



OVERVÅKING AV EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD

DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2002



RAPPORT NR. 2003-0175

REVISJON NR. 01



DET NORSKE VERITAS



DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2002

Dato for første utgivelse: 03-07-2002	Prosjekt nr.: 590 00 339
Godkjent av: Odd Reidar Humlegård DNV Consulting	Organisasjonsenhet: DNV Consulting Service Area SHE Management
Oppdragsgiver: Fagrådet Ytre Oslofjord	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen

DET NORSKE VERITAS
DNV Consulting

Veritasveien 1

1322, Høvik Norway
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
http://www.dnv.com
NO 945 748 931 MVA.

Sammendrag:

Fagrådet for Ytre Oslofjord og Statens forurensningstilsyn har sammen engasjert Det Norske Veritas til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord for år 2002. Programmet startet med undersøkelse i år 2001 og er planlagt videreført i første omgang til år 2005. Området som er inkludert i undersøkelsene er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør.

Programmet omfatter vannkvalitet, gruntvannssamfunn og bløtbunnsfauna. Denne rapporten presenterer bløtbunnsfauna fra undersøkelsen gjennomført i 2002

Fauna og sediment fra 11 stasjoner i Ytre Oslofjord ble prøvetatt og analysert i 2002. Generelt kan sedimentet karakteriseres som relativt fint og homogent (> 90 % finstoff). Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet var lavt på de fleste stasjoner, men tre stasjoner skilte seg ut med et relativt høyt innhold av TOC i sedimentet (stasjon BC-1 i Frierfjorden, GI-1 i Langesundsfjorden, og stasjon R-5 i Ringstadfjorden). Til sammen ble det funnet 154 arter og 7676 individer på de 11 undersøkte stasjonene. Børstemark dominerte faunaen.

Multivariate analyser viser at dyp spiller en stor rolle for forskjellen i fauna mellom stasjonene.

Bunnfaunasamfunnet på de fleste undersøkte stasjoner i Ytre Oslofjord kan betegnes som en normal fjordfauna som ikke er markert påvirket. Unntaket er spesielt stasjon BC-1 i Frierfjorden og GI-1 i Langesundsfjorden, men også stasjon R-5 i Ringstadfjorden skiller seg ut som klart påvirket.

Rapport nr.: 2003-0175	Emnegruppe: Miljøovervåking	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Delrapport: Bløtbunnsfauna 2002		
Utført av: Siri M. Bakke		
Verifisert av: Tor Jensen		
Dato for denne revisjon: 05.03.03	Rev. nr.: 01	Antall sider: 20

Indekseringstermer

Bløtbunn
Benthos
Sediment

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år
- Strengt konfidensiell
- Fri distribusjon



	<i>Side</i>
1	SAMMENDRAG.....2
2	INNLEDNING.....3
3	MATERIALE OG METODER4
3.1.1	Prøvetaking og laboratorie analyser 4
3.1.2	Statistiske analyser 5
4	RESULTATER OG DISKUSJON6
4.1	Sedimentkarakteristika og innhold av organisk materiale 6
4.2	Bløtbunnsfauna 7
4.2.1	Diversitet og dominans 8
4.2.2	Likhetsanalyser 12
5	KONKLUSJON18
6	REFERANSER19

Appendiks A Statistiske analyser

Appendiks B Artsliste

Appendiks C Analyseresultater



FORORD

Prøvetakingen av bløtbunnsfauna og sediment ble utført av Det Norske Veritas.

Rapporten beskriver resultatene fra kjemiske/fysiske analyser og biologiske bløtbunnsanalyser av sedimenter fra 11 stasjoner i Ytre Oslofjord.

Medarbeidere

Feltarbeid: Sam Arne Nøland – DNV
Tormod Hansen – DNV
Sindre Holm – UiO
Per Heldal Anderson– UiO
Jan Sundøy – UiO

Organisk karbon og kornstørrelse i sediment

Jordforsk Lab.

Bløtbunn

Øystein Stokland (børstemark, varia)
Siri Mordal Bakke (børstemark, varia)
Thomas Møskeland (krepsdyr)
Sam-Arne Nøland (pigghuder)
Per-Bie Wikander (bløtdyr)

Utarbeidelse av denne rapport:

Siri M. Bakke og Tor Jensen

Prosjektleder:

Tor Jensen

Verifikatør:

