

**Institut za oceanografiju i ribarstvo**  
**Šetalište I. Meštrovića 63**  
**P.P. 500**  
**21000 SPLIT, HRVATSKA**  
tel: +385 21 408000, fax: +385 21 358650  
e-mail: office@izor.hr, web: www.izor.hr



**Institute of oceanography and fisheries**  
**Šetalište I. Meštrovića 63**  
**P.O.Box 500**  
**21000 SPLIT, CROATIA**  
tel: +385 21 408000, fax: +385 21 358650  
e-mail: office@izor.hr, web: www.izor



**IZVJEŠĆE O REZULTATIMA JEDNOKRATNOG  
ISPITIVANJA FIZIČKO-KEMIJSKIH I  
MIKROBIOLOŠKIH PARAMETARA  
U PODRUČJU KONTEJNERSKOG TERMINALA  
U LUCI PLOČE TIJEKOM PROSINCA 2011.**



**Institut za oceanografiju i ribarstvo**  
Split, Šetalište Ivana Meštrovića 63



## Izviješće izradili:

Dr. sc. Grozdan Kušpilić

Jelena Lušić, dipl. inž.

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, lipanj 2012.

Ravnateljica

Prof. dr. sc. Ivona Marasović

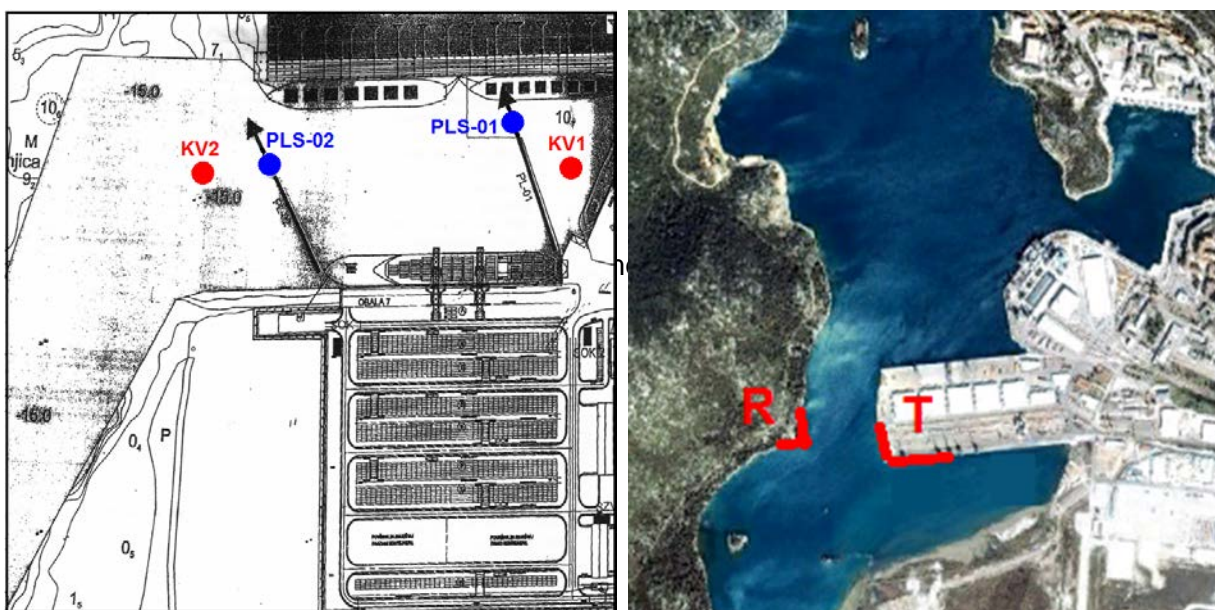
## KAZALO

1.	<b>MATERIJAL I METODE</b> .....	4
2.	<b>REZULTATI ISTRAŽIVANJA</b> .....	7
2.1.	Temperatura, salinitet i prozirnost .....	7
2.2.	Otopljeni kisik, pH i koncentracija amonijevih soli .....	10
2.3.	Ukupne masnoće i mineralna ulja .....	16
2.4.	Teški metali u školjkašima .....	18
2.5.	Policiklički aromatski ugljikovodici .....	20
2.6.	Mikrobiološki parametri .....	21
3.	<b>ZAKLJUČCI I MIŠLJENJE</b> .....	25
4.	<b>LITERATURA</b> .....	27

## 1. MATERIJAL I METODE

Dana 16. prosinca 2011. god. u području kontejnerskog terminala luke Ploče izvršena su, prema Programu praćenja stanja okoliša i rješenju izdanom od Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva za Kontejnerski terminal u luci Ploče, sva potrebna mjerenja i uzorkovanja u svrhu određivanja kvalitete morskog okoliša užeg područja.

Termohaline osobine vodenog stupca, prozirnost, kemijski parametri (otopljeni kisik, hranjive soli, ukupne masnoće i mineralna ulja) te mikrobiološki pokazatelji određeni su na postajama KV1 i KV2 (Slika 1). U uzorcima sedimenta s postaja PLS-01 i PLS-02 određeni su maseni udjeli teških metala (Cd, Pb, Cu i Zn), dok su u uzorcima biološkog materijala (*Mytilus galloprovincialis*), uzorkovani u infralitoralnim zonama područja terminala (odsječak T) i sa zapadne obali (odsječak R) (Slika 1), određeni maseni udjeli teških metala (Pb, Zn, Cu, Sn i Hg) i PAH-ova (Benzo (a)-piren).



Slika 1. Postaje mjerenja i uzorkovanja morskog okoliša (KV1 i KV2), sedimenta (PLS-01 i PLS-02) i školjkaša (T, R).

Vertikalna raspodjela temperature i saliniteta na istraživanim postajama određena je višeparametarskom sondom SEABIRD 25 uz korak usrednjavanja od 0.5 m, a prozirnost morskog okoliša određena je pomoću bijelo obojene Secchi ploče promjera 30 cm.

Morska voda za analizu kemijskih i mikrobioloških parametara uzorkovana je na istraživanim postajama Nansen–ovim crpicima na dubinama od 0 i 10m. Sadržaj otopljenog

kisika u uzorcima morske vode određen je titracijom s tiosulfatom prema Winkleru (Strickland and Parsons, 1968), pH vrijednosti uzoraka izmjerene su pH metrom Sartorius, koncentracije hranjivih soli određene su fotometrijski na AutoAnalyzer-u III prema Grasshoff-u (1976), a koncentracije mineralnih ulja IR Spektrometrom nakon ekstrakcije s tetraklor-ugljikom.

Uzorci sedimenta za određivanje masenih udjela teških metala liofilizirani su i, uz dodatak smjese fluorovodične, nitratne i perkloratne kiseline, razgrađeni u mikrovalnoj pećnici. Analiza metala provedena je na Atomskom apsorpcijskom spektrometru.

Analize teških metala i PAH-ova u školjkašima 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 kiseline i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> u mikrovalnoj pećnici na Atomskom apsorpcijskom spektrometru na grafitnoj kivetu, dok je za analizu žive upotrijebljen Hg-Analizator. Analiza masenih udjela PAH-ova u uzorcima izvršena je kromatografski na HPLC-u nakon otapanja i ekstrakcije s heksanom i acetonitrilom.

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 pokazatelji fekalnog zagađenja određeni su *Escherichia coli* i crijevni enterokoki. Uzorkovanje i analiza navedenih parametara su obavljani u skladu s hrvatskim normama, odnosno analizirani su metodom membranske filtracije uz korištenje odgovarajućih selektivnih podloga.

Za interpretaciju rezultata istraživanja fizikalno-kemijskih parametara (izuzev ukupnih masnoća i mineralnih ulja) u području kontejnerskog terminala korišteni su dugogodišnji podaci s postaje P1 iz monitoring projekata „Jadran“ i „Pag-Konavle“ (Slika 2) kao i Uredba o standardu kakvoća voda (NN 89/10), dok su ustanovljene vrijednosti za ukupne masnoće i minerala ulja vrednovane prema postojećem pravilniku (NN 47/08), kao i prema rezultatima dosadašnjih istraživanja fizikalno-kemijskih parametara u području luke Ploče (postaje P1 i P2 prikazane na slici 2).

