

Ribarstvo, 61, 2003, (2), 55–73  
M. Tomec: Mikrofitobentos Vranskog jezera

ISSN 1330-061X  
CODEN RIBAEG

UDK: 574.587(497.5 Vransko jezero)  
Originalni znanstveni rad

## MIKROFITOBENTOS VRANSKOG JEZERA (OTOK CRES)

M. Tomec

### Sažetak

Vransko jezero jedno je od najvećih slatkovodnih jezera na relativno malom i zatvorenom krškom otoku. Prema fizikalnim i kemijskim pokazateljima, to jezero je oligotrofno, monomiktičnog karaktera sa zimskom cirkulacijom i ljetnom termalnom stratifikacijom. Istraživanje mikrofitobentosa provedeno je u studenome 1995., te u veljači, svibnju, lipnju, kolovozu i studenome godine 1996. i 1997. Uzorci mikrofitobentosa sabirani su grabilom na pet lokaliteta (Slika 1): V<sub>1</sub> (oko 13 m), V<sub>2</sub> (oko 22 m), V<sub>3</sub> (oko 33 m), V<sub>4</sub> (oko 51 m) i V<sub>5</sub> (oko 73 m). U kvalitativnom sastavu mikrofitobentosa, utvrđeno je 138 vrsta mikrofitita koji su pripadali sistematskim skupinama: Cyanobacteria, Bacillariophyceae i Chlorophyceae (Tablice 1 i 2). Najbrojnija skupina bila je Bacillariophyceae (99 vrsta ili 71,7%) s relativnim učestalostima vrsta od 1 do 6. Najzastupljeniji u strukturi mikrofitobentosa bili su planktonski oblici *Campylodiscus noricus* i *Cyclotella radiosa*. Relativno malim brojem vrsta bile su zastupljene skupine Chlorophyceae (26 vrsta ili 18,8%) i Cyanobacteria (13 vrsta ili 9,5 %). Nazočnost pojedinih vrsta Chlorophyceae u strukturi mikrofitobentosa bila je pojedinačna s niskom relativnom učestalošću, uglavnom 1, osim vrste *Mougeotia* sp. koja je imala relativnu učestalost 3 na lokalitetima V<sub>1</sub> i V<sub>2</sub>. Od Cyanobacteria prevladavale su nitaste alge roda *Lyngbya* i *Phormidium* s relativnom frekvencijom od 1 do 5. Od ukupnoga broja utvrđenih vrsta u mikrofitobentosu, 94 vrste ili 68% bile su indikatori saprobnosti. Najviše je bilo oligosaprobnih do betamesosaprobnih indikatora. Na osnovi indikatorskih vrijednosti nadenih vrsta u mikrofitobentosu tijekom istraživanja, P-B indeks saprobnosti kretao se od 1,3 do 1,7 (Tablica 3), što upućuje na dobru kakvoću jezerske vode.

Ključne riječi: *mikrofitobentos, jezero Vrana, otok Cres*

Dr. sc. Marija Tomec, prof. biol., Institut Ruder Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za istraživanje i razvoj akvakulture, 10000 Zagreb, Bijenička cesta 54, HR, e-mail: [mtomec@rudjer.irb.hr](mailto:mtomec@rudjer.irb.hr)

## UVOD

Vransko jezero, smješteno u središnjem dijelu otoka Cresa, bilo je predmet mnogih važnih istraživanja. Prva istraživanja datiraju od druge polovice 18. i s početka 19. stoljeća (Fortis, 1771; Lorenz, 1859; Mayer, 1874). Ta su istraživanja bila uglavnom geološkog i hidrološkog karaktera, sa svrhom rješavanja nepoznanica o porijeklu vode u jezeru. Između godine 1965. i 1970. Petrik (1957, 1960) je počeo sustavno istraživati fizikalne i kemijske karakteristike jezerske vode. Ta su istraživanja nastavljena i do danas, a proširena su i istraživanjima iz drugih područja hidrologije (Bonacci, 1993; Ožanić i Rubinić, 1994).

