



INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO SPLIT

Šetalište I. Meštrovića 63

21001 Split, p.p. 500, HRVATSKA

Tel: +(385) (21) 408 000

Fax: +(385) (21) 358650

E-mail: office@izor.hr

URL: <http://www.izor.hr>

**IZVJEŠĆE O REZULTATIMA JEDNOKRATNOG ISPITIVANJA
FIZIČKO-KEMIJSKIH I MIKROBIOLOŠKIH PARAMETARA U
AKVATORIJU LUKE PLOČE I U JEZERU «JEZERINA»**

Split, prosinac 2007.



INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO
Šetalište Ivana Meštrovića 63
P.P. 500
21000 Split, Hrvatska
Tel: +385 21 408000, Fax: +385 21 358650
E-pretnac: office@izor.hr, web: www.izor.hr



INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY AND FISHERIES
Setaliste Ivana Mestrovica 63
P.O.Box 500
21000 Split, Croatia
Tel: +385 21 408000, Fax: +385 21 358650
E-mail: office@izor.hr, web: www.izor.hr

Izvrješće izradili:

Dr. sc. Grozdan Kušpilić

**Voditelj laboratorija za kemijsku
oceanografiju i sedimentologiju**

Prof. dr. sc. Nada Krstulović

**Voditeljica laboratorija za
mikrobiologiju**

Ravnateljica Instituta:

Prof.dr.sc. Ivona Marasović

I.

PRIOBALNO MORE PODRUČJA LUKE PLOČE

1. MATERIJAL I METODE

Dana 5. listopada 2007. god. u akvatoriju luke Ploče Niskin-ovim crpcima uzeti su uzorci morske vode sa postaja P1, P2 i P3 (Slika 1). Uzorci su na svim postajama uzeti iz površinskog (0 m) i pridnenog sloja (P1 = 18 m, P2 = 10 m, P3 = 3 m), a na postaji P1 još iz srednjeg dijela vodenog stupca (10 m).



Slika 1. Postaje uzorkovanja morske vode, sedimenta i školjaka

Neposredno nakon uzorkovanja u uzorcima je određena pH vrijednost, dok su poduzorci za određivanje sadržaja otopljenog kisika, ukupnih masnoća i mineralnih ulja fiksirani, a poduzorci za određivanje koncentracija amonijevih soli zamrznuti.

pH u uzorcima je određen elektrokemijski pomoću pH-metra, a sadržaj kisika titracijom s tiosulfatom prema Winkler-u (Strickland and Parsons, 1968). Sadržaj ukupnih masnoća i mineralnih ulja određen je IR Spektrometrom nakon ekstrakcije s tetraklor-ugljikom. Koncentracije amonijevih soli određene su fotometrijski na AutoAnalyzer-u III prema Grasshoff-u (1976).

Pored uzorkovanja, na postajama P1, P2 i P3 je određena i prozirnost morske vode pomoću bijelo obojene Secchi ploče promjera 30 cm, kao i vertikalna raspodjela temperature i saliniteta upotrebom CTD-sonde «Sea Bird».

Uzorkovanje sedimenta izvršeno je plastičnim gravitacijskim korer-om na postaji P1, dok su uzorci na postajama P2 i P3 uzeti pomoću ronioca. Iz uzoraka sedimenta uzeti su poduzorci iz površinskog dijela (0 do 2cm dubine), koji su zatim zamrznuti na temperaturi od -20°C. Poduzorci su nakon odmrzavanja liofilizirani, te analizirani na masene udjele teških metala i PAH-ova. Analiza teških metala (Pb, Zn, Cu, Sn) provedena je nakon razgradnje s smjesom kiselina i H₂O₂ u mikrovalnoj pećnici na Atomskom apsorpcijskom spektrometru na grafitnoj kivetici, dok je za analizu žive korišten Hg-Analizator. Analiza masenih udjela PAH-ova u uzorcima izvršena je kromatografski na HPLC-u nakon otapanja i ekstrakcije s heksanom i acetonitrilom

Uzorci dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) su sakupljeni iz infralitoralne zone postaja P1* i P3. (Sakupljanje školjaka je provedeno na postaji P3 iz razloga što na postaji P2 nije nađen potreban biološki materijal). Svaki kompozitni uzorak dagnji s pojedine postaje sadržavao je 15 jedinki. Sakupljeni organizmi su očišćeni od vanjskog obraštaja, te je svakoj jedinki izmjerena dužinu ljušture. Seciranje je provedeno prema Bernhard-u (1996), prilikom kojeg su uklonjena bisusna vlakna, a mekani dio dagnje odvojen od ljušture. Vaganjem je određena masa mekog tkiva svake jedinice. Uzorci su nakon seciranja pohranjeni u zamrzivaču na temperaturi od -20°C. Zamrznuti kompozitni uzorci tkiva su prije analize sušeni postupkom liofilizacije, te homogenizirani. Određivanje masenih udjela teških metala i PAH-ova provedeno je metodama opisanim kod postupka za sediment.

