

## 5. Miljøfremmede stoffer

### Indledning

I NOVA 2003 indgår en udbygget overvågning af miljøfremmede stoffer og tungmetallers forekomst i marint vand, sediment og biota.

Århus Bugt og Randers Fjord er udpeget som områder for overvågning i Århus Amt.

Ud over den kemiske overvågning indgår effektundersøgelser på snegle for kønsskifte (imposex), som følge af eksponering af antibegroningsmidlet TBT.

### 5.1 Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde

#### 5.1.1 Området og prøvetagningsprogram.

##### Randers Fjord

Stationerne til undersøgelse for forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i Randers Fjord, skal give viden om variationen i koncentrationen af de enkelte stoffer og stofgrupper i fjorden. Stationerne er placeret i en gradient i forhold til potentielle kilder under hensyntagen til tidligere undersøgelser i fjorden (Århus Amt, 1991 og Århus Amt, 1998).

De potentielle kilder er Randers By, Randers Havn og Gudenåen med tilhørende opland.

Positionerne for de enkelte stationer er vist i bilag 3.5.1

Det er ikke alle elementer af overvågningen af miljøfremmede stoffer der skal undersøges hvert år. I år 2000 har Århus Amt undersøgt vand, sediment (1999) og blåmuslinger for indholdet af miljøfremmede stoffer, samt foretaget effektundersøgelser på dværgkonk.

##### Vand

Vandprøver er indsamlet henholdsvis 500 meter nedstrøms Randers Havn samt på 2 stationer i den yderste 1/3 af fjorden.

Vandprøverne er analyseret for indholdet af diuron, irgarol, simazin og antrazin.

Stationernes placering kan ses på figur 5.1.1-1 (st. 230960, 230220 og 230222).

##### Blåmuslinger

For undersøgelse af blåmuslinger har forekomsten af disse i Randers Fjord været afgørende for placeringen af stationerne. Blåmuslinger forekommer kun i den yderste 1/3-del af Randers Fjord.

Der er taget prøver af blåmuslinger på 2 stationer. På hver station er der indsamlet 3 delprøver med hver 50 - 70 muslinger.

Stationernes placering kan ses af figur 5.1.1-1 (st. 230987 og 230988).

Muslingerne er analyseret for tungmetaller, PCB'er, pesticiderne DDT og HCH, PAH'er og organiske tinforbindelser.



## 5.2 Resultater

Nedenstående analyseresultater af de undersøgte parametre i 2000 (sediment 1999), er sammenlignet med værdierne målt i 1998 og 1999. Resultaterne er givet som gennemsnitsværdier og standardafvigelse på de forskellige stationer. For værdier mindre end detektionsgrænsen er værdien sat til nul.

Ud over ovennævnte undersøgelse foreligger der en undersøgelse af 52 miljøfremmede stoffer i sedimentet fra en række marine områder i Århus Amt. Der er udarbejdet en rapport herom: Miljøfremmede stoffer i Århus Amt- fase 2 og 3, 1997-1998 (Århus Amt, 1998).

### 5.2.1 Vand: Antibegroning.

Diuron er det antibegroningsmiddel, som er målt i højeste koncentrationer med et indhold på 0,107 g pr. liter. Irgarol er kun påvist på en af de tre stationer, med et indhold på 0,004.

Simazin er påvist i 2 ud af 3 prøver medens atrazin ikke er påvist ( $< 0,007$  g pr. liter).

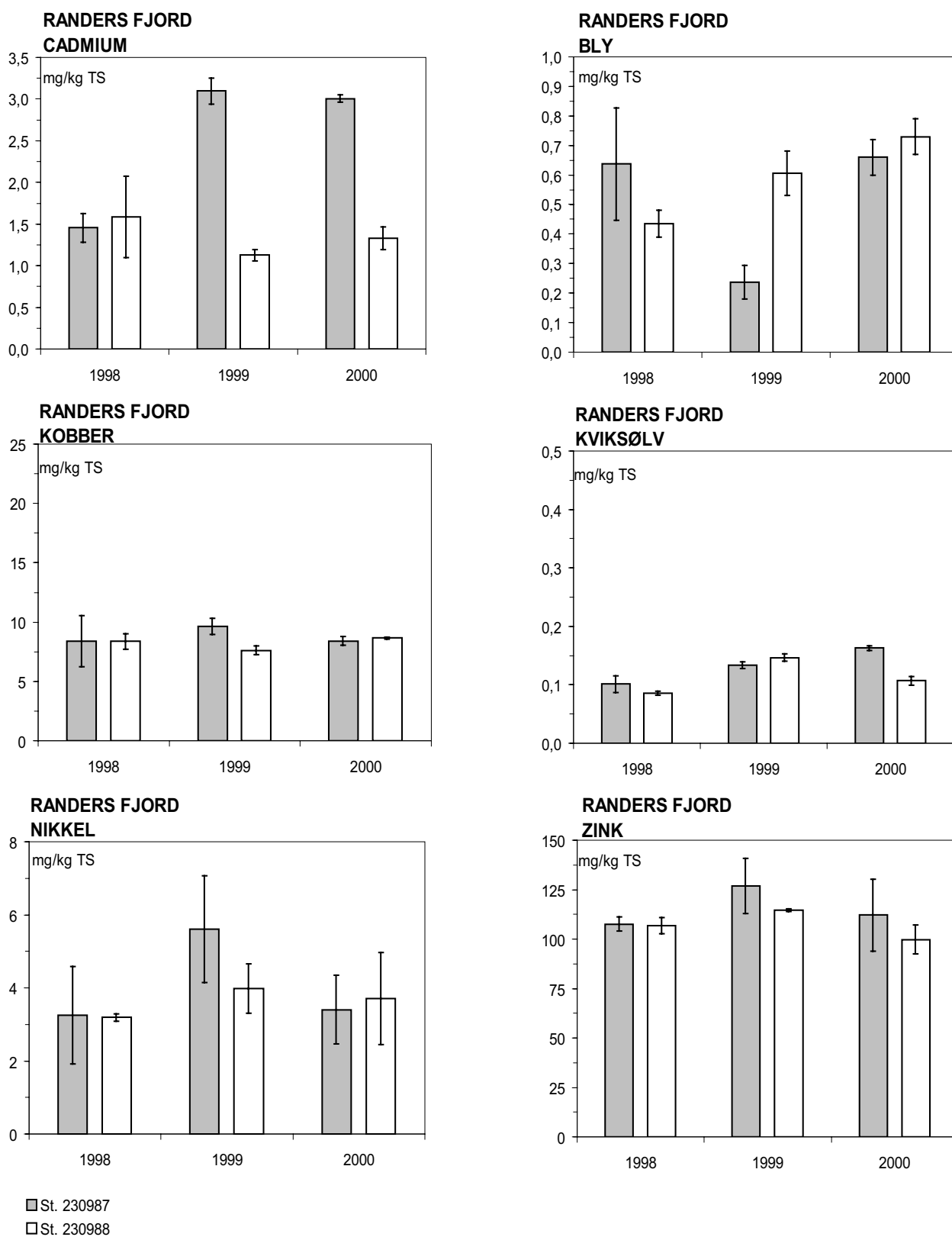
De enkelte analyse resultater er vist i bilag 3.5.2.

### 5.2.2. Blåmuslinger

#### 5.2.2.1 Tungmetaller

Indholdet af zink, kobber, kviksølv, cadmium, nikkel og bly i blåmuslinger fra 2 lokaliteter i Randers Fjord er vist i figurene 5.2.2.1-1 for årene 1998-2000.

De enkelte analyseresultater fra de 2 stationer er givet i bilag 3.5.3.



Figur 5.2.2.1-1. Indholdet i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000 af zink, kobber, kviksølv, cadmium, nikkel og bly som mg pr. kg tørstof.

**5.2.2.2 Miljøfremmede stoffer.**

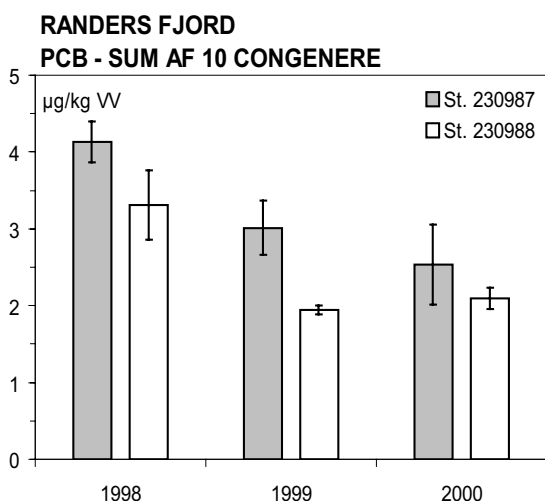
Indholdet af PCB er i figur 5.2.2.2-1 angivet som summen af 10 congenere. De enkelte analyseresultater er angivet i bilag 3.5.3.

HCH og DDT er i figur 5.2.2.2-2 og 5.2.2.2-3 ligeledes angivet som sumfunktioner af stofgruppen. De enkelte analyseresultater er angivet i bilag 3.5.3.

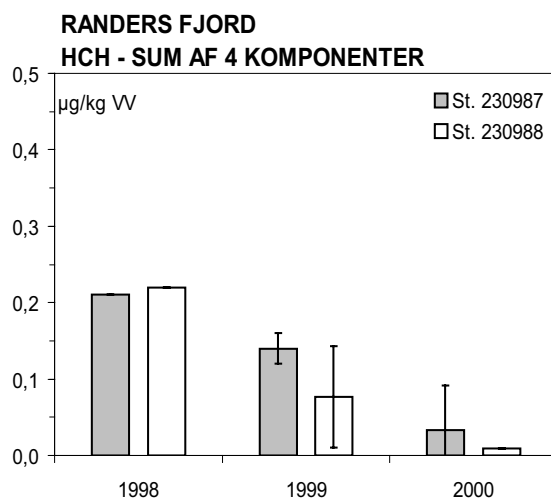
Figur 5.2.2.2-4 viser summen af alle PAH'er. Figu-

rerne 5.2.2.2-5 viser summen af de lette (2-3ringede) PAH'er. Figur 5.2.2.2-6 viser summen af de tunge (4-6 ringe) PAH'er. Figur 5.2.2.2-7 viser summen af de methylerede PAH-forbindelser. De enkelte analyseresultater er angivet i bilag 1.8-3.

