

Naučni i stručni radovi

Važnost određivanja fizioloških grupa mikroorganizama u zagađenim površinskim vodama rijeke Save

I. Munjko, B. Stilinović

UVOD

Posljednjih desetak godina naglo se zagađuje čovjekova okolina industrijskim i urbanim otpadom, koji se najčešće ulijeva u rijeke, te se počinje hidromikrobiologiji posvećivati sve više pažnje. Pored standardnih metoda sanitarne mikrobiologije koje su još uvijek za većinu pojam mikrobioloških ispitivanja voda, počinju se predlagati nove metode i kriteriji za vrednovanje voda na osnovu drugih mikrobioloških parametara.

U velikom broju slučajeva podaci mikrobiološke kompleksne analize mogu poslužiti kao indeks fizičko-kemijskih promjena u vodi više nego podaci dobiveni kemijskim analizama, jer su mikrobi ekstremno osjetljivi »reagensi« na sve nastale promjene u životnoj sredini.

Svaka površinska voda ima svoju mikrofloru, koja je karakteristično horizontalno i vertikalno raspodijeljena, a bakterijski metabolizam je osnova kruženja materije u njoj. Među pojedinim fiziološkim grupama bakterija susrećemo amonifikatore, nitrifikatore I i II faze, denitrifikatore, azotofiksatore i urobakterije, koje učestvuju u ciklusu dušika. Zatim su sumporne, fosforne i željezne bakterije, koje sudjeluju kod razgradnje sumpornih, fosfornih i željeznih anorganskih jedinjenja. Prisutnost i aktivnost celulolitičkih bakterija ustanovljena je u najvećem broju u priobalnom dijelu rijeke početkom jeseni, kada počinje uginati vodena vegetacija i opadati lišće, dok sredinom rijeke broj ovih bakterija je najmanji. Mikroorganizmi su važan faktor autopurifikacije rijeka i drugih vodenih ekosistema, gdje pojedine grupe obavljaju intenzivne procese mineralizacije raznih komponenata organskih tvari u vodi.

Prilikom istraživanja zagađenih vodotoka utvrđeno je također smjenjivanje pojedinih fizioloških grupa bakterija. Prvo su nakon izvora zagađenja bili naj-

brojniji gram-negativni štapičasti heterotrofi, zatim se razvijaju alge, a opadanje u njihovoj populaciji prati povećanje broja aktinomiceta i sporogenih bakterija. Kroz sve vrijeme na brojnost fizioloških grupa bakterijskih populacija utječu bakteriofagi (razni fagotipovi), te predstavnici raznih grupa životinja (od protozoa do riba).

Obično se prvi razgrađuju proteini, a zatim šećeri, škrob, masti i konačno visokomolekularni spojevi kao hitin, celuloza, lignin, pektini itd.

Proteine u vodama razgrađuju mnogi članovi iz reda **Pseudomonadales** i **Eubacteriales**, te razne gljive. Šećer u vodama razgrađuje veliki broj pripadnika roda **Pseudomonas** i **Bacillus**, te aktinomiceti i gljive, a u anaerobnim sedimentima aktivne su vrste roda **Clostridium**. Masti (masne kiseline-glicerol-esteri) prisutne su gotovo u svim vodama i njihovim sedimentima. Razgrađuju ih proteolitičke bakterije i gljive koje stvaraju enzime lipaze. To su vrste roda **Pseudomonas**, **Vibrio**, **Sarcina**, **Serratia** i **Bacillus**. Hitin (poli-acetil-glukozamin) široko je rasprostranjen u vodi i njezinim sedimentima (oklopi rakova i kukaca), a njegovu razgradnju vrše uglavnom vrste roda **Pseudomonas**, **Vibrio** i aktinomiceti, koji posjeduju hitinaze.

Lignin je naročito zastupljen u kopnenim vodama. Sporije se razgrađuje od celuloze i uglavnom se akumulira u sedimentima manjih jezera. Nije jedinstvene strukture, a u vodi ga razgrađuju razne gljive (askomicete i Fungi imperfekti), te neke bakterije koje mogu koristiti lignin za hranu.

Pektin zbog male količine ne igra važnu ulogu u vodama, a razgrađuju ga brojne bakterije. Dok je lignin vrlo otporan na razgradnju pod anaerobnim uvjetima, pektin se dobro razgrađuje pod aerobnim uvjetima bakterije iz roda **Clostridium** (**Cl. pectinovorum**).

Amonijak koji se stvorio u procesima amonifikacije može biti u obliku amonijevih soli upotrebljen za izgradnju biljnih organizama u vodi, ili se dalje razgrađuje u mikrobiološkim procesima. Ove procese izazivaju autotrofne kemotsintetske bakterije, koje zovemo nitrifikatorima (nitrifikacijskim bakterijama).

Dr Ignac Munjko, znanstveni suradnik, Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb. — Dr Božidar Stilinović, docent, Botanički zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb.

Razgradnja amonijaka obavlja se u dvije faze. U prvoj fazi bakterije roda **Nitrosomonas** vrše oksidaciju amonijaka do nitrita, a u drugoj fazi vrste roda **Nitrobacter** oksidiraju nitrite do nitrata. U anaerobnim uvjetima amonijak se ne oksidira već akumulira u vodi, dok se nitrati reduciraju djelovanjem denitrifikatorskih bakterija do dušikovog oksida ili molekularnog dušika. Proces u kojima se nitrati reduciraju do nitrita i amonijaka ili njihovo ugrađivanje u biljne organizme zovemo redukcijom nitrata ili asimilacijom nitrata. Među fiziološkim grupama bakterija koje su važne u ciklusu dušika posebno mjesto zauzimaju azofiksatori koji mogu vezivati atmosferski dušik, te predstavljaju važan biološki potencijal za vezivanje atmosferskog dušika u vodi.

