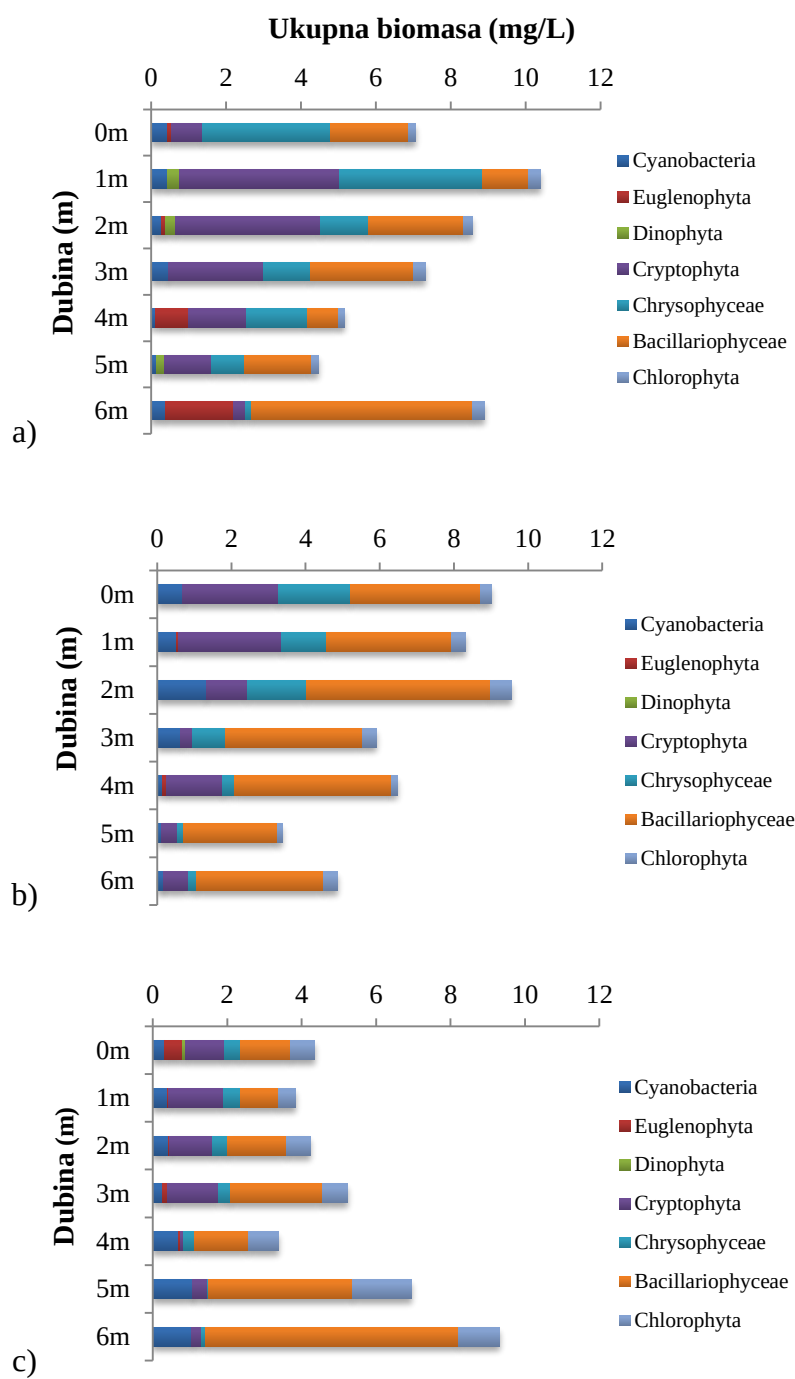
Vrste iz odjeljka Cryptophyta (*Cryptomonas erosa*, *C. marsonii* i *C. ovata*) bile su najzastupljenije u ožujku i to u slojevima vode od 1 do 5 m, zatim u travnju u površinskim slojevima vode s nešto nižim vrijednostima biomase (Slika 23). U svibnju se vrste *C. ovata* i *C. erosa* pojavljuju s većom biomasom u slojevima od površine do 3 m dubine, dok je vrsta *C. marsonii* nešto slabije zastupljena. Najveću vrijednost biomase u cijelom istraživačkom razdoblju imala je vrsta *C. ovata* i to u ožujku (3,33 mg/L) na 1 m dubine, zatim u travnju u površinskim slojevima vode s gotovo dvostruko nižim vrijednostima biomase (maksimum do 2,04 mg/L), a u svibnju su vrijednosti biomase u svim slojevima vode bile podjednake (do najviše 1,02 mg/L).

Tijekom istraživanog razdoblja dominantne vrste iz razreda Chrysophyceae bile su *Chrysococcus rufescens*, *Dinobryon divergens* i *Synura uvella*. Sve tri vrste imale su najveću biomasu u ožujku, kada je uočen vertikalni gradijent od površine prema dnu jezera (Slika 24). Najveću biomasu imala je vrsta *Synura uvella*, koja je bila najzastupljenija u površinskim slojevima; u ožujku do najviše 2,83 mg/L te u travnju s gotovo dvostruko nižim vrijednostima biomase (do 1,71 mg/L). U svibnju su Chrysophyceae bile ravnomjerno raspoređene u vodenom stupcu, ali s malim vrijednostima biomase.

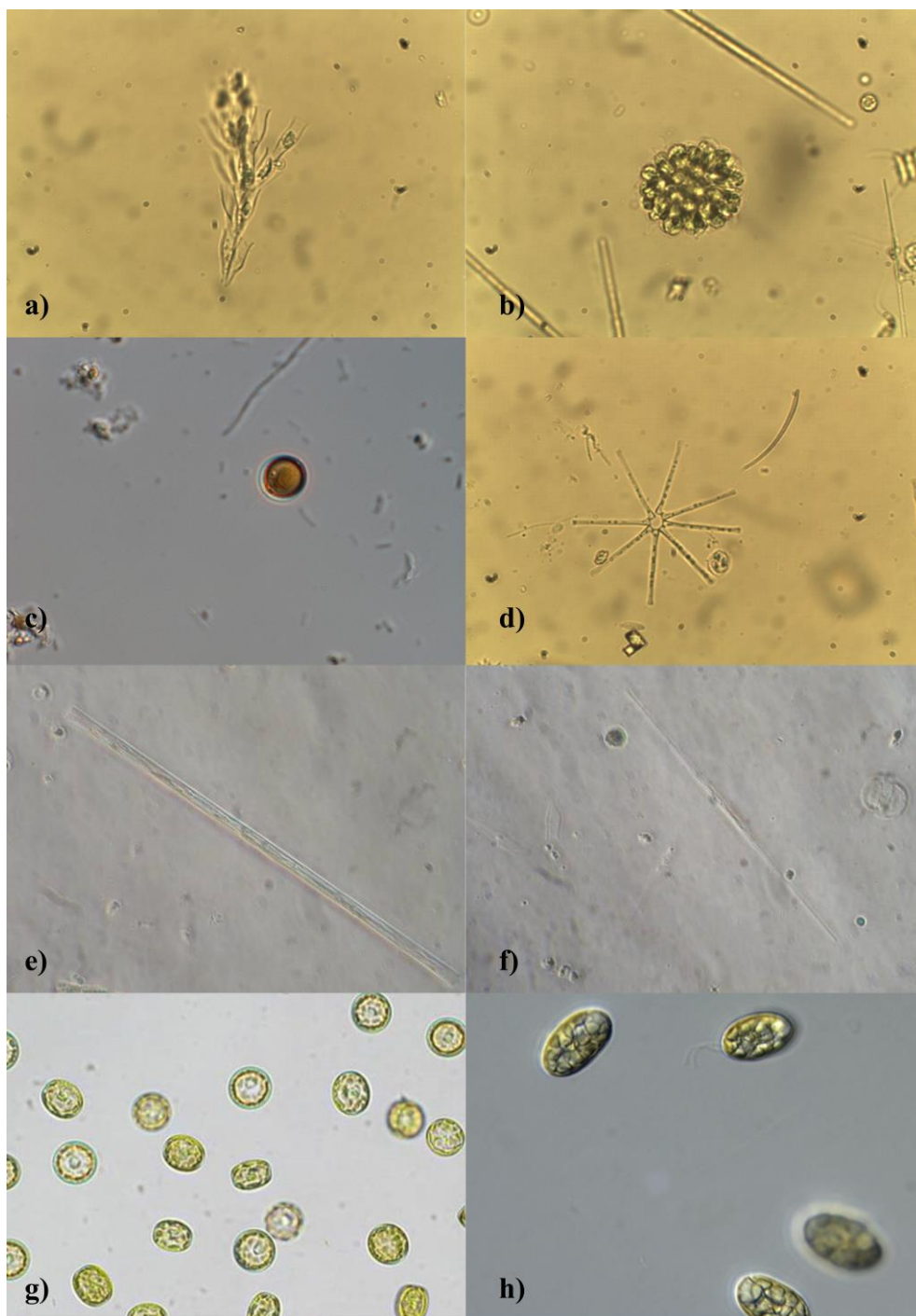
Suprotno tome, vrste *Asterionella formosa*, *Cyclotella meneghiniana* i *Stephanodiscus* sp. iz razreda Bacillariophyceae bile su najzastupljenije u svibnju i to u pridnenim slojevima vode, dok su u ožujku i travnju bile slabije zastupljene (Slika 25). Po vrijednostima biomase, od navedenih vrsta izdvaja se se *A. formosa* koja je najveću biomasu imala u svibnju (0,27 mg/L) na 6 m dubine. Vrste *Ulnaria acus* i *U. ulna* imale su najviše vrijednosti biomase u travnju (2,55 mg/L i 2,03 mg/L) te su bile dobro zastupljene u svim slojevima vode (Slika 26). U ostalim mjesecima uočeno je smanjenje biomase s dubinom s najvišim vrijednostima u pridnenoj sloju (6 m).

Dominantne vrste iz odjeljka Cyanobacteria bile su *Pseudanabaena limnetica* i *Pseudanabaena redekei*, čija se biomasa usporedno mijenjala (Slika 27). Karakterizira ih manja biomasa i jednolika raspodjela po slojevima u ožujku, nešto više vrijednosti biomase u travnju, posebice na dubini od 2 i 3 m, te gradijent povećanja biomase prema pridnenim slojevima (5 i 6 m) jezera u svibnju. Najviša zabilježena vrijednosti biomase *P. redekei* bila je u travnju (0,75 mg/L) na 2 m dubine, a *P. limnetica* u svibnju na 5 m dubine (0,52 mg/L).

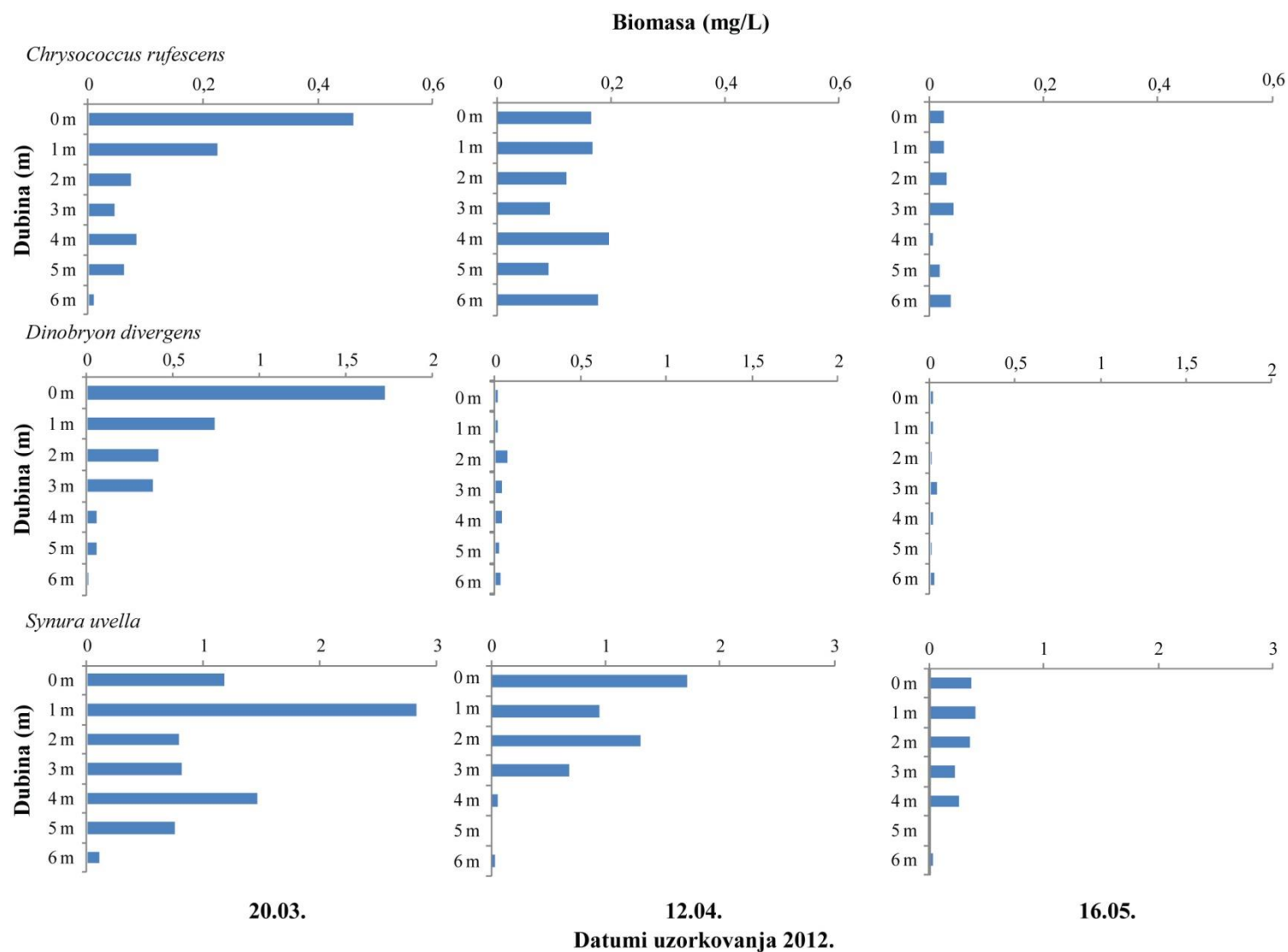
Dominantni predstavnici iz odjeljka Chlorophyta bile su vrste *Koliella longiseta*, *Acutodesmus acuminatus* i *Scenedesmus quadricauda* čije je povećanje biomase uočeno tek u svibnju. Vrsta *Koliella longiseta* imala je približno jednake vrijednosti biomase (od najmanje 0,07 do najviše 0,36 mg/L) u ožujku i travnju te je bila diskontinuirano raspoređena u vodenim slojevima od površine do dna, dok je u svibnju u slojevima vode 0-4 m biomasa bila oko 0,1 mg/L te se naglo povećala na 5 i 6 m dubine na vrijednost (do 0,83 i 0,65 mg/L). Vrsta *Acutodesmus acuminatus* pojavila se tek u travnju, a najveću vrijednost biomase imala je u svibnju na 4 m dubine (0,21 mg/L). Vrsta *Scenedesmus quadricauda* pojavila se sa značajnijim vrijednostima biomase u svibnju (do 0,22 mg/L) te je bila dobro zastupljena u cijelom vertikalnom profilu jezera (Slika 28).



