

DINAMIKA FITOPLANKTONA U JEZERU VRANA (OTOK CRES)

M. Tomec, E. Teskeredžić, Z. Teskeredžić

Sažetak

Jezero Vrana je kriptodepresija ispunjena vodom s maksimalnom dubinom oko 76 m, dugo oko 5 km, široko 1,5 km, a površina mu iznosi oko 5,5 km². Smješteno je u središnjem dijelu otoka Cresa i proteže se u smjeru sjever–jug. Jezero je oligotrofno, monomikličnog karaktera sa zimskom cirkulacijom i ljetnom termalnom stratifikacijom. Istraživanje dinamike fitoplanktona provedeno je u rujnu i prosincu 2008., te u lipnju godine 2009. Uzorci mrežnog fitoplanktona sakupljani su na pet lokaliteta u jezeru na dubinama 0,5, 10, 20, 30, 40, 50 i 70 m. Za određivanje raznolikosti fitoplanktonskih vrsta iskorišten je kvocijent florog identiteta (K). Uz sakupljanje fitoplanktona, izmjereni su osnovni fizikalno–kemijski pokazatelji: prozirnost jezera, temperatura vode, pH–vrijednost i količina otopljenog kisika u vodi. Prozirnost je bila između 6 m u rujnu i 15 m u prosincu. Temperatura vode jezera mijenjala se sukladno promjenama temperature okolnoga zraka, a kretala se od 9,3 °C u prosincu (70 m), do 25,0 °C u rujnu (0,5 m). pH–vrijednost bila je između 7,74 u donjemu, dubokom sloju i 8,73 u gornjem sloju jezera, točnije, na dubini od 10 m (V2). Koncentracija otopljenog kisika (mg/L O₂) u jezeru Vrana bila je između 6,5 mg/L u rujnu i 13,9 mg/L u prosincu. U kvalitativnom sastavu mrežnog fitoplanktona utvrđene su 132 vrste u rujnu 2008. godine, odnosno 111 vrsta tijekom prosinca iste godine. U lipnju 2009. determinirano je 88 mikrofiti. Kvantitativnim analizama je utvrđena gustoća jedinki, koja je bila uvijek manja (<) od 10⁴ stanica/L, što upućuje na oligotrofno ili slabo produktivno jezero. Utvrđene fitoplanktonske vrste pripadale su sistematskim skupinama: Cyanobacteria/Cyanophyta, Dinophyta, Chrysophyta (Chrysophyceae i Bacillariophyceae) i Chlorophyta. U sastavu mrežnog fitoplanktona dominirale su vrste rodova *Ceratium* i *Peridinium* (Dinophyta). Druge važne vrste stalno prisutne u sastavu fitoplanktonske zajednice bile su *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus limneticus*, *Ch. minutus* (Cyanobacteria), *Dinobryon divergens*, *D. sociale* (Chrysophyta — Chrysophyceae), *Amphora ovalis*, *Cyclotella* sp., *Cymbella*

Dr. sc. Marija Tomec, dr. sc. Emin Teskeredžić, dr. sc. Zlatica Teskeredžić, Institut Ruder Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za istraživanje i razvoj akvakulture, 10000 Zagreb, Bijenička cesta 54, HR, e-mail: mtomec@irb.hr

naviculiformis, *Epithemia zebra*, *Gyrosigma attenuatum* (Chrysophyta — Bacillariophyceae). Izračunani koeficijent flornog identiteta ($K = 89,7\%$) za rujan i prosinac upućuje na velik broj zajedničkih fitoplanktonskih vrsta. Koeficijent (K) od $62,7\%$ za rujan i lipanj, odnosno $62,3\%$ za prosinac i lipanj upućuje na manji broj zajedničkih mikrofiti i veću raznolikost u istraživanom razdoblju.

Ključne riječi: fitoplankton, jezero Vrana, otok Cres

UVOD

Jezero Vrana na otoku Cresu prirodni je fenomen pojave slatke vode na otočnom kršu, u neposrednoj blizini mora. Budući da nema vidljivih lokacija dotoka i gubitaka vode, to još više pridonosi njegovoj specifičnosti i u svjetlim razmjerima. Takve su specifičnosti privukle pozornost mnogih znanstvenika. Prva istraživanja potječu iz druge polovine 18. i s početka 19. stoljeća (Fortis, 1771; Lorenz, 1859; Mayer, 1874). Ta su istraživanja bila uglavnom usmjerena na rješavanje nepoznanica o porijeklu vode u jezeru. Između godine 1965. i 1970. Petrik (1957, 1960) je počeo sustavno istraživati fizikalna i kemijska svojstva jezerske vode, a istraživanja su nastavljena i proširena na druga područja hidrologije (Ožanić i Rubinić, 1994).

