

MONITORING KAKOVOSTI MORJA, BRAKIČNIH VODA IN VODA ZA ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN MORSKIH POLŽEV V LETU 2005

LETNO POROČILO

Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje
Vojkova ulica 1b, Ljubljana
Pogodba št. 2523-04-500237

Izvajalec: Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran
Fornače 41, Piran

Nosilka projekta: dr. Patricija Mozetič

Sodelavci na programu*:

- NIB-MBP: Mira Avčin, dr. Oliver Bajt, Vladimir Bernetič, dr. Branko Čermelj, mag. Janja Francé, Alma Hvala, dr. Nives Kovač, Franc Kravos, Tihomir Makovec, Silva Maslo, Milijan Šiško, dr. Valentina Turk
- IJS: Vesna Fajon, Darija Gibičar, dr. Milena Horvat, dr. Radmila Milačič, dr. Janez Ščančar
- ZZV: Marjana Babič, mag. Zdenka Cenčič Kodba, Bogdana Jeretin, Ladislav Kučan, Alenka Labovič, mag. Slavko Lapajne, Nataša Mirkovič, Andreja Rošker Šajt, mag. Darinka Štajnbaher, dr. Ernest Vončina

Piran, februar 2006

* navedeni so vsi sodelavci, ki so sodelovali na programu monitoringa v letu 2005, na projektu s pogodbo št. 2523-04-500237 pa je bil izvajalec le NIB-MBP s podizvajalcem IJS

Za bibliografske namene se delo navaja kot poročilo o razvojno-raziskovalni nalogi:

Mozetič, P., O. Bajt, B. Čermelj, J. Francé, N. Kovač, S. Lapajne, R. Milačič, M. Šiško in V. Turk. 2006. Monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2005. Letno poročilo. (Poročila MBP – Morska biološka postaja, 82). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran, 2006, 93 str.

Slika na naslovnici: T. Makovec

KAZALO

1	UVOD	2
2	MATERIAL IN METODE	5
2.1	<i>VZORČENJE.....</i>	5
2.1.1	Monitoring kakovosti morja	5
2.1.2	Monitoring kakovosti brakičnih voda	11
2.1.3	Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev	14
2.2	<i>METODE</i>	17
3	REZULTATI.....	23
3.1	<i>MONITORING KAKOVOSTI MORJA</i>	23
3.1.1	Splošni parametri	23
3.1.2	Prednostni in indikativni parametri.....	64
3.1.3	Ocena kemijskega stanja morja.....	68
3.2	<i>MONITORING KAKOVOSTI BRAKIČNIH VODA.....</i>	71
3.2.1	Splošni parametri	71
3.2.2	Prednostni in indikativni parametri.....	73
3.2.3	Ocena kemijskega stanja brakičnih voda.....	76
3.3	<i>MONITORING KAKOVOSTI VODE ZA ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN MORSKIH POLŽEV</i>	79
3.3.1	Ocena kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev	90
4	LITERATURA.....	92

1 UVOD

Pričujoče delo je letno poročilo projektne naloge »Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2005«, kot to določa 1. točka 2. člena pogodbe št. 2523-04-500237, sklenjena med naročnikom, Ministrstvom za okolje in prostor, Agencija RS za okolje (v nadaljevanju MOP-ARSO) in izvajalcem, Nacionalnim inštitutom za biologijo, Morska biološka postaja Piran (v nadaljevanju NIB-MBP).

Zakonske podlage za izvajanje programa monitoringa v takšni obliki, kot bo predstavljen na naslednjih straneh, ki sta jih v letu 2002 pripravila Vlada Republike Slovenije oz. pristojno ministrstvo (MOP), so:

- **Uredba o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02)** s pripadajočim pravilnikom, ki določa način in obseg izvajanja imisijskega monitoringa za površinske vode (**UL RS 42/02**);
- **Uredba o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (UL RS 46/02)** s pripadajočim pravilnikom za površinske vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (**UL RS 71/02**).

Oba pravilnika povzemata evropske predpise in predstavljata prehodno obdobje do leta 2007, ko bo Slovenija pričela izvajati evropsko Direktivo 2000/60/EC o skupni politiki do vod. To velja predvsem za Pravilnik o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda, ki vsebinsko povzema 8. člen in 1. točko aneksa 5 Direktive 2000/60/EC, tj. tisti del, ki se nanaša na predstavitev rezultatov monitoringa kemijskega stanja površinskih voda. Pravilnik o monitoringu kakovosti površinske vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev pa vsebinsko povzema Direktivo 79/923/EEC o kakovosti vode za vzgojo lupinarjev.

Program monitoringa je razdeljen na tri podprograme oz. sklope, katerih rezultate tudi prikazujemo posebej:

- 1. Monitoring kakovosti morja**
- 2. Monitoring kakovosti brakičnih voda**
- 3. Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev.**

Po uredbi o kemijskem stanju površinskih voda, so površinske vode reke, potoki, naravna in umetna jezera, brakične vode in obalno morje, zato prva dva podprograma pokrivata merilna mesta v obalnem morju in na območju brakičnih voda, tj. tam, kjer prihaja do mešanja morske in celinske vode (npr. izlivi rek, mokrišča ipd.). Tretji podprogram pa smo v določenem obsegu izvajali že v prejšnjih letih, vendar je sodil v okvir izvajanja določil Barcelonske konvencije.

Uredba in pravilnik o kemijskem stanju površinskih voda med drugim opredeljujeta število in tip merilnih mest, frekvenco vzorčenja ter vrsto parametrov v sklopu splošnih, prednostnih in indikativnih parametrov. Poleg tega določata izvajanje preglednih in rednih meritev monitoringa. Tako kot v letih 2003 in 2004, smo tudi v 2005 v morju in na območjih brakičnih voda izvajali pregledne meritve, ki so obsegale vse parametre, našteje v pravilniku o kemijskem stanju površinskih voda. Po uredbi in pravilniku o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev smo prav tako izvajali meritve vseh parametrov na mreži merilnih mest, kot je to predvideno za imisijski monitoring.

Tako kot v letu 2004, je tudi v letu 2005 pri izvedbi monitoringa sodeloval samo en podizvajalec - Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Odsek za zanosti o okolju (v nadaljevanju IJS) (Tab. 1), vendar smo za drugega enakovrednega izvajalca naloge, Zavod za zdravstveno varstvo iz Maribora, istočasno z našimi vzorčenji, vzorčevali vodo in sediment tudi za njihove parametre. To poročilo tako vključuje nabor **vseh parametrov**.

Rezultati monitoringa v letu 2005 so zbrani v tabeli v elektronski obliki Excel (**ARSO_pod2005.xls**) in kot slikovno gradivo (**Grafi05_CZ.xls**, **Grafi05_F.xls**, **Grafi05_K.xls**, **Grafi05_MA.xls**, **Grafi05_morje.xls**, **Grafi05_brakicne.xls**, **Grafi05_skoljci.xls**). Popisi uporabljenih metod z vsemi pripadajočimi podatki (povsod tam, kjer je bilo možno navesti podatke), so urejeni v elektronski obliki Excel v tabeli **EB_tabela_metode05.xls**, kot to zahteva projektna naloga.

Podatki in poročilo so zaščiteni po določilih avtorskega prava, uporaba podatkov in tisk zunaj NIB-MBP in MOP-ARSO pa sta dovoljena le v obliki izvlečkov z navedbo vira.

Tab. 1: Popis ustanov, ki so sodelovale na programih nacionalnega monitoringa in izvajalci, odgovorni za posamezne analize, vzorčenje in izvedbo programov.

Izvajalec	Ustanova	Parameter
dr. Patricija Mozetič	NIB-MBP	vodja programa
Franc Kravos Tihomir Makovec Alma Hvala	NIB-MBP	vzorčenje na terenu, CTD sonda, priprava terenov
Mira Avčin Silva Maslo	NIB-MBP	splošni fizikalno-kemični parametri
Vladimir Bernetič	NIB-MBP	skupna suspendirana snov in detergenti
dr. Oliver Bajt	NIB-MBP	PAH-i v sedimentu
dr. Nives Kovač dr. Branko Čermelj	NIB-MBP	skupna suspendirana snov in partikulatni organski ogljik
Milijan Šiško, univ.dipl.biol.	NIB-MBP	fitoplankton, obdelava podatkov
mag. Janja Francé	NIB-MBP	toksični fitoplankton
dr. Valentina Turk	NIB-MBP	mikrobiološki parametri
dr. Milena Horvat, vodja odseka Vesna Fajon Darija Gibičar dr. Radmila Milačič dr. Janez Ščančar	IJS	težke kovine
mag. Slavko Lapajne, univ.dipl.kem. Alenka Labovič, univ.dipl.inž.kem.tehnol. Nataša Mirkovič, univ.dipl.inž.kem.tehnol. Marjana Babič, univ.dipl.kem. Ladislav Kučan, univ.dipl.inž.kem.tehnol. Mag. Darinka Štajnbaher, univ.dipl.kem. Mag. Zdenka Cenčič Kodba, univ.dipl.kem. Andreja Rošker Šajt, univ.dipl.kem. Bogdana Jeretin, univ.dipl.inž.kem.tehnol. dr. Ernest Vončina, univ.dipl.kem., spec.	ZZV	organske halogenirane spojine pesticidi in metaboliti ekstrahirane organske halogene spojine (EOC) mineralna olja

2 MATERIAL IN METODE

2.1 VZORČENJE

2.1.1 Monitoring kakovosti morja

Merilna mesta. Mreža merilnih mest v programu monitoringa kakovosti morja obsega eno osnovno, eno referenčno in dve dodatni merilni mesti v slovenskem delu Tržaškega zaliva (Tab. 2). Osnovno merilno mesto je značilno za ugotavljanje kemijskega stanja določenega vodnega telesa in lahko tudi meji na teritorialne vode druge države (npr. Italija), kar velja za postajo 00CZ sredi Tržaškega zaliva (Sl. 1).



Sl. 1: Mreža merilnih mest treh programov nacionalnega monitoringa v letu 2005 v južnem delu Tržaškega zaliva. Z rdečo barvo so označena merilna mesta v morju, z zeleno merilna mesta v rečnih ustjih, z rumeno pa merilna mesta na območjih gojišč školjk.

Referenčno merilno mesto (000F) leži po dosedanjih podatkih na najmanj onesnaženem območju obalnega morja – v južnem delu Tržaškega zaliva, kjer je vpliv s kopnega najmanjši - in predstavlja referenčno točko za določanje meril za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda. Dodatni merilni mesti ležita na območjih obalnega morja, ki so pod vplivom enega ali več točkovnih, kot tudi netočkovnih virov onesnaženja. Merilno mesto 000K je v Koprskem zalivu, v neposredni bližini Luke Koper in izliva reke Rižane, v katero se stekajo komunalne in nekatere industrijske odplake po primarnem, mehanskem čiščenju. Merilno mesto 00MA leži v Piranskem zalivu na vhodu v portoroško marino.

Tab. 2: Mreža merilnih mest za ugotavljanje kemijskega stanja obalnega morja.

Merilno mesto	Tip	Zemljepisna širina (N)	Zemljepisna dolžina (E)	Globina postaje (m)
00CZ	osnovno	45°37,40'	13°37,93'	24
000F	referenčno	45°32,30'	13°33,00'	21
000K	dodatno	45°33,60'	13°43,20'	16
00MA	dodatno	45°30,20'	13°34,20'	16

Frekvenca vzorčenja. Splošne parametre smo vzorčili 12-krat v letu na osnovnem in referenčnem merilnem mestu, na dodatnih pa 4-krat letno (Tab. 3). Sklop prednostnih in indikativnih parametrov smo vzorčili 4-krat letno na vseh štirih merilnih mestih, vendar se je število prednostnih oz. indikativnih parametrov razlikovalo za posamezna merilna mesta. Prav tako se je razlikovalo število vzorčenj za različna matriksa – vodo in sediment. Zgoraj opisana vzorčevalna shema velja za morsko vodo, sediment pa smo vzorčili le enkrat, tj. septembra oz. novembra v obdobju premešanega vodnega stolpa. V Tabeli 3 podajamo popis datumov vzorčevanj za posamezna merilna mesta, sklope parametrov in matriks za vse merjene parametre, ne glede na izvajalca meritev.

Tab. 3: Datumi vzorčenj in popis vzorčenih sklopov parametrov za posamezna merilna mesta (S – splošni, P – prednostni, I – indikativni parametri).

Datum	Merilno mesto	Matriks	Sklop parametrov
18.01.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
23.02.05	00CZ	voda	S, P, I
	000F	voda	S, P, I
	000K	voda	S, P, I
	00MA	voda	S, P, I
23.03.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
13.04.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
12.05.05	00CZ	voda	S, P, I
	000F	voda	S, P, I
	000K	voda	S, P, I
	00MA	voda	S, P, I
15.06.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
20.07.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
17.08.05	00CZ	voda	S, P, I
	000F	voda	S, P, I
	000K	voda	S, P, I
	00MA	voda	S, P, I
14.09.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
	000K	sediment	I
	00MA	sediment	I
14.10.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
15.11.05	00CZ	voda	S, P, I
		sediment	P
	000F	voda	S, P, I
		sediment	P
000K	voda	S, P, I	
	sediment	P, I	
00MA	voda	S, P, I	
	sediment	P, I	
16.12.05	00CZ	voda	S
	000F	voda	S

Popis parametrov. Parametri so razdeljeni v tri sklope: **splošni, prednostni in indikativni**. Splošni parametri vključujejo osnovne fizikalno-kemične in nekatere biološke parametre morske vode, indikativni in prednostni parametri pa so izključno kemični in dajejo največjo težo pri opisovanju kemijskega stanja obalnega morja (glej

poglavje 3.1.3). V Tabelah 4-7 prikazujemo popis parametrov za posamezno merilno mesto in matriks.

Tab. 4: Sklopi parametrov za posamezna merilna mesta in matriks (FIZ-KEM: splošni fizikalno-kemični parametri; Chl a: klorofil a; TRIX: trofični indeks; FITO: abundanca in taksonomska sestava fitoplanktona; KOV: težke kovine; PAH: policiklični aromatski ogljikovodiki).

Merilno mesto / Tip	Matriks	Splošni parametri	Prednostni parametri	Indikativni parametri
00CZ / osnovno	voda	FIZ-KEM, Chl a, TRIX	vsi	KOV
	sediment	-	vsi	-
000F / referenčno	voda	FIZ-KEM, Chl a, FITO, TRIX	vsi	KOV
	sediment	-	vsi	-
000K, 00MA / dodatno	voda	FIZ-KEM, Chl a, TRIX	kadmij, živo srebro	KOV
	sediment	-	kadmij, živo srebro	PAH, KOV

Tab. 5: Seznam splošnih parametrov v morski vodi.

Parameter
FIZIKALNO-KEMIČNI
temperatura zraka
temperatura vode
pH
kisik (O ₂)
nasičenost s kisikom (% O ₂)
biokemijska potreba po kisiku v 5. dneh (BPK ₅)
prosojnost
slanost
skupna suspendirana snov (TSS)
partikulatni organski ogljik (POC)
skupni dušik (TN)
amonij (NH ₄ ⁺)
nitrit (NO ₂ ⁻)
nitrat (NO ₃ ⁻)
skupni fosfor (TP)
ortofosfat (PO ₄ ³⁻)
silikat (SiO ₄ ⁴⁻)
BIOLOŠKI
klorofil a (Chl a)
število in sestava fitoplanktona
TRIX

Tab. 6: Seznam prednostnih parametrov v vodi in sedimentu.

Parameter	
	1,1,2,2-tetrakloroeten (perkloretilen)
VODA	1,1,2-trikloroeten
Težke kovine	SEDIMENT
kadmij-filt. (Cd-filt.)	Težke kovine
kadmij-susp. (Cd-susp.)	kadmij (Cd)
živo srebro-filt. (Hg-filt.)	živo srebro (Hg)
živo srebro-susp. (Hg-susp.)	Organske halogenirane spojine
Organske halogenirane spojine	heksaklorobenzen
pentaklorfenol	heksaklorobutadien
heksaklorobenzen	α -HCH (α -heksaklorocikloheksan)
heksaklorobutadien	β -HCH (β -heksaklorocikloheksan)
α -HCH (α -heksaklorocikloheksan)	γ -HCH (γ -heksaklorocikloheksan - lindan)
β -HCH (β -heksaklorocikloheksan)	δ -HCH (δ -heksaklorocikloheksan)
γ -HCH (γ -heksaklorocikloheksan - lindan)	pentaklorfenol
δ -HCH (δ -heksaklorocikloheksan)	1,2,3-triklorobenzen
1,2,3-triklorobenzen	1,2,4-triklorobenzen
1,2,4-triklorobenzen	1,3,5-triklorobenzen
1,3,5-triklorobenzen	
triklorometan	
1,2-dikloroetan	

Tab. 7: Seznam indikativnih parametrov v vodi in sedimentu.

Parameter	
VODA	svinec (Pb)
Težke kovine	Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)
baker-filt. (Cu-filt.)	naftalen
baker-susp. (Cu-susp.)	acenaftilen
cink-filt. (Zn-filt.)	acenaften
cink-susp. (Zn-susp.)	fluoren
krom-filt. (Cr-filt.)	fenantren
krom-susp. (Cr-susp.)	antracen
nikelj-filt. (Ni-filt.)	fluoranten*
nikelj-susp. (Ni-susp.)	piren
svinec-filt. (Pb-filt.)	benzo(a)antracen
svinec-susp. (Pb-susp.)	krizen
SEDIMENT	benzo(b)fluoranten*
Težke kovine	benzo(k)fluoranten*
baker (Cu)	benzo(a)piren*
cink (Zn)	benzo(g,h,i)perilen*
krom (Cr)	dibenzo(a,h)antracen
nikelj (Ni)	indeno(1,2,3-c,d)piren*

Vzorčenje. Za analizo splošnih parametrov smo vzorce morske vode zajemali s 5-litrskimi Niskinovimi posodami, ki so pripete na rozeto. Rozeta je standardna oceanografska naprava, ki se uporablja za vzorčevanje morske vode. Velika (časovna) prednost je v tem, da lahko ob enem spustu v morje naekrat vzorčujemo do 12 vzorcev morske vode, globina zajema vzorcev pa je vnaprej računalniško določena.

Podvzorce za kisik in BPK_5 smo takoj previdno natočili v Winklerjeve stekleničke, podvzorce za ostale kemične in biološke parametre pa smo razdelili iz skupne 5-litrskeske steklenice po prihodu v laboratorij. Sklop splošnih parametrov smo določevali na standardnih oceanografskih globinah in sicer na štirih na postajah 000K in 00MA (0, 5, 10 m in pridneni sloj), na petih na postaji 000F (0, 5, 10, 15 m in pridneni sloj) ter na šestih globinah na postaji 00CZ (0, 5, 10, 15, 20 m in pridneni sloj). Vzorce vode za analizo fitoplanktonske združbe na postaji 000F smo zajeli na treh globinah (0, 5, 15 m).

Prednostne in indikativne parametre smo analizirali v vodi in sedimentu. Vzorce morske vode smo zajemali le v površinskem sloju s posebej označenimi vzorčevalnimi posodami za posamezne parametre oz. skupine parametrov (plastične za težke kovine, steklene za ostale parametre), bodisi ročno, bodisi s kovinsko palico z ležiščem za vzorčevalno posodo in označeno globino. Vzorce sedimenta (zgornji 2-cm sloj) smo jemali z gravitacijskim korerjem s plastično (za težke kovine) ali kovinsko cevjo (za ostale parametre). Vzorci sedimenta so bili do analize težkih kovin shranjeni na temperaturi -20°C.

2.1.2 Monitoring kakovosti brakičnih voda

Monitoring kakovosti brakičnih voda predpisuje isti pravilnik kot monitoring kakovosti morja, zato sta si vzorčevalni shemi (merilna mesta, pogostost in način vzorčenja) in listi parametrov obeh monitoringov zelo podobni.

Merilna mesta. Kot brakični vodni telesi smo v letu 2003 določili ustja dveh najpomembnejših rek, ki se stekata v slovensko morje – Rižana in Dragonja. V estuariju reke Rižane smo se na merilnem mestu ERI2 skušali čimbolj približati ustju reke, kolikor je bilo moč s plovilom zapluti proti strugi. Na izlivnem območju Dragonje pa smo vzorčevali s kopnega v spodnjem toku reke na merilnem mestu 00DR. Največja globina obeh merilnih mest je bila ob vsakem vzorčenju nekoliko drugačna zaradi različnega vodostaja rek in obsega plimovanja ob vzorčevanju. V povprečju je bila globina postaje ERI2 10 m, globina postaje 00DR pa okoli 1 m.

Tab. 8: Merilna mesta za ugotavljanje kemijskega stanja brakičnih voda.

Merilno mesto	Tip	Zemljepisna širina (N)	Zemljepisna dolžina (E)
ERI2	osnovno	45°33,52	13°44,67
00DR	referenčno	45°27,53'	13°37,60'

Frekvenca vzorčenja. Frekvenca vzorčenja je bila za obe merilni mesti in za vse tri sklope parametrov 4-krat letno za vodo in 1-krat letno za sediment (Tab. 9).

Tab. 9: Datumi vzorčenj in vzorčeni sklopi parametrov za posamezna merilna mesta (S – splošni, P – prednostni, I – indikativni parametri).

Datum	Merilno mesto	Matriks	Sklop parametrov
22.02.05	00DR	voda	S, P, I
23.02.05	ERI2	voda	S, P, I
11.05.05	00DR	voda	S, P, I
12.05.05	ERI2	voda	S, P, I
17.08.05	ERI2	voda	S, P, I
18.08.05	00DR	voda	S, P, I
15.11.05	ERI2	voda sediment	S, P, I P, I
16.11.05	00DR	voda sediment	S, P, I P, I

Popis parametrov. Na obeh postajah smo merili vse parametre iz splošnega, prednostnega in indikativnega sklopa. Seznam splošnih, prednostnih in indikativnih parametrov je v veliki meri enak seznamu parametrov za določevanje kemijskega statusa obalnega morja (poglavje 2.1.1; Tab. 5- 7). Razlike so sledeče:

- splošni parametri (glej Tabelo 5): ni bioloških parametrov (Chl *a* in fitoplankton) in trofičnega indeksa (TRIX), dodatno pa se meri električna prevodnost;
- prednostni parametri (glej Tabelo 6): ni razlik za vodo in sediment;
- indikativni parametri: na seznamu indikativnih parametrov je največ razlik, zato ga za brakične vode predstavljamo posebej (Tab. 10);

Tab. 10: Seznam indikativnih parametrov, merjenih v brakičnih vodah.

Parameter	
VODA	
Težke kovine	
baker-filt. (Cu-filt.)	
baker-susp. (Cu-susp.)	
cink-filt. (Zn-filt.)	
cink-susp. (Zn-susp.)	
krom-filt. (Cr-filt.)	
krom-susp. (Cr-susp.)	
nikelj-filt. (Ni-filt.)	
nikelj-susp. (Ni-susp.)	
svinec-filt. (Pb-filt.)	
svinec-susp. (Pb-susp.)	
Pesticidi in metaboliti	
alaklor	
metolaklor	
aldrin	
	dieldrin
	endrin
	atrazin
	desetil-atrazin
	simazin
	propazin
	Druga onesnaženja
	anioaktivni detergenti
	SEDIMENT
	Težke kovine
	baker (Cu)
	cink (Zn)
	krom (Cr)
	nikelj (Ni)
	svinec (Pb)
	Druga onesnaženja
	ekstrahirani organski halogeni (EOX)

Vzorčenje. Postopek vzorčenja vode in sedimenta je bil enak kot pri monitoringu kakovosti morja. Razlika je bila le v številu vzorčevalnih globin za splošne parametre: na merilnih mestih brakičnih voda smo vzorčevali le eno globino in sicer tik pod površino oz. v tankem zgornjem sloju vodnega stolpa, kjer je bilo še opaziti vpliv sladke vode (znižana slanost). V večini primerov je bila to globina 0,3 m.

2.1.3 Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev

Merilna mesta. Uredba in pravilnik o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev določata kakovost vodnega telesa, v katerem živijo ali bi lahko, v primeru zmanjšanja onesnaženja, živel morski organizmi. Tu gre predvsem za organizme, ki so namenjeni prodaji na trgu, zato sta bili že leta 2003 kot merilni mesti izbrani območji v notranjosti Strunjanskega in Piranskega zaliva, kjer vrsto let gojijo užitne klapavice *Mytilus galloprovincialis*, v letu 2005 pa je bilo dodano novo merilno mesto na območju novo vzpostavljenega gojišča na Debelem rtiču (Tab. 11, Sl. 1).

Tab. 11: Merilna mesta za ugotavljanje kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev na gojiščih školjk vrste *Mytilus galloprovincialis*.

Merilno mesto	Značilnost	Zemljepisna širina (N)	Zemljepisna dolžina (E)	Globina postaje (m)
0024	školjčišče v Strunjanskem zalivu	45°31,79'	13°35,80'	14
0035	školjčišče v Piranskem zalivu	45°29,49'	13°34,83'	12
00DB	školjčišče na Debelem rtiču	45°35,75'	13°42,78'	16

Popis parametrov in frekvenca vzorčenja. Na merilnih mestih smo izvajali imisijski monitoring, ki določa meritve vseh **parametrov onesnaževanja** in **parametrov kakovosti** ter njihove priporočene in mejne vrednosti. Popis merjenih parametrov je v Tabeli 12.

Frekvenca in globina vzorčenja sta bili za posamezne parametre različni (Tab. 13), poleg tega so se določeni parametri merili v treh različnih matriksih (npr. težke kovine v vodi, sedimentu in organizmih). Frekvenca vzorčenja v vodi je nihala od 2-krat do 12-krat letno, sediment smo vzorčili enkrat, organizme (tj. školjčje meso) pa dvakrat letno. Vzorčeni parametri in frekvenca vzorčenja so bili na vseh merilni mesti enaki.

Tab. 12: Seznam merjenih parametrov onesnaževanja in kakovosti.

Parameter	
PARAMETRI ONESNAŽEVANJA	
VODA	
temperatura	
slanost	
skupna suspendirana snov (TSS)	
PARAMETRI KAKOVOSTI	
VODA	
pH	
kisik (O ₂)	
nasičenost s kisikom (% O ₂)	
mineralna olja	
fekalne koliformne bakterije (FK)	
toksični fitoplankton - število in sestava (HAB)	
Organske halogenirane spojine	
1,2-dikloreten	
heksaklorobenzen	
heksaklorobutadien	
α-HCH (α-heksaklorocikloheksan)	
β-HCH (β-heksaklorocikloheksan)	
γ-HCH (γ-heksaklorocikloheksan - lindan)	
	δ-HCH (δ-heksaklorocikloheksan)
	tetrakloroeten
	trikloroeten
	triklorometan
	Kovine (filt., susp. del)
	srebro (Ag)
	arzen (As)
	kadmij (Cd)
	krom (Cr)
	baker (Cu)
	živo srebro (Hg)
	nikelj (Ni)
	svinec (Pb)
	cink (Zn)
	SEDIMENT
	kadmij (Cd)
	živo srebro (Hg)
	ORGANIZMI
	kadmij (Cd)
	živo srebro (Hg)

Vzorčenje. Postopek vzorčenja vode in sedimenta je bil enak kot pri monitoringu kakovosti morja. Vzorce vode smo zajemali s pomočjo rozete, s katero lahko naenkrat napolnimo 12 5-litrskih Niskinovih posod. Slanost in kisik smo določali v površinskem (0,5 m) in pridnenem sloju, ostale parametre pa le v površinskem sloju. Za analize toksičnega fitoplanktona smo uporabili kompozitni ali sestavljeni vzorec morske vode: vodo smo zajeli na petih (postaja 0035: 0, 3, 6, 9 m in dno) oz. šestih (postaji 0024 in 00DB: 0, 3, 6, 9, 12 m in dno) enakomerno porazdeljenih globinskih nivojih (vsake 3 metre), nato pa po en liter morske vode prelili v vzorčevalno posodo. Tako smo dobili reprezentativni vzorec celotnega vodnega stolpca, ki je za določevanje razmeroma redkih toksičnih vrst fitoplanktona bolj primeren, kot pa posamezni in maloštevilni diskretni vzorci.

Vzorke sedimenta za določevanje vsebnosti kadmija in živega srebra smo jemali z gravitacijskim korerjem s plastično cevjo, pri čemer smo vzeli zgornji 2-cm sloj. Vzorce školjk (do 50 školjk enakih dimenzij) smo pobrali ročno in jih shranili v polietilenske vreče. Do analize težkih kovin so bili vzorci školjk in sedimenta shranjeni na temperaturi -20°C.

Tab. 13: Datumi vzorčenj in popis vseh vzorčenih parametrov na merilnih mestih 0024, 0035 in 00DB.

Datum	Matriks	Parametri
18.01.05	voda	slanost, O ₂
23.02.05	voda	slanost, O ₂ , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, org. halogen. spoj., kovine
16.03.05	organizmi	Cd, Hg
23.03.05	voda	slanost, O ₂
13.04.05	voda	slanost, O ₂
12.05.05	voda	slanost, O ₂ , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, HAB
27.05.05	voda	HAB
15.06.05	voda	slanost, O ₂ , HAB
27.06.05	voda	HAB
20.07.05	voda	slanost, O ₂ , HAB
05.08.05	voda	HAB
17.08.05	voda	slanost, O ₂ , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, HAB
31.08.05	voda	HAB
14.09.05	voda	slanost, O ₂ , HAB
	organizmi	Cd, Hg
	sediment	Cd, Hg
27.09.05	voda	HAB
14.10.05	voda	slanost, O ₂ , HAB
28.10.05	voda	HAB
15.11.05	voda	slanost, O ₂ , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, org. halogen. spoj., kovine
16.12.05	voda	slanost, O ₂

2.2 METODE

Meteorološki parametri. Temperaturo zraka smo izmerili po standardnih metodah.

Splošni fizikalno-kemični parametri. Temperaturo in električno prevodnost vode na posameznih globinah smo odčitali iz vertikalnih profilov naštetih parametrov, posnetih s CTD sondo, ki je bila izdelana na Univerzi v zahodni Avstraliji (CTD: *Conductivity, Temperature, Depth*). Slanost vode smo izračunali iz električne prevodnosti vode, ki je odvisna od narave in količine prisotnih ionov ter temperature. Prosojnost vode smo določali po standardnem postopku s ploščo Secchi - okrogla bela plošča s premerom 30 cm.

pH smo izmerili v laboratoriju s pH metrom ISKRA MA 5794 in kombinirano stekleno elektrodo.

Kisik smo določali po Winklerjevi metodi (Winkler, 1888) s titracijo sproščenega joda z natrijevim tiosulfatom, kjer je sproščen jod ekvivalenten raztopljenemu kisiku v vodi.

Za določitev biokemijske potrebe po kisiku v petih dneh (BPK₅) smo Winklerjeve stekleničke z morsko vodo inkubirali pet dni pri temperaturi 20°C v popolni temi. Po končani inkubaciji smo raztopljeni kisik določili po Winklerju (*ibid.*). Biološka potreba po kisiku predstavlja razliko v količini raztopljenega kisika med takoj analiziranim vzorcem in vzorcem, v katerem se je kisik porabljal pet dni.

Hranilne snovi. Vodne raztopine različnih dušikovih, fosforjevih in silicijevih soli nastopajo v ionski obliki kot nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻), amonij (NH₄⁺), anorganski fosfat (PO₄³⁻) in silikat (SiO₄⁴⁻). Koncentracije hranilnih snovi smo izmerili v nefiltriranih vzorcih po standardnih kolorimetričnih metodah, ki so široko uporabljene v oceanografskih raziskavah (Grasshoff *et al.*, 1983). Vse spektroskopske analize (absorpcije raztopin hranilnih snovi) so bile opravljene s PERKIN ELMER UV/VIS Lambda 14 spektrometrom, s 5 in 10 cm kivetami.

Nitrit smo določili kot rožnato azobarvilo, ki reagira z dodanim sulfanilamidom in N-naftil-etilendiamin dihidrokloridno raztopino (Bendschneider & Robinson, 1952). Nitrat smo najprej reducirali do nitrita ob prehodu vzorca skozi kolono, napolnjeno z zrnici kadmija, ki so prevlečena z bakrom (Grasshoff, 1970), nato pa ga določimo po metodi za nitrit. Za določitev amonija smo uporabili indofenol modro metodo

(Koroleff, 1969, 1970), po kateri smo vzorcu dodali citrat, fenol-nitroprisidni reagent in bazično raztopino hipoklorita.

Anorganski fosfat ali ortofosfat smo določili po metodi Murphy & Riley (1962), modificirani po Koroleffu (1963, neobjavljeni podatki), kjer nastaja fosfomolibdatni kompleks, ki ga z askorbinsko kislino reduciramo v modro obarvano spojino.

Reaktivni silikat smo določili po dodatku heptamolibdata, ki ga nato reduciramo z askorbinsko kislino v prisotnosti oksalne kisline v močno modro obarvan kompleks (Koroleff, 1971).

Skupni fosfor in skupni dušik smo določili po oksidaciji vzorca s persulfatom, nato pa smo uporabili že opisane metode za določitev anorganskega fosfata in nitrata.

Skupna suspendirana snov (TSS) in partikulatni organski ogljik (POC). Vzorce morske vode smo filtrirali skozi predhodno prežgan Whatmanov filter GF/F iz steklenih vlaken s povprečno velikostjo por 0,7 µm. Pred uporabo smo filtre žgali pri temperaturi 480 °C približno 4 ure, da smo odstranili organske nečistoče. Delce, ki so se ustavili na filtru, smo spirali z destilirano vodo, da smo odstranili soli. Koncentracije TSS so bile določene gravimetrično, relativni deleži POC pa izračunani po predhodnem zakisanju filtrov in analizi z elementnim analizatorjem (Carlo Erba elemental analyser 1108) po metodi Hedges & Stern (1984).

Detergenti. Detergente smo določali po metodi metilen-modro, kot je opisana v priročniku *Standard methods for the examination of water and wastewater* (1971) in temelji na formiranju kationov in anionskih surfaktantov, ki jih določamo z merjenjem absorbance organske faze pri valovni dolžini 652 nm.

Mineralna olja. Vzorce vode se ekstrahirajo z 1,1,2-triklorotrifluoroetilenom. Ekstrakt se posuši z brezvodnim natrijevim sulfatom in na Al₂O₃ koloni odstrani lipofilne snovi. Vsebnost mineralnih olj se določi na IR spektrofotometru pri specifičnih absorpcijskih pasovih za CH₃ in CH₂ vezi.

