
KAZALO

KAZALO	1
POVZETEK	2
IZHODIŠČA IN VSEBINA PROGRAMA	4
SODELUJOČE USTANOVE IN ODGOVORNI IZVAJALCI	5
MREŽA MERILNIH MEST IN NAČIN VZORČENJA	6
METODE DELA	11
REZULTATI	15
1. MONITORING ZA ZAŠČITO ZDRAVJA LJUDI	15
1.1. Vode za gojenje morskih organizmov	15
2. MONITORING OBALNEGA MORJA IN TREND MONITORING	21
2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih	21
2.3. Obremenitev	37
2.4. Biomonitoring	39
3. KOORDINACIJA ZA MED POL	43
LITERATURA	45
PRILOGA PROGRAM MONITORINGA V LETU 2002	47
PILOGA 2 REZULTATI OPRAVLJENIH MERITEV V LETU 2002	61

POVZETEK

Izhodišče izvajanja monitoringa "Kakovost morja in kontrola onesnaženja" predstavlja obveza R Slovenije kot pogodbenice Barcelonske konvencije in sodelovanje z Agencijo združenih narodov za okolje (UNEP/MAP) v okviru programa MED POL - faza III (1996-2005). Poročilo za leto 2002 vključuje rezultate enoletnega spremljanja kakovosti obalnega morja, vplivov s kopnega in popis opravljenih dejavnosti v okviru koordinacije za MED POL, ki jih izvajamo v skladu s sprejeto Konvenciji o zaščiti Sredozemskega morja pred onesnaženjem (Barcelonska konvencija z vsemi njenimi protokoli in amandmaji).

Poročilo kakovosti obalnega morja vključuje rezultate monitoringa toksičnih fitoplanktonskih vrst z vidika varovanja zdravja ljudi, rezultate spremljanja stopnje onesnaženja rek, vnosa nekaterih polutantov v obalno morje iz čistilnih naprav, črpališč in podvodnih izpustov komunalnih in industrijskih odpadkov. Kakovost obalnega morja smo ocenili na izbranih postajah v priobalnih in odprtih vodah Tržaškega zaliva na osnovi trofični TRIX indeksa. Nadaljevali smo s spremljanjem trendov vsebnosti kadmija, živega srebra in ogljikovodikov v školjkah in sedimentu. Nadaljevali smo tudi z analizami genetskih sprememb organizmov, na celičnem nivoju («biomonitoring«).

1. Pojavljanje strupenih in škodljivih vrst dinoflagelatov smo spremljali v vzorcih morske vode na območju gojišč užitne klapavice (*Mytilus galloprovincialis*) v Strunjanskem zalivu in notranjem delu Piranskega zaliva. Med toksičnimi algami, ki pri človeku povzročijo različne težave se v Tržaškem zalivu pojavljajo vrste iz skupine dinoflagelatov ali oklepnih bičkarjev. Najpogostejša sta rodova *Dinophysis* (povzročitelj DSP zastrupitve - diarojična zastrupitev) in *Alexandrium* (povzročitelj PSP zastrupitve - paralitična zastrupitev). Število potencialnih PSP povzročiteljev iz roda *Alexandrium* je bilo med 0 in 474 celic/l, višek abundance smo zabeležili v obdobju maj – julij. Število povzročiteljev DSP zastrupitve (rodova *Dinophysis* in *Phalacroma*, vrsta *Prorocentrum lima*) je bilo nizko vse do začetka junija, v povprečju 5 celic/l, nakar je število naraslo in doseglo letni višek 103-214 celic/l. Temu porastu je sledil padec v drugi polovici junija in rahel porast konec avgusta in oktobra. Tako kot prejšnja leta, smo tudi v letu 2002 sodelovali z Veterinarsko upravo RS in koprsko enoto Veterinarske inšpekcije, ki smi jih sproti obveščali o pojavljanju in številčnosti strupenih vrst dinoflagelatov.

2. Vsebnost kadmija (Cd) in živega srebra (Hg) smo določili v tkivu klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) nabranih na postaji pred Marino Koper v izlivnem področju reke Rižane in referenčni postaji v Strunjanskem zalivu. Vzorčevali smo v stabilnih vremenskih pogojih, časovno enakih zaporedjih in jemali dovolj velik vzorec za

nadaljno ustrezno statistično obdelavo. V letu 2002 so koncentracije Cd v školjkah znašale 0,68 mg/kg in 0,99 mg/kg na postaji v Koprskem in Strunjanskem zalivu. Vrednosti Hg so znašale 0,111 mg/kg na postaji v Koprskem in 0,132 mg/kg na postaji v Strunjanskem zalivu. Koncentracije Cd na referenčni postaji so podobne preteklim letom, koncentracije Hg v školjkah pa so nekoliko višje od leta 2001.

3. Trofični status ocenjujemo s pomočjo numerične skale trofičnega indexa (TRIX), ki temelji na določanju koncentracij hranilnih soli dušika in fosforja, zasičenosti vode s kisikom v povezavi s koncentracijami klorofila. Vrednosti TRIXa so se gibale med 2 in 5,5 kar obalno morje uvršča med oligotrofna do mezotrofna območja. Letna nihanja so bila bolj izrazita na zunanjih postajah Tržaškega zaliva v primerjavi z notranjimi postajami. Najnižje vrednosti TRIXa smo določili na postaji sredi Piranskega zaliva, najvišjo srednjo letno vrednost pa sredi Koprškega zaliva. Posebno visoko vrednost TRIXa smo določili v površinskem sloju meseca junija na postaji ob južnem vhodu v Tržaški zaliv in sovpada z visoko koncentracijo klorofila in je najverjetneje povezane s pojavom sluzi.

4. Vnos polutantov v obalno morje iz čistilnih naprav, črpališč in podvodnih izpustov komunalnih in industrijskih odpadkov smo ocenili na osnovi sezonskih meritev fizikalno-kemičnih parametrov (hranilnih soli, celokupnega dušika in fosforja, celokupne suspendirane snovi, detergentov in težkih kovin). Tako kot že pretekla leta, tudi letošnje meritve potrjujejo, da je najbolj onesnažen notranji del Koprškega zaliva, Rižana in Badaševica, ter okolica podvodnega izpusta komunalnih odpadkov mesta Izola. Dotok večje količine hranilnih soli, lokalno vpliva na evtrofne razmerem (povišane vrednosti klorofilne biomase in vrednosti trofičnega indeksa TRIXa).

5. V letošnjem letu smo nadaljevali s programom določanja vsebnosti metalotioneinov v tkivu školjk, ki so lahko pokazatelji biološkega odgovora morskih organizmov na specifične učinke onesnaženja njihovega okolja s težkimi kovinami. Poleg tega smo analizirali obseg poškodb DNA v hemolimfi klapavic. Rezultati analiz metalotioneinov in poškodb v DNA v tkivu školjk ne kažejo bistvenih razlik v obsegu poškodb med vzorci s postaje pred marino v Kopru v primerjavi s postajo v Strunjanskem in Piranskem zalivu. Dobljeni rezultati kažejo, da so ugotovljene poškodbe DNA še vedno v okviru obsega poškodb DNA, ki lahko nastanejo kot posledica celičnih delitev.

IZHODIŠČA IN VSEBINA PROGRAMA

Izhodišča za izvajanje Raziskave kakovosti morja in kontrola onesnaženja v letu 2002 predstavlja pogodba Ministrstva za okolje in prostor R Slovenije, Agencije RS za okolje (pogodba št. 2523-02-500321). Vsebinsko naloga vključuje analize določene v programu Združenih narodov za okolje (UNEP - MAP FAZA II) »Program za oceno in kontrolo onesnaženja v sredozemski regiji« (MED-POL faza III 1996-2005), v katerem Slovenija sodeluje s programom National Monitoring Programme of Slovenia (NMPS) (MED POL-Phase III). Izhodišče izvajanja programa predstavlja pristop h Konvenciji o zaščiti Sredozemskega morja pred onesnaženjem (Barcelonska konvencija z vsemi njenimi protokoli in amandmaji) in izvajanje programa za oceno stanja morja in kontrole onesnaženja v Sredozemski regiji.

Tako kot preteklo leto program »Kakovost morja in kontrola onesnaženja v letu 2002« vključuje podatke in rezultate:

- »compliance« monitoring-a, monitoringa namenjenega spremljanju prisotnosti toksičnih fitoplanktonskih vrst v področju gojišč morskih organizmov z vidika zaščite zdravja ljudi;
- monitoringa okolja in trend monitoringa za oceno stopnje eutrofikacije in splošnega stanja kakovosti obalnega morja, ter trendov onesnaženja s kontaminantami, kot so policiklični ogljikovodiki in izbrane težke kovine;
- monitoringa okolja in trend monitoringa za oceno kakovosti voda na žariščnih točkah onesnaženja kot so estuariji in podvodni izpusti komunalnih naprav;
- vnosa s kopenskih točkovnih virov onesnaženja;
- biomonitoringa – rezultate analiz indukcije metalotioneinov in alkalne elucije za ugotavljanje vpliva onesnaženja na organizme;
- poročilo o dodatnih aktivnosti koordinacije za MED POL.

SODELUJOČE USTANOVE IN ODGOVORNI IZVAJALCI

V programu sodelujejo Nacionalni inštitut za biologijo - Morska biološka postaja Piran (NIB/MBP) in Inštitut Jožef Stefan, Odsek za znanosti o okolju (IJS):

Izvajalec	Ustanova	Vrsta analize
Oliver Bajt, dr.	NIB/MBP	analize ogljikovodikov
Nives Kovač, dr.	NIB/MBP	analize partikulatnega ogljika in dušika
Branko Čermelj, dr.		
Alenka Malej, prof. dr.	NIB/MBP	nacionalna koordinatorica za MED POL
Milena Horvat, dr.	IJS	vodja odseka, analize težkih kovin
Radmila Milačič, dr.	IJS	analize težkih kovin
Darija Gibičar		
Patricija Mozetič, dr.	NIB/MBP	analize fitoplanktona
Janja France, univ.dipl.biol.		
Andreja Ramšak, dr.	NIB/MBP	analize metalotioneinov in alkal. elucije
Valentina Turk, dr.	NIB/MBP	vodja projekta, mikrobiološke analize
Janez Forte	NIB/MBP	računalniška obdelava podatkov
Mira Avčin	NIB/MBP	kemične analize
Silva Maslo		
Vladimir Bernetič	NIB/MBP	analize suspendiranih delcev in detergentov
Franc Kravos	NIB/MBP	terensko vzorčevanje, CTD sonda
Tihomir Makovec		

MREŽA MERILNIH MEST IN NAČIN VZORČENJA

Pregled celotnega programa monitoringa »Kakovost morja in kontrola onesnaženja v letu 2002« je podana v obliki preglednih tabel v prilogi in vključuje pregled merilnih mest, opravljenih analiz in frekvenco vzorčenj (tabele CM2, TM 1- 6, str.48-54). V tabelah SC od 1 do 5 je podan opis posameznega merilnega mesta - zemljepisna širina in dolžina, globina postaje in oddaljenost od obale (str.55-59). Vzorcevalna mesta so prikazana na slikah 1 – 3.

1. Monitoring za zaščito zdravja ljudi - Compliance monitoring

V letu 2002 smo Compliance monitoring nekoliko spremenili. Spremembe so metodološke in v številu vzorcevalnih mest. Le-to se je v prvi polovici julija z obstoječih dveh (postaji 0024 in 0035) zmanjšalo na eno (postaja 0024) (priloga tabela SC1 in CM2, slika 1). Pri metodiki vzorčevanja pa smo ponovno prešli na črpanje morske vode za kvantitativno analizo fitoplanktona, ki smo jo uporabljali vse do leta 2000. Tedaj smo pričeli z mrežnim vzorčevanjem (vertikalni vlek fitoplanktonske mrežice, velikost por 20 μ m). Navkljub nekaterim prednostim (npr. vzorčevanje celotnega vodnega stolpca in ne le na določenih globinah), je to še vedno le semikvantitativna metoda, saj organizmov, manjših od 20 μ m nismo zajeli (nekatero vrsto *Alexandrium*), poleg tega pa rezultati niso primerljivi z analizami toksičnega fitoplanktona širom po svetu, kjer največkrat uporabljajo metodo vzorčevanja morske vode s standardnimi posodami določenega volumna (npr. 5-litrski Niskinov vzorcevalnik) ali s črpanjem z nizkotlačno črpalko. Mrežne vzorce pa smo vseeno zajemali za hitro kvalitativno analizo vzorcev takoj po prihodu v laboratorij.

Osnovni fizikalno-kemični parametri (temperature, slanost, raztopljeni kisik, fluorescenca) so bili izmerjeni s CTD sondo (CTD=Conductivity, Temperature, Depth; Center for Water Research, Avstralija), prozornost morske vode smo izmerili s pomočjo Secchi plošče. Morsko vodo za fitoplanktonske analize smo črpali z nizkotlačno črpalko v skupno 5-litrsko posodo in v laboratoriju odvzeli 1000 ml podvzorca za nadaljnje mikroskopske analize. Mrežni vzorec za kvalitativno analizo smo zajeli z vertikalnim potegom standardne planktonske mreže (velikost por 20 μ m) vzdolž vodnega stolpca od dna do površine. Vse vzorce smo fiksirali z nevtraliziranim formalinom (2% končna koncentracija). Na postaji 0024 v Strunjanskem zalivu (globina 16 m) smo vzorčevali od januarja do novembra 2002, na postaji 0035 v notranjosti Piranskega zaliva (Seča; globina 13 m) pa od januarja do julija 2002.

Vzorci morske vode za fitoplanktonske analize smo zajemali na površini (0,5 m) in na globini 6 m, tj. v tistem delu vodnega stolpca, kjer so školjke pritrjene na visečih strukturah (priloga tabela SC1, slika 1). Vzorčevali smo 16. jan., 12. feb., 12. mar., 17. apr., 7. in 22. maj, 4. in 18. jun., 2., 17. (od tu dalje samo postaja 0024) in 30. jul., 26. avg., 10. sept., 1. in 15. okt., 5. in 27. nov. 2002.

2. Monitoring okolja in trend monitoring

2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih

Vzorci školjk za analize kemičnega onesnaženja z ogljikovodiki (alifatski in aromatski – AH,PAH) in težkimi kovinami kadmija in živega srebra (Cd, Hg) smo pobirali na postaji pred marino Koper (post. 00TM) in referenčni postaji v Strunjanskem zalivu (post. 0024) (priloga - tabela TM1 in SC2) (slika 1). Vzorci školjk (*Mytilus galloprovincialis*) smo pobirali z ročnim grabilom 18. septembra 2002.

Vzorci sedimenta za analize kemičnega onesnaženja z ogljikovodiki (alifatski in aromatski – AH,PAH) smo pobirali s korerji (sloj zgornjih 2 cm sedimenta). Vzorčevali smo 18. septembra 2002 na sledečih merilnih mestih: marini Portorož (post. 00MP), ustje reke Rižane (post. 0014), sredina Koprškega (post. 000K) in Piranskega zaliva (post. 00MA), postaja pred Debelim rtičem (post. 00KK), ter referenčna postaja sredi Tržaškega zaliva (post. 00CZ) (priloga - tabela TM1, SC2, slika 2).

2.1.3. Monitoring trofičnega stanja obalnega morja

Trofični status priobalnega morja in odprtih vod Tržaškega zaliva smo določili s TRIX indeksom za sledeča vzorčevalna mesta: podvodni izpust Piran in Izola (post. 00PO in 00IO), notranjost Piranskega in Koprškega zaliva (post. 00MA in 00K1), ter zunanjih postajah (post. 00CZ in 000F) (podatki za posamezne postaje so zbrani v programu "Izvajanje monitoringa kakovosti morja za leto 2002" - (Mozetič in sod., v pripravi), naročnik je Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje) (tabela TM2, SC2, sliki 2 in 3).