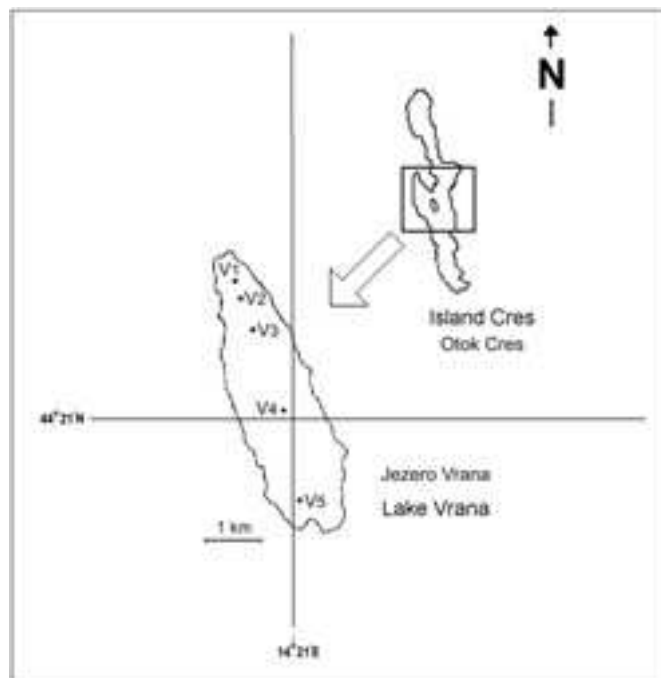
Biološka istraživanja jezera bila su dosta rijetka. Među prvim istraživačima bio je Morton (1933) koji je napravio popis glavnih predstavnika fitoplanktona i zooplanktona u jezeru Vrana. Limnološkim istraživanjima bavio se Nümann (1949), a Golubić (1961) istražuje fitogeni obraštaj od supralitoralne do donje granice bentosne autotrofne vegetacije u sublitoralne. U novije se vrijeme veća pozornost posvećuje biološko-ekološkim svojstvima jezera Vrana (Bukvić i sur., 1997; Tomec i sur., 1996, 2002, 2003), a u sklopu tih istraživanja svrha je bila utvrditi i strukturu mikrofitobentosa kao važnog čimbenika u metabolizmu jezerskog ekosustava.

## METODE RADA

Vransko jezero (44°21' N i 14°21' E), (Slika 1) monomiktična je oligotrofna kriptodepresija s površinom od 5,7 km<sup>2</sup> i zapreminom od oko 220 milijuna m<sup>3</sup> slatke vode izuzetne kakvoće. Okruženo je mediteranskom vegetacijom, a na plićacima sjevernog i južnog dijela jezera višu vegetaciju čine trstika (*Phragmites communis* Trin.) i rogoz (*Typha angustifolia* L.). U vodi se nastavlja zona šašina (*Scirpus* sp.), iza koje slijedi submerzna vegetacija nekih vrsta mrijesnjava (napr. *Potamogeton perfoliatus* L., *P. pectinatus* L.) s mjestimičnim nalazom vrste krocanj (*Myriophyllum spicatum* L.). Takva je vegetacija raširena do 7 m dubine, gdje je zamjenjuje alga — parožina (*Chara* — sve do 30 m dubine). Haraceje čine najrašireniju vegetaciju u Vranskom jezeru (Golubić, 1961).

Istraživanja su provedena u studenome 1995. te u veljači, svibnju, lipnju, kolovozu i u studenome godine 1996. i 1997. Uzorci mikrofitobentosa sabirani su na pet lokaliteta u Vranskom jezeru (Slika 1). Prigodom svakog uzorkovanja nastojalo se uzimati uzorke s istih dubina, i to:

- V<sub>1</sub> s dubine oko 13 m;
- V<sub>2</sub> s dubine oko 22 m;
- V<sub>3</sub> s dubine oko 33 m;
- V<sub>4</sub> s dubine oko 51 m;
- V<sub>5</sub> s dubine oko 73 m.



Slika 1. Zemljopisni položaj Vranskog jezera (otok Cres) i mjesta uzorkovanja ( $V_1$  —  $V_5$ ).

Figure 1. Geographical position of the Vrana Lake (Cres Island) and sampling stations ( $V_1$  —  $V_5$ ).

Sabiranje bentosa obavljeno je grabilom. Uzorci su spremljeni u boce i konzervirani 4%-tnim formalinom, a detaljna je obrada obavljena u laboratoriju. Vrste mikrofitih algi određivane su prema priručnicima Zabelina i sur. (1951), Lazar (1960) i Hindak i sur. (1978). Relativna procjena učestalosti vrsta mikrofitih određena je po Knöppu (1954), (od 1 do 7), a saprobne vrijednosti indikatorskih vrsta po Weglu (1983). Indeks saprobnosti (P-B) na osnovi indikatorskih vrsta određen je prema Pantle-Bucku (1955).

## REZULTATI I RASPRAVA

Jezero Vrana na krškom otoku Cresu ispunjeno je slatkom vodom. Jednogodišnji temperaturni obrat, ljetna stratifikacija i zimska izotermija, daje mu monomiktični karakter (Biondić i sur., 1994). To jezero odlikuje se i niskom produkcijom organske tvari, što je vjerojatno rezultat utjecaja malih količina nutrijenata (npr. Teskeredžić i sur., 1990). Količina nutrijenata i svjetlosti

utječe i na produkciju planktona i na razvoj mikrofitskih bentosnih alga (Lasseni sur., 1997; Hillebrandi Kahlert, 2002).

