

KAZALO

POVZETEK.....	1
I. VSEBINA PROGRAMA.....	4
II. SODELUJOČE USTANOVE, ODGOVORNI NOSILCI IN IZVAJALCI	6
III. POPIS DEJAVNOSTI IN VZORČEVALNIH POSTAJ	7
1. MONITORING ZA ZAŠČITO ZDRAVJA LJUDI - COMPLIANCE MONITORING	7
KAKOVOST VODA ZA VZGOJO MORSKIH ORGANIZMOV	7
2. MONITORING OKOLJA IN TREND MONITORING	7
2.1. <i>Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih.....</i>	<i>7</i>
2.2. <i>Žarišča onesnaženja.....</i>	<i>10</i>
2.3. <i>Obremenitev.....</i>	<i>13</i>
2.4. <i>Biološke posledice - biomonitoring.....</i>	<i>15</i>
IV. METODE DE LA.....	16
V. REZULTATI.....	21
1. MONITORING ZA ZAŠČITO ZDRAVJA LJUDI – COMPLIANCE MONITORING.....	21
1.1. <i>Vode za gojenje morskih organizmov</i>	<i>21</i>
2. MONITORING OKOLJA IN TREND MONITORING	25
2.1. <i>Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih.....</i>	<i>25</i>
2.2. <i>Žarišča onesnaženja.....</i>	<i>35</i>
2.3. <i>Obremenitev.....</i>	<i>46</i>
2.4. <i>Biomonitoring</i>	<i>50</i>
3. KOORDINACIJA ZA MED POL.....	53
UDELEŽBA V MED LABORATORIJSKIH TESTIH V LETU 2001	55
VI. LITERATURA	57
VII. TABELE.....	59
VIII. TABELE –REZULTATI.....	75

I. VSEBINA PROGRAMA

Izhodišča za izvajanje Raziskave kakovosti morja in kontrola onesnaženja v letu 2001 predstavlja pogodba Ministrstva za okolje in prostor R Slovenije, Agencije RS za okolje (pogodba št. 2523-01-500019). 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.

Osnovni namen rednega spremljanja – monitoringa, je priprava zanesljivih podatkov o kakovosti in obremenjenosti morja s specifičnimi onesnaževalci. Informacije, ki nastajajo v okviru monitoringa, omogočajo oblikovanje enotnih kriterijev za zbiranje, obdelovanje, shranjevanje in posredovanje informacij v domačem in mednarodnem prostoru.

Program in izbira lokacij programa Raziskave kakovosti morja in kontrola onesnaženja upošteva naravne značilnosti morskega okolja Tržaškega zaliva (zaprtost, plitvost, oceanografske značilnosti), vnose oz. vplive s kopnega in dejstvo, da je obalno področje Slovenije del ekološke celote Severnega Jadrana. Program upošteva zahteve nacionalne zakonodaje in splošne kriterije MAP- a (Sredozemski akcijski načrt) za določanje kvalitete morja.

Tako kot preteklo leto pročilo Raziskave kakovosti morja in kontrola onesnaženja v letu 2001 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 v mokrišču Škocjanski zatok in na žariščnih točkah onesnaženja kot so estuariji ter podvodni izpusti komunalnih naprav;
- oceno obremenitve s kopenskih točkovnih virov onesnaženja;
- rezultate biomonitoringa posledic onesnaženja na organizme, ki omogoča izdelati strategijo opozarjanja pred specifičnimi posledicami onesnaževanja ekosistema.

Poročilo vključuje tudi popis dodatnih aktivnostih, ki smo jih izvajali v skladu s koordinacijo za MED POL in zagotavljanjem kakovosti podatkov.

II. Sodelujoče ustanove, odgovorni nosilci in izvajalci

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

<i>Ime izvajalca</i>	<i>Ustanova</i>	<i>Analize</i>
Oliver Bajt, dr.	NIB/MBP	analize ogljikovodikov
Milena Horvat, dr.	IJS	vodja odseka, analize težkih kovin
Nives Kovač, dr.	NIB/MBP	analize partikulatnega C in N
Alenka Malej, prof. dr.	NIB/MBP	nacionalna koordinatorka za MED POL
Radmila Milačič, dr.	IJS	analize težkih kovin
Patricija Mozetič, dr.	NIB/MBP	analize fitoplanktona
Andreja Ramšak, dr.	NIB/MBP	Analize metalotioneinov in alkel.elucije
Janez Ščančar, dr.	IJS	analize težkih kovin
Valentina Turk, dr.	NIB/MBP	vodja projekta, mikrobiološke analize
Janez Forte	NIB/MBP	računalniška priprava in obdelava podatkov
Mira Avčin in Silva Maslo	NIB/MBP	kemične analize
Vladimir Bernetič	NIB/MBP	analize suspendiranih delcev in detergentov
Vesna Fajon in Darija Gibičar	IJS	analize težkih kovin
Franc Kravos, Tihomir Makovec	NIB/MBP	terensko vzorčevanje, CTD sonda

III. Popis dejavnosti in vzorčevalnih postaj

Vsebina programa Raziskave kakovosti morja in kontrola onesnaženja je podana v obliki preglednih tabel v prilogi. Priloga vključuje seznam postaj, opravljenih analiz in frekvenco vzorčenj (tabele CM2, TM 1- 5), natančen opis posameznih postaj - zemljepisno širino in dolžino, globino postaje in oddaljenost od obale - tabele SC1-5 (str. 60-73). Vzorčevalna mesta so prikazana na slikah 1 – 5. Način vzorčenja različnih medijev posameznih sklopov programa, s postajami, parametri in datumi vzorčenj je podan v spodnjem pregledu.

1. Monitoring za zaščito zdravja ljudi - Compliance monitoring

Kakovost voda za vzgojo morskih organizmov

Način vzorčenja: osnovne fizikalno-kemične parametre (temperature, slanost, raztopljeni kisik, fluorescenca) smo izmerili s CTD sondo (CTD = Conductivity, Temperature, Depth; Center for Water Research, Avstralija), prozornost morske vode s Secchi ploščo. Fitoplanktonske vzorce smo zajeli z vertikalnim potegom standardne planktonske mreže (velikost por 20 µm) vzdolž vodnega stolpca od dna do površine.

Vzorčevalna mesta: vzorčevali smo na postaji v Strunjanskem zalivu (post. 0024) in na postaji v notranjosti Piranskega zaliva - Seča (post. 0035) (priloga tab. SC1, sli. 1).

Popis parametrov: popis in število toksičnih vrst fitoplanktona, prozornost morske vode, slanost, temperatura, raztopljeni kisik in fluorescenca – koncentracija klorofila *a* (priloga tabela CM2).

Datum vzorčenja: 17. jan., 13. feb., 12. mar., 18. apr., 8. in 21. maj, 5. in 19. jun., 3., 17. in 31. jul., 14. in 28. avg., 11. in 25. sept., 9. in 23. okt., 6. in 19. nov. 2001.

2. Monitoring okolja in trend monitoring

2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih

2.1.1. Kemično onesnaženje z ogljikovodiki

Način vzorčenja: vzorce školjk (*Mytilus galloprovincialis*) smo pobirali z ročnim grabilom, vzorce sedimenta smo pobirali s korerji (sloj zgornjih 2 cm sedimenta).

Vzorčevalna mesta: vzorce školjk smo pobirali na postaji pred marino Koper (post. 00TM) in referenčni postaji v Strunjanskem zalivu (post. 0024) (priloga - tabela TM1 in SC2) (slika 2);

- vzorčevalna mesta sedimenta so v marini Portorož (post. 00MP), ustju reke Rižane (post. 0014), sredini Koprskega (post. 000K) in Piranskega zaliva (post. 00MA), postaji pred Debelim rtičem (post. 00KK), ter referenčni postaji sredi Tržaškega zaliva (post. 00CZ) (priloga - tabela TM1, SC2, slika 3).
- *Popis parametrov:* kadmij (Cd) in živo srebro (Hg), alifatski in aromatski ogljikovodiki (AH,PAH).
- *Datum vzorčenja:* 18. september 2001.

2.1.3. Monitoring trofičnega stanja obalnega morja

- *Obdelava podatkov:* Trofični status priobalnega morja in odprtih vod Tržaškega zaliva smo določili s TRIX indeksom (Vollenweider in sod., 1997).
- *Obdelava podatkov za postaje:* podvodnih izpustov (post. 00PO in 00IO), Piranskega in Koprskega zaliva (post.00MA in 00K1), Tržaškega zaliva (post.00CZ in 000F) – podatki za posamezne postaje so zbrani v programu Izvajanje monitoringa kakovosti morja za leto 2001, Mozetič P. in sod., Morska biološka postaja Piran-Nacionalni inštitut za biologijo, naročnik Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, v pripravi), (tabela TM1, SC2, sliki 5 in 3).

2.1.4. Monitoring mokrišča

- *Vzorčenje:* vzorce vode smo zajemali z Niskinovo posodo.
- *Vzorčevalna mesta:* Kanal - SKO1, Jezerce - SKO3 in Rekica - SKO4 (priloga - tabela SC2) (slika 4).
- *Popis parametrov:* slanost, pH, raztopljeni kisik (O₂), biološka in kemijska poraba kisika, hranilne soli dušika, fosfata in vodikovega sulfida, celokupni dušik in fosfor, vsebnost suspendiranih delcev, število fekalnih koliformnih bakterij (priloga tabela TM1).
- *Datum vzorčenja:* 28. feb., 23. maj, 22. avg. in 15. nov. 2001.

2.2. Žarišča onesnaženja

2.2.1. Kemično onesnaženje - rečna ustja

- *Način vzorčenja:* vzorce vode površinskih vod smo zajemali v polietilenske in steklene steklenice.
- *Vzorčevalna mesta:* izlivna področja rek Rižane (post. 00RI), Badaševce (post. 00BA), Drnice (post. 00DN) in Dragonje (post. 00DR) (priloga - tabela SC3) (slika 5).
- *Popis parametrov:* temperatura, slanost, pH, raztopljeni kisik, biološka in kemijska poraba kisika, hranilne soli dušika fosfata, silicija, celokupni dušik in fosfor, vsebnost suspendiranih delcev, partikulatni organski ogljik in dušik,

- detergenti, število fekalnih koliformnih bakterij, težke kovine (Pb, Ni, Cd, Cr, Cu, Zn, Hg) (priloga - tabela TM2b).
- *Datum vzorčenja:* 1. mar., 22. maj, 21. avg. in 22. nov. 2001.

2.2.2. Območje podvodnih izpustov

- *Način vzorčenja:* vzorce morske vode na mestih podvodnega izpusta smo vzorčevali z Niskinom ali črpalko na ladji, osnovni fizikalno-kemični parametri (temperature, slanost, raztopljeni kisik) so bili izmerjeni s CTD sondo (CTD = Conductivity, Temperature, Depth).
- *Vzorčevalna mesta:* na mestu podvodnega izpusta čistilne naprave Piran (post. 00PO) 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 5).
- *Popis parametrov:* temperatura, slanost, pH, raztopljeni kisik, hranilne soli dušika, fosfata, silicija, celokupni dušik in fosfor, vsebnost suspendiranih delcev, partikulatni organski ogljik in dušik, detergenti, število fekalnih koliformnih bakterij (priloga tabela TM2b).
- *Datum vzorčenja:* 7. mar., 8. maj, 8. avg. in 6. nov. 2001.

2.3. Obremenitev

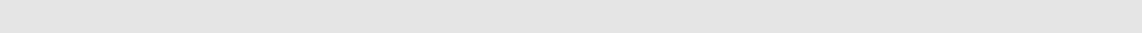
2.3.1. Komunalne odpadne vode

- *Način vzorčenja:* vzorce odpadne vode smo zajemali ročno na iztoku čistilnih naprav ali črpališč v polietilenske in steklene steklenice. Vzorcem odpadnih vod za analize težkih kovin smo po odvzemu dodali 1ml HNO₃ p.a.
- *Vzorčevalna mesta:* odpadne vode smo vzorčili na iztoku črpališča v Izoli (post. 00IA), čistilne naprave v Kopru (post. 00KB) in Piranu (post. 00PA), ter iztoku posednika maščob tovarne »Delamaris« v Izoli (post. 00DE) (priloga - tabela SC4) (slika 5).
- *Popis parametrov:* pH, biološka in kemijska poraba kisika, analize hranilnih soli dušika, fosfata, vsebnost suspendiranih delcev, partikulatni organski ogljik in dušik (POC/PN), detergenti, število fekalnih koliformnih bakterij in težke kovine (Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Hg) (priloga – tabela TM3a).
- *Datum vzorčenja:* 1. mar., 22. maj, 21. avg. in 22. nov. 2001. Analize težkih kovin, POC in PN so bile opravljene le v vzorcih odvzetih 1.mar. in 21. avg. 2001.

2.4. Biološke posledice - biomonitoring

- *Način vzorčenja:* vzorce školjk (*Mytilus galloprovincialis*) 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) (slika2).
- *Popis parametrov:* indukcija metalotioneinov, poškodbe DNA, biometrija školjk (teža, dolžina, višina) (priloga - tabela TM4).
- *Datum vzorčenja:* 13. mar. in 18. sept. 2001.

Metodologija izbire postaj, vzorčevanja in analiz posameznih parametrov je opisana v priporočilih in navodilih UNEP/FAO/IOC/IAEA –a in UNEP/WHO-a.



IV. METODE DE LA

Fizikalni parametri. Osnovne fizikalne parametre slanost, pH, raztopljeni kisik, biološko in kemično porabo kisika (O_2 , BPK₅ 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 (transparenc) 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 (1962) klasične Winklerjeve metode. Biokemično porabo kisika smo prav tako določali z Winklerjevo metodo po petdnevni inkubaciji vzorcev pri temperaturi 20°C.