Sam Arne Nøland



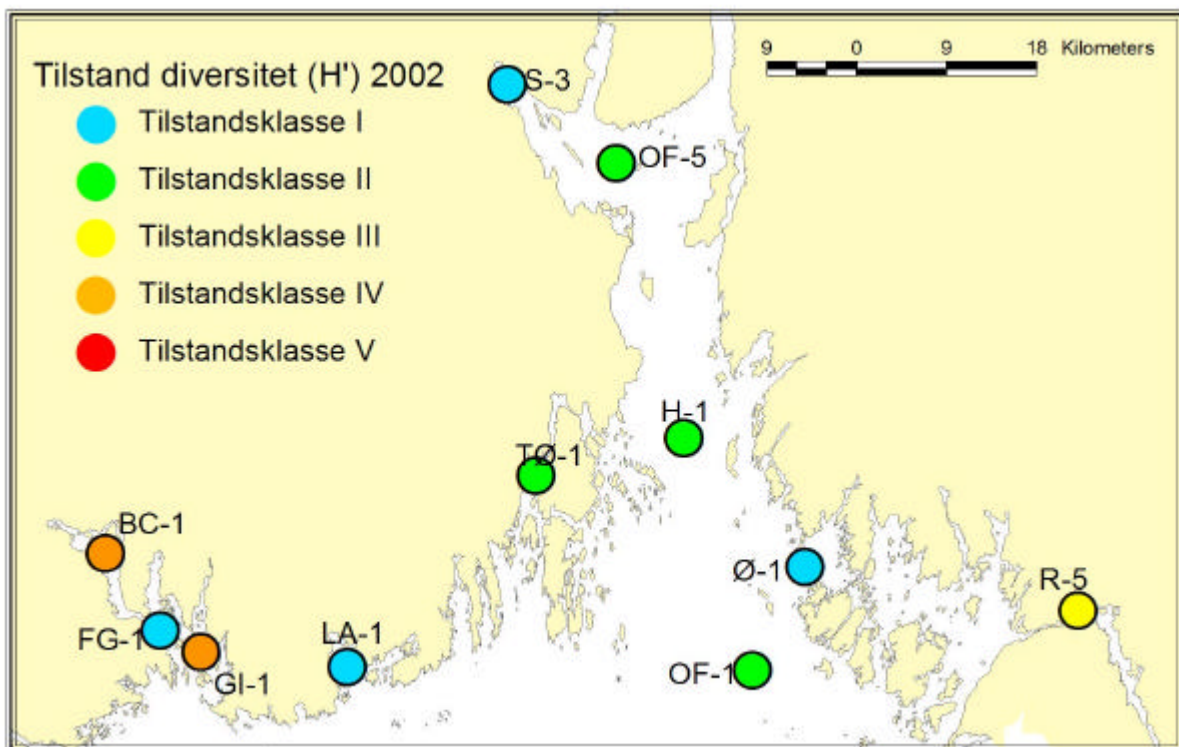
De biologiske analysene er utført ved DNVs Biolaboratorium, avd. for miljørådgivning. Biolaboratoriet er akkreditert av Norsk Akkreditering for å utføre prøvetaking av marine sedimenter og analyser av bløtbunnsamfunn under akkreditering Test 083.

1 SAMMENDRAG

Bløtbunnsfauna og sediment fra 11 stasjoner i Ytre Oslofjord ble undersøkt i 2002. Sedimentet på de fleste stasjonene har høy andel finstoff (> 90 %) og må karakteriseres som homogent og fint.

Tilsammen ble det funnet 154 arter og 7676 individer i de 3 grabbene som ble tatt på 11 stasjoner. Børstemark dominerte i faunasamfunnet.

Diversitetsindeksen (H') tilsvarer SFTs (97:03) tilstandsklasse I "meget god" og II "god" på de fleste stasjoner med unntak av stasjon BC-1 (Frierfjorden) og GI-1 (Langesundsfjorden) som hadde diversitetsindekser tilsvarende tilstandsklasse IV "dårlig" samt R-5 (Ringstadfjorden) som hadde en diversitetsindeks tilsvarende tilstandsklasse III "mindre god". Stasjon TØ-1 (Tønsberg) skilte seg ut i de multivariate analysene sammen med R-5, og bunnfaunaen kan beskrives som lettere forstyrret på disse stasjonene.



Figur 1.1. Klassifisering av tilstanden til stasjoner på basis av Shannon Wieners diversitetsindeks (H') basert på kriterier gitt i SFT 97:03

Samfunnsanalysene viser at dyp og organisk materiale er avgjørende faktorer for faunasammensetningen i Ytre Osbfjordområdet. Felles analyser på datamaterialet fra 2001 og 2002 viste også at stasjonene klart inndelte seg etter dyp. I begge analysene grupperer de dype midtfjordsstasjonene og de "grunne" stasjoner lokalisert nærmere land i hver sin gruppe.



2 INNLEDNING

Fagrådet for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens Forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord for år 2002. Programmet startet opp i år 2001 og er planlagt videreført til år 2005.

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør. Overvåkingen i 2002 inkluderer også sjøområdene i Telemark.

Bakgrunnen for overvåkingen er å få økt kunnskap om miljøtilstanden i området og forhold som påvirker denne. EUs avløpsdirektiv (1991/271/EØF) legger vekt på at tilstanden i resipienten er av stor betydning for hvilke rensekrav som skal fastsettes. Direktivet angir kriterier for klassifisering av sjøområdene (følsomme, mindre følsomme) og relevante rensekrav som skal gjennomføres innen en frist på syv år. I brev av 21.2.2001 til EFTAs overvåkingsorgan ESA har Miljøverndepartementet klassifisert områder som følsomme og mindre følsomme. Neste revisjon skal foreligge senest i løpet av 2004.

