# Promjene funkcionalnih skupina fitoplanktona u Sakadaškom jezeru (Park prirode Kopački rit)

**Kristić, Tea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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:181:485641

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-21**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

*Repository / Repozitorij:*

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Diplomski sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša

Tea Kristić

# Promjene funkcionalnih skupina fitoplanktona u Sakadaškom jezeru (Park prirode Kopački rit)

Diplomski rad

Osijek, 2019.

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**
**Diplomski rad**
**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**
**Odjel za biologiju**
**Diplomski sveučilišni studij: Zaštita prirode i okoliša**
**Znanstveno područje:** Prirodne znanosti
**Znanstveno polje:** Biologija

**PROMJENE FUNKCIONALNIH SKUPINA FITOPLANKTONA U SAKADAŠKOM JEZERU (PARK PRIRODE KOPAČKI RIT)**

**Tea Kristić**

**Rad je izrađen na:** Odjelu za biologiju, Zavod za ekologiju voda

**Mentor:** dr. sc. Dubravka Špoljarić Maronić, docent
**Komentor:** dr. sc. Filip Stević, docent

**Kratak sažetak diplomskog rada:** Cilj rada bio je analizirati sastav i brojnost fitoplanktona Sakadaškog jezera (Park prirode Kopački rit) u 2016. godini uz praćenje promjena u dominantnim funkcionalnim skupinama. Sukcesije funkcionalnih skupina ovisile su o vodostaju Dunava i dinamici plavljenja koji su uvjetovali promjene fizikalno-kemijskog okoliša, a najbolje zastupljene tijekom istraživanja bile su skupine **$L_0$, F, X1, Y, D**. Tijekom poplava u kasnoproljetnom i ljetnom razdoblju utvrđena je mala brojnost fitoplanktona, uz dominaciju funkcionalnih skupina **Y**, **X1**, **D**, **C** i **F** čiji je razvoj bio uvjetovan temperaturom vode te koncentracijom ukupnog fosfora i nitrita. Ukupna brojnost fitoplanktona bila je najveća u rujnu, uz dobru zastupljenost vrsta iz skupina **$S_N$**, **Y** i **X1** koje mogu podnijeti turbidne uvjete karakterizirane smanjenom dubinom i prozirnošću te manjkom svjetlosti u stupcu vode.

**Broj stranica:** 65
**Broj slika:** 29
**Broj tablica:** 1
**Broj literaturnih navoda:** 106
**Broj priloga:** 2
**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** fitoplankton, Kopački rit, jezero Sakadaš, funkcionalne skupine, poplavno područje

**Datum obrane:** 31.listopada 2019.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**
1. dr. sc. Melita Mihaljević, izvanredni profesor, predsjednik povjerenstva
2. dr. sc. Filip Stević, docent, komentor
3. dr. sc. Tanja Žuna Pfeiffer, docent, član
4. dr. sc. Nataša Turić, docent, zamjena člana

**Rad je pohranjen:** na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu

**BASIC DOCUMENTATION CARD**
**Master thesis**
**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**
**Department of Biology**
**Graduate university study programme in Nature and Environmental Protection**
**Scientific Area:** Natural sciences
**Scientific Field:** Biology

**CHANGES OF PHYTOPLANKTON FUNCTIONAL GROUPS IN LAKE SAKADAŠ (KOPAČKI RIT NATURE PARK)**

**Tea Kristić**

**Thesis performed at:** Department of Biology, Sub-department of Water Ecology

**Supervisor:** Dubravka Špoljarić Maronić, PhD, Assistant Professor
**Cosupervisor:** Filip Stević, PhD, Assistant Professor

**Short abstract:** The aim of the study was to analyse the composition and abundance of phytoplankton of Lake Sakadaš (Nature Park Kopački rit) in 2016 and monitor the changes in dominant functional groups. Successions of functional groups depended on the Danube water level and flooding dynamics that led to changes in the physicochemical environment, with **$L_0$, F, X1, Y** and **D** being the most dominant groups. The low phytoplankton abundance was found during late spring and summer floods, with the dominance of **Y**, **X1**, **D**, **C** and **F** functional groups whose development was supported by water temperature and the concentration of total phosphorus and nitrites. The highest total phytoplankton abundance was found in September, with good representation of **$S_N$**, **Y** and **X1** groups that can tolerate turbid conditions characterised by reduced water depth and transparency and low light conditions.

**Number of pages:** 65
**Number of figures:** 29
**Number of tables:** 1
**Number of references:** 106
**Number of appendices:** 2
**Original in:** Croatian

**Keywords:** phytoplankton, Kopački rit, Lake Sakadaš, functional groups, floodplain

**Date of the thesis defence:** October 31th, 2019

**Reviewers:**
1. Melita Mihaljević, PhD, Associate Professor, president
2. Filip Stević, PhD, Assistant Professor, co-supervisor
3. Tanja Žuna Pfeiffer, PhD, Assistant Professor, reviewer
4. Nataša Turić, PhD, Assistant Professor, substitute reviewer

**Thesis deposited:** on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb

# Sadržaj

1. UVOD ..... 1
1.1. Ekologija fitoplanktona ..... 1
1.2. Poplavna područja ..... 3
1.3. Funkcionalna klasifikacija fitoplanktona ..... 4
1.5. Cilj rada ..... 7
2. MATERIJALI I METODE ..... 8
2.1. Područje istraživanja ..... 8
2.2. Prikupljanje uzoraka ..... 10
2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode ..... 11
2.4. Kvalitativna i kvantitativna analiza fitoplanktona ..... 12
2.5. Statistička obrada podataka ..... 13
3. REZULTATI ..... 15
3.1. Fizikalno – kemijska svojstva vode ..... 15
3.2. Kvalitativni sastav fitoplanktona ..... 24
3.3. Kvantitativni sastav fitoplanktona ..... 29
3.4. RDA analiza ..... 36
4. RASPRAVA ..... 38
5. ZAKLJUČCI ..... 42
6. LITERATURA ..... 43
7. PRILOZI ..... 54

*Iskrene zahvale upućujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Dubravki Špoljarić Maronić na brojnim savjetima i nesebično prenesenom znanju tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Veliko hvala i svim članovima Zavoda za ekologiju voda za pomoć pri determinaciji vrsta i ugodno provedene dane u laboratoriju.*

*Hvala i svim mojim dragim prijateljima, zbog kojih je sve bilo lakše jer su uvijek bili uz mene.*

*Beskrajno hvala mom Josipu za svu pomoć, neizmjernu podršku i sve lijepe studentske trenutke koje smo dijelili.*

*Najveća zahvala mom ocu Darku, majci Elviri i sestri Ines za razumijevanje tijekom izrade rada, za svu ljubav i poticaj tijekom cijelog mog studiranja.*

# 1. UVOD

## 1.1. Ekologija fitoplanktona

Fitoplanktonske zajednice često se koriste kao model u procjeni ekološkog stanja vodenih ekosustava te su poslužile kao temelj za razvoj nekoliko istraživačkih metoda. Primjena fitoplanktona u znanstvenim istraživanjima omogućuje bolje razumijevanje funkcioniranja vodenih ekosustava te pojednostavljuje analize kakvoće vode. Fitoplanktonski organizmi pokazuju iznimnu morfološku raznolikost i mijenjaju se ovisno o staništu. Ova obilježja se koriste upravo za morfološke, funkcionalne i taksonomske klasifikacije fitoplanktona. Posljednjih godina, analiza morfoloških i funkcionalnih osobina fitoplanktona postaje sve popularnija za praćenje ekološkog stanja vodenih biotopa (Naselli-Flores i Barone, 2011).

Život u vodi utječe na oblik i veličinu jedinki fitoplanktona koje slobodno lebde u stupcu vode i nošene su strujama (Reynolds, 2006). U takvim uvjetima, moraju si osigurati dovoljne količine nutrijenata i svjetlosti za obavljanje procesa fotosinteze unatoč sedimentaciji u vodenom stupcu (Raven, 1981). Fitoplankton možemo, prema veličini, svrstati u tri skupine: mikrofitoplankton (stanice veće od 20 μm), nanofitoplankton (stanice od 2 do 20 μm) i pikofitoplankton (stanice od 0,2 do 2 μm) (Sieburth i sur., 1978). Što je stanica manja, to je veći njezin omjer površine i volumena. U izuzetno malim stanicama, poput fitoplanktonskih, hranjive tvari mogu lako i brzo doprijeti u unutrašnjost (Ploug i sur., 1999). Fitoplanktonski organizmi koriste različite strategije za optimizaciju unosa hranjivih tvari, kao što su proizvodnja alkalnih fosfataza, fiksacija dušika, miksotrofija, proizvodnja sluzi za hvatanje i obradu hrane i sl. (Reynolds, 2007).

Fitoplankton se razvija u eufotičkom, površinskom sloju vodenog biotopa, gdje postoji dovoljna količina svjetlosti za fotosintezu, dok je u neosvijetljenom, afotičkom sloju, količina fitoplanktona izrazito mala. Uspješan rast i razvoj fitoplanktona uvjetovan je stabilnošću vodenog stupca, dovoljnom količinom nutrijenata (posebice dušika i fosfora) i odsutnoću herbivora. Također, brojnost i raznolikost fitoplanktona ovise o temperaturi vode, intenzitetu strujanja vode te intraspecifičnoj i interspecifičnoj kompeticiji za resurse. Promjene u kvalitativnoj i kvantitativnoj strukturi fitoplanktona, koje su ovisne o biotičkim i abiotičkim čimbenicima, nazivamo sezonskim sukcesijama fitoplanktona (Reynolds, 2006).

Temperatura vode je najvažniji fizikalni čimbenik koji utječe na vertikalnu distribuciju fitoplanktona u jezerima. U jezerima dolazi do pojave termalne stratifikacije u uvjetima nejednolikog zagrijavanja slojeva vode. Tada se razlikuju tri sloja: epilimnion (površinski sloj čija temperatura ovisi o temperaturi zraka), metalimnion (termoklinski sloj s naglim promjenama temperature) i hipolimnion (donji sloj sa stalnom niskom temperaturom od 4°C). U nekim jezerima, ovisno o temperaturi, dubini, hidrološkim uvjetima ili vjetru, ljeti se odvija proces direktne stratifikacije, dok zimi dolazi do obrnute stratifikacije. Tijekom proljeća i jeseni dolazi do pojave izjednačavanja temperature (izotermije) zbog miješanja stupca vode (Lampert i Sommer, 2007).

Kao glavni izvor dušika fitoplanktonu su dostupni amonijevi ioni, nitrati, nitriti i otopljeni organski spojevi, dok je fosfor u vodi dostupan kao ortofosfat, suspendirani anorganski fosfor ili kao dio organskih spojeva. Pretjeran unos dušika i fosfora putem komunalnih, otpadnih i industrijskih voda dovodi do eutrofikacije slatkovodnih ekosustava (Chislock i sur., 2013). Cvjetanje alga (engl. *algal bloom)* je karakteristična pojava u eutrofnim vodama, a uzrokuje zamućenost vode i anoksiju u dubljim dijelovima jezera. Nedostatak dušika potiče razvoj cijanobakterija koje ga mogu fiksirati iz zraka, ali podržava razvoj fitoplanktona do granica raspoloživog fosfora. Fosfor je prepoznat kao ključni čimbenik za razvoj fitoplanktona, a njegov smanjeni unos pomaže i smanjenju eutrofikacije jezera (Schindler i sur., 2008). Dušik se smatra najvažnijim i limitirajućim nutrijentom u plitkim jezerima u ljetnom razdoblju, međutim, to je potrebno potvrditi dodatnim istraživanjem kombiniranog utjecaja dušika i fosfora na stanje vodenih ekosustava (Søndergaard i sur., 2017).

Važan biotički čimbenik koji regulira sezonske sukcesije fitoplanktonskih organizama je hranidbeni pritisak (engl. *grazing*) zooplanktonskih organizama. Struktura i sastav fitoplanktona uvelike ovise o ovom čimbeniku (Brooks i Dodson, 1965). Međusobne interakcije unutar hranidbenog lanca između fitoplanktona i zooplanktona opisane su PEG-modelom sezonskih sukcesija fitoplanktona u slatkim vodama. U PEG-modelu opisane su sezonske promjene planktonskih organizama u 24 točke, pod pretpostavkom idealnih uvjeta okoliša. Prema modelu, krajem zimskog razdoblja fitoplankton se razvija zbog povećanog unosa hranjivih tvari i svjetlosti. Razvojem zooplanktona, biomasa fitoplanktona naglo se smanjuje te populacija herbivora nadmaši brojnost fitoplanktona. Naglo smanjenje količine fitoplanktona naziva se „faza čiste vode“ i uglavnom se događa u proljeće. Zbog nedostatka hrane, nakon ove

faze dolazi do redukcije herbivornog zooplanktona, a povećanja predatorskog pritiska riba na zooplankton. Kada dođe do smanjenja hranidbenog pritiska u ljeto, biomasa fitoplanktona ponovno se povećava, nakon čega daljnji razvoj ovisi o dostupnosti hranjivih tvari. Tijekom jeseni dolazi do ponovnog smanjenja količine fitoplanktona zbog sve manje količine svjetlosti u vodenom stupcu i nižih temperatura zraka i vode. Tada dolazi do recikliranja hranjivih tvari i njihove akumulacije (Sommer i sur., 1986).

Fitoplankton je razvio razne morfološke i biokemijske mehanizme te obrasce ponašanja za obranu od hranidbenog pritiska zooplanktona. Neke vrste se povezuju u lance i kolonije ili imaju stanice s nastavcima poput rogova ili bodlji. Druge vrste koriste bljeskove svjetlosti, kemijske spojeve ili toksine kao sredstva za odbijanje zooplanktona. Vrste koje ne koriste biokemijske mehanizme za obranu često biraju brzu dioba stanica i stvaranje velikih populacija što im omogućuje preživljavanje. Isto tako, sposobnost fitoplanktona da raste u hladnijim sezonama kada je populacija herbivora relativno mala, još je jedan od načina izbjegavanja hranidbenog pritiska (Naselli-Flores i Barone, 2011).

### 1.2. Poplavna područja

Poplavna područja su žarišta bioraznolikosti koja pružaju stanište velikom broju biljnih i životinjskih vrsta. Nažalost, ujedno su i među najugroženijim ekosustavima zbog antropogenog utjecaja (modificiranje toka rijeka, gradnja brana i nasipa, zagađenje voda, prekomjerno korištenje resursa, invazivne vrste itd.), klimatskih promjena i promjena u ekološkim procesima. Smatra se da je 90% europskih i sjevernoameričkih poplavnih područja nestalo (Tockner i Stanford, 2002).

Poplavna područja su vrlo dinamični ekosustavi koji ovise o hidrološkoj povezanosti s glavnim riječnim kanalom. Glavne karakteristike tih ekosustava su česta pulsiranja riječnih ispusta koji određuju stupanj povezanosti, proces izmjene tvari i organizama preko riječnih gradijenata (Tockner i sur., 2000). Rezultati brojnih istraživanja (Roozen i sur., 2003; Hein i sur., 1999; Tockner i sur., 1999; Hein i sur., 1996) pokazali su da se poplave mogu smatrati faktorom disturbacije za razvoj fitoplanktona u takvim sustavima.

Junk i sur. (1989) objavili su koncept poplavnog pulsa (engl. *flood pulse concept*) prema kojemu dinamika plavljenja određuje stupanj povezanosti između rijeke i njezinog poplavnog područja. Poplave utječu na procese izmjene nutrijenata i organizama između rijeke i poplavnog

područja te tako zajedno tvore integrirani dinamični sustav. Nakon određenog perioda, dolazi do uspostavljanja stabilnog stanja s nezavisnim zajednicama organizama i ciklusom hranjivih tvari tijekom razdoblja poplave. Prije postavljanja koncepta poplavnog pulsa, vodena tijela poplavih područja promatrala su se kao lentički sustavi, te nisu bile moguće točne interpretacije složenih ekoloških procesa. Dinamika plavljenja stoga predstavlja silu koja omogućuje funkcionalnost ekosustava, kao i njegovu produktivnost i interakcije između organizama.

Razlikuju se dvije osnovne hidrološke faze jezera poplavnih područja. Prva je izolacijska faza kada je jezero izolirano od rijeke, a njegov je volumen kontroliran ispuštanjem vode te evaporacijom. Druga faza je faza ulijevanja poplavne vode u poplavnu nizinu, kada se voda prelijeva preko nasipa, a jezero postiže maksimalni volumen (García de Emiliani, 1993). Trajna povezanost važna je za izmjenu vode i u njoj suspendiranih čvrstih i otopljenih tvari. Kao rezultat, poplavna jezera su obično bogata nutrijentima i mogu biti u jednom od dva kontrastna stanja: bistro (čisto) stanje većinom karakterizirano prisutnošću submerznih makrofita i turbidno (zamućeno) stanje u kojem dominira fitoplankton (Janse i sur., 2008; Scheffer i sur., 1993). Međutim, poplavni pulsevi se pojavljuju s određenom varijabilnošću tijekom godina, a intenzitet i trajanje hidroloških fluktuacija mogu značajno utjecati na sastav fitoplanktona. Tijekom faze izolacije (suhe faze) dominira fitoplankton te razvija veliku biomasu, obično uz pojavu cvjetanja cijanobakterija. Tijekom faze plavljenja, dolazi do miješanja stupca vode, veće raznolikosti fitoplanktonskih vrsta, ali i manje ukupne biomase fitoplanktona. Stoga promjene sastava fitoplanktona i njegove biomase mogu otkriti ekološku nestabilnost u poplavnim jezerima (Stević i sur., 2013).

### 1.3. Funkcionalna klasifikacija fitoplanktona

U slatkovodnim ekosustavima fitoplankton je vrlo važan pokazatelj promjena koje se događaju u okolišu. Dosadašnja tumačenja promjena definirana su prema taksonomskoj pripadnosti fitoplanktona i ne uzimaju u obzir ekološke uvjete koji utječu na njegov rast i razvoj. S obzirom na to da su potvrđeni brojni nedostatci u tumačenjima zbog ograničenosti takvog sustava, suvremena se istraživanja sve više baziraju na definiranju fitoplanktonske zajednice prema zajedničkim morfološkim i funkcionalnim karakteristikama, radi boljeg razumijevanja funkcioniranja ekoloških sustava. Tradicionalni taksonomski pristup poboljšan je različitim ekološkim klasifikacijama fitoplanktona (Reynolds, 1997). Rezultat su tri nova funkcionalna

pristupa koji uključuju: koncept funkcionalnih skupina (engl. *functional groups concept,* FG) (Padisák i sur., 2009; Reynolds i sur., 2002), koncept morfo-funkcionalnih skupina (engl. *morpho-functional groups concept,* MFG) (Salmaso i Pádisak, 2007) te koncept funkcionalnih skupina temeljenih na morfološkim kriterijima (engl. *morphology-based functional group concept,* MBFG) (Kruk i sur., 2010). Sva tri navedena koncepta razvijena su za jezera, ali je koncept funkcionalnih skupina u najširoj uporabi diljem svijeta. Ovaj koncept uspješan je i u monitoringu fitoplanktona u rijekama (Borics i sur., 2007) zbog specifičnih prilagodbi fitoplanktona na promjene vodostaja, zamućenost, koncentraciju hranjivih tvari i sl. Istraživanja su pokazala ograničenu primjenu morfo-funkcionalnih skupina u opisivanju promjena sastava i biomase fitoplanktona između Dunava i poplavnog jezera (Sakadaško jezero) (Mihaljević i sur., 2013). U usporedbi s druga dva koncepta, koncept funkcionalnih skupina temeljen na morfologiji je najmanje osjetljiv u određivanju fitoplanktonskog odgovora na varijabilnost okoliša. Međutim, razvrstavanje u samo sedam skupina na temelju lako prepoznatljivih morfoloških karakteristika (Kruk i Segura, 2012) čine ovaj koncept prikladnim za dugoročno praćenje vodenih sustava (Hu i sur., 2013) i usporedbu većeg broja jezera (Izaguirre i sur., 2012).

Jedna od posljedica globalnog zagrijavanja je i porast intenziteta i učestalosti poplava u nekim regijama diljem svijeta (IPCC, 2008). Prema mnogim istraživanjima (Erwin, 2009; Merhoof i sur., 2007), močvarna područja i plitka jezera ubrajaju se među najosjetljivije ekosustave. Kako bi se tumačila osjetljivost fitoplanktona na različite poremećaje u ekosustavu, ograničene resurse i stres te miješanje stupca vode, Reynolds i sur. (2002) su uveli klasifikaciju fitoplanktona prema funkcionalnim skupinama (FG). Klasifikacija grupira vrste prema njihovim morfološkim i ekološkim svojstvima, kao i prema njihovoj toleranciji i osjetljivosti na promjene u okolišu. Ova klasifikacija u širokoj je upotrebi diljem svijeta, a najčešće se koristi u istraživanjima plitkih jezera (npr. Costa i sur., 2009; Devercelli, 2006; Huszar i sur., 2003). Reynoldsova klasifikacija revidirana je pružanjem detaljnih opisa tipičnih nedostataka i izmjenom nekih izvornih grupiranja vrsta (Padisák i sur., 2009). Nakon razmatranja prednosti i nedostataka raznih morfo-funkcionalnih klasifikacija, klasifikacija prema funkcionalnim skupinama prepoznata je kao adekvatan pristup za analizu i monitoring fitoplanktonskih zajednica u vodenim sustavima koji su podložni antropogenom djelovanju (Stević i sur., 2013).

U funkcionalne skupine grupiraju se vrste koje imaju zajedničke morfološke, fiziološke i biokemijske osobine. Vrste iste funkcionalne skupine obavljaju i slične usluge ekosustava

(primjerice fiksacija dušika) ili zahtijevaju slične organske i anorganske resurse. Grupiranje vrsta u ovakve skupine pojednostavljuje analize te izradu konceptualnih i kvantitativnih modela. Fitoplanktonske zajednice iznimno su raznolike, a koncept funkcionalnih skupina omogućuje njihovo grupiranje u samo nekoliko desetaka funkcionalnih skupina (Mutshinda i sur., 2016).

Obično se funkcionalne skupine temelje na kombinaciji filogenetskih karakteristika, veličine stanica i biogeokemijskih funkcija (npr. miksotrofni dinoflagelati, cijanobakterije koje fiksiraju dušik i sl.) (Finkel i sur., 2009; Hood i sur., 2006; Irwin i sur., 2006). Fiziološke osobine ovih funkcionalnih skupina obično se baziraju na nekoliko modelnih organizama proučavanih u laboratorijima (Litchman i Klausmeier, 2008; Moore i sur., 2001). Uspješnost funkcionalnih skupina sugerira da se vrste unutar istih skupina ponašaju dovoljno slično da ih je moguće opisati nizom funkcionalnih osobina. Funkcionalna osobina definirana je kao obilježje organizma koje se može mjeriti i koje ujedno utječe na jedan ili više važnih procesa poput rasta ili reprodukcije organizma. Funkcionalne osobine određuju razinu utjecaja organizama na procese ekosustava, kao i njihov odgovor na čimbenike okoliša te odražavaju adaptacije na abiotičke i biotičke čimbenike (Weithoff, 2003).

Poplavna područja pokazuju veliku heterogenost staništa, koja čine kanali, jezera, bare i plitke močvarne površine za koje plavljenje predstavlja jedan od najvažnijih okolišnih čimbenika. U Kopačkom ritu, promjene vodostaja Dunava definiraju trajanje, frekvenciju i opseg plavljenja područja. Tijekom prošlog su desetljeća, koristeći koncept funkcionalnih skupina fitoplanktona, istraživane promjene ekološkog stanja Sakadaškog jezera u Kopačkom ritu pod utjecajem različitih hidroloških prilika, kao i ekstremnih poplava i sušnih razdoblja. Rezultati su pokazali da poplavnu fazu karakteriziraju dijatomeje (skupine **B**, **C**, **D**, **P**, **TB**) tolerantne na miješanje stupca vode. Pojava kokoidnih zelenih alga (**X1**, **J**, **F**) povezana je s mutnim i miješanim vodama. Visoke koncentracije hranjivih tvari i stabilnost stupca vode dovode do dominacije i visoke biomase cijanobakterija. Skupina **H1**, karakterizirana niskom koncentracijom dušika u vodi, bila je posebno osjetljiva na stres uzrokovan plavljenjem, dok su filamentozne cijanobakterije sa sposobnošću fiksacije dušika (**$S_N$**) i vrste koje ne fiksiraju dušik (**S1**) pokazale toleranciju na kratkotrajne poplave. Razvoj euglenofita i dinoflagelata (**W1**, **W2**, **$L_0$**) bio je povezan sa sušnim uvjetima i sezonskim promjenama koje se događaju tijekom jeseni (Stević i sur., 2013).