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

- fosfat (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 Rilley 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 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 posušenih 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 vzorčevali 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 smo vzorce školjk razkrojili v Parrovih lončkih s konc. HNO₃. Za določanje 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 tehnikami 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). 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 ogljikovodikov (PAH,AH) v sedimentu in organizmih. 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 (AH) od aromatskih ogljikovodikov (PAH) 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 ekstrahirali 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 toksičnih fitoplanktonskih vrst. Fitoplanktonske vzorce smo po prihodu v laboratorij fiksirali z nevtraliziranim formalinom (1,5 % končna koncentracija). Vzorec morske vode, ki je vseboval > 20µm fitoplankton, smo razdelili s pomočjo spliterja do 1/16 ali 1/32 začetnega volumna. Podvzorec smo pustili posedati v sedimentacijski komorici preko noči. Število in taksonomsko pripadnost toksičnih dinoflagelatov smo določili s pomočjo invertnega mikroskopa (Utermöhl, 1958). Prisotnost in število vrst iz rodu *Dinophysis* (DSP) in drugih večjih toksičnih dinoflagelatov (< 20 µm) smo določili po pregledu celotnega dna sedimentacijske komorice pri 200-kratni povečavi, manjše predstavnike iz rodu *Alexandrium* (PSP) (okoli 20 µm) 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 in predstavlja integrirano število v celotnem vodnem stolpcu.

Analize fitoplanktonske biomase (klorofil *a* - Chl *a*). Količino klorofila *a* (Chl *a*) na območjih podvodnih izpustov smo določali fluorometrično (Holm-Hansen *et al.*, 1965). Vzorce morske vode (20 ml) smo filtrirali skozi membranske filtre z velikostjo por 0,22 µm (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 (µg Chl *a* l⁻¹).

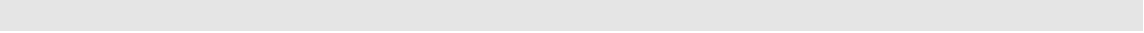
Na območjih za vzgojo morskih organizmov smo količino klorofila *a* na določenih globinah (1 in 10 m) izmerili z *in situ* fluorometrom, pritrjenim na CTD sondo.

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 µm (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 pufru (0,5 M saharoza, 20,0 mM Tris-Cl, pH 8,6) z reducirajočim sredstvom (0,01% merkaptotanol) in z antiproteolitičnimi agensi (0,5 mM PMSF, 0,006 mM leupeptin). Homogenat smo centrifugirali (30000 x g, 20 min) in supernatant ekstrahirali z etanolokloroformsko 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/RAMOGÉ, 1999). Poškodbe DNA smo ugotavljali v celicah hemolimfe. Hemolimfo smo odvzeli iz aduktorske mišice istih školjk, ki smo jim odvzeli tudi hepatopancreas. 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 pufru za liziranje (2M NaCl, 0,02 M EDTA, 0,2%N-laurilsarkozinat, pH 10,2) in 2,5 ml pufru za spiranje (0,02M EDTA, pH 10,2). Hitrost pretoka skozi filter je bila 0,2 ml/min. Enoverižno DNA smo eluirali z 10 ml pufru za eluiranje (0,04 M EDTA, pH 12,3) (hitrost pretoka je 0,05 ml/min). Zbrali smo 5 frakcij po 2 ml. Nato smo filter razrezali in ga potopili v 4 ml pufru za elucijo. Nosilec za filter in cevke smo sprali z 4 ml pufru za elucijo

(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).



V. REZULTATI

1. Monitoring za zaščito zdravja ljudi – Compliance monitoring

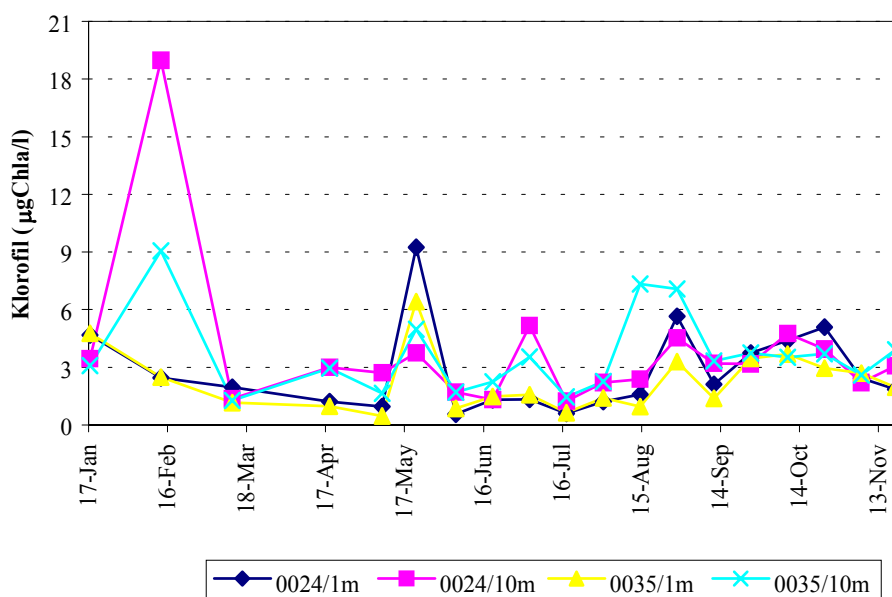
1.1. Vode za gojenje morskih organizmov

Mikroskopske analize morske vode na prisotnost in število potencialno strupenih dinoflagelatov – oklepnihi bičkarjev, smo opravili na 38 mrežnih vzorcih. Vzorčevali smo na dveh postajah na območju gojišč užitne klapavice (*Mytilus galloprovincialis*) v Strunjanu (postaja 0024) in Seči (postaja 0035), enkratmesečno od januarja do aprila ter 14-dnevno od maja do novembra. Na obeh postajah smo analizirali tudi fizikalno-kemične lastnosti morske vode z uporabo CTD sonde (temperatura, slanost, kisik, fluorescenca – koncentracija Chl *a*) in Secchi plošče (prozornost vode). Popis potencialno toksičnih dinoflagelatov, povzročiteljev PSP in DSP zastrupitve, njihovo število ter spremljajoči fizikalno-kemični parametri, so zbrani v tabelah str. 75 - 81. Število dinoflagelatov (celic/l), podano v tabelah in na slikah, predstavlja abundanco mrežnega – integriranega vzorca v 16,5 - in 13 metrskem vodnem stolpcu na postajah 0024 in 0035.

V letošnje leto so značilne visoke zimske temperature morske vode (10,8 – 11,5 °C) in hiter preskok temperature od 14 °C do 18 °C v površinskem sloju in na 10m globine v mesecu maju. Najvišje temperature do 26 °C smo izmerili v avgustu na obeh postajah v površinskem sloju. Razlike izmerjenih vrednosti slanosti med posameznimi meseci so majhne, najnižja je izmerjena vrednost v mesecu maju 34,7 in najvišja 37,7 v novembru. Visoke koncentracije fitoplanktonske biomase (Chl *a*) smo izmerili v februarju, na postaji v Strunjanu 9,06 in 18,9 µg Chl *a*/l na postaji v notranjosti Piranskega zaliva (slika 6). Poleg najvišjih vrednosti v mesecu februarju, so bile visoke vrednosti v mesecu maju, juliju in avgustu (od 5 do 7µg Chl *a*/l).

V obdobju januar-november 2001 je bilo število potencialnih PSP povzročiteljev iz roda *Alexandrium* med 0 in 15,5 cel./l (slika 7). Na obeh postajah smo istočasno zabeležili tri viške abundance in sicer v februarju, aprilu in drugi polovici septembra, ki so bili praviloma večji na postaji 0035 (11,4, 11,8 in 15,5 cel./l) kot na postaji 0024 (6,3, 7,3 in 8,2 cel./l). V ostalih mesecih je bilo število zelo nizko (< 4 cel./l). Iz slike 7 je razvidno, da je bilo pojavljanje *Alexandriuma* omejeno na hladnejši del leta (januar – april), nekje od maja do srede avgusta pa PSP povzročiteljev sploh nismo našli v vzorcih morske

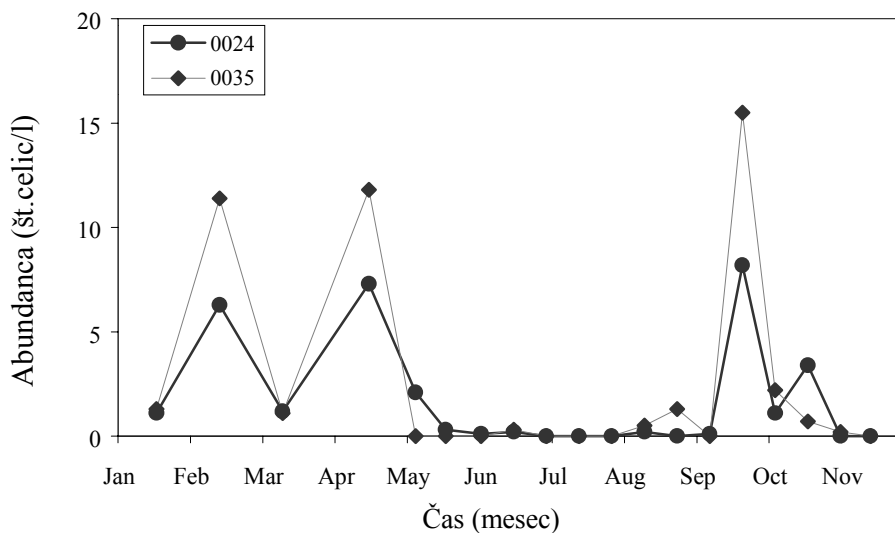
vode. V drugi polovici septembra smo zabeležili letni višek, že po 14 dneh pa je število močno padlo, novembra pa *Alexandrium* ponovno ni bilo več v vzorcih.



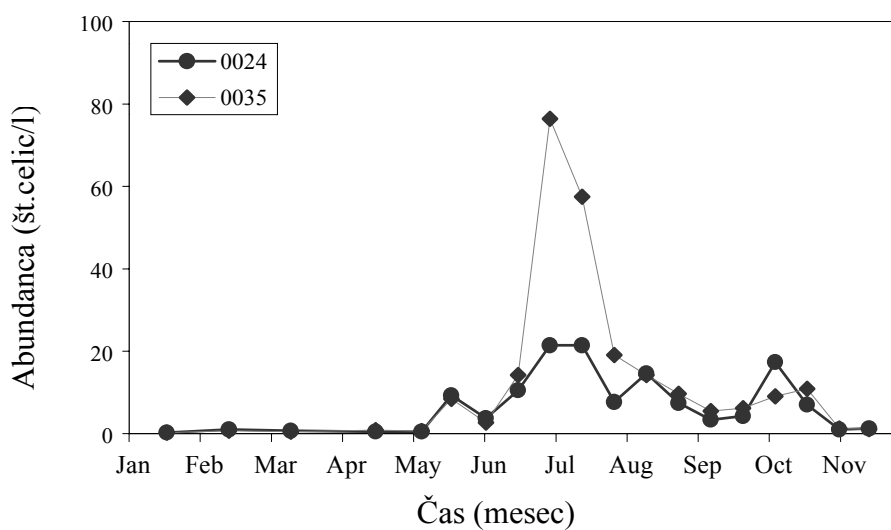
Slika 6. Dinamika fitoplanktonske biomase (Chl a) na postajah v Strunjanu in notranjosti Piranskega zaliva (post.0024 in 0035; globina 0 in 10m) v letu 2001.

Izmed vseh najdenih PSP povzročiteljev smo do nivoja vrste določili le *Alexandrium pseudogonyaulax*, ki je bil najštevilčnejši v juniju. V zimsko-spomladanskem obdobju so prevladovali manjši neidentificirani predstavniki ($\leq 20 \mu\text{m}$), ob septembrskem višku pa je močno naraslo število večjih neidentificiranih vrst *Alexandrium* ($> 20 \mu\text{m}$) (TABELE - REZULTATI str. 79-81).

Različne vrste iz roda *Dinophysis*, povzročitelja DSP zastrupitve, so bile prisotne v vseh 38 vzorcih, le enkrat pa smo našli vrsto *Prorocentrum lima*, ki prav tako povzroča DSP zastrupitev (slika 8). V nasprotju s sezonsko dinamiko roda *Alexandrium*, ki je prevladoval v hladnejših mesecih oz. v obdobju premešanega vodnega stolpca (zgodnja pomlad, jesen), je število vrst roda *Dinophysis* pričelo naraščati s segrevanjem morske vode v maju in doseglo višek v najtoplejših mesecih in obdobju izrazite razslojenosti vodnega stolpca (julij – avgust). Skupno število vrst *Dinophysis* je bilo na obeh postajah



Slika 7. Število toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Alexandrium* (PSP) na postajah v Strunjanu in Piranskem zalivu (post.0024 in 0035) v letu 2001.



Slika 8. Število toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Dynophysis* (DSP) na postajah v Strunjanu in Piranskem zalivu (post.0024 in 0035) v letu 2001.

v hladnejših mesecih zelo nizko: v času od januarja do začetka maja najvišje integrirane vrednosti gostote niso presegle 1,0 cel./l. V drugi polovici maja pa je število močno naraslo (14- do 18-krat v primerjavi s prvo polovico maja), po 14 dneh nekoliko upadlo ter se v drugi polovici junija ponovno povečalo. Najvišje vrednosti smo zabeležili v juliju (21,5 cel./l na postaji 0024 in 76,4 cel./l na postaji 0035), razmeroma visoke pa so bile tudi še v prvi polovici avgusta (okoli 14 cel./l). Po enomesečnem obdobju nizkih integriranih vrednosti gostote, smo v oktobru zabeležili drugi sezonski višek, ki je bil nižji od julijskega in tokrat manjši na postaji 0035 (10,9 cel./l) kot na postaji 0024 (17,3 cel./l).