Tijekom istraživanja utvrđeno je 138 vrsta u mikrofitobentosu jezera Vrana. Relativna zastupljenost, kao i kvalitativni sastav bili su uglavnom ujednačeni na svim istraživanim lokalitetima (Tablice 1 i 2). Nešto veći broj vrsta utvrđen je na lokalitetima V<sub>1</sub> i V<sub>2</sub>, gdje je dno obraslo autotrofnom makrovegetacijom u kojoj prevladavaju hare. Ovo autotrofnu, submerznu bilje, dobra je podloga za razvoj epifitske zajednice dijatomeja i nitastih alga (Abol i sur., 1996), što je utvrđeno i ovim istraživanjima. Na ostalim trima lokalitetima (V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub> i V<sub>5</sub>) dno je uglavnom pjeskovito.

U strukturi mikrofitobentosa istraživanih lokaliteta sudjelovale su Cyanobacteria ili modrozelenne alge, Bacillariophyceae ili dijatomeje i Chlorophyceae ili zelene alge. Veći broj utvrđenih bentosnih vrsta imao je relativnu učestalost 1 ili 2, što znači da su tijekom istraživanja neki predstavnici sistematskih skupina bili nazočni pojedinačno u uzorcima mikrofitobentosa Vranskog jezera.

Najbrojniju skupinu dijatomeja zastupa 99 vrsta ili 71,7 % ukupnoga broja utvrđenih mikrofito. Veća brojnost u uzorcima mikrofitobentosa uočena je u kasnojesenskom i zimskom razdoblju (studeni, veljača). Redovito su nazočne bile vrste rodova: Achnanthes, Amphora, Caloneis, Campylodiscus, Cocconeis, Cyclotella, Cymbella, Epithemia, Eunotia, Fragilaria, Gomphonema, Gyrosigma, Navicula, Nitzschia, Pinnularia, Rhoicosphenia, Rhopalodia, Stauroneis, Surirella i Synedra. Najzastupljenije su vrste tijekom istraživanja 1995/96. bile: *Campylodiscus noricus*, *Cocconeis placentula* i *Cyclotella radiosa*, čiji je raspon relativne učestalosti u istraživanim uzorcima bio od 1 do 6. Tijekom 1997. prevladavale su također *Campylodiscus noricus* i *Cyclotella radiosa* (relativna učestalost od 1 do 6). Iako su obje vrste planktonski oblici, njihova je učestalost uglavnom bila veća na lokalitetima s većom dubinom (V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub> i V<sub>5</sub>). Zapaženo je također da tijekom istraživanja godine 1997. vrsta *Campylodiscus noricus*, iako je planktonski oblik, nije imala većeg udjela u strukturi fitoplanktona Vranskog jezera (Tomec i sur., 2002), u usporedbi s predhodnim istraživanjima (Tomec i sur., 1996).

Za razliku od dijatomeja, Chlorophyceae i Cyanobacteria, kao subdominantne skupine, bile su relativno malo zastupljene u mikrofitobentosu Vranskog jezera.

Skupina zelenih alga ili Chlorophyceae zastupljena je s 26 vrsta ili 18,8 % u strukturi mikrofitobentosa. Najveći broj predstavnika te skupine zabilježen je u ljetnom razdoblju (kolovoz), a prevladavali su planktonski oblici posebice vrste roda *Cosmarium*. Nazočnost pojedinih vrsta u strukturi mikrofitobentosa bila je pojedinačna s niskom relativnom učestalošću, uglavnom 1. Samo je nitasta alga *Mougeotia* sp. imala relativnu učestalost 3 na lokalitetima V<sub>1</sub> i V<sub>2</sub> tijekom istraživanja 1995/96. koja je utvrđena kao epifitska vrsta na makrovegetaciji.



nastavak Tablice 1. — cont. Table 1.

Taxon	Stup. sap. Sap. Deg.	1995					1996																					
		XI					II				V			VI					VIII					XI				
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>
		*13	21	38	54	72	15	20	36	53	13	25	35	15	23	31	54	70	12	23	35	40	70	11	24	30	50	72
<i>A. ovalis var. pediculus</i>	o, b														2													
<i>Caloneis bacillum</i>	o															1												
<i>C. silicula</i>	b		1	1		1			1	1			2		3	3	1				5	2	1	1		3		1
<i>Campylodiscus noricus</i>	o																											
<i>C. noricus var. hibernicus</i>				4	3											5				3				1		3	5	1
<i>Cocconeis placentula</i>	o, b	3	3	4		2	2	2	5	3	1	3	5	6	3	4	3		2	1	3	3	3	1	1	3	1	1
<i>Cyclotella sp.</i>	o		1						1				1															
<i>C. radiosa</i>	o	2	2	5	5	4	2	1	4	6	2	5	4	4	3	4	4		1	2	2	1	5	1		3	3	3
<i>C. stelligera</i>	o, b		1		2			2	4														3				1	1
<i>C. ocellata</i>	o, b									3																		
<i>Cymatopleura eliptica</i>	b																											1
<i>C. solea</i>	b			1	1	2				2						1	3				2	1	3			1	1	3
<i>Cymbella affinis</i>	o	2	2				1			1				4						1				1	1			
<i>C. amphicephala</i>												1		1					2					1		1		
<i>C. cymbiformis</i>																				1								1
<i>C. ehrenbergii</i>	o, b																			3	2	2	1			1	1	
<i>C. helvetica</i>	o									4																		
<i>C. lanceolata</i>	o, b	1																										