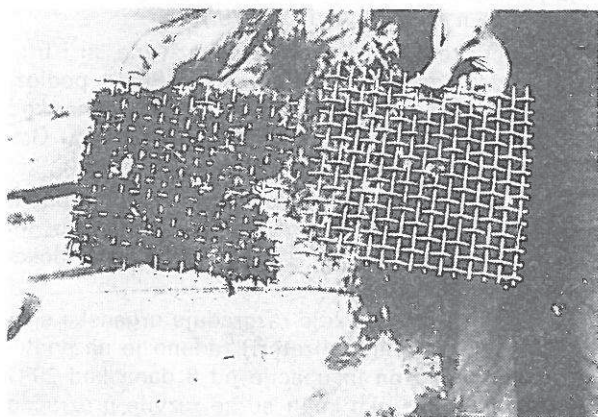
METODIKA RADA I PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Uzorci površinskih voda rijeke Save uzimani su povremeno na potezu Krško — Jasenovac uz uzorke voda nekih pritoka (Krka, Sutla, Zagrebački potoci), te otpadna voda kolektora Zagreb.

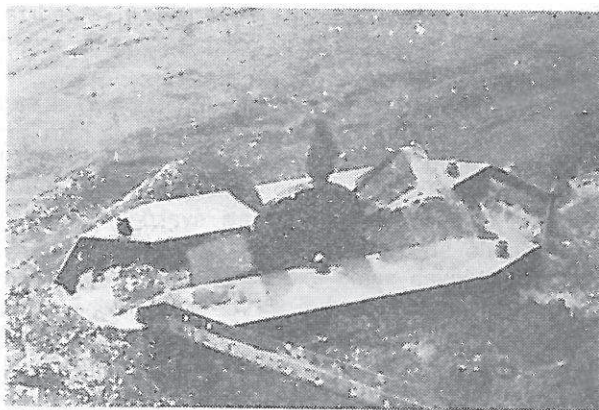
Također se je određivao obraštaj (sl. 1.) na mrežicama od nerđajućeg čelika (veličina oko 0,95 x 0,95 cm, a širina stranice 25 cm; sl. 2.), koje su rotirale na lopaticama mlina (sl. 3. — Kraljić, 1978.). Mrežice su pričvršćene na čelične traverze dužine 2 m i postavljene u Savu na dubinu 0,2 do 0,8 m, na lijevoj obali 200 m uzvodno od nuklearne elektrane NE



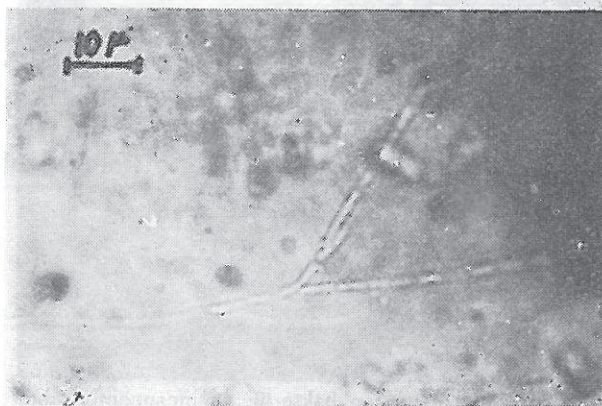
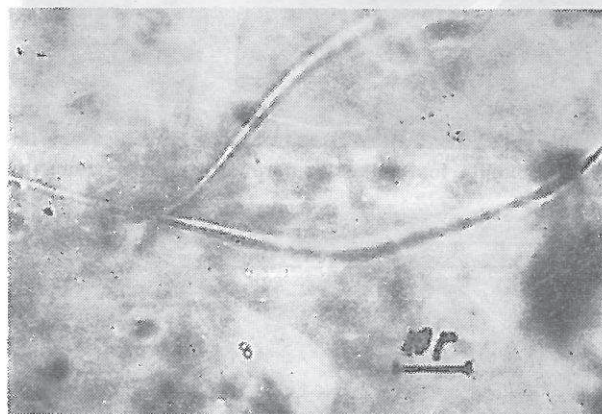
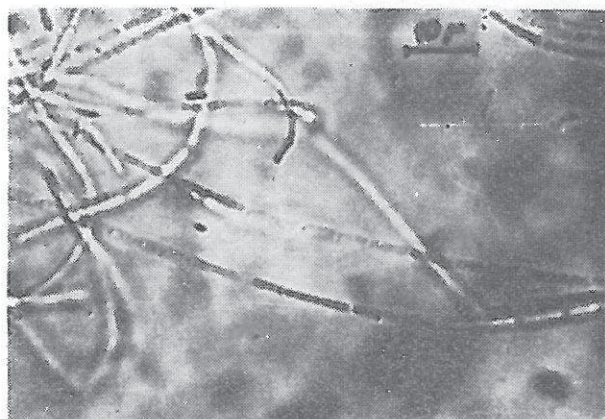
Sl. 1. Mikroskopski snimak obraštaja Save prije Zagreba



Sl. 2. Obraštena i čista čelična mrežica



Sl. 3. Na lopaticama mlina su mrežice za mjerenje obraštaja



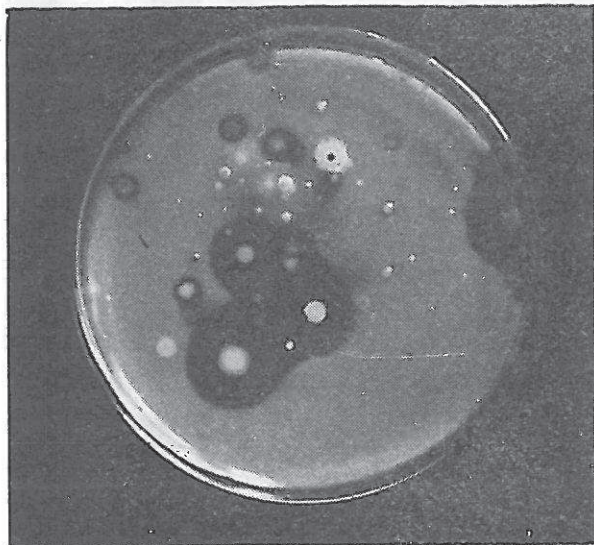
Sl. 4. *Sphaerotilus* iz voda rijeke Save

Krško, kod podesta zvanog »Požarna pot«. Zadržavanje lopatice u vodi bilo je od 1 do 2 sek. i isto toliko na zraku (sl. 3.).