Povprečne vrednosti integrirane gostote povzročiteljev DSP zastrupitve so bile v vzorčevalnem obdobju januar – november 2001 večje na postaji 0035 ($12,6 \pm 20,2$ cel./l; postaja 0024: $7,0 \pm 7,1$ cel./l), največjo raličko med postajama pa smo opazili ob julijskem višku, ko je bilo število vrst *Dinophysisa* na postaji 0035 3,5-krat večje kot na postaji 0024. Številčnejše pojavljanje *Dinophysisa* in *Alexandrium* na postaji 0035 smo opazili tudi v letu 2000.

V mrežnih vzorcih smo prepoznali in določili 10 vrst *Dinophysisa* in eno vrsto *Prorocentrum*: *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. diegensis*, *D. fortii*, *D. hastata*, *D. norvegica*, *D. recurva*, *D. rotundata*, *D. sacculus*, *D. tripos* in *P. lima*. V tabeli str. 79-81 podajamo tudi neidentificirane vrste *Dinophysisa* (*D. spp.*) in vrsto *Lingulodinium polyedrum*, ki je nismo prišteli k skupnemu številu DSP povzročiteljev. Vrsta je znana po tem, da v nekaterih svetovnih območjih povzroča rdeče plime.

Najpogostejša vrsta, tj. vrsta, ki smo jo največkrat zasledili v vzorcih, je bila *D. rotundata*: na obeh postajah smo zabeležili več kot 84% prisotnost. V več kot polovici vzorcev smo našli še sledeče vrste: *D. fortii*, *D. caudata*, *D. sacculus*, medtem ko sta bili vrsti *D. tripos* in *D. recurva* manj pogosti (32 – 42%). Ostale vrste so se pojavljale zgolj občasno ali le enkrat (npr. *D. acuminata*, *D. hastata* in *D. norvegica*). Vrsto *D. norvegica* smo našli le na postaji 0024 in to je bilo doslej njeno prvo zabeleženo pojavljanje v južnem delu Tržaškega zaliva. Pojavljanje vrste *D. tripos* je bilo značilno omejeno na pozno poletno – jesensko obdobje, ko je vrsta dosegla tudi višek abundance, medtem ko je bila vrsta *D. sacculus* najbolj pogosta v spomladansko - poletnem obdobju, od konca avgusta dalje pa je nismo več našli v vzorcih.

V nasprotju s frekvenco pojavljanja, je bila v vzorčevalnem obdobju januar-november 2001 na obeh postajah najbolj številčna vrsta *D. sacculus*, sledile so vrste *D. fortii*, *D. caudata*, *D. tripos* in *D. rotundata*. Večina naštetih vrst je bila številčnejša na postaji

0035, medtem ko je bila postaja 0024 v primerjavi s postajo 0035 bogatejša le z vrsto *D. tripos*. Skupno število ostalih vrst ni preseglo 10 cel./l.

Povzročitelja julijskega viška sta bila *D. fortii* in *D. sacculus*, nekoliko je prispeval tudi *D. caudata*. Močno povečana abundanca *D. fortii* na začetku julija je izstopala zlasti na postaji 0035 (46,2 cel./l ali 60% skupnega števila), medtem ko je bila v vseh ostalih primerih vedno pod 10 cel./l. Ta izrazit porast števila celic je bil kratkotrajen, saj je že po 14 dneh vrsta skoraj izginila iz vzorcev. Tedaj se je še bolj povečala abundanca *D. sacculus* (že prej dokaj številčna), ki je predstavljala 68 do 81% skupnega števila celic. Ob drugem, manjšem, sezonskem višku v oktobru je prevladovala vrsta *D. tripos* (64 – 66% skupnega števila), sledili sta vrsti *D. fortii* in *D. rotundata*. V času največjega števila celic *Dinophysis* (začetek julija) je veterinarska inšpekcija, ki nadzira neoporečnost hrane iz morja, tj. vsebnost DSP in PSP strupov v školjkah, zaprla školjčičišča v Seči in Strunjanu zaradi pozitivnega izvida testov na vsebnost DSP v školjkah (R. Obal, osebno sporočilo). Zapora školjčičišč je bila kratkotrajna – ob večkratni ponovitvi negativnih izvidov so jih konec julija ponovno odprli.

2. Monitoring okolja in trend monitoring

2.1. Kemično onesnaženje v sedimentu in organizmih

2.1.1. Kemično onesnaženje z ogljikovodiki

Za monitoring ogljikovodikov v morskih organizmih smo uporabili užitne klapavice (*Mytilus galloprovincialis*) kot testne organizme. Analizirali smo pet pod-vzorcev na obeh vzorčevalnih mestih, vsak podvzorec je vseboval celotno tkivo desetih školjk. Rezultati teh meritev so prikazani v prilogi TABELE - REZULTATI str. 83.

Vsebnost alifatskih ogljikovodikov v školjkah na obeh vzorčevalnih mestih je razmeroma visoka. Školjke na postaji 00TM vsebujejo znatno več alifatskih ogljikovodikov kot tiste na postaji 0024. Seveda tega ne moremo pripisati samo onesnaženju, saj so ti ogljikovodiki tudi naravnega izvora. Koncentracija aromatskih ogljikovodikov je bolj primerljiva na obeh vzorčevalnih mestih. Na vzorčevalnem mestu 00TM je raznovrstnost policikličnih aromatskih ogljikovodikov sicer večja (verjeten vpliv Luke Koper in Marine Koper), koncentracija celokupnih ločenih PAH-ov pa je celo nekoliko višja na postaji 0024. Glede na vrsto in razporeditev ogljikovodikov lahko potrdimo pirogeni in petrogeni izvor ogljikovodikov, ki smo ga določili že v primeru sedimenta.

Rezultati vsebnosti alifatskih in aromatskih ogljikovodikov v površinskem delu sedimenta na postajah vzhodnega dela Tržaškega zaliva v letu 2001 so prikazani v prilogi TABELE - REZULTATI str. 84 - 85. Najvišje vrednosti ločenih alifatskih ogljikovodikov smo izmerili na postaji 00K v sredini Koprškega zaliva, v Luki Koper (post. 0014) in Marini Portorož (post. 00PM). To kaže na vpliv pomorskega prometa in navtičnega turizma na onesnaževanje našega morja z ogljikovodiki. Alifatski ogljikovodiki so tudi naravnega izvora, sam izvor pa je težko natančno določiti. Vsekakor kaže razporeditev alifatskih ogljikovodikov predvsem na postaji 0014 tudi na kopenski vpliv (verjetno reka Rižana). Višje vrednosti v sredini Koprškega zaliva so verjetno posledica tudi drugih antropogenih vnosov, mesto Koper in vnos preko atmosfere, komunalna čistilna naprava za mesto Koper, ki zbira tudi meteorne vode. Podobna razmerja opazimo tudi v koncentracijah policikličnih aromatskih ogljikovodikov. Najvišjo koncentracijo in tudi največjo raznovrstnost smo določili na postaji 00PM. Vsebnost ogljikovodikov na postaji 000F je kot običajno nizka, najverjetneje zaradi odsotnosti pomembnejšega vira onesnaženja in zaradi slabše akumulacije v grobo - zrnatem sedimentu. Glede na vsebnost ogljikovodikov v površinskem sloju morskega sedimenta lahko zaključimo, da je ta del Tržaškega zaliva zmerno onesnažen z ogljikovodiki, ki so v glavnem pirogenega in deloma tudi petrogenega izvora.

2.1.2. Trend monitoring težkih kovin v organizmih

Izvajalci sodelavci Inštituta Jožef Stefan, Odsek za znanosti o okolju

Vzorčevanja in tudi analize za program Trend monitoringa težkih kovin v izbranih organizmih so bile opravljene po priporočilih in navodilih UNEP/IOC/ IAEA, ki naj bi potekal 10 let. Odvzem vzorcev poteka enkrat letno 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 5). Določili smo vsebnost kadmija (Cd) in živega srebra (Hg) v tkivu klapavic (*Mytilus galloprovincialis*). Rezultati koncentracij elementov v vzorcih školjk, preračunani na suho maso vzorca, so podani v prilogi TABELE - REZULTATI str. 82.

V letošnjem letu so koncentracije Cd v školjkah znašale 0,79 mg/kg na postaji 00TM in 0,96 mg/kg na referenčni postaji 0024. Vrednosti Hg so znašale 0,071 mg/kg in 0,084 mg/kg na postaji 00TM in 0024. Koncentracije Cd in Hg so nekoliko nižje od leta 2000, ko smo v školjkah izmerili 1,27 mg/kg Cd na postaji 00TM in 1,11 mg/kg Cd na referenčni postaji 0024 ter 0,11 mg/kg Hg in 0,12 mg/kg Hg na postaji 00TM in 0024.

2.1.3. Trofični status

Trofični status obalnega morja vzhodnega dela Tržaškega zaliva smo ocenili na postaji Koprškega zaliva, ki je pod vplivom izliva rek Rižane in Badaševica (post. 000K), na postaji sredi Piranskega zaliva, ki je pod vplivom reke Dragonje in Drnice (post.00MA), postaji v sredini Tržaškega zaliva (post. 00CZ) in postaji 000F, ki je pod vplivom južno Jadranskih vod (slika 3). Trofični status ocenjujemo s pomočjo numerične skale trofičnega indexa (TRIX), ki temelji na določanju vrednosti sledečih parametrov: koncentracije hranilnih soli dušika in celokupnega fosforja, ter zasičenost s kisikom v povezavi s koncentracijami klorofila. Računsko so vrednosti indeksa med 0 in 10.

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

Kjer je Chl - klorofil ($\mu\text{g Chl } a/l$), %DO - nasičenost s kisikom, N - neorganski dušik (NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N), P je celokupni fosfor (TotP).

Izračunane vrednosti TRIXa za posamezne postaje so podane v prilogi TABELE - REZULTATI str. 86-88. Na slikah 9 - 12 prikazujemo distribucijo izračunanih vrednosti TRIXa, ter koncentracij klorofila (Chl *a*) po globinah na 4 lokacijah v vzhodnem delu Tržaškega zaliva.

Frekvenčna distribucija vseh vrednosti TRIXa kaže, da so večinoma razvrščene med 4 in 6, kar je indikacija za zmerno evtrofne vode. Vendar pa se posamezne lokacije med seboj razlikujejo, pri čemer kažeta najvišji trofični status postaji v sredi Tržaškega in Koprškega zaliva (00CZ maks. 6,24 in 000K maks. 6,02), najnižjega pa postaja ob južnem vходу v Tržaški zaliv (000F min. 2,67).

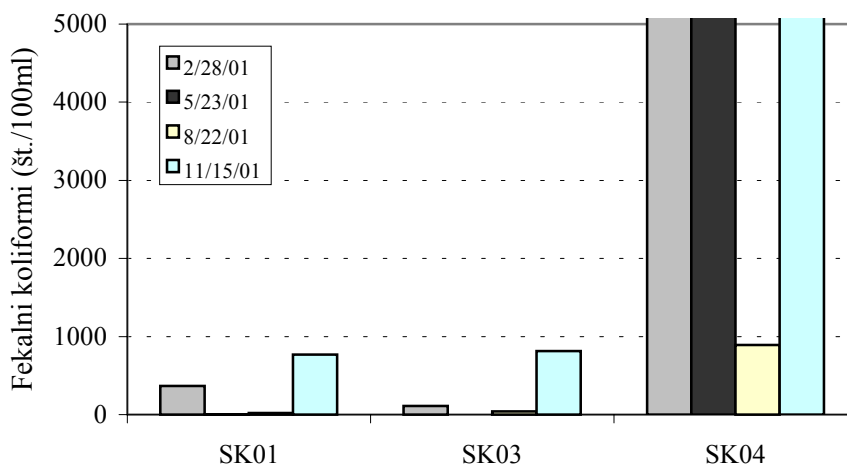
V primerjavi s predhodnim letom so nihanja vrednosti TRIXa precej večja, med 2,67 in 6,28. Značilna je sezonska variabilnost z nižjimi vrednostmi v juliju, avgustu in septembru, ter februarским viškom na vseh postajah. Februarški viški sovpadajo z visokimi koncentracijami klorofila po celem vodnem stolpcu (do 9,26 $\mu\text{g Chl } a/l$). Najvišje so vrednosti TRIXa na postaji 00CZ, z najvišjo vrednostjo v površinskem sloju spomladi in jeseni, 10m globine ter v pridnenem sloju.

Na osnovi s klasifikacije TRIXa bi naše morje uvrstili med oligotrofna do mezotrofna območja, le na področjih izpustov in sredini Tržaškega in koprškega zaliva občasno v nekoliko višji trofični status. Ta uvrstitev je tudi bolj skladna s pojavljanjem sezonskih hipoksij in občasno tudi anoksij.

