

Nacionalni inštitut za biologijo

Morska biološka postaja Piran

## Spremljanje kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo v letu 2011

**Nosilka projektne naloge:** Valentina Turk

Sodelavci:

**O. Bajt, P. Mozetič, M. Poje, A. Ramšak, M. Šiško, A. Malej**

Naročnik:

**MINISTRSTVO ZA OKOLJE in PROSTOR , AGENCIJA R SLOVENIJE  
ZA OKOLJE**

Marec, 2012

Za bibliografske namene se delo navaja kot poročilo o rezultatih raziskav (tipologija COBISS 2.12):

Turk V., O. Bajt, P. Mozetič, M. Poje, A. Ramšak, M. Šiško, A. Malej. 2012. Izvajanje programa spremljanja kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo. Poročilo za leto 2011. (Poročila MBP – Morska biološka postaja). Naročnik: Agencija RS za okolje. Piran: Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, 2012

## SPREMLJANJE KAKOVOSTI MORJA IN VNOSOV ONESNAŽENJA S KOPNEGA V LETU 2011

### KAZALO

Kazalo.....	2
Povzetek .....	4
Uvod .....	7
Rezultati .....	10
1. Sanitarna analiza kopalnih voda .....	10
2. Monitoring obalnega morja in trend monitoring .....	12
2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu .....	12
2.2. Rezultati koncentracij ogljikovodikov v morskih organizmih .....	15
2.3. Rezultati koncentracij težkih kovin v morskih organizmih .....	17
3. Evtrofikacijski monitoring .....	19
4. Obremenitev – vnos s kopnega.....	24
5. Biomonitoring - biološke spremembe onesnaženja.....	26
Koordinacija – MED POL poročilo 2011 .....	30
Opis metod in merilna mesta.....	31
Literatura .....	37



## POVZETEK

Slovenija kot članica programa Združenih narodov za okolje (UNEP) in podpisnica Konvencije o varovanju Sredozemskega morja pred onesnaženjem (Barcelonska konvencija) aktivno sodeluje v programu Sredozemskega akcijskega načrta (MAP-Mediterranean Action Plan). Izvajanje projekta Spremljanje kakovosti morja in vnosov s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo je omogočilo Ministrstva za okolje in prostor R Slovenije, Agencije RS za okolje. Poročilo vključuje rezultate mikrobioloških analiz kakovosti kopaliških voda, fizikalno-kemične in biološke analize morske vode za oceno stopnje evtrofikacije, rezultate policikličnih in aromatskih ogljikovodikov, kadmija in živega srebra v sedimentu in morskih organizmih (školjkah), oceno vnosa s kopenskih točkovnih virov onesnaženja v morje in rezultate analiz biomonitoringa za oceno bioloških posledic onesnaženja na morskih organizmih.

V letu 2011 je spremljanje sanitarne kakovosti kopaliških vod potekalo na 21 kopalnih vodah – na 14 naravnih kopališčih ter 7 kopalnih območjih. Na posameznem kopališču so bili odvzeti vzorci vsake 14 dni, v času kopalne sezone, od 1. junija do 15. septembra 2011. Na terenu je bila opravljena ocena prisotnosti vidnih nečistoč, mineralnih olj, fenolov in detergentov, v laboratoriju pa mikrobiološke analize določanja prisotnosti bakterije *Escherichia coli* in intestinalnih enterokokov. Opravljenih je bilo 9 analiz na posameznem kopališču. Glede na kriterije za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije, rezultati na vseh merilnih mestih ustrezajo kriterijem, ki dovoljujejo uporabo kopališč za rekreativne namene. Podrobnejši rezultati analiz so zbrani v letnih poročilih, ki so objavljeni na spletni strani Agencije RS za okolje ([www.arso.gov.si/vode](http://www.arso.gov.si/vode)) in Inštituta za varovanje zdravja RS ([www.ivz.si](http://www.ivz.si)).

Onesnaženost morskega dna (sedimenta) z alifatskimi in aromatskimi ogljikovodiki spremljamo v marini Portorož, ustju reke Rižane, sredini Koprškega in Piranskega zaliva, pred Debelim rtičem, sredi Tržaškega zaliva, ter mestih, ki so izpostavljena večjemu ladijskemu prometu. Tako kot pretekla leta, so tudi v letošnjem letu koncentracije alifatskih ogljikovodikov v sedimentu najvišje na postajah v Luki Koper in Marini Portorož. Izmerjene koncentracije policikličnih aromatskih ogljikovodikov so bile v letu 2011 pričakovano najvišje v portoroški marini in v koprskem pristanišču ter na zunanji postaji OOKK. Na vseh postajah prevladujejo ogljikovodiki s 4-5-imi aromatskimi obroči, višje so koncentracije fluorantena in pirena. V koprskem pristanišču izstopajo precej koncentracije krizena. Tako kot pretekla leta lahko zaključimo, da je prevladujoči izvor policikličnih aromatskih ogljikovodikov pirogeni, z manjšim prispevkom petrogenega. To kaže na pomemben vpliv pomorskega prometa in bližine obalnih mest, ki še vedno v veliki meri v zimskem času uporabljajo fosilna goriva za ogrevanje.

Vzorci školjk klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) za analize kemičnega onesnaženja s težkimi kovinami (kadmija in živega srebra) in ogljikovodiki (alifatski in aromatski – AH,PAH) smo vzorčili septembra v gojišču školjk v Strunjanu in na skalah pred vhodom v koprsko pristanišče in marino. Koncentracije živega srebra so bile višje na postaji v Koprju in tudi višje v primerjavi

s preteklim letom, vendar ne odstopajo od dolgoletnega povprečja. Koncentracije kadmija pa so primerljive rezultatom preteklih let in ne kažejo razlik med postajami. Dvakrat višje pa so bile v letu 2011 izmerjene vsebnosti celokupnih aromatskih ogljikovodikov v školjkah pobranih na vhodu v Luko Koper in koprsko marino v primerjavi z referenčno postajo v Strunjanu, vendar so primerljive s rezultati preteklih let. Glede na rezultate lahko sklepamo na vpliv dejavnosti Luke Koper, Marine Koper in manjši vpliv samega mesta Koper. Prevladujejo policiklični aromatski ogljikovodik z več kondenziranimi aromatskimi obroči, relativno visoke so koncentracije fluorantena in pirena. V primeru alifatskih ogljikovodikov razlika v vsebnosti na obeh preiskovanih postajah ni tako izrazita, opazna pa je kontinuirana homologna serija alifatskih ogljikovodikov od C-15 do C-34, kar kaže na svež vnos morskih biogenih ogljikovodikov.

Kakovost obalnega morja določamo tudi z TRIX indeksom, ki temelji na meritvah koncentracij hranilnih soli, kisika in klorofila. Evtrofikacijsko stanje obalnega morja in odprtih vod določamo na dveh transektih, od notranjosti Piranskega in Koprškega zaliva, do referenčnih mest sredi Tržaškega zaliva. Glede na izračunane vrednosti TRIX indeksa lahko uvrstimo obalno morje R Slovenije v razred ugodnega trofičnega stanja in nizke produktivnosti, slabša kakovost vode je omejena na območje izliva reke Rižane. Koncentracije klorofila so bile celotno leto zelo nizke ( $<2 \mu\text{g Chl } a/l$ ), posebno v poletnih mesecih. Najvišje vrednosti smo beležili v mesecu novembru v notranjosti zalivov kot tudi na zunanjih postajah Tržaškega zaliva. Številčno so prevladovali nanoflagelati in kremenaste alge, število ostalih vrst fitoplanktona pa je bilo nizko celo leto.

Za leto 2011 so značilni izredno nizki pretoki rek, kar posledično zelo zmanjša vnos suspendiranih delcev in hranilnih snovi v Piranski in Koprski zaliv. Na osnovi rezultatov meritev kemičnih analiz in hitrosti pretokov rek (Rižane, Badaševica, Drnice, Dragonje) in izpustov čistilnih naprav (Piran, Koper) letno ocenjujemo vnos celokupne suspendirane snovi, celokupnega dušika in celokupnega fosforja v obalno morje R Slovenije. Letni vnos celokupne suspendirane snovi znaša 340,8 ton, celokupnega dušika 75 ton in celokupnega fosforja 15 ton. Zaradi nizkih pretokov so vrednosti v letošnjem letu tudi do 10 krat nižje kot pretekla leta. Vendar pa beležimo visoke koncentracije hranilnih snovi in visoke koncentracije koliformnih bakterij fekalnega izvora v ustjih rek Badaševica, Dragonje in Drnice, predvsem v poletnih mesecih.

Za ugotavljanje vpliva onesnaženja na organizme (biomonitoring) izvajamo analize indukcije metalotioneinov in vrednost prelomov v DNA (faktor SSF) v tkivu školjk *Mytilus galloprovincialis*. Vrednosti metalotioneinov v klapavicah nabranih v marcu 2011 so bile najnižje vrednosti metalotioneinov v zadnjih petih letih in na vseh postajah zelo izenačene. Izmerjene vrednosti metalotioneinov v septembrskih vzorcih pa ne odstopajo od zadnjih treh let. Manjša nihanja v vsebnosti metalotioneinov so povezana s fiziološkimi procesi (predvsem z razmnoževanjem) in s spremembami v fizikalno kemijskih parametrih okolja. Te spremembe predstavljajo stres za klapavice, na katerega se odzovejo tudi s sintezo metalotioneinov. Vrednost prelomov v DNA, ki ga lahko izrazimo s faktorjem SSF, smo analizirali v celicah

hemolimfe, adduktorske mišice klapavic. Vrednosti precej variirajo, kar je lahko posledica fizioloških ciklov, individualnih razlik v učinkovitosti popravljalnih mehanizmov kakor tudi posledica delovanja genotoksičnih snovi v okolju. Vendar pa z uporabljenimi metodami ne moremo ugotoviti kolikšen delež teh poškodb v DNA je trajen in kolikšen delež se jih popravi.

## UVOD

R Slovenija sodeluje v programih Združenih narodov za okolje (UNEP) na področju spremljanja kakovosti obalnega morja že vse od leta 1975. Sredozemski akcijski načrt (UNEP-MAP) je bil ustanovljen za posamezna regionalna morja z željo zagotoviti kakovost bivanja vseh držav Sredozemskega morja. Program predstavlja boljšo medsebojno povezavo in usklajevanje strategij in upravljanja z naravnimi viri in zaščiti naravnega okolja. Barcelonska konvencija, ki je bila podpisana že leta 1975, je bila leta 1995 dopolnjena in preoblikovana v Konvencijo o zaščiti morskega in obalnih področij Sredozemlja. Konvencija predstavlja pravni okvir in vsebinsko osnovo za delo MAP-a, v kateri sodeluje 22 držav: Albanija, Alžirija, Bosna in Hercegovina, Ciper, Črna Gora, Egipt, Francija, Grčija, Hrvaška, Italija, Izrael, Libanon, Libija, Malta, Maroko, Monako, Sirija, Slovenija, Španija, Tunis in Turčija, ter predstavniki komisije EU. Vsaka država članica ima nacionalnega koordinatorskega aktivnosti MAP-a (National Focal Point). V več kot tridesetih letih delovanja so se izoblikovali skupni interesi varovanja sredozemskega morja, področja delovanja pa so predstavljena v 7 protokolih, med njimi Protokol o preprečevanju in odpravi onesnaževanja Sredozemskega morja z odmetavanjem z ladij in letal, Protokol o sodelovanju pri preprečevanju onesnaževanja z ladji in ob izrednih dogodkih v boju proti onesnaževanju Sredozemskega morja, Protokol o varstvu Sredozemskega morja pred onesnaženjem s kopnega (MED POL), Protokol o posebej zavarovanih območjih in biološki raznovrstnosti v Sredozemlju, Protokol o zaščiti Sredozemskega morja pred onesnaževanjem med raziskovanjem in izkoriščanjem epikontinentalnega pasu, morskega dna in njegovega podzemlja, Protokol o preprečevanju onesnaževanja Sredozemskega morja zaradi prehoda nevarnih odpadkov preko meja in njihovega odstranjevanja. Protokoli predstavljajo pravni in vsebinski okvir za skupno delovanje na področjih za preprečevanje onesnaževanja s kopnega, prostorsko upravljanje z obalo, pomorski promet, biološka raznovrstnost, trajnostni razvoj in ozaveščanje s pomočjo sodobnih informacijskih tehnologij. Glavni cilji Sredozemskega akcijskega načrta so :

