



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 682/96

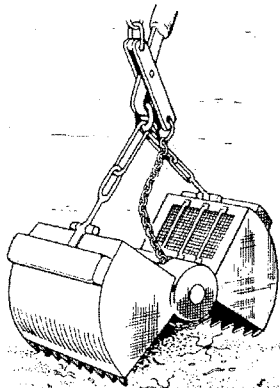
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon

NIVA

Overvåkning av Grenlandsfjordene Bløtbunnsfauna-undersøkelser 1996



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking av Grenlandsfjordene. Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1996 (Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 682/96. TA-nr. 1397/1996)	Løpenr. (for bestilling) 3602-97	Dato
	Prosjektnr. Undernr. O-803124	Sider Pris 27
Forfatter(e) Rygg, Brage	Fagområde Marin eutrofi	Distribusjon
	Geografisk område Telemark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Konsentrasjonene av organisk karbon i sedimentene i Grenlandsfjordene var høyere enn hva som er normalt langs kysten av Sør-Norge.</p> <p>På stasjon F8 (indre Langesundsfjorden) hadde det skjedd en moderat forverring i faunatilstanden, med en nedgang i artsmangfoldet fra 1994 til 1995 og 1996. På stasjon H2 (Håøyfjorden) var det en dramatisk forverring til en nesten utslettet fauna i 1996. Oksygenforholdene i denne fjorden har trolig vært enda dårligere i 1996 enn i 1994. På stasjon P8 (ytre Langesundsfjorden) var det ingen forverring. Faunatilstanden i 1996 kan klassifiseres som <i>mindre god</i> på stasjonen i indre Langesundsfjorden, <i>god</i> på stasjonen i ytre Langesundsfjorden, og <i>meget dårlig</i> på stasjonen i Håøyfjorden.</p> <p>I det videre langtidsprogram anbefales det at oksygenmålinger gjøres på de tre stasjonene i alle årets måneder.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Langtidsovervåking 2. Grenlandsfjordene 3. Bløtbunnsfauna 4. Oksygen 5. Sedimenter 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Long-term monitoring 2. Grenland fjords (Norway) 3. Soft-bottom fauna 4. Oxygen 5. Sediments
--	--


Brage Rygg
Prosjektleder

ISBN 82-577-3157-9


Bjørn Braaten
Forskningssjef

Overvåking av Grenlandsfjordene

Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1996

Forord

Undersøkelsene av bløtbunn i Grenlandsområdet er utført på oppdrag for SFT innen rammen av Statlig program for forurensningsovervåking.

Innsamling av bløtbunnsfaunaprøver og sedimentprøver ble gjennomført 31. mai 1996. Toktfartøy var M/S "Risøy". Deltaker fra NIVA var Unni Efraimsen.

Prøvene ble opparbeidet av Unni Efraimsen, Bodil Ekstrøm, Randi Romstad, Brage Rygg og Pirkko Rygg.

Oslo, desember 1996

Brage Rygg

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Bakgrunn	9
2. Materiale og metoder	9
3. Resultater	12
3.1 Sedimenter	12
3.2 Fauna	14
3.2.1 Artssammensetning	14
3.2.2 Artsmangfold og andre faunaparametre	16
4. Diskusjon	20
4.1 Tilstand og utvikling	20
4.2 Forslag til utvidet oksygenovervåking	21
5. Henvisninger	22
6. Vedlegg	23

Sammendrag

Tilførslene av organisk materiale og næringssalter til Grenlandsfjordene har ført til stor organisk belastning av dypvannet. I enkelte av fjordbassengene med liten vannutskiftning er det periodevis oksygenmangel. Forurensningsømfintlige arter er fortrent og tolerante arter er dominerende. Overvåkingen av tilstanden i bløtbunnfaunasamfunnene har som formål å følge med i tidsutviklingen i forurensningspåvirkningen, bl.a. for å kontrollere virkningene av belastningsreduksjonene. Stasjon F8 i indre Langesundsfjorden og H2 i Håøyfjorden ble valgt til stasjoner for langtidsovervåking for å indikere trender i faunaen. Oksygenminimumet i disse fjordbassengene ligger på et nivå hvor små endringer kan gi tydelige utslag i faunatilstanden. Stasjon P8 lengre sør i Langesundsfjorden benyttes som indikatorstasjon for eventuelle naturlige svingninger i faunatilstanden i fjordområdet.

Det er anbefalt å gjøre årlige undersøkelser av bløtbunnsfaunaen på de tre nevnte stasjonene for å påvise eventuelle trender i belastning og oksygennivå. Stasjonene er tidligere prøvetatt i 1986-87 og 1994-95.

Konsentrasjonene av totalt organisk karbon i sedimentene på alle tre stasjoner i Grenlandsfjordene var høyere enn hva som er vanlig ellers langs kysten av Sør-Norge.

På stasjon F8 (indre Langesundsfjorden) hadde det skjedd en moderat forverring i faunatilstanden, med en nedgang i artsmangfoldet fra 1994 til 1995 og 1996. På stasjon H2 (Håøyfjorden) var det en dramatisk forverring fra mai 1994 til en nesten utslettet fauna i mai 1996. Dette skyldes dårligere oksygenforhold. På stasjon P8 (ytre Langesundsfjorden) var det ingen forverring i faunaen.

Artssammensetningen på stasjonene var typisk for næringsrike fjordbassenger. Børstemarkene *Heteromastus filiformis*, *Chaetozone setosa* og *Cossura longocirrata*, som var dominerende, er opportunistiske og tolerante arter. Den fattige faunaen på stasjon H2 i 1996, med bare børstemarkene *Capitella capitata* og *Heteromastus filiformis* til stede, er typisk for lokaliteter med oksygenmangel.

Artsmangfold (H og ES₁₀₀) og indikatorartsindeks (AI) viste *mindre god tilstand* på stasjon F8 i 1986, 1995 og 1996, men *god tilstand* i 1987 og 1994. Stasjon H2 hadde *dårlig tilstand* i 1987, *nokså dårlig tilstand* i 1994 og *meget dårlig tilstand* i 1996. Stasjon P8 hadde *mindre god tilstand* i 1986 og *god tilstand* i 1994 og 1996.

Mulige forklaringer til dårligere faunatilstand i 1996 enn i 1994 kan være:

1. Dårligere vannutskiftning som har medført lavere oksygenkonsentrasjon.
2. Lavere oksygeninnhold i utskiftningvannet fra Skagerrak, som har gjort at oksygenkonsentrasjonen har sunket til et lavt nivå i løpet av kortere tid etter dypvannsfornyelsen.
3. Økte utslipp/tilførsler av organisk materiale eller næringssalter som i sin tur har medført økt organisk belastning på dypvann/sediment og økt oksygenforbruk.

Den mest sannsynlige forklaringen er at vannutskiftningen har vært mindre omfattende eller har skjedd senere på vinteren, eller at det har vært mindre oksygen (evt. mer organisk materiale) i utskiftningvannet. Det er ikke kjent at det har vært økte lokale tilførsler av oksygenforbrukende stoffer.

Av hensyn til tolkningen av resultatene fra bløtbunnsobservasjonen bør oksygenet i dypvannet i Langesundsfjorden og Håøyfjorden følges nøye. Det er særlig viktig å fange opp høstens/vinterens oksygenminimum. Dypvannutskiftning skjer gjerne i november-desember.

Summary

Title: Monitoring of the Grenland fjords, Norway

Year: 1996

Author: Rygg, Brage

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3157-9

Inputs of organic material and nutrients to the Grenland fjords have caused an organic load on the deep water bodies. In some of the fjords' deep basins with restricted water renewal there is periodically a shortage of oxygen. Pollution sensitive species are eliminated and tolerant species dominate. The purpose of monitoring the condition of the soft-bottom fauna communities is to keep an eye on trends in the pollution impact, i.e. to control the effects of reduced discharges. The stations F8 in the inner Langesundsfjord and H2 in the Håøyfjord were chosen as long-term monitoring stations to indicate trends in the fauna. The oxygen minimum in these fjord basins is at a level where small changes may cause significant responses in the fauna community. The station P8 in the outer Langesundsfjord is used as an indicator station for natural fluctuations that might occur in the fauna.

It is recommended that investigations of the soft-bottom fauna at the three stations are carried out yearly to reveal any trends in impact and oxygen levels. The stations were previously sampled in 1986-87 and 1994-95.