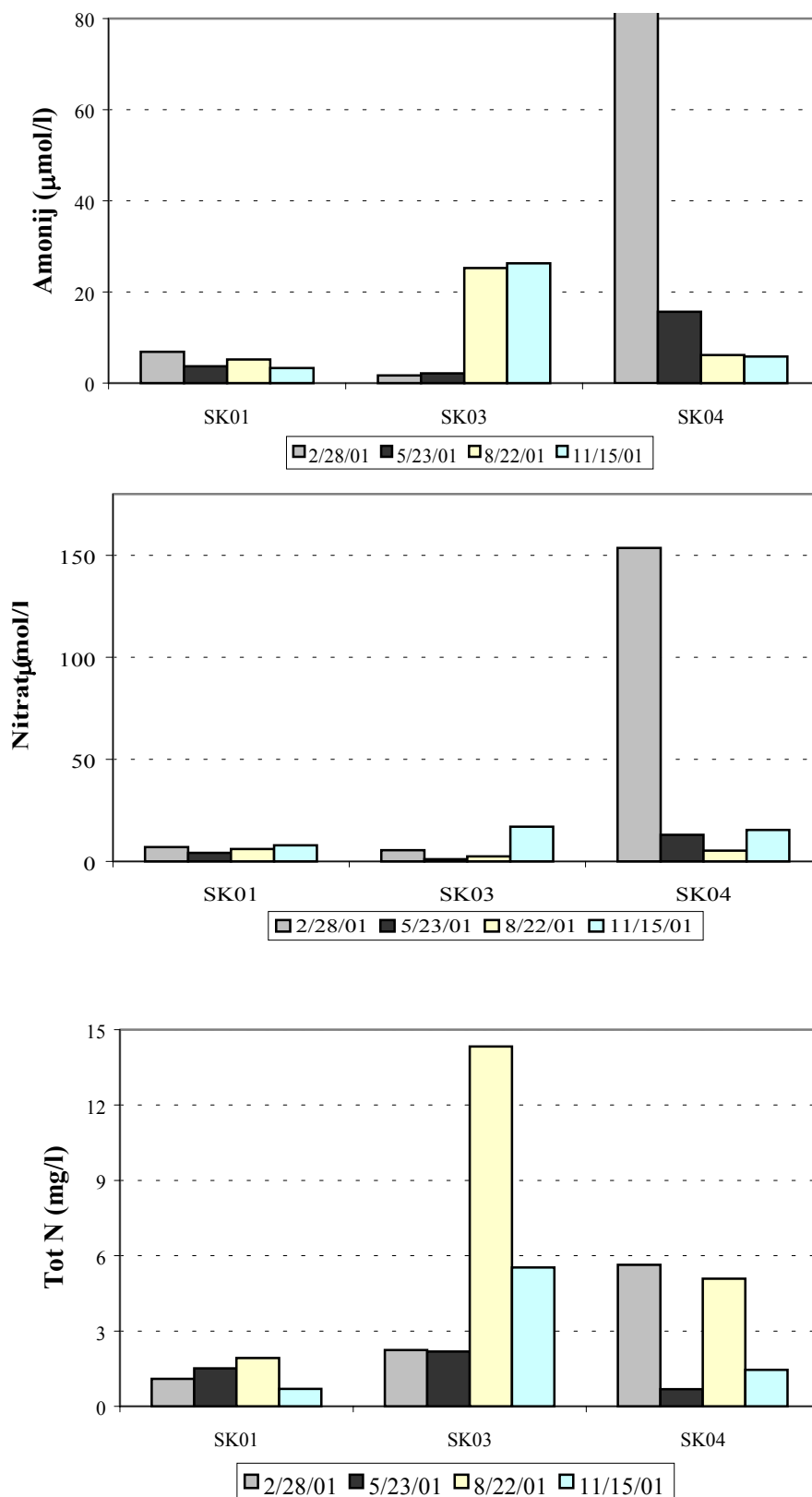
2.1.4. Monitoring mokrišča

Meritve fizikalno kemičnih in bioloških parametrov opravljamo sezonsko na treh izbranih točkah brakičnega močvirja v Škocjanskem zatoku. Sezonsko vzorčimo na mestu prehoda vode iz zatoka v ustje reke Rižane (post. SKO1), na mestu dotoka sladke vode imen. Rekica (post. SKO4), ter t.i. Jezercu (post. SKO3) (slika4). Rezultati opravljenih meritev so podani v prilogi TABELE - REZULTATI str. 90-91. Stopnjo mikrobiološke onesnaženosti prikazuje slika 13, vrednosti izmerjenih parametrov nitrata, amonija in celokupnega dušika prikazuje slika 14, raztopljenega kisika in vodikovega sulfida slika 15.

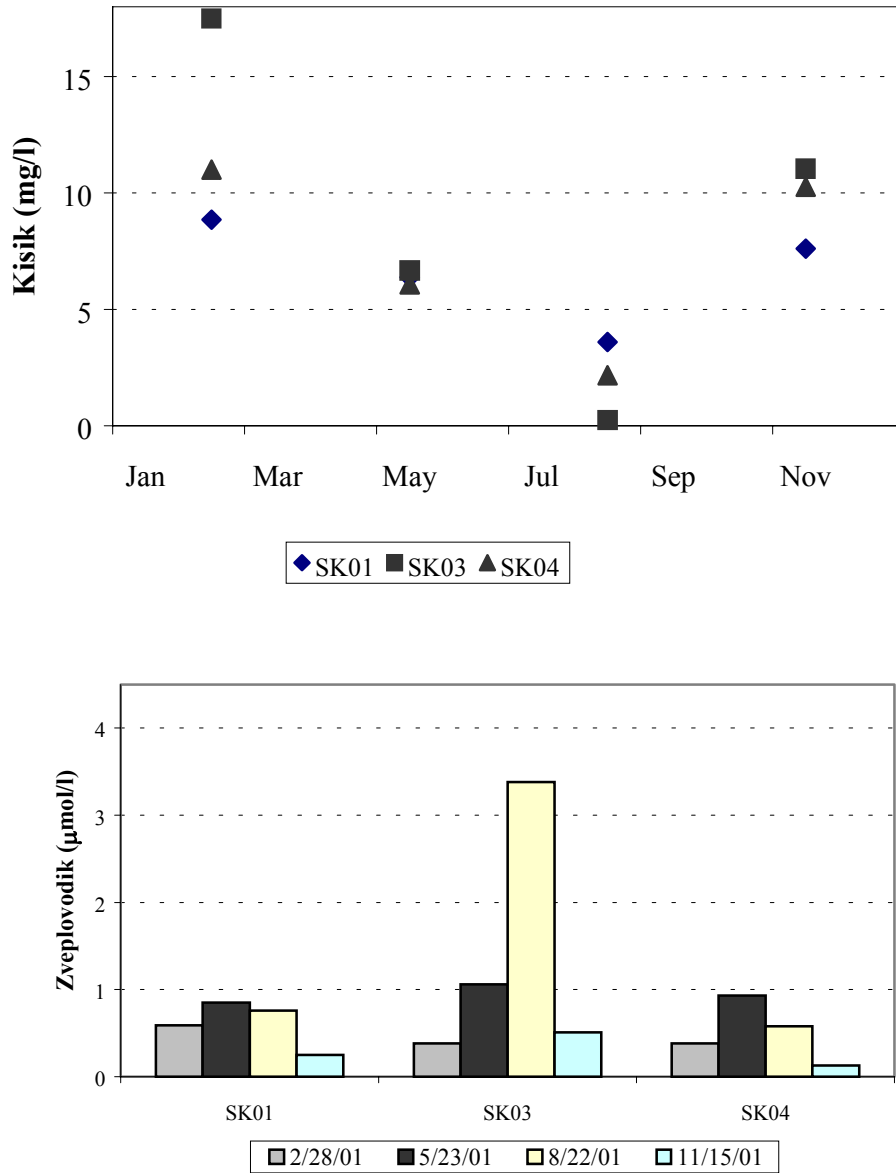
Nihanja temperature so na vseh treh postajah velika, od 1 °C februarja do 25 °C avgusta. Visoke koncentracije slanosti na postaji SKO1 (32,0 – 41,0) potrjujejo vdor slane vode v zatok, medtem ko se na postaji SKO4 izlivajo v zatok komunalno onesnažene vode. Onesnaženost vode potrjujejo najvišje vrednosti hranilnih soli dušika (nitrat 153,6 µmol/l, amonij 98,82 µmol/l, celokupni dušik 403,39 µmol/l), fosforja (ortofosfat 6,8 µmol/l, celokupni fosfor 12,9 µmol/l) in rezultati indikatorskih mikroorganizmov (25000 klic /100ml) (slika 13). Rezultati fekalnih koliformnih bakterij so bili visoki na postaji SKO4 in na ostalih postajah povišani novembra.



Slika 13. Stopnja mikrobiološke onesnaženosti na postajah v Škocjanskem zatoku v letu 2001.



Slika 14. Rezultati sezonskih meritev amonija, nitrata in celokupnega dušika (Tot N) na postajah v Škockjanskem zatoku v letu 2001.



Slika 15. Rezultati sezonskih meritev koncentracij raztopljenega kisika in vodikovega sulfida na postajah v Škocjanskem zatoku v letu 2001.

Visoke vrednosti BPK5, KPK in hranilnih soli smo v letošnjem letu beležili tudi na postaji v jezercu (SKO3). Po zaključeni vegetacijski dobi in povišanih temperaturah v avgustu začne masa alg (predvsem morska solata *Ulva rigida*) odmirati. Anaerobne procese razpadanja potrjuje padec koncentracij raztopljenega kisika (pod 1 mg/l) in tvorba žveplovih spojin, koncentracija vodikovega sulfida naraste na 3,4µmol/l.

2.2. Žarišča onesnaženja

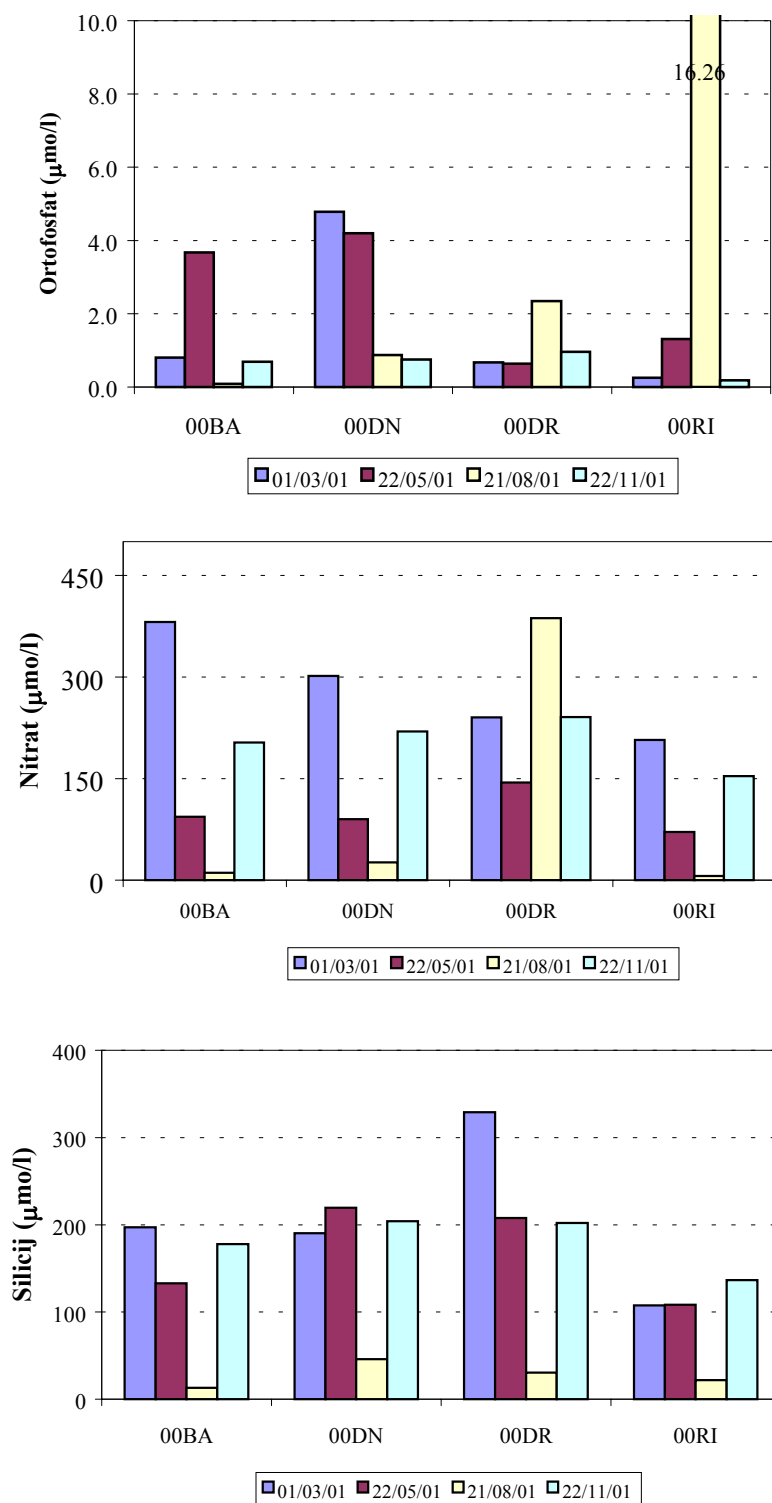
2.2.1. Kemično onesnaženje – rečna ustja

Kakovost rek, ki se izlivajo v morje smo ocenili na podlagi rezultatov fizikalno-kemijskih in bakterioloških analiz. Vzorci so bili zajeti naključno štirikrat letno, za oceno celokupnega vnosa pa smo upoštevani podatke o srednjih pretokih rek (Hidrometeorološkega zavoda, 1999, 2000). Vzorčili smo na postaji v spodnjem toku reke Rižane (post. 00RI) pred izlivom komunalnih odpadnih vod čistilne naprave Koper, v reki Badaševice pred njeno razcepitvijo z izlivom v Škocjanski zatok, in izlivom v morje imenovan Smedelski kanal (post. 00BA). V Piranski zaliv se izlivata reki Drnica (post. 00DN) in Dragonja (post. 00DR), ki sta predvsem obremenjeni s komunalnimi vodami zaledja, do onesnaženja pa prihaja tudi zaradi spiranja s kmetijskih zemljišč (slika 5). Rezultati analiz posameznih vzorcev so zbrani v tabelah v prilogi TABELE - REZULTATI str. 92-93.

