Raznolikost i zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera (Park prirode Kopački rit)

Bukić, Ana

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:181:766565

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

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Diplomski sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša

Ana Bukić

Raznolikost i zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera (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

Raznolikost i zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera

(Park prirode Kopački rit)

Ana Bukić

Rad je izrađen na: Zavod za ekologiju voda

Mentor: Doc. dr. sc. Dubravka Špoljarić

Komentor: Doc. dr. sc. Tanja Žuna Pfeiffer

Kratak sažetak diplomskog rada:

Tijekom 2015. godine provedeno je istraživanje sezonskih sukcesija planktonskih dijatomeja u Sakadaškom jezeru (Park prirode Kopački rit). Utvrđena je velika raznolikost dijatomeja (116 svojti), posebno u ranoproljetnom i zimskom razdoblju u uvjetima nižih temperatura vode i smanjenog intenziteta svjetlosti koji pogoduju njihovom razvoju. Analize su pokazale jak sezonski utjecaj i važnost hidroloških prilika u oblikovanju sastava zajednica i brojnosti pojedinih vrsta dijatomeja. U jezeru su, uz primarno bentoske vrste dijatomeja, najzastupljenije centrice (*Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos dubius*, *Aulacoseira pusilla*) zbog boljeg prilagođavanja promjenjivim uvjetima u vodenom stupcu, posebice u vrijeme plavljenja. Uz sastav i zastupljenost vrsta, veliki sadržaj hranjivih tvari u vodi, visoke koncentracije klorofila i niske vrijednosti prozirnosti, posebice u ljetnim mjesecima, ukazuju na eutrofno stanje jezera.

Broj stranica: 45
Broj slika: 23
Broj tablica: 1
Broj literaturnih navoda: 65
Jezik izvornika: hrvatski jezik
Ključne riječi: sukcesije planktonskih dijatomeja, poplavno područje, centrice
Datum obrane:
Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr. sc. Filip Stević, docent, predsjednik povjerenstva

2. Dr. sc. Dubravka Špoljarić Maronić, docent, mentor

3. Dr. sc. Nataša Turić, docent, član

4. Dr. sc. Dubravka Čerba, 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 science
Scientific Field: Biology

Diversity and representation of diatoms in the phytoplankton of Lake Sakadaš

(Nature Park Kopački rit)

Ana Bukić

Thesis performed at: Subdepartment of Water Ecology

Supervisor: Dubravka Špoljarić Maronić, PhD, Assistant Professor

Cosupervisor: Tanja Žuna Pfeiffer, PhD, Assistant Professor

Short abstract:

The seasonal succession of planktonic diatoms was studied in Lake Sakadaš (Nature Park Kopački rit) in 2015. A large diversity of diatoms (116 taxa) has been identified, especially in the early spring and winter, under the conditions of lower water temperatures and reduced light intensity that favour their development. The analyses showed a strong seasonal influence and the importance of hydrological conditions in shaping the composition of communities and the abundance of individual diatom species. A greater presence of centric species (*Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos dubius*, *Aulacoseira pusilla*) was found, which, due to their morphological and functional characteristics, were better adapted to changing conditions in the water column, especially during flooding. Also, a significant portion of primarily benthic diatom species has been identified in lake phytoplankton. Besides species composition and abundance, the high nutrient content and chlorophyll concentrations as well as low water transparency, especially in summer, indicate the eutrophic state of the lake.

Number of pages: 45
Number of figures: 23
Number of tables: 1
Number of reference: 65
Original in: Croatian
Key words: succession of planktonic diatoms, floodplain, centric diatoms
Date of the thesis defence:
Reviewers:

1. Filip Stević, PhD, Assistant Professor, chair

2. Dubravka Špoljarić Maronić, PhD, Assistant Professor, supervisor

3. Nataša Turić, PhD, Assistant Professor, member

4. Dubravka Čerba, PhD, Assistant Professor, substitute reviewer

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

Od srca se zahvaljujem svojoj mentorici doc.dr.sc. Dubravki Špoljarić na nesebičnoj pomoći i iznimnom trudu oko izrade ovog diplomskog rada. Hvala na stručnim savjetima, susretljivosti i razumijevanju!

Također, veliko hvala svim članovima Zavoda za ekologiju voda, posebno komentorici doc.dr.sc. Tanji Žuna Pfeiffer i stručnim suradnicima Vandi Zahirović i Mateju Šagu, te Nikolini Bek, mag. prot. nat. et amb. na pomoći pri radu na terenu i u laboratoriju, na vašim savjetima i ohrabrenjima!

Posebno hvala mojim dragim roditeljima koji su mi bili najveća podrška tijekom cijelog mog školovanja!

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Morfološke i ekološke karakteristike dijatomeja 1
1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja dijatomeja u fitoplanktonu Kopačkog rita 5
1.3. Cilj rada 7
2. MATERIJALI I METODE 8
2.1. Područje istraživanja 8
2.2. Prikupljanje uzoraka 12
2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode 12
2.4. Analiza dijatomeja 13
2.5. Statistička obrada podataka 14
3. REZULTATI 15
3.1. Promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode 15
3.2. Struktura zajednice planktonskih dijatomeja 23
4. RASPRAVA 28
5. ZAKLJUČCI 31
6. LITERATURA 32
7. PRILOZI

1. UVOD

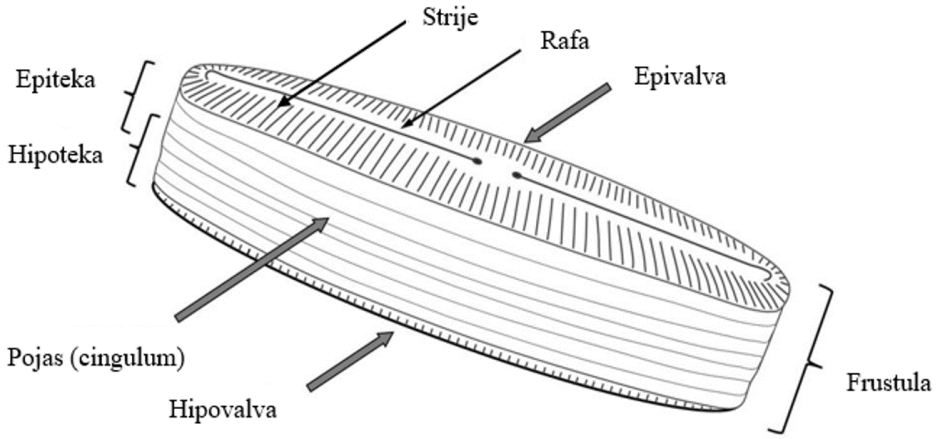
1.1. Morfološke i ekološke karakteristike dijatomeja

Dijatomeje ili alge kremenjašice (Bacillariophyceae, Diatomeae) su jednostanične eukariotske alge koje nastanjuju gotovo sve vodene i vlažne biotope, slatkovodne i morske ekosustave, bočate vode, a prisutne su i u nekim podzemnim i kopnenim vlažnim staništima (Mann 1999). Zajedno s ostalim predstavnicima zlatno-smeđih alga (Chrysophyta), zelenim algama (Chlorophyta), zelenim (Euglenophyta) i svjetlećim bičašima (Pyrrophyta), cijanobakterijama (Cyanobacteria) te drugim manje zastupljenim skupinama planktonskih autotrofa čine fitoplankton. Među glavnim su proizvođačima kisika na Zemlji i najvažnija karika u prehrambenim lancima vodenih staništa (Web 1; Web 2). Pripadaju razredu Bacillariophyceae koji broji preko 1.250 rodova dijatomeja (Seckbach i Kociolek 2011), a pretpostavlja se da unutar tih rodova postoji više od 100.000 vrsta (John 2012). Upravo zbog velike raznolikosti često predstavljaju dominantnu skupinu mikroskopskih alga u vodenim ekosustavima. Imaju sposobnost brzog razmnožavanja i prilagodbe na različite životne uvjete (Biggs i sur. 1998). Dijatomeje su jedna od najzastupljenijih skupina fitoplanktona zbog velike otpornosti i bolje kompeticije s drugim planktonskim i bentoskim organizmima (Rabosky i Sorhannus 2009). Imaju široku sposobnost prilagođavanja promjenjivim životnim uvjetima pa se tako mogu naći u morskim i slanim vodama, mogu tolerirati veće promjene temperature vode, pH vrijednosti, saliniteta, koncentracije hranjivih tvari i vodnog režima (Kelly i sur. 2008).

Veličine stanica dijatomeja kreću se između 2 i 500 µm (Web 1), a pojedine vrste stvaraju kolonije te ih se može vidjeti i golim okom u obliku zlatno-smeđih prevlaka koje prekrivaju brodove i čamce, kamenje i potopljeno drveće. Pri velikim povećanjima mikroskopa mogu se promatrati njihove ljušturice građene od silicijevog dioksida koje izgledaju vrlo atraktivno (Seckbach i Kociolek 2011).

Stanica dijatomeja obavijena je staničnom stijenkom građenom od kremena (silicijevog dioksida tj. amorfnog opala (SiO_2 x nH_2O)), koja se naziva frustula. Da bi izgradile kremenu ljušturicu, silicijevu kiselinu [$Si(OH)_4$] i njezine polimere uzimaju iz okoliša te ih u vezikulama ispod plazmaleme prevode u silicijev dioksid (Seckbach i Kociolek 2011). Na površini silikatnih dijelova ljušturice nalazi se organska tvar koja ima zaštitnu ulogu (Round i sur. 1990). Frustula dijatomeja se sastoji od dva djela (*thecae*), gornjeg (*epitheca*) i donjeg (*hypotheca*), koji su nalik kutiji i poklopcu (Slika 1). Svaki dio sastoji se od valve (epivalva,

hypovalva) povezane pojasom (cingulum) koji čine *copulae* i *pleurae*, a sudjeluje u zaštiti stanice i povećanju staničnog volumena tijekom staničnog ciklusa (John 2012). Stanice dijatomeja se pod mikroskopom mogu promatrati s gornje (valvalne) i bočne (pleuralne) strane. Ako se promatra valvalna strana stanice, na ljušturici se mogu uočiti nizovi izduženih komorica (*alveolae*) koje se pružaju od središta prema rubu valve i sadrže pore (*areolae*). Areole dolaze u nizovima (*striae*) između rebara (*costae*) koja predstavljaju zadebljanja na ljušturici nastala dodatnim taloženjem silicija. Alveole (pore) povezuju stanicu s vanjskom okolinom te sudjeluju u izmjeni hranjivih tvari i produkata metabolizma (John 2012). Kod nekih vrsta dijatomeja se kroz sredinu valve pruža uzdužna pukotina ili prorez - rafa (*rapha*), koja omogućuje kretanje klizanjem po površini (Lee 2008). Najvažnija obilježja koja se prate prilikom determinacije vrsta su oblik valve i areola, gustoća (na 10 µm) i orijentacija strija te posebna obilježja na frustuli (John 2012).



Slika 1. Građa ljušturice dijatomeja (Izvor: Web 4)

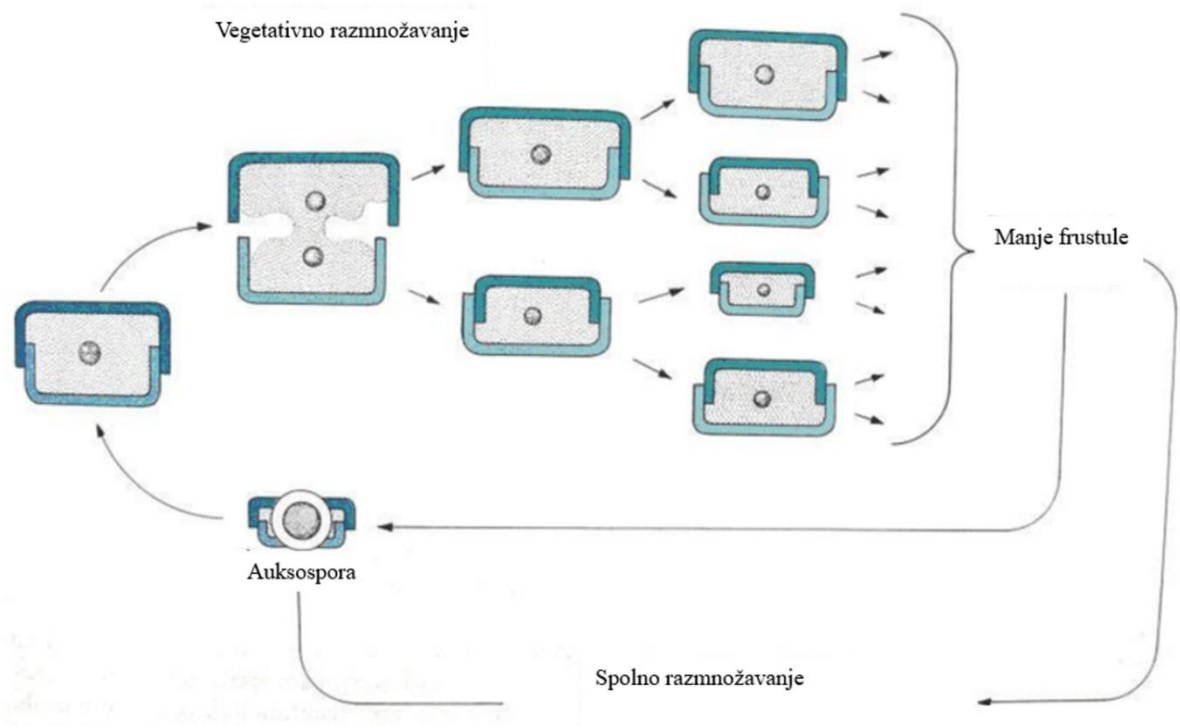
Dijatomeje imaju veliku raznolikost vrsta, a razlikujemo ih prema strukturi stanice i načinu života. Neke vrste žive planktonski u stupcu vode, a neke u bentosu vezane za dno ili kao dio perifitona - obraštajnih zajednica na različitim podlogama. S obzirom na strukturu i simetriju frustule, dijatomeje se mogu podijeliti na centrice koje imaju radijalnu simetriju i penatne dijatomeje s bilateralnom simetrijom ili asimetričnim vrstama. Centrice su dijatomeje kružnog oblika kod kojih su strukture na valvama poredane radijalno ili koncetrično i uglavnom su planktonski organizmi (npr. većina vrsta rodova *Melosira* i *Aulacoseira*), dok su penatne dijatomeje štapićastog do ovalnog oblika i uglavnom prevladavaju u bentosu ili su dio perifitona (npr. vrste rodova *Cymbella* i *Cocconeis*) (Lee 2008; Round i sur. 1990). Penatne dijatomeje se također mogu naći i u planktonu, jer se često

pod utjecajem jačih strujanja odvoje od podloga za koje su pričvršćene. Centrice ne posjeduju rafu, dok penatne dijatomeje mogu biti rafidne i arafidne, one koje posjeduju odnosno ne posjeduju rafu (John 2012; Lee 2008). Tako se unutar razreda Bacillariophyceae mogu razlikovati sljedeće skupine: Coscinodiscophyceae - radijalno simetrične centrice, Mediophyceae - bi/multi polarne centrice, Fragilariophyceae - arafidne penate i Bacillariophyceae - rafidne penate (Medlin 2016).