nastavak Tablice 1. — cont. Table 1.

Taxon	Stup. sap. Sap. Deg.	1995					1996																					
		XI					II				V			VI					VIII					XI				
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>
		*13	21	38	54	72	15	20	36	53	13	25	35	15	23	31	54	70	12	23	35	40	70	11	24	30	50	72
<i>C. naviculiformis</i>	o		1	2		1	1																					
<i>C. ventricosa</i>	b		2		1				3	3																		
<i>Epithemia argus</i>		2	2	2	1	1																						
<i>E. zebra</i>						3	3		1	1		2	3	1	2	2	1	1	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3
<i>E. zebra var. saxonica</i>	o, b								3																			
<i>E. turgida var. granulata</i>																		1										
<i>Eunotia arcus</i>	o	1				1	2	3						1									1					1
<i>E. exigua</i>	o									3								1	5		1	1	1	3				
<i>Fragilaria construens</i>	o, b								1		2				1				1		1				1	1		
<i>F. crotonensis</i>	o, b										4																	
<i>F. inflata</i>									1																			
<i>Gomphonema dichotomum</i>	o					1	4			4				1	3	1	1	3	5	3	1		1	3				3
<i>G. longiceps</i>												1	5															
<i>G. olivaceum</i>	b			1	1		3	3		2	3											3	3	3		3		
<i>G. olivaceum var. calcareum</i>	b										2												1					
<i>G. parvulum</i>	b		1	1		1		2	3			1							2			1	1					3
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	b		1	4	4	3			3	2			4	2	2	4	3	5	1		5	2	3	3	1	5	3	3
<i>G. scalproides</i>	b								1						1													





nastavak Tablice 1. — cont. Table 1.

Taxon	Stup. sap. Sap. Deg.	1995					1996																						
		XI					II				V			VI					VIII					XI					
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	
		*13	21	38	54	72	15	20	36	53	13	25	35	15	23	31	54	70	12	23	35	40	70	11	24	30	50	72	
<i>N. paleacea</i>	b, a	3	4							3																			
<i>N. vermicularis</i>	b		1																	2				1					
<i>Pinnularia interrupta</i>	o, b		1		1																							1	
<i>P. major</i>	o																				4	1							
<i>P. microstauron</i>	o																							3					
<i>P. viridis</i>	o, b																			1				1					
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	b													1															
<i>Rhopalodia gibba</i>	o, b					1				1	1										1								
<i>Stauroneis anceps</i>	o, b	3	3						1			2	1	3	2					1							1		
<i>S. smithii</i>	o, b		1																										
<i>S. gracilis</i>																				1									
<i>Surirella sp.</i>						1																							
<i>S. delicatissima</i>	o					1			1																				
<i>S. linearis</i>	o, b								1	2							2	2	1	1		4	2		1			1	1
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																													
<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	b										1																		
<i>Bulbochaete sp.</i>	o, b	2																											
<i>Cosmarium sp.</i>	o, b																				1					1	1	1	

nastavak Tablice 1. — cont. Table 1.

Taxon	Stup. sap. Sap. Deg.	1995					1996																					
		XI					II				V			VI					VIII					XI				
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>
		*13	21	38	54	72	15	20	36	53	13	25	35	15	23	31	54	70	12	23	35	40	70	11	24	30	50	72
<i>C. impressulum</i>	b														2					1								
<i>C. subrotundum</i>		1																										
<i>Crucigena tetrapedia</i>	b										1																	
<i>Euastrum sp.</i>	o																			1								
<i>Gonatozygon brebisonii</i>			1												1													
<i>Mougeotia sp.</i>	o, b	3												1	1					3					1			
<i>Oedogonium sp.</i>	o, b						1	1																				
<i>Oocystis lacustris</i>	o, b										1																	
<i>Pediastrum boryanum</i>	b														1													
<i>Scenedesmus ecornis</i>	b						1																					
<i>S. quadricauda</i>	b													2		1		1				1			1	1	1	1
<i>Spirogyra sp.</i>	a, b																								1			
<i>Tetraedron minimum</i>	b								1	2							1					1						
<i>Zygnema sp.</i>											1			2														

\* dubine u metrima — depths in meters

Stup. sap. (stupnjevi saprobnosti) — Sap. deg. (Saprobic degrees)

o — oligosaprobic; b — betamesosaprobic; a — alfamesosaprobic

Tablica 2. Kvalitativni sastav i relativna učestalost mikrofitobentosa (Knöpp) na lokalitetima od V<sub>1</sub> do V<sub>5</sub> Vranskog jezera tijekom 1997.

