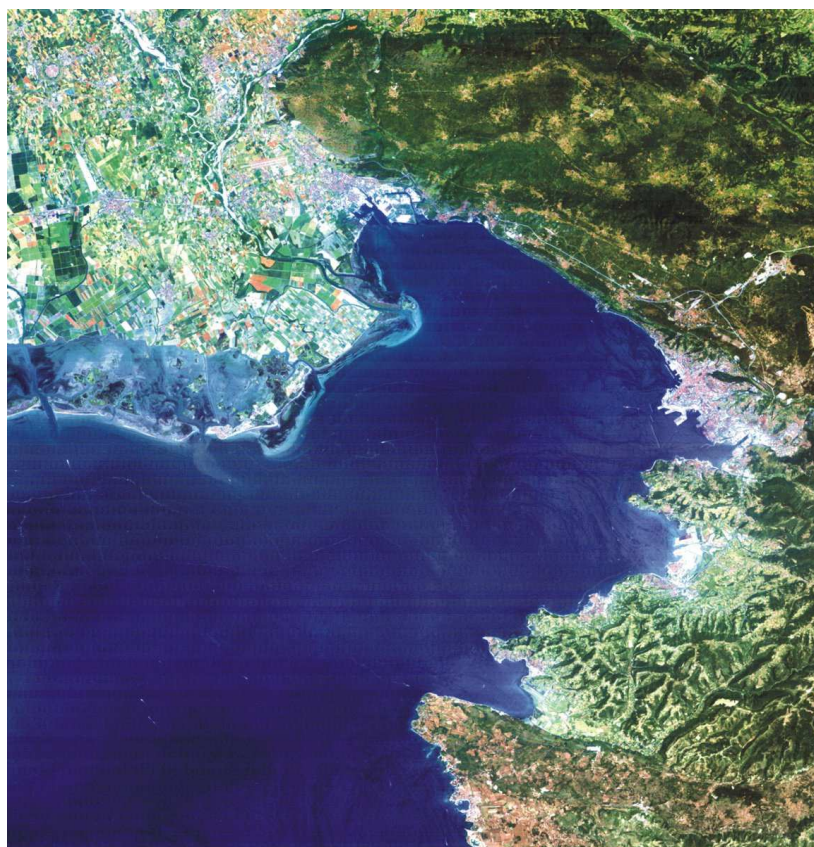


NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO

MORSKA BIOLOŠKA POSTAJA PIRAN



Marec
2011

Program spremljanja kakovosti morja in
vnosov onesnaženja s kopnega v skladu z
Barcelonsko konvencijo v letu 2010

Nosilka projekta: dr. Valentina Turk

Sodelavci:

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

Naročnik: **MOP , AGENCIJA R S ZA OKOLJE**

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. 2011. Program spremljanja kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo. Poročilo za leto 2010. (Poročila MBP – Morska biološka postaja). Piran: Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, 2011

SPREMLJANJE KAKOVOSTI MORJA IN VNOSOV ONESNAŽENJA S KOPNEGA V LETU 2010

KAZALO

Povzetek	4
Uvod	6
1. Monitoring sanitarne kakovosti kopalnih voda.....	8
2. Monitoring obalnega morja in trend monitoring	10
2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu	10
2.2. Rezultati koncentracij ogljikovodikov v morskih organizmih	13
2.3. Rezultati koncentracij težkih kovin v morskih organizmih	15
3. Evtrofikacijski monitoring	17
4. Obremenitev – vnos s kopnega.....	22
5. Biomonitoring - biološke spremembe onesnaženja.....	24
Opis metod in merilna mesta.....	27
Literatura	33

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). Program Spremljanja stanja okolja (MED POL program) izvajamo s finančno pomočjo Ministrstva za okolje in prostor R Slovenije, Agencije RS za okolje. Poročilo vključuje rezultate mikrobioloških analiz kakovosti kopaliških vod, fizikalno-kemične in biološke analize morske vode za oceno stopnje eutrofikacije, rezultate policikličnih in aromatskih ogljikovodikov, kadmija in živega srebra v sedimentu in morskih organizmih (školjках), oceno vnosa s kopenskih točkovnih virov onesnaženja v morje in rezultate analiz biomonitoringa za oceno bioloških posledic onesnaženja na morskih organizmih.

V preteklem letu je bila ocenjena sanitarna kakovost kopalnih voda na 21 kopališčih vzdolž obale R Slovenije, na 14 naravnih kopališčih ter 7 kopalnih območjih, kjer se običajno kopa večje število ljudi. Na posameznem kopališču so bili odvzeti vzorci vsake 14 dni, v času kopalne sezone, od 1. junija do 15. septembra 2010. Na terenu je bila opravljena ocena prisotnosti vidnih nečistoč, mineralnih olj, fenolov in detergentov, v laboratoriju pa mikrobiološke analize na prisotnost bakterije *Escherichia coli* in enterokokov. Ker »nova« kopalna direktiva določa razvrščanje kopalnih voda v razrede kakovosti šele po zagotovitvi štiriletnega niza podatkov, se je skladnost kakovosti voda ugotavljala glede na priporočila Inštituta za varovanje zdravja RS, oziroma glede na kriterije, ki veljajo za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije, do zagotovitve zadostnega števila podatkov. Opravljenih je bilo 10 analiz na posameznem kopališču. Glede na kriterije za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije za prehodno obdobje, rezultati na vseh merilnih mestih ustrezajo kriterijem, ki dovoljujejo uporabo kopališč za rekreativne namene.

Onesnaženost morskega dna (sedimenta) z alifatskimi in aromatskimi ogljikovodiki spremljamo na 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. Nekoliko višje so še vsebnosti na postajah sredi Koprškega, Piranskega in Tržaškega zaliva. Med ločenimi alifatskimi ogljikovodiki prevladujejo ogljikovodiki, ki kažejo na biogene vire alifatskih ogljikovodikov. V Marini Portorož so bile izmerjene tudi najvišje koncentracije aromatskih ogljikovodikov, kjer so koncentracije tudi nekajkrat višje v primerjavi z referenčno postajo. Na drugih postajah Tržaškega zaliva so koncentracije do dvakrat višje kot na referenčni postaji, vrednosti pa ne odstopajo od večletnega povprečja na posameznih merilnih mestih. Vrednosti, kot tudi razporeditev aromatskih ogljikovodikov potrjujejo, da je najpomembnejši vir onesnaževanja z ogljikovodiki pomorski promet s spremljajočimi dejavnostmi, drugi vir pa so obalna mesta na obeh straneh Tržaškega zaliva.

Vzorci školjk klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) za analize kemičnega onesnaženja s težkimi kovinami kadmija in živega srebra (Cd, Hg) ter ogljikovodiki (alifatski in aromatski – AH,PAH) smo vzorčili septembra na mestih v Strunjanu in ob marini v Kopru na vhodu v koprsko pristanišče. Rezultati kadmija in živega srebra za leto 2010 ne kažejo velikih odstopanj od rezultatov preteklih let. Prav tako vsebnosti alifatskih in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v površinskem sedimentu in školjkah ne kažejo trenda naraščanja.

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 4 razred, razred ugodnega trofičnega stanja in nizke produktivnosti. Slabšo kvaliteto izkazujejo notranjosti zalivov ob izlivih rek, kjer zanašajo vrednosti med 5 in 6, področja kjer lahko prihaja do povišane produktivnosti, občasno povišane motnosti, obarvanosti morske vode in nižjih koncentracij kisika. Fitoplanktonska biomasa, izražena kot koncentracija klorofila je bila nizka na dan vzorčenja v februarju, maju, avgustu in septembru. Povišane vrednosti smo beležili v juniju v ustjih rek Dragonje in Rižane. Povprečne koncentracije klorofila upadajo v smeri proti postaji sredi Tržaškega zaliva. Najvišje koncentracije smo izmerili v mesecu novembru na vseh lokacijah v Tržaškem zalivu (maks. 5,25 µg Chl *a*/l). Med fitoplanktonskimi vrstami prevladujejo sezonsko mikroflagelati, z izjemo visokega števila kremenastih alg v mesecu novembru na vseh lokacijah in globinah vzorčenja.