2. REZULTATI ISPITIVANJA

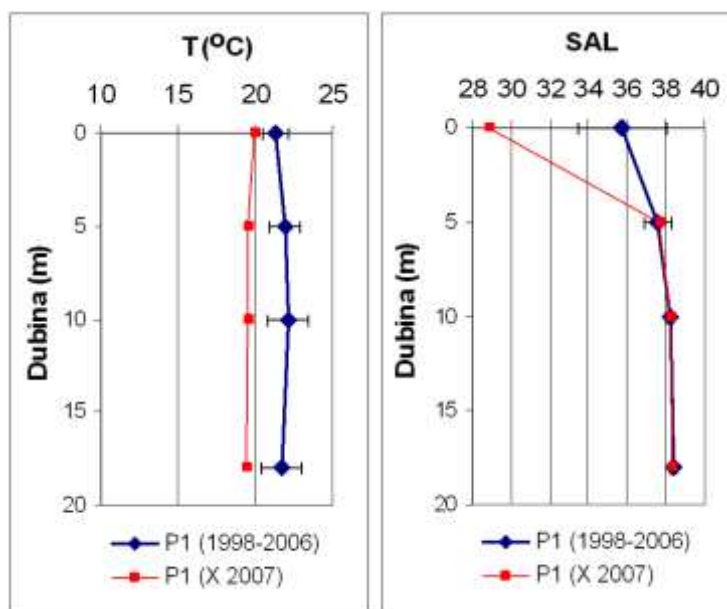
2.1 *Temperatura, salinitet i prozirnost*

Rezultati višegodišnjih istraživanja ovih parametara u Neretvanskom kanalu u okviru «Projekta Jadran» ukazuju da na godišnje fluktuacije temperature i saliniteta u ovom akvatoriju, pored količine padalina i prirodnih ciklusa vezanih uz izmjenu topline i isparavanje na granici atmosfera/more, izuzetan utjecaj ima dotok slatke vode rijekom Neretvom. Prikaz ustanovljenih vrijednosti temperature, saliniteta i prozirnosti na istraženim postajama dat je u tablici 1.

Tablica 1. Vertikalna raspodjela temperature i saliniteta, te prozirnost na postajama P1, P2 i P3 izmjerenih 5. listopada 2007. godine

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Salinitet (‰)	Secchi (m)
P1	0	19,98	28,85	7
	5	19,53	37,62	
	10	19,53	38,24	
	18	19,42	38,3	
P2	0	20,01	34,00	5
	10	19,16	38,06	
P3	0	20,52	32,81	4 -do morskog dna
	3	19,91	36,19	

Temperatura vodenog stupca je na svim postajama bila u relativno uskom rasponu što ukazuje na izotermiju istraživanog područja tijekom mjerenja provedenih u listopadu. Usporedbom ovih podataka s višegodišnjim rezultatima mjerenja na postaji P1 (1998-2006; Projekt „Jadran“) vidljivo je da je vodeni stupac tijekom mjerenja bio za 2 do 3 °C hladniji u odnosu na prosječno stanje za razdoblje rujan – listopad (Slika 2).



Slika 2. Vertikalni profili temperature i saliniteta na postaji P1 izmjereni u listopadu 2007. god., te prosječno, višegodišnje stanje (± 1 Standardna devijacija) za razdoblje rujan – listopad od 1998 do 2006.

Za razliku od temperature, raspodjela saliniteta nije bila homogena. Gornji dio vodenog stupca je sve do dubine od 10 m bio smanjenog saliniteta. Najmanji salinitet u tom sloju ustanovljen je na postaji P1, dok je na postajama P2 i P3 slatkovodni utjecaj bio nešto slabiji. Usporedbom ustanovljenih saliniteta s višegodišnjom, prosječnom razdiobom na postaji P1 (Slika 2) vidljivo je da su vrijednosti saliniteta u slojevima ispod 5 m vrlo slični, međutim površinski sloj je tijekom listopada 2007. bio iznad prosječno zaslađen.

Prozirnost morske vode na istraženim postajama je bila u rasponu od 4 do 7m, pri čemu treba voditi računa da je prozirnost na postaji P3 bila sve do morskog dna, tj. ta vrijednost ne predstavlja stvarnu prozirnost. Obzirom da je prozirnost na postaji P2 bila za 2 m manja u odnosu na P1 pretpostavljamo da je razlog tome nešto povišena koncentracija suspendiranih čestica na postaji P2. Usporedbom s višegodišnjom prosječnom prozirnošću od $11,4 \pm 4,5$ m za postaju P1 možemo reći da je prozirnost u listopadu 2007 bila nešto niža, međutim još uvijek u granicama standardne devijacije.

2.2 Otopljeni kisik, pH i koncentracija amonijevih soli

Rezultati analiza uzoraka na sadržaj kisika, pH-vrijednosti i koncentracije amonijevih soli prikazani su u tablici 2.