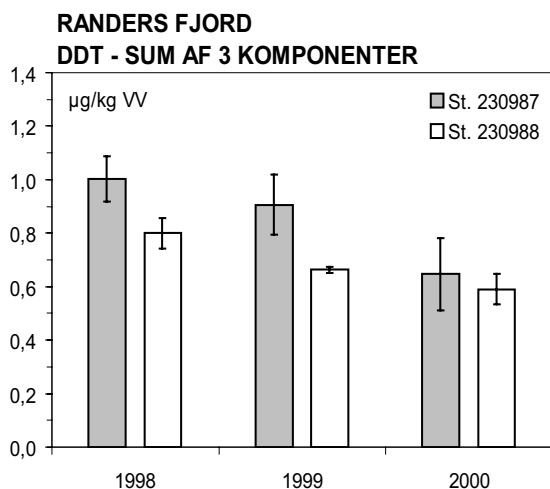
Total toksicitets-ækvivalenter beregnet på baggrund af B(a)P-TEF er fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000 vist i figur 5.2.2.2-8.



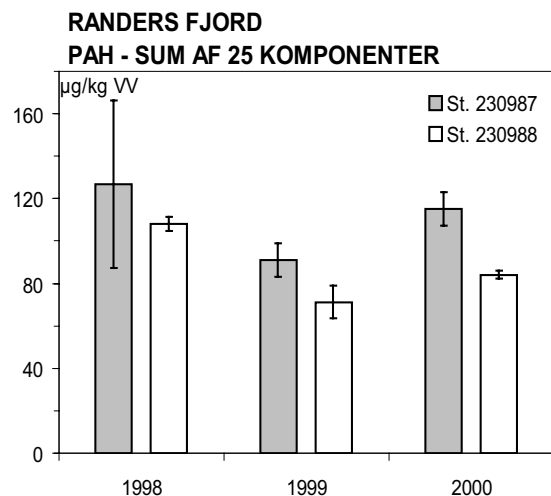
Figur 5.2.2.2-1. Indholdet af summen af PCB (10 congenere) i g pr. kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



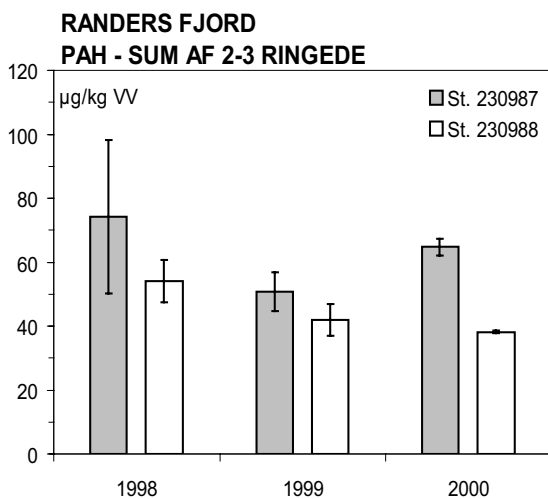
Figur 5.2.2.2-2. Indholdet af summen af HCH (4 komponenter) i g pr. kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



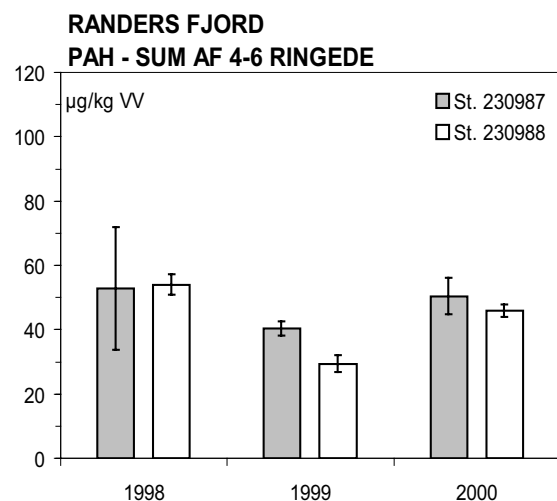
Figur 5.2.2.2-3. Indholdet af summen af DDT (3 komponenter) i g pr. kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



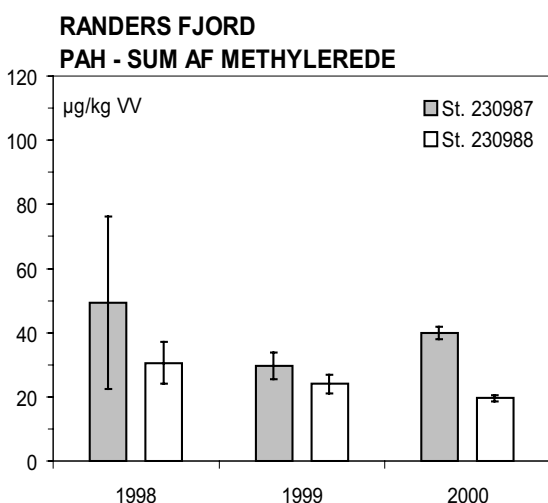
Figur 5.2.2.2-4. Summen af PAH'er (25 komponenter) i g pr. kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998 og 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



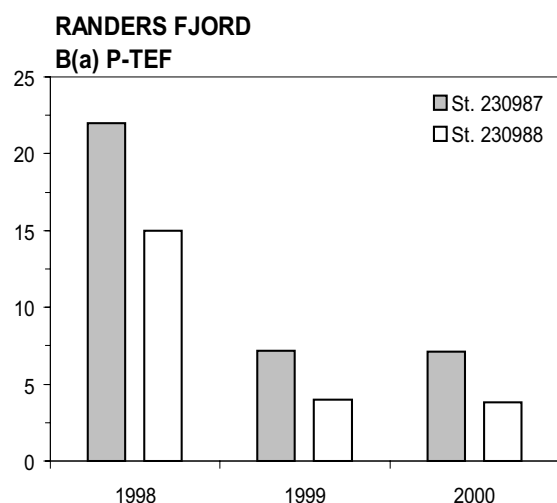
Figur 5.2.2.2-5. Summen af lette PAH'er (2-3 ringede: 13 komponenter) i g pr kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



Figur 5.2.2.2-6. Summen af tunge PAH'er (4-6 ringede: 12 komponenter) i g pr kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998 og 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



Figur 5.2.2.2-7. Summen af methylerede-PAH'er (6 komponenter) i g pr kg vådvægt i blåmuslinger fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



Figur 5.2.2.2-8. Total toksicitets-ækvivalenter fra station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000 er beregnet på baggrund af B(a)P-TEF.

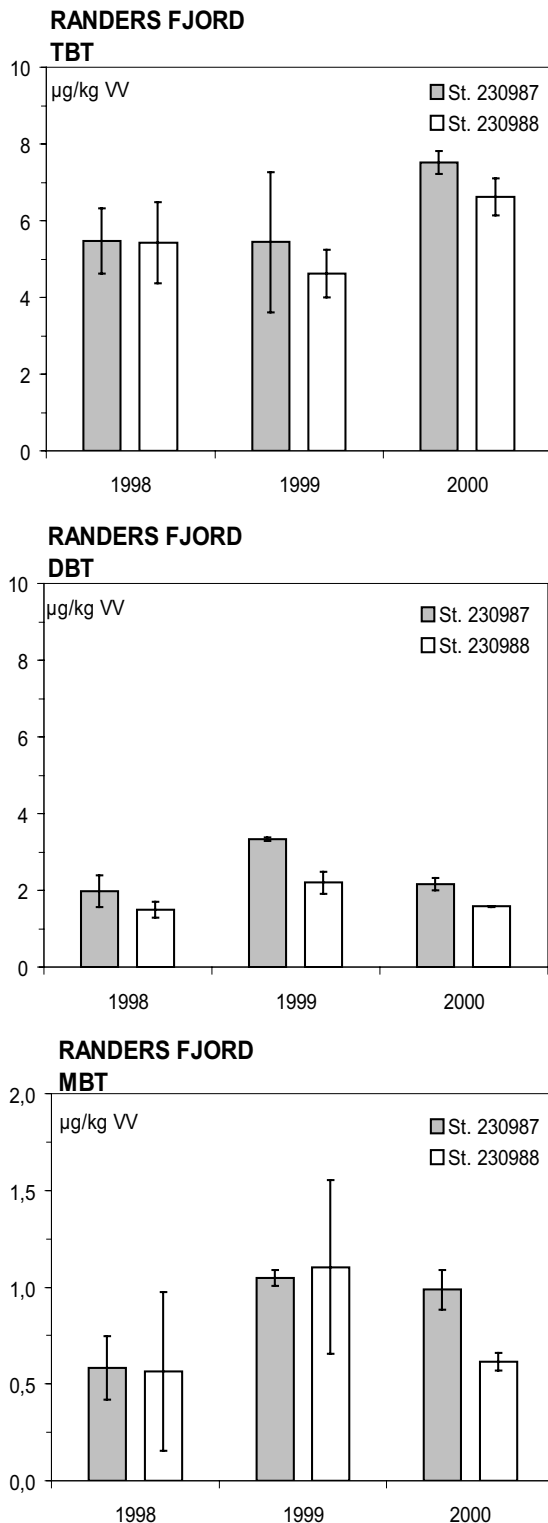
Indholdet af TBT, DBT, MBT i blåmuslinger fra Randers Fjord er i figur 5.2.2.2-9 angivet som XBT- Sn g pr kg. De enkelte analyseresultat er givet i bilag 3.5.3.