The concentrations of total organic carbon in the sediments in the Grenland fjords were markedly higher than most levels elsewhere along the coast of southern Norway.

At station F8 (inner Langesundsfjord) the fauna was moderately deteriorated, showing a decreased diversity from 1994 to 1995 and 1996. At station H2 (Håøyfjorden) the fauna was dramatically deteriorated from 1994 to a nearly wiped-out fauna in 1996. This must have been caused by critically low oxygen levels. At station P8 (outer Langesundsfjord) the fauna was not deteriorated.

The species composition at the stations were typical of nutrient rich fjord basins. The polychaetes *Heteromastus filiformis*, *Chaetozone setosa* and *Cossura longocirrata*, which dominated, are opportunistic and tolerant species. The poor fauna at station H2 in 1996, with only few individuals of the polychaetes *Capitella capitata* and *Heteromastus filiformis* present, is typical of localities having very low oxygen levels.

Diversity (H and ES₁₀₀) and the indicator species index (AI) showed *fairly good conditions* at station F8 in 1986, 1995 and 1996, *good conditions* in 1987 and 1994. Station H2 showed *poor conditions* in 1987, *fairly poor conditions* in 1994 and *extremely poor conditions* in 1996. Station P8 showed *fairly good conditions* in 1986 and *good conditions* in 1994 and 1996.

Possible explanations for the deteriorated fauna in 1996 compared to 1994 could be:

1. A more limited water renewal which has caused lower oxygen levels.
2. A lower oxygen level or a higher organic content in the renewal water from Skagerrak, causing the oxygen concentration to drop to a lower level within a shorter period after the deep-water renewal.
3. Increased discharges/input of organic matter or nutrients, causing increased organic load on the deep water and sediments.

To enable a more reliable interpretation of the results from the soft-bottom fauna monitoring, the oxygen levels in the deep water bodies in Langesundsfjorden and Håøyfjorden must be followed closely. It will be especially important to observe the minimum oxygen level in autumn/winter. Deep-water renewal usually takes place in november-january.

1. Bakgrunn

Tilførslene av organisk materiale og næringssalter til Grenlandsfjordene har ført til stor organisk belastning av dypvannet. I enkelte av fjordbassengene med liten vannutskiftning er det periodevis oksygenmangel. Forurensningsømfintlige arter er fortrent og tolerante arter er dominerende. I Frierfjorden er det en gradvis økende forverring langs økende dyp fra 25 m (ved Rafneslandet allerede fra 10-15 m). Dype bunnområder i Frierfjorden er råtne og uten dyreliv. I fjordområdene utenfor Breviksundet hvor bløtbunnsfauna er undersøkt, er påvirkningen mest tydelig i indre Langesundsfjorden og Håøyfjorden (Rygg 1995a).

I de siste årene er tilførslene av organisk stoff, nitrogen og fosfor til Frierfjorden redusert. Overvåkingen av tilstanden i bløtbunnsfaunasamfunnene har som formål å følge med i tidsutviklingen i forurensningspåvirkningen, bl.a. for å kontrollere virkningene av belastningsreduksjonene.

Bløtbunnsundersøkelser gir gode tilstandsbeskrivelser og muligheter for å avdekke gradienter og forskjeller eller likheter mellom lokaliteter, samt endringer over tid. Best egnet er undersøkelsene til å påvise virkninger av organisk belastning (direkte tilførsler av organisk materiale eller indirekte som følge av næringssaltforurensning og sedimentering av marint planteplankton) eller virkninger av oksygenmangel.

En stasjon i Breviksfjorden (F8) og en i Håøyfjorden (H2), som tidligere er undersøkt, ble valgt til stasjoner for langtidsovervåking for å indikere trender i faunaen. Oksygenminimumet i disse fjordbassengene ligger på et nivå hvor små endringer kan gi tydelige utslag i faunatilstanden. Som tilleggsstasjon benyttes P8 lengre sør i Langesundsfjorden. Denne stasjonen er neppe så utsatt for lave oksygenkonsentrasjoner som F8 og H2 og faunaen har vist mindre grad av påvirkning. Stasjon P8 benyttes derfor som indikatorstasjon for eventuelle naturlige svingninger i faunatilstanden i fjordområdet.

Det er anbefalt å gjøre årlige undersøkelser av bløtbunnsfaunaen på de tre nevnte stasjonene for å påvise eventuelle trender i belastning og oksygennivå. Eventuelle trender kan raskere påvises ved årlige undersøkelser enn ved undersøkelser med flere års mellomrom. Stasjonene er tidligere prøvetatt i 1986-87 og 1994-95 (Tabell 1).

2. Materiale og metoder

Prøvetakingen fant sted 31. mai 1996. Stasjonenes posisjoner ble målt med GPS (Global Positioning System, et satelittnavigasjonssystem). Posisjoner og dyp er vist i Tabell 1. Kart over stasjonenes plassering er vist i Figur 1.

Prøvene ble tatt med en 0.1 m² Day-grabb. Det ble tatt 4 prøver på hver stasjon til analyse av fauna og til analyse av sedimentets kornstørrelse og innhold av totalt organisk karbon og nitrogen.

Prøvene ble vasket gjennom 1 mm sil og det resterende materiale konserverte med formalin for senere analyse av faunaen. Dyrene sorteres ut, artsbestemmes og telles. Før vaskingen ble det tatt ut små delprøver (ca. 100 ml prøve av de øverste 2 cm av sedimentet i hver grabb) for analyse av sedimentets kornstørrelse og innhold av organisk materiale.

Sedimentparametre som sedimentets finhet og innhold av organisk karbon og nitrogen påvirkes av sedimentasjonsforholdene. Det benyttes en normalisering av TOC-verdienene som tar hensyn til

sedimentets innhold av finstoff (Aure et al. 1993). Kornstørrelsen på 63µm angir grenseverdien mellom sand og det som er finere enn sand, nemlig silt og leire. I marine sedimenter er det en nær sammenheng mellom sedimentets innhold av finstoff (<63µm) og konsentrasjonen av totalt organisk karbon. TOC-konsentrasjonen ligger normalt mellom 17 og 22 mg/g i sedimenter med høyt (>90%) finstoffinnhold (Rygg 1995b).

Faunaparametre som individtetthet, artstall, artsmangfold¹ og indikatorartsindeks² ble bestemt for hver enkelt grabb og for stasjonen samlet.

Artsmangfold er beregnet ved indeksen H (Shannon og Weaver 1963) og ved forventet antall arter pr. 100 individer (ES₁₀₀) (Hurlbert 1971). Normal verdi for H er 3.5-4.5 og for ES₁₀₀ 20-35. Verdier lavere enn ca. 3 for H og ca. 18 for ES₁₀₀ tyder på ugunstige miljøforhold (Rygg og Thélin 1993). Normal verdi for indikatorartsindeksen (AI) er 7-8. AI pleier å ha noe lavere verdier (6.5-7) i områder med grunnere dyp enn ca. 100 m. Verdier lavere enn ca. 6 tyder på ugunstige miljøforhold (Rygg 1995c).