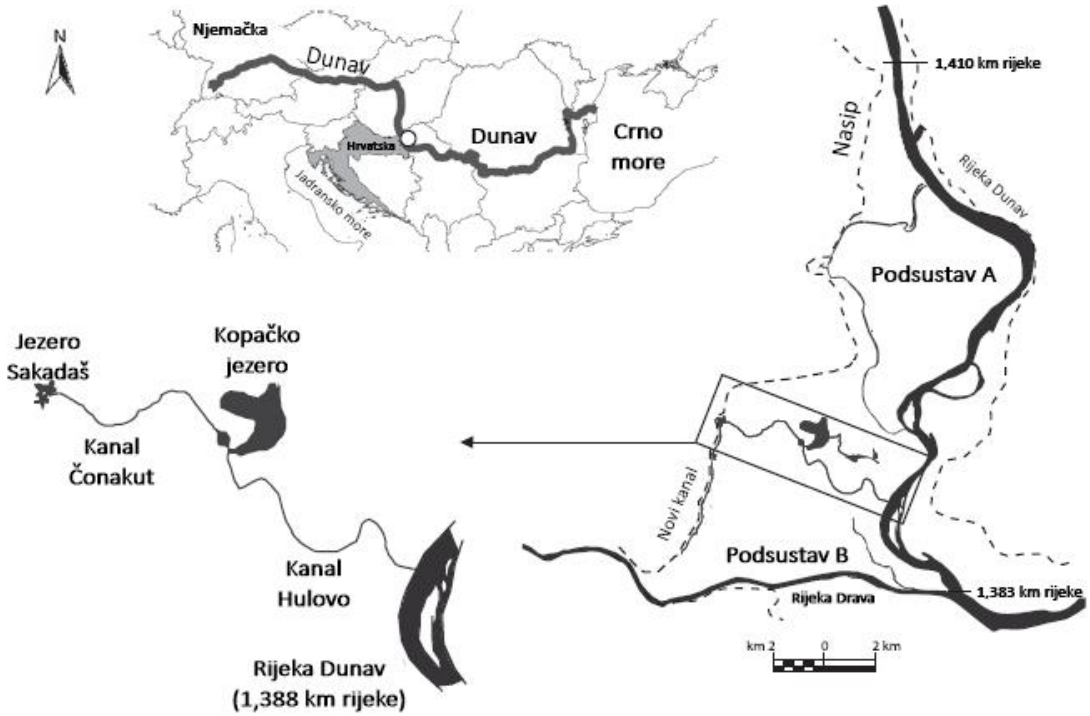
## 1.5. Cilj rada

Cilj rada je analizirati sastav i brojnost fitoplanktona Sakadaškog jezera u 2016. godini, s posebnim naglaskom na promjene u dominantnim funkcionalnim skupinama fitoplanktona.

# 2. MATERIJALI I METODE

## 2.1. Područje istraživanja

Dunav je druga najveća rijeka u Europi dužine 2826 km. U svojem srednjem dijelu (1410 – 1383 km rijeke) tvori prirodno poplavno područje Kopačkog rita (Slika 1). Površina od 7 220 ha proglašena je 1976. godine Specijalnim zoološkim rezervatom (1994. godine preimenovan u Posebni zoološki rezervat Kopački rit), dok je 10 510 ha proglašeno Parkom prirode. Uvršten je na Popis Ramsarskih područja 1993. godine i zaštićen Konvencijom o vlažnim područjima od međunarodnog značaja, posebice kao stanište za ptice močvarice. Kao močvarno područje međunarodnog značaja, zaštićeno na međunarodnoj i nacionalnoj razini, predstavlja jedno od najvećih očuvanih prirodnih riječnih poplavnih područja u podunavskoj regiji. Njegova netaknuta priroda pruža idealne uvjete za proučavanje hidroloških utjecaja, naročito poplava, na biotu (Mihaljević i sur., 2015).




Slika 1. Sustav poplavnog područja rijeke Dunav – Park prirode Kopački rit (Izradio Filip Stević)

Stalna vodena tijela u poplavnom području povremeno su povezana s rijekom tijekom visokog vodostaja. Tijekom nižeg vodostaja rijeke, trajni vodeni biotopi poplavnog područja postaju izolirani, dok za vrijeme poplava dolazi do izmjene vode preko kanala Hulovo nizvodno s glavnim koritom rijeke na 1388 km rijeke. Kanal Hulovo dug je 6 m, širok 30 – 34 m, dubok 3,5 – 5 m te je povezan s Kopačkim jezerom. Kopačko jezero je najveće jezero ovog poplavnog područja dubine 1,5-5 m i vodenom površinom 2-2,5 $m^2$. Kopačko jezero povezano je s kanalom Čonakut (dugim 3 m, širokim 30 m, dubine 2-5 m) koji donosi vodu do Sakadaškog jezera (Mihaljević i sur., 2015).

Na području Kopačkog rita razlikujemo dva zasebna sustava s različitim hidrološkim karakterom. Područje A je uzvodno, sjeverno područje koje predstavlja dio starog toka Dunava. Sustav je usporedan s glavnim tokom rijeke i s njom povezan na dva mjesta. Područje B je nizvodno, južno područje, koje se puni i prazni preko Hulovskog kanala koji je okomit na tok Dunava (Bonacci i sur., 2002). Plitka jezera i riječni rukavci su veoma značajni podsustavi poplavnog kompleksa na čije karakteristike utječe povezanost s Dunavom. Tijekom razdoblja visokih vodostaja, obično tijekom proljeća i početkom ljeta, dolazi do dotoka dunavskih voda u poplavno područje. S druge strane, za vrijeme niskih vodostaja, poplavni podsustavi izolirani su jedni od drugih (Mihaljević i sur., 2009).

Klima na području Kopačkog rita je srednjoeuropsko-kontinentalna i kontinentalna klima Panonske nizine s prosječnom godišnjom temperaturom od 10,7°C i prosječnom godišnjom relativnom vlažnošću zraka od 78,2%. Prosječan broj sunčanih dana u godini na području Kopačkog rita je 1757 dana, dok je srednja godišnja količina oborina 619 mm (Božićević, 2003).

Kao područje istraživanja izabrano je Sakadaško jezero (Slika 2), nastalo 1926. godine kada su visoki vodostaji Dunava probili nasip Zmajevac-Kopačevo. Jezero je 1969. godine dodatno prošireno i produbljeno zbog rekonstruiranja obrambenog nasipa (Mihaljević i sur., 1999). Sakadaško jezero se nalazi na zapadnom dijelu poplavnog područja, blizu nasipa, a izravno je hidrološki povezano s glavnim kanalom rijeke kroz dva kanala, ukupne duljine oko 10 km. Njegova prosječna dubina je oko 4-5 m, s maksimalnom dubinom oko 12 m i površinom vode oko 0,15 $km^2$. Režim miješanja vode jezera usko je povezan s poplavama i termalnom stratifikacijom koja se obično pojavljuje tijekom ljeta, između lipnja i rujna (Mihaljević i Stević,

2011). S obzirom da se radi o otvorenom poplavnom sustavu, na sastav flore i faune jezera izravno utječe hidrologija rijeke Dunav i dotok vode u jezero kroz kanal Čonakut s istoka. Na južnoj strani, jezero je povezano s Novim kanalom, dok se na zapadnoj strani nalazi brana sa stalnim protokom vode (Bogut i sur., 2010). Plavljenje jezera počinje kada vodostaj na mjernoj stanici na 1401,4 km rijeke dosegne vrijednosti veće od 3 m (Mihaljević i sur., 1999). Iako se poplave mogu dogoditi u bilo koje doba godine, postoji određena redovitost u njihovom pojavljivanju. Općenito, prosječni mjesečni protok Dunava najveći je u prvoj polovici godine tj. sredinom proljeća, nakon čega dolazi do smanjenja tijekom druge polovice godine, od lipnja do listopada te ponovnog povećanja krajem godine. Manje poplave (3-3,5 m) plave samo 18% podsustava B, a veće poplave (>5m) više od 90% područja podsustava B (Bujise i sur., 2002).

Slika 2. Područje istraživanja - Sakadaško jezero u Kopačkom ritu
(Fotografije: Zavod za ekologiju voda)

## 2.2. Prikupljanje uzoraka

Uzorkovanje je provedeno na središnjem dijelu Sakadaškog jezera u jednomjesečnim intervalima od veljače do studenog 2016. godine.

## 2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode

Temperatura vode i zraka, prozirnost i dubina vode, električna provodljivost, pH vrijednost, otopljeni kisik u vodi te zasićenje vode kisikom mjereni su *in situ*. Živinim termometrom s podjelom ljestvice 10/1°C mjerena je temperatura zraka. Pomoću Secchi ploče s crno bijelim poljima i promjera 30 cm mjerena je prozirnost vode. Baždarenim konopcem s utegom određena je dubina vode. Pomoću prijenosnog uređaja WTW Multi 340i (Wissenschaftlich Technische Werkstätten, Weilheim, Njemačka) mjerena je temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, zasićenost vode kisikom, električna provodljivost te pH vode. U RJ „Ekolaboratorij“ poduzeća Vodovod Osijek d.o.o. određene su koncentracije amonijevih iona (HRN ISO 7150-1:1998), nitrata (HRN ISO 7890-3:1998), nitrita (HRN EN 26777:1998), dušika po Kjeldahlu (HRN EN 25663:1993), ukupnog dušika (HRN ISO 5663:20001 + (NO2-N+NO3-N)) i ukupnog fosfora (HRN EN ISO 6878:2008) u vodi. Podaci o vodostaju Dunava za mjernu postaju Apatin (1401,4 r.km.) preuzeti od javne ustanove Hrvatske vode.

Analiza klorofila u vodi provedena je na uzorcima cijelog stupca vode jezera. Uzorci (volumena ≤1 L) su u laboratoriju profiltrirani pomoću vakuum sisaljke kroz Whatman GF/C (ø 55 mm) filtere (Whatman International Ltd., Engleska). Nakon filtracije, filteri su homogenizirani s u 90%-tnom acetonu u tarioniku s tučkom i prebačeni u kivete. Kivete su pohranjene na 4°C u mraku tijekom 24 sata. Nakon 24 sata ekstrakcije, ekstrakti su centrifugirani (10 min, 3000 okr/min). Apsorbancija ekstrakata izmjerena je spektrofotometrom DR/2010 (Hach Company, SAD) na sljedećim valnim duljinama: 630 nm, 645 nm, 663 nm i 750 nm. Metodama SCOR-UNESCO (1966) te Strickland i Parson (1972) određene su koncentracije klorofila-a (Chl-a), klorofila-b (Chl-b) i klorofila-c (Chl-c) pomoću sljedećih jednadžbi:

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

$$\text{Chl-b } (\mu g/L) = (20{,}97 \times A_{645} - 3{,}94 \times A_{663} - 3{,}66 \times A_{630}) \times v/(V \times d)$$

$$\text{Chl-c } (\mu g/L) = (54{,}22 \times A_{630} - 5{,}53 \times A_{663} - 14{,}81 \times A_{645}) \times v/(V \times d)$$

Gdje je $A_{630}$, $A_{645}$ i $A_{663}$ apsorbancija ekstrakta izmjerena pri odgovarajućim valnim duljinama (630, 645 i 663 nm) i kojima je oduzeta vrijednost apsorbancije izmjerena pri 750 nm ($A_{750}$); v je volumen ekstrakta, V volumen filtriranog uzorka vode, a d duljina kivete.

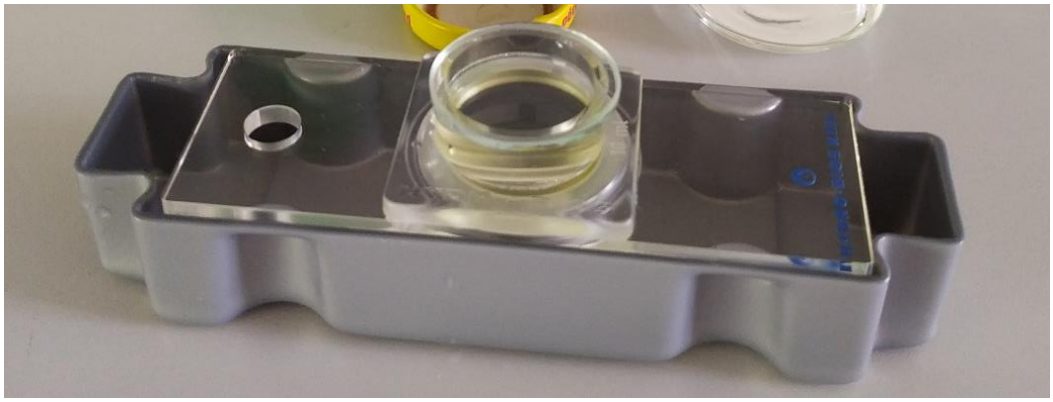
## 2.4. Kvalitativna i kvantitativna analiza fitoplanktona

Uzorci za kvalitativnu analizu fitoplanktona dobiveni su filtriranjem 10 L vode uzorkovane iz cijelog vertikalnog stupca jezera kroz planktonsku mrežicu promjera pora 25 µm (Slika 3). Svaki procijeđeni uzorak (100 mL) konzerviran je u 4%-tnoj otopini formaldehida. Istodobno je za kvantitativnu analizu fitoplanktona uzeto 100 mL nefiltriranog uzorka koji je konzerviran Lugolovom otopinom. Vrste su determinirane pomoću svjetlosnog mikroskopa (JENAVAL, Carl Zeiss Jena, Njemačka) s objektivima povećanja 12,5x, 25x i 40x, digitalne kamere Moticam 2300 i računalnog programa Motic Images Plus te standardnih priručnika za determinaciju fitoplanktona (Komárek, 2013; Krammer i Lange-Bertalot, 2008a; 2008b; 1999; Hindak, 1977-1990; Komárek i Anagnostidis, 1989; Huber-Pestalozzi, 1961-1983; Hindak i sur., 1978; Hindak i sur., 1975; Komárek, 1973; Starmach, 1966). Nakon determinacije je nomenklatura usklađena prema bazi podataka AlgaeBase (Guiry i Guiry, 2019). Svaki uzorak pregledan je više puta, a analiza je završena kada se više nisu pojavljivale nove vrste.

Slika 3. Uzorkovanje fitoplanktona za kvalitativnu analizu pomoću planktonske mrežice (Fotografija: Marija Kovačević)

Kvantitativna analiza fitoplanktona provedena je brojanjem jedinki nakon sedimentacije uzoraka u komoricama od pleksiglasa (Hydro-Bios, Njemačka) volumena 10 mL pomoću invertnog mikroskopa (Axiovert 25, Carl Zeiss®, Inc., Göttingen, Njemačka) Utermöhl

tehnikom (Utermöhl, 1958). Sedimentacija se odvijala u komoricama najmanje osam sati (Slika 4).



Slika 4. Sedimentacija uzorka u komorici od pleksiglasa (Fotografija: Tea Kristić)

Nakon sedimentacije u komorici, uočene jedinke su determinirane te je zabilježen njihov broj na poznatoj površini komorice za brojanje. Iz poznate površine i volumena komorice, izračunata je koncentracija svake pojedine vrste (broj jedinki u litri, Br.jed./L). Bilo je potrebno prebrojati onoliko vidnih polja ili transekata pod različitim povećanjima (100, 400 i 600x) kako bi se izbrojalo najmanje 400 jedinica (stanica, cenobija, kolonija ili filamenata). Vrste su grupirane u funkcionalne skupine prema Reynolds i sur. (2002) i Padisák i sur. (2009).

## 2.5. Statistička obrada podataka

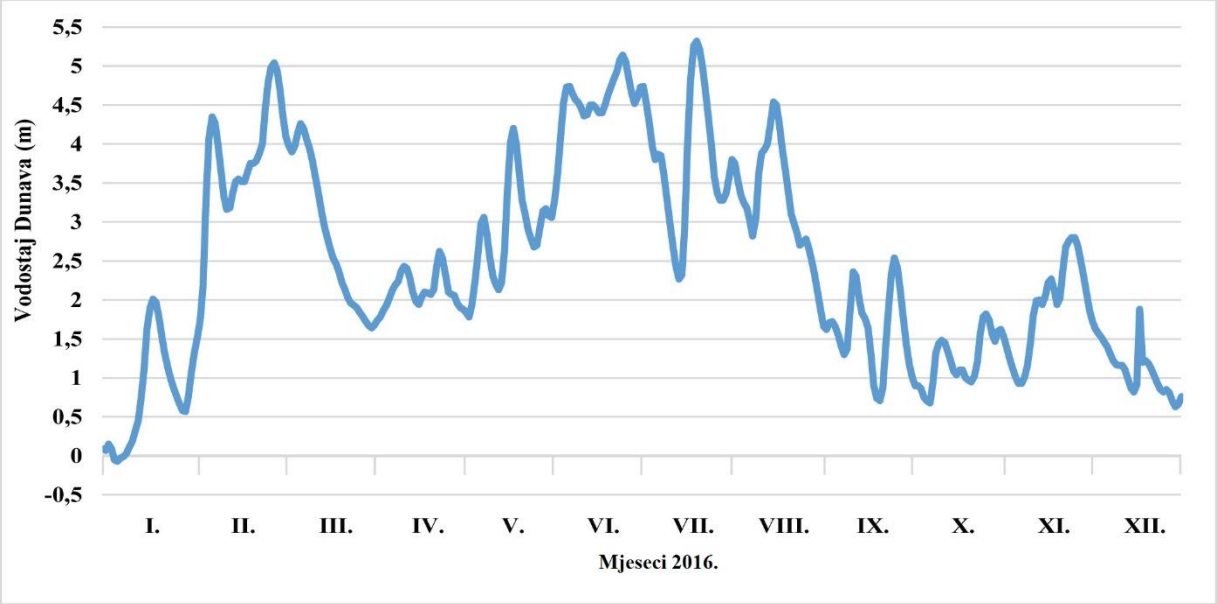
Za utvrđivanje sličnosti među uzorcima na temelju fizikalno-kemijskih čimbenika vode tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini korištena je metoda nemetričkog višedimenzijskog skaliranja (nMDS, engl. *Non-metric multidimensional scaling*) koja je provedena pomoću računalnog programa Primer 6 (Clarke i Warwick, 2001). Vrijednosti fizikalno-kemijskih čimbenika (OK-koncentracija otopljenog kisika, $NO_3$-koncentracija nitrata u vodi, pH vrijednost vode, Dub-dubina jezera, SD-prozirnost, $NO_2$-koncentracija nitrita u vodi, Tv-temperatura vode, TP-koncentracija ukupnog fosfora u vodi, TN-koncentracija ukupnog dušika u vodi) su prije analize logaritamski transformirane. U statističkom programu Canoco 4.5. provedena je redundancijska analiza (RDA, engl. *Redundancy analysis*) kako bi se objasnila povezanost brojnosti funkcionalnih skupina fitoplanktona i utvrđenih fizikalno-kemijskih

čimbenika vode, a rezultati su prikazani korelacijskim triplotom (Ter Braak i Šmilauer, 2002). Podaci brojnosti funkcionalnih skupina prethodno su logaritamski transformirani. Korišten je Monte Carlo test s 499 permutacija te je vrijednost i značajnost fizikalno-kemijskih čimbenika provjerena opcijom „*forward selection*" koja je omogućila odabir onih varijabli koje značajno ($p$ = 0,05) utječu na varijabilnost u strukturi zajednica.

# 3. REZULTATI

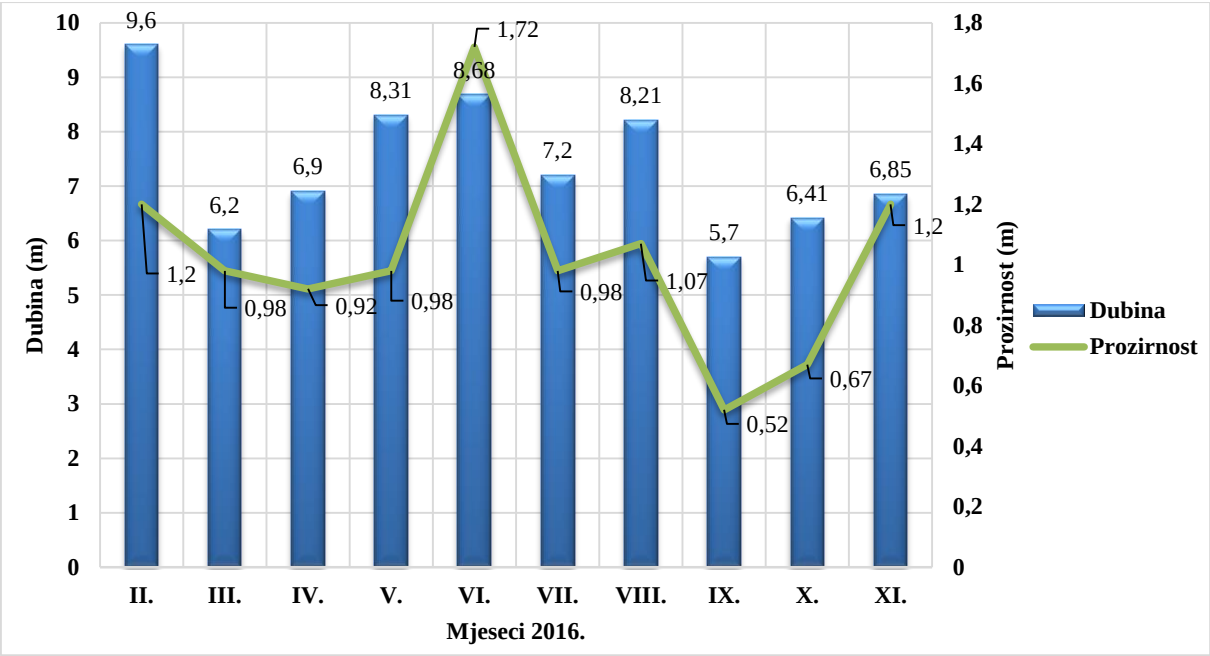
## 3.1. Fizikalno – kemijska svojstva vode

Vodostaj Dunava značajno se mijenjao tijekom 2016. godine (Slika 5), s najnižom zabilježenom vrijednošću u siječnju (-0,07 m) te najvišom u srpnju (5,3 m). 127 dana u godini vrijednosti vodostaja bile su iznad kritične vrijednosti plavljenja (3 m) tijekom ranog proljeća i ljeta (od veljače do kolovoza), s manjim padom vrijednosti vodostaja tijekom ožujka i travnja. Nakon toga, niski vodostaj se zadržao do kraja prosinca.




Slika 5. Vodostaj Dunava u 2016. godini (mjerna postaja Apatin: 1404,1 r.km)

Slika 6. prikazuje promjene dubine i prozirnosti Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja. Na dubinu Sakadaškog jezera utjecao je vodostaj rijeke Dunav. Sukladno tome, najveće dubine jezera utvrđene su tijekom proljeća i ljeta. Dubina vode jezera kretala se od minimalne zabilježene vrijednosti (5,7 m) u rujnu do maksimalne vrijednosti (9,6 m) u veljači. Prozirnost vode, kao i dubina, najmanja je bila u rujnu (0,52 m) dok je maksimalna prozirnost zabilježena u lipnju (1,72 m).