Ekstrahirani organski halogeni (EOX). Koncentracijo EOX v sedimentu se določa po ekstrakciji z organskim topilom (heksan). Alikvotni del ekstrakta se oksidira pri 950 do 1100 °C v atmosferi kisika in argona. Nastali halogeni ioni se določijo z mikrokolumetrično titracijo z Ag ioni.

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH). 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.

Organske halogenirane spojine.

Pentaklorfenol v vodi se določi na plinskem kromatografu (GC) z masnim detektorjem (GC-MS) po predhodnem acetiliranju in ekstrakciji v organsko topilo (metilenklorid).

Pentaklorfenol v sedimentu (zračno suhi sediment) smo določili z ekstrakcijo trdno-tekoče in analizirali na plinskem kromatografu (GC) z masnim detektorjem (GC-MS).

Triklorometan, triklorobenzen (posamezne izomere), 1,2-dikloroetan, 1,1,2-trikloroeten, 1,1,2,2-tetrakloroeten in heksaklorobutadien. Koncentracija hlapnih organskih halogeniranih ogljikovodikov (klorirana topila) v vodi se določi z metodo "head-space" (HS) na plinskem kromatografu (GC) z detektorjem za zajem elektronov (ECD).

Koncentracijo triklorobenzena in heksaklorobutadiena v sedimentu se določi po isti metodi.

Aldrin, dieldrin, endrin, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH in heksaklorobenzen v vzorcih vode se določili po ekstrakciji tekoče-tekoče z organskim topilom. Po potrebi se ekstrakt očisti s kolonsko absorpcijsko kromatografijo ter nato koncentrira in injicira v plinski kromatograf (GC) z detektorjem na zajem elektronov (ECD).

Za analizo α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH in heksaklorobenzena v vzorcih sedimenta se ustrezna zatehta zračno suhega vzorca ekstrahira z mešanico organskih topil. Sledi čiščenje ekstrakta s kolonsko absorpcijsko kromatografijo, koncentriranje in injiciranje v plinski kromatograf (GC) z detektorjem za zajem elektronov (ECD).

Pesticidi in metaboliti. Za izolacijo pesticidov (alaklor, atrazin, desetil-atrazin, simazin, metolaklor in propazin) iz vode (pH = 7) se uporabi postopek ekstrakcije pri pH = 7 na trdno polimerno fazo. Pesticide se nato eluira iz sorbenta z etilacetatom,

ekstrakt se koncentrira in injicira v plinski kromatograf z masno selektivnim detektorjem (GC-MS).

Težke kovine.

Kovine v vodi. Težke kovine se v vodi določajo v filtratu vode (filtrat skozi filtrirni papir 0,45 µm) in vezane na suspendiranih snoveh. Za določanje koncentracij Pb, Cd, Cu, Cr, Ni in Zn v filtratu (pH < 2) je uporabljena metoda induktivno sklopljene plazme z masno selektivnim detektorjem (ICP-MS), metoda (ISO 17294-2 na aparatu Perkin Elmer Elan DRC-e. Hg v filtratu (pH < 1 in stabiliziran s K₂Cr₂O₇) se določi s tehniko atomske absorpcijske spektrometrije hladnih par (CV AAS), metoda ISO 5666 na aparatu Perkin Elmer FIMS.

Kovine v suspendiranih snoveh se določijo tako, da se filter, skozi katerega je bilo prefiltrirano 100 ml vode, razklopi z mešanico kislin HCl in HNO₃. Koncentracije kovin v razklopu se določi na enak način kot v filtratu.

Točnost določanja kovin se preverja s SRM 1640 (Trace Elements in Natural Water), RM TM-DWS, za živo srebro pa se uporablja SRM 1641 d (Mercury in Water).

Kovine v sedimentu. Vzorce sedimentov (zgornji 2-cm sloj sedimenta) smo posušili na 30 °C, zmleli na cirkonijevem krogličnem mlinu in jih do analize shranili v plastičnih prahovkah. Elemente Cd, Pb, Cr, Cu, Zn in Ni smo analizirali tako, da smo zatehtali pribl. 250 mg sedimenta v teflonsko posodo in opravili razkroj v mikrovalovnem sistemu z mešanico kislin HNO₃, HCl in HF. Cd, Pb, Ni in Cr smo določili s tehniko elektrometrične atomske absorpcijske spektrometrije (ETAAS), Zn in Cu pa s FAAS pri optimalnih pogojih merjenja. Hg v sedimentu smo določili tako, da smo pribl. 150 mg sedimenta razkrojili v zaprti teflonski posodici z mešanico kislin HNO₃, HCl in HF in s segrevanje na 135 °C 12 ur. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm³) z Milli-Q vodo. Hg smo določili s tehniko atomske absorpcijske spektrometrije hladnih par (AAS HP). Za kontrolo točnosti postopka smo analizirali standardni referenčni material NIST CRM 320 (Trace elements in river sediment) in standardni referenčni material IAEA 405 (Estuarine sediment).

Kovine v organizmih. Z vsakega merilnega mesta smo vzeli po en kompozitni vzorec školjk, ki je vseboval 15 školjk podobnih izmetričnih parametrov. Za določanje Cd smo vzorce školjk (pribl. 1 g mokre teže) razkrojili v zaprtem mikrovalovnem sistemu

s 4 cm³ konc. HNO₃ s.p. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm³) z Milli-Q vodo. Cd v školjkah smo določili s ETAAS. Hg smo določili tako, da smo vzorce školjk (pribl. 1 g mokre teže) razkrojili v zaprti teflonski posodici s 4 cm³ konc. HNO₃ s.p. in s segrevanjem na 100 °C 12 ur. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm³) z Milli-Q vodo. Hg smo določili z AAS HP. Analizni postopek za določanje Cd in Hg v vzorcih školjk smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala tkiva ostrig (NIST Standard Reference Material Oyster Tissue 1566b) in standardnega referenčnega materiala tkiva klapavic (NIST Standard Reference Material Mussel Tissue 2977).

Biološki parametri. Koncentracija klorofila a (Chl a) je pokazatelj biomase fitoplanktona. Koncentracijo klorofila a smo določili z uporabo fluorometrične metode (Holm-Hansen *et al.*, 1965). 20 ml morske vode smo filtrirali skozi membranski filter z velikostjo por 0,22 µm, filter pa homogenizirali in ekstrahirali v 90% acetonu. Fluorescenco ekstrakta smo izmerili s pomočjo fluorometra (TURNER fluorometer Model 112), umerjenega s standardnim materialom znane koncentracije (SIGMA Chlorophyll a from spinach) in izmerjeno vrednost preračunali po formuli v koncentracijo klorofila a (*ibid.*).

Celotni fitoplankton. Število ali abundanco in taksonomsko sestavo celotnega fitoplanktona smo določali pod invertnim mikroskopom po Utermöhlovi metodi (Utermöhl, 1958). Vzorce morske vode (1 l), zajete na treh globinah na postaji 000F (0, 5, 15 m) smo konzervirali z nevtraliziranim formalinom (2% končna koncentracija). 50 ali 25 ml podvzorca smo pustili posedati preko noči v sedimentacijski komorici in naslednji dan prešteli celice v 100 poljih pri 400x povečavi. V rezultatih podajamo skupno število fitoplanktona (št. cel/l) in sestavo po glavnih razredih (diatomeje, dinoflagelati, kokolitoforidi, silikoflagelati) in netaksonomskih skupinah (mikroflagelati, ostalo).

Toksične vrste fitoplanktona. Število in vrstno sestavo toksičnega fitoplanktona iz razreda dinoflagelatov (oklepni bičkarji) smo določili pod invertnim mikroskopom, prav tako po Utermöhlovi metodi (*ibid.*). Sestavljeni vzorec morske vode (1 l) s treh območij gojišč užitne klapavice (merilna mesta 0024, 0035 in 00DB) smo konzervirali z 2% nevtraliziranim formalinom. 100 ml podvzorca smo pustili posedati 48 ur v sedimentacijski komorici. Število posameznih vrst iz rodu *Dinophysis* ter drugih večjih toksičnih dinoflagelatov (>20 µm) smo določili po pregledu celotnega

dna sedimentacijske komorice pri 200-kratni povečavi, manjše predstavnike iz rodu *Alexandrium* (okoli 20 µm) pa smo prešteli v 150 poljih pri 400-kratni povečavi. Predstavnike *Alexandriuma* smo v večini primerov določili le do nivoja rodu (podajamo kot *Alexandrium* spp.). Število najdenih vrst v vzorcu smo preračunali na liter.

Mikrobiološki parametri. Število fekalnih koliformnih bakterij (FK) smo določali z metodo membranske filtracije po navodilih in priporočilih UNEP/WHO (1995a, 1995b). 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±0,2 °C. Rezultat predstavlja število zraslih kolonij v 100 ml vzorca vode (FK/100 ml).

Trofični indeks – TRIX. Ta indeks uporabljamo za oceno trofičnega statusa nekega morskega okolja (Vollenweider *et al.*, 1998). TRIX je namenjen predvsem obalnim vodam, kot je tudi Tržaški zaliv. Izračunamo ga iz koncentracij klorofila *a* (Chl *a*), anorganskega dušika ($N = NO_2^- + NO_3^- + NH_4^+$), celotnega fosforja (P) in absolutne deviacije od nasičenosti z raztopljenim kisikom (aD%O) po sledeči formuli:

$$TRIX = (\log [Chl\ a \times aD\%O \times N \times P] - [-1,5]) / 1,2$$

Vrednosti TRIX-a med 2 in 4 označujejo visok trofični status, vrednosti med 4 in 5 dober, med 5 in 6 srednji ter med 6 in 8 slab trofični status morske vode.

3 REZULTATI

Rezultate monitoringa podajamo posebej za vsak podprogram in za vsak sklop parametrov.

3.1 MONITORING KAKOVOSTI MORJA

3.1.1 Splošni parametri

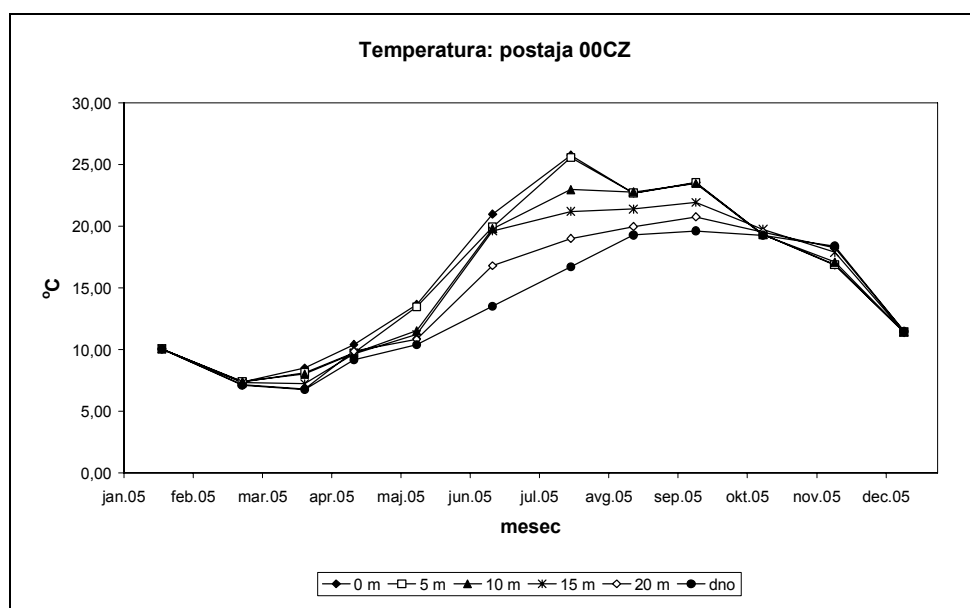
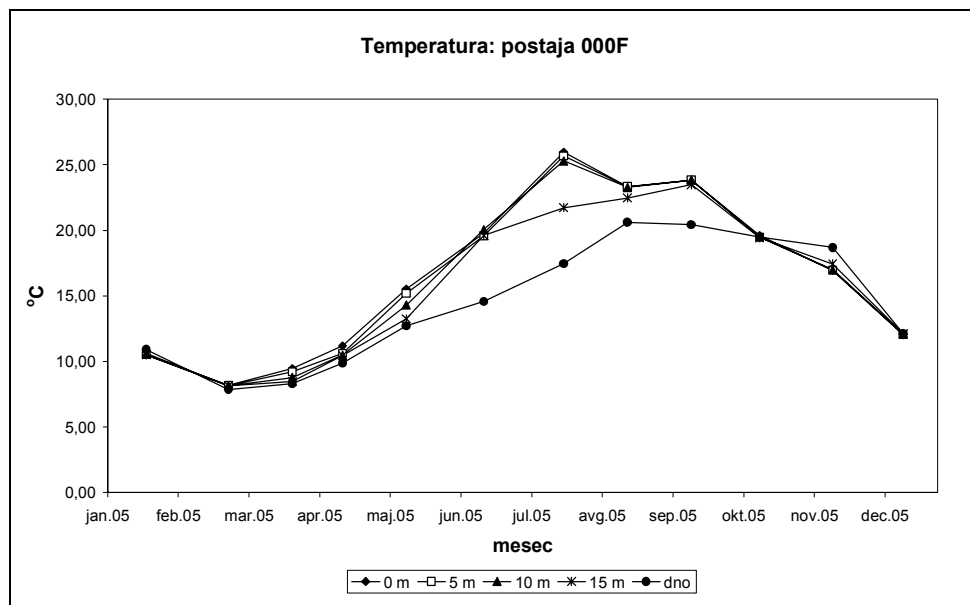
Frekvenca vzorčenja splošnih parametrov je bila različna za referenčno in osnovno merilno mesto (12-krat letno) v primerjavi z dodatnimi merilnimi mesti (4-krat letno). Zato za postaji 000F in 00CZ prikazujemo časovni potek (zvezno) mesečnih vrednosti posameznih parametrov, medtem ko štiri meritve na postajah 000K in 00MA prikazujemo nezvezno v obliki stolpičev.

Temperatura, slanost, prosojnost

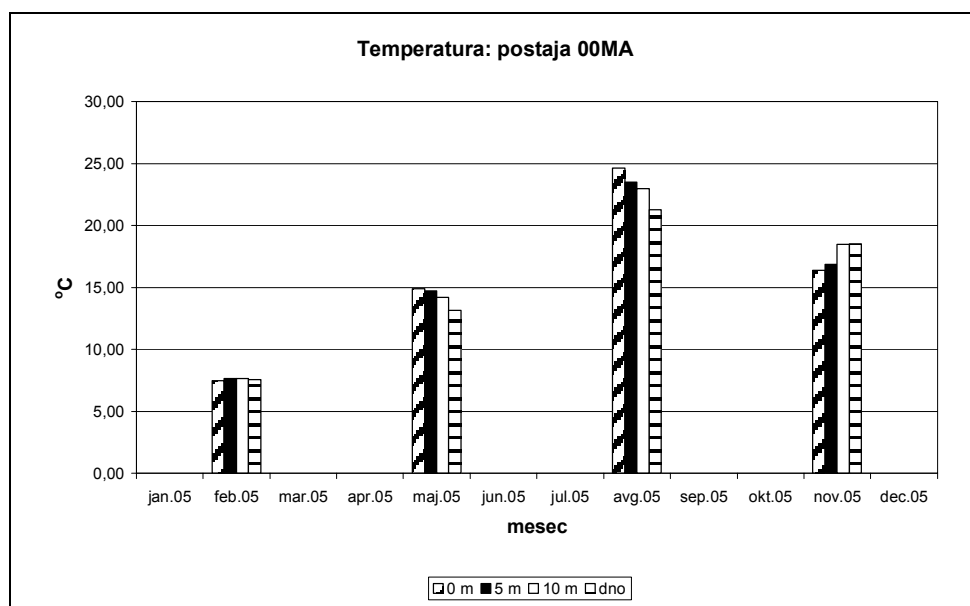
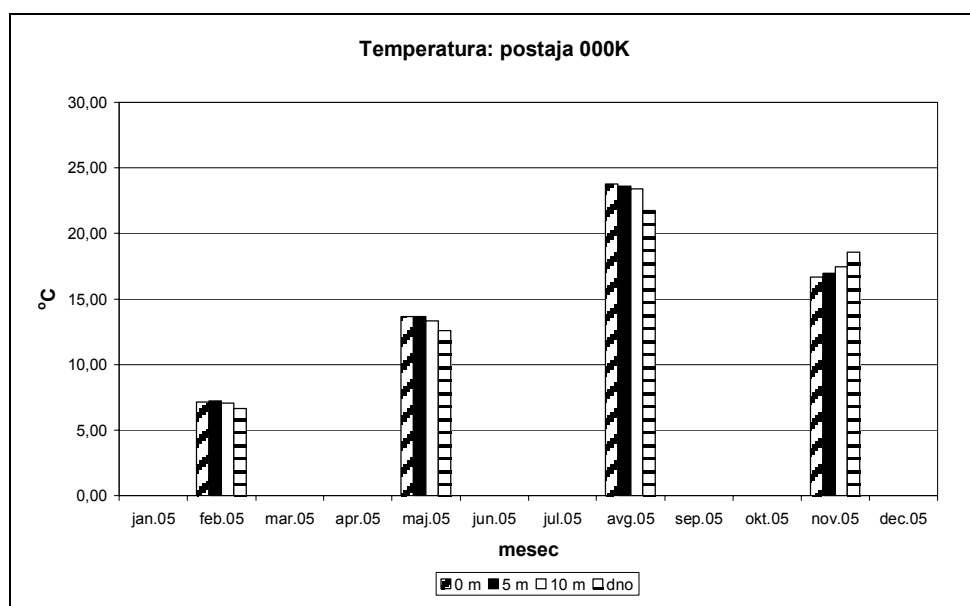
Temperatura. Na dveh zunanjih postajah slovenskega obalnega morja (Sl. 2) so bile najvišje temperature izmerjene julija v površinskem sloju (25,78 °C na 00CZ in 25,95 °C na 000F), najnižje pa v pridnenem sloju, vendar v različnih mesecih: februarja na postaji 000F (7,87 °C), marca pa na postaji 00CZ (6,77 °C). Tako najvišje kot najnižje temperature kažejo na to, da je bila morska voda rahlo toplejša na postaji 000F. Na tej postaji smo že aprila na vseh globinah vodnega stolpa, razen na dnu, zabeležili temperature > 10 °C, medtem ko se je v istem mesecu na postaji 00CZ morska voda segrela nad 10 °C le na površini. Na obeh postajah smo začetek temperaturne razslojenosti vodnega stolpa opazili v maju, najizrazitejša pa je bila v juniju ter juliju, oktobra pa je bil vodni stolpec že popolnoma premešan. V primerjavi z letom 2004, smo v letu 2005 izmerili zelo podobne najvišje temperature (≈ 26 °C), vendar sta se obdobji viškov razlikovali: v letu 2004 smo viške izmerili avgusta, v letu 2005 pa julija. To gre verjetno pripisati izredno nestabilnemu in deževnemu poletju, zlasti pa mesecu avgustu, v letu 2005.

Na obeh notranjih postajah zaliva (Sl. 3) smo najvišje temperature izmerili v avgustu in sicer 23,74 °C na postaji 000K in 24,62 °C na postaji 00MA, vendar so bile v primerjavi z letom poprej kar za 2 do 3 °C nižje. Obdobje najnižjih temperatur se je v obeh letih ujemalo (mesec februar), vendar so bile tudi najnižje temperature v letu

2005 (6,64 °C na postaji 000K, dno; 7,47 °C na postaji 00MA, površina) znatno nižje kot v letu 2004 (na vseh globinah > 8 °C), kar še dodatno označuje leto 2005 kot nekoliko hladnejše.

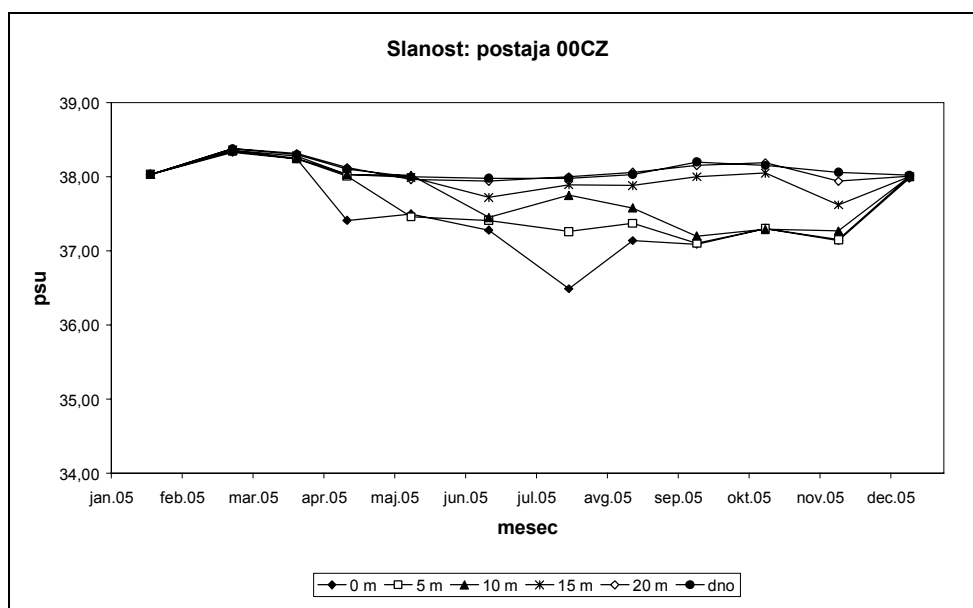
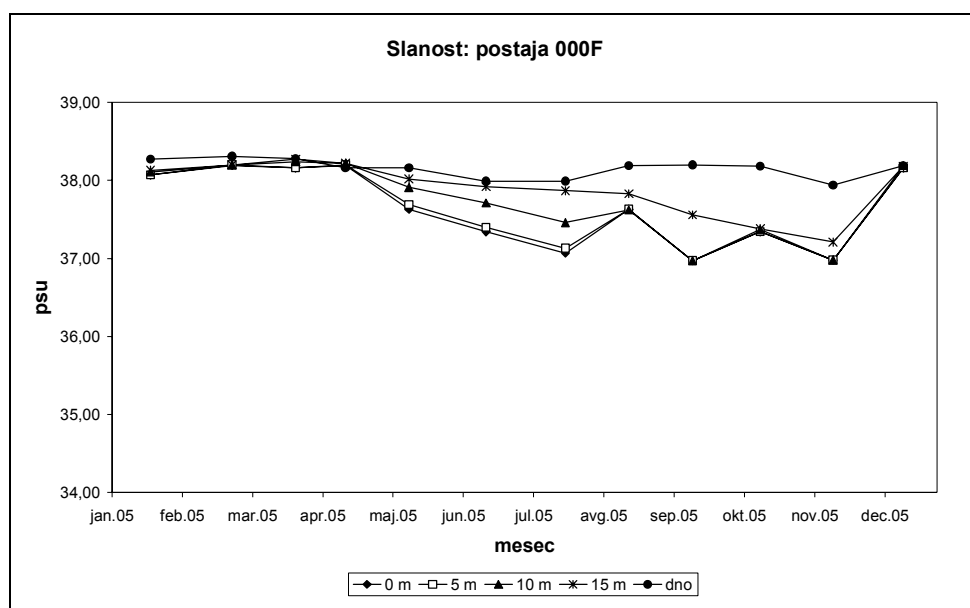


Sl. 2: Sezonska dinamika temperature morske vode na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.



Sl. 3: Meritve temperature morske vode na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

Slanost. V splošnem so največja nihanja slanosti zabeležena v površinskem sloju, kjer se najbolj kaže vpliv padavin in povečanih sladkovodnih pretokov; ta vpliv lahko ob izjemnih razmerah zaznamo tudi v globljih slojih vodnega stolpa (5-10 m). V letu 2005 ta nihanja niso bila izrazita, kot ponekod v prejšnjih letih. Površinska slanost na postaji 00CZ je bila med 36,49 psu (julij) in 38,33 psu (februar), na postaji 000F pa med 36,97 psu (september) in 38,19 psu (februar) (Sl. 4).

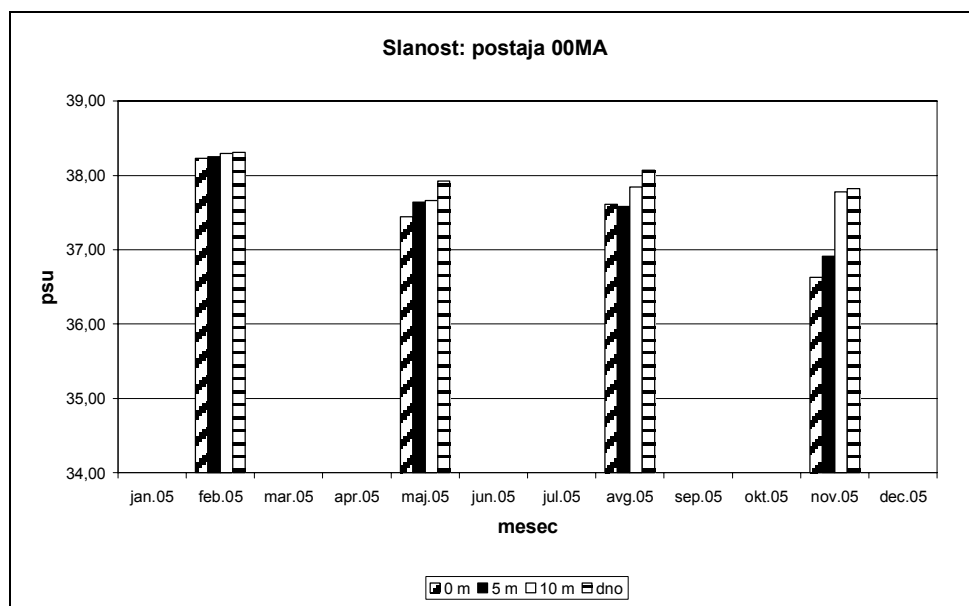
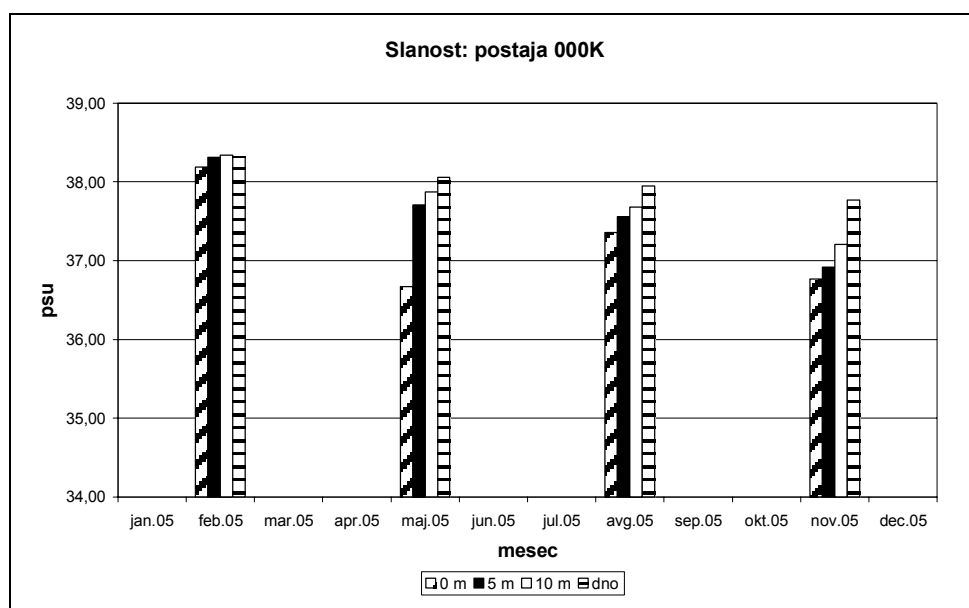


Sl. 4: Sezonska dinamika slanosti morske vode na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

Te vrednosti kažejo, da je bila v času meritev slanost morske vode v slovenskem obalnem morju razmeroma visoka in v nasprotju s prejšnjimi leti nismo zabeležili padcev slanosti v površinskem sloju v spomladanskem obdobju z nizkom v maju, (npr. < 30 psu, maj 2004, postaja 00CZ), kot posledic deževja in taljenja debele snežne odeje. Poleg tega tudi nismo opazili sicer značilnih razlik med obema postajama. Postaja 00CZ je v splošnem pod večjim vplivom sladkovodnih pritokov

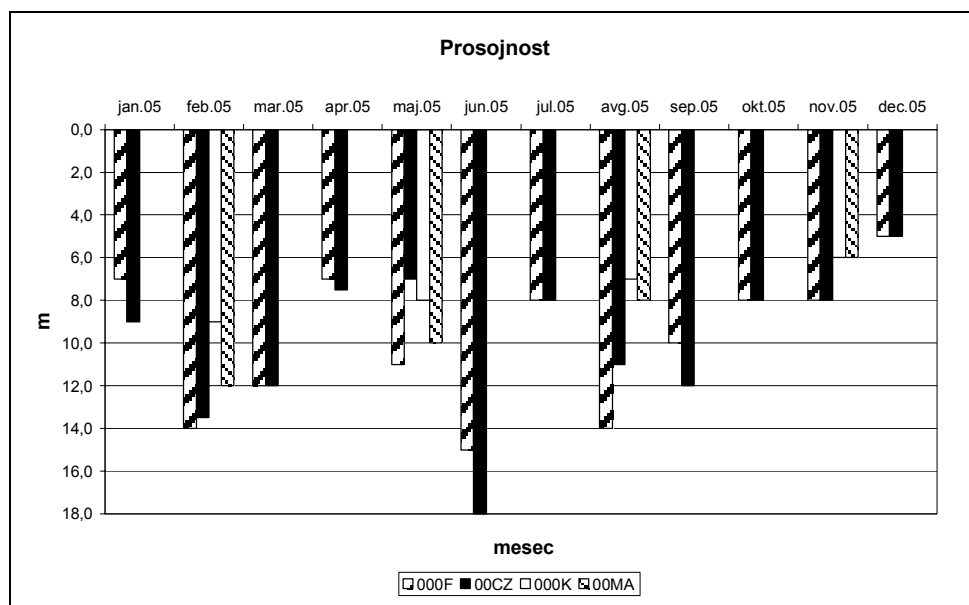
(npr. Soča) v primerjavi s postajo 000F, česar pa v letu 2005 ni bilo zaznati. Povprečne površinske vrednosti slanosti so bile na obeh postajah okoli 37,5 psu.

Tudi na dodatnih merilnih mestih so bile ob štirih meritvah slanosti visoke (Sl. 5). Le maja (postaja 000K) in novembra (obe postaji) je površinska slanost padla pod 37 psu. Novembra je bil nekoliko večji vpliv sladke vode zaznati tudi na globini 5 m. Obdobje najvišjih slanosti je bilo tudi tu, tako kot na obeh zunanjih postajah, meseca februarja. Na obeh postajah in na vseh globinskih nivojih smo izmerili > 38 psu (max. 38,34 psu na postaji 000K na globini 10 m).



Sl. 5: Meritve slanosti morske vode na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

Prosojnost. Prosojnost morske vode, izmerjena s Secchi ploščo, je bila med 5 in 18 m (Sl. 6) in je zelo podobna mejnim vrednostim iz prejšnjega leta (5 – 17 m; Mozetič *et al.*, 2005). Največjo prosojnost smo izmerili junija na postaji 00CZ, pa tudi na postaji 000F so bile tega meseca zelo dobre razmere (globina Secchi plošče 15 m). Velika prosojnost vode je bila značilna še za februar, marec, avgust in september (> 10 m), vendar praviloma le na zunanjih postajah zaliva. Najslabše razmere so bile značilne za jesensko-zimske mesece (oktober-december), pa tudi za mesece površinskih slanstvov (julij, november). Decembra smo izmerili najmanjšo globino Secchi plošče (5 m). V povprečju smo na obeh zunanjih postajah zaliva izračunali enaki srednji vrednosti prosojnosti vode (9,9 m), kar kaže na zelo izenačene razmere morske vode glede vsebnosti delcev, ki vplivajo na prodiranje svetlobe skozi vodo.

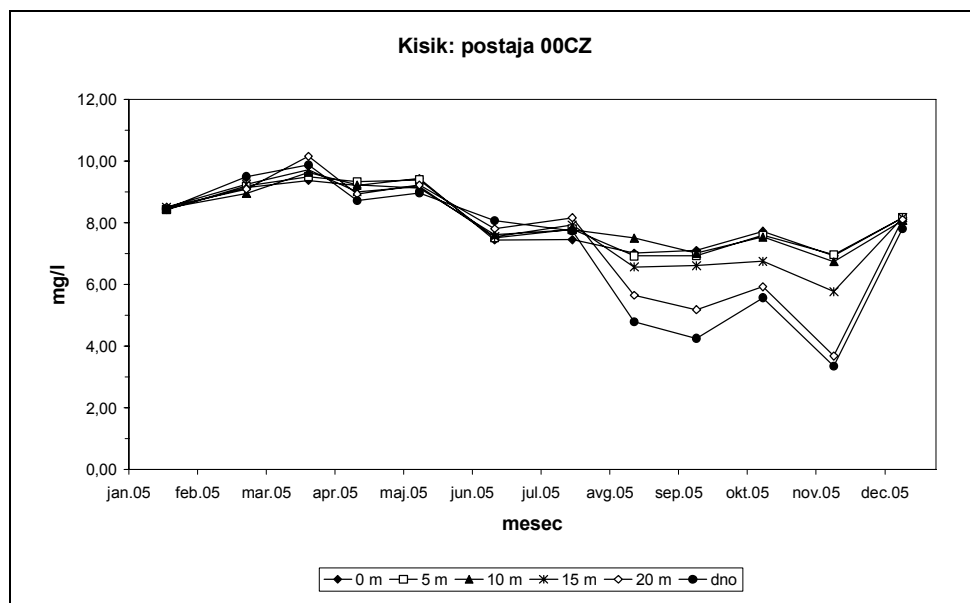
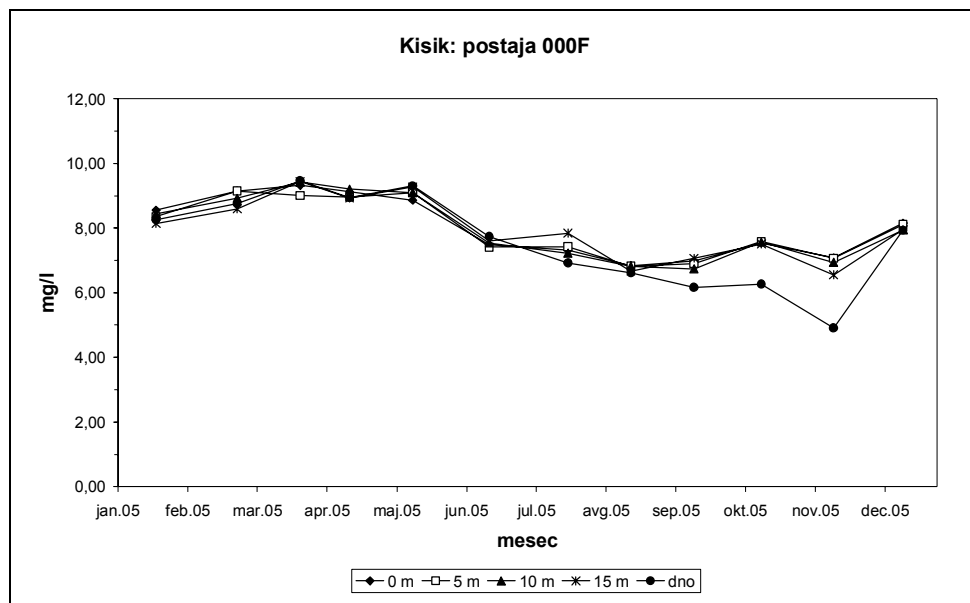


Sl. 6: Prosojnost vodnega stolpa na štirih postajah obalnega morja v letu 2005.

