

BAKTERIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NEKIH
OPSKRBNIH VODA PLITVIČKIH JEZERA

Mit deutscher Zusammenfassung

ZLATKO PAVLETIĆ i BOŽIDAR STILINOVIĆ

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

U v o d

U sklopu biocenoloških istraživanja koja su predviđena programom naučnoistraživačkog rada Biološke stanice na Plitvičkim jezerima vršena su u toku godine 1965. i bakteriološka istraživanja nekih dijelova tog područja. Iako su na Plitvičkim jezerima, osobito u posljednje vrijeme, vršena razna floristička i faunistička istraživanja, o bakteriološkim istraživanjima imamo do danas vrlo malo podataka. Postoje samo podaci koje je dao Emili (1958), uglavnom iz nekih jezera. To se može tumačiti činjenicom da za takva istraživanja nisu postojali odgovarajući uvjeti, naročito zbog pomanjkanja mikrobiološkog laboratorija i općenito pomanjkanja uslova za takav rad na terenu. Potaknuti takvim stanjem izvršili smo ove zime i u ljetu bakteriološka istraživanja nekih opskrbnih voda Plitvičkih jezera. U ovom radu iznijet ćemo rezultate dobivene bakteriološkom analizom voda Crne i Bijele rijeke, koje čine glavni vodoopkrbni sistem jezera. Obje rječice podrobno su opisali u posljednje vrijeme Matonićkin i Pavletić (1963), pa se ovdje nećemo osvrnuti posebno na detaljnije opisivanje hidroloških i ekoloških faktora u tim vodama. Naglasit ćemo samo da se obje rječice po svome karakteru međusobno sasvim razlikuju već od izvora, pa je i s tim u vezi bilo zanimljivo izvršiti komparativnu bakteriološku analizu. Crna rijeka izvire između Bijelog vrha i Uvalice i predstavlja vrelo krškoga izvorskog tipa. Gotovo čitavim tijekom Crna rijeka prolazi kroz šumu i kraj nje nema nikakvih ljudskih naselja, tako da je utjecaj čovjeka sveden na najmanju mjeru. Tek neposredno prije spajanja s Bijelom rijekom u Plitvičkom Ljeskovcu nalaze se uz Crnu rijeku ljudske nastambe.

Bijela rijeka izvire kod sela Bijele Rijeke, a sam izvor je ravničarskog tipa, gdje voda izbija iz pjeskovito-šljunkovitog dna sa značajnim kolebanjima nivoa vode. Oko izvora nalaze se pašnjaci koji se iskorištavaju. Čitavim tijekom Bijele rijeke osjeća se utjecaj čovjeka, koji je podizanjem ustava za mlinove mijenjao i za svoje potrebe kanalizirao korito rijeke. Uz samu rijeku nalazimo i velik broj kuća, što sve znatno utječe na njeno onečišćenje raznim otpacima, fekalijama itd.

U Plitvičkom Ljeskovcu sastaju se Crna i Bijela rijeka i nakon 1,5 km kao Matica utječu u Prošćansko jezero.

U našim istraživanjima pokušali smo izvršiti bakteriološku analizu Crne i Bijele rijeke i na taj način utvrditi koliki je utjecaj tih pritoka na zagađivanje voda Plitvičkih jezera.