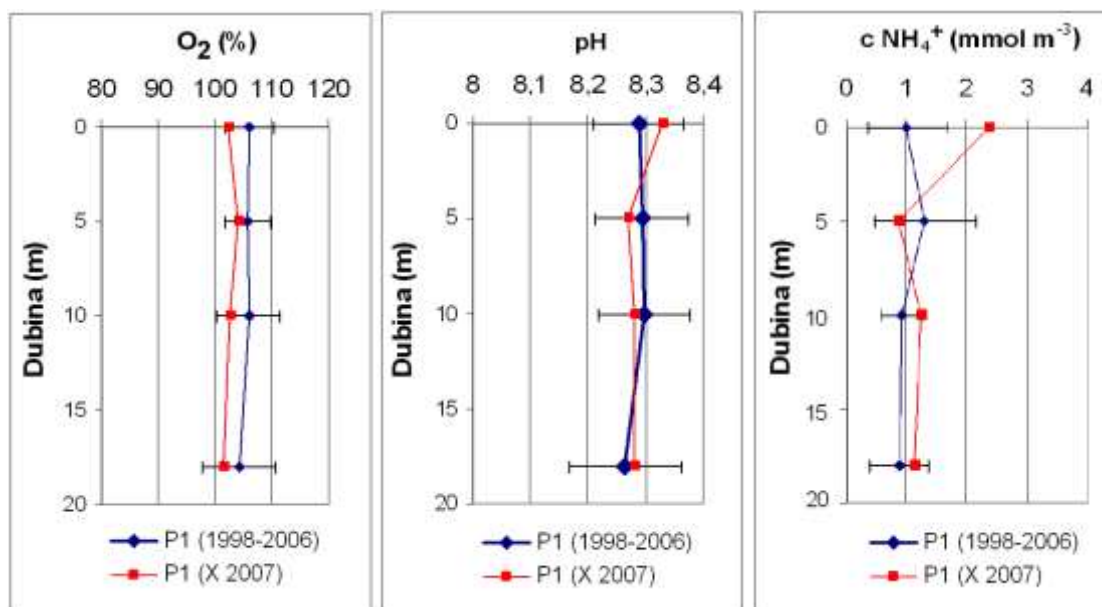
Tablica 2. Vertikalna raspodjela sadržaja otopljenog kisika (O_2 ml/L), zasićenosti morske vode kisikom (O_2 %), pH-vrijednosti i koncentracija amonijevih soli ($mmol\ m^{-3}$) izmjerenih 5. listopada 2007.

Postaja	Dubina (m)	O_2 (ml/L)	O_2 (%)	pH	c (NH_4^+)
P1	0	5,48	102,28	8,33	2,36
	5	5,34	104,10	8,27	0,87
	10	5,24	102,53	8,28	1,23
	18	5,19	101,38	8,28	1,13
P2	0	5,40	103,96	8,31	1,78
	10	5,06	98,22	8,26	1,39
P3	0	5,68	109,23	8,36	1,12
	3	6,81	101,4	8,3	1,27

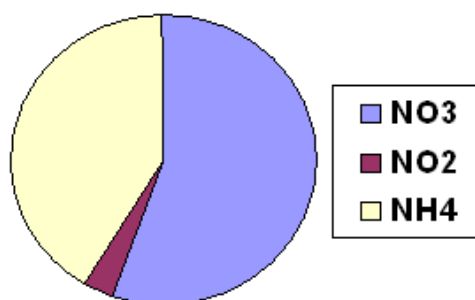
Raspodjela kisika u vodenom stupcu bila je prilično ujednačena, odnosno bez izraženih vertikalnih gradijenata. Na postajama P1 i P2 zasićenost morske vode kisikom je u svim slojevima bila blizu ravnotežnog stanja, a jedino značajnije prezasićenje zabilježeno je u

površinskom sloju postaje P3. Ako zasićenosti kisikom s postaje P1 usporedimo s višegodišnjim srednjim vrijednostima (Slika 3), proizlazi da je morska voda tijekom listopada 2007. bila nešto slabije zasićena kisikom, međutim utvrđene vrijednosti su još uvijek u granicama standardnih devijacija. Iz prikaza pH-vrijednosti uočljivo je da je na svim postajama površinski sloj bio lužnatiji u odnosu na ostali dio stupca (Tablica 2), i to kao posljedica utjecaja slatke vode. Među postajama nisu ustanovljene značajne razlike, a vrijednosti s postaje P1 su vrlo slične višegodišnjim, prosječnim vrijednostima (Slika 3). Koncentracije amonijevih soli koje su izmjerene na ovim postajama tijekom listopada 2007. prikazane su u tablici 2. Razlike među postajama vidljive su jedino u površinskom sloju, koji je na postajama P1 i P2 blago obogaćen amonijakom. Porast amonijevih soli u površinskom sloju postaje P1 ustanovljen je i u odnosu na višegodišnje prosječne koncentracije (Slika 3), dok su koncentracije u ostalim slojevima u granicama uobičajenih vrijednosti.

Kod razmatranja problematike hranjivih soli u ovom akvatoriju treba voditi računa o tome da amonijeve soli predstavljaju manji dio ukupno otopljenog anorganskog dušika (Slika 4), dok je glavna dušikova sol nitrat. Razlog tome je veliki dotok nitrata rijekom Neretvom.