Pokretni predstavnici dijatomeja imaju rafu ili pukotinu kroz koju izlučuju polisaharide i stvaraju sluzavi trag na površini supstrata. Takva struktura im omogućuje kretanje odnosno klizanje po površini (Harper 1977; Harper i Harper 1967; Drum i Hopkins 1966). Arafidne vrste su one kod kojih je pukotina ili rafa izostala pa nemaju sposobnost prihvaćanja i klizanja po supstratu.

Dijatomeje su uglavnom autotrofni i miksotrofni organizmi, a postoji vrlo mali broj vrsta, kao što su neki predstavnici rodova *Nitzschia*, *Navicula* i *Hantzschia*, koje su heterotrofi (Li i Volcani 1987). Autotrofni organizmi pomoću sunčeve energije samostalno proizvode organske molekule koje koriste za osnovne biološke funkcije i rast stanice. Kao jedini organizmi koji sami proizvode hranu, prva su i najvažnija karika u prehrambenom lancu. Miksotrofi su organizmi koji se mogu hraniti i autotrofno i heterotrofno, jer jednako kao autotrofi mogu koristiti svjetlost kao izvor energije, ali su im za preživljavanje potrebni i drugi organski spojevi. Pigmenti prisutni u kloroplastima dijatomeja su klorofil a (Chl-a) i c (Chl-c) te pomoćni karotenoidi fukoksantin i β-karoten. Pomoću Chl-c mogu koristiti sunčeve zrake određenih valnih duljina koje prodiru dublje u vodeni stupac (Round i sur. 1990). Fukoksantin je primarni karotenoid koji im daje karakterističnu žuto-smeđu boju stanica te sudjeluje u prijenosu sunčeve energije do Chl-a, dok je β-karoten pigment koji služi za privlačenje sunčeve energije. Rezervne tvari koje nastaju procesom fotosinteze su krizolaminarin (polimer glukoze) i uljna tjelešca - lipidi u vakuolama (Round i sur. 1990; Web 3).

Mogu se razmnožavati vegetativno i spolno (Slika 2). Kod vegetativnog razmnožavanja se valve roditeljske stanice razmaknu nakon čega slijedi mitoza. Time nastaju nove stanice kćeri od kojih svaka dobije po jednu gornju valvu od roditeljske stanice, a manju donju stvaraju same (Round i sur. 1990). Dijatomeje imaju sposobnost u nepovoljnim uvjetima stvarati trajne spore koje zbog tvrde silikatne ljušturice padaju na dno. Kada uvjeti ponovo postanu povoljni za razmnožavanje spore postaju aktivne te može doći do razmnožavanja (Web 3).



Slika 2. Životni ciklus i razmnožavanje dijatomeja (Web 6)

Dijatomeje su primarni proizvođači u vodenim ekosustavima te zajedno s drugim fotosintetskim organizmima predstavljaju najvažniju kariku i izvor hrane zooplanktonu u prehrambenom lancu. Oslobađanjem kisika u procesu fotosinteze omogućuju disanje ostalim organizmima u vodi, a same su zaslužne za više od 20% primarne proizvodnje na Zemlji (Field i sur. 1998). Važnu ulogu imaju u biogeokemijskom ciklusu ugljika, jer fiksiraju velike količine ugljičnog dioksida iz atmosfere čime se regulira njegova koncentracija na Zemlji (Web 2).

Nakon odumiranja stanica, kremene ljušturice dijatomeja padaju na dno vodenog ekosustava te se tijekom vremena stvaraju sedimentne naslage dijatomejske zemlje koja se koristi u mnogobrojne svrhe. Koristi se za filtere u šećernoj i kemijskoj industriji, kao izolacijski materijal u pećima zbog otpornosti na toplinu te kao abrazivno sredstvo u proizvodnji boja, lakova i pasta za zube. Također su korisne prilikom testiranja mikroskopskih leća, zbog svojih izražajnih struktura na ljušturici (Web 7). Debele naslage kremenih ljušturica ukazuju na to da su dijatomeje nastale još tijekom razdoblja Jure, između 210 i 144 milijuna godina (John 2012). Također se smatra da su uvelike doprinijele nastanku svjetskih ležišta nafte. Zbog velike brojnosti i raznolikosti, brzog rasta i razmnožavanja koriste se kao biološki

indikatori kakvoće vode (Kelly i sur. 2008). Vrlo brzo reagiraju na promjene u okolišu pa u istraživanju pomažu ukazati na određena onečišćenja vode (Attici i Obali 2010).

1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja dijatomeja u fitoplanktonu Kopačkog rita

Kopački rit je oduvijek imao veliku prirodnu, ali i gospodarsku vrijednost pa su se na ovom području već četrdesetih godina prošlog stoljeća provodila prva hidrobiološka istraživanja. Od pedesetih godina prošlog stoljeća do danas provode se opsežna istraživanja kvalitativnog i kvantitativnog sastava fitoplanktona Dunava i vodenih biotopa poplavnog područja Kopačkog rita (Mihaljević i sur. 1999; Mihaljević i sur. 2009; Mihaljević i sur. 2010; Mihaljević i sur. 2013; Mihaljević i Stević 2013; Stević i sur. 2013; Mihaljević i sur. 2015). Tijekom 1970. godine istraživane su sezonske sukcesije fitoplanktona u Kopačkom ritu (Gucunski 1974) te je utvrđena ukupno 251 svojta. Velika brojnost i raznolikost vrsta utvrđena u istraživanim biotopima (Sakadaško i Kopačko jezero, Hulovski kanal i Bijelo jezero) bila je povezana s velikom zastupljenošću alohtonih vrsta fitoplanktona koje su u vrijeme plavljenja dospjele u poplavno područje iz Drave i Dunava. Brojem svojti su dominirale alge iz skupine Chrysophyta od kojih su dijatomeje (Bacillariophyceae) bile najviše zastupljene (74-80%). Bile su najbrojnije u proljetnom i ljetnom razdoblju te krajem jeseni.

U razdoblju 1984.-1985. provedena su istraživanja fitoplanktona u Sakadaškom i Kopačkom jezeru te Hulovskom kanalu i kanalu Čonakut (Horvatić 1990). Ukupno je utvrđeno 267 fitoplanktonskih svojti od kojih su se najviše istaknule dijatomeje te alge iz skupine Chlorophyta. U tom je razdoblju u Sakadaškom jezeru utvrđena mala raznolikost vrsta zbog utjecaja otpadnih voda i posljedično, loše kvalitete vode.

Prilikom istraživanja kvalitativnog i kvantitativnog sastava fitoplanktona Sakadaškog jezera u 1990. godini utvrđene su ukupno 184 fitoplanktonske svojte (Gucunski i Mihaljević 1993). Ponovo su bile dobro zastupljene vrste iz skupine Chlorophyta i Chrysophyta, a od dijatomeja su dobro bile razvijene vrste *Aulacoseira granulata* i *Stephanodiscus hantzschii*. Tijekom istraživanja sastava fitoplanktona Sakadaškog jezera u 2006. godini utvrđeno je ukupno 225 svojti. Zabilježena je dominacija dijatomeja u razdoblju redovitih plavljenja Kopačkog rita, kada se svojom zastupljenošću od 75-90% u ožujku istaknula vrsta *Cyclotella comta*. U razdoblju ekstremnih poplava u travnju, kada je dubina jezera dostigla maksimalnu vrijednost, uz vrstu *C. comta*, vrste *Cyclotella meneghiniana*, *Asterionella formosa*, *S.*

hantzschii, *Fragilaria ulna*, *Fragilaria acus* i *Nitzschia acicularis* bile su zastupljene u velikom broju. U svibnju i lipnju, broj dijatomeja postupno se smanjivao pa su tijekom ljetnog razdoblja dominirale alge iz skupine Chlorophyta. U vrijeme većih plavljenja u kolovozu, brojnost dijatomeja se ponovo povećala te u studenom dostigla najvišu vrijednost, a vrsta *A. granulata* bila je najzastupljenija. Dijatomeje su u uvjetima plavljenja redovito dominirale nad skupinom Chlorophyta (Mihaljević i sur. 2010).

U razdoblju od 2005. do 2006. godine istraživan je kvantitativan sastav fitoplanktona Sakadaškog jezera u vrijeme velikih poplava. U uvjetima visokog vodostaja i miješanja stupca vode dominantne su ponovo bile dijatomeje, od kojih se posebno ističu vrste roda *Cyclotella* te vrste *A. granulata* i *S. hantzschii*. Autori rada (Stević i sur. 2013) ističu kako su na sastav fitoplanktona Sakadaškog jezera najveći utjecaj imali intenzitet i trajanje plavljenja.

Tijekom 2007. godine provedeno je istraživanje dinamike fitoplanktona uslijed promjenjivih hidroloških uvjeta. U uvjetima niskog vodostaja u ljetnom razdoblju dominirale su cijanobakterije, a u razdobljima plavljenja u većem broju su bile zastupljene dijatomeje. U studenom su dijatomeje dostigle najveću brojnost, a najzastupljenija vrsta bila je *S. hantzschii*. Intenzitet plavljenja također je i u ovom istraživanju imao veliki utjecaj na sastav fitoplanktona. U vrijeme velikih poplava smanjila se koncentracija hranjivih tvari i biomasa fitoplanktona. Tijekom viših vodostaja dijatomeje su bile zastupljene u većem broju, dok su tijekom nižih brojnije bile cijanobakterije čija su „cvjetanja“ karakteristična za ljetno razdoblje (Mihaljević i sur. 2013). Istraživanje fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom 2008. godine potvrdilo je prethodne rezultate te je zabilježena dominacija centrica u razdoblju od ožujka do prosinca (Mihaljević i sur. 2015).

U istraživanju fitoplanktona Sakadaškog jezera tijekom 2011. godine proučavan je sastav zajednica u svrhu procjene ekološkog stanja jezera. Od ukupno 317 utvrđenih fitoplanktonskih svojti najzastupljenije su bile alge iz skupine Chlorophyta i razreda Bacillariophyceae. Ponovo je utvrđena dominacija cijanobakterija u ljetnom razdoblju te dominacija dijatomeja u razdobljima plavljenja (Kajan 2017). Tijekom 2018. godine ukupno je utvrđeno 209 fitoplanktonskih svojti u Sakadaškom jezeru. Uz dominaciju alga iz skupina Chlorophyta i Chrysophyta, posebno se istaknuo masovni razvoj vrste *S. hantzschii* u zimskom razdoblju (Bjelovuk 2018).

Pregledom dosadašnjih istraživanja, ističe se velika raznolikost fitoplanktona Kopačkog rita, u kojem dominiraju skupine Chlorophyta i Chrysophyta koje se izmjenjuju ovisno o

sezonskim i hidrološkim uvjetima. Posebno se brojnošću i raznolikošću ističu dijatomeje koje su u fitoplanktonu najbolje zastupljene u razdobljima plavljenja.

1.3. Cilj rada

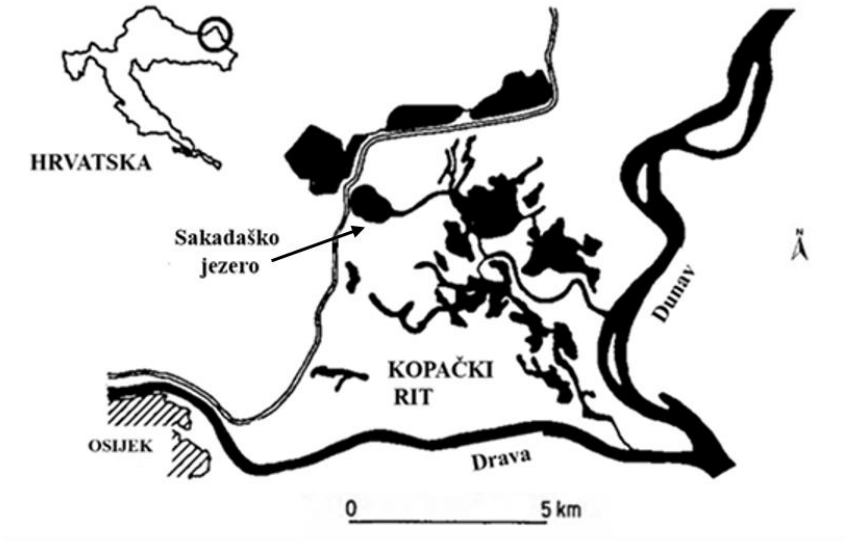
Cilj rada bio je istražiti sezonske sukcesije planktonskih dijatomeja u Sakadaškom jezeru (Park prirode Kopački rit) te analizom podataka o njihovoj zastupljenosti i brojnosti procijeniti koji su ekološki čimbenici imali najveći utjecaj na promjene u sastavu njihovih zajednica tijekom 2015. godine.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Poplavna područja su nizinski predjeli koji su u vrijeme visokih vodostaja povremeno poplavljeni vodom iz glavnog riječnog korita, jezera ili močvarnih površina (Welcomme 1975). Među sustavima tada dolazi do izmjene organizama i hranjivih tvari, čime se stvara sustav novih osobina. U vrijeme niskih vodostaja, poplavna područja s vremenom uspostavljaju vlastite zajednice organizama i ciklus hranjivih tvari. Zato su intenzitet i dinamika plavljenja najvažniji čimbenici koji osiguravaju održivost ovih ekosustava bez kojih ova područja ne bi bila produktivna staništa s bogatom bioraznolikošću (Dembowska 2015).

Kopački rit (Slika 3) predstavlja poplavno područje nastalo djelovanjem rijeka Drave i Dunava na krajnjem sjeveroistoku Republike Hrvatske. Jedna je od najvećih poplavljenih nizina u Europi te je 1993. godine uvršten na popis Ramsarskih područja koja predstavljaju zaštićena močvarna područja od međunarodnog značaja, posebno prepoznata kao važna staništa ptica. Kopački rit je zaštićen i kao Park prirode površine 23.126,28 ha (Web 8; Web 9). Na području Kopačkog rita mogu se naći različita vodena i kopnena staništa bogata vrstama. Formirala su se brojna jezera trajno ispunjena vodom, močvare i bare, grede, fokovi i kanali koji predstavljaju vrijedan ekosustav i staništa mnogim organizmima. Reljef Kopačkog rita je poprimio specifičan izgled zbog povremenog plavljenja pa su uslijed toga nastale bare (depresije) i grede (povišena područja) između kojih visinska razlika iznosi i do 8 metara. Cijelo ovo područje ovisi o hidrološkom režimu rijeka, posebice Dunava, te ovisno o plavljenju, vodena i kopnena staništa Kopačkog rita mijenjaju svoj izgled i funkciju (Mihaljević i sur. 1999; Bonacci i sur. 2002; Web 10).