Na osnovi rezultatov sezonskih meritev kemičnih analiz in hitrosti pretokov rek, ter čistilnih naprav, ki se izlivajo v obalno morje R Slovenije smo ocenili, da znaša letni vnos celokupne suspendirane snovi v morje 2949 ton, 523 ton za celokupni dušik in 25 ton za celokupni fosfor. Visoke vrednosti nitrata in ortofosfata, celokupnega dušika in fosforja smo beležili v reki Badaševici, Rižani in Drnici. Povišane vrednosti detergentov so 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 (> 11000/100 ml) v poletnih mesecih v reki Rižani, Dragonji in Badaševici.

Za ugotavljanje vpliva onesnaženja na organizme (biomonitoring) izvajamo analize indukcije metalotioneinov in alkalne elucije v tkivu školjk *Mytilus galloprovincialis*. Vrednosti metalotioneinov (MT) v klapavicah se ne razlikujejo med lokacijah, do razlik prihaja predvsem med sezonami in med leti. Primerjava rezultatov 10 letnega biomonitoringa metalotioneinov kaže, da so v slovenskem morju vrednosti metalotioneinov višje kot v hrvaških teritorialnih vodah, ter znatno nižje kot v nekaterih onesnaženih lukah v Sredozemlju.

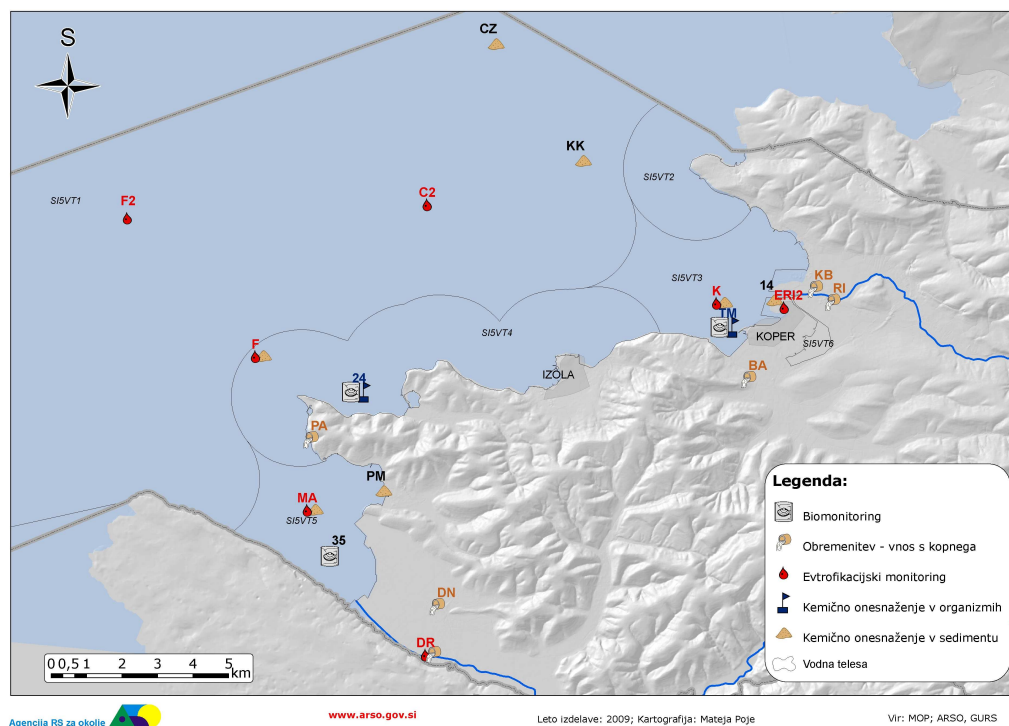
UVOD

R Slovenija sodeluje v programih Združenih narodov za okolje (UNEP/MAP) na področju spremljanja kakovosti obalnega morja že vse od leta 1979. Mediteranski akcijski plan (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 upravljanja z naravnimi viri. Poleg zaščite imajo pomembno vlogo tudi aktivnosti in modeli učinkovitega upravljanja, harmonizacije odnosov med mediteranskimi državami. Barcelonska konvencija, ki je bila podpisana (16 držav) že leta 1975, je bila leta 1995 dopolnjena in preoblikovana v Konvencijo o zaščiti morskega in obalnega področja Sredozemlja. Barcelonska konvencija predstavlja pravni okvir za delo MAP-a, v kateri sodeluje 22 držav: Albanija, Alžirija, Bosna in Hercegovina, Ciper, Črna Gora, Egipt, EU, Francija, Grčija, Hrvaška, Italija, Izrael, Libanon, Libija, Malta, Maroko, Monako, Sirija, Slovenija, Španija, Tunis in Turčija. Program vključuje 7 specifičnih protokolov. Vsaka država članica ima koordinatorsko aktivnost MAP-a (National Focal Point). V več kot tridesetih letih delovanja so se izoblikovali skupni interesi varovanja sredozemskega morja, specifične teme delovanja so definirane v 7 protokolih Barcelonske konvencije: Dumping Protocol, Emergency Protocol, LBS Protocol, SPA Biodiversity Protocol, Offshore Protocol, Hazardous waste Protocol in ICZM Protocol. Protokoli predstavljajo pravni okvir za skupno delovanje na specifičnih področjih zaščite morja v Sredozemlju. Poleg tega je pomembna vloga Programa za oceno in kontrolo onesnaženja Sredozemskega morja (MED POL), ki predstavlja znanstveno in tehnično komponento MAP-a za LBS (Protokol o zaščiti Sredozemskega morja pred onesnaženjem s kopnega), "Dumping" in "Hazardous Waste" protokol. MED POL ima pomembno vlogo pri zagotavljanju kakovostnih podatkov, vzpostavitvi nacionalnih programov sledenja stanja morja, interkalibraciji podatkov in metod, nasvetov in svetovanja mednarodno pomembnih inštitucij kot sta SZO (WHO), IAEA in druge. Trenutno poteka četrta faza MED POL programa. Dolgoletni niz rezultatov kemičnih in bioloških parametrov programa MED-POL omogoča sledenje sprememb v okolju v času 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 (NMPSlovenia) (UNEP – MED POL-FAZA IV).

Program vključuje:

1. mikrobiološke analize kakovosti kopaliških 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.

Vsa merilna mesta posameznih analiz so prikazana na sliki 1.



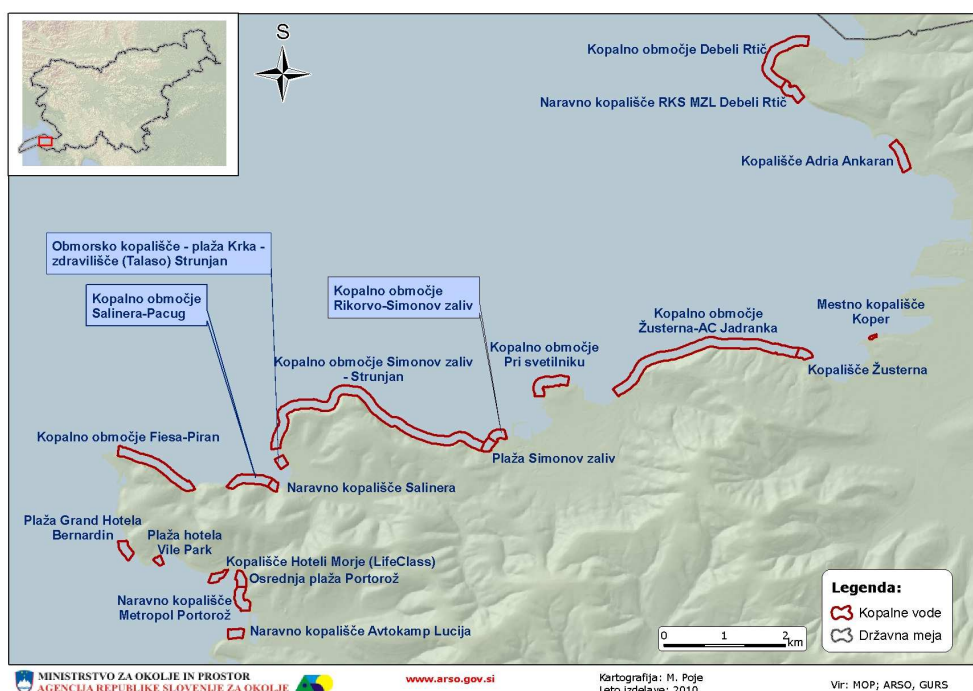
Slika 1: Merilna mesta programa spremljanja kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v skladu z Barcelonsko konvencijo v letu 2010

V programu sodelujejo sledeče ustanove:

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

1. MONITORING SANITARNE KAKOVOSTI KOPALNIH VODA

Sanitarna kakovost kopalniških vod se je v letu 2010 spremljala na 21 kopalnih vodah – na 14 naravnih kopalniščih ter 7 kopalnih območjih (slika 2). Spremljanje je prvič potekalo 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), ki je bila v nacionalni pravni red prenesena v letu 2008 z dvema okoljskima predpisoma. Pravilnik o podrobnejših kriterijih za ugotavljanje kopalnih voda (Ur.l. RS, št. 39/08) določa pogoje za določitev kopalnih voda, zahteve za spremljanje njihove kakovosti in način upravljanja pa določa Uredba 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 2010.