Målsetningen med overvåkingen er å:

- Fremskaffe en årlig oversikt over tilførsler av næringsalter og organisk materiale fra ulike norske kilder.
- beskrive tilstanden og følge utviklingen over tid i forhold til:
 - hydrografi
 - hydrokjemi
 - algeplankton
 - bløtbunnsamfunn
 - hardbunnsamfunn
- levere informasjon og data som grunnlag for oppfølging av relevante nasjonale og internasjonale forpliktelser, utarbeide miljømål, vurdere behovet for og effekten av tiltak

Overvåkingen i 2002 er gjennomført i samarbeid med:

Oceanor: Analyser av algeplankton, rapportering av vannkvalitet
AnalyCen: Kjemiske analyser av vannprøver
Universitetet i Oslo: Forskningsfartøyet F/F *Trygve Braarud*

Det er utarbeidet en samlerapport og tre delrapporter i forbindelse med overvåkingen:

DNV, 2003. Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. Samlerapport – 2002.

DNV, 2003. Delrapport: Vannkvalitet 2002.

DNV, 2003. Delrapport: Gruntvannssamfunn 2002.

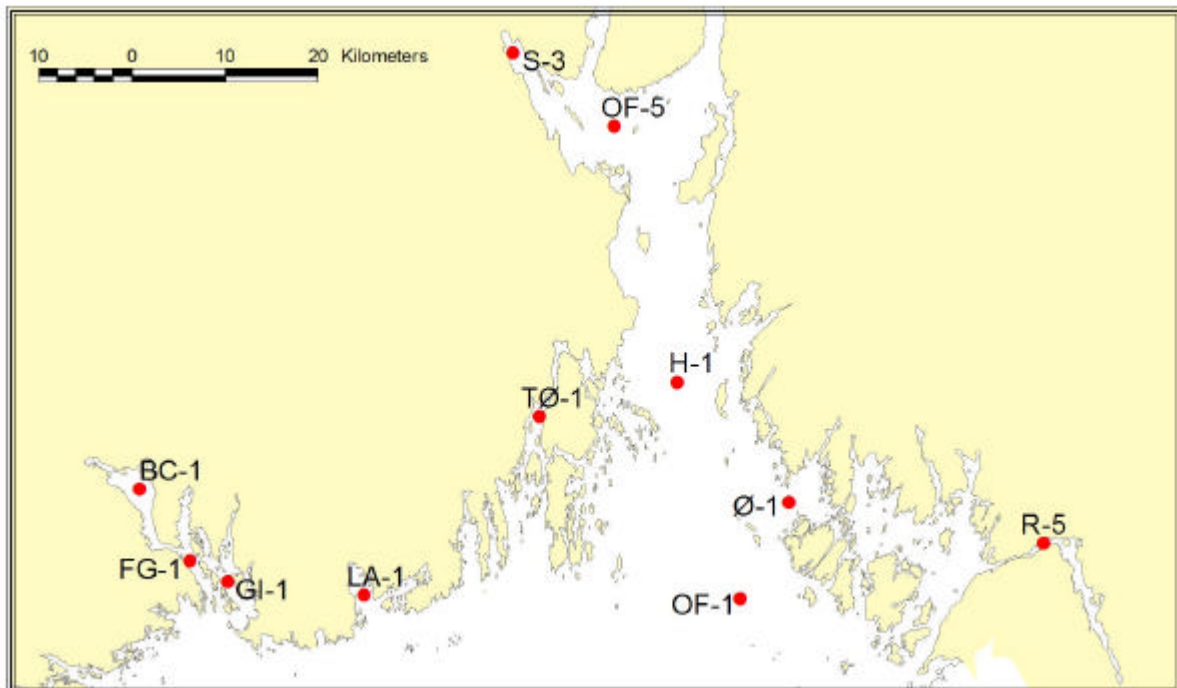
DNV, 2003. Delrapport: Bløtbunnsfauna 2002

Denne rapporten omhandler resultater fra undersøkelse av bløtbunnsfaunaen fra 11 stasjoner i 2002.

3 MATERIALE OG METODER

3.1.1 Prøvetaking og laboratorie analyser

Det ble prøvetatt fauna og sediment fra 11 stasjoner i Ytre Oslofjord, plassert fra Filtvedt og ytre deler av Drammensfjorden ut til Torbjørnshjær samt i Hvaler området og Singlefjorden. F/F Trygve Braarud ble brukt til prøvetaking av sedimenter og bunnfauna i perioden 2.–4. april i 2002. En oversikt over stasjonsplasseringen er vist i figur 3.1.



Figur 3.1. Stasjonsplassering for bløtbunnsprøvetaking.