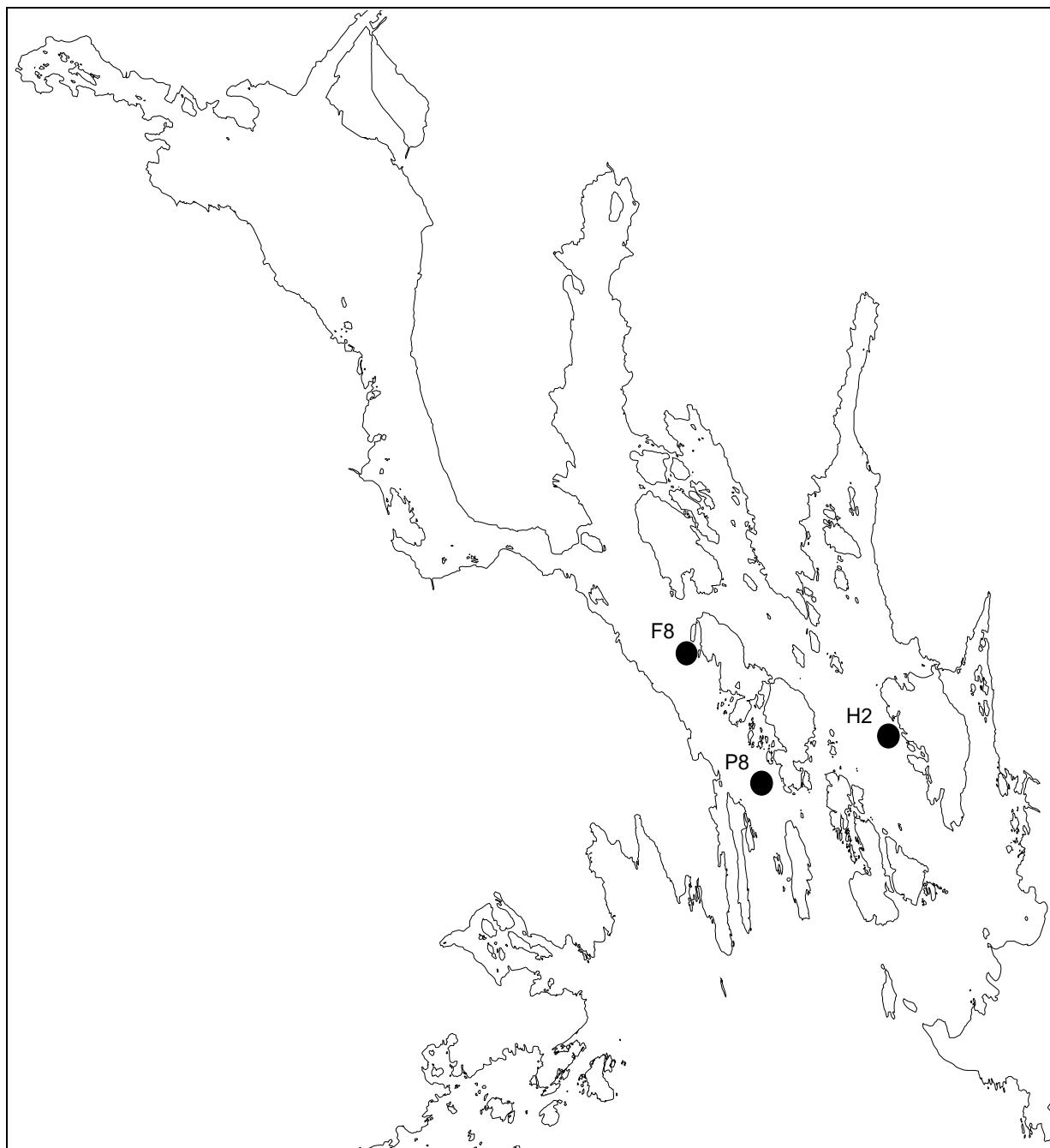
Klassifiseringen av tilstand i faunasamfunnene følger hovedsakelig Rygg og Thélin (1993), dvs. klassifisering basert på artsmangfold. I tillegg er det tatt hensyn til forekomst og dominans av forurensningstypiske arter i faunaen.

Tabell 1. Stasjoner i 1996 og tidligere prøvetaking

Stasjon	Nord	Øst	Dyp	Tidligere prøvetatt
F8 Brevikfjorden	59° 01,30	9° 48,30	207	1986 (jan), 1986 (okt), 1987 (okt), 1994 (mai) og 1995 (mai)
H2 Håøyfjorden	59° 02,10	9° 44,20	105	1987 (okt) og 1994 (mai)
P8 Langesundsfjorden	59° 00,90	9° 45,70	113	1986 (jan) og 1994 (mai)

¹ Et artsrikt dyresamfunn tyder på gode miljøforhold og liten forurensningspåvirkning. Det kunne derfor være nærliggende å bruke antall arter i prøvene som mål på tilstanden. Imidlertid er det ikke praktisk mulig å ta så store eller så mange prøver at alle artene i området blir funnet. Antall innsamlede individer øker i takt med antall grabbprøver, men antall arter øker ikke i samme grad fordi en større og større andel av de nye individene tilhører arter som allerede er funnet. Vanligvis fordobles antall arter hvis en tar fire grabbprøver i stedet for én, mens antall individer firedobles. Det observerte antall arter må derfor sees i sammenheng med totalt antall individer. Blant et visst antall individer må det finnes et visst antall arter for at samfunnet skal kunne betraktes som normalt artsrikt. Et samfunn med jevn fordeling av individantall mellom artene betraktes som mer variert enn et samfunn hvor noen arter har mye høyere individantall enn andre arter. Et høyt antall arter i forhold til det totale individantallet betyr også at samfunnet er variert. Det er utviklet metoder for matematisk behandling av dette, slik at det kan beregnes indeksverdier for såkalt **artsmangfold** (diversitet) som gir mulighet til å sammenligne prøvematerialet fra forskjellige stasjoner objektivt.

² **Indikatorartsindeksen** (AI) viser om det er overvekt av forurensningstolerante eller forurensningsømfintlige arter. Toleranse overfor dårlige miljøforhold er forskjellig fra art til art. Ved forurensningsbelastning kan ømfintlige arter slås ut og tolerante arter bli mer vanlige. Indikatorartenes innslag i faunaen på en lokalitet kan brukes til utrekning av en verdi for indikatorartsindeksen, som har sammenheng med lokalitetens miljøtilstand.



Kartet er basert på digitale data framstilt av SKNS som disponeres med tillatelsesnr. D293 fra SKNS. Gjengivelse (kopiering), bearbeidelse og utnyttelse av disse data er ikke tillatt uten tillatelse fra rettighetshaverne.

Figur 1. Kart over bløtbunnsfaunastasjonene 1996

3. Resultater

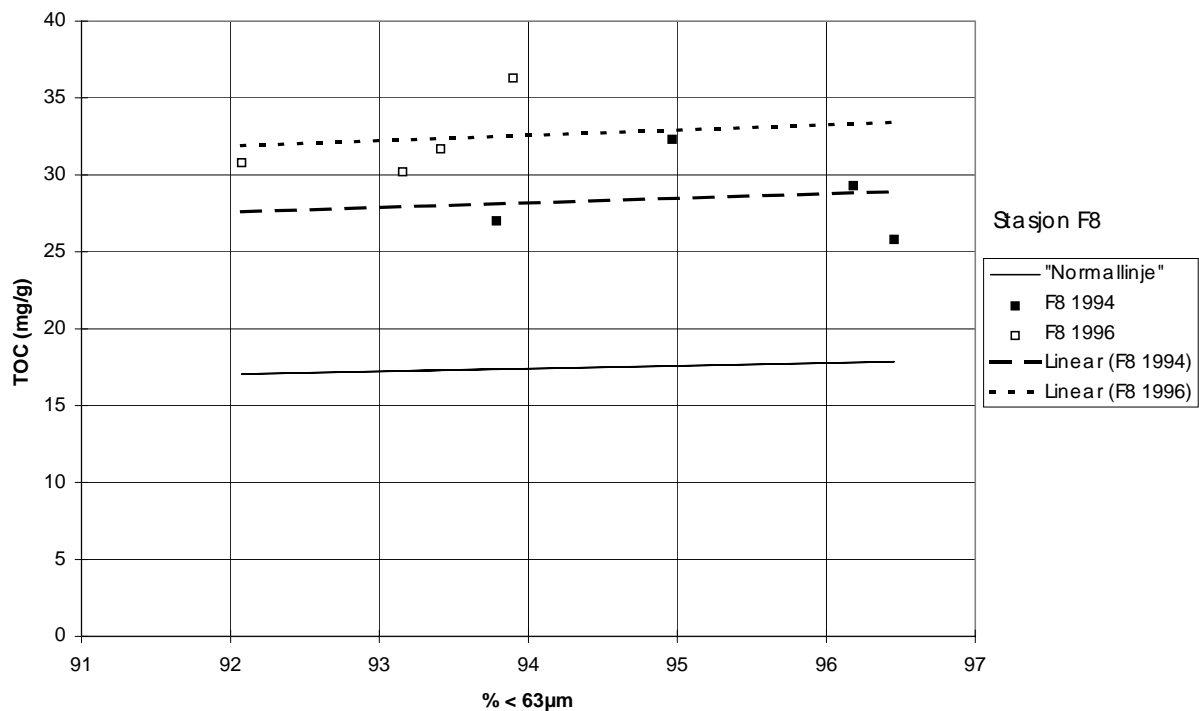
3.1 Sedimenter

Beskrivelser av grabbprøvene er gitt i Tabell 2.