V času kopalne sezone (od 1.6. do 15.9.2010) je bilo na posameznem merilnem mestu opravljenih 10 vzorčenj kopalne vode. Na terenu so se opravile terenske meritve in ocene prisotnosti vidnih nečistoč, mineralnih olj, fenolov in detergentov, v laboratoriju pa analize na prisotnost *Escherichie Coli* in intestinalnih enterokokov v vzorcu kopalne vode. Ker »nova« kopalna direktiva določa razvrščanje kopalnih voda v razrede kakovosti šele po zagotovitvi štiriletnega niza podatkov, se je skladnost vode ugotavljala le glede na priporočila Inštituta

za varovanje zdravja RS oziroma glede na kriterije, ki veljajo za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije do zagotovitve zadostnega števila podatkov.

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) in Inštituta za varovanje zdravja RS (www.ivz.si).

Tabela 1. Podatki o skladnosti vzorcev kopalne vode glede na kriterije za razvrščanje kopalnih voda po kakovosti v državah Evropske unije za prehodno obdobje (Directive 76/160/EEC)

Parameter/skupina	Št. postaj	Št .meritev	Frekvenca vzorčenja	Rezultati (%), ki ustrezajo kriterijem
Enterokoki in <i>Escherichia coli</i>	21	10	14-dnevna	100

2. MONITORING OBALNEGA MORJA IN TREND MONITORING

2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu

V merilno mrežo za ugotavljanje kemičnega onesnaženja sedimenta je vključenih 7 merilnih mest: marina Portorož (00MP), ustje reke Rižane (0014), sredina Koprskega (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 9 (priloga).



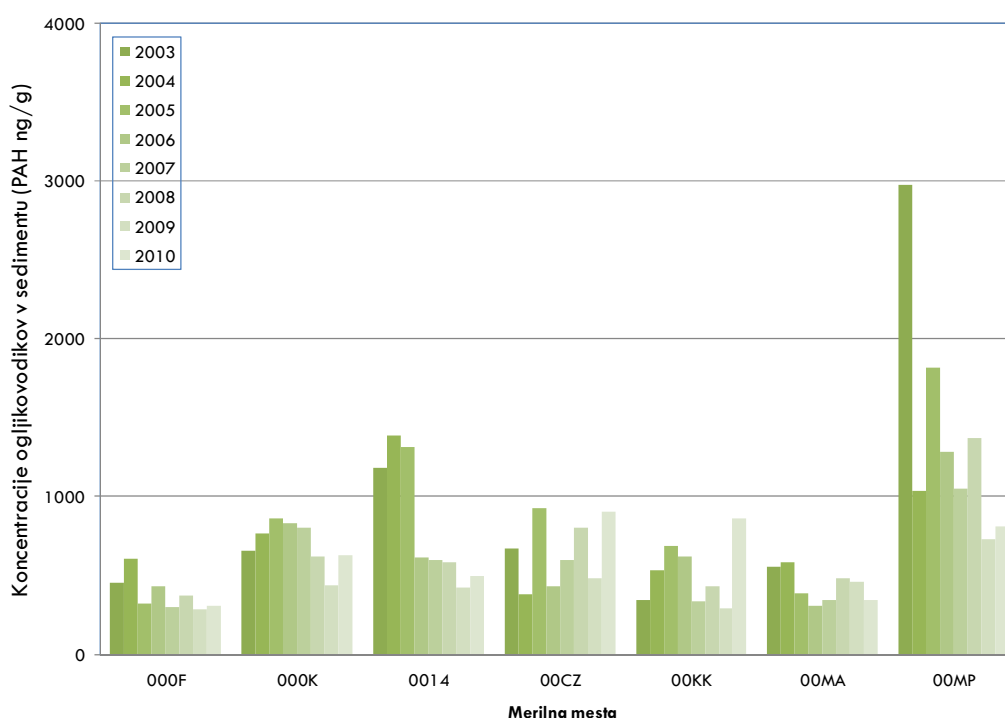
Slika 3. Prikaz merilnih mest monitoringa kemičnega onesnaženja sedimenta obalnega morja v letu 2010.

Vzorci sedimenta za analize kemičnega onesnaženja z ogljikovodiki (alifatski in aromatski – AH, PAH) smo vzorčili 21. septembra 2010. Rezultati celokupnih koncentracij so podani v tabeli 2, primerjava s predhodnimi leti pa je prikazana na sliki 4. Kot v glavnem že vsa leta do sedaj so bile tudi v letu 2010 koncentracije alifatskih ogljikovodikov v sedimentu najvišje na postajah 0014 v Luki Koper in 00PM v portoroški marini (tabela 2). Nekoliko višje so še vsebnosti na postajah 00CZ, 000K in 00MA. Opazno je znižanje koncentracij v obeh zalivih, Koprskem in Piranskem, v transektu proti bolj odprtem 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. Tudi v obravnavanem letu med ločenimi alifatskimi ogljikovodiki prevladujejo ogljikovodiki z več kot 20 ogljikovimi atomi z izrazito prevlado tistih z lihim številom ogljikovih atomov. To kaže na pomemben biogeni vir teh alifatskih ogljikovodikov. Ti nastajajo pri raznih mikrobnih

razgradnjah kopenskih rastlin in tudi nekatere alge ter fitoplankton v morju lahko sintetizirajo take spojine. Reke, predvsem Rižana v Koprskem zalivu in Dragonja v Piranskem, prinašajo alifatske ogljikovodike v naše obalno morje. V slovenskem pristanišču (0014), portoroški marini (00PM) in v sredini Koprskega zaliva (000K) je bila opazna pomembna vsebnost neločljive kompleksne zmesi, ki pomeni zmes produktov razgradnje in razvejanih izomer alifatskih ogljikovodikov, kar kaže na dolgotrajno onesnaževanje z nafto in derivati. Tu imajo gotovo velik pomen pomorski transport in pristaniške aktivnosti v našem pristanišču.

Tabela 2. Rezultati koncentracij celokupnih alifatskih (AH) in policikličnih aromatskih (PAH) ogljikovodikov (ng g^{-1} suhega sedimenta) v sedimentu na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2010.

Ogljikovodiki	000F	00PM	00KK	0014	00MA	000K	00CZ
Cel. AH (ng g^{-1})	1573	5290	1813	9703	3218	3849	2519
Cel. PAH (ng g^{-1})	304	807	858	498	341	628	904



Slika 4: Primerjava koncentracij aromatskih ogljikovodikov (PAH) v sedimentu obalnega morja R Slovenije v obdobju 2003-2010.

Izmerjene koncentracije policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) so v letu 2010 pokazale primerljive koncentracije na postajah OOCZ in OOKK s tistimi v portoroški marini, ki so v tem letu res nekoliko nižje kot običajno. Vsebnosti na omenjenih dveh postajah pa so po drugi strani nekoliko višje kot običajno. Lahko sklepamo, da je morda prišlo do kakšnega lokalnega onesnaženja, saj sta obe postaji najbližji osrednjemu delu Tržaškega zaliva. Lahko pa so bili tudi oceanografski pogoji v tem letu taki, da so povečali kopičenje teh snovi v osrednjem delu Tržaškega zaliva, kar smo opazili v manjši meri tudi v predhodnih letih. Na drugih postajah ni opaznih večjih odstopanj od večletnih razmer. Še naprej so nižje koncentracije v akvatoriju Luke Koper na izlivu reke Rižane.