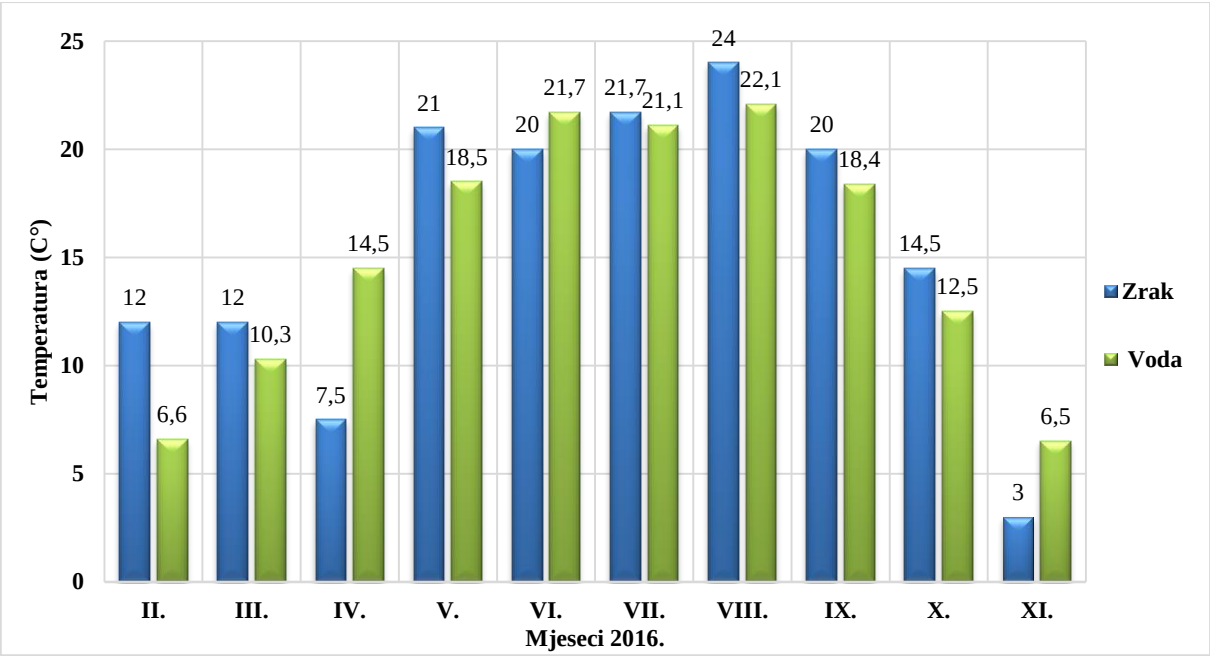



Slika 6. Dubina i prozirnost vode Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

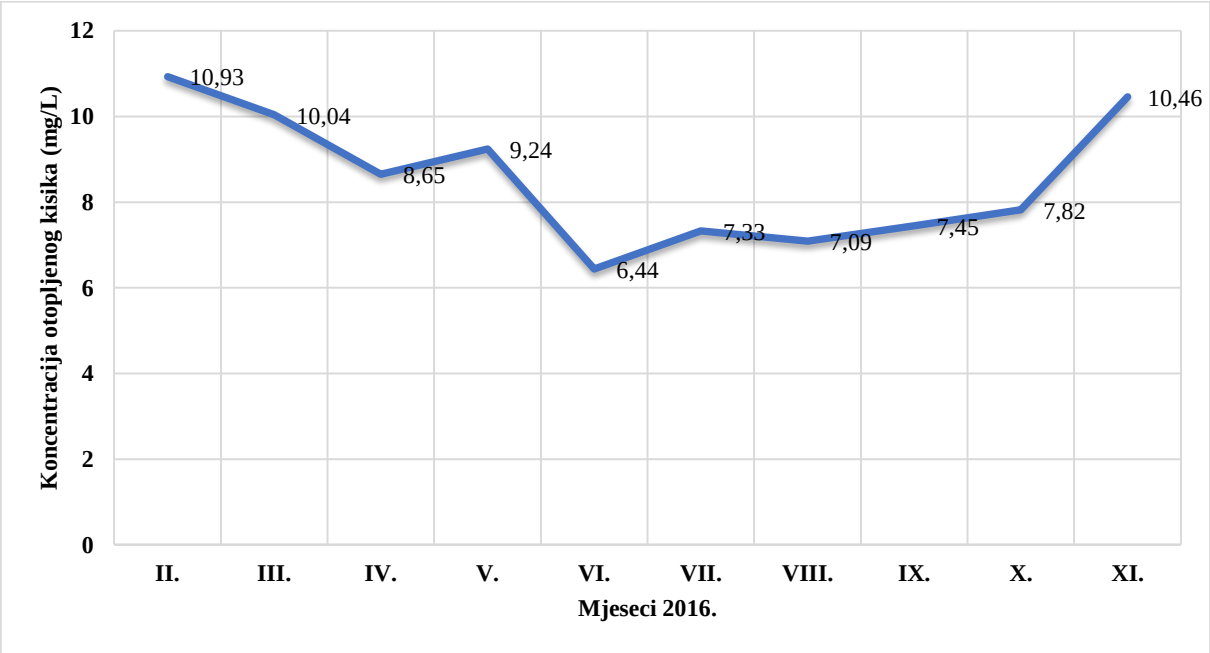
U istraživanom razdoblju, najniža temperatura zraka od 3°C zabilježena je u studenom, a najviša u kolovozu (24°C). Temperatura vode uglavnom se mijenjala sukladno promjenama temperature zraka uz manje odstupanje u travnju. Maksimalna temperatura vode očekivano je zabilježena u kolovozu (22,1°C), a minimalna u studenom (6,5°C) (Slika 7).

Koncentracija otopljenog kisika u vodi (Slika 8) je opadala od najviše zabilježene vrijednosti u veljači (10,93 mg/L) sve do minimalne vrijednosti u lipnju (6,44 mg/L), uz blagi porast u svibnju (9,24 mg/L). Do kraja istraživanog razdoblja, koncentracija je postupno rasla do studenog kada je zabilježena vrijednost od 10,46 mg/L.

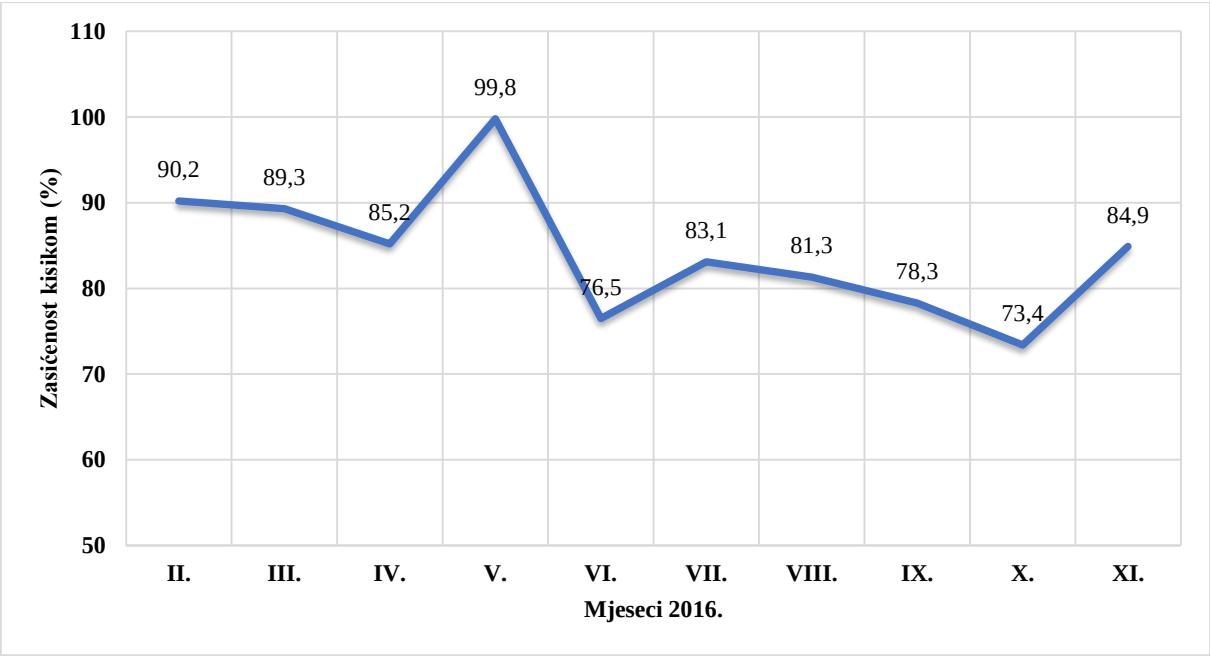
Postotak zasićenosti vode kisikom (Slika 9) uglavnom je pratio trend promjena koncentracije otopljenog kisika u vodi. Maksimalna vrijednost zabilježena je u svibnju (99,8%), a niže vrijednosti u lipnju (76,5 %) i listopadu (73,4%).




Slika 7. Temperatura zraka i temperatura vode Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini




Slika 8. Koncentracija otopljenog kisika u vodi Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

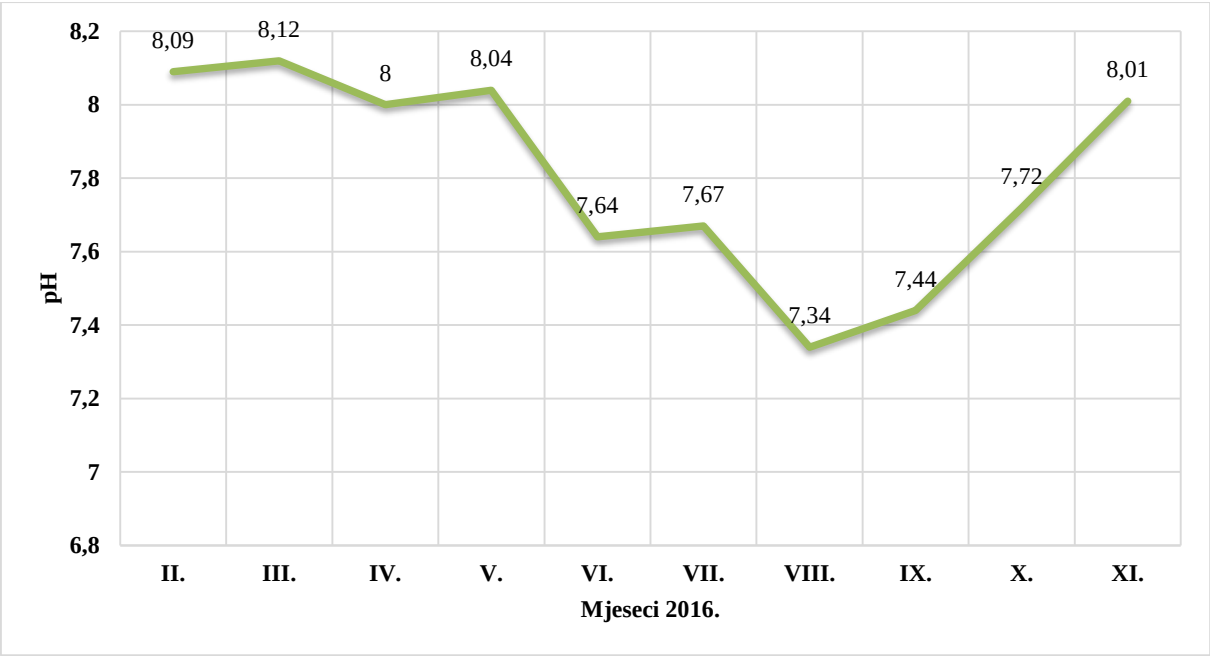



Slika 9. Zasićenost vode kisikom tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

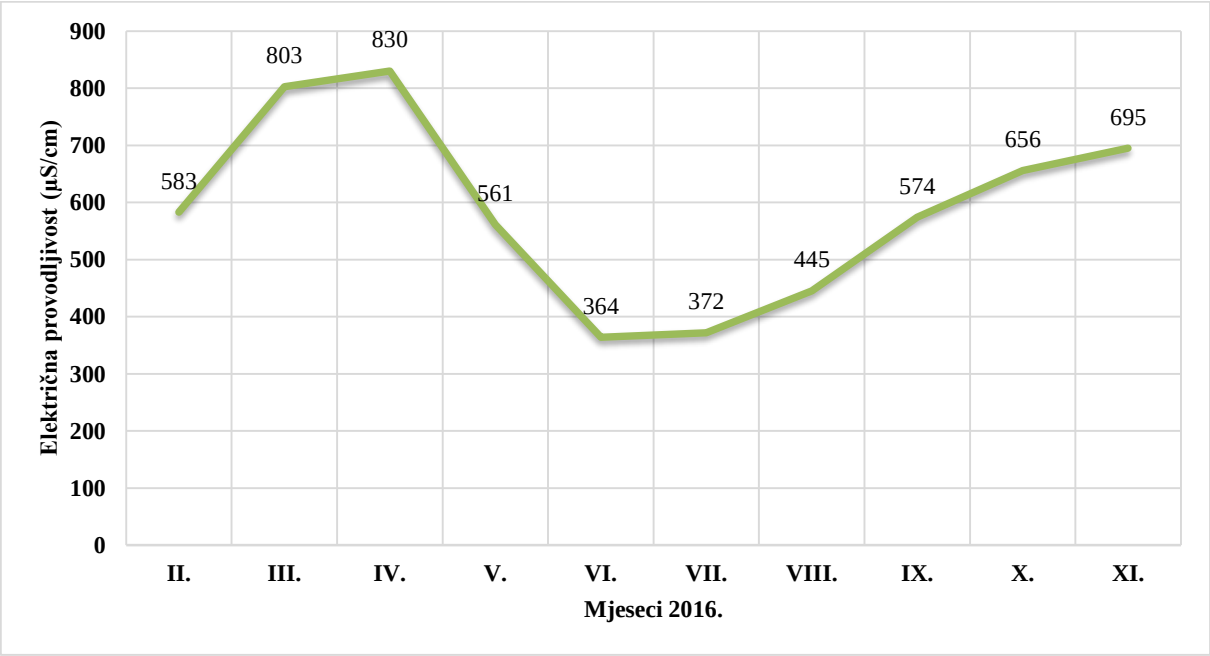
Voda Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja bila je blago lužnata (Slika 10). Nešto više pH vrijednosti vode zabilježene su od veljače do svibnja te u studenom, a najviša vrijednost zabilježena je u ožujku (8,12). Najniža pH vrijednost vode utvrđena je u kolovozu (7,34). Veći pomak od lužnatog prema neutralnom zabilježen je od travnja pa sve do kolovoza.

Najviše vrijednosti električne provodljivosti vode zabilježene su u rano proljeće (Slika 11), u ožujku (803 µS/cm) i travnju (830 µS/cm). Nakon nižih vrijednosti sredinom godine, s minimumom u lipnju (364 µS/cm), električna provodljivost vode je postupno rasla te je značajan porast zabilježen u listopadu (656 µS/cm) i studenom (695 µS/cm).

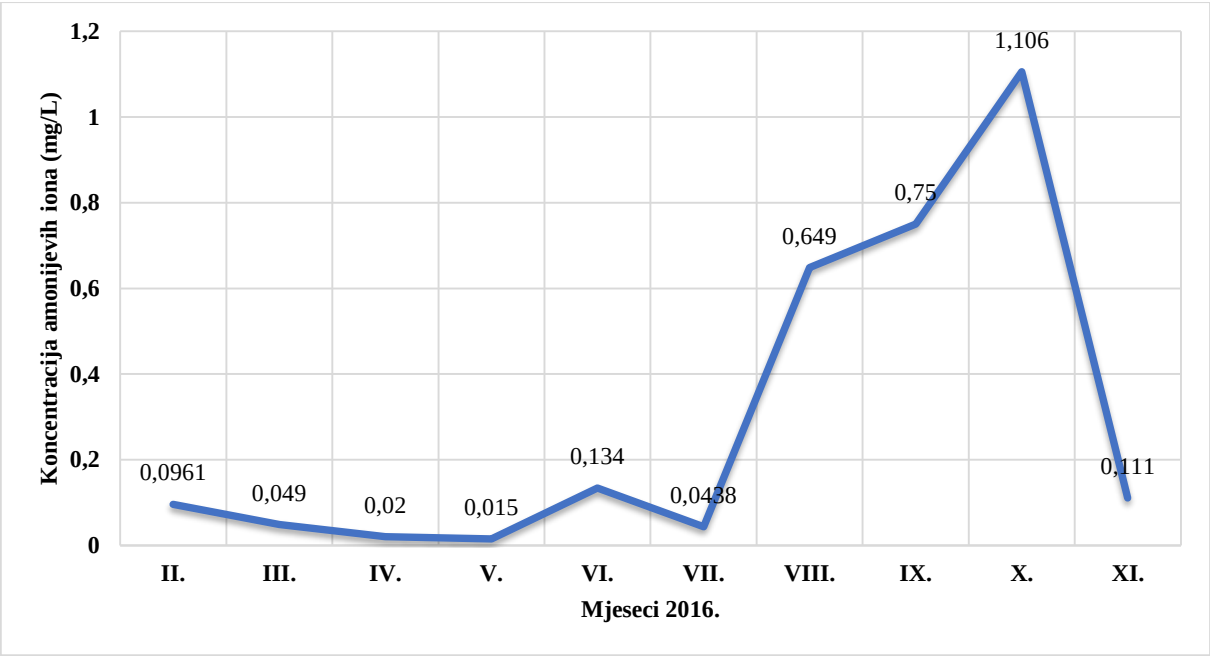
Promjene koncentracije amonijevih iona u vodi prikazane su na Slici 12. Nakon nižih vrijednosti u razdoblju veljača-svibanj (0,0961-0,015 mg/L) zabilježen je značajan porast koncentracije amonijevih iona sve do listopada, s maksimalnom vrijednošću od 1,106 mg/L. Naglo smanjenje koncentracije slijedilo je ponovo u studenom (0,111 mg/L).




Slika 10. pH vrijednost vode tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini




Slika 11. Električna provodljivost vode tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini



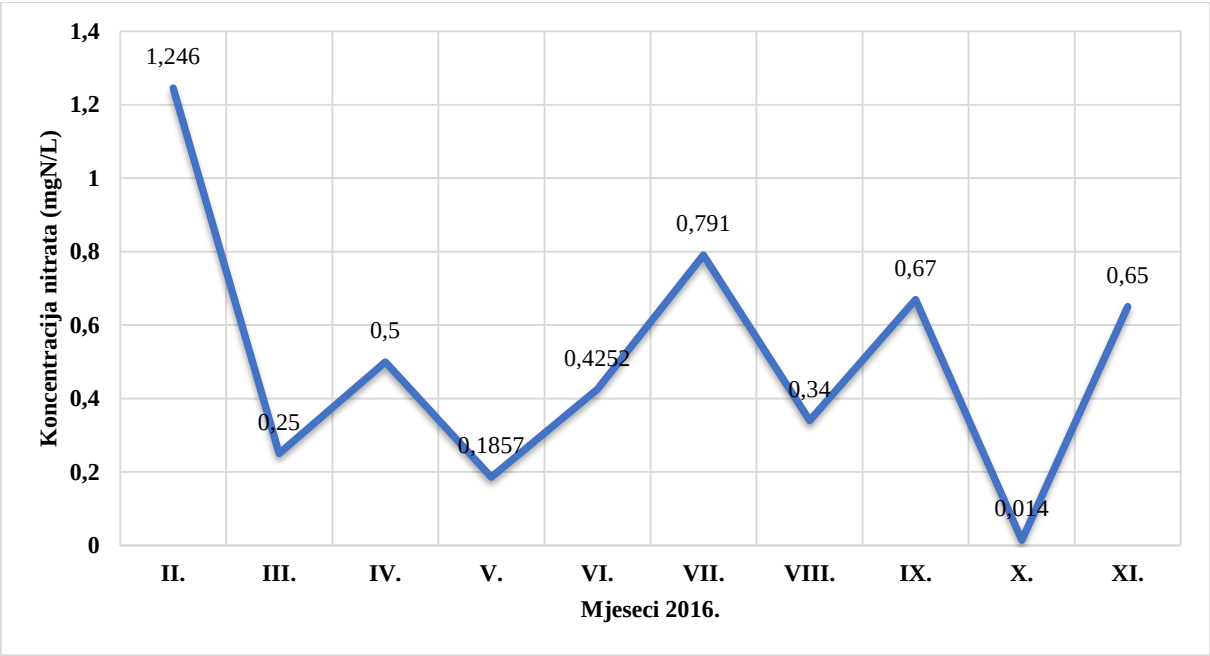

Slika 12. Koncentracija amonijevih iona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

Vrijednosti nitrata (Slika 13) su znatno oscilirale po mjesecima, a maksimalna koncentracija nitrata zabilježena je u veljači i iznosila je 1,246 mgN/L, dok je minimalna koncentracija zabilježena u listopadu (0,014 mgN/L).

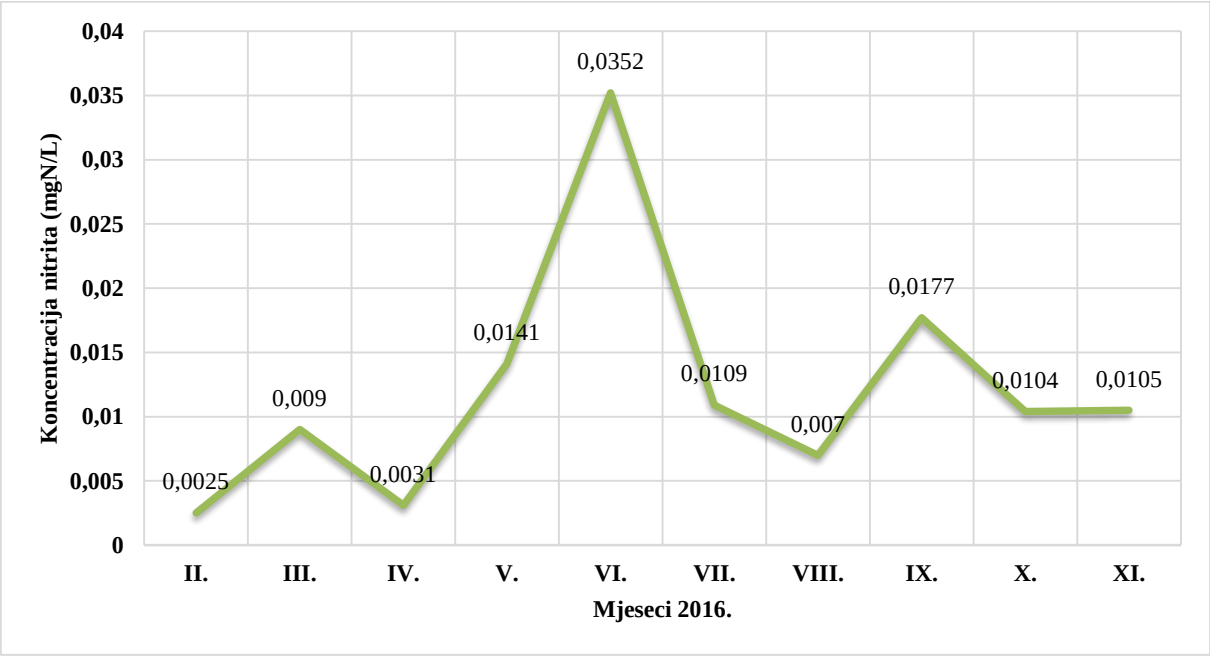
Koncentracija nitrita rasla je od ranog proljeća (minimalna vrijednost u veljači; 0,0025 mgN/L), do ljeta kada je zabilježena najviša koncentracija od 0,0352 mgN/L (lipanj). Zatim su vrijednosti naglo opale u srpnju i kolovozu te blago oscilirale do studenog (Slika 14).

Niže koncentracije ukupnog dušika u vodi zabilježene su u prvoj polovici istraživanog razdoblja, s minimumom u lipnju (0,46 mg/L), dok su više vrijednosti utvrđene u drugom dijelu godine s najvišom koncentracijom u rujnu (2,9277 mg/L) (Slika 15).

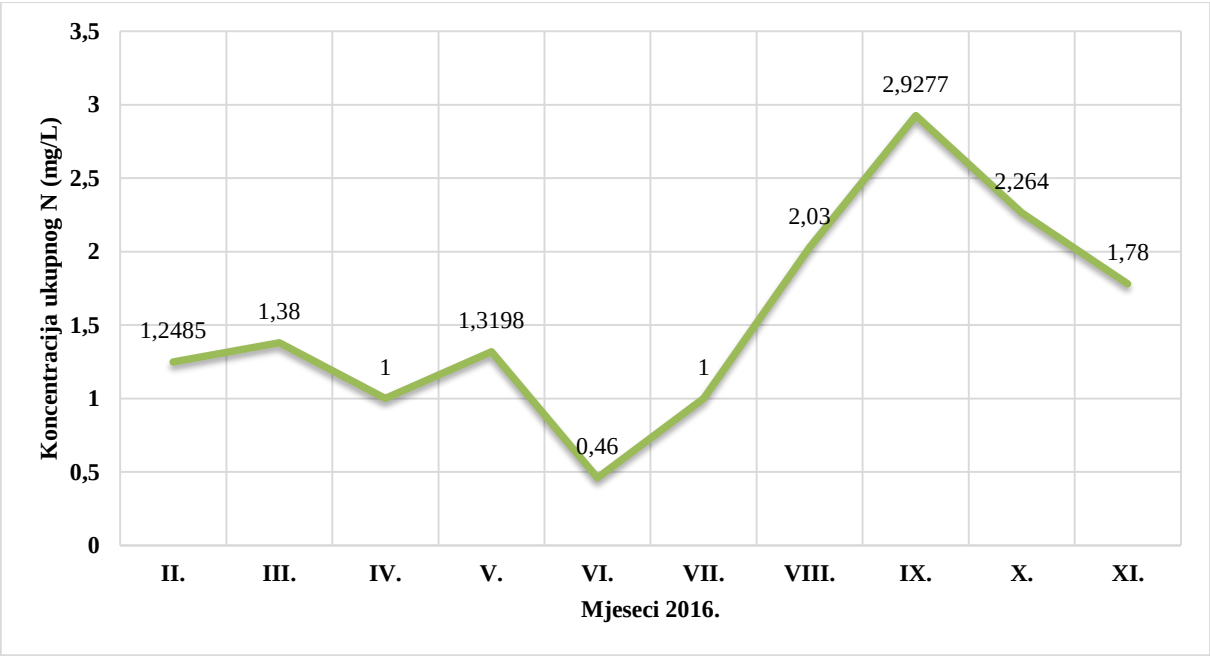
Niže koncentracije ukupnog fosfora u vodi zabilježene su u razdoblju veljača-lipanj, u odnosu na drugi dio godine (Slika 16). Najniža vrijednost utvrđena je na samom početku istraživanja u veljači (0,06 mg/L), a posebno se ističe nagli porast koncentracije i maksimalna vrijednost od 0,86 mg/L zabilježena u srpnju.