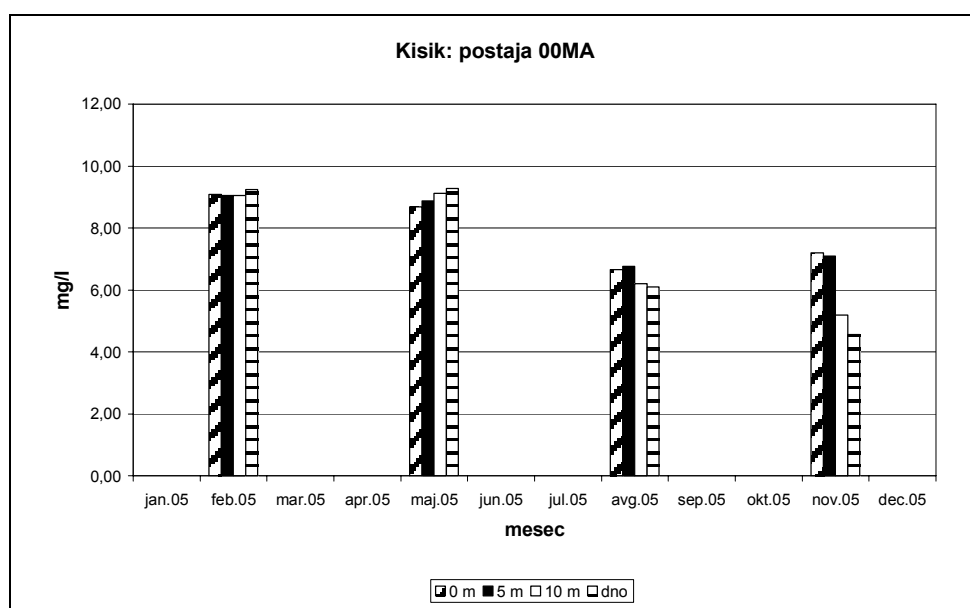
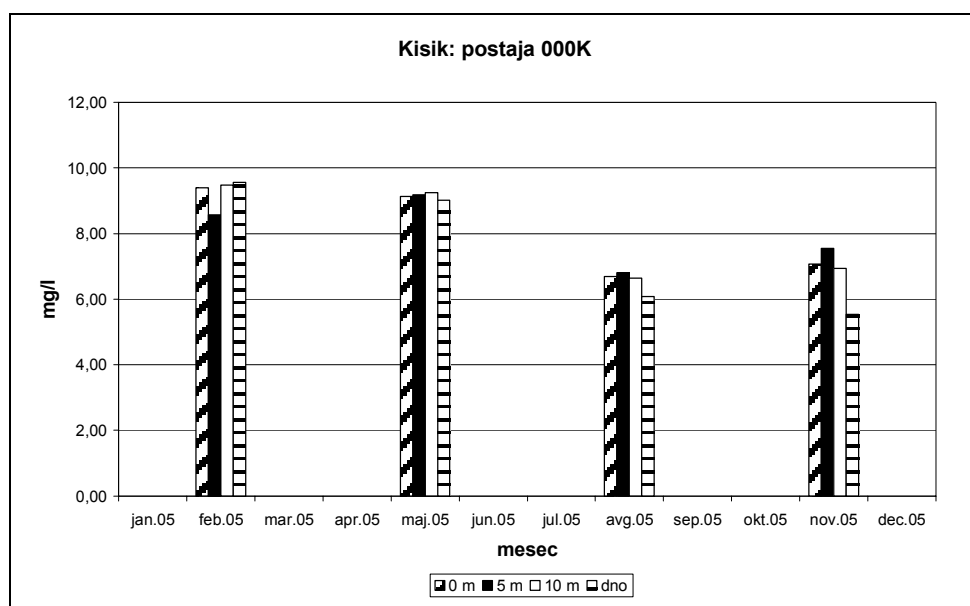
Kisik

Raztopljeni kisik. Sezonska dinamika koncentracij raztopljenega kisika je zelo podobna na postajah 000F in 00CZ (Sl. 7), le nihanja med posameznimi sloji, zlasti v poletno-jesenskih mesecih, so izrazitejša na postaji 00CZ. Visoke koncentracije kisika smo izmerili v daljšem zimsko-spomladanskem obdobju od januarja do maja z viškom v marcu, praviloma v globljih slojih obeh postaj (10,15 mg/l na postaji 00CZ, 20 m; 9,47 mg/l na postaji 000F, dno). Od maja dalje so koncentracije postopoma padale, avgusta pa smo zabeležili izrazit padeč pridnenih koncentracij, zlasti na

postaji 00CZ (do 4,26 mg/l), kar gre pripisati izraziti stratifikaciji vodnih slojev v tem času in večji globini postaje 00CZ. Po rahlem izboljšanju kisikovih razmer v oktobru, pa smo novembra zabeležili najnižje koncentracije raztopljenega kisika nasploh v pridnem sloju obeh postaj (3,36 mg/l na postaji 00CZ in 4,91 mg/l na postaji 000F). Koncentracija 3,36 mg/l ali 2,35 ml/l je na meji hipoksičnih razmer ali pomanjkanja kisika (< 2 ml/l).



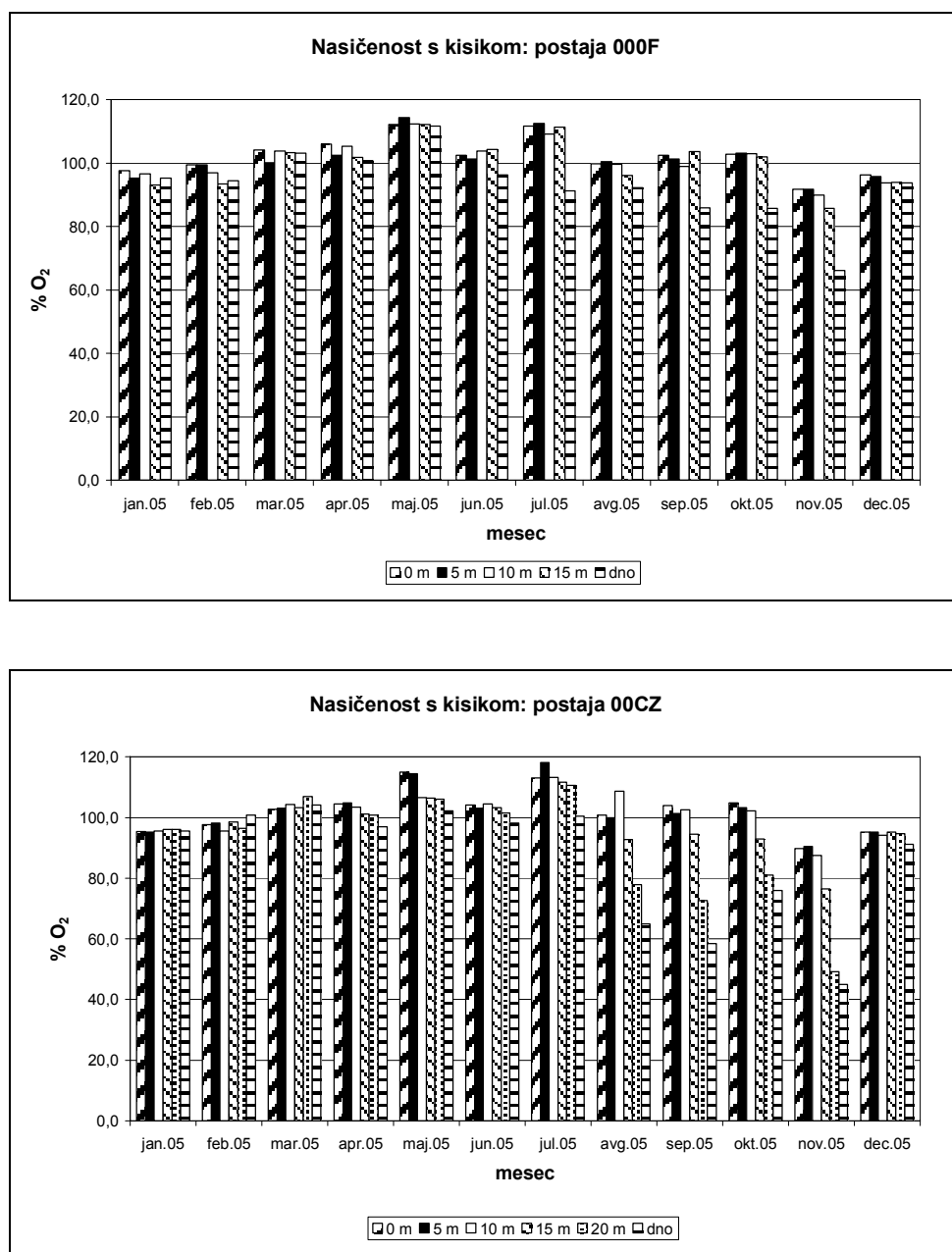
Sl. 7: Sezonska dinamika koncentracij raztopljenega kisika v vodi na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.



Sl. 8: Meritve koncentracij raztopljenega kisika v vodi na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

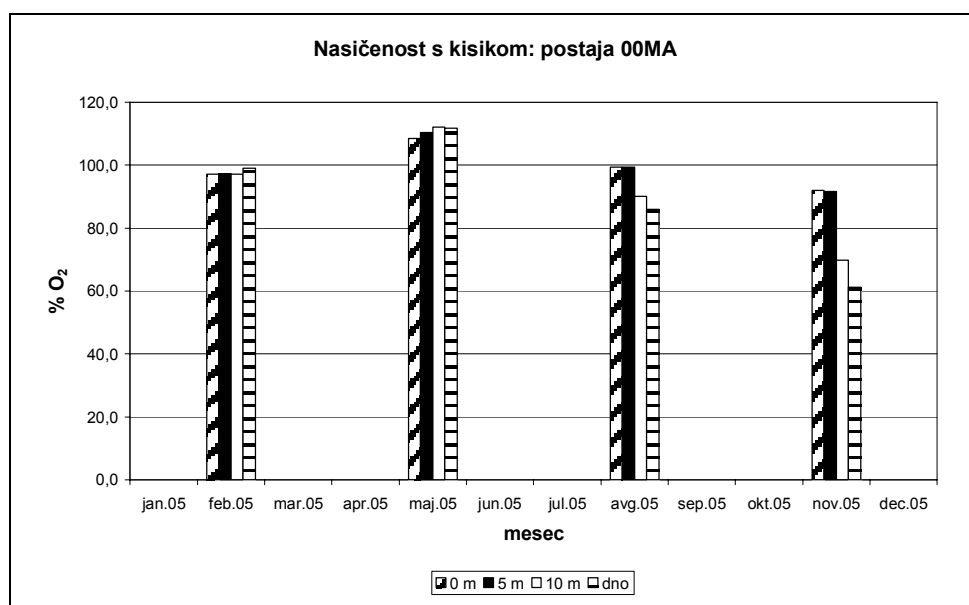
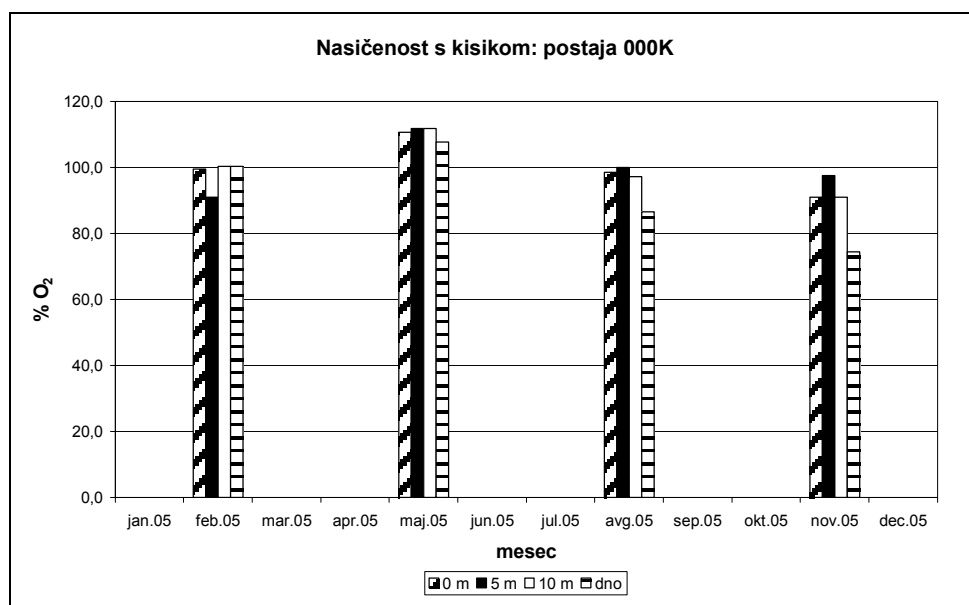
Rezultati štirikratnih meritev na dodatnih merilnih mestih kažejo, da so bile kisikove razmere dobre v prvi polovici leta (februar in maj), ob dveh vzorčevanjih avgusta in novembra pa znatno slabše (Sl. 8). Tako kot na zunanjih postajah, smo tudi tu najnižje koncentracije izmerili novembra v pridnenem sloju (4,57 mg/l na postaji 00MA in 5,54 mg/l na postaji 000K). Februarske in majske koncentracije pa so skoraj v vseh primerih presegle koncentracijo 9 mg/l.

Nasičenost s kisikom. Nasičenost s kisikom nad 100% na postajah 000F in 00CZ je bila v splošnem značilna za obdobje od marca do julija, izjema so bile le nekatere pridnene vrednosti (npr. junija in julija na postaji 000F) (Sl. 9). Največji % nasičenosti je bil izračunan julija na globini 5 m na postaji 00CZ (118 %) in maja, prav tako na globini 5 m, na postaji 000F (114 %).



Sl. 9: Deleži nasičenosti vode s kisikom na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

V poznopoletnih in jesenskih mesecih so se deleži nasičenosti s kisikom znatno zmanjšali, zlasti na postaji 00CZ v globljih slojih (58-78 %). Ta trend se je nadaljeval vse do novembra, ko smo na obeh postajah izračunali najnižjo stopnjo nasičenosti s kisikom (66 in 45 % na postajah 000F in 00CZ). Že v naslednjem mesecu, v decembru, so se razmere močno izboljšale (> 90 %).



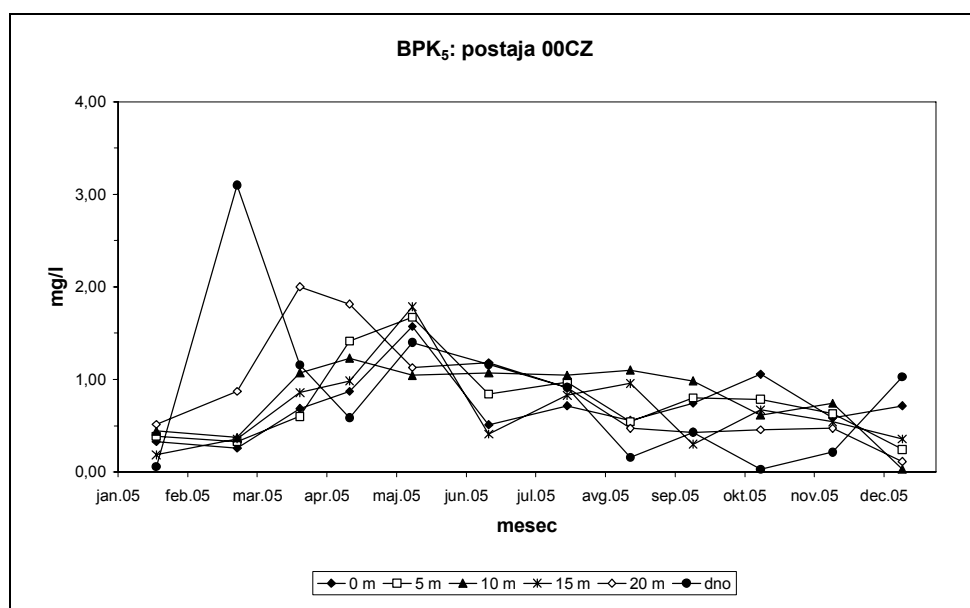
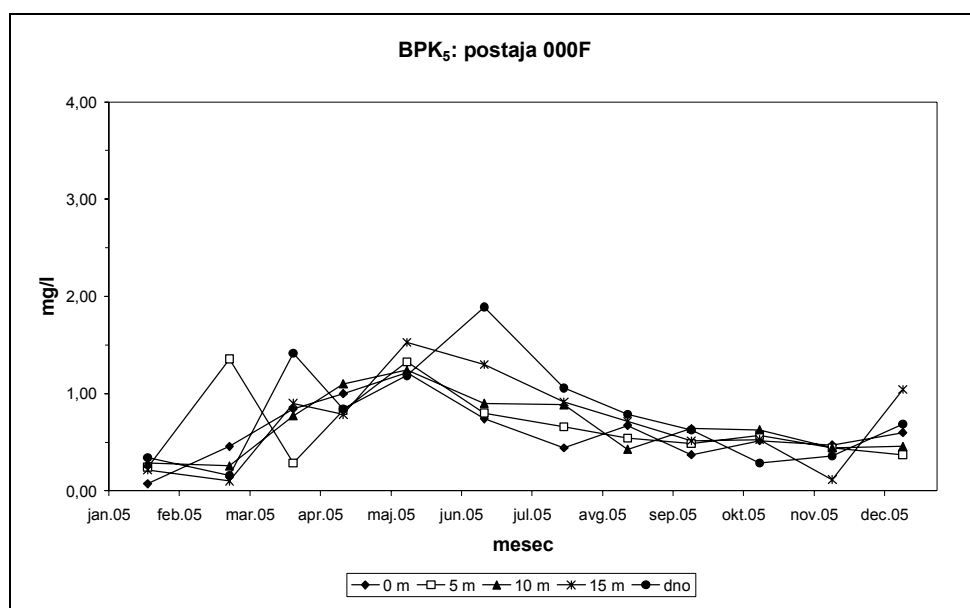
Sl. 10: Deleži nasičenosti vode s kisikom na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

Podobne razmere so bile značilne tudi za obe notranji postaji (Sl. 10). Nasičenost s kisikom okoli 100 % ali več je bila v splošnem značilna za tri vzorčenja od štirih, pri

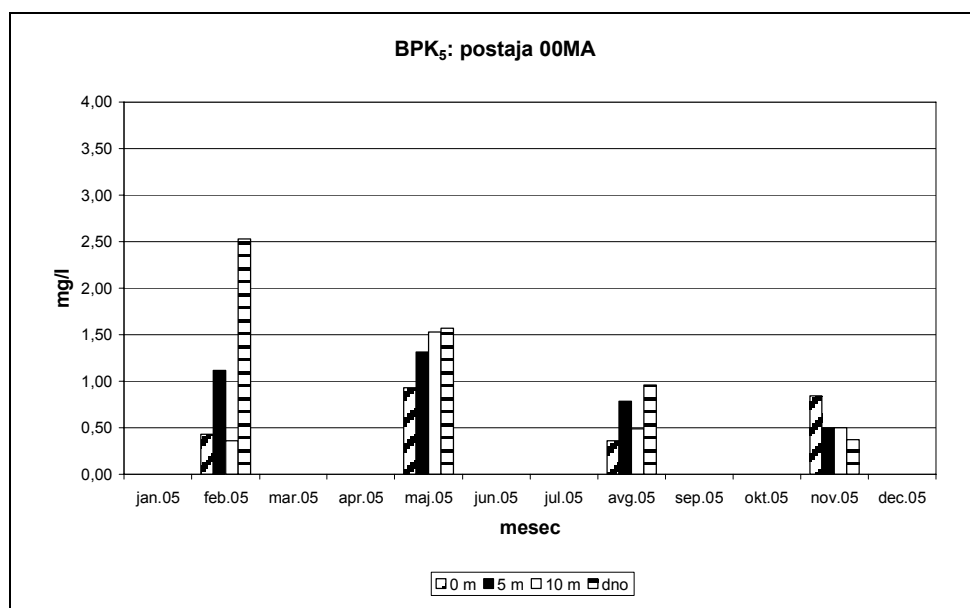
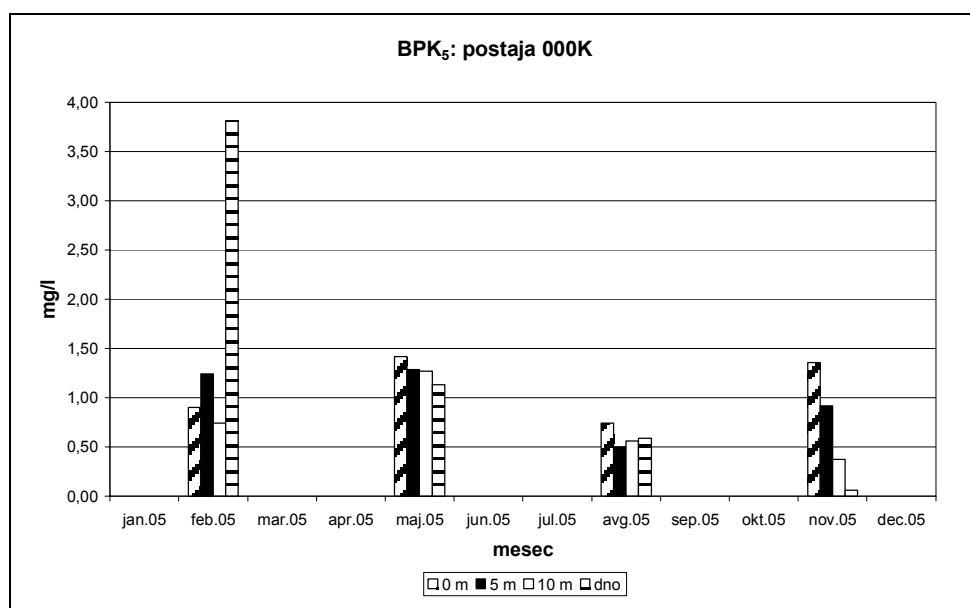
čemer smo najvišje vrednosti izračunali maja (okoli 112 % na obeh postajah). Avgusta so bile saturacijske razmere značilne za zgornji, 5-metrski sloj, v spodnjih slojih pa je bila nasičenost že nižja. Te razlike so v novembru še bolj izstopale: v površinskem sloju smo izračunali nasičenost > 90 %, v sloju pri dnu pa le 61 % (postaja 00MA) oz. 74 % (postaja 000K).

Biokemijska potreba po kisiku (BPK₅). Biokemijska potreba po kisiku je, tako kot v prejšnjih letih, tudi v letu 2005 zelo nihala. Na postaji 00CZ so bile vrednosti BPK₅ med 0,03 mg/l (oktober) in 3,10 mg /l (februar), na postaji 000F pa med 0,07 mg/l (januar) in 1,89 mg/l (junij) (Sl. 11). Zanimivo je, da so bile najvišje koncentracije na obeh postajah izmerjene v pridnenem sloju. Tako nobeden od viškov ne sovпада s padcem površinske slanosti, kar bi sicer lahko povezali s povečanimi sladkovodnimi vnosi organske snovi, ki je primerna za bakterijsko razgradnjo in porabo kisika, pač pa gre te visoke koncentracije morda pripisati bakterijski razgradnji sedimentirane organske snovi v pridnenem sloju. Postaja 00CZ je bila v povprečju ($0,78 \pm 0,52$ mg/l) le malenkost bolj obogatena z razpoložljivo organsko snovjo za bakterijsko razgradnjo v primerjavi s postajo 000F ($0,69 \pm 0,39$ mg/l); kljub temu so vse te vrednosti zelo nizke v primerjavi s tistimi iz močno onesnaženih voda (npr. komunalne odplake), za katere je ta parameter eden od indikatorjev stopnje onesnaženja.

Tudi dodatni merilni mesti kažeta velika nihanja koncentracij BPK₅ (Sl. 12). Na obeh merilnih mestih smo najvišje vrednosti izmerili februarja v pridnenem sloju (tako kot na postaji 00CZ) in sicer 3,81 mg/l na postaji 000K in 2,53 mg/l na postaji 00MA. Razen tega pridnenega viška, so bile na postaji 000K, ki je v bližini največjih onesnaževalcev na slovenski obali, v preostalih treh vzorčenjih najvišje koncentracije izmerjene vedno na površini, česar pri ostalih merilnih mestih nismo zasledili (izjemi postaja 00CZ v oktobru in postaja 00MA v novembru).



Sl. 11: Meritve biokemijske potrebe po kisiku v 5. dneh (BPK₅) na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.



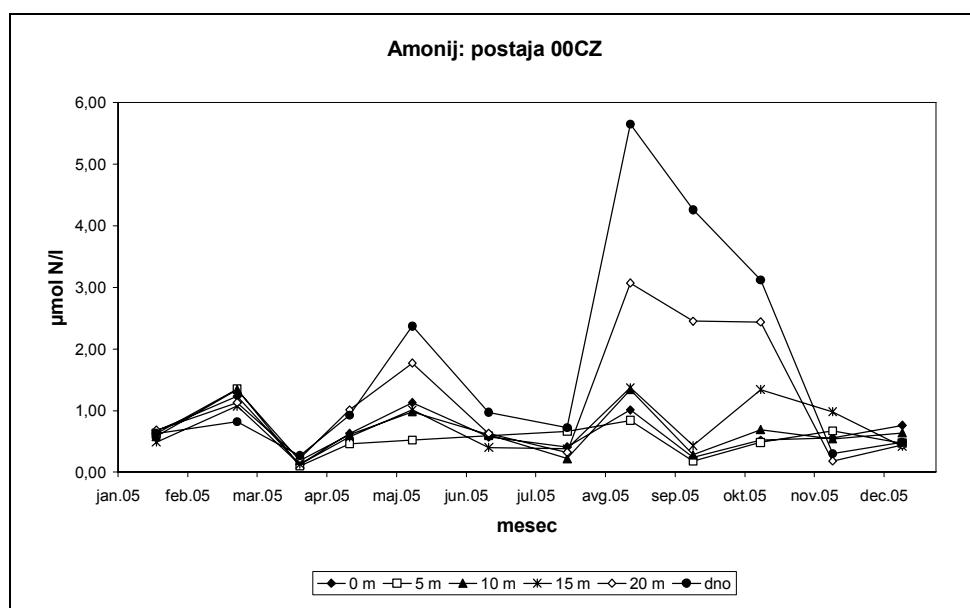
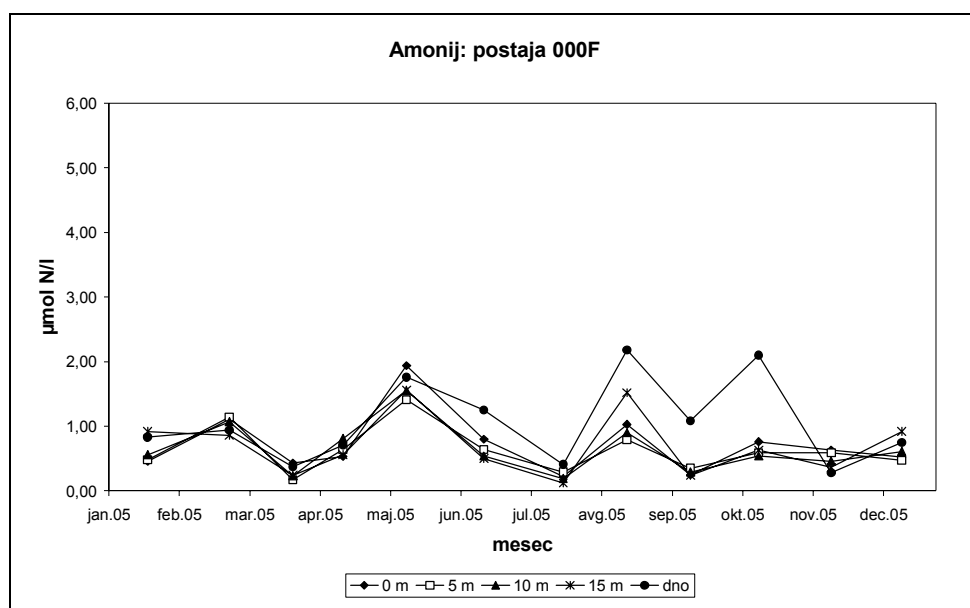
Sl. 12: Meritve biokemijske potrebe po kisiku v 5. dneh (BPK₅) na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

Hranilne snovi dušika

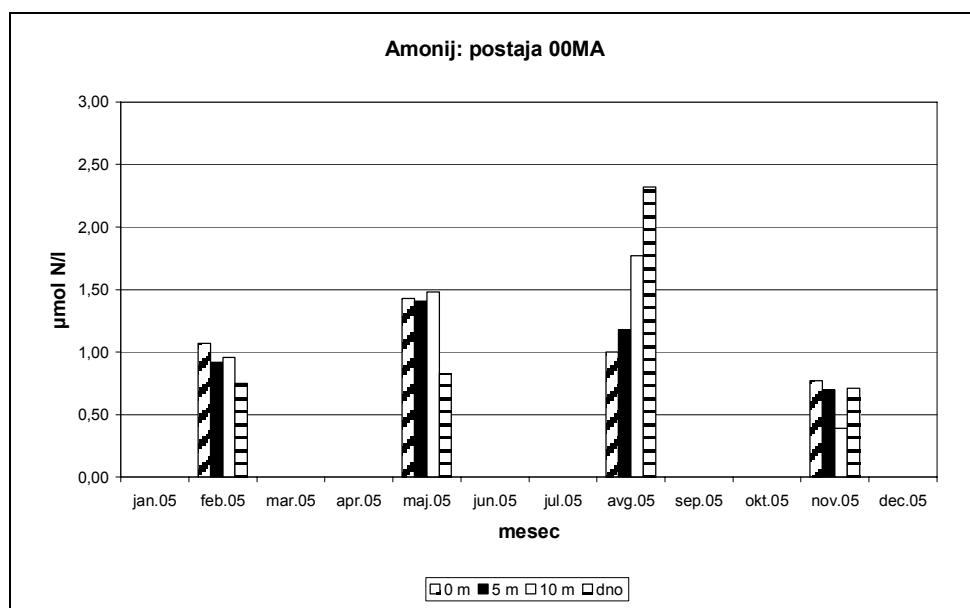
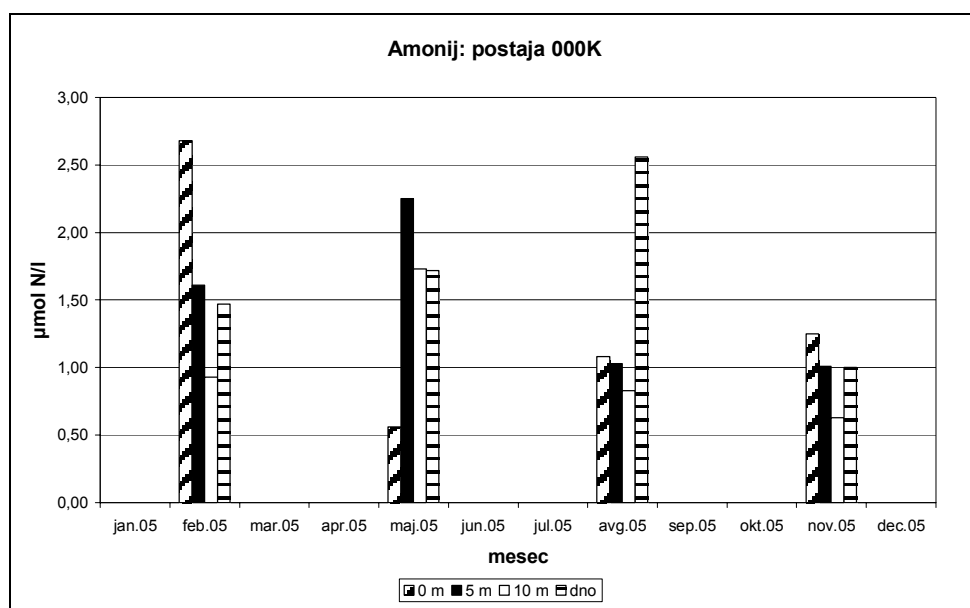
Anorganski raztopljeni dušik se v morski vodi nahaja v obliki nitratnega (NO_3^-), nitritnega (NO_2^-) in amonijevega (NH_4^+) iona. Ker so koncentracije nitrita zelo nizke in malo prispevajo k celotnemu rezervoarju anorganskega dušika (v povprečju okoli 7 % v letu 2005) in je to le vmesna oblika pri transformaciji anorganskih dušikovih spojin, predstavljamo le dve najpomembnejši dušikovi spojini: amonij in nitrat.