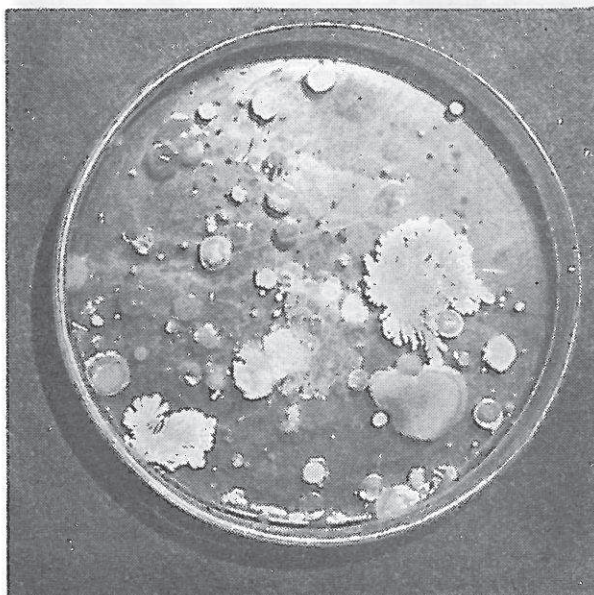
Najčešći sastojak obraštajnih zajednica u rijekama je *Sphaerotilus*, sl. 4. koji izravno utječe na ribe, jer uništava njihova legla. Amberg i Elder (1957.) su ustanovili, da ako otpadne vode ispuštaju u periodu od dva, četiri ili šest sati svakog dana tada ne dolazi do stvaranja obraštajnih zajednica. Obraštaj se pojavljivao samo ako se otpadna voda ispuštala u periodu dužem od 6 sati svakog dana.

Broj heterotrofnih bakterija određivan je na mesno-peptonskom agaru, pod 20°C kroz 3 dana.

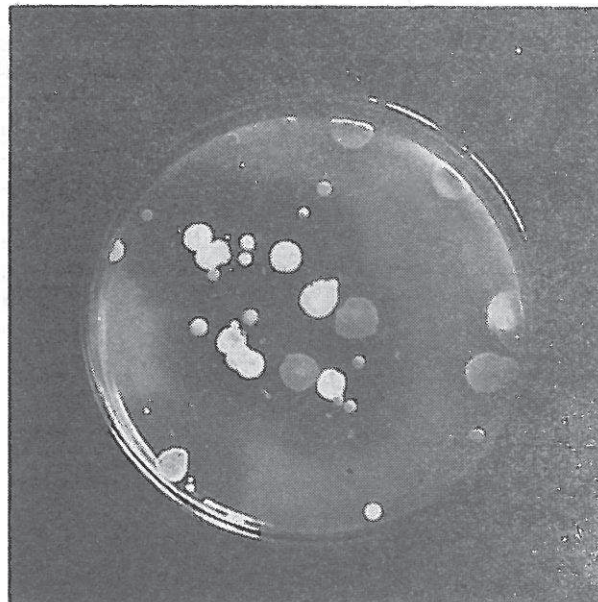
Amonifikatori i producenti H₂S iz proteina su dokazivani i brojeni metodom graničnih razrjeđenja u podlozi mesno-peptonski bujon. Nakon inkubacije od 6 dana kod 20°C, pomoću Nessler-ovog reagensa je



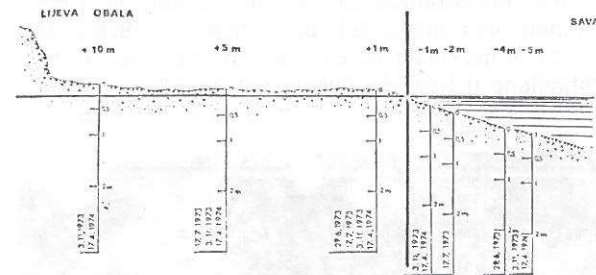
Sl. 5. Kolonije fosfomineralizatora sa prozirnim zonama



Sl. 6. Aerobne saprobne bakterije na mesopeptonskom agaru



Sl. 7. Kolonije proteolitičkih i drugih heterotrofnih bakterija



Sl. 8. MJESTA UZIMANJA UZORAKA
Sava, Jankomirski most, Zagreb

dokazivana prisutnost amonijaka u podlozi, a produkcija sumporovodika detektirana je crnjenjem trake filter papira, koja je bila obješena iznad površine meso-peptonskog bujona i impregnirana olovnom acetatom.

Denitrifikatori i reducenti nitrata brojeni su po Giltayu. Stvaranje nitrata dokazivano je dodavanjem u podlogu nekoliko kapi Griess-Ilosvay reagensa. Inkubacija je trajala 6—8 dana kod 28°C. (Stilinović, 1975., Stilinović i sur., 1979.).

Nitrifikacijske bakterije I faze dokazivane su i brojene metodom graničnih razrjeđenja (MPN) u podlozi po Vinogradskom. Inkubacija je trajala 3 tjedna kod 25°C, a produkcija nitrata je dokazivana pomoću Griess-Ilosvay reagensa.

Nitrifikacijske bakterije II faze brojene su metodom graničnih razrjeđenja u podlozi po Vinogradskom. Inkubacija je trajala 25 dana, a produkcija nitrata dokazivana je pomoću brucina.

Dokazivanje bakterija koje razgrađuju organske spojeve fosfora (fosfomineralizatori) radeno je na podlozi s lecitinom. Nakon inkubacije od 8 dana kod 20°C brojene su kolonije oko kojih su se razvile prozirne zone (sl. 5.).

Celuloitičke bakterije brojene su na podlozi po Hutchinson-u metodom graničnog razređenja (MPN). U Svaku epruvetu s podlogom stavljen je komadić trake filter papira, a inkubacija je trajala 10 dana kod 25°C.

