

# Utjecaj šuma bjelogorice na kvalitet površinskih voda

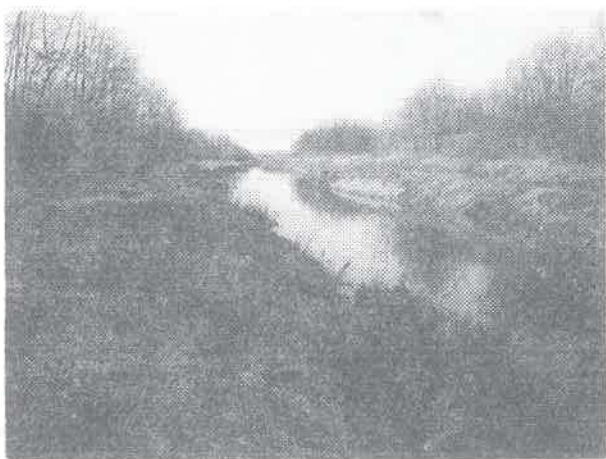
I. Munjko, M. Šojat

## UVOD

U cilju mogućnosti razlikovanja prirodnog onečišćenja površinskih voda od onečišćenja nastalog unošenjem otpada iz naselja, od prometa ili industrije, izvršili smo nizi ispitivanja voda potoka u okolici Zagreba i Petrove Gore.

Svrha ispitivanja bila je dobivanje uvida u djelovanje otpalog lišća bjelogorice, koje trune u vodi ili u neposrednoj blizini vode, na kvalitetu i sastav voda, naročito na parametre kao što su; akstraktibilne tvari u  $CCl_4$  (ulja), fenolne tvari, eutrofne tvari (dušični i fosforni spojevi), te biološku potrebu kisika (BPK).

Za područje istraživanja uzeli smo užu dio Petrove Gore, koji je jako obrašten šumom (naročito je razvijena zajednica bukavih šuma — *Fagetum croaticum*, koje pokrivaju najviše djelove Petrove Gore). Spomenuti treba, da na tom području ima formiranih močvara, na kojima se razvila zajednica crne johe (*Alnus glutinosa*—*Carex brizoides*, — Pavletić i sur., 1974.), a zanimljiva je cretovna vegetacija, koja ovdje predstavlja strani element, jer su to formacije koje se više razvijaju u hladnim regijama. Ova bujna razvijena šumska vegetacija pogoduje razvoju nižeg bilja, među kojima se ističu gljive iz skupine *Basidiomycetes*. Za ispitivanje ekosistema drenažnih voda Petrove Gore izabrali smo područje voda koje se procjeđuje u sliv gornjeg toka rijeke Radonje (potoci: Kal, Crna Kal, Dugački potok, Velika i Mala Radonja, Bistra, Lisičjak i Kupljenski potok) i Gline (potok Perna), te neke iz-



Velike količine ispranog otpalog lišća uz rijeke sporog toka znatno pogoršavaju kvalitet voda

Dr Ignac Munjko, prof. biol. CDO — Zavod Birotehnika, Zagreb, Mr Miroslav Šojat, dipl. inž. biol. Institut za šumarstvo, Jastrebarsko.

vorske vode u selima Perna, Dokić, Vučković i Pišin Gaj.

Iz okolice Zagreba uzimali smo vode iz potoka Bliznec (na 10 mjesta), Pustodol (na 3 mjesta) i Kraljevac (na tri mjesta) u gornjem toku na planini Medvednici, gdje se nalaze velike količine otpalog lišća bjelogorice.

## METODIKA RADA

Uzorci voda uzimani su u čiste staklene boce od 1 litre i drugi dan analizirani u laboratoriju na određene parametre.

Uzorci lišća (u 10-oj fenofazi otpadanja listova) uzimani su sa određene vrste bjelogoričnog drveta u Botaničkom vrtu Zagreb u sterilne polietilenske vrećice. Od svake vrste lišća uzimalo se 10 g i stavljalo u 500 ml destilirane vode, te držalo na sobnoj temperaturi 20 dana, nakon čega se pristupilo određivanju nekih parametara, kao za površinske vode (BPK, ulje, fenol, dušik i fosfor).