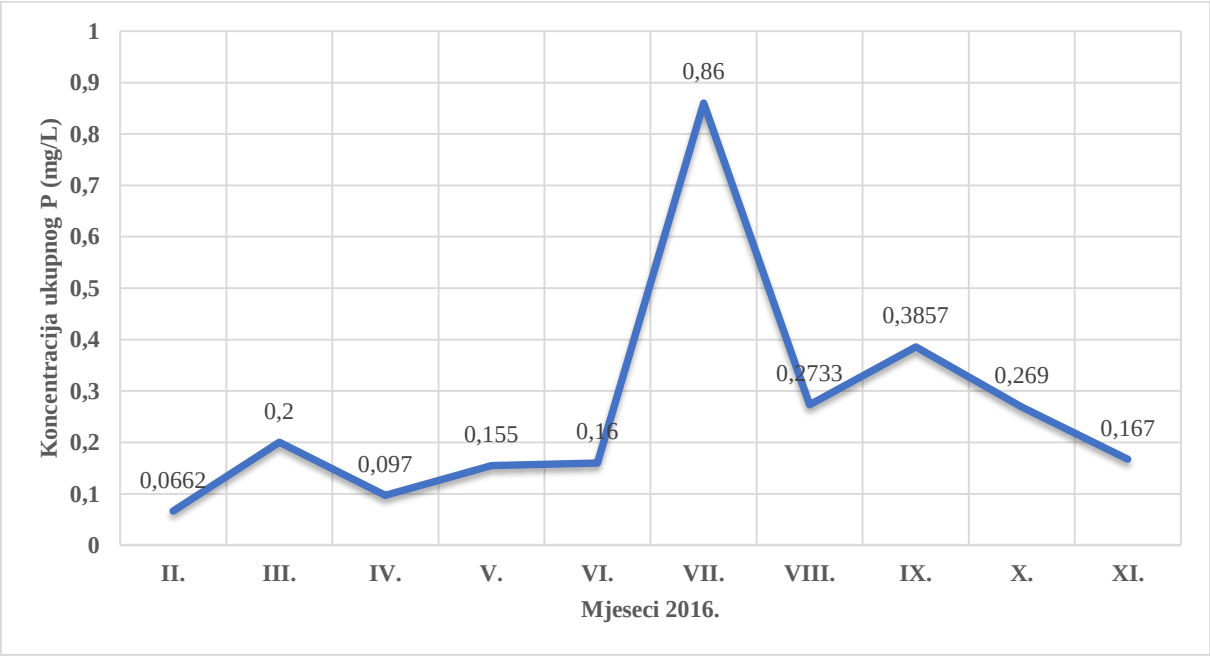

Slika 13. Koncentracija nitrata tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini




Slika 14. Koncentracija nitrita tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

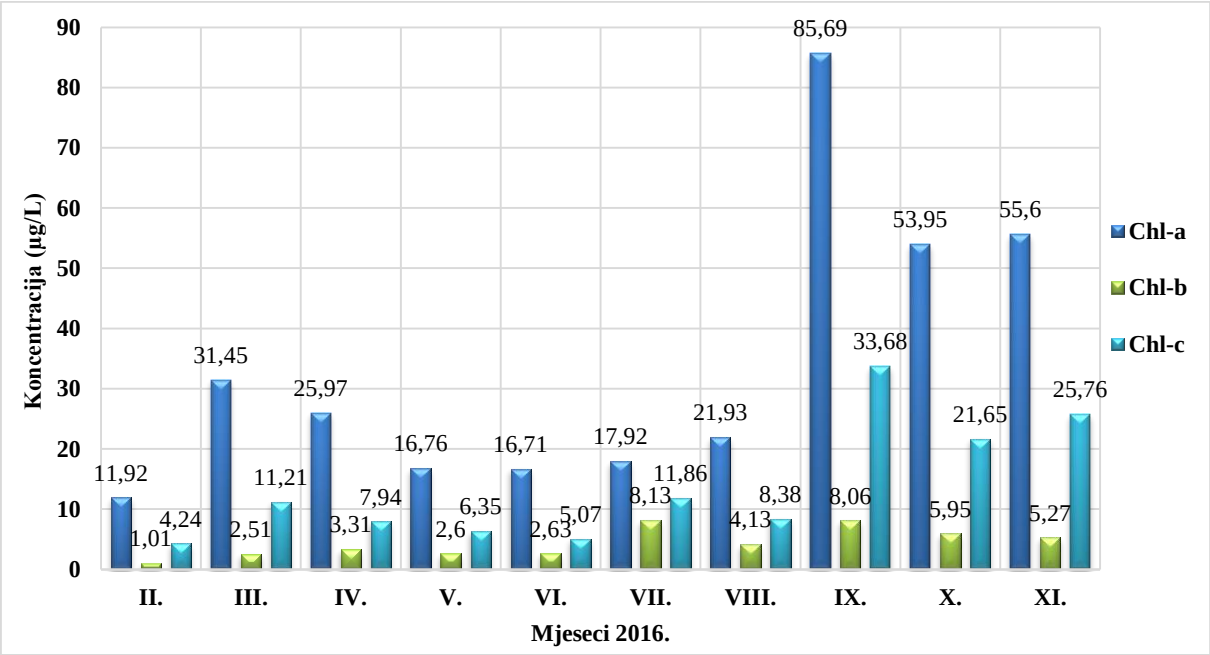



Slika 15. Koncentracija ukupnog dušika tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini




Slika 16. Koncentracija ukupnog fosfora tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

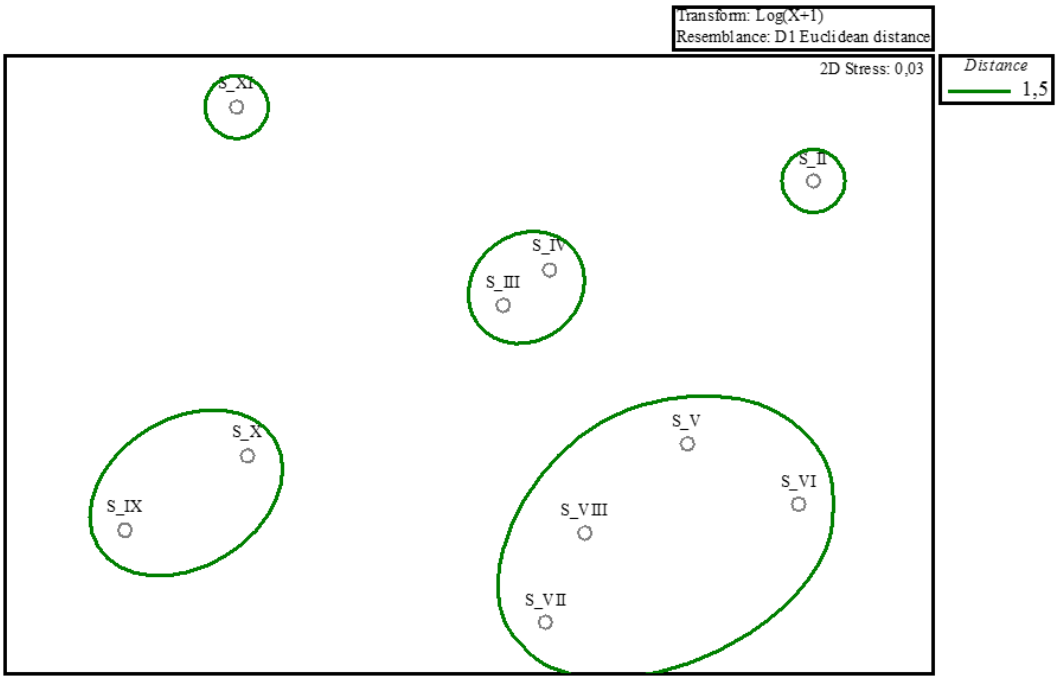
Slika 17 prikazuje koncentracije Chl-a, Chl-b i Chl-c utvrđene u vodi Sakadaškog jezera. Minimalna koncentracija Chl-a zabilježena je početkom istraživanja u veljači (11,92 µg/L), dok su više koncentracije zabilježene u drugom dijelu istraživanog razdoblja, u rujnu (85,69 µg/L), listopadu (53,95 µg/L) i studenom (55,6 µg/L). Iako su se mijenjale sukladno promjenama Chl-a, vrijednosti koncentracije Chl-b puno su manje oscilirale te su se kretale od 1,01 µg/L u veljači do 8,13 µg/L u srpnju. Najniža koncentracija Chl-c u vodi zabilježena je također u veljači (4,24 µg/L), a sukladno sadržaju Chl-a, vrijednosti su značajno porasle u rujnu (33,68 µg/L), listopadu (21,65 µg/L) i studenom (25,76 µg/L).




Slika 17. Koncentracije Chl-a, Chl-b i Chl-c u vodi Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

nMDS analiza pokazala je razdvajanje uzoraka u 5 grupa prema vrijednostima fizikalno-kemijskih čimbenika (Slika 18). Prvu grupu čini uzorak S_XI, drugu uzorci S_IX i S_X, treću uzorak S_II, četvrtu uzorci S_III i S_IV te petu grupu uzorci S_V, S_IV, S_VII i S_VIII. Uzorak iz veljače (S_II) se posebno izdvaja zbog velike dubine jezera uzrokovane visokim vodostajem Dunava i visoke koncentracije nitrata u odnosu na ostale mjesece. U ožujku i travnju zabilježene su ujednačene vrijednosti dubine jezera i prozirnosti, pH i električne provodljivosti vode, što

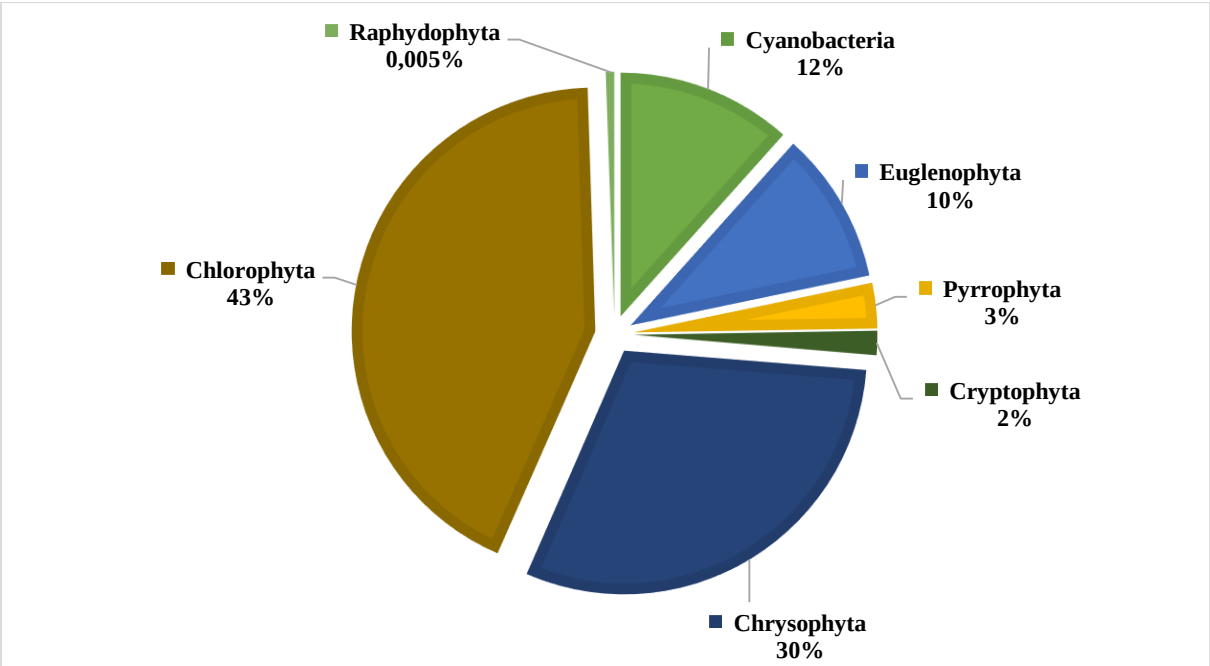
objašnjava izdvajanje uzoraka u posebnu skupinu. Uzorci kasnoproljetnog i ljetnog razdoblja (od svibnja do kolovoza) izdvojili su se u zasebnu grupu, a karakteriziraju ih veće vrijednosti vodostaja, veće dubine jezera, više temperature vode te optimalne količine nutrijenata. Uzorci iz rujna i listopada grupirali su se zajedno zbog sličnih uvjeta uzrokovanih opadanjem vodostaja te smanjenjem dubine, prozirnosti i temperature vode u odnosu na ljetno razdoblje. Također, u ovim je mjesecima došlo do smanjenja koncentracije kisika, povećanja pH vrijednosti vode, povećanja koncentracije amonijevih iona te su utvrđene visoke koncentracije ukupnog dušika.




Slika 18. Nemetričko višedimenzijsko skaliranje na temelju fizikalno-kemijskih čimbenika tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini (S_II–S_XI)

### 3.2. Kvalitativni sastav fitoplanktona

Kvalitativnom analizom fitoplanktona ukupno je utvrđeno 198 svojti (Prilog 1). Najveći udio (43%) pripadao je skupini Chlorophyta (85 svojti). Nešto manju raznolikost (60 svojti; 30%) imala je skupina Chrysophyta. Za ostale skupine zabilježen je sljedeći broj svojti: Cyanobacteria – 23 svojte (12%), Euglenophyta – 20 svojti (10%), Pyrrophyta - 6 svojti (3%), Cryptophyta - 3 svojte (2%) te Raphydophyta - 1 svojta (0,005%) (Slika 19).

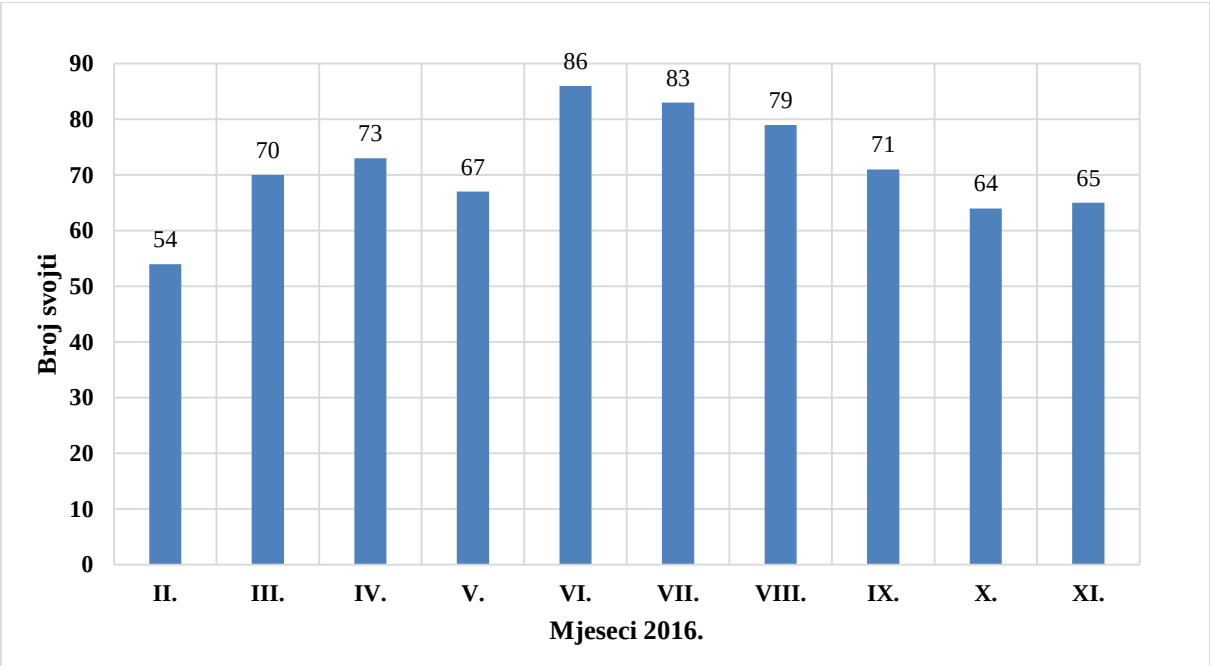



Slika 19. Postotna zastupljenost sistematskih skupina u ukupnom sastavu fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

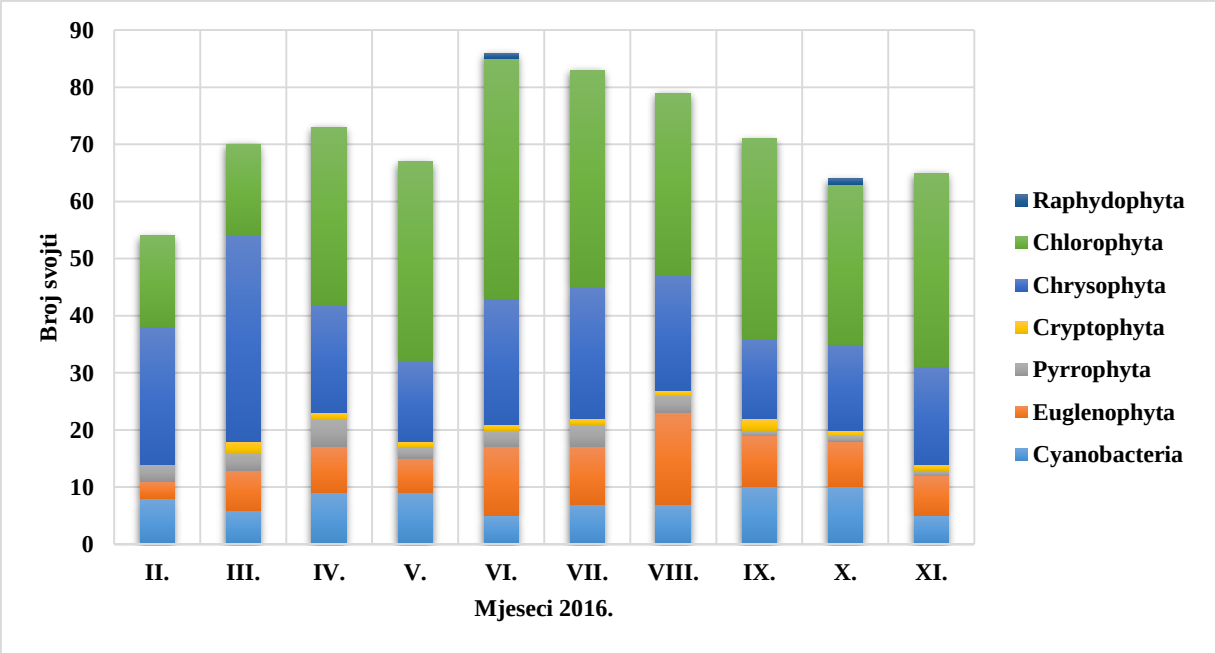
U lipnju je zabilježena najveća raznolikost fitoplanktona (86 svojti), dok je najmanji broj svojti zabilježen u veljači (54 svojte). Općenito je zabilježen veći broj fitoplanktonskih svojti u ljetnom razdoblju (lipanj-kolovoz) u odnosu na preostali dio godine (Slika 20).

Tijekom veljače i ožujka najveći broj svojti pripadao je skupini Chrysophyta, dok je u svim ostalim mjesecima najveći broj svojti pripadao skupini Chlorophyta. Najmanji doprinos raznolikosti, tijekom istraživanog razdoblja, imala je skupina Raphydophyta, s jednim predstavnikom u lipnju i listopadu (Slika 21).

198 determiniranih svojti svrstano je u 26 funkcionalnih skupina: **B, C, D, E, F, G, H1, J, $L_0$, M, MP, N, P, Q, S1, S2, $S_N$, T, W1, W2, $W_S$, X1, X2, X3, $X_{Ph}$** i **Y.** Najveći broj svojti pripadao je skupini **MP** (37), dok su najmanji broj (1 svojtu) imale skupine: **B, M, Q, S2, $S_N$, $W_S$** i **$X_{Ph}$** (Tablica 1).