Aerobne sporogene bakterije brojene su na podlozi mesno-peptonski agar, koja je bila inkubirana, uzorkom vode držane 20 min., na temperaturi od 80°C. Nakon inkubacije od 4 dana kod 20°C brojene su kolonije tipične za sporogene bakterije (sl. 6). *Escherichia coli* je brojena na pločama Endo, agara, nakon inkubacije od 24—48 sata kod 37°C, brojene su tipične kolonije crvene boje sa metalnim sjajem.

Najvjerojatniji broj koliforma je određivan u kolimetrijskom redu epruveta na podlozi laktoza bujon tvornice »Torlak«. Nakon inkubacije od 24 sata kod 37°C Za NBK/100 uzimane su u obzir epruvete u kojima se stvorio plin i kiselina.

Broj proteolitičkih i drugih heterotrofnih bakterija određivan je na podlozi Frazier sa želatinom. Nakon tri dana inkubacije kod 22°C preljevalo se podlogu sa otopinom $HgCl_2$ ($HgCl_2$ — 15 g, HCl — 20 ml i 1000 ml dest. voda), koja je oko kolonija proteolitičkih bakterija te nastaju prozirne zone (sl. 7).

Analiza obraštaja i filtrata savske vode.

Filtrat 100 l savske vode dobiven je filtriranjem spomenutog volumena kroz fitoplanktonsku mrežicu, te sabiran u staklene bočice i fiksiran formalin za određivanje florističkog stava i saprofitske analize, dok se je nefiksirani filtrat vode u laboratoriju vagao vlažan i sušan na 105°C. Rezultati dobivenog sadržaja filtrata i obraštaja odnose se na lijevu obalu Save, 200 m iznad izljevaja otpadnih voda tvornice celuloze u Krškom i 600 m ispod utoka otpadnih voda tvornice celuloze (K I i K II). Mjerenja obraštaja odnose se na materijal skinut sa čeličnih mrežica kod različitih vremena ekspozicije i visokog i niskog vodostaja Save (tablica 1).

Mikroskopsku sliku (sl. 1) obraštaja uglavnom čine celulozna vlakna, koja se u gustom spletu obavijaju oko žice mrežice i relativno brzo ispunjavaju njezina oka (sl. 2). Vlakanca su međusobno isprepletana, a još ih čvršće povezuju niti hlamidobakterija tipa *Sphaerotilus* (*S. natans* i *S. dichotomus*, sl. 4), zatim želatinozne bakterije tipa *Zoogloea*, od gljiva *Leptomitius lacteus*, od alga *Cladophora cripta* i *Vaucheria* sp., od životinja *Nematoda* i *Rotatoria*.

Radi cjelokupne slike stanja voda rijeke Save, dat ćemo neke rezultate sastava faune hiporejika (Kováč, 1978.), vidi sliku 8 i tablice 9—12.

Alge za saprofitsku analizu i floristički sastav određivane su po ključevima Fotta, Geitlera i Paschera.

Područje istraživanja

Vode rijeke Save ispitivane su povremeno na potezu od Krškog do Jasenovca, uz ispitivanje nekih njezinih pritoka (Pivka, Krka, Sutla, Zagrebački potoci, Kupa, te otpadne vode kolektora »Plive« u Savskom Marofu i kolektora Zagreb kod sela Hrušćice.

Podaci za vodostaje i protoke koje ćemo navesti odnose se na vodokaznu stanicu Zagreb—Sava, koja može biti reprezentativna za dio Save do Rugvice, jer je rijeka u koritu i dotok na cijelom potezu je u odnosu na Savu beznačajan (Šikić, 1979.).

Da bi mogli dobivene vrijednosti metnuti u relaciju sa osnovnim hidrološkim karakteristikama Save u ovom dijelu toka, uvedeni su od strane Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske neki osnovni hidrološki parametri. Za vremenski niz od 1926. do 1974. godine tj. za 49 godišnji niz podataka srednja godišnja protoka niza u profilu Zagreb iznosi 327 m^3/sec .

Sa krivulje trajnosti i učestalosti protoka dobivene su slijedeće karakteristične vrijednosti:

Najveća voda Q max	3128 m^3/sec .
Velika voda Q 10% trajnosti	654 m^3/sec .
Srednja voda Q 50% trajnosti	241 m^3/sec .
Mala voda Q 90% trajnosti	110 m^3/sec .
Najmanja voda Q min	47,5 m^3/sec .

Zadnjih deset godina najčešći su pomori riba u rijeci Savi u toplim proljetnim i ljetnim mjesecima, zato ćemo navesti srednje mjesečne protoke (u periodu od 1926. do 1974. god.) za svibanj koji iznosi 366 m^3/sec . i srpanj 239 m^3/sec .

Takoder ćemo dati neke osnovne hidrološke podatke za rijeku Krku kod Podbočja.

Površina sliva 2056 km^2 , opseg sliva 254 km, faktor temperatura 9,45°C, proračunata protoka Q — 60,3 907, godišnja oborina H mm — 1450, srednja godišnja m^3/sec , maksimalne protoke Q — 10 (u 10 god., jedanput) — 451 m^3/sec , Q—100 god. (jedanput) — 536 m^3/sec , srednja apsolutna visina sliva 442 m, dio površine sa kraškim fenomenom 800 km^2 , dok je visina točke promatranja 148 m.

Za ostale pritoke Save hidrološki podaci mogu se naći u radovima Kovač—Cenčić, 1974., i Munjko, 1976.

REZULTATI

Osim ispitivanja nekih fizioloških grupa bakterija i alga u površinskim i otpadnim vodama, izvršena su ispitivanja obraštaja pomoću pokusnih mrežica (slika 2 i 3) na lokaciji NE Krško sa dvije postaje KI — iznad ulaza otpadnih voda tvornice celuloze i KII — ispod ulaza otpadnih voda tvornice celuloze u vode rijeke Save (tablica 1).

Iz dobivenih rezultata u tablici 1 dobro se vidi kako i koliko opterećuju vode rijeke Save otpadne vode iz tvornice celuloze u Krškom. Naročito su evidentna zagađenja kod nižih vodostaja rijeke Save, sa obilnim obraštajem, količinom filtrata, povišenjem temperature vode i smanjenjem otopljenog kisika.