- zagotavljati trajnostno upravljanje naravnih morskih in kopenskih virov in vključevanje okolja v družbeno-ekonomski razvoj ter v prostorske politike;
- varstvo morskega okolja in obalnih območij s pomočjo preprečevanja onesnaževanja in zmanjševanja oziroma odpravo škodljivih vnosov v morje;
- varstvo narave in območij ekološke in kulturne vrednosti;
- krepiti solidarnost med sredozemskimi državami pri upravljanju s skupno dediščino in viri za dobrobit sedanjih in prihodnjih generacij in
- prispevati k izboljšanju kvalitete življenja.  
([http://www.cop14.si/slovenija\\_in\\_barcelonska.htm](http://www.cop14.si/slovenija_in_barcelonska.htm))

V okviru Protokola o varstvu Sredozemskega morja pred onesnaženjem s kopnega (MED POL) smo v Sloveniji vzpostavili nacionalni program spremljanja kakovosti obalnega morja in vnosa s kopnega, ki poteka v sodelovanju z Agencijo R Slovenije za vode in različnimi inštituti, odgovorni za posamezne analize. V okviru programa se velika pozornost posveča

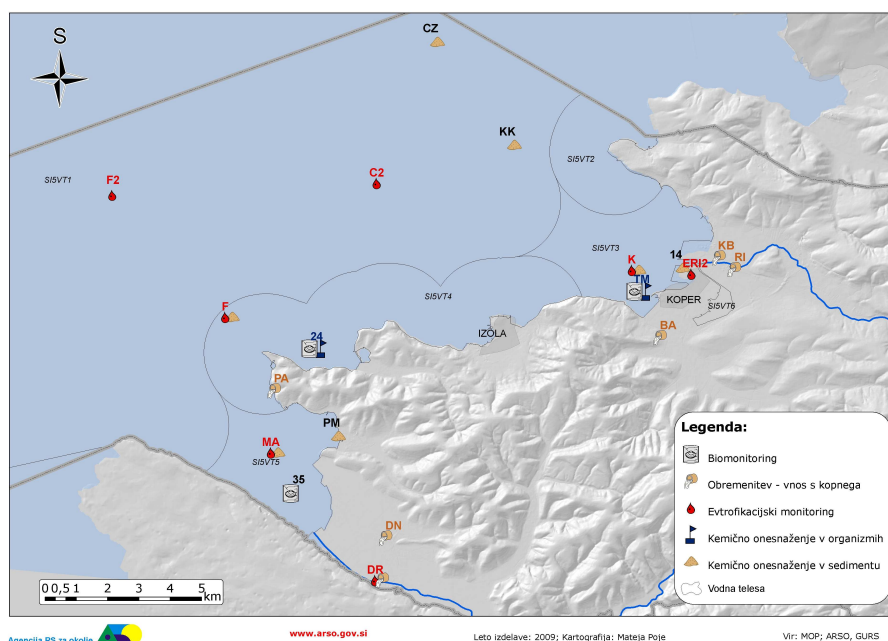


zagotavljanju kakovostnih podatkov, interkalibracijam podatkov in metod, v veliko pomoč pa so nasveti in svetovanja mednarodno pomembnih inštitucij kot sta SZO (WHO) in IAEA. Trenutno poteka četrta faza MED POL programa. Dolgoletni niz rezultatov kemičnih in bioloških parametrov programa MED POL omogoča sledenje sprememb v okolju in primerjavo kakovosti obalnega morja z ostalimi obalnimi vodami Jadranskega in Sredozemskega morja. Vsebinsko naloga vključuje analize, dogovorjene z Agencijo združenih narodov, v katerem Slovenija sodeluje s programom National Monitoring Programme of Slovenia (NMPSlovenija) (UNEP /MED POL- FAZA IV).

Program vključuje:

1. mikrobiološke analize kakovosti kopalniških vod,
2. analize sledenja onesnaženja sedimenta in morskih organizmov s policikličnimi ogljikovodiki, kadmijem in živim srebrom,
3. fizikalno-kemične in biološke analize morske vode za oceno stopnje eutrofikacije,
4. oceno vnosa s kopenskih točkovnih virov onesnaženja v morje, ter
5. analize biomonitoringa – rezultate analiz indukcije metalotioneinov in alkalne elucije za ugotavljanje vpliva onesnaženja na organizme.

Merilna mesta posameznih analiz so prikazana na sliki 1.



Slika 1. Merilna mesta programa spremljanja kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo v letu 2011.

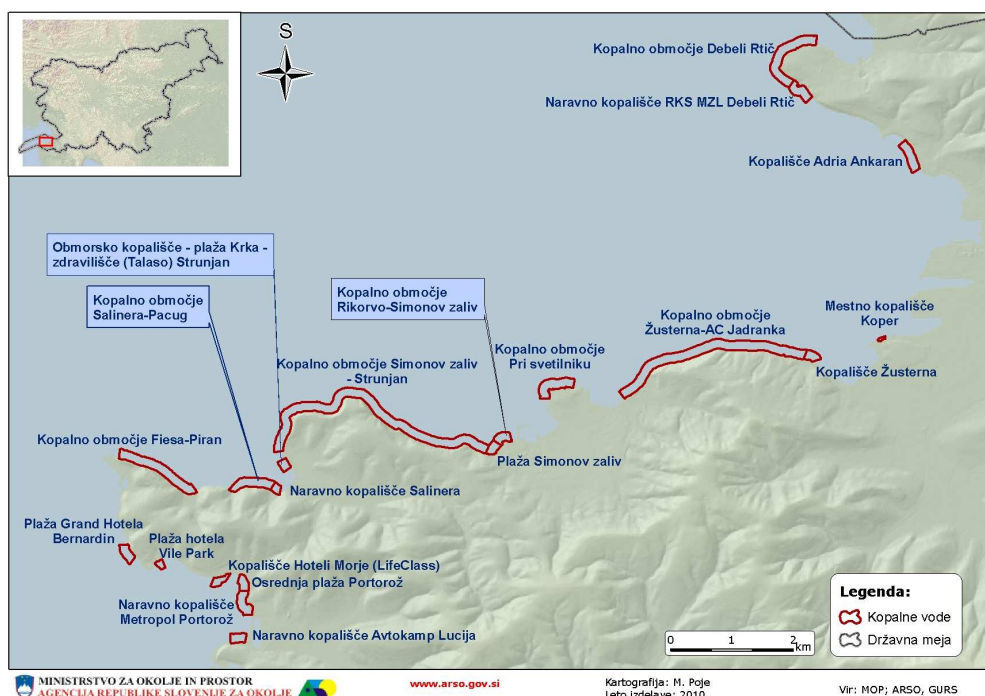
V programu sodelujejo sledeče ustanove:

- Zavod za zdravstveno varstvo Koper
- Inštitut J Stefan, Oddelek za kemijo okolja, Ljubljana
- Agencija R Slovenije za okolje, Ljubljana
- Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran

## REZULTATI

### 1. SANITARNA ANALIZA KOPALNIH VODA

V letu 2011 je spremljanje sanitarne kakovosti kopalniških vod potekalo na 21 kopalnih vodah – na 14 naravnih kopalniških ter 7 kopalnih območjih (slika 2) (tabela 8-prologa) v skladu v skladu z »novo« kopalno direktivo (Direktiva Evropskega parlamenta in sveta 2006/7/ES z dne 15. februarja 2006 o upravljanju kakovosti kopalnih voda in razveljavitvi Direktive 76/160/EGS) oziroma Uredbo o upravljanju kakovosti kopalnih voda (Ur.l. RS, št. 25/08). Na vseh kopalnih voda je monitoring zagotavljala Agencija RS za okolje, izvajal pa ga je Zavod za zdravstveno varstvo Koper.



Slika 2. Merilna mesta vzorčenja za določanje sanitarne kakovosti kopalnih voda v letu 2011.

V tabeli 1 so zbrani podatki o skladnosti vzorcev kopalne vode glede na kriterije za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije za prehodno obdobje. Podrobnejši rezultati analiz so zbrani v letnih poročilih, ki so objavljeni na spletni strani Agencije RS za okolje ([www.arso.gov.si/vode](http://www.arso.gov.si/vode)) in Inštituta za varovanje zdravja RS ([www.ivz.si](http://www.ivz.si)). Na vseh 21 kopalnih območjih rezultati 9 analiz koncentracij bakterije *Escherichia*

*coli* in intestinalnih enterokokov kažejo ustreznost kopalnih vod za kopanje glede na kriterije uredbe.

Tabela 1. Podatki o skladnosti kopalnih voda glede na kriterije za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije za prehodno obdobje

Parameter	Število merilnih mest	Število meritev	Frekvenca vzorčenja	Rezultati (%), ki ustrezajo predpisanim kriterijem
<b><i>Escherichia Coli</i> in intestinalni enterokoki</b>	21	9	14 - dnevna	100

V kopalni sezoni je bilo opravljenih 189 analiz mikrobiološke kakovosti vod. Na vseh 21 kopalnih območjih rezultati 9 analiz koncentracij bakterije *Escherichia coli* in intestinalnih enterokokov kažejo ustreznost kopalnih vod za kopanje glede na kriterije uredbe.

## 2. MONITORING OBALNEGA MORJA IN TREND MONITORING

### 2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu

Kemično onesnaženje sedimenta spremljamo na 7 merilnih mestih: marina Portorož (00MP), ustje reke Rižane (0014), sredina Kopskega (000K) in Piranskega zaliva (00MA), postaja pred Debelim rtičem (00KK), postaja sredi Tržaškega zaliva (00CZ) ter postaja 000F. Merilna mesta so prikazana na sliki 3 in predstavljena v tabeli 8 (priloga).



Slika 3. Prikaz merilnih mest monitoringa kemičnega onesnaženja sedimenta obalnega morja v letu 2011.