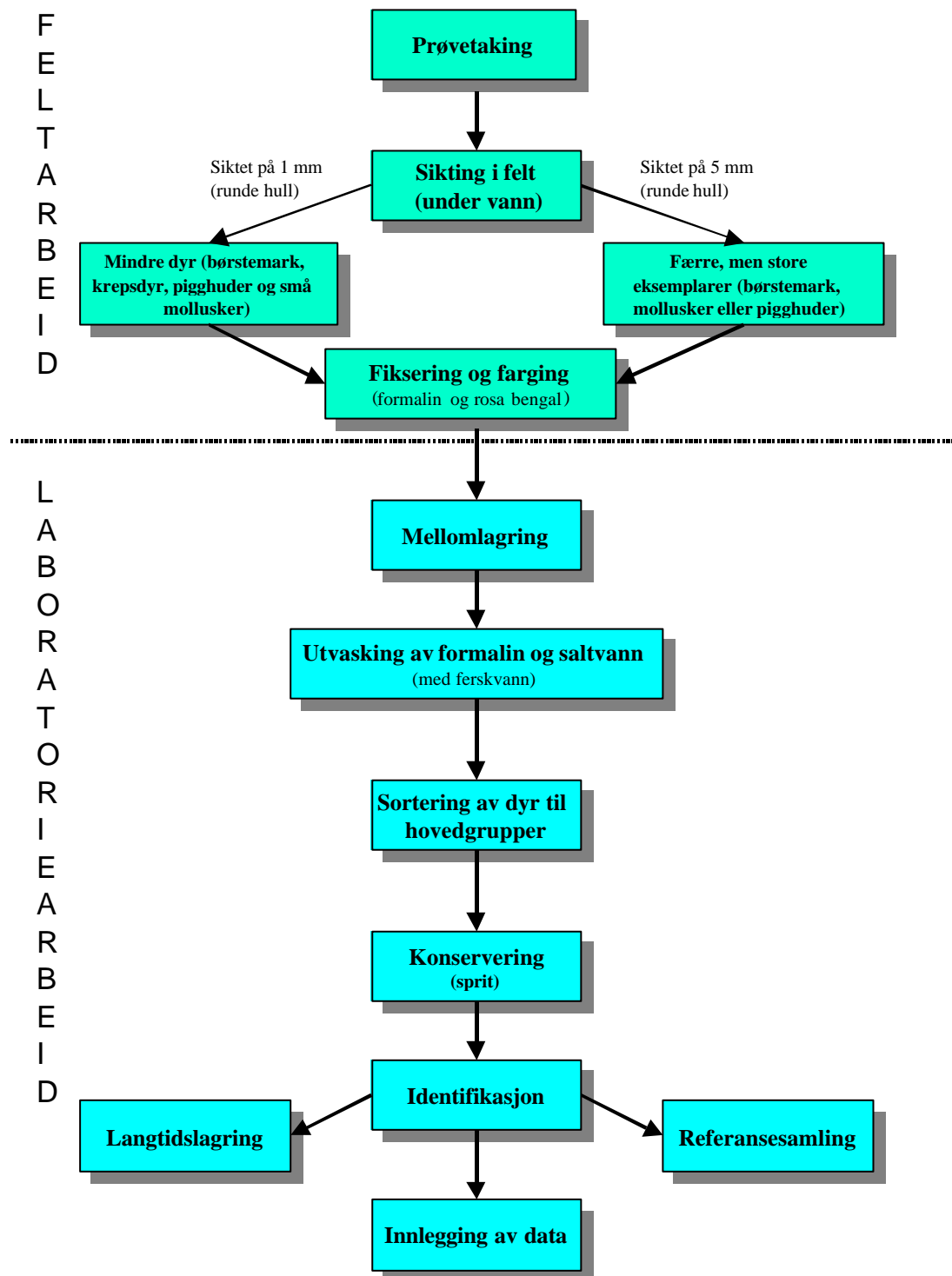
Prøvetaking og biologiske analyser ble utført i henhold til akkreditert metode - ”Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser” (Akkreditering nr. P083).

Bunnfauna ble samlet inn ved hjelp av van Veen grabb (0,1 m² overflateareal). Fra hver stasjon ble det tatt 3 replikate prøver. Hver grabbprøve ble vasket gjennom sifter med hullstørrelse 5 mm, deretter 1 mm. Restmaterialet ble overført til plastbøtter/flasker, dobbelmerket, tilsatt fargestoff (Bengalrosa) og konserveret i nøytralisert formalin for videre bearbeidelse i laboratoriet.

Det ble også tatt kjerneprøver av sediment hvor de øvre 0-5 cm ble analysert for innhold av totalt organisk karbon (TOC) og kornstørrelsesfordeling. Prøvene ble frosset i felt og transportert til analyserende laboratorium (Jordforsk).

Bunnfaunaprøvene ble vasket på 1 mm sikt i laboratoriet for å fjerne formalin og gjenværende fint sediment. Materialet ble grovsortert under lupe, og samtlige dyr plukket ut, sortert i hovedgrupper og overført til 70 % etanol. Deretter ble dyrene i størst mulig grad bestemt til art.

Et flytdiagram som viser gangen i prøveopparbeidelsen er vist i figur 3.2.



Figur 3.2. Flyskjema som viser gangen i opparbeidelse av bløtbunnsprøver.

3.1.2 Statistiske analyser

På grunnlag av arts- og individantall er det utført statistiske analyser av prøvene for vurdering av faunasammensetning og forurensningsgrad. Metodene er beskrevet i Appendiks A.



4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Sedimentkarakteristika og innhold av organisk materiale

En visuell beskrivelse av sedimentet er gitt i tabell 4.1.

Kornstørrelse og innhold av totalt organisk karbon (TOC) samt normaliserte TOC verdier i sedimentet er oppgitt i tabell 4.2. Analyserapport er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.1. Beskrivelse av sedimentkjerner fra Ytre Oslofjord 2002.