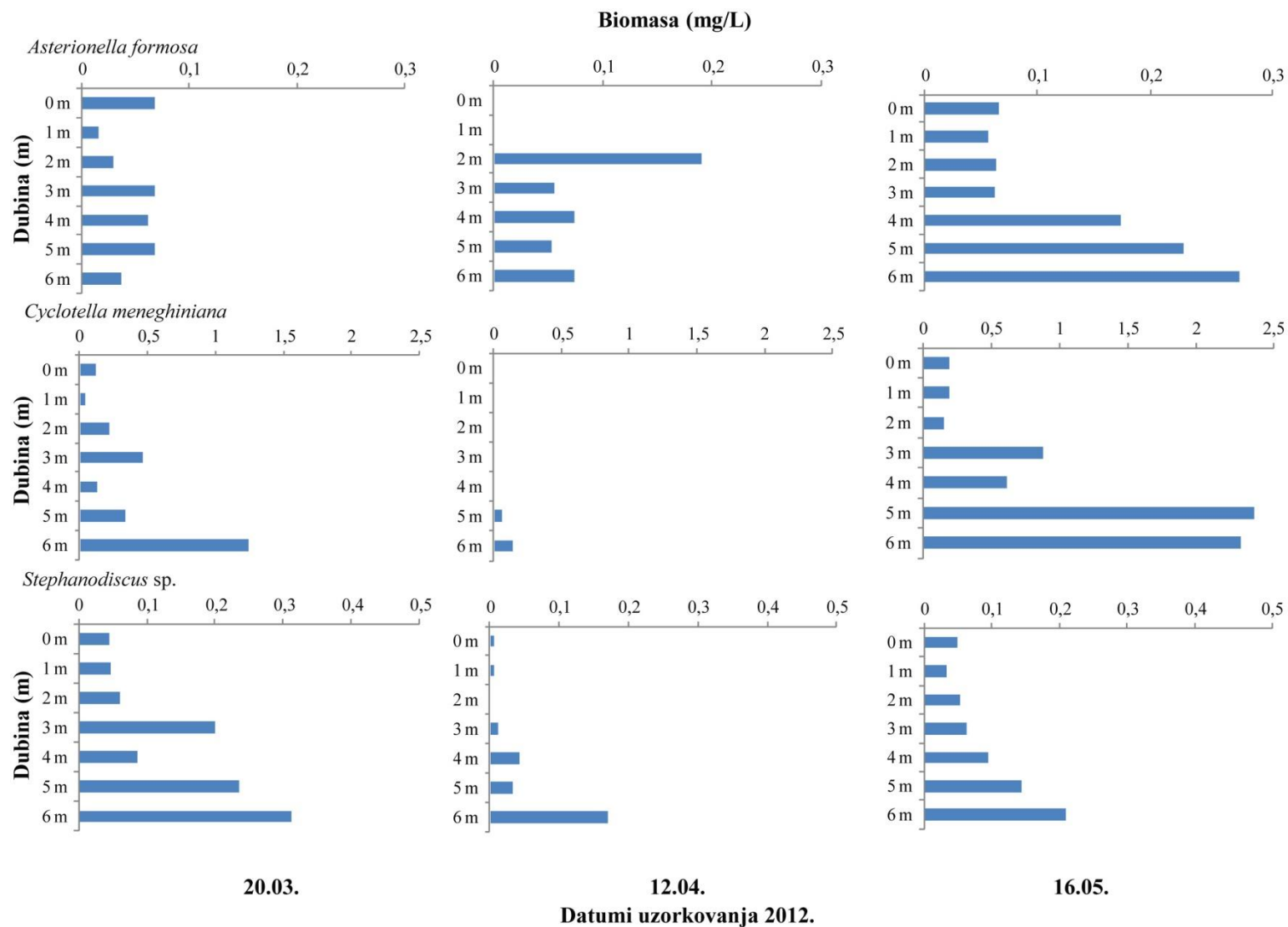
Slika 21. Promjene biomase fitoplanktona prema taksonomskim skupinama po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru



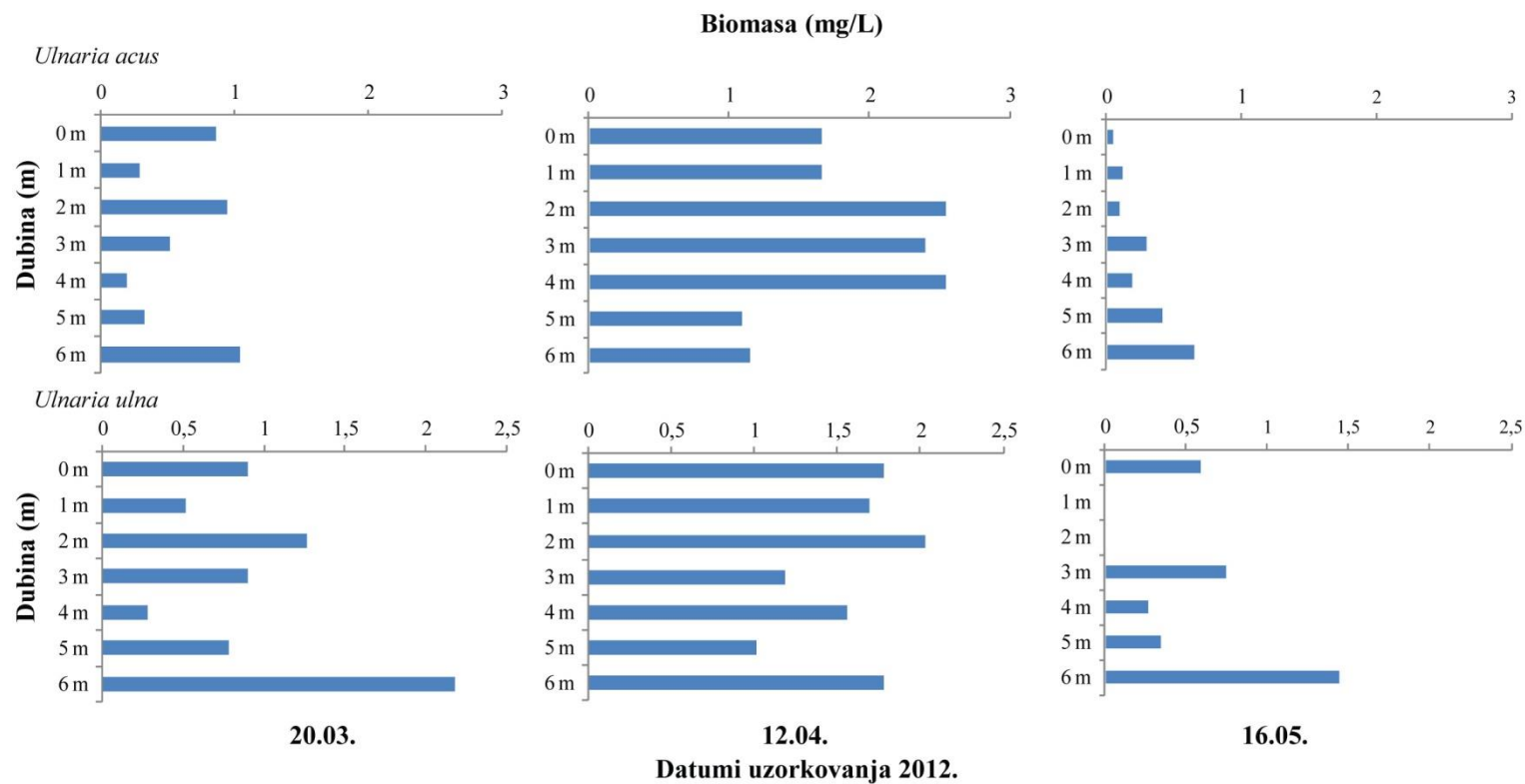
Slika 22. Dominantne vrste zastupljene s više od 5% ukupne biomase fitoplanktona;
a) *Dinobryon divergens*, b) *Synura uvella*, c) *Chrysococcus rufescens*, d) *Asterionella formosa*, e) *Ulnaria acus*, f) *U. ulna*, g) *Cyclotella meneghiniana*, h) *Cryptomonas* sp.



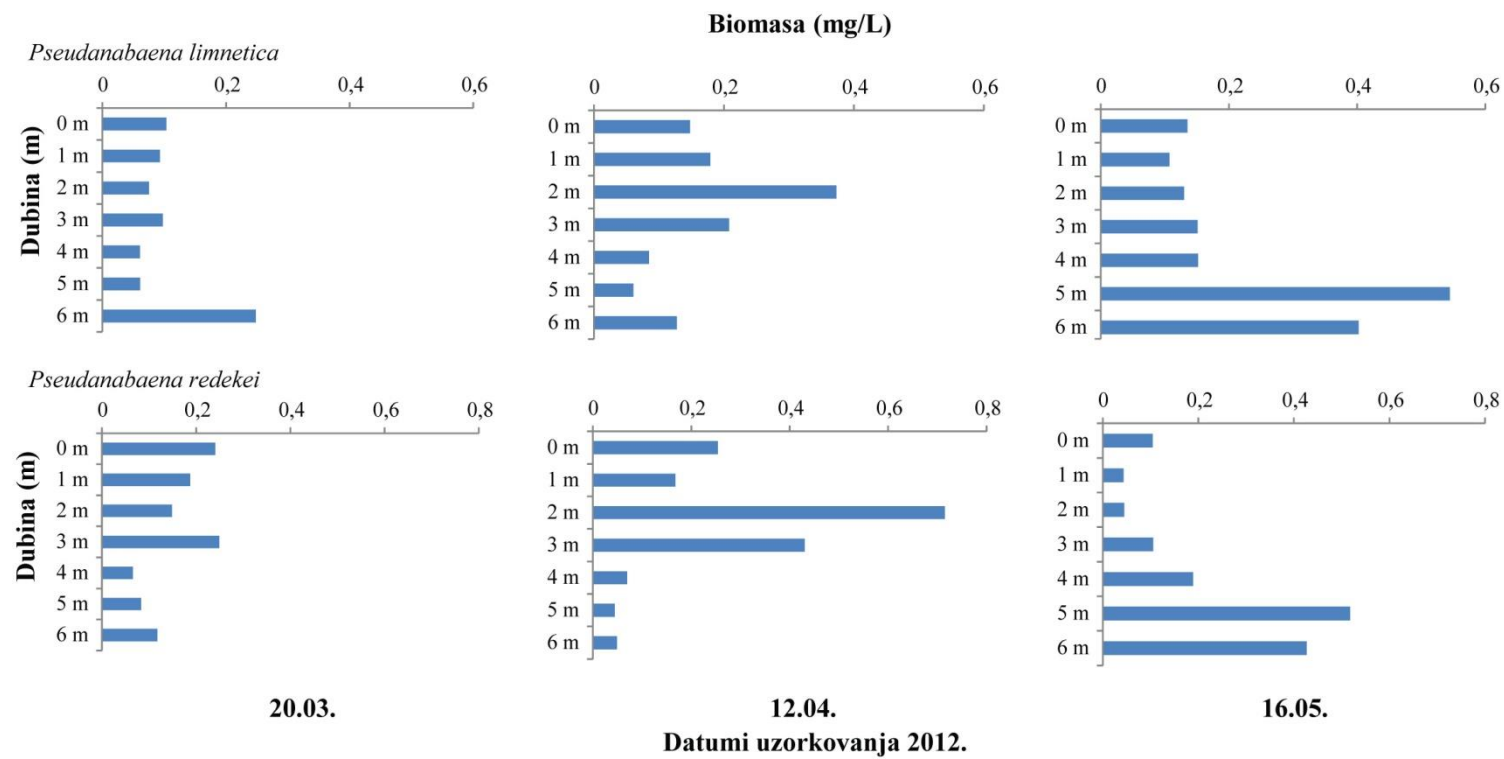
Slika 24. Promjene biomase dominantnih vrsta razreda Chrysophyceae u Sakadaškom jezeru tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini



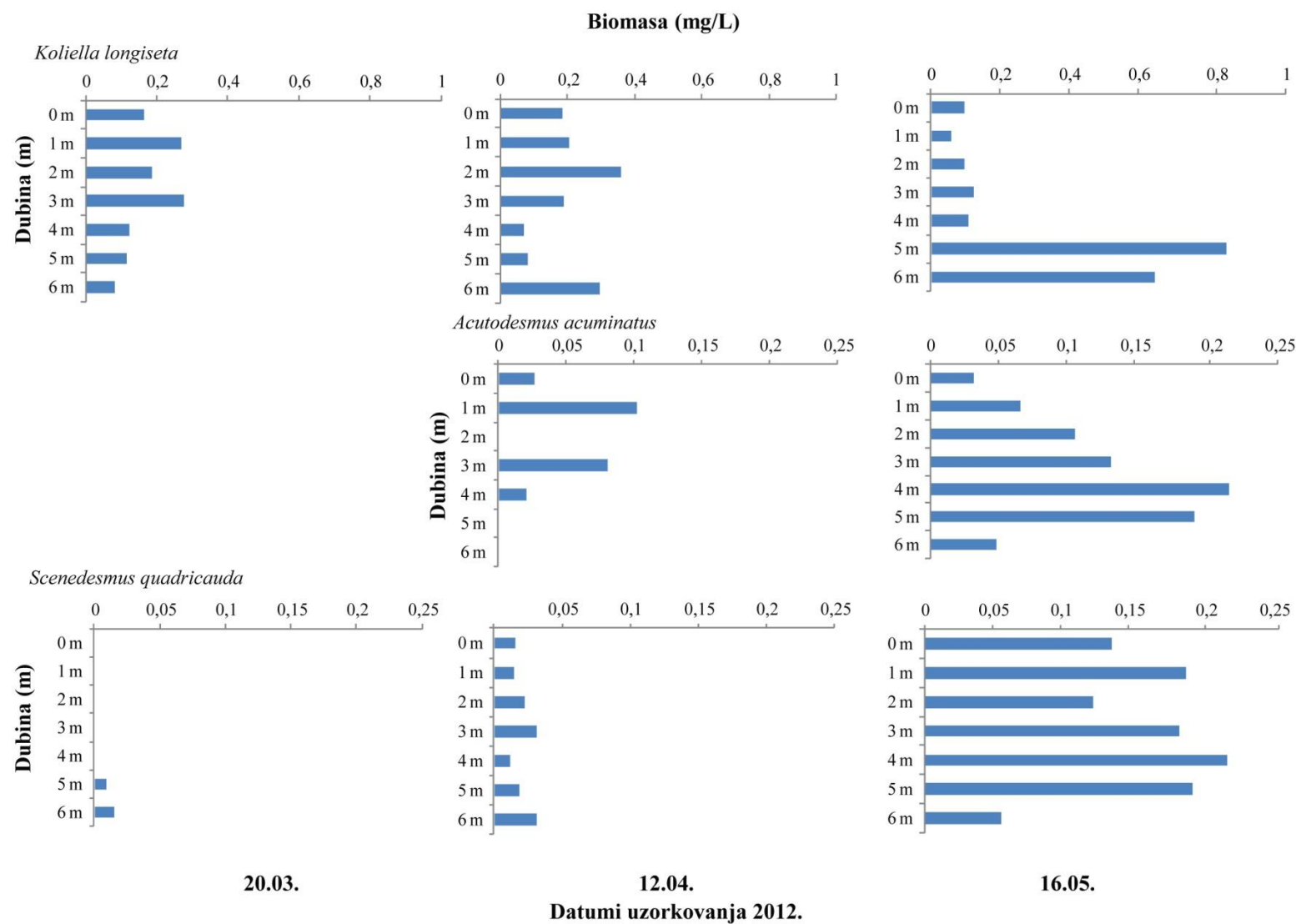
Slika 25. Promjene biomase dominantnih vrsta razreda Bacillariophyceae u Sakadaškom jezeru tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini



Slika 26. Promjene biomase dominantnih vrsta razreda Bacillariophyceae u Sakadaškom jezeru tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini

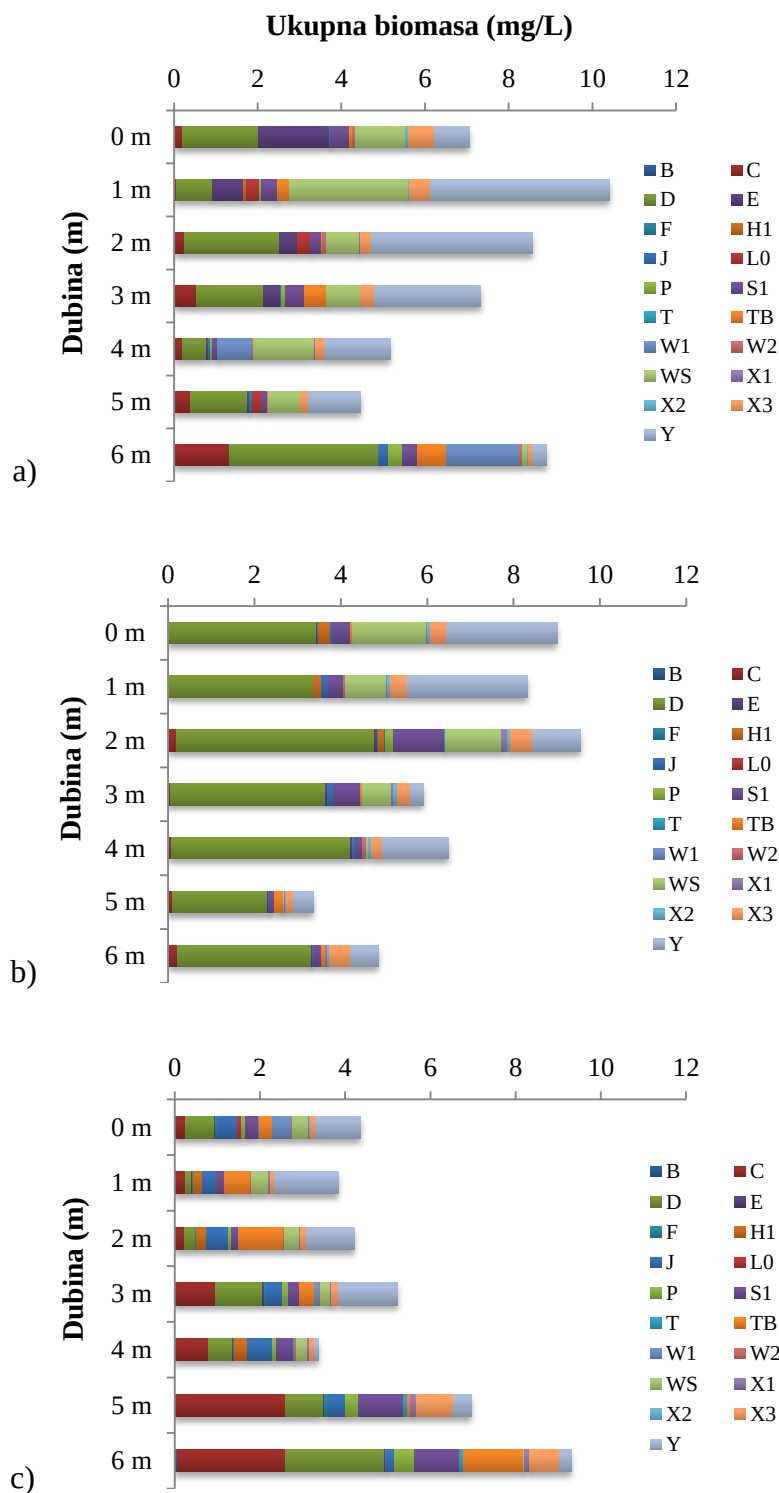


Slika 27. Promjene biomase dominantnih vrsta odjeljka Cyanobacteria u Sakadaškom jezeru tijekom istraživanog razdoblja u 2012. godini



Slika 28. Promjene biomase dominantnih vrsta odjeljka Chlorophyta u Sakadaškom jezeru tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini

Vrste utvrđene kvantitativnom analizom svrstane su u 19 funkcionalnih skupina: **B, C, D, E, F, H1, J, L0, P, S1, T, TB, W1, W2, Ws, X1, X2, X3 i Y** (Prilog 1, 2 i 3). U ožujku su dominantne skupine s gotovo podjednakom zastupljenošću bile dijatomeje iz skupine **D**, Cryptophyceae iz skupine **Y**, zatim *Synura uvella* iz skupine **Ws** i to u svim slojevima vertikalnog stupca vode. Ističe se kodominacija vrsta iz skupine Bacillariophyceae (funkcionalna grupa **C**) i to vrste roda *Asterionella* i *Cyclotella*. Vrste *Chrysococcus rufescens*, *Koliella longiseta* i *Koliella planctonica* iz funkcionalne grupe **X3** su se pojavljivale u svim slojevima vode ali s malom biomasom (Slika 29a). U travnju je najbolje bila razvijena skupina **D** u koju su svrstane dijatomeje (vrste roda *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Tabularia*, *Tryblionella* i *Ulnaria*) i to u cijelom vertikalnom stupcu. Također su dobro bile razvijene i vrste roda *Cryptomonas* koje pripadaju skupini **Y**. U površinskim slojevima od 0 do 2 m je bila dobro razvijena i *Synura uvella* iz skupine **Ws**, te vrste iz skupine **S1** (*Pseudanabaena limnetica* i *Pseudanabaena redeckei*) (Slika 29b). U svibnju je u vertikalnom stupcu vode od 0 do 4 m utvrđena velika raznolikost vrsta iz različitih funkcionalnih skupina koje su bile zastupljene s vrlo malom biomasom. To su bile alge iz skupina: **C, D, J, S1, TB, W1, Ws, X3 i Y**. U pridnenim slojevima (5-6 m) u kojima se gotovo udvostručila biomasa dominirale su dijatomeje iz funkcionalnih skupina **C, D i TB**, a zanimljivo je da su kodominantne bile i cijanobakterije iz skupine **S1** te vrste iz skupine **X3** (Slika 29c).



Slika 29. Promjene ukupne biomase fitoplanktona prema funkcionalnim skupinama po dubinama tijekom a) ožujka; b) travnja; c) svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Tablica 1. Korelacije fizikalno-kemijskih parametara vode, broja jedinki, ukupne biomase fitoplanktona i biomase dominantnih vrsta tijekom ožujka 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Parametar	Temperatura vode	OK	OK %	pH	Kond	Chl-a	ASTFOR	CHRRUF	CRYOVA	CYCMEN	DINDIV	KOLLON	SCEQUA	STESP	SYNUVE
Temperatura vode	r=1,0000 p= ---	r=0,8079 p=0,028	r=0,8914 p=0,007	r=0,9460 p=0,001	r=-0,7043 p=0,077	r=0,7160 p=0,070	r=-0,2793 p=0,544	r=0,8964 p=0,006	r=0,4739 p=0,283	r=-0,5285 p=0,223	r=0,9215 p=0,003	r=0,3949 p=0,381	r=-0,5648 p=0,186	r=-0,7812 p=0,038	r=0,5405 p=0,210
OK	r=0,8079 p=0,028	r=1,0000 p= ---	r=0,9850 p=0,000	r=0,9271 p=0,003	r=-0,8253 p=0,022	r=0,7797 p=0,039	r=-0,2487 p=0,591	r=0,6184 p=0,139	r=0,7965 p=0,032	r=-0,7278 p=0,064	r=0,7099 p=0,074	r=0,8158 p=0,025	r=-0,8686 p=0,011	r=-0,8354 p=0,019	r=0,6715 p=0,099
OK %	r=0,8914 p=0,007	r=0,9850 p=0,000	r=1,0000 p= ---	r=0,9762 p=0,000	r=-0,8460 p=0,016	r=0,7867 p=0,036	r=-0,2284 p=0,622	r=0,7390 p=0,058	r=0,7274 p=0,064	r=-0,7135 p=0,072	r=0,8125 p=0,026	r=0,7355 p=0,060	r=-0,8160 p=0,025	r=-0,8436 p=0,017	r=0,6632 p=0,104
pH	r=0,9460 p=0,001	r=0,9271 p=0,003	r=0,9762 p=0,000	r=1,0000 p= ---	r=-0,8505 p=0,015	r=0,7623 p=0,046	r=-0,1748 p=0,708	r=0,8567 p=0,014	r=0,6070 p=0,148	r=-0,6547 p=0,111	r=0,9031 p=0,005	r=0,6349 p=0,126	r=-0,7202 p=0,068	r=-0,7997 p=0,031	r=0,6478 p=0,116
Kond	r=-0,7043 p=0,077	r=-0,8253 p=0,022	r=-0,8460 p=0,016	r=-0,8505 p=0,015	r=1,0000 p= ---	r=0,4217 p=0,346	r=-0,3165 p=0,489	r=-0,7659 p=0,045	r=-0,3782 p=0,403	r=0,7555 p=0,050	r=-0,8069 p=0,028	r=-0,5958 p=0,158	r=0,8407 p=0,018	r=0,7332 p=0,061	r=-0,4821 p=0,273
Chl-a	r=0,7160 p=0,070	r=0,7797 p=0,039	r=0,7867 p=0,036	r=0,7623 p=0,046	r=-0,4217 p=0,346	r=1,0000 p= ---	r=-0,6596 p=0,107	r=0,4844 p=0,271	r=0,8749 p=0,010	r=-0,5813 p=0,171	r=0,4763 p=0,280	r=0,6401 p=0,121	r=-0,5139 p=0,238	r=-0,6831 p=0,091	r=0,8736 p=0,010
Broj jedinki	r=0,3869 p=0,391	r=0,2314 p=0,618	r=0,2791 p=0,544	r=0,3387 p=0,457	r=-0,0345 p=0,942	r=0,2179 p=0,639	r=-0,3337 p=0,464	r=0,2421 p=0,601	r=0,1482 p=0,751	r=0,4553 p=0,305	r=0,4169 p=0,352	r=0,3129 p=0,494	r=0,2003 p=0,667	r=0,1874 p=0,687	r=-0,1489 p=0,750
Biomasa	r=0,4757 p=0,281	r=0,4408 p=0,322	r=0,4369 p=0,327	r=0,4176 p=0,351	r=0,0469 p=0,920	r=0,6431 p=0,119	r=-0,8475 p=0,016	r=0,1192 p=0,799	r=0,5922 p=0,161	r=0,1646 p=0,724	r=0,2363 p=0,610	r=0,4654 p=0,293	r=-0,0601 p=0,898	r=-0,1816 p=0,697	r=0,3251 p=0,477

*statistički značajne vrijednosti istaknute su crvenom bojom

Tablica 2. Korelacije fizikalno-kemijskih parametara vode, broja jedinki, ukupne biomase fitoplanktona i biomase dominantnih vrsta tijekom travnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Parametar	Temperatura vode	OK	OK %	pH	Kond	Chl-a	Biomasa	CRYERO	CYCMEN	KOLLON	PSELIM	PSERED	SYNUVE	ULNULN
Temperatura vode	r=1,0000 p= ---	r=0,9206 p=0,003	r=0,9369 p=0,002	r=0,9540 p=0,001	r=-0,9554 p=0,001	r=0,9270 p=0,003	r=0,9120 p=0,004	r=0,6931 p=0,084	r=-0,6912 p=0,085	r=0,3347 p=0,463	r=0,5601 p=0,191	r=0,5501 p=0,201	r=0,9279 p=0,003	r=0,5259 p=0,225
OK	r=0,9206 p=0,003	r=1,0000 p= ---	r=0,9988 p=0,000	r=0,9730 p=0,000	r=-0,8409 p=0,018	r=0,8980 p=0,006	r=0,8061 p=0,029	r=0,6895 p=0,087	r=-0,4600 p=0,299	r=0,4810 p=0,275	r=0,5736 p=0,178	r=0,5260 p=0,225	r=0,9337 p=0,002	r=0,5041 p=0,249
OK %	r=0,9369 p=0,002	r=0,9988 p=0,000	r=1,0000 p= ---	r=0,9816 p=0,000	r=-0,8597 p=0,013	r=0,9154 p=0,004	r=0,8252 p=0,022	r=0,7074 p=0,075	r=-0,4921 p=0,262	r=0,4576 p=0,302	r=0,5664 p=0,185	r=0,5246 p=0,227	r=0,9432 p=0,001	r=0,5098 p=0,242
pH	r=0,9540 p=0,001	r=0,9730 p=0,000	r=0,9816 p=0,000	r=1,0000 p= ---	r=-0,8937 p=0,007	r=0,9646 p=0,000	r=0,8530 p=0,015	r=0,7658 p=0,045	r=-0,5864 p=0,166	r=0,3188 p=0,486	r=0,4790 p=0,277	r=0,4507 p=0,310	r=0,9404 p=0,002	r=0,4951 p=0,259
Kond	r=-0,9554 p=0,001	r=-0,8409 p=0,018	r=-0,8597 p=0,013	r=-0,8937 p=0,007	r=1,0000 p= ---	r=-0,841 p=0,018	r=-0,8549 p=0,014	r=-0,5596 p=0,191	r=0,8514 p=0,015	r=-0,1926 p=0,679	r=-0,5693 p=0,182	r=-0,6004 p=0,154	r=-0,8596 p=0,013	r=-0,3464 p=0,447
Chl-a	r=0,9270 p=0,003	r=0,8980 p=0,006	r=0,9154 p=0,004	r=0,9646 p=0,000	r=-0,8407 p=0,018	r=1,0000 p= ---	r=0,8432 p=0,017	r=0,8884 p=0,008	r=-0,5856 p=0,167	r=0,1899 p=0,683	r=0,3335 p=0,465	r=0,3355 p=0,462	r=0,9260 p=0,003	r=0,5067 p=0,246
Broj jedinki	r=0,5556 p=0,195	r=0,5424 p=0,208	r=0,5394 p=0,211	r=0,4592 p=0,300	r=-0,4839 p=0,271	r=0,3665 p=0,419	r=0,7475 p=0,053	r=0,0653 p=0,889	r=-0,2208 p=0,634	r=0,8796 p=0,009	r=0,9425 p=0,001	r=0,8449 p=0,017	r=0,5978 p=0,156	r=0,7908 p=0,034
Biomasa	r=0,9120 p=0,004	r=0,8061 p=0,029	r=0,8252 p=0,022	r=0,8530 p=0,015	r=-0,8549 p=0,014	r=0,8432 p=0,017	r=1,0000 p= ---	r=0,5653 p=0,186	r=-0,6327 p=0,127	r=0,4754 p=0,281	r=0,6873 p=0,088	r=0,6333 p=0,127	r=0,8730 p=0,010	r=0,7682 p=0,044

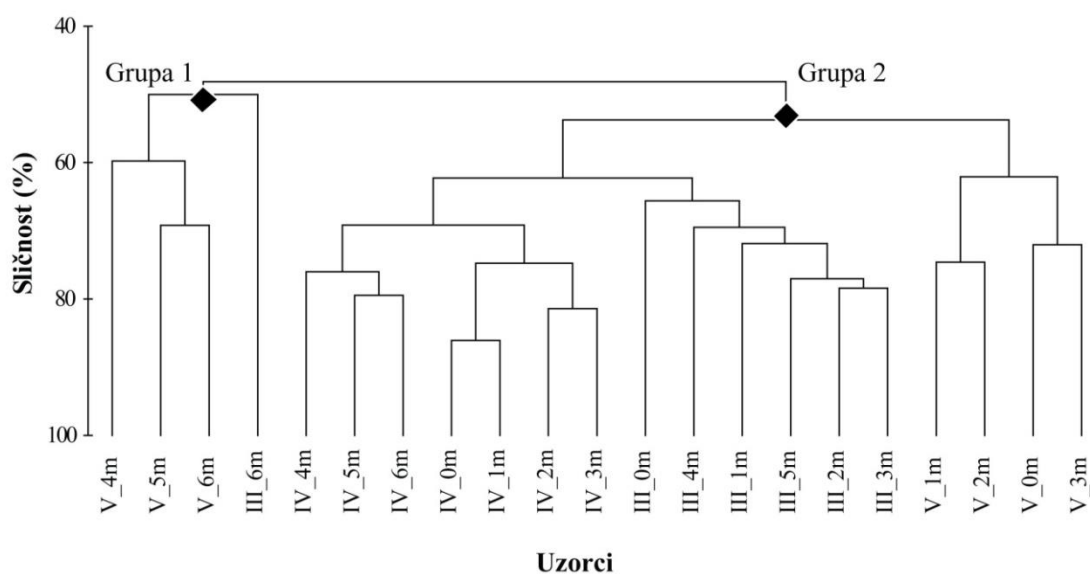
*statistički značajne vrijednosti istaknute su crvenom bojom