Ulje je rađeno po Jus-metodi (H. ZI-151) ekstrakcijom uzorka vode u  $CCl_4$ , fenoli po Jus-metodi (H. ZI-144) sa 4,aminoantipirinom, fosfati (kao ortofosfati) pomoću aminonaftolsulfonske kiseline, dušik po Kjeldalovoj metodi, a BPK<sub>5</sub> razređivanjem uzorka pomoću aerirane vode (kojoj se doda određena količina fosfatnog pufera,  $MgSO_4 \times 7H_2O$ ,  $FeCl_3 \times 6H_2O$  i  $CaCl_2$  anhidrida), te KPK sa  $K_2Cr_2O_7$  po Jus-metodi (H. ZI-165).

## REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 prikazani su dobiveni rezultati za neke parametre u površinskim i izvorskim vodama Petrove Gore, koje su uzimane u jesen i proljeće, kada se u šumama nalaze značajne količine otpalog lišća, koje trune pod utjecaj mikroflora tla. Uglavnom su to gljive koje pripadaju *Basidiomycetes* (2000 vrsta iz 4 porodice), zatim dolaze *Ascomycete*, *Fungi imperfecti*, *Hyphomycete* i *Hymenomycete*.

Najvažnija je razgradnja lišća gljivama truljenja, koje žive na drvetu i u tlu.

Razlikuju se dva tipa truljenja lišća: bijelo i smeđe truljenje. Gljive smeđeg truljenja prvenstveno napadaju celulozu i ostale ugljikohidrate, dok lignin ostaje neizmjenjen. Gljive bijelog truljenja napadaju sve komponente uključujući i lignin.

Mikrobiološku razgradnju lignina u biljnom tkivu ispitivali su mnogi autori, koje navodi Lačan sa sur., 1971. god.

## Rezultati analiza nekih izvorskih voda na Petrovoj Gori

(14. 11. 1976., Dokić, Vučkovići i Pišin Gaj, 19. 3. 1979. selo Perna).

Vrsta analize i jedinica	Mjesto uzimanja uzorka vode					
	Dokić	Vučkovići	Pišin Gaj	P e r n a		
				1	2	3
Fenoli ug/l	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulja mg/l	0,2	0,7	5,7	0,1	0,2	0,7
BPK <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /l	4,0	5,2	1,4	1,1	0,8	4,4
Nitrati mg NO <sub>3</sub> /l	10,0	8,0	6,5	6,0	5,0	6,0
Nitriti mg NO <sub>2</sub> /l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01
Amonijak mg NH <sub>4</sub> /l	0,0	0,0	0,05	0,0	0,0	0,05
Klorid mg/l	12,0	10,0	14,0	10,0	10,5	14,0
Ukupna tvrdoća °nj	10,4	2,6	2,4	0,6	0,9	16,3
Utročak KMnO <sub>4</sub> mg/l	27,0	31,2	38,0	3,2	3,2	44,2
Sulfati mg SO <sub>4</sub> /l	—	—	—	42,2	46,1	90,2
m-alkalitet mvala	3,1	0,3	0,6	—	—	—
Silikati mg SiO <sub>2</sub> /l	—	—	—	9,12	9,32	4,16
NBK/100	150	150	220	0	0	10
Br bakterija u l ml	86	45	64	1	7	440
Br. plijesni u 1 ml	1	4	1	0	0	5
pH-vrijednost	7,2	6,5	6,6	5,8	5,8	7,7

Iz dobivenih rezultata u tab. 1 vidimo, da velike količine lišća u neposrednoj blizini izvora, nakon kiša (14. 11. 1976.) utječu na pogoršanje kvaliteta pitkosti vode (povišen utročak KMnO<sub>4</sub>, BPK, ulja i bakteriološko opterećenje), za razliku od izvorišta (1 i 2) u Perna koja su uzeta za lijepog vremena. Izvorište 3 (Perna) je otvoreno (kao mala lokva), pa se visoke vrijednosti (KMnO<sub>4</sub>, BPK, ulja i bakterija) logično očekuju.

