

UDC 576.8.07

## BAKTERIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA BIJELE I CRNE RIJEKE I NEKIH PLITVIČKIH JEZERA

With Summary in English

*BOŽIDAR STILINOVIĆ*

(Botanički zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno 05. 12. 1978.

### Uvod

U literaturi ne postoje podaci o istraživanjima fizioloških grupa bakterija koje sudjeluju u ciklusu kruženja materije i energije u pritokama Plitvičkih jezera i u vodi tih jezera. Do danas objavljeni podaci bakterioloških istraživanja voda Plitvičkih jezera i nekih pritoka (Emili 1958, 1965, Pavletić i Stilinović 1965) daju samo donekle uvid u sanitarnu vrijednost voda na tom području. S obzirom na to da su kvantitativni i kvalitativni odnosi između fizioloških grupa autohtonih i alohtonih bakterija uvjetovani u prvom redu fizičko-kemijskim i biološkim značajkama površinskih voda, promjene tih odnosa pouzdan su znak promjena kvalitete vode (Daubner 1972, Finstein 1972, Melberga i Vavere 1974, Rheinheimer 1975, Ritter 1977).

Cilj provedenih bakterioloških istraživanja bio je dobivanje detaljnijeg uvida u sastav mikrobnih populacija i njihovu zastupljenost u nekim opskrbnim vodama Plitvičkih jezera, te u vodi nekih gornjih i donjih jezera.

### Područje istraživanja

U tabeli 1. dan je opis i oznaka postaja na kojima su tijekom 1977. i 1978. godine uzimani uzorci vode za bakteriološke i hidrokemijske analize.

### Materijal i metodika rada

Na postajama navedenim u tabeli 1. uzimani su u mjesecu studenom 1977, travnju i listopadu 1978. uzorci vode radi bakterioloških i hidrokemijskih analiza.

Tabela 1. Mjesta uzimanja uzoraka  
Table 1. Sampling places

---

BR 1	— Bijela rijeka izvor Bijela rijeka spring
BR 2	— Bijela rijeka, druga akumulacija 500 m od izvora Bijela rijeka, second accumulation 500 m after spring
BR 3	— Bijela rijeka — Plitvički Ljeskovac
CR 1	— Crna rijeka izvor Crna rijeka spring
CR 2	— Crna rijeka — Plitvički Ljeskovac
M	— Matica prije utoka u Proščansko jezero Matica before inflow in Proščansko jezero Jezero Labudovac — lake Labudovac Jezero Galovac — lake Galovac Slap Milke Trnine — waterfall Milka Trnina Jezero Novakovića Brod — lake Novakovića Brod

---

Bakteriološka ispitivanja obuhvatila su određivanje broja saprofitnih psihrofilnih bakterija, proteolitičkih bakterija, fosfomineralizatora, fosfomobilizatora i amilolitičkih bakterija. Također je na istim postajama određivana prisutnost i brojnost fekalnih indikatora vrsta *Escherichia coli* i *Clostridium perfringens*.

Saprofitne bakterije brojene su na standardnoj podlozi MPA (mesno-peptonski agar). Broj saprofita je određen nakon 72 sata, inkubacija 22° C. Proteolitičke bakterije određivane su na podlozi MPA s dodatkom 1,5% želatine. Inkubacija 48 sati na 25° C. Površina podloge prelje se otopinom HgCl<sub>2</sub> i pobrojene su kolonije oko kojih se stvori prozirna zona.

Fosfomineralizatori su dokazivani na podlozi lecitinom. Inkubacija 4—6 dana na 25° C. Fosfomobilizatori određivani su na podlozi s Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Inkubacija 4 dana na 25° C. Amilolitičke bakterije pobrojene su na podlozi sa škrobom. Inkubacija 4 dana na 25° C. Površina podloge prelje se otopinom lugola, a brojene su kolonije oko kojih se stvorila bezbojna zona. Primijenjena je metodika rada D a u b n e r (1972).