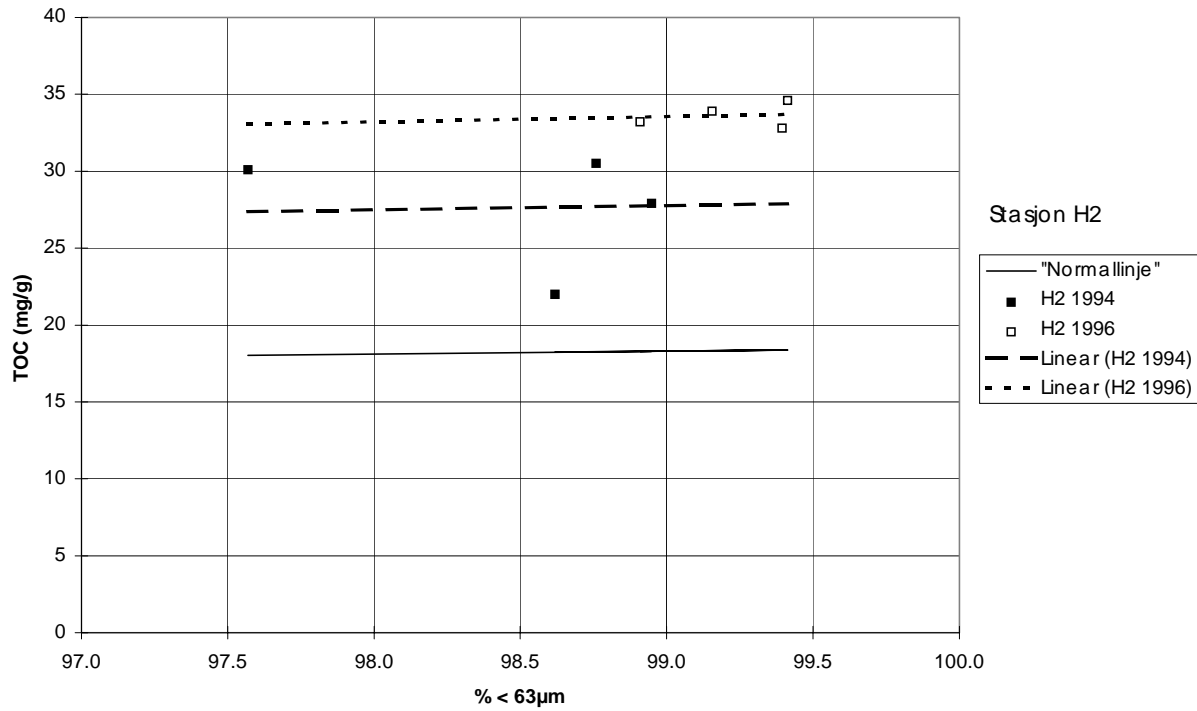
Tabell 2. Sedimentbeskrivelser

H2:	Trekvart full til fulle grabber. Brungrå (oliven) siltig leire. Tynt (ca. 1mm) brunt topplag. Sikterest: ca. 1 dl, terrigent plantemateriale og noe fragmenter av tang og tare, leirrørfragmenter, noe chitinrør, skall av <i>Thyasira</i> .
F8:	Fulle grabber. Mørkgrå/brun, siltig leire, ispedd litt sort. Tynt (ca. 1mm) brunt topplag. Sikterest: ca. 1.5-2 dl, slagg, fragmenter av tang og tare, rørrester, skall.
P8:	Fulle grabber. Gråbrun siltig leire. Tynt (ca. 1mm) brunt topplag. Sikterest: ca. 2-3 dl leirrør, flis, noe terrigent plantemateriale, fragmenter av tang og tare, noe skall, noe slagg.

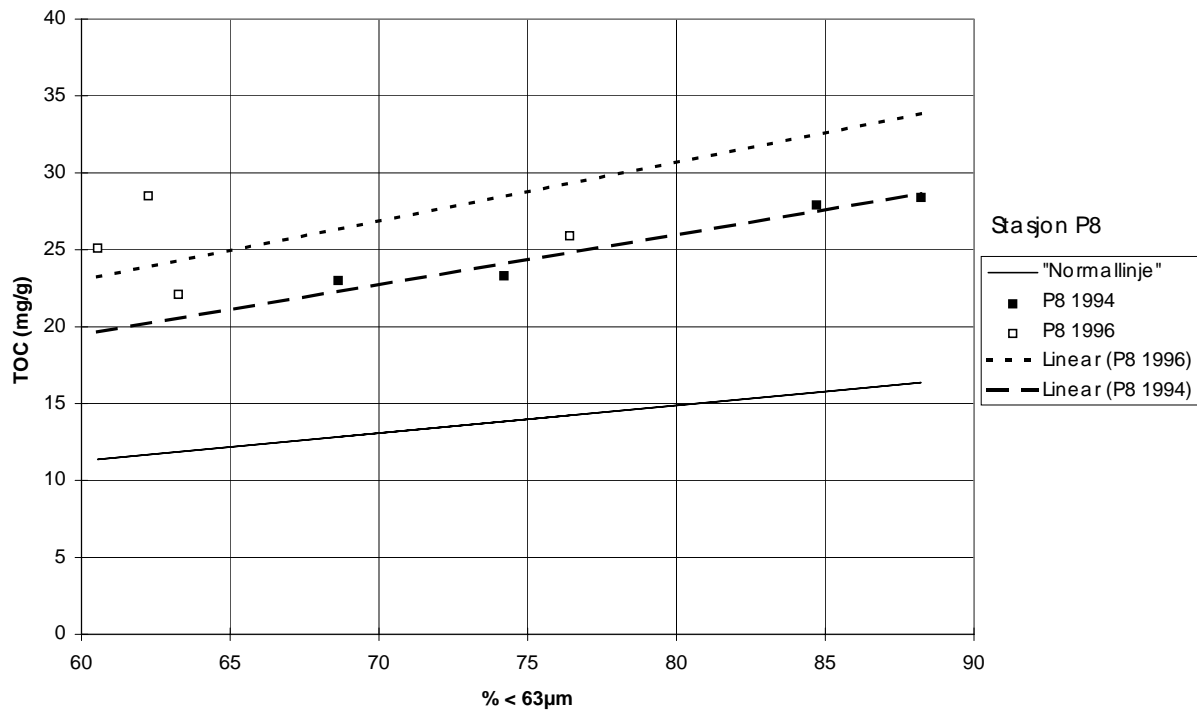
I Figur 2-Figur 4 er verdiene for TOC plottet mot finstoffinnhold ($\% < 63\mu\text{m}$). Verdiene fra 1996 er sammenlignet med verdiene fra 1994 ved regresjonslinjer som går gjennom origo. I figurene er også "normallinjen", som er basert på et stort antall prøver tatt langs kysten av Sør-Norge (Aure et al. 1993), lagt inn. Det framgår at TOC-verdiene i Grenlandsfjordene er høyere enn hva som er normalt langs kysten av Sør-Norge.



Figur 2. Prosent finstoff og totalt organisk karbon i sedimentet på stasjon F8 i 1994 og 1996



Figur 3. Prosent finstoff og totalt organisk karbon i sedimentet på stasjon H2 i 1994 og 1996



Figur 4. Prosent finstoff og totalt organisk karbon i sedimentet på stasjon P8 i 1994 og 1996

3.2 Fauna

3.2.1 Artssammensetning

De komplette artslistene fra 1996 finnes i Tabell 9 i Vedlegg. Tabell 3-Tabell 5 viser individtall av de vanligste artene i 1986-1996.