## 5.2.3 Sediment

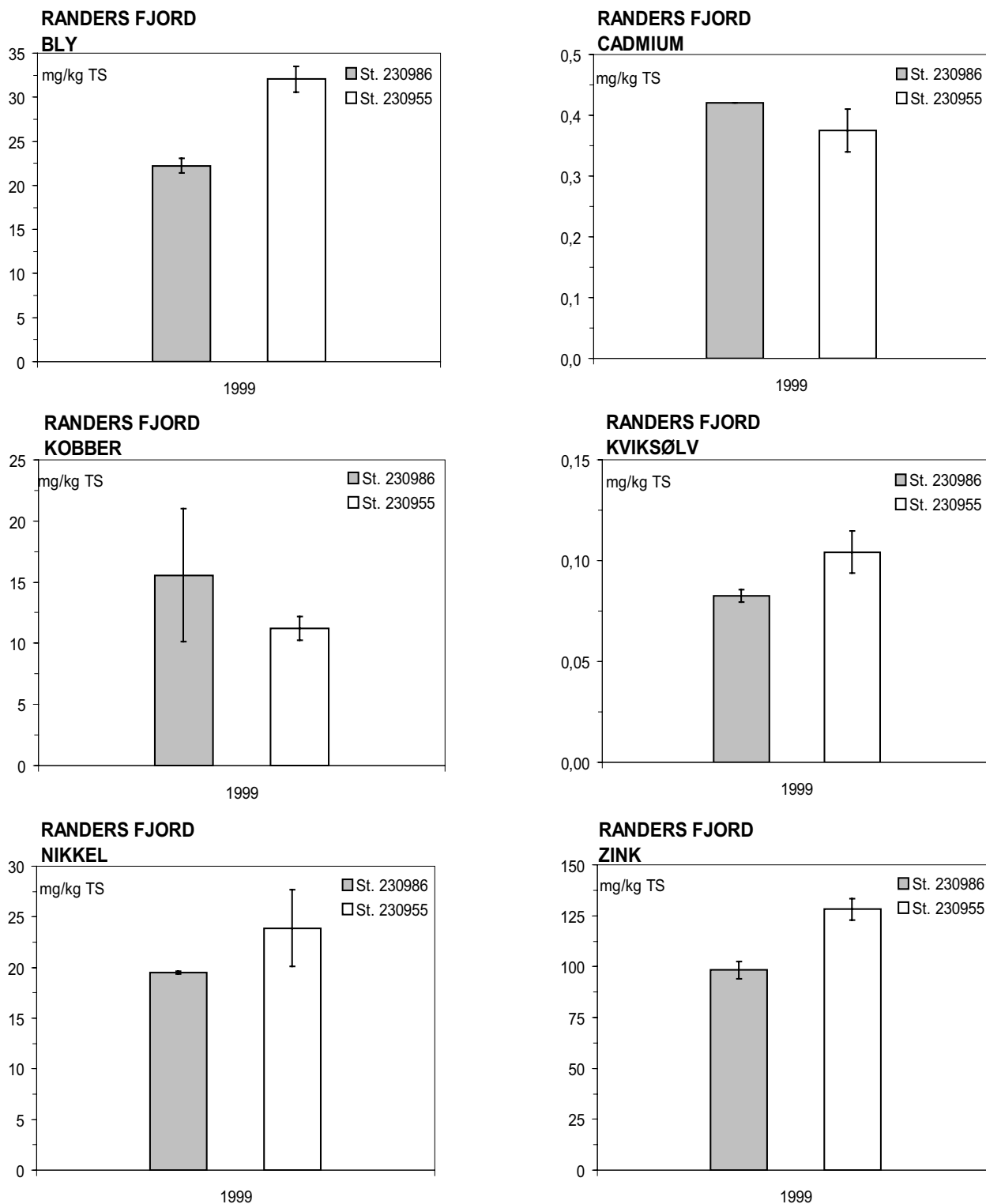
### 5.2.3.1 Tungmetaller

Det gennemsnitlige indhold af zink, kobber, kviksølv, cadmium, nikkel og bly i sedimentet (0-1 cm) fra 2 lokaliteter i Randers Fjord er vist i figurene 5.2.3.1-1 for 1999.

De enkelte analyseresultater fra de 2 stationer er givet i bilag 3.5.4.



Figur 5.2.2.2-9. Indholdet af TBT, DBT og MBT g pr. kg vådvægt i blåmuslinger fra Randers Fjord station 230987 og 230988 i 1998, 1999 og 2000. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



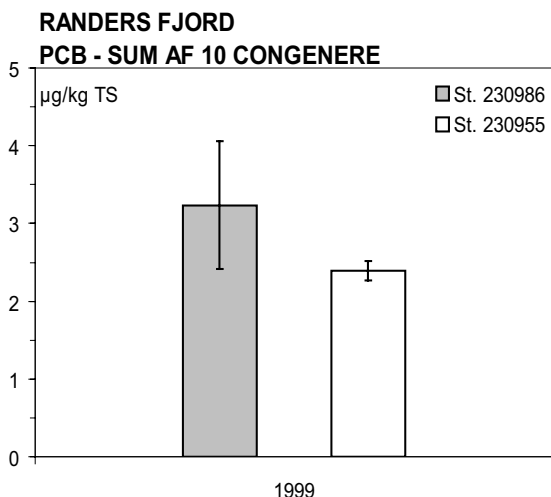
Figur 5.2.3.1-1. Indholdet (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) i sediment (0-1 cm) fra station 230986 og 230955 i 1999 af zink, kobber, kviksølv, cadmium, nikkel og bly som mg pr. kg tørstof.

### 5.2.3.2 Miljøfremmende stoffer.

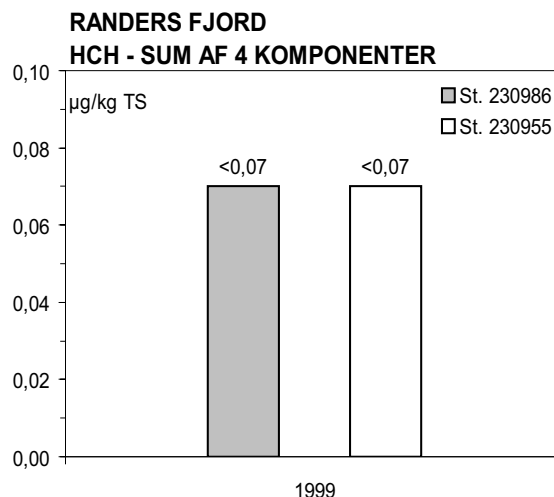
Indholdet af PCB er i figur 5.2.3.2-1 angivet som summen af 10 congenere. De enkelte analyseresultater er angivet i bilag 3.5.4.

HCH og DDT er i figur 5.2.3.2-2 og 5.2.3.2-3 ligeledes angivet som sumfunktioner af stofgruppen. De enkelte analyseresultater er angivet i bilag 3.5.4.

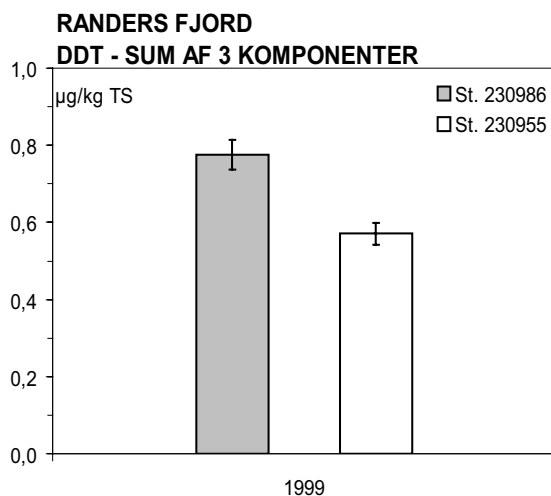
Figur 5.2.3.2-4 viser summen af alle PAH'er. Figurerne 5.2.3.2-5 viser de lette (2-3ringede) PAH'er. Figur 5.2.3.2-6 viser de tunge (4-6 ringe) PAH'er. Figur 5.2.3.2-7 viser de methylerede PAH-forbindelser. De enkelte analyseresultater er angivet i bilag 3.5.4.



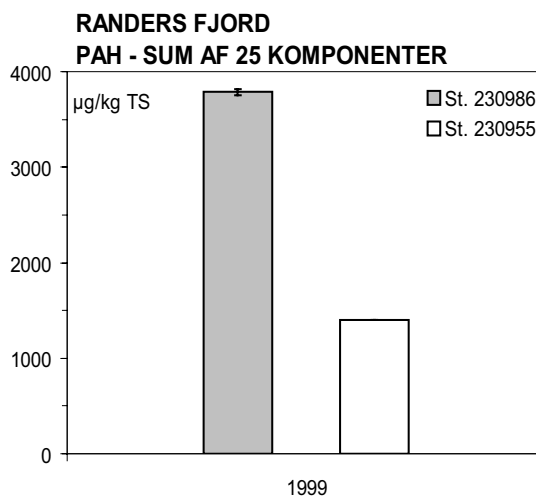
Figur 5.2.3.2-1. Indholdet (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) af summen af PCB (10 congenere) i g pr. kg tørstof i sediment (0-1 cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



Figur 5.2.3.2-2. Indholdet (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) af summen af HCH (4 komponenter) i g pr. kg tørstof i sediment (0-1cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



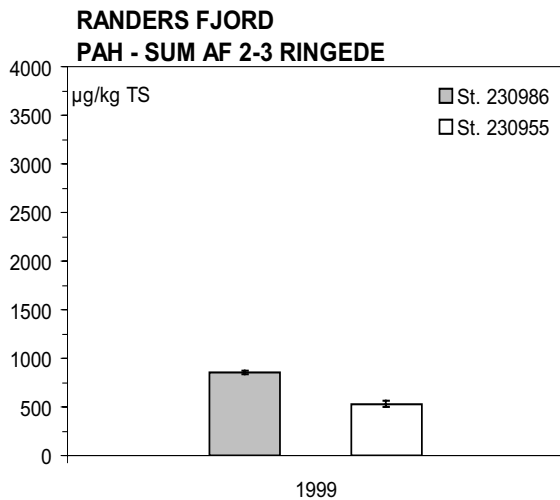
Figur 5.2.3.2-3. Indholdet (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) af summen af DDT (3 komponenter) i g pr. kg tørstof i sediment (0-1cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



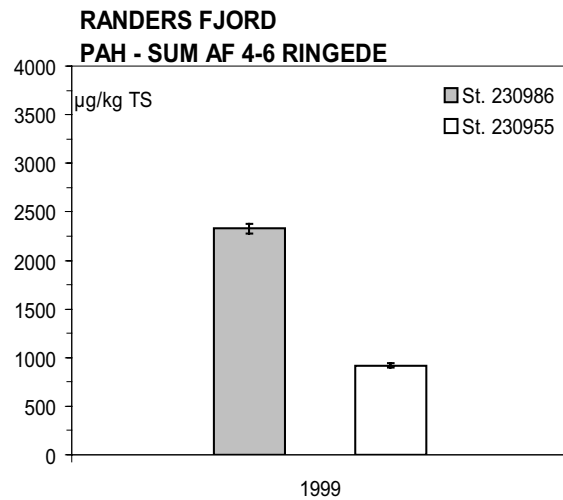
Figur 5.2.3.2-4. Summen af PAH'er (25 komponenter) (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) i g pr. kg tørstof i sediment (0-1cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.

### 5.2.3.3 TBT

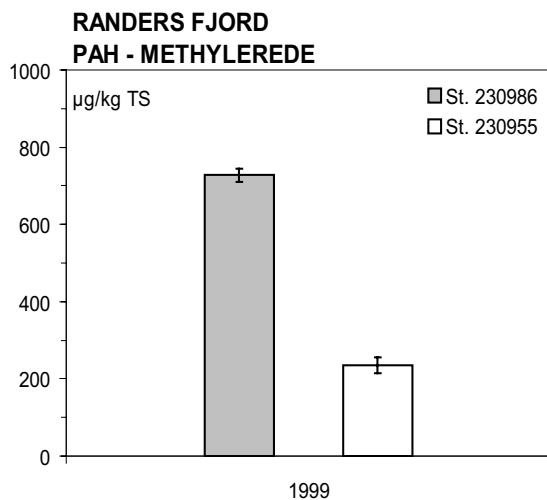
Indhold af TBT, DBT og MBT i sedimentet på 9 stationer i en gradient fra Randers Havn er vist i tabel 5.2.3.3-1.