Takoder se u tablici 2 i grafovima 1, 2 i 3, na postaji — K II vide znatno povišene vrijednosti pojedinih fizioloških grupa bakterija (celulolitičke od 100 do 200 puta (u odnosu na postaju K I).

Težina skinutog obraštaja s pojedinih mrežica za različita vremena ekspozicije od 20. 3. — 6. 8. 1977., uz popratne parametre.

Tablica 1

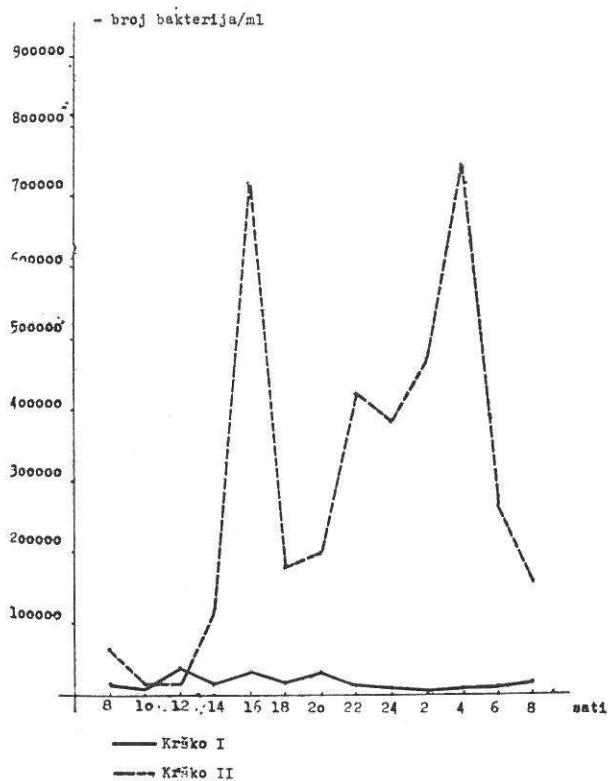
Vodostaj	Vrijeme eksponiranja mrežica u vodi g/cm ³				
	12 sati	24 sata	48 sati	5 dana	8 dana
Nizak	52—58	60—75	77—82	80—70	— —
Visoki	10—14	14—21	30—37	35—30	91—90

Težina flitera/100 l vode		K I	K II
vlažan g/100 l		0,1 — 2,3	1,7 — 9,4
osušen g/100 l		0,05— 0,66	0,45— 3,35
Temperatura vode			
(11. 7 — 8. 8. 1977.) °C			
		17,5 — 19,0	18,3 — 19,3
otopljeni kisik mg/l		7,8 — 8,4	1,2 — 6,2

Primljeno organsko opterećenje na lokaciji Krško u Savi postepeno opada uslijed autopurifikacionih procesa i djelomičnog utjecaja voda pritoka Krke, Sutle i Krapine (tablica 3), da bi ponovo naglo poraslo nakon primanja otpadnih voda grada Zagreba (tablica 3 i 4), što stalno dokazujemo na lokalitetu Oborovo.

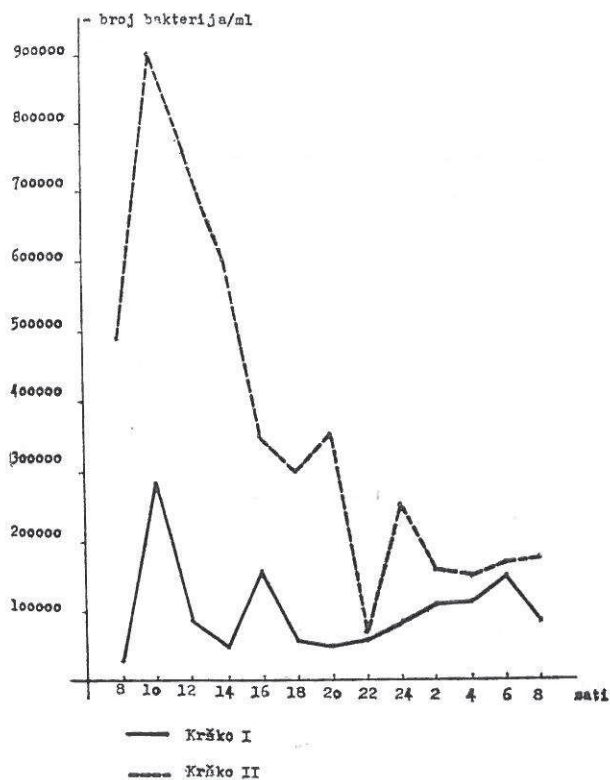
GRAFIKON 4

Broj heterotrofnih bakterija u vodi Save kroz 24 sata na postajama Krško I i Krško II u proljeće 1977.



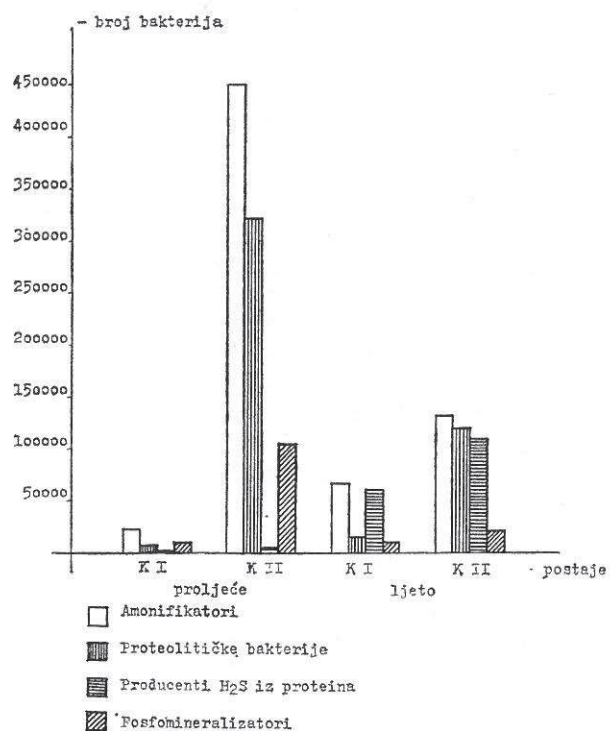
GRAFIKON 2

Broj heterotrofnih bakterija u vodi Save kroz 24 sata na postajama Krško I i Krško II u ljeto 1977.