Slika 3. Vertikalni profili zasićenja vodenog stupca kisikom (O₂ %), pH-vrijednosti i koncentracija amonijevih soli (NH₄⁺) na postaji P1 izmjereni u listopadu 2007. god., te prosječno, višegodišnje stanje (± 1 Standardna devijacija) za razdoblje rujan – listopad od 1998. do 2006. godine



Slika 4. Prosječni udjeli nitrata, nitrita i amonijevih soli u ukupno otopljenom anorganskom dušiku na postaji P1 za razdoblje rujan – listopad od 1998 do 2006.

Također je zanimljivo da prosječan N/P omjer za istraživano područje iznosi 78, što prema Redfield i sur. (1963) ukazuje da je fosfor hranjiva sol koja ograničava primarnu proizvodnju organske tvari u ovom području.

2.3 Ukupne masnoće i mineralna ulja

Rezultate za ova dva parametra nije moguće posebno komentirati, i to iz razloga što se njihovo određivanje u morskom okolišu ne provodi u sklopu postojećih monitoring programa «Jadran» i «Vir-Konavle». Ustanovljene koncentracije (Tablica 3) moguće je razmotriti jedino kroz zakonske odredbe o maksimalno dozvoljenim koncentracijama (Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće: NN 182/04) koji za mineralna ulja daje MDK vrijednost od 0,01 mg/L, dok za ukupne masnoće granična vrijednost trenutno nije određena (MDK za ukupne masnoće je u starijem pravilniku iznosila 0,1 mg/L). Ako kao kriterij primijenimo ove dvije MDK vrijednosti može se zaključiti da istraživano područje nije opterećeno masnoćama i mineralnim uljima.

Tablica 3. Vertikalna raspodjela sadržaja ukupnih masnoća i mineralnih ulja na istraženim postajama za 5. listopada 2007. godine

Postaja	Dubina (m)	Ukupne masnoće (mg/L)	Mineralna ulja (mg/L)
P1	0	0,026	0,01
	5	-	-
	10	0,019	<0,001
	18	0,021	0,003
P2	0	0,021	0,01
	10	0,021	0,003

2.4 Teški metali u sedimentu i školjkama

Ustanovljeni maseni udjeli teških metala u sedimentu i školjkama (*Mytilus galloprovincialis*) iz akvatorija luke Ploče prikazani su u tablici 4.

Tablica 4. Maseni udio (mg/kg suhog sedimenta) teških metala u sedimentu istraženih postaja.

Postaja	Pb	Zn	Cu	Sn	Hg
P1	35,1	121	28,2	26,1	0,0844
P2	30,8	128	26,3	24,3	0,0796
P3	11,9	54,0	8,68	5,85	0,0432

Iz prikazanih vrijednosti uočava se da su udjeli svih metala u sedimentu postaja P1 i P2 dva do četiri 4 puta viši u odnosu na udjele s postaje P3. Među postajama P1 i P2 nije ustanovljena značajna razlika. Usporedbom dobivenih rezultata za teške metale ovog područja s podacima drugih istraživanja teških metala (Pb, Zn, Cu; Tablica 5) u srednjem i južnom Jadranu (Projekt «Vir-Konavle, Izvješće za 2006. god.) proizlazi da se koncentracije metala u Pločama nalaze u rasponu ostalih gradskih područja, dok su u odnosu na referentnu postaju Stončica povišeni.

Tablica 5. Udjeli teških metala u sedimentu (mg/kg suhog sedimenta) ispred većih gradova u srednjem i južnom Jadranu, kao i na postaji otvorenog mora (Stončica)

Metal	Zadar	Šibenik	Split	Dubrovnik	Stončica
Pb	142,44	31,23	87,94	29,08	24,69
Cu	16,98	55,21	34,64	45,81	18,17
Zn	56,34	227,18	92,50	94,58	37,65

U uzorcima sedimenta koji su za potrebe projekta «Vir-Konavle» (2006) ispitani na masene udjele Pb, Cu i Zn dodatno su analizirani i maseni udjeli ukupne žive čiji su rezultati prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Udjeli ukupne žive u sedimentu (mg/kg suhog sedimenta) ispred većih gradova u srednjem i južnom Jadranu, kao i na postaji otvorenog mora (Stončica)

Metal	Zadar	Šibenik	Split	Dubrovnik	Stončica
Hg	0,274	1,695	0,566	0,260	0,204

Usporedbom vrijednosti iz tablica 4 i 6 može se zaključiti da područje Ploča, tj. sediment na postajama P1, P2 i P3 nije opterećen živom. Rezultate udjela kositra u sedimentu istraživanih postaja nije moguće komentirati, jer nam nisu poznati rezultati istraživanja ovog elementa u sedimentu priobalja Jadrana.