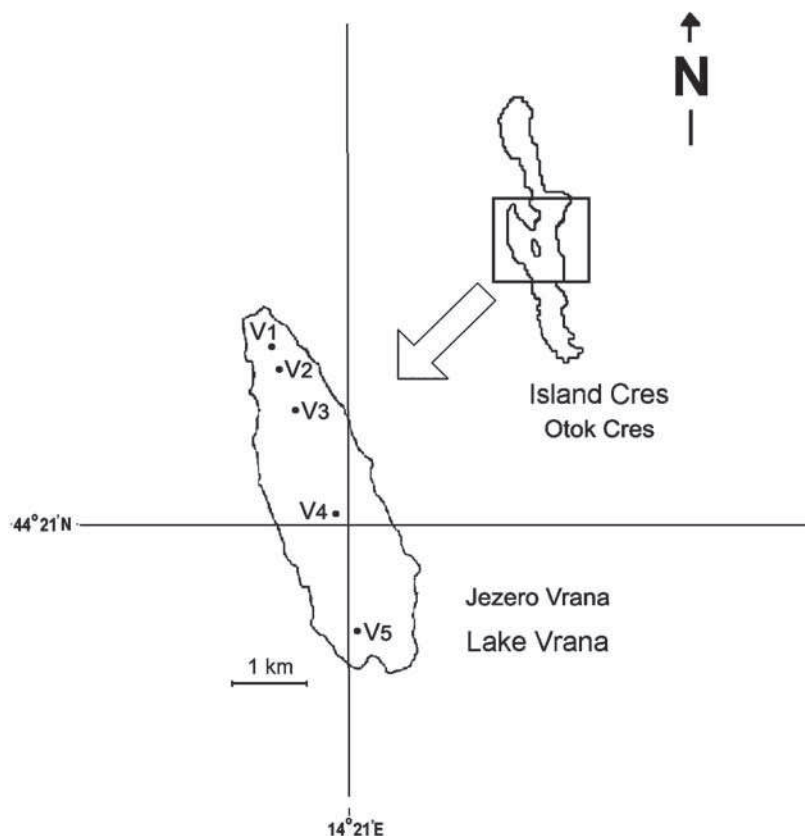
Biološka istraživanja jezera bila su dosta rijetka. Među prvim istraživačima bio je Morton (1933) koji je nešto više pažnje posvetio živomu svijetu jezera i napravio popis glavnih predstavnika fitoplanktona i zooplanktona. Golubić (1961) detaljno je istraživao fitogeni obraštaj od supralitorala do donje granice bentosne autotrofne vegetacije sublitorala. U novije se vrijeme veća pozornost posvećuje biološko-ekološkim svojstvima jezera Vrana (Tekeredžić i sur., 1990; Bukvić i sur., 1997; Tomec, 2003; Tomec i sur., 1996, 2002, 2003).

Zbog slabe istraženosti jezera s biološkoga gledišta, provedena su istraživanja biljnog planktona ili fitoplanktona. Istraživanja fitoplanktona prijeko su potrebna za procjenu intenziteta primarne produkcije, biološke raznolikosti i zaštitu voda, što je osobito važno za kopnene stajačice, koje su izvori pitke vode kao što je jezero Vrana za otoke Cres i Lošinj.

MATERIJAL I METODE

Jezero Vrana ($44^{\circ}21' N$ i $14^{\circ}21' E$) smješteno je u središnjem dijelu otoka Cresa i proteže se u smjeru sjever–jug (Slika 1). Jezero je kriptodepresija ispunjena vodom, dugo oko 5 km, široko 1,5 km, a površina mu iznosi oko $5,5 \text{ km}^2$. Površina jezera je oko 13 metara iznad površine mora (Mavrović, 1994), a dno doseže više od 60 metara ispod morske površine.

Radi određivanja taksonomskog sastava fitoplanktona provedena su terenska istraživanja u rujnu i prosincu 2008. te u lipnju godine 2009. na području



Slika 1. Zemljopisni položaj jezera Vrana (otok Cres) i mjesta uzorkovanja (V1–V5)