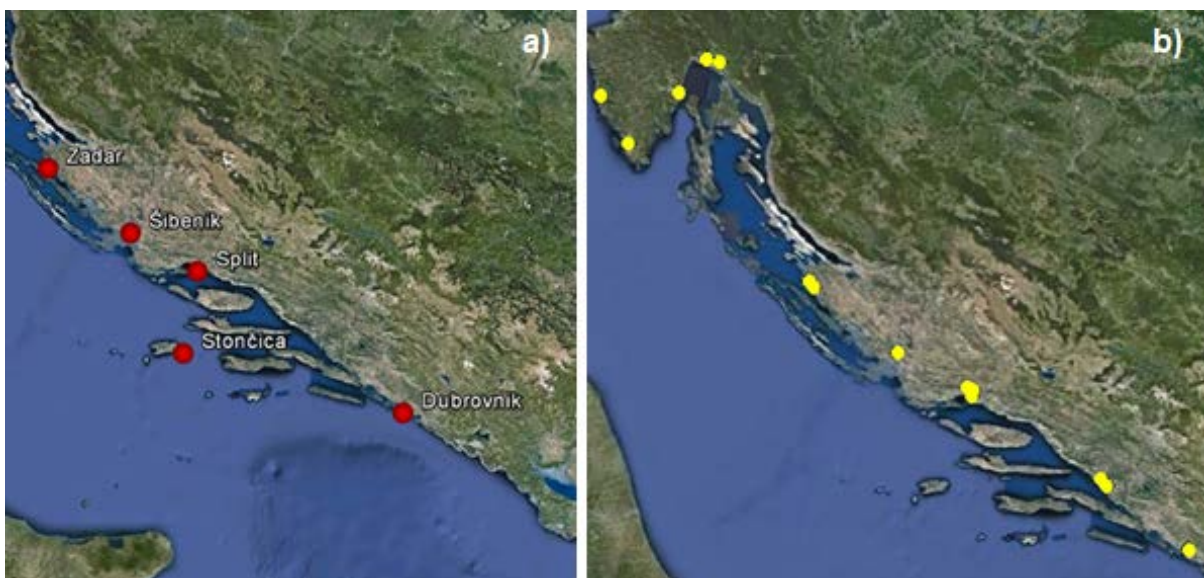
Rezultati istraživanja heterotrofnih bakterija također su referirani na dosadašnja obilježja postaje P1 (projekti „Jadran“ i „Pag-Konavle“) kao i postaje P2. Ocjena stanja

fekalnih indikatora na istraženim postajama obavljena je u skladu s važećom uredbom o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08, Tab. 6.2.1.2).



Slika 2. Postaje određivanja fizikalno-kemijskih i bakterioloških parametara u akvatoriju luke Ploče za potrebe projekata „Jadran“ i „Pag-Konavle“ (P1) kao i monitoringa stanja u luci Ploče (P2).

Ustanovljeni maseni udjeli teških metala u sedimentu postaja PLS-01 i PLS-02 vrednovani su u odnosu na rezultate istraživanja teških metala ispred većih gradova (projekt „Pag-Konavle“, 2010) (Slika 3a), dok su maseni udjeli teških metala u školjkašima vrednovani u odnosu na rezultate istraživanja 14 postaja u priobalju od Gruža do Linskog kanala (Slika 3b) tijekom 2010. godine (projekt „Jadran“). Osim usporedbe sa stanjem u drugim dijelovima Jadrana, maseni udjeli teških metala (kao i PAH-ova) u školjkašima analizirani su i obzirom na propisane NDK-vrijednosti (najveće dopuštene koncentracije) iz postojećih pravilnika o hrani (Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani, NN 154/08 i Pravilnik o toksinima, metalima i metaloidima, te drugim štetnim tvarima koji se mogu nalaziti u hrani, NN 16/05).



Slika 3. Postaje određivanja masenih udjela teških metala u sedimentu priobalja srednjeg i južnog Jadrana (projekt „Pag-Konavle“) (a) i u školjkašima *Mytilus galloprovincialis* (projekt „Jadran“) (b).

## 2. REZULTATI ISPITIVANJA

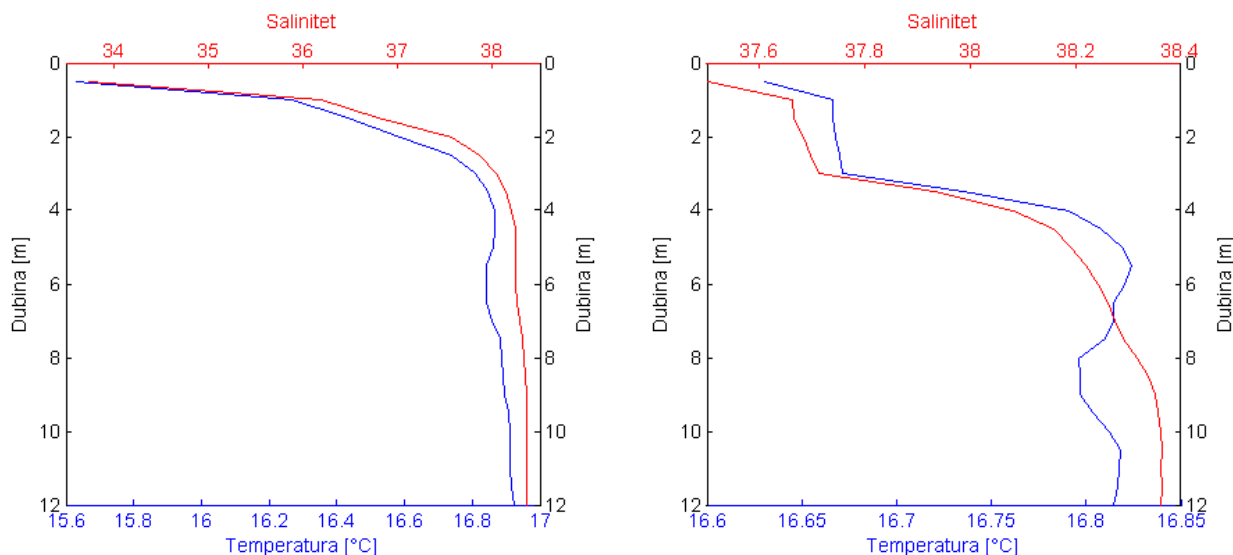
### 2.1 Temperatura, salinitet i prozirnost

Rezultati mjerenja temperature i saliniteta na standardnim oceanografskim dubinama te prozirnosti prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Vertikalna raspodjela temperature (°C) i saliniteta na standardnim oceanografskim dubinama i ustanovljene prozirnosti (m) vodenog stupca na postaji KV1 i KV2 (mjerenje 16. prosinca 2011).

Postaja	Dubina (m)	T (°C)	SAL	Prozirnost (m)
KV1	0	15,63	33,74	5
	5	16,86	38,24	
	10	16,92	38,36	
KV2	0	16,63	37,5	5
	5	16,82	38,19	
	10	16,81	38,36	

Zbog male udaljenosti među postaja KV1 i KV2 te zbog relativne plićine razdioba temperature i saliniteta uvjetovana vertikalnim procesima iz atmosfere gotovo je jednaka na obje postaje (Slika 4).



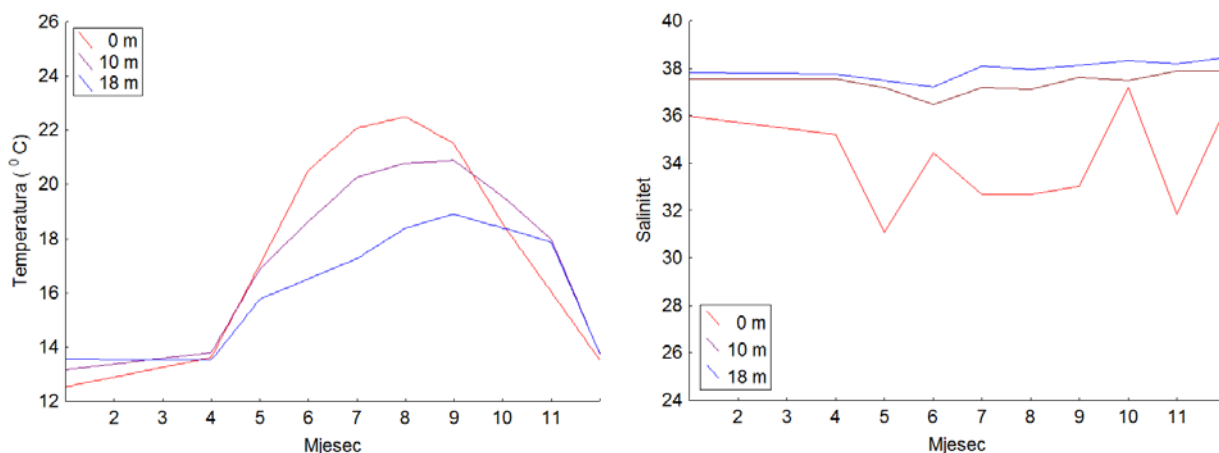
Slika 4. Vertikalna razdioba temperature i saliniteta izmjerena u prosincu 2011. na postajama KV1 (lijeva slika) i KV2 (desna slika)

Razlika u termohalnim osobinama među postajama prvenstveno je uvjetovana djelovanjem horizontalnih procesa, odnosno širenja slatke vode s kopna. Vrijeme je na dan mjerenja (16. 12. 2011) bilo pod utjecajem hladne fronte koja se premještala preko Jadrana. Puhalo je vrlo jako, pa i olujno jugo i jugozapadnjak, ali je s premještanjem plitke ciklone vjetar okrenuo na sjeverozapadnjak i buru.