Na vseh postajah prevladujejo PAH-i s 4-5-imi aromatskimi obroči, ki so značilni za pirogeni izvor, to je gorenje fosilnih goriv. Tu ima ponovno pomemben vpliv pomorski promet, verjetno pa je pomemben tudi prenos preko atmosfere, saj se naša obalna mesta še vedno v veliki meri v zimskem času ogrevajo s premogom in tekočimi gorivi.

2.2. Rezultati koncentracij ogljikovodikov v morskih organizmih

Vzorci školjk klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) za analize kemičnega onesnaženja z ogljikovodiki (alifatski in aromatski – AH, PAH) in težkimi kovinami (kadmij-Cd in živo srebro - Hg) smo vzorčili 27. septembra 2010 na postaji v Strunjanu (0024) in 7. septembra 2010 na postaji v Kopru (00TM) (slika 5, tabela priloga).



Slika 5. Prikaz merilnih mest monitoringa kemičnega onesnaženja morskih organizmov obalnega morja v letu 2010.

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 3.

Tabela 3. Rezultati slanosti, temperature in vsebnosti kisika na merilnem mestu vzorčenja školjk v Strunjanu (0024) in na merilnem mestu v Kopru (00TM) v letu 2010.

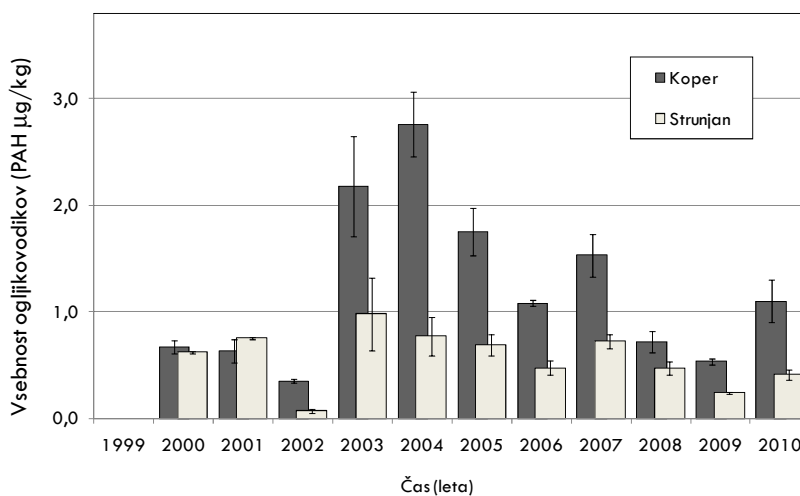
Merilno mesto	Datum	Slanost psu	Temp °C	Kisik mgO ₂ /L
0024	27.09.2010	33,43	21,9	6,87
00TM	7.09.2010	35,48	20,8	7,00

Vsebnosti alifatskih in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v vzorcih školjk na obeh postajah so podane v tabeli 4. Rezultati za leto 2010 kažejo višje vsebnosti ločenih PAH-ov na obeh

postajah v primerjavi z letom 2009 (slika 6). Te razlike pa so še vedno v okviru medletnih nihanj (slika 6). Tudi v tem letu so bile koncentracije na merilnem mestu v Kopru v primerjavi s Strunjanom več kot dvakrat višje. To kaže na vpliv dejavnosti Luke Koper in Marine Koper, nekaj pa verjetno prispeva samo mesto Koper. V vzorcih prevladujejo PAH-i z več kondenziranimi aromatskimi obroči, kar potrjuje pirogeni izvor, omenjen že v primeru sedimentov.

Tabela 4. Rezultati koncentracij celokupnih alifatskih (AH) in policikličnih aromatskih (PAH) (ng g⁻¹ suhe teže) ogljikovodikov v organizmih na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2010.

Ogljikovodiki ng/g suhe teže	Merilno mesto			
	00TM	(± SD)	0024	(± SD)
Cel. AH	5728	(±267)	4400	(±299)
Cel. PAH	1100	(±208)	414	(±50)



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 1999 do 2010.

V primeru alifatskih ogljikovodikov so nekoliko neobičajne višje vrednosti na postaji v Strunjanu, ki pa so tudi v večji meri posledica naravnega vnosa. Tako tega ne moremo direktno povezati s povečanim onesnaževanjem. Razporeditev alifatskih ogljikovodikov kaže na nekoliko večje kopičenje višje molekularnih spojin, z neznačilno razporeditvijo

ogljikovodikov z lihim oz. sodim številom ogljikovih atomov. Na merilnem mestu v Kopru so koncentracije ogljikovodikov primerljive z večletnimi rezultati, vsekakor pa kažejo na vire onesnaževanja na tem območju. V letu 2010 vsebnosti alifatskih in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v školjkah v glavnem ne kažejo trenda naraščanja, obalno morje je še vedno le zmerno onesnaženo s temi spojinami, kljub pomembnim pritiskom s kopnega in pomorskega prometa.

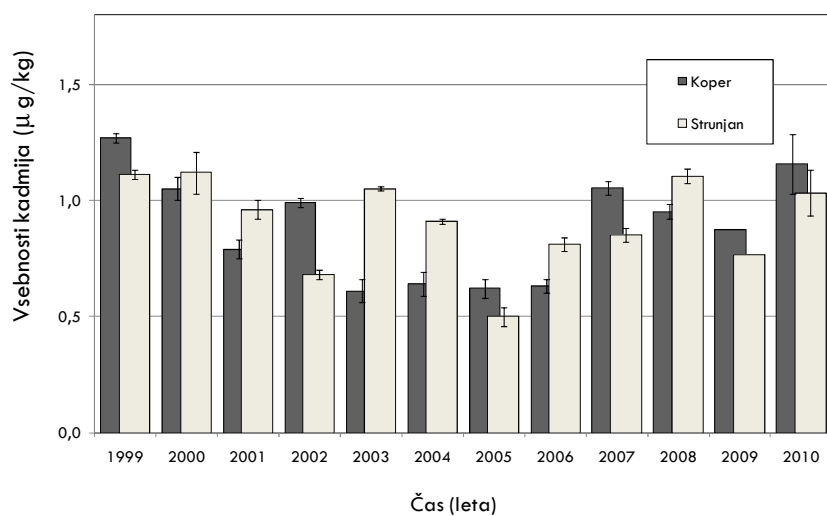
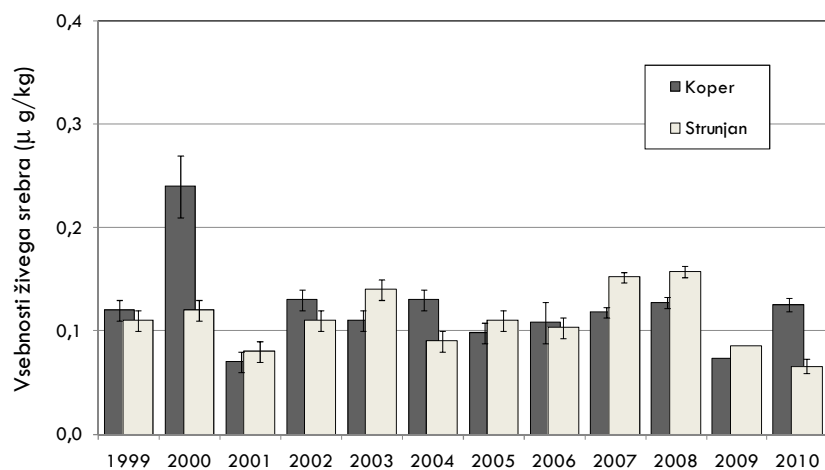
2.3. Rezultati koncentracij težkih kovin v morskih organizmih

Vzorci školjk klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) za analize kemičnega onesnaženja s težkimi kovinami kadmija in živega srebra (Cd, Hg) smo vzorčili 27. septembra 2010 na postaji v Strunjaju (0024) in 7. septembra 2010 na postaji v Kopru (00TM). Rezultati splošnih fizikalnih razmer na mestu vzorčenja so podani v tabeli 2, rezultati koncentracij elementov v posameznem pod-vzorcu, preračunani na suho maso vzorca, so podani v tabeli 5.