2.2. Žarišča onesnaženja

2.2.1. Kemično onesnaženje - rečna ustja

Vzorci vode smo zajemali v polietilenske in sterilne steklene steklenice v spodnjem toku reke Rižane (post. 00RI), Badaševice (post. 00BA), Drnice (post. 00DN) in Dragonje (post. 00DR) (priloga - tabela SC3) (slika 3). Na samem mestu vzorčenja smo opravili meritve temperature, slanosti, pH-ja, in pripravili vzorce za meritve

raztopljenega kisika, biološke in kemijske poraba kisika, hranilnih soli, težkih kovin in bakteriološke analize. Vzorčevali smo 5. marca, 21. maja, 27. avgusta in 6. novembra 2002.

2.2.2. Območje podvodnih izpustov

Vzorci morske vode na mestih podvodnega izpusta čistilne naprave Piran (post. 00PO) in Izola (post. 00IO) smo vzorčevali z Niskinom ali črpalko na ladji. Osnovni fizikalno-kemični parametri (temperature, slanost, raztopljeni kisik, fluprescenca) so bili izmerjeni s CTD sondo (CTD = Conductivity, Temperature, Depth). Vzorci za kemijske analize (priloga tabela TM2) smo spravili v 5-litrske steklene in za bakteriološke analize v manjše sterilne steklenice. Na mestu podvodnega izpusta čistilne naprave Piran smo vzorce morske vode zajemali na 5 globinah, glede na razslojenost vodnega stolpca, na postaji Izolskega izpusta pa na petih standardnih globinah (post. 00IO, globine: 0,3m, 3m, 5m, 7m, 10m) (priloga - tabela SC3) (slika 3). Vzorčevali smo 6. marca, 22. maja, 26. avgusta in 27. novembra 2002.

2.3. Obremenitev

Odpadne vode smo vzorčili na iztoku črpališča v Izoli (post. 00IA), čistilne naprave v Koprju (post. 00KB) in Piranu (post. 00PA), ter iztoku posedalnika maščob tovarne »Delamaris« v Izoli (post. 00DE) (priloga - tabela SC4) (slika 3). Vzorci odpadne vode smo zajemali ročno na iztoku čistilnih naprav ali črpališč v polietilenske in steklene steklenice. Na samem mestu vzorčenja smo opravili meritve temperature, slanosti, pH-ja, in pripravili vzorce za meritve raztopljenega kisika, biološke in kemijske poraba kisika, hranilnih soli, težkih kovin in bakteriološke analize. Vzorcem odpadnih vod za analize težkih kovin smo po odvzemu dodali 1ml HNO₃ p.a. Vzorčevali smo 5. marca in 21. maja 2002.

2.4. Biološke posledice - biomonitoring

Vzorci školjk (*Mytilus galloprovincialis*) za analize indukcije metalotioneinov alkalne indukcije smo pobirali ročno na postaji v izlivnem območju reke Rižane pred marino Koper (post. 00TM) in v Strunjanskem zalivu (referenčna lokacija, post. 0024) (priloga - tabela SC5) (slika 2). Biometrijo školjk smo opravili takoj po vzorčenju in vzorce po separaciji prebavne žleze in hemolimfe spravili v tekočem dušiku in tako pripravili za nadaljno obdelavo (priloga - tabela TM6). Vzorčenje je potekalo 13. marca in 18. septembra 2002. Metodologija izbire postaj, vzorčevanja in analiz posameznih parametrov je opisana v priporočilih in navodilih UNEP/FAO/IOC/IAEA –a in UNEP/WHO-a.

METODE DELA

Fizikalni parametri. Osnovne fizikalne parametre slanost, pH, raztopljeni kisik, biološko in kemično porabo kisika (O_2 , BPK_5 in KPK) v morski vodi, odpadnih in rečnih vodah smo določali po standardnih metodah Strickland in Parson (1972). Temperaturo morja merimo na vsakem globinskem nivoju s CTD sondo (CTD=Conductivity, Temperature, Depth; Center for Water Research, Avstralija). Prozornost (transparencija) vodnega telesa smo ugotavljali po standardnem postopku s ploščo Secchi. Meritve pH vzorcev smo opravili z laboratorijskim pH metrom "Iskra" in kombinirano stekleno elektrodo. Slanost smo določali s pomočjo refraktometra, medtem ko smo koncentracije kisika določali po modifikaciji Grasshoff (1983) klasične Winklerjeve metode. Biokemično porabo kisika smo prav tako določali z Winklerjevo metodo po petdnevni inkubaciji vzorcev pri temperaturi $20^{\circ}C$.

Hranilne soli. Koncentracije hranilnih soli dušika (NO_2-N , NO_3-N , NH_4-N), fosforja (PO_4-P) in silicija (SiO_4-Si) smo določali kolorimetrično po standardnih metodah v nefiltriranih vzorcih z izjemo vzorcev odpadnih vod in rek, kjer smo vzorce za določanje ortofosfata, nitrita in nitrata predhodno filtrirali skozi steklene filtre GF/F (Whatman):

- ortofosfat (PO_4-P) smo določali z reakcijo z molibdatom in askorbinsko kislino po metodi Murphy in Riley (1962), modificirana po Koroleff -u (1968),
- nitrit (NO_2-N) z reakcijo s sulfanilamidom in etilen-diaminom po metodi Bendscheider in Robinson (1952),
- nitrat (NO_3-N) s predhodno reakcijo nitrita preko redukcijske kolone polnjene s kadmijem in bakrom (Grasshoff, 1983),
- amoniak (NH_4-N) s fenolhipoklorit metodo po metodi Koroleff (1969),
- silicij (SiO_4-Si) po metodi opisani v Mullin in Riley in modificirani po Stricklandu (1968).

Totalni dušik (Tot N) in totalni fosfor (Tot P) smo določali v nefiltriranih vzorcih po metodi Koroleff (1977). Vzorce oksidiramo s kalijevim persulfatom v mediju natrijevega hidroksida in borove kisline pri povišani temperaturi in pritisku, ter po razklopu določamo nitrat in fosfat po že opisani metodiki.

Celokupna suspendirana snov (TSS). Vzorce za določanje celokupne suspendirane snovi smo filtrirali skozi filtre iz steklenih vlaken (Whatman GF/C) in vsebnost suspendirane snovi (anorganske in organske) na filtru določali po metodi opisani v Banse in sod. (1963); Štirn in sod. (1969).

Detergenti (Det). Detergente smo določali po metodi metilen-modro, kot je opisana v priročniku Standard Methods (1971) in temelji na formiranju kationov in anionskih surfaktantov, ki jih določamo z merjenjem absorbanca organske faze pri valovni dolžini 652 nm.

Partikulatni organski ogljik in dušik (POC, PN). Vzorce odpadnih vod in rek smo filtrirali skozi predhodno žgane fitre Whatman GF/F (temp. 480 °C/ 4 ure). Filtre z vzorcem smo nato sušili 24 ur v liofilizatorju. Celotno suspendirano snov predstavlja razlika v masi suhega filtra pred in po filtraciji vzorca. V posušeni in s kislino obdelanih vzorcih smo določili organski ogljik in dušik z elementnim analizatorjem (Carlo Erba Instruments, EA 1108) pri temperaturi sežiga 1020°C. Rezultati so podani v procentih posameznega elementa, glede na suho težo suspendirane snovi.

Analize težkih kovin. Alikvot vzorcev površinskih vod smo nakisali (1 ml HNO₃ spektralno čiste (s.p.) na 1 l vzorca), da smo določili celotno koncentracijo kovin v vzorcih. Drug alikvot pa smo najprej prefiltrirali skozi membranski filter 0,45 µm in jih nato nakisali z 1 ml HNO₃ s.p. na 1 l vzorca, da smo določili delež topnih kovin. Za določanje živega srebra smo odpadne in površinske vode vzorčili v steklene posode volumna 1 l. Določili smo celotno koncentracijo ter delež topnega živega srebra. Pri nakisanju vzorcev smo uporabili 1 ml HCl s.p. na 1 l vzorca. Za določanje Cd in Hg smo vzorce školjk razkrojili v teflonskih lončkih s konc. HNO₃. Koncentracije kovin v vzorcih odpadnih in površinskih vod smo določali po protokolu ISO standardov s tehnikama plamenske in elektrotermične atomske absorpcijske spektrometrije (FAAS, ETAAS), živo srebro pa smo določali s tehniko atomske absorpcijske spektrometrije hladnih par (CV AAS). Cd v školjkah smo določili s tehniko ETAAS, Hg pa smo določali s tehniko CV AAS. Analizni postopek za določanje kovin v odpadnih vodah smo kontrolirali s standardnim referenčnim materialom SPS-WW1 (Spectrapure Standards As, Oslo, Norveška) (UNEP/FAO,1986). Točnost določanja kovin v površinskih vodah smo preverili s standardnim referenčnim materialom SPS-SW1 (Spectrapure Standards As, Oslo, Norveška). Točnost določanja Cd in Hg v vzorcih školjk smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala mišičnega tkiva Standard Reference Material Mussel Tissue 2976 (NIST). Analize referenčnih materialov so pokazale dobro ujemanje med izmerjenimi in certificiranimi vrednostmi, kar kaže na točnost analiznih postopkov, ki smo jih uporabljali pri delu.

Analize toksičnih fitoplanktonskih vrst. Število in sestavo fitoplanktona smo določili pod invertnim mikroskopom po Utermöhlovi metodi (Utermöhl, 1958). Vzorec morske vode (1000 ml) smo pustili usedati v 1-litrskem valju najmanj 48 ur, potem pa smo oddekantirali vodo do približno 200 ml. V tem volumnu so bili skoncentrirani vsi lebdeči

delci, vključno s planktonskimi celicami. Četrtno koncentriranega vzorca (50 ml) smo ponovno pustili usedati v sedimentacijski komorici 24 ur. Število posameznih vrst iz rodu *Dinophysis* ter drugih večjih toksičnih dinoflagelatov ($> 20 \mu\text{m}$) smo določili po pregledu celotnega dna sedimentacijske komorice pri 200-kratni povečavi, manjše predstavnike iz rodu *Alexandrium* (okoli $20 \mu\text{m}$) pa smo prešteli v 150 poljih pri 400-kratni povečavi. Rod *Alexandrium* smo v večini primerov določili le do nivoja rodu in najdene predstavnike uvrstili v skupino *Alexandrium* spp. Število najdenih vrst v vzorcu smo preračunali na liter.

Analize fitoplanktonske biomase (klorofil a - Chl a). Količino klorofila a (Chl a) na merilnih mestih monitoringa kakovosti obalnega morja (trofično stanje) smo določali fluorometrično (Holm-Hansen *et al.*, 1965). Vzorce morske vode (20 ml) smo filtrirali skozi membranske filtre z velikostjo por $0,22 \mu\text{m}$ (Millipore), ekstrahirali v 90% acetonu in fluorescenco izmerili s Turnerjevim fluorometrom model 112. Isti vzorec smo izmerili dvakrat - pred in po zakisanju z 1N HCl. Količino klorofila a, popravljeno za feopigmente, izražamo kot količino klorofila a na liter ($\mu\text{g Chl a l}^{-1}$). Na merilnih mestih monitoringa kakovosti vode za gojenje morskih organizmov in podvodnih izpustov smo količino klorofila a izmerili z *in situ* fluorometrom, pritrjenim na CTD sondo.

Analize fekalnih koliformnih bakterij (FC). Število fekalnih koliformnih bakterij smo določali z metodo membranske filtracije po navodilih in priporočilih UNEP/WHO (1994). Ustrezen volumen vode smo filtrirali skozi filtre velikosti por $0,45 \mu\text{m}$ (Millipore) in filtre inkubirali 24 ur na gojišču m-FC agar (Difco) pri temperaturi $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Rezultat predstavlja število zraslih kolonij v 100 ml vzorca vode (FK/100 ml).

Analize indukcije metalotioneinov. Klapavicam smo izmerili dolžino lupine (daljša mera) in višino lupine (krajša mera) ter težo. Teža klapavice predstavlja mokro težo mesa in intervalvarne vode. Po opravljenih morfoloških meritvah smo izrezali hepatopancreas. Vzorce smo takoj shraniti v tekočem dušiku. Za daljše časovno obdobje morajo biti globoko zamrznjeni pri -70°C . Vsak vzorec je sestavljen iz hepatopancreasov 10 klapavic v velikosti pribl. od 4 do 6 cm. Ugotavljanje količine metalotioneinov v klapavicah (*Mytilus galloprovincialis*) poteka po standardizirani metodi kolorimetričnega ugotavljanja sulfhidrilnih skupin v metalotioneinih (Viarengo in sod. 1994). Hepatopancreas smo homogenizirali v pufri (0,5 M saharoza, 20,0 mM Tris-Cl, pH 8,6) z reducirajočim sredstvom (0,01% merkaptetoanol) in z antiproteolitičnimi agensi (0,5 mM PMSF, 0,006 mM leupeptin). Homogenat smo centrifugirali ($30000 \times g$, 20 min) in supernatant ekstrahirali z etanol-kloroformsko ekstrakcijo. Koncentrirane metalotioneine raztopimo v 0,25M 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. Umeritvena krivulja se pripravi iz petih znanih količin GSH raztopljenega v 4,2 ml 0,2 M Na-PBS z dodanim 0,43 mM DTNB. Iz umeritvene krivulje odčitano količino metalotioneinov. Koncentracije metalotioneinov izražamo v μg na g mokre teže tkiva (hepatopankreasa).

Poškodbe DNA. 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 aduktorske 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 pufra za liziranje (2M NaCl, 0,02 M EDTA, 0,2%N-laurilsarkozinat, pH 10,2) in 2,5 ml pufra 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 pufra 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 pufra za elucijo. Nosilec za filter in cevke smo sprali z 4 ml pufra za elucijo (nulti volumen). Od vsake zbrane frakcije smo odvzeli alikvot 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 (koeficient enovijačnih prelomov).

Trofični indeks - TRIX. Trofični status ocenjujemo s pomočjo numerične skale trofičnega indexa (TRIX), ki temelji na določanju vrednostih koncentracije hranilnih soli dušika in celokupnega fosforja, ter zasičenost s kisikom v povezavi s koncentracijami klorofila (Vollenweider in sod., 1997).

$$\text{TRIX} = (\text{Log}_{10} (\text{Chl } a \times \% \text{ DO} \times \text{N} \times \text{P}) - (-1,5)) / 1,2$$

Kjer je Chl *a* - klorofil (μg Chl *a*/l), %DO - nasičenost s kisikom, N - neorganski dušik ($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$), P je celokupni fosfor (TotP). Računsko so vrednosti indeksa med 0 in 10.