Slika 3. Karta Parka prirode Kopački rit (preuzeto i prilagođeno prema Gucunski i Mihaljević 1993)

Poplavno područje Kopačkog rita mijenja se pod utjecajem vodostaja Dunava koji oscilira ovisno o otapanju snijega i leda u Alpama. Poplavne doline su i retencijska područja koja usporavaju daljnji tok rijeke i time imaju važnu ulogu u obrani od poplava (International Commission for the Protection of the Danube River 2014). Poplavno područje Kopačkog rita tako ima važnu ulogu u prihvatu dunavskih voda čime smanjuje negativan utjecaj poplava u donjem toku Dunava za vrijeme velikih poplava u ranom ljetnom razdoblju (Mihaljević i sur. 1999). Manjim poplavama smatraju se one koje obuhvaćaju samo 18% područja Kopačkog rita u vrijeme kada vodostaj Dunava nije viši od 3,5 m, a veće poplave su one koje poplave cijelo područje te vodostaj u to vrijeme doseže vrijednosti veće od 5 m (Schwarz 2005).

Hidrološki ciklus Kopačkog rita može se podijeliti na dvije faze, na fazu u kojoj rijeka Dunav nema utjecaja na izgled i sastav zajednica u poplavnom području te na fazu u kojoj se poplavno područje razvija pod velikim utjecajem rijeke. U prvoj fazi, poplavno područje se može promatrati kao odvojena, zasebna cjelina, koja ima karakter lentičkog sustava (stajaće vode). Ova faza naziva se limnofaza. U drugoj fazi, dolazi do miješanja vode između matične rijeke i poplavnog područja, a kako na cijelom području dolazi do miješanja i protoka vode, za poplavno područje se može reći da ima karakter riječne vode. Tada se poplavno područje

razvija pod utjecajem rijeke i ima karakter lotičkog sustava (tekućice), a nalazi se u potamofazi. U Kopačkom ritu se ovaj hidrološki ciklus odvija svake godine. U prvom periodu poplavno područje je potpuno odvojeno od matične rijeke, nema plavljenja niti izmjene zajednica između dva sustava. Nakon toga slijedi razdoblje u kojem se dunavske vode polako počinju izlijevati u mrežu kanala, a razina vode u jezerima i kanalima se postupno povećava. Ovisno o hidrološkim uvjetima, uspostavlja se horizontalni gradijent u sastavu fitoplanktona i sadržaju hranjivih tvari od rijeke prema poplavnom području, a velike poplave uzrokuju homogenizaciju okolišnih uvjeta te obogaćivanje poplavnog područja hranjivim tvarima, posebice nitratima (Mihaljević i sur. 2015).

Mreža kanala koja omogućuje razmjenu vode između matične rijeke i poplavnog područja Kopačkog rita može se podijeliti na dva djela. U prvi dio voda u poplavno područje ulazi putem Vemeljskog Dunavca, a u drugi dio iz Hulovskog kanala. Hulovski kanal se ulijeva u Kopačko jezero te spaja s kanalima Gorba i Čonakut. Kanal Čonakut se dalje ulijeva u Sakadaško jezero (Palijan 2010). Sakadaško jezero (Slika 4) je najdublje i po postanku najmlađe jezero u poplavnom području. Nastalo je 1926. godine nakon velike poplave i probijanja nasipa Zmajevac-Kopačevo, zbog čega je došlo do izlijevanja dunavske vode koja se na tom području trajno zadržala (Gucunski 1994). Površina jezera iznosi oko 0,15 km^2, a prosječna dubina 4-5 m (Mihaljević i sur. 2010). Ima karakteristike eutrofno-hipertrofnog sustava i ponekad je stratificirano tijekom ljetnih mjeseci. Zajednice fitoplanktona su dobro razvijene, a ljeti dolazi i do "cvjetanja" cijanobakterija (Mihaljević i Stević 2011).

Slika 4. Sakadaško jezero (Izvor: Zavod za ekologiju voda, Odjel za biologiju)

Slika 5. Postaja uzorkovanja (Izvor: Zavod za ekologiju voda, Odjel za biologiju)

2.2. Prikupljanje uzoraka

Uzorci za određivanje kvantitativnog sastava dijatomeja, analizu koncentracije klorofila i hranjivih tvari uzeti su u jednomjesečnim intervalima tijekom 2015. godine u površinskom sloju Sakadaškog jezera na postaji smještenoj u uvali u blizini kanala Čonakut (Slika 5). Za analizu dijatomeja, procijeđeno je 10 litara vode kroz fitoplanktonsku mrežicu promjera pora 25 µm, a uzorci su fiksirani u 4%-tnoj otopini formaldehida i pohranjeni u staklene bočice. Uzorci za analizu klorofila i hranjivih tvari pohranjeni su u prijenosnom hladnjaku do daljnje obrade u laboratoriju.

2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode

Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji vode izmjereni su *in situ* te su dobivene vrijednosti sljedećih parametara: temperature vode i zraka, dubine i prozirnosti vode, električne provodljivosti, pH, otopljenog kisika i zasićenosti vode kisikom. Temperatura vode i zraka mjerena je alkoholnim termometrom, prozirnost vode pomoću Secchi ploče s crno-bijelim poljima, a dubina baždarenim konopcem s utegom. Koncentracija otopljenog kisika i zasićenost vode kisikom, električna provodljivost vode i pH mjereni su uređajem WTW Multi 314i (Wissenshaftlich-Technische Werkstätten). Uzorci vode (1 L) za određivanje koncentracije klorofila su profiltrirani u laboratoriju kroz filter papir (MN GF-3), promjera 55 mm (Macherey-Nagel). Nakon toga filteri su homogenizirani u tarioniku s tučkom uz dodatak 90%-tnog acetona te je sadržaj prebačen u kivete na ekstrakciju u hladnjaku (24 sata; 4°C). Ekstrakti su centrifugirani 10 min na 3000 okr/min te je spektofotometrom mjerena apsorbancija (DR 2010, Hach) pri valnim duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm. Koncentracije klorofila su izračunate prema SCOR-UNESCO (1966) te Strickland i Parsons (1972). Analiza 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 obavljena je u RJ „Ekolaboratorij“ poduzeća Vodovod Osijek d.o.o. S ciljem utvrđivanja dinamike plavljenja Sakadaškog jezera, analizirani su podaci o vodostaju Dunava preuzeti od javne ustanove Hrvatske vode za mjernu postaju Apatin (1401,4 r.km.).

2.4. Analiza dijatomeja

Za utvrđivanje kvantitativnog sastava dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera prije mikroskopske analize bilo je potrebno očistiti ljušturice dijatomeja vodikovim peroksidom i klorovodičnom kiselinom te izraditi trajne preparate dijatomeja.

Kako bi se iz uzoraka uklonio formaldehid, u epruvete je dodano po 5 mL svakog uzorka i 5 mL destilirane vode. Epruvete su centrifugirane 2 min na 1500 okr/min te je supernatant dekantiran, a isti je postupak ponovljen još četiri puta. Zatim je na talog dodano 10 mL 30%-tnog vodikovog peroksida te je sadržaj u epruvetama zagrijavan u vodenoj kupelji 3 h na 90°C kako bi se uklonio organski materijal. Nakon hlađenja dodano je nekoliko kapi 1 M klorovodične kiseline te je ponovljen postupak višestrukog centrifugiranja i dekantiranja. Uzorci su nakon toga spremljeni u epruvete s čepom. Po 1 mL uzorka je prenesen pipetom na suhu i čistu pokrovnicu, te su tako pripremljeni uzorci ostavljeni na sušenju. Na blago zagrijanu predmetnicu stavljena je kap sredstva za uklapanje (umjetna smola; Naphrax) te je na nju postavljena pokrovnica s osušenim uzorkom. Mjehurići zraka su istisnuti pritiskom histološke iglice na pokrovnicu. Od svakog uzorka je izrađeno pet trajnih preparata (poduzoraka).

Za kvantitativnu analizu dijatomeja korišten je svjetlosni mikroskop (JENAVAL, Carl Zeiss) s imerzijskim objektivom povećanja od 100x, digitalna kamera Moticam 2300 i računalni program Motic Images Plus. Postupak kvantitativne analize uključivao je determinaciju uočenih dijatomejskih vrsta i brojanje njihovih stanica. Brojanje je uključivalo 400 stanica dijatomeja (valvi, odnosno frustula). Učestalost pojedine vrste u uzorku izražena je kao postotak od 400 izbrojenih stanica u uzorku ili trajnom preparatu. Sve vrste koje su pronađene u uzorku s relativnom zastupljenošću većom od 5% određene su do razine vrste. Za determinaciju dijatomeja korištena je relevantna literatura za determinaciju alga (Krammer i Lange-Bertalot 2008a; 2008b; 1999; Huber-Pestalozzi 1961-1983; Hindak i sur. 1978). Nakon determinacije, nomenklatura vrsta je usklađena prema bazi podataka AlgaeBase (Web 11).

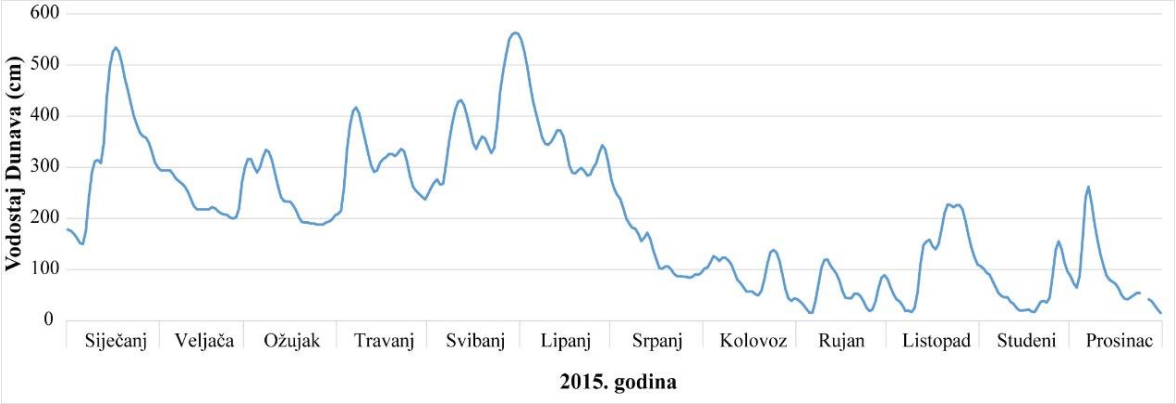
2.5. Statistička obrada podataka

Kako bi se utvrdila sličnost uzoraka s obzirom na zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera tijekom istraživanog razdoblja, provedena je hijerarhijska klaster analiza u računalnom programu Primer 6 (Clarke i Warwick 2001). Stupanj sličnosti između uzoraka izračunat je pomoću Bray-Curtisovog indeksa.

3. REZULTATI

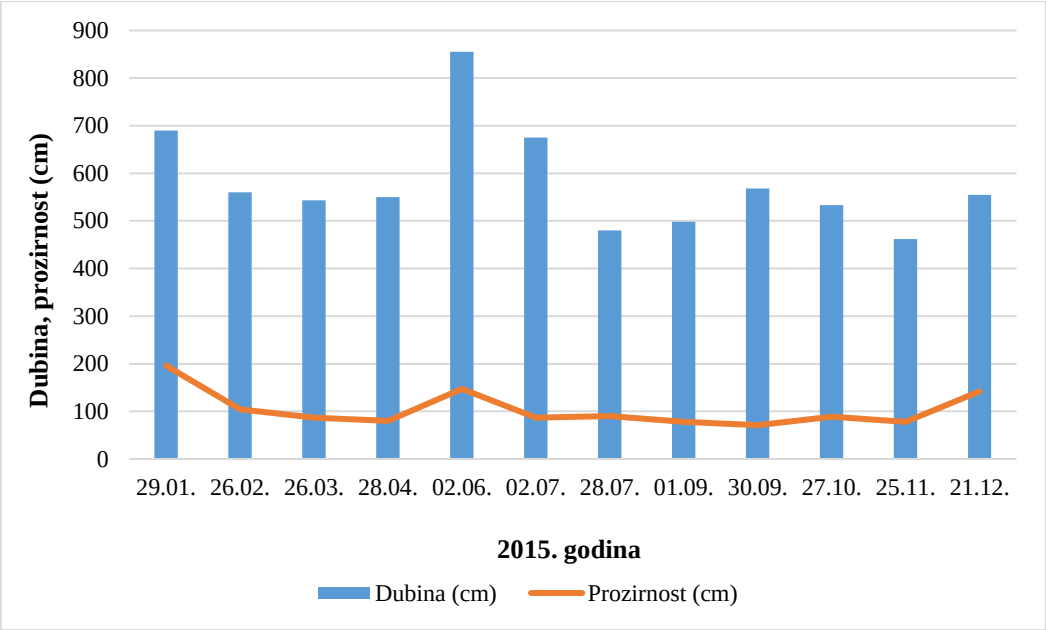
3.1. Promjene fizikalno-kemijskih svojstava vode

Tijekom 2015. godine visoki vodostaji Dunava zabilježeni su od siječnja do lipnja. Vrijednosti vodostaja u tom razdoblju varirale su od 312 cm u siječnju do 563 cm u svibnju (Slika 6). Razdoblje nižih vodostaja uslijedilo je od srpnja (84 cm) do prosinca (15 cm).



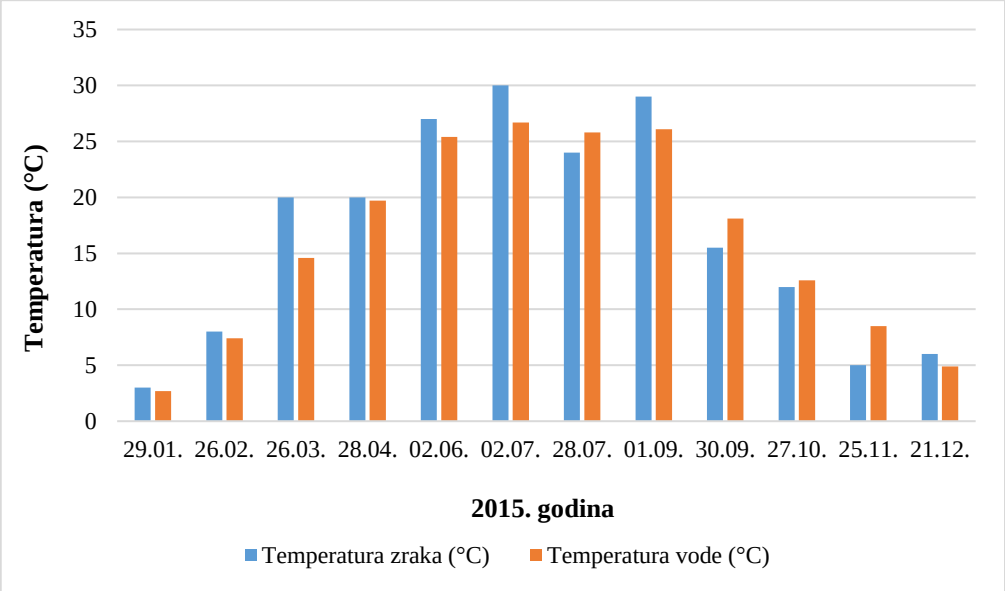
Slika 6. Vodostaj Dunava na mjernoj postaji Apatin (1404,1 r. km) tijekom razdoblja istraživanja

Tijekom najviših vodostaja u svibnju i lipnju zabilježene su i najveće vrijednosti dubine Sakadaškog jezera, s najvišom vrijednošću u lipnju (855 cm). Dubina Sakadaškog jezera u razdoblju od srpnja do prosinca nije ovisila o vodostaju Dunava pa je najmanja vrijednost zabilježena u studenom (462 cm). Najveća prozirnost vode zabilježena je u siječnju (196 cm), a najmanja u rujnu kada je iznosila 71 cm (Slika 7).