Tabela 5. 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 2010

Vzorec	Datum	Slanost psu	T °C	Teža g	Dolžina cm	Cd mg/kg	Hg µg/kg
0024-1	27.9.2010	33,43	21,9	20,4±2,6	6,3±0,4	1,03	0,0992
0024-2	27.9.2010	33,43	21,9	18,3±1,7	6,7±0,6	0,82	0,0938
0024-3	27.9.2010	33,43	21,9	17,2±2,8	6,2±0,4	1,12	0,1037
0024-4	27.9.2010	33,43	21,9	19,8±3,8	6,8±0,4	1,13	0,1057
0024-5	27.9.2010	33,43	21,9	18,3±2,5	6,6±0,4	1,06	0,0897
00TM-1	7.9.2010	35,48	20,8	10,6±2,7	5,2±0,5	1,18	0,1268
00TM-2	7.9.2010	35,48	20,8	13,0±3,8	5,6±0,6	1,12	0,1354
00TM-3	7.9.2010	35,48	20,8	10,7±1,9	5,1±0,3	1,09	0,1324
00TM-4	7.9.2010	35,48	20,8	9,9±1,5	5,1±0,2	1,26	0,1312
00TM-5	7.9.2010	35,48	20,8	11,2±1,7	5,0±0,2	1,14	0,1176

Primerjava povprečnih koncentracij živega srebra in kadmija v školjkah v letošnjem letu z rezultati preteklih let za obdobje 1999-2010 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 2010.

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 ustja reke Dragonje (00DR), proti sredini piranskega zaliva (00MA), do merilnega mesta pred piransko Punto (000F) in referenčne postaje 00F2. Izbor merilnih mest je prikazan na sliki 8, podroben opis lokacij s koordinatami, globlinami in oddaljenost od obale je navedena v tabeli 11 (priloga).

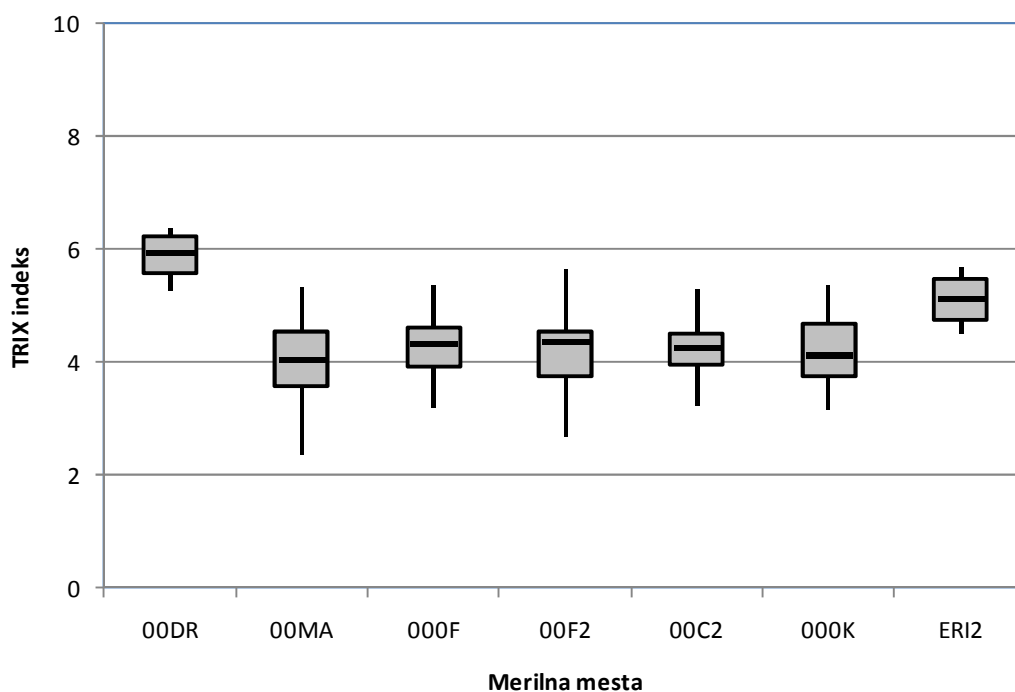


Slika 8. Prikaz merilnih mest evtrofikacijskega monitoringa v obalnem morja R Slovenije v letu 2010.

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 17. februarja, 13. maja, 15. junija, 18. avgusta, 15. septembra in 17. novembra 2010. Na vsakem merilnem mestu smo najprej izmerili fizikalne parametre s CTD sondo in nato vzorčili z Niskin vzorčevalniki na različnih globlinah (0,3m, 5m in 10 ali 15m – odvisno od globine postaje). Rezultati statistične analize vrednosti na posameznih merilnih mestih so prikazane v tabeli 6 in izračunane vrednosti po analizi Box plot analiz prikazane na sliki 9.

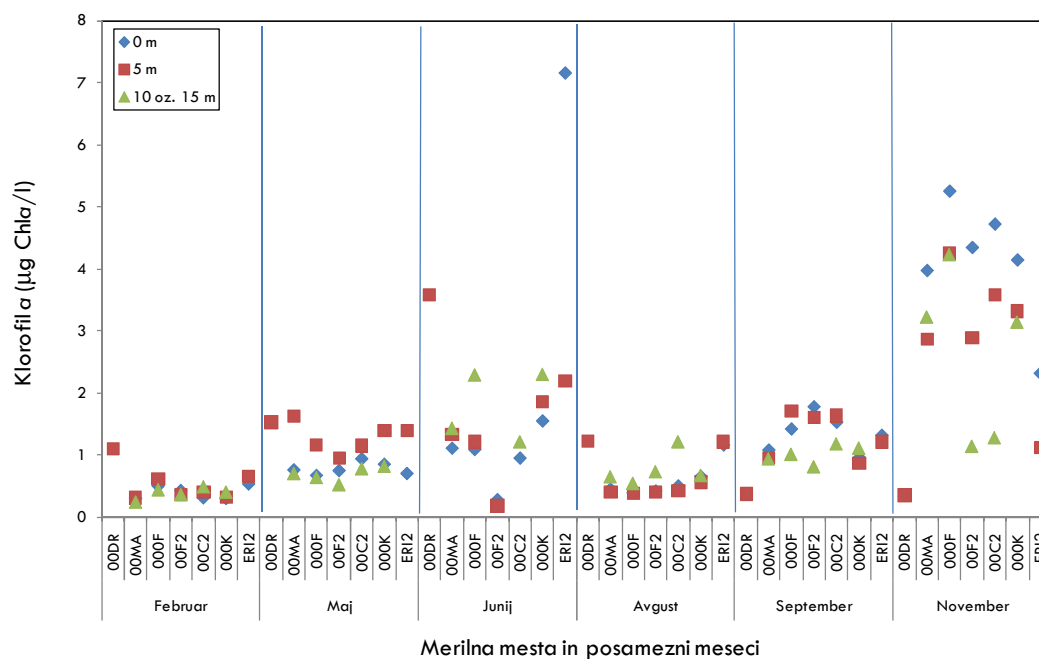
Tabela 6. Povprečne, najvišje in najnižje letne vrednosti TRIX indeksa in število analiz na posameznem merilnem mestu v letu 2010.

Koda postaje	OERI	000K	00C2	00DR	00MA	000F	00F2
Vrednosti							
Sred.vred.	5,9	3,9	4,2	4,2	4,3	4,2	5,1
Najvišja vred.	6,4	5,3	5,4	5,6	5,3	5,4	5,7
Najnižja vred.	5,3	2,4	3,2	2,7	3,2	3,2	4,5
Št. vzorcev	6	18	18	17	17	18	12



Slika 9. Statistična analiza vrednosti TRIX indeksa (Box plot analiza) na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2010.

Glede na lestvico klasifikacije trofičnega indeksa TRIX lahko uvrstimo obalno morje na obeh transektih v 4 razred (visoko trofično stanje, nizka produkcija), razen notranjosti zalivov ob izlivih rek, ki izkazujejo slabšo kvaliteto, razred 5 - 6 (vrednosti značilne za dobro trofično stanje, povišano produktivnost, občasno povišano motnost, obarvanost morske vode in pojavljanja hipoksij v pridnenih slojih).