Tabell 3. Individtall (pr. 0.4 m²) av de vanligste artene på stasjon F8 i 1986-1996

Gruppe	Familie	Art	Jan 1986	Okt 1986 ³	Okt 1987	Mai 1994	Mai 1995 ⁴	Mai 1996
POLYCHAETA	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	944	1060	341	700	604	1061
POLYCHAETA	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	175	164	37	222	288	233
POLYCHAETA	Cossuridae	<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict	175	118	1	15	52	136
POLYCHAETA	Oweniidae	<i>Myriochele oculata</i> Zaks 1922	108	25	4	49	4	96
POLYCHAETA	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i> (M.Sars 1851)	45	8	11	67	4	28
NEMERTINEA		Nemertinea indet	39	18		55	24	50
POLYCHAETA	Spionidae	<i>Prionospio malmgreni</i> Claparede 1868	28	15	19	86	20	24
POLYCHAETA	Paraonidae	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern 1914)	21	13	9	55	124	85
POLYCHAETA	Terebellidae	<i>Proclea graffii</i> (Langerhans 1884)	7	27	13	67	0	5

Tabell 4. Individtall (pr. 0.4 m²) av de vanligste artene på stasjon H2 i 1987-1996

Gruppe	Familie	Art	Okt 1987	Mai 1994	Mai 1996
POLYCHAETA	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	903	1007	0
POLYCHAETA	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	270	79	3
BIVALVIA	Thyasiridae	<i>Thyasira sarsi</i> (Philippi 1845)	92	34	0
POLYCHAETA	Amphinomidae	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh 1868)	24	27	0
POLYCHAETA	Spionidae	<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube 1860	6	14	0
POLYCHAETA	Cossuridae	<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict	1	73	0
BIVALVIA	Thyasiridae	<i>Thyasira equalis</i> (Verrill & Bush)	0	194	0
NEMERTINEA		Nemertinea indet	0	74	0
POLYCHAETA	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius 1780)	0	0	13

³ Omregnet fra 0.8 m²

⁴ Omregnet fra 0.1 m²

Tabell 5. Individtall (pr. 0.4 m²) av de vanligste artene på stasjon P8 i 1986-1996

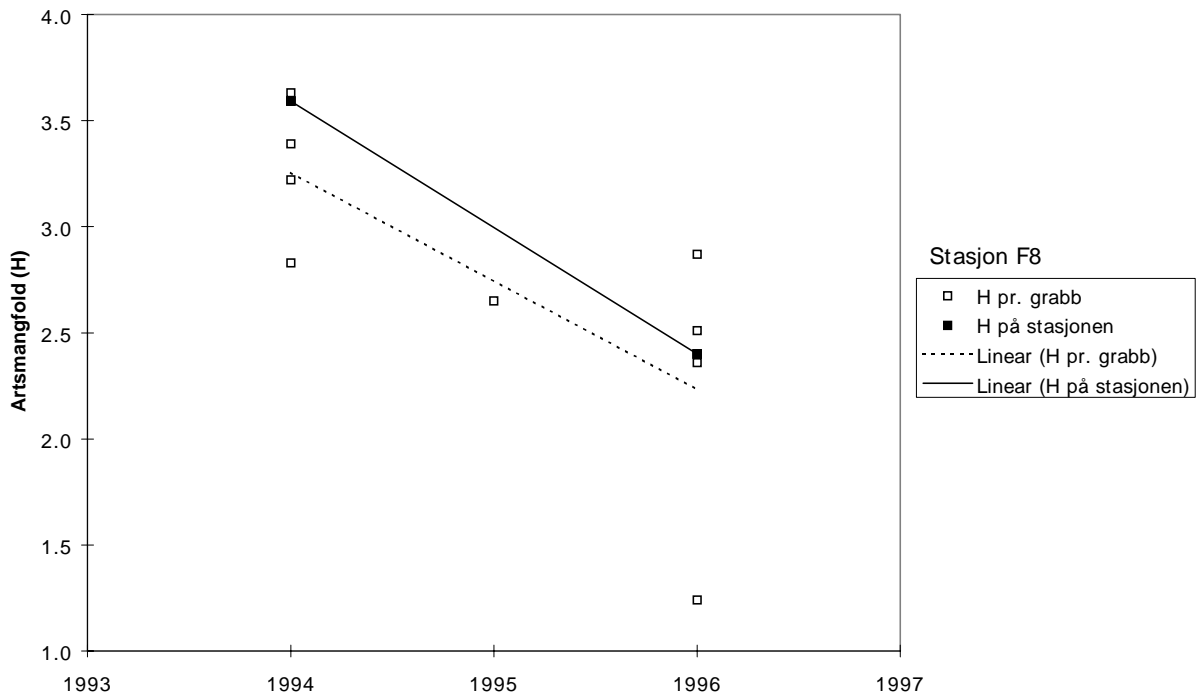
Gruppe	Familie	Art	Jan 1986	Mai 1994	Mai 1996
POLYCHAETA	Capitellidae	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	951	811	537
POLYCHAETA	Cirratulidae	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	156	569	194
POLYCHAETA	Oweniidae	<i>Myriochele oculata</i> Zaks 1922	146	198	64
POLYCHAETA	Cossuridae	<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict	79	526	139
NEMERTINEA		Nemertinea indet	72	211	83
POLYCHAETA	Terebellidae	<i>Proclea graffii</i> (Langerhans 1884)	51	59	18
POLYCHAETA	Spionidae	<i>Prionospio malmgreni</i> Claparede 1868	32	95	27
POLYCHAETA	Paraonidae	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern 1914)	30	118	148
POLYCHAETA	Ampharetidae	<i>Melinna cristata</i> (M.Sars 1851)	27	44	74
POLYCHAETA	Cirratulidae	<i>Caulleriella</i> sp	11	17	71

3.2.2 Artsmangfold og andre faunaparametre

Tabell 6 viser verdiene for artstall, individtall, artsmangfold (to indekser) og indikatorartsindeks i 1986-1996. I Figur 5-Figur 10 er det vist artsmangfold (H) og artstall i 1994-1996.

Tabell 6. Faunaparametre 1986-1996

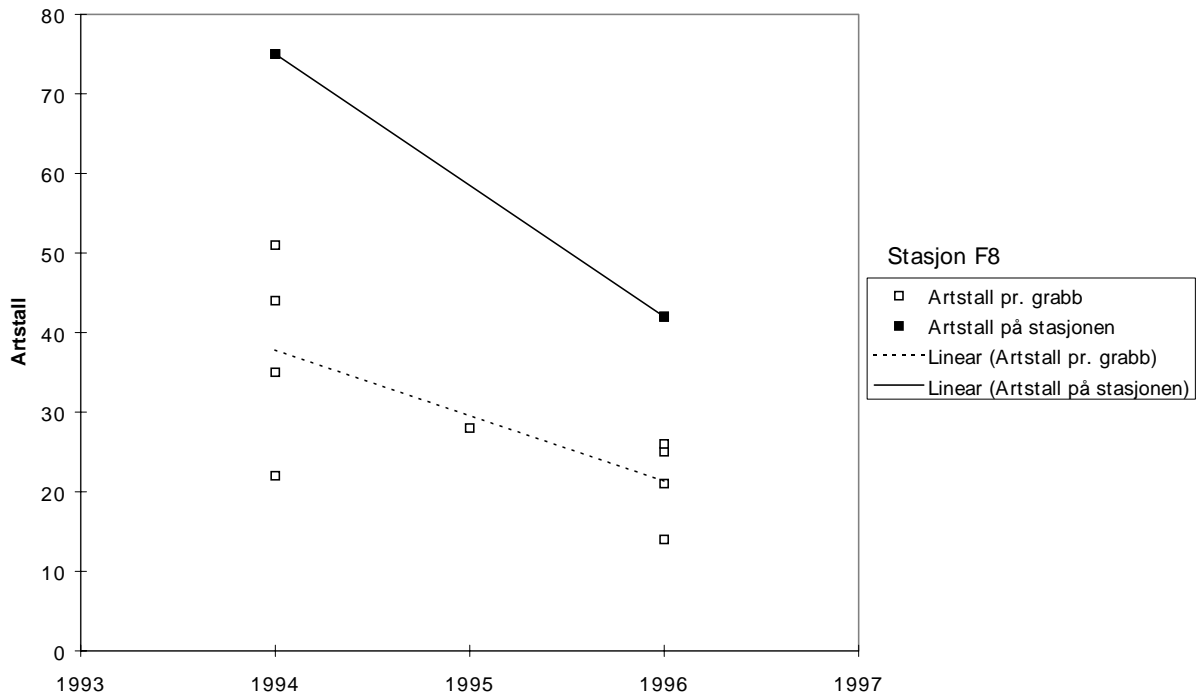
Stasjon	År	Dato	Artstall	Individtall	Artsmangfold (H)	Artsmangfold (ES ₁₀₀)	Indikatorartsindeks (AI)
F8	1986	20. jan.	38	1652	2.42	13.20	6.90
F8 ⁵	1986	22. okt.	65	3240	2.28	15.15	6.81
F8	1987	14. okt.	48	595	3.04	23.35	7.70
F8	1994	14. mai	75	1696	3.59	22.66	7.04
F8 ⁶	1995	18. mai	28	321	2.65	15.87	6.58
F8	1996	31. mai	42	1840	2.40	12.65	6.74
H2	1987	14. okt.	11	1302	1.30	4.77	5.73
H2	1994	14. mai	25	1533	1.90	9.34	6.21
H2	1996	31. mai	2	16	0.70	-	3.11
P8	1986	20. jan.	58	1807	3.02	19.52	6.85
P8	1994	14. mai	81	3197	3.73	21.13	6.80
P8	1996	31. mai	67	1709	3.85	22.33	7.22