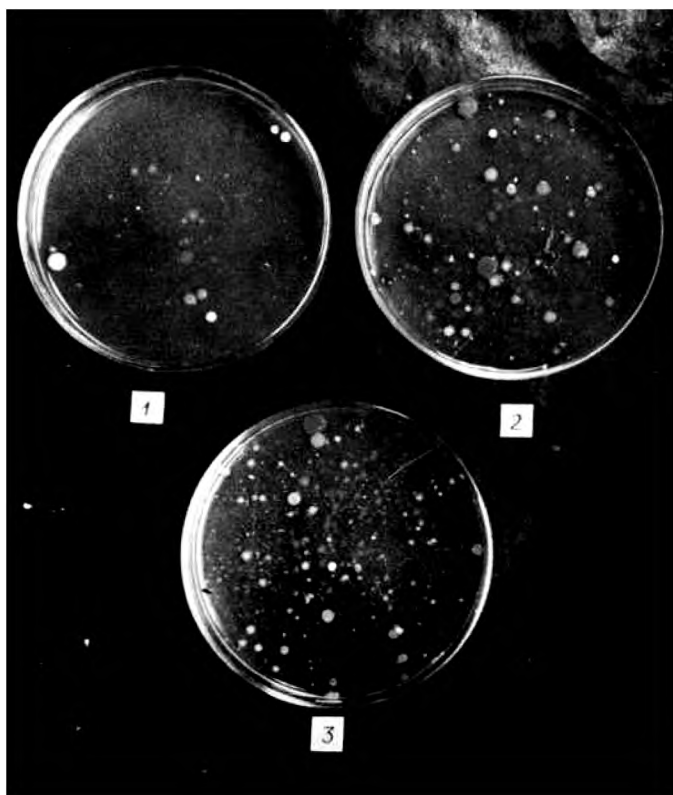
Metodika rada i postignuti rezultati

Uzorci vode uzimani su u sterilne boce sa staklenim čepom zapremine 200 ccm. Sama analiza obuhvatila je određivanje broja svih bakterija u 1 ml vode kod 37 °C, te dokazivanje koliformnih bakterija, što zapravo danas predstavlja standardno bakteriološko istraživanje voda. Izvršena je i identifikacija nađenih koliformnih bakterija, kako bi dobiveni rezultati bili što pravilnije protumačeni.

Najprije smo odredili postaje gdje su uzimani uzorci. Svaka od spomenutih rječica istraživana je na izvoru, na sredini i neposredno prije ušća, a uzeti su i uzorci vode iz Matice, odmah nakon spajanja obje pritoke u Plitvičkom Ljeskovcu. Iz table I vide se postaje u istraživanom području.

Tabla I
Potpis i oznaka postaja u istraživanom području

Naziv rijeke	Postaja
Crna rijeka	
Izvor	CR 1
Kaskada u sredini rijeke	CR 2
Donji tijek prije ulaska u Bijelu rijeku	CR 3
Bijela rijeka	
Izvor	BR 1
Sredina tijeka	BR 2
Donji tijek prije spajanja sa Crnom rijekom	BR 3
Matica	
Odmah nakon spajanja Crne i Bijele rijeke	M 1



Sl. 1. Petrijeve zdjelice u kojima je određivan broj svih bakterija u 1 ml vode — (1) ušće Crne rijeke, (2) ušće Bijele rijeke, (3) Matica.

Broj svih bakterija u 1 ml vode određivan je tako da je 1 ml uzorka prenesen u Petrijevu zdjelicu i pomiješan s rastopljenim hranjivim agarom. pa je takva suspenzija inkubirana 24 sata kod 37 °C. Nakon završene inkubacije brojene su izrasle kolonije bakterija, a rezultati su izražavani kao broj svih bakterija na 1 ml vode. Kada smo sumnjali na jaka zagađenja vode, nasadihvali smo 0,1 ml uzorka, a rezultat množili sa 10. U tabli II prikazan je broj svih bakterija u 1 ml vode u mjesecima januaru, junu i julu.

Tabla II
Broj svih bakterija u 1 ml vode

Postaja	Broj svih bakterija u 1 ml vode		
	januar	jun	jul
CR 1	2	3	2
CR 2	61	22	10
CR 3	97	64	42
BR 1	11	65	84
BR 2	172	294	420
BR 3	248	320	1600
M 1	257	365	1654

Na slici 1. prikazane su petrijevke u kojima se vršilo brojenje svih bakterija u 1 ml vode, i to s ušća Crne i Bijele rijeke, te početka Matice. Iz slike se može uočiti koliko je broj bakterija veći u Bijeloj rijeci nego u Crnoj rijeci i da to ima najveći utjecaj na zagađenje Matice, koja opskrbljuje vodom Prošćansko jezero.

Dokazivanje koliformnih bakterija vršilo se prema uobičajenim metodama na tekućem hranilištu laktoza-pepton bujon, a rezultati su izražavani kao NBK (najvjerojatniji broj koliforma). Kao što je poznato, koliformne bakterije su gram negativne bakterije, fermentiraju laktozu uz stvaranje plina kod 37 °C i u pravilu su apatogene, a neke su uzete kao sigurni indikatori fekalnog zagađenja jer su uvijek prisutne u velikom broju u fecesu ljudi i životinja. Nalaz koliformnih bakterija u vodi smatra se indikatorom vjerojatnog fekalnog zagađenja, dok se nalaz vrste *Escherichia coli* (također koliformne bakterije) smatra sigurnim indikatorom fekalnog zagađenja. I nalaz vrste roda *Proteus*, *Streptococcus faecalis* i *Clostridium perfringens* dokazuje da je ispitivana voda zaražena fekalijama i kao takva neupotrebljiva za piće. U tabli III izneseni su podaci dobiveni određivanjem NBK iz kojih je vidljiva velika onečišćenost vode Bijele rijeke. Rezultati su dobiveni kolimetrijskim redom epruveta i očitavani prema tablici za »Vode sumnjivih bunara i čistijih riječnih tijekova«.