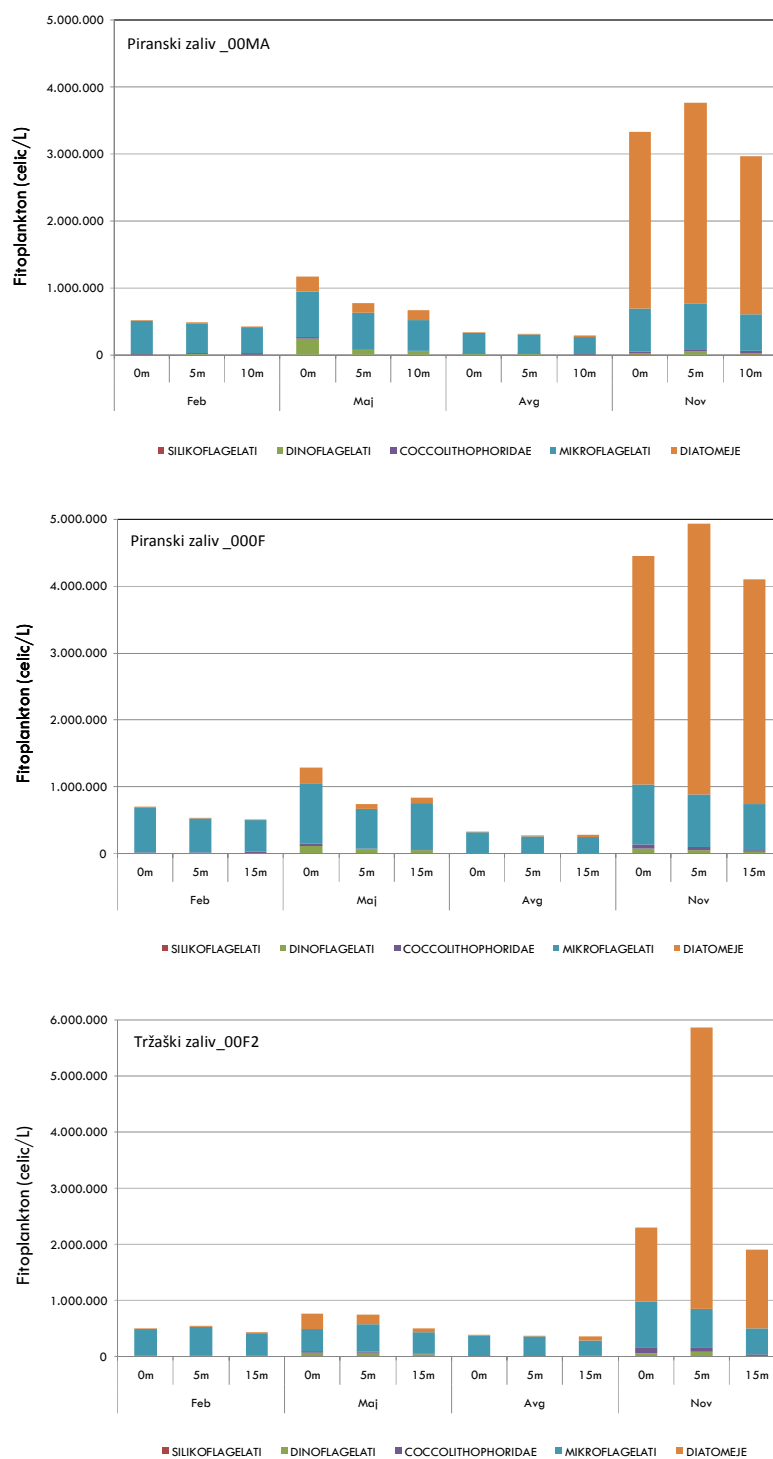


Slika 10. Vrednosti biomase fitoplanktona (koncentracije klorofila a) na merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2010.

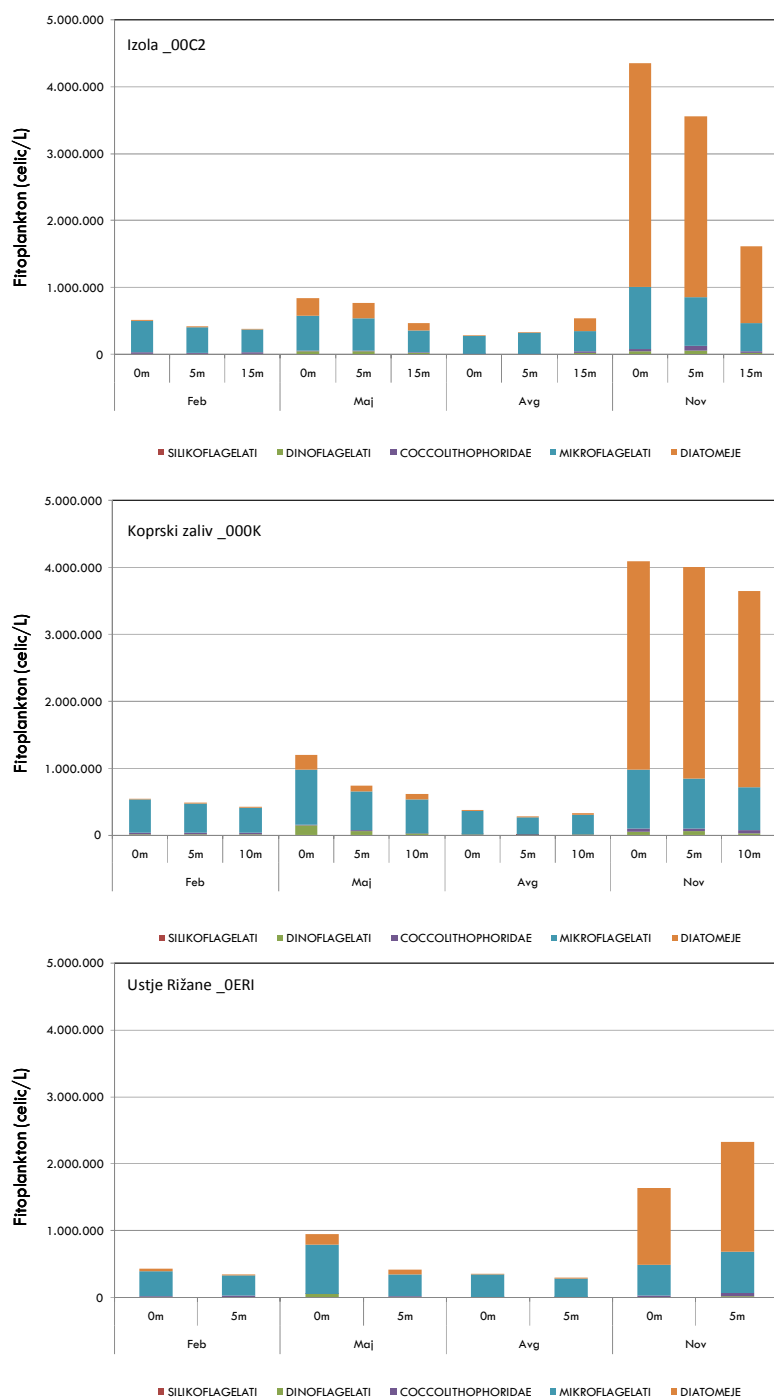
Številčnost in vrstno sestavo fitoplanktona smo določali sezonsko na vseh merilnih mestih obeh transektov, na treh globinah zgornjega dela vodnega stolpca (globina 0,3m, 5m, 10 ali 15m – odvisno od globine postaje). Rezultati koncentracij fitoplanktona na posameznih merilnih mestih so prikazani na sliki 10. Koncentracije klorofila so bile nizke na dan vzorčenja v februarju, maju, avgustu in septembru, povišane vrednosti pa smo beležili v juniju v ustjih rek Dragonje in Rižane (maks. 7,14 µg Chl a/l). Povprečne koncentracije fitoplanktona upadajo v smeri proti zunanji referenčni postaji. Sezonsko najvišje vrednosti smo beležili v mesecu novembru na vseh lokacijah, posebno še na zunanjih postajah v Tržaškem zalivu (maks. 5,25 µg Chl a/l).

Sezonska razporeditev števila posameznih vrst fitoplanktona na postajah Piranskega in Koprškega zaliva je prikazana na sliki 11 in 12. Celotno leto številčno prevladujejo mikroflagelati, z izjemo visokega števila kremenastih alg v mesecu novembru na vseh globinah vzorčenja. Število ostalih vrst kot so silikoflagelatov, dinoflagelatov in kokolitoforid, je bilo vseskozi nizko.

