

FITOPLANKTON VRANSKOG JEZERA NA OTOKU CRESU

M. Tomec, Z. Teskeredžić, E. Teskeredžić, M. Hacmanjek

Sažetak

Kao osobiti prirodni fenomen Vransko jezero s površinom od 5,7 km² i zapremninom od oko 220 milijuna m³ slatke vode izuzetne kakvoće slabo je istraženo s biološkoga gledišta.

Ihtiološka, fizikalnokemijska i bakteriološka istraživanja provedena su u tijeku god. 1989. (lipanj, rujan i prosinac) i 1990. (travanj). Posebna je pozornost posvećena istraživanju strukture fitoplanktona kao pokazatelja kakvoće vode. Uz sakupljanje uzoraka fitoplanktona, mjerene su temperatura i prozirnost vode na pet mjesta (sl. 1). Uzorci fitoplanktona uzimani su na dubinama od 0,5 m, 10 m, 20 m i 40 m. Rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih temperatura vode i prozirnosti jezera prikazani su na sl. 2. Temperatura vode uglavnom je bila pod utjecajem okolne temperature zraka. Zapažena je termička stratifikacija u ljetnim mjesecima i pojava izotermije u hladnijem dijelu godine. U kvalitativnom sastavu fitoplanktona utvrđeno je 60 planktonskih alga koje su pripadale sistemnim skupinama: *Cyanophyceae*, *Euglenophyceae*, *Dinophyceae*, *Chrysophyceae*, *Bacillariophyceae* i *Chlorophyceae* (tabl. 1). Iako su brojčano prevladavali predstavnici skupine *Bacillariophyceae*, u svim uzorcima fitoplanktona Vranskog jezera prevladavala je vrsta *Ceratium hirundinella*, pripadnik skupine *Dinophyceae*, indikator oligosaprobna stupnja. Osim ove, važnu ulogu u strukturi fitoplanktona imale su vrste *Cyclotella comta*, indikator oligosaprobna stupnja, i *Dinobryon divergens*, indikator betamezosaprobna stupnja. Na osnovi kvalitativnih analiza fitoplanktona u Vranskom jezeru prevladavali su predstavnici oligosaprobna stupnja, što upućuje na dobru kakvoću vode, a kvantitativne analize upozoravaju na oligotrofni karakter jezera.

Prema zastupljenosti pojedinih fitoplanktonskih vrsta u vrijeme istraživanja dominantna fitoplanktonska zajednica u jezeru pripadala je tipu *Cyclotella-Dinobryon Ceratium*.