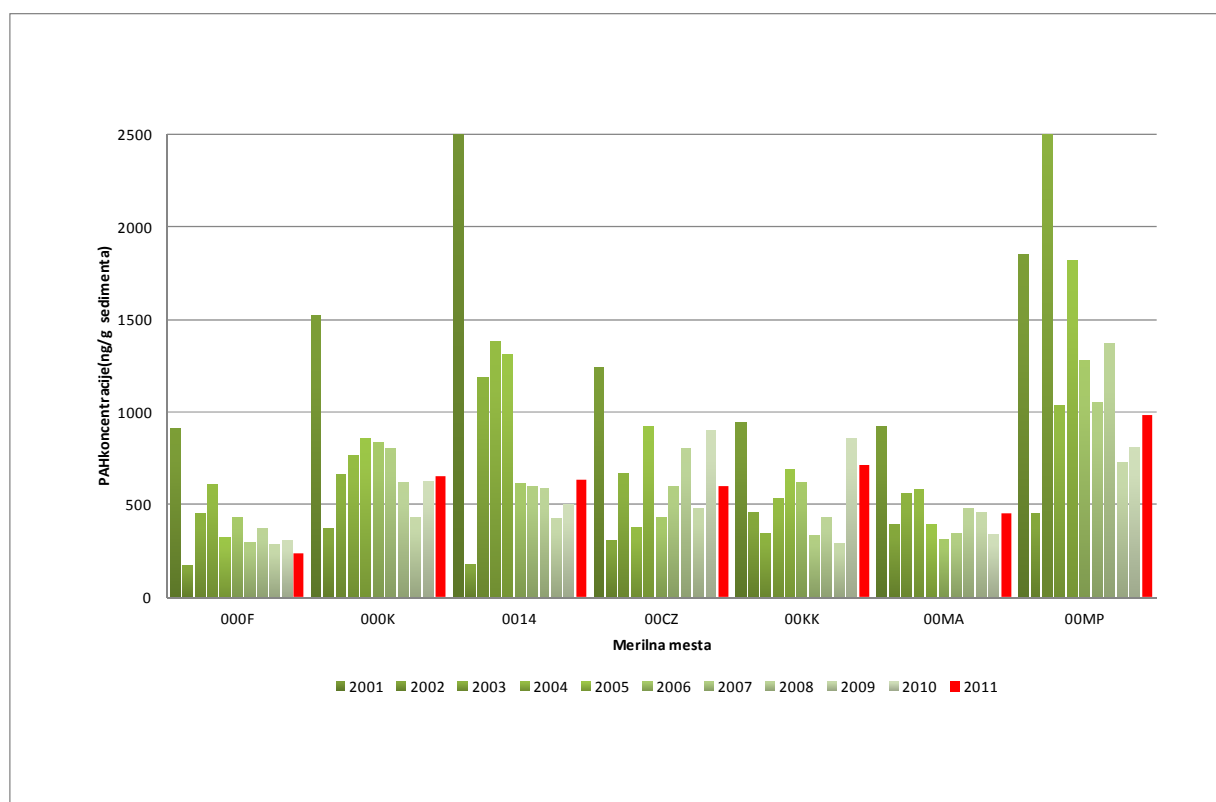
Vzorci sedimenta za analize kemičnega onesnaženja z ogljikovodiki (alifatski in policiklični aromatski-AH in PAH) smo vzorčili 16. septembra 2011. Rezultati celokupnih koncentracij so podani v tabeli 2. Koncentracije alifatskih ogljikovodikov v površinskem delu sedimenta so najvišje na postajah 0014 v Luki Koper in 00PM v portoroški marini. Nekoliko višje so še vsebnosti na postajah 000K in 00MA. Opazno je znižanje koncentracij v obeh zalivih, Koprskem in Piranskem, v transektu proti odprtemu morju. Seveda na kopičenje teh snovi vpliva tudi zrnavost sedimenta, ki je na postajah 00KK in 000F večja (večji delež peščene frakcije), s tem povezane pa so tudi nižje koncentracije alifatskih ogljikovodikov. V vseh vzorcih sedimenta je opazna homologna serija alifatskih ogljikovodikov od C-15 do C-34, kar kaže na sveže onesnaževanje s temi spojinami. Med ločenimi alifatskimi ogljikovodiki prevladujejo ogljikovodiki z več kot 20 ogljikovimi atomi z izrazito prevlado tistih z lihimi

številom ogljikovih atomov (C-25 do c-29). To kaže na pomemben biogeni vir alifatskih ogljikovodikov s kopnega (vnos rek). Ta je še posebno opazen na postajah 0014, 00PM in 00MA, kjer je možen vnos rek Rižane in Dragonje. Na morski biogeni izvor nakazujejo višje koncentracije C-17, ki je značilen za fitoplankton in alge. Ta je še posebno izrazit na postajah v Piranskem zalivu, pa tudi v Koprskem zalivu in pristanišču. Morski naravni izvor potrjujejo tudi višja razmerja Pristan/Fitan na vseh postajah, razen na postaji 00PM, kjer je prevladujoč petrogeni izvor (onesnaženje z naftnimi derivati).

Tabela 2. Rezultati koncentracij celokupnih alifatskih (AH) in policikličnih aromatskih (PAH) ogljikovodikov ( $\text{ng g}^{-1}$  suhega sedimenta) v sedimentu na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2011

Ogljikovodiki ( $\text{ng g}^{-1}$ )	000F	00PM	00KK	0014	00MA	000K	00CZ
<b>Celokupni AH</b>	722	4056	1042	3567	2590	2216	1207
<b>Celokupni PAH</b>	233	979	711	629	447	652	595

Rezultati celokupnih koncentracije policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) so podani v tabeli 2, primerjava koncentracij na posameznem merilnem mestu s preteklimi leti pa na sliki 4. Izmerjene koncentracije policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) so bile v letu 2011 pričakovano najvišje v portoroški marini (00PM) in v koprskem pristanišču ter nekoliko presenetljivo na postaji 00KK (Tabela 2). Na tej postaji so namreč koncentracije višje zadnji dve leti v primerjavi s prejšnjimi leti. Najnižje vsebnosti so na postaji 000F, verjetno tudi zaradi slabšega kopičenja v bolj grobem sedimentu, in v sredini Piranskega zaliva. Na vseh postajah prevladujejo PAH-i s 4-5-imi aromatskimi obroči, ki so značilni za pirogeni izvor, to je gorenje fosilnih goriv. To potrjujejo tudi relativno višje koncentracije fluorantena in pirena na večini postaj. V koprskem pristanišču izstopajo precej višje koncentracije krizena, kar kaže na pomemben vpliv svežega vnosa z naftnimi derivati (ladijski promet). Zaključimo lahko, da je prevladujoči izvor PAH-ov pirogeni, z manjšim prispevkom petrogenega. To kaže na pomemben vpliv pomorskega prometa, zaradi bližine obalnih mest, ki še vedno v veliki meri v zimskem času uporabljajo fosilna goriva za ogrevanje, pa je pomemben tudi transport preko atmosfere.



Slika 4. Primerjava koncentracij aromatskih ogljikovodikov (PAH) v sedimentu obalnega morja R Slovenije v obdobju 2001-2011.

Zaključimo lahko, da je prevladujoči izvor PAH-ov pirogeni, z manjšim prispevkom petrogenega. To kaže na pomemben vpliv pomorskega prometa, zaradi bližine obalnih mest, ki še vedno v veliki meri v zimskem času uporabljajo fosilna goriva za ogrevanje, pa je pomemben tudi transport preko atmosfere.

## 2.2. Rezultati koncentracij ogljikovodikov v morskih organizmih

Vzorci školjk klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) za analize kemičnega onesnaženja z ogljikovodiki (alifatski in policiklični aromatski-AH in PAH) smo vzorčili 23. septembra 2011 na postaji v Strunjanu (0024) in 29. novembra 2011 na postaji v Kopru (00TM) (slika 5, tabela 9 priloga).



Slika 5. Prikaz merilnih mest monitoringa kemičnega onesnaženja morskih organizmov obalnega morja v letu 2011.

Takoj po vzorčenju smo klapavicam izmerili dolžino, širino lupine in težo. Analize smo opravili v petih pod-vzorcih na vsaki postaji (5 pod-vzorcev, 15 školjk v vsakem pod-vzorcu). Rezultati splošnih fizikalnih razmer na mestu vzorčenja so podani v tabeli 4.

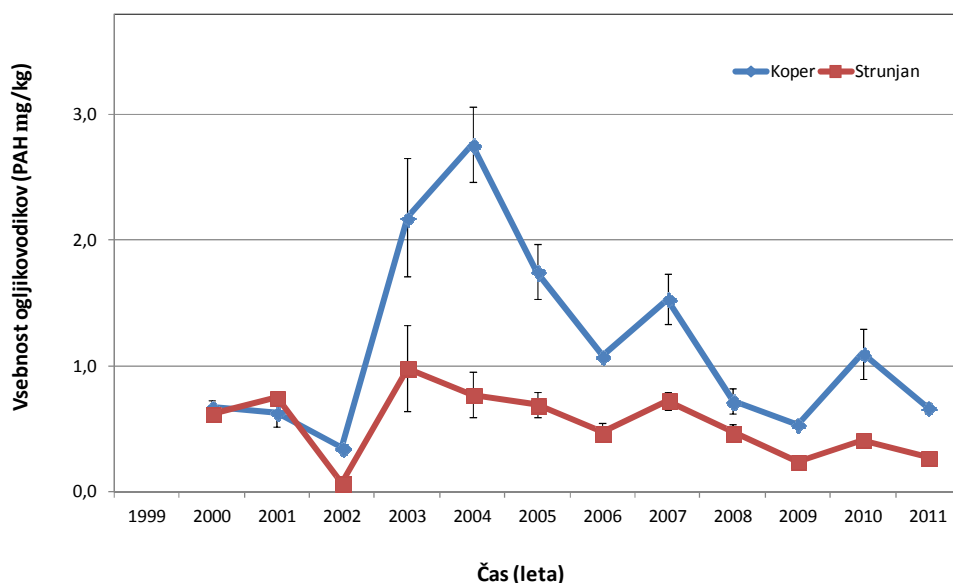
Tabela 3. Rezultati koncentracij celokupnih alifatskih (AH) in policikličnih aromatskih (PAH) ogljikovodikov v klapavicah na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2011.

Ogljikovodiki (ng g <sup>-1</sup> suhe teže)	Postaja			
	00TM	± SD	0024	± SD
<b>Celokupni alifatski</b>	<b>3138</b>	<b>258</b>	<b>2654</b>	<b>206</b>
<b>Celokupni PAH</b>	<b>669</b>	<b>37</b>	<b>274</b>	<b>41</b>



Rezultati za leto 2011 kažejo precej višje vsebnosti celokupnih PAH-ov na postaji 00TM na vhodu v Luko Koper in koprsko marino, kjer so koncentracije več kot dvakrat višje in primerljive s rezultati preteklih let (slika 6). Glede na rezultate lahko sklepamo na vpliv dejavnosti Luke Koper in Marine Koper, nekaj pa verjetno prispeva samo mesto Koper. Tudi v primeru školjk prevladujejo PAH-i z več kondenziranimi aromatskimi obroči, kar potrjuje pirogeni izvor, omenjen že v primeru sedimentov. Tudi tu sta relativno visoki koncentraciji fluorantena in pirena, značilna za pirogeni izvor.

V primeru alifatskih ogljikovodikov razlika v vsebnosti na obeh preiskovanih postajah ni tako izrazita. Upoštevajoč standardni odklon so dejansko koncentracije primerljive. Tudi v primeru školjk je opazna kontinuirana homologna serija alifatskih ogljikovodikov od C-15 do C-34, kar kaže na svež vnos ogljikovodikov. Razporeditev alifatskih ogljikovodikov kaže na nekoliko večje kopičenje višjemolekularnih spojin. V primeru školjk ni opaziti izrazito višjih koncentracij biogenih alkanov (C-25, C-27 in C-29). Višje koncentracije C-17 in razmerje Pristan/Fitan višje od 1 (v glavnem blizu 2) kaže tudi na pomembno kopičenje morskih biogenih ogljikovodikov z izvorom v fitoplanktonu in algah.



Slika 6. Primerjava rezultatov povprečnih letnih vrednosti ( $\pm$  st.dev) ogljikovodikov (PAH) v tkivu klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) na merilnem mestu pred Marino Koper (00TM) in v Strunjanskem zalivu (0024) v obdobju od leta 2000 do 2011.

Zaključimo lahko, da so koncentracije alifatskih in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v površinskem sedimentu in školjkah tudi v letu 2011 primerljive s prejšnjimi leti in ni opaziti naraščajočega trenda. Primerjava s podatki z drugih koncev sveta kaže, da je naše morje še vedno le zmerno onesnaženo s temi spojinami, kljub pomembnim pritiskom s kopnega in pomorskega prometa.