Stasjon	Sted	Dyp i m	Kjernelengde i cm	Beskrivelse
TØ-1	Tønsbergfjorden	52	43	0-0,5 cm: brun fluffy, 0,5-4 cm: brun. > 5 cm: grå leire. H ₂ S-lukt fra bunn av kjernen (ca. 40 cm)
LA-1	Larviksfjorden	105	44	0-0,5 cm: brun fluffy, 0,5-7 cm: brun. > 7 cm: en jevn overgang til grå leire.
FG-1	Langesundsfjorden	106	34	0-1 cm: brun m/fluffy topp. > 1 cm gradvis gråere.
BC-1	Frierfjorden	96	24	0-1 cm: sort fluffy, 1-3 cm: sort, 3-9 cm: sort/gråsort. > 9 cm: grå sand
GI-1	Håøyfjorden	208	63	0-2 cm: fluffy gråbrun, 2-4 cm: grå kornet. > 4 cm: grå leire.
OF-1	Torbjørnskjær	452	66	0-2 cm: brun m/fluffy topp. > 2 cm grå leire.
R-5	Ringstadfjorden	34	47	0-1 cm: brun fluffy, 1-4 cm: (rød?)-brun, 4-9 cm: gråbrun, 9-32 cm: sort. > 32 cm: grå.
Ø-1	Leira	50	53	0-0,5 cm: gråbrun fluffy, 0,5-6 cm: gråbrun. > 6 cm: grå
H-1	Rauø	343	48	0-4 cm: brun, 4-25 cm: gråbrun. > 25 cm: grå.
OF-5	Breiangen	199	68	0-3 cm: brun m/fluffy topp, 3-9 cm: gråbrun. > 9 cm: grå leire.
S-3	Sandbukta	44,5	28	0-1 cm: brun fluffy. 1-10 cm: brun. > 10 cm grå leire.

Sedimentet på de fleste bløtbunnsstasjonene har en stor andel finstoff (> 90 %) og kan karakteriseres som homogent og fint. Unntaket er stasjon BC-1 som har en finstoffandel på 82,6 %.

Innholdet av målt TOC i sedimentet tilsvarende SFTs (97:03) tilstandsklasse I "meget god" på 4 stasjoner (OF-1, OF-5, H-1 og S-3). 4 stasjoner har TOC innhold i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse II "god" (TØ-1, LA-1, FG-1 og Ø-1). 2 stasjoner har TOC innhold i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse III "mindre god" (BC-1 og GI-1). Stasjon R-5 har et TOC innhold i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse V "meget dårlig".

Før man setter tilstandsklasse skal imidlertid konsentrasjonen av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet standardiseres for teoretisk 100 % finstoff i henhold til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 *(1-F) hvor F er andel finstoff.

Legger man de normaliserte verdier til grunn er tilstandsklassene de samme.

Sammenlignet med verdiene funnet ved fjorårets undersøkelse, har felles stasjoner (OF-1, OF-5, H-1 og Ø-1) et relativt likt innhold av TOC i sedimentet. Unntaket er stasjon R-5 (Ringstadfjorden) hvor TOC innholdet har steget fra 1,6 % i 2001 til 4,5 % i 2002.

Stasjon R-5 er en grunn stasjon lokalisert nær land og årsaken til forskjellen kan være prøvetakings-tidspunktet. Prøvetakingen i 2001 foregikk i vinterperioden (februar) med lite nedbør og avrenning



DELRAPPORT : BLØTBUNNSFAUNA 2001

fra land. Prøvetakingen i 2002 foregikk i begynnelsen av april og avrenning fra land og økt tilførsel via elver etc. kan være årsaken til denne økningen.

Tabell 4.2. Andel finstoff (prosent) og totalt organisk karbon (g/100g = %) i sedimentet. Merk at tilstandsklasseinndelingen er uttrykt som mg/g iht. SFTs veiledning .

Stasjon	Sted	Dyp i m	Korn < 63µm	TOC i %	Normalisert TOC mg/g	Tilstandsklasse målt TOC	Tilstandsklasse normalisert TOC
TØ-1	Tønsberg	52	99,3	2,1	21,2	II	II
LA-1	Larvik	105	98,3	2,1	21,3	II	II
FG-1	Langesund	106	95,2	2,7	33,1	II	III
BC-1	Frierfjorden	96	82,6	3,0	30,1	III	III
GI-1	Håøyfjorden	208	99,2	3,0	30,1	III	III
OF-1	Torbjørnskjær	452	99,3	1,6	16,1	I	I
R-5	Ringstadfjorden	34	96,2	4,5*	45,7	V	V
Ø-1	Leira	50	99,0	2,1	21,2	II	II
H-1	Rauø	343	99,1	1,6	16,2	I	I
OF-5	Breiangen	199	98,6	1,5	15,3	I	I
S-3	Sandebukta	44,5	99,5	1,3	13,1	I	I

*TOC innholdet på denne stasjonen ble i første omgang analysert til å være 5,1 %. Imidlertid var dette svært høyt i forhold til fjoråret hvor verdien var 1,6 %. Prøven ble derfor analysert på nytt (3 analyser) TOC innholdet i snitt i henhold til de nye analysene var 4,5 % (variasjon 4,5 – 4,6).