Ključne riječi: Vransko jezero Cres, fitoplankton

UVOD

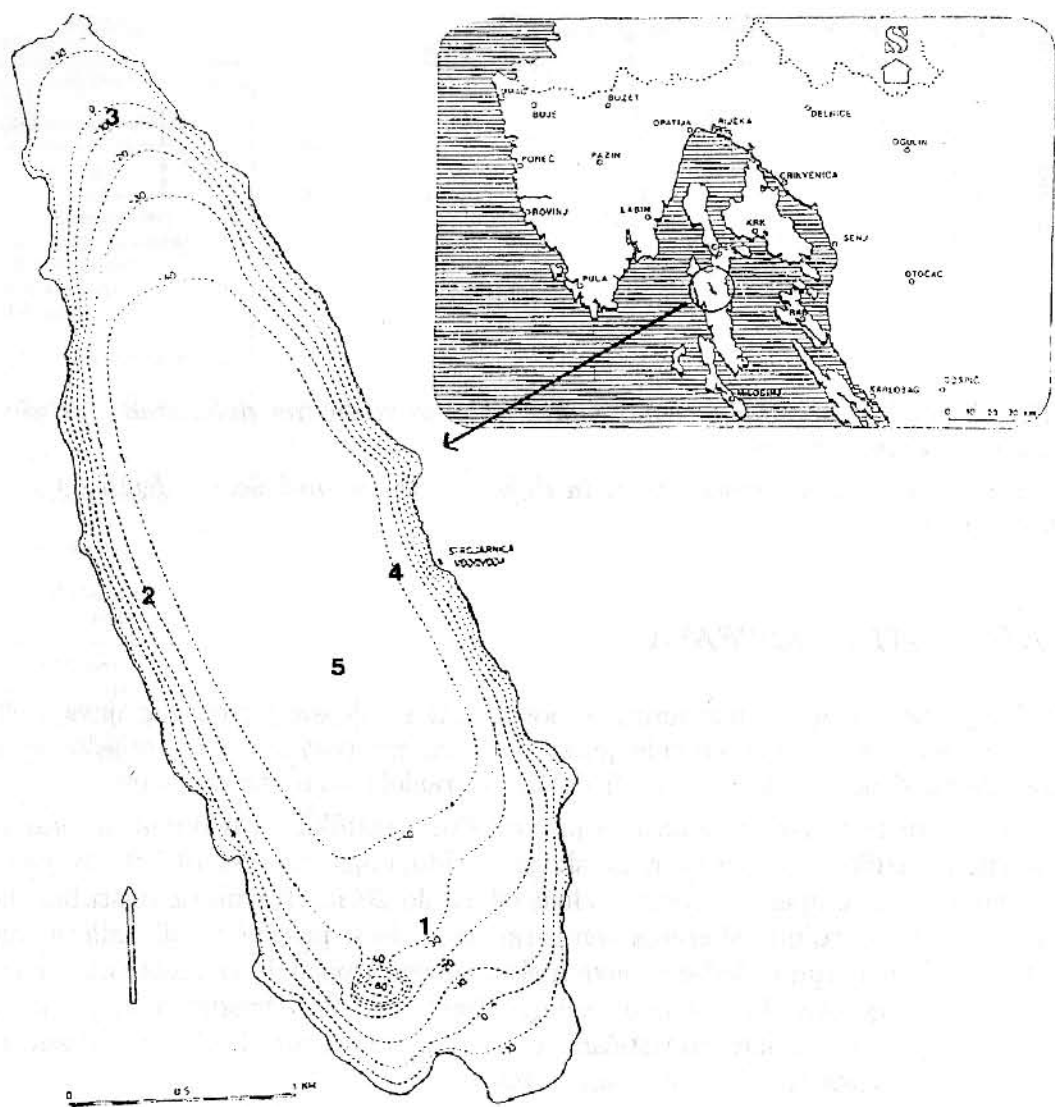
Vransko jezero na otoku Cresu prirodni je fenomen pojave slatke vode na otočnome kršu, u neposrednoj blizini mora. Budući da nema vidljivih lokacija dotoka i gubitaka vode, to još više pridonosi njegovoj specifičnosti i u svjetskim razmjerima. S površinom od 5,7 km² i zapreminom od oko 220 milijuna m³ slatke vode izuzetne kakvoće, to je hidrološki objekt koji već od davnine privlači pozornost znanstvenika.

Biologija jezera vrlo je malo istraživana. Među prvim istraživačima bio je Morton (Cit. Golubić, 1961), koji je nešto više pažnje posvetio živome svijetu jezera i napravio popis glavnih predstavnika fitoplanktona i zooplanktona. Limnološkim istraživanjima bavio se Nümann (1949.), a Golubić (1961.) istražuje fitogeni obraštaj od supralitorala do donje granice bentalne autotrofne vegetacije u sublitoralu.

Zbog slabe istraženosti jezera s biološkoga gledišta, a zbog svoje prirodne osobitosti, provedena su istraživanja fitoplanktona, koji ima bitnu važnost za metabolizam jezerskog ekosustava. Stoga je svrha ovih istraživanja bila utvrditi strukturu fitoplanktona i njegove sezonske promjene u odnosu na stupanj trofije i kakvoće vode.