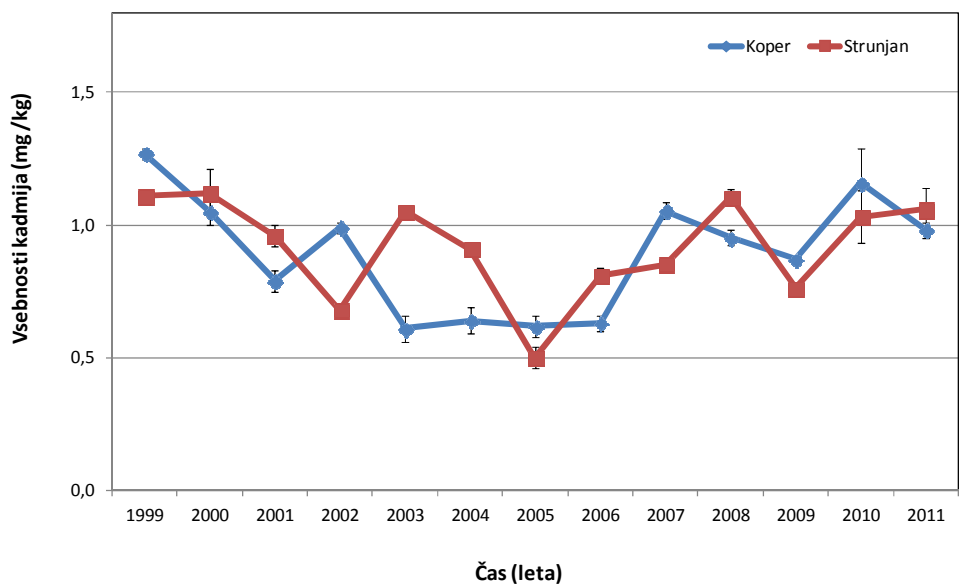
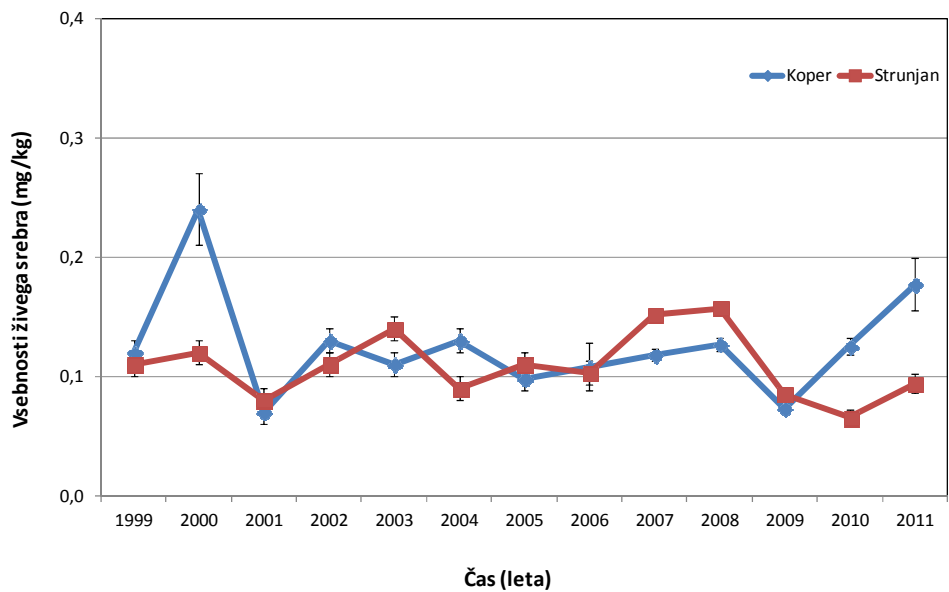
### 2.3. Rezultati koncentracij težkih kovin v morskih organizmih

Vzorci školjk klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) za analize kemičnega onesnaženja s težkimi kovinami kadmija in živega srebra (Cd, Hg) smo vzorčili 19. septembra 2011 na postaji v Strunjanu (0024) in 29. novembra 2011 na postaji v Koprju (00TM). Rezultati splošnih fizikalnih razmer na mestu vzorčenja ter rezultati koncentracij elementov v posameznem podvzorcju, preračunani na suho maso vzorca, so podani v tabeli 4.

Tabela 4. Izometrični parametri in rezultati vsebnosti kadmija (Cd) in živega srebra (Hg) v tkivu klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) na merilnem mestu pred Marino Koper (00TM) in v Strunjanskem zalivu (0024) v letu 2011.

Vzorec	Datum	Slanost psu	T °C	Teža g	Dolžina cm	Cd mg/kg	Hg mg/kg
0024-1	19.9.2011	35,8	26,2	16,7 ± 5,9	6,3 ± 0,3	1,073	0,0981
0024-2	19.9.2011	35,8	26,2	16,7 ± 4,9	6,2 ± 0,4	1,141	0,1054
0024-3	19.9.2011	35,8	26,2	17,4 ± 6,1	6,2 ± 0,3	1,154	0,0883
0024-4	19.9.2011	35,8	26,2	16,6 ± 4,8	6,2 ± 0,3	1,011	0,0939
0024-5	19.9.2011	35,8	26,2	17,4 ± 5,9	6,2 ± 0,4	0,951	0,0839
00TM-1	29.11.2011	37,1	13,4	13,8 ± 4,8	5,5 ± 0,5	0,963	0,170
00TM-2	29.11.2011	37,1	13,4	11,7 ± 2,2	5,9 ± 0,4	1,001	0,166
00TM-3	29.11.2011	37,1	13,4	11,4 ± 4,2	5,9 ± 0,6	0,972	0,151
00TM-4	29.11.2011	37,1	13,4	8,1 ± 1,6	5,3 ± 0,4	0,943	0,192
00TM-5	29.11.2011	37,1	13,4	9,9 ± 1,9	5,6 ± 0,3	1,026	0,205

Primerjava povprečnih koncentracij živega srebra in kadmija v školjkah v letošnjem letu z rezultati preteklih let za obdobje 1999-2011 je prikazana na sliki 7.



Slika 7. Primerjava rezultatov povprečnih letnih vrednosti ( $\pm$  st.dev) živega srebra (Hg) (zgoraj) in kadmija (Cd) (spodaj) v tkivu klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) na merilnem mestu pred Marino Koper (00TM) in v Strunjanskem zalivu (0024) v obdobju od leta 1999 do 2011.

### 3. EVTROFIKACIJSKI MONITORING

Za določevanje kakovosti obalnega morja so izbrana merilna mesta na dveh transektih. Prvi transekt poteka od merilnega mesta v ustju reke Rižane (ERI2), proti sredini Koprškega zaliva (000K), mimo Izole (00C2) do referenčnega merilnega mesta (00F2). Drugi transekt vključuje merilno mesto od sredine piranskega zaliva (00MA), do merilnega mesta pred piransko Punto (000F) in referenčno postajo (00F2). Izbor merilnih mest je prikazan na sliki 8, podroben opis lokacij s koordinatami, globinami in oddaljenost od obale je navedena v tabeli 10 (priloga).

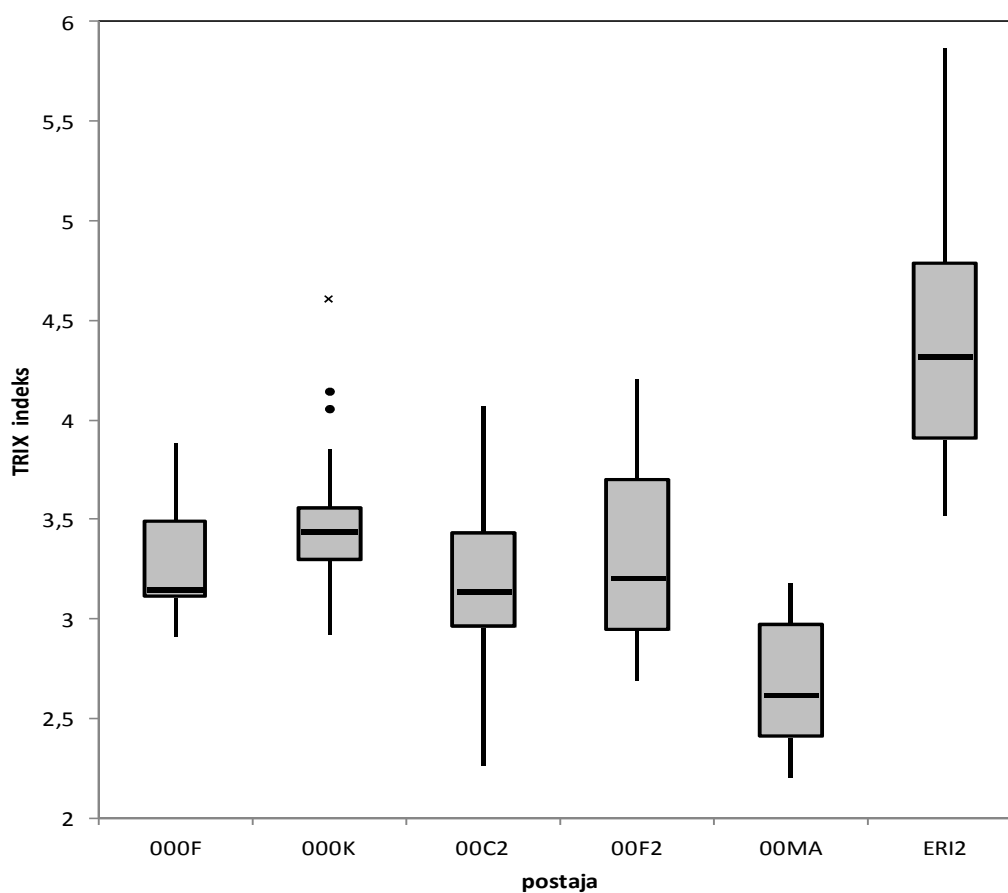


Slika 8. Prikaz merilnih mest evtrofikacijskega monitoringa v obalnem morja R Slovenije v letu 2011.

Trofični status obalnega morja in odprtih vod Tržaškega zaliva določamo na osnovi izračuna TRIX indeksa zbranih rezultatov meritev hranilnih soli, kisika in koncentracij klorofila. Za določevanje evtrofikacijskega stanja obalnega morja je bilo vzorčenje opravljeno 16. februarja, 12. maja, 15. junija, 17. avgusta, 14. septembra in 15. novembra 2011. Na vsakem merilnem mestu smo najprej izmerili fizikalne parametre s CTD sondo in nato vzorčili z Niskin vzorčevalniki na različnih globinah (0,3m, 5m in 10 ali 15m – odvisno od globine postaje). Rezultati povprečnih, najvišjih in najnižjih vrednosti TRIXa so podani za posamezno merilno mesto v tabeli 5 in izračunane vrednosti po analizi Box plot analiz prikazane na sliki 9.

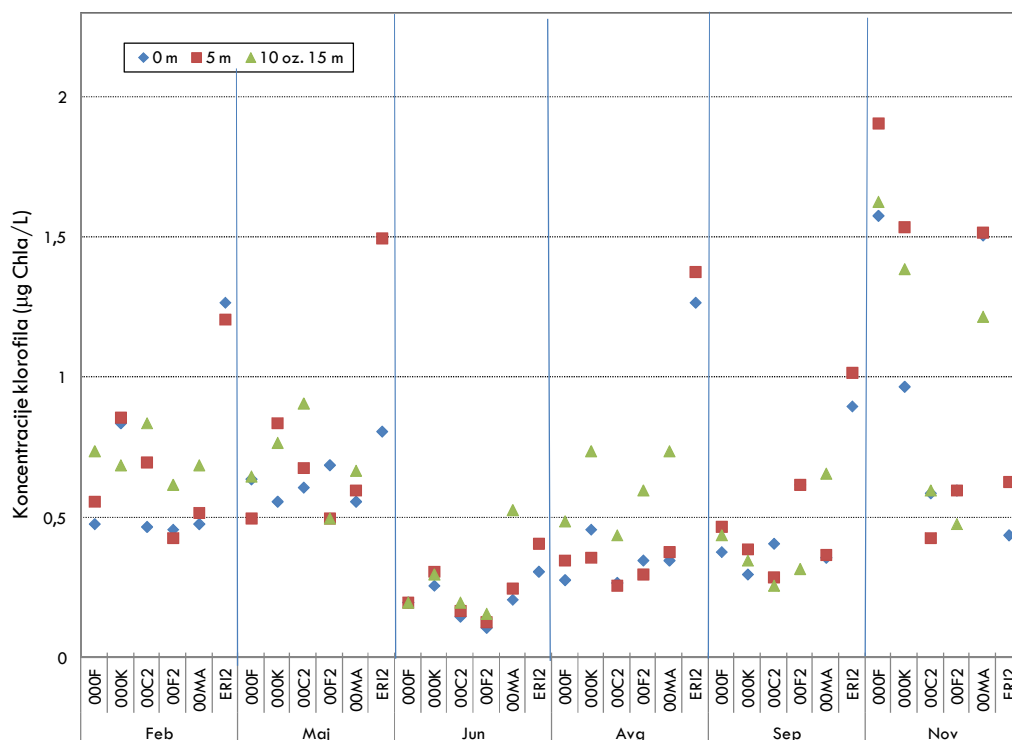
Tabela 5. Povprečne, najvišje in najnižje letne vrednosti TRIX indeksa in število analiz na posameznem merilnem mestu v letu 2011.