4.2 Bløtbunnsfauna

Tilsammen ble det funnet 154 arter og 7676 individer på de 11 undersøkte stasjonene. Faunaen domineres av børstemark. Tabell 4.3 viser fordelingen av arter og individer på de ulike dyregruppene. Komplette artsliste finnes i Appendiks B.

Tabell 4.3 Fordeling av arter og individer innen de ulike dyregruppene.

Dyregrupper	Arter		Individer	
	Antall	%	Antall	%
Varia	9	5,8	476	6,2
Børstemark	93	60,4	4269	55,6
Krepsdyr	17	11,0	81	1,1
Bløtdyr	28	18,2	2579	33,6
Pigghuder	7	4,5	271	3,5
Totalt	154	100,0	7676	100,0



4.2.1 Diversitet og dominans

Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon Wiener diversitetsindeks (H'), Jevnhet (J) og ES₁₀₀ (forventet antall arter på 100 individer) er vist i tabell 4.4. Tabell 4.5 lister opp de ti dominante artene på hver stasjon.

Tabell 4.4. Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon Wieners diversitetsindeks (H'), Jevnhet (J) og ES₁₀₀

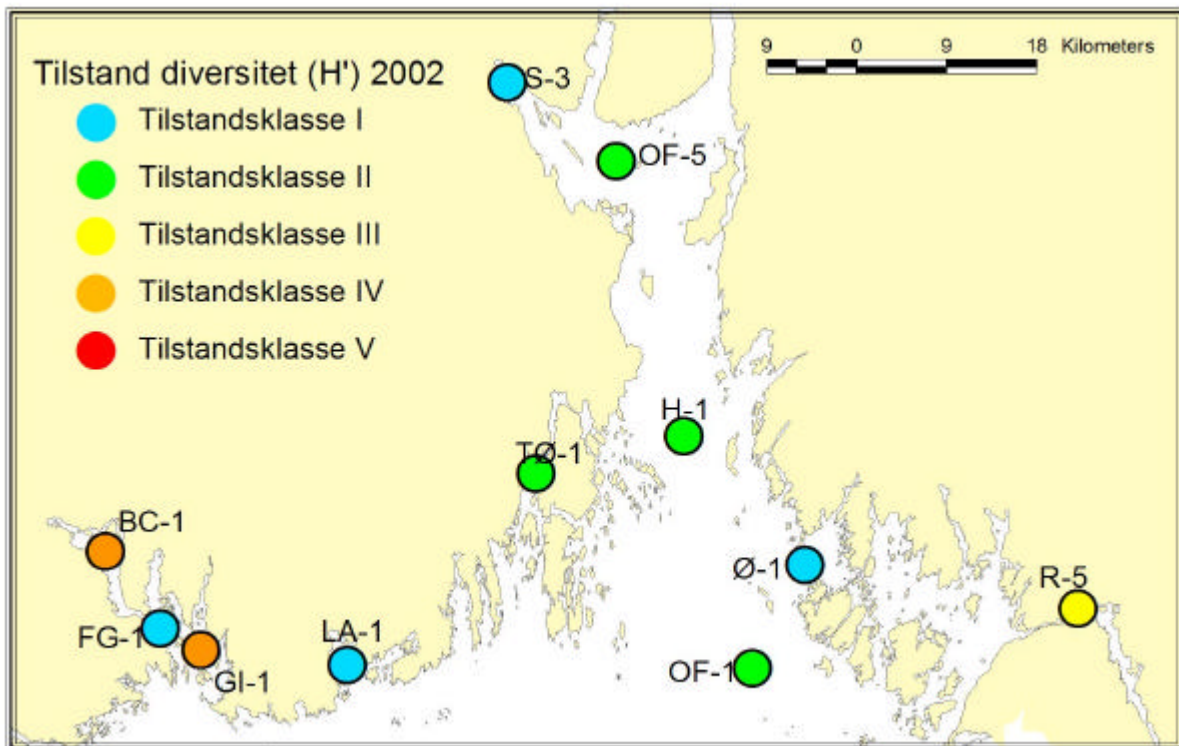
Stasjon	Sted	Dyp i m	S	N	H'	J	ES ₁₀₀	Tilstandsklasse	
								H'	ES ₁₀₀
TØ-1	Tønsberg	52	39	1667	3,5	0,7	16	II	III
LA-1	Larvik	105	72	656	4,8	0,8	33	I	I
FG-1	Langesund	106	41	408	4,0	0,7	23	I	II
BC-1	Frierfjorden	96	4	9	1,8	0,8	3	IV	V
GI-1	Håøyfjorden	208	7	138	1,2	0,4	6	IV	IV
OF-1	Torbjørnsskjær	452	45	1959	3,1	0,6	14	II	III
R-5	Ringstadvfjorden	34	31	657	2,7	0,5	14	III	III
Ø-1	Leira	50	56	453	4,0	0,7	27	I	I
H-1	Rauø	343	38	443	3,5	0,7	20	II	II
OF-5	Breiangen	199	35	607	3,7	0,7	20	II	II
S-3	Sandebukta	44,5	49	694	4,3	0,8	27	I	I

Antall arter per stasjon varierte fra 4 (BC-1 – Frierfjorden) til 72 (LA-1 – Larviksfjorden). Antall individer varierte fra 9 (BC-1 – Frierfjorden) til 1959 (OF-1 – Torbjørnsskjær). Diversitetsindeksen H' varierte fra 1,2 (GI-1 – Håøyfjorden) til 4,8 (LA-1 – Larviksfjorden). ES₁₀₀ verdien varierte fra 3 (BC-1 – Frierfjorden) til 33 (LA-1 – Larviksfjorden).