Slika 20. Broj utvrđenih svojti fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

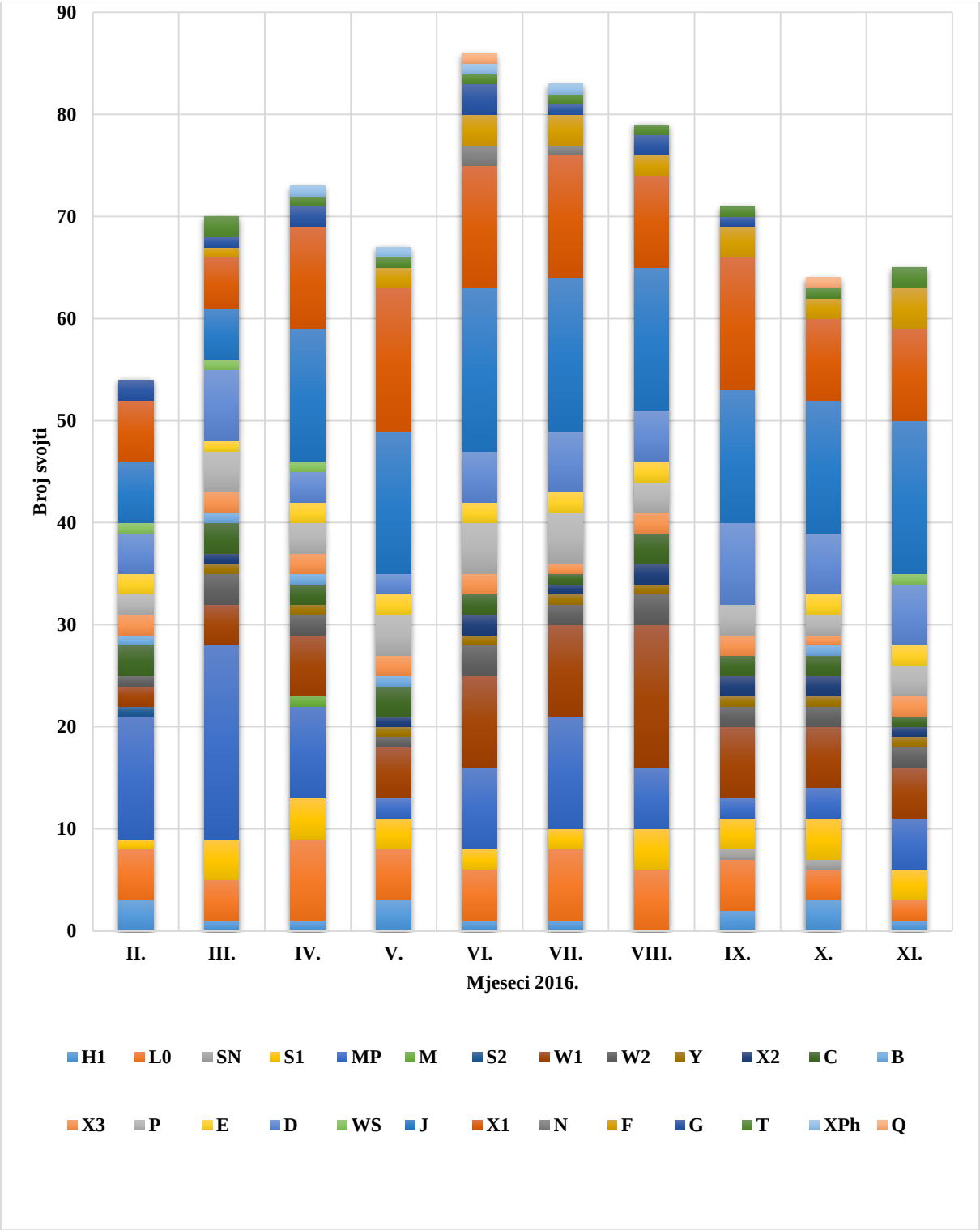



Slika 21. Broj utvrđenih svojti fitoplanktona prema osnovnim taksonomskim kategorijama tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

Tablica 1. Broj utvrđenih fitoplanktonskih svojti prema funkcionalnim skupinama tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

| | **Funkcionalna skupina** | **Broj svojti** |
|---|---|---|
| 1. | **B** | 1 |
| 2. | **C** | 5 |
| 3. | **D** | 11 |
| 4. | **E** | 3 |
| 5. | **F** | 5 |
| 6. | **G** | 3 |
| 7. | **H1** | 4 |
| 8. | **J** | 28 |
| 9. | **$L_0$** | 15 |
| 10. | **M** | 1 |
| 11. | **MP** | 37 |
| 12. | **N** | 3 |
| 13. | **P** | 12 |
| 14. | **Q** | 1 |
| 15. | **S1** | 5 |
| 16. | **S2** | 1 |
| 17. | **SN** | 1 |
| 18. | **T** | 3 |
| 19. | **W1** | 18 |
| 20. | **W2** | 3 |
| 21. | **WS** | 1 |
| 22. | **X1** | 26 |
| 23. | **X2** | 6 |
| 24. | **X3** | 2 |
| 25. | **XPh** | 1 |
| 26. | **Y** | 2 |

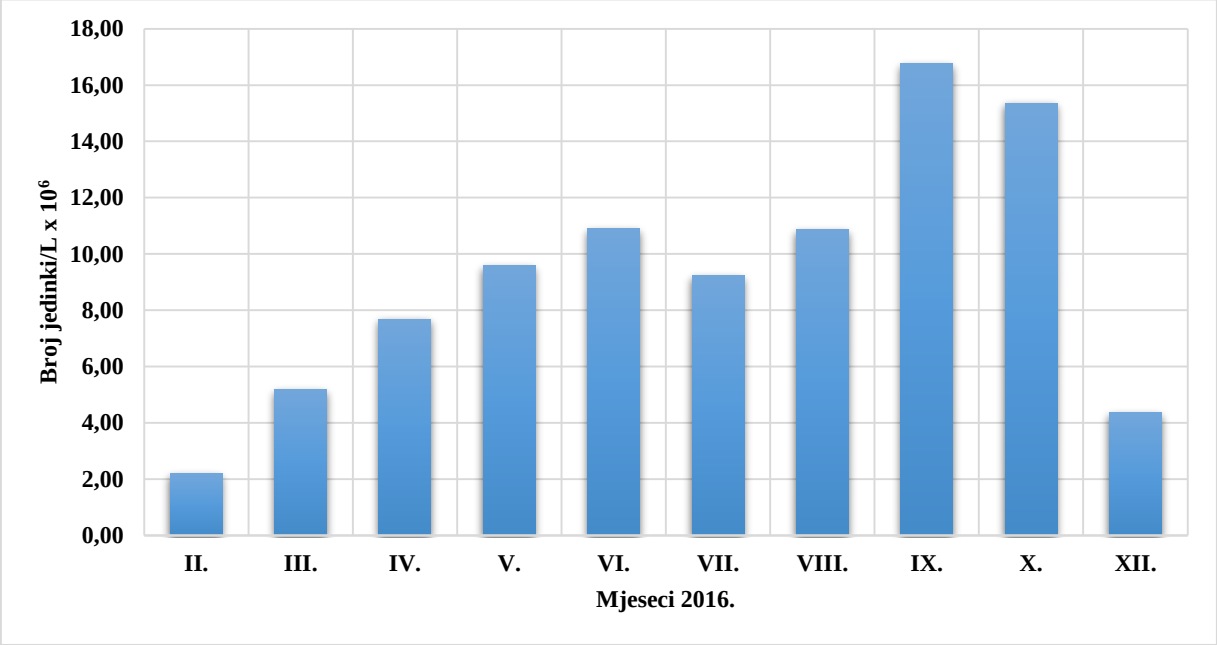
Tijekom veljače (12 vrsta) i ožujka (19 vrsta), funkcionalna skupina **MP** imala je najveći udio u ukupnom broju utvrđenih svojti fitoplanktona. Skupina **J** bila je dobro zastupljena od travnja do listopada, a broj svojti se kretao od 13 do 16. U svibnju i rujnu, jednak broj svojti (13), zabilježen je i u skupini **X1**. Skupina **W1** je uz skupinu **J** bila dobro zastupljena u kolovozu (14 vrsta) (Slika 22).




Slika 22. Promjene u kvalitativnom sastavu fitoplanktona prema funkcionalnim skupinama tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

### 3.3. Kvantitativni sastav fitoplanktona

Od ukupnog broja determiniranih svojti u kvalitativnom sastavu, njih 102 zabilježene su u kvantitativnoj analizi (Prilog 2). Brojnost fitoplanktonskih svojti povećavala se od minimalne vrijednosti u veljači (2,19 x $10^6$ jed./L) do lipnja kada je iznosila 10,89 x $10^6$ jed./L. U srpnju (9,22 x $10^6$ jed./L) i kolovozu (10,87 x $10^6$ jed./L) brojnost se blago smanjila te u rujnu dosegnula svoj maksimum sa 16,76 x $10^6$ jed./L. U listopadu je zabilježena nešto manja brojnost od 15,36 x $10^6$ jed./L te dolazi do naglog pada brojnosti u studenom (4,35 x $10^6$ jed./L) (Slika 23).



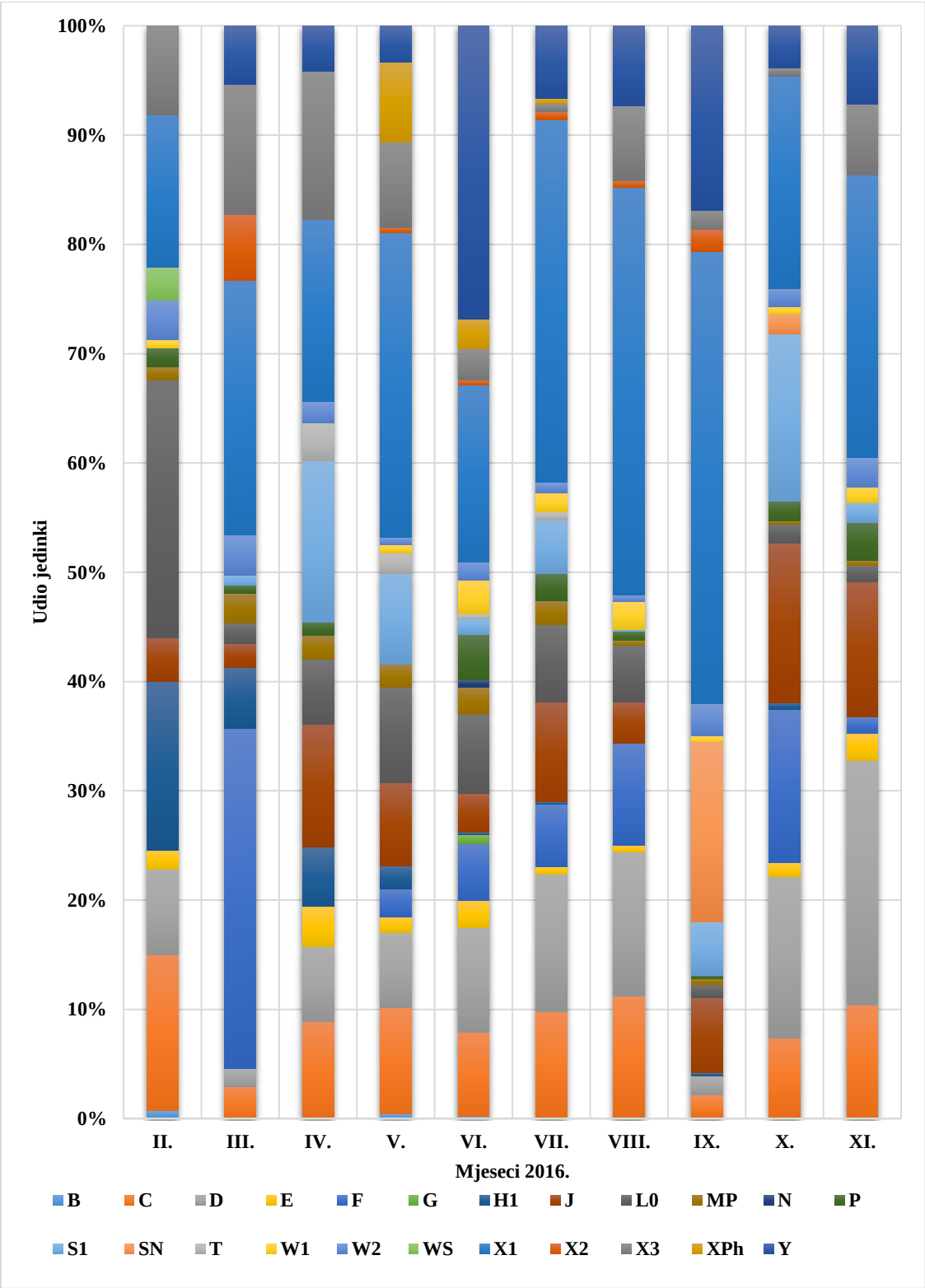

Slika 23. Promjene ukupne brojnosti fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

Od 26 funkcionalnih skupina utvrđenih u kvalitativnom sastavu, 23 skupine zabilježene su i u kvantitativnom sastavu fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja. Od 23 funkcionalne skupine utvrđene tijekom istraživanog razdoblja, njih 12 (**C**, **D**, **F**, **H1**, **J**, **$L_0$**, **S1**, **$S_N$**, **X1**, **X2**, **X3**, **Y**) je bilo zastupljeno s udjelom većim od 5% u ukupnoj brojnosti fitoplanktona te se one smatraju dominantnima (Slika 24).

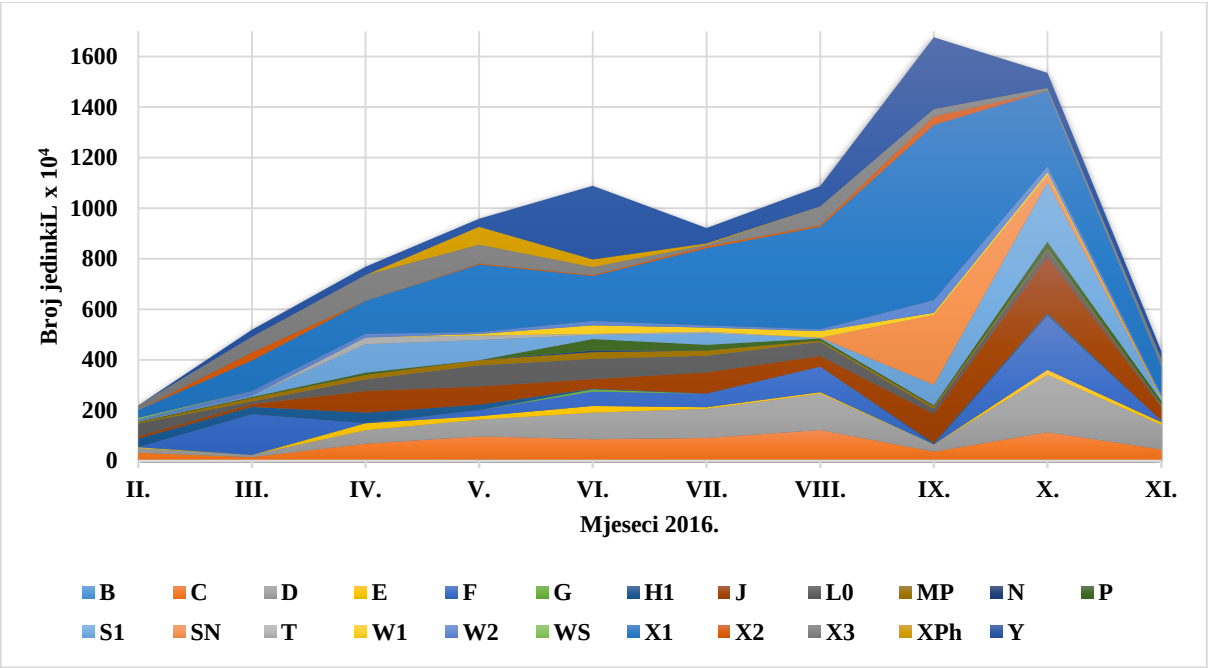
Najveću brojnost tijekom cijelog istraživanog razdoblja imala je skupina **X1** koja je bila dominantna u svim mjesecima. Maksimalan broj jedinki iz skupine **X1** zabilježen je u rujnu te je činio čak 41,35% ukupne brojnosti u tom mjesecu. Osim u rujnu, skupina **X1** činila je najveći udio ukupnoj brojnosti u travnju (16,71%), svibnju (27,9%), lipnju (16,22%), srpnju (33,17%), kolovozu (37,29%), listopadu (19,47%) te studenom (25,81%). Najmanja brojnost jedinki ove skupine (30,74 x $10^4$ jed./L) zabilježena je u veljači, iako je i tada bila dominantna s udjelom u ukupnoj brojnosti od 14% (Slika 24).

Slika 25 prikazuje promjene u brojnosti funkcionalnih skupina tijekom istraživanog razdoblja. U veljači je najveći broj jedinki fitoplanktona imala skupina $\mathbf{L_0}$ (51,77 x $10^4$ jed./L) čiji je udio u ukupnoj brojnosti bio 23,59%. Tijekom ožujka, ističe se dominacija skupine **F** s 31,07% ukupne brojnosti (161,05 x $10^4$ jed./L), ali i velika brojnost skupine **X1** (120,79 x $10^4$ jed./L). U travnju, uz dominaciju skupine **X1** (128,34 x $10^4$ jed./L), kodominantna je skupina **X3** s 13,51% (103,80 x $10^4$ jed./L). Svibanj, lipanj i srpanj obilježeni su također velikom brojnošću jedinki skupine **X1**, iako je u lipnju najveću ukupnu brojnost imala skupina **Y** (292,16 x $10^4$ jed./L). U rujnu brojnost ove skupine doseže svoju maksimalnu vrijednost (693,03 x $10^4$ jed./L) uz subdominantne skupine **Y** (283,1 x $10^4$ jed./L) i $\mathbf{S_N}$ (276,3 x $10^4$ jed./L). Tijekom listopada i studenog najveću ukupnu brojnost također je imala skupina **X1**, s kodominacijom skupine **S1** u listopadu (235,54 x $10^4$ jed./L) te skupine **D** u studenom (97,06 x $10^4$ jed./L).

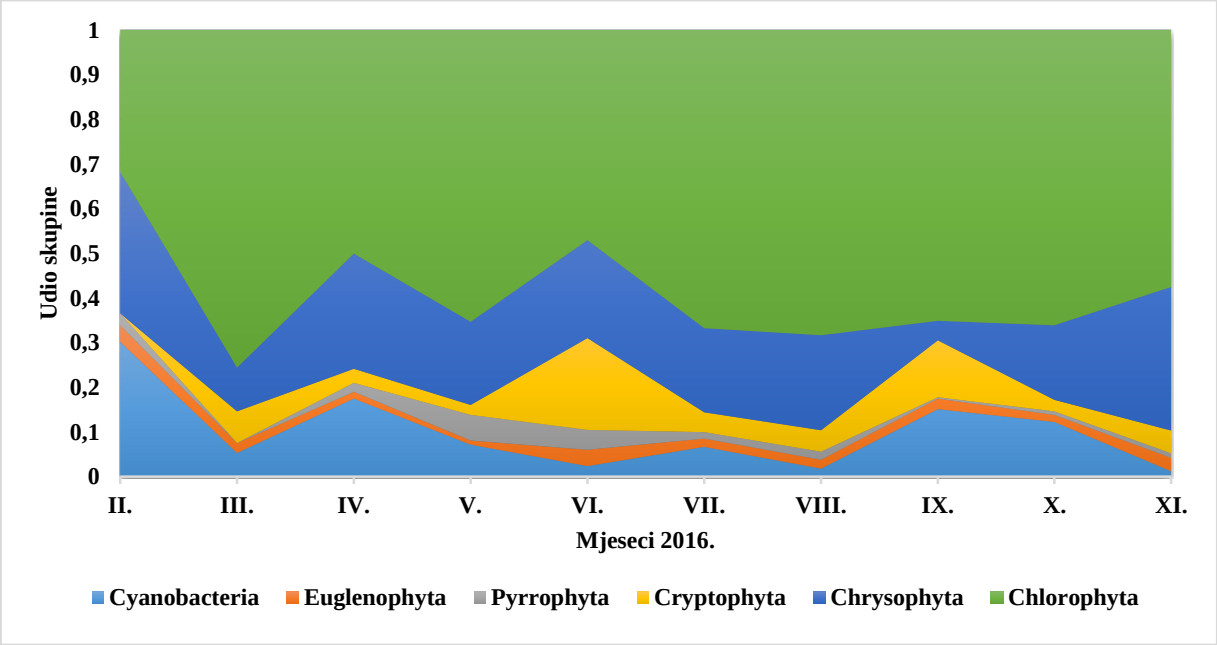
Gledajući udio pojedinih taksonomskih skupina u kvantitativnom sastavu fitoplanktona (Slika 26), vidljivo je da je prevladavajuća skupina Chlorophyta, a zatim slijede: Chrysophyta, Cyanobacteria, Cryptophyta, Euglenophyta te Pyrrophyta.




Slika 24. Postotna zastupljenost funkcionalnih skupina u kvantitativnom sastavu fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

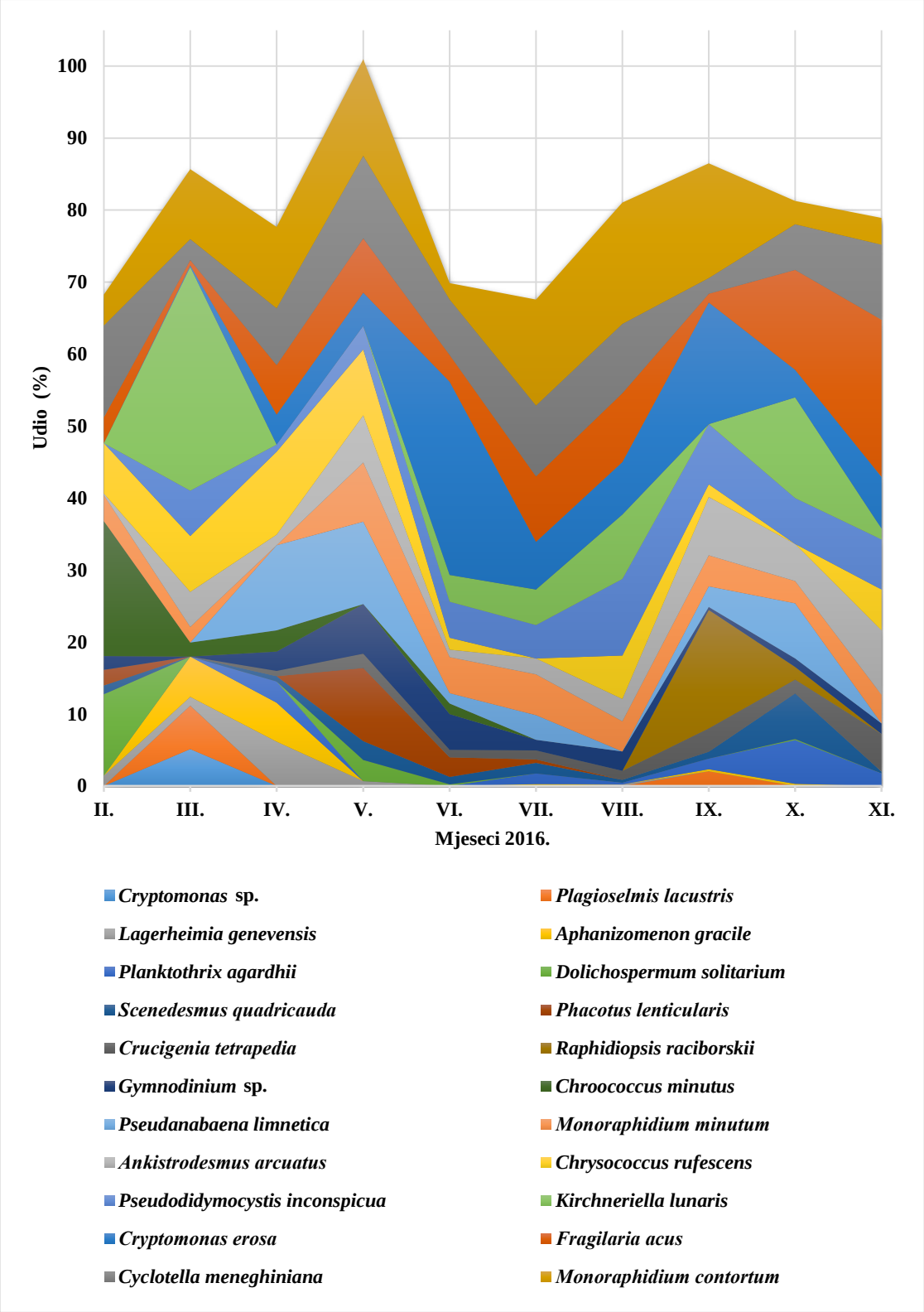



Slika 25. Promjene u brojnosti predstavnika pojedinih funkcionalnih skupina tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

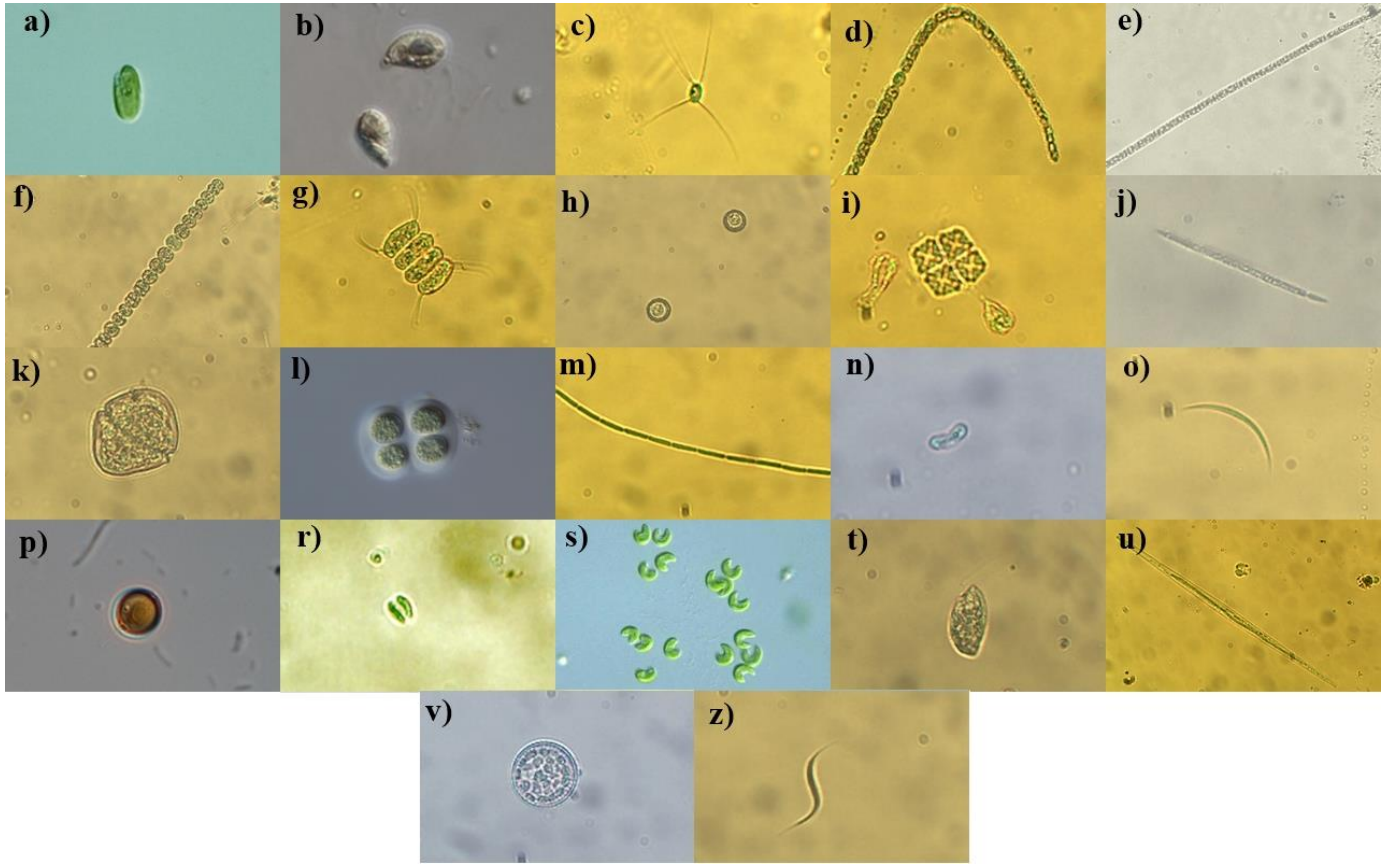



Slika 26. Udio pojedinih taksonomskih skupina u kvantitativnom sastavu fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