Tabla III
Najvjerojatniji broj koliformnih bakterija
u 100 ml vode

Postaja	N B K		
	januar	jun	jul
CR 1	0	0	0
CR 2	880	500	760
CR 3	3 800	760	1 200
BR 1	0	200	500
BR 2	3 800	9.600	24 000
BR 3	9 600	24.000	24 000
M 1	9 600	24.000	24 000

Nakon određivanja NBK pristupili smo identifikaciji koliformnih i nekih drugih bakterija pomoću selektivnih podloga i biokemijskih serija. Od podloga upotrebljena je ALA (Andrade laktoza agar) i dekstroza-laktoza agar (dvostruki šećer), a biokemijska serija obuhvatila je fermentaciju laktoze, glukoze i saharoze, reakcije IMVC, te hidrolizu ureae, stvaranje H₂S i pokretljivost. Koliformne bakterije su određivane prema biokemijskim svojstvima po ključu *Kauffmana* (1954), jer je taj danas općenito prihvaćen među mikrobiolozima koji se bave proučavanjem bakterija iz porodice *Enterobacteriaceae*. U tabli IV prikazana je prisutnost nekih vrsta *Enterobacteriaceae* u istraživanim vodama Crne i Bijele rijeke.

Tabla IV
Prisutnost vrsta *E. coli*, *Kl. aerogenes* i *Proteus* u vodama
Crne i Bijele rijeke

Postaja	<i>E. coli</i>			<i>Kl. aerogenes</i>			<i>Proteus</i> vrste		
	januar	jun	jul	januar	jun	jul	januar	jun	jul
CR 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CR 2	—	—	—	+	+	+	—	+	+
CR 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BR 1	—	—	—	—	+	+	—	—	—
BR 2	+	+	+	+	+	+	—	+	+
BR 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Diskusija

Već na osnovu tih analiza dobiveni su rezultati koji jasno pokazuju da je utjecaj čovjeka u tom području od velikog značenja za onečišćenje voda opskrbnih pritoka Plitvičkih jezera. Crna rijeka, uz koju se ne nalaze ljudska naselja (osim neposredno prije ušća), ne pokazuje znakove fekalnog zagađenja i može služiti kao izvor pitke vode. Iako su i u njoj nađene u sredini tijeka koliformne bakterije, one ne predstavljaju indikatore fekalnog zagađenja. Naime, biokemijskom analizom je dokazano da koliformne bakterije koje su tu nađene ne pripadaju sigurnim indikatorima fekalnog zagađenja, a inače žive u zemlji i na raznom bilju. Takva je npr. *Klebsiella aerogenes* (*Aerobacter aerogenes*), vrlo slična vrsti *E. coli*, ali nije pouzdani indikator fekalnog zagađenja. Ona živi kao saprofit na mnogim supstratima i predstavlja kozmopolitsku vrstu, pa je stoga vrlo važno da se prilikom bakteriološke analize razlikuje spomenuta bakterija od *E. coli*, koja je sigurni indikator fekalnog zagađenja. Tek kod ušća Crne rijeke nađena je *E. coli* i vrste roda *Proteus* (*P. vulgaris* i *P. mirabilis*), što znači da je ta voda zagađena fekalijama, a to se može objasniti činjenicom da se kod ušća nalaze ljudske naseobine s odvodnim kanalima koji izljevaju otpadnu vodu u Crnu rijeku. Zanimljivo je također da je NBK u Crnoj rijeci bio veći zimi nego ljeti, no to se može tumačiti vrlo visokim vodostajem ove rijeke zimi, kad je povišeni nivo vode došao u kontakt s mnogim ostacima organske materije u raspadanju (smetišta oko kuća, pašnjaci i sl.), što je sve izravno utjecalo na povećanje NBK.

Bijela rijeka pokazuje stalno visoko zagađenje i gotovo u svakom istraženom uzorku njezine vode bili su prisutni sigurni indikatori fekalnog zagađenja. Izvor Bijeke rijeke je zimi bio čist, ali je ljeti pokazao zagađenje klicama *Kl. aerogenes*, što možemo pripisati višem vodostaju samog izvora ljeti.

Matica je rezultanta spajanja Crne i Bijeke rijeke, pa je razumljivo da predstavlja jako onečišćenu vodu, što je pokazala i bakteriološka analiza. Kako Matica utječe u Prošćansko jezero i predstavlja njegov glavni vodoopskrbni sistem, logično je da igra važnu ulogu u onečišćenju jezera.

Rezultati komparativnih florističkih i faunističkih istraživanja opisanih pritoka također su potvrdili ono što je i bakteriološka analiza pokazala, pa je zato u interesu Nacionalnog parka i njegova očuvanja potrebno da nadležni krugovi povedu računa o ovdje iznesenim rezultatima.