Bløtbunnsamfunnet blir vanligvis betraktet som uforstyrret når diversitetsindeksen (H') ligger over 4. Verdier mellom 3 og 4 kan tyde på en moderat påvirkning eller andre forstyrrende faktorer, mens verdier mellom 2 og 3 er unaturlig lave og tyder på en forstyrret bunnfauna. Indeksverdier under 2 tyder på en klart påvirket bunnfauna, beskrevet i Aschan og Skullerud (1990).

Diversitetsindeksen (H') tilsvarer SFTs (97:03) tilstandsklasse I "meget god" på 4 stasjoner (LA-1, FG-1, Ø-1 og S-3). 4 stasjoner hadde en diversitetsindeks (H') tilsvarende tilstandsklasse II "god". Stasjon R-5 har en diversitetsindeks tilsvarende tilstandsklasse III "mindre god". Stasjon BC-1 og GI-1 hadde diversitetsindekser tilsvarende tilstandsklasse IV "dårlig". I figur 4.1 er dette illustrert i et kart over stasjonene.

Diversitetsindeksen (H') bør ifølge Pearson & Rosenberg (1978) brukes kombinert med Pielou's jevnhetsindeks (J). Jevnhetsindeksen varierer mellom 0 - 1, jo nærmere 1 man kommer jo bedre er jevnhetsfordelingen mellom arter og individer. Jevnhetsindeksen for faunaen på de fleste stasjoner varierer mellom 0,7 og 0,8. Stasjon OF-1, GI-1 og R-5 har lavere jevnhetsindekser hhv. 0,6, 0,4 og 0,5. Disse tre stasjonene skilte seg også ut med lavere diversitetsindekser og faunaen må betraktes som påvirket.



Figur 4.1. Klassifisering av tilstanden til stasjoner på basis av Shannon Wieners diversitetsindeks (H') basert på kriterier gitt i SFT 97:03.

På basis av ES_{100} verdien klassifiseres 3 av stasjonene i SFTs tilstandsklasse I, "meget god", som tilsvarer verdier over 26 (stasjon LA-1, Ø-1 og S-3). Stasjon FG-1, H-1 og OF-5 har verdier tilsvarende tilstandsklasse II "god". ES verdiene på stasjon TØ-1, OF-1 og R-5 tilsvarer tilstandsklasse III "mindre god". Stasjon GI-1 og BC-1 har verdier tilsvarende tilstandsklasse IV "dårlig" og V "meget dårlig". Disse to stasjonene hadde også de laveste diversitetsindeksene.

Fire av stasjonene faller i ulik tilstandsklasse avhengig av hvilken diversitetsindeks som legges til grunn. TØ-1 endres fra tilstandsklasse II (basert på H') til tilstandsklasse III (basert på ES). FG-1 endres fra tilstandsklasse I (basert på H') til II (basert på ES). BC-1 endres fra tilstandsklasse IV (basert på H') til V (basert på ES). OF-1 endres fra tilstandsklasse II (basert på H') til III (basert på ES).

Generelt vil ES_{100} verdier under 20 indikere at bunnfaunasamfunnet er forstyrret.

Ser man på hele bildet er det spesielt stasjon BC-1 og GI-1 som skiller seg ut som tydelig påvirket, stasjon R-5 er noe mindre påvirket enn de to førstnevnte. Faunaen på stasjon TØ-1, H-1 og OF-5 skiller seg ut som lettere påvirket.

Det er nødvendig å merke seg at dette bare er indekser som viser generelle trekk i en rekke komplekse økologiske data. Det er derfor nødvendig å sammenholde dette med artssammensetning og andre faktorer som f.eks. dyp og sedimenttype på de enkelte stasjoner for å komme frem til mer riktige økologiske konklusjoner. For eksempel er det et avvik mellom hvilken tilstandsklasse en stasjon havner ut i fra om en benytter diversitetsindeks eller ES som grunnlag. Dette antyder at tilstandsgrupperingene i veilederen ikke er absolutt.



DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2001

Dominerende arter

Generelt viser ti på topp lsten en moderat til stor dominans av indikatorarter (Rygg, 1995) på flere av stasjonene. Imidlertid er det vanlig at indikatorarter dominerer faunaen i større grad i fjorder enn i åpne områder langt fra land. Dette skyldes stadig tilsig av organisk materiale og næringsalter fra land. Indikatorartene er i stand til å utnytte ressursene bedre enn andre arter og er ofte mer tolerante overfor oksygensvikt etc. og vil derfor dominere faunaen i kystområder.

Imidlertid er det enkelte stasjoner som skiller seg ut med en artssammensetning som klart viser et forstyrret samfunn. Dette gjelder spesielt stasjon BC-1 (Frierfjorden) og GI-1 (Håøyfjorden), men også stasjon R-5 (Ringstadfjorden).