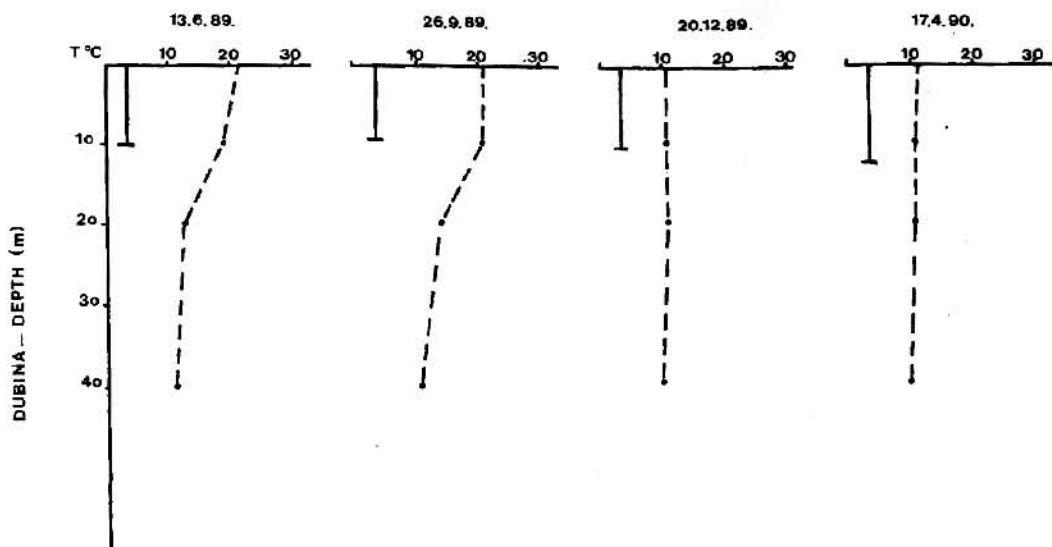
MATERIJALI I METODE RADA

Vransko jezero dugo je oko 5 km i široko oko 1,5 km, slabo razvedenih obala, a proteže se u smjeru sjever jug. Istraživanja su provedena u tijeku 1989. (lipanj, rujanj, prosinac) i godine 1990. (travanj). Mjesta uzorkovanja bila su na sjevernom, južnom, istočnom, zapadnom i središnjem dijelu jezera (sl. 1.). Za analizu fitoplanktona uzimani su uzorci vode s pomoću crpke Nansen od 5 litara s dubine 0,5 m, 10 m, 20 m i 40 m. Na svakoj je dubini uzeto 20 litara vode i filtrirano preko planktonske mrežice veličine oka 45 um. Tako dobiveni uzorci planktona fiksirani su 4 %-nom otopinom formaldehida. Mikroskopska obrada obavljena je u laboratoriju. Vrste alga određivane su prema priručnicima Hustedt (1930.), Huber-Pestalozzi (1941. 1942.), Zabelina i sur. (1951.), Lazar (1960.). Kvantitativna zastupljenost vrsta fitoplanktona određivana je metodom relativne procjene učestalosti (od 1 do 7) po Knöppu (1954.). Saprobnost vrijednosti fitoplanktonskih vrsta indikatora određene su po Weglu (1983.). Uz sakupljanje fitoplanktona mjerena je temperatura vode s pomoću elektrosonde (Kagaku, Japan) i prozirnost jezera Secchi pločom.



Slika 1. Zemljopisni položaj Vranskog jezera (otok Cres) s izobatama (Petrik, 1960.) i mjesta uzorkovanja

Figure 1. Geographical position of Vrana Lake (island Cres) with isobaths (Petrik, 1960) and sampling station



Slika 2. Srednje vrijednosti temperature vode na različitim dubinama i prozirnost (I) Vranskog jezera

Figure 2. Mean water temperature in different depths and Secchi depth (I) of Vrana Lake

REZULTATI I RASPRAVA

Pod utjecajem vanjske temperature površinski se slojevi jezera zagrijavaju ili hlade. Ljeti toplija voda manje gustoće ostaje na površini i ne miješa se s hladnijom. Zbog razlike u gustoći dolazi do raslojavanja stratifikacije.

U tijeku istraživanja zapažena je termička stratifikacija u lipnju, s temperaturnom razlikom između površinskoga i pridnenoga sloja od 10,5 °C. Najveći gradijent pada temperature jest u sloju od 10 do 20 m. Termička stratifikacija zadržala se i u rujnu. Mjerenja temperature vode u prosincu pokazala su da je nastupilo postupno hlađenje površinskih slojeva i pojavila se izotermija, koja se zadržala gotovo do mjeseca travnja 1990. (sl. 2). Ovakav jednogodišnji temperaturni obrat karakterističan je za monomiktična jezera umjerenoga klimatskog pojasa (Biondić i sur., 1994).