Amonij. Sezonska dinamika amonija na obeh zunanjih postajah je podobna (Sl. 13), saj smo viške praviloma zabeležili v enakih mesecih, le da so bili ti viški in povprečne koncentracije večje na postaji 00CZ ($0,92 \pm 0,94 \mu\text{mol/l}$) v primerjavi s postajo 000F ($0,75 \pm 0,49 \mu\text{mol/l}$). Viške koncentracij amonija smo izmerili avgusta v pridnenem sloju obeh postaj ($5,65 \mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ in $2,18 \mu\text{mol/l}$ na postaji 000F), visoke koncentracije pa so bile značilne še septembra, oktobra in maja na postaji 00CZ ($2,37$ - $4,26 \mu\text{mol/l}$) ter maja in oktobra na postaji 000F ($1,94$ in $2,10 \mu\text{mol/l}$). Poletno-jesenski pridneni viški amonija se praviloma pojavljajo vsako leto, ker je v teh mesecih vodni stolp najbolj stratificiran in poteka v sloju pri dnu, ki je gostotno oddeljen od zgornjih slojev, razgradnja nakopičene organske mase. Ti pridneni viški praviloma sovpadajo tudi z nizkimi koncentracijami raztopljenega kisika, kot posledica aerobne razgradnje organske snovi. Da so bili globlji vodni sloji (≥ 20 m), zlasti na postaji 00CZ, gostotno ločeni od zgornjih slojev, potrjujejo tudi visoke koncentracije amonija na globini 20 m v obdobju avgust-oktober, medtem ko ob majskem višku te razlike niso bile tako izrazite. Najnižje koncentracije (okoli $0,1 \mu\text{mol/l}$) smo izmerili marca in julija, nizke vrednosti pa smo izmerili tudi novembra.

Na dodatnih merilnih mestih so bile koncentracije amonija od $0,56$ do $2,68 \mu\text{mol/l}$ (postaja 000K) in $0,39$ do $2,32 \mu\text{mol/l}$ (postaja 00MA) (Sl. 14). Na postaji 00MA smo najvišje koncentracije izmerili avgusta v pridnenem sloju, tako kot na obeh zunanjih postajah, medtem ko je bila najvišja vrednost na postaji 000K zabeležena v februarju na površini. Na tej postaji smo izmerili še dva viška in sicer novembra ($2,56 \mu\text{mol/l}$, dno) in maja ($2,25 \mu\text{mol/l}$, 5 m). Visoko februarsko koncentracijo amonija v površinskem sloju smo na postaji 000K izmerili tudi leto poprej. Najnižje koncentracije so bile na obeh postajah v povprečju ($< 1 \mu\text{mol/l}$) zabeležene v novembru.

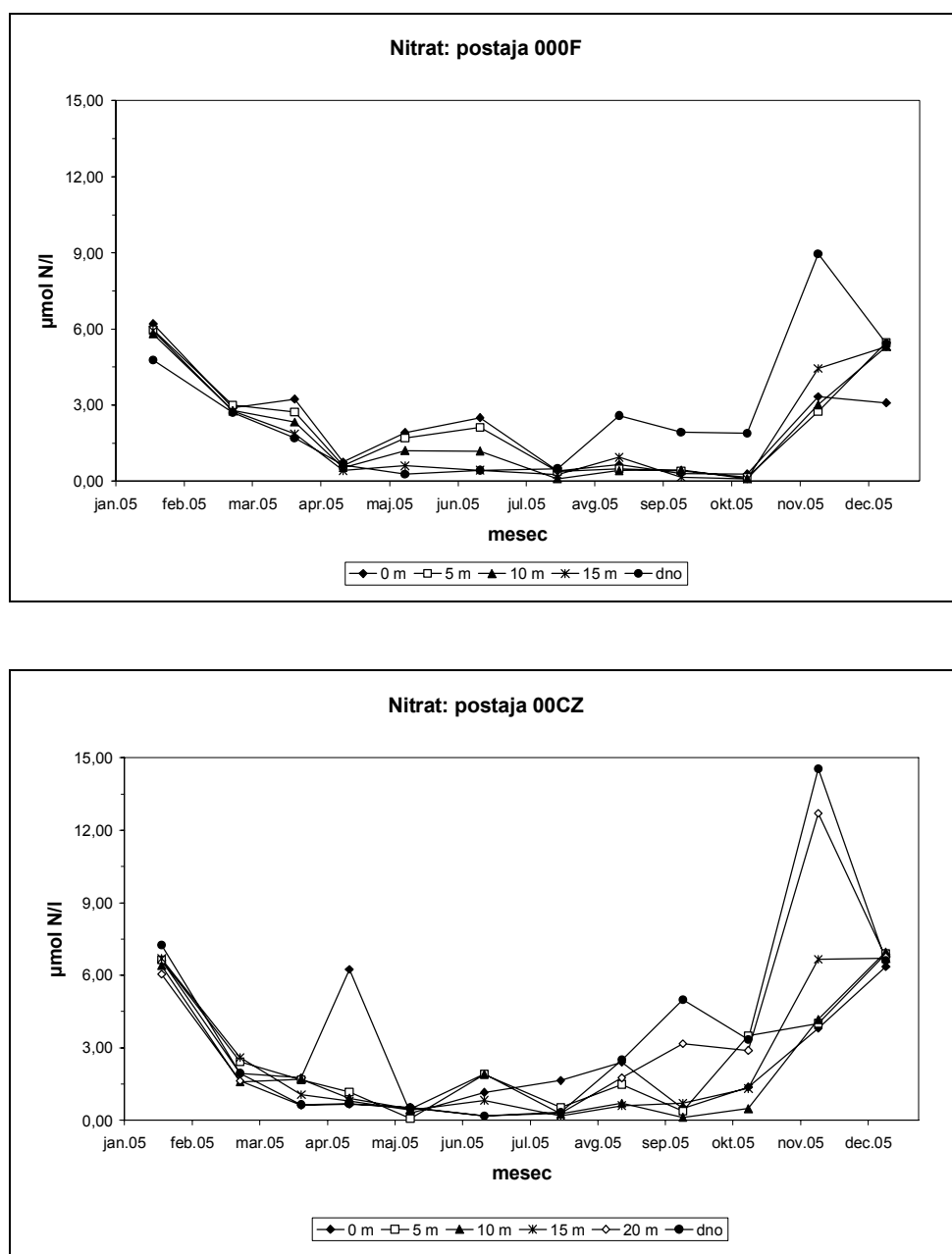


Sl. 13: Sezonska dinamika koncentracij amonija na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.



Sl. 14: Meritve koncentracij amonija na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

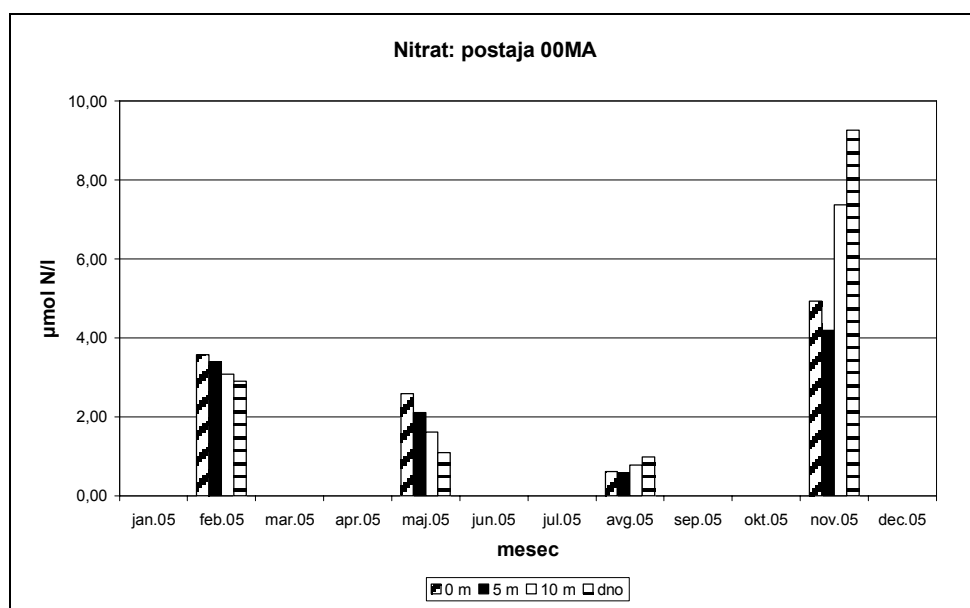
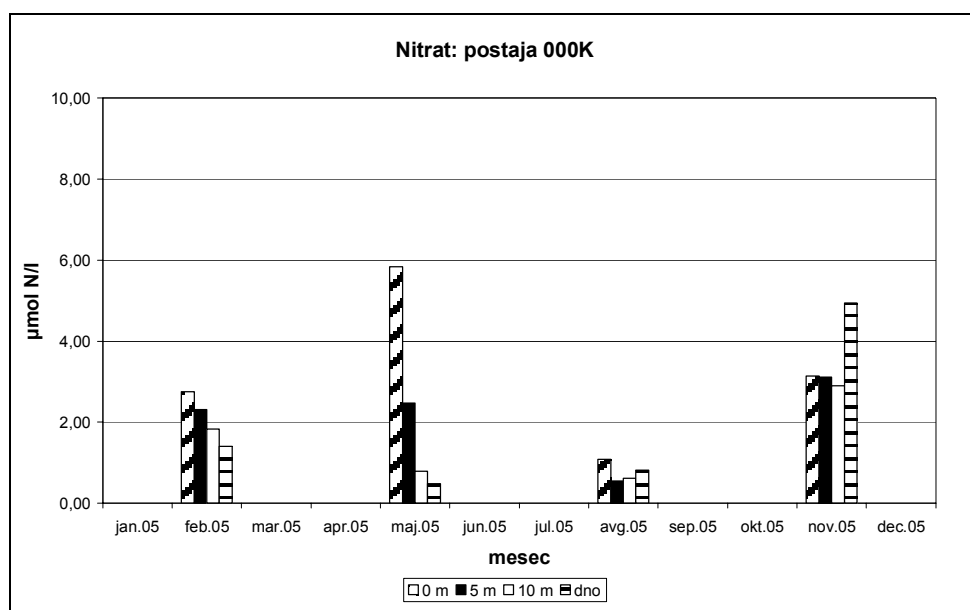
Nitrat. Sezonski dinamiki nitrata na postajah 000F in 00CZ sta primerljivi (Sl. 15), vendar tako kot pri amoniju, smo tudi pri nitratu zabeležili višje koncentracije na postaji 00CZ. Koncentracije so bile med 0,07 in 14,55 µmol/l na postaji 00CZ ter med 0,09 in 8,96 µmol/l na postaji 000F. Prav tako so bile srednje letne vrednosti na postaji 00CZ ($2,77 \pm 2,97$ µmol/l) višje kot na postaji 000F ($2,16 \pm 2,05$ µmol/l).



Sl. 15: Sezonska dinamika koncentracij nitrata na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

Vendar so tako absolutne kot srednje vrednosti nižje v primerjavi z letom 2004, kar še dodatno (poleg slanosti) priča o tem, da je bilo za leto 2005 značilnih manj vnosov sladke vode, obogatene z nitrati. Na obeh postajah smo najvišje koncentracije izmerili novembra v pridnenem sloju (postaja 000F) oz. v sloju > 20 m (postaja 00CZ), kar sicer odstopa od običajne porazdelitve nitrata z viški praviloma v površinskem sloju. Tako smo povišano koncentracijo nitrata na površini zabeležili le aprila na postaji

00CZ (6,24 $\mu\text{mol/l}$), kar sovпада z nekoliko nižjo slanostjo v tem mesecu (Sl. 4). Obdobja visokih koncentracij nitrata smo zabeležili tudi v januarja in decembru na obeh postajah. Visoke koncentracije nitrata, izmerjene v teh mesecih na vseh globinah, so odražale razmere premešanega vodnega stolpa (3,06-6,21 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000F in 6,05-7,25 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ). Meseci z najnižjimi koncentracijami nitrata so bili maj, julij in oktober z rahlimi odstopanji v površinskem (julij, postaja 00CZ) in pridenem sloju (oktober, postaja 000F).



Sl. 16: Meritve koncentracij nitrata na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

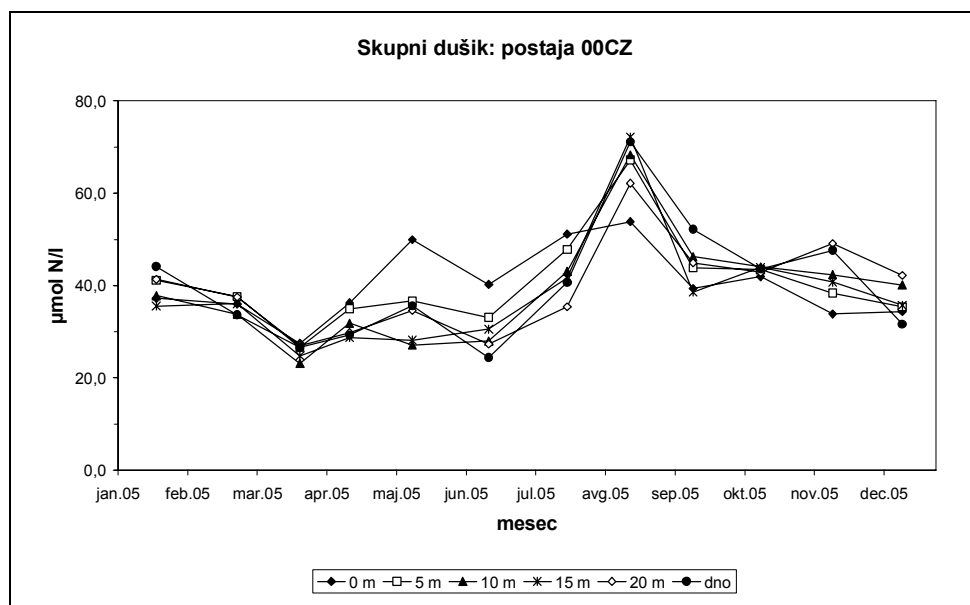
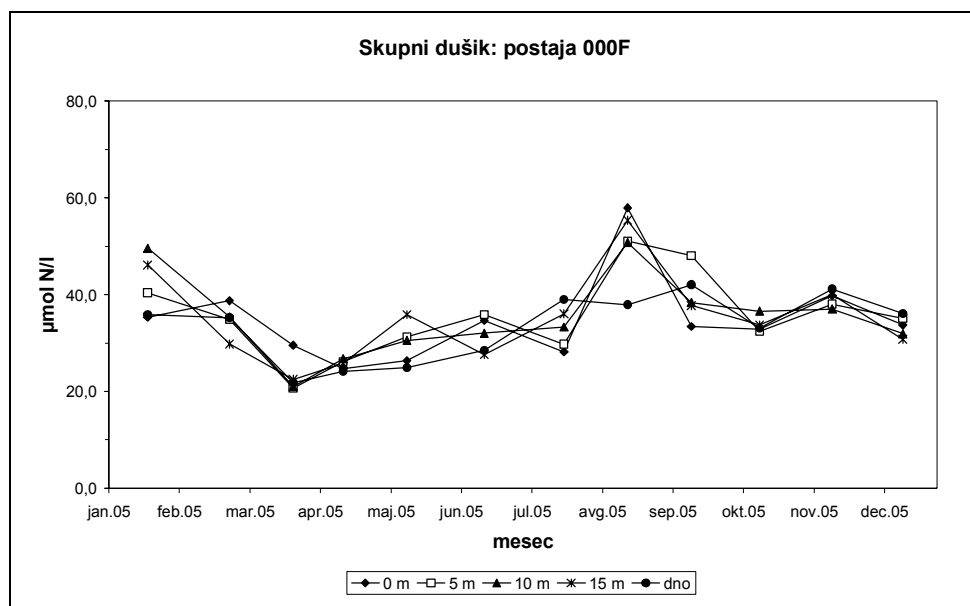
Vrednosti nitrata na dodatnih merilnih mestih so bile med 0,60 in 9,27 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00MA ter med 0,48 in 5,84 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000K (Sl. 16). Viška sta bila izmerjena v različnih vodnih slojih in v različnih mesecih. Medtem ko je novembrski pridneni višek na postaji 00MA sovpadal s porazdelitvijo nitrata na zunanjih postajah, smo na postaji 000K najvišjo koncentracijo izmerili maja na površini, hkrati z najnižjo izmerjeno slanostjo na tej postaji (Sl. 5). Sicer pa smo tudi na postaji 000K v novembru zabeležili povišano vrednost nitrata v pridnenem sloju (4,94 $\mu\text{mol/l}$). Zelo nizke koncentracije so bile značilne za mesec avgust.

Skupni dušik. Poleg anorganskih dušikovih spojin smo merili tudi skupni dušik, ki vključuje še organske spojine. Delež organskih spojin smo izračunali iz razlike med skupnim dušikom in anorganskim dušikom (vsota koncentracij nitrita, nitrata in amonija). Organske dušikove spojine so, tako kot v preteklih letih, veliko prispevale k skupnemu dušiku. Njihov povprečni delež za vse postaje in za celotno vzorčevalno obdobje je znašal $90\pm 7\%$ skupnega dušika, kar je zelo podobno povprečni vrednosti iz leta 2004 ($87\pm 8\%$). Prav zaradi visokih deležev organskega dušika pri skupnem dušiku, se sezonska dinamika slednjega v glavnem ne ujema s porazdelitvijo obeh anorganskih oblik (amonij, nitrat) in ne sledi dejavnikom, ki lahko vplivajo na njuno porazdelitev (npr. vnosi s kopnega, stratifikacija vodnega stolpa, razgradnja organske snovi idr.).

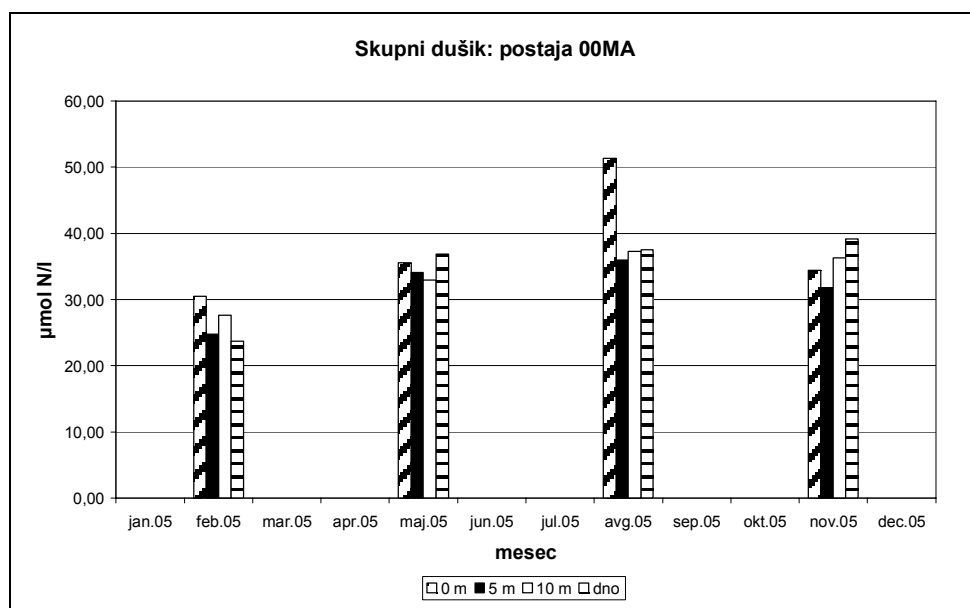
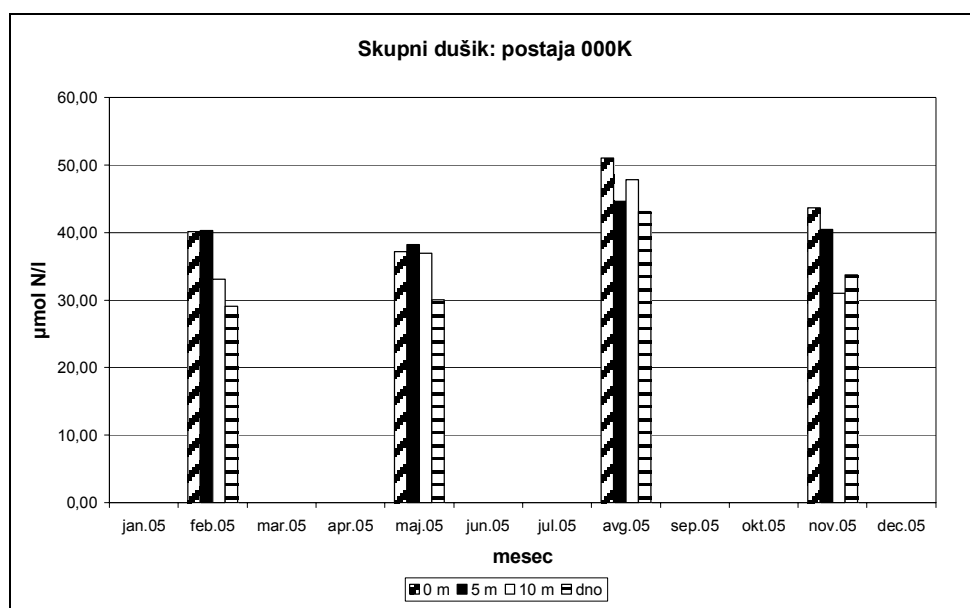
Sezonska porazdelitev koncentracij skupnega dušika je na zunanjih postajah zaliva podobna (Sl. 17). Viške (57,59 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000F in 72,15 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ) in nižke (20,63 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000F in 23,16 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ) smo na obeh postajah izmerili v istih mesecih - avgusta in marca, le da je bil avgustovski višek na postaji 00CZ 1,3-krat večji od tistega na postaji 000F. Obe najnižji koncentraciji pa sta bolj primerljivi. Tudi srednje letne vrednosti so na postaji 00CZ ($36,52\pm 10,64$ $\mu\text{mol/l}$) večje kot na postaji 000F ($34,72\pm 8,11$ $\mu\text{mol/l}$). Manjša standardna deviacija na postaji 000F kaže na manjša sezonska nihanja skupnega dušika, kar je razvidno tudi iz Slike 17.

Tudi na dodatnih merilnih mestih (Sl. 18) smo najvišje vrednosti izmerili avgusta v površinskem sloju (51,05 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000K in 51,37 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00MA), čeprav je bil celoten vodni stolp bogat z dušikom. Najnižje koncentracije skupnega

dušika so bile izmerjene februarja v pridnenem sloju (29,11 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000K in 23,72 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00MA).



Sl. 17: Sezonska dinamika koncentracij skupnega dušika na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

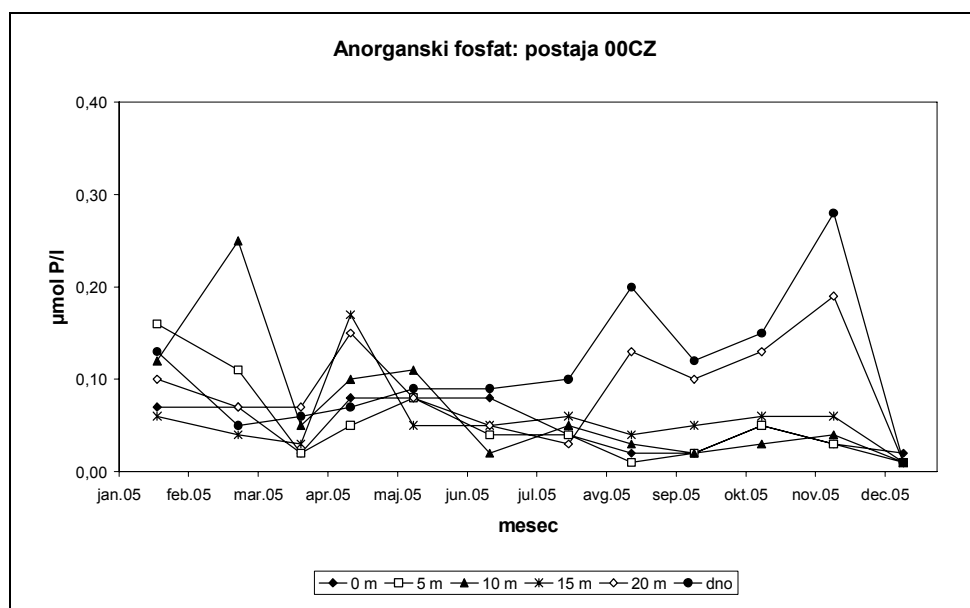
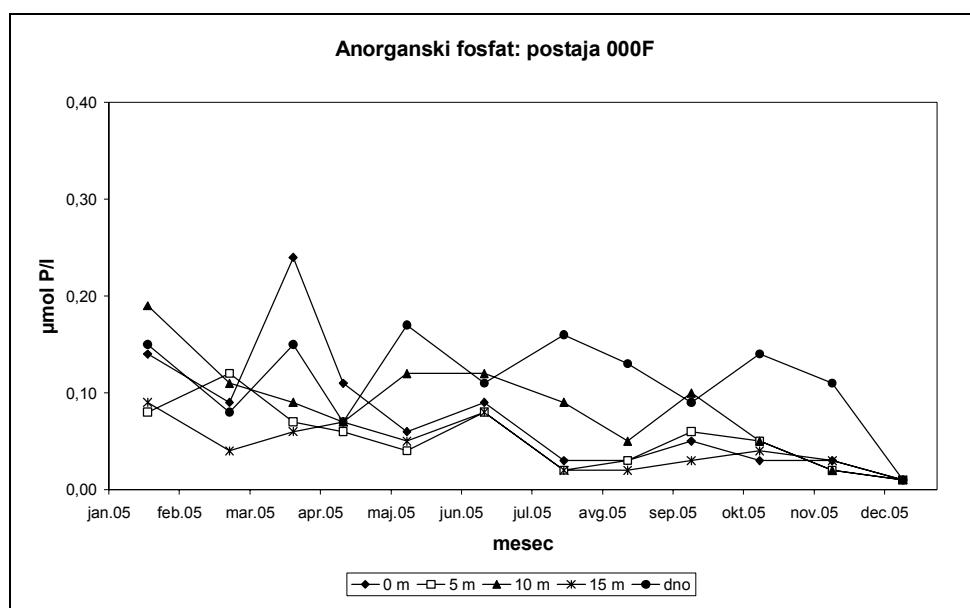


Sl. 18: Meritve koncentracij skupnega dušika na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

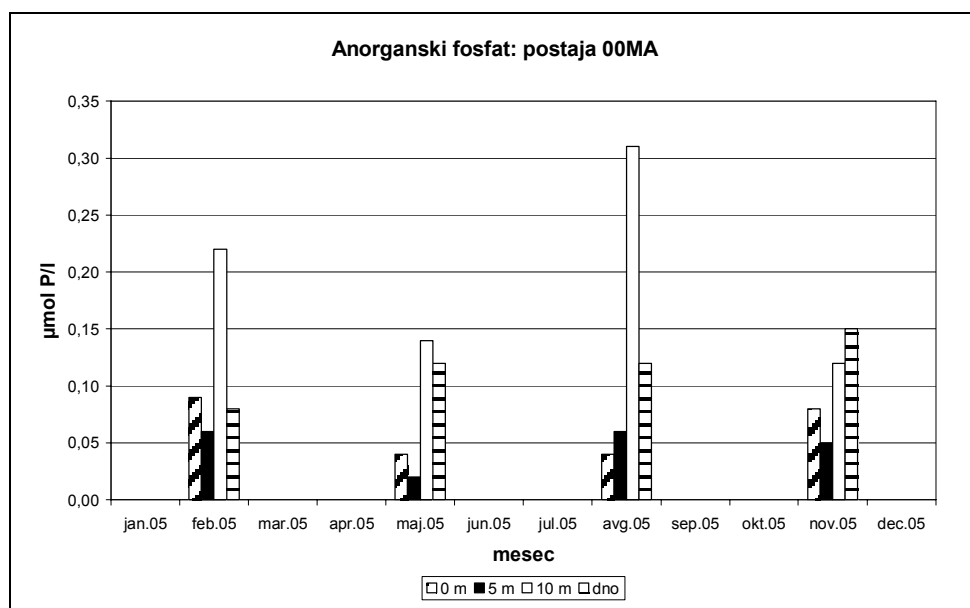
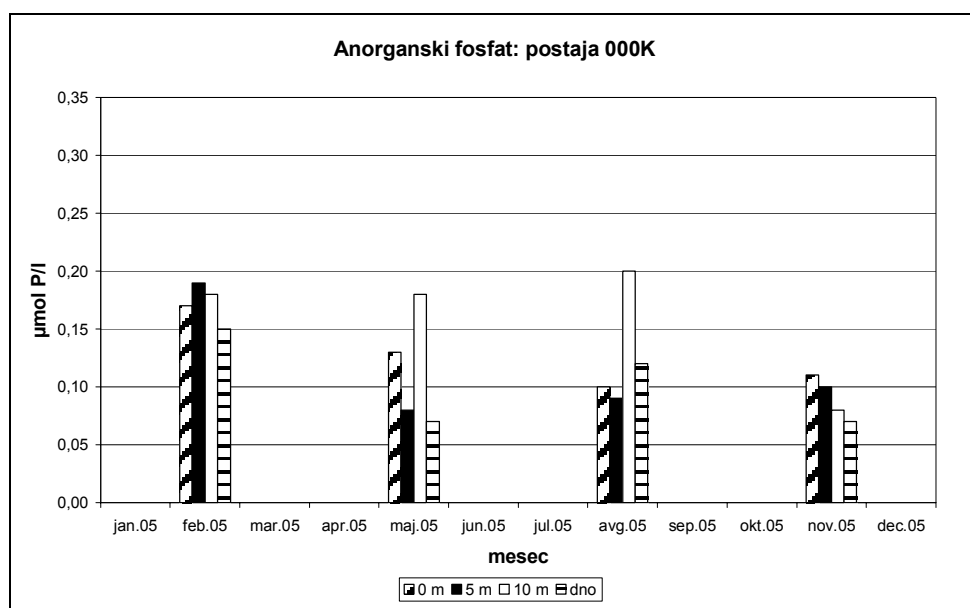
Hranilne snovi fosforja

Anorganski fosfat. Koncentracije anorganskega fosfata so bile tako kot v preteklih letih zelo nizke: od meje detekcije metode (0,01 $\mu\text{mol/l}$) do 0,28 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ (november, dno) oz. 0,24 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000F (marec, 0 m) (Sl. 19). Z izjemo marčevskega površinskega viška na postaji 000F in visoke koncentracije, izmerjene februarja na 10 m globine na postaji 00CZ, so bile visoke koncentracije fosfata praviloma izmerjene v pridnenem sloju vse od pozno-pomladanskih mesecev (maj-junij) dalje. Tako so bile v povprečju pridnene koncentracije na obeh postajah pravzaprav enake (0,11 $\mu\text{mol/l}$), medtem ko na ostalih globinah srednje vrednosti niso presegle 0,10 $\mu\text{mol/l}$. Zlasti na postaji 00CZ je pridneni sloj v globini od 20-24 m izstopal s povišanimi koncentracijami fosfata v obdobju temperaturne stratifikacije in razgradnje nakopičene organske snovi (avgust-november). Po zelo visokih novembrskih koncentracijah pa smo že v naslednjem mesecu zabeležili na obeh postajah ter vzdolž celotnega vodnega stolpa izredno nizke koncentracije, kar kaže na veliko fosforjevo limitativnost.

Štirikratne meritve na dodatnih merilnih mestih kažejo velika nihanja koncentracij anorganskega fosfata, tako v času in prostoru (med postajama in po posameznih globinah) (Sl. 20). Vrednosti so bile med 0,02 in 0,31 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00MA ter med 0,07 in 0,20 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000K. Na postaji 00MA smo višek zabeležili avgusta na globini 10 m; ta sloj je bil na sploh bogat s fosfatom, saj smo visoke vrednosti (0,12–0,22 $\mu\text{mol/l}$) izmerili tudi ob preostalih treh vzorčenjih. Tudi na postaji 000K je izstopal srednji sloj (10 m) z najvišjo koncentracijo, izmerjeno v avgustu ter z visokimi vrednosti, zabeleženimi še v februarju (poleg 5-metrskega sloja) in maju. Najnižje koncentracije pa smo izmerili maja, bodisi v zgornjem 5-metrskem sloju (postaja 00MA), bodisi v sloju pri dnu (postaja 000K).

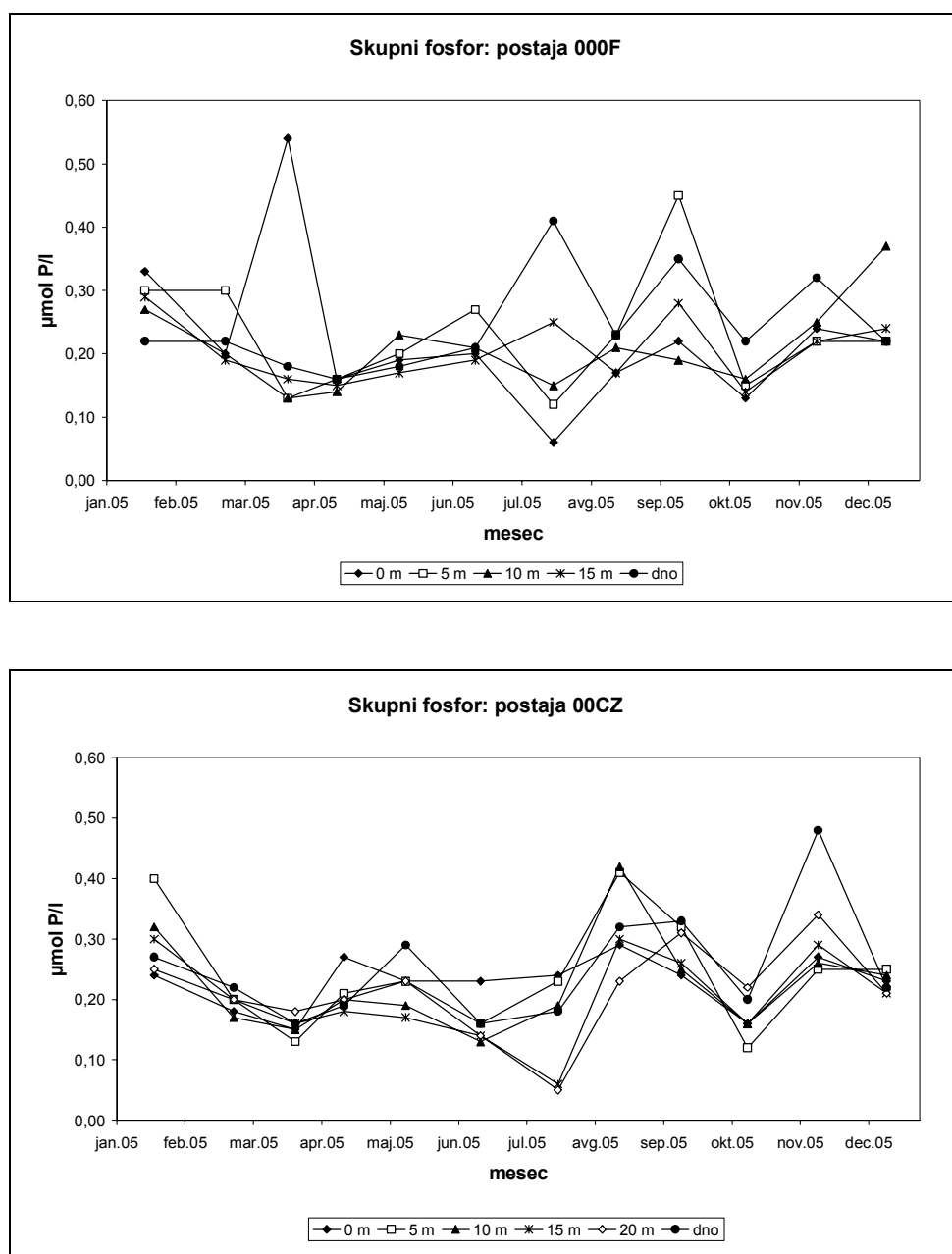


Sl. 19: Sezonska dinamika koncentracij anorganskega fosfata na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.



