



INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO SPLIT

**Šetalište I. Meštrovića 63
21001 Split, p.p. 500, HRVATSKA**

Tel: +(385) (21) 408000

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 TIJEKOM RUJNA 2009.**



Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia

www.izor.hr

Izviješće izradili:

Dr. sc. Grozdan Kušpilić

Laboratorij za kemijsku oceanografiju i sedimentologiju

Prof. dr. sc. Nada Krstulović

Laboratorij za mikrobiologiju

Izv. prof. dr. sc. Branka Grbec

Dr. sc. Mira Morović

Laboratorij za fiziku mora

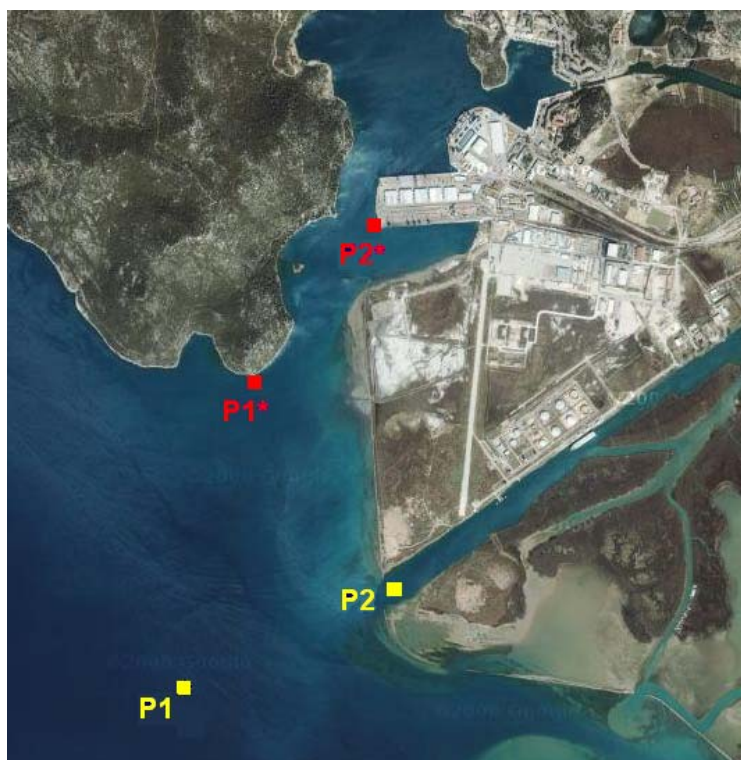
Split, prosinac 2009.

Ravnateljica

Prof. dr. sc. Ivona Marasović

1. MATERIJAL I METODE

Dana 4. rujna 2009. god. u akvatoriju luke Ploče izvršena su, prema Programu praćenja stanja okoliša tijekom izgradnje Terminala rasutih tereta (MZOPU), sva potrebna mjerenja i uzorkovanja za određivanje fizikalno-kemijskog i mikrobiološkog stanja morskog okoliša užeg područja. Termohaline osobine vodenog stupca, prozirnost, kemijski parametri (otopljeni kisik, pH, hranjive soli, ukupne masnoće i mineralna ulja) te mikrobiološki pokazatelji određeni su na postajama P1 i P2 (Slika 1), dok je uzorkovanje biološkog materijala (*Mytilus galloprovincialis*) za određivanje udjela teških metala i PAH-ova provedeno u infralitoralnim zonama postaja P1* i P2*.



Slika 1. Postaje mjerenja i uzorkovanja uzorkovanja morske vode i školjaka (*).

Vertikalna raspodjela temperature i saliniteta na istraživanim postajama određena je mjerenjem CTD sondom SEABIRD 25, s korakom usrednjavanja od jednog metra. Prozirnost morske vode određena je pomoću bijelo obojene Secchi ploče promjera 30 cm.

Sadržaj otopljenog kisika u morskoj vodi određen je Winklerovom titracijom s tiosulfatom (Strickland and Parsons, 1968), a koncentracije mineralnih ulja IR Spektrometrom nakon ekstrakcije s tetraklor-ugljikom. pH vrijednost uzoraka izmjerene su pH metrom Iskra, a koncentracija amonijevih soli, kao i drugih hranjivih soli određeni su fotometrijski na AutoAnalyzer-u III prema Grasshoff-u (1976).

Ukupan broj heterotrofnih bakterija određen je direktnom metodom brojenja protočnim citometrom. Uzorci su nakon bojanja Sybr Green I (Molecular Probes) analizirani Beckman

Coulter EPICS XL-MCL citometrom. Broj bakterija je izražen kao broj stanica u mililitru. Kao indikatori fekalnog zagađenja određeni su ukupni koliformi, fekalni koliformi i fekalni streptokoki. Ukupni koliformi određeni su metodom membranske filtracije uz uporabu m-Endo podloge uz inkubaciju tijekom 24 h kod 36⁰ C. Izražavaju se kao broj koliforma/100 ml morske vode. Fekalni koliformi određeni su metodom membranske filtracije uz uporabu mFC podloge, uz inkubaciju tijekom 24 h pri temperaturi od 42.5⁰C. Izražavaju se kao broj fekalnih koliforma/100 ml morske vode. Fekalni streptokoki određeni su metodom membranske filtracije uz uporabu M-enterokoknog agara, uz inkubaciju tijekom 48h pri temperaturi od 36⁰C. Izražavaju se kao broj fekalnih streptokoka/100 ml morske vode.

Analize teških metala i PAH-ova provedena su u kompozitnim uzorcima dagnji s pojedinih postaja koji su sadržavali po 15 jedinki. Sakupljeni organizmi su očišćeni od vanjskog obraštaja, te je svakoj jedinki izmjerena dužina 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 jedinke. 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 (Pb, Zn, Cu, Sn) provedeno je nakon razgradnje sa smjesom kiselina i H₂O₂ u mikrovalnoj pećnici na Atomskom apsorcijskom spektrometru na grafitnoj kivetu, dok je za analizu žive uporabljen Hg-Analizator. Analiza masenih udjela PAH-ova u uzorcima izvršena je kromatografski na HPLC-u nakon otapanja i ekstrakcije s heksanom i acetonitrilom. Od spomenutih metoda, metode za analitičko određivanje žive, olova, bakra i cinka su akreditirane.