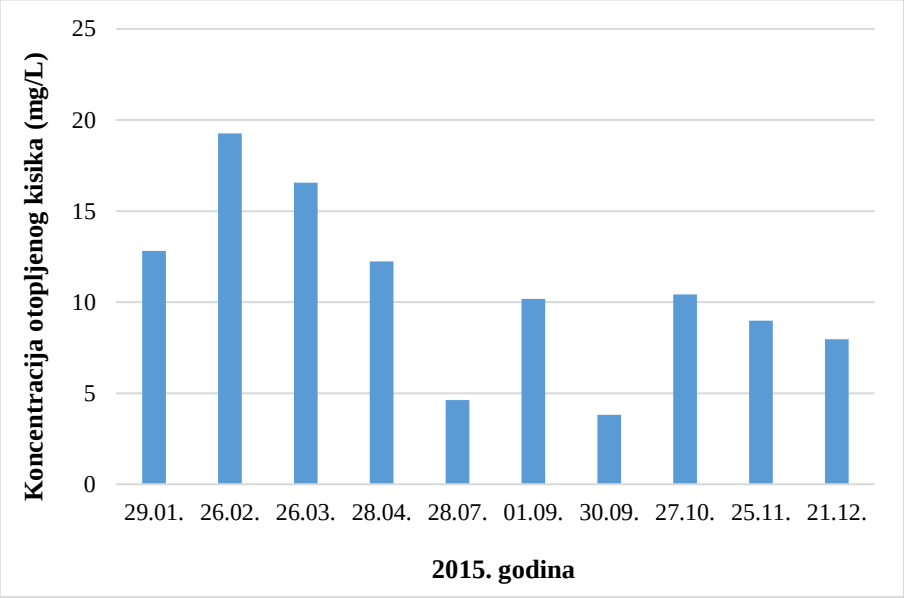
Slika 7. Promjene dubine i prozirnosti Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja

Temperatura vode mijenjala se sukladno promjenama temperature zraka (Slika 8). Najviša temperatura zraka zabilježena je početkom srpnja (30°C), a najniža u siječnju (3°C). Temperatura vode također je bila najviša početkom srpnja kada je iznosila 26,7°C, a najniža u siječnju (2,7°C).

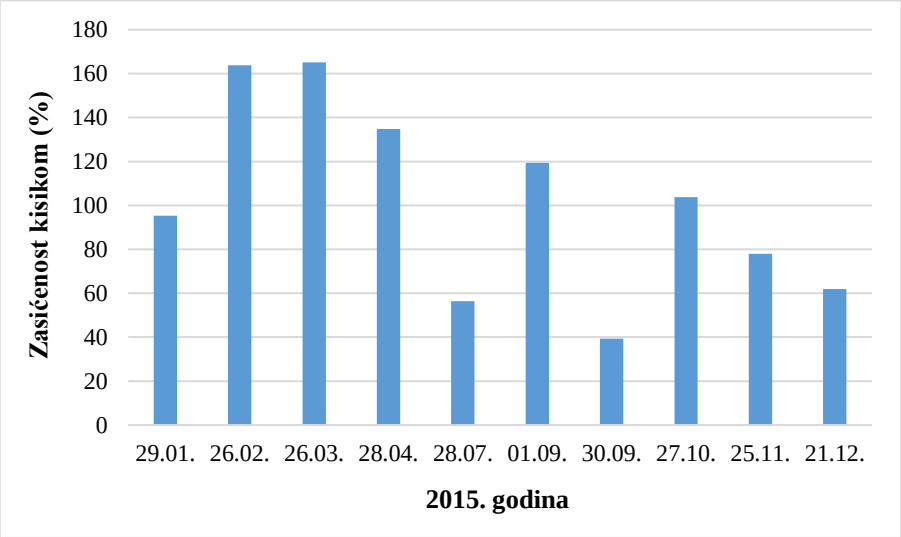


Slika 8. Promjene temperature zraka i vode tijekom razdoblja istraživanja

Najviša koncentracija otopljenog kisika u vodi zabilježena je u zimskom periodu, a iznosila je 19,26 mg/L. U rujnu je izmjerena najniža koncentracija otopljenog kisika u vodi a iznosila je 3,81 mg/L (Slika 9). Najviše vrijednosti zasićenosti vode kisikom (>163%) zabilježene su u ranoproljetnom razdoblju (veljača-ožujak), a najniža vrijednost zabilježena je u rujnu (39,4%) (Slika 10).

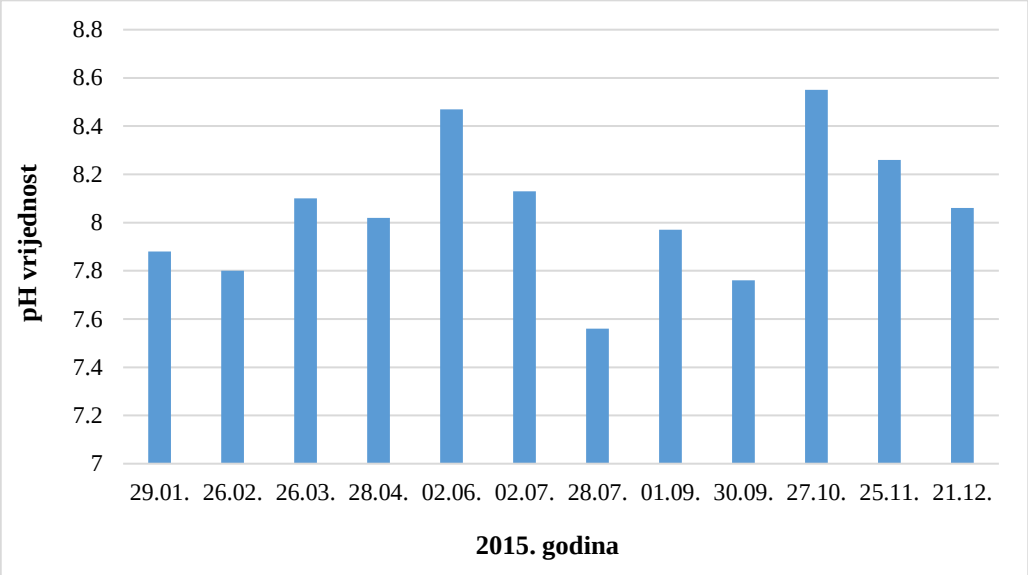


Slika 9. Koncentracije otopljenog kisika u vodi Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja

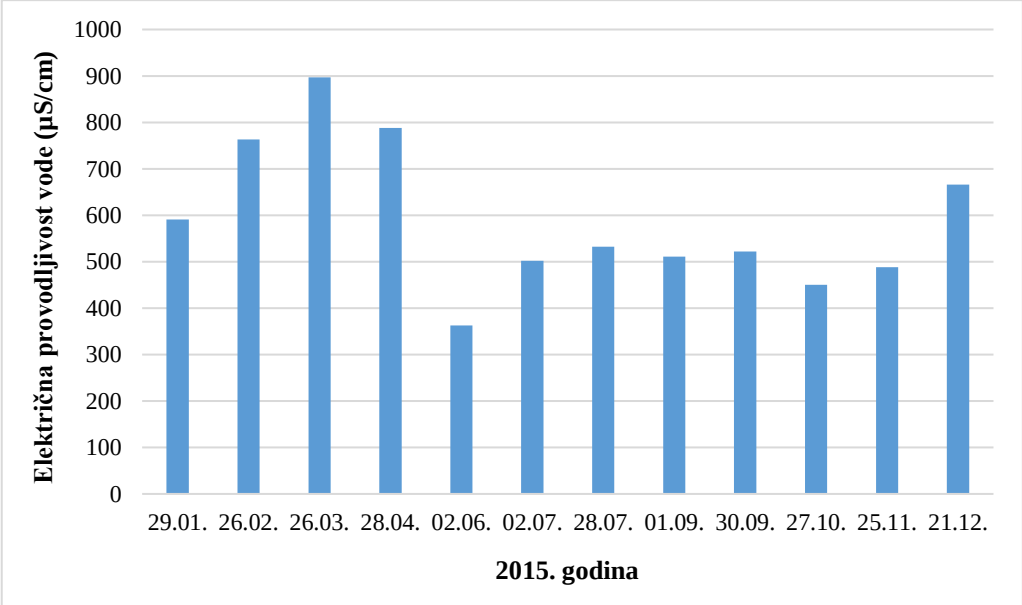


Slika 10. Promjene zasićenosti vode kisikom u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

Voda Sakadaškog jezera bila je blago lužnatog karaktera s pH vrijednostima koje su varirale od 7,56 do 8,55 (Slika 11). Povišene vrijednosti električne provodljivosti vode zabilježene su od veljače do travnja te krajem godine u prosincu, s najvišom vrijednošću u ožujku (897 µS/cm). Najniža vrijednost utvrđena je u lipnju (363 µS/cm) (Slika 12).

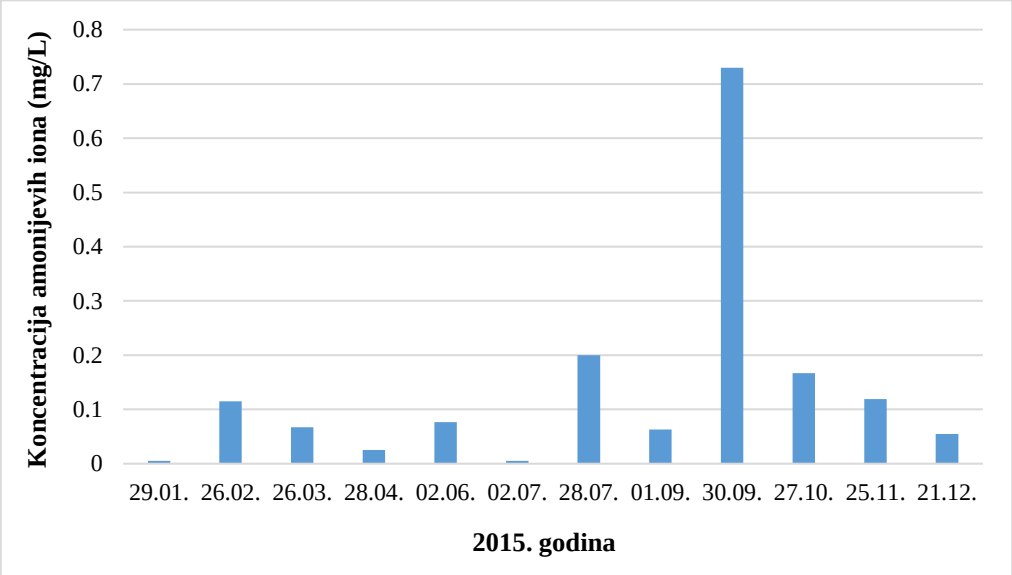


Slika 11. Promjene pH vrijednosti vode Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja



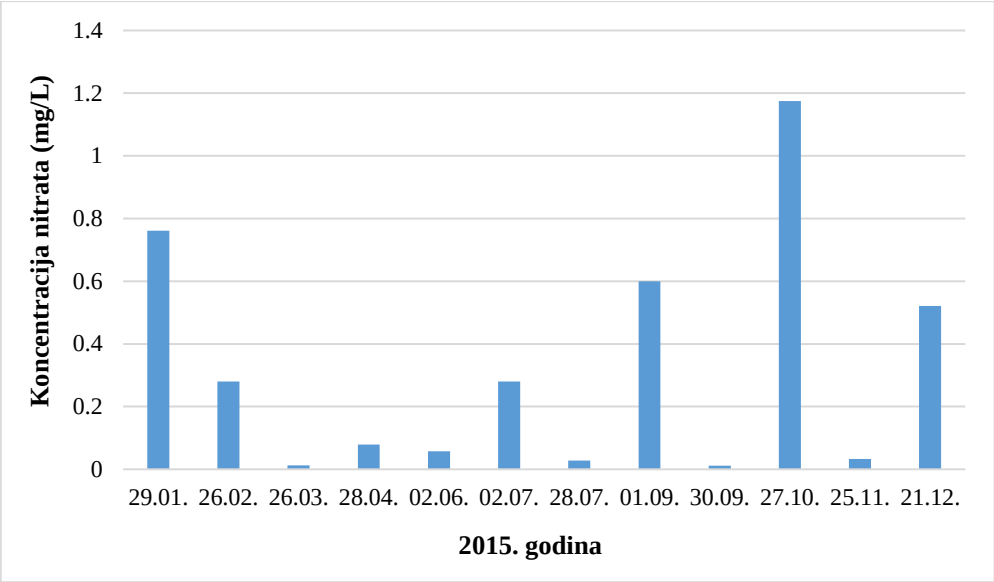
Slika 12. Promjene električne provodljivosti vode Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja

Najniže koncentracije amonijevih iona u vodi zabilježene su u siječnju i početkom srpnja kada su iznosile 0,005 mg/L. Uz velike oscilacije u vrijednostima tijekom godine, ističe se višestruki porast koncentracije u rujnu (0,73 mg/L) te smanjenje vrijednosti do kraja godine (Slika 13).