Figur 5.2.3.2-5. Summen af lette PAH'er (2-3 ringede: 13 komponenter) (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) i g pr kg tørstof i sediment (0-1cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



Figur 5.2.3.2-6. Summen af tunge PAH'er (4-6 ringede: 12 komponenter) (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) i g pr kg tørstof i sediment (0-1cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.



Figur 5.2.3.2-7. Summen af methylerede-PAH'er (6 komponenter) (gennemsnit  $n=2$  og standardafvigelsen) i g pr kg tørstof i sediment (0-1cm) fra station 230986 og 230955 i 1999. Værdierne er gennemsnitsværdier angivet med standardafvigelsen.

### 5.2.4 Imposex hos dværgkonk

Resultaterne af imposex undersøgelserne af de enkelte snegle er vist i bilag 3.5.5. Parameterværdierne: Frekvens af imposex, VDSI og MSI er vist i tabel 5.2.4-1.

I figur 5.2.4-1 er vist frekvensen af imposex i 2000 for dværgkonk.

I Hvering Bugt ved Randers Fjords udmundning er der på NOVA-stationen S4 (ca. 3 km syd øst) en frekvens af imposex på 5 %. På NOVA station S5, ca. 6 km fra Randers Fjords udløb er frekvensen af imposex 0 %.

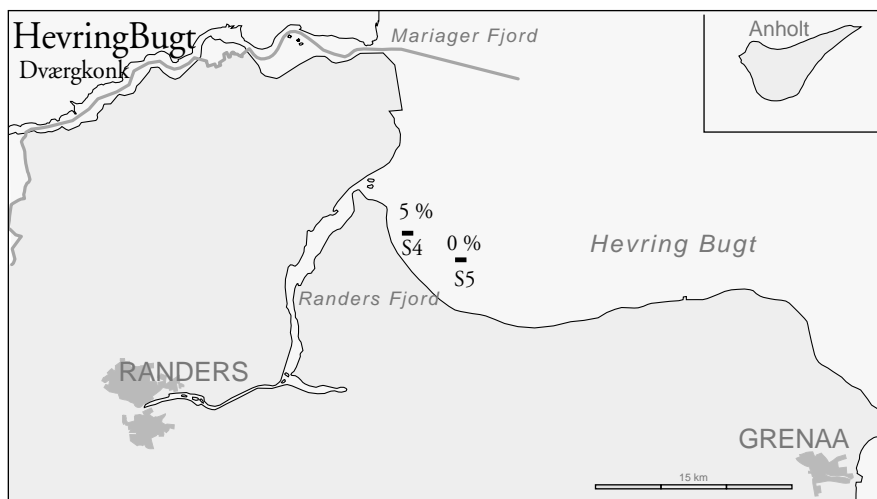
Effektgraden udtrykt ved MSI og VDSI indekset er vist i figur 5.2.4-2.

Tabel 5.2.3.3.1. Indholdet af TBT, DBT og MBT (g Sn- TBX pr. kg tørstof) samt tørstof og glødetab i sediment (0-1 cm) fra Randers Fjord 1999.

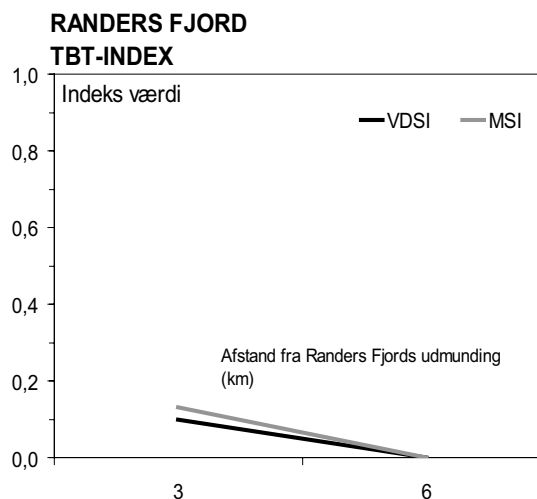
Sediment Randers Fjord 1999	Afstand fra Randers Havn i km	TBX-Sn µg pr. kg tørstof				
		TBT	DBT	MBT	TS %	GT %
Station nr. 230980	0	45,9	23,2	11,4	14,3	24,6
230960	0,5	33,4	12,4		32,5	10,7
230986	2	65,8	17,3		17,4	19,7
230983	3,2	25,4	8,2	2,9	29,4	11
230984	5,3	18,4	10,1		37	10,1
230111	10,3	22,1	6,6	6,5	27,7	12,7
230982	13,5	63,9	8,3	13,7	23,3	12,1
230220	20,5	7	0,9		69,6	1,5
230222	25	7,2	1,4		72,8	1,5

Tabel 5.2.4-1. Imposex hos dværgkonk fra Hevring Bugt 1999 og 2000.

Dværg konk	år	Afstand fra Randers Fjords udmunding i km	Antal hunner undersøgt	Gennemsnitlig skalhøjde i mm	%hunner med imposex	Gennemsnits penis længde hos hunner	Relativ penis længde RPLI	VDSI	MSI
Station Hevring Bugt									
NOVA S4	1999	3	20	18,96	5	0,07	0,54	0,10	0,15
NOVA S4	2000	3	20	20,90	5	0,09	0,10	0,10	0,10
NOVA S5	1999	6	20	16,23	0	0,00	0,00	0,00	0,00
NOVA S5	2000	6	20	20,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00



Figur 5.2.4-1. (figur15) Frekvensen i % af imposex i 1999 og 2000 hos dværgkonk fra Hevring Bugt.



Figur 5.2.4-2. Sammenhængen mellem MSI og VDSI hos dværgkonk og afstanden til Randers Fjords udløb i år 2000.

## 5.3 Diskussion

### 5.3.1 Miljøtilstand og tidlige udvikling

#### Metaller

Resultaterne viser, at der ikke er en markant forskelle i koncentrationerne mellem de 2 lokaliteter hvor der er undersøgt tungmetaller i sediment og blåmuslinger.

Indholdet af tungmetaller i blåmuslinger er nu målt i NOVA-programmet i 3 år. Der kan ikke på baggrund af målingerne identificeres en tidlig udvikling i form af et fald eller en stigning i koncentrationerne.

De nu målte koncentrationer af tungmetaller i blåmuslinger og sediment fra Randers Fjord ligger på et forholdsvist lavt niveau, og svarer til OSPAR (Oslo-Paris Kommissionen) betegnelse for baggrunds niveau.

Sammenholdt med den norske klassificering af miljøkvaliteten i kystvande, er indholdet af tungmetaller i muslinger og sediment fra Randers Fjord, at sammenligne med tilstandsklassen I "ubetydelig til lidt forurenede", med undtagelse af cadmium hvor niveauet i både muslinger og sediment svarer til tilstandsklasse II "moderat forurenede" (SFT 1997).

#### Miljøfremmede stoffer

Resultaterne viser, at der generelt er lavere koncentrationer af både de chlorerede og PAH- forbindelser i sediment og blåmuslinger på den af de 2 lokaliteter som ligger yderst i fjorden.

På baggrund af NOVA programmets målinger på blåmuslinger fra 1998 til 2000, kan der for de chlorerede forbindelser ses en generelt faldende tendens. For PAH forbindelserne kan der ikke ses en entydig tendens til et fald eller stigning.

Indholdet af PCB i blåmuslinger varierede i 2000 mellem 2,10 og 2,54 g pr. kg vådvægt, og i sedimentet mellem 2,39 til 3,24 g pr. kg tørvægt. Både indholdet i muslinger og sediment ligger inden for OSPAR vejledende økotoksikologiske vurderingskriterium (EAC) for sum af 7 PCB'er på 1 - 10 g pr kg vådvægt musling og tørvægt sediment. Det vil sige, at de målte koncentrationer af PCB, svarende til EAC betyder, at der kan forekomme effekter i miljøet.

Sammenholdt med den norske klassificering af miljøkvaliteten i kystvande, er indholdet af PCB'er i muslinger og sediment fra Randers Fjord, at sammenligne med tilstandsklassen I "ubetydelig-lidt forurenede".

Indholdet af DDT i blåmuslinger varierede i 2000 mellem 0,59 og 0,65 g pr. kg vådvægt, og i sedimentet mellem 0,57 og 0,78 g pr. kg tørvægt. Inden for OSPAR findes ingen vejledende økotoksikologiske vurderingskriterium (EAC) for DDT.

Sammenholdt med den norske klassificering af miljøkvaliteten i kystvande, er indholdet af DDT i muslinger fra Randers Fjord, at sammenligne med tilstandsklassen I "ubetydelig-lidt forurenede" og for indholdet i sedimentet svarer dette til tilstandsklasse II "moderat forurenede".

Indholdet af PAH'er i blåmuslinger, udtrykt ved summen af PAH'er, var i 2000 mellem 84 og 115 g pr. kg vådvægt og i sedimentet mellem 1400 og 3780 g pr. kg tørstof.

Sammenholdt med den norske klassificering af miljøkvaliteten i kystvande, er indholdet af PAH'er i muslinger fra Randers Fjord, at sammenligne med tilstandsklassen I "ubetydelig-lidt forurenede" og for indholdet i sedimentet svarer dette til tilstandsklasse II "moderat forurenede".

Indholdet af TBT i blåmuslinger ligger på de 2 stationer i 2000 mellem 6,6 og 7,5 g TBT-Sn pr. kg vådvægt og i sedimentet mellem 7 og 65,8 g TBT-Sn pr. kg tørstof. Der forekommer ikke en entydig gradient i koncentrationsniveauet gennem fjorden. Samtlige prøver med undtagelse af de 2 stationer yderst i fjorden, er alle taget i sejlrenden. De målte koncentrationer afspejler således en ensartet belastning gennem fjorden som følge af sejlrenden.

De målte koncentrationer i muslinger og sediment ligger inden for OSPAR vejledende økotoksikologiske vurderingskriterium (EAC) for TBT på 0,02 - 0,2 g pr. kg vådvægt musling og mellem 0,01 til 0,1 g pr. kg sediment tørvægt. Det vil sige, at der kan forekomme effekter i miljøet p.g.a. forhøjet koncentrationer af TBT.

Sammenholdt med den norske klassificering af miljøkvaliteten i kystvande er indholdet af TBT i sediment fra Randers Fjord, at sammenligne med tilstandsklassen IV "stærkt forurenede".

#### Imposex

Imposex hos dværgkonk ved udmundingen af Randers Fjord er ikke udbredt idet kun 5 % på den inderste station (S4) er påvirket og 0% på den yderste station (S5). Der er ikke i 2000 sket nogen udvikling i forhold til hyppigheden af imposex sammenlignet med 1999.