Iz tabele 1a vidimo značajnu prisutnost fenola i ulja u drenažnim vodama Petrove Gore, koji su posljedica ispiranja površina na kojoj trunu velike količine lišća. Također imaju visoku vrijednost BPK<sub>5</sub> i bakteriološko opterećenje, te prema Uredbi za klasifikaciju voda (službeni list br. 6 (102) od 10. 2. 1978.) spadaju između I i IV razreda.

**Tabela 1a** Rezultati analiza površinskih voda nekih potoka Petrove Gore od 14. 11. 1976., do 15. 2. 1979. godine

Vrsta analize i jedinica	Mjesto uzimanja uzorka iz sliva Radonje							R a d o n j a	
	Kal	C—Kal.	Kup. p	Dug. p.	Lis.	Bist.	Mala	—	Velika
pH-vrijednost	7,3	6,5	6,3	5,9	5,5	6,5	6,5—6,9	—	6,2—6,5
m-alkalitet mvala	0,4	0,5	4,2	0,5	0,6	0,5	0,3—0,4	—	0,3—0,5
Ukupna tvrdoća °nj	1,4	1,25	10,4	2,0	4,8	1,8	1,4—1,9	—	0,8—1,3
Isparni ostatak mg/l	43	44	451	95	65	60	11—66	—	29—76
Nitrati mg NO <sub>3</sub> /l	10	3,0	5,0	3,0	10,0	8,0	3,0—14,0	—	3,0—10,0
Kloridi mg/l	12	12	12	12	10	14	8—14	—	10—14
Amonijak mg NH <sub>4</sub> /l	0,0	0,0	0,1	0,05	0,0	0,05	0,0—0,1	—	0,0—0,1
Ulje mg/l	0,2	1,0	17,9	0,5	1,8	0,3	0,6—2,0	—	0,7—2,9
Fenoli ug/l	5,7	8,0	90,8	5,3	4,0	7,8	0,0—56,0	—	0,0—85,0
KPK mg/l	9,0	8,1	11,2	7,0	8,5	3,9	8,0—32,1	—	3,0—26,4
BPK <sub>5</sub> mg/l	1,6	2,4	16,0	7,1	9,0	3,5	0,8—24,0	—	1,1—6,7
Silikati mg/l	7,6	—	6,9	8,0	—	4,5	6,6	—	7,0
NBK/100	2000	2400	24000	2200	200	220	20—2400	—	50—2400
Br. bakterija u ml	750	2000	41000	5100	360	600	60—8480	—	90—5040
Br. plijesni u ml	2	2	65	12	2	2	1—9	—	0—17
Utročak KMnO <sub>4</sub> mg/l	37	25	45	26	32	25	32—113	—	13—62

**Oznake tab. 1a:** C-Kal = Crni Kal, Kup. P. = Kupljenski potok, Dug. p. = Dugački potok, Lis. = Lisičnjak i Bist. = Bistra potok (sve vode uzete u šumi na putu planinarske transverzale Petrova Gora).