Ustanovljeni maseni udjeli teških metala u školjkama (*Mytilus galloprovincialis*) iz akvatorija luke Ploče prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Maseni udio (mg/kg suhe tvari) teških metala u školjkama (*Mytilus galloprovincialis*) s istraženih postaja u Pločanskom akvatoriju

Postaja	Pb	Zn	Cu	Sn	Hg
P1*	0,742	156	2,49	17,4	0,0836
P3	1,18	201	1,80	104	0,1114

Za razliku od udjela teških metala u sedimentu, kod školjaka su razlike među postajama bile manje, čak su neki metali bili značajno viši na postaji P3 u odnosu na P1*. Usporedbom s rezultatima mjerenja udjela teških metala u školjkama sa 14 postaja od Dubrovačko-neretvanske do Istarske županije (Agencija za zaštitu okoliša, Izvješće za 2006. god.) uočljivo je da se udjeli cinka nalaze u rasponu vrijednosti prikazanih u tablici 8, dok su udjeli za bakar, živu i olovo čak i manji. Vrijednosti za kositar (Sn) nije moguće usporediti s drugim područjima priobalja, jer se ovaj element ne nalazi u monitoringu školjkaša na Jadranu.

Tablica 8. Minimalne (Min), maksimalne (Maks) i srednje vrijednosti (SV) masenih udjela teških metala (mg/kg suhe tvari) u školjkama (*Mytilus galloprovincialis*) prikupljenim s različitih postaja iz priobalja Jadrana.

Metal	Min	Maks	SV
Cu	5,920	369,315	40,194
Hg	0,121	10,295	1,052
Pb	0,986	14,786	5,454
Zn	92,800	563,450	181,377

Ako vrijednosti iz pločanskog akvatorija (Tablica 7) usporedimo s najvišim dopuštenim koncentracijama (NDK za olovo = 1,5 mg/kg; NDK za živu = 0,5 mg/kg) navedenim u Pravilniku o toksinima, metalima i metaloidima, te drugim štetnim tvarima koji se mogu nalaziti u hrani (NN 16/05) može se zaključiti da ispitani uzorci dagnji odgovaraju normativu.

2.5 Policiklički aromatski ugljikovodi u sedimentu i školjkama

PAH-ovi spadaju u skupinu postojanih organskih zagađivala, a glavna obilježja u odnosu na morski okoliš su njihova postojanost i podložnost procesu bioakumulacije u organizmima. Analize udjela PAH-ova u sedimentu i organizmima se trenutno ne provode u monitoring programima «Jadran» i «Vir-Konavle», tako da se podaci iz područja Ploča (Tablica 9) ne mogu uspoređivati s drugim područjima Jadrana. Međutim, u navedenim monitoring projektima analiziraju se udjeli drugih polihalogeniranih postojanih organskih zagađivala (DDT i PCB), a rezultati upućuju na njihovu relativno nisku razinu u morskom okolišu Jadrana.

Tablica 9. Maseni udio (mg/kg suhe tvari) PAH-ova (Benzo (a) piren) u sedimentu i školjkama (*Mytilus galloprovincialis*) s istraženih postaja.

Postaja	Uzorak	Benzo (a) piren
P1	Sediment	2,7
P1*	Školjke	<1
P2	Sediment	<1
	Školjke	-
P3	Sediment	<1
	Školjke	<1

Prema prikazanim udjelima benzo (a) pirena u školjkama među postajama nema razlika, dok se kod uzoraka sedimenta postaja P1 izdvaja u odnosu na P2 i P3. Međutim, razinu benzo (a) pirena na toj postaji također možemo ocijeniti umjerenom.

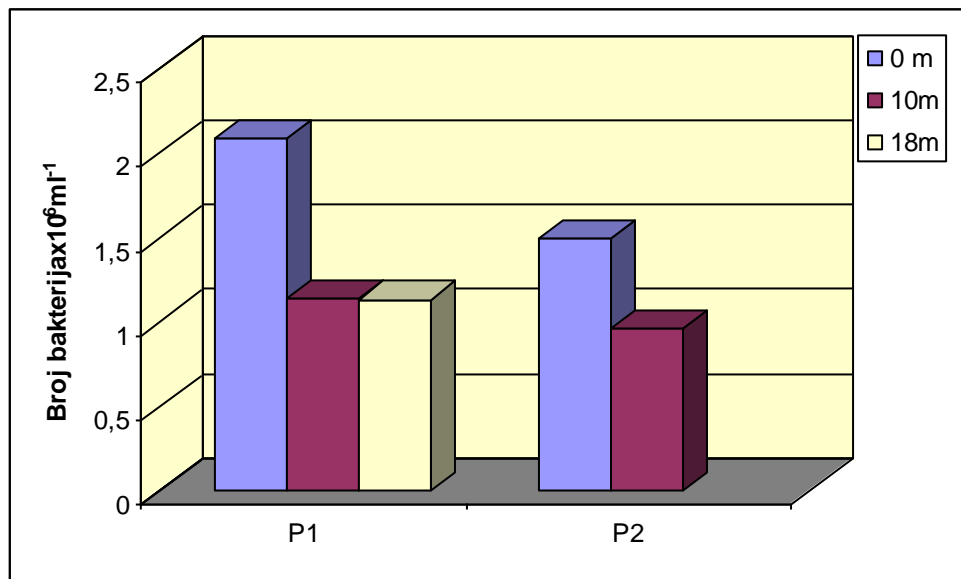
2.6. Mikrobiološki parametri

2.6.1. Heterotrofne bakterije

Uzorkovanje za analizu aerobnih heterotrofnih bakterija obavljeno je 05.listopada 2007. godine na dvije postaje P1 i P2. Na postaji P1 uzorci su uzeti iz površinskog, središnjeg (10m) i pridnenog sloja (18m), na postaji P2 iz površinskog i pridnenog sloja (10m). Brojenje je bakterija u uzorcima obavljeno metodom fluorescentne mikroskopije, a rezultati su izraženi u broju stanica na mililitar.