### **Antibegroningsmidler i vand**

Diuron er fundet i højeste koncentrationer af de 4 undersøgte pesticider. Der er ingen gradient gennem fjorden, hvilket sandsynligvis afspejler den forholdsvis korte opholdstid af vandet i fjorden.

Irgarol er kun målt nærmest Randers Havn, men på et lavt niveau (0,004 g/l).

Atrazin er ikke målt over detektionsgrænsen på 0,007 g/l.

Simazin er fundet i 2 ud af 3 prøver på et niveau mellem 0,008 - 0,012.

Sammenholdt med målinger fra 1998 viser resultaterne, at indholdet af diuron i gennemsnit er steget fra 0,011 g/l i 1998 til 0,076 i 2000.

Diuron og irgarol har siden 1. januar 2000 været forbudt anvendt, som biocid i bundmalinger til skibe mindre end 25 meter.

### **5.3.2 Konklusioner og målsætninger**

I Århus Amt findes der ingen konkrete målsætninger m.h.t. indholdet af tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer i muslinger, sediment og vand.

Generelt er de målte koncentrationer af tungmetaller og organiske forbindelser i sediment og muslinger på et niveau svarende til ubetydelig og moderat forurenings-niveau.

Indholdet i blåmuslinger af de chlorerede forbindelser PCB, DDT og HCH viser fra 1997 til 2000 en generel faldende tendens.

De målte koncentrationer af TBT i sediment og muslinger fra Randers Fjord, er på et niveau, som kan medføre effekter på det biologiske system i fjorden. Effekten af TBT på sneglene i Hevring Bugt viser, at TBT-belastningen i Randers Fjord ikke umiddelbart påvirker dværgkonk ved fjordens udmunding i Kattegat.

Indholdet af antibegroningsmidlerne diuron og irgarol i vandet fra Randers Fjord er, trods forbudet pr. 1. januar 2000 mod at anvende disse midler på skibe mindre end 25 meter, målt i højere koncentrationer i 2000 end i 1998.

## 6. Sammenfatning og konklusion

### Klimatiske forhold

2000 var som de foregående to år et år med større nedbør end normalt. Der faldt i 2000 således 15 - 20 % mere nedbør end i middel for perioden 1961 - 90. De nedbørsrige perioder faldt i februar - juni og september - december. Perioden fra sidst i april til sidst i maj var solrig og varm, mens resten af sommerperioden generelt var kølig og med et lavt antal solskinstimer. Sommeren var præget af vinde fra vestlige retninger.

Sidste halvdel af september var blæsende med vinde fra østlige retninger - dette blæsevejr bragte friskt bundvand til de iltsvindsramte havområder. Årets sidste måneder var generelt våde, lune og med lidt vind.

### Mariager Fjord

#### Fysiske forhold

Temperaturen i vandoverfladen fulgte forløbet i lufttemperaturen gennem hele året.

Således var både temperaturen i luften og i vandoverfladen over gennemsnittet fra januar til maj og igen fra oktober til december. Den var under gennemsnittet fra juni til august, hvilket svarer til temperaturforholdene i 1993 og 1998, hvor sommeren ligeledes var kold og blæsende.

Som følge af vejret lå grænsen mellem den øvre omrørte vandmasse og den nedre stillestående i sommerhalvåret ofte i omkring 15 meters dybde, mens den normalt ligger i omkring 10 meters dybde.

Saltholdigheden ved overfladen var nær det normale i januar, men aftog gennem året som følge af tilførsel af større mængder ferskvand fra land end normalt og som følge af mindre vandskifte mellem Kattegat og Mariager Fjord end normalt.

Saltholdigheden ved bunden aftog gennem alle 12 måneder og var under gennemsnittet hele året. Saltholdigheden har været jævnt faldende siden den sidste større indstrømning af saltvand fra Kattegat i efteråret 1997.

Sigt dybden udviste det sædvanlige forløb over året med høj sigt i vinterperioden, lav sigt fra forårsop-

blomstringen i april og det meste af sommeren og derefter igen stigende sigt dybde fra september-oktober.

I sommerhalvåret lå de tidsvægtede månedsgennemsnit i 2000 indenfor variationen af langtids-gennemsnittene for perioden 1989-1996. Der var i oktober et markant fald i sigt dybden i forbindelse med en, for årstiden, usædvanlig stor opblomstring af planteplankton.

#### Stoftilførsler

Det våde og regnfulde år 2000 og den heraf følgende store afstrømning resulterede i store tilførsler af både fosfor og kvælstof til Mariager Fjord. Der blev tilført 1561 t kvælstof og 29,6 t fosfor. Tilførslerne var for kvælstofs vedkommende blandt de højeste i hele undersøgelsesperioden 1978 - 2000 og for fosfor vedkommende blandt de højeste i perioden 1992-2000 efter udbygningen af rensningsanlæggene.

Der kan i undersøgelsesperioden ikke registreres nogen signifikant udvikling i kvælstoftilførslen, hvormod der for fosfor kan registreres et signifikant fald på over 50 - 65 % i forhold til perioden 1978 - 85. Faldet i fosfortilførslen skyldes hovedsageligt en væsentlig forbedring af spildevandsrensningen i anden halvdel af 1980'erne.

For Mariager Fjord ses et mindre, men ikke signifikant fald i forholdet mellem kvælstoftilførsel og vandtilførsel. For Randers Fjord er faldet signifikant, hvilket må tilskrives et signifikant fald i kvælstofbidraget fra spildevand og en øget tilbagehold.

#### Næringsstoffer i vandet

I den øvre vandmasse var koncentrationen af nitrat og ammonium+ammoniak nær det normale hele året. Koncentrationen af total kvælstof var der imod under gennemsnittet, idet den interne kvælstof-tilførsel var større end normalt. Det skyldtes sandsynligvis øget denitrifikation som følge af iltede forhold på en større del af bundarealet og binding af kvælstof i den voksende bestand af muslinger.

Koncentrationen af nitrit+nitrat og ammonium+ammoniak var på intet tidspunkt nede omkring det niveau, som normalt anses for at være potentielt begrænsende for væksten af planteplankton.

Koncentrationen af orthofosfat - og dermed total fosfor - var væsentligt under gennemsnittet det meste af året, da både tilførslen fra det nedre lag og den interne tilførsel var under middel. Det skyldtes sandsynligvis flere forhold: Mindre frigivelse fra bunden grundet mindre mængde sedimenteret planteplankton som følge af lavere primærproduktion. Forøget binding i bunden samt fravær af iltsvindsrelateret fosforfrigivelse, som følge af at en større del af bundarealet end normalt var iltet. Samt binding af fosfor i den voksende bestand af muslinger.

Koncentrationen af orthofosfat var i perioder i april-maj og i juni-juli under det niveau, som normalt anses for at være potentielt begrænsende for væksten hos planteplankton. Perioderne med potentiel fosforbegrænsning var usædvanlig lang både i 1998, 1999 og 2000 sammenlignet med årene før iltsvindet i 1997. Tidligere blev potentiel fosforbegrænsning kun registreret på enkelte dage eller i meget korte perioder i forsommeren.

Koncentrationen af silicium var nær gennemsnittet i vinterhalvåret, mens det var højere end gennemsnittet fra maj til og med september. Den forhøjede koncentration skyldtes antagelig flere forhold: Dels et mindre forbrug grundet den lavere primærproduktion. Dels en forøget tilførsel, idet silicium primært tilføres med ferskvand fra land.

Koncentrationen af silicium var på intet tidspunkt nede på det niveau, som normalt anses for at være potentielt begrænsende for væksten hos kiselalger.

I den øvre vandmasse var der ingen generel udvikling i koncentrationen af kvælstof i perioden 1979-2000. Dette er i overensstemmelse med, at tilførslen af kvælstof fra land var uændret i perioden. Koncentrationen af fosfor var signifikant faldende i den øvre vandmasse i perioden 1979-2000. Faldet skete hovedsageligt i slutningen af 1980'erne og afspejlede det tilsvarende fald i tilførslen fra land.

Ved bunden var koncentrationen af både kvælstof, fosfor og silicium lidt højere end gennemsnittet, blandt andet som følge af, at der ikke forekom indstrømning af næringsfattigt vand fra Kattegat i 2000.

### **Vand- og stoftransportberegning**

Selv om tilførslen af ferskvand var væsentligt højere end gennemsnittet gennem hele 2000, var vandskiftet mellem Yderfjorden og Kattegat tæt på det normale det meste af året, dog var det forhøjet

februar-marts og i juni-juli.

Netto-eksporten af kvælstof var hovedsageligt bestemt af vandskiftet, idet det kun var forhøjet i februar-marts og juni-juli. Netto-eksporten af fosfor til Kattegat svarede på årsbasis til hele tilførslen af fosfor fra land.

Den interne netto til- og fraførsel af kvælstof og fosfor var i store dele af 2000 styrende for mængden af næringsalte, både i Inderfjorden og i Fjorden som helhed. Den var højere end tilførslen af næringsalte fra land og væsentligt højere end netto-eksporten til Kattegat.

Netto fraførslen af kvælstof var højere end normalt og netto afgivelsen af fosfor mindre end normalt i perioden juni-september. Det skyldtes muligvis større nitrifikation + denitrifikation og mindre frigivelse af ortho-fosfat, som følge af at en større del af bundarealet end normalt var iltet på grund af det blæsende og kolde sommervejr, samt binding af næringsalte i den voksende bestand af muslinger.

### **Iltforhold og svovlbrinte-bufferkapacitet**

Iltmætningen var over 100 % i sommerhalvåret fra midt i marts til midt i september (med en kort undtagelse i juli og august) som følge af, at planteplanktonets iltproduktion var større end forbruget. Tilsvarende var iltmætningen under 100 % i vinterperioden fra januar til midt i marts og igen fra midten af september og året ud (med en undtagelse i første halvdel af oktober), som følge af at forbruget af ilt ved omsætning af planteplankton oversteg iltproduktionen.

I første halvdel af oktober steg iltmætningen til over 100 %, hvilket er meget usædvanligt. I Mariager Fjord er der kun een gang tidligere registreret en så kraftig opblomstring af planteplankton i oktober, at iltmætningen steg til over 100 %.

Der var iltsvind på dybder større end ca. 15 meter hele året. Det var usædvanligt, ofte er der iltsvind på dybder større end ca. 10 meter i sommerperioden. De gode iltforhold i 2000 skyldtes sandsynligvis en ringere densitetsgradient end normalt på grund af den lave overfladetemperatur, samt en større omrøring end normalt på grund af de hyppige perioder med blæst. Kun i 1993, hvor sommer-vejret ligeledes var koldt og blæsende, var der tilsvarende gode iltforhold ned til ca. 15 meter.