Kako su termohaline osobine površinskog sloja na postajama KV1 i KV2 pod utjecajem slatke vode to su vrijednosti temperature uz površinu snižene zbog jačeg ohlađivanja slatke vode u odnosu na vodu većeg saliniteta. Stalni dotok slatke vode razlogom je što je i salinitet uz površinu nižih vrijednosti. Na postaji KV1 vrijednosti temperature i saliniteta površinskog sloja niže su u odnosu na vrijednosti na postaji KV2 smještene dalje od obale. Uz površinu je prisutna manje slana voda koja se razlijeva akvatorijem te je vodeni stupac obzirom na termohaline osobine homogen od 5 m dubine do dna. Prisustvo slatke vode u ovom je akvatoriju značajno obzirom da se voda manjeg saliniteta brže grije i hladi pod djelovanjem atmosfere.

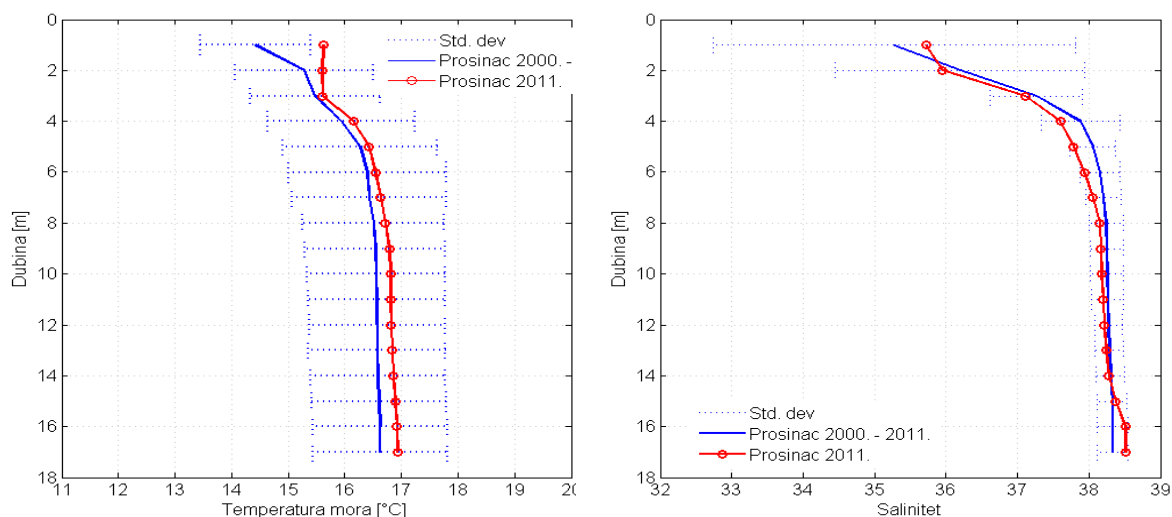


Uspoređujući ova mjerenja sa srednjom godišnjom razdiobom saliniteta na postaji P1 koju možemo uzeti kao referentnu (Slika 2) uočljivo je kako je tijekom čitave godine prisutna haloklina, tj. slojevi su po dubini obzirom na salinitet odvojeni (Slika 5). Temperatura po dubini pokazuje nešto ujednačenije vrijednosti tijekom zime.



Slika 5. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta na dubinama 0, 10 i 18 m na referentnoj postaji P1. Razdoblje mjerenja 1977-2000.

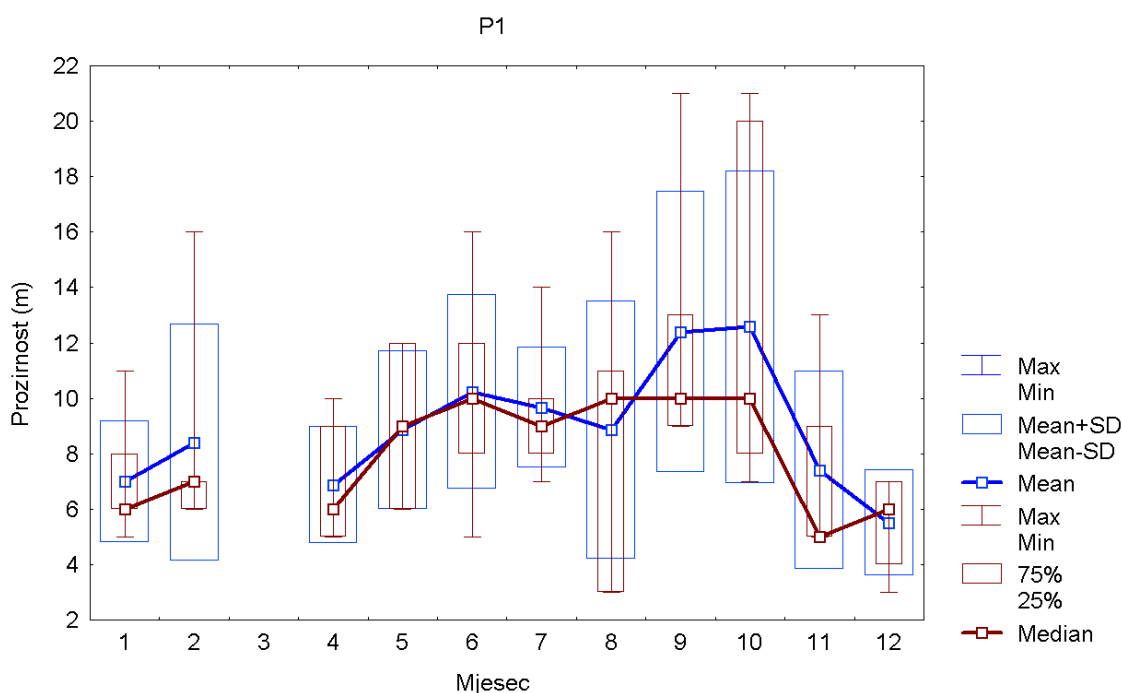
Mjerenja obavljena 16. prosinca 2011. godine na postaji P1 nisu odstupala od uobičajene vertikalne strukture određene analizom mjerenja iz višegodišnjeg razdoblja (2000-2011), te se vrijednosti u cijelom vodenom stupcu nalaze unutar promjenjivosti od 1 standardne devijacije (Slika 6). Stoga je opravdano zaključiti da razdioba temperature i saliniteta na postajama KV1 i KV2 pokazuje uobičajenu strukturu i vrijednosti.



Slika 6. Vertikalna struktura temperature i saliniteta na referentnoj postaji P1 izmjerena u prosincu 2011 u usporedbi sa srednjim vrijednostima i pripadnim standardnim devijacijama.

Na postajama KV1 i KV2 u prosincu 2011. izmjerena je prozirnost od 5m, što spada u nisku prozirnost, međutim takve su vrijednosti uobičajene za zimsko razdoblje posebno u zatvorenijim priobalnim područjima. Ako ustanovljene vrijednosti usporedimo s referentnom postajom P1 (Slika 2) one su nešto niže od prosječne prozirnosti za prosinac na postaji P1 (5.5m) kao i od medijana za prosinac (6m).

Raspodjela prozirnosti tijekom godine na postaji P1 (Slika 7) pokazuje sličnost s ostalim postajama u kanalskim područjima srednjeg Jadrana, pri čemu se najviša srednja mjesečna prozirnost od oko 12.5m javlja koncem ljetnog razdoblja (rujan i listopad), a najnižu mjesečnu srednju prozirnost od 5.5m nalazimo u u prosincu tijekom kasne jeseni.



Slika 7. Mjesečni medijani i srednje mjesečne prozirnosti za razdoblje 1997-2011 za postaju P1 uz odgovarajuće statističke pokazatelje.

Na osnovi prikazane godišnje promijenjivost prozirnosti u vodenom stupcu pločanskog akvatorija možemo zaključiti da se izmjerene prozirnosti od 5 m na postajama KV1 i KV2 nalaze u rasponunu uobičajenih vrijednosti za prosinac.

## 2.2. Otopljeni kisik, pH i koncentracija amonijevih soli

Rezultati analiza uzoraka na sadržaj otopljenog 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 16. prosinca 2011.

Postaja	Dubina (m)	$O_2$ (ml/L)	$O_2$ (%)	pH	$c\ NH_4^+$ ( $mmol\ m^{-3}$ )
KV1	0	5,67	100,24	8,16	2,52
	10	5,04	93,93	8,16	1,05
KV2	0	5,4	99,56	8,19	0,63
	10	5,16	95,92	8,19	0,81

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 ostalih površinskih voda. Obzirom da se ispitane postaje u pločanskom akvatoriju nalaze u tipu prijelaznih voda, posljedica ove uredbe je gubitak „dopuštenih graničnih vrijednosti“ pokazatelja kojima se definira ustanovljeno stanje fizikalno-kemijskih parametara u ovom području.