2. REZULTATI ISPITIVANJA

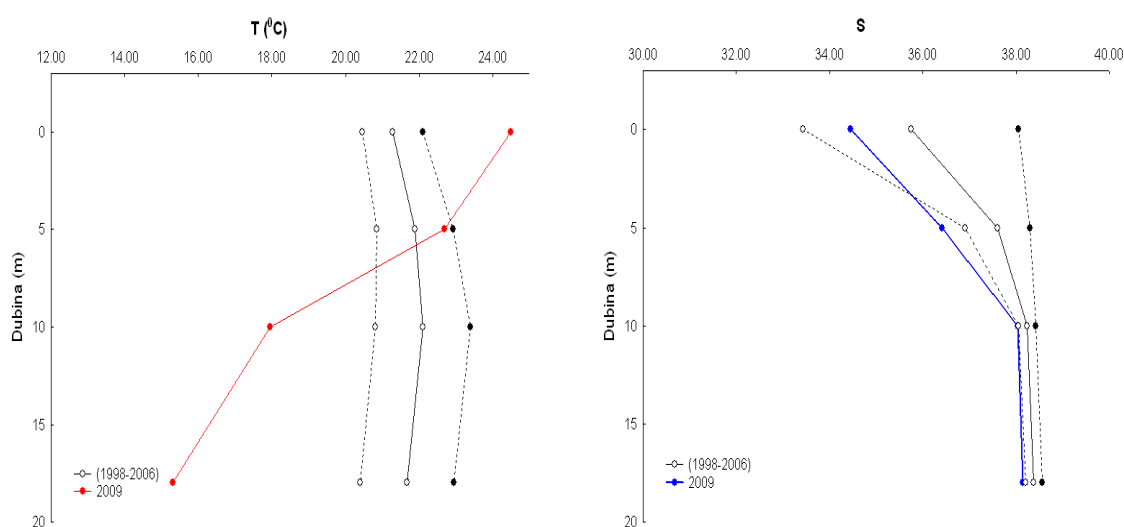
2.1 *Temperatura, salinitet i prozirnost*

Rezultati višegodišnjih istraživanja termohalinih osobina u Neretvanskom kanalu u sklopu monitoring programa „Jadran“ ukazuju da na promjenjivost temperature i saliniteta u ovom akvatoriju, pored sinoptički i sezonski kontroliranih procesa izmjene topline i vlage na granici atmosfera-more, dotok slatke vode rijekom Neretvom ima izuzetan utjecaj. Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature, saliniteta i prozirnosti na istraženim postajama dan je u tablici 1.

Tablica 1. Vertikalna raspodjela temperature i saliniteta, te prozirnost na postajama P1 i P2 izmjerenih 4. rujna 2009.

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Salinitet (‰)	Secchi (m)
P1	0	24.5	34.45	11
	5	22.69	36.41	
	10	17.95	38.04	
	18	15.6	38.15	
P2	0	25.19	32.36	7
	5	23.99	35.35	
	10	18.10	37.9	

Vrijeme je tijekom mjerenja bilo poluoblačno sa slabim vjetrom južnog i jugoistočnog smjera. Površinski sloj mora bio je znatno ugrijan s iznadprosječnim vrijednostima površinske temperature mora (Grbec i Britvić Pejковиć, 2009). Temperatura vodenog stupca na mjernim postajama nije pokazivala značajnije horizontalne gradijente te je vladala horizontalna izotermija. Za razliku od temperature, horizontalna raspodjela saliniteta nije bila homogena. Površinski sloj bio je sniženog saliniteta na postaji P2 zbog slatkovodnog utjecaja rijeke Neretve. Obzirom da je mjerenje obavljeno početkom rujna, koji je ove godine pokazivao osobine slične ljetnim, stratificiranost vodenog stupca bila je znatna. U odnosu na višegodišnje vrijednosti, vertikalna razdioba temperature (Slika 2) više odgovara ljetnom stratificiranom vodenom stupcu sa zagrijanim površinskim slojem i izraženom termoklinom smještenoj na dubini ispod 5 m.



Slika 2. Vertikalni razdioba temperature i saliniteta na postaji P1 za rujna 2009. u usporedbi s srednjim vrijednostima i pripadnim standardnim devijacijama za višegodišnje razdoblje rujna – listopada (1998- 2006).

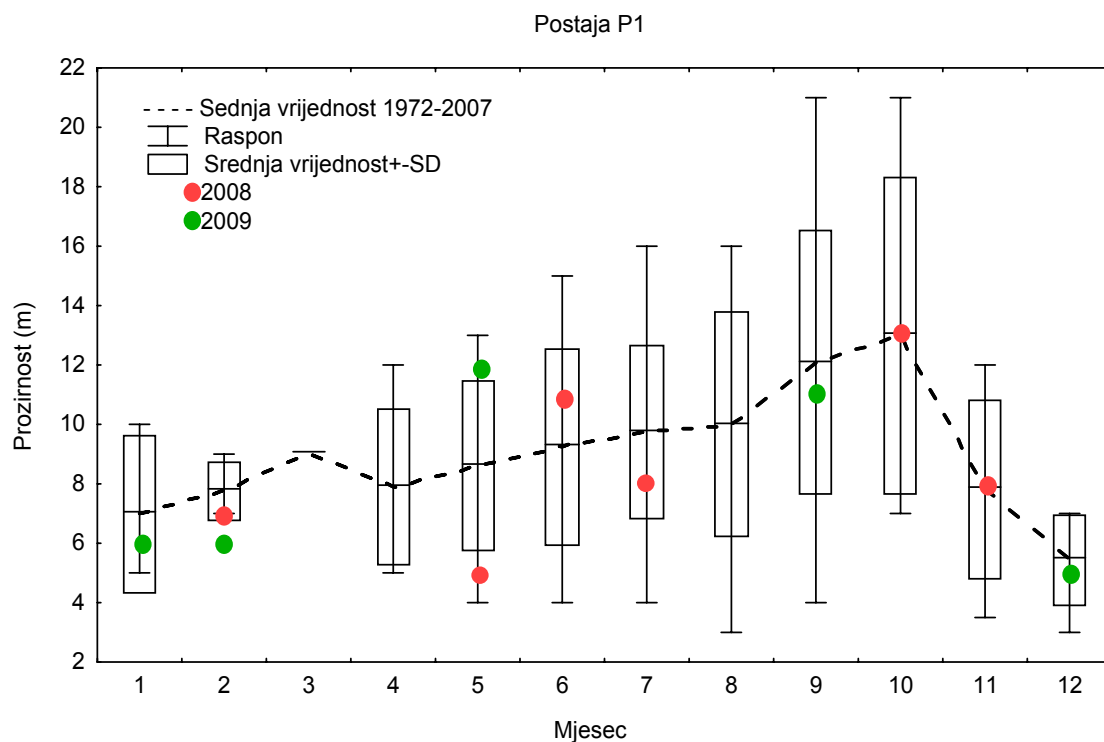
Usporedbom ovih podataka s višegodišnjim rezultatima mjerenja na postaji P1 (1998-2006; Projekt „Jadran“) vidljivo je da je vodeni stupac tijekom mjerenja bio znatno topliji u površinskom, te znatno hladniji u pridnenom sloju. Za razliku od temperature, raspodjela saliniteta u vodenom stupcu bila je slična onoj karakterističnoj za razdoblje rujan-listopad sa sniženim vrijednostima.