Figure 1. Geographical position Lake Vrana (Cres Island) and sampling stations (V1–V5)

jezera Vrana na otoku Cresu. Uzorci mrežnog fitoplanktona sakupljani su na pet lokaliteta u jezeru (Slika 1) Niskinovim crpcem kapaciteta 5 L (proizvođač general Oceanic, SAD) na dubinama 0,5, 10, 20, 30, 40, 50 i 70 m. Svaki je uzorak dobiven filtriranjem 20 litara vode kroz planktonsku mrežicu veličine pora 20 μm . Tako dobiveni uzorci mrežnog fitoplanktona spremljeni su u boce, konzervirani 4%-tnim formaldehidom, a mikroskopska obrada uzoraka obavljena je u laboratoriju, s pomoću svjetlosnog mikroskopa »Opton« povećanja 12,5 x 10; 12,5 x 25 i 12,5 x 40. Za kvalitativnu analizu mrežnog fitoplanktona rabljeni su relevantni standardni priručnici Hindak i suradnici (1978), Huber–Pestalozzi (1941, 1942), Klotter (1957), Lazar (1960), Zabelina i suradnici (1951). Apsolutna učestalost fitoplanktonskih vrsta (broj stanica/L) izračunana je na osnovi brojenja na određenoj površini

(1 cm²) i volumenu (0,05 m). Relativna procjena učestalosti vrsta fitoplanktona određivana je po Knöppu, od 1 do 7, (1954). Za određivanje raznolikosti fitoplanktonskih vrsta uporabljen je koeficijent florog identiteta (K) izračunan po formuli (Gucunski, 1982):

$$K = \frac{2c \times 100}{a + b},$$

gdje su »a« broj vrsta u prvom lokalitetu, »b« broj vrsta u drugom lokalitetu, a »c« je broj zajedničkih vrsta.

Uz sakupljanje fitoplanktona, izmjereni su osnovni fizikalno–kemijski pokazatelji: prozirnost jezera Secchi pločom, temperatura vode (°C) i količina otopljenog kisika (mg/L O₂) elektrosondom (Central Kagaku, Japan) preciznosti 0,1, a pH–vrijednost vode elektrometrijski, prijenosnom digitalnom multi–parametarskom sondom SevenGo pro/lon (Mettler Toledo) preciznosti 0,001.

REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati istraživanja fizikalno–kemijskih pokazatelja vode jezera Vrana na pet lokaliteta s različitim dubina prikazani su u Tablici 1.

Jezero se odlikuje velikom prozirnošću, koja je u tijeku naših istraživanja bila između 6 m u rujnu i 15 m u prosincu. Ove vrijednosti prozirnosti upućuju na slabo produktivno oligotrofno jezero (Petrik, 1960). Temperatura jezerske vode mijenjala se sukladno promjenama temperature zraka. Najniža temperatura vode zabilježena je u prosincu, 9,3 °C, na dubini od 70 metara, a najviša u rujnu, 25,0 °C, u površinskome sloju (0,5 m). Izmjerene vrijednosti temperature vode upućuju na vertikalnu termičku stratifikaciju tijekom ljetnih mjeseci (Teskeredžić i sur., 1990; Tomec i sur., 2002; Ternjej i Tomec, 2005), koja se zadržala i u rujnu. Temperaturna razlika između površinskog i pridnenog sloja u rujnu je bila 15,2 °C, a u lipnju 13,1 °C. Najveći gradijent pada temperature, odnosno pojava termokline bila je u sloju između 10 i 20 m. Mjerenja temperature vode jezera u prosincu pokazala su da je nastupilo postupno hlađenje površinskih slojeva i došlo je do miješanja cijeloga vodenog stupca, odnosno do pojave izotermije, koja se može zadržati gotovo do travnja (Tomec i sur., 1996). Ovakav, jednogodišnji temperaturni obrat, s ljetnom stratifikacijom i zimskom izotermijom, karakterističan je za monomiklična jezera umjerenoga klimatskog pojasa (Biondić i sur., 1994).

Koncentracija vodikovih iona, označena kao pH–vrijednost, bila je između 7,74 u donjem, dubokom sloju i 8,73 u gornjem sloju jezera, točnije, na dubini od 10 m (V2). Za optimalnu produktivnost vodnog ekosustava, odnosno za hi-

Tablica 1. Fizikalno–kemijska svojstva jezera Vrana na lokalitetima od V1 do V5 tijekom 2008./09.
Table 1. Physico–chemical characteristics in the Lake Vrana at the locations from V1 to V5 during 2008/09