Koda postaje	000F	000K	00C2	00F2	00MA	ERI2
<b>Sred.vred.</b>	3,31	3,51	3,21	3,32	2,66	4,40
<b>Najvišja vred.</b>	3,89	4,60	4,06	4,20	3,19	5,87
<b>Najnižja vred.</b>	2,92	2,93	2,26	2,69	2,20	3,51
<b>Št. vzorcev</b>	18	18	18	18	18	12



Slika 9. Statistična analiza vrednosti TRIX indeksa (Box plot analiza) na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2011.

V letošnjem letu smo izmerili izredno nizke vrednosti TRIXa. Večina postaj je v razredu s povprečno vrednostjo od 3-3,5, izjema je le ustje reke Rižane s povprečno vrednostjo 4,4 in najvišjo 5.87. Glede na lestvico klasifikacije trofičnega indeksa TRIX lahko uvrstimo celotno obalno morje kot morje visokega trofičnega stanja, razen notranjosti kopskega zaliva ob izlivu rek Rižane.

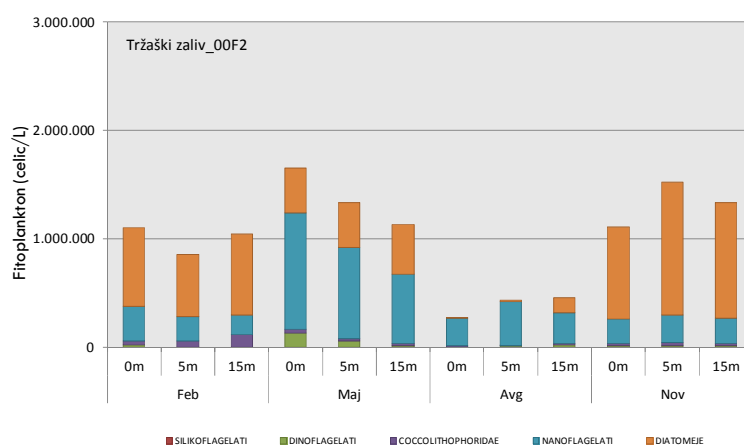
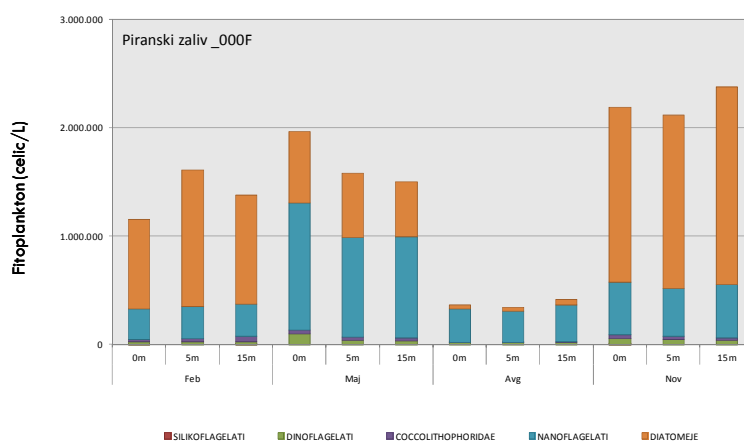
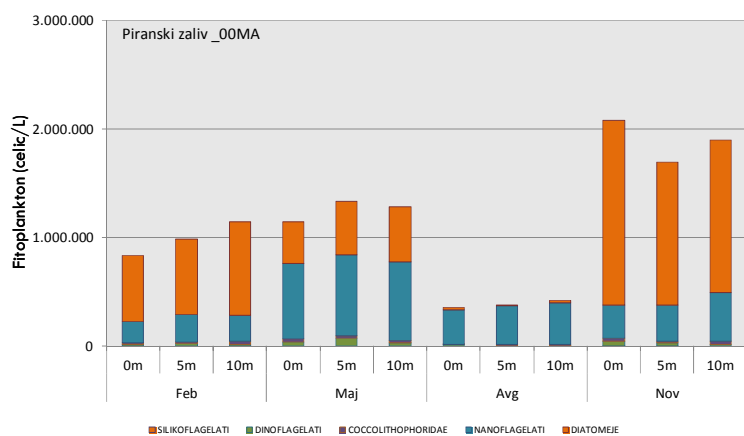


Slika 10. Vrednosti biomase fitoplanktona (koncentracije klorofila a) na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2011.

Številčnost in vrstno sestavo fitoplanktona smo določali sezonsko na vseh merilnih mestih obeh transektov, na treh globinah zgornjega dela vodnega stolpca (globina 0,3m, 5m, 10 ali 15m – odvisno od globine postaje). Rezultati koncentracij fitoplanktona na posameznih merilnih mestih so prikazani na sliki 10. Koncentracije klorofila so bile celotno leto zelo nizke ( $<2 \mu\text{g Chl } a/l$ ). Posebno nizke koncentracije smo izmerili v poletnem času. Sezonsko najvišje vrednosti smo beležili v mesecu novembru na vseh lokacijah, posebno še na zunanjih postajah v Tržaškem zalivu, vendar s koncentracijami pod  $2 \mu\text{g Chl } a/l$ ).

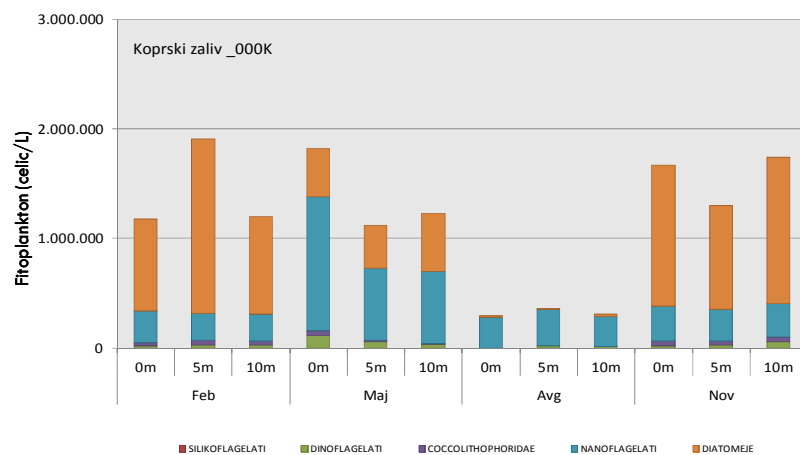
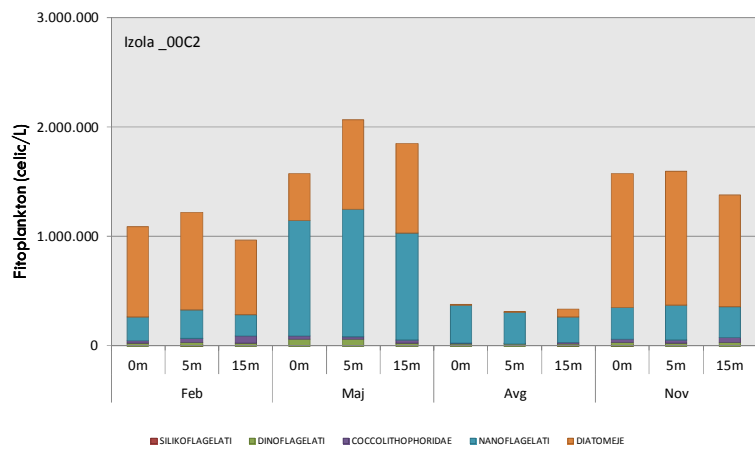
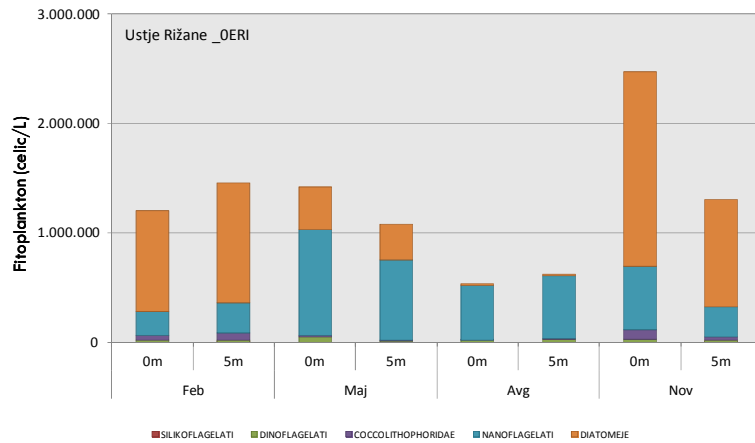
Sezonska razporeditev števila posameznih vrst fitoplanktona na postajah Piranskega in Kopskega zaliva je prikazana na sliki 11 in 12. Celotno leto številčno prevladujejo nanoflagelati in kremenaste alge preko celega leta. Število ostalih vrst kot so silikoflagelatov, dinoflagelatov in kokolitoforid, je bilo vseskozi nizko.

## Spremljanje kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v letu 2011



Slika 11. Število in vrstna sestava fitoplanktona na transektu Piranskega zaliva v letu 2011.

Spremljanje kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v letu 2011



Sika 12. Število in vrstna sestava fitoplanktona na transektu Koprskega zaliva v letu 2011.



#### 4. OBREMENITEV – VNOS S KOPNEGA

V merilno mrežo ugotavljanja vnosa onesnaženja s kopnega so vključena merilna mesta v spodnjem toku reke Rižane, Dragonje, Badaševice in Drnice, ter izpusti iz komunalnih čistilnih naprav v Kopru in Piranu. Koordinate merilnih mest so navedene v tabeli 12 (priloga).



Slika 13. Prikaz merilnih mest monitoringa žarišč onesnaženja v letu 2011.

Na samem mestu vzorčenja rek smo opravili meritve temperature, slanosti in pripravili vzorce za analize raztopljenega kisika, biološko in kemijsko porabo kisika in druge kemične analize. Vodo za bakteriološke analize smo zajeli v sterilne steklenice in vzorce analizirali takoj po prihodu v laboratorij. Vzorčenje so bila opravljena 15. februarja, 10. maja, 18. avgusta in 16. novembra 2011. Na osnovi rezultatov sezonskih meritev kemičnih analiz in hitrosti pretokov rek, ki se izlivajo v obalno morje R Slovenije smo ocenili letni vnos celokupne suspendirane snovi, celokupnega dušika in celokupnega fosforja. Vnos celokupne suspendirane snovi z rekami v morje znaša 64 ton, za celokupni dušik 18 ton in celokupni fosfor 0,5 ton (tabela 6). Visoke vrednosti hranilnih snovi in smo beležili v reki Badaševici, Dragonji in Drnici. Povišane vrednosti detergentov se bile izmerjene v reki Badaševici in Drnici. Spodnji tok rek, ki se izlivajo v morje je tudi fekalno onesnažen, kar potrjujejo rezultati visokih koncentracij koliformnih bakterij fekalnega izvora ( $> 1100/100$  ml) v poletnih mesecih v reki Dragonji, Drnici in Badaševici.

Tabela 6. Ocena vnosa suspendiranih delcev (TSS), celokupnega fosforja (TP), celokupnega dušika (TN) in v obalno morje R Slovenije z rekami v letu 2011.