Tablica 3. Korelacije fizikalno-kemijskih parametara vode, broja jedinki, ukupne biomase fitoplanktona i biomase dominantnih vrsta tijekom svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Parametar	Temperatura vode	OK	OK %	pH	Kond	Broj jedinki	Biomasa	ASTFOR	CYCMEN	KOLLON	PSELIM	STESP	SYNUVE	ULNACU	ULNULN
Temperatura vode	r=1,0000 p= ---	r=0,8256 p=0,022	r=0,8883 p=0,008	r=0,6864 p=0,089	r=-0,9972 p=0,000	r=-0,9859 p=0,000	r=-0,8484 p=0,016	r=-0,9313 p=0,002	r=-0,9695 p=0,000	r=-0,9855 p=0,000	r=-0,9780 p=0,000	r=-0,9171 p=0,004	r=0,9479 p=0,001	r=-0,8533 p=0,015	r=-0,5047 p=0,248
OK	r=0,8256 p=0,022	r=1,0000 p= ---	r=0,9915 p=0,000	r=0,2787 p=0,545	r=-0,8612 p=0,013	r=-0,7694 p=0,043	r=-0,5627 p=0,188	r=-0,9110 p=0,004	r=-0,8074 p=0,028	r=-0,7440 p=0,055	r=-0,7491 p=0,053	r=-0,8235 p=0,023	r=0,8323 p=0,020	r=-0,7619 p=0,047	r=-0,3172 p=0,488
OK %	r=0,8883 p=0,008	r=0,9915 p=0,000	r=1,0000 p= ---	r=0,3815 p=0,398	r=-0,9156 p=0,004	r=-0,8429 p=0,017	r=-0,6440 p=0,119	r=-0,9337 p=0,002	r=-0,8719 p=0,011	r=-0,8216 p=0,023	r=-0,8244 p=0,023	r=-0,8616 p=0,013	r=0,8858 p=0,008	r=-0,8095 p=0,027	r=-0,3612 p=0,426
pH	r=0,6864 p=0,089	r=0,2787 p=0,545	r=0,3815 p=0,398	r=1,0000 p= ---	r=-0,6508 p=0,113	r=-0,7763 p=0,040	r=-0,8181 p=0,025	r=-0,5025 p=0,250	r=-0,7757 p=0,040	r=-0,7545 p=0,050	r=-0,7436 p=0,055	r=-0,6239 p=0,134	r=0,7521 p=0,051	r=-0,6887 p=0,087	r=-0,7180 p=0,069
Kond	r=-0,9972 p=0,000	r=-0,8612 p=0,013	r=-0,9156 p=0,004	r=-0,6508 p=0,113	r=1,0000 p= ---	r=0,9761 p=0,000	r=0,8228 p=0,023	r=0,9508 p=0,001	r=0,9647 p=0,000	r=0,9728 p=0,000	r=0,9675 p=0,000	r=0,9230 p=0,003	r=-0,9489 p=0,001	r=0,8506 p=0,015	r=0,4943 p=0,260
Chl-a	r=0,0820 p=0,861	r=0,3176 p=0,488	r=0,2438 p=0,598	r=-0,1910 p=0,682	r=-0,1283 p=0,784	r=-0,0287 p=0,951	r=0,1078 p=0,818	r=-0,3163 p=0,490	r=-0,0181 p=0,969	r=-0,0128 p=0,978	r=-0,0345 p=0,942	r=-0,2266 p=0,625	r=0,1275 p=0,785	r=0,0160 p=0,973	r=-0,0270 p=0,954
Broj jedinki	r=-0,9859 p=0,000	r=-0,7694 p=0,043	r=-0,8429 p=0,017	r=-0,7763 p=0,040	r=0,9761 p=0,000	r=1,0000 p= ---	r=0,8698 p=0,011	r=0,8752 p=0,010	r=0,9846 p=0,000	r=0,9949 p=0,000	r=0,9904 p=0,000	r=0,8859 p=0,008	r=-0,9678 p=0,000	r=0,8565 p=0,014	r=0,5277 p=0,223
Biomasa	r=-0,8484 p=0,016	r=-0,5627 p=0,188	r=-0,6440 p=0,119	r=-0,8181 p=0,025	r=0,8228 p=0,023	r=0,8698 p=0,011	r=1,0000 p= ---	r=0,7678 p=0,044	r=0,8930 p=0,007	r=0,8493 p=0,016	r=0,8069 p=0,028	r=0,8986 p=0,006	r=-0,8586 p=0,013	r=0,9340 p=0,002	r=0,8052 p=0,029

*statistički značajne vrijednosti istaknute su crvenom bojom

Hijerarhijska klaster analiza obuhvatila je podatke biomase fitoplanktonskih vrsta po dubinama Sakadaškog jezera (1-6 m) u razdoblju od ožujka do svibnja 2012 (Slika 30). Na dendrogramu je vidljivo da su se podaci razdvojili na dvije glavne grupe (Bray Curtis sličnost $\approx 50\%$). Grupa 1 obuhvatila je dublje slojeve jezera u svibnju (4-6 m) i pridneni sloj (6 m) u ožujku. Unutar grupe 2 mogu se razlučiti dvije podgrupe na približno 60% Bray Curtis sličnosti. Prvu podgrupu čine uzorci iz ožujka (0-6 m) i preostali uzorci iz travnja (osim 6 m dubine), a u drugoj podgrupi su se izdvojili površinski uzorci vode (0-3 m) iz svibnja.



Slika 30. Ordinacijski dijagram klaster analize biomase fitoplanktona po dubinama tijekom istraživnog razdoblja u 2012. godini u Sakadaškom jezeru

4. RASPRAVA

Prema hidrološkim i geomorfološkim značajkama Sakadaško jezero pripada sustavu rijeka-poplavno područje. U takvim sustavima značajan ekološki čimbenik koji utječe na sve abiotičke i biotičke čimbenike su poplave (Tockner i sur., 2000). Dobiveni rezultati ukazuju da u vrijeme istraživanja u poplavnom području Kopačkog rita nije bilo velikih poplava što je suprotno od očekivanja, budući su poplave većeg intenziteta u proljetnom razdoblju uglavnom uobičajena pojava (Mihaljević i Stević, 2011). Međutim, prema utvrđenim rezultatima promjena fizikalno-kemijskih čimbenika u vertikalnom stupcu vode vidljive su značajne promjene tijekom istraživnog razdoblja. U ožujku i travnju bila je uspostavljena slaba termalna stratifikacija koju su pratile i promjene ostalih fizikalno-kemijskih čimbenika. Obzirom da je uspostavljena stratifikacija, koja nastaje zagrijavanjem površinskih slojeva jezera nakon zimskog razdoblja u početku vrlo nestabilna, utjecaj vjetra, ili poplave mogu ju lako narušiti do uspostavljanja stabilnog epilimniona i jasno izražene ljetne stratifikacije (Lampert i Sommer, 2007). Tako je u svibnju došlo do miješanja vodenih slojeva i ujednačenosti vrijednosti fizikalno-kemijskih čimbenika u vertikalnom profilu od površine do 4 m dubine.

Visoke srednje vrijednosti koncentracije nutrijenata, tj. ukupnog fosfora (269,2 $\mu\text{g/L}$) i klorofila-a (23,21 $\mu\text{g/L}$) te mala prozirnost vode (1,06 m) ukazuju da je jezero u eutrofnom stanju prema OECD kriterijima (1982). Pridneni slojevi vode bili su opterećeniji organskim dušikom i amonijevim ionima što ukazuje da su procesi razgradnje akumulirane organske tvari značajno utjecali na koncentraciju nutrijenata. Ekosustavi rijeka-poplavno područje su poznati kao zone pohrane i protoka organske tvari (Keckeis i sur., 2003). To potvrđuju i promjene koncentracije kisika u vertikalnim slojevima vode čije su vrijednosti bile najniže u pridnenim slojevima. Općenito smanjena količina kisika potvrđuje snažnu razgradnju organske tvari (McCarthy i sur., 2008) zbog čega je omjer TN/TP bio značajno viši u pridnenim slojevima. Na veliku količinu suspendirane organske tvari u pridnenim slojevima ukazuju i veće vrijednosti električne provodljivosti.

Na promjene zajednica u poplavnom području najviše utjecaja ima dinamika plavljenja te su novija istraživanja pokazala da poplave mogu imati dvojaki učinak na razvoj fitoplanktona. U rano proljeće one pogoduju razvoju fitoplanktona obogaćivanjem nutrijentima dok kasnije poplave u proljeće i ljetu predstavljaju disturbanciju za razvoj fitoplanktona zbog miješanja vodenog stupca ulaskom poplavnih voda u jezero, razrijeđivanja nutrijenata te „ispiranja“ fitoplanktona iz jezera (Mihaljević i sur., 2009).

Kratkotrajna plavljenja malog intenziteta u ožujku i travnju nisu utjecala na vertikalnu stratifikaciju fitoplanktona, a opadanje biomase fitoplanktona od površine prema dnu jezera bilo je uzrokovano promjenama fizikalno-kemijskih čimbenika, prije svega smanjenjem temperature vode i smanjenjem količine svjetlosti. To potvrđuje i pozitivna korelacija između ukupne biomase fitoplanktona i temperature vode (Tablica 1 i 2). Prethodna istraživanja pokazala su da smanjenje temperature i svjetlosti kroz vertikalni stupac vode od površine do dna negativno utječe na razvoj fitoplanktona u Sakadaškom jezeru (Popić, 2011). Općenito je poznato da gradijent svjetlosti i toplinska stratifikacija mogu utjecati na dostupnost hranjivih tvari a time i na vertikalnu raspodjelu fitoplanktona u jezerima (Klausmeier i Litchmann, 2001). U uvjetima miješanja vodenog stupca u svibnju, utvrđena je gotovo ravnomjerna distribucija fitoplanktona u sloju vode od površine do 4 m, te dvostruko veća biomasa fitoplanktona u pridnenim slojevima. Razlike u biomasi u vertikalnom stupcu potvrđuju i rezultati hijerarhijske klaster analize (Slika 30), kada su se uzorci s većom biomasom u pridnenim slojevima izdvojili od uzoraka iz ožujka i travnja.

U sezonskim sukcesijama fitoplanktona ističe se zajednica *Cryptomonas-Synura-Dinobryon* u ožujku, a zajednica dijatomeja u travnju i u svibnju, odnosno sukcesije funkcionalnih skupina: **Y**, **Ws**, **E** → **C**, **D** i **T_B**. U svibnju je u vertikalnom stupcu vode (0-4 m) utvrđena velika raznolikost funkcionalnih skupina koje su bile razvijene s vrlo malom biomasom, a to su bile alge iz skupina: **C**, **D**, **J**, **S1**, **T_B**, **W1**, **Ws**, **X3** i **Y**.

Vrsta *Synura uvella* (koja pripada funkcionalnoj skupini **Ws**) se često javlja u uvjetima velike količine hranjivih tvari i niskih temperatura vode (Reynolds, 2006). Prijašnjim istraživanjima utvrđen je masovni razvoj ove vrste u Sakadaškom jezeru u stabilnim hidrološkim uvjetima tijekom jesenskog ali i rano-proljetnog razdoblja (Stević i sur., 2005).

Vrsta *Dinobryon divergens* predstavnik je funkcionalne skupine **E** koja je karakteristična za mala, oligotrofna jezera siromašna nutrijentima, a može se razvijati i u hipertrofnim ribnjacima (Reynolds i sur., 2000). Vrste roda *Dinobryon* također su tolerantne i na kisele i lužnate vode (Taş i sur., 2010). Općenito, vrste razreda Chrysophyceae razvijaju se u površinskim slojevima vode (epilimnion) i imaju velike zahtjeve za fosforom. Posjeduju također sposobnost apsorpcije organski vezanog fosfora, a dušik mogu koristiti iz anorganskih (nitrati, amonijevi ioni) i organskih (urea, glicin) izvora. Sposobnost iskorištavanja organskih izvora, kao i mogućnost fagotrofne ishrane omogućava im razvoj u vodenom stupcu bogatom produktima razgradnje organske tvari kao i razvoj poslije cvjetanja i odumiranja pojedinih zajednica (De Hoyos i sur., 1998).

Tijekom cijelog istraživnog perioda, a posebno u ožujku, pojavljivale su se vrste iz odjeljka Cryptophyta (*Cryptomonas erosa*, *C. marsonii* i *C. ovata*) koje pripadaju funkcionalnoj skupini **Y** (Reynolds i sur., 2002), a njihovom razvoju pogoduju mezotrofni do eutrofni uvjeti s manjom količinom svjetlosti (Reynolds, 2006). Poznato je da skupina **Y** uključuje velike kriptomonadine i male dinoflagelate koje nastanjuju različita staništa, te se pojavljuju u gotovo svim lentičkim sustavima ukoliko je slab hranidbeni pritisak zooplanktona (Padisák i sur., 2009). Vrste roda *Cryptomonas* tipični su oportunisti s karakteristikama C- i R-stratega (Santos i Calijuri, 1998) koji se razvijaju u uvjetima nakon različitih disturbancija koje su uzrokovale sukcesiju zajednica (Reynolds, 2006). Također, brz rast ovih vrsta, unatoč dobroj „jestivosti“ omogućava im preživljavanje u vrijeme „faze čiste vode“ (Sommer et al., 1986). Zahvaljujući sposobnostima pokretanja, njihova vertikalna distribucija pokazuje jasan cirkadijalni ritam migracije, što je također svojstveno i vrstama razreda Chrysophyceae. Na taj način, ove vrste mogu migrirati kroz vodeni stupac do dubljih slojeva, iskorištavati svjetlost i hranjive tvari te izbjeći hranidbeni pritisak zooplanktona i tonjenje (Liebermann i sur., 1994; Graham i Wilcox, 2000).

Iz rezultata je vidljivo da su u svibnju dominirale različite vrste dijatomeja koje općenito karakterizira razvoj pri niskim temperaturama i manjoj količini svjetlosti te tolerantnost na miješanje vodenog stupca (Reynolds, 2006). Dominacija dijatomeja u rano proljetnom razdoblju utvrđena je i u dosadašnjim istraživanjima fitoplanktona Sakadaškog jezera (Mihaljević i sur., 2009), a smatra se uobičajenom fazom ranoproljetnog razvoja fitoplanktona („Plankton Ecology Group model“ PEG-model, Sommer 1989). Vrste iz funkcionalnih skupina **C** i **D** predstavljaju tzv. r-stratega te su prema Padisák i sur. (2009) tolerantne na miješanje vodenog stupca i uvjete kakvi su vladali u Sakadaškom jezeru u svibnju. U funkcionalnoj skupini **C** dominantne su bile vrste *Asterionella formosa* i *Cyclotella comta*. Prema Padisák i sur. (2009) tu skupinu karakteriziraju vrste osjetljive na stratifikaciju te se javljaju u malim jezerima i jezerima srednje veličine. Funkcionalna skupina **D**, u kojoj su dominirale vrste *Ulnaria acus* i *U. ulna*, tipična je za proljeće, kada se javlja s povećanom biomasom (Padisák, 2003). Poznato je da su dijatomeje podložne „tonjenju“ zbog silikatnih ljušturica i veće specifične gustoće te tako npr. vrste *Asterionella*, *Stephanodiscus*, *Ulnaria* početkom stratifikacije u proljetnom razdoblju brzo tonu prema dubljim slojevima i nestaju iz suspenzije, unatoč dovoljnoj količini nutrijenata (Reynolds, 2006). U svibnju se povećala i biomasa dijatomeja iz funkcionalne skupine **T_B** koje su karakteristične za uvjete velikog miješanja vode (Padisák, 2003). Općenito, u Sakadaškom jezeru se povećana biomasa ovih vrsta može očekivati u proljetnom razdoblju u vrijeme miješanja vode tijekom plavljenja

(Stević i sur., 2013). Zbog velikog volumena stanica (vrste roda *Amphora*, *Caloneis*, *Cocconeis*, *Cymatopleura*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Placoneis*) predstavnici te skupine imali su veliki udio u ukupnoj biomasi fitoplanktona, unatoč malom broju jedinki. Budući da u svibnju nije bilo termalne stratifikacije bile su razvijene i alge iz skupina **B** (vrsta *Cyclotella comta*) kojima pogoduju uvjeti izotermije (Padisák i sur., 2009). Funkcionalne skupine **Y**, **P** i **X3** su obično vezane uz proljetno i jesensko razdoblje sukcesije fitoplanktona u Sakadaškom jezeru i prethodni rezultati pokazali su povezanost ovih vrsta s većom koncentracijom amonijevih iona (Stević i sur., 2013). Funkcionalna skupina **X3** (*Chrysococcus rufescens*, *Koliella longiseta* i *K. planctonica*) se može masovno razvijati u uvjetima vrlo niskih temperatura vode, pa čak i u vrijeme zaleđenosti jezera, a taj masovni razvoj može biti uzrokovan smanjenjem koncentracije nitratnih iona i ukupnog fosfora, a također i stvaranjem ledenog pokrivača (Köhler i Hoeg, 2000; Watson i sur., 2001; Tolotti i sur., 2003).