Za izolaciju vrste *Escherichia coli* upotrijebljena je podloga endo-agar. Određivanje broja nakon 24—48 sati. Inkubacija na 37° C. Identifikacija sojeva prema K a u f f m a n n (1966). Vrsta *Clostridium perfringens* dokazivana je u dubokom agaru po Wilson-Blairu. Inkubacija 24 sata, temperatura 37° C. Upotrijebljene podloge D a u b n e r (1972).

Također su ista istraživanja izvršena sa 4 uzorka vode iz litorala jezera Galovac, na mjestima gdje trune sloj lišća bukve i ostaci helofitske vegetacije u listopadu 1978. godine.

Od hidrokemijskih parametara određivana je koncentracija otopljenog kisika i ugljičnog dioksida, te potrošak kalijeva permanganata, prema Standard Methods (1967).

### Rezultati i diskusija

Rezultati bakterioloških (tab. 2 i 3) i fizičko-kemijskih analiza (tab. 4) voda na području Plitvičkih jezera upućuje uglavnom na njihovu relativno dobru kvalitetu. Jače opterećenje organskim tvarima može se redovito konstatirati u vodi Bijele rijeke prije nego se u Plitvičkom Ljeskovcu spoji s Crnom rijekom u Maticu (BR-3). Na važnost Bijele rijeke kao reci-

Tabla 2. Bakteriološka analiza vode Crne i Bijele rijeke te nekih Plitvičkih jezera u 1977. i 1978.

Table 2. Bacteriological analysis of water of the Crna and Bijela rijeka and some of Plitvice lakes in 1977 and 1978

Mjesta uzimanja u/oraka	Broj bakterija u 1 ml																		
	Saprofitske bakt.				Proteolitičke bakt.				Fosfomineralizatori				Fosfomobilizatori						
	1977.		1978.		1977.		1978.		1977.		1978.		1977.		1978.				
Sampling places	Stud.	Trav.	List.	Nov.	Stud.	Trav.	List.	Nov.	Stud.	Trav.	List.	Nov.	Stud.	Trav.	List.	Nov.	Stud.	Trav.	List.
BR 1	30	5	—	10	0	—	0	0	0	—	0	—	5	2	—	10	1	—	—
BR 2	5.000	3.000	—	600	1.300	—	400	500	—	—	—	—	1.000	850	—	750	250	—	—
BR 3	30.000	8.800	13.000	2.500	1.200	3.000	2.000	780	1.600	—	—	—	4.500	2.100	1.300	4.800	1.200	1.480	—
CR 1	130	15	—	25	0	—	18	1	—	—	—	—	75	6	—	0	0	—	—
CR 2	2.000	200	650	100	90	230	110	40	96	—	—	—	135	70	110	240	120	45	—
Matica	5.000	600	2.500	1.000	300	1.200	800	70	280	—	—	—	1.200	120	600	1.600	60	200	—
Labudovac	1.000	200	600	150	80	160	100	50	140	—	—	—	200	60	60	300	100	160	—
Galovac	400	180	460	150	75	120	50	40	80	—	—	—	50	65	110	100	80	140	—
M. Trnina	1.000	150	4.200	100	18	640	10	15	310	—	—	—	80	25	800	180	43	680	—
Novakovića Brod	1.600	350	1.720	300	100	280	120	20	100	—	—	—	270	30	320	480	15	370	—
Galovac-voda iz litorala s raspadajućim lišćem	—	—	170.000	—	—	45.000	—	—	60.000	—	—	—	—	29.000	—	—	—	—	44.000
Galovac-water from littoral with decomposed leaves	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabela 3. Broj bakterijskih indikatora fekalnog zagađenja u vodi Crne i Bijele rijeke te nekih plitvičkih jezera u 1977. i 1978.

Table 3. Number of bacterial indicators of fecal pollution in the water of the Crna and Bijela rijeka and some of Plitvice lakes in 1977 and 1978.