Merilno mesto	Koda	Pretok m <sup>3</sup> /leto	TSS t/leto	TN t/leto	TP t/leto
<b>Rižana</b>	00RI	9,5 x 10 <sup>6</sup>	44	10	0,2
<b>Badaševica</b>	00BA	2,34 x 10 <sup>6</sup>	6	4	0,1
<b>Drnica</b>	00DN	1,29 x 10 <sup>6</sup>	9	2	0,01
<b>Dragonja</b>	00DR	1,14 x 10 <sup>6</sup>	5	2	0,2
<b>Skupaj</b>			<b>64</b>	<b>18</b>	<b>0,5</b>

V merilno mrežo ugotavljanja vnosa onesnaženja s kopnega sta vključena tudi izpusta iz komunalnih čistilnih naprav v Kopru in Piranu. Za poročilo so podani rezultati 12 meritev (enkrat mesečno) kemičnih analiz kompozitnega vzorca (vzorčenje vsako uro/ 24 ur) na iztoku čistilne naprave v Kopru (00KB) in Piranu (00PA). Povprečne vrednosti vnosa za čistilne naprave smo izračunali na osnovi povprečnega letnega iztoka odpadne vode, ter izračunanih povprečnih koncentracij suspendirane snovi, celokupnega fosforja in celokupnega dušika v letu 2011. Letni vnos iz obeh delujočih čistilnih naprav znaša za celokupne suspendirane snovi 287 ton, za celokupni dušik 57 in celokupni fosfor 14,5 ton (tabela 7).

Tabela 7. Ocena vnosa suspendiranih delcev (TSS), celokupnega fosforja (TP), celokupnega dušika (TN) iz čistilnih naprav v obalno morje R Slovenije v letu 2011.

Merilno mesto	Koda	Pretok m <sup>3</sup> /leto	TSS t/leto	TN t/leto	TP t/leto
<b>CN Koper</b>	00KB	2,37 x 10 <sup>6</sup>	234	27,3	7,59
<b>ČN Piran</b>	00PA	5,10 x 10 <sup>6</sup>	52	29,9	6,89
<b>Skupaj</b>			<b>286</b>	<b>57,2</b>	<b>14,5</b>

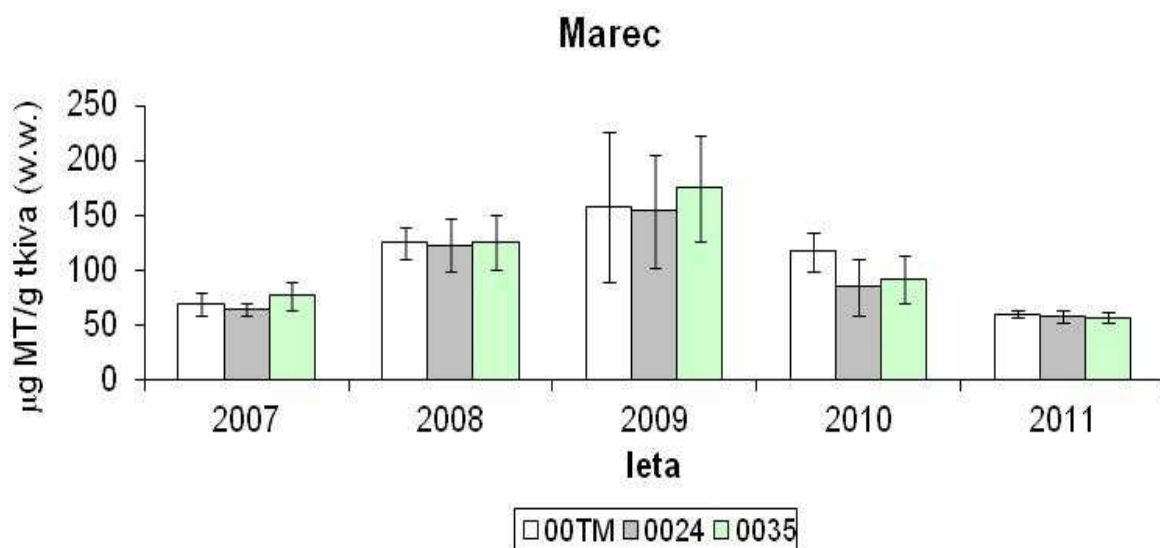
Rezultate meritev odpadne vode na iztoku čistilne naprave (ČN) v Kopru (00KB) in Piranu (00PA) smo pridobili na osnovi »Poročila o monitoringu odpadnih vod za leto 2011« v sodelovanju s sodelavci Komunale Koper, d.o.o. in JP Okolje Piran, d.o.o.

## 5. BIOMONITORING - BIOLOŠKE SPREMEMBE ONESNAŽENJA

Vzorci školjk (*Mytilus galloprovincialis*) smo nabrali na postaji v izlivnem območju reke Rižane pred marino Koper (postaja 00TM) in v Strunjanskem zalivu (referenčna lokacija, postaja 0024) ter v Piranskem zalivu (postaja 0035) (slika 1). Takoj po vzorčenju smo opravili biometrične meritve školjk ter odvzeli hemolimfo in prebavno žlezo. Odvzeta tkiva smo shranili v tekočem dušiku in jih nato shranili globoko zamrznjene (-80°C) do nadaljne obdelave. Vzorčenje smo opravili 28. marca 2011 (na postajah v Koprskem zalivu in v Piranskem zalivu) in 16. aprila 2011 na postaji v Strunjanskem zalivu. Jesensko vzorčenje smo opravili 1. septembra 2011 na postaji v Koprskem zalivu in 12. septembra 2011 na postajah v Strunjanskem in v Piranskem zalivu. Metodologija izbire postaj, vzorčevanja in analiz posameznih parametrov je opisana v priporočilih in navodilih UNEP/RAMOGÉ (1999) in UNEP/WHO (1994).

Od leta 2000 opravljamo vzorčenja v marcu in v septembru na treh vzorčnih mestih. Vzorcujemo klapavice *Mytilus galloprovincialis*, ker so filtratorski organizmi in se v njih zaradi filtratorskega načina prehranjevanja kopičijo številne snovi. Za spremljanje učinkov onesnaženja v morskem okolju pa so nam na voljo nekateri biomarkerji splošnega stresa in izpostavljenosti, ki so v klapavicah dovolj dobro preučeni, da so primerni za potrebe biomonitoringa. Srednje vrednosti meritev lupine klapavic, koncentracije metalotioneinov ter koeficient SSF v vzorcih iz vseh postaj so podani v tabelah base podatkov (elektronskih obliki). Poleg tega so v isti tabeli podani tudi izbrani fizikalni parametri: temperatura vode, slanost in koncentracija raztopljenega kisika. Grafični prikaz povprečnih vrednosti metalotioneinov v klapavicah z vseh treh postaj za obdobje 2007 do 2011 je podan na sliki 13 in sliki 14. Povprečna vsebnost metalotioneinov ( $\pm$ SD) je izračunana iz petih podvzorcev. Vsak podvzorec je sestavljen iz 10 osebkov.

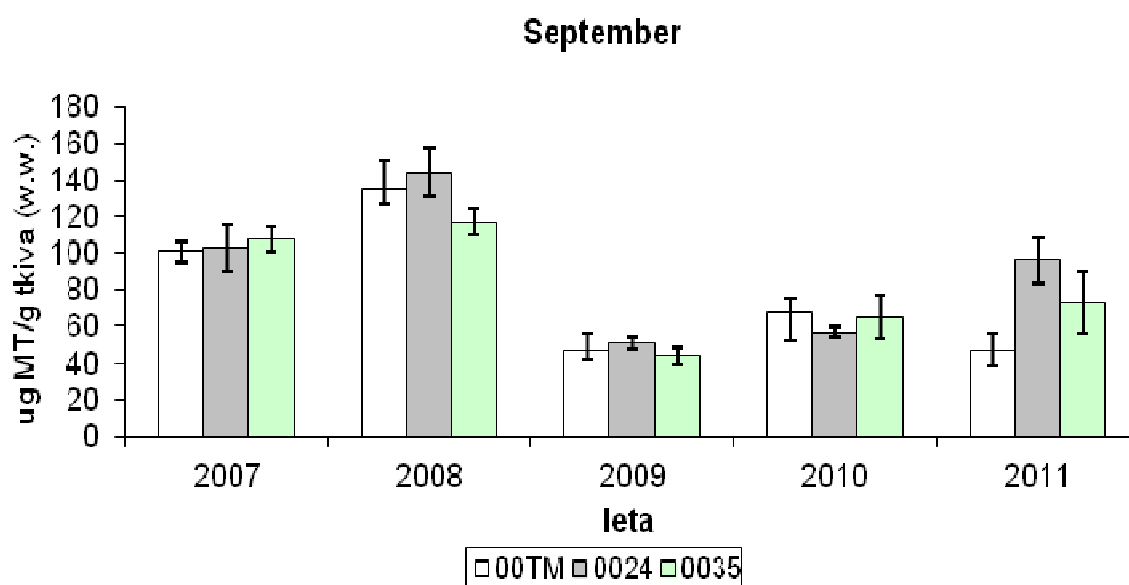
Vrednosti metalotioneinov (MT) v klapavicah nabranih v marcu 2011 so bile najnižje vrednosti metalotioneinov v zadnjih petih letih. Na postaji 00TM smo izmerili vrednosti metalotioneinov v razponu od 49 do 66  $\mu$ g MT/g mokre teže hepatopancreasa (srednja vrednost  $47 \pm 10$   $\mu$ g MT/g mokre teže), na postaji 0024 so bile vrednosti metalotioneinov od 51 do 66  $\mu$ g MT/g mokre teže (srednja vrednost  $58 \pm 6$   $\mu$ g MT/g mokre teže), na postaji 0035 so bile izmerjene vrednosti od 49 do 51  $\mu$ g MT/g mokre teže (srednja vrednost  $57 \pm 5$   $\mu$ g MT/g mokre teže). V spomladanskem vzorčenju v letu 2011 so bile izmerjene vrednosti metalotioneinov na vseh postajah zelo izenačene. Vrednosti iz tega obdobja so primerljive z vrednostmi iz leta 2007 (spomladansko vzorčenje).



Slika 14. Srednje vrednosti metalotioneinov v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjanskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) za obdobje od leta 2007 do 2011 (vzorčenje v marcu). Podane so tudi najnižje in najvišje vrednosti koncentracij metalotioneinov.

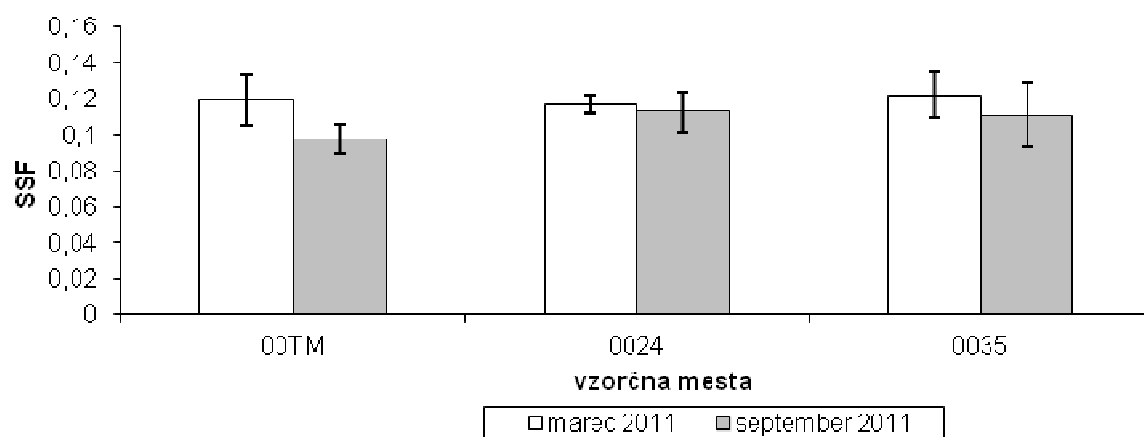
V vzorčenju, ki je potekalo septembra 2011 smo ugotovili naslednje vrednosti metalotioneinov: na postaji 00TM so bile vrednosti v razponu od 40 do 53  $\mu\text{g MT/g}$  mokre teže (srednja vrednost  $47 \pm 10 \mu\text{g MT/g}$  mokre teže), na postaji 0024 so bile vrednosti od 81 do 104  $\mu\text{g MT/g}$  mokre teže (srednja vrednost  $96 \pm 12 \mu\text{g MT/g}$  mokre teže) in na postaji 0035 od 61 do 78  $\mu\text{g MT/g}$  mokre teže (srednja vrednost  $73 \pm 17 \mu\text{g MT/g}$  mokre teže). Izmerjene vrednosti metalotioneinov v septembru v zadnjih treh letih od 2009 do 2011 so približno enake in nižje kot vrednosti metalotioneinov do leta 2008.