Spremljanje kakovosti morja in vnosov onesnaženja s kopnega v letu 2010



Slika 11. Število in vrstna sestava fitoplanktona na transektu Piranskega zaliva v letu 2010.



Slika 12. Število in vrstna sestava fitoplanktona na transektu Koprskega zaliva v letu 2010.

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 2010.

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 16. februarja, 12. maja, 19. avgusta in 19. novembra 2010. 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 2725 ton, za celokupni dušik 467 in celokupni fosfor 14 ton (tabela 7). Visoke vrednosti nitrata in ortofosfata, celokupnega dušika in fosforja smo beležili v reki Badaševici, Rižani 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 ($> 11000/100$ ml) v poletnih mesecih v reki Rižani, Dragonji in Badaševici.

Tabela 7. Ocena vnosa suspendiranih delcev (TSS), celokupnega fosforja (TP), celokupnega dušika (TN) in v obalno morje R Slovenije z rekami v letu 2010.

Merilno mesto	Koda	Pretok m ³ /leto	TSS t/leto	TN t/leto	TP t/leto
Rižana	00RI	2,44*10 ⁸	1659	256	4,9
Badaševica	00BA	1,20*10 ⁷	100	30	0,4
Drnica	00DN	4,22*10 ⁷	320	71	4,6
Dragonja	00DR	8,05*10 ⁷	646	110	4,0
Skupaj			2725	467	13,9

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 2010. Letni vnos iz obeh delujočih čistilnih naprav znaša za celokupne suspendirane snovi 956 ton, za celokupni dušik 243 in celokupni fosfor 43 ton (tabela 8).

Tabela 8. Ocena vnosa suspendiranih delcev (TSS), celokupnega fosforja (TP), celokupnega dušika (TN) iz čistilnih naprav v obalno morje R Slovenije v letu 2010.

Merilno mesto	Koda	Pretok m ³ /leto	TSS t/leto	TN t/leto	TP t/leto
CN Koper	00KB	5,87 *10 ⁶	124,5	30,0	7,8
ČN Piran	00PA	1,88 *10 ⁶	99,5	26,8	4,2
Skupaj			224,0	56,8	12,0

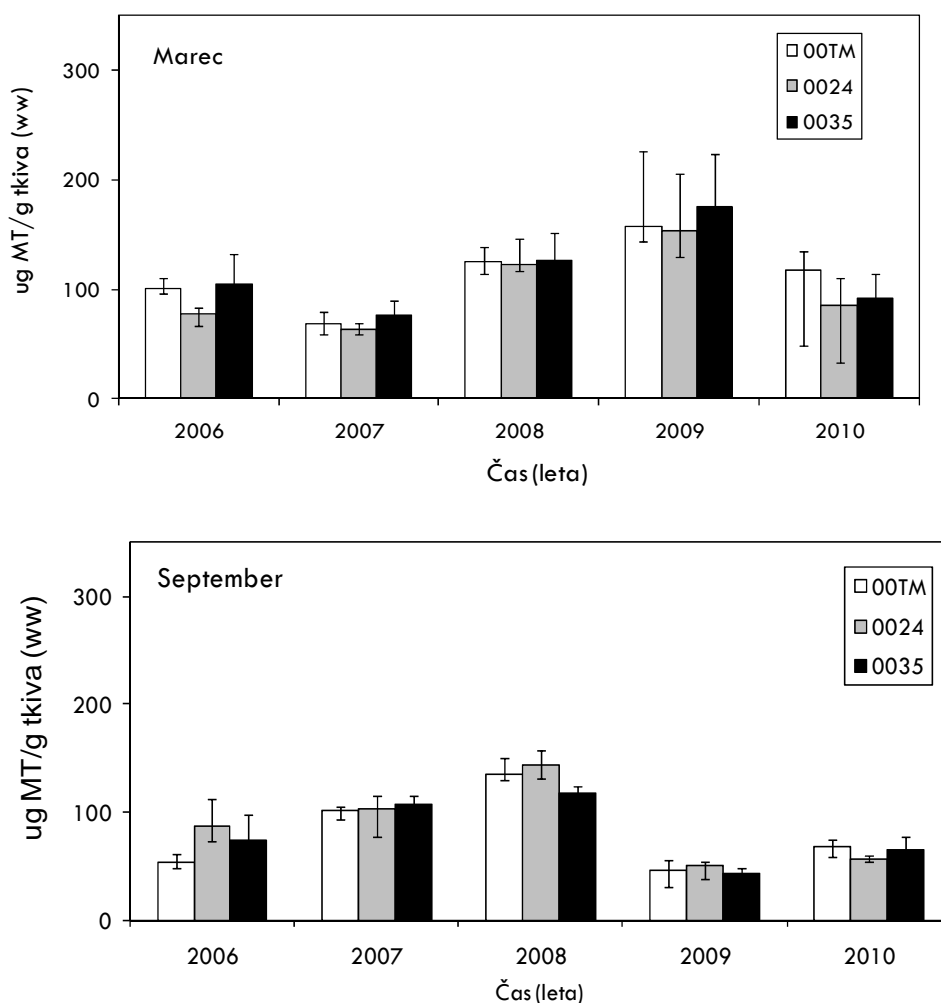
Rezultate meritev odpadne vode na iztoku čistilne naprave (ČN) v Kopru (00KB) in Piranu (00PA) smo pridobili na osnovi »Poročila o monitoringu odpadnih vod za leto 2010« v sodelovanju s sodelavci Komunale Koper, d.o.o. in JP Okolje Piran, d.o.o.

5. BIOMONITORING - BIOLOŠKE SPREMEMBE ONESNAŽENJA

Vzorci školjk (*Mytilus galloprovincialis*) smo nabrali na postaji v izlivnem območju reke Rižane pred marino Koper (00TM) in v Strunjanskem zalivu (referenčna lokacija, 0024) ter v Piranskem zalivu (0035). 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 nadaljnje obdelave. Vzorčenje je v letu 2010 potekalo 8. in 16. marca 2010. Razmik med vzorčenjema je bil zaradi izjemnih vremenskih razmer (orkanska burja in nizke temperature), tako smo prvi del vzorčenja opravili pred slabim vremenom, preostanek pa ko so se vremenske razmere umirile. Naslednje vzorčenje smo opravili 7. in 8. septembra 2010. Metodologija izbire postaj, vzorčenja in analiz posameznih parametrov je opisana v priporočilih in navodilih UNEP/RAMOGI (1999) in UNEP/WHO (1994).

Od leta 2000 opravljamo vzorčenja v marcu in v septembru na treh vzorčnih mestih. Vzorčujemo 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 tabeli 13 (priloga). 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 2006 do 2010 je podan na sliki 14. Povprečna vsebnost metalotioneinov ($\pm\text{SD}$) je izračunana iz petih podvzorcev. Vsak podvzorec je sestavljen iz 10 osebkov.

Vrednosti metalotioneinov (MT) v klapavicah nabranih v marcu 2010 so bile nekoliko nižje kot v letu 2009. Na postaji 00TM smo izmerili vrednosti metalotioneinov v razponu od 92 do $141\mu\text{g MT/g}$ mokre teže hepatopancreasa (srednja vrednost $117\pm 18\mu\text{g MT/g}$ mokre teže), na postaji 0024 so bile vrednosti metalotioneinov od 55 do $113\mu\text{g MT/g}$ mokre teže (srednja vrednost $85\pm 26\mu\text{g MT/g}$ mokre teže), na postaji 0035 so bile izmerjene vrednosti od 65 do $120\mu\text{g MT/g}$ mokre teže (srednja vrednost $92\pm 22\mu\text{g MT/g}$ mokre teže). V letu 2010 smo izmerili najvišje vrednosti metalotioneinov v klapavicah na postaji 00TM. Izmerjene vrednosti so primerljive z vrednostjo metalotioneinov iz leta 2007, medtem ko so bile vrednosti višje v marcu leta 2008 in 2009.