Mjesto uzimanja uzoraka Sampling places	<i>Escherichia coli</i> /ml			<i>Clostridium perfringens</i> /ml		
	1977	1978		1977	1978	
	Stud. Nov.	Trav. April	List. Oct.	Stud. Nov.	Trav. April	List. Oct.
BR 1	0	0	—	0	0	—
BR 2	5	8	—	0	0	—
BR 3	200	12	106	5	0	6
CR 1	0	0	—	0	0	—
CR 2	0	2	0	0	0	0
Matica	10	0	10	2	0	1
Labudovac	5	0	1	0	0	0
Galovac	15	0	0	0	0	0
Milka Trnina	5	5	2	0	0	0
Novakovića Brod	6	0	0	0	0	0

Legenda: — nisu uzimani uzorci

Legend: — no sampling

pijenta otpadnih voda domaćinstava, te time i na fizikalno-kemijske i biološke odnose u Prošćanskom jezeru upozoravaju i rezultati prijašnjih istraživanja (Emili 1958, Pavletić i Stilinović 1965). Većoj organskoj opterećenosti Bijele rijeke pridonose akumulacije podignute duž njezina toka u kojima se vrše vrlo izraženi procesi eutrofizacije, koji se ogledavaju u jakom razvoju vodene vegetacije i u zarašćivanju obala. Na postaji BR-2, čak neposredno nizvodno od izvora Bijele rijeke broj saprofitnih bakterija i bakterija drugih grupa mnogostruko se povećava, što je posljedica razgradnje autohtonog biljnog materijala, koji se nakon ugi-banja vodene flore u akumulaciji taloži u plitkoj vodi. I prema hidroke-mijskim podacima može se npr. u studenom 1877. vidjeti relativno veća koncentracija CO<sub>2</sub> u drugoj akumulaciji, kao rezultat bakterijskog meta-bolizma pri razgradnji i mineralizaciji mrtvog biljnog materijala. Akumu-lacije su nestabilni ekosistemi. U njima zbog nagomilavanja organske ma-terije i povećanih koncentracija anorganskih soli teče vrlo rapidno tere-strijalizacija (Dykyjova i Kvet 1978).

U provedenim istraživanjima Crna rijeka nije pokazala znakove op-terećenja organskim tvarima alohtonog porijekla, iako Emili (1965) izo-nisi rezultate bakterioloških istraživanja prema kojima je već izvor Crne rijeke zagađen fekalnim vodama. Pavletić i Stilinović (1965) nisu na izvoru Crne rijeke mogli dokazati prisutnost koliformnih bakterija, a također i u srednjem dijelu toka nisu utvrdili vrstu *Escherichia coli*, iako je reakcija na koliformne bakterije bila pozitivna. Budući da se radi o krškom izvoru, zahtijeva ovaj problem podrobnija istraživanja s naglas-kom na sanitarnu vrijednost izvora Crne rijeke. Nakon spajanja Crne

Tabela 4. Hidrokemijska analiza vode Crne i Bijele rijeke i nekih plitvičkih jezera u 1977. i 1978.

Table 4. Hydrochemical analysis of water of the Crna and Bijela rijeka and some of Plitvice lakes in 1977 and 1978