**Tabela 1b Analiza vođa iz potoka Perna i Brusovača (21. 4. 1977., u 17 i 18 sati), u slivu Gline.**

Vrsta analize i jedinica	Perna	Brusovača
pH-vrijednost	6,7 — 6,8	7,3
m-alkalitet mvala	0,20— 0,26	0,3
Ukupna tvrdoća °nj	0,92— 1,0	3,0
Kalcijeva tvrdoća °nj	0,30— —	—
Magnezijeva tvrdoća °nj	062 — —	—
Ulje mg/l	0,1 — 0,5	1,3
Fenoli ug/l	0,0 — 6,9	2,4
Utrošak KMnO <sub>4</sub> mg/l	11,4 —23,0	9,5
BPK <sub>5</sub> mg/l	1,9 — 3,0	2,2
NBK/100	220 — 1500	2400
Br. bakterija u ml	114 — 1200	1600

Iz rezultata u tab. 1b interesantno je zapažanje razlike u rezultatu potoka Perna, između prvog uzorka kod Partizanskog Groblja (kod šume Kaluđerac) i uzorka dva ispred samog sela Perna, gdje je potok sporiji u odnosu na gornji tok i odmah se dokazuje povišenjem ulja, fenola i BPK<sub>5</sub>.

Nakon prvih zapažnja na Petrovoj Gori ispitivali smo nešto detaljnije vode potoka Bliznec, Pustodol i Kraljevac na Zagrebačkoj gori (Medvednici). Uzorci voda uzimali su se u tri navrata (1. 4. 30. 4. i 13. 6. 1979. god), a dobivene rezultate prikazujemo u tabeli 2.

Ako ponovo pogledamo citiranu Uredbu (Sl. list br. 6/1978.) za derivate nafte i ulja, te Pravilnik za pitke vode, koji dozvoljava maksimum 1 ug/l fenola (Svjet-

**Tabela 2 Rezultati određivanja ulja i fenola u površinskim vodama potoka dati kao minimalne i maksimalne vrijednosti.**

Broj mjesta	Ekstraktibilne tvari u CCl <sub>4</sub> (Ulja) mg/l			Fenolne tvari ug/l		
	Bliznec	Pustodol	Kraljevac	Bliznec	Pustodol	Kraljevac
1.	0,57—1,04	0,34—3,58	0,13—0,57	2,8—10,0	2,2— 4,2	4,8—12,8
2.	1,27—1,71	0,1 —0,29	0,0 —0,64	8,8—15,5	5,2—18,0	4,0— 5,2
3.	0,30—1,80	0,02—0,32	0,15—0,72	7,3—26,4	1,6—15,5	4,4—32,0
4.	0,16—0,31			0,0—24,8		
5.	0,13—0,34			0,8—25,0		
6.	0,1 —0,56			0,0— 8,2		
7.	0,1 —0,30			2,0—16,0		
8.	0,1 —0,30			5,2—18,0		
9.	0,2 —0,30			10,0—19,0		
10.	0,0 —1,12			9,0—18,0		

**Tabela 3 Određivanje sadržaja nekih tvari u vodi nakon držanja lišća (iz 10 fenofaze) 20 dana kod sobne temperature. Destilirana voda pH = 6,3 i specifična elektrovodljivost 1,75 uS/cm (prije stavljanja lišća) ostalih parametara  $\phi$ .**

Naziv biljke	KPK mg O <sub>2</sub> /l	pH	Sp. vodljiv. uS/cm	KMnO <sub>4</sub> mg/l	BPK <sub>5</sub> mg/l	BPK <sub>20</sub> mg/l	N-org. mg/l	Fosf. mg/l	Ulje mg/l	Fenol ug/l
Obična višnja	1505	6,8	1139	6322	800—1100		14,3	5,4	13,3	550
Divlja jabuka	1688	5,5	900	6954	880—1090		15,7	20,1	6,7	2065
Dunja	1644	7,4	1028	7586	200—1109		14,2	31,0	5,6	850
Trešnja	1501	6,8	782	6006	900—1100		5,1	22,9	5,7	510
Crna joha	1422	5,7	900	5690	880—1470		11,2	24,5	6,7	230
Kalina	2608	6,4	793	10431	340—1370		15,7	24,2	9,3	609
Hrast	1500	6,8	486	6000	560— 850		30,8	23,9	5,9	116
Bukva	948	7,3	450	3793	720—1170		52,9	22,4	5,2	48
Javor mliječ	1106	6,5	679	4425	480—1400		24,6	6,2	7,0	25
Javor gluhač	1443	6,3	545	5374	600—1380		46,8	24,4	6,7	264
Divlji kesten	790	7,3	429	3161	80—1000		6,9	5,1	1,5	92
Pitomi kesten	1022	7,3	666	4109	200— 560		20,2	5,6	3,7	6
Breza	1106	7,1	346	4425	280—1400		14,3	20,1	8,1	10
Bijela joha	1214	6,4	720	5058	180—1340		9,8	3,1	8,2	41
Sitnolisna lipa	1185	6,0	735	4742	600—1320		30,3	3,8	12,2	9
Drijen	1580	6,4	1384	6322	100—1420		14,3	21,5	5,0	81
Judino drvo	922	7,6	657	3690	120— 820		11,2	8,6	1,9	6
Udikovina	1420	5,6	870	5700	20— 500		16,6	22,2	14,8	42