REZULTATI

1. Monitoring za zaščito zdravja ljudi

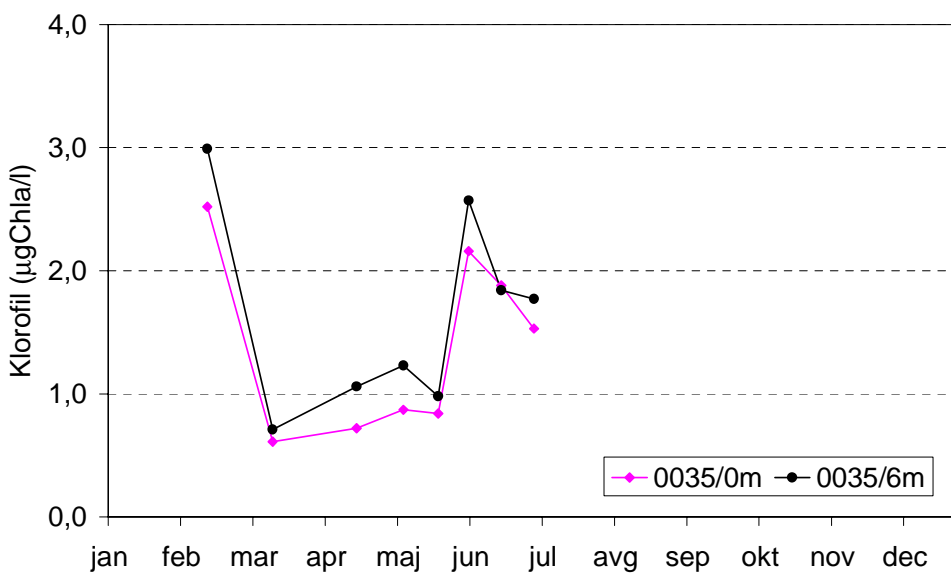
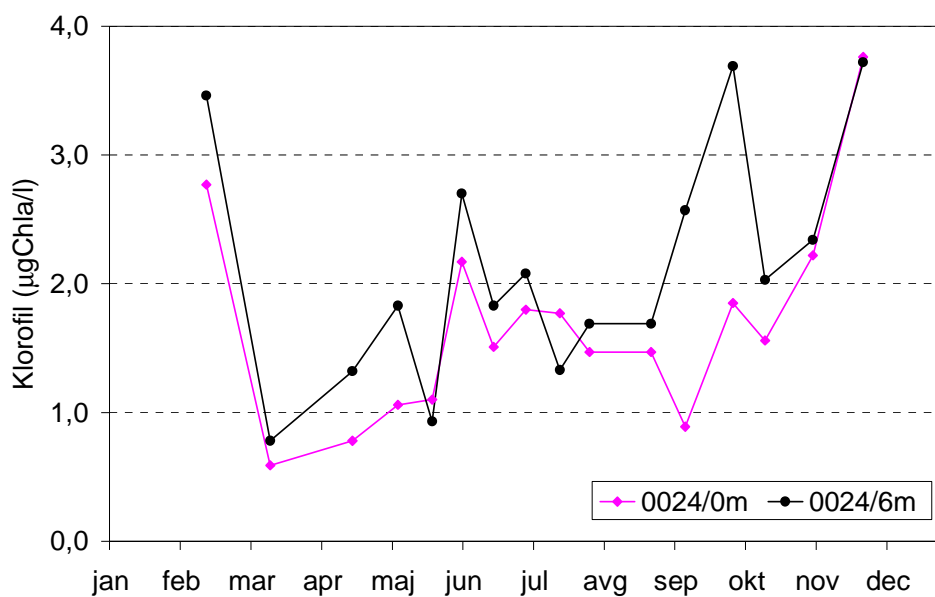
1.1. Vode za gojenje morskih organizmov

Pojavljane strupenih in škodljivih vrst dinoflagelatov smo spremljali v 52 vzorcih morske vode z uporabo mikroskopske metode. Vzorčevali smo v površinskem in 6-metrskem sloju enkrat mesečno od januarja do aprila in 14-dnevno od maja do novembra. Postaji 0024 in 0035 ležita na območju gojišč užitne klapavice (*Mytilus galloprovincialis*) v Strunjanskem zalivu in notranjem delu Piranskega zaliva. Na obeh postajah smo analizirali tudi osnovne fizikalno-kemične lastnosti morske vode in prozornost vode. 2. julija 2002 smo prenehali z vzorčevanjem na postaji 0035.

Popis potencialno strupenih dinoflagelatov, povzročiteljev PSP in DSP zastrupitve, njihovo število ter spremljajoči fizikalno-kemični parametri, so zbrani v tabelah Priloga 2 str. 62-66.

Temperatura morske vode v površinskem sloju je bila med 7,76°C (februar) in 25,67°C (junij) na postaji 0024 in med 7,15°C (januar) in 25,13°C (junij) na postaji 0035. Vrednosti temperature na globini 6 m se niso veliko razlikovale od površinskih; še največja odstopanja (tj. najbolj izrazita temperaturna slojevitost) smo opazili v juniju, v obdobju površinskih viškov. V vseh ostalih obdobjih je bil zgornji 6-metrski sloj premešan.

Izmerjene slanosti so bile med 32,76 in 38,30 na postaji 0024 in med 33,28 in 38,12 na postaji 0035. V obeh primerih smo najvišje (januar, 6 m) in najnižje (junij, 0,5 m) vrednosti izmerili v istih mesecih in v istih vodnih slojih. Nihanje slanosti je bilo kot ponavadi izrazitejše na površini; nizke površinske vrednosti (< 36 do 32) smo zabeležili predvsem v pozнопomladnih in poletnih mesecih (junij-julij). Koncentracije klorofila *a* (Chl *a*) so v celotnem vzorčevalnem obdobju zelo nihale: od 0,59 µg/l v marcu do 3,76 µg/l v novembru na postaji 0024 ter od 0,61 µg/l prav tako v marcu do 2,99 µg/l v februarju v krajšem, sedemmesečnem obdobju na postaji 0035 (slika 4). Z maloštevilnimi izjemami so bile koncentracije klorofilne biomase vseskozi nekoliko višje na globini 6 m. Upoštevajoč le površinski sloj, kjer so bila nihanja manjša kot na globini 6 m, lahko razberemo tri viške: zgodnjepomladni (februar: 2,52-2,77 µg/l), pozнопomladni (junij: 2,16-2,17 µg/l) in poznojesenski (november: 3,76 µg/l).



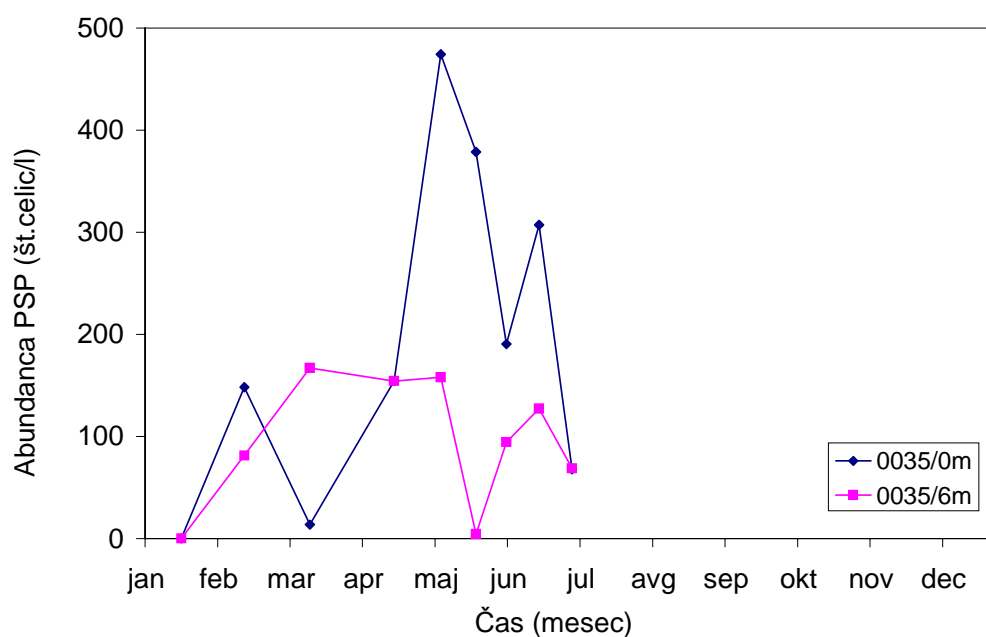
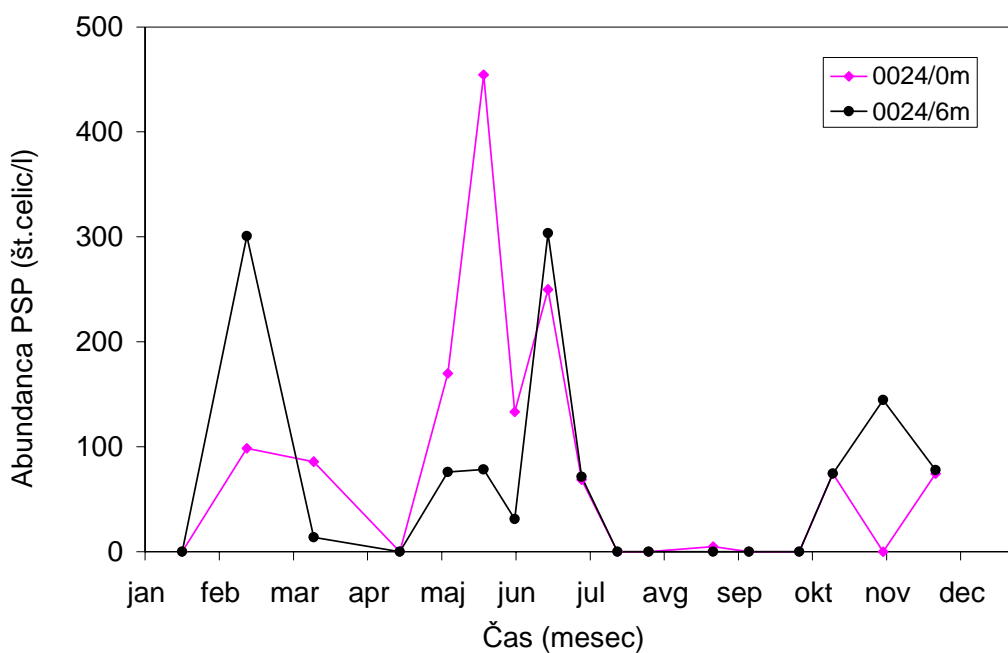
Slika 4. Dinamika fitoplanktonske biomase (Chl a) na postajah v Strunjanu in notranjosti Piranskega zaliva (post.0024 in 0035; globina 0 in 6m) v letu 2002.

V vzorčevalnem obdobju je bilo število potencialnih PSP povzročiteljev iz roda *Alexandrium* med 0 in 455 cel./l na postaji 0024 in med 0 in 474 cel./l na postaji 0035 (slika 5). Višek abundance smo zabeležili v maju, pri čemer se je višek na postaji 0035 (7.5.02) pojavil 14 dni prej kot na postaji 0024 (22.5.02). Visoke vrednosti med 150 in 470 cel./l so bile značilne za celotno pozno pomladno obdobje od maja do julija, občasno povečanje števila PSP povzročiteljev pa smo zabeležili še v februarju in novembru na postaji 0024. Na postaji 0035 so bile visoke vrednosti značilne tudi za zgodnjepomladne mesece (februar-april), vendar zlasti v globini 6 metrov. V ostalih mesecih je bilo število nizko (< 80 cel./l) ali pa vrst *Alexandriuma* v vzorcih sploh nismo našli. To je bilo značilno predvsem za poletno obdobje od julija do druge polovice septembra.

V povprečju je bilo število celic PSP povzročiteljev nekoliko višje v površinskem sloju (83 ± 120 cel./l) kot pa na globini 6 m (69 ± 98 cel./l), vendar je bilo v obeh primerih nihanje abundance zelo veliko, na kar kaže velika standardna deviacija. Srednje vrednosti podajamo samo za postajo 0024, ker smo vzorčevanje na postaji 0035 predčasno zaključili. Največja razlika med obema slojema je bila opažena v maju, tj. v obdobju sezonskih viškov na obeh postajah.

Izmed vseh najdenih osebkov iz rodu *Alexandrium* smo do nivoja vrste določili le *Alexandrium pseudogonyaulax*. Ta vrsta se je pojavila le v juniju, v vseh ostalih mesecih pa je v vzorcih morske vode nismo našli (izjema enkrat v juliju na postaji 0024/6 m). Pojavljanje vrste *A. pseudogonyaulax* je sovpadalo s povečanim skupnim številom celic v juniju. V prvi polovici junija je bila gostota te vrste med 30 in 90 cel./l, v drugi polovici pa je strmo narasla (127-248 cel./l) in tako predstavljala 51 do 100% skupnega števila celic. Junjski višek vrste *A. pseudogonyaulax* smo opazili tudi v letu 2001. Sicer pa so v ostalih obdobjih in tudi v času letnega viška (maj) prevladovali manjši neidentificirani predstavniki ($\leq 20 \mu\text{m}$), podobni vrsti *A. Minutum* (Priloga 2, str. 64-66).

Dinamika števila vrst dinoflagelatov, povzročiteljev DSP zastrupitve (rodova *Dinophysis* in *Phalacroma*, vrsta *Prorocentrum lima*) je bila tako kot v prejšnjih letih drugačna od dinamike vrst *Alexandrium* spp. (slika 6). Vse do začetka junija je bila abundanca zelo nizka (v povprečju 5 cel./l), v vzorcih s postaje 0035 pa smo prve osebke opazili šele v maju. Že v naslednjem mesecu, ko se je morska voda močno segrela (površinski viški temperature), pa je število DSP povzročiteljev skokovito naraslo in doseglo letni višek (103-214 cel./l). Temu velikemu porastu je sledil prav tako hiter padec v drugi polovici junija, potem pa je število DSP povzročiteljev od julija do konca avgusta nihalo med pribl. 30 in 90 cel./l. Po septembrskem nižku je število *Dinophysisa* v oktobru spet



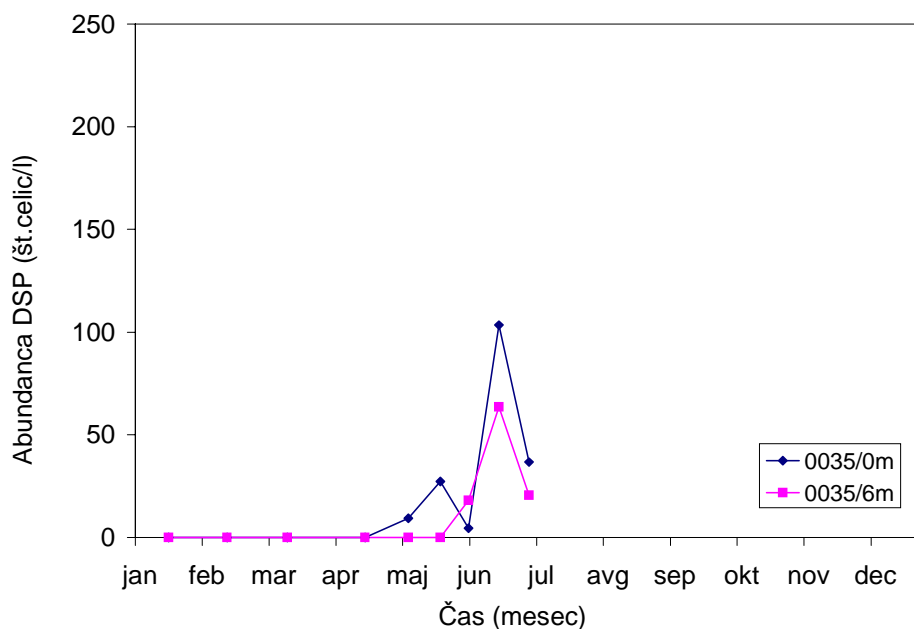
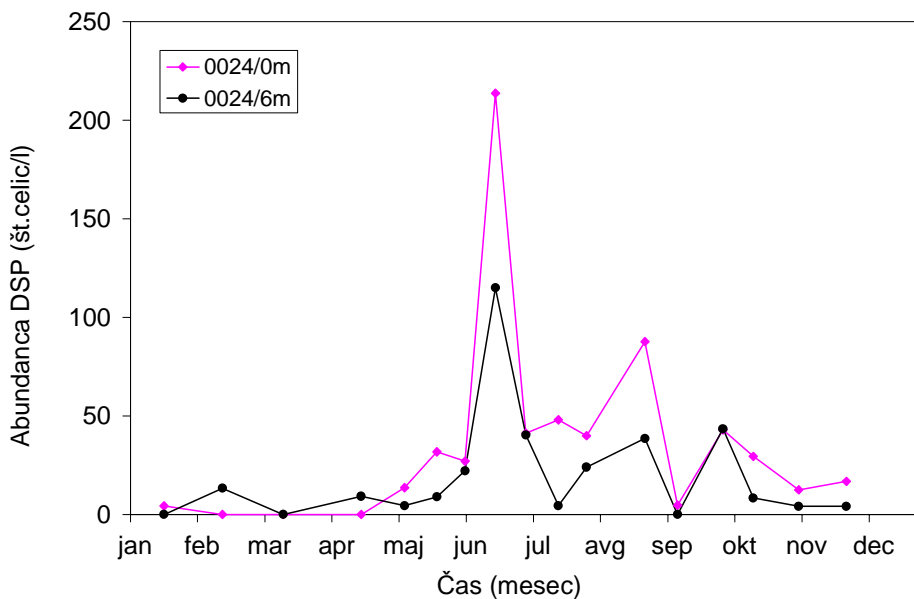
Slika 5. Število toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Alexandrium* (PSP) na postajah v Strunjanu in Piranskem zalivu (post.0024 in 0035) v letu 2002.

nekoliko naraslo, vendar ni preseglo 45 cel./l. Tako kot za *Alexandrium*, je bilo tudi za vrste iz roda *Dinophysis* značilno, da so bile na postaji 0024 v povprečju številčnejše v površinskem sloju (36 ± 51 cel./l) kot na globini 6 m (20 ± 28 cel./l), velika standardna

deviacija v obeh primarih pa kaže na veliko odstopanje, tj. nihanje števila celic od srednje vrednosti.