GRAFIKON 3

Bakteriološka analiza srednjih uzoraka vode Save na postajama Krško I i Krško II u proljeće i ljeto 1977.



Kompleksna bakteriološka analiza srednjih uzroka vo-de Save na postajama Krško I i Krško II u proljeće i ljeto 1977.

Tablica 2.

Ekološko ili fiziološka grupa bakterija	proljeće		ljeto	
	K I	K II	K I	K II
Heterotrofne bakterije/ml	22000	400000	100000	570000
Amonifikatori/ml	20000	450000	66000	130000
Proteolitičke bakterije/ml	5100	320000	11000	120000
Producenti H ₂ S iz proteina/ml	10	1900	60000	110000
Nitrifikatori I faze	25	2	30	6
Nitrifikatori II faze	2	2	3	3
Reducenti nitrata	25000	250000	10000	260000
Denitrifikatori/ml	13000	25000	5000	26000
Fosfomineralizator/ml	8500	105000	7000	20000
Celulolitičke bakterije/ml	6	600	6	1400
Aerobne sporogene bakterije/ml	42	30	50	66
Escherichia coli/ml	520	1100	280	660
Najvjerojatniji broj koliforma u 1000 ml	750000	2700000	380	12000

Tablica 3.

ZASTUPLJENOST PROTEOLITA I FOSFOMINERALIZATORA U KRŠKI, SAVI OD 15.-16. IX 1976. TE NJIHOV ODNOS PREMA BROJU HETEROTROFNIH BAKTERIJA

FIZIOLOŠKA GRUPE BAKTERIJA	P O S T A J A				
	Krško Brežice	Sava Brežice	Sava Bednja	Sava Slavonska	Sava Oborovo
Broj heterotrofa u 1 ml/22°C	5,160	34,000	22,300	14,500	164,200
Broj E. coli/1 ml	32	160	150	110	710
Proteolitičke bakterije/1 ml	2,455	25,400	12,600	10,400	112,600
Broj fosfomineralizatora/1 ml	42	3,170	2,300	6,780	20,400
Potrošak KMnO ₄ u mg/l	14,1	42,3	46,2	60,4	65,1
Odnos heterotrofa i proteolita u %	47,57	68,82	56,50	54,15	48,57
Odnos heterotrofa i fosfomineralizatora u %	7,5	9,17	10,49	34,76	17,47

U tablici 4 dajemo rezultate zastupljenosti nekih bakterijskih grupa u rijeci Kupi kod Siska (gdje postoje značajni industrijski objekti) a da su vrijednosti bakteriološkog opterećenja vode znatno niže u odnosu na Savu kod Zagreba.

U tablici 5 i 6 vidimo stanje bakteriološkog opterećenja pojedinih potoka na gradskom području Zagreba.

Dok se potoci Bliznec i Medveščak ulijevaju u gradsku kanalizaciju, dotle se potok Črnomerec (nakon primanja voda potoka Vrapčak i Kustošak) izravno ulijeva u rijeku Savu kod kupališta Mladost u blizini željezničkog mosta na Savi, te ima značajan utjecaj u vidu bakteriološkog opterećenja (kod niskih vodostaja i malih protoka) lijevog laminarnog toka rijeke Save.

U tablici 7 prikazujemo kretanje i odnos pojedinih fizioloških grupa bakterija u travnju 1977. godine za rijeku Pivku kroz 24 sata, u toku su takova ispitivanja za rijeku Savu kod Oborova od strane Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu.

U tablici 8 ponovo se vraćamo na otpadne vode, koje izravno zagađuju tok rijeke Save; to su na području grada Zagreba (lijeva obala) efluent pogona Plive u Drenju, kod Savskog Marofa i glavni odvodni kanal Zagreb kod sela Hrušćica.

Zastupljenost Proteolita i Fosfomineralizatora u Savi i Kupi od 12.—16. 10. 1976. te njihov odnos prema broju Heterotrofnih bakterija

Tablica 4

FIZIOLOŠKA GRUPE BAKTERIJA	P O S T A J A					
	Sava Oborovo	Sava Tišina	Galdovo Sava	Sisak Kupa	Gušće Sava	Jasenovac Sava
Broj heterotrofa u 1 ml/22°C	172.000	22.700	21.200	2.100	12.800	11.200
Broj E. coli/1 ml	4.200	120	150	94	56	63
Proteolitičke bakterije/1 ml	140.200	16.300	11.700	1.200	7.600	6.200
Broj fosfomineralizatora/1 ml	32.500	8.340	9.200	74	2.140	1.890
Potrošak KMnO ₄ u mg/l	80,1	45,2	34,5	12,1	24,0	20,1
Odnos heterotrofa i proteolita u %	81,51	71,80	55,18	57,14	59,37	55,35
Odnos heterotrofa i fosfomineralizatora u %	18,89	36,74	43,39	3,52	16,71	16,87

**Zastupljenost Proteolita i Fosfomineralizatora u potocima Bliznec, Medveščak, Čnomerec i rijeci Savi
23. 1. 1977. te njihov odnos prema broju Heterotrofnih bakterija**

Tablica 5.

FIZIOLOŠKA GRUPA BAKTERIJA	P O S T A J A			
	Bliznec	Medveščak	Čnomerec	Sava—Zagreb (ž. most)
Broj heterotrofa u 1 ml./22°C (srednja vrijednost)	15.750	650.000	255.000	180.000
Broj E. coli/1 ml.	0	8.850	1.570	910
Proteolitičke bakterije/1 ml.	4.000	160.000	105.000	18.000
Broj fosfomineralizatora/1 ml.	125	75.000	13.000	11.500
Potrošak KMnO ₄ u mg/l	12,64	25,91	12,64	24.016
Odnos heterotrofa i proteolita %	25,39	24,61	41,17	10,0
Odnos heterotrofa i fosfomineralizatora u %	0,79	11,53	5,09	6,38

**Zastupljenost Proteolita i Fosfomineralizatora u potocima Bliznec, Medveščak, Čnomerec i rijeci Savi
31. 1. 1977. te njihov odnos prema broju Heterotrofnih Bakterija**

Tablica 6.