Prozirnost na postaji P1 u rujnu 2009. bila je za 2 m manja u odnosu na prošlu godinu, međutim znatno viša (4 m) u odnosu na 2007. godinu (Tablica 2). Za razliku od postaje P1, prozirnost na postaji P2 je u 2009. bila za 2 m viša u odnosu na obje prethodne godine.

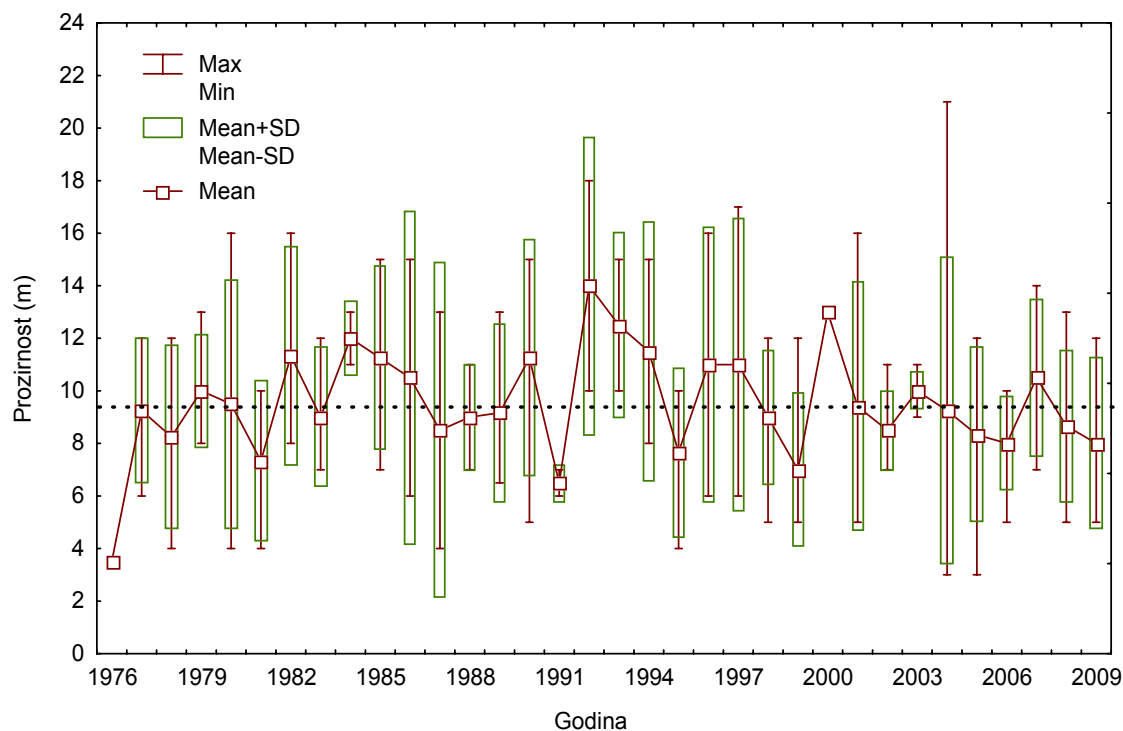
Tablica 2. Prozirnost (m) na postajama P1 i P2 tijekom 2009., 2008. i 2007. godine

Postaja	2009	2008	2007
P1	11	13	7
P2	7	5	5

Obzirom da se mjerenja prozirnosti redovito (Monitoring program „Jadran“) provode na postaji P1 u Pločanskom akvatoriju zanimljivo je razmotriti stanje u 2009. godini obzirom na višegodišnje prosječno stanje (Slike 3 i 4). U siječnju i veljači 2009.godine prozirnosti su na postaji P1 bile niže od prosječnih, pri čemu je odstupanje u veljači bilo niže od jedne standardne devijacije ispod prosjeka. Prozirnost je u svibnju 2009. bila 12m, što je više od jedne standardne devijacije iznad prosjeka u odnosu na ranije izmjerene vrijednosti, kao i znatno više od prozirnosti izmjerene u svibnju 2008.g. Prozirnost u rujnu 2009, bila je 11 m, što je nešto niža od prosjeka ranijeg razdoblja za rujan. Rujan je inače na Jadranu najčešće mjesec sa najvišom prozirnošću, te su na ovoj postaji u ranijem razdoblju bile zabilježene znatno više prozirnosti (do 21m). Zimski mjeseci u pravilu imaju najnižu prozirnost, te se izmjerena prozirnost u prosincu 2009. nalazi u prosjeku višegodišnjih vrijednosti. Niz dugogodišnjih prozirnosti (Slika 4) pokazuje u posljednjih nekoliko godina opadanje prozirnosti na postaji P1 uz smanjeni godišnji raspon vrijednosti. Prosječna je godišnja prozirnost na ovoj postaji u 2009. bila 8m, što je nešto niža vrijednost u odnosu na srednju prozirnostu iz duljeg razdoblja mjerenja (9.35m).



Slika 3. Srednje mjesečne prozirnosti za postaju P1 u razdoblju 1977-2007 uz odgovarajuće statističke pokazatelje.



Slika 4. Niz godišnjih srednjih prozirnosti na postaji P1 uz odgovarajuće statističke pokazatelje i opću srednju vrijednost (crtkano).