V vseh vzorcih smo prepoznali in določili 6 vrst *Dinophysis* in eno vrsto *Phalacroma*: *D. caudata*, *D. diegensis*, *D. fortii*, *D. rotundata*, *D. sacculus*, *D. tripos* in *P. mitra*. Te vrste smo našli v vzorcih s postaje 0024, medtem ko smo na postaji 0035 določili le tri vrste *Dinophysis*: *D. caudata*, *D. rotundata* in *D. sacculus*. Manjšo raznovrstnost te postaje gre pripisati dejstvu, da smo z vzorčevanjem končali v začetku julija, medtem ko se ostale tri vrste (predvsem *D. fortii* in *D. tripos*) ponavadi pojavijo v jesenskem delu leta. V tabeli na straneh 64-66 podajamo tudi vrsto *Lingulodinium polyedrum*, ki je sicer nismo prišteli k skupnemu številu DSP povzročiteljev, vendar je vrsta znana po tem, da v nekaterih svetovnih območjih povzroča rdeče plime. *L. polyedrum* se je močno namnožil (višek 227 cel./l) zlasti v poznopomladnem obdobju (maj-junij). Najpogostejša vrsta, tj. vrsta, ki smo jo največkrat zasledili v vzorcih, je bila *D. caudata*, ki smo jo opazili v 56% vseh vzorcev. Sledili sta vrsti *D. rotundata* (50% vzorcev) in *D. sacculus* (26% vzorcev), ostale vrste pa so se pojavile v manj kot 10 % vseh vzorčevanj. Vrsti *D. diegensis* in *P. mitra* smo opazili le v enem vzorcu. Vrsto *D. caudata* smo našli v vseh letnih časih (ne pa tudi v vseh vzorcih), medtem ko sta bila *D. rotundata* in *D. sacculus* časovno omejena bolj na spomladansko in jesensko obdobje (prvi) oz. izključno na poznopomladno (drugi). *D. caudata* je bil tudi najštevilčnejši izmed vseh *Dinophysis*ov (66% skupnega števila), veliko manjši delež pa sta predstavljali drugi najštevilčnejši vrsti: *D. sacculus* (16%) in *D. rotundata* (13%). Ob junijskem višku sta bili najštevilčnejši vrsti *D. caudata* in *D. sacculus*, vendar se je njun delež spreminjal tako po globinah kot glede na postajo. V površinskem sloju postaje 0024, kjer smo zabeležili letni višek (214 cel./l), je bil njun delež pribl. 50%. Že na 6 m globine pa je skoraj v celoti prevladoval *D. caudata* (92%). Prav nasprotno je bilo na postaji 0035: tu je v površinskem sloju prevladoval *D. sacculus* (96%), na 6 m globine pa *D. caudata* (92%).

Tako kot prejšnja leta, smo tudi v letu 2002 sodelovali z Veterinarsko upravo RS in koprsko enoto Veterinarske inšpekcije sproti obveščali o pojavljanju in številčnosti strupenih vrst dinoflagelatov. Na podlagi teh informacij je veterinarski inšpektor lahko prilagodil nadzor nad školjkami v školjiščih v Seči in Strunjanu (odvzem vzorcev za bioeseje na prisotnost DSP in PSP strupov v školjkah). Analize školjk so sicer zakonsko določene in potekajo v skladu z vsakoletnimi navodili VURS, vendar se je sodelovanje med MBP in Veterinarsko inšpekcijo že večkrat pokazalo kot uspešno, zlasti zato, ker odvzem vzorcev školjk in fitoplanktonske analize ne potekajo sočasno, temveč z določenim časovnim zamikom (okoli 7 do 14 dni), kar pa je dovolj za porast števila dinoflagelatov.



Slika 6. Število toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Dinophysis* (DSP) na postajah v Strunjanu in Piranskem zalivu (post.0024 in 0035) v letu 2002.

2. Monitoring obalnega morja in trend monitoring

2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih

2.1.2. Trend monitoring težkih kovin v organizmih

Vsebnost kadmija (Cd) in živega srebra (Hg) smo določili v tkivu klapavic (*Mytilus galloprovincialis*) nabranih na dveh izbranih lokacijah: na postaji pred Marino Koper v izlivnem področju reke Rižane (post.00TM) in referenčni postaji na področju gojenja školjk v Strunjanskem zalivu (post. 0024) (slika 1). Vzorčujemo v stabilnih vremenskih pogojih, časovno enakih zaporedjih in dovolj velik vzorec za nadaljno ustrezno statistično obdelavo. Na vsakem vzorčevalnem mestu smo odvzeli pet podvorcev. Klapavicam smo izmerili dolžino, širino lupine in težo. Teža klapavice predstavlja mokro težo mesa in intervalvarne vode. Vsak podvzorec je sestavljen iz 10 klapavic v velikosti pribl. od 4 do 6 cm. Rezultati koncentracij elementov v posameznem podvzorcu, preračunani na suho maso vzorca, so podani v tabeli v Prilogi 2, str. 67.

V letu 2002 so koncentracije Cd v školjkah znašale 0,68 mg/kg na postaji 00TM in 0,99 mg/kg na referenčni postaji 0024. Vrednosti Hg so znašale 0,111 mg/kg in 0,132 mg/kg na postaji 00TM in 0024. Koncentracije Cd na referenčni postaji so podobne tistim v letu 2001 in 2000, ko smo izmerili 0,96 in 1,11 mg/kg Cd. Koncentracije Cd na postaji 00TM pa so glede na leto 2001 in leto 2000 nekoliko upadle. Leta 2001 so bile koncentracije Cd na postaji 00TM 0,79 mg/kg, leta 2000 pa 1,27 mg/kg.

Koncentracije Hg v školjkah so nekoliko višje od leta 2001, ko smo izmerili 0,071 mg/kg Hg na postaji 00TM in 0,084 mg/kg na referenčni postaji in so podobne koncentracijam Hg v letu 2000, ki so znašale 0,11 mg/kg Hg na postaji 00TM in 0,12 mg/kg Hg na referenčni postaji.

2.1.3. Trofični status

Trofični status obalnega morja vzhodnega dela Tržaškega zaliva smo ocenili na 4 postajah. Letna razporeditev vrednosti TRIXa in koncentracij klorofila (Chl *a*) po globinah na postaji sredi Piranskega in Koprškega zaliva (post.00MA in post. 000K), ter na postajah v sredini Tržaškega zaliva (post. 00CZ in 000F) je prikazana na slikah 7, 8, 9 in 10. Posamezne izračunane vrednosti TRIXa so podane v tabelah v Prilogi 2, str. 68 - 72.

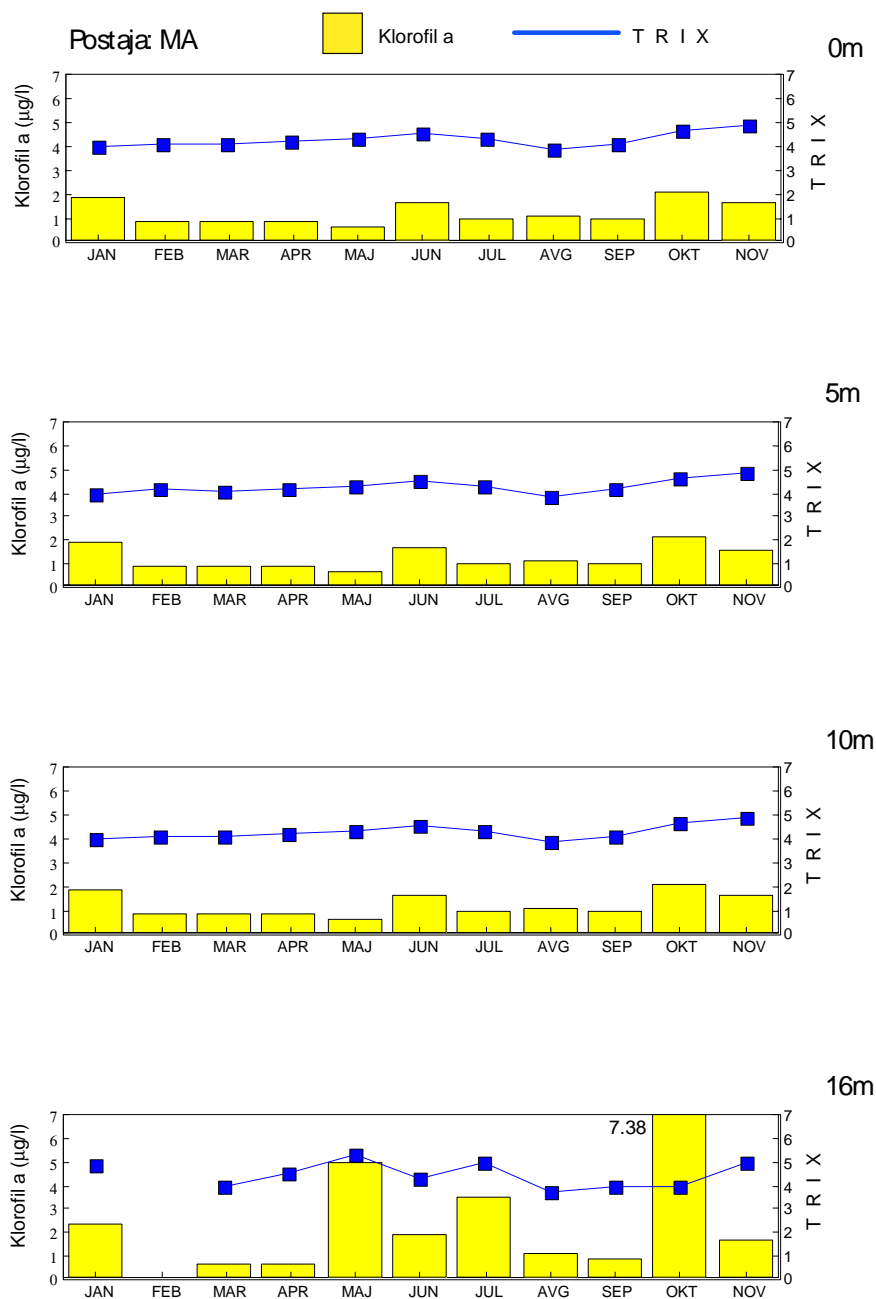
Vrednosti TRIXa se gibljejo v razponu od 2 do 6. Letna nihanja in spremembe po globinah so bolj izrazite na zunanjih postajah v primerjavi z notranjimi postajami obalnega morja. Najnižje vrednosti TRIXa so bile na postaji sredi Piranskega zaliva od

3,30 do 5,31 (post. 00MA), na postaji 000K od 3,58 do 5,48 in na zunaji postaji 00CZ od 3,61 do 5,41 (tabela 1). Najnižje in najvišje vrednosti TRIXa smo beležili na postaji ob južnem vhodu v Tržaški zaliv (post. 000F) in so se spreminjale od 2,35 do 6. Posebno visoke so vrednosti TRIXa v površinskem sloju meseca junija na postaji 000F in sovpadajo z visokimi koncentracijami klorofila (8,09 $\mu\text{g Chl } a/l$). Tekom leta smo beležili najnižje vrednosti klorofila v spomladanskih mesecih, ter višje vrednosti v obdobju januar- februar, ter od avgusta dalje.

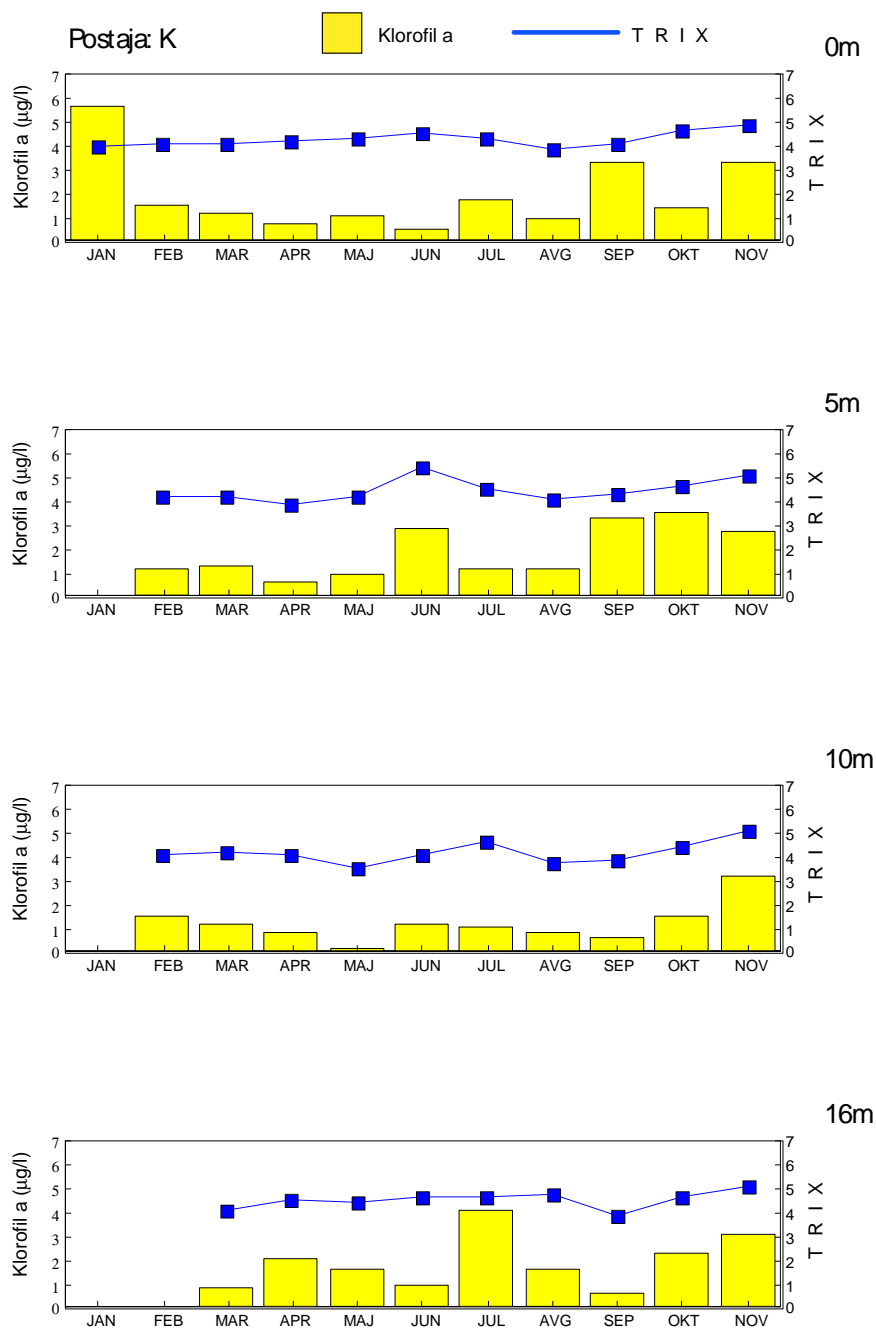
Tabela 1. Najvišje, najnižje in srednje letne vrednosti TRIXa na posameznih merilnih mestih obalnega morja R Slovenije v letu 2002.