Der var iltfrit ved bunden gennem hele året som følge af, at der ikke skete nogen større indstrømning

af iltrigt saltvand fra Aalborg Bugt.

Der var ingen generel udvikling i iltmætningen ved bunden på Dybet, st. 5503 i perioden 1979-2000. Dette gælder både for i perioden april-juni og perioden juli-oktober. Der var næsten konstant iltfrit, kun afbrudt af korte perioder i forbindelse med indstrømning af iltrigt vand fra Aalborg Bugt.

Der blev foretaget undersøgelse af svovlbrinte zonen udbredelse, svovlbrinte bufferkapacitet og indhold af oxideret jern i sedimentet på 26 meters dybde på Dybet st. 5503, og på 12 meters dybde på st. 240024 i foråret og efteråret 2000.

Resultaterne på st. 5503, Dybet virkede usandsynlige i forhold til målinger af ilt og svovlbrinte

Det vurderes derfor, at resultaterne af sedimentundersøgelserne er behæftet med fejl opstået i forbindelse med analyse eller håndtering af prøver.

På st. 240024 på viste målingerne, at svovlbrinte fronten i marts lå i 2-3 cm's dybde, og at der var en svovlbrinte bufferkapacitet på 30 mol  $H_2S$   $cm^{-2}$ , mens der ikke var noget indhold af oxideret jern. I efteråret lå svovlbrinte fronten i 2-4 cm's dybde, svovlbrinte bufferkapaciteten var på 44 mol  $H_2S$   $cm^{-2}$ , og der var intet indhold af oxideret jern i sedimentoverfladen. Det er i overensstemmelse med de øvrige målinger, der viste velilte forhold og et lavt indhold af  $H_2S$  i bundvandet.

### Plankton

Kulstofbiomassen af det auto- og mixotrofe planteplankton samt chlorofyl var lav til og med marts. Herefter steg biomasse og chlorofyl voldsomt. Den sene forårsopblomstring er et typisk kendetegn for fjorden og skyldes græsningen fra blåmuslinger, der kan begrænse planteplankton langt hen på foråret. I maj-juli lå biomassen og chlorofyl under langtidsgennemsnittet. I august-september lå biomassen lidt over langtidsgennemsnittet, mens chlorofyl lå lidt under. I oktober var både biomasse og chlorofyl over gennemsnittet. I november og december var både biomasse og chlorofyl usædvanlig lav, hvilket skyldtes fravær af opblomstring af den autotrofe ciliat *Myronectra rubrum*, der tidligere har været registreret i disse måneder.

Der blev ikke fundet signifikante udviklingstendenser i sæsonmidler af kulstofbiomassen for perioden 1991-2000. Ved statistisk analyse med Kendalls tau-b er ikke fundet signifikant udvikling i sæsonmidlerne af chlorofyl i perioden 1989-2000. Hvis derimod data fra hele måleperioden 1979-2000

inddrages, viser analysen signifikante fald i både års-, forårs- og sommergennemsnit.

Dominansmønsteret var lidt anderledes, end det tidligere er set. Den sædvanlige dominans af *Skeletonema costatum* var knap så massiv. Den manglende tilstedeværelse af den autotrofe ciliat *Myronectra rubrum* (tidligere *Mesodinium rubrum*) var et andet særsyn i 2000.

Forskellige arter af cryptophycéer (rekylalger) var mere dominerende end før hen bl.a. om vinteren og i perioden op til forårsopblomstringen, hvor *S. costatum* tidligere har domineret.

Der blev ikke registreret opblomstringer af arter, der betragtes som giftige eller potentielt giftige. Eneste registreringer var små forekomster af forskellige *Chrysochromulina* -arter, hvor i blandt kan have været arterne *C. polylepis* og *C. leadbeateri*, der anses for at være potentielt giftige.

Primærproduktionen var i mange måneder i 2000 lavere end langtidsgennemsnittet, hvilket stemmer overens med, at koncentrationen af planteplankton i sommerperioden var lavere i 2000 end i perioden 1989-1996. Det kan afspejle, at der i 2000 var en længere periode med potentiel fosforbegrænsning, end før 1997.

### Vegetation

Der er kun foretaget vegetationsundersøgelser på transekterne i Mariager Fjord i de seneste tre år. Tidsserien er derfor for lille til, at der er udført statistisk analyse på data.

I Inderfjorden er der kun et smalt bælte langs kysten, hvor vanddybden er så lav, at der kan vokse blomsterplanter. På det lave vand er der overvejende blød bund, men størstedelen af bunden er dækket af blåmuslingebanker. Der er derfor kun et begrænset areal, som er egnet til vækst af blomsterplanter.

På det helt lave vand er den gennemsnitlige dækningsgraden af havgræs øget fra 1999 til 2000, mens den gennemsnitlige maksimale dybdegrænse for havgræs er svagt faldende fra 1998 til 2000. Udbredelsen af ålegræs på transekterne i Inderfjorden er uændret meget lille.

I Yderfjorden er der større lavvandede arealer med blød bund, der er egnet til vækst af blomsterplanter. For Yderfjorden vurderes det, at ålegræssets gennemsnitlige dybdegrænse er uændret i perioden 1998 til 2000, mens ålegræssets dækningsgrad

efter et lidt dårligt år i 1999 er tilbage på niveauet fra 1998.

Udbredelsen af havgræs på transekterne i Yderfjorden er uændret meget lille.

### **Bundfauna**

Bundfaunaen i Mariager Fjord har siden iltsvindet i 1997 været under retablering. Udviklingen i faunaens individantal og biomasse har vist, at der er sket en betydelig opbygning i fjorden siden iltsvindet udslettede næsten alt liv i fjorden. Opbygningen af biomasse skyldes først og fremmest, at blåmuslingerne har etableret sig med stor succes i fjorden. Biomassen i blåmuslingebankerne er på niveau med, hvad den var før iltsvindet og udstrækningen af bankerne er formentlig større end den var tidligere (Petersen, J.K. et al 2000). Bundfaunaen i Mariager Fjord er stadig begrænset i sin udbredelse i fjorden af det permanente iltsvind i de dybere dele af fjorden og af de periodiske iltsvind på lavere vanddybder i sommerperioden. Iltsvindet i fjorden i 1999 medførte en reduktion i bundfaunaen, hvor specielt krebsdyrerne forsvandt. I oktober 2000, der var præget af generelt gode iltforhold i fjorden, var bundfaunaen atter i fremgang efter iltsvindet i 1999. Antallet af krebsdyr og børsteorme var steget og det samlede artsantal også steget i forhold til 1999.

Udviklingen i bundfaunaen i Mariager Fjord siden iltsvindet i 1997 viser, at fjordens balance stadig er meget sårbar. De periodiske iltsvind, der indtræffer afhængigt af de meteorologiske forhold, medfører umiddelbart reduktioner i bundfaunaen udbredelse i fjorden.

## **Randers Fjord**

### **Saltholdighed og temperatur**

Saltholdigheden var i overfladen generelt lavere end normalt og i bunden højere end normalt i 2000. Dette medførte, at lagdelingen i fjorden var usædvanligt stabil i 2000. Vandtemperaturen i sommerperioden var, som følge af det dårlige sommervejr, lavere end normalt. I resten af året var der, som følge af det milde vejr, generelt højere temperaturer end normalt.

### **Stoftilførsel**

Som en følge af den megen nedbør i 2000 modtog Randers Fjord en 18 % højere afstrømning end normalt. Dette medførte dog ikke forøgede tilførsler af

kvælstof, hvilket sandsynligvis skyldes, at der i forbindelse med det solrige vejr i april-maj var en stor retention af næringsstoffer i oplandets søer. Desuden har det forudgående våde år 1999 medført, at oplandet er »skyllet godt igennem«, hvorved en forøget afstrømning ikke har medført den forventede stigning i forbindelse med udvaskning af »depoter« af næringsstoffer i oplandet. Der har i de senere år været en tydelig tendens til faldende kvælstoftilførsler til Randers Fjord. De faldende tilførsler tilskrives en forøget retention i i oplandets søer. Tilførslerne af kvælstof fra landbrugsarealer er ikke faldet.

Tilførslerne af fosfor er faldet markant efter indførelse af forbedret rensning af spildevand. Ligeledes er tilførslerne af organisk stof til fjorden faldet, hvilket primært tilskrives faldende udledninger af organisk stof med spildevand og en faldende primærproduktion i oplandets søer.

En stor del af de tilførte næringsstoffer til Randers Fjord blev tilbageholdt i fjorden. I 2000 er det, på basis af den hydrauliske MIKE 12 EU model beregnet, at der blev tilbageholdt 30 % af de tilførte kvælstof- og fosformængder.

### **Næringsstoffer i vandet**

Næringsstofkoncentrationerne faldet generelt ud gennem fjorden i takt med fortyndingen af åvandet med saltvand. De højeste koncentrationer måles således i forbindelse med høje afstrømninger til fjorden. De højeste koncentrationer af total-kvælstof målt i marts måned. Der blev ikke målt kvælstofbegrænsning af primærproduktionen i 2000. Der er dog tidligere konstateret kortere perioder med kvælstofbegrænsning i Yderfjorden.

Fosforkoncentrationerne er normalt højest i fjorden i forbindelse med interne frigivelser af uorganisk fosfor fra fjordens sedimenter. I 2000 var de interne frigivelser af fosfor og ammonium-ammoniak generelt lave trods den stærke lagdeling og dermed potentielle iltsvind i fjorden. Dette skyldes med stor sikkerhed oprensningen af sejlrenden i fjorden i 2000, der har medført et formindsket iltforbrug i bundvandet, da det organiske stof er fjernet.

Der blev registreret potentiel fosforbegrænsning af primærproduktionen i Yderfjorden en enkelt dag i 2000. Der er ellers i de senere år ofte set fosforbegrænsning i Inderfjorden, men dette blev ikke registreret i 2000. Dette skyldes stor afstrømning og

ringe opblanding i fjorden. Derfor var overfladevandet meget præget af de høje næringsstofkoncentrationer i det tilstrømmende ferskvand.

### **Iltforhold**

Iltforholdene var trods den stærke lagdeling i fjorden gode. Dette skyldes sandsynligvis, at oprensningen i fjorden har fjernet de organiske iltforbrugende stoffer fra sejlrenden, der udgør bund til vandmasserne under springlaget.