Mjesta uzimanja uzoraka	Temperatura vode °C				Otopljeni O <sub>2</sub> /mg/l				CO <sub>2</sub> /mg/l				KMnO <sub>4</sub> potrošak mg/l-10 min			
	1977		1978		1977		1978		1977		1978		1977		1978	
	Stud. Nov.	Trav. April	List. Oct.	Nov.	Stud. Nov.	Trav. April	List. Oct.	Nov.	Stud. Nov.	Trav. April	List. Oct.	Nov.	Stud. Nov.	Trav. April	List. Oct.	
BR 1	7,0	8,0	—	11,6	10,0	—	11,0	6,6	3,1	2,6	—	3,1	2,6	—	—	
BR 2	8,0	9,0	—	12,0	14,0	—	10,1	4,4	8,6	10,4	—	8,6	10,4	—	—	
BR 3	8,0	8,6	7,5	12,0	11,4	11,2	7,4	5,3	12,6	8,2	4,7	12,6	8,2	14,5	—	
CR 1	7,5	8,0	—	12,4	10,4	—	6,6	6,6	2,6	1,6	—	2,6	1,6	—	—	
CR 2	7,9	8,6	7,7	13,8	11,4	11,0	4,8	3,5	6,8	5,8	1,5	6,8	5,8	8,6	—	
Matica	8,0	9,0	7,8	12,4	10,4	10,6	7,9	2,2	9,1	7,6	4,4	9,1	7,6	10,1	—	
Labudovac	9,0	9,6	10,0	12,0	12,0	10,0	6,6	4,4	6,9	6,2	4,4	6,9	6,2	7,3	—	
Galovac	9,6	9,5	10,8	12,0	11,4	11,0	2,2	1,0	6,0	5,4	2,2	6,0	5,4	7,0	—	
M. Trnina	9,8	9,9	13,0	13,6	12,2	9,8	3,5	1,0	8,4	4,8	2,2	8,4	4,8	8,9	—	
Novakovića Brod	9,9	9,8	12,9	13,0	11,2	10,5	3,4	2,2	7,8	5,0	1,3	7,8	5,0	8,6	—	
Galovac-voda iz litorala s raspadajućim lišćem	—	—	11,0	—	—	—	2,8	—	—	—	10,6	—	—	—	42,6	
Galovac-water from littoral with decomposed leaves	—	—	11,0	—	—	—	2,8	—	—	—	10,6	—	—	—	42,6	

rijeke s Bijelom rijekom u Maticu, opada u njoj znatno broj bakterija svih fizioloških grupa i indikatora fekalnog zagađenja (*E. coli*), što je posljedica razrjeđivanja zagađenih voda Bijele rijeke s relativno čistim vodama Crne rijeke. Vode Matice imaju izravan utjecaj na organsku opterećenost Prošćanskog jezera i na ubrzanje procesa eutrofizacije, naročito u okolišu utoka, na što upućuju rezultati koje je dobio E m i l i (1958). Treba istaknuti da je poboljšanje bakteriološke slike u Matici utvrđeno u našim istraživanjima u najvećoj mjeri i rezultat rušenja stambenih i ugostiteljskih objekata u Plitvičkom Ljeskovcu kao mjera zaštite prirode.

U gornjim i donjim jezerima utvrđene su relativno niske vrijednosti broja bakterija svih ispitivanih grupa, a na dobru kvalitetu vode upućuju i hidrokemijski parametri. Prema broju saprofitnih psihrofilnih bakterija (K o h l 1975) i potrošku permanganata (N e h r k o r n 1967) pripada voda jezera I—II. klasi boniteta, tj. oligo-betamezosaprobno m stupnju. Nalazi fekalnih koliforma u vodi gornjih i donjih jezera nisu redoviti i neznatno su veći samo u studenom 1977.

S tim u vezi do danas je neriješeno pitanje, potječe li zagađenost jezerske vode koliformnim bakterijama samo od čovjeka i domaćih životinja, ili još od nekih vodenih kralješnjaka (ribe, žabe), na što je upozorio i E m i l i (1958). S obzirom na važnost Plitvičkih jezera i aktivnih mjera zaštite tog područja od posljedica ljudske djelatnosti, potrebno je spomenutom problemu posvetiti veću pažnju u budućim istraživanjima, jer može doći lako do pogrešne ocjene kvalitete vode (K a l i n a 1965).