Koda postaje	00MA	000K	00CZ	000F
Število vzorcev	41	39	60	50
Najnižja vrednost	3,30	3,58	3,61	3,04
Najvišja vrednost	5,31	5,48	5,41	6,0
Srednja (\pm St.dev.)	4,29 \pm 0,47	4,45 \pm 0,42	4,32 \pm 0,44	4,29 \pm 0,62

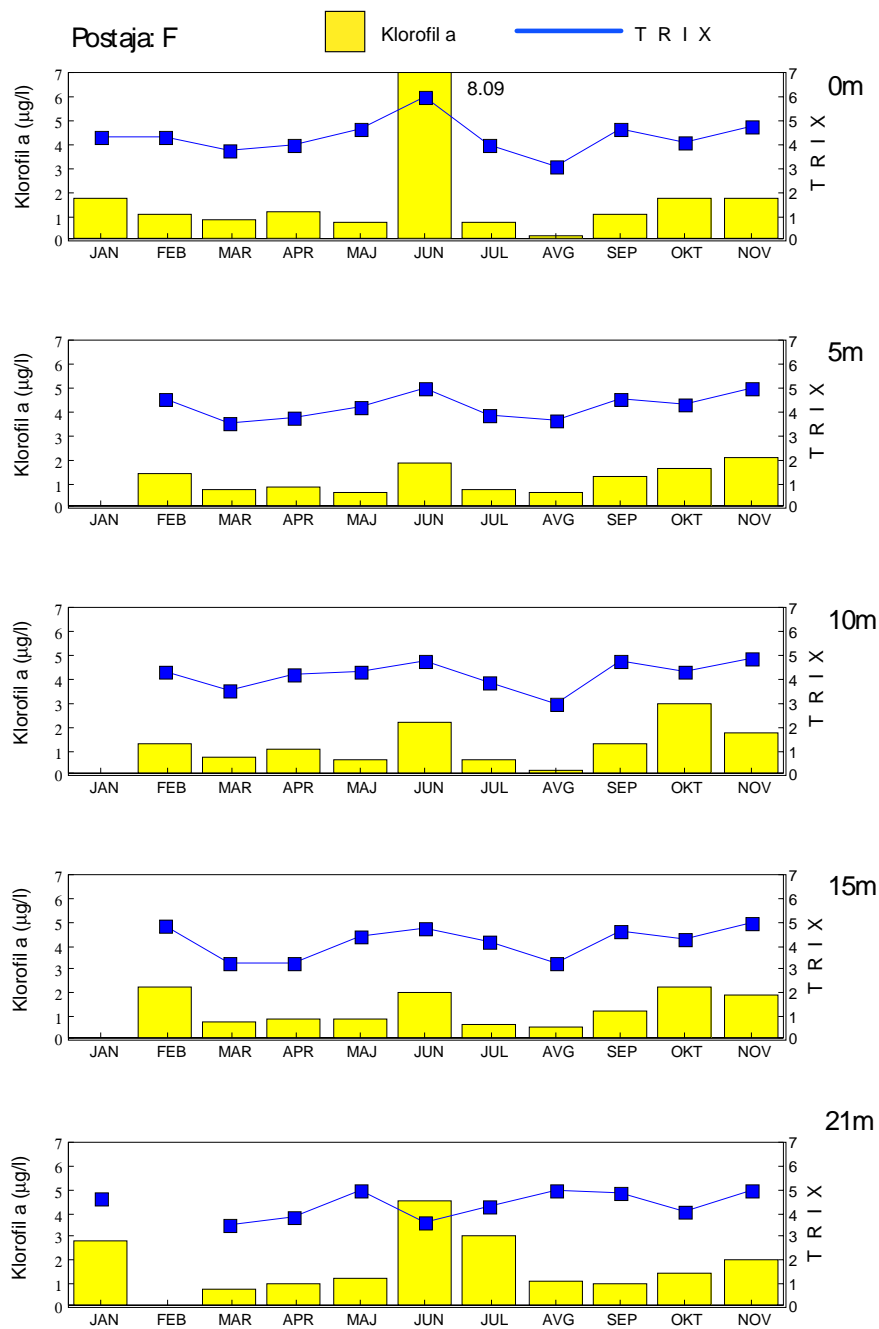
Na osnovi vrednosti trofičnega indeksa lahko uvrstimo obalno morje v oligotrofno do mezotrofno območje in le občasno evtrofno. Povsem evtrofno je področje vodnega stolpca v okolici izpusta črpališča v Izoli (glej str. 34).



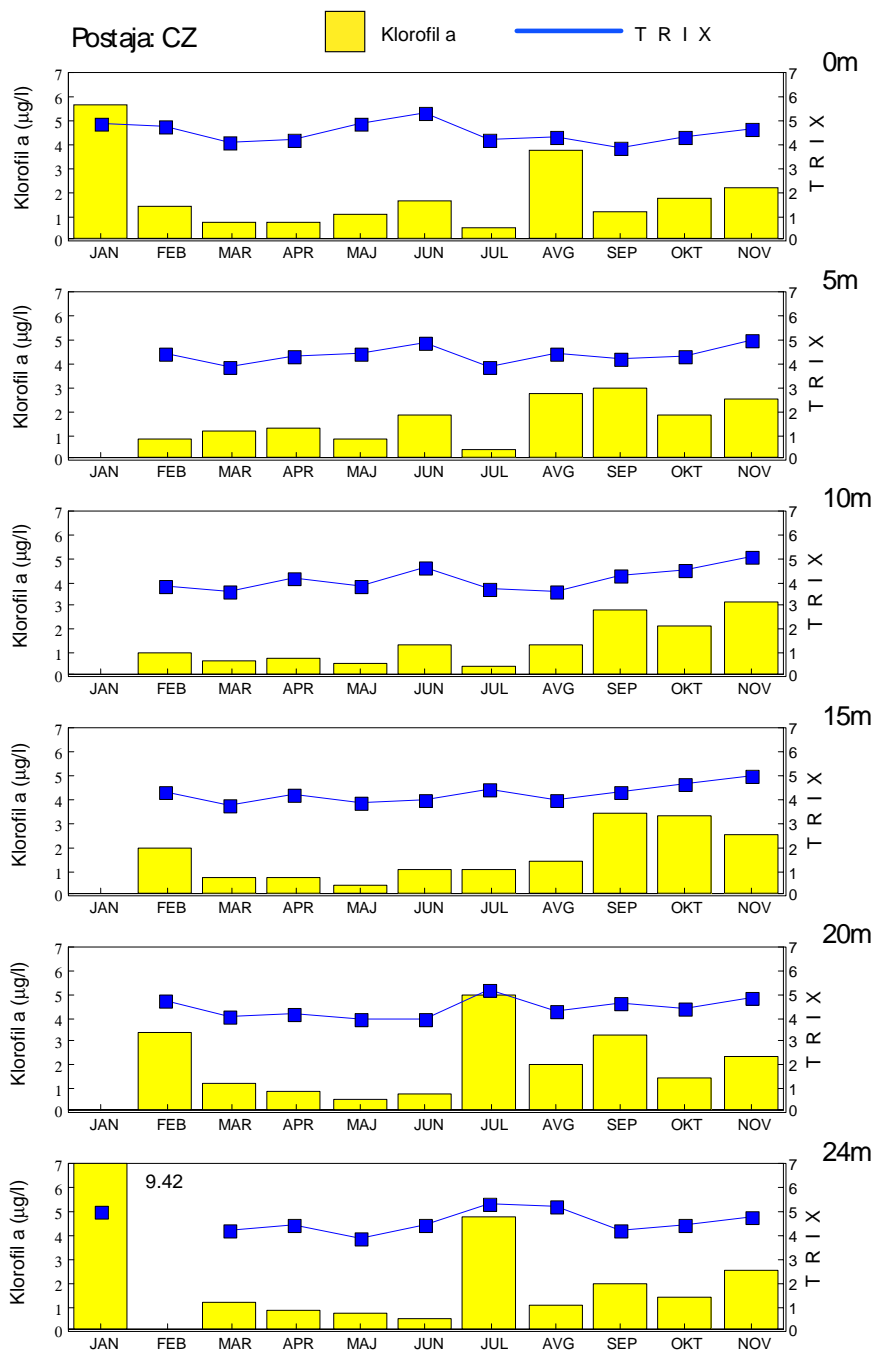
Slika 7. Letna razporeditev vrednosti trofičnega indeksa TRIX in koncentracij klorofila a na posameznih globinah postaje sredi Piranskega zaliva (post. 00MA) v letu 2002.



Slika 8. Letna razporeditev vrednosti trofičnega indeksa TRIX in koncentracij klorofila a na posameznih globinah postaje sredi Kopskega zaliva (post. 000K) v letu 2002.



Slika 9. Letna razporeditev vrednosti trofičnega indeksa TRIX in koncentracij klorofila a na posameznih globinah zunanje postaje 000F v letu 2002.



Slika 10. Letna razporeditev vrednosti trofičnega indeksa TRIX in koncentracij klorofila a na posameznih globinah postaje sredi Tržeškega zaliva (post. 00CZ) v letu 2002.

2.2. Žarišča onesnaženja

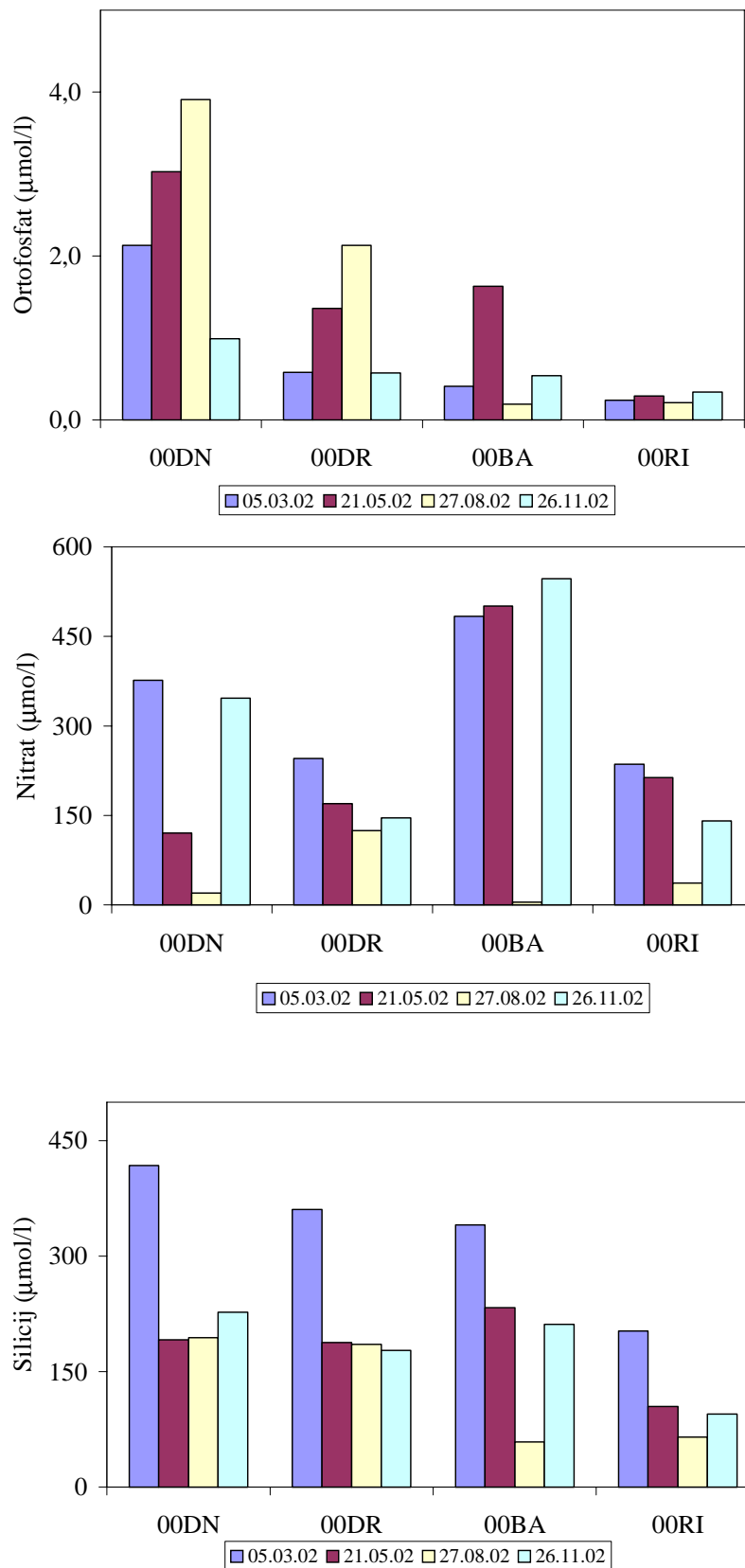
2.2.1. Kemično onesnaženje – rečna ustja

Monitoring kakovosti vod, ki se izlivajo v morje izvajamo z namenom, da bi ocenili letni vnos nekaterih polutantov v obalno morje. Vzorci so bili zajeti naključno štirikrat letno na merilnem mestu v spodnjem toku Rižane (post. 00RI), pred izlivom komunalnih odpadnih vod čistilne naprave Koper, v Badaševici pred njeno razcepitvijo v rekico in Smedelski kanal (post. 00BA), na Drnici (post. 00DN) in Dragonji (post. 00DR) (slika 3). Rezultati analiz posameznih vzorcev so zbrani v tabelah v Prilogi 2, str. 73-74. Rezultati hranilnih soli, celokupnega fosforja in dušika, detergentov in mikrobioloških analiz so prikazani na slikah 11, 12, 13 in 14.

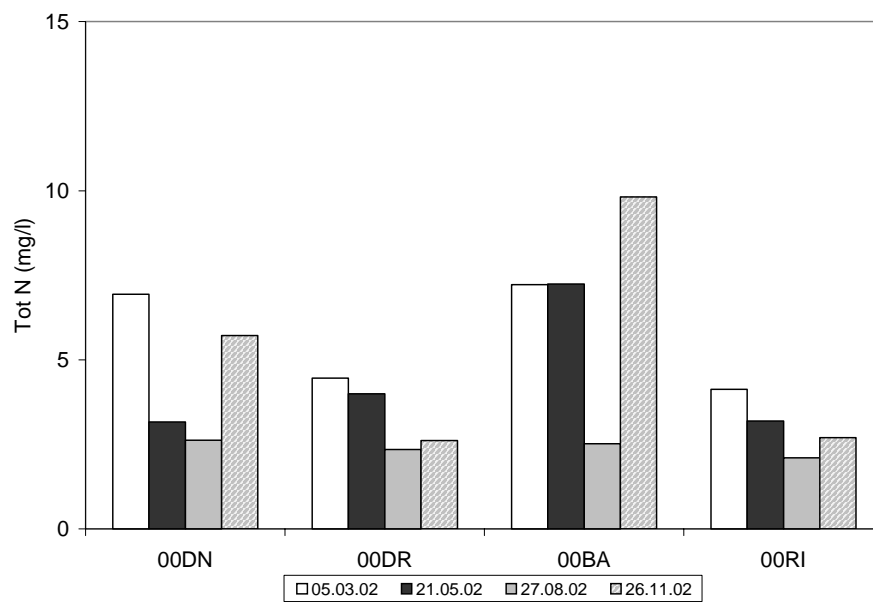
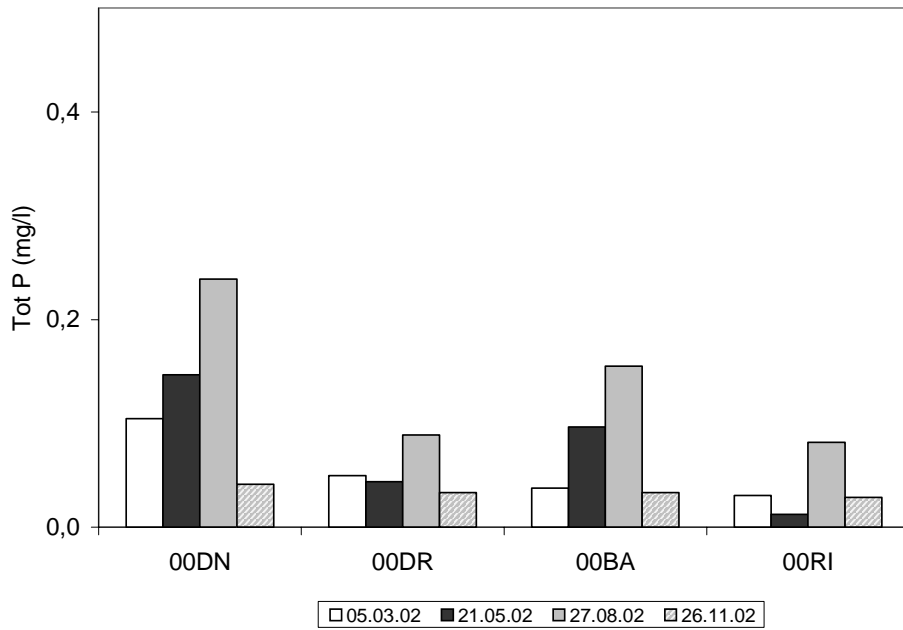
V reki Badaševici so bile vrednosti fizikalnih parametrov visoke avgusta. Ob visokih temperaturah vode (25°C) je bila vsebnost raztopljenega kisika 2,8 mg/l, BPK₅ 5,5 mgO₂/l in razmeroma visok KPK 216,4 mg O₂/l. Koncentracija ortofosfata je znašala 0,2 μmol/l, amonija 4,8 μmol/l, nitrata 4,9 μmol/l in celokupnega dušika 2,5 mg/l. Med ostalimi meritvami so bile najvišje koncentracije za ortofosfat 0,16 μmol/l, za amonij 5,43 μmol/l, za nitrat 546,55 μmol/l, za celokupni dušik 9,8 mg/l in za celokupni fosfat 0,16 mg/l. V preteklem letu v Rižani nismo zaznali znižanih vrednosti raztopljenega kisika. Koncentracije raztopljenega kisika štirikratnih meritev so znašale od 9,4 do 10,5 mg O₂/l, koncentracije BPK₅ od 0,7 do 5,5 mg/l in koncentracije KPK od 8,42 do 128,95 mg/l. Koncentracije hranilnih soli (ortofosfat od 0,24 do 0,34 μmol/l, amonij od 1,58 do 4,10 μmol/l, nitrat od 37,1 do 236,13 μmol/l) so bile v vseh štirih meritvah nižje v primerjavi z reko Badaševico. Najvišja izmerjena koncentracija celokupnega dušika je znašala 4,13 mg/l in celokupnega fosforja 0,08 mg/l v avgustu.