2.2 Otopljeni kisik, pH i koncentracija amonijevih soli

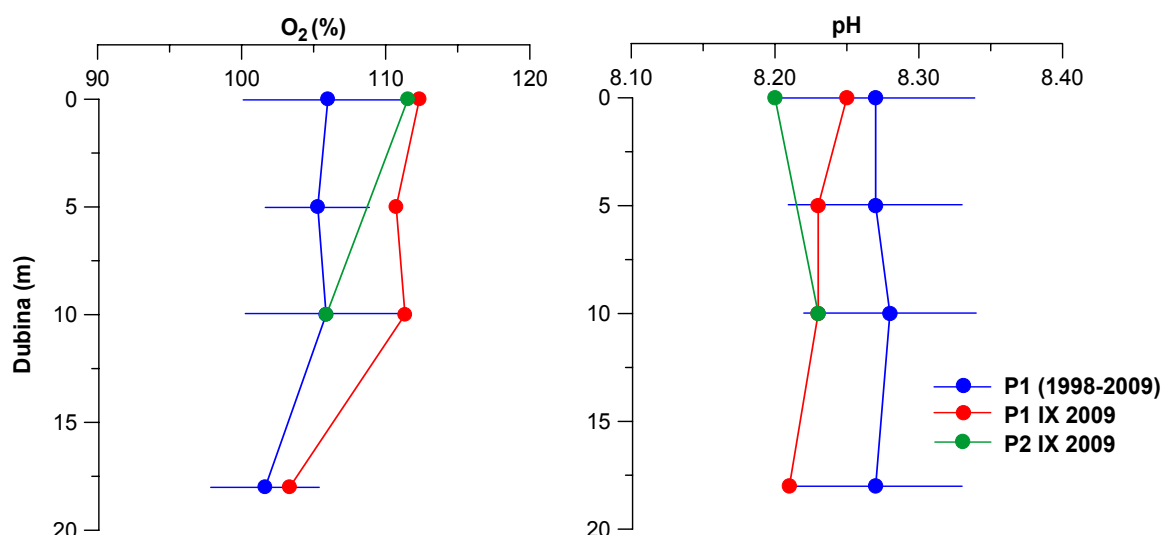
Rezultati analiza uzoraka na sadržaj kisika, pH-vrijednosti i koncentracije amonijevih soli prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. 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 4. rujna 2009.

Postaja	Dubina (m)	O_2 (ml/L)	O_2 (%)	pH	c (NH_4^+)
P1	0	5.37	112.35	8,25	1.146
	5	5.40	110.73	8,23	0.855
	10	5.87	111.35	8,23	0.209
	18	5.70	103.34	8,21	0.181
P2	0	5.33	111.55	8,20	0.447
	10	5.57	105.89	8,23	1.325

Prije rasprave o utvrđenim vrijednostima kemijskih pokazatelja u Luci Ploče treba naglasiti da su Uredbom Vlade Republike Hrvatske od 21. studenog 2008. o izmjenama i dopunama uredbe o klasifikaciji voda (NN 77/98) prijelazne i priobalne vode izuzete iz klasifikacije vrsta voda ostalih površinskih voda. Obzirom da se ispitane postaje u Pločanskom akvatoriju nalaze u tipu prijelaznih voda, posljedica ove nove uredbe je gubitak „Dopuštenih graničnih vrijednosti“ pokazatelja kojima se definira ustanovljeno stanje fizikalno-kemijskih parametara u ovom području. Zbog te trenutačne „praznine“ prilikom ocjene stanja kemijskih pokazatelja koristit ćemo iskustvena saznanja (uobičajene raspone i srednje vrijednosti) za ovakav tip vode dobivenih dugogodišnjim oceanografskim istraživanjima u području luke Ploča, ali i drugih priobalnih područja.

Rezultati višegodišnjih mjerenja otopljenog kisika za potrebe Hrvatskog nacionalnog monitoring projekta „Jadran“ (1998-2009) ukazuju da je tijekom rujna cijeli vodeni stupac u području luke Ploče prezasićen kisikom (101,6 do 106,0 %) (Slika 5). Prezasićenost vodenog stupca kisikom ustanovljena je i tijekom istraživanja u rujnu 2009. godine na obje postaje (Tablica 3, slika 5), međutim zasićenost je bila viša (0,02 do 5,6 %) u odnosu na prosječno višegodišnje stanje u ovom akvatoriju. Odstupanje nije veliko i nalazi se još uvijek u granicama srednje vrijednosti $\pm$ standardne devijacije za razdoblje 1998-2009 (s izuzetkom na P1-5m). Ako ustanovljene vrijednosti zasićenja kisikom usporedimo s rasponima za pojedine klase ekološkog stanja (Tablica 4), akvatoriju luke Ploče možemo za rujna 2009. pripisati najbolje, tj. vrlo dobro, odnosno oligotrofno stanje.



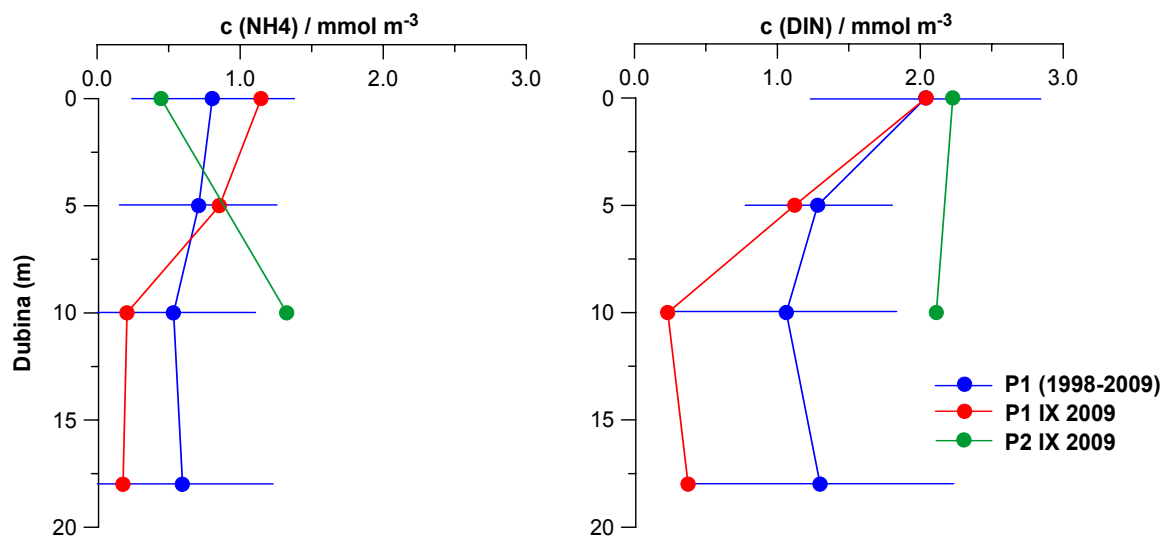
Slika 5. Vertikalni profili zasićenja vodenog stupca kisikom (O_2 %) i pH vrijednosti na postajama P1 i P2 izmjereni u rujna 2009. god., te prosječno, višegodišnje stanje (± 1 standardna devijacija) za rujna od 1998 do 2009.