U jezerima umjerenih područja, u promjenama ukupne biomase fitoplanktona ističe se kontinuirani porast biomase fitoplanktona tijekom proljeća, do pojave tzv. „faze čiste vode“ koja je uzrokovana snažnim hranidbenim pritiskom zooplanktona (Sommer i sur., 1989). U hranidbenom lancu zooplankton predstavlja kariku između autotrofne komponente i viših trofičkih razina te na taj način, hraneći se fitoplanktonom, sudjeluje u protoku energije u vodenim ekosustavima. U svibnju 2012. je u vertikalnom stupcu Sakadaškog jezera bila dobro razvijena zajednica metazooplanktona. Dominirale su vrste iz skupine rašljoticalaca (Cladocera), a brojnošću su se također isticale skupina veslonožaca (Copepoda) i njihovih razvojnih stadija nauplii te kolnjaci (Rotifera) (Ivana Turković Čakalić, neobjavljeni podaci). Kod povećanog hranidbenog pritiska, smanjuje se biomasa alga malih dimenzija tzv. „jestivih“ vrsta te u zajednici prevladavaju uglavnom vrste većeg biovolumena, tzv. „nejestive vrste“ alga (Lampert, 1986). Tu pojavu potvrđuju i smanjene vrijednosti ukupne biomase fitoplanktona utvrđene u svibnju u površinskim slojevima vode, te veća biomasa dijatomeja velikog biovolumena, posebice vrsta iz funkcionalnih skupina **C**, **D** i **T_B**. Faza tzv. „depresije“ fitoplanktona potvrđena je i prijašnjim istraživanjima sukcesije planktonskih zajednica u svibnju u Sakadaškom jezeru (Stević, 2011).

5. METODIČKI DIO

PLAN NASTAVNOG SATA

Predmet:BIOLOGIJA

Razred:2.c

Školska godina:2013/14.

Nastavna cjelina: Carstvo protoktista (Protista)

Nastavna tema (jedinica): Zelene alge (Chlorophyta)

Ključni pojmovi: izomorfna izmjena generacija, sporofit, gametofit, izogamija, sporangij, gametangij, anteridij, oogonij

Osnovni koncepti: Razlikujemo jednostanične, višestanične i kolonijalne oblike zelenih alga koji su značajni proizvođači kisika i organske tvari. Razmnožavaju se spolno i nespolno, a u nekih predstavnika prisutna je izmjena generacija.

Kompetencije učenika: Učenici će znati prepoznati neke vrste zelenih alga, razumjet će izomorfnu izmjenu generacija, te razmnožavanje jednostaničnih i višestaničnih zelenih alga .

Cilj nastavnog sata:

Na primjeru jednostaničnih i višestaničnih zelenih alga upoznati se sa spolnim i nespolnim razmnožavanjem, razumjeti izomorfnu izmjenu generacija, znati prepoznati neke od oblika i predstavnika zelenih alga

Postignuća (ishodi):

1. Opisati na primjeru klamidomonasa građu jednostaničnog oblika zelene alge i način spolnog i nespolnog razmnožavanja

Razrada:

a) Navesti neke jednostanične alge koje žive pojedinačno	Razina: 1.
b) Izreći i prikazati na slici građu klamidomonasa	Razina: 1.
c) Opisati nespolno razmnožavanje na primjeru klamidomonasa	Razina: 1.
d) Definirati izogamiju	Razina: 1.

2. Opisati građu i načine razmnožavanja jednostaničnih zelenih alga koje žive u kolonijama na primjeru volvoksa, te razumjeti njihovo značenje za evoluciju

Razrada:

a) Opisati građu volvoksa na temelju slike	Razina: 1.
b) Objasniti podjelu rada stanica u koloniji na tjelesne i spolne	Razina: 1.
c) Objasniti spolni i nespolni način razmnožavanja volvoksa	Razina: 1.
d) Protumačiti kako volvoks i slični oblici zelenih alga predstavljaju prijelazni oblik između jednostaničnih i višestaničnih organizama	Razina: 2.

3. Opisati građu i načine razmnožavanja spirogire kao predstavnika višestanične zelene alge, te objasniti štetnost širenja kaulerpe

Razrada:

a) Na temelju slike opisati građu spirogire	Razina: 1.
b) Navesti nespolne načine razmnožavanja spirogire	Razina: 1.
c) Definirati što je konjugacija	Razina: 1.
d) Opisati posljedice širenja kaulerpe kao invazivne vrste	Razina: 2.

4. Objasniti izomorfnu izmjenu generacija na primjeru životnog ciklusa morske slate

Razrada:

a) Izreći kako u životnom ciklusu morske salate postoje tri vegetativna tijela koja se izgledom ne razlikuju (izomorfno- izgledom jednako)	Razina: 1.
b) Definirati gametofit kao dvodomno vegetativno tijelo na kojem se razvijaju muške i ženske gamete čijim spajanjem nastaje zigota	Razina: 1.
c) Definirati sporofit kao vegetativno tijelo koje proizvodi spore koje se razvijaju u gametofit	Razina: 1.
d) Povezati spolnu i nespolnu generaciju u tijeku razmnožavanja	Razina: 2.

5. Povezati sličnost građe parožine s kopnenim biljkama, te općenito zelenih alga i kopnenih biljaka

Razrada:

a) Na slici označiti dijelove tijela parožine	Razina: 1.
b) Označiti na slici anteridije i oogonije- muške i ženske spolne organe	Razina: 1.
c) Prepoznati sličnost građe parožina sa stabljikom preslice	Razina: 1.

d) Navesti nekoliko sličnosti između zelenih alga i kopnenih biljaka	Razina: 2.
--	------------

Tip nastavnog sata: sat obrade novog nastavnog sadržaja

Oblici rada:

___frontalno ___grupno ___u parovima ___individualno X kombinirano

Za nastavu pripremiti:

PowerPoint prezentacija, nastavni listići, uzorci alga, mikroskopi, predmetnice, pokrovnice, kapaljke

Literatura:

stručna: Dolenec Z, Rusak G. 2011. Živi svijet 2, Carstva živoga svijeta: udžbenik biologije za drugi razred gimnazije. Profil, Zagreb

STRUKTURA NASTAVNOG SATA

UVODNI DIO

Trajanje: do 5 minuta

Komponente	Tijek	Uputa
razgovor, uvođenje kroz PowerPoint prezentaciju	Prikazati na prezentaciji slike zelenih prevlaka kišne alge na sjevernoj strani debla, te skliske prevlake na kamenoj podlozi u vodi. Pitati učenike jesu li susreli takve primjere u stvarnom životu. Pitati učenike znaju li po čemu su zelene alge dobile ime i kakav je njihov značaj.	povezivati gradivo sa stvarnim životom i zainteresirati učenike

Aktivnosti učenika	Aktivnosti nastavnika
gledaju slike na PowerPoint prezentaciji, sudjeluju u razgovoru i odgovaraju na postavljena pitanja	postavlja pitanja, objašnjava i uvodi učenike u novu nastavnu temu

SREDIŠNJI DIO

Trajanje: od 25 do 30 minuta

Komponente	Tijek	Uputa
grupni rad, izlaganje uz PowerPoint prezentaciju, razgovor	Razvrstati učenike u grupe ovisno o broju mikroskopa, te im podijeliti radne listiće. Jasno pročitati upute za rad te ih vremenski ograničiti na 5-10 minuta. U određenom vremenu učenici trebaju samostalno napraviti preparat i promatrati zelene alge. Potom u bilježnicu zapisuju jednu vrstu koju su prepoznali uz pomoć ključa za determinaciju ili slika na prezentaciji. Predstavnik svake grupe na ploču skicira vrstu koju su pronašli. Pitati učenike znaju li prepoznati jednostanične, višestanične i kolonijalne oblike zelenih alga. Uz pomoć prezentacije i slika opisati građu klamidomonasa kao predstavnika jednostaničnog oblika zelenih alga, istaknuti očnu pjegu za detekciju svjetlosti. Pitati učenike gdje smo već spominjali očnu pjegu (zeleni bičaći). Potom objasniti spolno i nespolno razmnožavanje klamidomonasa. Spolno razmnožavanje ili izogamiju objasniti kao "brak jednakih" kod kojeg su muške i ženske spolne stanice (gamete) vanjskim oblikom jednake (izogamete). Nespolno	pripremiti radne listiće za grupni rad i herbarij s isprešanim zelenim algama

	razmnožavanje klamidomonasa započinje u povoljnim uvjetima putem pokretnih spora s bičem- zoospora. Pokazati na slici životni ciklus klamidomonasa. Na primjeru volvoksa objasniti kolonijalni oblik zelenih alga. Putem prezentacije prikazati građu volvoksa u obliku kugle koja se sastoji od vegetativnih stanica s dva biča, čija je uloga fotosinteza i pokretanje, te od manjeg broja stanica koje služe za razmnožavanje. Prema tome, u koloniji postoji podjela rada na tjelesne i spolne stanice. Izreći kako se volvoks razmnožava nesporno, diobom većih stanica, i spolno spajanjem spermatozoida i jajne stanice. Nastala zigota se nakon faze mirovanja počinje djeliti i oblikuje novu koloniju. Od višestaničnih oblika zelenih alga prikazati spirogirkao predstavnika. Pitati učenike što misle po čemu je dobila ime. Prikazati na slici spiralni oblik kloroplasta koji je lako prepoznatljiv preko mikroskopa. Zadati učenicima da u bilježnicu skiciraju spolno razmnožavanje spirogire putem kopulacijskog kanala između stanica obližnjih niti. Iz herbarija učenicima pokazati još neke vrste višestaničnih zelenih alga (Rovinj, 20.05.2011.). Pitati učenike jesu li prilikom ljetovanja na moru vidjeli morsku salatu (pokazati isprešanu biljku). Napomenuti kako se pojavljuje na mjestima gdje je more onečišćeno pa služi kao bioindikator. Objasniti izomorfnu izmjenu generacija na primjeru shematskog prikaza životnog ciklusa morske salate. Na ploču nacrtati shemu izmjene spolne i nespodne generacije i reći da precrtaju shemu u bilježnicu. Još jedan primjer višestanične zelene alge je parožina, koja svojom građom steljke na nodije i internodije, i tijela na rizoidne, kauloide i filoide podsjeća na višu biljku. Pitati učenike na koju ih kopnenu biljku podseća parožina (preslica). Pitati učenike što misle zašto se zelene alge smatraju predcima kopnenih biljaka (klorofil a i b, pričuvna tvar- škrob, stanična stijenka građena od celuloze,	
--	---	--

	izmjena spolne i nespolne generacije)	
	Upozoriti učenike na moguće posljedice širenja invazivne vrste kaulerpe koju karakterizira brzo vegetativno razmnožavanje.	

Aktivnosti učenika	Aktivnosti nastavnika
sudjeluju u grupnom radu, pomno slušaju predavanje, odgovaraju na pitanja, postavljaju pitanja, bilježe u bilježnicu, crtaju	vodi učenike kroz grupni rad, čita upute, postavlja pitanja, objašnjava, piše i crta po ploči

ZAVRŠNI DIO

Trajanje: od 5 do 10 minuta

Komponente	Tijek	Uputa
rad u paru, razgovor	Svim parovima podijeliti nastavne listiće s križaljkom pomoću koje učenici ponavljaju gradivo o zelenim algama. Nakon određenog vremena zajednički provjeriti rješenja i dodatno objasniti moguće nejasnoće.	pripremiti križaljke za ponavljanje, upozoriti na ograničeno vrijeme pisanja

Aktivnosti učenika	Aktivnosti nastavnika
rješavaju križaljku u paru i međusobno se dogovaraju, postavljaju pitanja, traže pomoć	pomaže učenicima koji trebaju pomoć, obilazi sve parove u razredu

PLAN PLOČE

Zelene alge (Chlorophyta)

JEDNOSTANIČNE:

-žive pojedinačno: klamidomonas, spolno razmnožavanje- izogamija

nespolno razmnožavanje- zoospore

- žive u kolonijama: volvoks - tjelesne i spolne stanice

VIŠESTANIČNE:

- spirogira: nesporno razmnožavanje- fragmentacija

spolno- konjugacija

- morska salata: izomorfna izmjena generacija (crtež)

-sporofit/ gametofit

KRITERIJI

POSTIGNUĆE	2	3	4	5
1. Opisati na primjeru klamidomonasa građu jednostaničnog oblika zelene alge i način spolnog i nespornog razmnožavanja	-navodi primjere jednostaničnih zelenih alga koje žive pojedinačno ali uz pomoć nastavnika -nepotpuno opisuje građu klamidomonasa -uz pomoć djelomično objašnjava spolno i nesporno razmnožavanje	-samostalno navodi primjere jednostaničnih zelenih alga, te opisuje građu klamidomonasa -uz pomoć nastavnika objašnjava načine razmnožavanja	- navodi primjere jednostaničnih zelenih alga i opisuje građu klamidomonasa -objašnjava načine razmnožavanja klamidomonasa ali nesigurno	- navodi primjere jednostaničnih zelenih alga te opisuje njihov oblik -građu klamidomonasa uspoređuje sa građom zelenih bičaka (očna pjega) - objašnjava načine razmnožavanja
2. Opisati građu i načine razmnožavanja jednostaničnih zelenih alga koje žive u kolonijama na primjeru volvoksa, te razumjeti njihovo značenje za evoluciju	- uz pomoć nastavnika opisuje građu volvoksa i djelomično objašnjava načine razmnožavanja	- samostalno opisuje građu i načine razmnožavanja volvoksa - uz pomoć nastavnika objašnjava načine razmnožavanja	- opisuje građu i načine razmnožavanja volvoksa ali ne navodi više primjera jednostaničnih zelenih algi koje žive u kolonijama -razumije značenje volvoksa i sličnih oblika alga za evoluciju	- opisuje građu i načine razmnožavanja volvoksa, te navodi još neke primjere jednostaničnih algi koje žive u kolonijama -razumije značenje volvoksa i sličnih oblika alga za evoluciju

3. Opisati građu i načine razmnožavanja spirogire kao predstavnika višestanične zelene alge, te objasniti štetnost širenja kaulerpe	- na slici opisuje građu spirogire ali nesigurno -uz pomoć nastavnika djelomično opisuje spolni i nespolni način razmnožavanja	- samostalno opisuje građu spirogire -uz pomoć nastavnika opisuje načine razmnožavanja	-opisuje građu i načine razmnožavanja spirogire -objašnjava posljedice širenja kaulerpe	- opisuje građu i načine razmnožavanja spirogire -samostalno navodi još primjera višestaničnih zelenih algi -objašnjava štetnost kaulerpe i općenito invazivnih vrsta
4. Objasniti izomorfnu izmjenu generacija na primjeru životnog ciklusa morske salate	-uz pomoć nastavnika djelomično definira sporofit i gametofit ali ne zna povezati spolnu i nespolnu generaciju tijekom razmnožavanja morske salate	- samostalno definira sporofit i gametofit -uz pomoć nastavnika povezuje spolnu i nespolnu generaciju tijekom razmnožavanja	-definira sporofit i gametofit -objašnjava izomorfnu izmjenu generacija na primjeru životnog ciklusa morske salate ali nesigurno	-definira sporofit i gametofit, te objašnjava izomorfnu izmjenu generacija na primjeru životnog ciklusa morske salate
5. Povezati sličnost građe parožine s kopnenim biljkama, te općenito zelenih algi i kopnenih biljaka	-uz pomoć nastavnika opisuje građu tijela parožine -uz pomoć nastavnika opisuje sličnosti između zelenih alga i kopnenih biljaka	-samostalno opisuje građu tijela parožine, te na slici pokazuje muške i ženske spolne organe -uz pomoć nastavnika opisuje sličnost između zelenih alga i kopnenih biljaka	- opisuje građu tijela i povezuje s građom kopnenih životinja - definira anteridije i oogonije -djelomično opisuje sličnost između zelenih alga i kopnenih biljaka	- opisuje građu tijela i povezuje s građom kopnenih životinja - definira anteridije i oogonije -opisuje sličnost između zelenih alga i kopnenih biljaka

PITANJA ZA VREDNOVANJE

1. Kojem carstvu pripadaju zelene alge i navedi nekoliko primjera jednostaničnih zelenih algi koje žive pojedinačno.

2. Poveži pojmove vezane za načine razmnožavanja klamidomonasa:

a) nesporno razmnožavanje ____ pokretne spore s bičem

b) spolno razmnožavanje ____ se događa u povoljnim uvjetima

c) zoospore ____ izogamija

3. U koloniji volvoksa postoji podjela rada stanica na ____ stanice, čija je uloga ____ i ____, te namanji broj ____ stanica koje služe za razmnožavanje.