**Napomena:** KPK = Kemijska potrošnja kisika, Sp. vodljivost = specifična elektrovodljivost, BPK<sub>5</sub> i <sub>20</sub> = Biološka potreba kisika kroz 5 i 20 dana, N-org. = Organski dušik određen Kjeldalovom metodom, Fosf. = fosfati i Ulje = ekstraktibilne tvari u tetraklor- ugljiku.

ska zdravstvena organizacija do 2 ug/l), a ulja (za I razred voda u kome se mogu uzgajati kamenice i školjke) do 0,05 mg/l, prema dobivenim rezultatima gorski potoci Medvednice nebi se mogli koristiti za piće i uzgoj riba. Međutim u potoku Kraljevac uzgajaju pastrve, a planinari i izletnici koriste te vode (kao i sa Petrove Gore) za osvježenje i piće.

Prema tome smatramo, da se Uredba i Pravilnik ne odnose na prirodna zagađenja (koja traju jedno određeno vrijeme) površinskih voda, već na zagađenja koja potječu od industrije, urbanih cjelina, prometa idr.

Da otpalo lišće bjelogoričnih šuma kvari kvalitetu površinskih voda u planinskim ekosistemima, dokazali smo stavljanjem određene količine lišća u vodu i praćenjem pojedinih parametara nakon određenog vremena (vidi tabelu 3).

Iz dobvenih rezultata u tabeli 3 lijepo se vidi koliko mogu utjecati produkti biorazgradnje lišća na vode, koje su sporog toka i male protoke. Premda postoje velike razlike između produkata biorazgradnje lišća pojedinih vrsta biljaka, ali dobiveni rezultati jasno nam pokazuju, da ti produkti mogu izazvati eutrofne procese u ribnjacima i jezerima, te potocima i rijekama sporog toka i male protoke.

Kako djeluju produkti razgradnje lišća na biocenozu u vodama kamo dolaze, to je stvar budućih ispitivanja, ali iz literature se znade da ribe izbjegavaju takova mjesta.

## ZAKLJUČAK

Lišće bjelogoričnog drveća u fenofazi otpadanja ima značajan utjecaj na organsko zagađenje površinskih voda (ribnjaci, jezera, potoci i rijeke) po determinantama kao što su: KPK, BPK, specifična elektrovodljivost, pH, ulja, fenoli, te soli organskog dušika i fosfora, koje mogu izazvati eutrofizaciju voda i sasvim poremetiti sastav postojeće biocenozu u određenom vodenom ekosistemu.

## LITERATURA

1. PAVLETIĆ, Z., MATONIČKIN, I., HABIJA, I., MALOSEJA, Ž., ERBEN, R., LUKAS, Z. (1974): Karakteristike ekosistema drenažnih potočnih voda u Memorijalnom parku Petrova Gora i njihova biološka valorizacija. Šumarski list, 97 (5—6), 202—212. Zagreb.
2. Uredba o klasifikaciji voda... (Službeni list SFRJ br. 6, godina XXXIV od 10. 2. 1978. Beograd.).