Tijekom istraživanog razdoblja, izdvojile su se 22 dominantne svojte svrstane u različite funkcionalne skupine koje su imale više od 5% udjela u ukupnoj brojnosti fitoplanktona (Slika 27). U veljači, najrazvijenija je bila vrsta *Chroococcus minutus* (18,75%) iz skupine **$L_0$**, a dobro su bile razvijene i vrste *Cyclotella meneghiniana* iz skupine **C** (12,74%) te vrsta *Dolichospermum solitarium* iz skupine **H1** (11,3%). *Kirchneriella lunaris* iz skupine **F** bila je dominantna vrsta u ožujku (31,07%) i u listopadu (14,01%) te kodominantna u kolovozu (8,96%). U travnju se izdvajaju tri vrste s podjednakom zastupljenošću: *Pseudanabaena limnetica* iz skupine **S1** s 11,79%, *Chrysococcus rufescens* iz skupine **X3** s 11,55% i *Monoraphidium contortum* iz skupine **X1** s 11,3%. U svibnju također dominira *M. contortum* s 13,44% uz kodominaciju *C. meneghiniana* s 11,48%. U lipnju su zabilježene samo dvije dominantne vrste i to *Cryptomonas erosa* iz skupine **Y** (26,82%) te ponovo *C. meneghiniana* s udjelom od 7,69%. Tijekom srpnja ponovno je dobro razvijena bila vrsta *M. contortum* kao prevladavajuća vrsta s 14,74%. U kolovozu, je uz *M. contortum* (16,88%), također bila razvijena i vrsta *Pseudodidymocystis inconspicua* iz iste skupine (10,63%). U rujnu su bile dominantne vrste *C. erosa* sa 16,89% i *Raphidiopsis raciborskii* iz skupine **$S_N$** (16,49%), iako je i vrsta *M. contortum* i dalje bila vrlo dobro razvijena (15,95%). U listopadu i studenom dominacija vrste *M. contortum* se prekida, a u listopadu je zamjenjuje *K. lunaris* s 14,01% uz subdominantnu vrstu *Fragilaria acus* (13,86%) iz skupine **D**. Krajem istraživanog razdoblja u studenom također prevladava vrsta *F. acus* s 21,84% i vrsta *C. meneghiniana* (10,42%). Ostale dominantne svojte s više od 5% udjela u ukupnoj brojnosti pripadale su skupini **Y**: *Cryptomonas* sp. (5,1% u ožujku); skupini **X2**: *Plagioselmis lacustris* (6,07% u ožujku) skupini **J**: *Lagerheimia genevensis* (6,14% u travnju), *Scenedesmus quadricauda* (6,34% u listopadu), *Crucigenia tetrapedia* (5,21% u studenom); skupini **H1**: *Aphanizomenon gracile* (5,58% u ožujku; 5,41% u travnju); skupini **S1**: *Planktothrix agardhii* (6,05% u listopadu); skupini **$X_{Ph}$**: *Phacotus lenticularis* (10,16% u svibnju); skupini **$L_0$**: *Gymnodinium sp.* (6,89% u svibnju); skupini **X1**: *Monoraphidium minutum* (8,2% u svibnju; 5,65% u srpnju), *Ankistrodesmus arcuatus* (6,56% u svibnju; 8,11% u rujnu; 5,16% u listopadu; 8,93% u studenom). Slika 28 prikazuje dominantne svojte fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja.



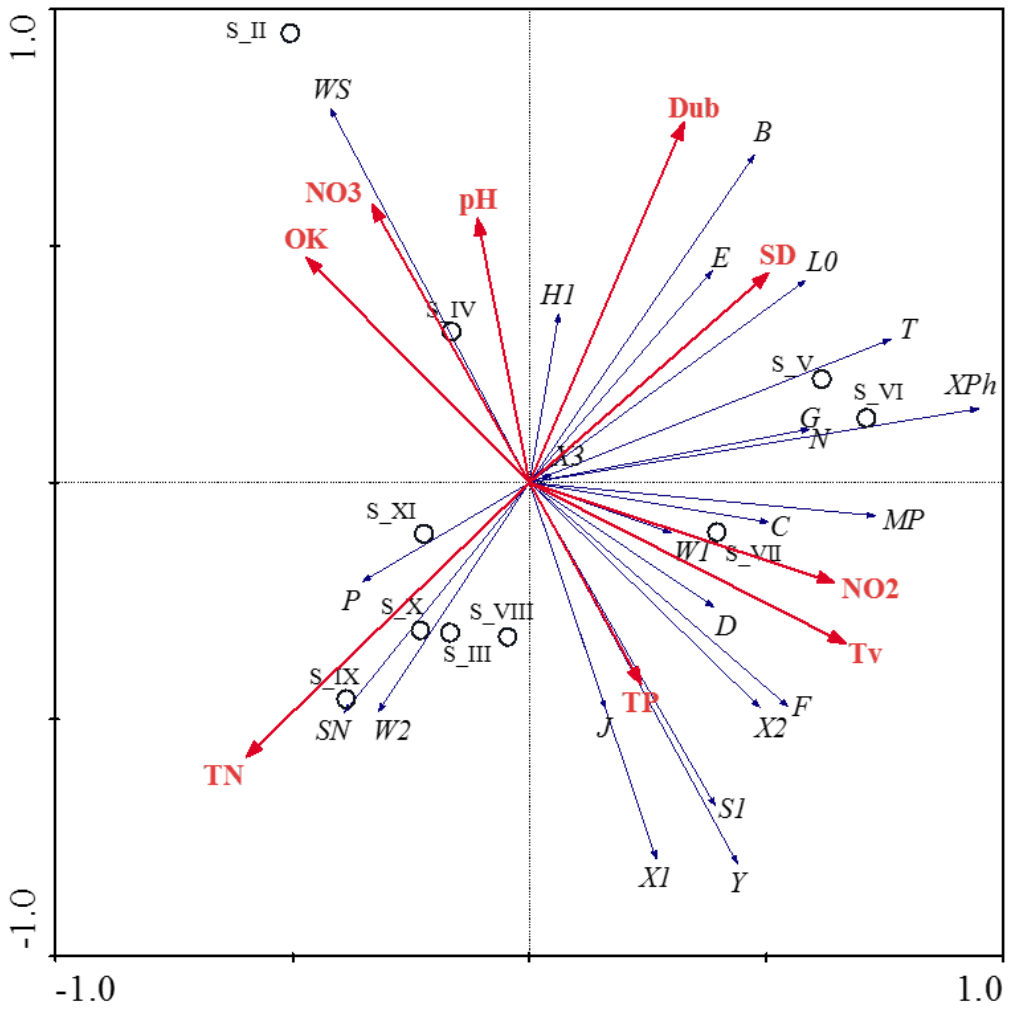

Slika 27. Udio dominantnih svojti u ukupnoj brojnosti fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016.godini




Slika 28. Dominantne svojte fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini; a) *Cryptomonas* sp., b) *Plagioselmis lacustris*, c) *Lagerheimia genevensis*, d) *Aphanizomenon gracile*, e) *Planktothrix agardhii*, f) *Dolichospermum solitarium*, g) *Scenedesmus quadricauda*, h) *Phacotus lenticularis*, i) *Crucigenia tetrapedia*, j) *Raphidiopsis raciborskii*, k) *Gymnodinium* sp., l) *Chroococcus minutus*, m) *Pseudanabaena limnetica*, n) *Monoraphidium minutum*, o) *Ankistrodesmus arcuatus*, p) *Chrysococcus rufescens*, r) *Pseudodidymocystis inconspicua*, s) *Kirchneriella lunaris*, t) *Cryptomonas erosa*, u) *Fragilaria acus*, v) *Cyclotella meneghiniana*, z) *Monoraphidium contortum* (Fotografije: Web 1-5: a, b, l, p, s; Tea Kristić: c-k, m-o, r, t-z)

### 3.4. RDA analiza

Iz RDA triplota vidljiv je međusobni odnos brojnosti funkcionalnih skupina fitoplanktona i fizikalno-kemijskih parametara vode utvrđenih tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini (Slika 29). Na ordinacijskom dijagramu su četiri kvadranta u kojima se nalaze vektori zavisnih i nezavisnih varijabli, čiji smjer i dužina pokazuju njihovu međusobnu ovisnost. Pozitivna korelacija očituje se u istom smjeru vektora i približno jednakoj dužini, dok se negativna prepoznaje u suprotnom smjeru vektora i različitim dužinama vektora. U prvom kvadrantu izdvojili su se uzorci iz veljače i travnja kada su na razvoj **WS** funkcionalne skupine najveći utjecaj imali koncentracija nitrata, otopljeni kisik te pH vode. Vrste iz skupine **WS** u prvom kvadrantu su u negativnoj korelaciji s koncentracijom nitrita, ukupnog fosfora i temperaturom vode. Drugi kvadrant pokazuje korelaciju dubine i prozirnosti vode s razvojem skupina **H1**, **X3**, **B**, **E**, $\mathbf{L_0}$, **T**, $\mathbf{X_{Ph}}$, **G** i **N** u svibnju i lipnju. Treći kvadrant obilježava koncentracija ukupnog dušika koja je pogodovala razvoju skupina **P**, $\mathbf{S_N}$ i **W2** tijekom ožujka, kolovoza, rujna, listopada i studenog. U posljednjem kvadrantu ističu se visoke koncentracije ukupnog fosfora i nitrita te visoka temperatura vode koji su u pozitivnoj korelaciji sa skupinama **MP**, **C**, **W1**, **D**, **F**, **X2**, **S1**, **Y**, **J**, **X1** i njihovim razvojem u srpnju.




Slika 29. Ordinacijski dijagram redundacijske analize na temelju brojnosti funkcionalnih skupina fitoplanktona i fizikalno-kemijskih parametara vode tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini (S_II–S_XI)

# 4. RASPRAVA

Izmjena poplavnih i sušnih razdoblja u Kopačkom ritu predstavlja jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na razvoj biotičkih zajednica pa tako i na sukcesije fitoplanktona (Mihaljević i sur., 1999). Istraživano razdoblje u 2016. godini obilježio je visoki vodostaj Dunava (> 5 m) i plavljenje u proljetnom i ljetnom razdoblju te povlačenje vode u kolovozu i niži vodostaj koji se zadržao do kraja godine. Visok vodostaj Dunava tijekom ranog proljeća i ljeta pridonio je povećanju dubine Sakadaškog jezera te su najveće vrijednosti zabilježene u veljači i lipnju, kada je utvrđena i najveća prozirnost vode. Jesensko i zimsko razdoblje bilo je karakterizirano nižim vodostajem Dunava i manjom dubinom i prozirnošću vode Sakadaškog jezera. Dotok dunavske vode utjecao je i na promjene električne provodljivosti vode. Tako su niže vrijednosti provodljivosti utvrđene u veljači i za vrijeme ljetnih mjeseci, tijekom dugotrajnih razdoblja plavljenja. Rezultati su u skladu s prijašnjim istraživanjima koja su pokazala da je provodljivost obrnuto proporcionalna vremenu trajanja povezanosti Dunava i Sakadaškog jezera (Stević, 2011). U veljači je najveću brojnost imala skupina **$L_0$** koja ima vrlo široku ekološku amplitudu pa se može razviti u rasponu od oligotrofnih do eutrofnih uvjeta u jezerima srednje veličine i velikim jezerima, a osjetljiva na dugotrajnije miješanje stupca vode (Padisák i sur., 2009). Funkcionalna skupina **$L_0$** može tolerirati smanjene koncentracije hranjivih tvari (Zanco i sur., 2017) što objašnjava i njezin položaj na RDA triplotu, gdje je negativno korelirana s koncentracijom ukupnog dušika. Iz te je skupine najrazvijenija bila vrsta *Chroococcus minutus* koja se pojavljuje u eutrofnim jezerima u hladnijim mjesecima (Cellamare i sur., 2013). Uz nju su bile zastupljene vrste *Cyclotella meneghiniana* iz skupine **C** i *Dolichospermum solitarium* iz skupine **H1**. Razvoju malih dijatomeja, poput vrste *C. meneghiniana*, mogu pogodovati uvjeti nižih temperatura, a toleriraju i manjak svjetlosti u stupcu vode (Tian i sur., 2015). Stoga je ova vrsta tijekom istraživanja bila zastupljena sve do ljeta, a s većom brojnošću se ponovo pojavila tek u studenom. Poznato je da su vrste iz skupine **H1** osjetljive na poplave i visoke koncentracije dušika, što je pogodovalo razvoju vrste *D. solitarium*. Dobro je bila razvijena i vrsta *Chrysococcus rufescens* (skupina **X3**) kojoj je pogodovalo naglo smanjenje koncentracije nitrata tijekom veljače i male koncentracije fosfora (Köhler i Hoeg, 2000).

U razdoblju lipanj-rujan utvrđene su niže koncentracije otopljenog kisika, općenito karakteristične za ljetno razdoblje. Smanjenje koncentracije otopljenog kisika u jezerima ovisi o miješanju vertikalnog stupca vode zbog poplava i intenzivnim procesima bakterijske razgradnje organske tvari u sedimentu (McCarthy i sur., 2008). Tijekom plavljenja su u ljetnom razdoblju zabilježene i niske koncentracije Chl-a u vodi koje općenito ukazuju na smanjenje biomase fitoplanktona (Mihaljević i sur., 2009). To potvrđuje i niska brojnost fitoplanktona (<11 x $10^6$ jed./L) utvrđena u razdoblju lipanj-kolovoz. Također su se uzorci iz razdoblja svibanj-srpanj nMDS analizom grupirali zbog veće dubine i prozirnosti jezera, viših temperatura vode te viših koncentracija nitrita i ukupnog fosfora. Tijekom ovog razdoblja dominirale su funkcionalne skupine **Y**, **X1**,**C, D** i **F** koje se na RDA triplotu nalaze u četvrtom kvadrantu, a njihov je razvoj u snažnoj korelaciji s koncentracijom ukupnog fosfora, temperaturom vode i koncentracijom nitrita. Najveći udio u brojnosti skupina **Y**, **X1** i **C** tijekom ljetnih mjeseci činile su vrste *C. erosa*, *M. contortum* i *C. meneghiniana*. Vrsta *C. erosa* (skupina **Y**) bila je dobro razvijena tijekom cijelog istraživanog razdoblja, a dominirala je u lipnju kada je činila 26,82% ukupne brojnosti fitoplanktona. Skupina **Y** uključuje velike kriptofite i male dinoflagelate koji se mogu prilagoditi širokom rasponu staništa i obitavati u gotovo svim lentičkim sustavima, ako je hranidbeni pritisak zooplanktona slab (Padisák i sur., 2009). Također su brzorastuće i brzo primaju nutrijente zbog velikog omjera površine i volumena stanice (Reynolds i sur., 2002). Imaju bičeve te mogu vertikalno migrirati i kretati se prema slojevima vode s dovoljno svjetlosti i hranjivih tvari, tako da se mogu brzo prilagoditi na promjene ekoloških čimbenika (Tian i sur., 2015). Vrsta *M. contortum* (skupina **X1**) bila je dobro zastupljena od ranog proljeća do početka jeseni s udjelom brojnosti od 2,29% do 15,95%. Karakteristična je za eutrofne do hipertrofne plitke vodene biotope, malih je dimenzija i brzo raste u odsutnosti hranidbenog pritiska zooplanktona. Iako njenom razvoju pogoduje miješanje stupca vode, može podnijeti stratifikaciju, ali ne i manjak nutrijenata (Reynolds i sur., 2002). Vjerojatno je razvoju ove vrste pogodovala velika količina nutrijenata nakon razdoblja plavljenja i velika prozirnost vode u razdoblju povlačenja poplavne vode u korito rijeke (Soylu i Gönülol, 2010). Na RDA triplotu vidljiv je snažan utjecaj ukupne količine fosfora na razvoj ove funkcionalne skupine. Zbog miješanja stupca vode, dobro je bila razvijena vrsta *C. meneghiniana* (skupina **C**) koja tolerira i manjak svjetlosti (Tian i sur., 2015). Vrsta *Fragilaria acus* (skupina **D)** bila je dobro zastupljena u ljetnom i jesenskom razdoblju. Ovoj vrsti odgovaraju dobro izmiješane, plitke

vode, uključujući i rijeke (Padisák i sur., 2009), a osjetljiva je na nedostatak nutrijenata (Soylu i Gönülol, 2010). Skupina **F,** u kojoj je vrsta *K. lunaris* dominirala tijekom kolovoza, obično se pojavljuje tijekom ljetnih mjeseci, a karakteriziraju ju kolonijalne zelene alge, uglavnom cenobijalni oblici, koje se razvijaju u bistrom epilimnionu jezera, ali su također tolerantne na miješanje stupca vode i manjak nutrijenata (Padisák i sur., 2009; Reynolds i sur., 2002). Općenito, razvoj ovih vrsta ukazuje na veliki utjecaj poplava u ljetnom razdoblju na sastav zajednica i brojnost fitoplanktona. Svojte iz skupine **F** kodominantne su obično u prijelaznom razdoblju koje karakterizira velika prozirnost i niža ukupna brojnost drugih fitoplanktonskih vrsta (Fernández i sur., 2014). Zajednica karakterizirana skupinama **X1**, **F**, **J**, **C** i **D**, čijem razvoju pogoduju više temperature vode i količina hranjivih tvari, već je utvrđena u Sakadaškom jezeru nakon snažnih dugotrajnih poplava u ljetnom razdoblju, koje predstavljaju disturbaciju i djeluju negativno na razvoj fitoplanktona (Mihaljević i sur., 2010).

U ovom istraživanju najveća brojnost fitoplanktona zabilježena je upravo nakon razdoblja plavljenja, u rujnu. Uz već spomenute predstavnike skupina **Y** i **X1**, ovi uvjeti su pogodovali razvoju vrste *Raphidiopsis raciborskii* (**SN**)**,** filamentozne cijanobakterije koja može fiksirati atmosferski dušik, a naseljava tople vode, tolerira miješanje stupca vode i nedostatak svjetlosti i dušika (Reynolds i sur., 2002). U rujnu je bila zastupljena sa 16,49% udjela, a s manjom brojnošću je zabilježena i u listopadu. Masovan razvoj ove vrste utvrđen je u jezerima diljem Europe (Kokociński i sur., 2017; Antunes i sur., 2015; Saker i sur., 2003; Briand i sur., 2002), a posebno joj pogoduju više temperature vode u jesenskom razdoblju (Borics i sur., 2012). Mala prozirnost koja je utvrđena u rujnu ukazuje na manju količinu svjetlosti u stupcu vode koju filamentozne cijanobakterije poput *R. raciborskii* dobro podnose i dominiraju nad vrstama osjetljivim na nedostatak svjetlosti (Mihaljević i Stević, 2011). Na RDA triplotu razvoj ove vrste je u negativnoj korelaciji s dubinom i prozirnošću vode, ali pozitivno koreliran s visokom koncentracijom ukupnog dušika. Istraživanja su pokazala da se *R. raciborskii* jednako uspješno razvija i dominira u uvjetima vrlo malih, ali i visokih vrijednosti omjera dušika i fosfora (N:P), što je još jedna kompetitivna snaga ove tropske cijanobakterije koja je, uz otpornost na vrlo visoke temperature vode i *grazing*, omogućila njeno širenje umjerenim područjima (Chislock i sur., 2014).

U listopadu i studenom dominantna vrsta bila je *F. acus* iz skupine **D** kojoj su odgovarali uvjeti veće količine nutrijenata i više koncentracije otopljenog kisika (Tian i sur., 2015). Poznato

je da je dominacija dijatomeja iz skupine **D** povezana s oscilacijama u temperaturi vode (Fernández i sur., 2014), što potvrđuje i snažna korelacija vidljiva na RDA triplotu. Povećanje brojnosti dijatomeja u jesenskom i zimskom razdoblju tipično je obilježje plitkih eutrofičnih jezera (Fernández i sur., 2014). Općenito, kraj istraživanog razdoblja, studeni, obilježio je značajan pad ukupne brojnosti fitoplanktona, što se može povezati s uvjetima niže temperature vode i smanjene količine svjetlosti u stupcu vode.

# 5. ZAKLJUČCI

- Kvalitativnom analizom je ukupno utvrđeno 198 fitoplanktonskih vrsta, što upućuje na relativno veliku raznolikost fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom 2016. godine.
- Najmanji broj vrsta zabilježen je u zimskom razdoblju, a najveći tijekom ljeta. Najveći udio vrsta u kvalitativnom sastavu fitoplanktona imala je skupina Chlorophyta (43%).
- Utvrđeno je 26 funkcionalnih skupina (**B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H1**, **J**, **$L_0$, M, MP, N, P, Q**, **S1**, **S2**, **SN**, **T**, **W1**, **W2**, **WS**, **X1, X2**, **X3**, **XPh** i **Y)**, od kojih su 23 zabilježene u kvantitativnoj analizi (osim **M**, **Q** i **S2**).
- Sukcesije funkcionalnih skupina ovisile su o vodostaju Dunava i dinamici plavljenja koji su uvjetovali promjene fizikalno-kemijskog okoliša, a najveći postotni udio u ukupnoj brojnosti imale su skupine **$L_0$**, **F**, **X1**, **Y**, **D**.
- Skupina **X1** dominirala je tijekom cijelog razdoblja istraživanja s najvećim udjelom u ukupnoj brojnosti tijekom stabilnih hidroloških prilika u rujnu (41,35%).
- Tijekom velikih poplava u kasnoproljetnom i ljetnom razdoblju utvrđena je mala brojnost fitoplanktona, uz dominaciju funkcionalnih skupina **Y**, **X1**, **D**, **C** i **F** čiji je razvoj bio uvjetovan temperaturom vode te koncentracijom ukupnog fosfora i nitrita.
- Ukupna brojnost fitoplanktona bila je najveća u rujnu (16,76 x $10^6$ jed./L), uz dobru zastupljenost vrsta iz skupina **$S_N$**, **Y** i **X1** koje mogu podnijeti turbidne uvjete karakterizirane smanjenom dubinom i prozirnošću te manjkom svjetlosti u stupcu vode.

# 6. LITERATURA

Antić, M., Jovanović B., Jović, N., Munkačević, V., Nikolandić, S. (1969) Fitocenološko-pedološka istraživanja u plavnom području Baranje. Jelen 8: 99-114.

Saker, M. L., Nogueira, I. C., Vasconcelos, V. M. (2003) Distribution and toxicity of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) in Portuguese freshwaters. Limnetica 22: 129-136.

Bogut, I., Čerba, D., Vidaković, J., Gvozdić, V. (2010) Interactions of weed-bed invertebrates and Ceratophyllum demersum stands in a foodplain lake. Biologia 65: 113-121.

Bonacci, O., Tadic, Z., Morzan, A., Radeljak, I. (2002) Park prirode Kopački rit - Plan upravljanja-Sektorska studija "Hidrologija i meteorologija". Osijek, Hidroing d.o.o za projektiranje i inženjering.

Borics, G., Tóthmérész, B., Lukács, B. A., Várbíró, G. (2012) Functional groups of phytoplankton shaping diversity of shallow lake ecosystems. U: Salmaso, N., Naselli-Flores, L., Cerasino, L., Flaim, G., Tolotti, M., Padisák, J. Phytoplankton impacts at different scales. Springer, Dordrecht, str. 251-262.