Sl. 20: Meritve koncentracij anorganskega fosfata na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

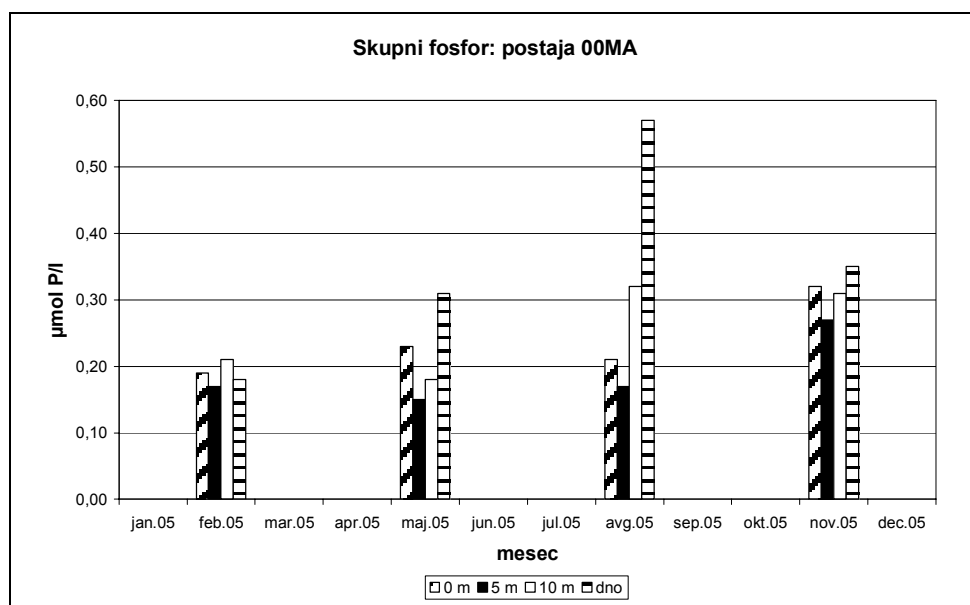
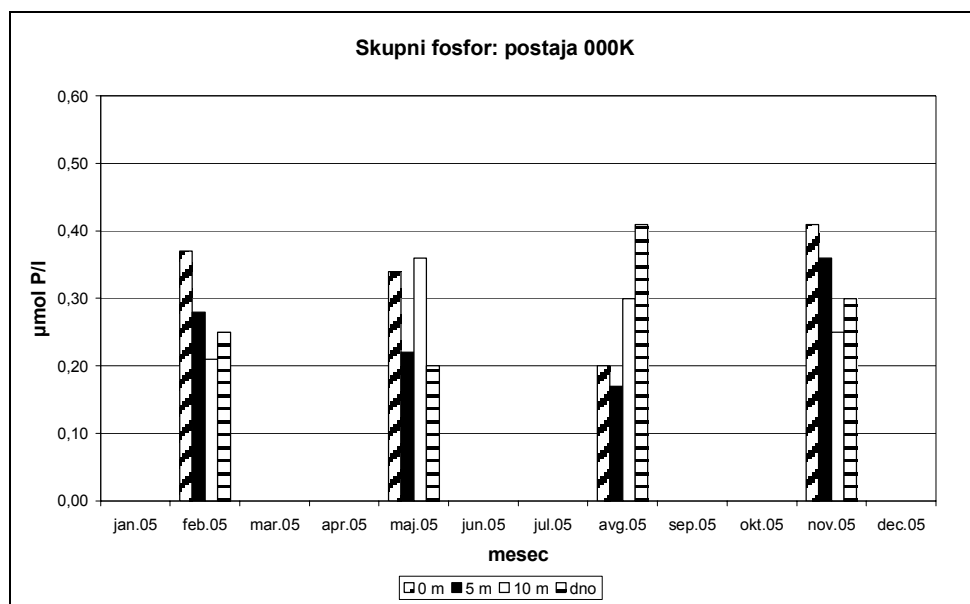
Skupni fosfor. Skupni fosfor predstavlja organske (vgrajene v organizmih) in anorganske fosforjeve spojine v raztopljeni in partikulatni obliki. Edina skupna značilnost sezonske dinamike anorganskega fosfata in skupnega fosforja, je časovno sovpadanje viškov obeh skupin fosforjevoh spojin, kar pa velja bolj za zunanji postaji (Sl. 21), kot pa za dodatni merilni mesti (Sl. 22).



Sl. 21: Sezonska dinamika koncentracij skupnega fosforja na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

Tako smo na postajah 000F in 00CZ najvišje koncentracije izmerili marca v površinskem sloju ($0,54 \mu\text{mol/l}$, 000F) in novembra v sloju pri dnu ($0,48 \mu\text{mol/l}$, postaja 00CZ), kar se ujema z viški anorganskega fosfata (Sl. 19). Navkljub na prvi pogled različnemu sezonskemu poteku koncentracij fosforja, pa so bile povprečne letne vrednosti na obeh postajah zelo podobne: $0,23 \pm 0,08 \mu\text{mol/l}$ (postaja 00CZ) in $0,22 \pm 0,08 \mu\text{mol/l}$ (postaja 000F), pa tudi povprečne koncentracije za posamezne

vodne sloje so dokaj izenačene (od 0,20 do 0,25 $\mu\text{mol/l}$). Oboje kaže na dokaj podobno horizontalno in vertikalno porazdelitev koncentracij skupnega fosforja. Visoke vrednosti smo občasno izmerili še v juliju in septembru na postaji 000F (0,41-0,45 $\mu\text{mol/l}$) ter v januarju in avgustu na postaji 00CZ (0,40-0,42 $\mu\text{mol/l}$).



Sl. 22: Meritve koncentracij skupnega fosforja na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

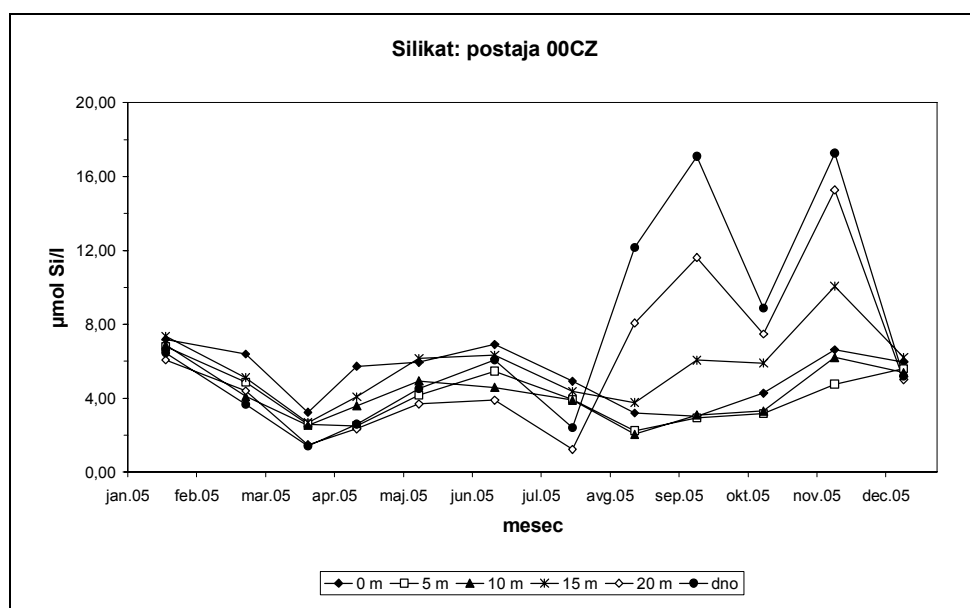
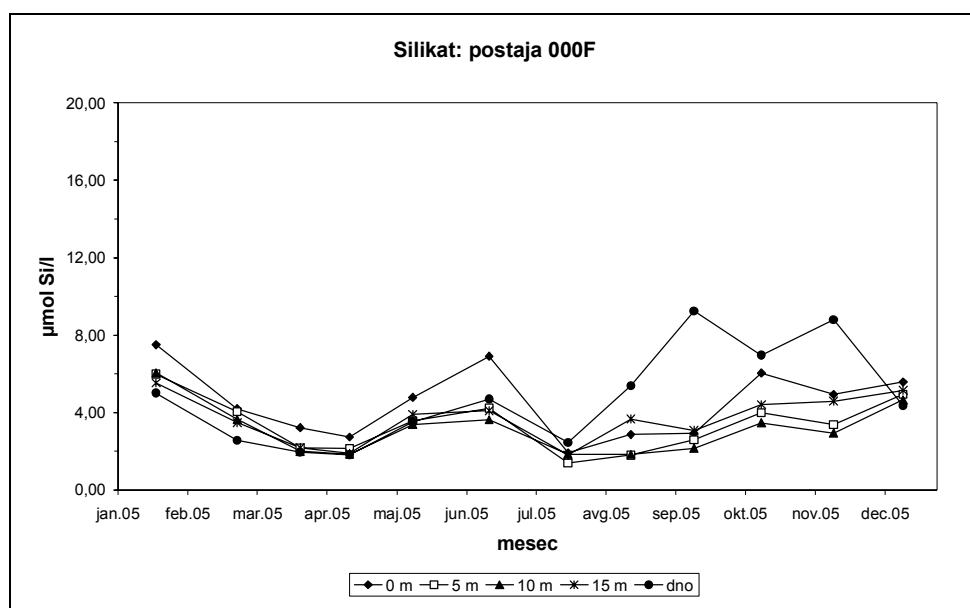
Na dodatnih merilnih mestih se viški skupnega fosforja (Sl. 22) niso ujema z viški anorganskega fosfata (Sl. 20). Na obeh postajah smo najvišje koncentracije izmerili

avgusta v pridnenem sloju (0,41 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000K in 0,57 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00MA). Visoke koncentracije $> 0,30 \mu\text{mol/l}$ smo zabeležili še februarja, maja in novembra v nekaterih vodnih sloji na postaji 000K ter maja in novembra na postaji 00MA, prav tako le na posameznih globinah. Fosforjevo najrevnejši vodni sloj pa je bil sloj 5 m, saj smo najnižje koncentracije izmerili prav tu na obeh postajah (0,15 in 0,17 $\mu\text{mol/l}$).

Hranilne snovi silicija

Raztopljeni anorganski silicij se v morski vodi nahaja v obliki silikatnega iona SiO_4^{4-} . Praviloma se viški silikata pojavljajo v pridnenem sloju, kar je bilo značilno tudi za leto 2005 (Sl. 23). Nasploh je bilo za leto 2005 značilno, da smo najvišje koncentracije prav vseh hranilnih snovi, torej tudi silicija, izmerili v pridnenem sloju v drugi polovici leta, kar je posledica oksidativne mineralizacije sedimentirane organske snovi.

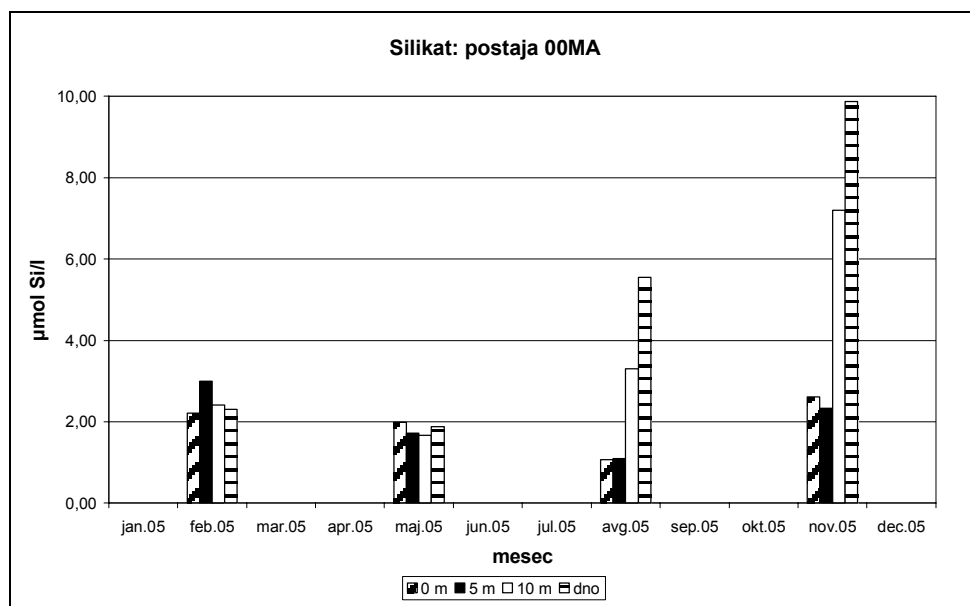
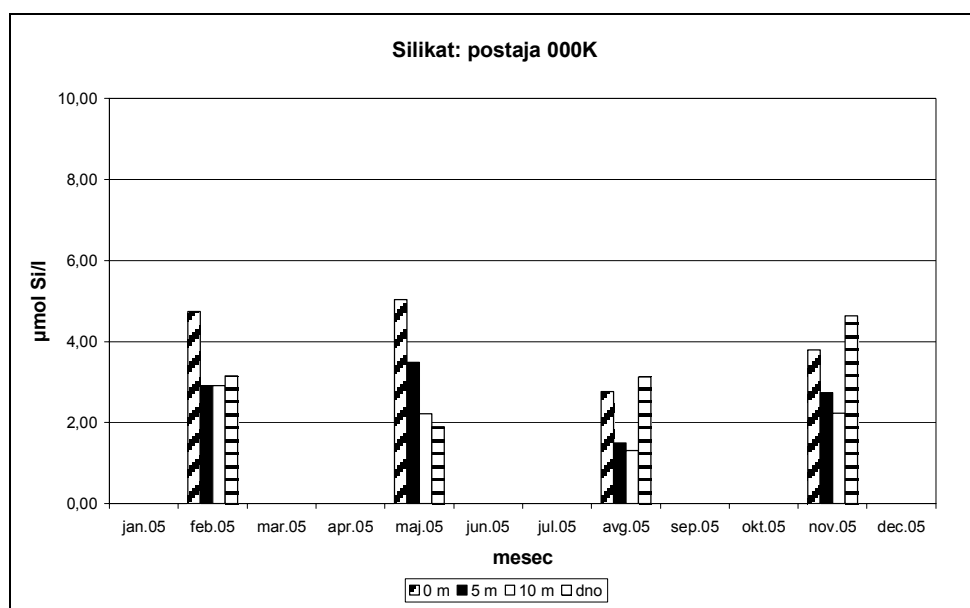
Vrednosti koncentracij silicija so bile od 1,39 do 9,25 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000F ter od 1,23 do 17,27 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ (Sl. 23). Skoraj dvakrat višja največja koncentracija silikata ter še tri meritve $> 10 \mu\text{mol/l}$ so prispevale tudi k večji srednji letni vrednosti na postaji 00CZ ($5,41 \pm 3,18 \mu\text{mol/l}$) v primerjavi s postajo 000F ($3,87 \pm 1,77 \mu\text{mol/l}$). Kot že omenjeno, smo viške izmerili v pridnenem sloju v jesenskih mesecih na obeh postajah: tako november kot september sta bila zaznamovana z visokimi koncentracijami, kar je bilo še zlasti opazno na postaji 00CZ. Najnižje koncentracije smo izmerili v juliju, nizke vrednosti $< 4 \mu\text{mol/l}$ pa smo zabeležili tudi v marcu in aprilu in sicer na vseh globinah vodnega stolpa. V splošnem bi lahko letno dinamiko silikata na obeh zunanjih postajah razdelili na dva dela: za prvi del leta od januarja do julija so bile značilne nižje koncentracije silikata, pri čemer so bile najvišje vrednosti praviloma izmerjene v površinskem sloju (npr. januarja in junija na postaji 000F). Drugo obdobje od avgusta do decembra pa so zaznamovale visoke koncentracije pri dnu oz. v sloju od 20 do 24 m na postaji 00CZ. Ta razlika med obema obdobjema je bila ponovno izrazitejša na postaji 00CZ, o čemer pričajo tudi izračunane srednje letne vrednosti za površinski ($4,47 \pm 1,79 \mu\text{mol/l}$ na postaji 000F in $5,28 \pm 1,51 \mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ) pridneni sloj ($4,73 \pm 2,52 \mu\text{mol/l}$ na postaji 000F in $7,31 \pm 5,47 \mu\text{mol/l}$ na postaji 00CZ).



Sl. 23: Sezonska dinamika koncentracij silikata na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

Štirikratne meritve na dodatnih merilnih mestih kažejo podobne razmere kot na dveh zunanjih postajah, a z manjšimi odstopanji (Sl. 24). Na postaji 00MA so prevladovala visoke pridnene koncentracije v drugi polovici leta z novembrskim viškom (9,88 $\mu\text{mol/l}$), medtem ko so bile koncentracije ob prvih dveh meritvah mnogo nižje in dokaj uravnotežene med posameznimi vodnimi sloji. Visoke koncentracije v drugi polovici leta smo zabeležili tudi na globini 10 m (3,30-7,20 $\mu\text{mol/l}$). Na postaji 000K

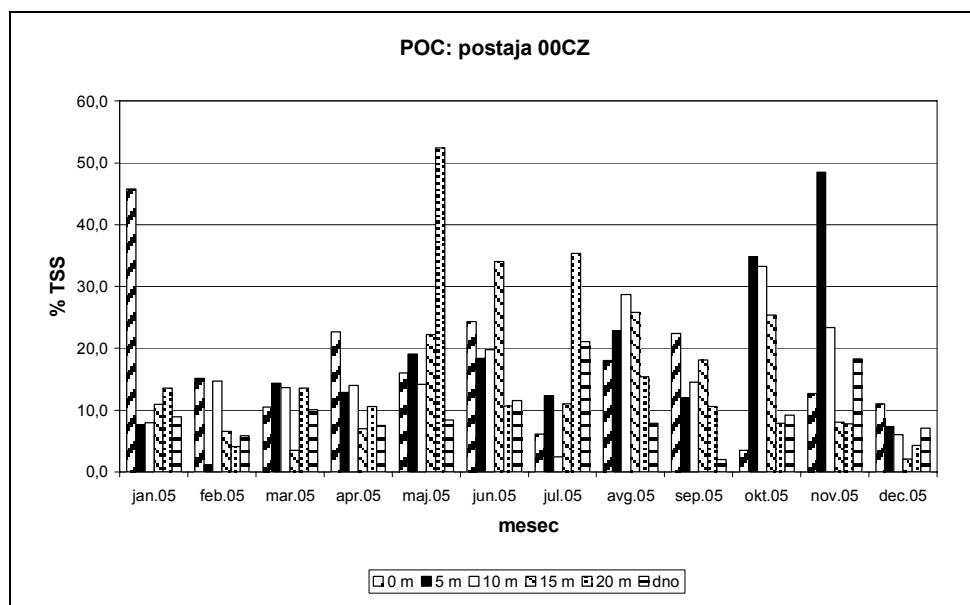
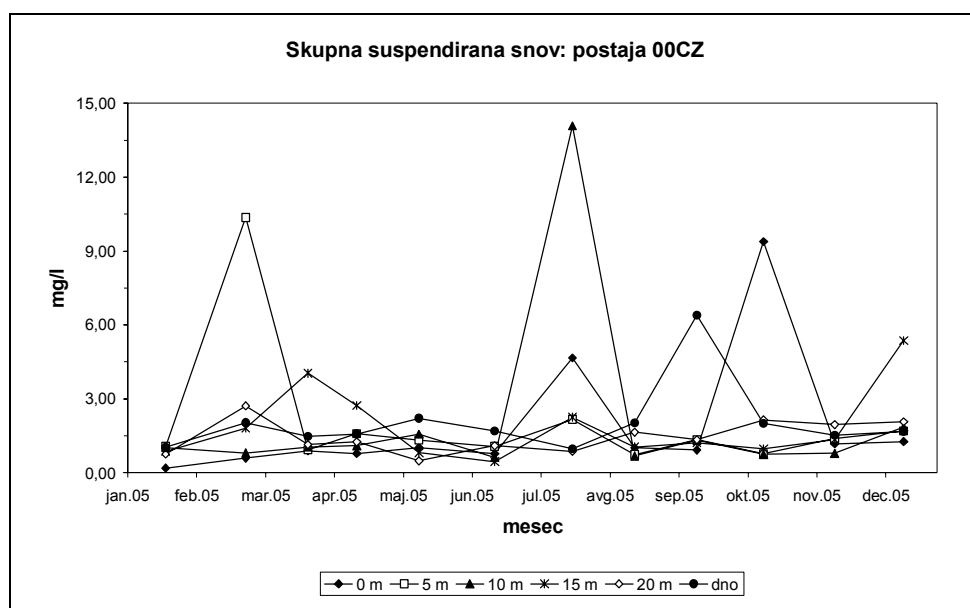
smo prav tako opazili dve različni obdobji: pri prvih dveh meritvah (februar in maj) visoke površinske koncentracije (4,74-5,03 $\mu\text{mol/l}$), pri drugih dveh meritvah (avgust in november) visoke pridnene koncentracije (3,13-4,63 $\mu\text{mol/l}$). Vendar so bile v nasprotju z ostalimi tremi postajami zimsko-spomladanski površinski viški večji od jesenskih pridnenih viškov. Na obeh postajah smo najnižje koncentracije silikata izmeri avgusta na površini (1,07 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 00MA) oz. na globini 10 m (1,31 $\mu\text{mol/l}$ na postaji 000K).



Sl. 24: Meritve koncentracij silikata na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

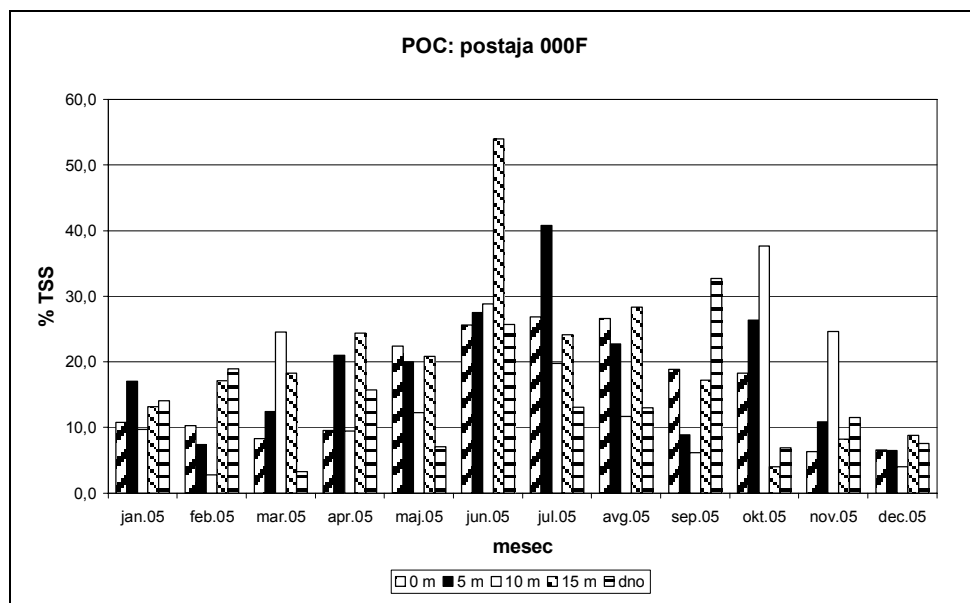
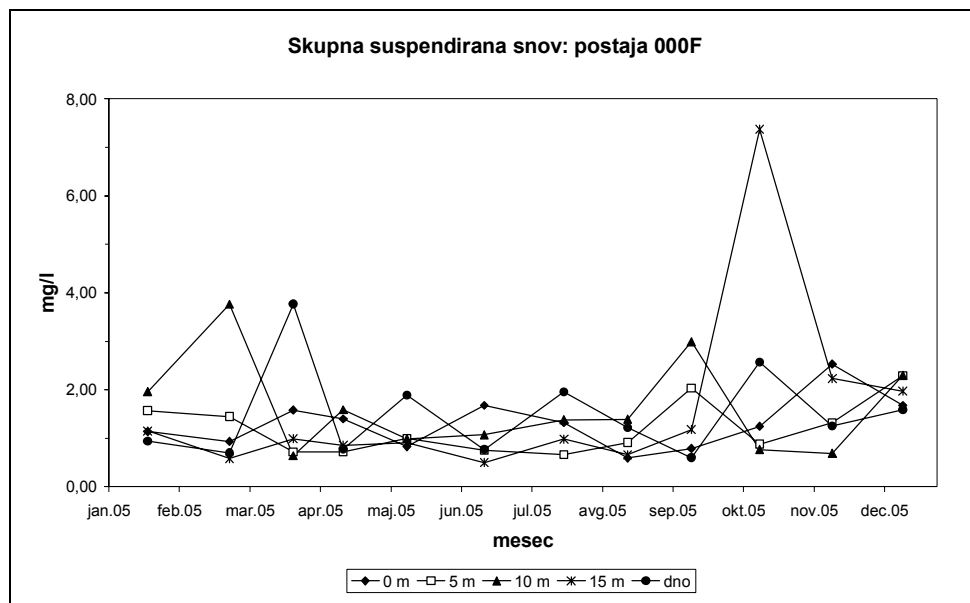
Skupna suspendirana snov in partikulatni organski ogljik

Najvišjo koncentracijo skupne suspendirane snovi na postaji 00CZ smo izmerili julija na globini 10 m (14,08 mg/l) (Sl. 25). Visoke vrednosti TSS okoli 10 mg/l smo zabeležili še februarja in oktobra, medtem ko je bila najnižja koncentracija izmerjena januarja v površinskem sloju (0,19 mg/l). Sezonski viški TSS sovpadajo z najnižjimi deleži organskega ogljika v istih mesecih in istih vodnih slojih (1,1-3,5 %) (Sl. 25). Sicer pa smo na postaji 00CZ visoke deleže POC določili v maju (52,5 %), januarju (45,8 %) in novembru (48,5 %).



Sl. 25: Sezonska dinamika koncentracij TSS in deležev POC na osnovnem merilnem mestu (00CZ) v letu 2005.

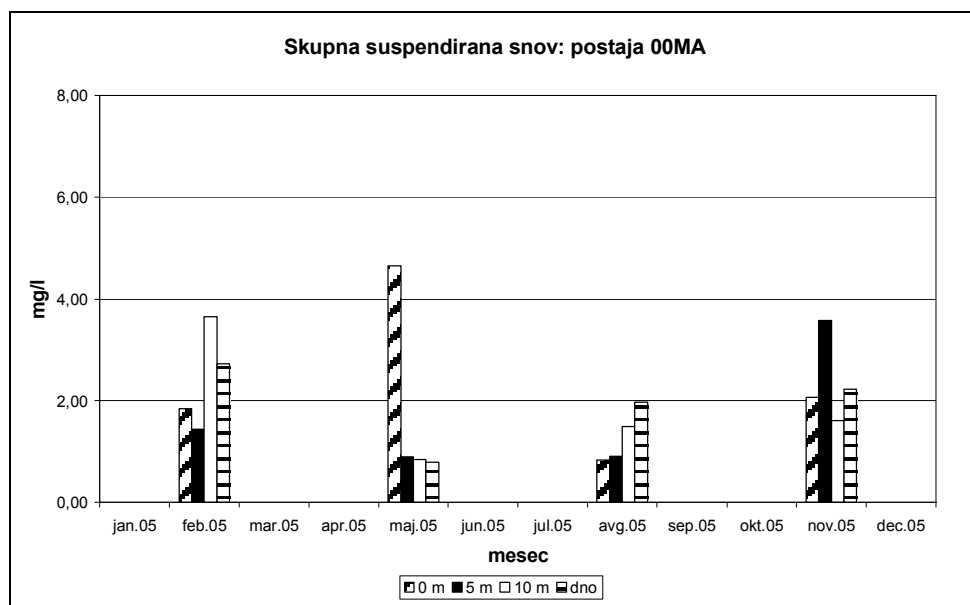
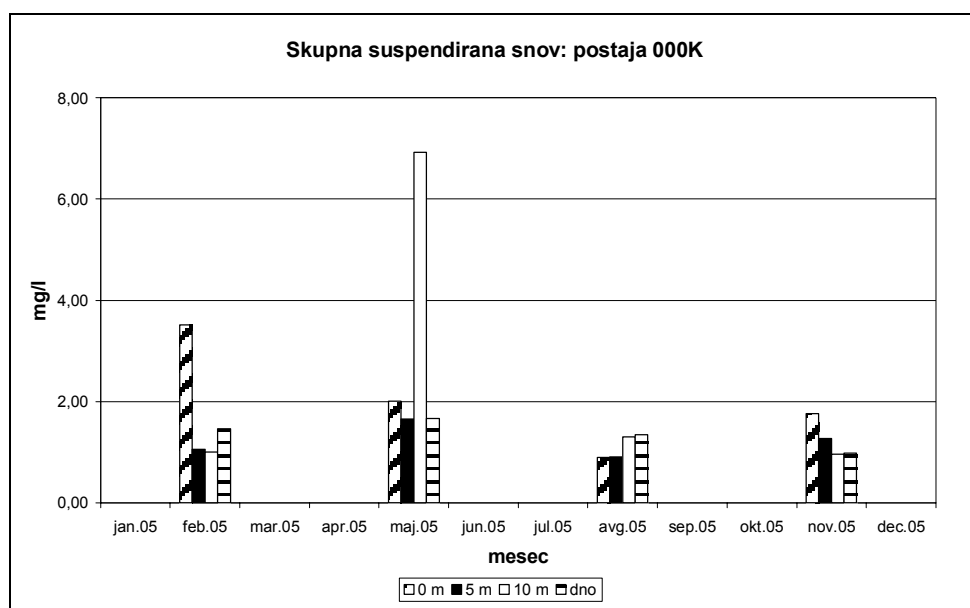
Na postaji 000F smo najvišjo vrednost celotne suspendirane snovi izmerili v oktobru v vodnem sloju 15 m (7,37 mg/l), najnižjo pa junija na globini 15 m (0,50 mg/l) (Sl. 26). Dva manjša viška okoli 3,8 mg/l smo izmerili še v februarju in marcu na globini 10 m oz. pri dnu. Ob vseh treh viških TSS smo izračunali, tako kot na postaji 00CZ, najmanjše deleže partikulatnega organskega ogljika v suspendirani snovi (od 2,8 % v februarju do 4 % v oktobru).



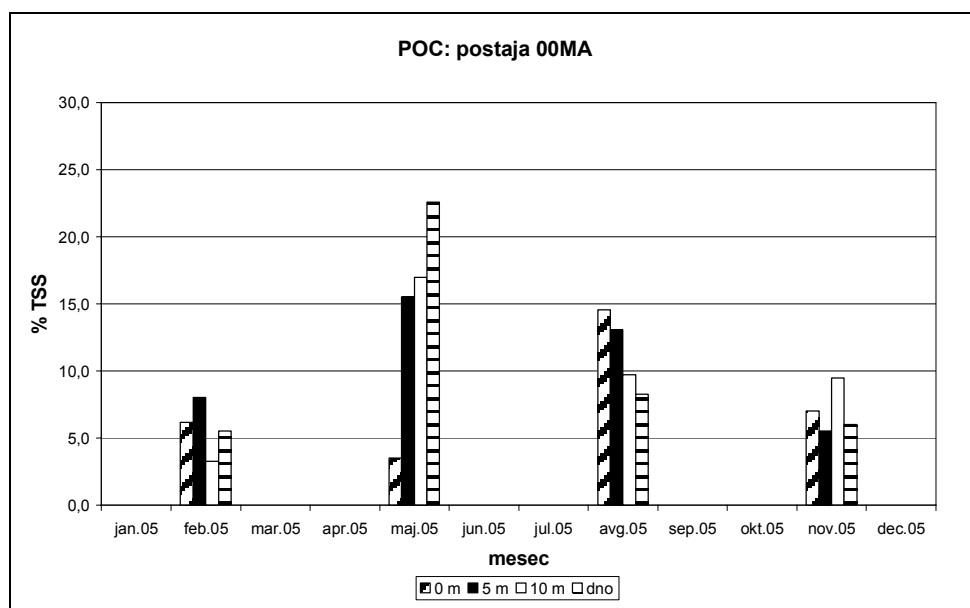
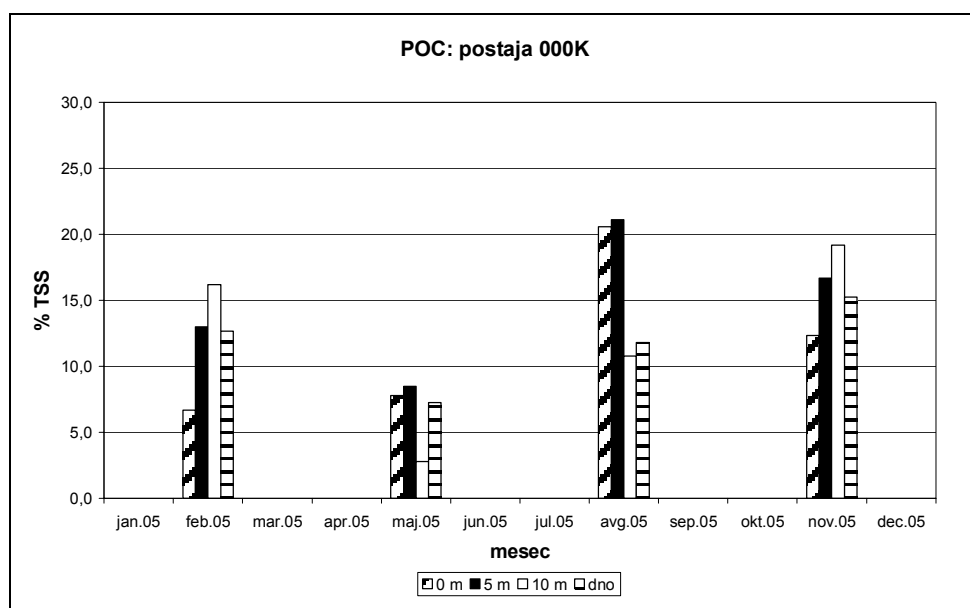
Sl. 26: Sezonska dinamika koncentracij TSS in deležev POC na referenčnem merilnem mestu (000F) v letu 2005.