Uredba o standardu kakvoća voda (NN 89/2010), donijeta 2010. na osnovi Zakona o vodama (NN 153/2009), također ne definira „dopuštene granične vrijednosti“ već daje samo opisne uvjete kemijskih pokazatelja za pojedinačna ekološka stanja (Tablica 3).

Zbog te trenutačne „praznine“ ocjenu stanja kemijskih pokazatelja u području Luke Ploče izvršit ćemo na osnovi:

- iskustvenih saznanja za ovakav tip voda dobivenih dugogodišnjim oceanografskim istraživanjima u području luke Ploča, ali i drugim priobalnim područjima (Monitoring programi Vir-Konavle i Pag-Konavle, 1974 – 2011 te monitoring program Jadran 1998-2011);
- raspona fizikalno-kemijskih parametara za kvantitativnu ocjenu ekološkog stanja prijelaznih, priobalnih i otvorenih vodana koji se koriste za potrebe Agencije za zaštitu okoliša (Izviješća 2003-2012; [www.azo.hr](http://www.azo.hr)) (Tablica 4) i
- prijedloga raspona fizikalno-kemijskih parametara za ocjenu ekološkog stanja prijelaznih i priobalnih voda Republike Hrvatske (Kušpilić i sur., 2010) (Tablica 5).

Tablica 3. Izvadak iz priloga 1 „Uredbe o standardu kakvoće voda“ (Definicije za ocjenu vrlo dobrog, dobrog i umjerenog ekološkog stanja).

Tip vode	Element	Vrlo dobro ekološko stanje	Dobro ekološko stanje	Umjereno ekološko stanje
Površinske vode – prijelazne vode	Opći uvjeti	Fizikalno-kemijski elementi potpuno ili skoro potpuno odgovaraju nenarušenom stanju.	Temperatura, uvjeti režima kisika i prozirnost ne izlaze iz raspona koji osiguravaju funkcioniranje ekosustava i postizanje gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.
		Koncentracije hranjivih tvari ostaju u rasponu uobičajenom za nenarušeno stanje.	Koncentracije hranjivih tvari ne izlaze iz okvira koji osiguravaju funkciju ekosustava i postizanje gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.	
		Temperatura, režim kisika i prozirnost ne pokazuju znakove antropogenih poremećaja i ostaju u rasponu uobičajenom za nenarušeno stanje	Koncentracije hranjivih tvari ne izlaze iz okvira koji osiguravaju funkciju ekosustava i postizanje gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.	
Površinske vode – priobalne vode	Specifične sintetske onečišćujuće tvari	Koncentracije blizu nule ili barem ispod granica detekcije najnaprednijim analitičkim postupcima u općoj uporabi.	Koncentracije ne prelaze standarde određene po postupku opisanom u točki 1.2.6., ne prejudicirajući Direktivu 91/414/EC i 98/8/EC (<EQS).	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.
	Specifične nesintetske onečišćujuće tvari	Koncentracije ostaju unutar raspona koji je uobičajen za neporemećena stanja (temeljna razina – bgl)	Koncentracije ne prelaze standarde utvrđene postupkom opisanom u točki 1.2.6.2 ne prejudicirajući Direktivu 91/414/EC i 98/8/EC. (<EQS)	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.

Tablica 4. Rasponi stupnja zasićenja kisikom ( $O_2/O_2'$ ) te koncentracija anorganskog dušika (TIN) i ukupnog fosfora (TP) ( $mmol\ m^{-3}$ ) za pojedina ekološka stanja priobalnih voda.

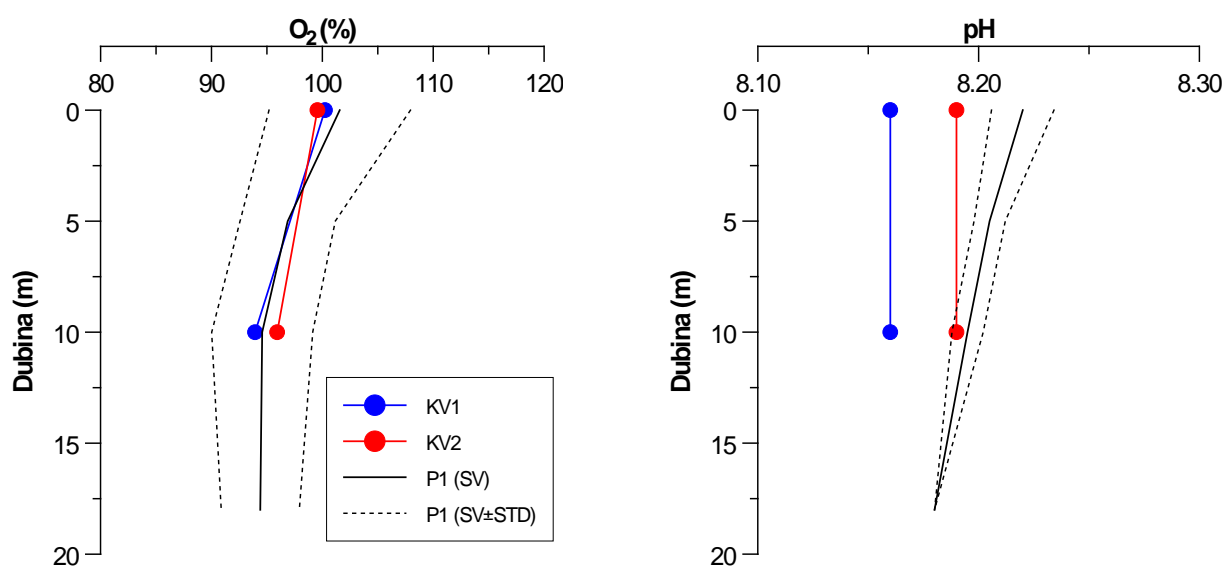
Ekološko stanje Stupanj eutrof. Boja	$\gamma(O_2/O_2')$	c (TIN) $mmol\ m^{-3}$	c (TP) $mmol\ m^{-3}$	Uvjeti
Slabo Ekstremno eutrof. Narančasta	p.- >1,7 d.- 0,0-0,3	> 20	> 1,3	- visoka produktivnost - loša prozirnost - obojenost - perzistentne anoksije/hipoksije - ugibanje bentoskih organizama - promjene u bentoskim zajednicama
Umjereno dobro Eutrofno Žuta	p.- >1,7 d.- 0,3-0,8	10-20	0,6-1,3	- visoka produktivnost - slaba prozirnost - povremena obojenost - hipoksija i povremene anoksije - problemni sa bentoskim zajednicama
Dobro Mezotrofno Zelena	p.- 1,2-1,7 d.- 0,3-0,8	2-10	0,3-0,6	- srednja produktivnost - povremeno smanjenje prozirnosti - povremena obojenost - povremene hipoksije
Vrlo dobro Oligotrofno Plava	0,8-1,2	<2	<0,3	- niska produktivnost - dobra prozirnost - obojenost odsutna - odsutnost hipoksija

Tablica 5. Prijedlog raspona stupnja zasićenja kisikom (%) te koncentracija anorganskog dušika (TIN), ortofosfata ( $PO_4$ ) i ukupnog fosfora (TP) ( $mmol\ m^{-3}$ ) za ocjenu ekološkog stanja prijelaznih voda. P: Površinski sloj, D: pridneni sloj).

Parametar		Zasićenje kisikom (%)	C TIN ( $mmol\ m^{-3}$ )	c $PO_4$ ( $mmol\ m^{-3}$ )	c TP ( $mmol\ m^{-3}$ )
Ekološko stanje	Visoko ili referentno	P: 80-120 D: >80	P: <80 D: <5	<0,1	<0,3
	Dobro	P: 75-150 D: >40	P: <150 D: < 20	<0,3	<0,6
	Umjereno	P: >150	P: >250	>0,3	>0,6
	Loše	D: < 40	D: >20		
	Vrlo loše				

## Stanje otopljenog kisika i pH-vrijednosti na istraženim postajama tijekom prosinca 2011

Površinski je sloj istraženih postaja bio uravnotežen u odnosu na otopljeni kisik, dok je u pridnenom sloju ustanovljen tek blagi nedostatak kisika (Tablica 2, slika 8). U odnosu na prosječno, višegodišnje stanje na postaji P1, zasićenost je na obje postaje slijedila uobičajeni vertikalni hod i nalazila se u granicama srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija. Na osnovi ovih činjenica kao i granica ekoloških klasa iz tablica 4 i 5 možemo zaključiti da je na istraženim postajama ustanovljeno vrlo dobro stanje vodenog stupca obzirom na otopljeni kisik bez vidljivog antropogenog utjecaja.