Borics, G., Várbíró, G., Grigorszky, I., Krasznai, E., Szabó, S., Kiss, K. T. (2007) A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. Large Rivers (2007): 466-486.

Božičević S. (2003) Geološke značajke. U: Kopački rit, Park prirode. Ekološki turistički vodič. (ur. Springer OP). Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Barbat, Zagreb, 63-66 pp.

Briand, J. F., Robillot, C., Quiblier-Lloberas, C., Humbert, J. F., Couté, A., Bernard, C. (2002) Environmental context of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) blooms in a shallow pond in France. Water research 36: 3183-3192.

Brooks, J. L., Dodson, S. I. (1965) Predation, body size, and composition of plankton. Science 150: 28-35.

Buijse, A. D., Coops, H., Staras, M., Jans, L. H., Van Geest, G. J., Grift, R. E., Ibelings B. W., Oosterberg W., Roozen, F. C. (2002) Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. Freshwater biology 47: 889-907.

Cellamare, M., de Tezanos Pinto, P., Leitão, M., Coste, M., Boutry, S., Haury, J. (2013) Using functional approaches to study phytoplankton communities in a temperate region exposed to tropical species dispersal. Hydrobiologia 702: 267-282.

Chislock, M. F., Doster, E., Zitomer, R. A., Wilson, A. E. (2013) Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. Nature Education Knowledge 4: 4-10.

Chislock, M. F., Sharp, K. L., Wilson, A. E. (2014) *Cylindrospermopsis raciborskii* dominates under very low and high nitrogen-to-phosphorus ratios. Water Research 49: 207-214.

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

Costa, L. S., Huszar, V. L. M., Ovalle, A. R. (2009) Phytoplankton functional groups in a tropical estuary: hydrological control and nutrient limitation. Estuaries and Coasts, 32: 508-521.

Devercelli, M. (2006) Phytoplankton of the Middle Paraná River during an anomalous hydrological period: a morphological and functional approach. Hydrobiologia 563: 465-478.

Erwin, K. L. (2009) Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. Wetlands Ecology and management 17: 71-84.

Fernández, C., Cáceres, E. J., Parodi, E. R. (2014) Phytoplankton Development in a Highly Eutrophic man-made Lake From the Pampa plain of Argentina–a functional Approach. International Journal of Environmental Research 8: 1-14.

Finkel, Z. V., Beardall, J., Flynn, K. J., Quigg, A., Rees, T. A. V., Raven, J. A. (2009) Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. Journal of plankton research 32: 119-137.

García de Emiliani, M. O. (1993) Seasonal succession of phytoplankton in a lake of the Paraná River floodplain, Argentina. Hydrobiologia 264: 101-114.

Gucunski, D. (1973) Prilog poznavanju planktonske flore u zaštićenom području „Kopački rit“. Acta Botanica Croatia 32: 205-215.

Gucunski, D. (1974) Sezonske oscilacije fitoplanktona u zaštićenom području „Kopački rit“. Acta Botanica Croatia 33: 163-173.

Gucunski, D. (1984) Fitoplankton Sakadaškog jezera nakon katastrofalnog djelovanja otpadnih voda u ožujku 1984. godine. Drugi kongres biologa Hrvatske, Zadar, Zbornik sažetaka priopćenja, 81-82.

Gucunski, D. (1986) Ekološki problemi Specijalnog zoološkog rezervata „Kopački rit“. Pravni vjesnik 2: 329-331.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2017) AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.

Hein, T., Baranyi, C., Heiler, G., Holarek, C., Riedler, P., Schiemer, F. (1999) Hydrology as a major factor determining plankton development in two floodplain segments and the River Danube, Austria. Large Rivers (1999): 439-452.

Hein, T., Schagerl, M., Heiler, G., Schiemer, F. (1996) Chlorophyll-a and hydro-chemical dynamics in a backwater system of the Danube, controlled by hydrology. Large Rivers 1996: 463-470.

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

Hindak, F., Cyrus, Z., Marvan, P., Javornicky, P., Komarek, J., Ettl, H., Rosa, K., Sladečkova, A., Popovsky, J., Punčocharova, M., Lhotsky, O. (1978) Slatkovodne riasy. Slovenske pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.

Hindak, F., Komarek, J., Marvan, P., Ružička, J. (1975) Kluč na určovanie vytrusnych rastlin. Slovenske pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.

Hood, R. R., Laws, E. A., Armstrong, R. A., Bates, N. R., Brown, C. W., Carlson, C. A., ... Friedrichs, M. A. (2006) Pelagic functional group modeling: Progress, challenges and prospects. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 53: 459-512.

Hortobägyi, T. (1944) Beitrag zur Kenntnis der Mikrophytobiocönose des Bellyer Teiches in Monat August. Albertina 1: 65-112.

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 the marshes of Lake Sakadaš. Periodicum biologorum 105: 307-312.

Hu, R., Han, B., Naselli-Flores, L. (2013) Comparing biological classifications of freshwater phytoplankton: a case study from South China. Hydrobiologia 701: 219-233.

Huber-Pestalozzi, G. (1961-1983). Das Phytoplankton des Süsswassers. Teil 1-7. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Huszar, V., Kruk, C., Caraco, N. (2003) Steady-state assemblages of phytoplankton in four temperate lakes (NE USA). U: Naselli-Flores, L., Padisák, J., Bach, M. F. Phytoplankton and Equilibrium Concept: The Ecology of Steady-State Assemblages. Springer, Dordrecht, str. 97-109.

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). (2008) Linking climate change and water resources: impacts and responses. U: Bates, B., Kundzewicz Z. W., Wu, S., Palutikof, J. Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva, str. 35-51.

Irwin, A. J., Finkel, Z. V., Schofield, O. M., Falkowski, P. G. (2006) Scaling-up from nutrient physiology to the size-structure of phytoplankton communities. Journal of plankton research, 28: 459-471.

Izaguirre, I., Allende, L., Escaray, R., Bustingorry, J., Pérez, G., Tell, G. (2012) Comparison of morpho-functional phytoplankton classifications in human-impacted shallow lakes with different stable states. U: Salmaso, N., Naselli-Flores, L., Cerasino L., Flaim G., Tolotti M., Padisák J. Phytoplankton responses to human impacts at different scales. Springer, Dordrecht, str. 203-216.

Janse, J. H., Domis, L. N. D. S., Scheffer, M., Lijklema, L., Van Liere, L., Klinge, M., Mooij, W. M. (2008) Critical phosphorus loading of different types of shallow lakes and the

consequences for management estimated with the ecosystem model PCLake. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters 38: 203-219.

Jovanović, B. (1965) Biljni svet - osnovne karakteristike autohtone flore i vegetacije Beljskog lovno-šumskog područja. Jelen 3: 61-81.

Junk, W. J., Bayley, P. B., Sparks, R. E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences 106: 110-127.

Köhler, J., Hoeg, S. (2000) Phytoplankton selection in a river-lake system during two decades of changing nutrient supply. U: Reynolds, C. S., Dokulil, M., Padisák, J. The Trophic Spectrum Revisited. Springer, Dordrecht, str. 13-24.

Antunes, J. T., Leão, P. N., Vasconcelos, V. M. (2015) *Cylindrospermopsis raciborskii*: review of the distribution, phylogeography, and ecophysiology of a global invasive species. Frontiers in Microbiology 6: 473.

Kokociński, M., Gągała, I., Jasser, I., Karosienė, J., Kasperovičienė, J., Kobos, J., Mankiewicz-Boczek, J. (2017) Distribution of invasive *Cylindrospermopsis raciborskii* in the East-Central Europe is driven by climatic and local environmental variables. FEMS microbiology ecology, 93: 1-8.

Komárek, J. (1973) The communities of algae of Opatovicky Fishpound (South Bohemia). U: Heiny, S. Ecosystem on Wetland Biome in Czechoslovakia. Czechoslovak National Committee for the International Biological Programme, Czechoslovak Academy of Sciences, Trebon, str. 179-184.

Komárek, J. (2013) Cyanoprokaryota Part 3: Heterocytous Genera. SpringerSpektrum, Heilderberg.

Komárek, J., Anagnostidis K. (1989) Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4, Nostocales. Algological Studies 56: 247-345.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1999) Bacillariophyceae Part 1: Naviculaceae, Freshwater Flora of Central Europe. SpringerSpektrum, Heidelberg.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2008a) Bacillariophyceae Part 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, Freshwater Flora of Central Europe. SpringerSpektrum, Heidelberg.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2008b) Bacillariophyceae Part 3: Centrales, Fragilariaceae, Eutnotiaceae, Freshwater Flora of Central Europe. SpringerSpektrum, Heidelberg.

Kruk, C., Huszar, V. L., Peeters, E. T., Bonilla, S., Costa, L., Lüring, M., Reynolds, C. S., Scheffer, M. (2010) A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. Freshwater biology 55: 614-627.

Kruk, C., Segura, A. M. (2012) The habitat template of phytoplankton morphology-based functional groups. U: Salmaso, N., Naselli-Flores, L., Cerasino L., Flaim G., Tolotti M., Padisák J. Phytoplankton responses to human impacts at different scales. Springer, Dordrecht, str. 191-202.

Lampert, W., Sommer, U. (2007) Limnoecology. Oxford University Press Inc., New York.

Litchman, E., Klausmeier, C. A. (2008) Trait-based community ecology of phytoplankton. Annual review of ecology, evolution, and systematics 39: 615-639.

McCarthy, M. J., McNeal, K. S., Morse, J. W., Gardner, W. S. (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.

Meerhoff, M., Clemente, J. M., de Mello, F. T., Iglesias, C., Pedersen, A. R., Jeppesen, E. (2007) Can warm climate-related structure of littoral predator assemblies weaken the clear water state in shallow lakes? Global Change Biology 13: 1888-1897.

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 35: 115-121.

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.

Mihaljević, M., Novoselić, D. (2000) Trophic state of Lake Sakadaš (Nature Reserve Kopački rit, Croatia) in the late autumnal and winter period of 1997/98. Periodicum Biologorum 102: 253-257.

Mihaljević, M., Stević, F. (2011) Cyanobacterial blooms in a temperate river-floodplain ecosystem: the importance of hydrological extremes. Aquatic ecology 45: 335-349.

Mihaljević, M., Stević, F., Horvatić, J., Kutuzović, B. H. (2009) Dual impact of the flood pulses on the phytoplankton assemblages in a Danubian floodplain lake (Kopački Rit Nature Park, Croatia). Hydrobiologia 618: 77-88.

Mihaljević, M., Stević, F., Špoljarić, D., Pfeiffer, T. Ž. (2015) Spatial pattern of phytoplankton based on the morphology-based functional approach along a river–floodplain gradient. River research and applications 31: 228-238.

Mihaljević, M., Špoljarić, D., Stević, F., Pfeiffer, T. Ž. (2013) Assessment of flood-induced changes of phytoplankton along a river–floodplain system using the morpho-functional approach. Environmental monitoring and assessment 185: 8601-8619.

Milovanović, D., Živković, A. (1950) Prethodna saopštenja o sezonskim promenama organske produkcije u vodama plavne oblasti Dunava kod Apatina. Srpska akademija nauka, Beograd.

Moore, J. K., Doney, S. C., Kleypas, J. A., Glover, D. M., Fung, I. Y. (2001) An intermediate complexity marine ecosystem model for the global domain. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 49: 403-462.

Mutshinda, C. M., Finkel, Z. V., Widdicombe, C. E., Irwin, A. J. (2016) Ecological equivalence of species within phytoplankton functional groups. Functional ecology 30: 1714-1722.

Naselli-Flores, L., Barone, R. (2011) Invited review-fight on plankton! Or, phytoplankton shape and size as adaptive tools to get ahead in the struggle for life. Cryptogamie, Algologie 32: 157-205.

OECD (1982) Eutrophication of waters. Monitoring, Assessment and Control. OECD Publications, Paris.

Padisák, J., Crossetti, L.O., Naselli-Flores, L. (2009) Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. Hydrobiologia 621: 1-19.

Ploug, H., Stolte, W., Epping, E. H., Jørgensen, B. B. (1999) Diffusive boundary layers, photosynthesis, and respiration of the colony-forming plankton algae, Phaeocystis sp. Limnology and oceanography 44: 1949-1958.

Popić, Z. (2011) Utjecaj svjetlosti na vertikalnu distribuciju fitoplanktona Sakadaškog jezera. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Odjel za biologiju, Osijek.

Raven, J. A. (1981) Nutrient transport in microalgae. Advances in microbial physiology 21: 47-226.

Reynolds, C. S. (1997) Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory (Vol. 9). Oldendorf: Ecology Institute.

Reynolds, C. S. (2007) Variability in the provision and function of mucilage in phytoplankton: facultative responses to the environment. Hydrobiologia 578: 37-45.

Reynolds, C.S. (2006) The Ecology of Phytoplankton. Cambridge, Cambridge University Press.

Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., Melo, S. (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research 24: 417-428.

Roozen, F. C., Van Geest, G. J., Ibelings, B. W., Roijackers, R., Scheffer, M., Buijse, A. D. (2003) Lake age and water level affect the turbidity of floodplain lakes along the lower Rhine. Freshwater Biology 48: 519-531.

Salmaso, N., Padisák, J. (2007) Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). Hydrobiologia 578: 97-112.

Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B., Jeppesen, E. (1993) Alternative equilibria in shallow lakes. Trends in ecology & evolution 8: 275-279.

Schindler, D. W., Hecky, R. E., Findlay, D. L., Stainton, M. P., Parker, B. R., Paterson, M. J., Kasian, S. E. M. (2008) Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input:

results of a 37-year whole-ecosystem experiment. Proceedings of the National Academy of Sciences 105: 11254-11258.

Sieburth, J.M., Smetacek, V., Lenz, J. (1978) Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. Limnology and Oceanography 23: 1256-163.

Sommer, U., Gliwicz, Z. M., Lampert, W., Duncan, A. (1986) The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. Archiv fur Hydrobiologie 106: 433-471.

Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Johansson, L. S., Jeppesen, E. (2017) Nitrogen or phosphorus limitation in lakes and its impact on phytoplankton biomass and submerged macrophyte cover. Hydrobiologia 795: 35-48.

Soylu, E. N., Gönülol, A. (2010) Functional classification and composition of phytoplankton in Liman Lake. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 10: 53-60.

Starmach K. (1966) Flora slodkowodna Polski. Tom 2: Cyanophyta-sinice Glaucophyta-Glaukofity. Panstwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa.

Stević, F. (2011) Složenost utjecaja poplava na strukturu i dinamiku fitoplanktona poplavnog područja. Doktorski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strosmayera, Osijek i Institut Ruđer Bošković, Zagreb.

Stević, F., Mihaljević, M., Špoljarić, D. (2013) Changes of phytoplankton functional groups in a floodplain lake associated with hydrological perturbations. Hydrobiologia 709: 143-158.

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

Strickland, J.D.H., Parson, T.R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 167:1-310.

Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P. (2002) CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power

Tian, C., Pei, H., Hu, W., Hao, D., Doblin, M. A., Ren, Y., Wei, J., Feng, Y. (2015) Variation of phytoplankton functional groups modulated by hydraulic controls in Hongze Lake, China. Environmental Science and Pollution Research 22: 18163-18175.

Tockner, K., Malard, F., Ward, J. V. (2000) An extension of the flood pulse concept. Hydrological processes 14: 2861-2883.

Tockner, K., Pennetzdorfer, D., Reiner, N., Schiemer, F., Ward, J. V. (1999) Hydrological connectivity, and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river–floodplain system (Danube, Austria). Freshwater Biology 41: 521-535.

Tockner, K., Stanford, J. A. (2002) Riverine flood plains: present state and future trends. Environmental conservation 29: 308-330.

UNESCO (1966) Determination of phytoplankton pigments in sea water. Report of SCORUNESCO Working Group 17. Imprimerie Rolland, Paris.

Utermöhl, H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen der international Vereinigung für theoretische und angewandte. Limnologie 9:1-38.

Vidaković, J., Bogut, I. (2007) Periphyton nematode assemblages in association with *Myriophyllum spicatum* L. in Lake Sakadaš, Croatia. Russian Journal of Nematology 15: 79-88.

Weithoff, G. (2003) The concepts of ‘plant functional types’ and ‘functional diversity’in lake phytoplankton–a new understanding of phytoplankton ecology? Freshwater biology 48: 1669-1675.

Woynarovich, E. (1944) Ein Querschnitt durch die limnologischen Verhältnisse des Bellyer und Kopacser Teiches, sowie der Donau und Drau. Albertina 1: 34-64.

Zanco, B. F., Pineda, A., Bortolini, J. C., Jati, S., Rodrigues, L. C. (2017) Phytoplankton functional groups indicators of environmental conditions in floodplain rivers and lakes of the Paraná Basin. Acta Limnologica Brasiliensia 29.

Web izvori

1. ProtistImages : *Cryptomonas sp.*

http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Mastigophora/Cryptomonas/sp_32.html (15.09.2019)

2. ID-TAX : Fitoplancton

http://eportal.mapama.gob.es/id_tax/ficha/buscador/2/27402 (15.09.2019)

3. Nordic Microalgae and aquatic protozoa: Taxonomy

http://nordicmicroalgae.org/taxon/Chroococcus%20minutus (15.09.2019)

4. EQUAT PHYTOPLANKTON: External Quality Assesment Trial Phytoplankton

https://www.planktonforum.eu/fileadmin/phyto/ned/algen/original/Chrysococcus_ruferscens_1.jpg (15.09.2019)

5. ProtistImages: *Kirchneriella lunaris*

http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Kirchneriella/lunaris/lunaris9.html (15.09.2019)

# 7. PRILOZI

Prilog 1. Kvalitativni sastav fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