Table 2. Qualitative composition and relative frequency of microphytobenthos (Knöpp) at the locations from V<sub>1</sub> to V<sub>5</sub> in the Vrana Lake during 1997.

Taxon	Stup. sap. Sap. deg.	1997																				
		II				V			VI				VIII					XI				
		V <sub>1</sub> *10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 30	V <sub>1</sub> 10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 52	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 35	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 13	V <sub>2</sub> 21	V <sub>3</sub> 32	V <sub>4</sub> 50	V <sub>5</sub> 75
<b>CYANOBACTERIA</b>																						
<i>Anabaena</i> sp.								1														
<i>Chroococcus minutus</i>	b	1																				
<i>Oscillatoria acuminata</i>																			2			
<i>Phormidium corium</i>	o, b					2	2		1													
<i>P. laminosum</i>	o							1					1									
<i>P. valderiae</i>		1																				
<i>Schizotrix</i> sp.	o, b								1													
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>																						
<i>Achnanthes microcephala</i>		2				1			1				3									
<i>A. minutissima</i>	b	1		1																		
<i>Amphipleura pellucida</i>	o						5															
<i>Amphora ovalis</i>	o, b	2	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	2	1	1
<i>A. veneta</i>													1	2		1	3	4	2			1
<i>Caloneis limosa</i>	o		1	1	1	1	1		1	1	1										1	
<i>C. ventricosa</i>	b	1			1	1	1	2	1		1				1				1		2	
<i>Campylodiscus noricus</i>	o		2	1	3			2		1	3	1			2	3	2			3	3	2

nastavak Tablice 2. — cont. Table 2.

Taxon	Stup. sap. Sap. deg.	1997																								
		II				V			VI				VIII					XI								
		V <sub>1</sub> *10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 30	V <sub>1</sub> 10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 52	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 35	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 13	V <sub>2</sub> 21	V <sub>3</sub> 32	V <sub>4</sub> 50	V <sub>5</sub> 75				
<i>C. noricus var. hibernicus</i>			1	1	2			1		1	2					3				1	3	2				
<i>Cocconeis pediculus</i>	o, b	3				1			1			1														
<i>C. placentula</i>	o, b	4	1			1	2		1	1	1	1		1		1	1	1	1			1				
<i>Cyclotella sp.</i>	o				2			1								3										
<i>C. radiosa</i>	o	5	4	2	5	1	1	3	1	1	1	4	1	3	1	3	6	3	2	1	1	3				
<i>C. kuetzingiana</i>	o, b			1				1				2									1					
<i>C. ocellata</i>	o, b													1												
<i>C. stelligera</i>	o, b				2			1								3						1				
<i>Cymatopleura elliptica</i>	b	1																								
<i>C. solea</i>	b		1	1	2						1	1	1			1	2				1	2				
<i>Cymbella affinis</i>	o	1					1							1	1	1										
<i>C. amphicephala</i>		2																								
<i>C. ehrenbergii</i>	o, b		2	1	1						1					1	1									
<i>C. gracilis</i>	o																				1					
<i>C. lanceolata</i>	o, b											1	1													
<i>C. naviculiformis</i>	o					1							1		1		1	1								
<i>C. prostrata</i>	b											1	1													
<i>C. ventricosa</i>	b	2	2																							
<i>Epithemia sorex</i>	o, b																				1	1				
<i>E. zebra</i>	o, b	2	2	1	2		1	1	1		1	1		1	3	2	1		1		2	1				
<i>Eunotia exigua</i>	o	2										1				1	1			1		1				

nastavak Tablice 2. — cont. Table 2.