Tablica 4. Rasponi zasićenja vodenog stupca kisikom (O_2 %) i koncentracija otopljenog anorganskog dušika (TIN) za pojedine klase ekološkog stanja priobalnog mora (prema izvješću Agencije za zaštitu okoliša o stanju morskog okoliša, marikulture i ribarstva, Kvantitativna ocjena ekološkog stanja prijelaznih, priobalnih i otvorenih voda, 2009 - <http://jadrn.izor.hr/azo/>).

Ekološko stanje	Stupanj eutrofikacije	O_2 (%)	TIN (mmol m^{-3})
Slabo	Ekstremno eutrofno	Površina: > 170	> 20
		Dno: 0 - 30	
Umjereno	Eutrofno	Površina: > 170	5 < 8
		Dno: 30 - 80	
Dobro	Mezotrofno	Površina: 120 - 170	4 - 5
		Dno: 30 - 80	
Vrlo dobro	Oligotrofno	80 - 120	2 - 4

pH vrijednosti u uzorcima s postaja P1 i P2 bile su u rasponu od 8,20 do 8,25 (Tablica 3, slika 5), što su nešto niže vrijednosti u odnosu na višegodišnje prosječno stanje za rujna (Slika 5), međutim još uvijek unutar područja srednje vrijednosti $\pm$ standardnih devijacija. Ustanovljene vrijednosti i vertikalna raspodjela upućuju na zaključak da područje luke Ploče nije pod antropogenim utjecajem koji bi promijenio prirodnu pH vrijednost morskog okoliša.

Koncentracije amonijevih soli u uzorcima s postaja P1 i P2 bili su u rasponu od 0,18 do 1,33 mmol m⁻³ (Tablica 3, slika 6), što se (uz izuzetak pridnenog sloja postaje P2) nalazi unutar koncentracijskog područja srednje vrijednosti ± standardne devijacije za rujan u razdoblju od 1998 do 2009. Vertikalna raspodjela koncentracija amonijevih soli upućuje na određene razlike među postajama, tj. na postaji P1 slatkovodni dotok je vjerojatno glavni mehanizam obogaćivanja vodenog stupca amonijakom, dok na postaji P2 (unutar područja luke) sediment, odnosno procesi razgradnje sedimentirane organske tvari, predstavljaju glavni izvor za ovu hranjivu sol.



Slika 6. Vertikalni profili koncentracija amonijevih soli (NH₄⁺) i ukupnog anorganskog dušika (DIN) na postajama P1 i P2 izmjereni u rujna 2009. god., te prosječno, višegodišnje stanje (± 1 standardna devijacija) za rujan od 1998 do 2009.

U uzorcima s postaja P1 i P2 osim amonijevih soli ispitane su i ostale dušikove soli (nitrati i nitriti), a koncentracije njihovog zbroja, tj. ukupno otopljenog anorganskog dušika, prikazane su na slici 6. Slično kao kod amonijevih soli, ustanovljene koncentracije nalaze se, s izuzetkom pridnenog sloja postaje P2, u granicama višegodišnjih srednjih vrijednosti ± standardnih devijacija. Ekološko stanja istraženih postaja za rujna 2009. može se, prema graničnim vrijednostima iz tablice 4 ocijeniti kao vrlo dobro.

Osim dušikovih soli u uzorcima su također analizirane koncentracije ortofosfata, te su ustanovljene niske do umjerene koncentracije (P1: 0,033 do 0,072 mmol m⁻³; i P2: 0,012 do 0,037 mmol m⁻³),

2.3 Ukupne masnoće i mineralna ulja

Koncentracije ukupnih masnoća i mineralnih ulja bile su u rujnu 2009. blago povišene u odnosu na rezultate iz 2008. i 2007. (Tablica 5). Ako koncentracije razmotrimo kroz zakonske odredbe o maksimalno dozvoljenim koncentracijama (Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće: NN 47/08) možemo iznijeti da istraženo područje luke Ploča nije

opterećeno mineralnim uljima (MDK = 0,02 mg/L). Za razliku od mineralnih ulja, kod ukupnih masnoća trenutno nije određena MDK vrijednost, međutim prema starijem pravilniku ona je iznosila 0,1 mg/L, te također može područje luke ocijeniti neopterećenim u odnosu na koncentracije ukupnih masnoća.

Tablica 5. Vertikalna raspodjela sadržaja ukupnih masnoća i mineralnih ulja na istraženim postajama za 2007., 2008. i 2009. godinu

Postaja	Dubina (m)	Ukupne masnoće (mg/L)			Mineralna ulja (mg/L)		
		2007	2008	2009	2007	2008	2009
P1	0	0,026	0,018	0,033	0,01	0,001	0,001
	5	-	-	-	-	-	-
	10	0,019	0,011	0,028	<0,001	<0,001	0,004
	18	0,021	-	-	0,003	-	-
P2	0	0,021	0,018	0,027	0,01	<0,001	0,012
	10	0,021	0,020	0,026	0,003	<0,001	0,006

2.4 Teški metali u školjkašima

Ustanovljeni maseni udjeli teških metala u školjkašima (*Mytilus galloprovincialis*) iz akvatorija luke Ploče za 2009. godinu prikazani su u tablici 6 zajedno s rezultatima monitoringa za 2007. i 2008. godinu.