FIZIOLOŠKA GRUPA BAKTERIJA	Bliznec	P O S T A J A		
		Medveščak	Čnomerec	Sava—Zagreb (ž. most)
Broj heterotrofa u 1 ml./22°C (srednja vrijednost)	1.000	745.000	332.500	227.500
Broj E. coli 1 ml.	0	8.200	2.400	860
Proteolitičke bakt./1 ml.	120	200.000	50.000	42.000
Broj fosfomineralizatora/1 ml.	0	146.000	13.000	25.500
Potrošak KMnO ₄ u mg/l	6,004	42,64	39,48	24,220
Odnos heterotrofa i proteolita u %	12	26,84	15,03	18,46
Odnos heterotrofa i fosfomineralizatora u %	0	19,59	3,90	11,20

**Zastupljenost Proteolita i Fosfomineralizatora u rijeci Pivki u travnju 1977. g. te njihov odnos prema broju
Heterotrofnih bakterija**

Tablica 7.

Broj sati	Broj/ml E. coli	Broj/ml heterotrofa	Broj/ml proteolita	Broj/ml fosfomine- realizatora	Potrošak KMnO ₄ u mg/l	Odnos heterotrofa i proteoli- ta u %	Odnos heterotrofa i fosfomine- lizatora u %
16	80	4.125	1.650	800	8,21	40,00	19,39
18	110	3.300	1.675	550	7,44	50,75	16,66
20	175	8.600	1.870	1.500	9,48	21,74	17,44
22	85	6.750	1.100	450	9,43	16,29	6,66
24	85	6.875	1.500	550	9,45	21,81	8,00
2	0	3.350	650	250	7,45	19,40	7,46
4	90	2.925	1.050	250	7,43	35,80	8,54
6	0	6.175	1.700	850	8,90	27,53	13,76
8	90	3.825	1.475	450	7,46	38,56	11,76
10	100	6.575	2.000	1.000	9,40	30,41	15,20
12	20	4.850	1.200	1.000	8,23	24,74	20,61
14	25	4.000	1.000	400	8,20	25,00	10,00

Zastupljenost proteolita i fosfomineralizatora u Krki, Savi i otpadnim vodama Zagreba od 12. — 16. 10. 1976. te njihov odnos prema broju heterotrofnih bakterija

Tablica 8.

FIZIOLOŠKA GRUPA BAKTERIJA	P O S T A J A					
	Brežice Krka	Brežice Sava	Sava Medsave	Efluent »Pliva«	Sava Ščitarjevo	GOK*
Broj heterotrofa u 1 ml/22°C	1.100	40.000	30.200	480.700	28.500	5.680.000
Broj E. coli/1 ml	5	320	340	4.800	610	84.000
Proteolitičke bakterije/1 ml	120	22.000	16.200	233.600	23.400	2.630.000
Broj fosfomineralizatora/1 ml	9	4.200	3.100	12.400	6.300	862.000
Potrošak KMnO ₄ u mg/l	10,2	56,4	44,1	420,2	70,2	1.200
Odnos heterotrofa i proteolita u %	10,90	55	53,64	48,59	82,10	46,30
Odnos heterotrofa i fosfomineralizatora u %	0,81	10,5	10,26	2,57	22,10	15,17

* GOK = Glavni odvodni kanal Zagreb

Tab. 9

ŽIVOTINJSKE SKUPINE NAĐENE U HIPOREJIKU, SAVE 29.6.1973

MJESTO	-4m	+1m
DUBINA	0,5	0,5 1 2
KOLIČINA VODE u litrama	20	20 20 20
Nematoda	3	1
Oligochaeta	38	12 7
Ostracoda	1	1
Copepoda		3
Amphipoda		1
Chironomidae	1	1
Insecta (ostale sk.)		3 1
Porifera		4

Tab. 10

ŽIVOTINJSKE SKUPINE NAĐENE U HIPOREJIKU SAVE 17.7.1973

MJESTO	-2m	+1m	+5m
DUBINA	0,5	0,5 1 2	0,5 1 2
KOLIČINA VODE u litrama	40	40 40 40	40 40 40
Nematoda	3	1 1	1 2
Oligochaeta	215	61 5 1	18 2 1
Ostracoda	5	1 3 3	1 3
Copepoda		1	
Amphipoda			
Chironomidae			
Insecta (ostale sk.)	1		
Gastropoda		1	4

Tab. 11

ŽIVOTINJSKE SKUPINE NAĐENE U HIPOREJIKU SAVE 3.11.1973

MJESTO	-5m	-1m	+1m	+5m	+10m
DUBINA	0,5 1	0,5 1 2	0,5 1 2	0,5 1 2	1 2
KOLIČINA VODE u litrama	40 40	40 40 20	40 20 20	40 20 10	40 5
Nematoda	1			1	
Oligochaeta	3 1	3 1	6 5		12
Ostracoda	2	1	3		1 2
Amphipoda	1			1	
Isopoda					
Copepoda	2	1	1 1	5	1
Chironomidae	1	8	3	1 3	1
Insecta (ostale sk.)					