Pregled rezultata

Glavni su rezultati našeg rada ovi:

1. Izvršena je bakteriološka analiza Crne i Bijeke rijeke i početka Matice u zimskom i ljetnom periodu.

2. Utvrđeno je da je Bijela rijeka jako onečišćena organskim tvarima i stoga pokazuje mnogo veći broj bakterija u volumnoj jedinici

vode nego Crna rijeka, koja gotovo uopće ne daje znakove zagađenja. Tako su u Bijeloj rijeci nađeni u gotovo čitavom njenom tijeku i bakterije koje su sigurni indikatori fekalnog zagađenja. To se dovodi u vezu sa utjecajem ljudskih naselja, koja se nalaze duž gotovo čitavog tijeka Bijele rijeke.

3. Vršeno je i određivanje NBK, koje je pokazalo razliku u broju koliforma ljeti i zimi. Rezultati jasno pokazuju da je Bijela rijeka jako zagađena koliformnim bakterijama u gotovo čitavom tijeku, a da su koliformne bakterije u Crnoj rijeci, izraziti indikatori fekalnog zagađenja, nađeni uglavnom neposredno prije njenog ušća u Bijelu rijeku. Zanimljivo je da je NBK u Crnoj rijeci bio veći zimi nego ljeti, no ta se anomalija može dovesti u vezu sa znatnim povišenjem vodostaja spomenute rijeke zimi, kad voda dolazi u kontakt s organskim detritusom iz priobalnog područja.

4. Od Enterobacteriaceae utvrđene su u gornjem i srednjem tijeku Crne rijeke vrste *Klebsiella aerogenes* i *Proteus vulgaris*, a u donjem još i *Escherichia coli*. U Bijeloj rijeci nađena je u izvoru *Kl. aerogenes*, a *E. coli* i vrste roda *Proteus* duž čitavoga njenog tijeka.

5. U vodi Matice također su utvrđene sve gore spomenute Enterobacteriaceae, što ukazuje na visoki stupanj zagađenosti glavnog vodoopskrbnog sistema Plitvičkih jezera.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE BAKTERIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN EINIGER VERPFLEGUNGSWÄSSER DER PLITWIZER SEEN

Zlatko Pavletić u. Božidar Stilinović

In dieser Arbeit sind die Resultaten der bakteriologischen Untersuchungen der Flüsse: Crna und Bijela rijeka und Matica, die die Plitwizer Seen mit Wasser versorgen auseinandergelegt. Diese Untersuchungen fanden statt in Sommer- und Wintermonaten. Es wurde festgestellt dass Bijela rijeka in hohem Grade von organischen Stoffen verunreinigt ist und dass darum in diesem Flusse eine viel grossere Bakterienzahl in einem Liter Wasser gefunden wurde als im Flusse Crna rijeka, wo man fast keine Verunreinigung feststellen konnte. Das kann man in Verbindung bringen mit dem Einfluss menschlicher Einsiedlungen, die sich fast in ganzer Flusslänge von Bijela rijeka erstrecken. Mit Crna rijeka ist das nicht der Fall.

Es wurde auch eine Untersuchung der höchstwahrscheinlichen Coliformbakterienzahl ausgeführt. Die Resultaten zeigen deutlich, dass Bijela rijeka sehr von Coliformbakterien verunreinigt ist.

Von Enterobacteriaceae wurden in oberem und mittlerem Teile des Crna rijeka Bakterienarten gefunden: *Klebsiella aerogenes* und *Proteus vulgaris*, und in unterem Teil auch noch *Escherichia coli*.

In Bijela rijeka wurde an der Quelle *Kl. aerogenes* und *E. coli* und andere *Proteus* Arten in der ganzen Flusslänge gefunden.

Im Wasser des Flusses Matica der eine Fusion der beiden Flüsse Orna rijeka und Bijela rijeka ist, sind alle vorher angeführte Enterobacteriaceae gefunden worden, das alles auf den hohen Grad hinweist in dem der Fluss verunreinigt ist, der die Plitwizer Seen mit Wasser versorgt.

Literatura

1. *Kauffman F. M. D.* (1954): Enterobacteriaceae. Ejnar Munksgaard Publisher, Copenhagen.
2. *Matonićkin I.* i *Pavletić Z.* (1963): Prethodna ekološko-biocenološka istraživanja opskrbnih voda Plitvičkih jezera. Acta botanica Croatica vol. XXII: 141-174.
3. Nacionalni park Plitvička jezera, Zagreb 1958. (Monografija)
4. Priručnik mikrobioloških metoda za dijagnostiku najvažnijih zaraznih bolesti. Med. knjiga Beograd — Zagreb 1953.