Reki Badaševica in Rižana sta onesnaženi s komunalnimi vodami, saj bakteriološke analize kažejo na visoko prisotnost bakterij fekalnega izvora (slika 14). V reki Badaševici vrednosti fekalnih koliformnih bakterij v večini analiz presegajo 1000 klic/100ml. V fekalno sicer onesnaženo reko Rižano (najvišja vrednost 1000 klic/100ml), se pred njenim iztokom v morje, dodatno izlivajo še komunalno in industrijsko onesnažene vode komunalne čistilne naprave mesta Koper.

S komunalnimi vodami sta onesnaženi tudi reki Drnica in Dragonja, vendar v letošnjem letu nismo zabeležili visokih koncentracij mikroorganizmov fekalnega izvora (80-780 fekalnih koliformov/100ml). Razmeroma visoke so koncentracije hranilnih soli (ortofosfat od 0,24 do 3,91 μmol/l, amonij od 1,18 do 6,67 μmol/l, nitrat od 20,2 do 376,1 μmol/l) v primerjavi s koncentracijami v reki Rižani in Badaševici (slika 11).

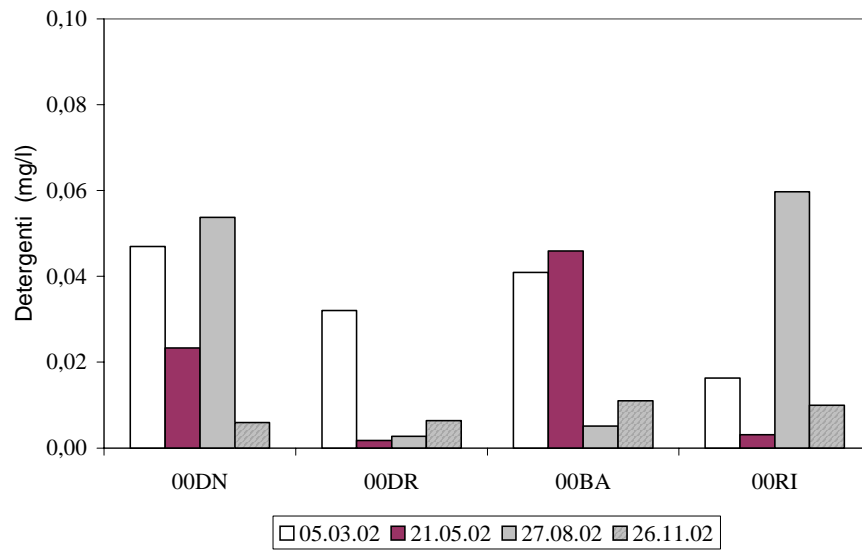


Slika 11. Rezultati sezonskih meritev koncentracij ortofosfata, nitrata in silicija v spodnjem toku rek, ki se izlivajo v obalno morje v letu 2002.

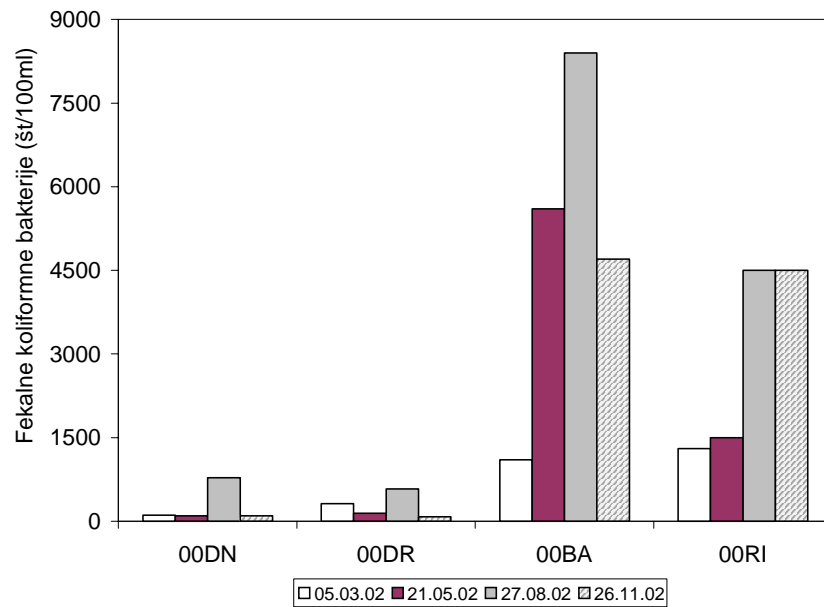


Slika 12. Rezultati sezonskih meritev dušika (TotN) v spodnjem toku rek, ki se

koncentracij celokupnega fosforja (Tot P) in izlivajo v obalno morje v letu 2002.



Slika 13. Koncentracije detergentov v reki Rižani, Badaševici, Dneci in Dragonji v letu 2002.



Slika 14. Koncentracije bakterij fekalnega izvora v reki Rižani, Badaševici, Dneci in Dragonji v letu 2002.

Koncentracije detergentov so bile v nizke v vseh vzorcih ($< 0,1$ mg/l).

Količina lebdečih delcev je v vzorcih izlivnih področjih rek segala od 1,3 do 21,37 mg/l. Delež organskega ogljika (POC) je predstavljal 3,06 do 62,36 % in delež celotnega dušika (PN) 0,42 do 11,85 % suspendirane snovi. Najvišji vrednosti suspendiranega organskega ogljika in celotnega dušika (62,36 % in 11,85 %) smo določili v vzorcu reke Rižane v mesecu avgustu. Pravtako smo v tem mesecu določili še visok delež suspendiranega ogljika in celotnega suspendiranega dušika tudi v vzorcu reke Badaševice. Vrednosti atomskega razmerja $C_{(org.)}/N$ so znašale od 5,7 do 8,4. Visoke vrednosti celotnega suspendiranega dušika (PN) in organskega ogljika (POC) praviloma sovpadajo z visokimi vrednostmi celotnega dušika (TotN) in visoko kemijsko porabo kisika kar odraža onesnaženost vzorčenih rek.

Koncentracije težkih kovin, kadmija (Cd), bakra (Cu), niklja (Ni), svınca (Pb), kroma (Cr), cinka (Zn) in živega srebra (Hg) so bile izmerjene v rekah v mesecu marcu, maju, avgustu in novembru. Rezultati meritev celotne koncentracije elementov so podani v tabeli 2. Posamezni rezultati meritev celotne koncentracije in topnega deleža so podani v tabeli v prilogi str. 73. Točnost določanja kovin v površinskih vodah je bila preverjena s standardnim referenčnim materialom SPS-SW1 (glej poglavje Metode dela). Rezultati kažejo, da so celotne koncentracije kovin z izjemo Hg v splošnem nizke. Najvišjo koncentracijo Hg 41,6 ng/l smo izmerili v reki Badaševici maja 2002. Koncentracije Cr so se gibale od vrednosti pod 0,2 $\mu\text{g/l}$ do 1,99 $\mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Cu so bile med 0,5 in 5,8 $\mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Ni so bile med vrednostmi pod 1 $\mu\text{g/l}$ do 5,2 $\mu\text{g/l}$, najvišja izmerjena celotna koncentracija Ni je bila na reki Badaševici marca 2002 17,7 $\mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Zn so bile pod 5,0 do 20,8 $\mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Pb so bile pod 1,0 $\mu\text{g/l}$, in Cd pod 0,2 $\mu\text{g/l}$, le avgustu smo v Drnici izmerili 1,8 $\mu\text{g/l}$ Cd in v Badaševici 2,6 $\mu\text{g/l}$ Cd.

Topni delež kovin je zajemal 50 do 90% celotnega deleža kovin v izlivih rek v morje. Posebno visokih koncentracij elementov letos nismo določili v nobeni od preiskovanih rek. Trendi glede onesnaženosti iztokov rek v morje s težkimi kovinami kažejo v primerjavi s prejšnjimi leti v splošnem rahel trend nižanja koncentracij Zn, Pb, Cd, Cu, Ni in Cr. Koncentracije Hg pa kažejo zelo majhen trend naraščanja.

Tabela 2. Celotne koncentracije elementov težkih kovin v vzorcih površinskih vod, ki se iztekajo v obalno morje R Slovenije v letu 2002.

Postaja	Datum vzorčenja	Pb µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Hg ng/l
00BA	05.03.2002	<1,0	<0,2	17,7	0,34	2,6	<5,0	1,27
00BA	21.05.2002	<1,0	<0,2	<1,0	<0,2	1,0	8,4	41,6
00BA	28.08.2002	<1,0	2,6	<1,0	0,74	1,0	14,9	10,8
00BA	26.11.2002	<1,0	<0,2	1,7	<0,2	5,2	10,6	9,74
00DN	05.03.2002	<1,0	<0,2	5,2	0,75	5,8	<5,0	1,20
00DN	21.05.2002	<1,0	<0,2	2,5	0,64	2,8	<5,0	2,66
00DN	28.08.2002	<1,0	1,8	<1,0	1,99	2,5	9,7	3,01
00DN	26.11.2002	<1,0	<0,2	<1,0	<0,2	2,5	<5,0	1,48
00DR	05.03.2002	<1,0	<0,2	3,6	0,48	2,8	<5,0	1,02
00DR	21.05.2002	<1,0	<0,2	<1,0	0,87	0,5	<5,0	3,11
00DR	28.08.2002	<1,0	<0,2	<1,0	<0,2	0,8	8,5	8,86
00DR	26.11.2002	<1,0	<0,2	<1,0	<0,2	2,7	<5,0	5,81
00RI	05.03.2002	<1,0	<0,2	4,9	0,55	1,4	<5,0	1,02
00RI	21.05.2002	<1,0	<0,2	<1,0	0,75	1,5	10,6	2,27
00RI	28.08.2002	<1,0	<0,2	<1,0	0,59	3,2	20,8	3,23
00RI	26.11.2002	<1,0	<0,2	<1,0	0,41	3,2	<5,0	3,55

2.2.2. Območje podvodnih izpustov komunalnih odplak

Vpliv širjenja odpadne vode podvodnega izpusta v Izoli in Piranu smo sledili sezonsko v času nizkega plimovanja. Odpadne vode črpališča v Izoli (post. 00IA) smo vzorčili na postaji 200 m od obale na mestu iztoka mehansko čiščenih odplak v morje, na standardnih globinah 0,3m, 3m, 5m, 7m in 10m. Morsko vodo na postaji 00PO smo zajemali na mestu zadnjega dela podvodnega cevovoda – difuzorja čistilne naprave Piran, 3420 m od obale (slika 3). Globine vzorčenja na postaji 00PO smo vsakokrat izbrali glede na slavnostno polje vodnega stolpca. Rezultati fizikalno-kemičnih parametrov in mikrobioloških analiz so podani v tabelah v Prilogi 2, str. 75 in 76. Rezultati koncentracij nitrata, amonija, celokupnega dušika (TotN), celokupne

suspendirane snovi (TSS), fekalnih koliformnih bakterij (FC), klorofila in TRIXa so podani tudi v tabeli 3 in 4.

Vsebnost fekalnih koliformnih bakterij in amonija po vodnem stolpcu na mestu podvodnega izpusta Piranske čistilne naprave (post. 00PO) prikazuje slika 15. Koncentracije indikatorskih bakterij fekalnega izvora so nizke (<1000 FK/100ml) v primerjavi z rezultati izolskega izpusta. Najvišje koncentracije fekalnih koliformnih bakterij smo zaznali v pridnenem sloju (od 740 do 1080 klic/100ml). Širjenje fekalno onesnažene vode po vodnem stolpcu potrjujejo tudi zvišane koncentracije amonija (od 0,10 do 2,18 $\mu\text{mol/l}$).

Razporeditev fekalnih koliformnih bakterij in vsebnosti amonija po vodnem stolpcu na postaji izolskega izpusta v štirih časovno različnih obdobjih prikazuje slika 16. Na merilnem mestu podvodnega izpusta izolskega črpališča (post. 00IO) beležimo najvišje vsebnosti hranilnih soli in bakterij fekalnega izvora v površinskem sloju. Visoke vrednosti fekalnih koliformnih bakterij (od 800 do 98000 klic/100ml) sovpadajo z visokimi koncentracijami amonija (maks. 54,57 $\mu\text{mol/l}$), celokupnega dušika (maks. 7,95 mg/l) in klorofila a (maks. 8,88 $\mu\text{g Chl a/l}$) (tabela 4).

Visoke so tudi vrednosti celotne suspendirane snovi v vzorcih odvzetih na mestu podvodnega izpusta čistilne naprave Izola (od 0,56 do 8,77 mg/l) v primerjavi z vrednostmi določenimi v vzorcih podvodnega izpusta čistilne naprave Piran (0,55 do 2,08 mg/l). Prav tako smo v tem letu v vzorcih podvodnega izpusta čistilne naprave Izola določili praviloma višje vrednosti suspendiranega organskega ogljika in suspendiranega celotnega dušika, kar je verjetno povezano z večjo očiščevalno zmogljivostjo čistilne naprave Piran v primerjavi z "neobdelanim" iztokom črpališča v Izoli. Letna dinamika prej omenjenih parametrov kaže višje vrednosti v mesecu maju in avgustu, kar je posledica večje obremenjenosti obalnega pasu in zaledja v spomladanskem in poletnem obdobju. V primeru piranskega izpusta so bile nižje povprečne vrednosti (celotnega vzorčenega profila vodnega stolpca) atomskega razmerja $C_{(\text{org.})}/N$ v mesecu maju in avgustu (8,1 in 9,2) verjetno odraz višje koncentracije fitoplanktona (Chl a).