Tab. 12

ŽIVOTINJSKE SKUPINE NAĐENE U HIPOREJIKU SAVE 17.4.1974

MJESTO	-5m	-1m	+1m	+5m	+10m
DUBINA	0,5 1	0,5 1 2	0,5 1 2	0,5 1 2	1 2
KOLIČINA VODE u litrama	35 30	30 35 8	40 40 20	20 20 10	11
Nematoda	2 1	5 1	1		
Oligochaeta	38 11	57 12 4	38 24 3	35 3 3	2
Ostracoda	3 1	4 1	1 1	3	
Isopoda	1	1		1	
Amphipoda		3 2			
Chironomidae	3		2 2 1 2		
Insecta (ostale sk.)		3 1	1		1

Osim pojedinih fizioloških grupa bakterija (navedene u tablicama 2—8 (izolirali smo nekoliko predstavnika aerobnih sporogenih bakterija (*B. megaterium* de Bary, *subtilis* Cohn, *B. macerans* Schardinger, *B. circulans* Jordan, *B. brevis* Migula i *B. licheniformis* Weigmann) iz površinskih voda rijeke Save kod Zagreba.

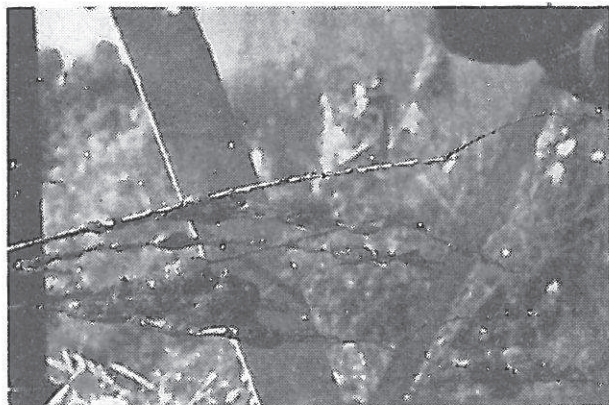
Iz dobivenih rezultata određivanja florističkog sastava u uzorcima vode rijeke Save, Krke i Sutle mogli smo dati preliminarnu saprobiološku procjenu za

pojedine lokacije (po Knöppu, Pantele—Buck i Rot-scheinu): Sava—Brežice (22. 11. 1977.) relativni bonitet — 65%, relativni saprobitet — 35%, indeks saprobnosti — 2,3 — alfa-mezosaprobna voda. Sava—Čateške toplice (22. 11. 1977.) relativni bonitet — 77%, relativni saprobitet 23%, indeks saprobiteta — 2,1 — beta-mezosaprobna voda.

Sava—Jesenice na Dolenskom (22. 11. 1977.) relativni bonitet — 63%, relativni saprobitet — 37%, indeks saprobnosti 1,8 — alfa-mezosaprobna voda. Krka—Brežice (22. 11. 1977.) relativni bonitet — 68%, relativni saprobitet — 32%, indeks saprobnosti — 2,2 — beta-mezosaprobna voda. Sutla—Harmica (22. 11. 1977.) relativni bonitet — 85%, relativni saprobitet — 15%, indeks saprobnosti 1,9 — beta-mezosaprobna voda.

ZAKLJUČAK

Ustanovljeno je relativno brzo obraštavanje pokusnih mrežica gustim obraštajem, naročito ljeti kod niskih vodostaja i povišene temperature savske vode. Na drvenim predmetima, kao što su grane uronjene u vodu razvija se bogati obraštaj u kojem dominira gljiva *Leptomit* *lacteus* (slika 9), te nakupine bakterija tipa *Zooglea*.



Sl. 9. Obraščaj granja uronjenog uz priobalni tok Save

Izvršena su ispitivanja zastupljenosti proteolitičkih bakterija i fosfomineralizatora u nekim površinskim vodama rijeke Save i njezinih pritoka, te otpadnih voda grada Zagreba, kao i njihov odnos prema broju cijele grupe heterotrofnih bakterija, koja se razvija na MPA podlozi.

Utvrđeno je da broj proteolita i fosfomineralizatora oscilira u ispitanim tekućicama i u pravilu se njihov broj povećava u jače zagađenim područjima.

Omjer između proteolitičkih i heterotrofnih bakterija u pravilu se povećava u jače zagađenim vodama, a smanjuje se u čistijim vodama.

Fosfomineralizatori pokazuju slične odnose prema broju ostalih heterotrofnih bakterija tj. najveći odnosi se bilježe na jače opterećenim djelovima vodotoka. U pravilu su fosfomineralizatori nekoliko puta manje zastupljeni od proteolitičkih bakterija u ispitanim vodama. Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključivati o izvjesnoj indikatorskoj vrijednosti omjera između proteolitičkih bakterija i broja ostalih heterotrofnih bakterija na MPA, te fosfomineralizatora i heterotrofa.

Bit aktualnosti svih rezultata u ovom radu je u značaju, da se može prema njima klasificirati kvaliteta vode pojedinih dionica vodotoka rijeke Save i njezinih pritoka (Stilinović, 1979.), te buduća efikasnost sprečavanja zagađenja i zaštite vodotoka i podzemnih voda (vidi Prijedlog Društvenog dogovora o zajedničkim akcijama općina i gradova na sprečavanju zagađenja voda u slivu rijeke Save).

LITERATURA

1. Kraljić, J. (1978): Praćenje obraštaja čeličnih mrežica u vodi rijeke Save na lokaciji NE Krško. Msc Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu (Biološki odjel).
2. Kovačić, I. (1978): Komparativna biološka istraživanja zagađenosti rijeke Save i susjednih intersticijskih voda. Biološki odjel Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
3. Stilinović, B. (1979): Zastupljenost nekih fizioloških grupa bakterija u površinskim vodama različite kvalitete. Drugi Kongres ekologe Jugoslavije. 335-343. Zadar, 1979.
4. — Prijedlog Društvenog dogovora o zajedničkim akcijama općina i gradova na sprečavanju zagađenja voda u slivu rijeke Save (Skupština grada Zagreba, Stručne službe Izvršnog vijeća br. 01-633/9-1979).
5. Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za vodno područje sliva rijeke Save. Br. 01-457/2-1979.
6. Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za slivno područje grada Zagreba. Br. 04-82/2-1979.
7. Gradski komitet za društveno planiranje Zagreba Br. 11-63/1-79.
8. Gradski komitet za zdravlje i socijalnu zaštitu grada Zagreba. Br. 07-881/1-1979.
9. — Šikić, M. (1979): Hidrološki podaci RHMZ — 06 PJ — 1370/1-79.