Manjša nihanja v vsebnosti metalotioneinov so povezana s fiziološkimi procesi (predvsem z razmnoževanjem) in s spremembami v fizikalno kemijskih parametrih okolja. Te spremembe predstavljajo stres za klapavice, na katerega se odzovejo tudi s sintezo metalotioneinov. Vendar pa ta nihanja ne prikrivajo odziva na onesnaženje s težkimi kovinami, ki inducirajo de novo sintezo metalotioneinov in pomenijo večji red povišanja. Povečanje sinteze metalotioneinov je v korelaciji z količino vnešenih težkih kovin, ki sprožijo sintezo metalotioneinov.



Slika 15. Srednje vrednosti metalotioneinov v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) za obdobje od leta 2007 do 2011 (vzorčenje v septembru). Podane so najnižje in najvišje vrednosti koncentracij metalotioneinov.

Prelome DNA smo analizirali v celicah hemolimfe, ki smo jo odvzeli iz adduktorske mišice klapavic. Vrednost prelomov v DNA smo izrazili z faktorjem SSF. V letu 2011 smo vzorčili klapavice 28. marca 2011 in 16. aprila 2011. Jesensko vzorčenje smo opravili 1. septembra 2011 in 12. septembra 2011. V vzorcih nabranih v spomladanskem vzorčenju smo po meritvah izračunali naslednje vrednosti faktorja SSF: na postaji 00TM: od 0,095 do 0,136 ( $0,119 \pm 0,014$ ,  $N=25$  osebkov), na postaji 0024: od 0,108 do 0,125 ( $0,117 \pm 0,005$ ,  $N=25$  osebkov) in na postaji 0035: 0,104 do 0,136 ( $0,122 \pm 0,013$ ,  $N=25$  osebkov) (slika 16). V septembrskem vzorčenju smo na postajah ugotovili naslednje vrednosti SSF: postaja 00TM: od 0,086 do 0,110 ( $0,098 \pm 0,008$ ,  $N=25$  osebkov), postaja 0024: od 0,096 do 0,127 ( $0,113 \pm 0,011$ ,  $N=25$ ), postaja 0035: od 0,086 do 0,132 ( $0,111 \pm 0,018$ ,  $N=25$ ) (slika 16). Precejšnje variacije v vrednostih koeficienta SSF so lahko posledica fizioloških ciklov (obdobje razmnoževanja), individualnih razlik v učinkovitosti popravljalnih mehanizmov kakor tudi posledica delovanja genotoksičnih snovi v okolju. Z uporabljenimi metodami ne moremo ugotoviti kolikšen delež teh poškodb v DNA je trajen in kolikšen delež se jih popravi.



Slika 16. Srednje vrednosti faktorja SSF v vzorcih hemolimfe klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjanskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) v letu 2011 (vzorčenje v marcu in septembru). Podane so najnižje in najvišje vrednosti koeficienta SSF.

## KOORDINACIJA – MED POL POROČILO 2011

**1.Sestanek** MED POL koordinatorjev je potekal od 24. do 28. 05. 2011 na Rodosu (Grčija), na zasedanju je bila izvoljena za predsedujočo dr. A. Malej. Kljub vrsti težav je zasedanje potekalo konstruktivno, največji problem je vsekakor 20% znižanje sredstev za vse programe MAP za naslednje dvoletno obdobje (2012-2013).

Poleg pregleda in potrditve programa dela MED POL v letih 2010-2011 so bili na sestanku obravnavani in potrjeni:

- trije akcijski načrti v skladu s 15. členom LBS protokola (živo srebro, BOD iz prehrabnega sektorja, POPs)
- merila in standardi za kopalne vode
- strategije za integralno obravnavo trdnih odpadkov v morju in
- načrt dela programa MED POL za obdobje 2012-2013.

Po obravnavi in živahni razpravi o vseh točkah dnevnega reda je bil sprejet zaključni dokument s priporočili, ki jih obravnavajo na zasedanju MAP-a, končne odločitve pa države sprejmejo na zasedanju pogodbenic Barcelonske konvencije (Pariz, 8. – 10. 2. 2012).

**2.Sestanek** »Consultation meeting to review MED POL activities« (21. do 24. 11. 2011) je bil v Atenah in je bil namenjen predvsem pregledu aktivnosti MED POL programa v zadnjih dveh letih ter pripravi novega programa, saj se z letom 2012 zaključuje MED POL faza V. Sekretariat MED POL programa je pripravil pregled dejavnosti, eksperti pa so predstavili ocene in trende onesnaženja Sredozemskega morja na osnovi podatkov zbranih v dosedanjih monitoringih MED POL. Pri novem programu MED POL je poudarek na ekosistemskem pristopu, kar se sklada z usmeritvami Evropske unije in sprejeto okvirno direktivo o morski strategiji. Predstavljen je bil tudi osvežen dokument o trendih (2003-2008) emisij polutantov (MED POL 2012. Releases, emissions and sources of pollutants in the Mediterranean region, 9 pp.). Poudarjen je bil tudi pomen MED POL programa za zagotavljanje kakovosti podatkov (Data Quality Assurance Programme) ter program izobraževanja in sodelovanja med laboratoriji MED POL (twinning programme).

Na sestanku je bil predstavljen tudi novi informacijski sistem MED POL, ki bo še izboljšal uporabnost zbranih podatkov. Testiranje novega sistema naj bi potekalo spomladi 2012.

L. 2011 se je upokojil dr. Saverio Civili, zadolžen za MED POL v okviru Koordinacijske enote MAP, nadomestitev pa je zaradi finančnih problemov odložena, kar bo verjetno vplivalo na učinkovitost MED POL programa.

## OPIS METOD IN MERILNA MESTA

### ANALIZE OGLJIKOVODIKOV

Ogljikovodike sedimentu smo določali z metodo plinske kromatografije (UNEP/IOC/IAEA, 1992). Po ekstrakciji ogljikovodikov z zmesjo heksan-metilenklorid smo izločili žveplo s Hg. Po koncentraciji vzorca smo ločili alifatske od aromatskih ogljikovodikov s kromatografijo na SiO<sub>2</sub> in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in določili koncentracijo v obeh frakcijah. Točnost določanja smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala IAEA 408.

Ogljikovodike, alifatske in aromatske, smo v školjkah določali po metodi UNEP -a (UNEP 1993). Po sušenju vzorcev smo eksteahirali ogljikovodike z metanolom z uporabo Soxhletovega aparata. Po 8 urah ekstrakcije smo hidrolizirali lipide z dodatkom KOH. Ogljikovodike smo nato ekstrahirali v heksan, koncentrirali in ločili alifatske od aromatskih s kolonsko kromatografijo na SiO<sub>2</sub> in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Koncentracijo ogljikovodikov v obeh frakcijah smo določili s plinsko kromatografijo. Točnost določanja ogljikovodikov v školjkah smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala IAEA 142

### ANALIZE ŠTEVILA IN VRSTNE SESTAVE FITOPLANKTONA

Količino fitoplanktonske biomase smo določali s količino klorofila *a* (Chl *a*) na vsaki postaji z metodo filtracije ustreznega volumna morske vode na celulozne fitre (Millipore 0,22  $\mu$ m) in ekstrakciji po metodi Holm Hansen in sod. (1965). Meritve smo opravili s fluorometrom Turner (fluorometer Model 112).

Vzorke morske vode za določanje vrstne sestave fitoplanktona smo fiksirali z nevtraliziranim formalinom (končna konc. 1,5%). Podvzorce (50 ml) morske vode smo preko noči sedimentirali v ustreznih komorah in fitoplanktonsko število in vrstno sestavo določili z invertnim mikroskopom po metodi Utermöhl (1958).

### ANALIZE KONCENTRACIJ METALOTIONEINOV

Analize koncentracij metalotioneinov. Klapavicam smo izmerili dolžino lupine (daljša mera) in višino lupine (krajša mera) ter težo. Teža klapavice predstavlja mokro težo viscere in intervalvarne vode. Vsak podvzorec je sestavljen iz hepatopancreasov 10 klapavic velikosti pribl. od 5 do 6 cm. Analize metalotioneinov smo naredili v petih podvzorcih. Ugotavljanje količine metalotioneinov v klapavicah (*Mytilus galloprovincialis*) poteka po metodi kolorimetričnega ugotavljanja sulfhidrilnih skupin v metalotioneinih (Viarengo in sod. 1994) in je priporočena metoda za biomonitoring (glej UNEP/RAMOGÉ, 1999). Hepatopancreas smo homogenizirali v pufri (0,5 M saharoza, 20 mM Tris-Cl, pH 8,6) z reducirajočim sredstvom (0,01% merkptoetanol) in z inhibitorji proteaz (0,5 mM PMSF, 0,006 mM leupeptin). Homogenat smo centrifugirali (30000x g, 20 min) ter nato metalotioneine ekstrahirali z etanolchloroformsko ekstrakcijo. Koncentrirane metalotioneine raztopimo v 0,25 M NaCl in dodamo še raztopino 1N HCl/4mM EDTA. Nato dodamo znano količino Ellmanovega



reagenta (0,43 mM DTNB) v pufru z visoko ionsko jakostjo (0,2 M Na-PBS, pH 8,0). Za standard je primeren reduciran glutation (GSH). Absorbanco standarda in vzorcev smo merili pri 412 nm. Umeritveno krivuljo pripravimo iz petih znanih količin GSH raztopljenega v 4,2 ml 0,2 M Na-PBS z dodanim 0,43 mM DTNB. Koncentracijo metalotioneinov izračunamo po formuli  $(ABS_{412}^{MT} / \epsilon_{GSH}) * 7,37 * 10^3$ . Koncentracije metalotioneinov izražamo v  $\mu\text{g}$  na g mokre teže tkiva (hepatopankreasa).

Za ugotavljanje poškodb DNA smo uporabili metodo alkalne filtrske elucije (Kohn in sod., 1976), ki jo priporoča UNEP (UNEP/RAMOGGE, 1999). Poškodbe DNA smo ugotavljali v celicah hemolimfe. Hemolimfo smo odvzeli iz adduktorske mišice istih školjk, ki smo jim odvzeli tudi hepatopankreas. Vzorec predstavlja združena hemolimfa iz 5 klapavic. V števeni komori smo prešteli hemocite, koncentracija hemocit v vzorcu mora biti 1 do  $2 \times 10^6$  hemocit. Hemocite smo nanесли na filter (0,2  $\mu\text{m}$ ) in sprali z 4,5 ml pufru za liziranje (2M NaCl, 0,02 M EDTA, 0,2%N-laurilsarkozinat, pH 10,2) in 2,5 ml pufru za spiranje (0,02M EDTA, pH 10,2). Hitrost pretoka skozi filter je bila 0,2 ml/min. Enoverižno DNA smo eluirali z 10 ml pufru za eluiranje (0,04 M EDTA, pH 12,3) (hitrost pretoka je 0,05 ml/min). Zbrali smo 5 frakcij po 2 ml. Nato smo filter razrezali in ga potopili v 4 ml pufru za elucijo. Nosilec za filter in cevke smo sprali z 4 ml pufru za elucijo (mrtvi volumen). Od vsake zbrane frakcije smo odvzeli po 1 ml, dodali 0,4 ml 0,2M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  in 0,6 ml  $\text{H}_2\text{O}$ . Dodali smo še 1,0 ml raztopine bisbenzimida in fluorescenco izmerili pri vzbujevalni svetlobi 360 nm in pri oddani svetlobi 450 nm. Rezultat smo podali kot vrednost SSF (strand scission factor).