4. Osim volvoksa, navedi još jednu vrstu jednostanične alge koja živi u kolonijama. Zašto oblici slični volvoksu imaju veliko značenje za evoluciju?

5. Po čemu je spirogira dobila ime? Opiši njezinu građu.

6. Objasni spolno razmnožavanje spirogire.

7. Zašto je štetno širenje kaulerpe kao invazivne vrste?

8. Na sljedeće tvrdnje zaokruži T (točno) ili N (netočno):

a) Morska salata je bioindikator čistog mora. T/N

b) U izomorfnoj izmjeni generacija sporofit (nespolna generacija) i gametofit (spolna generacija) se izgledom razlikuju. T / N

c) Sporofit proizvodi spore koje se razvijaju u haploidni gametofit. T / N

d) Gametofit je dvodoman i na jednoj steljci razvija ženske, a na drugoj muške gamete. T / N

9. Dopuni tekst!

Parožine žive u slatkim i brakičnim vodama. Njihova steljka sastoji se od ____ i ____ što podsjeća na stabljiku preslice. Tijelo je razlučeno u ____ (koji služe pričvršćivanju za podlogu), ____ ("stabljika") i ____ ("listići"). Jajne stanice se razvijaju u ____, ženskom spolnom organu, a spermalne stanice u ____.

10. Navedi barem tri razloga zašto se zelene alge smatraju predcima kopnenih biljaka.

ANALIZA PITANJA

BROJ PITANJA	PRETPOSTAVLJENI ODGOVORI	BODOVI	POSTIGNUĆE	RAZINA
1.	Zelene alge pripadaju carstvu Protista. Primjeri jednostaničnih oblika su klamidomonas, kišna alga, klorela.	2	1.	Razina: 1.
2.	a) nespolno razmnožavanje- se događa u povoljnim uvjetima, b) spolno razmnožavanje- izogamija, c) zoospore- pokretne spore s bičem	3	1.	Razina: 1.
3.	U koloniji volvoksa postoji podjela rada stanica na TJELESNE stanice, čija je uloga FOTOSINTEZA i POKRETANJE, te na manji broj SPOLNIH stanica koje služe za razmnožavanje.	4	2.	Razina: 1.
4.	Osim volvoksa primjer kolonijalnog oblika je vodena mrižica. Oblici slični volvoksu imaju veliko značenje za evoluciju jer predstavljaju prijelazni oblik između jednostaničnih prema višestaničnim organizmima.	2	2.	Razina: 2.
5.	Spirogira je višestanična nitasta zelena alga. Stanična stijenka je građena od celuloze i pektina. Ime je dobila po spiralnom obliku kloriplasta koji sadrži škrobna zrnca (pirenoide).	2	3.	Razina: 1.
6.	Tijekom spolnog razmnožavanja spirogire, između dvije niti različitog spola (+ i -) nastaje kopulacijski kanal. Iz čitavog protoplasta stanice nastaje	2	3.	Razina: 1.

	gameta. Do oplodnje dolazi nakon što gameta migrira u drugu nit alge ili u samom kopulacijskom kanalu.			
7.	Kaulerpa, kao pridošlice iz Indijskog oceana, ima štetno djelovanje jer se brzo vegetativno razmnožava i na taj način potiskuje druge, autohtone organizme.	1	3.	Razina: 1.
8.	a) Morska salata je bioindikator čistog mora. NETOČNO b) U izomorfnoj izmjeni generacija sporofit (nespolna generacija) i gametofit (spolna generacija) se izgledom razlikuju. NETOČNO c) Sporofit proizvodi spore koje se razvijaju u haploidni gametofit. TOČNO d) Gametofit je dvodoman i na jednoj stieljci razvija ženske, a na drugoj muške gamete. TOČNO	4	4.	Razina: 1.
9.	Parožine žive u slatkim i brakičnim vodama. Njihova stieljka sastoji se od ČLANAKA i KOLJENACA što podsjeća na stabljiku preslice. Tijelo je razlučeno u RIZOIDE (koji služe pričvršćivanju za podlogu), KAULOIDE ("stabiljika") i FILOIDE ("listići"). Jajne stanice se razvijaju u OOGONIJU, ženskom spolnom organu, a spermalne stanice u ANTERIDIJU.	7	5.	Razina: 1.
10.	Zelene alge i kopnene biljke sadrže klorofil a i b pa su fotosintetski aktivni organizmi. Stanična stijenka izgrađena im je od celuloze, a pričuvna tvar u stanicama je škrob. U životnom	3	5.	Razina: 2.

	ciklusu nekih višestaničnih zelenih alga i kod kopnenih biljaka izmjenjuju se spolna i nespolna generacija.			
--	---	--	--	--

Pitanja 1. razine ⇒ 8 = 25 bodova

Pitanja 2. razine ⇒ 2 = 5 bodova

Pitanja 3. razine ⇒ 0 = 0 bodova

Ukupno bodova u testu ⇒ 30

Ocjene:

nedovoljan ⇒ 0-15 bodova

dovoljan ⇒ 16-19 bodova

dobar ⇒ 20-23 bodova

vrlo dobar ⇒ 24-27 bodova

odličan ⇒ 28-30 bodova

MIKROSKOPIRANJE ZELENIH ALGA (Chlorophyta)

Uzorci za mikroskopiranje alga dobivaju se procjeđivanjem 10 L vode kroz fitoplanktonsku mrežicu čime se dobije oko 1 dL uzorka. Uzorci se čuvaju u 4 %-tnom formaldehidu, a na bočicu za pohranu stavlja se naljepnica na kojoj se zapisuje datum uzorkovanja, lokalitet, količina profiltrirane vode i vrsta uzorka.

ZADATAK:

Napraviti preparat i promatrati alge pod mikroskopom, te pomoću ključa za determinaciju ili slika na PowerPoint prezentaciji odredite barem jednu vrstu zelene alge. Obratite pozornost na različite oblike alga.

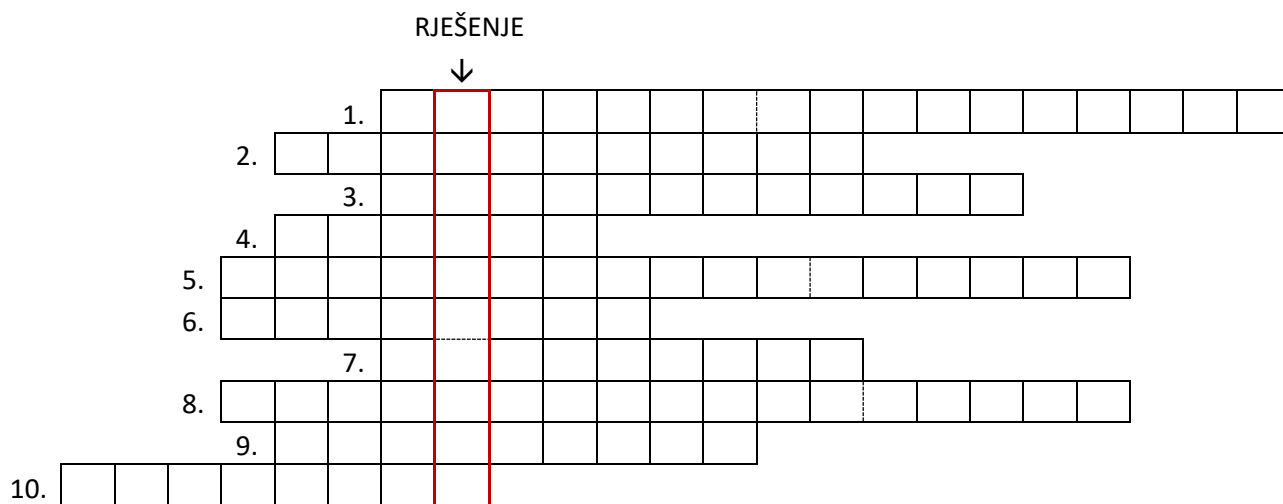
MATERIJAL I PRIBOR:

uzorak alga, mikroskop, predmetnica, pokrovnica, kapaljka

POSTUPAK:

Kapaljkom s dna bočice uzmite par kapi uzorka (ne mućkati bočicu), te stavite na predmetnicu i pokrije pokrovnicom. Pod mikroskopom promotrite različite oblike alga, a u bilježnicu zapišite i nacrtajte najmanje jednu vrstu zelene alge (zapisati radi li se o jednostaničnom, višestaničnom ili kolonijalnom obliku).

Ponovimo!



Riješi križaljku:

1. Pravilna izmjena spolne i nespodne generacije ili?
2. Jedan od nespodnog načina razmnožavanja zelenih alga.
3. Kako se zove jednostanična slatkovodna zelena alga koja se pokreće pomoću dva biča, ima kloroplast vrčastog oblika, očnu pjegu za detekciju svjetlosti i kontraktilnu vakuolu?
4. Spolno razmnožavanje kod zelenih alga u kojem sudjeluju _____, spolne stanice.
5. Volvoks i vodena mrižica su _____ zelenih algi.
6. Novi stanovnik Jadranskog mora koji potiskuje ostale organizme u moru je?
7. Naziv spolne generacije koja je dvodomna, na jednoj stielci razvijaju se ženske, a na drugoj muške gamete.
8. Spirogira se razmnožava konjugacijom, kada između dviju niti različitog spola nastaje _____.
9. Spolni način razmnožavanja kod kojeg su muške i ženske spolne stanice (gamete) vanjskim oblikom jednake, te su obje pokretne.
10. Višestanični organizmi čije je tijelo razlučeno na rizoiđe, kauloiđe i filoide, te izgledom podsjećaju na više biljke.

6. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČCI

U vrijeme istraživanja u Sakadaškom jezeru, koje pripada ekosustavu rijeka-poplavno područje, hidrološki uvjeti su bili relativno stabilni uz mala i kratkotrajna plavljenja. Termalna stratifikacija jezera koju su pratile promjene fizikalno-kemijskih čimbenika bila je istaknuta u ožujku i travnju, dok je u svibnju došlo do miješanja vodenih slojeva.

Kvantitativnom analizom fitoplanktona ukupno je utvrđeno 96 vrsta, od kojih je najveći broj pripadao skupinama Chlorophyta i Bacillariophyceae, a svrstane su u 19 funkcionalnih skupina. Ukupna biomasa fitoplanktona varirala je u granicama 10,4 - 3,4 mg/L. Od ukupnog broja vrsta, 23 vrste bile su zastupljene s više od 5% ukupne biomase fitoplanktona.

Opadanje biomase fitoplanktona od površine prema dnu jezera u ožujku i travnju uzrokovano je smanjenjem temperature vode i količine svjetlosti u vertikalnom stupcu vode, dok su u uvjetima miješanja vodenih slojeva u svibnju vrijednosti biomase bile najveće u pridnenim slojevima vode.

U sezonskim sukcesijama fitoplanktona ističe se dominacija vrsta *Cryptomonas* spp., *Synura uvella* te *Dinobryon divergens* u ožujku, a zajednica dijatomeja (vrste roda *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Tabularia*, *Tryblionella* i *Ulnaria*) u travnju i u svibnju. Mogu se definirati sljedeće sukcesije funkcionalnih skupina: **Y**, **Ws**, **E** → **C**, **D** i **T_B**.

Vrlo heterogena fitoplanktonska zajednica s malom biomasom utvrđena u svibnju posljedica je velikog hranidbenog pritiska zooplanktona. Ova se pojava može okarakterizirati kao „faza čiste vode“.

U vertikalnoj distribuciji fitoplanktona vrste s mogućnošću pokretanja (*Dinobryon*, *Synura*, *Cryptomonas*) bile su dobro zastupljene u površinskim slojevima vode, dok su veću zastupljenost u pridnenim slojevima imale dijatomeje velikih dimenzija stanice (*Asterionella*, *Ulnaria*, *Cyclotella*) sklone brzom tonjenju.

Iako je Sakadaško jezero relativno plitko jezero (srednje vrijednosti dubine oko 6 m), dobiveni rezultati ukazuju na izraženu vertikalnu distribuciju fitoplanktona koja ovisi o utjecajima fizikalno-kemijskih čimbenika.

7. LITERATURA

Anagnostidis K, Komárek J. 1985. Modern approach to the classification of cyanophytes. 1. Introduction. *Arch Hydrobiol Suppl* 71:291-302.

Anagnostidis K, Komárek J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Arch Hydrobiol Suppl* 80:327-472.

APHA. 1992. *Standard methods for examination of water and wastewater*. American Public Health Association, Washington DC.

Brooks JL, Dodson SI. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150: 28-35.

Carlson RE. 1977. A trophic state indeks for lakes. *Limnol Oceanogr* 22: 361-380.

Clarke KR, Warwick RM. 2001. *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation* (2nd ed.). PRIMER-E, Plymouth.

De Hoyos C, Aldasoro JJ, Toro M, Comín FA. 1998. Specific composition and ecology of chrysophyte flagellates in Lake Sanabria (NW Spain). *Hydrobiologia* 369/370: 287-295.

Graham LE, Wilcox LW. 2000. *Algae*. Upper Saddle River, Prentice-Hall, 640p.

Gucinski D, Popović Ž. 1981. Prilog izračunavanju biomase fitoplanktona Specijalnog zoološkog rezervata "Kopački rit". *Zbornik sažetaka priopćenja Prvog kongresa biologa Hrvatske*, Poreč. 141-142.

Gucinski D, Popović Ž. 1982. Biomasa (standing crop) fitoplanktona indikatora saprobnosti vode Sakadaškog jezera. VI. kongres biologa Jugoslavije, Novi Sad, *Izvodi saopštenja*, B-26.