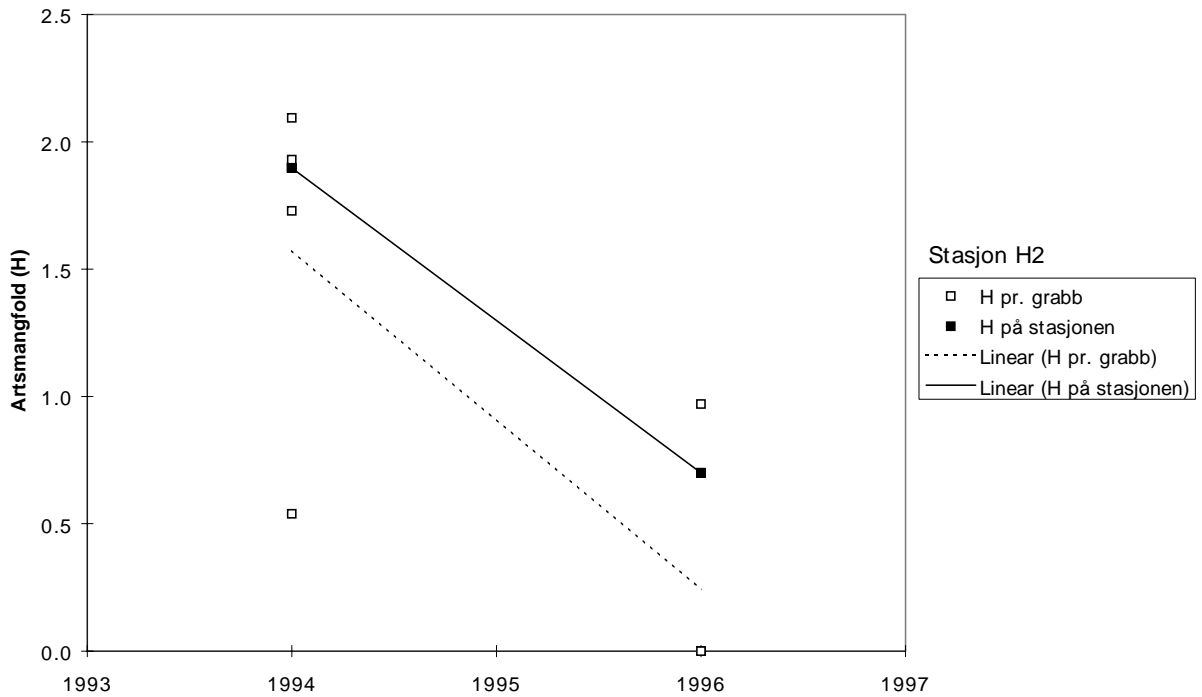
Figur 5. Artsmangfold (H) 1994-1996 på stasjon F8

⁵ Åtte grabber (0.8 m²)

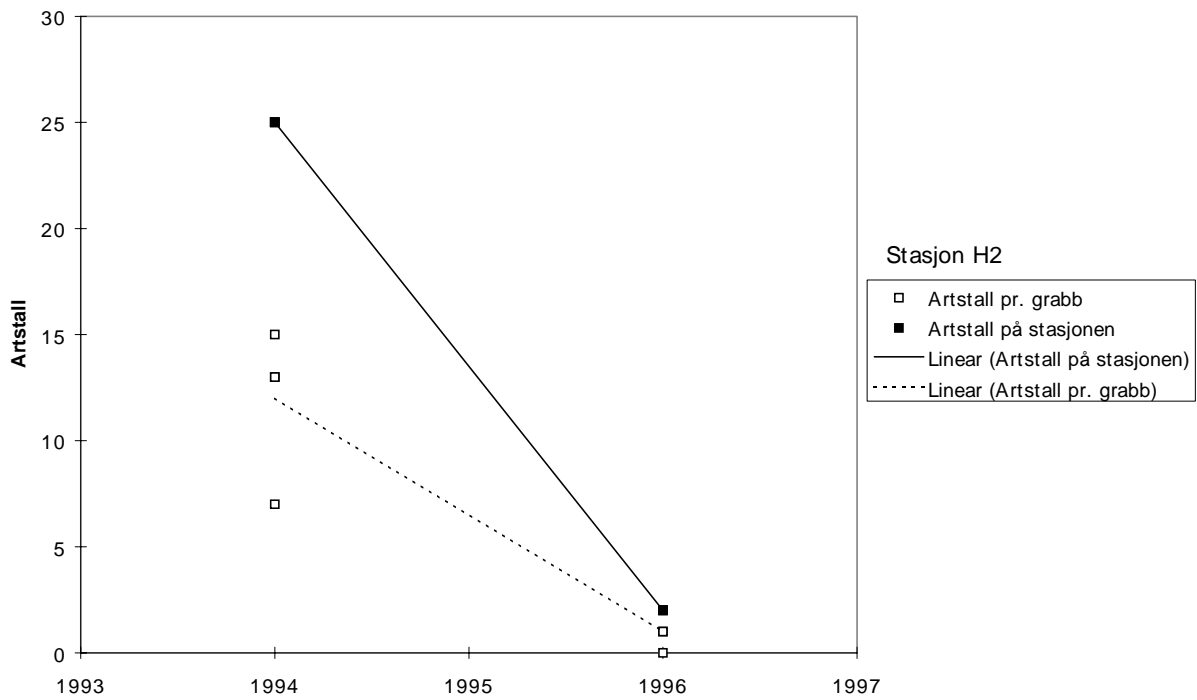
⁶ Én grabb (0.1 m²)



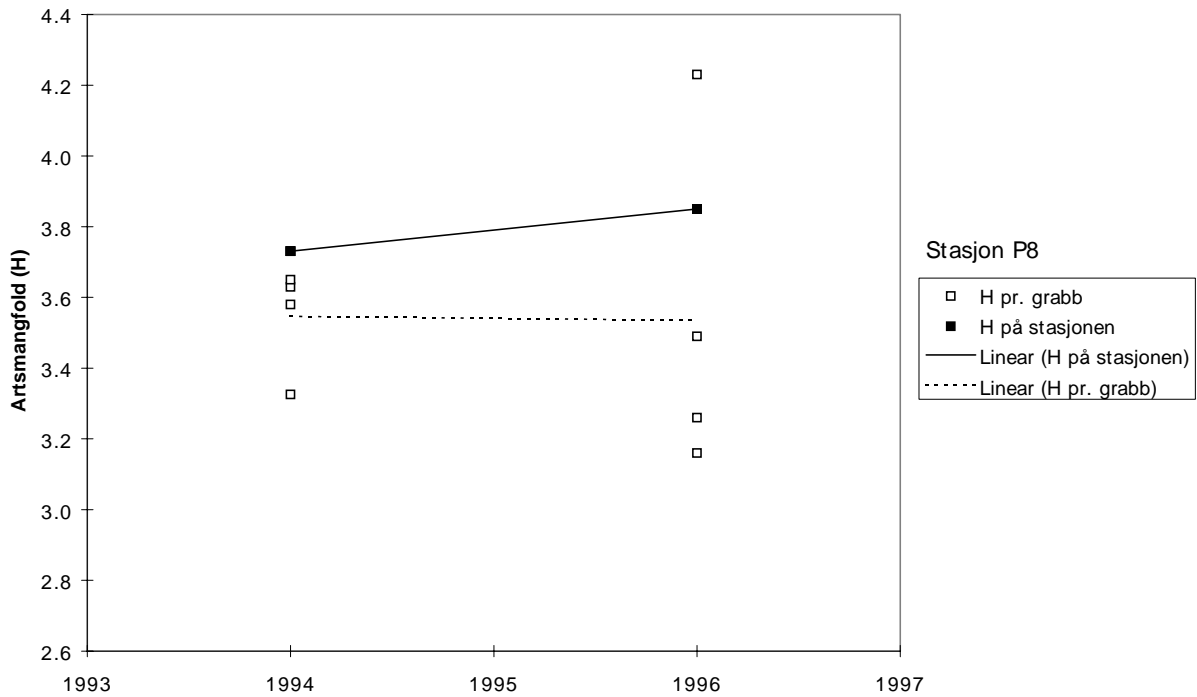
Figur 6. Artstall 1994-1996 på stasjon F8