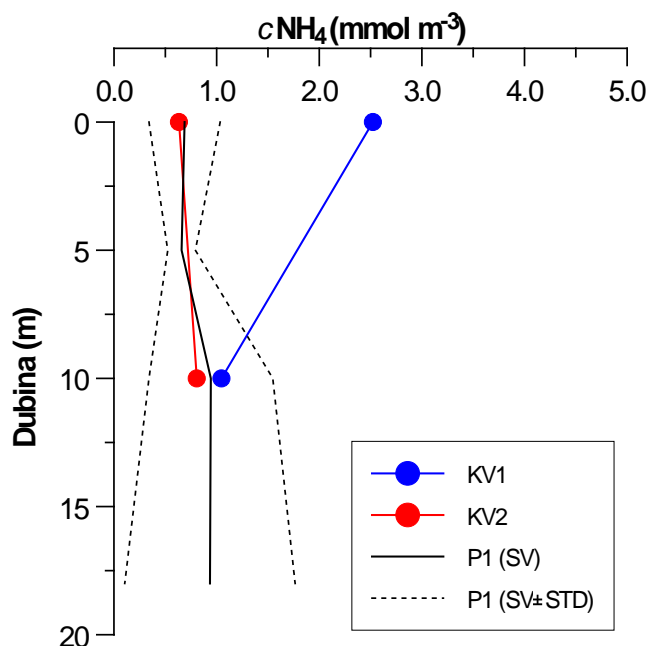


Slika 8. Vertikalni profili zasićenja vodenog stupca kisikom ( $O_2$  %) i pH vrijednosti na postajama KV1 i KV2 tijekom prosinca 2011. god., uz prosječno ( $\pm$  1 standardna devijacija), višegodišnje (2002-2010) stanje ovih parametara na postaji P1 tijekom prosinca.

Za razliku od otopljenog kisika, pH vrijednosti vodenog stupca istraženih postaja bile su niže u odnosu na višegodišnje srednje vrijednosti s postaje P1, a također su bili i izvan granica standardnih devijacija (izuzetak predstavlja pridneni sloj postaje KV2). Odstupanje pH vrijednosti od prosječnog stanja osobito je izraženo na postaji KV1 (0,04 do 0,06 pH jedinica) dok je na postaji KV2 relativno umjereno (0,01 do 0,02 pH jedinica). Obzirom da je postaja KV1 smještena relativno blizu kopna pretpostavljamo da postoji antropogeni utjecaj koji narušava prirodnu pH vrijednost mora u ovom dijelu zaljeva. Utjecaj je lokalnog karaktera jer ga pufersko djelovanje karbonatnog sustava morske vode, već na nešto udaljenijoj postaji KV2, u dobroj mjeri poništava.

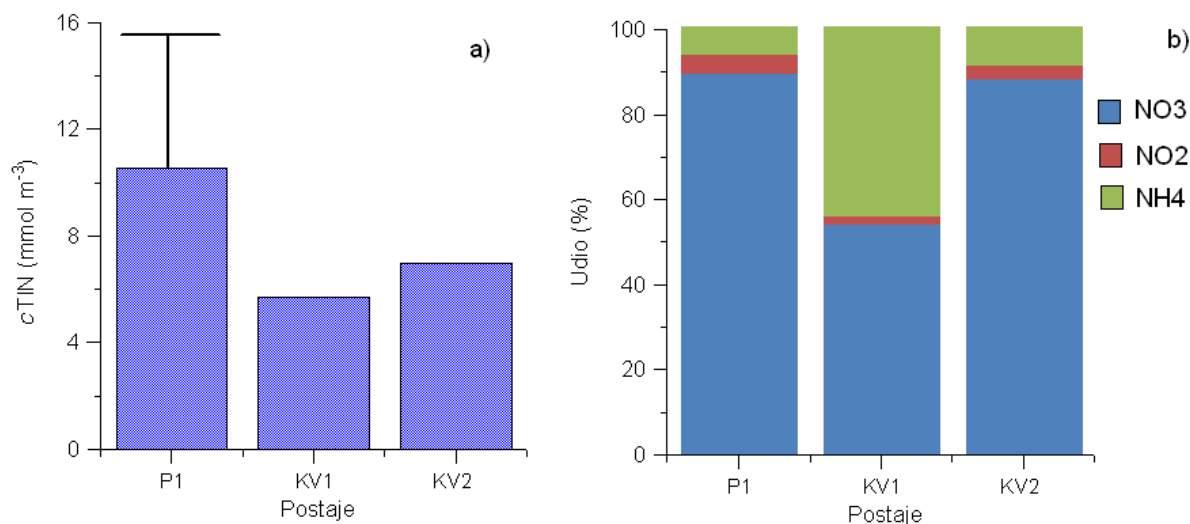
**Stanje  $\text{NH}_4^+$ , ukupno otopljenog anorganskog dušika, ortofosfata i ukupnog fosfora na istraženim postajama tijekom prosinca 2011. godine**

Koncentracije amonijevih soli su tijekom prosinca 2011. bile u rasponu od 0,63 do 2,52  $\text{mmol m}^{-3}$  (Tablica 2) i većinom nisu odstupali od višegodišnjeg prosječnog stanja ovog pokazatelja na postaji P1 (Slika 9). Izuzetak predstavlja površinski sloj postaje KV1, gdje je ustanovljena povišena vrijednost koja se nalazi i izvan granica srednje vrijednosti  $\pm$  standardne devijacije s postaje P1.



Slika 9. Vertikalni profili koncentracija amonijevih soli ( $\text{NH}_4^+$ ) na postajama KV1 i KV2 tijekom prosinca 2011. god., uz prosječno ( $\pm$  1 standardna devijacija), višegodišnje (2002-2010) stanje ovih parametara na postaji P1 tijekom prosinca.

Obzirom da su amonijeve soli samo jedna od otopljenih anorganskih dušikovih soli, zanimljivo je pogledati koncentracije ukupno otopljenog anorganskog dušika (TIN = nitrati + nitriti + amonijeve soli) u površinskom sloju istraženih postaja (Slika 10a), kao i udjele pojedinih dušikovih vrsta u TIN-u (Slika 10b). Prema prikazanim rezultatima može se uočiti da su koncentracije TIN-a na postajama KV1 i KV2 tijekom prosinca 2011. bile znatno manje u odnosu na prosječne koncentracije s postaje P1, što u velikoj mjeri otklanja vjerojatnost antropogenog dotoka amonijevih soli kao uzročnika zabilježenog povišenja koncentracija u površinskom sloju postaje KV1 (Slika 9). Obzirom da je u površinskom sloju postaje KV1 ustanovljena značajno viša zastupljenost amonijevih soli u TIN-u u odnosu na postaje P1 i KV2 (Slika 10b) za pretpostaviti je da je sniženje pH vrijednosti na ovoj postaji odgovorno za promjene u specijaciji dušikovih vrsta.



Slika 10. a) Prosječna koncentracija ukupnog anorganskog dušika (TIN) u površinskom sloju postaje P1 tijekom prosinca (2002-2010) i izmjerene koncentracije na postajama KV1 i KV2 u prosincu 2011. b) Prosječni (postaja P1) i izmjereni (postaje KV1 i KV2) udjeli nitrata, nitrita i amonijevih soli u ukupno otopljenom anorganskom dušiku.

Rezultati analiza ukupno otopljenog anorganskog dušika, ali i ortofosfata i ukupnog fosfora u uzorcima s postaja KV1 i KV2 prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Vertikalna raspodjela koncentracija ukupno otopljenog dušika (TIN), ortofosfata (PO<sub>4</sub>) i ukupnog fosfora (TP) (mmol m<sup>-3</sup>) izmjerenih 16. prosinca 2011.

Postaja	Dubina (m)	c TIN (mmol m <sup>-3</sup> )	c PO <sub>4</sub> (mmol m <sup>-3</sup> )	c TP (mmol m <sup>-3</sup> )
KV1	0	5,69	0,098	0,244
	10	3,49	0,075	0,228
KV2	0	6,98	0,114	0,233
	10	5,38	0,048	0,244

Uzimajući referentne raspone otopljenog anorganskog dušika i ortofosfata iz tablica 5 i 6, ekološko se stanje na postajama KV1 i KV2 tijekom prosinca 2011. može ocijeniti između vrlo dobrog i dobrog.

### 2.3. Ukupne masnoće i mineralna ulja

Koncentracije ukupnih masnoća ustanovljene tijekom prosinca 2011. godine na postajama KV1 i KV2 predstavljaju maksimalne vrijednosti u dosadašnjem razdoblju istraživanja akvatorija luke Ploče (Tablica 7). Među postajama nisu ustanovljene značajne razlike. Obzirom da se pod pojmom „ukupne masnoće“ podrazumijeva grupa različitih kemijskih spojeva relativno sličnih fizikalnih svojstava koje opet mogu biti autohtonog i



antropogenog porijekla ustanovljene vrijednosti se ne mogu komentirati. Iako trenutno za ukupne masnoće ne postoje zakonske odredbe o maksimalno dozvoljenim koncentracijama u prirodnim vodama, iskustveno se može utvrditi da ustanovljene vrijednosti tek blago prelaze uobičajene raspone ukupnih masnoća u priobalnom moru.