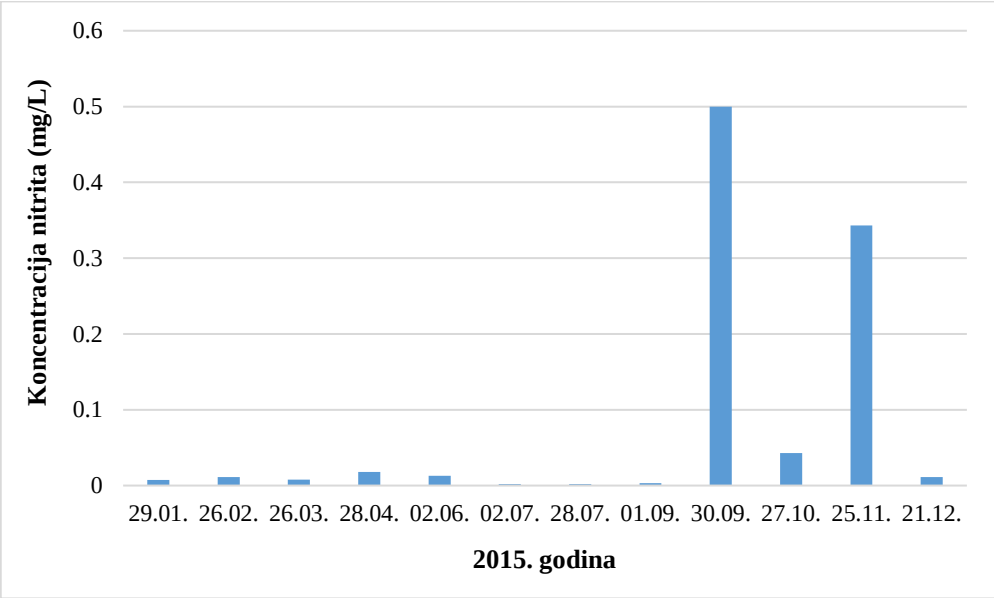


Slika 13. Promjene koncentracije amonijevih iona u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

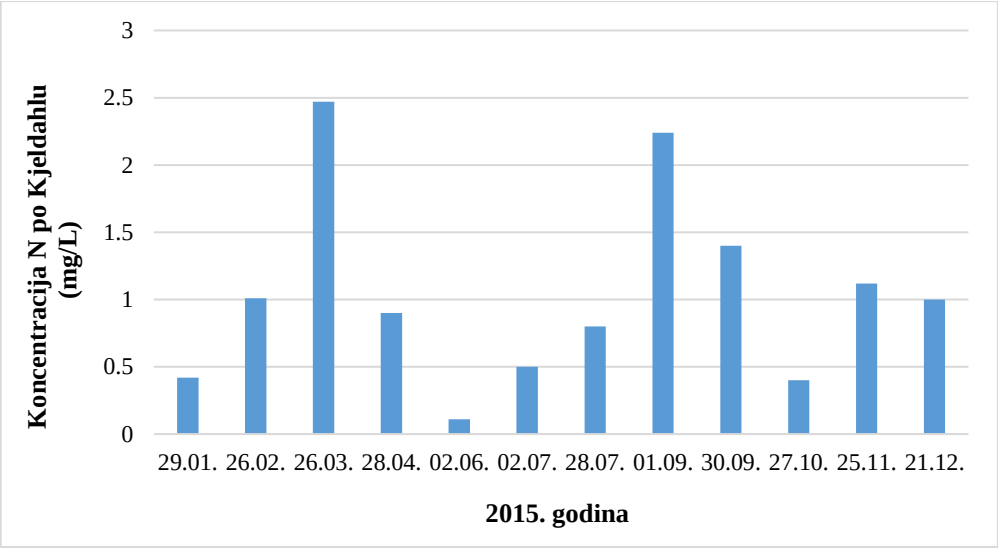
U listopadu je koncentracija nitrata bila najviša i iznosila je 1,17 mg/L, a krajem rujna najniža te je iznosila 0,01 mg/L (Slika 14). U većem dijelu istraživanog razdoblja koncentracija nitrita u vodi bila je niska, a vrijednosti su naglo porasle u jesenskom razdoblju. Od najniže vrijednosti početkom srpnja (0,0018 mg/L) koncentracija je porasla do 0,5 mg/L krajem rujna (Slika 15). Promjene koncentracije organskog dušika varirale su od najniže u lipnju (0,11 mg/L) do najviše u ožujku (2,47 mg/L) (Slika 16).



Slika 14. Promjene koncentracije nitrata u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

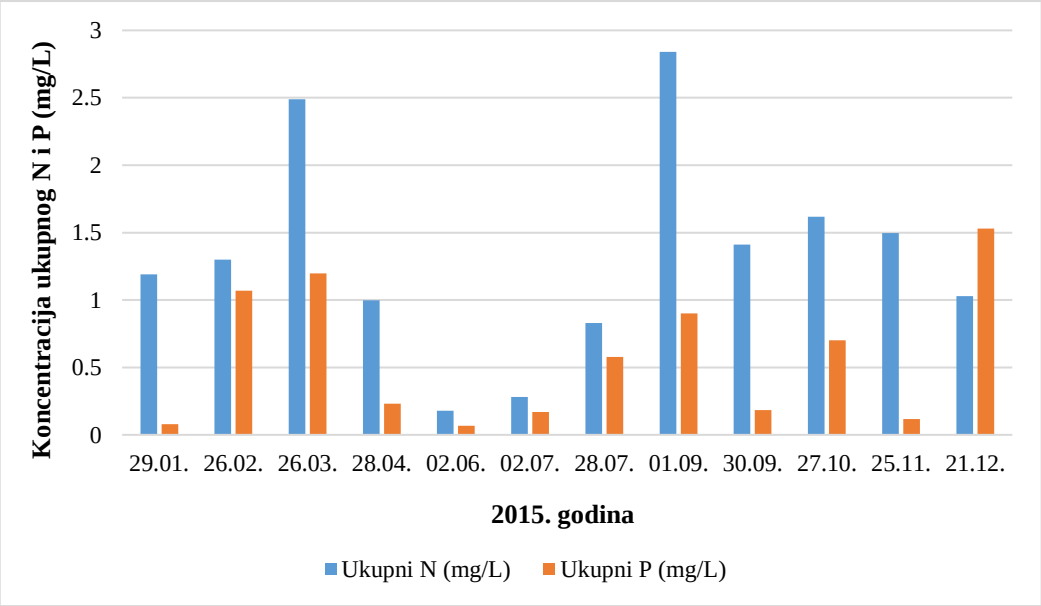


Slika 15. Promjene koncentracija nitrita u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja



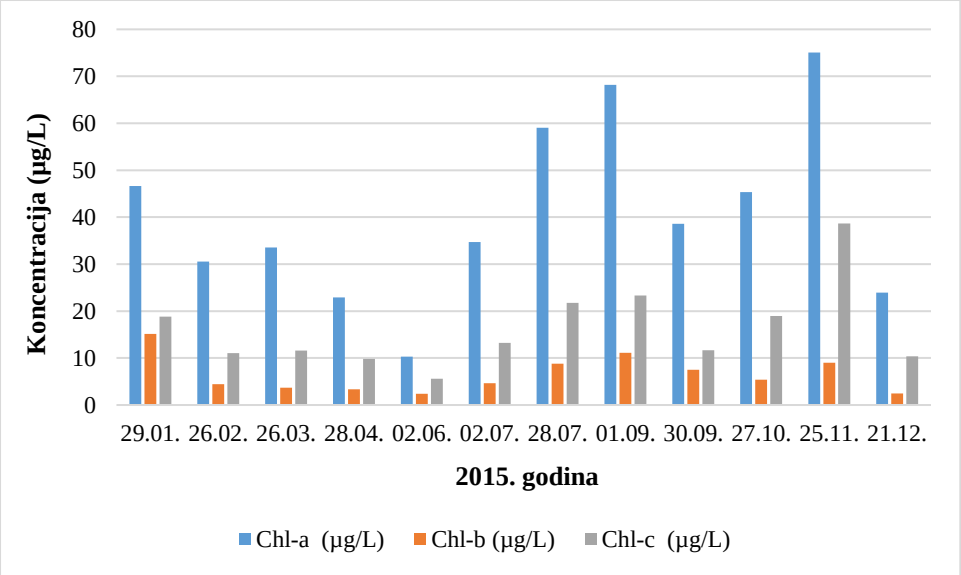
Slika 16. Promjene koncentracije organskog dušika po Kjeldahlu u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

U godišnjim promjenama koncentracije ukupnog dušika u vodi ističu se više vrijednosti u prvom dijelu istraživanog razdoblja (siječanj-travanj) i u razdoblju rujan-prosinac te niže vrijednosti u lipnju i srpnju. Najviša koncentracija zabilježena je početkom rujna i iznosila je 2,84 mg/L, a najniža početkom lipnja kada je iznosila 0,18 mg/L. Koncentracije ukupnog fosfora u vodi značajno su oscilirale. Najniža vrijednost zabilježena je u lipnju, a najviša u prosincu (1,53 mg/L) (Slika 17).



Slika 17. Promjene koncentracija ukupnog dušika i fosfora u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

Više vrijednosti koncentracije Chl-a izmjerene su krajem srpnja (59,05 µg/L), početkom rujna (68,18 µg/L) i u studenom (75,06 µg/L), dok je najniža koncentracija izmjerena u lipnju (10,32 µg/L). Vrijednosti koncentracije Chl-c pratile su promjene koncentracije Chl-a (Slika 18). Najviša i najniža koncentracija Chl-c zabilježena je u istom razdoblju, odnosno pri uzorkovanju u lipnju (5,58 µg/L) i studenom (38,66 µg/L). Koncentracija Chl-b tijekom cijelog istraživanog razdoblja bila je niža od koncentracije Chl-c. Najniža koncentracija Chl-b zabilježena je također u lipnju (2,36 µ/L), a najviša u siječnju (15,16 µ/L).

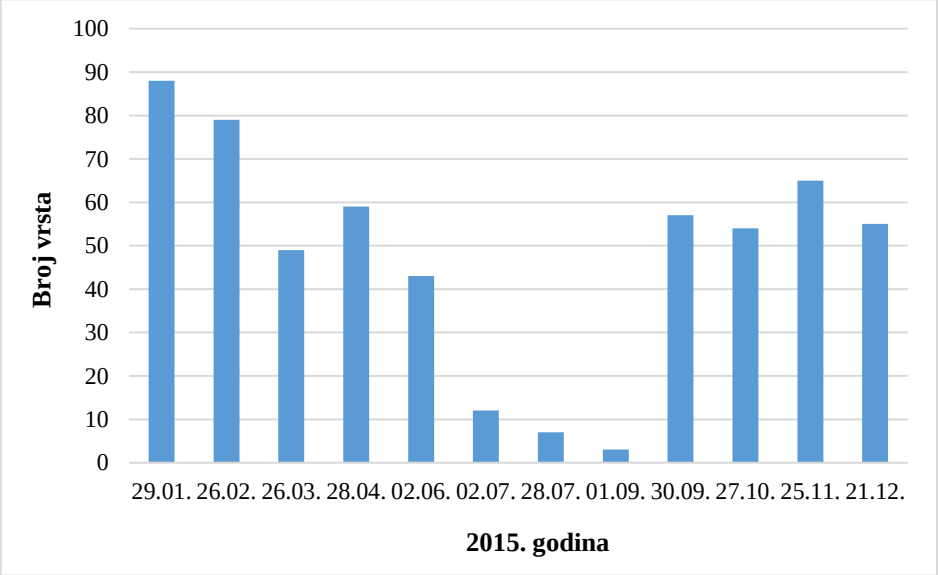


Slika 18. Promjene koncentracije klorofila u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

3.2. Struktura zajednice planktonskih dijatomeja

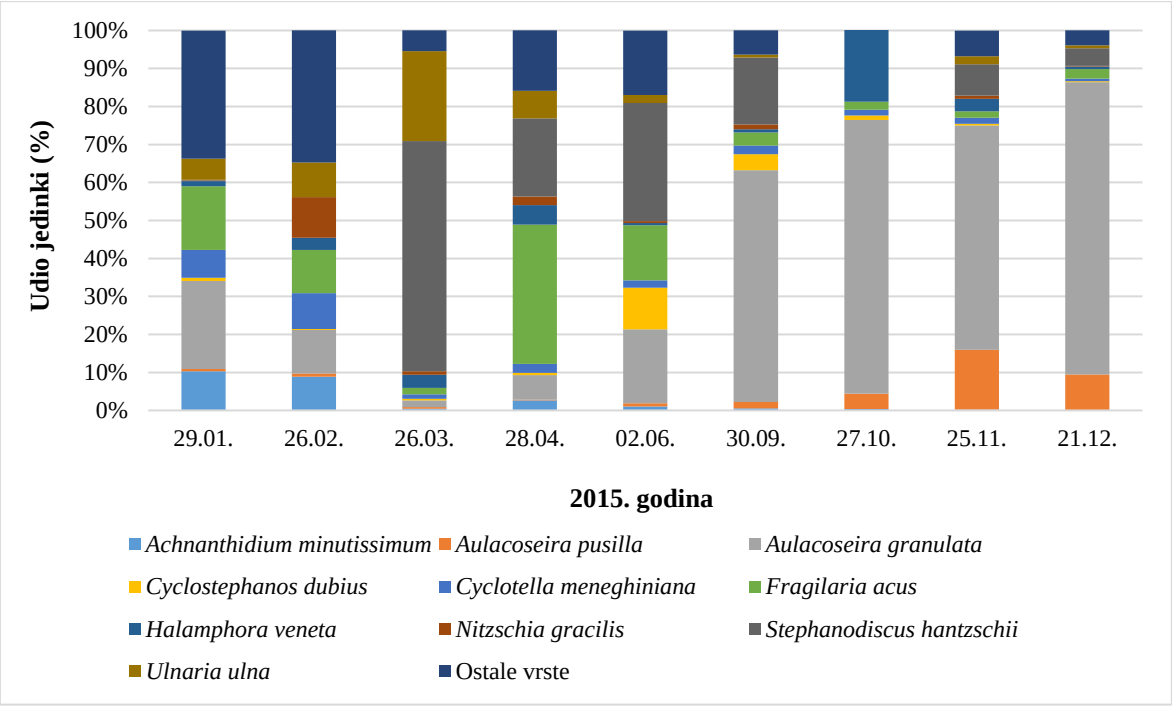
Tijekom istraživanog razdoblja, u fitoplanktonu Sakadaškog jezera zabilježeno je ukupno 116 svojti dijatomeja svrstanih u 50 rodova i tri razreda (Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Mediophyceae) (Prilog 2). Rodovi koji su bili zastupljeni s najvećim brojem vrsta su: *Nitzschia* (17), *Navicula* (14) i *Gomphonema* (7).

Najveća raznolikost vrsta zabilježena je u siječnju (88) i veljači (79), a najmanja krajem srpnja (7) i početkom rujna (3) (Slika 19).