Vransko se jezero odlikuje i velikom prozirnošću koja je bila u tijeku naših istraživanja između 9,5 m u rujnu i 12,5 m u travnju. Najmanje vrijednosti za prozirnost dobivene su na dan kada je bilo vjetrovito, kako je to zabilježio i Petrik (1960.), na istom jezeru mjereći prozirnost godine 1954. Isti je autor utvrdio prozirnost jezera i do 24 m, kada je vrijeme bilo mirno i tiho. Ono se odlikuje i niskom produkcijom organske tvari i vrlo dobrom kakvoćom vode koja se upotrebljuje kao pitka voda na otocima Cresu i Lošinj.

Zbog prisutnosti malih količina nutrijenata (Golubić, 1962; Teske-redžić i sur., 1990.), pripada oligotrofnom tipu jezera. Male količine nutri-

Tablica 1. Vremenska i vertikalna učestalost (po Knöppu) fitoplanktonskih vrsta u Vranskom jezeru sakupljenih na dubinama A=0,5 m; B=10 m; C=20 m; D=40 m.

Table 1. Temporal and vertical relative abundance (Knöpp) of the phytoplanktonic species in Vrana Lake sampling depths A=0,5 m; B=10 m; C=20 m; D=40 m.

Vrste - Species	* Ind. sap. stup Ind. sap. deg.	1989.												1990.			
		Lipanj - June				Rujan - September				Prosinac - December				Travanj - April			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Cyanophyceae																	
<i>Aphanocapsa bififormis</i>		1															
<i>Aphanothece clathrata</i>	b	1	1														
<i>Calothrix sp.</i>						1									1	1	
<i>Chroococcus minutus</i>	b	1	2		1					2	1	1	1	1	1		
<i>Gloeocapsa minima</i>	o	2	1	1		2	2							2	1	1	1
<i>Microcystis flos-aquae</i>		1		1	1	1	1	1	1	1							
<i>Phormidium sp.</i>								1		1	1						
<i>Schizothrix sp.</i>		1	1		1				1	2	2	1	1				
<i>Schizothrix lateritia</i>		1	1														
Chrysophyceae																	
<i>Dinobryon divergens</i>	b		3		3	3	4	4	1	4	4	4	3	4	4	4	4
<i>D. sociale</i>	o	1			1				1								
<i>Malomonas sp.</i>			1														
Bacillariophyceae																	
<i>Amphora ovalis</i>	o,b						1	1	1		2	1	1		1	1	1
<i>Caloneis silicula</i>	b							1									
<i>Campylodiscus noricus</i>	o					3	3	6	6	4	5	5	7		1	3	5
<i>Cocconeis placentula</i>	o,b	1	1		2	1		1	1			1					
<i>Cyclotella comta</i>	o				7	5		4	4	3		3		5	4	7	5
<i>C. kützingiana</i>	o,b				2	2	2	1	1	2	2		2	1	2		
<i>C. melosiroides</i>										2	1	1		1	1		1
<i>C. ocellata</i>	o,b									1		1		1	1		1
<i>C. operculata</i>	o			1	2												
<i>Cymatopleura elliptica</i>	b												1				
<i>C. solea</i>	b									1	1	1	1				1
<i>Cymbella lanceolata</i>	o,b																1
<i>C. tumida</i>						1											
<i>C. ventricosa</i>	b			1											1		
<i>Epithemia sp.</i>									1								
<i>Gomphonema olivaceum</i>	b			1													
<i>G. longiceps v. subclavatum</i>									1								
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	b				1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
<i>Melosira granulata</i>						1	2	1		2	1	1					1
<i>M. varians</i>	b									1	1	1		1		1	
<i>Nitzschia sp.</i>					1					1		1	1	1		1	1
<i>N. vermicularis</i>	b				1			1									
<i>Rhopalodia gibba</i>	o,b				2				1								
<i>Surirella linearis</i>	o,b											1					1
<i>S. spiralooides</i>	o						2	2	1								
<i>Synedra acus</i>	o,b									1					1		
Dinophyceae																	
<i>Ceratium hirundinella</i>	o	7	6	5	5	7	7	5	5	6	5	5	3	5	5	7	7
<i>Glenodinium sp.</i>					1		1				1			1		1	
<i>Peridinium cinctum</i>	o,b	4	3			4	4				4	4		4	4	4	4
<i>P. conicum</i>											2	2	2	1	2	1	1
<i>P. incospicuum</i>	o	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4