Tablica 7. Vertikalna raspodjela sadržaja ukupnih masnoća na istraženim postajama u luci Ploče za razdoblje od 2007. do 2011. godine.

Ukupne masnoće (mg/L)					
Postaja	Dubina (m)	2011 (prosinac)	2007-2011 (rujan-kolovoz)		
			Min	Maks	SV
KV1	0	0,061	-	-	-
	10	0,092	-	-	-
KV2	0	0,090	-	-	-
	10	0,083	-	-	-
P1	0	-	0,010	0,050	0,027
	10	-	0,008	0,063	0,026
P2	0	-	0,006	0,053	0,025
	10	-	0,009	0,061	0,027

Koncentracije mineralnih ulja (Tablica 8) u površinskom sloju su bile ispod granice detekcije (< 0,004 mg/L), dok su u pridnenom sloju bile povišene i osjetno više u odnosu na dosada zabilježene vrijednosti u ovom području.

Tablica 8. Vertikalna raspodjela mineralnih ulja na istraženim postajama u luci Ploče za razdoblje od 2007. do 2011. godine.

Mineralna ulja (mg/L)				
Postaja	Dubina (m)	2011 (prosinac)	2007-2011 (rujan-kolovoz)	
			Min	Maks
KV1	0	<0,004	-	-
	10	0,048	-	-
KV2	0	<0,004	-	-
	10	0,052	-	-
P1	0	-	<0,001	0,01
	10	-	<0,001	0,004
P2	0	-	<0,001	0,012
	10	-	<0,001	0,006

Ako se ustanovljene koncentracije razmotre kroz zakonske odredbe o maksimalno dozvoljenim koncentracijama (Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće: NN 47/08) može se iznijeti da površinski sloj istraženog područja nije opterećen mineralnim uljima (MDK = 0,02 mg/L), dok vrijednosti u pridnom sloju ukazuju da je ovo područje pod određenim antropogenim utjecajem obzirom na mineralna ulja.

#### 2.4. Teški metali u školjkašima

Ustanovljeni maseni udjeli teških metala u sedimentu postaja PLS-01 i PLS-02 prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Maseni udjeli (mg/kg suhog sedimenta) teških metala u sedimentu istraženih postaja.

Postaja	Cd	Pb	Cu	Zn
PLS-01	0,41	52,74	33,82	109,33
PLS-02	0,40	46,18	27,64	100,52

Iz prikazanih vrijednosti uočava se da su udjeli svih metala u sedimentu postaje PLS-01 viši u odnosu na udjele s postaje PLS-02. Usporedbom dobivenih rezultata s podacima istraživanja teških metala u srednjem i južnom Jadranu (Projekt «Pag-Konavle, Izviješće za 2011. god.) proizlazi da se koncentracije metala u Pločama nalaze u rasponu ostalih gradskih područja, dok su u odnosu na referentnu postaju Stončica (smještena u području otvorenog mora srednjeg Jadrana) povišene (Tablica 10).

Tablica 10. 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
Cd	0,292	0,907	0,375	0,312	0,225
Pb	45,21	123,34	58,98	51,33	18,22
Cu	34,06	60,11	34,11	53,75	7,40
Zn	155,99	364,79	149,33	192,06	54,38

Ustanovljeni maseni udjeli teških metala u školjkašima (*Mytilus galloprovincialis*) iz akvatorija luke Ploče prikazani su u tablici 11.

Tablica 11. Maseni udjeli (mg/kg suhe tvari) teških metala u školjkašima (*Mytilus galloprovincialis*) s istraženih postaja u akvatoriju luke Ploče.

Postaja	Pb	Zn	Cu	Sn	Hg
Referentna	0,703	79,156	4,976	0,926	0,045
Terminal	1,122	97,440	6,184	2,880	0,088

Iz prikazanih vrijednosti uočava se da su udjeli svih metala u školjkama s postaje u blizini terminala viši u odnosu na masene udjele u školjkama s referentne postaje. Usporedbom dobivenih rezultata iz pločanskog akvatorija s prosječnim koncentracijama teških metala izmjerenih u drugim priobalnim područjima (Izvešće Agencije za zaštitu okoliša o stanju morskog okoliša, marikulture i ribarstva), uočljivo je da su udjeli olova (Pb), cinka (Zn), bakra (Cu) i žive (Hg) u školjkašima s postaja pločanskog akvatorija niži u odnosu na prosječne udjele teških metala s drugih istraženih postaja u hrvatskom priobalju (Tablica 12), te da se nalaze u prvom kvartilu svih ustanovljenih vrijednosti.

Tablica 12. Rezultati statističke analize podataka o udjelima olova, cinka, bakra i ukupne žive (mg/kg suhe tvari) u ukupnom mekom tkivu školjkaša *Mytilus galloprovincialis* uzorkovanih na 14 postaja u južnom, srednjem i sjevernom Jadranu u 2010. godini.

	Min.	Maks.	Srednja vrijednost	Stand. dev.	Medijan	Prvi kvartil (25%)	Treći kvartil (75%)
<b>Pb</b>	1,31	12,79	4,09	3,43	2,60	1,72	5,39
<b>Zn</b>	118,31	356,62	189,32	65,11	176,17	145,60	205,28
<b>Cu</b>	7,27	31,94	13,93	7,56	11,05	9,04	15,26
<b>HgT</b>	0,14	3,80	0,70	1,17	0,34	0,20	0,46

Obzirom da u izvješću Agencije za zaštitu okoliša nema dostupnih podataka za kositar, vrijednosti iz pločanskog akvatorija mogu se usporediti s rezultatima monitoring programa hrvatskog priobalja iz 2010. godine, kojeg je proveo Institut „Ruđer Bošković“. U njihovom ispitivanju ustanovljen je raspon koncentracija kositra u školjkašima od 0,1 do 0,2 mg/kg u područjima bez značajnijeg antropogenog utjecaja, dok je u industrijskim i lučkim područjima izmjeren raspon od 1 do 2 mg/kg. Ustanovljene koncentracije kositra iz akvatorija luke Ploče slične su navedenim vrijednostima vezanim za industrijska i lučka područja, što ukazuje na nešto jači antropogeni utjecaj iz područja Luke na morski okoliš.

Za toksične elemente Cd, Pb i Hg, koji su uvršteni u prioritetne onečišćujuće tvari, definirane su najveće dozvoljene koncentracije (NDK) u tkivu školjkaša, riba i ribljih proizvoda (Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani, NN 154/08; te Pravilnik o toksinima, metalima i metaloidima, te drugim štetnim tvarima koji se mogu nalaziti u hrani, NN 16/05). Iz podataka prikazanim u tablici 13 može se zaključiti da su sve izmjerene vrijednosti masenih udjela teških metala u školjkašima iz pločanskog akvatorija višestruko niže u odnosu na zakonski propisane dopuštene koncentracije.

Tablica 13. Maseni udjeli teških metala (mg/kg mokre mase) u školjkašima (*Mytilus galloprovincialis*) s istraženih postaja u pločanskom akvatoriju za 2011. godinu, te NDK vrijednosti (mg/kg mokre mase) iz Pravilnika (NN 16/05 i NN 154/08).

Metal	Maseni udio (mg/kg mokre mase)		NDK (mg/kg mokre mase)	
	Referentna	Terminal	Školjkaši	Ribe i riblji proizvodi
<b>Pb</b>	0,10	0,14	1,5	-
<b>Zn</b>	11,25	12,53	-	100
<b>Cu</b>	0,71	0,80	-	30
<b>Sn</b>	0,13	0,37	-	-
<b>Hg</b>	0,006	0,011	-	0,5

## 2.5. Policiklički aromatski ugljikovodici u školjkašima

PAH-ovi spadaju u skupinu postojanih organskih zagađivala, a glavna obilježja u odnosu na morski okoliš su njihova postojanost i podložnost procesima bioakumulacije i biomagnifikacije u organizmima. Analizom uzoraka školjkaša prikupljenih s referentne postaje kao i s područja postaja Terminala na Benzo (a) piren utvrđeni su maseni udjeli < 1 µg/kg suhe tvari na obje postaje. Istovjetni rezultati ustanovljeni su i tijekom istraživanja ovog akvatorija od 2007. godine što ukazuju na nepromijenjeno stanje obzirom na ovaj policiklički aromatski ugljikovodik.

Prema zakonski definiranim najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (NN 154/08) ustanovljeni udjeli Benzo (a) pirena su znatno niži od dozvoljenog udjela od 10 µg/kg mokre mase.