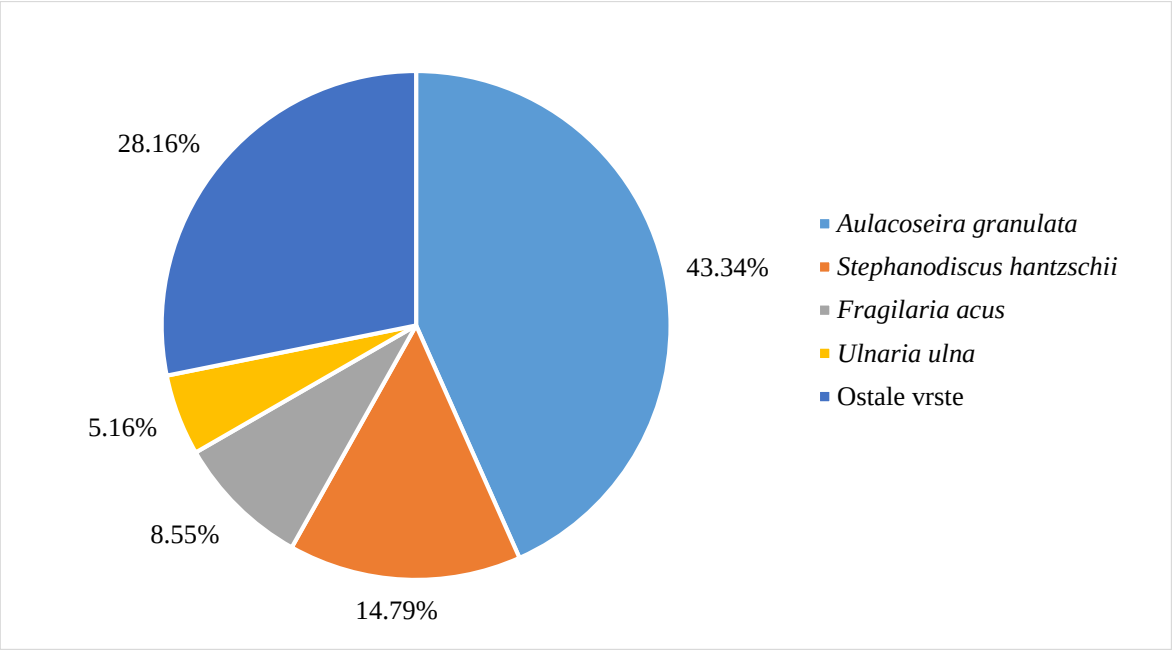
Slika 19. Promjene broja svojti dijatomeja tijekom razdoblja istraživanja

Slika 20 prikazuje relativnu zastupljenost pojedinih vrsta dijatomeja tijekom istraživanog razdoblja. U srpnju i početkom rujna brojnost dijatomeja bila je vrlo mala te nije bilo moguće prebrojati 400 jedinki i odrediti relativnu učestalost dijatomeja i dominantne vrste.



Slika 20. Relativna zastupljenost dominantnih vrsta dijatomeja tijekom 2015. godine

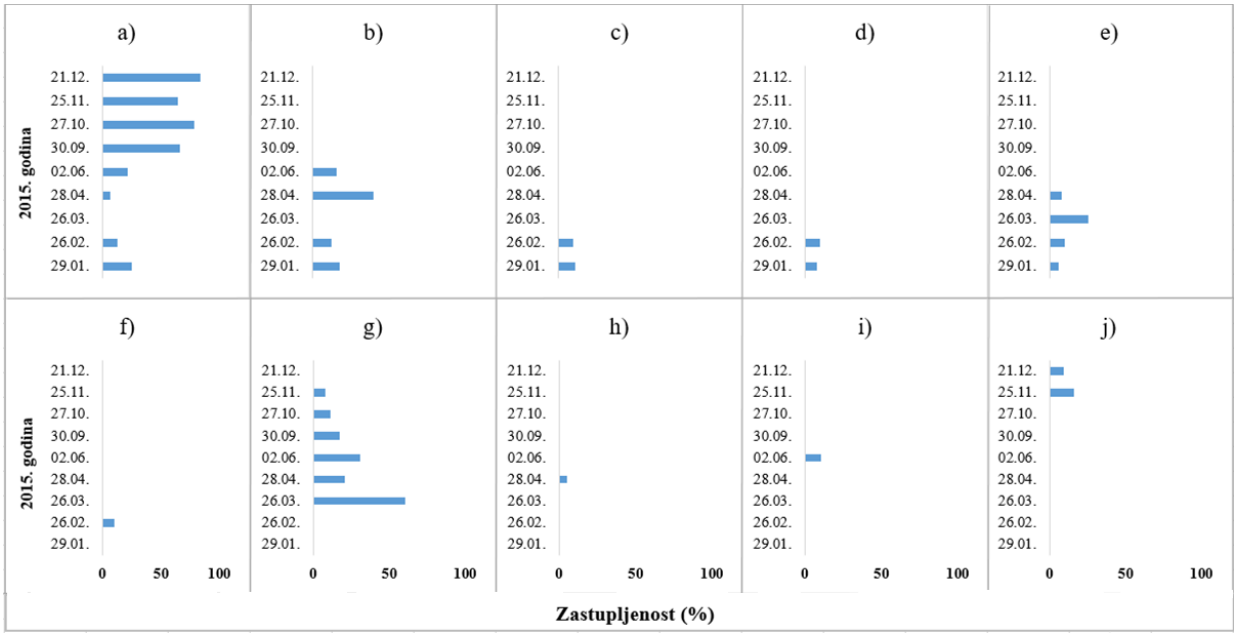
Tijekom ostalih mjeseci, najzastupljenije vrste dijatomeja bile su *Aulacoseira granulata* sa zastupljenošću od 43,34% od ukupnog broja izbrojanih jedinki, *Stephanodiscus hantzschii* (14,79%), *Fragilaria acus* (8,55%) i *Ulnaria ulna* (5,16%). *A. granulata* posebno se istaknula kao vrsta koja je bila dominantna u gotovo svim uzorcima tijekom istraživanog razdoblja (Slika 21).



Slika 21. Vrste s najvećom relativnom zastupljenošću u ukupnoj brojnosti tijekom cijelog razdoblja istraživanja

Slika 22 prikazuje zastupljenost dominantnih vrsta dijatomeja po mjesecima. Osim u ožujku, vrsta *A. granulata* bila je zastupljena u gotovo svim uzorcima s udjelom većim od 5% u ukupnoj brojnosti dijatomeja. Najzastupljenija je bila u prosincu s udjelom od 76,91% te u listopadu (72,05%). Najmanja brojnost ove vrste zabilježena je u proljetnom razdoblju, u travnju (6,54%). Vrsta *F. acus* je kao dominantna vrsta zabilježena u siječnju, veljači, travnju i lipnju. U veljači je brojnost vrste bila smanjena sa udjelom od 11,36%, a najzastupljenija bila je u travnju sa 36,68%. Vrsta *Achnanthidium minutissimum* je samo u siječnju i veljači bila zastupljena s više od 5% udjela u ukupnoj brojnosti, s udjelom od 10,31% u siječnju i manjom zastupljenošću u veljači (8,91%). Također se i vrsta *Cyclotella meneghiniana* u većem broju pojavila samo u siječnju i veljači. Njena zastupljenost se povećala od 7,35% u siječnju do 9,49% u veljači. Vrsta *U. ulna* s više od 5% zastupljenosti u uzorku zabilježena je u razdoblju od siječnja do travnja. Bila je najbrojnija u ožujku s udjelom od 23,69%, a najmanju brojnost imala je u siječnju s udjelom od 5,49%. Iako je vrsta *Nitzschia gracilis* bila prisutna u svim uzorcima tijekom istraživanog razdoblja, jedino je u veljači zabilježena kao dominantna vrsta sa zastupljenošću od 10,69%. Vrsta *S. hantzschii* bila je druga najzastupljenija vrsta tijekom istraživanog razdoblja. Svojom brojnošću posebno se istaknula u ožujku s velikim udjelom od 60,54%. Zabilježena je s nešto manjom brojnošću

u travnju (20,54%) i lipnju (31,13%), a brojnost joj je opala do udjela od 8,22% u studenom. Vrsta *Halamphora veneta* zabilježena je kao dominantna vrsta samo u travnju, s udjelom od svega 5,12%. Vrsta *Cyclostephanos dubius* se u većem broju pojavila samo u lipnju, s udjelom od 10,90% u ukupnoj brojnosti jedinki. Tijekom studenog i prosinca je uz vrstu *A. granulata* dominirala i vrsta *Aulacoseira pusilla.* Brojnija je bila u studenom sa zastupljenošću od 15,82%, nakon čega joj se zastupljenost u ukupnoj brojnosti smanjila (9,51%).

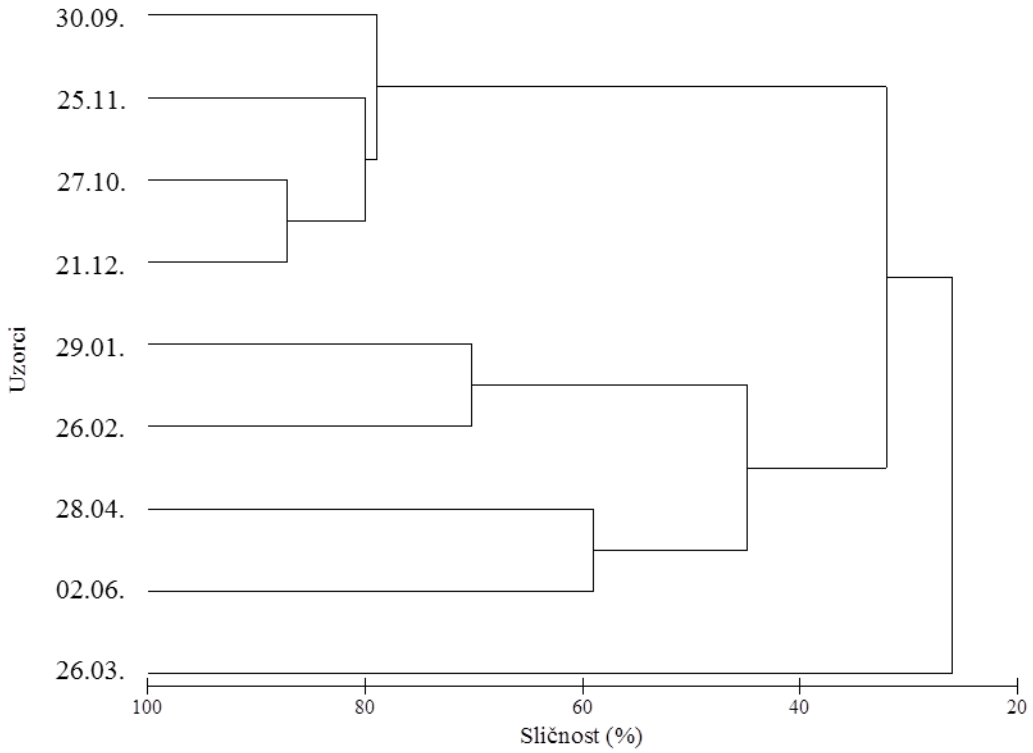


Slika 22. Promjene u zastupljenosti dominantnih vrsta dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja: a) *Aulacoseira granulata*, b) *Fragilaria acus*, c) *Achnanthidium minutissimum*, d) *Cyclotella meneghiniana*, e) *Ulnaria ulna*, f) *Nitzschia gracilis*, g) *Stephanodiscus hantzschii*, h) *Halamphora veneta*, i) *Cyclostephanos dubius*, j) *Aulacoseira pusilla*

Hijerarhijskom klaster analizom utvrđeno je grupiranje uzoraka u dvije osnovne grupe (Bray-Curtis sličnost 45%), uz potpuno izdvajanje uzorka iz ožujka na nižoj razini sličnosti (Slika 23). Pri grupiranju je vidljiv sezonski utjecaj na sastav zajednice i zastupljenost pojedinih vrsta dijatomeja jer prva grupa predstavlja uzorke ranoproljetnog i proljetnog razdoblja, a druga grupa uzorke jesenskog i zimskog dijela istraživanog razdoblja. Uzorak iz ožujka se izdvojio od ostalih zbog vrlo male raznolikosti dijatomeja te dominacije samo dviju vrsta (*S. hantzschii* i *U. ulna*) s udjelom većim od 5% u ukupnoj brojnosti. U prvoj

grupi nalaze se uzorci iz siječnja, veljače, travnja i lipnja, dok se u drugoj grupi diferenciraju podatci za rujan, listopad, studeni i prosinac. Prva grupa podataka se od druge izdvaja po većoj raznolikosti dijatomeja i kodominaciji nekoliko vrsta, dok je u drugoj grupi raznolikost manja, te se velikom brojnošću posebno ističe vrsta *A. granulata* sa zastupljenošću većom od 60%.

Uzorci iz listopada i prosinca pokazuju najveću sličnost (90%). U ovim mjesecima je zabilježena i najveća ukupna brojnost dijatomeja, a vrsta *A. granulata* je bila zastupljena s više od 70%.



Slika 23. Hijerarhijski klaster dendrogram analize kvantitativnog sastava dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera tijekom 2015. godine

4. RASPRAVA

Budući da predstavlja dio vrlo dinamičnog sustava poplavnog područja, u Sakadaškom jezeru se tijekom godine pojavljuju specifični ekološki uvjeti uzrokovani promjenama vodostaja Dunava, koji mogu pospješiti razvoj fitoplanktona i utjecati na raznolikost fitoplanktonskih zajednica u sustavu.

Uslijed plavljenja dolazi do miješanja vodenog stupca, promjena dubine i prozirnosti, temperature i koncentracije hranjivih tvari u vodi. Prvi dio istraživanog razdoblja u 2015. godini obilježen je izraženijim oscilacijama vodostaja Dunava i intenzivnim plavljenjem Kopačkog rita, s izrazito visokim vodostajima (>500 cm) tijekom siječnja, svibnja i lipnja. Ostatak godine obilježili su stabilniji hidrološki uvjeti te niže vrijednosti vodostaja (<300 cm). Visoki vodostaj rijeke utjecao je na povećanje dubine jezera, a tijekom cijelog razdoblja istraživanja, sukladno promjenama dubine, mijenjale su se i vrijednosti prozirnosti vode. Pod utjecajem sezonskih uvjeta i vodostaja, u prvom su dijelu godine zabilježene više koncentracije otopljenog kisika u vodi, koje su se smanjile u ljetnom razdoblju, čak u pojedinim mjesecima do vrijednosti nižih od 5 mg/L (u srpnju i rujnu). U drugom dijelu godine utvrđene su i niže vrijednosti električne provodljivosti vode, koje su bile prilično ujednačene u razdoblju veće hidrološke stabilnosti (srpanj-studeni). Također su u istom razdoblju, u vrijeme nižih vodostaja te manje dubine jezera i prozirnosti vode, utvrđene i najviše koncentracije Chl-a što upućuje na veću ukupnu biomasu fitoplanktona (Reynolds 2006).

Pod utjecajem plavljenja, ali i naglog povlačenja vode u korito rijeke, u Sakadaškom jezeru su vladali turbulentni, promjenjivi uvjeti koji su za mnoge zajednice organizama nepovoljni zbog bržeg protoka i neprestanog miješanja stupca vode. Dosadašnja istraživanja fitoplanktona Sakadaškog jezera pokazala su da su zelene alge i dijatomeje najbolje zastupljene skupine fitoplanktona u razdobljima plavljenja (Mihaljević i sur. 2010). U ovim su uvjetima dominantne u odnosu na druge skupine jer su bolje prilagođene uvjetima intenzivnijeg miješanja vodenog stupca i bržeg strujanja vode. Imaju dobru sposobnost korištenja svjetlosti u promjenjivim, turbulentnim uvjetima, čime brzo povećavaju svoju biomasu (Gottlieb i sur. 2006; Biggs i sur. 1998). Općenito, poplavno područje je okruženje koje predstavlja stalni izazov za dijatomeje i druge skupine fitoplanktona te ih usmjerava na razvoj novih morfoloških i fizioloških prilagodbi (Dembowska 2015).