| Rujan — September 2008. | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|------|-------------------|
| Mjesta uzorkovanja Sampling stations | Prozirnost /m Secchi depth | Temp. vode Water temp. °C | pH | mg/O ₂ |
| V1 — 0,5 m | | 25,0 | 8,37 | 9,1 |
| V1 — 10 m | 6 | 24,4 | 8,42 | 8,9 |
| V2 — 0,5 m | | 24,6 | 8,41 | 9,6 |
| V2 — 10 m | 11 | 24,3 | 8,73 | 8,3 |
| V2 — 20 m | | 15,8 | 8,33 | 11,8 |
| V3 — 0,5 m | | 24,8 | 8,37 | 9,6 |
| V3 — 10 m | 11 | 24,3 | 8,41 | 8,9 |
| V3 — 20 m | | 14,7 | 8,34 | 9,4 |
| V3 — 30 m | | 12,0 | 8,32 | 10,0 |
| V4 — 0,5 m | | 23,9 | 8,39 | 9,8 |
| V4 — 10 m | 11 | 23,5 | 8,41 | 11,3 |
| V4 — 20 m | | 15,4 | 8,43 | 12,5 |
| V4 — 40 m | | 9,9 | 8,19 | 9,6 |
| V4 — 50 m | | – | – | – |
| V5 — 0,5 m | | 24,0 | 8,39 | 10,4 |
| V5 — 10 m | 11 | 23,8 | 8,35 | 9,3 |
| V5 — 20 m | | 15,6 | 8,39 | 10,1 |
| V5 — 40 m | | – | – | – |
| V5 — 70 m | | 9,8 | 8,06 | 6,5 |
| Prosinac — December 2008. | | | | |
| Mjesta uzorkovanja Sampling stations | Prozirnost /m Secchi depth | Temp. vode Water temp. °C | pH | mg/O ₂ |
| V1 — 0,5 m | | 12,1 | 8,4 | 13,9 |
| V1 — 10 m | – | 12,0 | 8,02 | 11,9 |
| V2 — 0,5 m | | 12,1 | 8,14 | 13,5 |
| V2 — 10 m | – | – | – | – |
| V2 — 20 m | | 12,0 | 8,15 | 12,0 |
| V3 — 0,5 m | | 12,1 | 8,04 | 13,2 |

Nastavak Tablice 1. — cont. Table 1.

| | | | | |
|------------|----|------|------|------|
| V3 — 10 m | – | – | – | – |
| V3 — 20 m | | – | – | – |
| V3 — 30 m | | – | – | – |
| V4 — 0,5 m | | 12,2 | 8,03 | 13,3 |
| V4 — 10 m | 15 | 12,2 | 7,91 | 12,2 |
| V4 — 20 m | | 12,2 | 8,07 | 11,3 |
| V4 — 40 m | | 9,5 | 8,04 | 11,0 |
| V4 — 50 m | | – | – | – |
| V5 — 0,5 m | | 12,2 | 8,17 | 12,7 |
| V5 — 10 m | 15 | 12,1 | 8,18 | 11,4 |
| V5 — 20 m | | 11,8 | 8,07 | 10,8 |
| V5 — 40 m | | – | – | – |
| V5 — 70 m | | 9,3 | 7,80 | 8,5 |

Lipanj — June 2009.

| Mjesta uzorkovanja Sampling stations | Prozirnost /m Secchi depth | Temp. vode Water temp. °C | pH | mg/O ₂ |
|---|-------------------------------|------------------------------|------|-------------------|
| V1 — 0,5 m | | 21,8 | 8,12 | 11,03 |
| V1 — 10 m | 13 | 19,0 | 8,34 | 11,88 |
| V2 — 0,5 m | | 21,6 | 8,31 | 10,98 |
| V2 — 10 m | 14 | 19,0 | 8,31 | 11,60 |
| V2 — 20 m | | 13,2 | 8,15 | 13,20 |
| V3 — 0,5 m | | 23,1 | 8,31 | 9,42 |
| V3 — 10 m | 11 | 17,7 | 8,27 | 10,44 |
| V3 — 20 m | | – | – | – |
| V3 — 30 m | | 10,5 | 8,48 | 11,34 |
| V4 — 0,5 m | | 21,2 | 8,35 | 9,50 |
| V4 — 10 m | 12,5 | 18,0 | 8,36 | 10,27 |
| V4 — 20 m | | 11,5 | 8,37 | 11,32 |
| V4 — 40 m | | 10,2 | 8,18 | 10,33 |
| V4 — 50 m | | 10,1 | 7,74 | 9,80 |
| V5 — 0,5 m | | 20,7 | 8,27 | 9,54 |
| V5 — 10 m | 14 | 17,8 | 8,27 | 10,48 |
| V5 — 20 m | | 11,6 | 8,37 | 11,10 |
| V5 — 40 m | | 10,2 | 8,18 | 9,81 |
| V5 — 70 m | | 10,0 | 7,92 | 9,38 |

drobionte, najpovoljnije i što stalnije vrijednosti pH jesu od 7 do 8,5 (T r e e r i sur., 1995).