Aerobne heterotrofne bakterije igraju vrlo važnu ulogu u morskom ekosistemu zahvaljujući svojim biokemijskim aktivnostima, odnosno sposobnostima da rabe i razgrađuju organsku tvar u otopljenom obliku. Svaka promjena u količini otopljene organske tvari u moru utječe na broj bakterija, njihovu metaboličku aktivnost kao i na njihov kvalitativni sastav. S obzirom na navedene značajke heterotrofne su se bakterije pokazale kao dobar pokazatelj stupnja eutrofikacije, bilo prilikom usporedbe različitih područja, bilo kod praćenja promjena stupnja eutrofikacije na vremenskoj skali.

Prosječna gustoća heterotrofnih bakterija za vodeni stupac na postaji P1 ispred same luke iznosila je $1,45 \times 10^6 \text{ml}^{-1}$, na postaji P2 $1,22 \times 10^6 \text{ml}^{-1}$. Vertikalni gradijent gustoće je utvrđen na obadvije postaje s maksimalnim vrijednostima u površinskom sloju, međutim jače je izražen na postaji P1 na kojoj je utvrđen i daleko jače izražen vertikalni gradijent saliniteta. (Slika 5). Uspoređujući ove vrijednosti s prosječnom godišnjom vrijednosti za šire područje Ploča u 2006. godini ($0,63 \times 10^6 \text{ml}^{-1}$) proizlazi da su vrijednosti jednokratnog mjerenja obavljenog u listopadu 2007. na užem području luke Ploče značajno više. To upućuje na zaključak da je uže područje luke Ploče pod jačim utjecajem organske tvari na koju ova skupina bakterija brzo reagira., a što je bilo i za očekivati s obzirom na blizinu kopna, a i utjecaj rijeke Neretve



Slika 5. Vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija na užem području luke Ploče

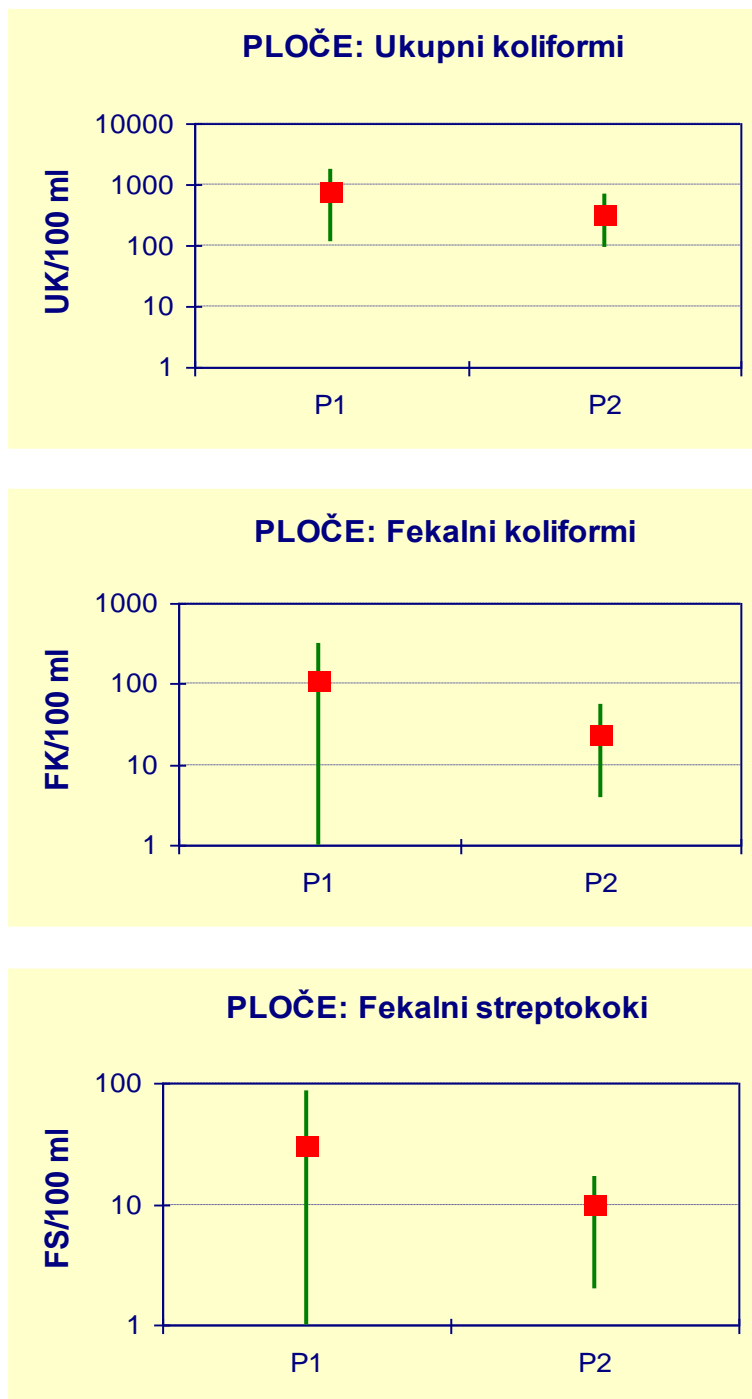
U usporedbi s literaturnim podacima za gustoću heterotrofnih bakterija proizlazi da je gustoća bakterija na istraživanome području umjerenih vrijednosti. Općenito se gustoća bakterija duž gradijenta od oligotrofnog do eutrofnog mora kreće u rasponu od 10^5 stanica ml^{-1} do 10^7 stanica ml^{-1} , a u ekstremno eutrofnim sredinama dostiže vrijednosti od 10^8 stanica ml^{-1} (Krstulović, 1993). S obzirom da su se vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija na području luke Ploče tijekom listopada 2007. kretale u granicama unutar vrijednosti od 10^6 stanica ml^{-1} to se može zaključiti da je more ispitivanog područja imalo osobine umjereno eutrofnog područja što ukazuje na pojačano opterećenje organskom tvari koja ima utjecaja na pojačani razvoj populacije heterotrofnih bakterija