Te vrednosti kažejo na velik prispevek sedimenta k sestavi suspendirane snovi. Visoke koncentracije organskega ogljika (v $\mu\text{g/l}$) so bile na postaji 000F izmerjene v času od junija do septembra, zato so bili praviloma tudi deleži POC v tem obdobju visoki, z najvišjo vrednostjo 54 % zabeleženo junija na globini 15 m. V povprečju so bile koncentracije TSS na tej postaji ($1,45 \pm 1,07 \text{ mg/l}$) nekoliko nižje kot na postaji 00CZ ($1,91 \pm 2,27 \text{ mg/l}$), vendar so bila tudi nihanja vsebnosti suspendiranih delcev v vodi manjša.

Na dodatnih merilnih mestih smo najvišje koncentracije TSS izmerili v maju, vendar na različnih globinah: na postaji 00MA na površini ($4,65 \text{ mg/l}$), na postaji 000K pa na globini 10 m ($6,93 \text{ mg/l}$) (Sl. 27). V poletno-jesenskem delu leta so bile vrednosti TSS, zlasti na postaji 000K, mnogo nižje, ko so tudi doslege najnižjo vrednost ($< 1 \text{ mg/l}$). Majski višek TSS na postaji 00MA smo zabeležili samo v površinskem sloju, saj je koncentracija že na 5 m globine močno padla ($0,90 \text{ mg/l}$) in ostala nizka vse do dna ($0,79 \text{ mg/l}$). Prav nasprotno pa smo v teh podpovršinskih slojih zabeležili najvišje vsebnosti organskega ogljika (od 15,5 do 22,6 %) (Sl. 28). Površinski višek TSS pa je sovpadal z enim najnižjih deležev POC v celotnem vzorčevalnem obdobju (3,5 %). Podobna razmerja med koncentracijami TSS in deleži POC smo opazili tudi na postaji 000K. Tako smo najvišji delež organskega ogljika določili avgusta v zgornjih 5 m vodnega stolpa (okoli 20 %), maja na globini 10 m pa je bil delež najmanjši (2,8 %). Novembra so bile v celotnem vodnem stolp obeh postaj koncentracije klorofila *a* visoke (Sl. 30), kar odražajo tudi utežna razmerja C_{org}/N suspendirane snovi (od 7,1-7,9).



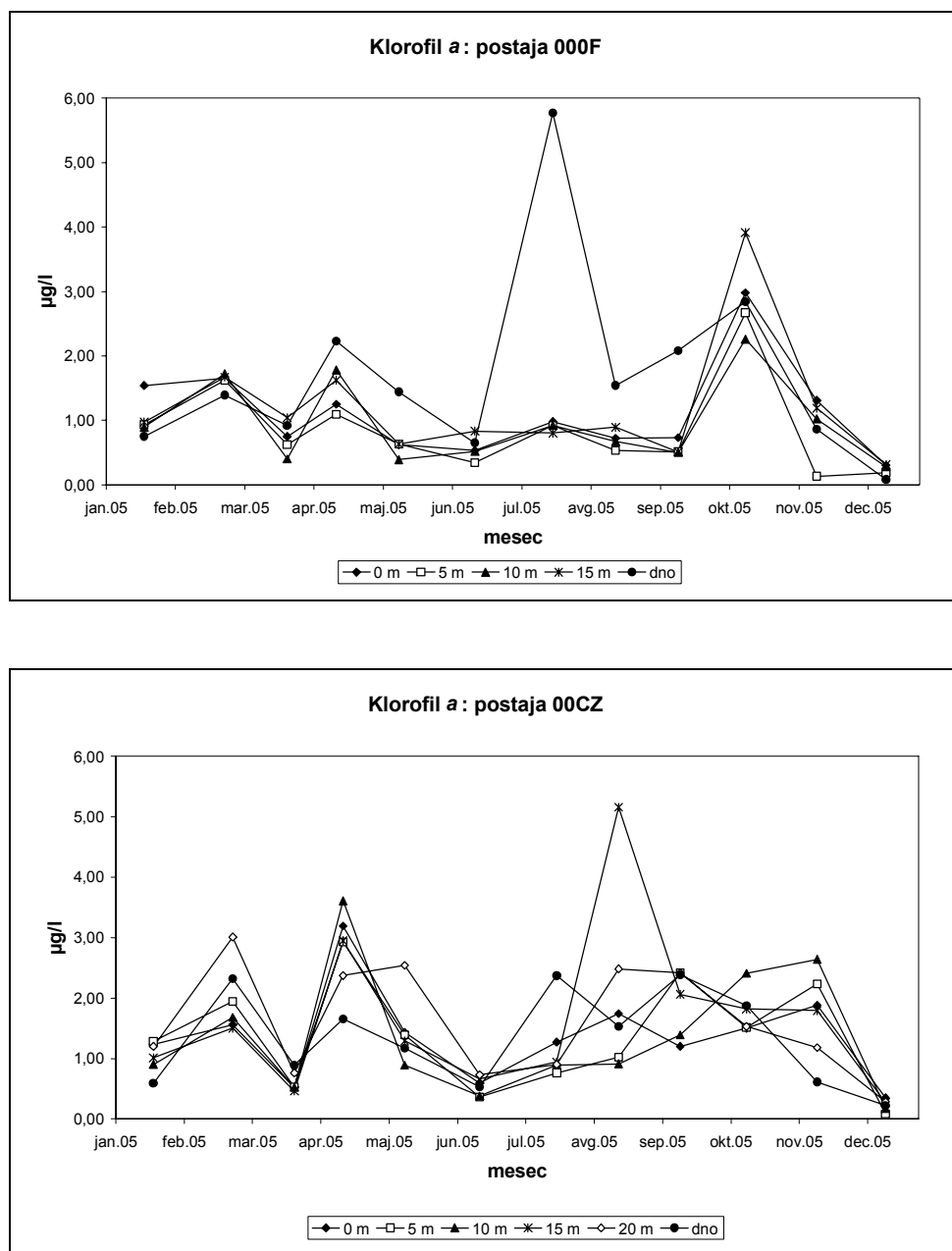
Sl. 27: Meritve koncentracij TSS na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.



Sl. 28: Deleži POC na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

Biomasa fitoplanktona

Skupna značilnost za leto 2005 je ta, da je bila porazdelitev koncentracij klorofila *a* na vseh postajah zelo raznolika (Sl. 29 in 30), tako da so se viški pojavljali v različnih mesecih in v različnih globinah vodnega stolpa, kar prikazujemo tudi v zbirni tabeli podatkov koncentracij klorofila *a* (Tab. 14).



Sl. 29: Sezonska dinamika koncentracij klorofila *a* na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2005.

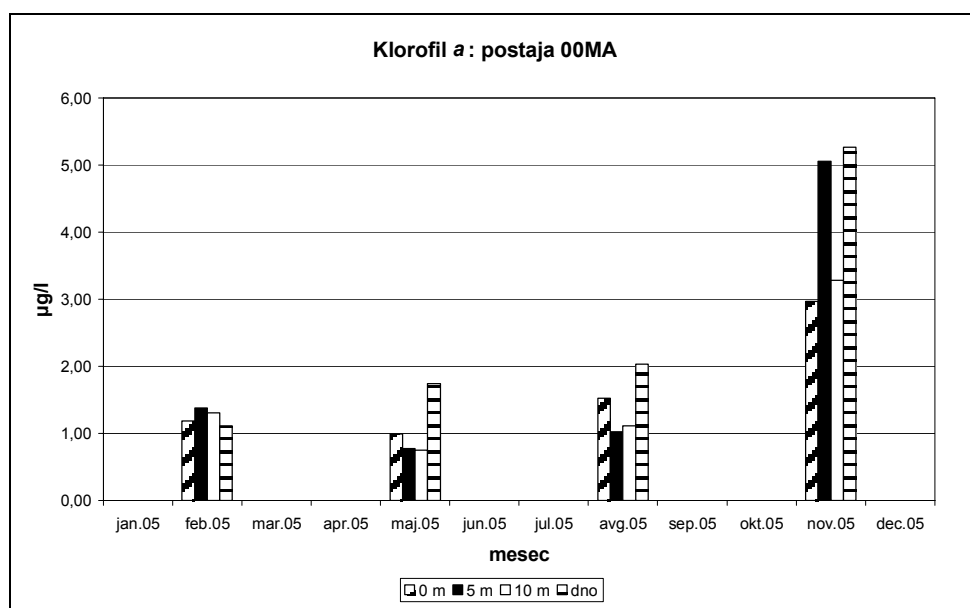
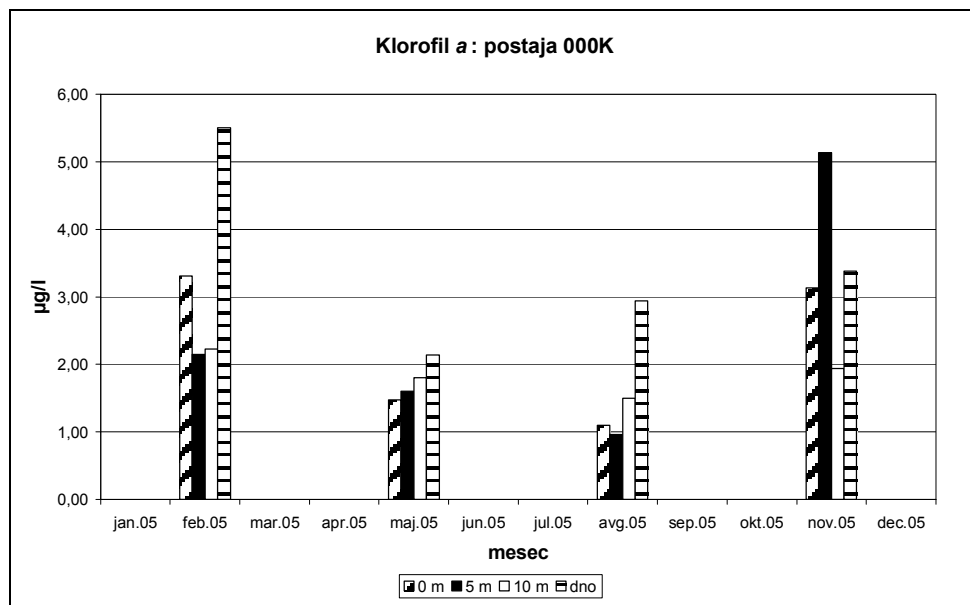
Na zunanjih postajah zaliva so bili nižki in viški klorofila *a* zelo podobni (0,08-5,77 $\mu\text{g/l}$ na postaji 000F; 0,08-5,16 $\mu\text{g/l}$ na postaji 00CZ) (Sl. 29), vendar so bile srednje letne vrednosti ponovno nekoliko večje na postaji 00CZ ($1,45 \pm 0,94 \mu\text{g/l}$) v primerjavi s postajo 000F ($1,16 \pm 0,97 \mu\text{g/l}$).

Glede na leto 2004 ($1,92 \pm 1,40 \mu\text{g/l}$ na postaji 00CZ; $1,55 \pm 1,10 \mu\text{g/l}$ na postaji 000F), pa so srednje vrednosti za leto 2005 nižje, kar bi lahko povezali z manjšimi sladkovodnimi pritoki in posledično nižjimi koncentracijami hranilnih snovi v tem letu. To nakazuje tudi izostanek površinskih viškov klorofila *a* v letu 2005. Najvišjo koncentracijo klorofila *a* na postaji 000F smo izmerili julija v pridnenem sloju in je močno odstopala od zgoraj ležečih slojev s koncentracijami okoli 0,9 $\mu\text{g/l}$, kar kaže na zelo veliko kopičenje fitoplanktonskega materiala ob dnu. Visoke koncentracije na tej postaji smo zabeležili še oktobra vzdolž celotnega vodnega stolpa (2,26-3,91 $\mu\text{g/l}$) in aprila, prav tako v vseh vodnih slojih (1,09-2,23 $\mu\text{g/l}$). Koncentracije so bile nekoliko povečane tudi v februarju (okoli 1,6 $\mu\text{g/l}$). Najnižjo vsebnost fitoplanktonske mase smo opazili v decembru, ko je bila najvišja koncentracija le 0,30 $\mu\text{g/l}$.

Na postaji 00CZ smo opazili podobno dinamiko v prvem delu leta s povišanimi koncentracijami v februarju (1,56-3,01 $\mu\text{g/l}$) in aprilu (1,65-3,19 $\mu\text{g/l}$), v drugi polovici leta pa smo za razliko od postaje 000F poletni višek izmerili v avgustu na globini 15 m (5,16 $\mu\text{g/l}$). Visoke koncentracije, praviloma na vseh globinah, smo potem beležili v naslednjih mesecih od septembra do novembra, z najvišjo koncentracijo izmerjeno novembra na globini 10 m (2,64 $\mu\text{g/l}$). Dva posamična viška smo zabeležili še maja na globini 20 m (2,54 $\mu\text{g/l}$) in julija v sloju pri dnu (2,37 $\mu\text{g/l}$). Tako kot na postaji 000F, smo izredno nizke koncentracije klorofila *a* izmerili decembra (0,08-0,35 $\mu\text{g/l}$), nizke vrednosti na obeh postajah, praviloma pod 1 $\mu\text{g/l}$, pa smo zabeležili še marca in junija.

V splošnem lahko rečemo, da smo na obeh postajah v spomladanskih mesecih izmerili dva viška klorofilne biomase in sicer v februarju in aprilu, ki sta zaznamovala vse vodne sloje, kar kaže na razmnoževanje fitoplaktona vzdolž premešanega vodnega stolpa. Poletna viška v sloju pri dnu oz. pod termoklino (15 m), bodisi v juliju ali avgustu, sta prej odraz nakopičene rastlinske mase kot pa aktivne rasti, saj so bili zgoraj ležeči sloji izredno revni s klorofilom *a*. V jesenskem času je potem sledil še drugi sezonski višek, ki je bil na postaji 000F v povprečju največji v letu 2005 in

omejen na mesec oktober. Na postaji 00CZ pa je bilo daljše jesensko obdobje, predvsem pa meseca oktober in november, zaznamovano s povečano fitoplanktonsko biomaso.



Sl. 30: Meritve koncentracij klorofila a na dodatnih merilnih mestih v letu 2005.

Na dodatnih merilnih mestih smo izmerili najvišje koncentracije novembra na postaji 00MA (5,27 µg/l) in februarja na postaji 000K (5,51 µg/l), čeprav smo na tem merilnem mestu visoke koncentracije izmerili tudi ob jesenskem vzorčevanju (5,14 µg/l). Ob obeh (postaja 000K) oz. enem višku (postaja 00MA) so bile visoke

koncentracije ($\geq 2 \mu\text{g/l}$) zabeležene na vseh štirih vzorčevalnih globinah, prevladovala pa sta pridneni sloj in sloj na globini 5 m. Najnižje koncentracije klorofila *a* smo izmerili maja v srednjem 5-10-metrskem sloju postaje 00MA (0,75 $\mu\text{g/l}$) oz. avgusta na globini 5 m na postaji 000K (0,96 $\mu\text{g/l}$).

Tab. 14: Srednje vrednosti ($\langle X \rangle$), standardne deviacije (SD) ter najnižje (MIN) in najvišje (MAX) koncentracije klorofila *a* ($\mu\text{g/l}$) na postajah Tržaškega zaliva v letu 2005. (No.=število podatkov)

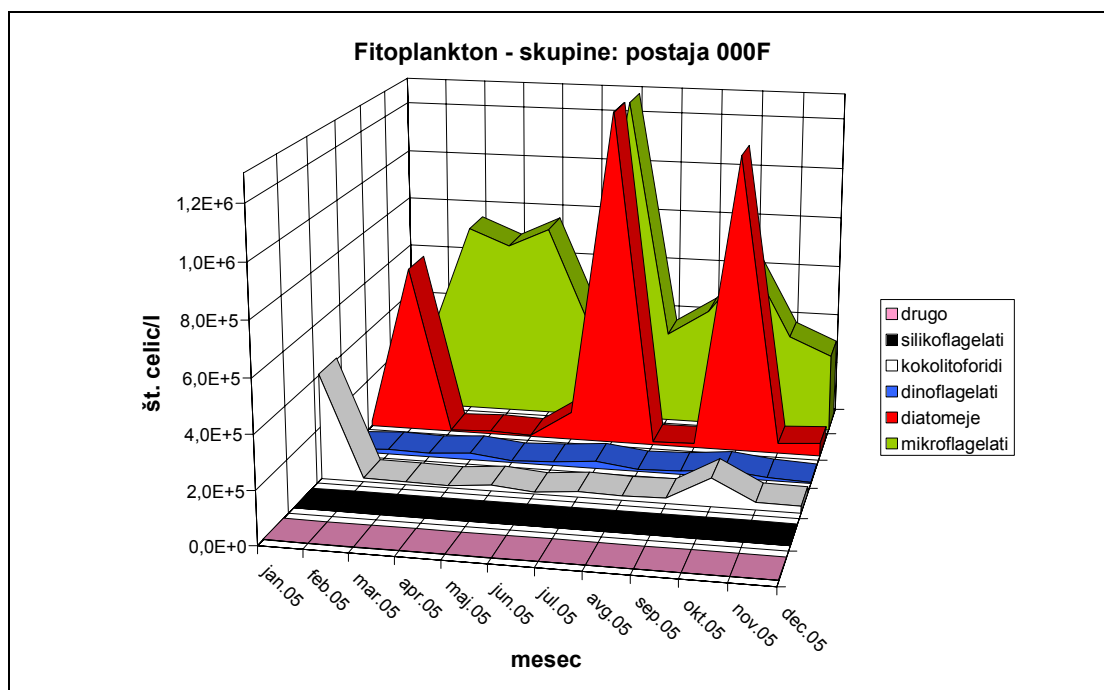
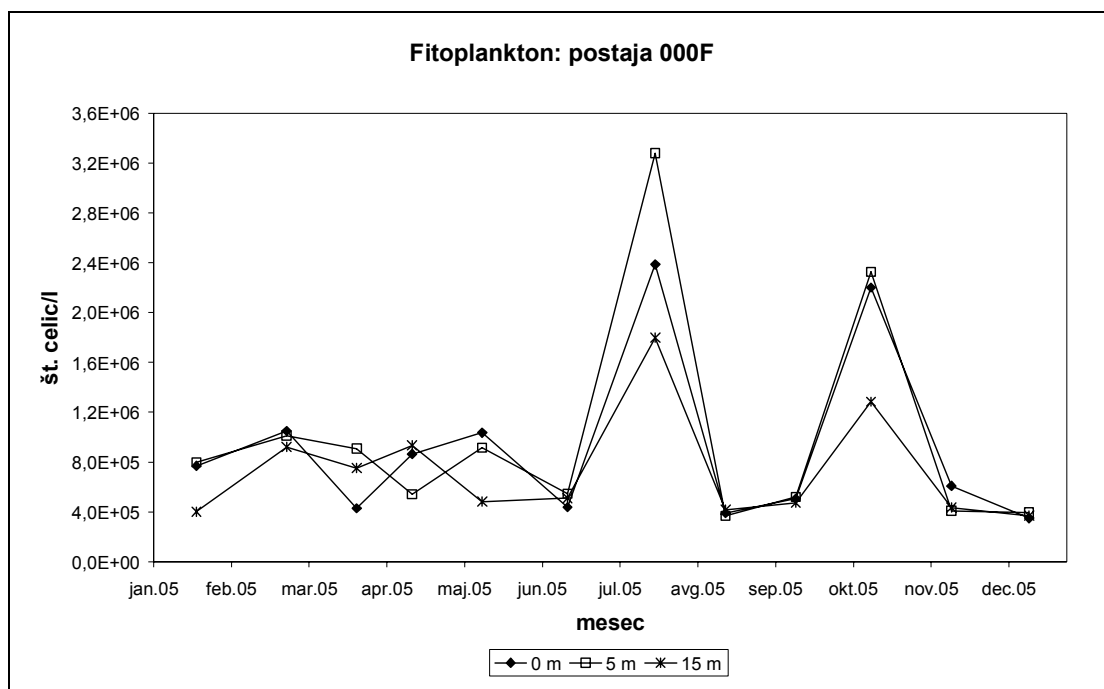
postaja	00CZ	000F	000K	00MA
$\langle X \rangle$	1,45	1,16		
SD	0,94	0,97		
MIN (mesec)	0,08 (dec)	0,08 (dec)	0,96 (avg)	0,75 (maj)
MAX (mesec)	5,16 (avg)	5,77 (jul)	5,51 (feb)	5,27 (nov)
No.	72	60	16	16

Abundanca in sestava fitoplanktona

Abundanco in taksonomsko sestavo fitoplanktona smo spremljali na postaji 000F na treh globinah vodnega stolpa (Sl. 31). Abundanca fitoplanktona je bila med $3,5 \times 10^5$ cel./l (december, 0 m) in $3,3 \times 10^6$ cel./l (julij, 5 m). V mesecu juliju je bila visoka abundanca zabeležena tudi na ostalih dveh globinah ($1,8$ - $2,4 \times 10^6$ cel./l), drugi sezonski višek, prav tako vzdolž celotnega vodnega stolpa, pa smo opazili še v oktobru ($1,3$ - $2,3 \times 10^6$ cel./l). Visoke celične gostote $>1,0 \times 10^6$ cel./l so bile značilne še za februar in maj, praviloma za zgornji 5-metrski vodni sloj. Med obema viškoma v juliju in oktobru, pa smo v vmesnem obdobju določili zelo nizko število fitoplanktona ($3,7$ - $5,1 \times 10^5$ cel./l), ki se je močno približalo najnižjim decembrskim vrednostim.

Ob primerjavi letne dinamike abundance fitoplanktona s fitoplanktonsko biomaso – klorofilom *a* (Sl. 29), lahko v splošnem povzamemo, da sta bili tako abundanca kot biomasa v prvi polovici leta razmeroma nizki (izjema dva manjša viška abundance v februarju in maju), v drugi polovici leta pa smo zabeležili dva skokovita porasta abundance in biomase (julij in oktober) z vmesnimi obdobji izredno nizkih vrednosti.

Razhajanja med obema parametroma v nekaterih mesecih so največkrat odraz izostanka analiz fitoplanktona v pridnenem sloju (npr. v mesecu aprilu).



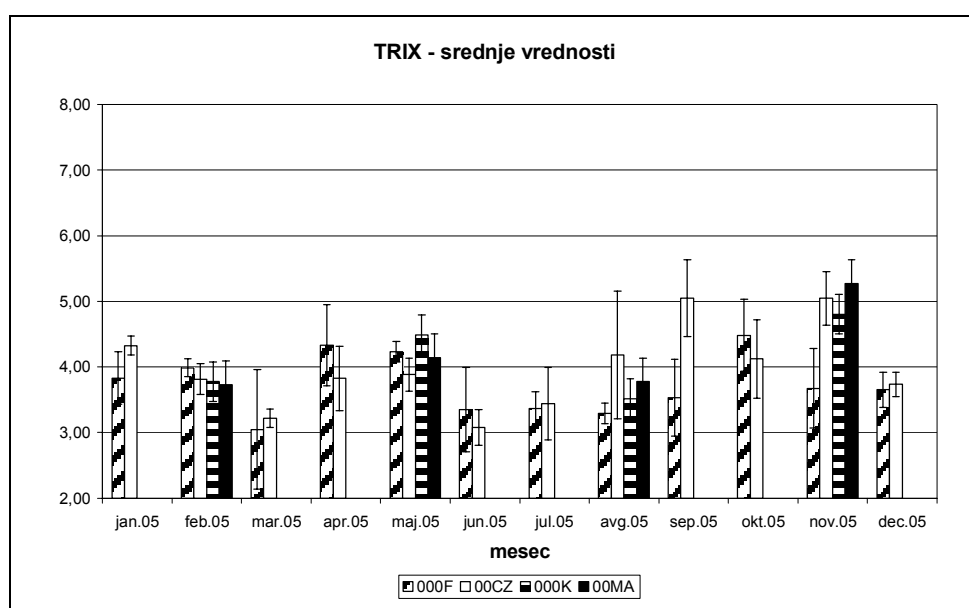
Sl. 31: Sezonska dinamika abundance (zgoraj) celotnega fitoplanktona in (spodaj) posameznih skupin fitoplanktona (integrirane vrednosti) na postaji 000F v letu 2005.

Iz Slike 31, ki prikazuje tudi abundanco posameznih skupin fitoplanktona (integrirane vrednosti abundance v zgornjih 15 m vodnega stolpa), lahko razberemo, katere skupine oz. razredi fitoplanktona so največ prispevali k celotnemu številu. Tako kot vedno, sta bila najštevilčnejša razred diatomej in netaksonomska skupina majhnih ($\leq 10 \mu\text{m}$), avtotrofnih bičkarjev – mikroflagelatov, ki združuje predstavnike različnih razredov planktonskih mikroalg. V povprečju so bili mikroflagelati najštevilčnejša skupina ($5,4 \times 10^5 \pm 3,1 \times 10^5 \text{ cel./l}$) in so prevladovali v večjem delu leta ($71 \pm 26 \%$ skupnega števila). Njihov višek smo zabeležili julija ($1,3 \times 10^6 \text{ cel./l}$) ter ob spomladanskem porastu fitoplanktona (april-maj: $6,8-7,5 \times 10^5 \text{ cel./l}$), pa tudi v oktobru ($6,7 \times 10^5 \text{ cel./l}$). Ker imajo ti organizmi manjšo vsebnost klorofila *a* v celicah kot npr. diatomeje, se njihova velika abundanca ni odražala na povečani količini klorofila *a* v spomladanskih mesecih (Sl. 29). Ob spomladanski povečani abundanci fitoplanktona je bil delež mikroflagelatov vedno $> 92 \%$, kar pomeni, da so bili ti bičkasti organizmi skoraj edini predstavniki fitoplanktona v vzorcih morske vode. Ob najvišjem sezonskem višku, julija, pa je bil njihov delež $\approx 50\%$. Število druge najpomembnejše skupine fitoplanktona – diatomej, je močno naraslo prav v juliju ($1,3 \times 10^6 \text{ cel./l}$); tako kot mikroflagelati so diatomeje tedaj predstavljale približno 50% celotne fitoplanktonske združbe. Poleg julijskega smo zabeležili še dva abundančna viška diatomej: v februarju ($6,5 \times 10^5 \text{ cel./l}$ ali 67 % skupnega števila) in oktobru ($1,1 \times 10^6 \text{ cel./l}$ ali 60 % skupnega števila). V preostalih mesecih pa je bilo število diatomej zelo nizko ($\leq 4,8 \times 10^4 \text{ cel./l}$ ali 12 % skupnega števila).

Zelo pomembni, zlasti v zimskih mesecih, so bili tudi kokolitoforidi. Najštevilčnejši so bili v januarju ($4,0 \times 10^5 \text{ cel./l}$ ali 56 % skupnega števila), drugi višek pa smo zabeležili v oktobru ($1,1 \times 10^5 \text{ cel./l}$), vendar je bil tedaj njihov delež bistveno nižji ($< 6 \%$). Nasprotno od kokolitoforidov, ki so bolj hladnoljubni organizmi, je bil razred oklepni bičkarjev – dinoflagelatov, najštevilčnejši julija in oktobra (max. $4,9 \times 10^4 \text{ cel./l}$), vendar njihov delež ni nikoli presegel 6 % skupnega števila.

Trofični indeks – TRIX

Izračunane vrednosti trofičnega indeksa TRIX prikazujemo kot srednje vrednosti vodnega stolpa za posamezno postajo (Sl. 32). Srednje vrednosti trofičnega indeksa so bile med 3,05 (postaja 000F, marec) in 5,27 (postaja 00MA, november). Najnižja vrednost TRIX indeksa odraža visok trofični status morja (2-4), najvišja pa srednji (5-6). Sicer pa smo visoke vrednosti TRIX-a v novembru izračunali še za postaji 00CZ (5,04) in 000K (4,80), medtem ko je imela postaja 000F povprečno najslabši trofični status mesec poprej, v oktobru (4,48).



Sl. 32: Srednje vrednosti (\pm SD) trofičnega indeksa TRIX na štiri postajah obalnega morja v posameznih mesecih leta 2005.

Meseci z visokim trofičnim statusom (srednje vrednosti \pm SD $<$ 4), izračunanim za obe zunanji postaji zaliva, so bili marec, junij, julij in december. Poleg novembrskih slabih trofičnih razmer, zlasti na postajah 00CZ in 00MA, so srednje mesečne vrednosti le enkrat presegle mejo med dobrim in slabim statusom in sicer septembra na postaji 00CZ (5,05). Postaja, ki je v celoletnem povprečju odražala najboljše trofične razmere, je bila referenčna postaja 000F. Srednja letna vrednost TRIX-a ($3,73 \pm 0,63$) je značilna za visok trofični status, postaja 00CZ pa je bila na meji med visokim in dobrim statusom ($3,98 \pm 0,74$).

Dodatni merilni mesti je moč primerjati le med seboj zaradi manjšega števila vzorcev. V letu 2005 je prišlo na dodatnih merilnih mestih do preobrata v primerjavi z leti poprej, saj so bile trofične razmere tokrat v povprečju slabše na postaji 00MA ($4,23 \pm 0,82$) v primerjavi s postajo 000K ($4,15 \pm 0,82$) in nasploh najslabše v slovenskem obalnem morju (najvišja vrednost TRIX: 5,86). Obe povprečni vrednosti pa sta še vedno, tako kot doslej, znotraj dobrega trofičnega razreda.

3.1.2 Prednostni in indikativni parametri

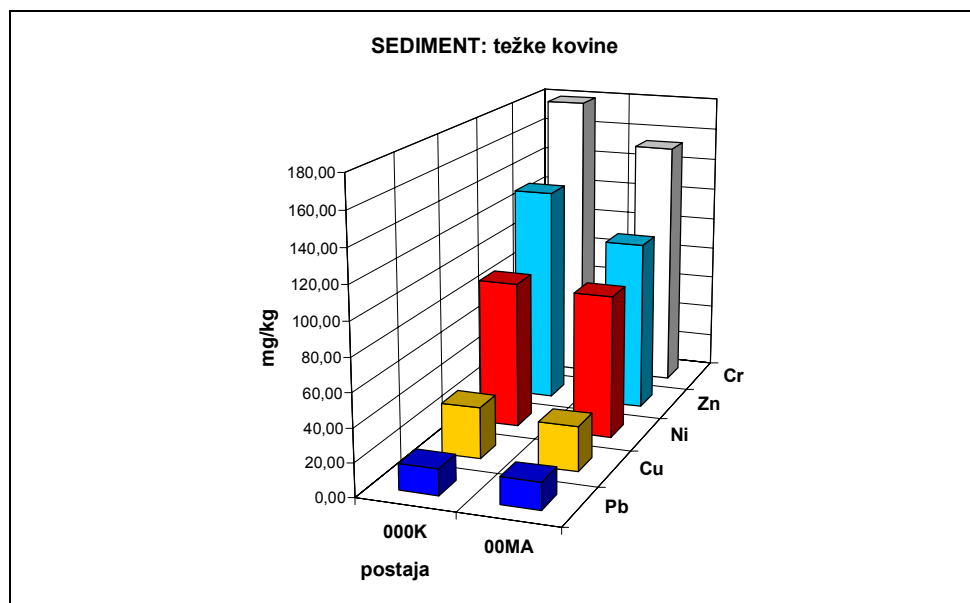
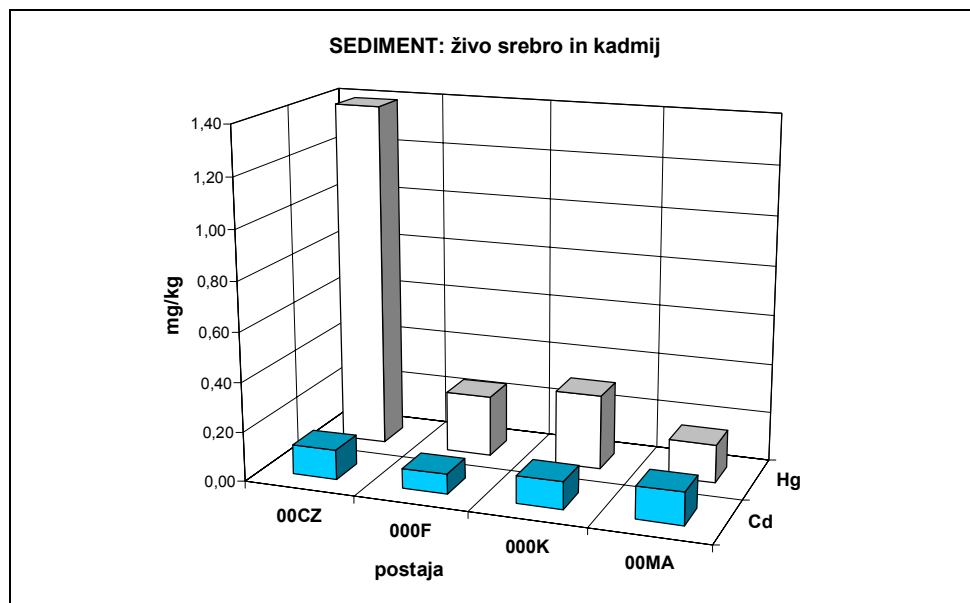
Skupini prednostnih in indikativnih parametrov predstavljamo skupaj, saj gre za spojine – kemične onesnaževalce, ki najbolj odražajo kemijski status nekega okolja. Poleg tega se določeni parametri (npr. težke kovine) pojavljajo tako na listi prednostnih kot indikativnih parametrov, zato jih je smiselno podajati skupaj.