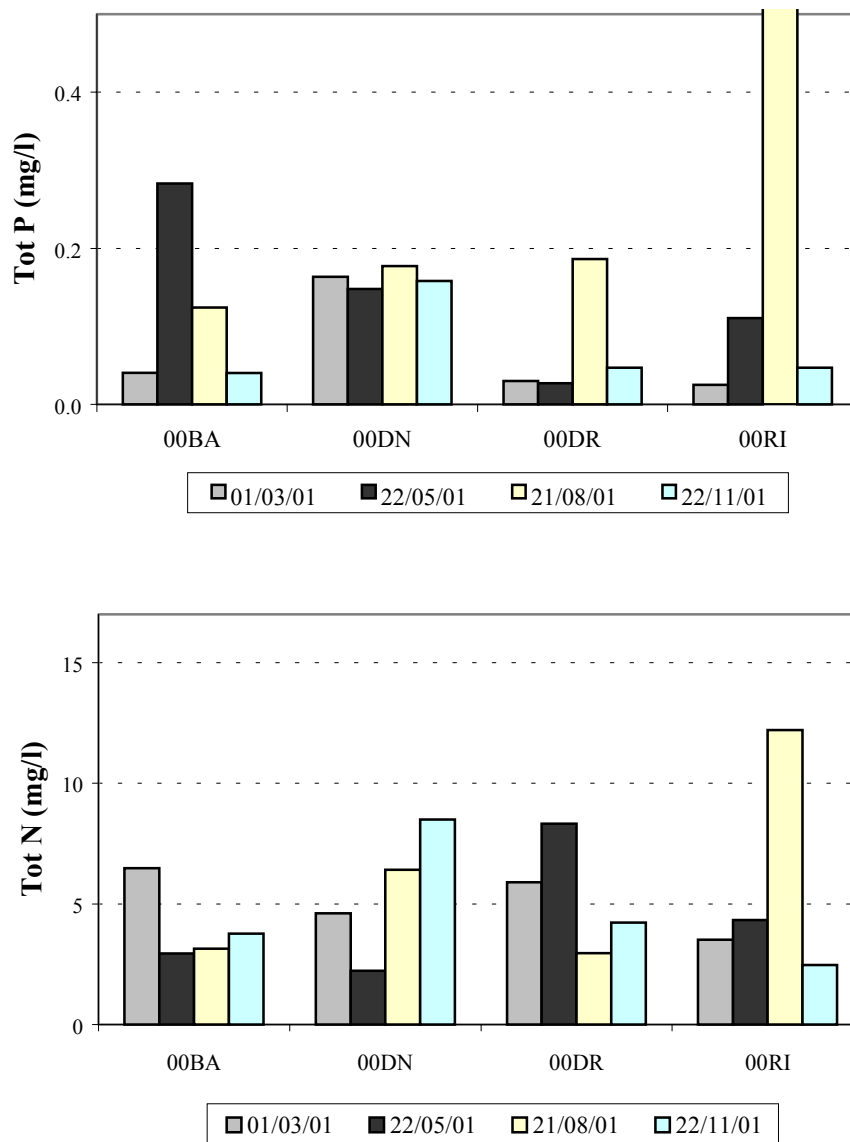
V letošnjem letu so bile posebno kritični razmere v mesecu avgustu, v času nizkih pretokov in visokih temperatur vode. Rezultati fizikalno kemičnih in mikrobioloških analiz kažejo na anaerobno razgradnjo v estuariju reke Rižane in Badaševice. Nizke vsebnosti raztopljenega kisika (3,4 - 4,7 mg/l), visok BPK_5 (4,3 - 7,7 mgO₂/l) in KPK (92,8 - 119,5 mg O₂/l) so bile sicer določene v vseh sezonskih vzorcih reke Badaševice, vendar pa so bile vsebnosti posebno visoke v avgustu. Prav tako v reki Rižani nizke vsebnosti kisika (<1 mg/l) v avgustu sovpadajo z visokimi koncentracijami BPK_5 (21,1 mg/l), KPK (113,4 mg/l), amonija, celokupnega dušika in fosforja (sliki 16 in 17), fekalnih koliformnih bakterij (slika 18) in nekaterih težkih kovin (tabela 1).

Najvišje vsebnosti detergentov so bile izmerjene v reki Rižani avgusta (0,588 mg/l) in maja v Badaševici (0,104 mg/l). Reki Badaševica in Rižana sta onesnaženi s komunalnimi vodami, saj bakteriološke analize kažejo na visoko prisotnost bakterij fekalnega izvora (slika 18). V reki Badaševici vrednosti fekalnih koliformnih bakterij v večini analiz presegajo 20.000 klic/100ml, v reki Rižani pa variirajo od 3200 do 476000 klic/100ml. V fekalno sicer onesnaženo reko Rižano, se pred njenim iztokom v morje, dodatno izlivajo še komunalno in industrijsko onesnažene vode komunalne čistilne naprave mesta Koper.

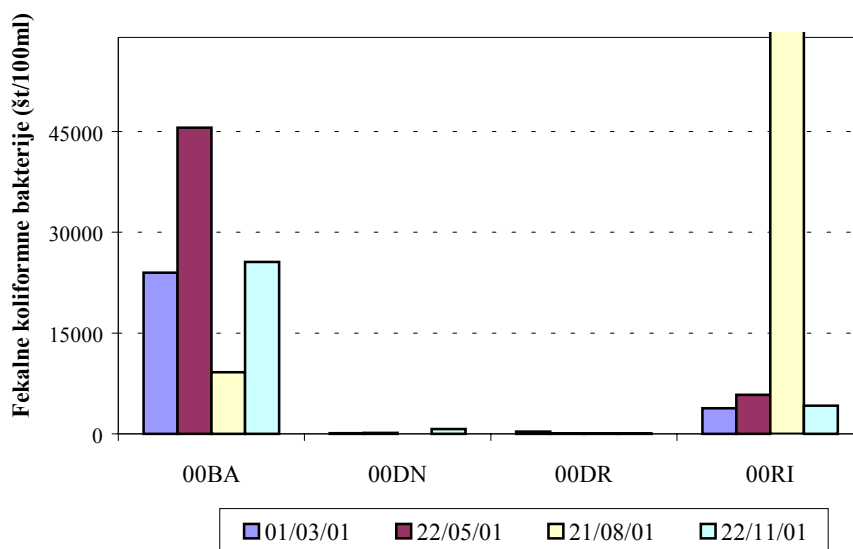
S komunalnimi vodami sta onesnaženi tudi reka Drnica, in Dragonja, vendar v letošnjem letu nismo zabeležili visokih vsebnosti mikroorganizmov fekalnega izvora, detergentov in težkih kovin.



Slika 16. Rezultati sezonskih meritev koncentracij ortofosfata, nitrata in silicija v spodnjem toku rek, ki se izlivajo v obalno morje R Slovenije v letu 2001.



Slika 17. Rezultati sezonskih meritev koncentracij celokupnega fosforja (Tot P) in dušika (TotN) v spodnjem toku rek, ki se izlivajo v obalno morje R Slovenije v letu 2001.



Slika 18. Rezultatu meritev koncentracij bakterij fekalnega izvora v spodnjem toku rek, ki se izlivajo v obalno morje R Slovenije v letu 2001.

Količina lebdečih delcev – celotne suspendirane snovi, ki vpliva predvsem na prozornost morja, se je v vzorcih izlivnih področjih rek gibala med 1,18 in 23,85 mg/l. Najvišjo vrednost celotne suspendirane snovi smo določili v vzorcu izlivnega področja reke Badaševce v mesecu maju (23,85 mg/l). Delež suspendiranega organskega ogljika (POC) je predstavljal od 13,15 do 49,93 %, delež celotnega suspendiranega dušika (PN) pa od 1,11 do 8,08 % celotne suspendirane snovi. Najvišje vsebnosti suspendiranega ogljika in celotnega suspendiranega dušika smo določili v okviru vzorčenja v mesecu avgustu. Najvišje vrednosti suspendiranega organskega ogljika pa smo določili v vzorcih izlivnega področja reke Rižane. Vrednosti utežnega razmerja $C_{(org.)}/N$ so znašale od 4,75 do 32,76.

Koncentracije težkih kovin, kadmija (Cd), bakra (Cu), niklja (Ni), svinca (Pb), kroma (Cr), cinka (Zn) in živega srebra (Hg) (izvajalec Institut J.Stefan, Odsek za znanosti o okolju) so bile izmerjene v rekah v mesecu marcu, maju, avgustu in novembru. Rezultati meritev celotne koncentracije elementov so podani v tabeli 1. Posamezni rezultati meritev celotne koncentracije in topnega deleža so podani v tabeli v prilogi TABELE - REZULTATI str. 93. Točnost določanja kovin v površinskih vodah je bila preverjena s standardnim referenčnim materialom SPS-SW1 (glej poglavje Metode dela). Koncentracije Cr so se gibale med 0,37 in 2,6 $\mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Cu so bile od $<0,4$ do 7,4 $\mu\text{g/l}$, najvišja celotna koncentracija Cu pa je bila izmerjena meseca marca na reki Rižani in sicer 28,4 $\mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Ni so bile od <1 do 25,8

$\mu\text{g/l}$, najvišja izmerjena celotna koncentracija Ni je bila na reki Rižani meseca marca $122 \mu\text{g/l}$. Celotne koncentracije Zn so bile med $< 5,0$ do $18,4$. Celotne koncentracije Pb so bile $< 1,0 \mu\text{g/l}$, Cd $< 0,2 \mu\text{g/l}$ in Hg med $0,47$ in $6,9 \text{ ng/l}$, najvišja izmerjena celotna koncentracija Hg je bila na reki Rižani meseca avgusta $38,1 \text{ ng/l}$.

Tabela 1. Celotne koncentracije elementov v vzorcih površinskih vod težkih kovin v letu 2001.

Postaja	Datum	Pb $\mu\text{g/l}$	Cd $\mu\text{g/l}$	Ni $\mu\text{g/l}$	Cr $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$	Hg ng/l
00BA	02.03.2001	<1,0	<0,2	<1,0	0,69	2,2	15,9	1,24
00BA	24.05.2001	<1,0	<0,2	3,7	1,05	3,4	6,0	6,90
00BA	21.08.2001	<1,0	<0,2	<1,0	1,90	4,0	11,8	3,30
00BA	22.11.2001	<1,0	<0,2	<1,0	0,45	1,3	<5,0	1,80
00DN	02.03.2001	<1,0	<0,2	<1,0	0,87	0,60	<5,0	0,82
00DN	24.05.2001	<1,0	<0,2	3,5	0,67	1,1	<5,0	0,93
00DN	21.08.2001	<1,0	<0,2	3,5	0,37	0,9	<5,0	1,70
00DN	22.11.2001	<1,0	<0,2	<1,0	0,73	3,7	<5,0	0,86
00DR	02.03.2001	<1,0	<0,2	<1,0	0,62	0,7	10,0	0,47
00DR	24.05.2001	<1,0	<0,2	<1,0	0,71	<0,4	<5,0	0,78
00DR	21.08.2001	<1,0	<0,2	2,0	0,82	1,3	9,6	4,20
00DR	22.11.2001	<1,0	<0,2	10,7	0,76	2,6	<5,0	0,64
00RI	02.03.2001	<1,0	<0,2	25,8	0,86	3,5	6,3	1,23
00RI	24.05.2001	<1,0	<0,2	122,0	0,88	28,4	<5,0	2,20
00RI	21.08.2001	<1,0	<0,2	5,0	2,6	3,6	18,4	38,1
00RI	22.11.2001	<1,0	<0,2	1,8	0,83	1,7	<5,0	1,30

Topni delež kovin je zajemal 50 do 90% celotnega deleža kovin v izlivih rek v morje. Povišane koncentracije večine elementov smo določili v reki Badaševici, najvišje pa v reki Rižani. Podobni trendi glede onesnaženosti iztokov rek v morje s težkimi kovinami, so se pokazali v letu 2000.

Na osnovi srednjih letnih vrednosti rezultatov analiz in pretoka rek smo ocenili letni vnos nekaterih polutantov v vzhodni del Tržaškega zaliva. Količina vnosa v morje je odvisna predvsem od hitrosti pretoka, pri izračunu smo upoštevali podatke srednjih mesečnih pretokov Hidrometeorološkega zavoda, Ministrstvo za okolje in prostor R Slovenije (Hidrološki letopis Slovenije, 1999; 2000). Ocenjen vnos dušika in fosforja v obalno morje vzhodnega dela Tržaškega zaliva glavnih vodotokov znaša 1051 t/leto za dušik in 41 t/leto za fosfor. Količina vnosa celokupne suspendirane snovi znaša 1654 t/leto (tabela 2). Obremenitev Koprškega zaliva je zaradi vnosa odpadnih vod koprške čistilne naprave, Rižane ter Badaševice večja v primerjavi z vnosom v Piranski zaliv.

Tabela 2. Ocena vnosa nekaterih polutantov v obalno morje R Slovenije izračunan na osnovi povprečnih letnih koncentracij in pretokov rek .

	<i>Q</i>	<i>BPK5</i>	<i>TotP</i>	<i>TotN</i>	<i>TSS</i>	<i>DET</i>
	<i>m³/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>
<i>Ri</i>	1,5 x 10 ⁸	1180,5	37,5	843,9	1402,5	27,4
<i>Ba</i>	1,03x 10 ⁷	59,5	1,3	55,1	69,1	0,6
<i>Dn</i>	6,7 x 10 ⁶	27,5	1,1	27,3	33,9	0,1
<i>Dr</i>	2,29 x 10 ⁷	126,4	1,6	124,4	148,1	1,5
Reke		1394	41,5	1051	1654	29,6

2.2.2. Območje podvodnih izpustov komunalnih odplak

Vpliv širjenja odpadne vode podvodnega izpusta v Izoli in Piranu smo sledili sezonsko in predvsem v obdobjih manjšega 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 5). 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 TABELE-REZULTATI str.94-95.