Taxon	Stup. sap. Sap. deg.	1997																				
		II				V			VI				VIII					XI				
		V <sub>1</sub> *10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 30	V <sub>1</sub> 10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 52	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 35	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 13	V <sub>2</sub> 21	V <sub>3</sub> 32	V <sub>4</sub> 50	V <sub>5</sub> 75
<i>Fragilaria construens</i>	o, b									1	1					1						
<i>F. crotonensis</i>	o, b	3					2				1		1			1		1				
<i>Gomphonema olivaceum</i>	b	3	2		1	2		1		1				1	2	1	1	1		1		
<i>G. olivaceum var. calcareum</i>	b	2																				
<i>G. dichotomum</i>		1			3				1	1	1	2	3		3			2	3	2	1	3
<i>G. parvulum</i>	b	1				2													1			
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	b		3	1	3	1		2		1	3	3			3	3	3	1	2	3	3	3
<i>G. distortum</i>							1						1				2					
<i>G. kuetzingii</i>						1				1								2	1	1		
<i>Mastogloia eliptica var. dansei</i>		1																				
<i>M. smithii var. lacustris</i>		1		1	1	1					1	1		1			1					1
<i>Navicula bacillum</i>	o, b			1	2	1		3		1				1	3	2	2		2	2	3	2
<i>N. cryptocephala</i>	b, a					1			1	1				2			1	1				1
<i>N. exigua</i>	o, b					1			1	1		1					4	3	1			1
<i>N. lanceolata</i>								1					1					1	1			
<i>N. lanceolata var. tenuiorostris</i>		1																				
<i>N. minuscula</i>				1										1			1			1		
<i>N. minima</i>	b															1						
<i>N. pupula</i>	b							1										2	1	1		

nastavak Tablice 2. — cont. Table 2.

Taxon	Stup. sap. Sap. deg.	1997																				
		II				V			VI				VIII					XI				
		V <sub>1</sub> *10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 30	V <sub>1</sub> 10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 52	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 35	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 13	V <sub>2</sub> 21	V <sub>3</sub> 32	V <sub>4</sub> 50	V <sub>5</sub> 75
<i>N. radiosa</i>	b	2				1							3						1	1	1	
<i>Neidium affine</i>															1							
<i>N. bisulcatum</i>				1				1														
<i>N. dubium</i>	o, b																	1				
<i>Nitzschia acicularis</i>	b, a												1									
<i>N. heuflerina</i>	o						1	1	1									1	1			
<i>N. dissipata</i>	b													1								
<i>N. palea</i>	b, a					1	2										1	1				
<i>N. paleacea</i>	b, a	2							1					3					1			
<i>N. sigmoidea</i>				1																		
<i>N. vermicularis</i>	b					1				1												1
<i>Pinnularia gibba</i>	o			1											1							
<i>P. viridis</i>	o, b		1	1		1								1	1			1			1	
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	b																1					
<i>Rhopalodia gibba</i>	o, b	1					3															
<i>Stauroneis anceps</i>	o, b	1			1	1	1		1				1	1			1	2	1			
<i>Surirella delicatissima</i>	o				1				1													
<i>S. linearis</i>	o, b					1					1		3		1	1		1	1		1	
<i>S. linearis var. helvetica</i>				1																		
<i>Syndera ulna var. biceps</i>	b	2																				

nastavak Tablice 2. — cont. Table 2.

Taxon	Stup. sap. Sap. deg.	1997																						
		II				V			VI				VIII					XI						
		V <sub>1</sub> *10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 30	V <sub>1</sub> 10	V <sub>3</sub> 31	V <sub>4</sub> 52	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 12	V <sub>2</sub> 20	V <sub>3</sub> 35	V <sub>4</sub> 55	V <sub>5</sub> 75	V <sub>1</sub> 13	V <sub>2</sub> 21	V <sub>3</sub> 32	V <sub>4</sub> 50	V <sub>5</sub> 75		
<b>CHLOROPHYCEAE</b>		1										1			1	1	1		1	1	2			
<i>Cosmarium sp.</i>																								
<i>Cosmarium aciculare</i>	b					1																		
<i>C. abbreviatum</i>						2							2						1					
<i>C. marganitiferrum</i>								1																
<i>C. naegelianum</i>		2																						
<i>Euastrum sp.</i>	o						1		1	1														
<i>Gonatozygon brebisonii</i>						1							1				1							
<i>Mougeotia sp. I</i>	o, b	1				1							1											
<i>Mougeotia sp. II</i>	b					1			1				1											
<i>Pediastrum boryanum</i>	b													1		1								
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	b		1												1				1					
<i>Spirogyra sp.</i>	b												1											
<i>Staurastrum sp.</i>	o, b					1						1		1			1			1				
<i>Tetraedron minimum</i>	b				1	1			1	1	1	1			1	1								
<i>T. trigonum</i>	b												1											
<i>Zygnema sp.</i>								1																

\* dubine u metrima — depths in meters

Stup. sap. (saprobnj stupanj) — Sap. deg. (Saprobic degree)

o — oligosaprobic; b — betamesosaprobic; a — alfamesosaprobic

Tablica 3. Stupanj saprobnosti na osnovi indikatorskih vrsta mikrofitobentosa na lokalitetima od V<sub>1</sub> do V<sub>5</sub> u jezeru Vrana tijekom 1995., 1996. i 1997.  
Table 3. Saprobic degrees based on indicator species of microphytobenthos at the locations from V<sub>1</sub> to V<sub>5</sub> in the Vrana Lake during 1995, 1996 and 1997.