Težke kovine

Težke kovine v vodi. Rezultati preskušanj so pokazali, da so težke kovine praviloma prisotne na vseh mestih vzorčenja. Pregled rezultatov po posameznih mestih vzorčenja za vse štiri serije vzorčenja, kot tudi ocena kemijskega stanja morja, sta prikazana v Tabeli 16. Upoštevana je vsota izmerjenih vsebnosti topnih oblik in težkih kovin vezanih na neraztopljene snovi. V tabeli so prikazane srednje in maksimalne vrednosti ter ocena preseganja mejnih vrednosti po določilih Uredbe o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02).

V stalnih preseganjih se pojavlja baker (predvsem na račun vodotopnih oblik) ter na posameznih lokacijah tudi krom - celokupni (postaja 000K) in nikelj (postaji 000K in 000F). Ugotovljena je tudi prisotnost živega srebra, predvsem oblik vezanih na neraztopljene oz. suspendirane snovi. Obremenitve morja s kadmijem in s svincem so statistično nepomembne, izmerjene vsebnosti so na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja. Cink se pojavlja predvsem v vodotopni obliki, cink vezan na neraztopljene snovi se nahaja na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja. Celokupni krom je prisoten predvsem v vodotopni obliki, celokupni krom vezan na neraztopljene snovi se nahaja na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja. Nikelj je prisoten v vodotopni obliki in v primerljivih koncentracijah vezan na neraztopljene snovi. Živo srebro je prisotno predvsem v obliki vezani na neraztopljene snovi. Vodotopne oblike živega srebra so na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja.

Težke kovine v sedimentu. Na vseh štirih postajah obalnega morja smo z liste prednostnih parametrov določevali vsebnost živega srebra in kadmija v zgornjem 2-cm sloju sedimenta. Na dodatnih merilnih mestih pa smo določili še preostalih 5 kovin, ki sodijo med indikativne parametre. Meritve smo izvajali v novembru, rezultate pa prikazujemo na Sliki 33, posbej za živo srebro in kadmij ter za preostalih pet kovin.



Sl. 33: Koncentracije (zgoraj) kadmija in živega srebra v sedimentu štirih postaj obalnega morja in (spodaj) preostalih težkih kovin v sedimentu postaj 000K in 00MA v novembru 2005.

Koncentracije živega srebra so bile daleč najvišje na postaji 00CZ sredi Tržaškega zaliva (1,390 mg/kg), najnižje pa na postaji 00MA (0,155 mg/kg). Tej je sledila postaja 000F z 0,245 mg/kg, na postaji 000K pa smo izmerili koncentracijo 0,301 mg/kg. Predvidevamo, da so najvišje koncentracije živega srebra na postaji 00CZ, ki so kar 5-9 - krat višje od koncentracij, izmerjenih na ostalih postajah, posledica bližine izliva oz. vpliva reke Soče. V primerjavi z letom 2004 (Mozetič *et al.*, 2005), so bile koncentracije v letu 2005 povsod višje. Razlike med letoma so bile najmanjše na postajah 00MA in 000K (1,2- do 1,1-krat višje vrednosti), zelo očitne pa na postaji 00CZ (2,7-krat višja vsebnost Hg v 2005) (Mozetič *et al.*, 2004). Vendar primejavo z dvema leti poprej, leta 2003, kaže podobno sliko kot v letu 2005, saj smo tudi tedaj izmerili zelo visoke koncentracije Hg v sedimentu postaje 00CZ (1,470 mg/kg). Ta nihanja kažejo na to, da je živo srebro najverjetneje neenakomerno porazdeljeno v sedimentu, katerega prav gotovo ne vzorčujemo vsako leto na točno istem mestu. Zanimivo pa je tudi dejstvo, da se trend porazdelitve koncentracij Hg po posameznih postajah ohranja skozi čas (00CZ >> 000K > 000F > 00MA).

V primeru kadmija, katerega koncentracije so vedno nižje od koncentracij živega srebra, so bile razlike med postajami in med leti veliko manjše. Najvišjo vsebnost Cd smo izmerili na postaji 00MA (0,130 mg/kg), sledili sta postaji 00CZ (0,120 mg/kg) in 000K (0,110 mg/kg), najmanj pa ga je bilo na postaji 000F (0,080 mg/kg). V primerjavi z letom 2004 smo ponekod opazili rahel padec (000F in 000K) oz. rahel porast vsebnosti Cd v sedimentu (00CZ in 00MA). Ostaja pa dejstvo, da smo največji porast koncentracij kadmija na vseh postajah opazili med leti 2003 in 2004.

Meritve kroma, cinka, niklja, bakra in svinca na dodatnih merilnih mestih so pokazale večjo vsebnost vseh težkih kovin na postaji 000K, pri čemer so bile razlike med postajama v koncentracijah svinca, bakra in niklja zanemarljive. Še največja je bila razlika v vsebnosti cinka (132,0 mg/kg na postaji 000K in 104,0 mg/kg na postaji 000K). V primerjavi z letom 2004 so se koncentracije cinka in kroma povečale, v ostalih treh primerih pa so koncentracije rahlo padle oz. ostale nespremenjene.

Organske halogenirane spojine

Organske halogenirane spojine smo določali na dveh merilnih mestih, 000F in 00CZ, v vodi in sedimentu. V obeh matriksih, na vseh mestih vzorčenja in v celotnem času izvajanja programa monitoringa v letu 2005, so bile izmerjene vsebnosti organskih

halogeniranih spojin na koncentracijski nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja.

Pentaklorfenol

Pentaklorfenol smo določali na dveh merilnih mestih, 000F in 00CZ, v vodi. Na vseh mestih vzorčenja in v celotnem času izvajanja programa monitoringa v letu 2005, so bile izmerjene vsebnosti pentaklorfenola na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja.

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) v sedimentu

PAH-e v sedimentu smo določali na postajah 000K in 00MA (Tab. 15), vzorčevanje pa je potekalo v septembru.

Tab. 15: Koncentracije PAH-ov v zgornjem sloju sedimenta na postajah 000K in 00MA (vzorčenje 14.9.2005).

PAH	000K (mg/kg)	00MA (mg/kg)
Naftalen	0,003	0,013
Acenaftilen	<0,001	<0,001
Acenaften	<0,001	<0,001
Fluoren	0,001	<0,001
Fenantren	0,145	0,009
Antracen	0,021	0,007
Fluoranten	0,039	0,015
Piren	0,039	0,032
Benzo(a)antracen	0,048	<0,001
Krizen	0,054	0,068
Benzo(b)fluoranten	0,080	0,052
Benzo(k)fluoranten	0,050	0,040
Benzo(a)piren	0,059	0,020
Benzo(g,h,i)perilen	0,068	<0,001
Dibenzo(a,h)antracen	0,049	0,061
Indeno(1,2,3-c,d)piren	0,030	0,010

Vsebnost PAH-ov v sedimentih je bila na obeh merilnih mestih zmerno povišana in precej višja na postaji 000K v primerjavi z 00MA. Zmerno onesnaženost najverjetneje lahko pripišemo vplivu pomorskega prometa - Luke Koper na postaji 000K in marine

Portorož na postaji 00MA. Svoj del pa verjetno prispevata tudi mesto Koper (komunalna čistilna naprava, dimniki, meteorne vode) in naseljeno območje do Pirana, ki je tudi pomembno turistično območje. Predvsem v Koprskem zalivu izgleda, da prihaja do akumulacije v razmeroma zaprtem zalivu. Med PAH-i so prevladovali spojine, ki so bolj značilne za pirogeni izvor (nealkilirani PAH-i). Tako so bile nekoliko višje koncentracije pirena in fluorantena, predstavnikov ogljikovodikov pirogenega izvora. Takšen izvor PAH-ov pa še potrjujejo PAH-i z več kondenziranimi aromatskimi obroči (benzo, dibenzo in indeno derivati). Razmerje med fenantrenom in metilfenantreni pa kaže na obeh postajah tudi na petrogeni izvor PAH-ov.

3.1.3 Ocena kemijskega stanja morja

Oceno kemijskega stanja morja podajamo za parametre, ki jih določa Priloga 1 Uredbe o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02). Oceno smo podali na podlagi srednjih vrednosti koncentracij določenih parametrov, merjenih v vodi ter primerjavi teh vrednosti z mejnimi vrednostmi iz uredbe. Te podatke in oceno prikazujemo v Tabeli 16, vendar le za nitrat in težke kovine (vsota koncentracij vodotopne oblike in oblike, vezane na suspendirane delce), ko so bile meritve v večini primerov nad mejo zaznavnosti metode.

V primeru **organskih halogeniranih spojin** in **pentaklorfenola** pa so bile koncentracije v vodi na obeh merilnih mestih (000F in 00CZ) in ob vseh štirih vzorčenjih pod mejo detekcije in daleč pod mejnimi vrednostmi iz Uredbe. Zato velja, da je ocena kakovosti vodnega telesa na podlagi le-teh parametrov **ustrezna**, za vse ostale pa je ocena podana v Tabeli 16.

Tab. 16: Pregled rezultatov testiranja za posamezne parametre iz Uredbe in ocena kemijskega statusa morja (= kakovosti morja) glede na omenjene parametre.

(<X>) = srednja vrednost vseh meritev v letu 2005; Max. = najvišja koncentracija; No. = število meritev;

¹koncentracija, navedena v Uredbi (UL RS 11/02); ²ocena na meji med ustreznim in neustreznim statusom.

Parameter	Enota	Koncentracija	Merilno mesto			
			000F	00CZ	000K	00MA
NO ₃	mg/l	<X>	0,13	0,17	0,14	0,19
		Max.	0,56	0,90	0,36	0,57
		No.	60	72	16	16
		Mejna vrednost ¹	25	25	25	25
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna	ustrezna
Cd	µg/l	<X>	0,21	0,21	0,21	0,21
		Max.	0,24	0,24	0,24	0,24
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	1	1	1	1
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna	ustrezna
Hg	µg/l	<X>	0,53	0,51	0,23	0,44
		Max.	1,03	1,10	0,41	0,98
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	1	1	1	1
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna	ustrezna
Cu	µg/l	<X>	14,0	13,0	13,2	13,1
		Max.	16,6	17,6	17,6	15,6
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	5	5	5	5
		Ocena kakovosti	ni ustrežna	ni ustrežna	ni ustrežna	ni ustrežna
Zn	µg/l	<X>	19,3	13,5	20,8	12,8
		Max.	39,0	23,0	28,0	20,0
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	100	100	100	100
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna	ustrezna
Cr	µg/l	<X>	7,9	8,3	11,2	8,7
		Max.	9,8	10,6	15,6	12,6
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	10	10	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ni ustrežna	ustrezna

NIB-MBP Piran: Monitoring kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2005. Letno poročilo

Ni	µg/l	<X>	10,9	10,4	10,6	10,1
		Max.	14,6	14,6	15,6	14,6
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	10	10	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna/ni ustrezna ²	ustrezna/ni ustrezna ²	ustrezna/ni ustrezna ²	ustrezna/ni ustrezna ²
Pb	µg/l	<X>	1,7	1,2	1,7	0,9
		Max.	4,2	1,9	4,2	1,2
		No.	4	4	4	4
		Mejna vrednost ¹	10	10	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna	ustrezna

3.2 MONITORING KAKOVOSTI BRAKIČNIH VODA

3.2.1 Splošni parametri

Podatke za splošne parametre, merjene v brakičnih vodah, podajamo v tabelah (razen za kovine v sedimentu), slikovni prikaz vseh rezultatov je v formatu Excel v datoteki **Grafi05_brakicne.xls**. Osnovno merilno mesto je bilo v estuariju Rižane (ERI2), referenčno pa v spodnjem toku reke Dragonje, ki naj bi bil občasno pod vplivom morja (00DR).

Tab. 17: Vrednosti splošnih parametrov in anionaktivnih detergentov (MBAS), merjenih v površinskem sloju vode na postajah ERI2 in 00DR.

Postaja		ERI2				00DR			
Parameter	Enota	FEB	MAJ	AVG	NOV	FEB	MAJ	AVG	NOV
Temp.	°C	6,81	13,06	24,14	16,86	6,2	12,3	16,5	11,9
Slanost	psu	34,66	35,85	36,59	34,88	8,0	2,0	4,0	5,0
pH		8,27	8,23	8,23	8,27	7,68	7,34	7,41	7,63
Prosojnost	m	3,5	2,5	2,0	3,0	2,0	1,5	0,5	0,5
O ₂	mg/l	8,70	9,21	6,18	6,58	10,84	10,74	5,87	8,51
% O ₂	%	91,0	109,6	90,8	84,0	92,3	101,8	61,7	81,5
BPK ₅	mg/l	3,60	1,60	0,84	1,73	3,28	5,21	3,91	1,71
NH ₄ ⁺	μmol/l	61,87	2,34	4,36	8,41	9,62	1,47	17,08	1,79
NO ₃ ⁻	μmol/l	13,10	5,70	7,83	5,56	188,63	147,59	291,47	163,37
NO ₂ ⁻	μmol/l	0,69	0,11	0,17	0,41	0,24	0,28	1,83	0,17
TN	μmol/l	180,56	36,05	50,23	55,32	202,55	173,87	428,78	249,28
PO ₄ ³⁻	μmol/l	4,12	0,09	0,78	0,78	0,92	1,08	4,47	1,17
TP	μmol/l	4,97	0,56	0,86	1,13	1,18	1,17	4,74	1,19
SiO ₄ ⁴⁻	μmol/l	7,80	4,03	3,99	4,26	96,42	124,82	142,64	158,66
TSS	mg/l	2,29	5,20	6,20	2,32	2,25	3,08	2,02	1,74
POC	%	12,04	4,35	10,41	13,44	7,53	7,43	8,11	9,04
MBAS	mg/l	0,303	<0,025	0,166	<0,025	<0,025	<0,025	0,028	<0,025

V Tabeli 17 predstavljamo vrednosti splošnih parametrov, merjenih 4-krat v letu na postajah ERI2 in 00DR. Vzorcevali smo zgornji sloj vode na približno 0,3 m globine oz. v sloju znižane površinske slanosti.

Fizikalne meritve. Tako kot v prejšnjih letih, se je tudi v letu 2005 pokazalo, da je postaja ERI2 v estuariju reke Rižane pod veliko večjim vplivom morja kot postaja 00DR, saj so bile površinske slanosti ob štirih meritvah na postaji ERI2 (~ 34-36 psu) značilno morske oz. le nekoliko nižje v primerjavi z obalnim morjem. Prav nasprotno pa je bila postaja 00DR pod veliko manjšim vplivom bližnjega morja, čeprav se je leta kljub vsemu opazil (2-8 psu).

Povprečna globina postaje ERI2 je bila 10 m in kar nekajkrat večja od najvišjega vodostaja reke Dragonje v spodnjem toku (2 m). Zaradi tako nizkega vodnega stolpca je globina Secchi plošče, s katero izražamo prosojnost vode, v večini primerov segala do dna struge, le v avgustu je bila prosojnost slabša (0,5 m), kar gre verjetno pripisati motnosti vode zaradi obilnega dežja v tistem času. Prosojnost v estuariju Rižane pa se je le malo spreminjala (2-3,5 m); svetlobne razmere na tem območju so bile zelo podobne tudi lanskoletnim.

Kisik. Koncentracije raztopljenega kisika so bile višje na postaji 00DR razen v avgustu. Prav take rezultate smo imeli tudi v letu 2004. 100 % nasičenost s kisikom oz. supesaturacijske razmere smo zabeležili le enkrat in sicer v maju na obeh postajah, medtem ko smo najmanjši delež kisika zabeležili avgusta na postaji 00DR (61,7 %). Vrednosti BPK₅ so bile v februarju in novembru zelo podobne na obeh postajah (med pribl. 1,7 in 3,4 mg/l), ob ostalih dveh vzorčenjih pa veliko večje na postaji 00DR, kjer smo tudi zabeležili največjo koncentracijo BPK₅ nasploh (5,21 mg/l). To kaže, da je bil spodnji tok Dragonje v povprečju bolj obogaten z organsko snovjo, razpoložljivo za bakterijsko razgradnjo.

Hranilne snovi. Postaji se močno razlikujeta tudi po koncentracijah hranilnih snovi in rezultati so podobni tistim iz leta 2004. Koncentracije amonija so bile v povprečju mnogo višje na postaji ERI2 in v dveh primerih (februar in november: 61,87 in 8,41 μmol/l) so močno presegle tudi morske vrednosti. Le avgusta so bile koncentracije amonija višje na postaji 00DR. Nasprotno so bile koncentracije nitrata, celotnega dušika in silikata veliko večje na postaji 00DR. Koncentracije anorganskega fosfata in celotnega fosforja so bile rahlo višje na postaji 00DR, vendar tako na postaji 00DR kot tudi ERI2 mnogo višje od morskih koncentracij. Izstopala je zlasti februarska meritev v estuariju reke Rižane (> 4 μmol/l PO₄³⁻ in TP).

Ti rezultati kažejo na različne vplive s kopnega oz. naravno ozadje obeh brakičnih vodnih teles. Ker se na spodnji tok reke Rižane priključijo tudi mehansko očiščene odplake iz Centralne čistilne naprave Koper, se to odraža na kemični sestavi oz. obremenjenosti vode tudi nekoliko nižje, v estuariju. Visoke koncentracije amonija so značilen pokazatelj fekalnega onesnaženja. Na drugi strani pa so visoke koncentracije nitrata v spodnjem toku Dragonje najverjetneje posledica uporabe gnojil na kmetijskih površinah v dolini Dragonje, zaradi spiranja flišne podlage pa je značilna visoka vsebnost silikata. Koncentracije le-tega so bile na postaji ERI2 bistveno nižje (v povprečju 26-krat nižje) in podobne najvišjim koncentracijam v morju (med 4 in 8 $\mu\text{mol/l}$). Koncentracije fosfata in skupnega fosforja so bile še najbolj podobne med postajama; vir fosforjevih spojin v estuariju Rižane je prav tako čistilna naprava (produkti presnove v človekovem organizmu, čistilna sredstva), na izlivnem območju Dragonje pa ponovno uporaba gnojil v poljedelstvu. V sklopu celotnih dušikovih in fosforjevih spojin je bil v obeh primerih delež organskih spojin v povprečju veliko večji v estuariju Rižane ($71\pm 9\%$ N_{org} in $35\pm 45\%$ P_{org} na postaji ERI2; $19\pm 14\%$ N_{org} in $9\pm 9\%$ P_{org} na postaji 00DR).

Suspendirana snov. Najvišje koncentracije celotne suspendirane snovi smo na postaji 00DR določili v maju (3,08 mg/l), na postaji ERI2 pa v avgustu (6,20 mg/l). Vsebnost TSS je bila v povprečju nekoliko večja na postaji ERI2 ($4,00\pm 2,00$ mg/l) v primerjavi s postajo 00DR ($2,27\pm 0,58$ mg/l), kar je veljalo tudi za delež partikulatnega organskega ogljika ($10,1\pm 4,0\%$ na postaji ERI2; $8,0\pm 0,7\%$ na postaji 00DR). Najvišji delež organskega ogljika smo v vzorcih z obeh izlivnih območij določili v novembru.

3.2.2 Prednostni in indikativni parametri

Tako kot v programu monitoringa morja, tudi pri brakičnih vodah podajamo prednostne in indikativne parametre skupaj.

Težke kovine

Težke kovine v vodi. Rezultati preskušanj so pokazali, da so težke kovine prisotne na vseh mestih vzorčenja, v vodotopni obliki in tudi v oblikah vezanih na neraztopljene snovi. Pregled rezultatov po posameznih mestih vzorčenja za vse štiri serije vzorčenja

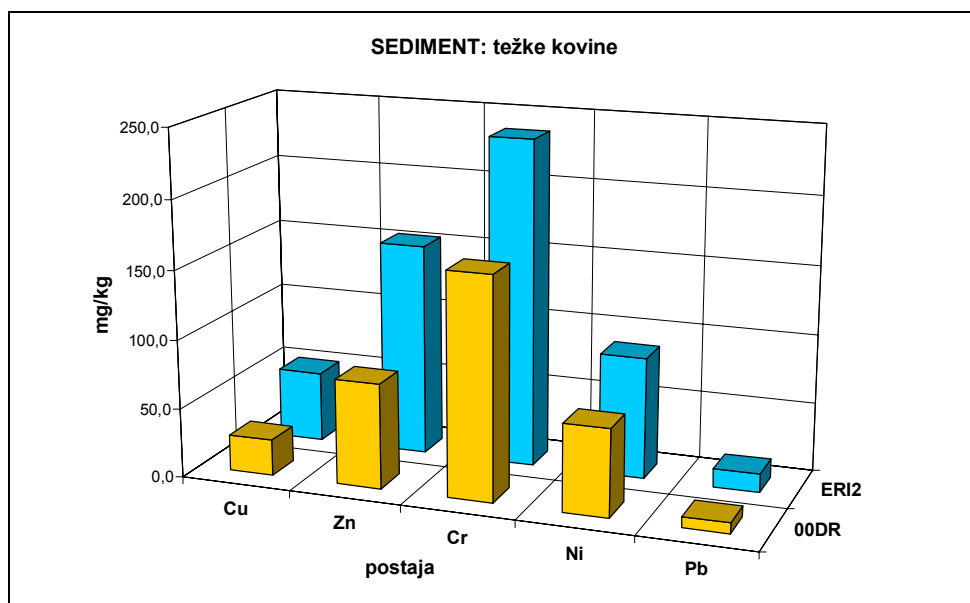
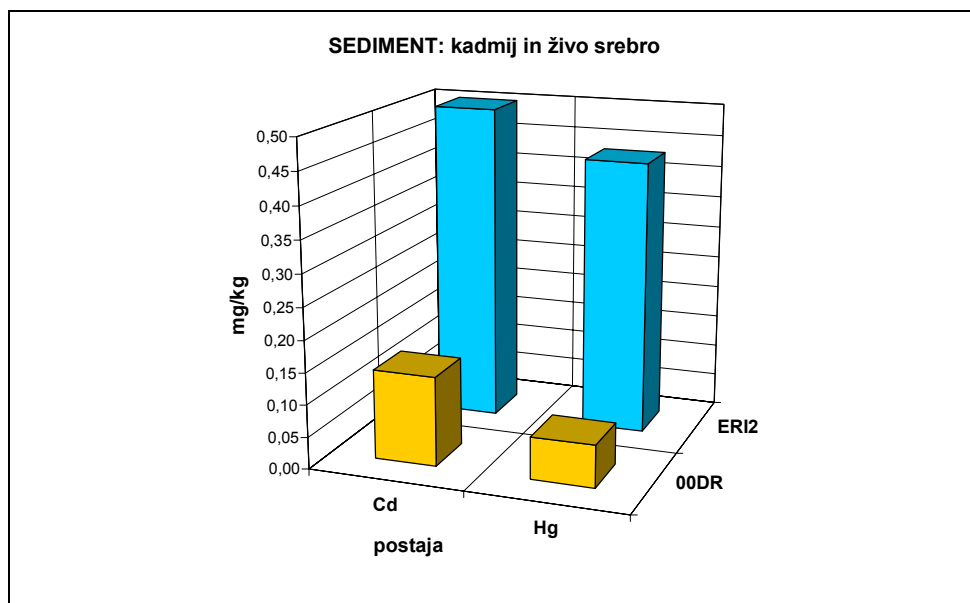
ter ocena kemijskega statusa brakičnih voda po določilih Uredbe o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02), sta podana v Tabeli 18. Upoštevana je vsota izmerjenih vsebnosti topnih oblik in težkih kovin vezanih na neraztopljene snovi, prikazane pa so srednje in najvišje vrednosti.

Iz tabele je razvidno, da so stalno prisotni baker (predvsem na račun vodotopnih oblik bakra), prav tako pa tudi celokupni krom, nikelj in cink v vodotopni obliki in oblikah vezanih na neraztopljene snovi. Ugotovljena je tudi prisotnost živega srebra, v vodotopni obliki in tudi oblikah vezanih na neraztopljene snovi. Obremenitve brakičnih voda s kadmijem in s svincem so statistično nepomembne, izmerjene vsebnosti so na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja.

Težke kovine v sedimentu. Vsebnost sedmih kovin v sedimentu smo merili v novembru, vendar prikazujemo koncentracije kadmija in živega srebra ločeno od preostalih petih kovin zaradi boljše preglednosti (manjša skala) (Sl. 34).

Analize so pokazale večjo vsebnost vseh težkih kovin na postaji ERI2, le v primeru niklja in svinca so bile razlike med postajama zanemarljive (Sl. 34). Največje razlike med postajama smo opazili v vsebnosti živega srebra (6,5-kratna koncentracija na postaji ERI2 v primerjavi z 00DR) in kadmija (3,6-krat več na postaji ERI2), najmanjše pa v vsebnosti niklja in kroma (okoli 1,4-krat). Vsebnost živega srebra na postaji ERI2 (0,431 mg/kg) je nekoliko večja od koncentracije Hg na bližnji postaji 000K v Koprskem zalivu (0,301 mg/kg), medtem ko je vsebnost Hg na postaji 00DR (0,066 mg/kg) sploh najnižja izmerjena koncentracija na vseh postajah obalnega morja (Sl. 33), brakičnih voda in školjčišč (Tab. 17). Koncentracije kadmija v sedimentih postaj 00DR in še posebej ERI2 so večje kot v vseh morskih sedimentih (Sl. 33). Podobno velja tudi za baker, cink in krom, medtem ko so koncentracije svinca nižje v obeh brakičnih vodnih telesih, koncentracije niklja pa zelo podobne.

Tako kot v morskih sedimentih, so bile tudi na izlivnih območjih, še posebej pa na postaji ERI2, koncentracije težkih kovin v letu 2005 večje kot v letu 2004.



Sl. 34: Koncentracije (zgoraj) kadmija in živega srebra ter (spodaj) preostalih težkih kovin v sedimentu postaj ERI2 in 00DR v novembru 2005.

Detergenti

Anionaktivnih detergentov v vodi v 62% vseh meritev nismo mogli določiti (Tab. 17). Koncentracija nad mejo detekcije metode (0,025 mg MBAS/l) je bila izmerjena dvakrat na postaji ERI2, z najvišjo koncentracijo 0,303 mg/l v februarju ter enkrat na postaji 00DR (0,028 mg/l).

Organske halogenirane spojine

Organske halogenirane spojine so se določale v vodi in sedimentu. V obeh matriksih, na obeh mestih vzorčenja in v celotnem času izvajanja programa monitoringa v letu 2005, so bile izmerjene vsebnosti organskih halogenih spojin na koncentracijske nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja.

Pentaklorfenol

Pentaklorfenol smo določali v vodi. Na obeh mestih vzorčenja in v celotnem času izvajanja programa monitoringa v letu 2005, so bile izmerjene vsebnosti pentaklorfenola na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja.

Pesticidi in metaboliti

Pesticidi in njihovi metaboliti iz programa monitoringa so se določali v vodi. Na obeh mestih vzorčenja in v celotnem času izvajanja programa monitoringa v letu 2005, so bile izmerjene vsebnosti pesticidov in njihovih metabolitov iz programa monitoringa na koncentracijske nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja

3.2.3 Ocena kemijskega stanja brakičnih voda

Oceno kemijskega stanja brakičnih voda podajamo za parametre, ki jih določa Priloga 1 Uredbe o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02). Oceno smo podali na podlagi srednjih vrednosti koncentracij določenih parametrov, merjenih v vodi ter primerjavi teh vrednosti z mejnimi vrednostmi iz uredbe. Te podatke in oceno prikazujemo v Tabeli 19, vendar le za nitrat, težke kovine v vodi (vsota koncentracij vodotopne oblike in oblike, vezane na suspendirane delce) in anionaktivne detergente, ko so bile meritve v večini primerov nad mejo zaznavnosti metode.

V primeru **organskih halogeniranih spojin, pentaklorfenola ter pesticidov in metabolitov** pa so bile koncentracije v vodi na obeh merilnih mestih (ERI2 in 00DR) in ob vseh štirih vzorčenjih pod mejo detekcije in daleč pod mejnimi vrednostmi iz Uredbe. Zato velja, da je ocena kakovosti vodnega telesa na podlagi le-teh parametrov **ustrezna**, za vse ostale pa je ocena podana v Tabeli 19.

Tab. 19: Pregled rezultatov testiranja za posamezne parametre iz Uredbe in ocena kemijskega statusa (kakovosti) brakičnih voda glede na omenjene parametre.

(<X>) = srednja vrednost vseh meritev v letu 2005; Max. = najvišja koncentracija; No. = število meritev;

¹koncentracija, navedena v Uredbi (UL RS 11/02); ²ocena na meji med ustreznim in neustreznim statusom.

Parameter	Enota	Koncentracija	Merilno mesto	
			ERI2	00DR
NO ₃	mg/l	<X>	0,50	12,26
		Max.	0,81	18,07
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	25	25
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna
Cd	µg/l	<X>	0,19	0,19
		Max.	0,22	0,22
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	1	1
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna
Hg	µg/l	<X>	0,79	0,42
		Max.	1,10	1,35
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	1	1
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna
Cu	µg/l	<X>	9,1	5,4
		Max.	15,6	8,2
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	5	5
		Ocena kakovosti	ni ustrežna	ni ustrežna
Zn	µg/l	<X>	25,3	21,8
		Max.	37,0	51,0
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	100	100
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna
Cr	µg/l	<X>	8,8	10,2
		Max.	18,6	19,6
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna/ni ustrežna²

Ni	$\mu\text{g/l}$	<X>	8,5	2,9
		Max.	14,2	5,2
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna
Pb	$\mu\text{g/l}$	<X>	1,8	1,7
		Max.	2,5	4,2
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna
MBAS	mg/l	<X>	0,130	0,026
		Max.	0,303	0,028
		No.	4	4
		Mejna vrednost ¹	0,10	0,10
		Ocena kakovosti	ni ustrežna	ustrezna

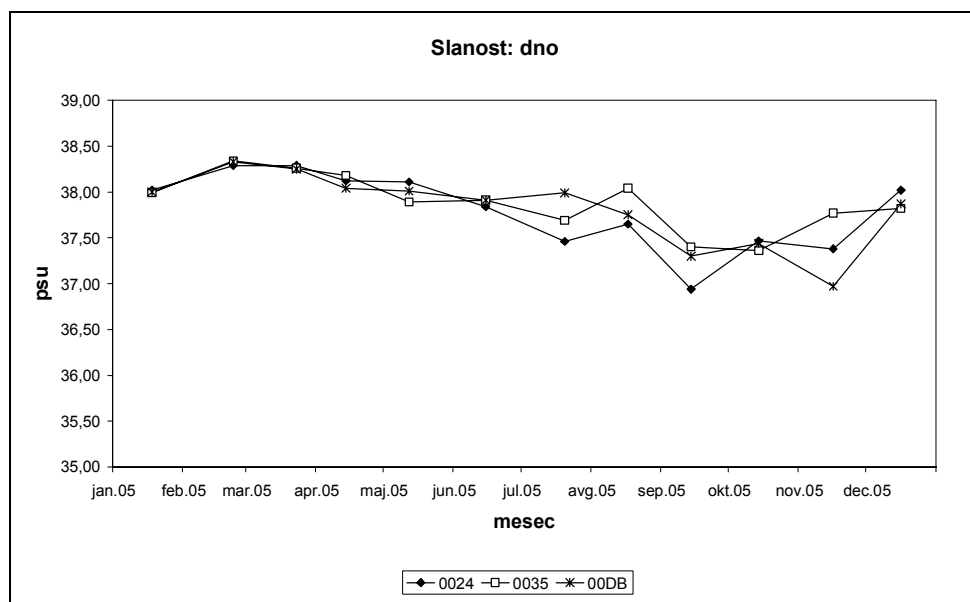
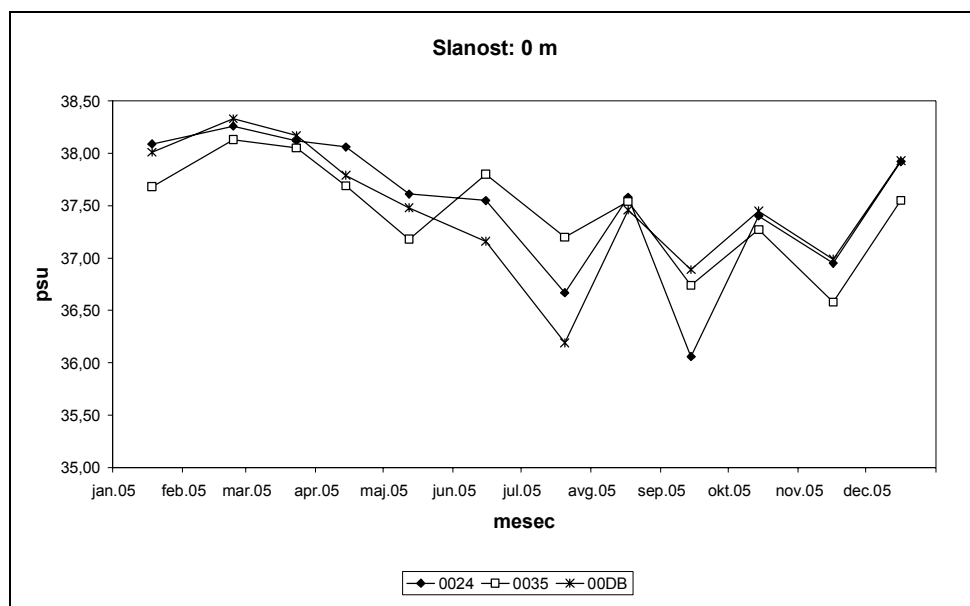
3.3 MONITORING KAKOVOSTI VODE ZA ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN MORSKIH POLŽEV

Parametri tega programa so razdeljeni v dve skupini: parametri onesnaženja in parametri kakovosti. Vendar jih v tem poročilu prikazujemo po sklopih glede na frekvenco vzorčenja in matriks. V letu 2005 smo poleg dveh obstoječih postaj v Strunjanu in Seči vzorčevali še postajo 00DB na območju novega gojišča školjk na Debelem rtiču.