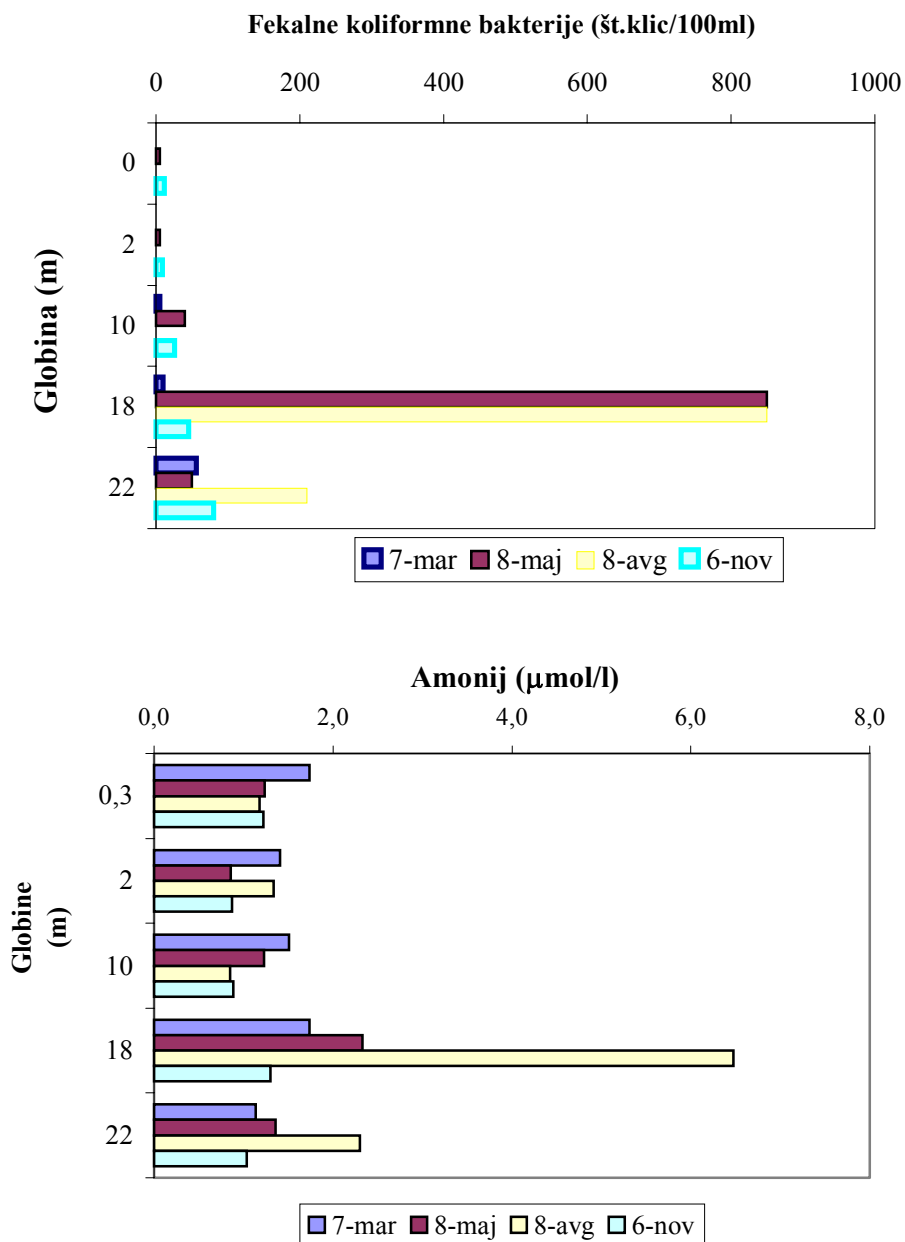
Vsebnost fekalnih koliformnih bakterij in amonija po vodnem stolpcu na mestu podvodnega izpusta Piranske čistilne naprave (post.00PO) prikazuje slika 19. Koncentracije indikatorskih bakterij fekalnega izvora so nizke (<1000 FK/100ml) v

primerjavi z rezultati izolskega izpusta. Najvišje koncentracije fekalnih koliformnih bakterij smo zaznali v sloju na globini od 10 do 14m (210 do 850 klic/100ml). Širjenje fekalno onesnažene vode po vodnem stolpcu potrjujejo tudi zvišane koncentracije amonija (najvišje vrednost 6,48 $\mu\text{mol/l}$).

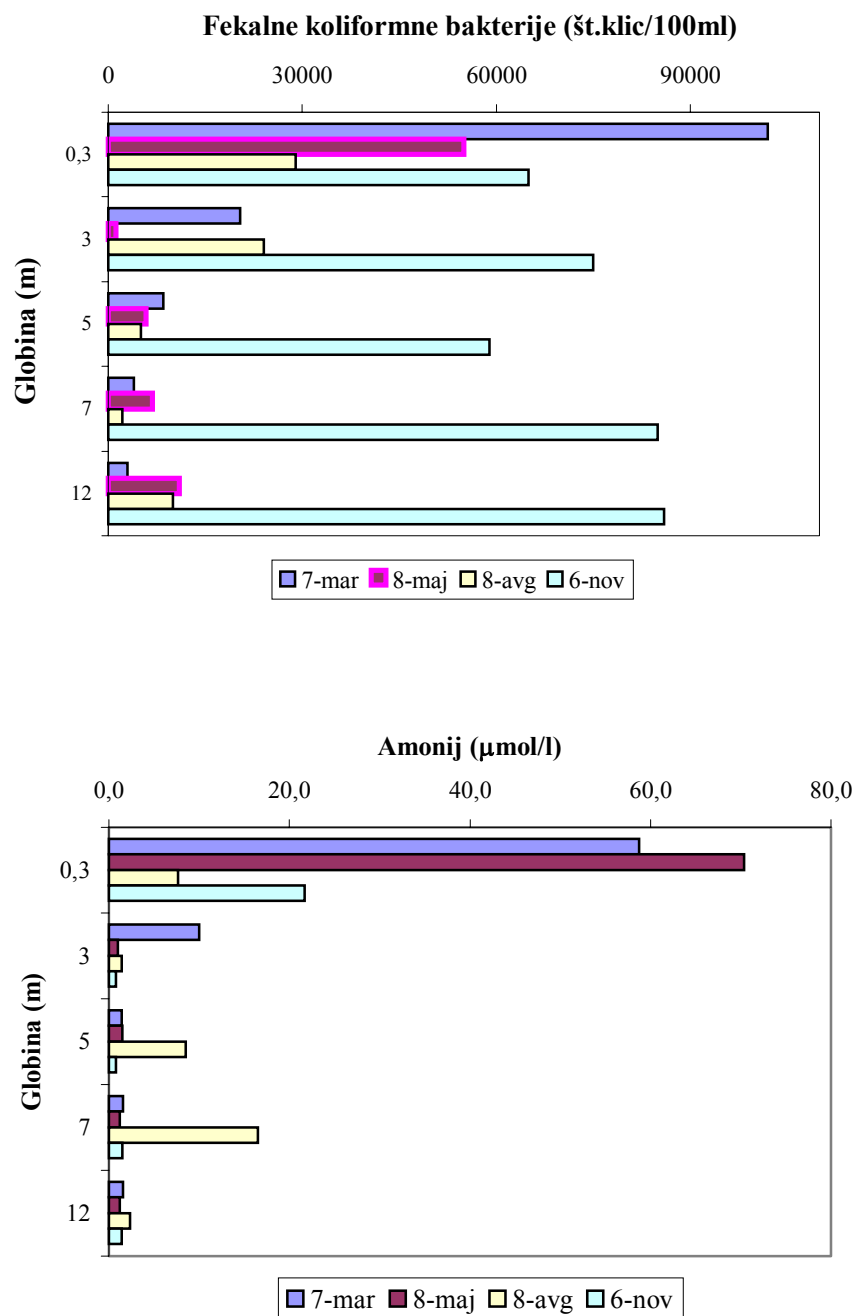
Razporeditev fekalnih koliformnih bakterij in vsebnosti amonija po vodnem stolpcu na postaji izolskega izpusta v štirih časovno različnih obdobjih prikazuje slika 20. Za podvodni izpust izolskega črpališča (post. 00IO) so značilne visoke vsebnosti hranilnih soli in bakterij fekalnega izvora v površinskem sloju, oz. celem vodnem stolpcu. Koncentracije fekalnih koliformov (16200 – 260000 klic/100ml) presegajo dopustne mejne vrednosti uporabnosti morja za rekreativne namene (UL SRS 9/88). Visoke vrednosti fekalnih koliformnih bakterij sovpadajo predvsem z višjimi koncentracijami amonija (maks. 70,4 $\mu\text{mol/l}$).

Vrednosti celotne suspendirane snovi so bile višje v vzorcih odvzetih na mestu podvodnega izpusta čistilne naprave Izola (od 0,76 do 37,70 mg/l) v primerjavi z vrednostmi določenimi v vzorcih podvodnega izpusta čistilne naprave Piran (0,76 do 2,48 mg/l). Prav tako smo 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. Določena povprečna vrednost (celotnega vzorčenega profila vodnega stolpca) utežnega razmerja $C_{(\text{org.})}/N$, ki je znašala v mesecu novembru 6,25, odraža prisotnost fitoplanktoskega viška na mestu podvodnega izpusta čistilne naprave Izola. Visoko koncentracijo Chl *a*, tj. fitoplanktonski višek v sloju 10 m na mestu podvodnega izpusta čistilne naprave Piran pa potrjuje tu določena vrednost utežnega razmerja $C_{(\text{org.})}/N$ (6,13).

Dotok večje količine hranilnih soli fosfata in dušika, lokalno vpliva na povišane vrednosti klorofilne biomase in vrednosti TRIXa (slika 21-22). Izračunane vrednosti TRIXa za obe postaji so podane v prilogi TABELE - REZULTATI str. 89. Na postaji podvodnega izpusta Izolske čistilne naprave so izračunane vrednosti visoke v površinskem sloju (slika 21). Vrednosti TRIXa so bile najvišje maja (od 3 do 7,02), kar sovpada z najvišjimi vrednostmi klorofilne biomase (od 0,34 do 2,26 $\mu\text{gChl } a/l$). Vertikalni profili izračunanih vrednosti na postaji podvodnega izpusta čistilne naprave v Piranu (post. 00PO) so prikazani na sliki 22. Vrednosti TRIXa v vodnem stolpcu so v razredu od 2,24 do 5,28 in so primerljive z rezultati na postajah Tržaškega zaliva. Nihanja TRIXa v letošnjem letu sicer niso velika, vendar pa je sam rezultat zelo odvisen od pogojev vzorčevanja kot je usklajenost s časom izpustov iz črpališča; izbira globin glede na razslojenost vodnega stolpca in oceanografskih razmer.



Slika 19. Distribucijo fekalnih koliformnih bakterij in vsebnosti amonija po vodnem stolpcu na mestu podvodnega izpusta Piranske čistilne naprave (post.00PO) v letu 2001.



Slika 20. *Distribucijo fekalnih koliformnih bakterij in vsebnosti amonija po vodnem stolpcu na mestu izpusta črpališča v Izoli (post.0010) v letu 2001.*

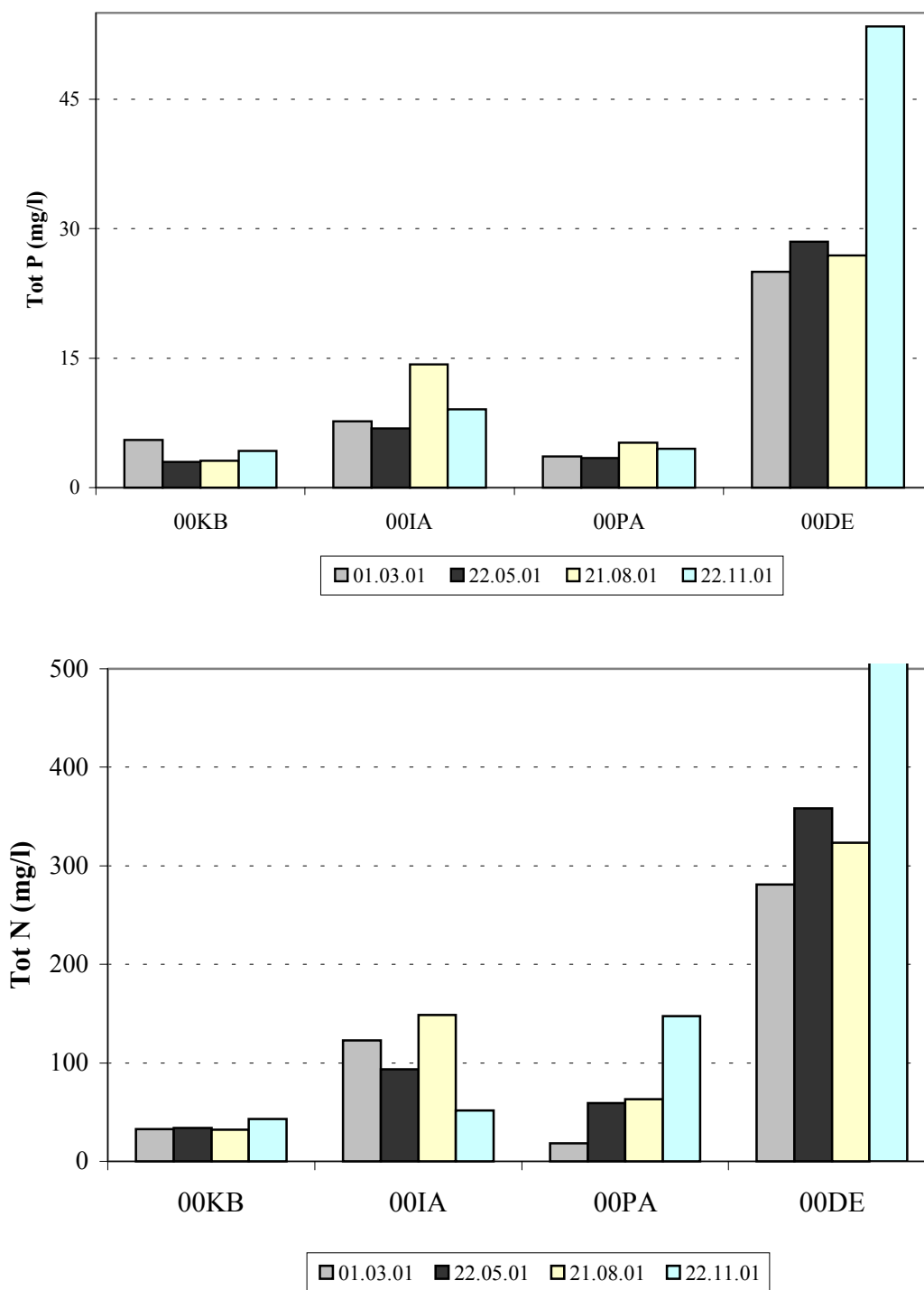
2.3. Obremenitev

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. 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 5). Vzorci za analize (trenutni vzorci) so bili odvzeti na posameznih merilnih mestih pred iztokom odpadnih vod v obalno morje in v ustje reke Rižane, v časovnem intervalu treh mesecev. Rezultati fizikalno kemičnih, mikrobioloških analiz in celotnih vrednosti težkih kovin opravljenih v letu 2001 so podani v tabelah v prilogi TABELE – REZULTATI str. 96-97. Rezultati sezonskih meritev celokupnega dušika (Tot N) in fosforja (Tot P) v odpadnih vodah iztokov čistilnih naprav so prikazani na sliki 23, detergentov in fekalnih koliformov na sliki 24.