Obzirom da se trenutačno analize PAH-ova u sedimentu i organizmima u monitoring programu "Jadran" ne provode, ovi podaci se ne mogu uspoređivati s drugim područjima Jadrana, međutim rezultati drugih polihalogeniranih postojanih organskih onečišćujućih tvari

(DDT i PCB) upućuju na njihovu relativno nisku razinu u morskom okolišu Jadrana (Izviješće Agencije za zaštitu okoliša, Opasne tvari u morskim organizmima, 2011 - <http://jadran.izor.hr/azo/>).

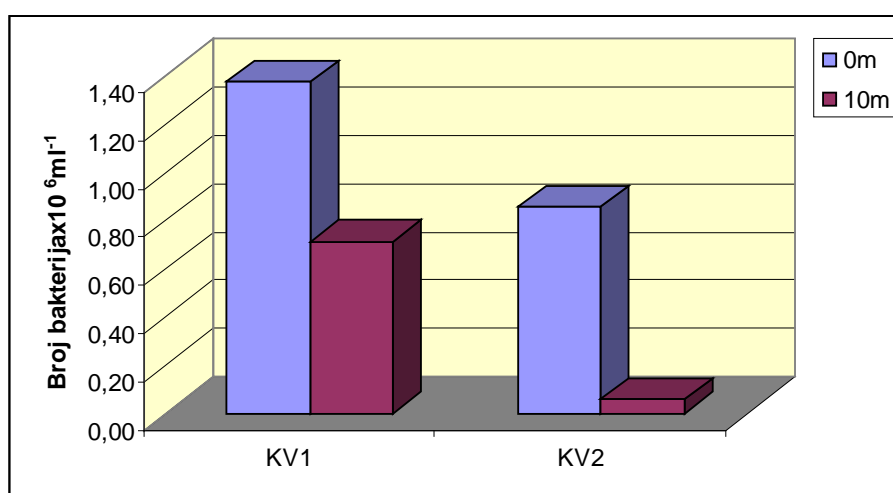
## 2.6. Mikrobiološki parametri

### 2.6.1. Heterotrofne bakterije

Uzorkovanje za analizu aerobnih heterotrofnih bakterija obavljeno je u prosincu 2011. godine na dvije postaje KV1 i KV2 (Slika 1). Uzorci su uzeti iz površinskog i pridnenog sloja (10m).

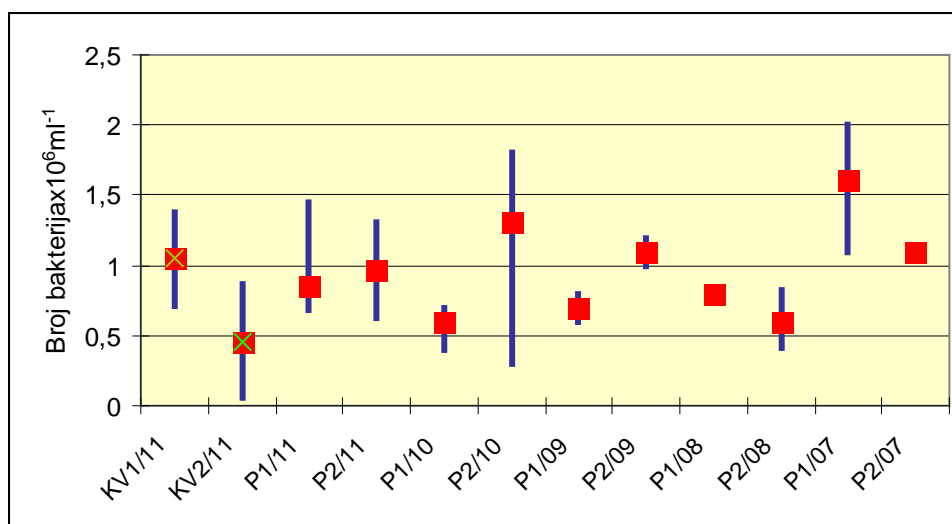
Aerobne heterotrofne bakterije igraju vrlo važnu ulogu u morskom ekosustavu zahvaljujući svojim biokemijskim aktivnostima, odnosno sposobnostima da rabe i razgrađuju organsku tvar u otopljenom obliku. Svaka promjena u količini otopljene organske tvari u moru utječe na broj bakterija, njihovu metaboličku 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 KV1 ispred same luke iznosila je  $1,05 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$ , na postaji KV2  $0,46 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$ . Značajna razlika u gustoći heterotrofnih bakterija na ove dvije postaje upućuje na zaključak da je postaja KV1 pod većim opterećenjem organskom tvari na koju ove bakterije brzo reagiraju pojačanim rastom. Vertikalni gradijent gustoće je utvrđen na obadvije postaje, s maksimalnim vrijednostima u površinskom sloju (Slika 11), što je u suglasju s termohalnim osobinama vodenog stupca.



Slika 11. Vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija na užem području luke Ploče

Uspoređujući vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija izmjerenih na postajama KV1 i KV2 u 2011. godini u samoj luci Ploče s vrijednostima izmjerenim na širem području Ploča (postaje P1 i P2 u razdoblju od 2007. do 2011. godine) proizlazi da vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija na užem području Ploča osciliraju u rasponu od  $10^5$  do  $10^6$  stanica  $\text{ml}^{-1}$  što su slične vrijednosti vrijednostima izmjerenim na širem području Ploča (Slika 12).



Slika 12. Minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti gustoće heterotrofnih bakterija na postajama KV1 i KV2 u prosincu 2011. u usporedbi s vrijednostima gustoće bakterija na postajama P1 i P2 u razdoblju od 2007. do 2011. godine

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  $\text{ml}^{-1}$  do  $10^7$  stanica  $\text{ml}^{-1}$ , a u ekstremno eutrofnim sredinama dostiže vrijednosti od  $10^8$  stanica  $\text{ml}^{-1}$  (Krstulović, 1992). Naime, bakterijska brojnost je u pravilu odgovor na prosječno stanje bogatstva pojedinog morskog područja, pri čemu se brojnosti manje od  $1 \times 10^6$  stanica  $\text{ml}^{-1}$  smatraju tipičnim za oligotrofna mora (Cotner i Biddanda, 2002). S obzirom da su izmjerene vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija na području luke Ploče tijekom prosinca 2011. bile u granicama od  $10^5$  stanica  $\text{ml}^{-1}$  do  $10^6$  stanica  $\text{ml}^{-1}$  to se može zaključiti da je more ispitivanog područja imalo osobine umjerenog eutrofnog područja.

### 2.6.2. Pokazatelji fekalnog onečišćenja

Pokazatelji fekalnog zagađenja (*Escherichia coli* i crijevni enterokoki) ispitani su u površinskom sloju mora na postajama KV1 i KV2 u prosincu 2011. godine. Uzorkovanje i analiza navedenih parametara su obavljani u skladu s hrvatskim normama, odnosno analizirani su metodom membranske filtracije uz korištenje odgovarajućih selektivnih

podloga. Procjena sanitarne kakvoće mora izvršena je prema Uredbi o kakvoći mora za kupanje; Narodne Novine, br. 73, 2008) (Tablica 14).

Tablica 14. Standardi za ocjenu kakvoće mora nakon svakog ispitivanja.

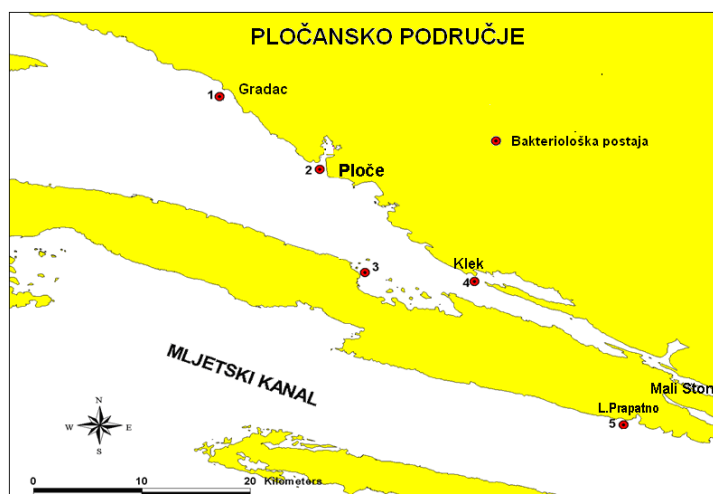
Pokazatelj	Kakvoća mora			Metoda ispitivanja
	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	
Crijevni enterokoki (broj kolonija u 100 ml)	< 60	61-100	101-200	HRN EN ISO 7899-1
<i>Escherichia coli</i> (broj kolonija u 100 ml)	< 100	101-200	201-300	HRN EN ISO 9308-1

Prisustvo pokazatelja fekalnog onečišćenja je utvrđeno na obadvije ispitivane postaje u visokim koncentracijama temeljem kojih se mogu svrstati u područje nezadovoljavajuće kakvoće mora za kupanje (Tablica 15).