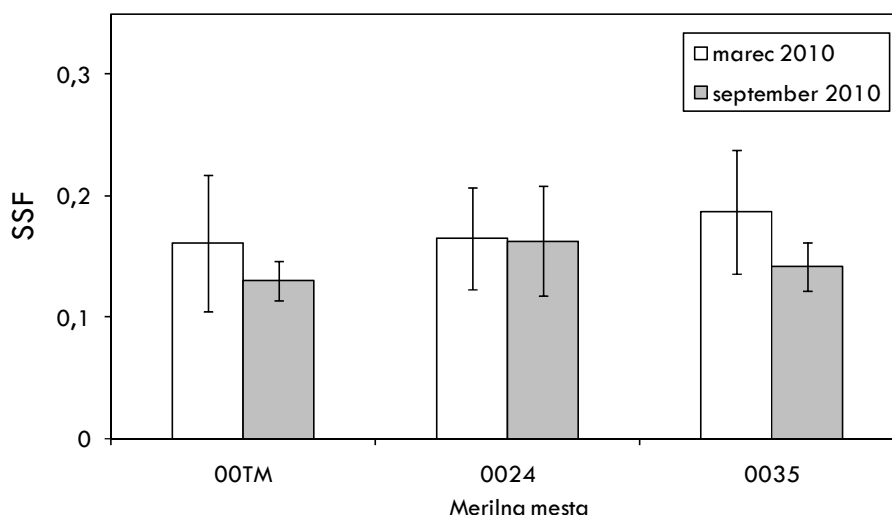


Slika 14. Srednje vrednosti metalotioneinov v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjanskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) za obdobje od leta 2006 do 2010 (vzorčenje v septembru). Podane so najnižje in najvišje vrednosti koncentracij metalotioneinov.

V vzorčenju, ki je potekalo septembra 2010 smo ugotovili naslednje vrednosti metalotioneinov: na postaji 00TM so bile vrednosti v razponu od 59 do 77 $\mu\text{g MT/g}$ mokre teže (srednja vrednost $68 \pm 7 \mu\text{g MT/g}$ mokre teže), na postaji 0024 so bile vrednosti od 53 do 59 $\mu\text{g MT/g}$ mokre teže (srednja vrednost $57 \pm 3 \mu\text{g MT/g}$ mokre teže) in na postaji 0035 od 51 do 79 $\mu\text{g MT/g}$ mokre teže (srednja vrednost $65 \pm 12 \mu\text{g MT/g}$ mokre teže). Izmerjene vrednosti metalotioneinov v septembru 2010 so bile na približno istem nivoju kot v letu 2009, medtem ko so bile vrednosti v letu 2008 in 2007 znatno višje. Tako smo v septembrskih vzorčenjih v zadnjih dveh letih zabeležili nižje koncentracije metalotioneinov v klapavicah.

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 prikrijejo 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 vnesenih težkih kovin, ki sprožijo sintezo metalotioneinov. Analiza rezultatov 10 letnega biomonitoringa metalotioneinov kaže, da so v slovenskem morju višje vrednosti metalotioneinov kot v hrvaških teritorialnih vodah (Ramšak in sod., v tisku).

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 2010 smo vzorčili klapavice 8. in 16. marca 2010 ter 7. in 8. septembra 2010. V vzorcih, ki smo jih nabrali v marcu 2010 smo ugotovili naslednje vrednosti faktorja SSF: na postaji 00TM: od 0,098 do 0,219 ($0,161 \pm 0,056$, N=25 osebkov), na postaji 0024: od 0,096 do 0,206 ($0,165 \pm 0,042$, N=25 osebkov) in na postaji 0035: 0,117 do 0,249 ($0,187 \pm 0,051$, N=25 osebkov) (slika 15).



Slika 15. Srednje vrednosti faktorja SSF v vzorcih hemolimfe klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) v letu 2010 (vzorčenje v marcu in septembru). Podane so najnižje in najvišje vrednosti koeficienta SSF.

V septembrskem vzorčenju smo na postajah ugotovili naslednje vrednosti SSF: postaja 00TM: od 0,114 do 0,157 ($0,130 \pm 0,016$, N=25 osebkov), postaja 0024: od 0,116 do 0,232 ($0,163 \pm 0,045$, N=25), postaja 0035: od 0,114 do 0,167 ($0,142 \pm 0,020$, N=25). 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.

OPIS METOD IN MERILNA MESTA

ANALIZE OGLJIKOVODIKOV

Ogljikovodike v 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 SiO₂ in Al₂O₃ 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 SiO₂ in Al₂O₃. 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 µm) 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%). Podvzorke (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

Klapavicam smo izmerili dolžino lupine (daljša mera) in višino lupine (krajša mera) ter težo. Teža klapavice predstavlja mokro težo z 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/RAMOGE, 1999). Hepatopancreas smo homogenizirali v pufru (0,5 M saharoza, 20 mM Tris-Cl, pH 8,6) z reducirajočim sredstvom (0,01% merkaptoetanol) in z inhibitorji proteaz (0,5 mM PMSF, 0,006 mM leupeptin). Homogenat smo centrifugirali (30000x g, 20 min) ter nato metalotioneine ekstrahirali z etanolkloroformsko 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 $(ABS^{MT}_{412}/\epsilon_{GSH}) * 7,37 * 10^3$. Koncentracije metalotioneinov izražamo v μg 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 števni komori smo prešteli hemocite, koncentracija hemocit v vzorcu mora biti 1 do 2×10^6 hemocit. Hemocite smo nanесли na filter (0,2 μm) in sprali z 4,5 ml puфра za liziranje (2M NaCl, 0,02 M EDTA, 0,2%N-laurilsarkozinat, pH 10,2) in 2,5 ml puфра 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 puфра 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 puфра za elucijo. Nosilec za filter in cevke smo sprali z 4 ml puфра za elucijo (mrtvi volumen). Od vsake zbrane frakcije smo odvzeli po 1 ml, dodali 0,4 ml 0,2M KH_2PO_4 in 0,6 ml H_2O . Dodali smo še 1,0 ml raztopine bisbenzimidida 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:

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

Chl a - klorofil (μg Chl a/l)
 aD%O – kisik kot % odstopanja od nasičenosti
 DIN - neorganski dušik (NO₂-N+NO₃-N+NH₄-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 pridenjenih slojih;
 vrednosti 5 - 6: srednje dobro trofično stanje;
 vrednosti > 6 slabo trofično stanje, zelo produktivne vode, visoka motnost, pogosta obarvanost morske vode in redno

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	$\mu\text{S}/\text{cm}^*10^4$
1083	Kisik	ISO 5813	volumetrija	ISO 5813	mg O ₂ /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 ₂	SM4500-SiO ₂ C	spektrometrija	SM4500-SiO ₂ C	$\mu\text{mol SiO}_2/\text{l}$
2080	KPK *	ISO 15705	spektrometrija	ISO 15705	mg O ₂ /l
	Oksidativnost - sladki matriksi	SIST EN ISO 8467	volumetrija	SIST EN ISO 8467	mg O ₂ /l
	Oksidativnost- slani matriksi	SIST EN ISO 8467modif.	volumetrija	SIST EN ISO 8467modif.	mg O ₂ /l
2091	BPK-5	ISO 5815-1		ISO 5815-1	mg O ₂ /l
		ISO 5815-2		ISO 5815-2	mg O ₂ /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

Tabela 9: 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 Rikovo–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 10. Merilna mesta ugotavljanja kemičnega onesnaženja v organizmih in sedimentu

Koda postaje	Merilno mesto	Šifra vodnega telesa	Geodet. koordinata X	Geodet. koordinata Y	Globina postaje (m)	Oddaljenost od obale (m)
SEDIMENT						
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
ORGANIZMI						
SI5VT3	00TM	Marina Koper	400655	46438	10	1
SI5VT2	0024	Strunjanski zaliv	390324	44294	14	600

Tabela 11. 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	
SI5VT5	00MA	Piranski zaliv	Dodatno	388410	41017	16
SI512VT52	00DR	Estuarij Dragonje		391611	37002	

Tabela 12: Merilna mesta žarišč onesnaženja s koordinatami

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

Tabela 13. 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)
SI5VT3	00TM	Marina Koper	Dodatno	400655	46438	2	1
SI5VT5	0035	Piranski zaliv - Seča	Osnovno	389222	39787	12	300
SI5VT2	0024	Strunjanski zaliv	Referenčno	390324	44294	14	600

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 Methals. 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/RAMOGÉ, 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 spectrofotometric method fot 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 genelized water quality Index*. *Environmetrics* 9(3):329-357

COMPLIANCE MONITORING

Monitoring of bathing waters (year 2010)