Za vrijeme istraživanog razdoblja koncentracija otopljenog kisika (mg/L O₂) u jezeru Vrana bila je između 6,5 mg/L u rujnu na lokalitetu V5 na dubini 70 m i 13,9 mg/L u prosincu u površinskome sloju lokaliteta V1. Količina otopljenog kisika ovisi uglavnom o temperaturi vode. Voda s nižom temperaturom može otopiti više kisika nego voda s višom temperaturom, što potvrđuju i rezultati ovih istraživanja (Tablica 1). Količina otopljenog kisika u vodi ovisi i o drugim fizikalno-kemijskim čimbenicima, a napose o biološkim procesima, fotosintezi i o respiraciji (N o v o s e l i ć, 2006).

Čimbenici koji utječu na sastav fitoplanktonske zajednice u slatkovodnim ekosustavima proizlaze iz odnosa kemijskih, fizikalnih i bioloških parametara. Tako npr. hranjive tvari, kao i količina svjetlosti zajedno s kompeticijom i gustoćom zooplanktona u najvećem dijelu utječu na sastav mikrofitu u određenom ekosustavu (B u k v i ć i sur., 1997; T e r n j e j i T o m e c, 2005; G l i g o r a, 2007).

Stabilni uvjeti u jezeru omogućuju razvoj zajednice fitoplanktona tijekom istraživanog razdoblja, a broj je vrsta najjednostavnija mjera raznolikosti na zadanom području. U mrežnom fitoplanktonu jezera Vrana tijekom istraživanja u rujnu 2008. godine utvrđene su 132 vrste, odnosno 111 vrsta mikrofitu tijekom prosinca iste godine. U lipnju 2009. determinirano je 88 fitoplanktonskih vrsta. Vertikalna rasprostranjenost mrežnog fitoplanktona dosegla je do najdubljih slojeva jezera. Utvrđene planktonske alge svrstane su u sistemat-ske odjeljke: Cyanobacteria/Cyanophyta, Dinophyta, Chrysophyta (Chryso-phyceae i Bacillariophyceae) i Chlorophyta. Iako su se po broju vrsta isticale skupine Bacillariophyceae ili dijatomeje i Chlorophyta ili zelene alge, predstavnici Dinophyta imali su dominantnu ulogu u sastavu fitoplanktonske zajednice jezera tijekom istraživanja. Relativna zastupljenost dinoflagelatnih vrsta bila je od 1 do 7, što znači da su bile nazočne u fitoplanktonskoj zajednici pojedinačno ili masovno. To se odnosi napose na vrste *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Schrank, *Ceratium hirundinella* f. *austriacum* (Zederb.) Bach., *Peridinium aciculiferum* Lemm. i *Peridinium inconspicuum* Lemm. Vrsta *Ceratium hirundinella* u literaturi je opisivana kao vrsta koja svoj razvoj ostvaruje u proljetno-ljetnom razdoblju u umjerenom pojasu (H e a n e y i sur., 1988), dok je u mediteranskom području u Španjolskoj ta vrsta zabilježena u akumulacijama tijekom cijele godine (P é r e z - M a r t i n e z i S á n - c h e z - C a s t i l l o, 2001). Prethodnim istraživanjima planktonskih populacija jezera Vrana dominacija vrste *Ceratium hirundinella* zabilježena je i u zimskom i u ljetnom razdoblju (T o m e c i sur., 2002). Ta vrsta, s obzirom na svoju visoku relativnu zastupljenost te prisutnost na svim istraživanim lokalitetima i vertikalnim profilima, okarakterizirala je fitoplanktonsku zajednicu jezera Vrana.

Dominantna brojem vrsta bila je skupina Bacillariophyceae ili dijatomeje. U sastavu mrežnoga fitoplanktona tijekom rujna dijatomeje su sudjelovale sa

64 vrste, a u prosincu s 52, odnosno 41 vrstom u lipnju. Utvrđene alge uglavnom su imale malu relativnu učestalost (1 ili 2). Uvijek nazočne na svim istraživanim lokalitetima bile su vrste *Amphora ovalis* Kütz., *Caloneis limosa* (Kütz.) Patr., *Cyclotella* sp., *Cymbella naviculiformis* Auersw., *Epithemia zebra* (Ehr.) Kütz. i *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabenh. Neke od spomenutih vrsta (*Amphora ovalis* i *Gyrosigma attenuatum*) bentosne su penatne dijatomeje koje su zbog miješanja vodenoga stupca dospjele u slobodnu vodu i sudjelovale u sastavu fitoplanktonske zajednice jezera.