Tablica 15. Rezultati ispitivanja sanitarne kakvoće mora u prosincu 2011. godine

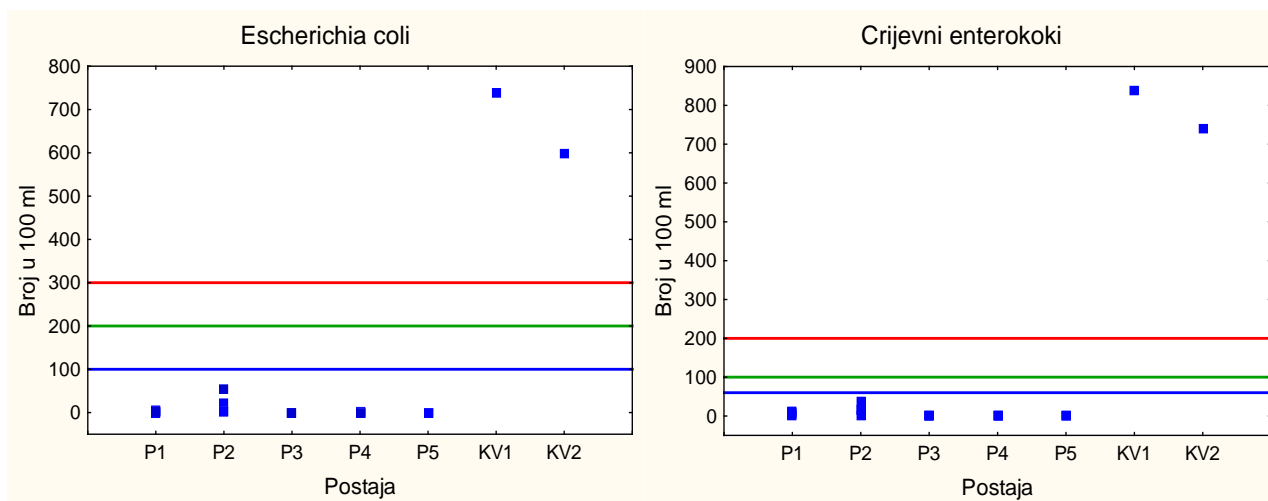
Pokazatelj	Kakvoća mora	
	Postaja KV1	Postaja KV2
Crijevni enterokoki (broj kolonija u 100 ml)	840	740
<i>Escherichia coli</i> (broj kolonija u 100 ml)	740	600

Usporedbom podataka iznijetih u Tablici 15. s podacima za šire područje Ploča (Slike 13 i 14) proizlazi da su vrijednosti visoke što ukazuje na povećano prisustvo fekalnih otpadnih voda u luci Ploče u odnosu na šire područje Ploča.



Slika 13. Postaje za ispitivanje indikatora fekalnog onečišćenja na širem području Ploča.

No, treba napomenuti da je za donošenje realne procjene sanitarne kakvoće ispitivanog područja potrebno obavljati učestalija mjerenja, posebice u ljetnom razdoblju.



Slika 14. Koncentracije *Escherichia coli* i crijevnih enterokoka na širem području Ploča u odnosu na postaje KV1 i KV2. Granične vrijednosti za kakvoću mora: izvrsna – plava crta; dobra – zelena crta; zadovoljavajuća – crvena crta.



### 3. ZAKLJUČCI I MIŠLJENJE

Prema prikazanim rezultatima fizičko-kemijskih i mikrobioloških parametara određenih u uzorcima iz područja kontejnerskog terminala luke Ploče za prosinac 2011. može se zaključiti:

- na postajama KV1 i KV2 ustanovljena je relativno ujednačena horizontalna razdioba temperature i saliniteta. Obzirom da su termohaline osobine površinskog sloja na postajama KV1 i KV2 pod utjecajem slatke vode, temperatura površinskog sloja bila je za 0,2 do 1,3 °C manja u odnosu na vodu u dubljim slojevima gdje je salinitet veći. Stalni dotok slatke vode razlogom je što je salinitet uz površinu niži (Sal = 33,74 do 37,5) u odnosu na dublje slojeve (Sal = 38,36). Usporedivši termohaline osobine na postajama KV1 i KV2 s termohalnim osobinama na referentnoj postaji P1 možemo zaključiti da ustanovljeno stanje pokazuje uobičajenu strukturu i vrijednosti;
- prozirnost na obje postaje je iznosila 5 m što je za 0,5m niža vrijednost u odnosu na višegodišnju srednju prozirnost ustanovljenu na referentnoj postaji P1, ali još je uvijek u uobičajenim vrijednostima za poluzatvoreno područje tijekom prosinca;
- kod osnovnih kemijskih pokazatelja za vodeni stupac ustanovljeno je vrlo dobro stanje u odnosu na stupanj zasićenja vodenog stupca kisikom, dok je kod pH vrijednosti na obje postaje ustanovljeno smanjenje vrijednosti (zakiseljavanje) u odnosu na višegodišnje pH vrijednosti za ovo područje. Odstupanje pH vrijednosti od prosječnog stanja osobito je izraženo na postaji KV1 (0,04 do 0,06 pH jedinica), a kao razlog ovoj pojavi najvjerojatnije je pojačani antropogeni utjecaj na ovaj dio luke Ploče. Značajnije odstupanje od uobičajenih vrijednosti ustanovljeno je i kod amonijevih soli koje su u površinskom sloju postaje KV1 bile povišene, međutim kako su koncentracije ukupno otopljenog anorganskog dušika bile u uobičajenim granicama zaključujemo da je na ovoj postaji došlo do pojačane redukcije nitrata i nitrata u amonijeve soli, a ne do akumulacije anorganskog dušika. Dodatna analiza ortofosfata i ukupnog fosfora pokazala je da se stanje istraženog područja obzirom na koncentracije hranjivih soli može klasificirati kao vrlo dobro – dobro;
- koncentracije ukupnih masnoća bile su nešto više u odnosu na rezultate istraživanja u ovom području prethodnih godina. Koncentracije mineralnih ulja bile se ispod granice detekcije metode u površinskom sloju, međutim u pridnenom sloju su ustanovljene povišene vrijednosti koje ukazuju da je područje pod određenim antropogenim utjecajem u odnosu na mineralna ulja;

- maseni udjeli teških metala u sedimentu postaja PLS-01 su blago povišeni u odnosu na postaju PLS-2, međutim sve vrijednosti se nalaze u rasponu vrijednosti ustanovljenih u blizini gradskih područja srednjeg Jadrana;
- maseni udjeli teških metala u školjkašima uzorkovanim u području kontejnerskog terminala su povišene u odnosu na uzorke s referentne postaje, međutim sve su ustanovljene vrijednosti niže (olovo, cink, bakar i živa) ili slične (kositar) u odnosu na njihove udjele u školjkašima uzorkovanim u drugim urbaniziranim područjima hrvatskog priobalja. Svi udjeli zadovoljavaju norme Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama kontaminanata u hrani, odnosno Pravilnika o toksinima, metalima i metaloidima, te drugim štetnim tvarima koji se mogu nalaziti u hrani (NN 154/08 i NN 16/05);
- maseni udjeli PAH-ova u školjkašima iz područja kontejnerskog terminala kao i sa referentne postaje bile su vrlo niske i zadovoljavaju norme Pravilnika o najvećim dopuštenim količinama kontaminanata u hrani, odnosno Pravilnika o toksinima, metalima i metaloidima, te drugim štetnim tvarima koji se mogu nalaziti u hrani (NN 154/08 i NN 16/05);
- vrijednosti za gustoću heterotrofnih bakterija ukazuju da more ispitivanog područja ima osobine umjereno eutrofnog područja;
- prisustvo pokazatelja fekalnog onečišćenja utvrđeno je na obje ispitivane postaje u visokim koncentracijama što ukazuje na izravni utjecaj fekalnih otpadnih voda na užem području luke Ploče.

#### 4. LITERATURA

Agencija za zaštitu okoliša, Izvješće „More, ribarstvo i akvakultura“ za 2010. god.

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

Cotner, J.B., Biddanda, B.A. 2002. Small players, Large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems, *Ecosystems*, **5**:105-121.

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

Institut „R. Bošković“ - Centar za istraživanje mora, Izvješća Projekta «Jadran», 1999 - 2009, Rovinj.

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Izvješća Projekta „Vir-Konavle“ i „Pag-Konavle“, 1974 - 2011, Split.

Kušpilić, G., Precal, R., Dadić, V., Šurmanović, D. i Marjanović Rajčić, M., 2010. Prijedlog granica klasa fizikalno-kemijskih pokazatelja unutar BEK Fitoplankton za područje prijelaznih i priobalnih voda Republike Hrvatske. XI stručni sastanak laboratorija ovlaštenih za ispitivanje voda. Biograd, 16.-19.11.2010.

Krstulović, N. 1992. Bacterial biomass and production rates in the central Adriatic. *Acta Adriat.* Vol 33, 1992, pp 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.