Slanost in kisik

Vrednosti slanosti in koncentracij raztopljenega kisika ter stopnje nasičenosti s kisikom so bile na postajah 0024, 0035 in 00DB podobne kot na postajah obalnega morja. V letu 2005 smo merili slanost in raztopljeni kisik na površini in pri dnu in ne tako kot v prejšnjih letih na globini 6 m. S stališča kakovosti vode za življenje organizmov, so meritve pri dnu vsekakor boljše, saj se prav v tem sloju najbolj intenzivno odvijajo procesi, ki vplivajo na vsebnost kisika v vodi in s tem posledično na obstoj morskih organizmov.

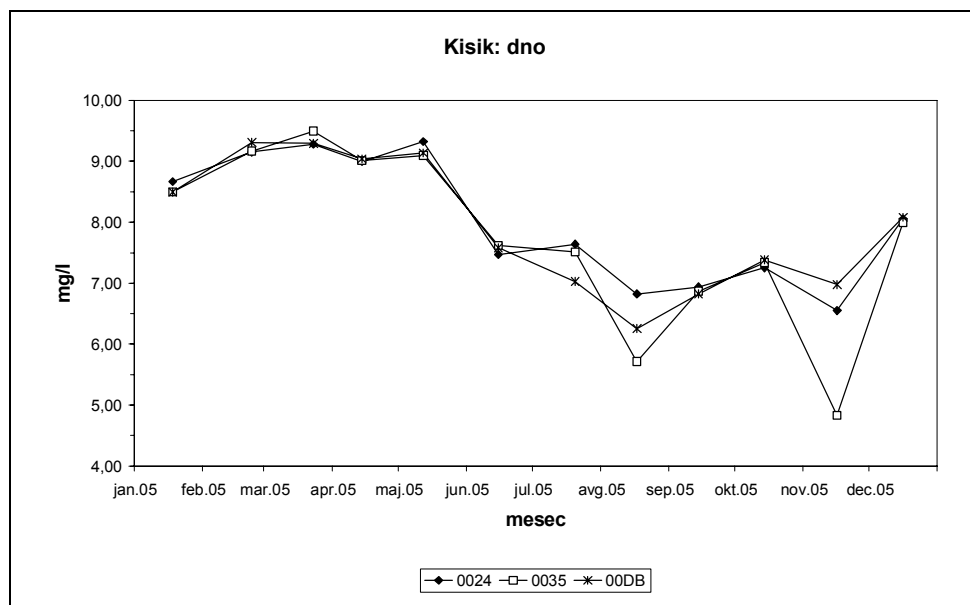
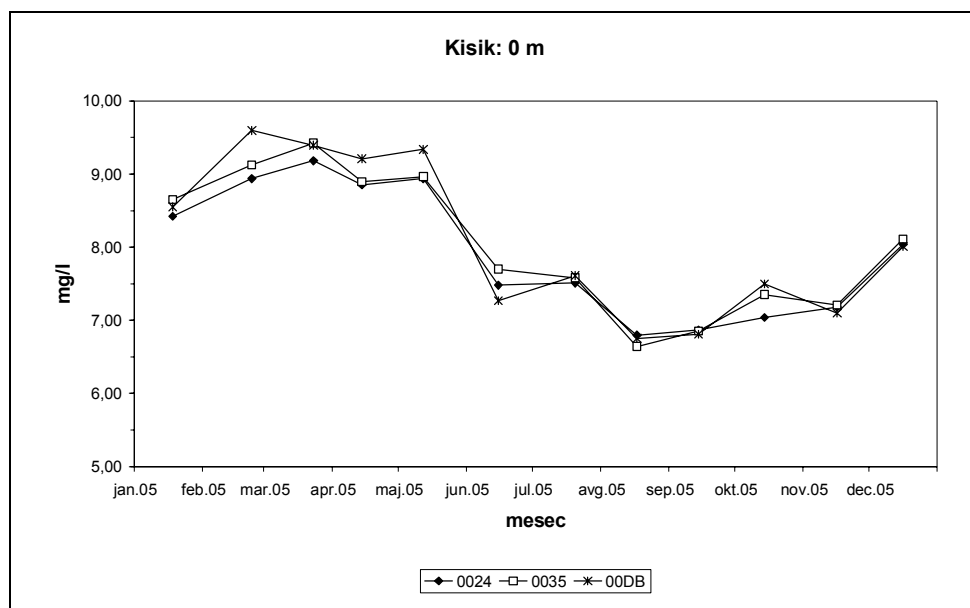
V letu 2005 smo zabeležili dva večja in en manjši površinski padec slanosti (Sl. 35). Ti nizki so bili izmerjeni na vseh treh merilnih mestih, v oklepajih pa podajamo najnižje vrednosti na določenih postajah v posameznih mesecih: julij (36,19 psu na postaji 00DB), september (36,06 na postaji 0024) in november (36,58 psu na postaji 0035). Najvišje površinske slanosti smo izmerili v prvih treh mesecih leta, predvsem pa v februarju (38,13-38,33 psu). V povprečju je bila postaja 0035 najbolj pod vplivom sladkovodnih vnosov oz. razširjanja sladke vode po površini (srednja letna vrednost: $37,45 \pm 0,48$ psu), vendar razlike v primerjavi z ostalima postajama niso bile velike ($37,49 \pm 0,61$ psu na postaji 00DB; $37,52 \pm 0,67$ psu na postaji 0024). Tako kot za morske postaje velja tudi v primeru školjčičšč, da je bilo leto 2005 razmeroma suho. V pridnenem sloju ni bilo zaznati vpliva sladke vode, le v septembru in novembru smo opazili rahlo znižanje slanosti (< 37 psu) v sloju pri dnu na postajah 0024 in 00DB (Sl. 35). V obdobju od julija do novembra so bila nihanja pridnenih slanosti med posameznimi postajami nekoliko bolj izrazita kot v prvem šestmesečju.



Sl. 35: Sezonska dinamika slanosti morske vode v površinskem in pridnenem sloju na območjih gojišč školjk v letu 2005.

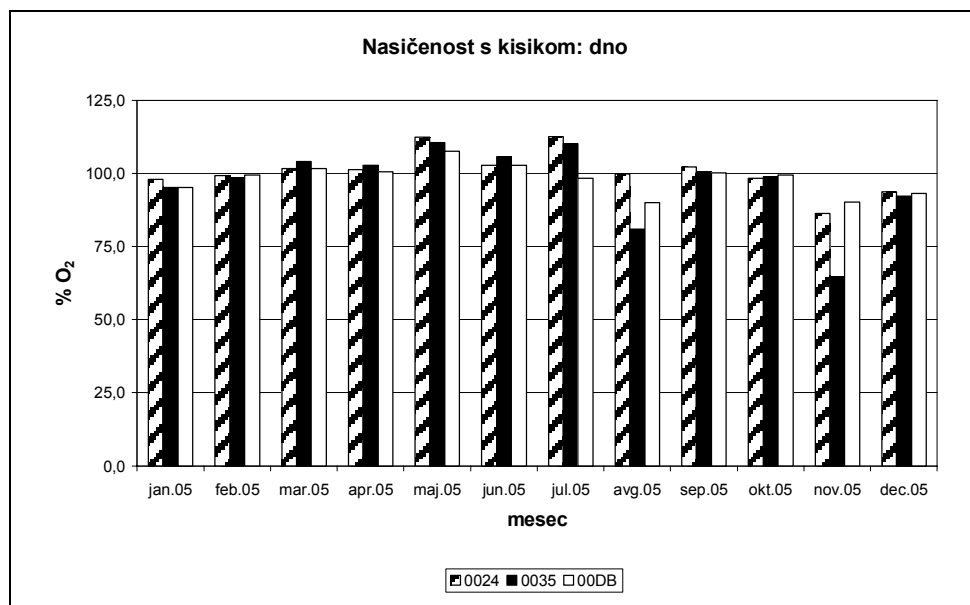
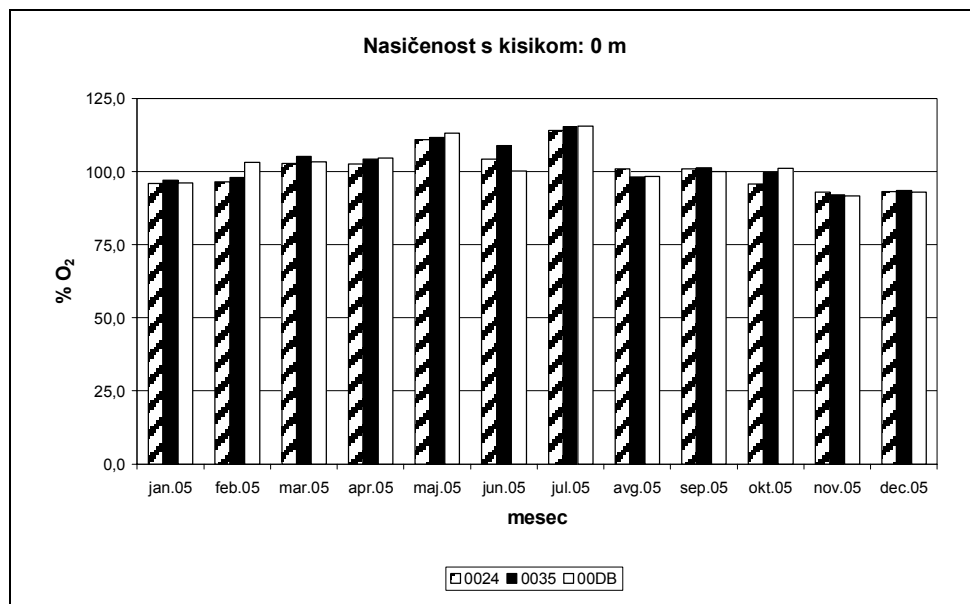
Koncentracije raztopljenega kisika (Sl. 36) so bile najvišje v zimskih mesecih, še posebej v februarju in marcu, ko beležimo najnižje temperature morske vode. To je bilo značilno tako za površinske kot pridnene vodne sloje, saj je bil tedaj vodni stolpec popolnoma premešan in je bil kisik enakomerno porazdeljen po vodnem stolpu. Najvišjo površinsko koncentracijo kisika smo izmerili februarja na postaji 00DB (9,60 mg/l), sledili sta vrednosti, izmerjeni v marcu (9,40 mg/l na postajah 00DB in 0035). V nasprotju z zviševanjem temperature morske vode v spomladanskih

in poletnih mesecih, je vsebnost kisika padla. Tako smo skokovit padec zabeležili v juniju (za skoraj 2 mg/l), temu pa je sledil še en padec v avgustu, ko smo izmerili najnižje koncentracije kisika v površinskem sloju (okoli 6,6 mg/l). Po teh najnižjih koncentracijah pa je sledilo obdobje naraščanja vsebnosti kisika vse do konca leta. V pridnenem sloju smo opazili zelo podobno dinamiko raztopljenega kisika, s prav tako visokimi koncentracijami od januarja do maja in velikim padcem v juniju. Najnižje izmerjene vrednosti so bile še nižje od površinskih; zabeležili smo dva sezonska nižka – v avgustu (5,71-6,83 mg/l) in novembru (4,83-6,98 mg/l).



Sl. 36: Sezonska dinamika koncentracij raztopljenega kisika v površinskem in pridnenem sloju na območjih gojišč školjk v letu 2005.

Decembra je sledil porast pridnenih koncentracij, verjetno zaradi ohlajanja vode in s tem boljšega raztapljanja plinov, kot tudi zaradi premešanja vodnih slojev. V povprečju so bile najnižje pridnene koncentracije kisika izmerjene na postaji 0035 ($7,76 \pm 144$ mg/l).



Sl. 37: *Deleži nasičenosti vode s kisikom v površinskem in pridnenem sloju na območjih gojišč školjk v letu 2005.*

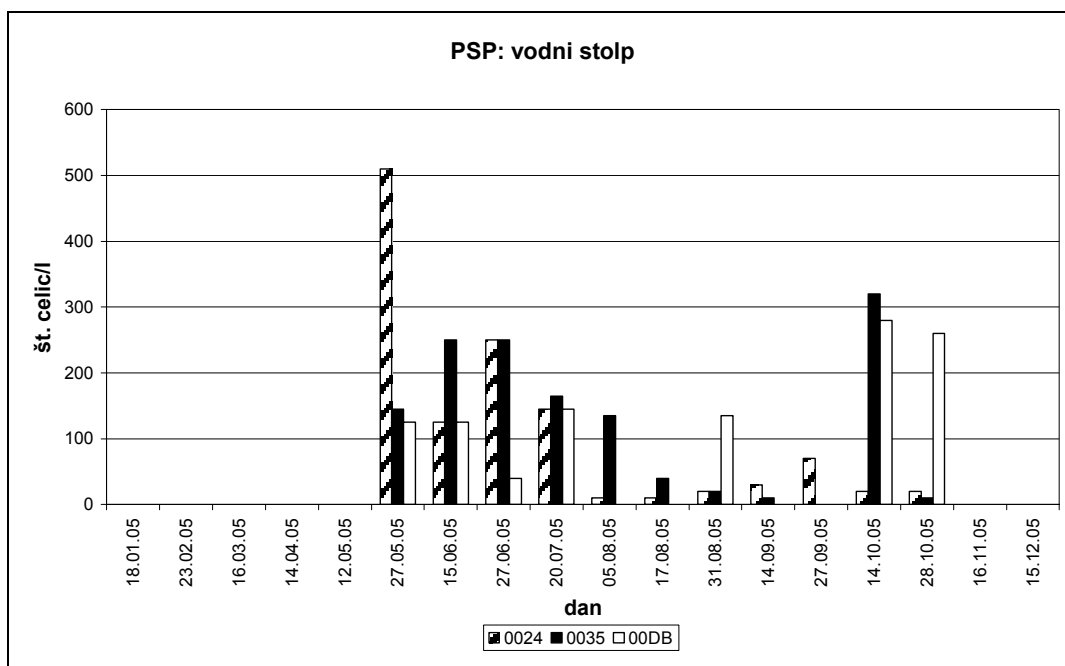
Nasičenost s kisikom je bila visoka in v površinskem sloju vedno nad 91 % (Sl. 37). Supersaturacijske razmere (> 100%) so bile, z manjšimi odstopanji, značilne za dolgo

obdobje od februarja do septembra, z viškom v juliju (okoli 115 %). V pridenem sloju so bile razmere podobne, le da smo zabeležili nižje vrednosti nasičenosti (Sl. 37). Najnižja je bila izračunana za postajo 0035 v novembru (64,6 %). V tem mesecu smo tudi za ostali postaji izračunali najnižje deleže kisika v vodi (86-90 %).

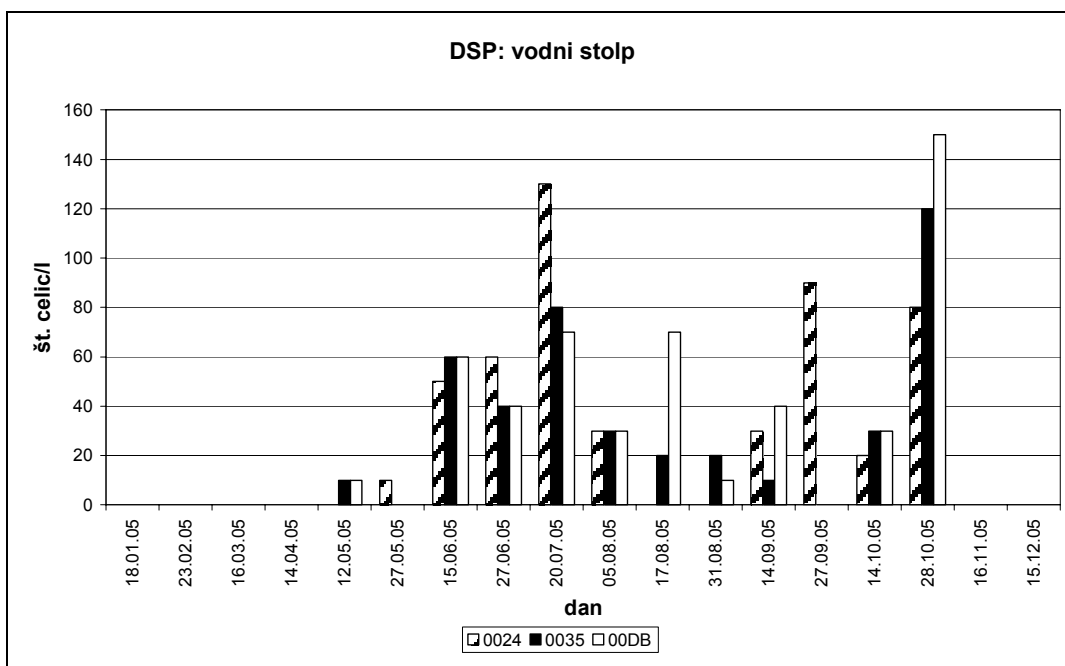
Toksični fitoplankton

Vzorce morske vode, v katerih smo določevali število in vrstno sestavo dinoflagelatov, povzročiteljev DSP in PSP zastrupitve, smo vzorčevali dvakrat mesečno od maja do vključno oktobra. Vzorčevali smo na vsake 3 metre globine (od površine do dna), potem pa združili poen liter vzorca iz vsake globine in pregledovali sestavljeni vzorec.

Pojavljanje osebkov iz rodu *Alexandrium* (Sl. 38), ki lahko povzroča PSP zastrupitev, je bilo nekoliko drugačno kot v letu 2004, saj ni bilo izrazitega majskega viška z izjemo postaje 0024. Tedaj smo prešteli 510 cel./l, medtem ko je bil na drugih dveh postajah višek junija (250 cel./l). Število celic *Alexandriuma* je nato na vseh treh postajah bolj ali manj enakomerno upadalo vse do oktobra. Tega meseca smo na postajah 0035 in 00DB opazili drugi letni višek, ko je abundanca porasla do 320 oz. 280 cel./l. Na postaji 0024 jesenskega viška nismo opazili. Med najdenimi osebki iz rodu *Alexandrium* smo do vrste določili le *A. pseudogonyaulax*, vendar zanj leta 2005 nismo opazili značilnega junijskega porasta gostote, temveč smo ga v vzorcih opažali le posamično.



Sl. 38: Abundanca toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Alexandrium* (PSP povzročitelj) na območjih treh gojišč školjk v letu 2005.



Sl. 39: Abundanca toksičnih dinoflagelatov, povzročiteljev DSP zastрупitve, na območjih gojišč školjk (postaje 0024, 0035 in 00DB) v letu 2005.

Drugačna in bolj raznolika je bila dinamika dinoflagelatnih vrst iz rodov *Dinophysis*, *Phalocroma* in *Prorocentrum*, ki so povzročitelji DSP zastрупitev (Sl. 39).

Abundanca potencialnih DSP povzročiteljev je variirala od »meje detekcije« (noben osebek opažen v vzorcu) do 130 cel./l na postaji 0024, 120 cel./l na postaji 0035 in 150 cel./l na postaji 00DB. V celotnem obdobju smo kot običajno zabeležili dva letna viška. Od maja, ko je bilo število celic nizko (okoli 10 cel./l), so abundance DSP povzročiteljev naraščale in julija dosegle prvi višek, ki je bil najbolj izrazit na postaji 0024 (130 cel./l). Na drugih dveh postajah je število celic naraslo do 80 cel./l oz. 70 cel./l. Avgusta in septembra so abundance DSP povzročiteljev precej nihale, vendar so ostajale bolj ali manj nizke (večinoma pod 50 cel./l). Na koncu oktobra smo zabeležili drugi, jesenski višek, ki je bil izrazitejši na postajah 0035 in 00DB (130 in 150 cel./l).

Tako po številu vrst kot skupni abundanci, je prevladoval rod *Dinophysis* (*D. caudata*, *D. fortii*, *D. rotundata*, *D. sacculus* in *D. sp.*), le na postaji 0035 smo določili še vrsto *Prorocentrum lima*. Vsaka vrsta je imela svojo značilno dinamiko in je različno prispevala k skupni abundanci. Junija in julija je v vzorcih prevladoval *D. sacculus*, ki je na postajah 0035 in 00DB predstavljal tudi največji delež med julijskim viškom. Nasprotno sta bili na postaji 0024 julija najštevilčnejši vrsti *D. rotundata* (60 cel./l) in *D. caudata* (50 cel./l). Slednji dve vrsti smo v vzorcih opazili v sicer različnem številu v vseh mesecih. Vrsta *D. fortii* pa je bila omejena na september in oktober, ko je tudi predstavljala večinski delež drugega letnega viška z abundancami do 70 cel./l.

V letu 2005 smo v vzorcih opazili tudi dve potencialno strupeni vrsti dinoflagelatov - *Lingulodinium polyedrum* in *Protoceratium reticulatum*, ki izločata jesotoksine in se redno pojavljata v slovenskem morju. *L. polyedrum* je bil najštevilčnejši v drugi polovici septembra na postaji 0024, ko smo zabeležili 290 cel./l. Sicer se je ta vrsta razen v jesenskem času v nizkem številu, pojavljala tudi junija in julija. Občasno smo na vseh postajah opazili tudi vrsto *P. reticulatum*, ki je imela najvišjo abundanco v drugi polovici julija na postaji 0035 (30 cel./l).

Nekateri parametri kakovosti in onesnaženja

V Tabeli 20 so zbrani podatki o nekaterih parametrih kakovosti in onesnaženja, ki smo jih merili 4-krat letno v površinskem sloju posameznih postaj.

Tab. 20: Vrednosti fizikalnih, kemičnih in mikrobioloških parametrov, merjenih v površinskem sloju vode na postajah 0024, 0035 in 00DB.

Parameter	Temp.	pH	TSS	FK
Postaja / mesec	(°C)		(mg/l)	(št./100 ml)
0024				
FEB	7,92	8,29	4,46	0
MAJ	14,59	8,24	3,66	15
AVG	24,32	8,26	4,47	89
NOV	16,90	8,35	3,80	5
0035				
FEB	7,64	8,31	3,12	0
MAJ	14,91	8,23	3,17	5
AVG	24,04	8,28	4,82	38
NOV	16,45	8,35	4,35	15
00DB				
FEB	7,75	8,31	3,94	0
MAJ	13,54	8,25	6,12	15
AVG	23,28	8,27	4,34	136
NOV	16,82	8,33	4,06	25

Temperatura površinskega sloja vode je bila praviloma za nekaj desetink °C višja na postaji 0024. Vrednosti pH ne kažejo nobenih odstopanj od vrednosti, značilnih za morje. Bistvenih razlik med količino skupne suspendirane snovi na treh školjčičiščih ni bilo, le na postaji 00DB smo izmerili največjo absolutno (6,12 mg/l) in povprečno koncentracijo TSS ($4,62 \pm 1,02$ mg/l). Najvišje koncentracije smo izmerili v avgustu na postajah 0024 in 0035 in maja na postaji 00DB. Število fekalnih koliformnih bakterij kaže na velika nihanja fekalnega onesnaženja med postajami in med meseci. Daleč največ bakterij smo prešteli v avgustovskih vzorcih, predvsem na Debelem rtiču (136/100 ml), pa tudi v Strunjanu (89/100 ml), medtem ko v februarških vzorcih nismo zasledili nobene kolonije fekalnih koliformov. Ta velika nihanja bi lahko pripisali povečanemu številu prebivalcev in kopalcev na slovenski obali na višku

poletne turistične sezone. V povprečju pa je bilo najbolj onesnaženo območje školjčišča na Debelem rtiču ($44\pm 62/100$ ml), najboljše higienske razmere pa so bile na školjčišču v Seči ($15\pm 17/100$ ml)

Težke kovine

Težke kovine smo določali v vodi (dvakrat), sedimentu (enkrat) in organizmih (dvakrat), pri čemer smo v sedimentu in školjčjem mesu (vrsta *Mytilus galloprovincialis*) določali le kadmij in živo srebro. Rezultati meritev so prikazani v Tabelah 21 in 22.

Težke kovine v vodi. Rezultati so pokazali, da so težke kovine v vodi prisotne na vseh mestih vzorčenja, v vodotopni obliki in tudi v oblikah vezanih, na neraztopljene snovi (Tab. 21). V tabeli je prikazana vsota izmerjenih koncentracij obeh oblik. Iz tabele je razvidno, da so stalno prisotni baker (predvsem na račun vodotopnih oblik bakra), prav tako celokupni krom, nikelj in cink, v vodotopni obliki in oblikah vezanih na neraztopljene snovi. Ugotovljena je tudi prisotnost živega srebra, pojavlja se predvsem v oblikah vezanih na neraztopljene snovi.

Za oceno kakovosti vode glede na vsebnost težkih kovin, smo upoštevali 5. člen in Prilogo 1 Uredbe o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (UL RS 46/02), ki pravi, da 75% vzorcev ne sme presegati mejnih oz. priporočenih vrednosti, če naj bi bila kakovost vode primerna za rast morskih organizmov. Ker pa je v projektni nalogi predvideno le dvakratno vzorčenje v letu, je dokaj nelogično upoštevati 75% delež vseh vzorcev (en vzorec in pol). Zato smo pri oceni kakovosti vode sledili zadnjemu odstavku 5. člena, ki zaradi majhne pogostosti vzorčenja narekuje, da mejne vrednosti ne smejo biti nikoli presežene («...100% vzorcev ne presega mejnih oz. priporočenih vrednosti, ne glede na parameter.«). Ker gre v tem primeru za absolutne in ne srednje vrednosti (kot npr. pri ocenjevanju kemijskega statusa morja in brakičnih voda), so tudi rezultati slabši. Mejne vrednosti so bile presežene na vseh postajah v primeru bakra in niklja ter tudi v primeru živega srebra na postaji 00DB in kroma na postajah 0024 in 00DB. Vendar je potrebno poudariti, da sta dve meritvi težkih kovin v vodi na leto po našem mnenju premalo za opis dejanskega stanja in da je potrebno pri podajanju ocene kakovosti vode biti previden, saj se lahko v določenih primerih (npr. baker) približamo naravnim koncentracijam ozadja.

Tab. 21: Pregled rezultatov analiz težkih kovin v površinskem sloju vode na postajah 0024, 0035 in 00DB ter ocena kakovosti vode za posamezne parametre iz Uredbe (UL RS 46/02).
¹koncentracija, navedena v Uredbi; ²ocena na meji med ustreznim in neustreznim statusom.

Parameter	Enota	Mesec	Merilno mesto		
			0024	0035	00DB
Cd	µg/l	FEB	0,22	0,22	0,24
		NOV	0,10	0,10	0,10
		Mejna vrednost ¹	0,5	0,5	0,5
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna
Hg	µg/l	FEB	0,21	0,19	0,35
		NOV	0,18	0,10	0,18
		Mejna vrednost ¹	0,3	0,3	0,3
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna/ni ustrežna²
Cu	µg/l	FEB	13,6	13,6	11,6
		NOV	11,6	11,6	15,6
		Mejna vrednost ¹	5	5	5
		Ocena kakovosti	ni ustrežna	ni ustrežna	ni ustrežna
Zn	µg/l	FEB	22	22	19
		NOV	12	6	17
		Mejna vrednost ¹	100	100	100
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna
Cr	µg/l	FEB	11,1	2,5	3,5
		NOV	11,6	7,7	13,6
		Mejna vrednost ¹	10	10	10
		Ocena kakovosti	ni ustrežna	ustrezna	ni ustrežna
Ni	µg/l	FEB	14,6	14,6	14,6
		NOV	2,4	2,0	0,8
		Mejna vrednost ¹	10	10	10
		Ocena kakovosti	ni ustrežna	ni ustrežna	ni ustrežna
Pb	µg/l	FEB	1,2	1,2	1,2
		NOV	0,1	0,1	0,2
		Mejna vrednost ¹	10	10	10
		Ocena kakovosti	ustrezna	ustrezna	ustrezna

Težke kovine v mesu školjk in sedimentu. Vsebnosti kadmija in živega srebra v mesu školjk so bile med postajami primerljive in podobne, kljub vsemu lahko rečemo, da so školjke s postaje 00DB v povprečju vsebovale največ kadmija, tiste s postaje 0024 pa največ živega srebra (Tab. 22). V tem pogledu so bile školjke s postaje 0035 v Seči

najmanj oporečne, kar je v nasprotju z letom 2004, ko smo višje koncentracije obeh težkih kovin izmerili v školjčjem mesu s te postaje (brez postaje 00DB). Na vseh postajah pa so bile višje koncentracije težkih kovin vedno izmerjene v hladnejšem delu leta – v marcu. Tako je bilo tudi v letu 2004.

Koncentracije kovin v sedimentu kažejo zelo podobne vrednosti v primeru kadmija (okoli 0,15 mg/kg), medtem ko smo v primeru živega srebra daleč najvišje koncentracije izmerili na postaji 00DB (2- do 4-krat višje kot na postajah 0024 in 0035). Koncentracije Cd v sedimentu pa so nekoliko višje od koncentracij, izmerjenih na postajah obalnega morja in brakičnih voda. Koncentracije Hg pa so, z izjemo postaje 00DB, nižje od koncentracij iz morskih sedimentov.

Tab. 22: Koncentracije težkih kovin v sedimentu in organizmih na postajah 0024, 0035 in 00DB.

Parameter	0024		0035		00DB	
	MAR	SEP	MAR	SEP	MAR	SEP
ŠKOLJKE						
Cd (mg/kg)	0,510	0,504	0,620	0,520	0,860	0,580
Hg (mg/kg)	0,220	0,110	0,120	0,083	0,150	0,150
SEDIMENT						
Cd (mg/kg)		0,155		0,157		0,158
Hg (mg/kg)		0,180		0,095		0,410

Organske halogenirane spojine

Organske halogenirane spojine so se določale v vodi. Na vseh merilnih mestih in v celotnem času izvajanja programa monitoringa v letu 2005, so bile izmerjene vsebnosti organskih halogenih spojin na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja.

Mineralna olja

Prisotnost mineralnih olj je bila na vseh merilnih mestih ugotovljena v novembru, avgusta pa tudi na postaji 0035. Za postaji 00DB in 0024 to predstavlja 75% vseh meritev, za postaji 0035 pa 50%. Vendar so izmerjene vsebnosti na koncentracijskem nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja, prav tako ni bila ugotovljena prisotnost vidnega filma na vodi.

3.3.1 Ocena kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev

Ta ocena je podana na podlagi meritev fizikalnih, kemijskih in mikrobioloških parametrov kakovosti morske vode in primerjave z mejnimi vrednostmi iz Priloge 1 oz. določili 5. člena Uredbe o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (UL RS 46/02).

- 100% vzorcev (zahtevano 95%) ne presega mejne vrednosti za **slanost** (40 psu). Odstopanje najvišjih in najnižjih vrednosti slanosti od srednje vrednosti je manjše od 10% ($\Delta < 10\%$). Ocena kakovosti vodnega telesa na treh školjčiščih: **ustrezna**.
- 100% vzorcev (zahtevano 95%) ni nižjih od posamične mejne vrednosti za **nasičenost s kisikom** ($\geq 60\%$). Povprečne vrednosti za vse postaje so $\geq 70\%$. Ocena kakovosti vodnega telesa na treh školjčiščih: **ustrezna**.
- 100% vzorcev (zahteva 75%) ne odstopa navzgor ali navzdol od mejnih vrednosti za **pH** (7-9). Ocena kakovosti vodnega telesa na treh školjčiščih: **ustrezna**.
- 100% vzorcev (zahtevano 75%) ne presega priporočene vrednosti iz priloge 1 za število **fekalnih koliformnih bakterij** ($\leq 300/100$ ml). Ocena kakovosti vodnega telesa na treh školjčiščih: **ustrezna**.
- 100% vzorcev ne presega mejnih vrednosti za **parametre organskih halogeniranih spojin**. Vse meritve so pod mejo zaznavnosti metode. Ocena kakovosti vodnega telesa na treh školjčiščih: **ustrezna**.
- 75% vzorcev na postajah 0024 in 00DB ter 50% vseh meritev na postaji 0035 ni pokazalo na vsebnost **minerlanih olj**, vendar tudi v primeru izmerjenih vsebnosti, ki so bile koncentracijskem nivoju meje zaznavanja za uporabljene metode preskušanja, le-te niso povzročile vidnega filma na gladine vode in morskih organizmih. Zato ocenjujemo kakovost vodnega telesa na treh školjčiščih kot **ustrezno**.
- 100% vzorcev ne sme presegati mejnih vrednosti za posamezne **težke kovine**. Glede na ta določila je bila še najboljša kakovost morske vode določena na

postaji 0035, sledila je postaja 0024, najslabša pa je bila kakovost vode na postaji 00DB. Vendar je potrebno biti pri podajanju ocene kakovosti vode glede na vsebnost težkih kovin previden zaradi maloštevilnih meritev in zaradi naravne vsebnosti težkih kovin v morski vodi (ozadje).

4 LITERATURA

- Bendschneider, K. & R.J. Robinson. 1952. *J. Marine Res.* 2, 1.
- Grasshoff, K. 1970. *Technicon Paper* (69I-57).
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. 2nd, Revised and Extended Edition. Verlag Chemie, 419 pp.
- Hedges, J.I. & J.H. Stern. 1984. Carbon and nitrogen determinations in carbonate - containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, 29: 657-663.
- Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes & J.D.H. Strickland. 1965. Fluorimetric determination of chlorophyll. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 30: 3-15.
- 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).
- Mozetič, P., O. Bajt, J. Francé, N. Kovač, S. Lapajne, R. Milačič & V. Turk. 2004. Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2003. Letno poročilo. (Poročila MBP – Morska biološka postaja, 61). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran, 2004, 71 str.
- Mozetič, P., O. Bajt, B. Čermelj, N. Kovač, R. Milačič, M. Šiško & V. Turk. 2005. Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2004. Letno poročilo. (Poročila MBP – Morska biološka postaja, 76). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran, 2005, 80 str.
- Murphy, J. & J.P. Riley. 1962. *Analytica chim. Acta* 27: 31-36.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastwaters. 13th ed. 1971. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Inc., New York, 1971, 874 pp.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mit. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- UNEP/IOC/IAEA, 1992. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 20. UNEP. Copenhagen.
- UNEP/WHO. 1995a. Guidelines for monitoring the quality of coastal recreational and shellfish areas.
- UNEP/WHO. 1995b. Determination of faecal coliforms in sea water by the membrane filtration (MF) culture method. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 3.
- Vollenweider, R.A., F. Giovanardi, G. Montanari & A. Rinaldi. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics* 9(3): 329-357.
- Winkler, L.W. 1888. *Ber. dtsh. chem. Ges.*, 21: 2843-2855.