Druga po broju vrsta bila je skupina zelenih alga ili Chlorophyta. Najmanje vrsta (30) utvrđeno je u lipnju 2009., dok su u rujnu 2008. utvrđena 43, odnosno 40 mikrofitu u prosincu iste godine. Brojčano su najzastupljenije zelene alge bile vrste iz skupine Desmidiaceae, napose vrste rodova *Cosmarium* i *Staurastrum*. Desmidiaceae su ekološki osjetljivi organizmi i najčešće dolaze u vodama male produktivnosti, iako pojedine vrste, kao što je i vrsta *Staurastrum tetraceum* Ralfs, dolaze u mezotrofnim i eutrofnim sustavima (Gligora, 2007). Sezonska sukcesija Desmidiacea u kasnojletnom i ranoojesenskom razdoblju prati razvoj Desmidiacea u jezerima umjerenog pojasa (Coeseli Kooijman–Van Blokland, 1994), kao i u krškim jezerima toplijih klimatskih područja (Tomec i sur., 2002). Relativna zastupljenost zelenih alga u sastavu fitoplanktonske zajednice bila je uglavnom pojedinačna (1 ili 2). No, neke su vrste imale veću relativnu zastupljenost (3 ili 4) i bile su uvijek nazočne tijekom istraživanja u mrežnom fitoplanktonu jezera, kao što su *Cocococcus* sp., *Cosmarium abbreviatum* Racib., *C. depressum* (Naeg.) Lund, *Mougeotia* sp., *Oocystis lacustris* Chod., *Schizochlamys gelatinosa* A. Braun i *Sphaerocystis schroeteri* Chod.

Modrozeleni alge ili Cyanobacteria/Cyanophyta imale su mnogo manji broj vrsta u sastavu mrežnog fitoplanktona u odnosu na dijatomeje i zelene alge. Najviše je modrozelenih alga utvrđeno u rujnu (15 vrsta), a najmanje (8 vrsta) u lipnju, dok je u prosincu u mrežnome fitoplanktonu zabilježeno 11 mikrofitu. No, njihova nazočnost nije zanemariva jer je relativna zastupljenost pojedinih vrsta bila 3 ili 4, što upućuje na veći broj njihove populacije u fitoplanktonskoj zajednici. Ovoj skupini pripadaju nitasta alga *Anabaena* sp. i kolonijalni oblici cijanobakterija *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus limneticus* Lemm., *Chroococcus minutus* (Kütz.) Naeg.

Važnu ulogu u sastavu fitoplanktonske zajednice jezera imala je i skupina Chrysophyceae (Chrysophyta). U uzorcima jezerskog fitoplanktona u rujnu imala je pet predstavnika, četiri u lipnju, a samo dva predstavnika imala je tijekom istraživanja u prosincu. U rujnu je prevladavala vrsta *Dinobryon divergens* Imhof, koja je imala visoku relativnu zastupljenost (6) na lokalitetima V4 i V5, na dubinama od 40, odnosno 70 m. U vrijeme istraživanog razdoblja tijekom prosinca i lipnja nije imala većeg udjela u fitoplanktonskom sastavu kao ni druge utvrđene krizoficeje rodova *Dinobryon*, *Malomonas* i *Synura*.

Izračunani koeficijent flornog identiteta ($K = 89,7\%$) za rujnu i prosinac upućuje na velik broj zajedničkih fitoplanktonskih vrsta, odnosno na male

promjene u sastavu fitoplanktonske zajednice jezera Vrana. Koeficijent (K) od 62,7% za rujnu i lipanj, odnosno 62,3% za prosinac i lipanj upućuje na manji broj zajedničkih mikrofiti i veću raznolikost i broj jezerskoga mrežnog fitoplanktona u istraživanom razdoblju.

Kvantitativnim je analizama utvrđen maksimalan broj stanica na litru (8 973 st./L) u rujnu, a u lipnju je utvrđena najmanja gustoća jedinki (7 250 st./L). Dobivena vrijednost ukupnog broja jedinki uvijek je bila manja (<) od 10^4 stanica/L, što upućuje na oligotrofno ili slabo produktivno jezero.

Ova istraživanja dinamike fitoplanktona jezera Vrana i osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja upućuju na činjenicu da su sezonske promjene fitoplanktonske zajednice odraz klimatskih, a napose temperaturnih promjena zraka i vode.

ZAKLJUČCI

U kvalitativnom sastavu mrežnoga fitoplanktona utvrđene su 132 vrste u rujnu 2008., odnosno 111 vrsta tijekom prosinca iste godine. U lipnju 2009. determinirano je 88 mikrofiti. Utvrđene fitoplanktonske vrste pripadale su sistematskim skupinama: Cyanobacteria/Cyanophyta, Dinophyta, Chrysophyta (Chrysophyceae i Bacillariophyceae) i Chlorophyta. Po broju su se vrsta isticalne skupine Bacillariophyceae ili dijatomeje i Chlorophyta ili zelene alge.

U sastavu fitoplanktonske zajednice prevladavala je vrsta *Ceratium hirundinella* f. *austriacum* (Zederb.) Bach.