### **Plankton**

Afstrømningen af fytoplankton fra opblomstringerne i oplandets søer til fjorden betød høje forårskoncentrationer af klorofyl i fjorden. Generelt var klorofylkoncentrationerne i fjorden lave i 2000. Dette skyldes sandsynligvis det kølige sommervejr og den høje afstrømning af ferskvand, der har medført en fortynding af klorofylkoncentrationerne. Der kan konstateres en tendens til fald i den tidlige udvikling i klorofylkoncentrationen i Inderfjorden, hvilket skyldes faldende primærproduktion i oplandets søer. Samtidig ses en tendens til stigning i sigtddybden.

I Yderfjorden blev der kun etableret en begrænset forårsoptimstring. Forårsoptimstringen i Hevring Bugt sås som forhøjede bundvandskoncentrationer af klorofyl i Yderfjorden, da bundvandet i fjorden udgøres af overfladevand fra Hevring Bugt. Der har i de senere år været en tydelig tendens til stigende klorofylkoncentrationer i Yderfjorden, hvilket tilskrives en større afstrømningspåvirkning af overfladevandet i Yderfjorden som følge af stor afstrømning og mere stabil lagdeling i fjorden.

### **Miljøfremmede stoffer**

Generelt er de målte koncentrationer af tungmetaller og organiske forbindelser i sediment og muslinger på et niveau svarende til ubetydelig og moderat forurenings-niveau.

Indholdet i blåmuslinger af de chlorerede forbindelser PCB, DDT og HCH viser fra 1997 til 2000 en generel faldende tendens.

De målte koncentrationer af TBT i sediment og muslinger fra Randers Fjord, er på et niveau, som kan medføre effekter på det biologiske system i fjorden. Effekten af TBT på sneglene i Hevring Bugt viser, at TBT-belastningen i Randers Fjord ikke umiddelbart påvirker dværgkonk ved fjordens udmunding i Kattegat.

Indholdet af antibegroningsmidlerne diuron og irga-

rol i vandet fra Randers Fjord er, trods forbudet pr. 1. januar 2000 mod at anvende disse midler på skibe mindre end 25 meter, målt i højere koncentrationer i 2000 end i 1998.

### **Miljøtilstand**

Randers Fjord er blandt de mest eutrofierede fjordområder i Danmark. Koncentrationerne af næringsstoffer er generelt meget høje på trods af, at der er sket drastiske fald i tilførslerne af fosfor og mindre reduktioner i tilførslerne af kvælstof. Der er konstateret faldende koncentrationer af specielt fosfor men også kvælstof i fjorden. Niveauet er dog stadig højt. Koncentrationerne af næringsstoffer er kun yderst sjældent så lave i fjorden, at de er potentielt begrænsende for primærproduktionen.

Miljøtilstanden i fjorden påvirkes også af de høje tilførsler af organisk stof fra oplandet, primært i form af ferskvandsfytoplankton fra søerne i den nedre del af oplandet. Således måles der næsten årligt iltsvind i de dybere vandmasser i sejlrenden i Inderfjorden. Vandmasserne i fjordens mere lavvandede dele er velilte. I 2000 var iltforholdene i Randers Fjord generelt gode.

Fjordens plante- og dyreliv er kraftigt påvirket af eutrofieringen af fjorden. Bundvegetationen har en meget begrænset udbredelse i fjorden, som følge af ringe lysforhold, og bundfaunaen er stærkt påvirket af tilførslerne af organiske stof. Målsætningerne om et ikke eller kun svagt påvirket plante- og dyreliv er langt fra opfyldte.

## **Det vestlige Kattegat**

### **Fysiske forhold**

De hydrografiske forhold i Aalborg Bugt afspejler de overordnede forhold i Kattegat.

I januar og februar 2000 resulterede kraftig vind fra vest i indstrømning af vand fra Nordsøen til Kattegat og fysisk velblandede forhold. Sidst i marts aftog vinden og opstuvet vand fra Østersøen strømmede ud af Østersøen og mod nord gennem de indre danske farvande. Strømningen var koncentreret i den centrale og østlige del af Kattegat og i perioder også gennem Læsø Rende. Udstrømningen resulterede i en kraftig øst-vestgående gradient i saltholdigheden, som varede ved frem til maj, med de største saltholdigheder i den syd /vestlige del af Ålborg Bugt. Derefter fulgte et par stille måneder

med overvejende indstrømning fra Nordsøen. I september skiftede vinden retning fra at have været overvejende vestlig i maj-august til østlig, hvilket igen resulterede i udstrømning fra Østersøen. Vandet i den vestligste del af Ålborg Bugt blev også udskiftet. I løbet af oktober / november var springlaget på stationerne (undtaget st. 40302) brudt ned.

Saltholdighederne lå i 2000 generelt på eller lidt over langtidsgennemsnittene. Vandtemperaturerne var karakteriseret ved temperaturer over gennemsnittet i vintermånederne, på grund af de milde vintre og sommertemperaturer under gennemsnittet bortset fra maj, hvor den store udstrømning fra Østersøen, og det gode vejr gav temperaturer over middel.

Sigtdybden steg efter forårsopblomstringen og faldt i juni-juli, for derefter af stige igen. I Hevring Bugt var månedsgennemsnittene året igennem tæt på tidligere års gennemsnit.

Der er på st. 190004, Hevring Bugt og st. 4410, Dokkedal ikke fundet signifikante udviklingstendenser i sigtdybden for perioden 1989-2000.

### **Stoftilførsler**

Den samlede kvælstoftilførsel fra land (fjorde og åbne kyst strækninger) var i 2000 på 18783 ton. Tilførslen lå på niveau med årene 1993, 1995 og 1998 og var tæt på gennemsnittet for undersøgelsesperioden 1990-99 på 19025 tons. Forskellen i belastningen fra år til år skyldes primært forskelle i afstrømningen (mindste belastning var 9980 ton i det tørre år 1996 og højeste belastning ca. 27120 ton i det våde år 1994). Der kan ikke spores nogen signifikant udvikling i den samlede tilførsel af kvælstof fra land i perioden 1990-2000.

Den samlede fosfortilførsel fra land var i 2000 på 862 ton. Tilførslen lå på niveau med belastningen i årene 1995 og 1998. Tilførslen lå 9 % lavere end gennemsnittet for undersøgelsesperioden 1990-1999 (945 tons). Der var ingen signifikant udvikling i den samlede tilførsel af fosfor i perioden. Den store reduktion i fosforbelastningen, som følge af den mere effektive spildevandsrensning slog, i oplandet til Kattegat Vest, kraftigst igennem i 80'erne og ligger derfor før den betragtede periode.

### **Næringsstoffer i vandet**

Generelt synes de kystnære stationer st. 190004, Hevring Bugt og til dels st. 4410 Dokkedal mere påvirket af årstidsvariationen i afstrømningen og dermed tilførslen af næringsstoffer end havstatio-

nerne st. 409, Aalborg Bugt og st. 40302, Læsø Rende. Variationerne her er i højere grad styret af overordnede meteorologiske og hydrografiske forhold, hvor ændringer i den dominerende vind- eller strømretning påvirker opblandingen og dermed de resulterende næringssaltkoncentrationer i Kattegat.

På st. 4410 og st. 409 i Aalborg Bugt samt st. 40302 i Læsø Rende fulgte næringsstofniveauerne vækstsæsonen og det generelle mønster i tilførslen af næringsalte. Der sås ingen væsentlig påvirkning fra de lokale kilder, ligesom udvekslingen med andre vandområder ikke medførte markante ændringer i koncentrationerne på st. 4410 og 409. På st. 40302 medførte tilstrømning af nordsøvand i perioder, specielt fra april-juli, forøgede koncentrationer af næringsalte i bundvandet.

På st. 190004 i Hevring Bugt var forholdene præget af en meget tidlig forårsopblomstring, som allerede i midten af februar havde opbrugt den tilgængelige fosfor. Året 2000 var præget af store variationer i næringssaltkoncentrationerne, der hovedsagelig kunne relateres til lokale strømforhold og afstrømningen fra Randers Fjord.

I juni og august medførte lave iltkoncentrationer perioder med forhøjede koncentrationer af orthofosfat og silicium, som følge af frigivelse fra sedimentet.

Der er i perioden 1989-2000 sket et signifikant fald i total-fosfor og orthofosfat koncentrationerne på st. 190004 og st. 4410, hvorimod der for silicium ses en stigning i koncentrationen på st. 190004.

En foreskrevet ændring i prøvetagningspraksis fra 1998 vanskeliggør imidlertid sammenligninger med tidligere data fra st 4410, Dokkedal.

På st. 190004 er der ingen signifikant udvikling i koncentrationen af kvælstof. På st. 4410 er der et signifikant fald i koncentrationen af total-kvælstof og ammonium+ammoniak. Der sker et markant fald i både middelkoncentrationen og udsvingene i koncentrationerne af disse to parametre omkring 1991-92. Der er ingen reduktion i belastningen af kvælstof til området, der umiddelbart kan betinge dette fald, og det kan ikke udelukkes, at der er tale om fejlbehæftede analyseresultaterne, hvorfor den tidlige udvikling bør tages med forbehold.

### Primærproduktion

Primærproduktionen var på alle stationer potentielt begrænset som følge af lave koncentrationer af et eller flere næringsstoffer i 2000. På st. 190004 og st. 4410 strakte perioden med potentiel næringsstofbegrænsning sig fra sidst i februar til november, mens den på st. 409 og st. 40302 først startede midt i marts til november. Der var således potentielt næringsstofbegrænsning fra afslutningen af forårsopblomstringen til det tidspunkt på året, hvor lysindstrålingen begrænser produktionen.

Primærproduktionindex fra st. 409, Aalborg Bugt, viste dog, at produktionen kun var potentiel begrænsning d. 3/5 og d. 12/7.

### Iltforhold

Det vestlige Kattegat var i 2000 ikke ramt af udbredt iltsvind, som set i de mere sydlige dele af Kattegat. I den vestlige del blev der i sensommeren året 2000 målt kortvarigt iltsvind på st. 4410, Dokkedal og på st. 40302, Læsø Rende.

På st. 409, Aalborg Bugt og st. 190004, Hevring Bugt blev der ikke målt iltsvind i året 2000.

På st. 409, Aalborg Bugt lå sulfidfronten relativt dybt både i februar og september.

Tilstanden med iltsvind er kun observeret 5-6 gange siden 1989. Der er ikke fundet signifikante udviklingstendenser hverken i retning af forbedrede eller forværrede iltforhold. Havområdet kan ikke betegnes som et udpræget iltsvindsområde med tilbagevendende iltsvind.

### Fytoplankton

2000 var et meget udramatisk år med relativt små forekomster og en meget gennemsnitlig årsvariation. Klorofylmålingerne viste en ualmindeligt tidligt forårsmaximum på station 190004. Dette kunne ikke eftervises i biomassemålingerne, der placerede forårsmaximum i marts, hvilket er normalt for området. Dette kan skyldes prøvetagningen i marts kun har fanget maximum i aftagende.