Tablica 6. Maseni udjeli (mg/kg suhe tvari) teških metala u školjkašima (*Mytilus galloprovincialis*) s istraženih postaja u Pločanskom akvatoriju za 2009., 2008. i 2007. godinu

Postaja	Godina	Pb	Zn	Cu	Sn	Hg
P1*	2009	0,105	110	4,04	7,55	0,0591
	2008	< 0,001	15,74	12,11	< 0,01	0,029
	2007	0,742	156	2,49	17,4	0,0836
P2*	2009	1,19	105	2,52	21	0,0694
	2008	< 0,001	25,42	14,54	9,36	0,045
	2007	-	-	-	-	-

Iz rezultata prikazanim u tablici 5 proizlazi da su maseni udjeli metala u školjkašima protekle 3 godine značajno varirale, pri čemu su udjeli svih metala (izuzev bakra) u 2009. godini bili viši u odnosu na rezultate u 2008. godini, međutim niži u odnosu na rezultate iz

2007. godine. Ako ovogodišnje rezultate iz Pločanskog akvatorija usporedimo s udjelima teških metala u školjkašima iz drugih priobalnih područja (Tablica 7, Izvješće Agencije za zaštitu okoliša o stanju morskog okoliša, marikulture i ribarstva, Opasne tvari u morskim organizmima, 2009 - <http://jadrان.izor.hr/azo/>) možemo iznijeti da su udjeli:

- olova (Pb) u školjkašima s postaja P1* i P2* niže u odnosu na udjele olova s drugih istraženih postaja u hrvatskom priobalju,
- cinka (Zn) u školjkašima s postaja P1* i P2* niže u odnosu na prosječne (medijan, srednja vrijednost) udjele cinka s drugih postaja iz hrvatskog priobalja, te da se nalaze u prvom kvartilu (25 % svih ustanovljenih vrijednosti),
- bakra (Cu) u školjkašima s postaja P1* i P2* niže u odnosu na prosječne (medijan, srednja vrijednost) udjele bakra s drugih postaja iz hrvatskog priobalja, te da se nalaze u prvom kvartilu (25 % svih ustanovljenih vrijednosti).

Tablica 7. Rezultati statističke analize sirovih podataka o sadržaju olova, cinka i bakra ((mg/kg suhe tvari) u ukupnom mekom tkivu školjkaša *Mytilus galloprovincialis* uzorkovanih na 14 postaja u južnom, srednjem i sjevernom Jadranu u 2008. godini – Izvješće AZO, 2009

	Medijan	Std.Dev.	Min	Maks	Sredina	KV (%)	Prvi kvartil (25%)	Treći kvartil (75%)
Pb	3,158	3,730	0,571	13,263	4,612	81	1,806	7,052
Zn	156,646	66,472	65,504	319,485	162,708	41	134,487	176,063
Cu	12,245	9,518	7,559	35,777	16,320	58	9,299	20,147

Vrijednosti za kositar i živu ne možemo usporediti s rezultatima iz Izvješća Agencije za zaštitu okoliša (2009) (Sn i Hg nisu analizirani), međutim:

- udjeli kositra (Sn) u školjkašima s postaja P1* i P2* su, prema usmenom priopćenju dr. sc. N. Mikac, Institut „R. Bošković“, Zagreb, povišeni u odnosu na udjele kositra s drugih postaja (raspon ustanovljeni udjela u 2009. bio je od 0,09 do 1,89 mg/kg),
- udjeli žive (Hg) u školjkašima s postaja P1* i P2* su, prema Izvješću Agencije za zaštitu okoliša (2008) niže u odnosu na prosječne (medijan, srednja vrijednost) udjele žive s drugih postaja iz hrvatskog priobalja, te da se nalaze u prvom kvartilu (25 % svih ustanovljenih vrijednosti),

Osim usporedbe s vrijednostima s drugih područja, udjele metala treba razmotriti i u odnosu na zakonski dopuštene koncentracije metala u školjkašima navedenih u Pravilniku o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN 154/08) kao i u starijem Pravilniku o toksinima, metalima i metaloidima, te drugim štetnim tvarima koji se

mogu nalaziti u hrani (NN 16/05). Prema tablici 8, svi ustanovljeni udjeli metala u školjkašima iz pločanskog akvatorija su višestruko niži u odnosu na najviše dopuštene koncentracije (NDK) u školjkašima ili u ribama i ribljim proizvodima (NN 154/08 i 16/05).

Tablica 8. Maseni udjeli teških metala (mg/kg mokre mase) u školjkašima (*Mytilus galloprovincialis*) s istraženih postaja u pločanskom akvatoriju za 2009. godinu, te NDK vrijednosti (mg/kg mokre mase) iz Pravilnika (NN 16/05)

Metal	Maseni udio (mg/kg mokre mase)		NDK (mg/kg mokre mase)	
	P1*	P2*	Školjkaši	Ribe i riblji proizvodi
Pb	0,020	0,171	1,5	
Zn	21,15	15,04	-	100
Cu	0,78	0,36	-	30
Sn	1,45	3,01	-	30
Hg	0,011	0,010	-	0,5

2.5 Policiklički aromatski ugljikovodi u sedimentu i školjkama

PAH-ovi spadaju u skupinu postojećih organskih zagađivala, a glavna obilježja u odnosu na morski okoliš su njihova postojanost i podložnost procesima bioakumulacije i biomagnifikacije u organizmima. Analizom uzoraka školjaka s postaja P1* i P2* na Benzo (a) piren utvrđene su maseni udjeli < 1 mg/kg suhe tvari na obje postaje. Istovjetni rezultati analiza iz 2008. i 2007. godine ukazuju na nepromijenjeno stanje u ovom akvatoriju obzirom na ovaj policiklički aromatski ugljikovodik. Obzirom da se trenutačno analize PAH-ova u sedimentu i organizmima u monitoring programu "Jadran" ne provode, ove podatke ne možemo uspoređivati s drugim područjima iz Jadrana, međutim rezultati drugih polihalogeniranih postojećih organskih zagađivala (DDT i PCB) upućuju na njihovu relativno nisku razinu u morskom okolišu Jadrana (Izviješće Agencije za zaštitu okoliša, Opasne tvari u morskim organizmima, 2009 - <http://jadran.izor.hr/azo/>). Prema zakonski definiranim najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN 154/08) ustanovljeni udjeli su znatno niži od dozvoljenog udjela od 10 mg/kg.