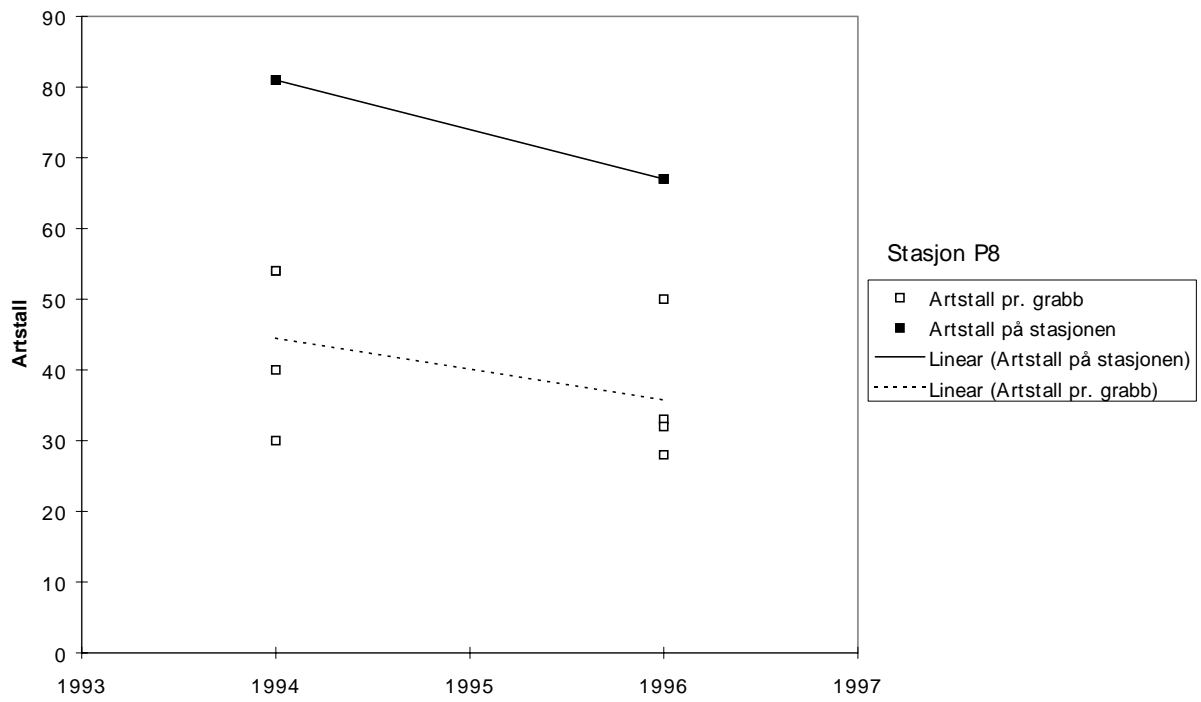
Figur 7. Artsmangfold 1994-1996 på stasjon H2



Figur 8. Artstall 1994-1996 på stasjon H2



Figur 9. Artsmangfold (H) 1994-1996 på stasjon P8



Figur 10. Artstall 1994-1996 på stasjon P8

4. Diskusjon

4.1 Tilstand og utvikling

Det var tilsynelatende en økning av organisk karbon i sedimentene i Grenlandsfjordene fra 1994 til 1996. TOC-verdiene var høyere enn hva som er normalt langs kysten av Sør-Norge, og de var høyere på alle tre stasjoner i 1996 enn i 1994. Forskjellen mellom 1994-verdiene og 1996-verdiene kan skyldes en omlegging av analyseprosedyren i 1995. Den nye prosedyren ser ut til å gi opptil 4-5 mg/g (ca. 15%) høyere TOC-verdier for denne type sedimenter.

På stasjon F8 (indre Langesundsfjorden) hadde det skjedd en moderat forverring i faunatilstanden, med en nedgang i artsmangfoldet fra 1994 til 1995 og 1996 (Figur 5-Figur 6). På stasjon H2 (Håøyfjorden) var det en dramatisk forverring til en nesten utslettet fauna i 1996 (Figur 7-Figur 8, Tabell 4). Tilstanden på H2 i 1996 skyldes uten tvil oksygenmangel. På stasjon P8 (ytre Langesundsfjorden) var det ingen forverring (Figur 9-Figur 10).

Artssammensetningen på stasjonene (Tabell 3-Tabell 5) var typisk for næringsrike fjordbassenger. Børstemarkene *Heteromastus filiformis*, *Chaetozone setosa* og *Cossura longocirrata*, som var dominerende, er opportunistiske og tolerante arter. Den fattige faunaen på stasjon H2 i 1996, med bare børstemarkene *Capitella capitata* og *Heteromastus filiformis* til stede, er typisk for lokaliteter med oksygenmangel.

Artsmangfold (H og ES₁₀₀) og indikatorartsindeks (AI) (Tabell 6) viste *mindre god tilstand* på stasjon F8 i 1986, 1995 og 1996, men *god tilstand* i 1987 og 1994. Stasjon H2 hadde *dårlig tilstand* i 1987, *nokså dårlig tilstand* i 1994 og *meget dårlig tilstand* i 1996. Stasjon P8 hadde *mindre god tilstand* i 1986 og *god tilstand* i 1994 og 1996. Det var altså en bedring i faunaen fra 1986/87 til 1994 på alle tre stasjoner, men, som nevnt, en forverring igjen fra 1994 til 1996 på stasjon F8 og H2.

Mens prøvetakingen i 1994-1996 ble gjort i mai, ble den i 1986-1987 gjort i oktober eller januar. Faunaens variasjon med årstidene er trolig ikke særlig stor. Mange av artene lever lenger enn et år og endringer i samfunnet går nokså tregt dersom ikke livsbetingelsene blir endret.

Mulige forklaringer til lavere oksygen i dypvannet og dårligere faunatilstand i 1996 enn i 1994 kan være:

1. Dårligere vannutskiftning som har medført lavere oksygenkonsentrasjon.
2. Lavere oksygeninnhold eller høyere organisk innhold i utskiftningvannet fra Skagerrak, som har gjort at oksygenkonsentrasjonen har sunket til et lavt nivå i løpet av kortere tid etter dypvannsfornyelsen.
3. Økte lokale utslipp/tilførsler av organisk materiale eller næringsalter som i sin tur har medført økt organisk belastning på dypvann/sediment og økt oksygenforbruk.

Den mest sannsynlige forklaringen er at vannutskiftningen har vært mindre omfattende eller har skjedd senere på vinteren, eller at det har vært mindre oksygen (evt. mer organisk materiale) i utskiftningvannet. Det er ikke kjent at det har vært økte lokale tilførsler av oksygenforbrukende stoffer.

4.2 Forslag til utvidet oksygenovervåking

Av hensyn til tolkningen av resultatene fra overvåkingen av bløtbunnsfauna og organisk innhold i sedimentet bør oksygenforholdene i dypvannet i Langesundsfjorden og Håøyfjorden følges nøye. Det er særlig viktig å fange opp høstens/vinterens oksygenminimum. Minimumet inntreffer umiddelbart før dypvannsutskiftningen, som gjerne skjer i november-januar. I langtidsprogrammet er det kun foreslått overvåking i februar-oktober. Betydningsfulle forskjeller i oksygenets vintersituasjon fra år til år kan forbli uoppdaget dersom det ikke tas prøver i tidsrommet november-januar. Dette vinterminimumet er sannsynligvis den mest avgjørende faktor for hvordan faunatilstanden blir i hele det etterfølgende år. Det tar lang tid før en normal fauna har etablert seg etter en periode med oksygenmangel. Oksygenobservasjonene er derfor en viktig forklaringsvariabel for faunatilstanden, også for faunatilstanden i lang tid etterpå.

Det er også viktig å ha observasjoner som kan indikere endringer i oksygenforbruket (som har sammenheng med endringer av organisk innhold i dypvannet). Oksygenmålingene bør foregå gjennom så lang tid som mulig av stagnasjonsperioden, helt fram til tidspunktet for ny dypvannsutskiftning.

I det videre langtidsprogram vil vi derfor foreslå at oksygenmålinger gjøres i alle årets måneder på de tre hydrografistasjonene FG1 (indre Langesundsfjorden, tilsvarer bløtbunnsstasjon F8), GH1 (ytre Langesundsfjorden, tilsvarer bløtbunnsstasjon P8) og GI1 (Håøyfjorden, tilsvarer bløtbunnsstasjon H2).