Godina / Year	Mjesec / Month	Lokaliteti — Locations									
		V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>		V <sub>3</sub>		V <sub>4</sub>		V <sub>5</sub>	
		D	I. S.	D	I. S.	D	I. S.	D	I. S.	D	I. S.
1995.	studeni / November	13	1,6	21	1,7	38	1,5	54	1,5	72	1,5
1996.	veljača / February	15	1,6	20	1,6	36	1,5	53	1,5	—	—
	svibanj / May	13	1,6	25	1,7	35	1,6	—	—	—	—
	lipanj / June	15	1,6	23	1,6	31	1,5	54	1,6	70	1,7
	kolovoz / August	12	1,6	23	1,3	35	1,6	40	1,6	70	1,7
	studeni / November	11	1,7	24	1,6	30	1,5	50	1,6	72	1,7
1997.	veljača / February	10	1,7	—	—	31	1,6	55	1,5	75	1,5
	svibanj / May	12	1,7	20	1,6	30	1,5	—	—	—	—
	lipanj / June	10	1,6	—	—	31	1,6	52	1,6	75	1,6
	kolovoz / August	12	1,6	20	1,7	35	1,6	55	1,5	75	1,6
	studeni / November	13	1,6	21	1,6	32	1,6	50	1,5	75	1,6

D — dubina u metrima — depths in meters  
I. S. — indeks saprobnosti — Saprobity index  
— — nije uzorkovano — not sample



Modrozelenne alge ili Cyanobacteria bile su zastupljene s 13 vrsta ili 9,5 % u strukturi mikrofitobentosa. Tijekom istraživanja 1995/96. prevladavale su nitaste alge roda Lyngbya i Phormidium (relativna učestalost od 1 do 5), dok su tijekom godine 1997. Cyanobacteria sudjelovale u mikrofitobentosu u manjem broju i s malom relativnom frekvencijom (1 ili 2).

Od ukupnoga broja (138) utvrđenih mikrofito u uzorcima bentosa tijekom istraživanja, 94 vrste ili 68 % pripadalo je indikatorima saprobnosti. Najviše je bilo oligosaprobnih do betamesosaprobnih indikatora. Na osnovi indikatorskih vrijednosti nadenih vrsta mikrofitobentosa tijekom istraživanja, P–B indeks saprobnosti kretao se od 1,3 do 1,7. Najčešći P–B indeks saprobnosti unutar tih vrijednosti bio je 1,6 (Tablica 3). Ove vrijednosti upućuju na oligosaprobnost obilježja mikrofitobentosa u vrijeme istraživanja.

### ZAKLJUČCI

U kvalitativnom sastavu mikrofitobentosa Vranskog jezera utvrđeno je 138 vrsta mikrofito sistematskih skupina: Cyanobacteria, Bacillariophyceae i Chlorophyceae.

Na svim istraživanim lokalitetima sastav je vrsta bio ujednačen, a prevladavali su predstavnici skupine Bacillariophyceae, koje su razvojni maksimum imale u kasnojesenskom i zimskom razdoblju. Predstavnici skupine Chlorophyceae svoj su razvojni maksimum postigli u ljeto, dok utvrđene vrste skupine Cyanobacteria nisu pokazivale sezonsku dinamiku.

Na osnovi indikatorskih vrsta mikrofitobentosa dobiveni P–B indeks saprobnosti od 1,3 do 1,7 upućuje na oligosaprobnost obilježje istraživanih lokaliteta.

### Summary

## MICROPHYTOBENTHOS IN THE VRANA LAKE (CRES ISLAND)

M. Tomec

Lake Vrana represents one of the largest freshwater lakes on a relatively small and entirely karstified island. According to its physical and chemical factors, this lake is oligotrophic, monomictic, with winter circulation and thermal stratification in summer. Microphytobenthic investigations of the Lake were performed in November 1995, and in February, May, June, August and

---

Dr. sc. Marija Tomec, prof. biol., Ruder Bošković Institute, Center for Marine and Environmental Research, Laboratory of Aquaculture, 10000 Zagreb, Bijenička cesta 54, Croatia, e-mail: mtomec@rudjer.irb.hr