**TROFIČNI STATUS** smo ocenili s pomočjo numerične skale indexa (TRIX) (Vollenweider in sod., 1998), ki temelji na določanju vrednostih koncentracije hranilnih soli dušika in celokupnega fosforja, koncentracije klorofila ter absolutne deviacije od nasičenosti s kisikom po sledeči formuli:

$$\text{TRIX} = (\text{Log } 10 (\text{Chl } a * aD\%O * \text{DIN} * \text{TP}) + k) * m$$

Chl a - klorofil ( $\mu\text{g}$  Chl a/l)

aD%O – kisik kot % odstopanja od nasičenosti

DIN - neorganski dušik ( $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ )

TP - celokupni fosfor

k - 1,5

m -  $10/12 = 0.833$

#### **Klasifikacija trofičnega indexa TRIX-a:**

vrednosti < 4: visoko trofično stanje, nizka produkcija;

vrednosti 4 - 5: dobro trofično stanje, povišana produktivnost, občasno povišana motnost, obarvanost morske vode in pojavljanje nižjih koncentracij kisika (hipoksij) v pridnenih slojih;

vrednosti 5 - 6: srednje dobro trofično stanje;

vrednosti > 6 slabo trofično stanje, zelo produktivne vode, visoka motnost, pogosta obarvanost morske vode in redno

Tabela 8: Merilna mesta monitoringa kopaliških voda

Št.	Šifra vodnega telesa	Ime vodnega telesa	Ime kopalne vode	Koordinate merilnega mesta	
				X	Y
1	SI5VT2	VT Morje Lazaret–Ankaran	Kopalno območje Debeli Rtič	50413	399030
2	SI5VT2	VT Morje Lazaret–Ankaran	Naravno kopališče RKS MZL Debeli Rtič	50016	399593
3	SI5VT3	kMPVT Morje Koprski zaliv	Kopališče Adria Ankaran	48869	401320
4	SI5VT3	kMPVT Morje Koprski zaliv	Mestno kopališče Koper	45879	400849
5	SI5VT3	kMPVT Morje Koprski zaliv	Kopališče Žusterna	45536	399717
6	SI5VT3, SI5VT4	kMPVT Morje Koprski zaliv, VT Morje Žusterna–Piran	Kopalno območje Žusterna–AC Jadranka	45627	399270
7	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Kopalno območje Pri svetilniku	45047	395371
8	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Kopalno območje Rikonvo–Simonov zaliv	44205	394759
9	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Plaža Simonov zaliv	44009	394483
10	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Kopalno območje Simonov zaliv–Strunjan	44686	391846
11	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Obmorsko kopališče–Plaža Krka–Zdravilišče (T alaso) Strunjan	43926	391042
12	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Naravno kopališče Salinera	43384	390927
13	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Kopalno območje Salinera–Pacug	43447	390619
14	SI5VT4	VT Morje Žusterna–Piran	Kopalno območje Fiesa–Piran	43665	389092
15	SI5VT5	VT Morje Piranski zaliv	Plaža Grand Hotela Bernardin	42330	388555
16	SI5VT5	VT Morje Piranski zaliv	Plaža hotela Vile Park	42149	389016
17	SI5VT5	VT Morje Piranski zaliv	Kopališče Hoteli morje (LifeClass)	41891	390040
18	SI5VT5	VT Morje Piranski zaliv	Osrednja plaža Portorož	41806	390370
19	SI5VT5	VT Morje Piranski zaliv	Naravno kopališče Metropol Portorož	41399	390479
20	SI5VT5	VT Morje Piranski zaliv	Naravno kopališče Avtokamp Lucija	40884	390320

Tabela 9. Merilna mesta ugotavljanja kemičnega onesnaženja v organizmih in sedimentu

Koda postaje	Merilno mesto	Šifra vodnega telesa	Geod. koordinata X	Geod. koordinata Y	Globina postaje (m)	Oddaljenost od obale (m)
<b>SEDIMENT</b>						
SI5VT5	00PM	Marina Portorož	390190	41569	10	2
SI5VT3	0014	Luka Koper	401212	47261	10	10
SI5VT3	000K	Koprski zaliv	400072	47435	16	1300
SI5VT1	00KK	Koprski zaliv	395907	47356	21	3000
SI5VT4	000F	Tržaški zavil	386759	45291	21	3000
SI5VT1	00CZ	Tržaški zaliv	393337	54625	24	3500
SI5VT5	00MA	Piranski zaliv	388410	41017	16	1500
<b>ORGANIZMI</b>						
SI5VT3	00TM	Marina Koper	400655	46438	10	1
SI5VT2	0024	Strunjanski zaliv	390324	44294	14	600

Tabela 10. Merilna mesta evtrofikacijskega monitoringa obalnega morja s koordinatami, globino merilnega mesta in oddaljenostjo od obale

Šifra vodnega telesa	Koda merilnega mesta	Merilno mesto	Tip merilnega mesta	Geod. koord. X	Geod. koord. Y	Globina merilnega mesta (m)
SI5VT1	00F2	Odprte vode	Referenčno	381127	50398	21
SI5VT4	000F	Tržaški zaliv	Osnovno	386759	45291	24
SI5VT3	000K	Koprski zaliv	Dodatno	400072	47435	16
SI518VT3	ERI2	Estuarij Rižane	Dodatno	401922	47291	10
SI5VT1	00C2	Izola	Dodatno	391785	49835	21
SI5VT5	00MA	Piranski zaliv	Dodatno	388410	41017	16

Tabela 11: Merilna mesta žarišč onesnaženja s koordinatami

**Spremljanje kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v letu 2011**

Šifra vodnega telesa	Koda merilnega mesta	Merilno mesto	Tip merilnega mesta	Geod. koordinata X	Geod. koordinata Y
<b>SI518VT3</b>	00RI	Rižana	Osnovno	403203	47165
<b>SI512VT52</b>	00DR	Dragonja	Referenčno	391611	37002
/	00BA	Badaševica	Dodatno	400765	44804
/	00DN	Drnica	Dodatno	391912	38301
<b>SI518VT3</b>	00KB	KOPER	KČN	402685	47253
<b>SI5VT5</b>	00PA	PIRAN	KČN		

*Tabela 12. Izbor merilnih mest vzorčenja biomonitoringa s koordinatami, globino merilnega mesta in oddaljenostjo od obale.*

Šifra vodnega telesa	Koda merilnega mesta	Merilno mesto	Tip merilnega mesta	Geod. koord. X	Geod. koord. Y	Globina postaje (m)	Oddaljenost od obale (m)
<b>SI5VT3</b>	00TM	Marina Koper	Dodatno	400655	46438	2	1
<b>SI5VT5</b>	0035	Piranski zaliv - Seča	Osnovno	389222	39787	12	300
<b>SI5VT2</b>	0024	Strunjanski zaliv	Referenčno	390324	44294	14	600

## ANALIZE TEŽKIH KOVIN

Meje zaznavnosti, meje kvantifikacije in merilna negotovost			
ŠIFRA PAR.	IME PARAMETRA	ANAL. METODA	MERILNI PRINCIP
4040	Baker		masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
4090	Cink		masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
4120	Kadmij		masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
4190	Krom		masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
4230	Nikelj		masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
4290	Svinec		masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo
4340	Živo srebro		atomska absorpcijska spektrometrija hladnih par
Opomba: Merilna negotovost je bila določena na enem izmed vzorcev morske vode. *Koncentracija Co in Ag v vzorcu morske vode na katerem smo določili merilno negotovost			
Školjke			
4141	Kadmij		elektrotermična atomska absorpcijska spektrometrija
4361	Živo srebro		atomska absorpcijska spektrometrija hladnih par

## ANALIZE FIZIKALNO-KEMIČNIH IN MIKROBIOLOŠKIH ANALIZ

(Zavod za zdravstveno varstvo Koper)

SIF_PAR	PARAMETER	ANAL_METODA	MER_PRINCIP	REFERENCA	ENOTA
1010	Temperatura zraka		termometrija	DIN 38404-4	oC
1020	Temperatura vode		termometrija	DIN 38404-4	oC
1060	pH		elektrometrija	ISO 10523	
1071	Elek. prevodnost		elektrometrija	EN 27888	$\mu\text{S}/\text{cm} \cdot 10^4$
1083	Kisik	ISO 5813	volumetrija	ISO 5813	mg O <sub>2</sub> /l
1090	Nasičenost s kisikom		računsko		%
1190	Prosojnost		vidno zaznavanje		m
1201	Slanost	ISO 9297	volumetrija	ISO 9297	mg NaCl/l oz. ‰
2020	Suspendirane snovi po sušenju	SIST ISO 11923	gravimetrija	SIST ISO 11923	mg/l
2120	Skupni dušik	HM061+ISO 7150-1	spektrometrija	razklop modif. ISO 10048, dest.in dol.ISO 7150-1	$\mu\text{mol N/l}$
2140	Amonij	ISO 7150-1	spektrometrija	ISO 7150-1	$\mu\text{mol NH}_4^+/\text{l}$
2150	Nitrit	SIST EN ISO 26777	spektrometrija	SIST EN ISO 26777	$\mu\text{mol NO}_2^-/\text{l}$
2160	Nitrat*	HM075-HPLC	HPLC- UVdet.	HPLC met. po odstr. kloridov	$\mu\text{mol NO}_3^-/\text{l}$
	Nitrat - povr.vode	HM075-HPLC	HPLC- UVdet.	HPLC met. (po odstr. kloridov če je potrebno)	$\mu\text{mol NO}_3^-/\text{l}$
		ISO 10304-1	indirektna HPLC- UVdet.	ISO 10304-1:2007(po odstr. kloridov če je potrebno)	$\mu\text{mol NO}_3^-/\text{l}$
2221	Fosfor (skupno)-nefiltr.	SIST EN ISO 6878-7	spektrometrija	SIST EN ISO 6878-7	$\mu\text{mol P/l}$
2230	Ortofosfati	SIST EN ISO 6878-4	spektrometrija	SIST EN ISO 6878-4	$\mu\text{mol PO}_4^{3-}/\text{l}$
2240	SiO <sub>2</sub>	SM4500-SiO <sub>2</sub> C	spektrometrija	SM4500-SiO <sub>2</sub> C	$\mu\text{mol SiO}_2/\text{l}$
2080	KPK *	ISO 15705	spektrometrija	ISO 15705	mg O <sub>2</sub> /l
	Oksidativnost - sladki matriksi	SIST EN ISO 8467	volumetrija	SIST EN ISO 8467	mg O <sub>2</sub> /l
	Oksidativnost- slani matriksi	SIST EN ISO 8467modif.	volumetrija	SIST EN ISO 8467modif.	mg O <sub>2</sub> /l
2091	BPK-5	ISO 5815-1		ISO 5815-1	mg O <sub>2</sub> /l
		ISO 5815-2		ISO 5815-2	mg O <sub>2</sub> /l
3021	Anionski detergenti	ISO 7875-1	spektrometrija	ISO 7875-1	mg/l MBAS
9021	Koliformne bakterije fekalnega izvora		membranska filtracija/gojenje	UNEP/WHO (1995a,b)	CFU/100 ml

## LITERATURA

Holm-Hansen, O., Lorenzen, C.J., Holmes, R.W. & Strickland, J.D.H. Fluorometric determination of chlorophyll, *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 1965, 30, 3-13

Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 310. (ed.), Fish. Res. Bd. Canada, Bull. 167 p.

STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastwaters. 1971 13th ed. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Inc., New York. 874 p

UNESCO, 1984. Manual for monitoring oil and dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons in marine waters and on beaches. pp.1- 10

UNEP/FAO, 1976. Manual of Methods in Aquatic environment research. Part 3 - Sampling and analyses of biological material. FAO Fisheries Technical Paper No. 158. Rome

UNEP/FAO, 1986. Baseline studies and Monitoring Metals. particularly Mercury and Cadmium. in Marine Organisms (MED POL II) MAP Technical Reports Series No.2. UNEP. Athens

UNEP/IOC/IAEA, 1992. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 20. UNEP. Copenhagen

UNEP/RAMOG, 1999: Manual on the biomarkers recommended for the MED POL biomonitoring programme. UNEP, Athens

Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mit. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol. 9: 1-38

Viarengo, A., Ponzano, E., Dondero, F., Fabbri, R. (1994): A simple spectrophotometric method for MT evaluation in marine organisms: an application to Mediterranean and Antarctic molluscs. *Mar. Environ. Res.*, 44, S. 69-84

Vollenweider in sod., 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality Index. *Environmetrics* 9(3):329-357