Tablica 1. nastavak
 Table 1. continued

Vrste - Species	* Ind. sap. stup Ind. sap. deg.	1989.												1990.				
		Lipanj - June				Rujan - September				Prosinac - December				Travanj - April				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
<i>Chlorophyceae</i>																		
<i>Acanthochloris zachariasii</i>	b		2															
<i>Chlamidomonas reinhardii</i>			1								2				1	1	1	1
<i>Chlorella saccharophila</i>					1													
<i>Coelastrum sp.</i>								2										
<i>Crucigenia sp.</i>														1				
<i>Gonatozygon brebisonii</i>														1				
<i>Oocystis parva</i>	b		2	1	1			2		1					1	1	1	1
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	b		1					2	1	1								
<i>Sphaeroocystis schroeteri</i>	o,b							3	3	1			1	1	1	1	1	1
<i>Tetraedron limneticum</i>	o,b														1			
<i>Closterium sp.</i>					1													
<i>Cosmarium sp.</i>													1					
<i>Mougeotia sp.</i>					1	1		1	1							1	1	1
<i>Spirogyra sp.</i>		1																
<i>Staurastrum fuscigerum</i>														1		1		
<i>Euglenophyceae</i>																		
<i>Trachelomonas granulata</i>		1	1	1														
<i>T. intermedia</i>				1									1					1

*Indikator saprobnoga stupnja — Indicator of saprobity degree:

o — ologosaprobn — oligosaprobity

b — betamezosaprobn — β-mesosaprobity

jenata ograničavaju razvoj fitoplanktona, pa je u tijeku naših istraživanja utvrđeno 60 fitoplanktonskih vrsta. Fitoplanktonske su vrste pripadale skupinama: *Cyanophyceae* (9), *Euglenophyceae* (2), *Dinophyceae* (5), *Chrysophyceae* (3), *Bacillariophyceae* (26) i *Chlorophyceae* (10), (tabl. 1). Struktura fitoplanktona nije ovisila samo o količini nutrijenata u jezeru nego i o temperaturnim sezonskim promjenama. Maksimalan broj (35) fitoplanktonskih vrsta zabilježen je u zimi (prosinac), a najmanje vrste (28) utvrđeno je u proljeće (travanj). Vertikalna rasprostranjenost fitoplanktona dosegla je do najdubljih slojeva jezera. U produktivnome eufotičnom sloju utvrđene su 34 vrste ili 56,7% od ukupnoga broja nađenih fitoplanktonskih vrsta, što je značajka za većinu predstavnika fitoplanktonskih skupina (Klemer i Barko, 1991.; Pollinger i sur., 1993.).

Okolo 85% od ukupno utvrđenih fitoplanktonskih vrsta imalo je relativnu učestalost 1 ili 2, što znači da su u tijeku istraživanja neki predstavnici utvrđenih sistemnih skupina bili nazočni pojedinačno u uzorcima fitoplanktona Vranskog jezera.

U fitomasi prevladavale su *Bacillariophyceae*, napose u tijeku zime i proljeća (prosinac i travanj), a sudjelovale su s 53,6%, odnosno 45,7%. Najzastupljenije su vrste bile centrice *Cyclotella comta* i *Campilodiscus noricus*. Zapažena je masovna zastupljenost (relativna učestalost 7) *C. comta* na dubini