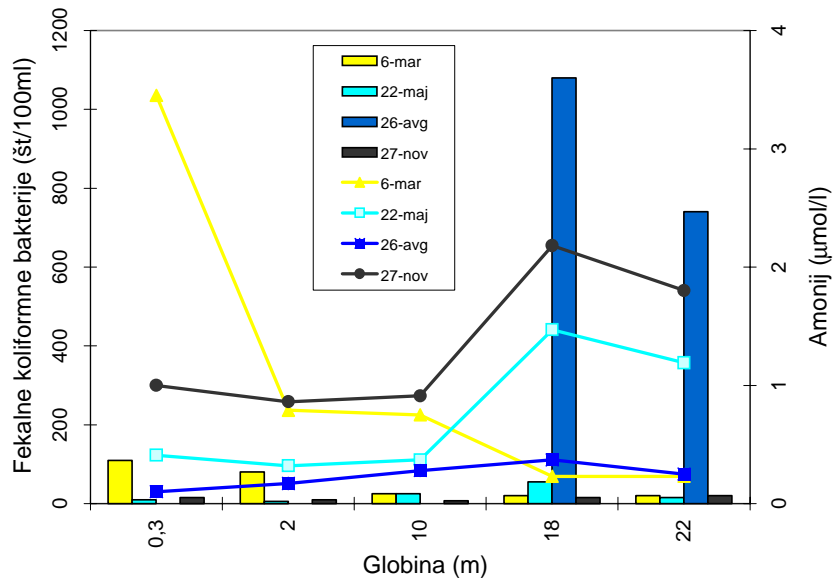
Izračunane vrednosti TRIXa za obe postaji so podane v tabeli 3 in 4 skupaj s koncentracijami celokupnega dušika, nitrata, amonija, fekalnih koliformnih bakterij in koncentracijami klorofila a. Dotok večje količine hranilnih soli fosfata in dušika, lokalno vpliva na povišane vrednosti klorofilne biomase in vrednosti TRIXa. Na postaji podvodnega izpusta Izolske čistilne naprave so izračunane vrednosti visoke v površinskem sloju v avgustu in novembru (od 6,33 do 6,48) (tabela 4).

Tabela 3. Rezultati koncentracij nitrata, amonija, celokupne dušika (TotN), celokupne suspendirane snovi (TSS), fekalnih koliformnih bakterij (FC), klorofila in TRIXa na posameznih globinah postaje 00PO v letu 2002.

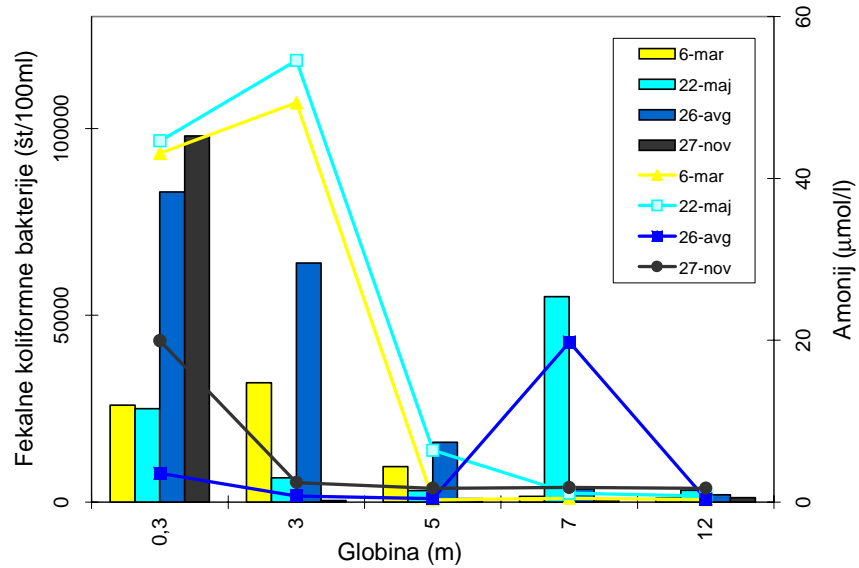
	Globina	Nitrat	Amonij	TotN	TSS	FC	Chla	TRIX
Datum	m	µmol/l	µmol/l	mg/l	mg/l	Št./100ml	µg/l	
06.03.02	0	1,91	3,45	0,22	1,41	110	0,66	3,74
	5	2,62	0,79	0,03	0,59	80	0,66	3,18
	10,5	2,38	0,75	0,03	0,68	25	0,59	2,67
	14	2,53	0,23	0,01	0,48	20	1,86	2,97
	22	2,53	0,23	0,01	1,15	20	0,81	3,17
22.05.02	0,3	0,61	0,10	0,00	0,88	10	1,54	3,7
	6,5	1,69	0,17	0,00	0,71	5	2,00	4,06
	10	1,99	0,28	0,01	0,88	25	1,57	4,04
	19,5	1,49	0,37	0,01	0,97	55	2,63	4,38
	21,5	1,16	0,25	0,01	1,73	15	3,17	4,36
26.08.02	0,3	0,71	0,41	0,01	0,71	0	1,26	4,13
	4,5	2,12	0,32	0,01	0,76	0	1,74	4,49
	8	1,37	0,37	0,01	0,55	0	1,50	4,22
	16	1,29	1,47	0,05	0,77	1080	2,29	4,73
	21	1,95	1,19	0,04	2,08	740	4,06	4,65
27.11.02	0,3	10,22	1,00	0,06	0,90	15	3,23	5,02
	7	7,85	0,86	0,04	0,85	10	2,89	4,88
	13,5	7,53	0,91	0,04	1,95	7	4,84	5,05
	18	5,08	2,18	0,11	1,39	15	1,31	4,36
	21	4,76	1,80	0,09	1,51	20	1,14	4,03

Tabela 4. Rezultati koncentracij nitrata, amonija, celokupne dušika (TotN), celokupne suspendirane snovi (TSS), fekalnih koliformnih bakterij (FC), klorofila in TRIXa na posameznih globinah postaje 00IO v letu 2002.

Datum	Globina m	Nitrat μmol/l	Amonij μmol/l	TotN mg/l	TSS mg/l	FC št/100ml	Chla μg/l	TRIX
06.03.02	0	1,73	43,10	4,71	4,98	26000	1,18	5,24
	3	2,13	49,35	5,78	2,68	32000	1,27	5,4
	5	1,44	0,29	0,01	1,78	9500	0,72	3,03
	7	1,17	0,49	0,01	0,56	1500	0,54	2,86
	11,76	1,73	0,30	0,01	1,82	1100	1,26	3,37
22.05.02	0,3	0,23	3,54	0,10	1,29	25000	1,54	4,83
	1	0,56	0,76	0,01	8,77	6500	1,71	4,00
	4	0,04	0,43	0,01	1,69	3000	1,90	3,82
	7	0,02	19,79	2,05	2,90	55000	1,86	6,39
	11	0,02	0,37	0,01	2,24	3200	1,52	3,76
26.08.02	0,3	1,42	44,62	5,77	3,60	83000	2,66	6,48
	1	2,39	54,57	7,95	3,53	64000	2,71	6,34
	4	1,79	6,38	0,40	1,30	16000	1,77	4,84
	7	2,55	1,08	0,05	1,27	3500	1,86	4,08
	11	2,65	0,74	0,03	1,51	2000	2,90	4,55
27.11.02	0,3	9,48	19,94	3,17	1,13	98000	8,88	6,33
	1	7,93	2,42	0,16	1,38	400	2,95	4,90
	4	8,25	1,69	0,09	1,17	900	2,61	4,67
	7	6,86	1,81	0,11	1,60	800	2,25	4,26
	11	7,04	1,70	0,12	0,88	1200	1,91	4,56



Slika 15. Distribucija fekalnih koliformnih bakterij () in vsebnosti amonija (—) po vodnem stolpcu na mestu podvodnega izpusta Piranske čistilne naprave (post.00PO) v letu 2002.



Slika 16. Distribucija fekalnih koliformnih bakterij () in vsebnosti amonija (—) po vodnem stolpcu na mestu izpusta črpališča v Izoli (post.00IO) v letu 2002.

2.3. Obremenitev

2.3.1. Komunalne odpadne vode

Vzorčenja so potekala na iztoku odpadnih vod čistilnih naprav koprskega in piranskega komunalnega sistema, odplak tovarne Delamaris ter izolskega črpališča v mesecu marcu in maju. Odpadne vode črpališča v Izoli (post. 00IA) se po mehanskem čiščenju po kratkem cevovodu izlivajo direktno v morje. Komunalne in tehnološke odpadne vode skupne čistilne naprave v Kopru (post. 00KB) se po mehanskem čiščenju in posedanju izlivajo v spodnji tok reke Rižane. Tehnološke odpadne vode tovarne Delamaris (post. 00DE) vzorčimo na iztoku maščobnega posedalnika, odpadne vode pa se izlivajo neposredno v morje. Komunalne in padavinske odpadne vode čistilne naprave v Piranu (post. 00PA) se po mehanskem čiščenju in posedanju izlivajo v morje preko podvodnega cevovoda (slika 3). Vzorci za analize (trenutni vzorci) so bili odvzeti na posameznih merilnih mestih pred iztokom odpadnih vod v obalno morje in v ustje reke Rižane. Rezultati fizikalno kemičnih, mikrobioloških analiz in celotnih vrednosti težkih kovin opravljenih v letu 2002 so podani v tabelah v prilogi str. 78.

Tako kot v preteklih letih beležimo najvišje koncentracije hranilnih soli, celokupnega dušika in fosforja na iztoku maščobnega posedalnika Delamarisa (post. 00DE). Najvišje izmerjene vrednosti celokupnega dušika so znašale 299,4 mg/l, celokupnega fosforja 34,3 mg/l. Med ostalimi postajami izstopajo vrednosti izmerjene na iztoku črpališča v Izoli. Visoke koncentracije amonija smo izmerili v avgustu na postaji 00PA, istočasno z nizkimi koncentracijami nitrata in vrednosti kisika pod mejo detekcije. Rezultati biološke potrebe po kisiku v odpadnih vodah so znašale od 117 do 485,5 mgO₂/l, vrednosti kemijske porabe od 51 do 1990 mgO₂/l, precej višje pa so bile vrednosti v odpadnih vodah maščobnega posedalnika tovarne Delamaris (BPK₅ 2666,7 mgO₂/l in KPK 6580,7 mgO₂/l) (tabela 5).

Odpadne vode čistilnih naprav in črpališč vsebujejo visoke vrednosti suspendiranih delcev, ki so v mesecu marcu segale od 239,17 do 346,67 mg/l. Najvišjo vrednost smo določili v odpadni vodi maščobnega posedalnika tovarne Delamaris, tj. 3,3 g/l. Vrednosti suspendiranega organskega ogljika so znašale od 41,05 % do 73,99 %, vrednosti suspendiranega dušika pa od 3,43 % do 5,31 %. Tudi v tem primeru smo najvišje vrednosti določili v odpadni vodi maščobnega posedalnika tovarne Delamaris. Visoke vrednosti atomskih razmerij C_(org.)/N (14,07±2,79) pa odražajo kemijsko sestavo odpadnih vod.

Rezultati dvakratnih meritev koncentracij koliformnih bakterij fekalnega izvora presegajo v vseh primerih vrednosti $10,0 \times 10^5$ celic/100ml (tabela 5). Visoke vrednosti bakterij smo izmerili na iztoku mehanske čistilne naprave v Izoli, ter višje vrednosti avgusta na iztoku Piranske čistilne naprave. Rezultati meritev detergentov so prikazani prav tako v tabeli 5. Vrednosti so se gibale od 0,17 mg/l do 4,53 mg/l, najvišje so bile na postaji 00IO, nižje vrednosti pa so bile izmerjene na postaji 00DE od 0,17 mg/l do 1,52 mg/l.

Izmerjene koncentracije težkih kovin Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn in Hg v odpadnih vodah so podobne kot preteklo leto. Vrednosti za Pb so bile od <0,008 do 0,038 mg/l, za Cr od <0,007 do 0,023 mg/l, Cu od 0,034 do 0,069 mg/l, Zn od 0,078 do 0,282 mg/l (post. 00DE), vrednosti Cd so bile <0,005 mg/l. Koncentracije Hg so se gibale med 0,069 in 0,242 µg/l.

Tabela 5. Rezultati meritev raztopljenega kisika, biološke in kemične porabe kisika (BPK₅, KPK), celokupnega dušika (Tot N) in fosforja (Tot P), detergentov in fekalnih koliformov v odpadnih vodah iztokov čistilnih naprav.

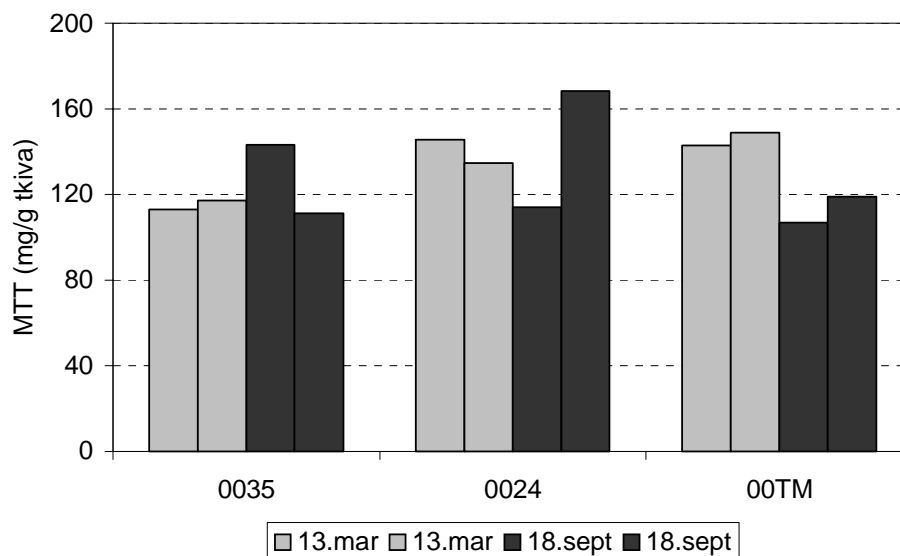
Merilno mesto	Datum	Kisik mgO ₂ /l	BPK ₅ mgO ₂ /l	KPK mgO ₂ /l	Ntot mg/l	Ptot mg/l	Det mg/l	FC št./100ml
00KB	05.03.02	3,48	224,2	564,9	85,6	7,1	3,79	6,70E+6
00IA	05.03.02	1,28	295,8	575,9	121,8	10,1	3,82	2,32E+7
00PA	05.03.02	2,7	169,5	351,5	61,5	5,9	0,19	9,90E+6
00DE	05.03.02	3,17	2666,7	6580,7	30,7	34,3	1,52	
00KB	21.05.02	1,71	117,1	671,9	54,1	4,7	4,47	2,60E+6
00IA	21.05.02	0,71	485,5	1429,2	126,1	8,2	4,53	1,10E+7
00PA	21.05.02	0,01	221,2	1990,9	86,2	6,9	2,39	7,50E+6
00DE	21.05.02	1,51	1770,7	4297,9	299,4	38,5	0,17	

2.4. Biomonitoring

Od leta 2000 vzorčenji vedno opravimo marca in septembra, na 3 vzorčnih mestih: postaja 00TM v Koprskem zalivu, ki je pod vplivom onesnaženja reke Rižane, marine Koper in Luke Koper, ter dveh gojišč morskih školjk v Strunjanskem zalivu in Piranskem zalivu (postaja 0024 in 0035). Vzorčevali smo klapavice *Mytilus galloprovincialis*, ki so razširjene v Sredozemskem morju in izbrane kot testni organizem v večini laboratorijev Sredozemskih držav. Vzorčujemo v stabilnih vremenskih pogojih, časovno enakih zaporedjih in dovolj velik vzorec za nadaljno ustrezno statistično obdelavo. Na vsakem vzorčevalnem mestu smo odvzeli osem podvzorcev.