Velika prozirnost (> 5m) vode i gustoća stanica manja od 10^4 st./L upućuju na oligotrofno ili slabo produktivno jezero.

Summary

PHYTOPLANKTON DYNAMICS IN THE VRANA LAKE (CRES ISLAND)

M. Tomec, E. Teskeredžić, Z. Teskeredžić

The Vrana Lake is a cryptodepression filled with water of about 76 m maximum depth, approximately 5 km long and 1.5 km large, having an area of 5.5

D.Sc. Marija Tomec, D.Sc. Emin Teskeredžić, D.Sc. Zlatica Teskeredžić, Ruđer Bošković Institute, Department for Marine and Environmental Research, Laboratory for Aquaculture and Pathology of Aquatic organisms, 10000 Zagreb, Bijenička 54, e-mail: mtomec@irb.hr

km². It is situated in the central part of the Cres Island, spreading in the north–south direction. The lake is oligotrophic, of monomictic character, with winter water circulation and summer thermal stratification. Investigations of phytoplankton dynamics were performed in September and December 2008 as well as in June 2009. Samples of net phytoplankton were collected at five locations in the lake at the depths of 0.5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m and 70 m, respectively. For determination of phytoplankton species diversity the flora identity quotient (K) was used. The following basic physico–chemical parameters of the sampled phytoplankton were determined: transparency of lake water, water temperature, pH–values and dissolved oxygen content. The transparency of water was between 6 m in September and 15 m in December 2008. Water temperature was changing conformingly with air temperature changes, and ranged from 9.3°C in December (at 70 m depth) to 25.0°C in September (at 0.5 m depth). pH–values ranged between 7.74 in the lower, deep water layer, and 8.73 in the upper water layer, at 10 m depth to be exact (V2). Dissolved oxygen concentration (mg/L O₂) in the Vrana Lake was between 6.5 mg/L O₂ in September and 13.9 mg/L O₂ in December. Qualitative net phytoplankton composition included 132 phytoplankton species in September and 111 species in December 2008, respectively. In June 2009 were determined 88 microphytic species. Quantitative analyses determined the density of specimens, which has always been lower (<) than 10⁴ cells/L, the indication of an oligotrophic lake with low productivity. The phytoplanktonic species found belonged to the taxonomic groups: Cyanobacteria/Cyanophyta, Dinophyta, Chrysophyta (Chrysophyceae and Bacillariophyceae) and Chlorophyta. The species of the genera *Ceratium* and *Peridinium* (Dinophyta) were dominant in the net phytoplankton composition. Other important species constantly found in the phytoplankton community composition were *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus limneticus*, *Ch. minutus* (Cyanobacteria), *Dinobryon divergens*, *D. sociale* (Chrysophyta — Chrysophyceae), *Amphora ovalis*, *Cyclotella* sp., *Cymbella naviculiformis*, *Epithemia zebra*, *Cyrosigma attenuatum* (Chrysophyta — Bacillariophyceae), *Coenococcus* sp., *Cosmarium abbreviatum*, *C. depressum*, *Mougeotia* sp., *Oocystis lacustris*, *Schizochlamys gelatinosa* and *Sphaerocystis schroeteri* (Chlorophyta). The calculated flora identity coefficient (K = 89.7%) for September and December 2008 points to a large number of common phytoplanktonic species. The coefficients of K = 62.7% for September 2008 and June 2009, and K = 62.3% for December 2008 and June 2009, respectively, are indices of lower number of common microphytes and higher species diversity in the investigation period.