Primærproduktionen, der kun blev målt på station 409, viste et ujævnt forløb. Forårsopblomstringen gav en produktion på ca. 600 - 700 mgC/m<sup>2</sup>/døgn, hvorimod årets maximum blev målt i juni og juli med produktionstal på næsten 1000 mgC/m<sup>2</sup>/døgn. De høje produktions tal i juni og juli skyldtes opblomstringer af furealger i det næringsrige vand under springlaget.

Planktonsamfundet var i lighed med tidligere år,

domineret af kiselalger i forårsperioden, flagellater i sommerperioden og furealger i sensommeren og efteråret. Der sås dog overraskende store forekomster af kiselalger på station 190004 i sommerperioden.

Der blev i 2000 ikke registreret nogen masseopblomstringer i det vestlige Kattegat, og der registreredes ikke potentielt giftige alger i koncentrationer, der kunne medføre skærpet overvågning eller lukning af fiskeområder. *Chatonella* var i 2000 i lighed med 1999 tilstede i området, men der blev ikke registreret skader som følge heraf.

### Bundfauna

Bundfaunaens individantal og biomasser i Hevring Bugt var i årene 1996-97 generelt lave. Medvirkende hertil har formentlig været at afstrømningen til kystområdet i perioden medio 1995 - medio 1997 har været usædvanlig lav, hvilket har betydet en mindre tilførsel af organisk stof til havbunden og dermed føde til bundfauna.

Den potentielt gunstige effekt i form forbedrede iltforhold under springlaget, har ikke betydning for størstedelen af Hevring Bugt, idet bunden ligger over typisk springlagsdybde.

Masseopblomstringen af den toksiske alge *Gyrodinium aureolum* i efteråret 1997, medførte lokale reduktioner i bundfaunaen i de dybere dele af bugten.

Efterfølgende er der i løbet af årene 1998 - 2000 sket en betydelig retablering af bundfaunaen i Hevring Bugt. Afstrømningen fra land og planktonbiomassen i foråret har være stigende i perioden, og samtidig har der ikke være iltsvind i et omfang, der har betydet reduktioner i forekomsten af bundfauna i bugten. Således er krebsdyrerne, der er sårbare over for iltsvind, retableret i Hevring Bugt efter i en årrække at have være manglende i bugten.

### Miljøtilstand

Miljøtilstanden i Kattegat Vest varierer i forhold til belastningen med næringsalte og de overordnede fysiske forhold. Der kan i de overvågede biologiske parametre ikke spores nogle sikre udviklingstendenser, der tyder på hverken en forbedring eller en forværring af miljøtilstanden.

Der er i perioden 1989-2000 konstateret signifikant lavere fosforkoncentrationer, der må tilskrives den forbedrede spildevandsrensning, der har mindsket tilførslen af fosfor til farvandet.

Plankton afviger ikke fra, hvad der kan forventes i et

eutrofieret kystnært farvand.

Krebsdyrene, der er følsomme overfor iltsvind, er igen fundet udbredt i Hevring Bugt, som en følge af at der ikke har været længerevarende iltsvindsperioder.

Målsætningerne i Århus Amts Vandkvalitetsplan for Hevring Bugt, om et ikke eller kun svagt påvirket plante- og dyreliv, er ikke opfyldt. En forbedring af miljøtilstanden i Kattegat Vest generelt kræver en yderligere nedbringelse af fosfortilførslen og en markant reduktion af kvælstoftilførslen. Når dette realiseres viser, resultaterne fra andre marine områder i de tørre år 1996-97, at de biologiske systemer reagerer hurtigt og positivt.

## Konklusion

### Mariager Fjord

Undersøgelserne i Mariager Fjord i 2000 viste samlet, at målsætningen om et uforstyrret plante- og dyreliv langt fra var opfyldt.

Der var høje næringssaltkoncentrationer, stor primærproduktion og flere masseforekomster af plantoplankton. Blomsterplanternes vækst var hæmmet af dårlige lysforhold, og der var store forekomster af eutrofieringsbetingede grønalg.

Bundfaunaen har siden iltsvindet i 1997 været under retablering, og biomassen i blåmuslingebankerne er atter på niveau med, hvad den var før iltsvindet. Bundfaunaen er dog stadig begrænset i sin udbredelse af det permanente iltsvind i de dybere dele af fjorden.

Den fortsatte påvirkning af plante- og dyrelivet skyldes primært den lokale tilførsel af næringsstoffer fra land, herunder specielt kvælstoftilførsel fra landbrugsområder. En forbedring af miljøtilstanden vil kræve en markant reduktion i denne tilførsel. Vandmiljøplanens mål om en 50 % reduktion af kvælstoftilførslen og en 80 % reduktion af fosfortilførslen var ikke opfyldt.

### Randers Fjord

Det nedbørsrige år 2000 medførte ikke tilsvarende høje tilførsler af næringsstoffer til fjorden. Der kan konstateres fald i tilførslerne af næringsstoffer, men niveauet for næringsstofkoncentrationerne i fjorden er fortsat meget højt. Randers Fjord er derfor kraftig eutrofieret, og de senere års reduktioner i tilførslerne

af næringsstoffer til fjorden har ikke medført mærkbare forbedringer i miljøtilstanden. Målsætningerne om et kun svagt påvirket dyre- og planteliv i fjorden er derfor langt fra opfyldte.

### Miljøfremmede stoffer

Generelt er de målte koncentrationer af tungmetaller og organiske forbindelser i sediment og muslinger på et niveau svarende til ubetydelig og moderat forurenings-niveau.

Indholdet i blåmuslinger af de chlorerede forbindelser PCB, DDT og HCH viser fra 1997 til 2000 en generel faldende tendens.

De målte koncentrationer af TBT i sediment og muslinger fra Randers Fjord, er på et niveau, som kan medføre effekter på det biologiske system i fjorden. Effekten af TBT på sneglene i Hevring Bugt viser, at TBT-belastningen i Randers Fjord ikke umiddelbart påvirker dværgkonk ved fjordens udmunding i Kattegat.

Indholdet af antibegroningsmidlerne diuron og irgarol i vandet fra Randers Fjord er, trods forbudet pr. 1. januar 2000 mod at anvende disse midler på skibe mindre end 25 meter, målt i højere koncentrationer i 2000 end i 1998.

### Det vestlige Kattegat

Miljøtilstanden i det Vestlige Kattegat kan ikke adskilles fra den generelle tilstand af de indre danske farvande. Der kan i de overvågede biologiske parametre ikke spores sikre tendenser, hverken i retning af en forbedring eller en forværring af miljøtilstanden.

Den forbedrede spildevandsrensning, der gennem flere år har betydet mindsket tilførsel af fosfor, har resulteret i signifikant lavere fosforkoncentrationer i farvandet. At dette ikke modsvares af en positiv respons i miljøtilstanden skyldes sandsynligvis, at kvælstoftilførslen er uændret.

Der blev i 2000 konstateret kortvarigt iltsvind på to lokaliteter, efter lang periode med lagdeling af vandmasserne.

En forbedring af miljøtilstanden i retning af et upåvirket havområde, kan først forventes efter yderligere nedbringelse af tilførslen af fosfor og en markant reduktion af tilførslen af kvælstof.

# Referencer

DHI (1995). MIKE 11, ver. 3.11. Users Guide and Reference Manual.

DMU (1999) Giftige alger og algeopblomstringer. - Temarapport fra DMU, 27/1999. Miljø- og Energi- ministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser.

Ellermann, T., Hertel, O. & Skjøth, C. A. (2000) Atmosfærisk deposition 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser Roskilde. Faglig rapport fra DMU. nr. 332 s. 120 .

Le, T.T.D., H. Madsen, B. Rasmussen & B. Sømod (2001) Modellering af analyse af kvælstof i Randers Fjord. DTU, Technical reports, no. 1/2001. 61 pp.

Olesen, Michael (2001).

OSPAR (1997) Oslo and Paris Conventions for the prevention of marine pollution. Agreed ecotoxicological assessment criteria for trace metals, PCB's, PAH's, TBT and some organochlorine pesticides.

Petersen, J.K., Markager, S., Stedmon, C., Stenalt, E., (2000) Mariager Fjord - primærproduktion, iltomsætning og blåmuslinger efter iltsvindet i 1997. Miljø- og Energi ministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser.

SFT (1997) Klasseficering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forureningstilsyn.

Ærtebjerg, G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Josefson, A., Kaas, H., Markager, S., Nielsen, T.G., Rasmussen, B., Krause-Jensen, D., Hertel, O., Skov, H., Svendsen, L.M. (1998) Marine områder. Åbne farvande - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 254. 248 s.

Århus & Nordjyllands Amt (2000) Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 1999. Tilstand og udvikling. Afrapportering ifølge NOVA 2003. Teknisk rapport, 100 pp.

Århus Amt (1999) Vandmiljøet i Randers Fjord 1997.

Århus Amt, Natur og Miljø. Teknisk rapport, 152 pp.

Århus Amt (2000) Jul Sø, Brassø, Vejlsø, Silkeborg Langsø - 1999. Århus Amt, Natur og Miljø. Teknisk rapport, 72 pp.

Århus Amt og Nordjyllands Amt (2000) Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 1999. Tilstand og udvikling. Afrapportering ifølge NOVA 2003. Teknisk rapport 100 pp.

Århus Amt og Nordjyllands Amt (1999) Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 1998. Tilstand og udvikling. Teknisk rapport 77 pp.

Århus Amt (1991) Vandmiljøet i Randers Fjord 1990.

Århus Amt (1996) Undersøgelser af miljøfremmede stoffer i Århus Amt - Fase 1, 1996.

Århus Amt (1998) Århus Amt Miljøfremmede stoffer i Århus Amt Fase 2 og 3, 1997-1998.

Århus Amt og Nordjyllands Amt (1998a) Mariager Fjord. Udvikling og status 1997.

Århus Amt og Nordjyllands Amt (1999) Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 1998. Tilstand og udvikling.

Århus Amt og Nordjyllands Amt (2000) Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 1999. Tilstand og udvikling.

Århus Amt (2001a) Bundfauna i Mariager Fjord - status 2000. Teknisk rapport under forberedelse. Århus Amt, Natur og Miljø 2001.

Århus Amt (2001b) Skrubben i Mariager Fjord. Kap. 4 i »Fiskeundersøgelser i Mariager Fjord«. Tekniske rapport under forberedelse. Århus Amt, Natur og Miljø 2001.

Århus Amt og Nordjyllands Amt (1998) Mariager Fjord. Udvikling og status 1997. Tekniske rapport fra Århus og Nordjyllands Amt, 198 s.