Broj klostridija je malen i njihova prisutnost je ustanovljena u vodi Bijele rijeke na najzagađenijem dijelu, te u Matici prije ušća u Prošćansko jezero. U vodi istraživanih jezera nismo utvrdili prisutnost vrste *Clostridium perfringens*, što je također znak dobre kvalitete vode u tim jezerima.

Vrijednost bakterija istraživanih fizioloških grupa nisu velike, ali upozoravaju na odvijanje procesa razgradnje organskih spojeva dušika, fosfora i polisaharida u vodi pritoka i jezera (D a u b n e r 1972, R h e i n h e i m e r 1975, O c e v s k i 1969, U h l m a n n 1975).

Bakteriološke i kemijske analize vode iz plitkog litorala jezera Galovca, gdje trunu biljni ostaci, pokazuju relativno vrlo visoke vrijednosti pojedinih parametara. Broj bakterija svih grupa znatno je povećan, dok je koncentracija otopljenog kisika drastično smanjena, a koncentracija CO<sub>2</sub> povećana. To je znak intenzivne razgradnje mrtvog biljnog materijala u litoralu i akumulacije hranjivih minerala (D y k y j o v a i K v e t 1978), te procesa eutrofizacije, koja je na području Plitvičkih jezera sve više izražena. U budućim istraživanjima trebalo bi veću pažnju posvetiti biološkim procesima koji se zbivaju u plitkom litoralu pojedinih jezera, gdje se već masovno razvijaju zajednice helofita i dolazi do nago milavanja mrtve organske materije, kako bi se mogle poduzeti mjere sanacije.

## Z a k l j u č a k

U okviru dobivenih rezultata može se zaključivati da od glavnih opskrbenih voda Prošćanskog jezera Crna rijeka ne pokazuje znakova zagađenosti, dok je Bijela rijeka u svom donjem dijelu toka konstantno opterećena otpadnim vodama domaćinstava.

U gornjim i donjim jezerima utvrđene su relativno niske vrijednosti bakterija svih istraživanih grupa, što je posljedica razrijeđenosti voda zagađenijih pritoka u jezerima, a također i procesa autopurifikacije. Prema

bakteriološkim i kemijskim parametrima voda Plitvičkih jezera pripada I—II klasi boniteta, tj. oligo-betamezosaprobnom stupnju.

Bakteriološka analiza vode iz plitkog litorala jezera Galovca u kojoj trune lišće bukve i ostaci helofitske vegetacije pokazuje visoke vrijednosti saprofitnih i drugih grupa bakterija, što je znak bakterijske razgradnje nagomilane organske materije. To potvrđuju i rezultati hidrokemijske analize. U stalnoj zaštiti Plitvičkih jezera valja posvetiti kudikamo više pažnje ekologiji njihova litoralnog pojasa.