| | Popis vrsta | FS | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **CYANOBACTERIA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Dolichospermum circinale* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek | **H1** | + | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 2 | *Dolichospermum solitarium* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek | **H1** | + | - | - | + | + | - | - | - | + | - |
| 3 | *Anabaenopsis arnoldii* Aptekar | **H1** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 4 | *Aphanizomenon gracile* Lemmermann | **H1** | + | + | + | + | - | + | - | + | + | + |
| 5 | *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli | **$L_0$** | + | + | + | - | + | - | + | + | - | - |
| 6 | *Chroococcus rufescens* (Kützing) Nägeli | **$L_0$** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 7 | *Raphidiopsis raciborskii* (Woloszynska) Aguilera, Berrendero Gómez, Kastovsky, Echenique & Salerno | **SN** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 8 | *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert | **S1** | - | + | + | + | + | - | + | - | + | + |
| 9 | *Lyngbya martensiana* Meneghini ex Gomont | **MP** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 10 | *Merismopedia tranquilla* (Ehrenberg) Trevisan | **$L_0$** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 11 | *Merismopedia sp.* | **$L_0$** | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 12 | *Merismopedia tenuissima* Lemmermann | **$L_0$** | - | - | + | + | - | + | + | + | + | - |
| 13 | *Merismopedia elegans* A.Braun ex Kützing | **$L_0$** | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 14 | *Merismopedia glauca* (Ehrenberg) Kützing | **$L_0$** | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 15 | *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek ex Komárek | **M** | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | *Oscillatoria limosa* C.Agardh ex Gomont | **MP** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek | **S1** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 18 | *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg | **S1** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek | **S1** | - | - | + | + | - | + | + | + | + | + |
| 20 | *Pseudanabaena catenata* Lauterborn | **S1** | - | + | + | - | - | - | + | + | + | - |
| 21 | *Rhabdoderma lineare* Schmidle & Lauterborn | **$L_0$** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 22 | *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák | **$L_0$** | - | - | + | + | + | - | - | + | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | *Arthrospira platensis* Gomont | **S2** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | |
| | **EUGLENOPHYTA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Euglena pisciformis* Klebs | **W1** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 2 | *Lepocinclis tripteris* (Dujardin) B.Marin & Melkonian | **W1** | - | + | + | - | - | - | + | - | + | - |
| 3 | *Euglena variabilis* G.A.Klebs | **W1** | - | - | - | + | + | + | + | + | + | - |
| 4 | *Lepocinclis acus* (O.F.Müller) B.Marin & Melkonian | **W1** | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 | *Euglena ehrenbergii* G.A.Klebs | **W1** | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| 6 | *Lepocinclis oxyuris* (Schmarda) B.Marin & Melkonian | **W1** | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 7 | *Euglenaformis proxima* (P.A.Dangeard) M.S.Bennett & Triemer | **W1** | + | + | + | - | - | + | + | + | - | - |
| 8 | *Euglena texta* (Dujardin) Hübner | **W1** | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 9 | *Phacus acuminatus* Stokes | **W1** | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 10 | *Phacus curvicauda* Svirenko | **W1** | - | - | - | - | + | - | - | + | - | - |
| 11 | *Phacus helikoides* Pochmann | **W1** | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - |
| 12 | *Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin | **W1** | - | - | + | + | + | + | + | - | + | - |
| 13 | *Phacus orbicularis* K.Hübner | **W1** | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 14 | *Phacus pleuronectes* (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin | **W1** | - | + | - | + | + | + | - | - | - | - |
| 15 | *Monomorphina pyrum* (Ehrenberg) Mereschkowsky | **W1** | - | - | + | - | + | - | + | - | - | - |
| 16 | *Phacus suecicus* Lemmermann | **W1** | - | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| 17 | *Phacus caudatus* Hübner | **W1** | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - |
| 18 | *Trachelomonas hispida* (Perty) F.Stein | **W2** | - | + | - | - | + | - | + | - | - | - |
| 19 | *Trachelomonas oblonga* Lemmermann | **W2** | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 20 | *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg | **W2** | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| | | | | | | | | | | | | |
| | **PYRROPHYTA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin | **$L_0$** | - | - | + | - | - | + | - | - | - | - |
| 2 | *Gymnodinium sp.* | **$L_0$** | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 | *Peridinium bipes* F.Stein | **$L_0$** | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | *Peridinium cinctum* (O.F.Müller) Ehrenberg | **$L_0$** | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro, Calado, Daugbjerg & Moestrup | **$L_0$** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | *Apocalathium aciculiferum* (Lemmermann) Craveiro, Daugbjerg, Moestrup & Calado | **$L_0$** | + | + | + | - | + | + | + | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | |
| | **CRYPTOPHYTA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Cryptomonas erosa* Ehrenberg | **Y** | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | *Cryptomonas sp.* | **Y** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | *Plagioselmis lacustris* (Pascher & Ruttner) Javornicky | **X2** | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - |
| | | | | | | | | | | | | |
| | **CHRYSOPHYTA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing | **MP** | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + |
| 2 | *Asterionella formosa* Hassall | **C** | + | + | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 3 | *Asterionella formosa var. acaroides* Lemmermann | **C** | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen | **C** | - | - | + | + | + | - | + | + | + | - |
| 5 | *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen | **B** | + | + | + | + | - | - | - | - | + | - |
| 6 | *Chrysococcus rufescens* Klebs | **X3** | + | + | + | + | + | - | + | + | - | + |
| 7 | *Cyclotella meneghiniana* Kützing | **C** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 8 | *Cyclotella* sp. | **C** | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 9 | *Surirella librile* (Ehrenberg) Ehrenberg | **MP** | + | + | + | - | - | + | - | - | - | - |
| 10 | *Brebissonia lanceolata* (C.Agardh) R.K.Mahoney & Reimer | **MP** | - | - | + | - | + | - | - | - | - | - |
| 11 | *Cymbella sp.* | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck | **MP** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 13 | *Encyonema ventricosum* (C.Agardh) Grunow | **MP** | - | + | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 14 | *Cymbella cistula* (Ehrenberg) O.Kirchner | **MP** | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - |
| 15 | *Cymbella cymbiformis* C.Agardh | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | *Cymbopleura inaequalis* (Ehrenberg) Krammer | **MP** | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | *Diatoma tenuis* C.Agardh | **P** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | *Dinobryon sociale* (Ehrenberg) Ehrenberg | **E** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | *Dinobryon divergens* O.E.Imhof | **E** | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + |
| 20 | *Fragilaria capucina* Desmazières | **P** | - | + | - | - | + | + | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | *Staurosira construens* Ehrenberg | **MP** | - | + | - | - | + | + | - | - | - | - |
| 22 | *Fragilaria crotonensis* Kitton | **P** | + | + | - | + | + | + | + | - | - | - |
| 23 | *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson | **MP** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 24 | *Gomphonema sp.* | **MP** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst | **MP** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 27 | *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow | **MP** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 28 | *Mallomonas ploesslii* Perty | **E** | - | - | + | + | + | + | + | - | + | + |
| 29 | *Aulacoseira granulata var. angustissima* (O.Müller) Simonsen | **P** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 30 | *Melosira undulata* (Ehrenberg) Kützing | **MP** | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 31 | *Melosira varians* C.Agardh | **MP** | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - |
| 32 | *Navicula cryptocephala* Kützing | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 33 | *Navicula tripunctata* (O.F.Müller) Bory | **MP** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 34 | *Hippodonta hungarica* (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski | **MP** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 35 | *Navicula oblonga* (Kützing) Kützing | **MP** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 36 | *Navicula sp.* | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 37 | *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 38 | *Craticula cuspidata* (Kutzing) D.G.Mann | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 39 | *Paraplaconeis placentula* (Ehrenberg) M.S.Kulikovskiy & Lange-Bertalot | **MP** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 40 | *Navicula radiosa* Kützing | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 41 | *Navicula rhynchocephala* Kützing | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 42 | *Nitzschia acicularis* (Kützing) W.Smith | **D** | + | + | - | - | - | - | - | + | - | - |
| 43 | *Nitzschia holsatica* Hustedt | **D** | - | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 44 | *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst | **D** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 45 | *Nitzschia vermicularis* (Kützing) Hantzsch | **D** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 46 | *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W.Smith | **MP** | + | - | + | - | - | - | + | - | + | + |
| 47 | *Ophiocytium capitatum* Wolle | **X2** | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - |
| 48 | *Pinnularia major* (Kützing) Rabenhorst | **MP** | + | + | + | - | - | + | + | - | - | - |
| 49 | *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg | **MP** | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | *Epithemia gibba* (Ehrenberg) Kützing | **MP** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + |
| 51 | *Sellaphora sp.* | **MP** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 52 | *Stephanodiscus hantzschii* Grunow | **D** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 53 | *Cyclostephanos invisitatus* (M.H.Hohn & Hellermann) E.C.Theriot, Stoermer & Håkasson | **D** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 54 | *Stephanodiscus rotula* (Kützing) Hendey | **D** | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + |
| 55 | *Iconella linearis* (W.Smith) Ruck & Nakov | **MP** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 56 | *Fragilaria acus* (Kützing) Lange-Bertalot | **D** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 57 | *Ulnaria capitata* (Ehrenberg) Compère | **D** | - | + | - | - | + | + | + | + | - | - |
| 58 | *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère | **D** | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 59 | *Synura uvella* Ehrenberg | **WS** | + | + | + | - | - | - | - | - | - | + |
| 60 | *Thalassiosira sp.* | **D** | - | - | - | - | - | + | + | + | + | + |
| | | | | | | | | | | | | |
| | **CHLOROPHYTA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Actinastrum gracillimum* G.M.Smith | **J** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | *Actinastrum hantzschii* Lagerheim | **J** | - | - | + | + | + | + | - | - | + | + |
| 3 | *Ankistrodesmus sp.* | **X1** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 4 | *Selenastrum bibraianu*m Reinsch | **X1** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 5 | *Messastrum gracile* (Reinsch) T.S.Garcia | **X1** | - | - | - | + | - | - | + | + | - | - |
| 6 | *Asterococcus superbus* (Cienkowski) Scherffel | **X1** | - | - | + | - | + | - | - | - | - | - |
| 7 | *Carteria* sp. | **X2** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 8 | *Chlamydomonas sp.* | **X2** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 9 | *Chlamydomonas globosa* J.W.Snow | **X2** | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - |
| 10 | *Cladophora sp.* | **MP** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | *Closterium acutum* Brébisson | **P** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 12 | *Closterium dianae var. arcuatum* (Brebisson ex Ralfs) Rabenhorst | **P** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 13 | *Closterium gracile* Brébisson ex Ralfs | **P** | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| 14 | *Closterium limneticum* Lemmermann | **P** | - | - | + | - | - | + | + | - | - | - |
| 15 | *Closterium moniliferum* Ehrenberg ex Ralfs | **P** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 16 | *Coelastrum microporum* Nägeli | **J** | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | *Cosmarium botrytis* Meneghini ex Ralfs | **N** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 18 | *Cosmarium phaseolus* Brébisson ex Ralfs | **N** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 19 | *Cosmarium reniforme* (Ralfs) W.Archer | **N** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 20 | *Coelastrum pseudomicroporum* Korshikov | **J** | - | - | - | - | - | + | - | - | + | - |
| 21 | *Crucigenia quadrata* Morren | **J** | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| 22 | *Willea rectangularis* (A.Braun) D.M.John, M.J.Wynne & P.M.Tsarenko | **J** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 23 | *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze | **J** | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 24 | *Desmodesmus armatus var. bicaudatus* (Guglielmetti) E.H.Hegewald | **J** | - | - | + | + | + | - | + | + | + | + |
| 25 | *Mucidosphaerium pulchellum* (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz | **F** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 26 | *Eudorina elegans* Ehrenberg | **G** | + | + | + | - | + | - | + | - | - | - |
| 27 | *Golenkinia radiata* Chodat | **J** | - | - | - | + | + | - | + | + | - | + |
| 28 | *Gonium pectorale* O.F.Müller | **W1** | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - |
| 29 | *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius | **F** | - | + | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 30 | *Raphidocelis danubiana* (Hindák) Marvan, Komárek & Comas | **F** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 31 | *Koliella longiseta* (Vischer) Hindák | **X3** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 32 | *Lagerheimia ciliata* (Lagerheim) Chodat | **J** | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 33 | *Lagerheimia genevensis* (Chodat) Chodat | **J** | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - |
| 34 | *Lagerheimia wratislawiensis* Schröder | **J** | - | - | + | + | - | - | + | - | - | + |
| 35 | *Lobomonas ampla* Pascher | **X1** | - | + | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 36 | *Micractinium pusillum* Fresenius | **F** | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 37 | *Ankistrodesmus arcuatus* Korshikov | **X1** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 38 | *Monoraphidium circinale* (Nygaard) Nygaard | **X1** | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 39 | *Monoraphidium komarkovae* Nygaard | **X1** | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + |
| 40 | *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová | **X1** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 41 | *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová | **X1** | - | - | + | - | - | + | - | + | - | - |
| 42 | *Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová | **X1** | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 43 | *Mougeotia sp.* | **T** | - | + | - | - | - | - | - | - | + | + |
| 44 | *Oocystis lacustris* Chodat | **F** | - | - | - | + | + | + | - | + | - | - |
| 45 | *Pandorina morum* (O.F.Müller) Bory | **G** | + | - | + | - | + | + | + | + | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E.Hegewald | **J** | + | + | + | - | + | + | + | - | - | - |
| 47 | *Pediastrum duplex* Meyen | **J** | + | - | + | + | + | + | + | - | + | + |
| 48 | *Monactinus simplex* (Meyen) Corda | **J** | - | - | + | - | - | + | - | - | + | - |
| 49 | *Stauridium tetras* (Ehrenberg) E.Hegewald | **J** | - | - | + | - | + | + | - | + | - | - |
| 50 | *Phacotus lenticularis* (Ehrenberg) Diesing | **XPh** | - | - | + | + | + | + | - | - | - | - |
| 51 | *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Proschkina-Lavrenko | **T** | - | - | + | + | + | + | + | + | - | + |
| 52 | *Platymonas sp.* | **X2** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 53 | *Pseudocarteria sp.* | **G** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 54 | *Pseudodidymocystis planctonica (*Korshikov) E.Hegewald & Deason | **X1** | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 55 | *Pseudodidymocystis inconspicua* (Korshikov) Hindák | **X1** | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 56 | *Pseudostaurastrum limneticum (Borge) Couté & Rousselin* | **X1** | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 57 | *Desmodesmus opoliensis* (P.G.Richter) E.Hegewald | **J** | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 58 | *Desmodesmus abundans* (Kirchner) E.H.Hegewald | **J** | - | - | - | + | + | + | - | + | + | + |
| 59 | *Tetradesmus lagerheimii* M.J.Wynne & Guiry | **J** | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 60 | *Desmodesmus denticulatus* (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald | **J** | - | - | - | - | - | + | + | + | + | + |
| 61 | *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) M.J.Wynne | **J** | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 62 | *Scenedesmus ecornis* (Ehrenberg) Chodat | **J** | - | - | - | - | + | - | + | + | + | + |
| 63 | *Desmodesmus intermedius* (Chodat) E.Hegewald | **J** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 64 | *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J.Wynne | **J** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 65 | *Scenedesmus obtusus f. disciformis* (Chodat) Compère | **J** | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 66 | *Scenedesmus obtusus* Meyen | **J** | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + |
| 67 | *Desmodesmus opoliensis* (P.G.Richter) E.Hegewald | **J** | - | - | - | - | + | - | + | + | - | - |
| 68 | *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson | **J** | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 69 | *Schroederia setigera* (Schröder) Lemmermann | **X1** | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + |
| 70 | *Spirogyra sp.* | **MP** | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 71 | *Staurastrum gracile* Ralfs ex Ralfs | **P** | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| 72 | *Staurastrum sp.* | **P** | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 73 | *Staurastrum tetracerum* Ralfs ex Ralfs | **P** | - | - | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 74 | *Chlorotetraedron incus* (Teiling) Komárek & Kovácik | **X1** | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 | *Tetraëdron minimum* (A.Braun) Hansgirg | **X1** | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 76 | *Tetraëdron trigonum* (Nägeli) Hansgirg | **X1** | - | - | + | + | + | + | + | + | - | - |
| 77 | *Tetraëdron trilobatum* (Reinsch) Hansgirg | **X1** | + | - | - | - | - | + | - | + | + | - |
| 78 | *Tetraëdron caudatum* (Corda) Hansgirg | **X1** | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - |
| 79 | *Tetraëdron longispinum* (Perty) Hansgirg | **X1** | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 80 | *Treubaria schmidlei* (Schröder) Fott & Kovácik | **X1** | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - |
| 81 | *Tetraëdron triangulare* Korshikov | **X1** | - | - | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 82 | *Tetrastrum glabrum* (Y.V.Roll) Ahlstrom & Tiffany | **X1** | + | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 83 | *Tetrastrum staurogeniiforme* (Schröder) Lemmermann | **X1** | - | + | + | + | - | + | - | - | - | - |
| 84 | *Tetrastrum elegans* Playfair | **X1** | - | - | - | + | - | + | - | - | - | + |
| 85 | *Zygnema sp.* | **T** | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | |
| | **RHAPYDOPHYTA** | | | | | | | | | | | |
| 1 | *Gonyostomum depressum* (Lauterborn) Lemmermann | **Q** | - | - | - | - | + | - | - | - | + | - |

Prilog 2. Brojnost jedinki fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja u 2016. godini

| | | Broj jedinki/L | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FS** | **Popis vrsta** | **II.** | **III.** | **IV.** | **V.** | **VI.** | **VII.** | **VIII.** | **IX.** | **X.** | **XII.** |
| **B** | *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen | 16177,18 | | | 45296,11 | 22648,05 | | | | | |
| **C** | *Asterionella formosa* Hassall | 26961,97 | | | 67944,16 | | | | | | |
| | *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen | | | 75493,51 | 67944,16 | | | 181184,42 | | 158536,37 | |
| | *Cyclotella meneghiniana* Kützing | 285796,85 | 150987,02 | 603948,07 | 792681,84 | 837977,95 | 905922,10 | 1041810,42 | 362368,84 | 973866,26 | 452961,05 |
| **D** | *Nitzschia holsatica* Hustedt | | | | | 407664,95 | 181184,42 | 249128,58 | 90592,21 | 135888,32 | 21569,57 |
| | *Stephanodiscus rotula* (Kützing) Hendey | 80885,90 | 50329,01 | | 135888,32 | 67944,16 | | | | | |
| | *Fragilaria acus* (Kützing) Lange-Bertalot | 80885,90 | 37746,75 | 528454,56 | 520905,21 | 407664,95 | 837977,95 | 1041810,42 | 203832,47 | 2128916,94 | 949061,25 |
| | *Ulnaria capitata* (Ehrenberg) Compère | | | | | 45296,11 | 22648,05 | | | | |
| | *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère | 10784,79 | | | | 113240,26 | 67944,16 | | | | |
| | *Thalassiosira sp.* | | | | | | 45296,11 | 135888,32 | | | |
| **E** | *Dinobryon divergens* O.E.Imhof | 37746,75 | | 188733,77 | 135888,32 | 135888,32 | | 22648,05 | | | 107847,87 |
| | *Mallomonas ploesslii* Perty | | | 94366,89 | | 135888,32 | 67944,16 | 45296,11 | | 203832,47 | |
| **F** | *Kirchneriella lunaris (Kirchner) Möbius* | | 1610528,18 | | | 407664,95 | 452961,05 | 973866,26 | | 2151565,00 | 64708,72 |
| | *Micractinium pusillum* Fresenius | | | | 113240,26 | 113240,26 | 67944,16 | 45296,11 | | | |
| | *Oocystis lacustris* Chodat | | | | 135888,32 | 45296,11 | | | | | |
| **G** | *Eudorina elegans* Ehrenberg | | | | | 90592,21 | | | | | |
| **H1** | *Dolichospermum circinale* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek | 86278,30 | | | | | | | | | |
| | *Dolichospermum solitarium* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek | 253442,49 | | | 203832,47 | 22648,05 | | | | 22648,05 | |
| | *Anabaenopsis arnoldii* Aptekar | | | | | | | | | 22648,05 | |
| | *Aphanizomenon gracile* Lemmermann | | 289391,78 | 415214,30 | | | 22648,05 | | 45296,11 | 45296,11 | |
| **J** | *Actinastrum hantzschii* Lagerheim | | | 75493,51 | | | 90592,21 | | | | |
| | *Coelastrum microporum* Nägeli | 16177,18 | 50329,01 | | | | 45296,11 | | | | 129417,44 |
| | *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze | | | 56620,13 | 135888,32 | 113240,26 | 113240,26 | 135888,32 | 543553,26 | 294424,68 | 226480,53 |
| | *Desmodesmus armatus var. bicaudatus* (Guglielmetti) E.H.Hegewald | | | | | | | 45296,11 | 67944,16 | 498257,16 | 10784,79 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Golenkinia radiata* Chodat | | | | 67944,16 | | | 22648,05 | | | |
| | *Lagerheimia genevensis* (Chodat) Chodat | 32354,36 | 62911,26 | 471834,43 | 45296,11 | | | 22648,05 | | | |
| | *Lagerheimia wratislawiensis* Schröder | | | 75493,51 | 22648,05 | | | | | | |
| | *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E.Hegewald | | | | | | | 22648,05 | | | |
| | *Pediastrum duplex* Meyen | 10784,79 | | | 22648,05 | 45296,11 | 135888,32 | | | 22648,05 | |
| | *Stauridium tetras* (Ehrenberg) E.Hegewald | | | 56620,13 | | | | | | | |
| | *Desmodesmus abundans* (Kirchner) E.H.Hegewald | | | | 22648,05 | | 45296,11 | | 22648,05 | 22648,05 | |
| | *Tetradesmus lagerheimii* M.J.Wynne & Guiry | | | 75493,51 | 113240,26 | 90592,21 | 203832,47 | | 135888,32 | 249128,58 | 118632,66 |
| | *Desmodesmus denticulatus* (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald | | | | | | 67944,16 | 22648,05 | | | |
| | *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) M.J.Wynne | | | | 113240,26 | | | 45296,11 | 45296,11 | 181184,42 | 32354,36 |
| | *Scenedesmus ecornis* (Ehrenberg) Chodat | | | | | 22648,05 | | 45296,11 | 181184,42 | | |
| | *Scenedesmus obtusus* Meyen | | | | | | | | | | 10784,79 |
| | *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson | 26961,97 | | 56620,13 | 181184,42 | 113240,26 | 135888,32 | 45296,11 | 158536,37 | 973866,26 | 10784,79 |
| **L0** | *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli | 420606,69 | 100658,01 | 226480,53 | | 158536,37 | | | | | |
| | *Chroococcus rufescens* (Kützing) Nägeli | | | | | | 385016,89 | | | | |
| | *Merismopedia tenuissima* Lemmermann | | | 18873,38 | 22648,05 | | 67944,16 | 271776,63 | 135888,32 | 90592,21 | |
| | *Merismopedia elegans* A.Braun ex Kützing | 26961,97 | | | | | | | | | |
| | *Gymnodinium sp.* | 43139,15 | | 207607,15 | 475609,10 | 543553,26 | 135888,32 | 294424,68 | 67944,16 | 181184,42 | 64708,72 |
| | *Peridinium cinctum* (O.F.Müller) Ehrenberg | | | | 113240,26 | 22648,05 | 45296,11 | | | | |
| | *Apocalathium aciculiferum* (Lemmermann) Craveiro, Daugbjerg, Moestrup & Calado | 26961,97 | | | 226480,53 | 67944,16 | 22648,05 | | | | |
| **MP** | *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing | 5392,39 | 50329,01 | 94366,89 | 90592,21 | 22648,05 | 90592,21 | 45296,11 | | | |
| | *Brebissonia lanceolata* (C.Agardh) R.K.Mahoney & Reimer | | | | | 22648,05 | | | | | |
| | *Cymbella sp.* | | 12582,25 | | | | | | | | |
| | *Cymbopleura inaequalis* (Ehrenberg) Krammer | | | 37746,75 | | | | | | | |
| | *Staurosira construens* Ehrenberg | | | | | | 67944,16 | | | | |
| | *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson | 16177,18 | 50329,01 | 37746,75 | 113240,26 | 113240,26 | | | 90592,21 | 45296,11 | 21569,57 |
| | *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow | | | | | | 45296,11 | | | | |
| | *Melosira varians* C.Agardh | | | | | 22648,05 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Navicula oblonga* (Kützing) Kützing | | | | | 90592,21 | | | | | |
| | *Navicula sp.* | | 25164,50 | | | | | | | | |
| | *Pinnularia major* (Kützing) Rabenhorst | 5392,39 | | | | | | | | | |
| **N** | *Cosmarium reniforme* (Ralfs) W.Archer | | | | | 67944,16 | | | | | |
| **P** | *Fragilaria crotonensis* Kitton | | | | | 203832,47 | | | | | |
| | *Aulacoseira granulata var. angustissima* (O.Müller) Simonsen | 37746,75 | 37746,75 | 94366,89 | | 249128,58 | 203832,47 | 90592,21 | 45296,11 | 181184,42 | 140202,23 |
| | *Closterium acutum* Brébisson | | | | | | | | | 90592,21 | |
| | *Closterium dianae var. arcuatum* (Brebisson ex Ralfs) Rabenhorst | | | | | | | | | | 10784,79 |
| | *Closterium limneticum* Lemmermann | | | | | | 22648,05 | | | | |
| **S1** | *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert | | 12582,25 | | | | | | | 249128,58 | |
| | *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek | | | 905922,10 | 792681,84 | 158536,37 | 317072,74 | | 475609,10 | 1177698,73 | |
| | *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg | | 12582,25 | | | | | | | | |
| | *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek | | | 226480,53 | | | 135888,32 | 22648,05 | 249128,58 | 928570,16 | 75493,51 |
| | *Pseudanabaena catenata* Lauterborn | | 25164,50 | | | | | | 90592,21 | | |
| **SN** | *Raphidiopsis raciborskii* (Woloszynska) Aguilera, Berrendero Gómez, Kastovsky, Echenique & Salerno | | | | | | | | 2763062,42 | 271776,63 | |
| **T** | *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Proschkina-Lavrenko | | | 264227,28 | 181184,42 | 45296,11 | 67944,16 | | | | |
| **W1** | *Euglena variabilis* G.A.Klebs | | | | 67944,16 | 158536,37 | | | 22648,05 | | |
| | *Lepocinclis acus* (O.F.Müller) B.Marin & Melkonian | | | | | 90592,21 | 90592,21 | 45296,11 | | 45296,11 | 21569,57 |
| | *Euglena ehrenbergii* G.A.Klebs | | | | | | | 113240,26 | 45296,11 | 22648,05 | 21569,57 |
| | *Lepocinclis oxyuris* (Schmarda) B.Marin & Melkonian | | | | | | 22648,05 | 22648,05 | 22648,05 | 45296,11 | |
| | *Euglenaformis proxima* (P.A.Dangeard) M.S.Bennett & Triemer | 16177,18 | | | | | | | | | |
| | *Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin | | | | | 45296,11 | | | | | |
| | *Phacus pleuronectes* (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin | | | | | 45296,11 | 45296,11 | | | | |
| | *Phacus suecicus* Lemmermann | | | | | | | 90592,21 | | | 21569,57 |
| **W2** | *Trachelomonas oblonga* Lemmermann | | 113240,26 | 94366,89 | 67944,16 | 113240,26 | 22648,05 | 22648,05 | 45296,11 | 22648,05 | 53923,93 |
| | *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg | 80885,90 | 75493,51 | 56620,13 | | 67944,16 | 67944,16 | 45296,11 | 452961,05 | 226480,53 | 64708,72 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **WS** | *Synura uvella* Ehrenberg | 64708,72 | | | | | | | | | |
| **X1** | *Asterococcus superbus* (Cienkowski) Scherffel | | | 56620,13 | | | | | | | |
| | *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová | 97063,08 | 503290,06 | 868175,35 | 928570,16 | 249128,58 | 1358883,16 | 1834492,26 | 2672470,21 | 498257,16 | 161771,80 |
| | *Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová | 80885,90 | 113240,26 | | 566201,31 | 543553,26 | 520905,21 | 452961,05 | 724737,68 | 475609,10 | 172556,59 |
| | *Pseudodidymocystis planctonica (*Korshikov) E.Hegewald & Deason | 59316,33 | | | | | | | | | |
| | *Pseudodidymocystis inconspicua* (Korshikov) Hindák | | 327138,54 | 75493,51 | 226480,53 | 543553,26 | 430313,00 | 1155050,68 | 1404179,26 | 973866,26 | 301974,03 |
| | *Monoraphidium komarkovae* Nygaard | | | | | | | | 22648,05 | | 10784,79 |
| | *Schroederia setigera* (Schröder) Lemmermann | | | | | | | | | 67944,16 | |
| | *Ankistrodesmus arcuatus* Korshikov | 5392,39 | 251645,03 | 113240,26 | 452961,05 | 113240,26 | 203832,47 | 339720,79 | 1358883,16 | 792681,84 | 388252,33 |
| | *Tetraëdron minimum* (A.Braun) Hansgirg | | | | 158536,37 | 67944,16 | 135888,32 | 158536,37 | 158536,37 | 113240,26 | 10784,79 |
| | *Tetraëdron trigonum* (Nägeli) Hansgirg | | | 56620,13 | | | 135888,32 | 22648,05 | 203832,47 | | |
| | *Tetraëdron trilobatum* (Reinsch) Hansgirg | 16177,18 | | | | | | | 113240,26 | | |
| | *Tetraëdron caudatum* (Corda) Hansgirg | | | 75493,51 | 113240,26 | | | | | | |
| | *Tetraëdron triangulare* Korshikov | | | | 90592,21 | 135888,32 | | | | | |
| | *Tetrastrum glabrum* (Y.V.Roll) Ahlstrom & Tiffany | 48531,54 | | | 135888,32 | 113240,26 | 203832,47 | 90592,21 | 271776,63 | 67944,16 | 75493,51 |
| | *Tetrastrum staurogeniiforme* (Schröder) Lemmermann | | 12582,25 | 37746,75 | | | 67944,16 | | | | |
| **X2** | *Plagioselmis lacustris* (Pascher & Ruttner) Javornicky | | 314556,29 | | | | | | 339720,79 | | |
| | *Ophiocytium capitatum* Wolle | | | | 45296,11 | 45296,11 | 67944,16 | | | | |
| | *Chlamydomonas globosa* J.W.Snow | | | | | | | 67944,16 | | | |
| **X3** | *Chrysococcus rufescens* Klebs | 156379,41 | 402632,05 | 887048,73 | 634145,47 | 181184,42 | | 656793,53 | 294424,68 | | 248050,10 |
| | *Koliella longiseta* (Vischer) Hindák | 21569,57 | 213898,27 | 150987,02 | 113240,26 | 135888,32 | 67944,16 | 90592,21 | | 113240,26 | 32354,36 |
| **XPh** | *Phacotus lenticularis* (Ehrenberg) Diesing | | | | 702089,63 | 294424,68 | 45296,11 | | | | |
| **Y** | *Cryptomonas erosa* Ehrenberg | | 12582,25 | 320847,41 | 317072,74 | 2921598,78 | 611497,42 | 792681,84 | 2831006,57 | 588849,37 | 312758,82 |
| | *Cryptomonas sp.* | | 264227,28 | | | | | | | | |