od 20 m u travnju, a *C. noricus* masovno se pojavio u prosincu u dubljim slojevima jezera, tj. na dubini od 40 m. Obje su vrste indikatori oligosaprobna stupnja. Druga po broju vrsta bila je fitoplanktonska skupina *Chlorophyceae*, koje su predstavnici bili nazočni s malom abundancijom (relativna učestalost 1 ili 2). Vrsta *Sphaerocystis Schroeteri* zauzimala je prevladavajuće mjesto u ovoj skupini, napose u tijeku rujna, a indikator je oligosaprobna do betamezosaprobna stupnja. Skupina *Cyanophyceae* bila je nazočna s većim brojem vrsta koje su imale također relativnu učestalost 1 ili 2. Prevladavale su vrste *Chroococcus minutus*, indikator betamezosaprobna stupnja, i *Gloeocapsa minima*, indikator oligosaprobna stupnja. Iako je utvrđeno samo 5 vrsta skupine *Dinophyceae*, njihova je nazočnost bila dominantna u strukturi fitoplanktona istraživanog jezera. Vrsta *Ceratium hirundinella* masovno se razvila u lipnju i u rujnu (relativna učestalost 7) u sloju od 0,5 do 1 m, dok je u travnju migrirala u hladnije, dublje slojeve od 20 do 40 metara, gdje je također imala relativnu učestalost 7. Osim vrste *C. hirundinella*, skupina *Dinophyceae* bila je zastupljena vrstama rodova *Glenodinium*, koji je imao prateću ulogu u sastavu fitoplanktona, i vrstama rodova *Peridinium*. Vrste *Peridinium cinctum* i *Peridinium inospicuum* utvrđene su uglavnom na svim profilima u tijeku istraživanja, a relativna im je učestalost bila 3 ili 4. Vrste *C. hirundinella* i *P. inospicuum* indikatori su oligosaprobna stupnja, a vrsta *P. cinctum* indikator je oligosaprobna do betamezosaprobna stupnja. Važnu ulogu u strukturi fitoplanktonskih zajednica Vranskog jezera imala je vrsta *Dinobryon divergens*, predstavnik skupine *Chrysophyceae*. Iako se nije masovno razvila u tijeku istraživanja, ova je vrsta bila nazočna u svim uzorcima jezerskog fitoplanktona (relativna učestalost 3 ili 4), a indikator je betamezosaprobna stupnja. Predstavnici skupine *Euglenophyceae* nisu imali znatnog udjela u sastavu fitoplanktona, jer su se pojavljivali povremeno i pojedinačno, a u travnju nisu bili ni zastupljeni.

Sukcesivne temperature promjene i dominantnost utvrđenih fitoplanktonskih skupina u pojedinim godišnjim dobima kao npr. *Bacillariophyceae* (zima i početak proljeća), *Chlorophyceae* i *Chrysophyceae* (kraj proljeća) i *Cyanophyceae* (ljetno) upućuju na značajke oligotrofnih jezera (Campos i sur., 1990.; Margalef, 1983.). Prema zastupljenosti pojedinih predstavnika fitoplanktonskih skupina proizlazi da je u vrijeme istraživanja dominantna fitoplanktonska zajednica u jezeru pripadala tipu *Cyclotella-Dinobryon Ceratium*.

ZAKLJUČCI

U kvalitativnom sustavu fitoplanktona Vranskog jezera utvrđeno je 60 planktonskih alga sistemnih skupina: *Cyanophyceae*, *Euglenophyceae*, *Dinophyceae*, *Chrysophyceae*, *Bacillariophyceae* i *Chlorophyceae*.

Prevladavala je vrsta *Ceratium hirundinella*, često masovno, a indikator je oligosaprobna stupnja. Uz vrste indikatore oligosaprobna stupnja,

utvrđene su i indikatorske vrste betamezosaprobna stupnja, ali s malom relativnom učestalošću.

Fitoplanktonska zajednica tipa *Cyclotella Dinobryon Ceratium* upućuje na relativno čiste vode.

Summary

PHYTOPLANKTON OF VRANSKO LAKE ON THE ISLAND CRES

As a special nature phenomenon, Vransko Lake with its acreage of 5.7 km² and cubic capacity of 220 million m³ fresh-water of extraordinary quality has been insufficiently biologically examined.