Ovim istraživanjem utvrđena je velika raznolikost dijatomeja u planktonu Sakadaškog jezera (116 svojti). Najveći broj svojti utvrđen je tijekom ranoproljetnog i zimskog razdoblja u

vrijeme nižih temperatura vode i smanjenog intenziteta svjetlosti. Sastav zajednica ukazuje na dobru zastupljenost tzv. tihoplanktonskih vrsta, odnosno bentičkih vrsta dijatomeja koje dospijevaju u plankton odvajanjem s dna ili drugih podloga pod utjecajem jačih strujanja vode ili vjetrova (Koçer i Şen 2012). Grupiranje uzoraka hijerarhijskom klaster analizom pokazalo je jak sezonski utjecaj na sastav zajednice i zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera. Najmanji broj svojti utvrđen je u razdoblju od lipnja do početka rujna. Razlog tome bio je visoki vodostaj Dunava od kraja svibnja do početka lipnja te više temperature vode i niži vodostaj u ostalim mjesecima, koji su usmjerili sukcesiju zajednica prema razvoju cijanobakterija, euglenofita i zelenih alga (Podaci Zavoda za ekologiju voda). Već su ranija istraživanja pokazala da poplave jačeg intenziteta u kasnoproljetnom razdoblju (svibanj-lipanj) mogu negativno utjecati na razvoj fitoplanktona jer u poplavnom području Kopačkog rita dolazi do učinka razrjeđenja (veća prozirnost i smanjeni sadržaj hranjivih tvari u vodi) (Mihaljević i sur. 2009). U ljetnom je razdoblju, u vrijeme nižih vodostaja i stabilnijih hidroloških uvjeta, zastupljenost dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera bila vrlo mala. Više temperature i manja dubina vode pogodovali su razvoju cijanobakterija (*Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Dolichospermum solitarium* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, *Merismopedia glauca* (Ehrenberg) Kützing, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek), euglenofita (*Trachelomonas oblonga* Lemmermann) i zelenih alga (*Actinastrum hantzschii* Lagerheim, *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze, *Monoraphidium* spp.), koje su prevladavale u fitoplanktonu Sakadaškog jezera (podatci Zavoda za ekologiju voda).

Općenito je tijekom istraživanog razdoblja u zajednicama planktonskih dijatomeja utvrđena dominacija centrica (*A. granulata*, *S. hantzschii*, *C. meneghiniana*, *C. dubius*, *A. pusilla*) koje zbog brzog rasta i razmnožavanja imaju sposobnost bolje prilagodbe promjenjivim uvjetima u vodenom stupcu, posebice u vrijeme plavljenja. *A. granulata* bila je najbolje zastupljena dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera tijekom cijelog razdoblja istraživanja. Iako je bila zastupljena u velikom broju već u siječnju, njezinom razvoju najviše su pogodovali hidrološki uvjeti i niže temperature vode u razdoblju od kraja rujna do prosinca. *A. granulata* je karakteristična vrsta plićih jezera višeg trofičkog stupnja, čijem razvoju doprinosi miješanje vodenog stupca, a može se u sličnim uvjetima pojavljivati i u epilimnionu dubljih stratificiranih jezera (Padisák i sur. 2009). Predstavnik je fitoplanktona eutrofnih jezera, rijeka i bara, a maksimalnu brojnost postiže u vrijeme smanjenja razine vode, nakon plavljenja (Kiss i sur. 2012). Dobro se prilagođava turbulentnim uvjetima te

može podnijeti dostupnost manje količine svjetlosti u vodenom stupcu (Reynolds 2002; Wang i sur. 2011). Vrsta *S. hantzschii* je u većem broju bila zastupljena u razdoblju od ožujka do studenog, a najbrojnija je bila u proljetnom razdoblju nakon poplava te u uvjetima povišenih koncentracija ukupnog dušika i fosfora. Vrsta je tolerantna na plavljenje i miješanje stupca vode, kao i na manju količinu svjetlosti, ali je osjetljiva na manje koncentracije hranjivih tvari (Reynolds 2006). Iako je *C. meneghiniana* tipičan predstavnik eutrofnih jezera s učestalim miješanjem vodenog stupca te se u Sakadaškom jezeru redovito pojavljuje s velikom brojnošću, tijekom 2015. godine je bila dobro zastupljena samo u siječnju i veljači. *S. hantzschii* i *C. meneghiniana* smatraju se stalnim i tipičnim dunavskim vrstama fitoplanktona (Schmidt 1992; Török 2006) te je njihova brojnost u Sakadaškom jezeru vjerojatno rezultat unosa tijekom razdoblja plavljenja. *A. pusilla* je u velikom broju bila zastupljena u studenom i prosincu. To je kozmopolitska vrsta prisutna u rijekama, jezerima i akumulacijama upravo u zimskom razdoblju (Kiss i sur. 2012; Tsukada i sur. 2006). Vrsta *C. dubius* je bila dobro zastupljena samo u lipnju pri višim temperaturama vode. Često se pojavljuje u fitoplanktonu rijeka i plitkih jezera, a kao i vrste roda *Stephanodiscus*, indikator je eutrofnih voda (Anderson 1990).

Penatne vrste dijatomeja bile su najbolje zastupljene u proljetnom razdoblju karakteriziranom poplavama. Od dominantnih vrsta, veća učestalost vrste *F. acus* zabilježena je u siječnju, veljači, travnju i lipnju, a *U. ulna* bila je zastupljena od siječnja do travnja, s većom brojnošću u ožujku. Vrste *A. minutissimum* i *N. gracilis* bile su brojne samo u ranoproljetnom razdoblju. U literaturi su već opisane kao primarno bentoske vrste karakteristične za eutrofne vode, koje se u većem broju razvijaju nakon poplava (Szabó i sur. 2005).

5. ZAKLJUČCI

Istraživanjem je utvrđeno da se u Sakadaškom jezeru razvijaju svojtama bogate zajednice dijatomeja te da se sastav zajednice i zastupljenost pojedinih svojti mijenjaju ovisno o sezonskim i hidrološkim uvjetima u jezeru. Svojtama najbogatije zajednice razvijaju se u ranoproljetnom i zimskom razdoblju u uvjetima nižih temperatura vode i smanjenog intenziteta svjetlosti.U jezeru su, uz primarno bentoske vrste dijatomeja, najzastupljenije centrice (*A. granulata*, *S. hantzschii*, *C. meneghiniana*, *C. dubius*, *A. pusilla*) vjerojatno zbog boljeg prilagođavanja promjenjivim uvjetima u vodenom stupcu, posebice u vrijeme plavljenja. Sastav i zastupljenost vrsta dijatomeja u jezeru, visoke koncentracije klorofila i hranjivih tvari te niske vrijednosti prozirnosti, posebice u ljetnim mjesecima, ukazuju na eutrofno stanje jezera.

Dobiveni rezultati mogu koristiti kao podloga u ocjeni ekološkog stanja Sakadaškog jezera.

6. LITERATURA

Anderson, N. J. (1990) The biostratigraphy and taxonomy of small Stephanodiscus and Cyclostephanos species (Bacillariophyceae) in a eutrophic lake, and their ecological implications. British Phycological Journal 25: 217-235.

Attici, T., Obali, O. (2010) The diatoms of Asartepe Dam Lake (Ankara), with environmental and some physicochemical properties. Turkish Journal of Botany 34: 541-548.

Biggs, B. J. F., Stevenson, R. J., Lowe, R. L. (1998) A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. Archiv für Hydrobiologie 143:21-56.

Bjelovuk, D. (2018) Utjecaj ekstremnih poplava na dinamiku fitoplanktona Sakadaškog jezera. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Osijek.

Bonacci, O., Tadić, Z., Moržan, A., Radeljak, I. (2002) Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit. Sektorska studija: Hidrologija i meteorologija. Elektroprojekt, Zagreb.

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

Dembowska, E. A. (2015) Seasonal variation in phytoplankton and aquatic plants in floodplain lakes (lower Vistula River, Poland). Wetlands Ecology and Management. Vol 22, No6. DOI 10.1007/s11273-015-9408-4

Drum, R.W., Hopkins, J. T. (1966) Diatom locomotion, an explanation. Protoplasma 62: 1-33.

Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J.T., Falkowski, P. (1998) Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. Science 281: 237-240.

Gottlieb, A. D., Richards, J. H, Gaiser, E. E. (2006) Comparative study of periphyton community structure in long and short – hydroperiod Everglades marshes. Hydrobiologia 569: 195-207.

Gucunski, D. (1994) Važnost zaštite hidrološkog sustava Specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit. Zbornik ekoloških radova " Problemi u zaštiti okoliša". Osijek 1: 1523.

Gucunski, D., Mihaljević, M. (1993) Comparative study od phytoplankton in the nature reserve of Kopački rit. Acta Botanica Croatica 52: 4147.

Gucunski, D. (1974) Sezonske oscilacije fitoplanktona u zaštićenom području Kopačkog rita. Acta Botanica Croatica 33: 163-173.

Harper, M. A. (1977) Movements. In: Werner D. (Ed.) The biology of Diatoms. Blackwell, Oxford 224-249.

Harper, M. A., Harper, J. F. (1967) Measurements of diatom adhesion and their relationship with movement. British Phycological Bulletin 3: 195-207.

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.

Horvatić, J. (1990) Prilog poznavanju fitoplanktona i planktonske primarne produkcije rezervata Kopački rit. Acta Botanica Croatica 49: 63-73.

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

International Commission for the Protection of the Danube River (2014) Floods in June 2013 in the Danube River Basin. Brief overview of key events and lessons learned. Viena. Austria.

John, J. (2012) A beginner's guide for diatoms. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggel, Liechtenstein.

Kajan, K. (2017) Phytoplankton assemblage index in evaluation of environmental changes of the Danubian floodplain lake. Diplomski rad.

Kelly, M. G., Juggins, S., Bennion, H., Burgess, A., Yallop, M., Hirst, H., King, L., Jamieson, B. J., Guthrie, R., Rippey, B. (2008) Use of diatoms for evaluating ecological status in UK freshwaters. Environment Agency, United Kingdom.

Kiss, K. T., Klee, R., Ector, L., Ács, E. (2012) Centric diatoms of large rivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. Acta Botanica Croatica 71: 311-363.

Koçer, M. A. T., Şen, B. (2012) The seasonal succession of diatoms in phytoplankton of a soda lake (Lake Hazar, Turkey). Turkish Journal of Botany 36: 738-746.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2008a) Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae (H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer, ur.). Vol. 2/2, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (2008b) Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae (H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer, ur.). Vol. 2/1, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1999) Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae (H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer, ur.). Vol. 2/1, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Lee, R. E. (2008) Phycology-fourth edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Li, C. W., Volcani, B. E. (1987) Four new apochlorotic diatoms. Journal of Phycology 22: 375-382.

Mann, D. G. (1999) The species concept in diatoms. Phycologia 38: 437-495.

Medlin, L. K. (2016) Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of the supporting molecular and morphological evidence. Marine Biological Association of the UK, The Citadel, Plymouth PL1 2PB, UK.

Mihaljević, M., Stević, F., Špoljarić, D., Žuna Pfeiffer, T. (2015) Spatial pattern of phtoplankton based od the morphology-based functional approach along a river-floodplain gradient. River Research and Applications 31: 228-238.

Mihaljević, M., Žuna Pfeiffer, T., Stević, F., Špoljarić, D. (2013) Dynamics of phytoplankton and periphytic algae in a Danubian floodplain lake: A comprative study under altered hydrological conditions. Fresenius Environmental Bulletin 22: 2516-2523.

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., Špoljarić, D., Stević, F., Cvijanović, V., Hackenberger-Kutuzović, B. (2010) The influence of extreme flods from the river Danube in 2006 on phytoplankton in a floodplain lake: Shift to a clear state. Limnologica 40: 260-268.

Mihaljević, M., Stević, F., Horvatić, J., Hackenberger-Kutuzović, B. (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., Getz, D., Živanović, B., Gucunski, D., Topić, J., Kalinović, I., Mikuška, J., Hackenberger, D. (1999) Kopački rit: pregled istraživanja i bibliografija. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zavod za znanstveni rad, 188.

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

Palijan, G. (2010) Određivanje graničnog vodostaja plavljenja Kopačkog rita na primjeru poplave u listopadu-studenom 2009. godine. Hrvatske vode 74: 313-320.

Rabosky, D. L., Sorhannus, U. (2009) Diversity dynamics of marine phytoplankton diatoms across the Cenozoic. Nature 457: 183-186.

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

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 (5): 417-428.

Round, F. E., Crawford, R. M., Mann, D. G. (1990) The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera. Cambridge University Press, Cambridge.

Schmidt, A. (1992) Das Phytoplankton, dasPhytobenthos und die Makrophytender Donau. Wien, Limnologische Berichte Donau 77-101.

Schwarz, U. (2005) Landschaftsökologische Charakterisierung des Kopački Rit unter besonderer Berücksichtigung von Flusslandschaftsformen sowie deren Genese und Typologie. Dissertation. University of Wien.

Seckbach, J., Kociolek, J. P. (2011) The Diatom world. DOI 10.1007/978-94-007-1327-7.

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

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

Szabó, K., Kiss, K. T., Taba, G., Ács, É. (2005) Epiphytic diatoms of the Tisza River, Kisköre Reservoir and some oxbows of the Tisza River after the cyanide and heavy metal pollution in 2000. Acta Botanica Croatica 64: 1-46.

Török, L. (2006) Contribution to the knowledge on quantitative and qualitative status of diatoms population from plankton of some lakesof the Danube Delta at the end of second millennium (1995-2000). Ph.D. Thesis, Danube Delta National Institute, Tulcea.

Tsukada, H., Tsujimura, S., Nakahara, H. (2006) Seasonal succession of phytoplankton in Lake Yogo over 2 years: effect of artificial manipulation. Limnology 7: 3-14.

UNESCO (1966) Determination of phytoplankton pigments in sea water. Report of SCORUNESCO Working Group 17. Monographs on Oceanographic Methodology 1, 69.

Wang, L. Y., Xu, L., Kong, L., Tan, M., Zhang, M. (2011) Weekly dynamics of phytoplankton functional groups under high water level fluctuations in a subtropical reservoir-bay. Aquatic Ecology 45: 197-212.

Welcomme, R. L. (1975) The Fisheries Ecology of African Floodplains. Commission for Inland Fisheries of Africa, Technical Paper No. 3., FAO, Rome.

Web izvori:

Web 1: What are diatoms.

https://diatoms.org/what-are-diatoms (10.07.2019.)

Web 2: Biologija.

http://biologija.com.hr/modules/AMS/article.php?storyid=10188 (10.07.2019.)

Web 3: Dijatomeje.

http://baltazar.izor.hr/roscop/fitop_web_v?p_grupa=2 (11.07.2019.)

Web 4: Observation of diatoms.

https://www.diatoms.de/en/diatoms/what-are-diatoms (11.07.2019.)

Web 5. Alge kremenjašice.

https://mikrosvijet.wordpress.com/2011/05/03/alge-kremenjasice/ (11.07.2019.)

Web 6. Ilustration of life cycle and reproduction of diatom.

https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-Life-cycle-and-reproduction-of-Diatom_fig8_332625567 (15.07.2019.)

Web 7: Diatoms: Characteristics, Occurrence and Reproduction.

http://www.biologydiscussion.com/algae/diatoms-characteristics-occurrence-and-reproduction/46940 (15.07.2019.)