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 884 mg/l, celokupnega fosforja 34,5 mg/l. Med ostalimi postajami izstopajo vrednosti izmerjene na iztoku črpališča v Izoli. Visoke koncentracije amonija smo izmerili v avgustu, istočasno z nizkimi koncentracijami nitrata (0,2 – 0,6 $\mu\text{mol/l}$) in vrednosti kisika pod mejo detekcije. Rezultati biološke potrebe po kisiku v odpadnih vodah so znašale od 75 do 333 mgO_2/l , vrednosti kemijske porabe od 339 do 771 mgO_2/l , precej višje pa so bile vrednosti v odpadnih vodah maščobnega posedalnika tovarne Delamaris (BPK₅ 3434 mgO_2/l in KPK 19265 mgO_2/l) (tabela str. 96).

Odpadne vode čistilnih naprav in črpališč vsebujejo visoke vrednosti suspendiranih delcev, ki segajo od 148,50 do 740,83 mg/l, v odpadnih vodah maščobnega posedalnika tovarne Delamaris pa znašajo od 1268 do 5905 mg/l. V tem primeru smo zabeležili tudi višje vrednosti suspendiranega organskega ogljika in utežnih razmerij $C_{(\text{org.})}/\text{N}$, kar je posledica prevladujoče vsebnosti maščob.



Slika 23. Rezultati sezonskih meritev celokupnega fosforja(Tot P) in dušika(Tot N) v odpadnih vodah izlivov čistilnih naprav in črpališč v letu 2001.

Bakteriološko onesnaženost odpadnih vod smo določali po metodi membranske filtracije. Rezultati sezonskih meritev koncentracij koliformnih bakterij fekalnega izvora presegajo v vseh primerih vrednosti $1,0 \times 10^5$ celic/100ml (slika 24). 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 na sliki 24. Vrednosti so se gibale od 0,38 mg/l do 7,08 mg/l, najvišje so bile na postaji 00IO, nižje vrednosti pa so bile izmerjene na postaji 00DE od 0,01 mg/l do 0,38 mg/l.

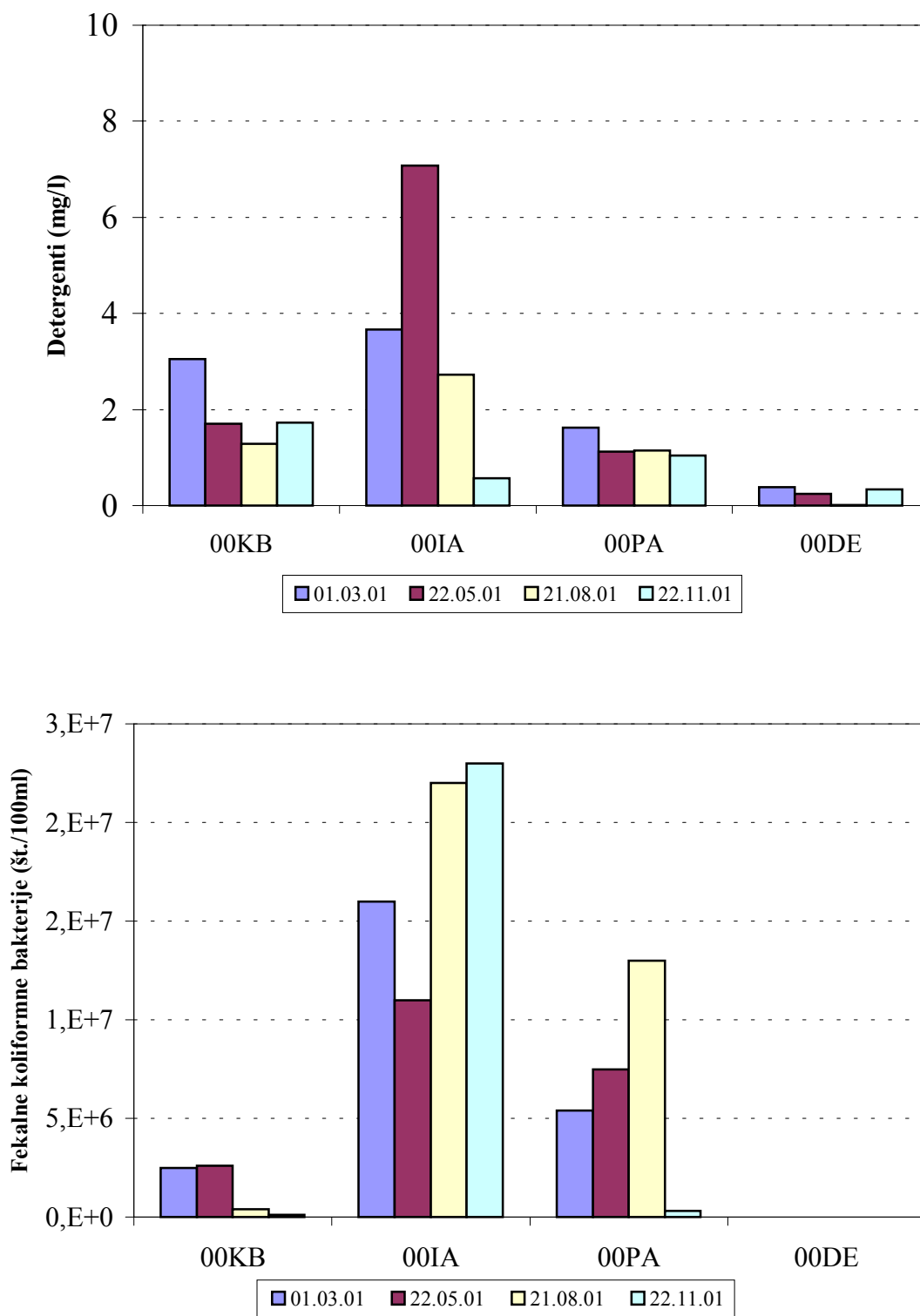
Koncentracije težkih kovin, Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn in Hg (*izvajalec Institut J.Stefan, Odsek za znanosti o okolju*) so bile izmerjene v odpadnih vodah v mesecu marcu in avgustu. Rezultati meritev celotnih koncentracij posameznega elementa so podani v tabeli v prilogi TABELE - REZULTATI str. 97.

Izmerjene koncentracije težkih kovin 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.

Na osnovi srednjih letnih koncentracij parametrov in pretokov čistilnih naprav, oz. črpališč smo ocenili letni vnos polutantov. V letu 2001 je znašal vnos suspendiranih delcev (TSS) 1683 t/leto, vnos celokupnega dušika in fosforja (TotN in TotP) v obalno morje vzhodnega dela Tržaškega zaliva iz čistilnih naprav znaša 709 t/leto za dušik in 62 t/leto za fosfor (tabela 3).

Tabela 3. Ocena vnosa nekaterih polutantov v obalno morje R Slovenije, ocenjen na osnovi podatkov pretokov in povprečnih letnih koncentracij v letu 2001.

	<i>Q</i>	<i>BPK5</i>	<i>Tot P</i>	<i>Tot N</i>	<i>TSS</i>	<i>DET</i>
	<i>m³/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>	<i>t/y</i>
<i>Kb</i>	$4,6 \times 10^6$	612,5	19,2	166,9	471,2	9,2
<i>Ia</i>	$2,7 \times 10^6$	776,1	26,4	281,1	680,3	9,5
<i>Pa</i>	$3,1 \times 10^6$	419,4	13,4	222,7	323,8	3,8
<i>DE</i>	$8,2 \times 10^4$	178,5	2,8	37,8	207,6	0,02
<i>Odpadne vode</i>		1986	61,8	708,7	1682,8	22,5



Slika 24. Rezultati sezonskih meritev detergentov in fekalnih koliformov v odpadnih vodah izlivov čistilnih naprav in črpališč v letu 2001.

2.4. *Biomonitoring*

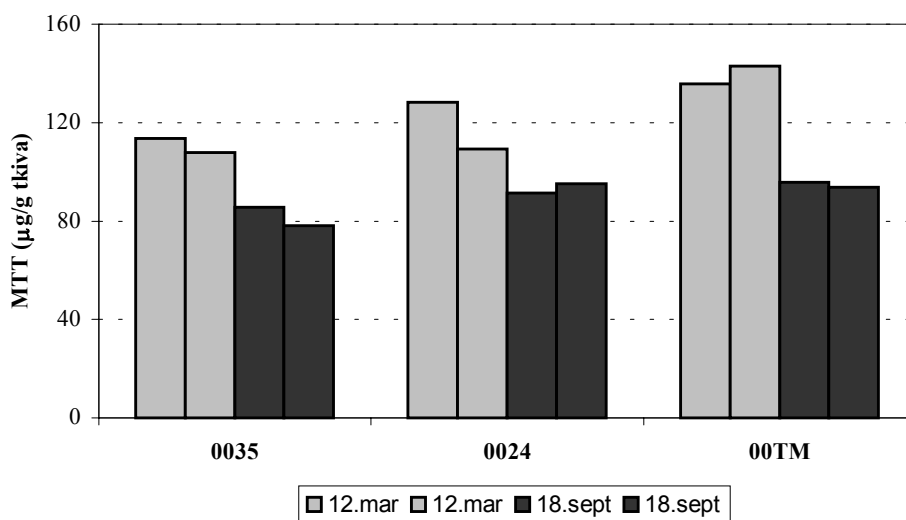
V letošnjem letu smo nadaljevali s programom t.i., programa ugotavljanja koncentracij metalotioneinov v tkivu školjk. Metalotioneini so lahko pokazatelji biološkega odgovora morskih organizmov na specifične učinke onesnaženja njihovega okolja s težkimi kovinami, na celičnem nivoju (Brown in sod. 1977, Viarengo in sod. 1982). Nastanek metalotioneinov v organizmih sprožijo različni fiziološki dejavniki, količine pa se spreminjajo z reproduktivnim ciklusom (Viarengo in sod., 1994). Glede na to, da se količine metalotioneinov v klapavicah *Mytilus galloprovincialis* spreminjajo smo vzorčili v različnih letnih obdobjih in tako spremljali nihanja metalotioneinov v klapavicah.

Vzorčenja sta bili opravljena 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 (post. 0024 in post. 0035). Vzorčili smo morske školjke klapavice *Mytilus galloprovincialis*, ki so razširjene v Sredozemskem morju in izbrane kot testni organizem v večini laboratorijev Sredozemskih držav. Vzorčimo v stabilnih vremenskih pogojih, časovno enakih zaporedjih in dovolj velik vzorec za nadaljnjo ustrezno statistično obdelavo. Na vsakem vzorčevalnem mestu smo odvzeli dva podvzorca po 10 školjk in skupno opravili 12 testiranj na metalotioneine.

Srednje vrednosti dolžine in višine klapavic ter vrednosti metalotioneinov in poškodb DNA v vzorcih vseh postaj po posameznih mesecih so podani v prilogi TABELA – REZULTATI str. 98-109. Primerjava izmerjenih vrednosti metalotioneinov vseh treh postaj je podana na sliki 25 rezultati analiz poškodb DNA pa na sliki 26.