Ichthyological, physical, chemical and bacteriological examination were conducted in 1989 (June, September and December) and 1990 (April). Special attention was given to the examination of phytoplankton structure as an indicator of water quality. In addition to collecting phytoplankton specimen, the temperature and transparency of water were measured at 5 different places (Picture 1). The phytoplankton specimen were taken at the depths of 0.5 m, 10 m, 20 m and 40 m. The results of medium values of measured water temperature and lake transparency are showed on the Picture 2. The water temperatures was mostly under the influence of surrounding air temperature. The thermic stratification in summer and the manifestation of isotherm in the colder period of year were observed. In the qualitative composition of phytoplankton there were stated sixty plankton algae which belonged to the following system groups: *Cyanophyceae*, *Euglenophyceae*, *Dinophyceae*, *Chryslophyceae* and *Chlorophyceae* (Table 1). While representatives of *Bacillariophyceae* outnumbered other groups, the species *Ceratium hirundinella* which belongs to the *Dinophyceae* group and the indicator of oligosaprobog degree dominated in all phytoplankton specimen of Vransko Lake. Besides that group, the significant role in the phytoplankton structure had the species *Cyclotella comta*, the indicator of oligosaprobog degree and *Dinobryon divergens*, the indicator of bethamesosaprobog degree. On the basis of qualitative analysis of phytoplankton, the representatives of oligosaprobog degree dominated in Vransko Lake what implies good water quality and the quantitative analysis show the oligothrophic lake character.

According to representation of particular phytoplankton species at the time of examination, the dominant phytoplankton group in the lake belonged to the type *Cyclotella-Dinobryon-Ceratium*.

Key words: Vransko Lake — Island Cres, phytoplankton

LITERATURA

- Biondić, B., Kapelj, S., Mesić, S. (1994): Hidrogeologija Vranskog jezera na otoku Cresu. Fond stručne dokumentacije IGI, Zagreb.
- Campos, H., Steffen, W., Aguero, G., Parra, O., Zuniga, L. (1990): Limnological study of lake Todos Los Santos (Chile). Morphometry, physics, chemistry, plankton and primary productivity. Arch. Hydrobiol. 117, (4), 453–484.
- Golubić S. (1961): Prethodna istraživanja vegetacije jezera Vrane na otoku Cresu. Ljetopis JAZU, za godinu 1958. Knjiga 65, Zagreb, 295–297.
- Golubić, S. (1962): O problemima zagađenja i zaštite vode s osobitim osvrtom na jezero Vrana na otoku Cresu. Obavještenja (Higijena, Epidemiologija, Zdravstveno prosvjećivanje), V, (4), Rijeka, 273–282.
- Huber–Pestalozzi, G. (1941 1942): Das Phytoplankton des Süßwassers. 2 Teil. 1–2 Hälfte. E. Schweizererbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Hustedt, F. (1930): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenhorst's Kryptogamen–Flora, Bd. VII (2), Leipzig.
- Klemer, A., Barko, J. (1991): Effects of mixing and silica enrichment on phytoplankton seasonal succession. Hydrobiologia, 210 (3), 171–181.
- Knöpp, H. (1954): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Untersuchungen, erläutert an Gutelangschnitt des Mains. Die Wasserwirtschaft, 45, 9–15.
- Lazar, J. (1960): Alge Slovenije. Seznam slatkovodnih vrst in ključ za določanje. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana.
- Margalef, R. (1983): Limnologia. Ed. Omega, Barcelona.
- Nümann, W. (1949): Beiträge zur Hydrographie des Vrana See (Insel Cherso), insbesondere Untersuchungen über die organische sowie anorganische Phosphor–und Stickstoffverbindungen. Nova Thalassia.
- Petrik, M. (1960): Prilozi limnologiji jezera Vrane. Krš Jugoslavije (Carsus iugoslaviae), 2, JAZU Zagreb, 105–192.
- Pollinger, U., Bürgi, H. R., Ambühl, H. (1993): The cysts of *Ceratium hirundinella*: Their dynamics and role within a eutrophic lake (Lake Sempach, Switzerland). Aquatic Sciences, 55, (1), 10–18.
- 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, 1–97, Zagreb.
- Wegl, R. (1983): Index für die Limnosaprobität. Wasser und Abwasser, 26. Beiträge zur Gewässerforschung XIII, 1–175.
- Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina Laurenko, A. I., Šešukova, V. V. (1951): Diatomovije vodorosli. »Sov. nauka«, Moskva.

Primljeno 10. 9. 1996.