Web 8: Kopački rit.

https://pp-kopacki-rit.hr/jupp-kopacki-rit/ (19.07.2019.)

Web 9: Informacija o stanju i programima razvitka parka prirode "Kopački rit".

http://www.obz.hr/hr/images/Zupanijska_skupstina/2018/16_sjednica/25_informacija_o_stanju_i_programima_razvitka_parka_prirode_kopacki_rit.pdf (20.07.2019.)

Web 10: Poplavno područje.

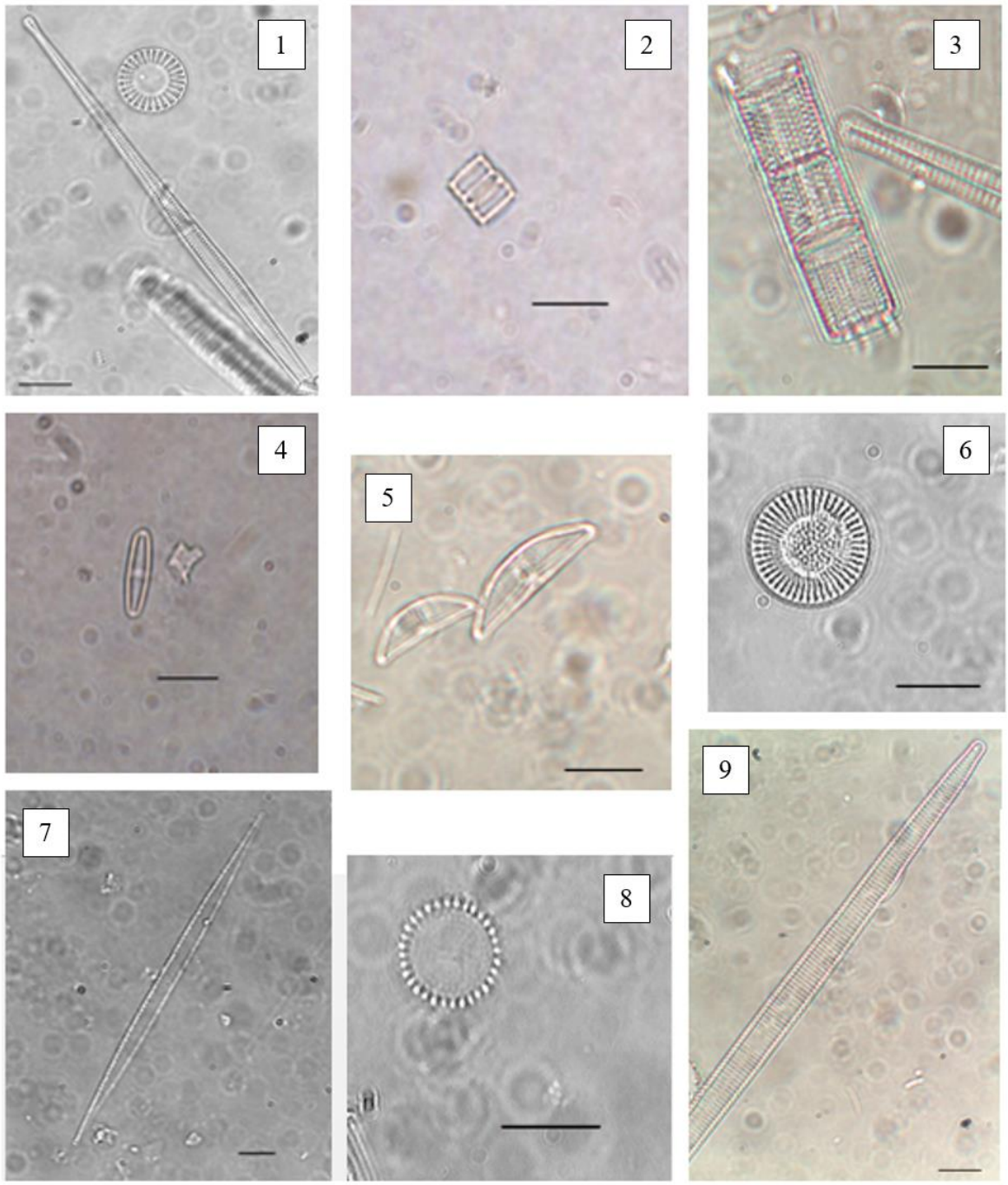
https://pp-kopacki-rit.hr/poplavno-podrucje/ (21.07.2019.)

Web 11: Algaebase.

http://www.algaebase.org/ (2019. godine)

7. PRILOZI

Prilog 1. Dominantne vrste dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera tijekom 2015. godine: 1) *Fragilaira acus* (lijevo); *Cyclotella meneghiniana* (desno), 2) *Aulacoseira pusilla*, 3) *Aulacoseira granulata*, 4) *Achnathidium minutissimum*, 5) *Halamphora veneta*, 6) *Cyclostephanos dubius*, 7) *Nitzschia gracilis*, 8) *Stephanodiscus hantzschii*, 9) *Ulnaria ulna*. Linija predstavlja 10 µm.



Prilog 2. Sastav dijatomeja u fitoplanktonu Sakadaškog jezera tijekom 2015. godine

Ime vrste	Razred	29. 01.	26. 02.	26. 03.	28. 04.	02. 06.	02. 07.	28. 07.	01. 09.	30. 09.	27. 10.	25. 11.	21. 12.
Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+				+	+	+	
Actinocyclus normanii (W.Gregory ex Greville) Hustedt	*Coscinodiscophyceae*	+	+	+							+	+	
Amphora pediculus (Kützing) Grunow	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+				+	+	+	+
Amphora ovalis (Kützing) Kützing	*Bacillariophyceae*	+	+	+		+				+	+		
Asterionella formosa (Hassall)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+	+					+	+
Aulacoseira pusilla (F.Meister) A.Tuji & A.Houki	*Coscinodiscophyceae*	+	+	+	+	+				+	+	+	+
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	*Coscinodiscophyceae*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brebissonia lanceolata (C.Agardh) R.K.Mahoney, Reimer	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+					+		+	+
Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve	*Bacillariophyceae*	+	+										
Caloneis bacillum (Grunow) Cleve	*Bacillariophyceae*	+											
Cocconeis pediculus (Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+				+							+
Cocconeis placentula (Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+				+	+	+	+
Craticula cuspidata (Kutzing) D.G.Mann	*Bacillariophyceae*			+	+					+		+	
Cyclostephanos dubius (Hustedt) Round	*Mediophyceae*	+	+	+	+	+				+	+	+	+
Cyclotella meneghiniana (Kützing)	*Mediophyceae*	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+
Cyclotella sp.	*Mediophyceae*	+	+	+	+								

Cymatopleura elliptica (Brébisson) W.Smith	*Mediophyceae*	+											
Cymbella cistula (Ehrenberg) O.Kirchner	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+						+	+	+
Cymbella cymbiformis (C.Agardh)	*Bacillariophyceae*				+					+		+	
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	*Bacillariophyceae*	+	+				+			+	+	+	+
Diatoma tenuis (C.Agardh)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+				+			+
Diatoma vulgaris (Bory)	*Bacillariophyceae*	+	+										
Encyonema leibleinii (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig, M.Menezes	*Bacillariophyceae*	+	+		+						+	+	
Encyonema ventricosum (C.Agardh) Grunow	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+		+				+	+
Epithemia adnata (Kützing) Brébisson	*Bacillariophyceae*											+	
Epithemia gibba (Ehrenberg) Kützing	*Bacillariophyceae*		+									+	+
Epithemia sorex (Kützing)	*Bacillariophyceae*	+	+			+						+	+
Epithemia turgida (Ehrenberg) Kützing	*Bacillariophyceae*		+	+								+	+
Eunotia bilunaris (Ehrenberg) Schaarschmidt	*Bacillariophyceae*	+	+								+	+	+
Fallacia pygmaea (Kützing) Stickle, D.G.Mann	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+					+	+	+	+
Fragilaria acus (Kützing) Lange-Bertalot	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fragilaria capucina (Desmazières)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+
Fragilaria crotonensis (Kitton)	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+					+		
Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni	*Bacillariophyceae*	+											

Gomphonema acuminatum (Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+				+			
Gomphonema affine (Kützing)	*Bacillariophyceae*	+	+								+		
Gomphonema angustatum (Kützing) Rabenhorst	*Bacillariophyceae*			+	+								+
Gomphonema gracile (Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+											
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+					+	+	+
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+				+	+	+	+
Gomphonema truncatum (Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+	+		+					+	+	+	+
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+
Gyrosigma attenuatum (Kützing) Rabenhorst	*Bacillariophyceae*			+	+							+	
Gyrosigma scalproides (Rabenhorst) Cleve	*Bacillariophyceae*				+								
Halamphora veneta (Kützing) Levkov	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+				+	+	+	+
Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow	*Bacillariophyceae*	+	+	+		+				+		+	
Hippodonta capitata (Ehrenberg) Lange-Bertalot,Metzeltin, Witkowski	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+			+		+	+	+	+
Iconella bifrons (Ehrenberg) Ruck, Nakov	*Bacillariophyceae*	+											+
Iconella biseriata (Brébisson) Ruck, Nakov	*Bacillariophyceae*	+	+								+		+
Iconella tenera (W.Gregory) Ruck, Nakov	*Bacillariophyceae*	+											
Lemnicola exigua (Grunow) Kulikovskiy, Witkowski, Plinski	*Bacillariophyceae*	+	+										
Lemnicola hungarica (Grunow) Round, Basson	*Bacillariophyceae*	+										+	

Melosira varians (C.Agardh)	*Coscinodiscophyceae*	+	+		+	+			+		
Navicula cincta (Ehrenberg) Ralfs	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+			+	+	+	+
Navicula cryptocephala (Kützing)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+		+	+	+	
Navicula lanceolata (Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Navicula menisculus (Schumann)	*Bacillariophyceae*	+	+		+			+	+	+	
Navicula minima (Grunow)	*Bacillariophyceae*					+		+			
Navicula oblonga (Kützing) Kützing	*Bacillariophyceae*	+	+	+						+	+
Navicula radiosa (Kützing)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+			+	+		
Navicula reinhardtii (Grunow) Grunow	*Bacillariophyceae*									+	
Navicula rhynchocephala (Kützing)	*Bacillariophyceae*	+	+		+				+	+	+
Navicula rhynchocephala var. *elongata* (Grunow)	*Bacillariophyceae*	+						+			
Navicula sp.	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+			+	+	+	
Navicula splendicula (VanLandingham)	*Bacillariophyceae*	+									+
Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+					+	+
Navicula viridula (Kützing) Ehrenberg	*Bacillariophyceae*	+	+		+				+	+	
Neidiomorpha binodiformis (Krammer) M.Cantonati, Lange-Bertalot, N.Angeli	*Bacillariophyceae*	+						+			
Neidium dubium (Ehenberg) Cleve	*Bacillariophyceae*							+	+	+	
Neidium iridis (Ehrenberg) Cleve	*Bacillariophyceae*										+

Nitzschia acicularis (Kützing) W.Smith	*Bacillariophyceae*	+					+	+		+			
Nitzschia amphibia (Grunow)	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+							
Nitzschia commutata (Grunow)	*Bacillariophyceae*	+											
Nitzschia dissipata (Kützing) Rabenhorst	*Bacillariophyceae*	+	+		+					+	+		
Nitzschia fonticola (Grunow) Grunow	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+				+		+	+
Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow	*Bacillariophyceae*			+	+	+				+	+	+	
Nitzschia gracilis (Hantzsch)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+				+	+	+	+
Nitzschia holsatica (Hustedt)	*Bacillariophyceae*						+	+	+				
Nitzschia inconspicua (Grunow)	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+					+	+	+
Nitzschia intermedia (Hantzsch)	*Bacillariophyceae*	+											
Nitzschia linearis (W.Smith)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+					+	+	+	+
Nitzschia palea (Kützing) W.Smith	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+		+		+	+		+
Nitzschia paleacea (Grunow) Grunow	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+				+			+
Nitzschia recta (Hantzsch ex Rabenhorst)	*Bacillariophyceae*	+	+								+	+	
Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) W.Smith	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+						+	+	+
Nitzschia sublinearis (Hustedt)	*Bacillariophyceae*	+	+			+				+			
Nitzschia vermicularis (Kützing) Hantzsch	*Bacillariophyceae*						+						
Paraplaconeis placentula (Ehrenberg) M.S.Kulikovskiy, Lange-Bertalot	*Bacillariophyceae*												+
Pinnularia microstauron (Ehrenberg) Cleve	*Bacillariophyceae*									+		+	

Pinnularia sp.											
	Bacillariophyceae									+	
Pinnularia viridis											
(Nitzsch) Ehrenberg	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+		+		+	+	+
Placoneis exigua											
(W.Gregory) Mereschkovsky	*Bacillariophyceae*	+	+		+				+	+	+
Placoneis gastrum											
(Ehrenberg) Mereschkowsky	*Bacillariophyceae*								+	+	+
Planothidium lanceolatum											
(Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+			+	+	+
Platessa conspicua											
(Ant.Mayer) Lange-Bertalot	*Bacillariophyceae*								+	+	+
Pseudostaurosira parasitica											
(W.Smith) E.Morales	*Bacillariophyceae*	+	+	+		+			+		
Rhoicosphenia curvata											
(Kützing) Grunow	*Bacillariophyceae*	+	+		+	+			+		
Rhopalodia gibba											
(Ehrenberg) O.Müller	*Bacillariophyceae*		+	+			+				
Sellaphora pupula											
(Kützing) Mereschkovsky	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+				+	+		+
Sellaphora sp.											
	Bacillariophyceae	+	+			+			+	+	+	
Stauroneis anceps											
(Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*		+	+						+	
Stauroneis phoenicenteron											
(Nitzsch) Ehrenberg	*Bacillariophyceae*										+	
Staurosira construens											
(Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+			+	+	+	+
Staurosirella pinnata											
(Ehrenberg)	*Bacillariophyceae*	+									
Stephanodiscus hantzschii											
(Grunow)	*Mediophyceae*	+		+	+	+			+	+	+	+
Stephanodiscus rotula											
(Kützing) Hendey	*Mediophyceae*	+	+	+							+	+
Stephanodiscus sp.											
	Mediophyceae								+		
Surirella brebissonii											
(Krammer, Lange-Bertalot)	*Bacillariophyceae*		+						+		

Surirella librile (Ehrenberg) Ehrenberg	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Surirella minuta (Brébisson ex Kützing)	*Bacillariophyceae*	+	+								
Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kützing	*Bacillariophyceae*	+									
Tabularia fasciculata (C.Agardh) D.M.Williams, Round	*Bacillariophyceae*		+						+		
Tryblionella angustata (W.Smith)	*Bacillariophyceae*	+	+								
Tryblionella hantzschiana (Grunow)	*Bacillariophyceae*		+								
Tryblionella levidensis (W.Smith)	*Bacillariophyceae*		+	+							
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	*Bacillariophyceae*	+	+	+	+	+		+	+	+	+