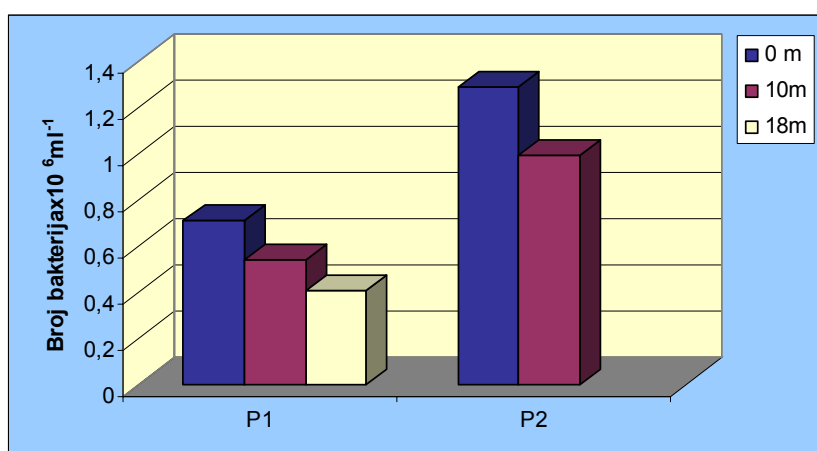
2.6. Mikrobiološki parametri

2.6.1. Heterotrofne bakterije

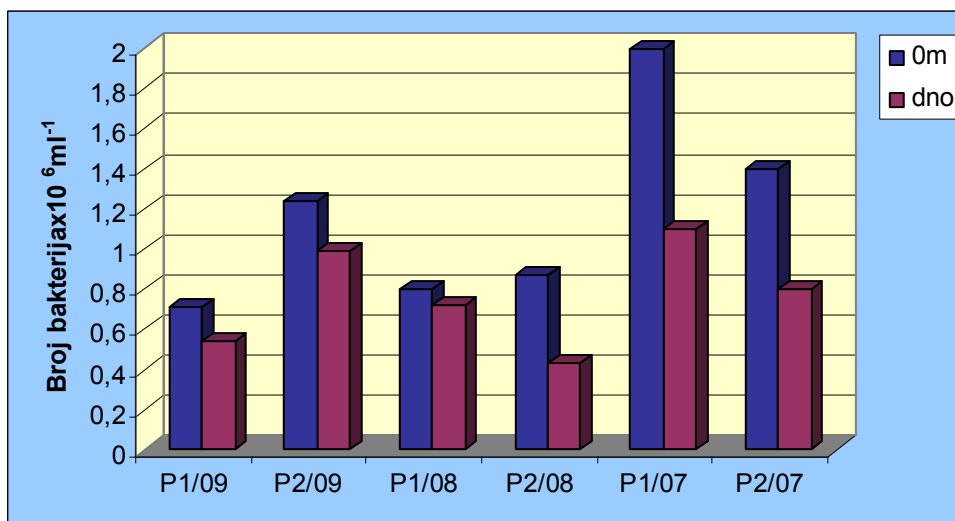
Uzorkovanje za analizu aerobnih heterotrofnih bakterija obavljeno je u rujnu 2009. godine na dvije postaje P1 i P2 (Slika 1). Na postaji P1 uzorci su uzeti iz površinskog, središnjeg (10m) i pridnenog sloja (18m), na postaji P2 iz površinskog i pridnenog sloja (10m).

Aerobne heterotrofne bakterije igraju vrlo važnu ulogu u morskom ekosustavu 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 $0.55 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$, na postaji P2 $1.14 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$. Vertikalni gradijent gustoće je utvrđen na obadvije postaje s maksimalnim vrijednostima u površinskom sloju (Slika 7), što je u suglasju s termohalnim osobinama vodenog stupca. Uspoređujući vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija izmjenjenih u 2009. godini s vrijednostima izmjenjenim u 2007. i 2008. godini proizlazi da su najviše vrijednosti izmjerene u 2007. godini, značajno niže u 2008., te u u 2009. godini vrijednosti na plitkoj postaji P2 ponovno rastu iznad 10^6 ml^{-1} (Slika 8). Izražene oscilacije aerobnih heterotrofnih bakterija upućuju na zaključak da je uže područje luke Ploče pod jačim oscilacijama prisustva organske tvari na koju ova skupina bakterija brzo reagira, što je bilo i očekivano s obzirom na blizinu kopna i utjecaj rijeke Neretve.



Slika 7. Vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija na užem području luke Ploče



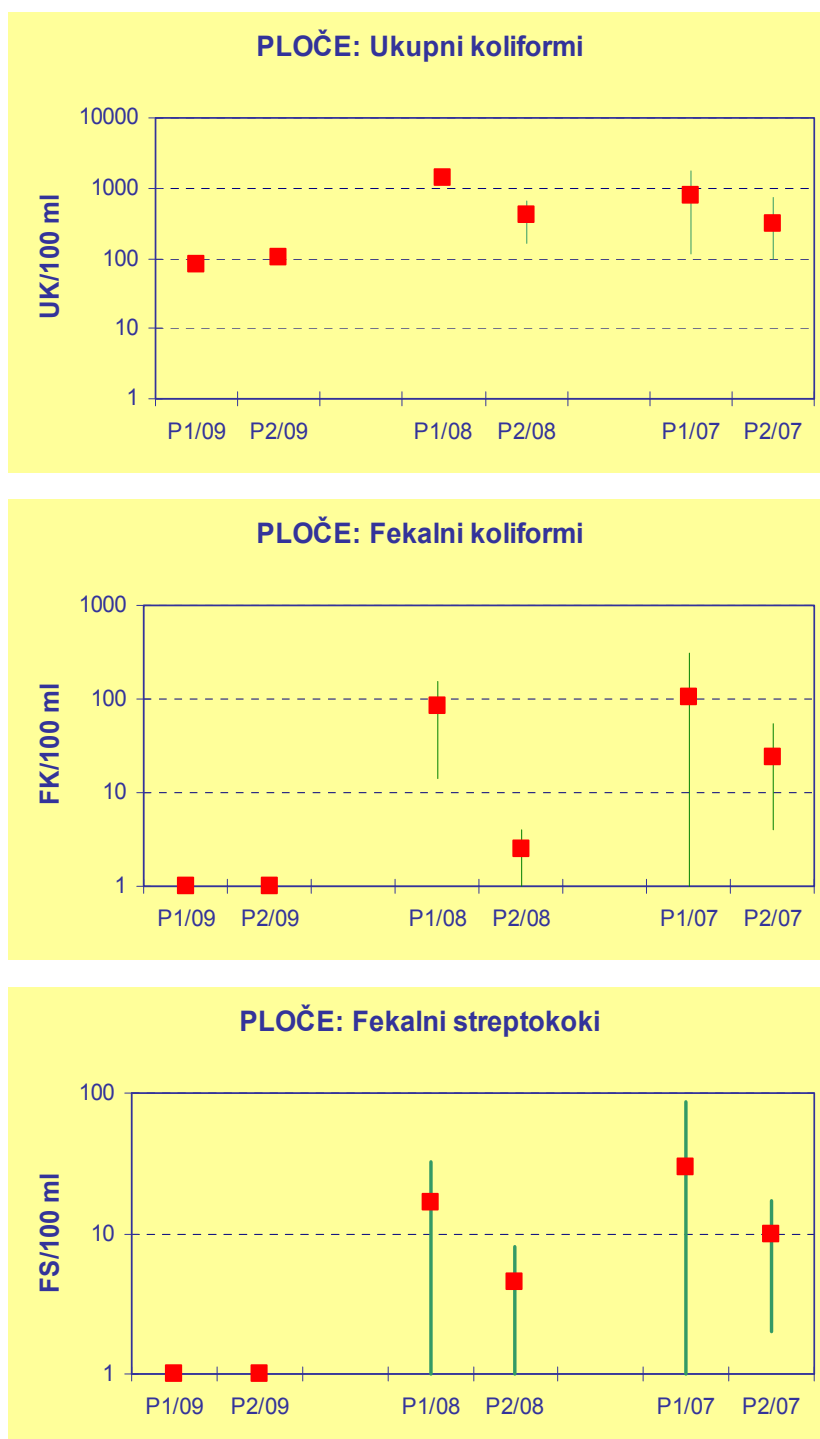
Slika 8. Usporedba vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija u 2009., 2008. i 2007. godini