November of 1996 and 1997, respectively. During the investigations microphytobenthic samples have been collected at five locations (Figure 1): V<sub>1</sub> (around 13 m depth), V<sub>2</sub> (around 22 m depth), V<sub>3</sub> (around 33 m depth), V<sub>4</sub> (around 51 m depth) and V<sub>5</sub> (around 73 m depth). Qualitative microphytobenthic composition consisted of 138 microphytic species belonging to: Cyanobacteria, Bacillariophyceae and Chlorophyceae (Tables 1, 2). Bacillariophyceae were the most numerous (99 species or 71.7 %), with relative frequency from 1 to 6. Planktonic forms *Campylodiscus noricus* and *Cyclotella radiosa* were the most represented species in microphytobenthic structure. The groups Chlorophyceae and Cyanobacteria were represented with relatively small number of species, the former with 26 species or 18.8% and the latter with 13 species or 9.5%. Particular species of Chlorophyceae were represented individually in microphytobenthic structure with low relative frequency, mostly 1, except in the case of *Mougeotia* sp. which had relative frequency 3 at the locations V<sub>1</sub> and V<sub>2</sub>. The filamentous algae of the genera *Lyngbya* and *Phormidium* were dominant among Cyanobacteria, with relative frequency from 1 to 5. From the total number of microphytobenthic species determined, 94 species or 68% belonged to saprobic indicators. Most of them were oligosaprobic to betamesosaprobic indicators. Based on indicator values for the determined microphytobenthic species, P–B saprobity index was ranging between 1.3 and 1.7 (Table 3), which suggests good quality of lake waters.

Key words: *microphytobenthos*, *Vrana Lake*, *Cres Island*

## LITERATURA

- Aboal, M., Prefasi, M., Asencio, A. D. (1996): The aquatic microphytes and macrophytes of the Transvase Tajo–Segura irrigation system, southeastern Spain. *Hydrobiologia*, 340, 101–107.
- Biondić, B., Kapelj, S., Mesić, S. (1994): Hidrogeologija Vranskog jezera na otoku Cresu. Fond stručne dokumentacije IGI, Zagreb.
- Bonacci, O. (1993): The Vrana lake hydrology (Island of Cres, Croatia), pp. 407–414. u: Water resource bulletin AWRA, USA.
- Bukvić, I., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Meštrov, M. (1997): Macrozooplankton in the karstic Lake Vrana (Cres). *Period. Biol.*, 99, (3), 397–401.
- Fortis, A. (1771): Saggio d'osservazioni spora l'isola di Cherso ed Ossero. Venezia, 83 pp.
- Golubić, S. (1961): Prethodna istraživanja vegetacije jezera Vrana na otoku Cresu. *Ljetopis JAZU*, knjiga 65, Zagreb, 297 pp.
- Hillebrand, H., Kahlert, M. (2002): Effect of grazing and water column nutrient supply on biomass and nutrient content of sediment microalgae. *Aquat. Bot.*, 72, (2), 143–159.
- Hindak, F., Marvan, P., Komarek, J., Rosa, K., Popovsky, J., Lhotsky, O. (1978): *Sladkovodne riasy*. Slovenske pedagogicke nakladatelstvo, Bratislava, 724 pp.

- Knöpp, H. (1954): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Untersuchungen, erläutert an Gutelängsschnitt des Mains. Die Wassewirtschaft, 45, 9–15.
- Lassen, C., Revsbech, N. P., Pedersen, O. (1997): Macrophyte development and resuspension regulate the photosynthesis and production of benthic microalgae. Hydrobiologia, 350, 1–11.
- Lazar, J. (1960): Alge Slovenije. Seznam slatkovodnih vrst in ključ za določanje. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, 277 pp.
- Lorenz, R. (1859): Der Vrana See auf Cherso. Petermanns geogr. Mitt. 1, Gotha, 530 pp.
- 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.
- Nümann, W. (1949): Beiträge zur Hydrographie des Vrana See (Insel Cherso), insbesondere Untersuchungen über die organische sowie anorganische Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Nova Thalassia. (cit. Petrik, M. 1957.)
- Ožanić, N., Rubinić, J. (1994): Analiza hidrološkog Vranskog jezera na otoku Cresu. Hrvat. Vode, 2, (8), 535–543.
- Pantle, R., Buck, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Besondere Mitteilung in deutschen Gewässerkundlichen, 12, 135–143.
- 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.
- Teskeredžić, E., Stilinović, B., Teskeredžić, Z., Tomec, M., Malnar, L., Hacmanjek, M., Stancl, Ž., Roman, Z., Španović, B. (1990): Preliminarna ihtiološka istraživanja Vranskog jezera na otoku Cresu. IRB, CIM—LIRA, Zagreb, 1–97.
- Tomec, M., Teskeredžić, Z., Teskeredžić, E., Hacmanjek, M. (1996): Fitoplankton Vranskog jezera na otoku Cresu. Ribarstvo, 54, (3), 105–113.
- 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. (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.
- Wegl, R. (1983): Index für die Limnosaprobität. Wasser und Abwasser, 26. Beiträge zur Gewässerforschung XIII, 1–175.
- Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina-Lavrenko, A. I., Šešukova, V. V. (1951): Diatomovye vodorosli. »Sov. Nauka«, Moskva, 615 pp.

Received: 29. 4. 2003.

Accepted: 26. 6. 2003.