#### Literatura

- Daubner, I.*, 1972: Mikrobiologie des Wassers. Akad. Ver. Berlin.
- Dykyjova, D.* and *J. Kvet*, 1978: Pond Littoral Ecosystems. Ecological studies 28. Springer Ver., Berlin, Heidelberg, New York.
- Emili, H.*, 1958: Hidrobiološka istraživanja na Plitvičkim jezerima. Nacionalni park Plitvička jezera. Zagreb.
- Emili, H.*, 1965: Prilog poznavanju sanitarne vrijednosti izvora i vodotokova u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Plitvički bilten, 1, 1, 39—50.
- Finstein, M. S.*, 1972: Pollution Microbiology. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Kalina, G. P.*, 1965: Povedenie sanitarno-pokazatelnih mikroorganizmov vo vnešnei srede i kriterii eje sanitarnogo i epidemiološkieskogo sostojanija. Voprosi sanitarnoi bakteriologii i virusologiji. Izd. Medicina, Moskva.
- Kauffmann, F.*, 1966: The Bacteriology of Enterobacteriaceae. Munksgaard, Copenhagen.
- Kohl, W.*, 1975: Über die Bedeutung bakteriologischer Untersuchungen für die Beurteilung von Fliessgewässern, dargestellt am Beispiel der österreichischen Donau. Arch. Hydrobiol., 44, 4, 392—461.
- Melberga, A. G.* i *A. K. Vevere*, 1974: Mikroorganizmi kak faktor samoočišćenija ustjevogo rajona reki Daugava. Faktori samočišćenija ustjevogo rajona reki Daugava. Zinatne, Riga, 27—40.
- Nehrkorn, A.*, 1967: Statistische Beziehungen zwischen biologischen und chemischen Vorfluteruntersuchungen. Ges. — Ing., 88, 56—59.
- Oceviski, B.*, 1969: Mobilizatori i mineralizatori fosfata u kontaknoj vodi i mulju Ohridskog jezera. I Kongres mikrobiologa Jugoslavije, 664—668, Beograd.
- Pavličić, Z.* i *B. Stilinović*, 1965: Bakteriološka istraživanja nekih opskrbnih voda Plitvičkih jezera. Acta Bot. Croat., 24, 143—149.
- Rheinheimer, G.*, 1975: Mikrobiologie der Gewässer. Veb. Gustav Fischer Ver. Jena.
- Ritter, R.*, 1977: Ökologische und physiologische Bakteriengruppen: Ergebnisse hydrobakteriologischer Untersuchungen. II Inter. hydromikrobiologisches Symposium Smolenice. VEDA Ver. der Slowakischen Akad. der Wissenschaften, Bratislava, 113—136.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 12, 1967. American Public Health Association, New York.
- Uhlmann, D.*, 1975: Hydrobiologie. Veb. Gustav Fischer Ver. Jena.

## SUMMARY

## BACTERIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF BIJELA AND CRNA RIJEKA AND SOME OF THE LAKES OF PLITVICE

*Božidar Stilinović*

(Department of Botany, Faculty of Science, University of Zagreb)

The number of saprophytic bacteria and the presence of some physiological groups of bacteria were examined in the supplying waters of Plitvice Lakes, as well as in some of the Upper and Lower lakes. The investigations were carried out in the autumn 1977, and in the spring and autumn 1978.

One of the main supplying waters of Lake Prošćan, the Crna rijeka, does not display signs of pollution, while the Bijela rijeka — following bacteriological parameters (*Escherichia coli* and *Clostridium perfringens*) is constantly polluted by domestic waste waters. The presence and a more significant representation of the groups of proteolytic and phosphomineralizing bacteria than in other parts of the examined region, point not only at the enlarged concentrations of organic nitrogenous and phosphorous compounds in the river water, but also at a possibility of hastening the processes of eutrophization, as the result of their mineralization. Consequently, the water of the Bijela rijeka which after joining the Crna rijeka flows into Lake Prošćan as Matica, would be one of the important factors for speeding the eutrophization processes in the lake, especially in the zone of the river mouth. (Table 2, 3).

Relatively low values of all the groups of bacteria were found in the upper and lower lakes, which can be the result of dilution of more polluted supplying waters and the processes of selfpurification. The mean values of number of saprophytic bacteria on MPA in the lakes ranged from 225 (in spring) to 1.480 (in autumn) in 1 ml, which would correspond to I—II class of bonity or oligo-betamesosaprobic level after K o h l (1975).

The number of bacteria of the investigated groups increased considerably in autumn, probably as a result of larger quantities of dead organic matter in the water of the lakes (Table 4).

The bacteriological analysis of samples of shallow water from the littoral of Lake Galovac, where a thick layer of fallen leaves and reed stems decayed (autumn 1978), showed high numbers of bacteria of all groups, which is a sign of intensive decomposition and mineralization of dead plant material. That is probably the main cause of today's evident and strong overgrowth by helophytic vegetation of the shores of the lakes.

Doc. dr Božidar Stilinović  
Botanički zavod  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Rooseveltova trg 6  
YU-41001 Zagreb, p. p. 933 (Jugoslavija)