Gucinski D, Šomađi I. 1979. Fitoplankton Sakadaškog jezera u odnosu na organska onečišćenja. *Zbornik II. kongresa ekologije Jugoslavije*, Zagreb, 1745-1757.

Gucinski D. 1972. Sezonske oscilacije fitoplanktona u zaštićenom području Kopačkog rita. Magistarski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Gucinski D. 1973. Prilog poznavanju planktonske flore u zaštićenom području kopački rit. *Acta Bot Croat* 32: 205-216.

Gucinski D. 1982. Beitrag zur Feststellung der Wassergüte im Naturreservat „Kopački rit“ anhand der Analyse des Phytoplanktons. 23. Arbeitstagung der IAD, Wien. *Wissenschaftliche Kurzreferate* 186-188.

Gucinski D. 1984. Fitoplankton Sakadaškog jezera nakon katastrofalnih djelovanja otpadnih voda u ožujku 1984. godine. Drugi kongres biologa Hrvatske, Zadar. *Zbornik sažetaka priopćenja* 81-82.

Gucinski D. Horvatić J. 1990. Die planktonische Primäproduktion des Sakadascher Sees und Seine Rolle im Wasseraustausch mit der Donau. *Limnological Reports*, Varna, 28: 197-201.

Gucinski D. 1979. Usporedba fitoplanktona Kopačkog rita i Dunava. *Ribolovni godišnjak* 4:124-127.

Gucinski D. 1994. Komparativna istraživanja fitoplanktona u Specijalnom zoološkom rezervatu Kopački rit i Dunavu. Peti kongres biologa Hrvatske s međunarodnim sudjelovanjem. *Zbornik sažetaka*, Pula, 267-268.

Guiry MD, Guiry GM. 2014. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; pristupljeno 2. lipnja, 2014.

Hillebrand H, Dürselen CD, Kirchtel D, Pollinger U, Zohary T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol* 35: 403-424.

Hindak F, Cyrus Z, Marvan P, Javornicky P, Komarek J, Ettl H, Rosa K, Sladečková A, Popovski J, Punocharova J, Lhotsky O. 1978. *Slatkovodne riasy*, Slovenske pedagogicke nakladateljstvo, Bratislava.

Hindak F, Komarek J, Marvan P, Ružická J. 1975. *Kľuč na určovanie vytrunsnychrastlin*. Slovenske pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.

Hindak F. 1977-1990. *Studies on the chlorococcales algae (Chlorophyceae) I-IV*. VEDA. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.

Hortobagy T. 1944. Beiträh zur Kenntnis der Mikrophytobiocönise des Beller Teiches in Monat August. *Albertina* 1: 65-112.

Horvatić J, Gucinski D. 1994. The dynamics of the phytoplankton of the Stara Drava near Osijek. *Acta Bot Croat* 53: 49-60.

Horvatić J, Mihaljević M, Stević F. 2003. Algal growth potential of *Chlorella kessleri* Fott et Nov. in comparison with in situ microphytoplankton dynamics in the water of lake Sakadaš marshes. *Period Biol* 105 (3): 307-312.

Hrbaček J, Dvorakova M, Korinek V, Prochazkova L. 1961. Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Ver Theor Angew Limnol Verh* 14: 192-195

Huber-Pestalozzi G. 1961-1990. *Das Phytoplankton des Süsswassers*. Teil 1-7. E. Schweizerbartsche Verlagbuschhandlung, Stuttgart.

Hustedt F. 1976. *Bacillariophyta*. Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein.

Javornický P, Komárková J. 1973. The changes in several parameters of plankton primary productivity in Slapy Reservoir 1960-1967, their mutual correlations and correlations with the mai ecological factors. In: Hrbaček J, Straškraba M (eds): *Hydrobiological studies*. Academia, Prague, 155-211.

Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE. 1989. The flood pulse concept in river floodplain system. *Can Spec Publ Fish Aquat Sci* 106:110-127.

Keckeis S, Baranyi C, Hein T, Holarek C, Riedler P, Schiemer F. 2003. The significance of zooplankton grazing in a floodplain system of the River Danube. *Journal of Plankton Research* 25: 243–253.

Klausmeier CA, Litchman E. 2001. Algal games: the vertical distribution of phytoplankton in poorly mixed water columns. *Limnology & Oceanography* 46: 1998–2007

Köhler J, Hoeg S. 2000. Phytoplankton selection in river-lake system during two decades of changing nutrient supply. *Hydrobiologia* 424: 13-24

Komárek J, Anagnostidis K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. *Algol Stud* 56: 247-345.

Komárek J. 1973. The communities of algae of Opatovický Fishpond (South Bohemia). In: Heiny S (ed): *Ecosystem on Wetland Biome in Czechoslovakia*. Czechoslovak National Committee for the International Biological Programme, Report No. 3, Czechoslovak Academy of Sciences, Trebon, 179-184.

Krienitz, L., 2009. Algae. U: Likens, G. E. (ur.), *Encyclopedia of Inland Waters*. Academic Press, Amsterdam; Boston: 103–113.

Lampert W. 1986. Wer bestimmt die Struktur von pelagischen Biocoenosen? Die Rolle von Phyto- und Zooplankton-Interaktionen. U: Siebeck, O. (ur.) *Elemente der Steuerung und Regulation in der Pelagialbiozönose*. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL). Laufen/Salzach, FRG: 66-73.

Lampert W, Sommer U. 2007. *Limnoecology*. Oxford University Press Inc., New York, 324 pp.

Liebbberman OS, Schilo M, Rijn Van J. 1994. The physiological ecology of a freshwater dinoflagellate bloom population: vertical migration, nitrogen limitation, and nutrient uptake kinetics. *J Phycol* 30: 964-971.

McCarthy MJ, McNeal KS, Morse JW, Gardner WS. 2008. Bottom-water hypoxia effects on sediment–water interface nitrogen transformations in a seasonally hypoxic, shallow bay (Corpus Christi Bay, TX, USA). *Estuaries and Coasts* 31: 521–531.

Mellard JP, Yoshiyama K, Litchman E, Klausmeier CA. 2011. The vertical distribution of phytoplankton in stratified water columns. *Journal of Theoretical Biology* 269:16–30.

Mihaljević M, Getz D, Tadić Z, Živanović B, Gucunski D, Topić J, Kalinović I, Mikuška J. 1999. *Kopački rit - pregled istraživanja i bibliografija*. HAZU, Zavod za znanstveni rad Osijek, Zagreb-Osijek, 187 pp.

Mihaljević M, Gucinski D. 1993. Comparative research of phytoplankton in the Nature Reserve Kopački rit. *Acta Bot Croat* 53: 61-67.

Mihaljević M, Novoselić D. 2000. Trophic state of Lake Sakadaš (Nature reserve Kopački rit in the late autumnal and winter period of 1997/98. *Period biol* 102(3): 253-257.

Mihaljević M, Stević F, Horvatić J, Kutuzović BH. 2009. Dual impact off the flood pulses on the phytoplankton assemblages in a Danubian floodplain lake. *Hydrobiologia* 618:77-88.

Mihaljević M, Stević F, Horvatić J. 2004. The influence of extreme floodings of the Danube river (in August 2002) on the trophic conditions of Lake Sakadaš (Nature Park Kopački rit, Croatia). *Limnological Reports*, Novi Sad, Serbia and Monte Negro, 35: 115-121.

Mihaljević M, Stević F. 2011. Cyanobacterial blooms in a temperate river-floodplain ecosystem: the importance of hydrological extremes. *Springer Science+Business Media B.V.*

Mihaljević M, Stević F. 2011. Cyanobacterial blooms in a temperate river-floodplain ecosystem: the importance of hydrological extremes. *Aquat Ecol* 45:335–349.

Mihaljević M, Špoljarić D, Stević F, Cvijanović V, Hackenberger Kutuzović B. 2010. The influence of extreme floods from the River Danube in 2006 on phytoplankton communities in a floodplain lake: Shift to a clear state. *Limnologica* 40:260-268.

OECD. 1982. Eutrophication of waters, Monitoring, Assessment and Control. *OECD Publications*, Paris, p 154.

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. 2003. Estimation of minimum sedimentary inoculum (akinete) pool of *Cylindrospermopsis raciborskii*: A morphology and life-cycle based method. *Hydrobiologia* 502: 389–394.

Petz B. 1985. Osnove statističke metode za nematermatičare. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

Popić Z. 2011. Utjecaj svjetlosti na vertikalnu distribuciju fitoplanktona Sakadaškog jezera. Diplomski rad. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. Osijek.

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

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.

Reynolds CS. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.

Reynolds CS. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.

Rott E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibration. *Swiss J Hydrol* 43:34-62.

Santos ACA, Calijuri MC. 1998. Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia* vol. 367, p. 139-152.

Sieburth JM, Smetacek V, Lenz J. 1978. Pelagic ecosystem structure—heterotrophic compartments of plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnol Oceanogr* 23:1256-1263.

Sommer U, Gliwicz ZM, Lampert W, Duncan A. 1986. PEG-model of Seasonal Succession of Planktonic Events in Erseh Waters. *Hydrobiology* 106(4): 433-471.

Sommer U. 1989. The role of competition for resources in phytoplankton succession. In: Sommer U (ed): *Plankton Ecology. Succession in Plankton Communities*. Springer-Verlag, Berlin, 57-106.

Sournia A. 1978. *Phytoplankton Manual*. Monographs on Oceanographic Methodology. No. 6, Unesco, Paris, 337 pp.

Stević F, Mihaljević M, Horvatić J. 2005. Interactions between microphytoplankton of the Danube, its sidearms and wetlands (1426 – 1388 r. km, Croatia). *Period. biol.* 107(3): 299-304.

Stević F, Mihaljević M, Špoljarić D. 2013. Changes of phytoplankton functional groups in a floodplain lake associated with hydrological perturbations. *Hydrobiologia* 711:43-60.

Stević, F. 2011. Složenost utjecaja poplava na strukturu i dinamiku fitoplanktona poplavnog područja. Doktorska disertacija. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku i institut Ruđer Bošković Zagreb. Osijek.

Strickland JDH, Parsons TR. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Bulletin 167:1-310.

Taş B, Gönülol A, Taş E. 2010. Seasonal Dynamics and Biomass of Mixotrophic Flagellate Dinobryon sertularia Ehrenberg (Chrysophyceae) in Derbent Reservoir (Samsun, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10:305-313.

Tockner K, Malard F, Ward JV. 2000. An extension of the food pulse concept. *Hydrol Process* 14:2861-2883.

Tolotti M, Thies H, Cantonati M, Hansen CME, Thaler B. 2003. Flagellate algae (Chrysophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae) in 48 high mountain lakes of the northern and southern slope of the eastern Alps. Biodiversity, distribution of taxa, and their driving variables. *Hydrobiologia* 502: 331-348.

UNESCO. 1966. *Determination of phytoplankton pigments in sea water*. Report of SCOR-UNESCO Working Group 17. Monographs on Oceanographic Methodology 1:69.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt Int Ver Limnol* 9:1-38.

Wacklin P, Hoffmann L, Komárek J. 2009. Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet Flahault) comb. nova. *Fottea* 9:59-64.

Watson SB, Satchwill T, Dixon E, McCauley E. 2001. Under-ice blooms and source-water odour in nutrient-poor reservoir: biological, ecological and applied perspectives. *Freshwater Biol* 46: 1-15.

Internetske stranice:

Web 1: <http://awwatersheds.org/lake-stratification/>

Web 2: http://www.kopacki-rit.com/docs/plan_upravljanja.pdf

Web 3: <http://www.dzrp.hr/novosti/bez-podkategorije/unesco-proglasio-prekogranicni-rezervat-biosfere-mura-%E2%80%93-drava-%E2%80%93-dunav-1134.html>

Web 4: <http://www.globeimages.net/img-croatia-kopacki-rit-9532.htm>

8. PRILOZI

Prilog 1. Broj jedinki i ukupna biomasa fitoplanktona tijekom ožujka 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Popis vrsta / dubina (m)	FG	broj jedinki/L x 10 ⁶							biomasa (mg/L)						
		0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m
<i>Cyclotella comta</i> (Ehrenberg.) Kützing	B							0,0337							0,0380
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	C	0,0613	0,0147	0,0270	0,0613	0,0562	0,0613	0,0337	0,0677	0,0162	0,0298	0,0677	0,0621	0,0677	0,0372
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		0,0919	0,0293	0,1618	0,3371	0,0963	0,2452	0,9102	0,1260	0,0402	0,2218	0,4621	0,1320	0,3361	1,2477
<i>Nitzschia</i> sp.	D							0,0337							0,0330
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch						0,0161							0,0099		
<i>Stephanodiscus</i> sp.		0,2758	0,2932	0,3776	1,2259	0,5298	1,4507	1,9216	0,0448	0,0476	0,0613	0,1991	0,0860	0,2356	0,3121
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M.Aboal		0,6896	0,2345	0,7552	0,4137	0,1605	0,2656	0,8260	0,8692	0,2956	0,9519	0,5215	0,2024	0,3348	1,0411
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère		0,1532	0,0879	0,2158	0,1532	0,0482	0,1328	0,3708	0,9001	0,5166	1,2673	0,9001	0,2829	0,7800	2,1781
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof	E	0,6360	0,2748	0,1551	0,1425	0,0209	0,0204	0,0025	1,7203	0,7434	0,4195	0,3855	0,0565	0,0553	0,0068
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	F	0,0306				0,0161	0,0204	0,0337	0,0188				0,0099	0,0125	0,0207
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz						0,0161							0,0074		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Born. et Flah.	H1		0,0293							0,0684					
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	J				0,0306	0,0161	0,0204					0,0221	0,0116	0,0147	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze				0,0270							0,0106				
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.Hegewald								0,0337							0,0039
<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko)															

P.M.Tsarenko															
<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat		0,0306	0,0293	0,0270	0,0306		0,0613	0,0337	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005		0,0009	0,0005
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i> Schröder								0,0337							0,0050
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda								0,0337							0,1887
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson							0,0204	0,0337						0,0094	0,0154
<i>Verrucodesmus verrucosus</i> (Y.V.Roll) E.Hegewald							0,0204							0,0224	
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	L₀							0,0337							0,0067
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemmermann			0,0293	0,0270			0,0204			0,3150	0,2898			0,2195	
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.F.Müller) Simonsen	P				0,0306	0,0161		0,1011				0,0978	0,0512		0,3226
<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) J.H.Belcher & Swale					0,0306							0,0057			
<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs			0,0440							0,0416					
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	S1	0,0613	0,0586	0,0270	0,0613				0,1064	0,1018	0,0468	0,1064			
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek		0,2605	0,2345	0,1888	0,2452	0,1525	0,1532	0,6237	0,1037	0,0933	0,0751	0,0976	0,0607	0,0610	0,2482
<i>Pseudanabaena redeckei</i> (Goor) B.A.Whitton		0,4137	0,3225	0,2562	0,4291	0,1124	0,1430	0,2023	0,2400	0,1870	0,1486	0,2489	0,0652	0,0830	0,1173
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	T_B			0,0270							0,0146				
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing								0,0337							0,0275
<i>Navicula viridula</i> var. <i>avenacea</i> (Brébisson) van Heurck		0,0306							0,0596						