Analize količin metalotioneinov. Rezultati analiz metalotioneinov v tkivu školjk ne kažejo bistvenih razlik v koncentracijah v primerjavi z letom 2000 kot tudi med vzorci s postaje 00TM pred marino v Kopru v primerjavi z referenčno postajo v Strunjanskem zalivu (postaja 0024). V spomladanskem času smo ugotovili nekoliko višje količine metalotioneinov kot v jesenskem vzorčenju. Najvišje vrednosti metalotioneinov smo ugotovili v vzorcih s postaje 00TM (Koprski zaliv) nato v vzorcih s postaje 0024 (Strunjanski zaliv), ter najnižje vrednosti smo ugotovili v vzorcih s postaje 0035 (Piranski zaliv). Količine metalotioneinov v klapavicah med letom variirajo glede na fiziološko stanje živali. Proučen je odnos med koncentracijo Zn v hepatopancreasu in med količino metalotioneinov. Zato v določenem časovnem obdobju nekoliko višji nivo metalotioneinov ni nujno posledica onesnaženja. Kadar je okolje onesnaženo s težkimi kovinami se količina metalotioneinov v klapavicah močno poveča. Iz obstoječih podatkov težko postavimo prave zaključke, vendar pa je iz literature jasno, da so

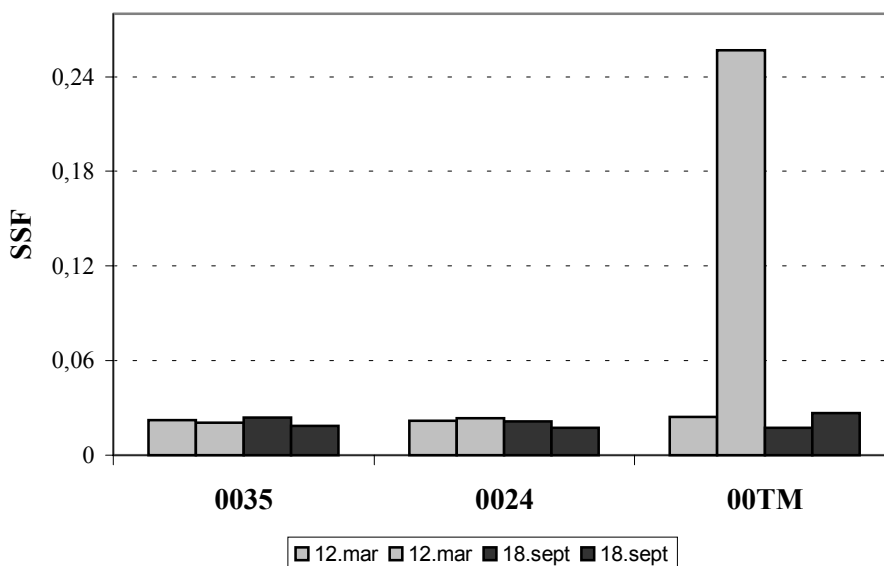
mehkužci, še posebej školjke sposobne kopičiti visoke koncentracije težkih kovin v svojih tkivih. Kopičenje težkih kovin se spreminja glede na fiziološko stanje živali, homeostatske mehanizme v celici, odvisno od časa izpostavljenosti težkim kovinam. Strupeni učinki težkih kovin niso odvisni samo od 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.



Slika 25. Vrednosti metalotioneinov v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjanskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) v letu 2001.

Analize poškodb DNA. Analizirali smo obseg poškodb v DNA v hemolimfi klapavic. Rezultati so izraženi v arbitrarnih enotah SSF (koeficient enovijačnih prelomov). Rezultati analiz ne kažejo bistvenih razlik v obsegu poškodb med vzorci s postaje 00TM pred marino v Kopru v primerjavi z referenčno postajo v Strunjanskem zalivu (post. 0024) in med vzorci s postaje v Piranskem zalivu (post. 0035). Dobljeni rezultati kažejo, da so ugotovljene poškodbe DNA še vedno v okviru obsega poškodb DNA, ki nastanejo kot posledica normalnih celičnih delitev. 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. 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 (Larsen in sod., 1982). 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. 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 (na nivoju filogenetskih dreves).



Slika 26. Srednje vrednosti SSF (koeficienta enovijačnih lomov) v vzorcih klapavic na postaji v Koprskem (00TM), Strunjskem (0024) in Piranskem zalivu (0035) v letu 2001.

3. Koordinacija za MED POL

V Barcelonska konvencija

Koordinacijska enota sredozemskega akcijskega načrta - Atene

(Mediterranean Action Programme Co-ordination Unit - MAP)

Sestanek MED POL nacionalnih koordinatorjev, ki ga v okviru dejavnosti MAP organizira sekretariat MAP vsaki dve leti, je bil v Benetkah od 28. do 31. 05. 2001. Na njem je sodelovalo 20 držav (Albanija, Alžirija, Bosna in Hercegovina, Ciper, Egipt, Francija, Grčija, Hrvaška, Izrael, Italija, Libanon, Libija, Malta, Monaco, Maroko, Sirija, Slovenija, Španija, Tunizija, Turčija) in kot kolektivna podpisnica Barcelonske konvencije Evropska komisija, predstavniki več Agencij ZN (IAEA, IOC, WMO, WHO, UNIDO), METAPa, nevladnih organizacij (Cefic/Eurochlor, eco-mediterrania, Forum for the Lagoon of Venice, Greenpeace, OGP International association of oil and gas producers, Amici per la vita) ter kot organizator UNEP, MAP program.

Na sestanku smo obravnavali sledeče teme:

1. pregled in odobritev dejavnosti v obdobju 2002-2003 s poudarkom na implementaciji LBS protokola in SAP dejavnosti,
2. predlog finančnega načrta MAP in MED POL faze III v obdobju 2002-2003,
3. pregled in odobritev operacijskega dokumenta za implementacijo SAP.

Sprejeli smo več priporočil, ki jih bodo obravnavali na sestanku držav podpisnic Barcelonske konvencije.

Težišče sestanka MED POL nacionalnih koordinatorjev in ekspertov, ki ga je MAP sekretariat organiziral v Rimu od 05. do 07. 12. 2001 pa je bilo na pregledu in ovrednotenju dosedanjih monitoring dejavnosti v okviru MED POL III z oceno napredka pri vzpostavljanju nacionalnih monitoring programov. Slovenija je ena od 8 sredozemskih držav, ki je vzpostavila tako trend monitoring kot tudi monitoring bioloških učinkov in monitoring skladnosti s predpisi. Manjše pomanjkljivosti v okviru monitoringa so predvsem sledeče: ne poročamo o rezultatih monitoringa skladnosti s predpisi za efluente in žariščne točke onesnaženja, dodatno pa bi bilo potrebno tudi uvesti še dva biomarkerja za spremljanje bioloških učinkov onesnaženja. Obravnavali smo tudi predlog parametrov za spremljanje evtrofikacije morja; ta monitoring naj bi za države postal obvezen v obdobju 2002-2003. Parametri bodo skladni z zahtevami EEA.

Stiki z IAEA, Marine Environment Laboratory, Monaco

IAEA-MEL laboratorij je v okviru MED POL zadolžen za interkalibracije na področju neorganskih in organskih polutantov. V skladu s pozivom dr. Stephena de More, vodje laboratorija so bili v l. 2001 v okviru interkalibracijskih vaj (Intercomparison Exercise IAEA-406 in IAEA-407) prijavljeni sledeči laboratoriji: Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo in Odsek za kemijo okolja, Inštitut J. Stefan. Glej prilogo.

Stiki z WMO/UNEP

Raziskovalci Instituta J. Stefan in MBP/NIB so skupaj z eksperti Hidrometeorološkega zavoda pripravili predlog projekta "Study of Atmospheric Input of Trace Elements to the Slovenian Marine Environment" in decembra 2001 je bil podpisana pogodba (Memorandum of understanding) o finančni podpori UNEP MAP v višini 9.000 US\$ za izvajanje tega projekta.

Sodelovanje slovenskih ekspertov na strokovnih sestankih in interkalibracijah MED POL/MAP

Na poziv Koordinacijske enote sredozemskega akcijskega načrta za nominacijo slovenskih ekspertov so na strokovnih sestankih sodelovali:

- na sestanku "Approaches and Systems for Environmental Compliance and Inspection", ki je potekal v Catanii na Siciliji 7. do 10. 02. 2001 dr. Valentina Turk,
- na "Meeting of the Informal network on Compliance and Enforcement of Regulations in the Mediterranean Sea for the Control of Pollution that Result from Land-Based Activities" v Atenah dipl. ing. kem. Žbona Boris,
- na "Intercalibration exercise on microbiological methods for coastal recreational waters monitoring" v Atenah od 26. do 29.09.2001 mag. Dean Bošnjak, dr. vet.,
- na "Regional Training Course for Trainers on Municipal Wastewater Treatment Plant Operation and Management", ki je potekal od 16. do 20. oktobra 2001 v Atenah, dipl. ing. gradb. Branko Potočnik,
- na "Training Course on Biomarker Evaluation", ki je bil v Genovi, Italija, od 19. do 24. 11. 2001 dr. Andreja Ramšak,

- na “Consultation meeting on criteria and standards for health-related monitoring of coastal recreational waters” v Atenah od 27. do 28.11.2001 mag. Dean Bošnjak, dr. vet.

Dobili smo tudi poziv za sodelovanje na sestanku “Implementation of the Pollutants Release and Transfer Register - Pilot project”, ki je decembra 2001 potekal v Aleksandriji, Egipt, vendar žal udeležbe nismo mogli zagotoviti.

V skladu z določbami dogovora med vlado R Slovenije in UNEP (Programme for the assessment and control of pollution in the Mediterranean region, National Monitoring Programme, Slovenia) je bilo konec decembra v Atene posredovano poročilo o dogovorjenem monitoringu skupaj z računalniškim zapisom rezultatov.

Koordinacijska enota sredozemskega akcijskega načrta je pogodbenice Barcelonske konvencije pozvala naj dopolnijo poročila o nacionalnih žariščnih točkah onesnaženja in dr. Valentina Turk ter dipl. ing. gradb. Branko Potočnik sta pripravila dokument

Dejavnosti v okviru slovensko-hrvaško-italijanske komisije za zaščito Jadranskega morja in obalnih območij

Pripravljen je bil predlog projekta »Integracija podatkov oceanografskih boj na slovenski in italijanski strani Tržaškega zaliva«, ki je bil tudi predstavljen na okrogli mizi »Varstvo okolja in trajnostni razvoj« v okviru jadransko-jonske pobude. Zaenkrat še nismo uspeli zagotoviti finančne podpore temu projektu, čeprav neformalno sodelovanje slovenske in italijanske institucije, ki upravljata boji v Tržaškem zalivu dobro teče.

Nadaljevale so se dejavnosti v zvezi s pripravo programa Coordinated Adriatic Observing System in organiziranih je bilo več sestankov. Najpomembnejši je bil v Gradežu (Italija) in sicer smo na operativnem sestanku ekspertov iz Slovenije, Italije, Hrvaške in ZDA pripravili vsebinski program za predvideno križarjenje z italijanskim plovilom v oktobru 2002 in vsebinsko dopolnili programe, ki že tečejo. Del sredstev za te programe bodo zagotovile ZDA, preostanek pa sodelujoče jadranske države.

Udeležba v med laboratorijskih testih v letu 2001

Del redne dejavnosti je zagotavljanje t.i. “good laboratory practise”, redne interkalibracije, ki jih opravljamo v okviru dejavnosti za MED POL (UNEP), udeležba na mednarodnih sestankih koordinatorjev in ekspertov, na tečajih in izobraževanjih tehnikov, strokovnih sodelavcev in raziskovalcev

Morska biološka postaja je sodelovala pri interkalibraciji metode za vrednotenje količine metalotioneinov. Interkalibracijo je organiziral UNEP/MAP referenčni center iz Genove. Rezultati interkalibracije so potrdili, da je metoda standardizirana in ponovljiva.

Dr. Andreja Ramšak se je udeležila delavnice Vrednotenje biomarkerjev, ki je potekala od 19. 11. 2001 do 24. 11. 2001 v Genovi in jo je organiziral Centro Interuniversitario di Ricerca su Biologia e Chimica dei Metalli in Traccia, ki je UNEP-MAP reference center for quality assurance.

Sodelovali smo pri Intercomparison exercise IAEA-417, analiza ogljikovodikov v vzorcu sedimenta.

The International Measurement Evaluation Programme IMEP-12: Trace elements in water, Final report, September 2001.

Sodelovanje pri izvedbi delavnice Testiranje usposobljenosti laboratorijev za določanje kovin v vzorcih sedimenta: TRAP-LRM, Barcelona junij 2001.

Udeležba na testu usposobljenosti laboratorijev (domači in tuji udeleženci), ki ga je organiziral Kemijski Institut Ljubljana, za določanje kovin v vzorcih odpadnih vod Proficiency testing "Waste water", Ljubljana junij 2001.

HORVAT, Milena, STIBILJ, Vekoslava, FAJON, Vesna. *Determination of total mercury, methylmercury, total selenium and total arsenic in oyster homogenate, mulspot T-37*, (IJS delovno poročilo, 8448). Ljubljana: Institut "Jožef Stefan", 2001.

VI. 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.
- Brown, D.O., Bawde, C.A., Channel, K.W., Parson, T.R., (1977): The wildlife community of Iona Island Jelly, Vancouver, BC, and heavy metal pollution effects. *Environ. Conserv.* 4: 213-216.
- Donghua L et al. Evaluation of metal ion toxicity on root tip cells by the *Allium* test. *Israel J. of Plant Sciences* 43 (1995), 125–133.
- Fiskesjö G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas* 102 (1985), 99–112.
- Fiskesjö G. The *Allium* test in wastewater monitoring. *Environmental Toxicology and Water Quality* 8 (1993), 291–298.
- Grasshoff, K. 1983. *Methods of seawater analysis.* Verlag Chemie. Weinheim.
- Grant WF. The present status of higher plant bioassays for the detection of environmental mutagens. *Mutation Res.* 310 (1994), 175–185.
- Grant WF & Salamone MF. Comparative mutagenicity of chemicals selected for test in the International Program on Chemical Safety's collaborative study on plant systems for the detection of environmental mutagens. *Mutation Res.* 310 (1994), 187–209.
- 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.
- 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.
- Mozetič P. in sod. Program spremljanja kakovosti obalnega morja v Republiki Sloveniji. Poročilo za leto 2001. Ministrstvo za okolje in prostor. V pripravi.
- Mulcahy DL. Pollen tetrads in the detection of environmental mutagenesis. *Environmental Health Perspectives* 37 (1981), 91–94.
- 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.
- Smaka-Kincl V, Stegnar P, Lovka M & Toman MJ. The evaluation of waste, surface and ground water quality using the *Allium* test procedure. *Mutation Res.* 368 (1996), 171–179.
- 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.
- Te-Hsiu M. Vicia cytogenetic tests for environmental mutagens. *Mutation Res.* 99 (1982), 257–271.
- 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 Methods. 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/WHO, 1994. *Guidelines for health-related monitoring of coastal recreational and shellfish areas. Bacterial indicator organisms.* UNEP. Copenhagen.
- UNEP/RAMOG, 1999: *Manual on the biomarkers recommended for the MED POL biomonitoring programme.* UNEP, Athens.

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

VII. TABELE

Program monitoringa v letu 2001

VIII. TABELE –REZULTATI

Rezultati opravljenih meritev v letu 2001