5. Henvisninger

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M, 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 510/93. 100 s. (NIVA 2827)
- Hurlbert S N, 1971. The non-concept of species diversity. *Ecology* 53, 577-586.
- Rygg B, 1995a. Undersøkelser av bløtbunnsfauna i Grenlandsfjordene 1994. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 619/95. 50 s. (NIVA 3320)
- Rygg B, 1995b. Vanlige konsentrasjoner av organisk karbon (TOC) i sedimenter i norske fjorder og kystfarvann. 8 s. (NIVA 3364-95)
- Rygg B, 1995c. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. 68 s. (NIVA 3347-95)
- Rygg B, Thélin I, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. SFT-veiledning nr. 93:05, 16 s.
- Shannon C E, Weaver W, 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

6. Vedlegg

Tabell 7. Sedimentparametre for hver grabb 31. mai 1996

Stasjon	Grabb	%<63 μ m	TOC (mg/g)	TOC ₆₃ (mg/g)	TN (mg/g)	TOC/N
F8	I	92.07	30.8	32.2	3.1	9.94
F8	II	93.90	36.3	37.4	3.4	10.68
F8	III	93.16	30.2	31.4	2.6	11.62
F8	IV	93.41	31.7	32.9	3.3	9.61
H2	I	99.39	32.8	32.9	3.5	9.37
H2	II	98.91	33.2	33.4	3.0	11.07
H2	III	99.41	34.6	34.7	3.4	10.18
H2	IV	99.15	33.9	34.1	3.3	10.27
P8	I	62.24	28.5	35.3	2.8	10.18
P8	II	60.54	25.1	32.2	2.8	8.96
P8	III	63.26	22.1	28.7	2.7	8.19
P8	IV	76.41	25.9	30.1	2.9	8.93

Tabell 8. Faunaparametre for hver grabb 31. mai 1996

Stasjon	Grabb	Artstall	Individttall	Artsmangfold (H)	Artsmangfold (ES ₁₀₀)	Indikatorarts- indeks (AI)
F8	I	25	763	2.36	10.72	6.32
F8	II	26	471	2.87	14.70	6.94
F8	III	21	162	2.51	16.68	6.04
F8	IV	14	444	1.24	8.06	6.69
H2	I	2	5	0.97	-	3.11
H2	II	1	6	0	-	2.46
H2	III	0	0	-	-	-
H2	IV	1	5	0	-	2.46
P8	I	33	558	3.49	18.80	7.32
P8	II	50	404	4.23	26.93	6.94
P8	III	32	433	3.26	17.61	7.27
P8	IV	28	314	3.16	17.11	6.67

Tabell 9. Arter og deres individtall i hver grabb ved prøvetaking 31. mai 1996

Gruppe	Familie	Art	Stasjon	F8	F8	F8	F8	H2	H2	H2	H2	P8	P8	P8	P8
			Grabb	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
NEMERTINEA		Nemertinea indet		19	22	5	4					33	16	24	10
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)		1		1						3	12	21	27
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata Linne 1758													1
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sarsi (Kinberg 1865)										1			
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp													2
POLYCHAETA	Sigalionidae	Pholoe minuta (Fabricius 1780)										7	3	2	
POLYCHAETA	Phyllodoceidae	Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)				2							2		
POLYCHAETA	Phyllodoceidae	Phyllodoce rosea (McIntosh 1877)				1									
POLYCHAETA	Phyllodoceidae	Phyllodoce sp		1									1		
POLYCHAETA	Phyllodoceidae	Phyllodoceidae indet											1		
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis rosea (Malm 1874)											2		
POLYCHAETA	Hesionidae	Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)													1
POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni Malmgren 1867		3	1	2	1					4	6	2	1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys ciliata (O.F.Mueller 1776)		1	1	1						1		1	2
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba (O.F.Mueller 1776)											1		
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera capitata Oersted 1843		1											
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833										1		1	
POLYCHAETA	Goniadidae	Glycinde nordmanni (Malmgren 1865)				1									
POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata Oersted 1843		1			1					2	2	2	
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp											2	1	
POLYCHAETA	Orbiniidae	Orbinia norvegica (M.Sars 1872)					1						1		
POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)													1
POLYCHAETA	Apistobanchidae	Apistobanchus tullbergi (Theel 1879)			2	2						6	2		
POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra (Southern 1914)		42	14	3	26					47	42	38	21
POLYCHAETA	Paraonidae	Paraonis gracilis (Tauber 1879)				1	1								
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio malmgreni Claparede 1868		3	17	1	3					11	3	8	5
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio multibranchiata Berkeley 1927										1	5		
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio sp		1											
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio steenstrupi Malmgren 1867		1											
POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora sp				1									
	(forts. ..)														
	(... forts.)														

Gruppe	Familie	Art	Stasjon	F8	F8	F8	F8	H2	H2	H2	H2	P8	P8	P8	P8
			Grabb	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri Grube 1860		10	15	3	5					16	25	10	6
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella sp					2					30	17	20	4
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa Malmgren 1867		119	66	21	27					50	32	30	82
POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta sp		1											
POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx sp											9	1	3
POLYCHAETA	Cossuridae	Cossura longocirrata Webster & Benedict 1887		92	28	13	3					73	3	61	2
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)											3		
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum Rathke 1843											3		
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp										1	1		1
POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata (Fabricius 1780)						2	6		5				
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)		397	215	91	358	3				183	99	166	89
POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine gracilior Tauber 1879										10	2	1	
POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni Malmgren 1865											1	2	
POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine sp			1										
POLYCHAETA	Oweniidae	Myriochele oculata Zaks 1922		48	44	4						13	3	11	37
POLYCHAETA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri (M.Sars 1835)											2	1	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)										3	1		2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)											1		
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata (M.Sars 1851)		5	8	5	10					35	28	10	1
POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi Eliason 1955			2									1	1
POLYCHAETA	Terebellidae	Amphitritinae indet										3			
POLYCHAETA	Terebellidae	Lanassa venusta (Malm 1874)											1		1
POLYCHAETA	Terebellidae	Pista cristata (O.F.Mueller 1776)										4	9		
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus plumosus (Wollebaek 1912)		1								3	2		1
POLYCHAETA	Terebellidae	Proclea graffii (Langerhans 1884)		1	4								18		
POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma bairdi (Malmgren 1865)											1	4	
POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma intestinalis M.Sars 1872										1			
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemi M.Sars 1835										1			
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus (Malm 1874)										1	3	1	
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone sp											1		
POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet		8	12	1						4	13		4
	(forts. ...)														
	(... forts.)														
			Stasjon	F8	F8	F8	F8	H2	H2	H2	H2	P8	P8	P8	P8

Gruppe	Familie	Art	Grabb	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet		3		1									3
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet										1	1	1	
BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sulcata (Bronn 1831)												1	
BIVALVIA	Nuculidae	Nuculoma tenuis (Montagu)				1	2							1	2
BIVALVIA	Nuculanidae	Nuculana pernula (Mueller 1776)				1									
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella tomlini Winckworth 1932				1									
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. equalis (Verrill & Bush)		2	9										
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis (Verrill & Bush)				3	1					3	15	4	1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)													1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp													4
BIVALVIA	Lasaeidae	Mysella bidentata (Montagu 1803)											1		
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida (Mueller 1789)													2
CUMACEA	Leuconidae	Eudorella emarginata Kroeyer		1	1										
CUMACEA	Leuconidae	Leucon nasica (Kroeyer)				1									
TANAIDACEA		Tanaidacea indet										3			
ISOPODA		Isopoda indet												1	
AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata Bruzelius			1							3		2	1
AMPHIPODA	Lilljeborgiidae	Lilljeborgia macronyx G.O.Sars											3		
DECAPODA	Axiidae	Calocaris macandreae Bell 1846												1	
PRIAPULIDA		Halicryptus spinulosus V.Siebold 1849			1										
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei Forbes												1	
ECHINOIDEA	Brissidae	Brissopsis lyrifera (Forbes)													1
ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)		1	1										
			Artstall	25	26	21	14	2	1	0	1	33	49	32	28
			Individtall	763	471	162	444	5	6	0	5	558	404	433	314