<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith							0,0204	0,0674						0,0247	0,0815
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg					0,0306			0,0337				0,5243			0,5767
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller			0,0293							0,3018					
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) Marin & Melkonian	W1					0,0161		0,0337					0,8384		1,7607
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F.Stein	W2	0,0306							0,0876						
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann				0,0539				0,0337			0,1009				0,0631
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg						0,0161							0,0216		
<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	Ws	0,1523	0,3647	0,1023	0,1046	0,1893	0,0980	0,0139	1,1805	2,8266	0,7930	0,8104	1,4674	0,7591	0,1076
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korshikov	X1	0,0306				0,0161			0,0097				0,0051		
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová		0,0613	0,1759	0,1618	0,1226	0,0803	0,0817		0,0044	0,0126	0,0116	0,0088	0,0057	0,0059	
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová		0,0306		0,0270		0,0161			0,0044		0,0039		0,0023		
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová				0,1618			0,0204				0,0039			0,0005	
<i>Pseudodidymocystis inconspicua</i> (Korshikov) F.Hindák					0,0306	0,0161	0,0204	0,0337				0,0004	0,0002	0,0003	0,0005
<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch				0,0270							0,0099				
<i>Kephyrion rubi-claustri</i> Conrad	X2	0,3984	0,1759		0,0306	0,0482	0,0613	0,1686	0,0611	0,0270		0,0047	0,0074	0,0094	0,0258
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs	X3	1,5017	0,7329	0,2427	0,1532	0,2729	0,2043	0,0337	0,4612	0,2251	0,0745	0,0471	0,0838	0,0627	0,0104
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák		0,9348	1,5244	1,0518	1,5784	0,6903	0,6640	0,4720	0,1647	0,2686	0,1853	0,2781	0,1216	0,1170	0,0832
<i>Koliella planctonica</i> Hindák		0,2452	0,1466	0,1349	0,1532	0,1445	0,1430	0,4383	0,0032	0,0019	0,0018	0,0020	0,0019	0,0019	0,0058
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	Y		0,1173	0,2427	0,0919	0,2729	0,1430	0,1349		0,2859	0,5919	0,2242	0,6655	0,3488	0,3288

<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja			0,2932	0,4855	0,3371	0,1284	0,0817			0,5663	0,9378	0,6512	0,2481	0,1579	
<i>Cryptomonas ovata</i> Czosnowski		0,1839	0,7329	0,5124	0,3678	0,1445	0,1635		0,8349	3,3275	2,3266	1,6698	0,6560	0,7421	
<i>Cryptomonas</i> sp.			0,0293							0,0871					

Prilog 2. Broj jedinki i ukupna biomasa fitoplanktona tijekom travnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Popis vrsta / dubina (m)	FG	broj jedinki/L x 10 ⁶							biomasa (mg/L)						
		0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m
<i>Cyclotella comta</i> (Ehrenberg.) Kützing	B							0,0337							0,0380
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	C			0,1727	0,0506	0,0665	0,0485	0,0337			0,1908	0,0559	0,0735	0,0536	0,0372
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing							0,0416	0,9102						0,0570	1,2477
<i>Nitzschia</i> sp.	D							0,0337							0,0330
<i>Stephanodiscus</i> sp.		0,0337	0,0321		0,0674	0,2662	0,2078	1,9216	0,0055	0,0052		0,0109	0,0432	0,0337	0,3121
<i>Tryblionella angustata</i> W.Smith							0,0139							0,0443	
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M.Aboal		1,3148	1,3164	2,0228	1,9048	2,0228	0,8659	0,8260	1,6573	1,6593	2,5497	2,4010	2,5497	1,0915	1,0411
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère		0,3034	0,2890	0,3454	0,2023	0,2662	0,1732	0,3708	1,7821	1,6972	2,0284	1,1881	1,5633	1,0172	2,1781
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof	E	0,0051	0,0048	0,0259	0,0152	0,0160	0,0083	0,0025	0,0137	0,0130	0,0701	0,0410	0,0432	0,0225	0,0068
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	F	0,0337				0,0266		0,0337	0,0207				0,0163		0,0207
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz				0,0493							0,0228				
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Born. et Flah.	H1	0,1011	0,0642	0,0493					0,2887	0,1833	0,1408				
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	J						0,0139							0,0100	
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko		0,0337	0,1284		0,1011	0,0266			0,0267	0,1019		0,0802	0,0211		

<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze		0,0337	0,0321						0,0132	0,0126					
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.Hegewald								0,0337							0,0039
<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) P.M.Tsarenko					0,0337							0,0121			
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald						0,0266							0,0020		
<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat			0,0321	0,1480	0,0674	0,0266		0,0337		0,0005	0,0022	0,0010	0,0004		0,0005
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i> Schröder								0,0337							0,0050
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda								0,0337							0,1887
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing			0,0321			0,0266				0,0212			0,0176		
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson		0,0337	0,0321	0,0493	0,0674	0,0266	0,0416	0,0337	0,0154	0,0147	0,0226	0,0309	0,0122	0,0190	0,0154
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	L ₀							0,0337							0,0067
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	P			0,0493							0,2029				
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.F.Müller) Simonsen								0,1011							0,3226
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	S1			0,0493							0,0857				
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek		0,3708	0,4495	0,9374	0,5225	0,2129	0,1524	0,6237	0,1476	0,1789	0,3731	0,2080	0,0847	0,0607	0,2482
<i>Pseudanabaena redeckei</i> (Goor) B.A.Whitton		0,4383	0,2890	1,2334	0,7417	0,1198	0,0762	0,2023	0,2542	0,1676	0,7154	0,4302	0,0695	0,0442	0,1173
<i>Planctonema lauterbornii</i> Schmidle	T		0,0321	0,0247						0,0128	0,0098				
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov	T _B						0,0139							0,2188	

<i>Navicula exigua</i> Gregory		0,0337							0,0510						
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing								0,0337							0,0275
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith					0,0337			0,0674				0,0408			0,0815
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg								0,0337							0,5767
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) Marin & Melkonian	W1							0,0337							1,7607
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann						0,0266		0,0337					0,0498		0,0631
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	W2		0,0321			0,0266				0,0433			0,0359		
<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	Ws	0,2211	0,1218	0,1683	0,0882	0,0070	0,0020	0,0139	1,7137	0,9441	1,3045	0,6839	0,0546	0,0158	0,1076
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korshikov							0,0139							0,0044	
<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korshikov				0,0493							0,0110				
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová		0,2697	0,2569	1,3814	0,2360	0,1331	0,1524		0,0193	0,0184	0,0989	0,0169	0,0095	0,0109	
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	X1														
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová			0,0321	0,0987		0,0532	0,0139			0,0008	0,0024		0,0013	0,0003	
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová				0,0987	0,1686	0,0266	0,0277				0,0141	0,0242	0,0038	0,0040	
<i>Pseudodidymocystis inconspicua</i> (Korshikov) F.Hindák		0,0337	0,0321	0,1973	0,0674	0,0266		0,0337	0,0005	0,0005	0,0029	0,0010	0,0004		0,0005
<i>Kephyrion rubi-claustri</i> Conrad	X2	0,4383	0,5137	0,5920	0,5731	0,3194	0,1940	0,1686	0,0672	0,0788	0,0908	0,0879	0,0490	0,0297	0,0258
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs		0,5394	0,5458	0,3947	0,3034	0,6388	0,2909	0,0337	0,1657	0,1676	0,1212	0,0932	0,1962	0,0893	0,0104
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák	X3	1,0451	1,1559	2,0474	1,0788	0,3992	0,4572	0,4720	0,1841	0,2037	0,3608	0,1901	0,0703	0,0806	0,0832

<i>Koliella planctonica</i> Hindák		0,8091	0,6421	1,3814	0,4720	0,2395	0,1247	0,4383	0,0106	0,0084	0,0181	0,0062	0,0031	0,0016	0,0058
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	Y	0,4720	0,1284	0,0493	0,0337	0,0266	0,0139	0,1349	1,1509	0,3132	0,1203	0,0822	0,0649	0,0338	0,3288
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja		0,1011	0,2248	0,0493	0,0337	0,1863	0,0554		0,1954	0,4342	0,0953	0,0651	0,3599	0,1071	
<i>Cryptomonas ovata</i> Czosnowski		0,2697	0,4495	0,1973	0,0337	0,2395	0,0693		1,2245	2,0409	0,8960	0,1531	1,0876	0,3145	

Prilog 3. Broj jedinki i ukupna biomasa fitoplanktona tijekom svibnja 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Popis vrsta / dubina (m)	FG	broj jedinki/L x 10 ⁶							biomasa (mg/L)						
		0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m
<i>Cyclotella comta</i> (Ehrenberg.) Kützing	B							0,0613							0,0691
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	C	0,0601	0,0506	0,0578	0,0562	0,1573	0,2082	0,2452	0,0664	0,0559	0,0638	0,0621	0,1738	0,2300	0,2709
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		0,1402	0,1402	0,1156	0,6462	0,4495	1,7253	1,6550	0,1922	0,1922	0,1584	0,8857	0,6161	2,3649	2,2685
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	D				0,0281							0,0173			
<i>Stephanodiscus</i> sp.		0,3004	0,2023	0,3275	0,3933	0,5844	0,8924	1,2872	0,0488	0,0328	0,0532	0,0639	0,0949	0,1449	0,2090
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round				0,0193							0,1059				
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M.Aboal		0,0401	0,0927	0,0771	0,2388	0,1573	0,3272	0,5210	0,0505	0,1169	0,0971	0,3010	0,1983	0,4125	0,6567
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère		0,1001			0,1264	0,0450	0,0595	0,2452	0,5882			0,7425	0,2640	0,3494	1,4401
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof	E	0,0075	0,0063	0,0043	0,0147	0,0084	0,0045	0,0092	0,0203	0,0171	0,0117	0,0399	0,0228	0,0121	0,0249
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	F	0,0401	0,0337	0,0193	0,0562		0,1190		0,0246	0,0207	0,0118	0,0345		0,0731	
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz		0,0200				0,0674	0,0595	0,0613	0,0093				0,0312	0,0275	0,0284
<i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemmermann) Lemmerman	H1		0,0169	0,0193		0,0225				0,2226	0,2544		0,2969		

<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	J							0,0613							0,0442
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko		0,0401	0,0843	0,1349	0,1686	0,2697	0,2380	0,0613	0,0318	0,0668	0,1070	0,1337	0,2139	0,1887	0,0486
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris			0,0169							0,0211					
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli		0,0200	0,0169	0,0578		0,0450			0,0623	0,0524	0,1797		0,1398		
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze		0,0200	0,0506	0,1156	0,0281	0,0225			0,0079	0,0199	0,0454	0,0110	0,0088		
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald								0,0613							0,0514
<i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E.Hegewald			0,0169	0,0385	0,0562	0,0225				0,0025	0,0058	0,0085	0,0034		
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald		0,0401		0,0385	0,0281	0,0225	0,1785		0,0030		0,0029	0,0021	0,0017	0,0136	
<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat		0,0401	0,1180	0,0963	0,1686	0,0225	0,1785	0,0613	0,0006	0,0018	0,0015	0,0025	0,0003	0,0027	0,0009
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald				0,0193							0,0376				
<i>Scenedesmus longispina</i> R. Chodat		0,0200							0,0079						
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing		0,1903			0,0562				0,1256			0,0371			
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen		0,0200							0,0173						
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson		0,3004	0,4046	0,2697	0,3933	0,4720	0,4165	0,1226	0,1376	0,1853	0,1235	0,1801	0,2162	0,1907	0,0561
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald		0,0401							0,0640						
<i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansgirg		0,0200			0,0281	0,0225			0,0096			0,0135	0,0108		
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair				0,0193							0,0004				
<i>Tetrastrum glabrum</i> (Y.V.Roll)					0,0281							0,0047			

Ahlstrom & Tiffany															
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann			0,0169	0,0193						0,0004	0,0005				
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli				0,0193							0,0038				
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	L₀		0,0169							0,0182					
<i>Peridiniopsis penardiformis</i> (Lindemann) Bourrelly		0,0200							0,0929						
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen						0,0225							0,0924		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.F.Müller) Simonsen		0,0200		0,0193			0,0595		0,0639		0,0615			0,1898	
<i>Diatoma tenuis</i> C.Agardh					0,0281			0,0613				0,0538			0,1173
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	P							0,0613							0,2365
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot							0,0595	0,0613						0,1012	0,1043
<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) J.H.Belcher & Swale							0,0595	0,0613						0,0110	0,0113
<i>Closterium limneticum</i> Lemmermann					0,0281							0,0414			
<i>Staurostrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs		0,0200			0,0281				0,0260			0,0365			
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek		0,0501				0,0337		0,1226	0,0869				0,0585		0,2129
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	S1	0,3405	0,2697	0,3275	0,3793	0,3821	1,3683	1,0114	0,1355	0,1073	0,1303	0,1509	0,1521	0,5446	0,4025
<i>Pseudanabaena redeckei</i> (Goor) B.A.Whitton		0,1802	0,0759	0,0771	0,1826	0,3259	0,8924	0,7356	0,1045	0,0440	0,0447	0,1059	0,1890	0,5176	0,4266
<i>Planctonema lauterbornii</i> Schmidle	T	0,0200			0,0281	0,0899	0,2380	0,2145	0,0080			0,0112	0,0358	0,0947	0,0854
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	T_B			0,0385							0,9439				

<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		0,0601	0,0169	0,0385	0,0281				0,1579	0,0443	0,1013	0,0738			
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith			0,0169							0,4835					
<i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i> Ehrenberg								0,0613							0,0256
<i>Navicula menisculus</i> Schumann					0,0562							0,0438			
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		0,0200			0,0281				0,0163			0,0229			
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg			0,0169							0,0827					
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith		0,0200			0,0281		0,0595	0,1226	0,0242			0,0340		0,0719	0,1482
<i>Pinnularia subcapitata</i> W.Gregory								0,0613							0,1992
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg								0,0613							1,0486
<i>Placoneis gastrum</i> (Ehrenberg) Mereschkovsky		0,0200			0,0281				0,1225			0,1719			
<i>Euglena granulata</i> (Klebs) F.Schmitz		0,0200							0,4343						
<i>Phacus pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin	W1				0,0281							0,1079			
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann						0,0225							0,0421		
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	W2	0,0200	0,0169	0,0193	0,0281				0,0270	0,0227	0,0260	0,0379			
<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	Ws	0,0477	0,0516	0,0453	0,0289	0,0337		0,0036	0,3698	0,3996	0,3513	0,2241	0,2613		0,0279
<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korshikov			0,0169					0,0613		0,0038					0,0136
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová		0,3204	0,2866	0,2312	0,2809	0,4046	1,8443	1,4098	0,0230	0,0205	0,0166	0,0201	0,0290	0,1321	0,1010
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová	X1					0,0674	0,3570	0,1226					0,0016	0,0086	0,0029
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová		0,2003	0,1517	0,3660	0,3371	0,1798	0,2380	0,1839	0,0015	0,0012	0,0028	0,0026	0,0014	0,0018	0,0014

<i>Pseudodidymocystis inconspicua</i> (Korshikov) F.Hindák		0,0200	0,0674	0,0771	0,0843	0,0450	0,0595	0,0613	0,0003	0,0010	0,0011	0,0012	0,0007	0,0009	0,0009
<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch			0,0169							0,0062					
<i>Kephyrion rubi-claustri</i> Conrad	X2	0,1802	0,0843	0,0771	0,0281	0,0450			0,0276	0,0129	0,0118	0,0043	0,0069		
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs		0,0801	0,0843	0,0963	0,1405	0,0225	0,0595	0,1226	0,0246	0,0259	0,0296	0,0431	0,0069	0,0183	0,0376
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák	X3	0,5608	0,3371	0,5587	0,7024	0,6293	4,7000	3,6778	0,0988	0,0594	0,0984	0,1238	0,1109	0,8281	0,6480
<i>Koliella planctonica</i> Hindák		0,1402	0,1180	0,2119	0,2528	0,2023	0,8329	0,4291	0,0018	0,0015	0,0028	0,0033	0,0027	0,0109	0,0056
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg			0,0674	0,0385	0,0562		0,0595			0,1644	0,0940	0,1370		0,1451	
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	Y	0,1602	0,2528	0,1349	0,1124	0,0450			0,3095	0,4884	0,2605	0,2171	0,0868		
<i>Cryptomonas ovata</i> Czosnowski		0,1602	0,1854	0,1734	0,2248		0,0595	0,0613	0,7274	0,8419	0,7872	1,0204		0,2701	0,2783