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, 1992). S obzirom da su izmjerene vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija na području luke Ploče tijekom rujna 2009. godine, kao i prethodnih godina istraživanja, bile u granicama unutar vrijednosti od 10^6 stanica ml^{-1} to se može zaključiti da je more ispitivanog područja imalo osobine umjereno eutrofnog područja.

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 rujnu 2009. godine. Uzorkovanje i analiza navedenih parametara su obavljani u skladu s hrvatskim normama, odnosno analizirani su metodom membranske filtracije uz korištenje odgovarajućih selektivnih podloga. S obzirom da su novom Uredbom o kakvoći mora za kupanje, koja je stupila na snagu u siječnju 2009. godine, uvedeni novi indikatori fekalnog zagađenja (*Escherichia coli* i Crijevni enterokoki) to smo istovremeno obavili i njihovu analizu kako bi podatke mogli tumačiti u odnosu na standarde za područja koja imaju rekreativnu namjenu.

Koncentracija ukupnih koliforma ispred same luke Ploče (P1) je iznosile 103/100 ml, fekalnih koliforma 1/100ml i fekalnih streptokoka 1/100ml. Na postaji P2 su vrijednosti za ukupne koliforme bile niže (83/100 ml), a koncentracije fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka su bile iste (Slika 9). Jednako su izrazito niske vrijednosti utvrđene za prisustvo *E. coli* i crijevnih enterokoka (1/100 ml).



Slika 9. Maksimalne, srednje i minimalne koncentracije indikatora fekalnog zagađenja na području Ploča (uzorkovanje u rujnu 2009. i usporedba s podacima za 2008. i 2007. godinu)

U usporedbi s rezultatima utvrđenim u 2007. i 2008. godini (Slika 9) proizlazi da je u rujnu 2009. godine istraživano područje bilo pod značajno manjim opterećenjem fekalnih otpadnih voda, odnosno koncentracije indikatora fekalnog zagađenja su bile vrlo niske. No, treba napomenuti da je za donošenje realne procjene sanitarne kakvoće ispitivanog područja potrebno obavljati učestalija mjerenja, posebice u ljetnom razdoblju.

3. ZAKLJUČCI I MIŠLJENJE

Prema prikazanim rezultatima fizičko-kemijskih i mikrobioloških parametara određenih u uzorcima iz akvatorija luke Ploče za 4. rujna 2009 možemo zaključiti:

- termohaline osobine istraženih postaja su ove godine pokazivale osobine slične ljetnim, uz znatnu stratificiranost vodenog stupca sa zagrijanim površinskim slojem i izraženom termoklinom smještenoj na dubini ispod 5 m;
- ustanovljene prozirnosti su na istraženim postajama bile u rasponu vrijednosti ustanovljenih u razdoblja 2007 - 2008 za postaju P1, te 2 m viša u odnosu na ranije vrijednosti za postaju P2;
- osnovni kemijski pokazatelji za vodeni stupac (otopljeni kisik, pH i koncentracije amonijevih soli) su bili u granicama srednje vrijednosti $\pm$ standardne devijacije za višegodišnje razdoblje, te da se ekološko stanje područja može ocijeniti kao vrlo dobro;
- koncentracije ukupnih masnoća i mineralnih ulja su bile blago povišene u odnosu na rezultate iz 2008. i 2007., međutim zadovoljavaju čak i norme iz Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08);
- maseni udjeli Pb, Zn, Cu i Hg u školjkašima s postaja P1* i P2* bile su niže u odnosu na prosječne udjele s drugih postaja iz hrvatskog priobalja, izuzev kod kositra gdje su ustanovljene više vrijednosti, međutim svi udjeli zadovoljavaju norme prema Pravilniku o najvećim dopuštenim količinama kontaminanata u hrani (NN 154/08 i NN 16/05);
- maseni udjeli PAH-ova u školjkašima iz pločanskog područja su bile vrlo niske i zadovoljavaju norme Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama kontaminanata u hrani (NN 154/08);
- vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija ukazuju da more ispitivanog područja ima osobine umjereno eutrofnog područja;
- koncentracije indikatora fekalnog zagađenja su bile vrlo niske i ukazuju na značajno poboljšanje sanitarne kakvoće mora u odnosu na prethodno razdoblje istraživanja.

4. LITERATURA

Agencija za zaštitu okoliša, Izvješća „More, ribarstvo i akvakultura“ za 2008. i 2009 god. Zagreb

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

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

Grbec, B. i Britvić Pejčević S., 2009: Temperatura mora. Meteorološki i hidrološki bilten. Državni hidrometeorološki zavod, rujan 2009.

Izvješća Projekta «Jadran», Centar za istraživanje mora, Rovinj, 1999-2009

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

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.

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.