Srednje vrednosti dolžine in višine klapavic, vrednosti metalotioneinov ter koeficient SSF v vzorcih vseh postaj po posameznih mesecih so podani v tabelah v prilogi str. 79-90. Primerjava izmerjenih vrednosti metalotioneinov vseh treh postaj je podana na sliki 17 in dobljenih vrednosti SSF na sliki 18.

Analize količin metalotioneinov. V letu 2002 smo v vseh testiranih vzorcih in na vseh 3 postajah ugotovili višjo vsebnost metalotioneinov v klapavicah kakor v letu 2001. Najvišjo povprečno vrednost metalotioneinov (145,93 µg/g tkiva) smo ugotovili v spomladanskem vzorcu s postaje 00TM (Koprski zaliv). Le nekoliko nižje vrednosti metalotioneinov smo v pomladanskem vzorcu ugotovili na postaji 0024 v Strunjanskem zalivu. Najnižjo vsebnost metalotioneinov smo v pomladanskem vzorčenju ugotovili v Sečoveljskem zalivu na postaji 0035. V jesenskem vzorčenju smo najnižjo koncentracijo metalotioneinov zabeležili na postaji 00TM v Koprskem zalivu. Povprečna vrednost metalotioneinov v klapavicah iz Koprskega zaliva je znašala 112,96 µg/g tkiva. V jesenskem vzorčenju smo najvišjo vrednost metalotioneinov ugotovili v Strunjanskem zalivu na postaji 0024 in povprečna vrednost znaša 141,31 µg/g tkiva. V pomladanskem vzorčenju smo tudi letos kakor leta 2001 ugotovili višje vsebnosti metalotioneinov v klapavicah kot v jesenskem vzorčenju. Količine metalotioneinov v klapavicah so odvisne od fiziološkega stanja živali kakor tudi od vsebnosti težkih kovin v okolju. Proučen je odnos med koncentracijo Zn v hepatopancreasu in med količino metalotioneinov (Viarengo in sod., 1997). Zato v določenem časovnem obdobju nekoliko višji nivo metalotioneinov ni nujno posledica onesnaženja.

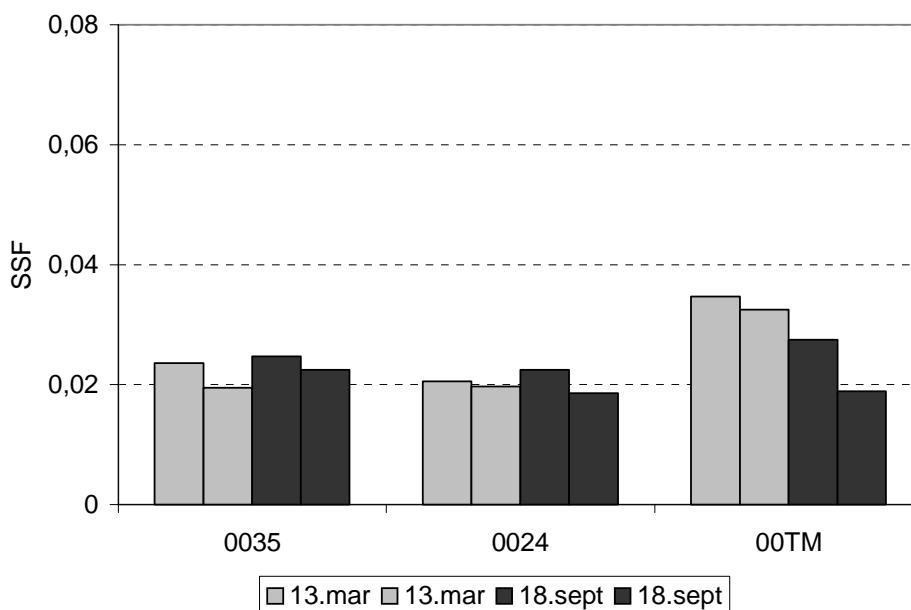


Slika 17. Srednje vrednosti metalotioneinov v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) v letu 2002.

Mehkužci, še posebej školjke, so sposobne kopičiti visoke koncentracije težkih kovin v svojih tkivih. Kopičenje težkih kovin se spreminja glede na fiziološko stanje živali, homeostatske mehanizme v celici, odvisno od časa izpostavljenosti težkim kovinam (Viarengo in sod., 1982). V tkivih mehkužcev so težke kovine lahko shranjene kot anorganski precipitati, v veziklih in v lizosomih (Viarengo in sod. 1980). V citosolu se težke kovine vežejo na s cisteinom bogate proteine imenovane metalotioneini. Njihova sinteza se hitro poveča, ko pride v celici do kopičenja težkih kovin (Viarengo in sod. 1980, Roesijadi in sod., 1982, Viarengo in sod. 1982). Strupeni učinki težkih kovin niso odvisni samo od njihove celokupne koncentracije v tkivih, ampak moramo upoštevati tudi ione težkih kovin, ki so prosti in reagirajo s celičnimi strukturami in/ali z encimi in na ta način vplivajo na metabolne poti (Webb 1979).

Analize poškodb DNA. Analizirali smo obseg poškodb v DNA v hemolimfi klapavic. V pomladanskem vzorčenju smo ugotovili največji koeficient SSF v vzorcih iz s postaje 00TM v Koprskem zalivu. Med postajama 0024 v Strunjskem zalivu in 0035 v Sečoveljskem zalivu nismo ugotovili velikih razlik v vrednostih SSF koeficiento.

Rezultati so izraženi v arbitrarnih enotah SSF (koeficient enovijačnih prelomov) in prikazani na sliki 18. Dobljeni rezultati kažejo, da so ugotovljene poškodbe DNA še vedno v okviru obsega poškodb DNA, ki nastanejo kot posledica normalnih celičnih delitev.



Slika 18. Srednje vrednosti SSF (koeficienta enovijačnih lomov) v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjanskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) v letu 2002.

Za analizo poškodb DNA smo uporabili metodo alkalne elucije. Z njo ugotavljamo recentne poškodbe DNA v organizmih. Metoda je standardizirana in preizkušena na mnogih morskih organizmih. Z alkalno elucijo lahko ugotovimo eno poškodbo v DNA na 10^7 nukleotidov. Glede na profil elucijske krivulje lahko ugotovimo kakšna vrsta poškodb je nastala v DNA (alkalno labilna mesta, zamreževanje DNA s proteini in zamreževanje DNA z DNA-pri tej vrsti poškodb pride do navideznega podaljšanja DNA). Kakšne vrste poškodb bodo nastale v DNA je odvisno od vrste mutagena.

Poudariti moramo, da nastanejo poškodbe DNA v večji meri takrat, ko pride do onesnaženja z mutagenimi snovmi, ki poškodujejo dedni material. Kasneje se poškodbe DNA do določene mere popravijo s popravljivimi mehanizmi. Kadar ostane koncentracija mutagenov v okolju višja, je tudi obseg poškodb v DNA večji.

Številni ksenobiotiki, ki se kopičijo v organizmih lahko povzročijo poškodbe dednine tako, da se sami vežejo na molekulo DNA ali njihovi metaboliti, ki nastanejo v procesu biotransformacije. Ko se ksenobiotiki biotransformirajo v celicah lahko nastanejo mutageni in karcinogeni metaboliti. Njihove interakcije z DNA povzročijo poškodbe v molekuli DNA. V procesu biotransformacije ksenobiotikov nastanejo v celici reaktivni elektrofilni metaboliti, ki se vežejo na nukleofilna mesta v molekuli DNA in povzročijo poškodbe DNA. V molekuli DNA lahko nastnejo

Vedno bolj stopa v ospredje tudi študij genotoksičnih učinkov polutantov v okolju tudi na druge organizme, ki so taksonomsko nižje uvrščeni. Četudi pri njih ugotovimo poškodbe DNA direktna interpolacija genotoksičnih učinkov na druge višje taksonomske kategorije in na človeka ni enostavna. V procese so lahko vključeni povsem drugi mehanizmi npr. drugačna sposobnost akumulacije ksenobiotikov, različne poti vnosa v telo, različne metabolne poti ali komplementarni encimi, ki so značilni za določeno skupino živali (mislimo na nivoju filogenetskih dreves).

3. Koordinacija za MED POL

V skladu z določbami dogovora med vlado R Slovenije in UNEP) je bilo v začetku januarja 2002 v Atene posredovano poročilo monitoringa Programme for the Assessment and Control of Pollution in the Mediterranean Region - National Monitoring Programme for Slovenia skupaj z računalniškim zapisom rezultatov.

V okviru programa EUROWATERNET smo sodelovali pri pripravi rezultatov spremljanja eutrofikacije in posredovali podatke za obalno morje R Slovenije.

V letu 2002 je bil odobren in finančno podprt projekt opredelitve polucijske obremenjenosti morja iz atmosfere, karere nosilec je dr. Budnar Miloš z Inštituta J Stefan, Ljubljana.

Koordinacijska enota Sredozemskega akcijskega načrta je pogodbenice Barcelonske konvencije pozvala naj dopolnijo in revidirajo poročila o nacionalnih žariščnih točkah onesnaženja in občutljivih območjih. Dr. Valentina Turk je pripravila j dokument The Evaluation of Pollution Sensitive Areas in the Mediterranean countries, Draft report for Slovenia.

Nacionalna koordinatorica se je udeležila sestanka ekspertov, ki ga je organizirala Koordinacijska enota Sredozemskega akcijskega načrta (UNEP) za pripravo monitoringa eutrofikacije. Na sestanku »Eutrofication Monitoring Strategy« je sodelovalo 12 vabljenih ekspertov iz 8 držav in predstavniki Evropske okoljske agencije (EEA), IAEA, ter UNEP MAP. Obravnavali so kratkoročno in srednjeročno strategijo monitoringa eutrofikacije v morskem in brakičnem okolju, ter sprejeli priporočila za vključitev parametrov v nacionalne programe monitoringa, ki pa so vsklajeni z monitoringom in priporočili EU.

Sodelovanje slovenskih ekspertov na strokovnih sestankih MED POL/MAP

- Inšpektor za okolje dipl.univ.kem. Žbona Boris se je udeležil Regionalnega izobraževalnega seminarja za trenerje okoljskih inšpektorjev, v Nikoziji od 5. do 8. novembra 2002, ki ga je organizirala WHO/EURO Project Office, MAP.

- Nataša Žitko Štemberger se je udeležila sestanka UNEP-a v okviru Strateškega akcijskega programa (SAP) za pripravo »National Diagnostic Analysis and Baseline Budget of pollution releases« v Splitu od 17-18. septembra 2002.

- dr. Valentina Turk se je v času od 19. do 21. novembra 2002, udeležila posveta ekspertov za pripravo dokumenta o kriterijih določanja občutljivih območij onesnaženja

»Scientific criteria for pollution sensitive areas in the Mediterranean« na povabilo WHO/EURO Project office, Coordinating Unit for the Mediterranean Action Plan, v Atenah, v Grčiji.

- dr. Alenka Malej je sodelovala na sestanku ekspertov za pregled implementacije SAP (Strategic Action Plan) v okviru MED POL programa, Catania 9-12 december 2002.

Vsa dokumentacija zgoraj omenjenih sodelovanj in poročil je shrnjena v arhivu središčnega centra za MED POL program, na Morski biološki postji Piran, Nacionalnega inštituta za biologijo.

Udeležba na interkalibracijah in izpopolnjevanjih in zagotavljanje kakovosti (DQA)

- Udeležba mag. Vesna Flander Putrle na »QUASIMEME Workshop on The Analysis of Chlorophyll a in Seawater« o analizah klorofila a v morju, ki je potekal med 29. junijem in 3. julijem 2002 v Belgijskem mestu Oostende. Poskušali določiti metodo, ki bi bila uporabna za vse in bi dajala najmanjša odstopanja med različnimi laboratoriji po Evropi. Na delavnici so ugotavljali prednosti in slabosti obstoječe metode analiz klorofila a, ki jih uporabljajo različni morski laboratoriji. Iskali so rešitve za interkalibracijo laboratorijev za te analize in pregledovali rezultate že opravljenih interkalibracij določenih laboratorijev.

- Udeležba sodelavcev IJS na IMEP-12: Trace elements in Water (Geel, 27th May, 2002, IM/L/35/02).

- Udeležba sodelavcev IJS pri določanju referenčne vrednosti Preskusa usposobljenosti laboratorijev "Mikroelementi v odpadnih vodah", ki ga je organiziral Kemijski Institut Ljubljana avgusta 2002.

- Udeležba sodelavcev IJS pri certificiranju sedimentov CRM-277R, 280R, 320R June 2002, ki ga je organiziral RMM, Junija 2002.

- Udeležba Silve Perko na tečaju: Training Course on Analysis of Trace Organic Contaminants (Chlorinated Pesticides) for MEDPOL-IAEA-MEL/MESL, Trajanje od 1.6. do 26.6.2002.

- Udeležba upravljalcev čistilnih naprav Kopra in Pirana na Mednarodni delavnici za vodje ČN za čiščenje odpadne vode, v Reki (Hrvaška) od 15 18 oktobra 2002.

- Udeležba skupine raziskovalcev MBP na workshopu in meritvah o vplivih marikulture v Eilat (Izrael). Projekt je bil finančno podprt s strani MED-POL, meddržavnih sodelovanj znanstvenih inštitucij Izraela, Velike Britanije in Slovenije, ter virov EU projekta BIOFAQ.

LITERATURA

- ASTM Standards on Environmental Sampling, ASTM Publ. Code (PCN): No 03-418095-38, 1995.
- Banse K., C. P. Falls, L.A. Hobson, 1963. A gravimetric method for determining suspended matter in sea water using Millipore filters. *Deep-Sea Res.* 10: 639-642.
- Grasshoff, K. Ehrhardt, M. Kremling, K 1983. *Methods of seawater analysis.* Verlag Chemie. Weinheim.
- 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.
- Koroleff, F. 1969. ICES, C. M. 1969/C: 9 (mimeo).
- Koroleff, F. 1970. ICES, Interlab. Rep. 3: 19-22.
- Koroleff, F. 1971. ICES, C. M. 1971/C: 43 (mimeo).
- Kohn, K.W., Erickson, L.C., Ewig, R.A.G., and Friedman, C. 1976: Fractionation of DNA from mammalian cells by alkaline elution. *Biochemistry*, 15:4629-4637.
- Murphy, J. in Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal.Chim.Acta.*27: 31-36.
- Mozetič P. in sod. Program spremljanja kakovosti obalnega morja v Republiki Sloveniji. Poročilo za leto 2002. Ministrstvo za okolje in prostor. V pripravi.
- Roesijadi, G., Calabrese, A., Nelson, D.A. 1982: Mercury binding proteins of *Mytilus edulis*. V: Vernberg, W.B., Calabrese, A., Thurberg, F.P., Vernberg, F.J. (ur.) *Physiological mechanisms of marine pollutant toxicity.* Academic Press, New York, s. 75-87.
- 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.
- Štirn J. 1969. Raziskovalne metode. Morska biološka postaja Portorož.
- 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/WHO, 1994. *Guidelines for health-related monitoring of coastal recreational and shellfish areas. Bacterial indicator organisms.* UNEP. Copenhagen.

- UNEP/RAMOGGE, 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., Pertica, M., Mancinelli, G., Zanicchi, G., Orunesu, M. 1980. Rapid induction of copper-binding proteins in the gills of metal exposed mussels. Comp. Biochem. Physiol. C 67: 215-218.
- Viarengo, A., Pertica, M., Mancinelli, G., Palmero, S., Zanicchi, G., Orunesu, M. 1982: Evaluation of general and specific stress indices in mussels collected from populations subjected to different levels of heavy metal pollution. Mar. environ. Res. 6: 235-243.
- Vollenweider in sod., 1997. 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. J.Mar.Syst.
- Webb, M. (ur.) 1979. The chemistry, biochemistry and biology of cadmium. Elsevier, Amsterdam.

PRILOGA PROGRAM MONITORINGA V LETU 2002

PILOGA 2 REZULTATI OPRAVLJENIH MERITEV V LETU 2002