Key words: phytoplankton, Lake Vrana, Cres Island

LITERATURA

- Biondić, B., Kapelj, S., Mesić, S. (1994): Hidrogeologija Vranskog jezera na otoku Cresu. Fond stručne dokumentacije IGI, Zagreb.
- Bukvić, I., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Meštrov, M. (1997): Macrozooplankton in the karstic Lake Vrana (Cres). *Period. Biol.*, 99, (3), 397–401.
- Coesel, PFM, Kooijman–Van Blokland, H. (1994): Distribution and seasonality of desmids in the Maarsseveen Lakes area. *Neth J. Aquat. Ecol.*, 28, 19–24.
- Fortis, A. (1771): Saggio d'osservazioni spora l'isola di Cherso ed Ossero. Venezia, 83 pp.
- Gligora, M. (2007): Sukcesije funkcionalnih grupa fitoplanktona u polimiktičkim krškim jezerima. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet, 146 pp.
- Golubić, S. (1961): Prethodna istraživanja vegetacije jezera Vrana na otoku Cresu. *Ljetopis JAZU*, knjiga 65, Zagreb, 297 pp.
- Gucunski, D. (1982): Phytoplankton von Bijelo jezero in Sommer 1077. *Acta Bot. Croat.*, 41, 65–76.
- Heaney, Sl., Lund, JWG., Hilda, M. Gray, K. (1988): Population dynamics of *Ceratium* spp. in three English lakes, 1045–1985. *Hydrobiologia*, 161, 133–148.
- Hindak, F., Marvan, P., Rosa, K., Popovsky, J., Lhotsky, O. (1978): Slatkovodne riasy. Slovenske Pedagogicke Nakladateljstvo, Bratislava, 724 p.
- Huber–Pestalozzi, G. (1941): Das Phytoplankton des Süßwassers. (Die Binnengewässer, Band XVI). Teil 2., 1. Hälfte. Chrysophyceen, Farblose Flagellaten, Heterokonten. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 365 pp.
- Huber–Pestalozzi, G. (1942): Das Phytoplankton des Süßwassers. (Die Binnengewässer, Band XVI). Teil 2., 2. Hälfte. Diatomeen. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 366–549.
- Klotter, H. E. (1957): Grünalgen (*Chlorophyceen*). Kosmos — Gesellschaft der Naturfreunde, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 76 p.
- Knöpp, H. (1954): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer vorfluteruntersuchungen, erläutere an einem Gütelängschnitt des Mains. *Die Wasserwirtschaft*, 45, 9–15.
- Lazar, J. (1960): Alge Slovenije. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, 277 pp.
- Lorenz, R. (1859): Der Vrana See auf Cherso. *Petermanns geogr. Mitt.* 1, Gotha, 530 pp.
- Mavrović, N. (1994): Cres i Lošinj: Šetnja po otocima, otočićima i hridima. Art Studio Azinović, Zagreb, 178 str.
- Mayer, E. (1874): Der Vrana See auf der Insel Cherso im Adriatischen Meere. *Mitt. Geogr. Gesell.* In Wien, 16, 240–250.
- Morton, F. (1933): Der Vrana-See auf der italienischen Insel Cherso. *Arch. Hydrobiol.*, 25, 616–627.

- Novoselić, D. (2006): Ekologija i zaštita voda. 406–600 str. U: Bogut, I. (Ured.) Biologija riba. Poljoprivredni fakultet Osijek, Hrvatska, 620 str.
- Ožanić, N., Rubinić, J. (1994): Analiza hidrološkog Vranskog jezera na otoku Cresu. Hrvat. Vode, 2, (8), 535–543.
- Pérez-Martínez, C., Sánchez-Castillo, P. (2001): Temporal occurrence of *Ceratium hirundinella* in Spanish reservoirs. Hydrobiologia, 452, 101–107.
- Petrik, M. (1957): Hidrološki režim jezera Vrana. Krš Jugoslavije (Carasus Jugoslaviae). JAZU, 1, 109–151.
- Petrik, M. (1960): Prilozi limnologiji jezera Vrana. Krš Jugoslavije (Carasus Jugoslaviae). JAZU, 2, 105–192.
- Ternjej, I., Tomec, M. (2005): Plankton community and related environmental factors in oligotrophic Lake Vrana. Period. Biol., 107, (3), 321–328.
- Teskeredžić, E., Štilinović, B., Teskeredžić, Z., Tomec, M., Malnar, L., Hacmanjek, M., Štancl, Ž., Roman, Z., Španović, B. (1990): Preliminarna ihtiološka ostraživanja Vranskog jezera na otoku Cresu. IRB, CIM—LIRA, Zagreb, 1–97.
- Tomec, M. (2003): Mikrofitobentos Vranskog jezera (otok Cres). Ribarstvo, 61, (2), 55–73.
- Tomec, M., Ternjej, I., Kerovec, M., Teskeredžić, E., Meštrov, M. (2002): Plankton in the oligotrophic Lake Vrana (Croatia). Biologia, Bratislava, 57/5, 579–588.
- Tomec, M., Teskeredžić, Z., Teskeredžić, E., Hacmanjek, M. (1996): Fitoplankton Vranskog jezera na otoku Cresu. Ribarstvo, 54, (3), 105–113.
- Tomec, M., Teskeredžić, Z., Teskeredžić, E. (2003): Food and nutritive value of gut contents of rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.) from Vrana Lake, Cres Island, Croatia. Czech J. Anim. Sci., 48, (1), 28–34.
- Treer, T., Safner, R., Aničić, I., Lovrinov, M. (1995): Ribarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb, Hrvatska 463 str.
- Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina-Lavrenko, A. I., Šešukova, V. S. (1951): Predelitelj presnovodnih vodorosli SSSR, Vipusk 4, Diatomovie vodorosli. Sovetskaja nauka, Moskva, 615 pp.

Primljeno: 15. 10. 2009.
Prihvaćeno: 20. 10. 2009.