2.6.2. Indikatori fekalnog zagađenja

Indikatori fekalnog zagađenja (Ukupni koliformi, Fekalni koliformi i Fekalni streptokoki) ispitani su u površinskom sloju mora na postajama P1 i P2 u srpnju, listopadu i prosincu 2007. godine. Uzorkovanje i analiza navedenih parametara su obavljani u skladu s Hrvatskim normama, odnosno analizirani su metodom membranske filtracije uz korištenje odgovarajućih selektivnih podloga.

Koncentracije ukupnih koliforma ispred same luke Ploče (P1) kretale su se između 115 i 1800/100 ml, fekalnih koliforma između 1 i 314/100ml i fekalnih streptokoka između 1 i 86/100ml. U odnosu na Uredbu o standardima kakvoće mora na morskim plažama (Narodne Novine, br. 33, 1996) vrijednosti su iznad dozvoljenih. Na postaji P2 također je u svim

uzorcima utvrđeno prisustvo pokazatelja fekalnog zagađenja, ali u značajno nižim koncentracijama (Slika 6). S obzirom na izražene oscilacije u koncentracijama navedenih skupina bakterija na obadvije postaje očito je da je ispitivano područje pod povremenim jačim utjecajem fekalnih otpadnih voda. No, treba naponemuti da je za donošenje realne procjene sanitarne kakvoće ispitivanog područja potrebno obvljati učestalija mjerenja, posebice u ljetnom razdoblju.



Slika 6. Maksimalne, srednje i minimalne koncentracije indikatora fekalnog zagađenja na području Ploča (uzorkovanje u 7., 10. i 12. mjesecu 2007.)

3. ZAKLJUČCI

Prema prikazanim rezultatima fizičko-kemijskih i mikrobioloških parametara određenih u uzorcima iz akvatorija luke Ploče 5. listopada 2007. godine može se zaključiti:

- osnovni kemijski pokazatelji za vodeni stupac (otopljeni kisik i pH) su bili u uobičajenim rasponima za oligotrofna priobalna područja u jesenskom dijelu godine, dok je kod amonijevih soli uočeno blago povišenje koncentracija u površinskom sloju postaja u blizini luke;
- udjeli ukupnih masnoća i mineralnih ulja su bili relativno niski i ne prelaze MDK vrijednosti;
- maseni udjeli teških metala u sedimentu i školjkama su bili u rasponu uobičajenih vrijednosti za priobalna područja u Republici Hrvatskoj i ne prelaze NDK vrijednosti propisane za školjke;
- maseni udjeli PAH-ova u sedimentu i školjkama su bili niskih koncentracija;
- vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija ukazuju da je more ispitivanog područja imalo osobine umjereno eutrofnog područja;
- koncentracije indikatora fekalnog zagađenja ukazuju da je ispitivano područje pod povremeno jakim utjecajem fekalnih otpadnih voda, posebice se to uočava na postaji P1 smještenoj neposredno ispred same luke.

4. LITERATURA

Bernhard, M., 1976. Manual of methods in aquatic environment research. Part 3. Sampling and analyses of biological material. FAO, 124 p.

Krstulović, N. 1992. Bacterial biomass and production rates in the central Adriatic. Acta Adriat. 33: 49-65.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., 1968. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin of the Research Board of Canada, 167, 311 p.

Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A. 1963. The influence of organism on the composition of seawater. In: Hill, M.M. (ed.) The Sea, Vol 2. Interscience Publishers, New York, 27-77.

Grasshoff, K. 1976. Methods of seawater analysis, Verlag Chemie, Weinheim, 307 p.

Izviješća Projekta «Jadran», Centar za istraživanje mora, Rovinj, 1999-2006

Izviješća Projekta „Vir-Konavle“ Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

Agencija za zaštitu okoliša, Izviješće „More, ribarstvo i akvakultura“ za 2006. god. (u izradi), Zagreb

II.

MIKROBIOLOŠKI PARAMETRI U JEZERU „JEZERINA“

MIKROBIOLOŠKI PARAMETRI U JEZERU „JEZERINA“

Uvod

Glavni su izvor bakteriološkog onečišćenja voda otpadne vode fekalnog porijekla koje iz različitih izvora (domaćinstva, hoteli, kupališta, industrijska postrijenja i sl.) dopijevaju u prirodne vode. Zbog svojih fizikalno-kemijskih osobina otpadne se vode šire po površini na dosta velike udaljenosti od izvora onečišćenja u zavisnosti od površinskih struja i vjetra. Upravo je stoga neophodno njihovo odgovarajuće odlaganje kako bi se zaštitile prirodne vode do razine ovisno o njihovoj namjeni.

Materijal i metode

U okviru ovih istraživanja praćene su dvije skupine pokazatelja fekalnog onečišćenja: Ukupni i fekalni koliformi, te aerobne bakterije koje su pokazatelji prisustva organske tvari koju ova skupina bakterija koristi kao hranjivi supstrat, odnosno izvor ugljika i energije i koje također ukazuju na onečišćenje, ali ne nužno fekalnog porijekla.

Uzorkovanje je obavljeno u razdoblju najniže razine vode u jezeru 27.08. i 10.09.2007. na tri postaje raspoređene od samog obalnog dijela prema središnjem dijelu jezera. Uzorkovanje i analiza mikrobioloških parametara su obavljani u skladu s Hrvatskim normama.

Klasifikacija vode u jezeru obavljena je na temelju Uredbe o klasifikaciji voda (Narodne Novine, 77/98) koja donosi sljedeće kriterije:

POKAZATELJI Mjerna jedinica	I VRSTA	II VRSTA	III VRSTA	IV VRSTA	V VRSTA
Broj koliformnih bakterija UK/l	$<5 \times 10^2$	$5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$	$5 \times 10^3 - 10^5$	$10^5 - 10^6$	$>10^6$
Broj fekalnih koliforma FK/l	$<2 \times 10^2$	$2 \times 10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	$>10^5$
Broj aerobnih bakterija BK/ml	$<10^2$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	$10^3 - 7,5 \times 10^3$	$>7,5 \times 10^3$

Rezultati

Koordinate i osobine postaja na kojima su obavljena uzorkovanja, te koncentracije mikrobioloških pokazatelja na ispitivanim postajama navedeni su u Tablicama 2 i 3.

Tablica 1. Osobine postaja i koncentracije aerobnih bakterija (BK), ukupnih koliforma (UK) i fekalnih koliforma (FK) u jezeru Jezerina (uzorkovanje: 27.08.2007.godine)

Postaja	φ	λ	Vrijeme uzorkovanja	T (°C)	O ₂ (%)	BK/ml	UK/L	FK/L
P1	43° 02,555'	17 ° 28,276'	15 ¹⁵ h	25.8	82	1.68 x10 ³	1800	120
P2	43° 02,569'	17 ° 28,287'	15 ⁰⁰ h	25.9	83	2.13 x10 ³	1800	90
P3	43° 02,606'	17 ° 28,358'	15 ³⁰ h	25.8	82	2.13 x10 ³	1800	90

Tablica 2. Osobine postaja i koncentracije aerobnih bakterija (BK), ukupnih koliforma (UK) i fekalnih koliforma (FK) u jezeru Jezerina (uzorkovanje: 10.09.2007.godine)

Postaja	φ	λ	Vrijeme uzorkovanja	T (°C)	O ₂ (%)	BK/ml	UK/L	FK/L
P1	43° 02,555'	17 ° 28,276'	17 ⁰⁰ h	20.6	86	1.27 x10 ³	1900	420
P2	43° 02,569'	17 ° 28,287'	17 ¹⁰ h	20.3	86	1.08 x10 ³	2000	180
P3	43° 02,606'	17 ° 28,358'	17 ²⁰ h	20.3	86	2.13 x10 ³	2000	30

Na sve tri postaje u oba uzorkovanja je utvrđeno prisustvo pokazatelja onečišćenja fekalnog porijekla u koncentracijama temeljem kojih se, prema Uredbi o klasifikaciji voda, jezero Jezerina može svrstati u II. vrstu voda. Jednako je i analizom podataka za aerobne bakterije utvrđeno da su koncentracije iznosile preko 10³ u mililitru vode što također ukazuje na vodu II. vrste.

Zaključak

Iz navedenih podataka se može zaključiti da je jezero Jezerina pod utjecajem otpadnih voda fekalnog porijekla, te pojačanog utoka organske tvari na koju aerobne heterotrofne bakterije vrlo brzo reagiraju. Naime, koncentracije svih ispitivanih mikrobioloških parametara ukazuju da se temeljem Uredbe o klasifikaciji voda jezero Jezerina može svrstati u II. vrstu.