Ser man bort fra BC-1 og GI-1 hvor det kun ble funnet hhv. 4 og 7 arter utgjorde de ti dominante artene fra 64,6 % (LA-1) til 94,5 % (R-5) og den dominante arten utgjorde fra 18,4 % (FG-1) - til 45,7 % (R-5). På BC-1 utgjør den dominante arten, *Capitella capitata*, 44,4 %. På GI-1 utgjør *Chaetozone setosa* 79,7 %. Se tabell 4.5.

C. capitata og *Pseudopolydora spp.* som dominerer faunaen på BC-1 med tilsammen 77,8 % er spesielt sterke indikatorarter som også kan leve i og på anaerobe (oksygenfrie) sedimenter. Artene som ble funnet som dominante på stasjon GI-1 tåler noe mindre belastninger enn de ovenfornevnte og karakteriseres som typiske for overgangssamfunn (beskrevet bl.a i Pearson & Rosenberg (1978)).

Tabell 4.5. De ti dominante artene på hver stasjon.

TØ-1	Antall	%	Cum.%	LA-1	Antall	%	Cum.%
Maldane sarsi	350	21,00	21,00	Nemertea spp.	122	18,60	18,60
Thyasira sarsii	272	16,32	37,32	Prionospio fallax	65	9,91	28,51
Scalibregma inflatum	218	13,08	50,40	Maldane sarsi	51	7,77	36,28
Corbula gibba	178	10,68	61,08	Prionospio cirrifera	43	6,55	42,83
Heteromastus filiformis	169	10,14	71,22	Amphiura filiformis	42	6,40	49,23
Pseudopolydora spp.	148	8,88	80,10	Heteromastus filiformis	25	3,81	53,04
Ennucula tenuis	92	5,52	85,62	Melinna cristata	25	3,81	56,85
Nemertea spp.	40	2,40	88,02	Levinsenia gracilis	21	3,20	60,05
Polydora spp.	31	1,86	89,88	Rhodine loveni	15	2,29	62,34
Chaetozone setosa	31	1,86	91,74	Abra nitida	15	2,29	64,63
FG-1	Antall	%	Cum.%	GI-1	Antall	%	Cum.%
Chaetozone setosa	75	18,38	18,38	Chaetozone setosa	110	79,71	79,71
Scalibregma inflatum	75	18,38	36,76	Prionospio cirrifera	11	7,97	87,68
Prionospio fallax	38	9,31	46,07	Heteromastus filiformis	6	4,35	92,03
Heteromastus filiformis	31	7,60	53,67	Tharyx sp.	5	3,62	95,65
Spiophanes kroyeri	24	5,88	59,55	Kefersteinia cirrata	4	2,90	98,55
Nemertea spp.	22	5,39	64,94	Pectinaria koreni	1	0,72	99,27
Paramphinome jeffreysii	19	4,66	69,60	Thyasira sarsii	1	0,72	99,99
Thyasira equalis	18	4,41	74,01				
Melinna cristata	16	3,92	77,93				
Levinsenia gracilis	12	2,94	80,87				
OF-1	Antall	%	Cum.%	R-5	Antall	%	Cum.%
Thyasira equalis	510	26,03	26,03	Thyasira sarsii	300	45,66	45,66
Tharyx sp.	444	22,66	48,69	Anobothrus gracilis	144	21,92	67,58
Paramphinome jeffreysii	335	17,10	65,79	Pseudopolydora spp.	43	6,54	74,12
Ennucula tenuis	196	10,01	75,80	Thyasira flexuosa	36	5,48	79,60
Abra nitida	186	9,49	85,29	Heteromastus filiformis	31	4,72	84,32
Thyasira sarsii	58	2,96	88,25	Corbula gibba	21	3,20	87,52
Nemertea spp.	37	1,89	90,14	Nemertea spp.	16	2,44	89,96
Heteromastus filiformis	29	1,48	91,62	Ophiodromus flexuosus	10	1,52	91,48
Ceratocephale loveni	22	1,12	92,74	Myriochele oculata	10	1,52	93,00
Neoleanira tetragona	19	0,97	93,71	Melinna cristata	10	1,52	94,52



DELRAPPORT : BLØTBUNNSFAUNA 2001

Tabell 4.5. forts. De ti dominante artene på hver stasjon.

Ø-1	Antall	%	Cum.%	H-1	Antall	%	Cum.%
Amphiura filiformis	152	33,55	33,55	Paramphinome jeffreysii	114	25,73	25,73
Nemertea spp.	58	12,80	46,35	Nucula tumidula	95	21,44	47,17
Prionospio cirrifera	31	6,84	53,19	Thyasira equalis	56	12,64	59,81
Prionospio fallax	30	6,62	59,81	Ceratocephale loveni	54	12,19	72,00
Polyphysia crassa	15	3,31	63,12	Tharyx sp.	25	5,64	77,64
Scalibregma inflatum	14	3,09	66,21	Neoleanira tetragona	17	3,84	81,48
Laonice cirrata	13	2,87	69,08	Eriopisa elongata	9	2,03	83,51
Pholoe inornata	12	2,65	71,73	Golfingia spp.	6	1,35	84,86
Scolelepis tridentata	10	2,21	73,94	Nemertea spp.	6	1,35	86,21
Eriopisa elongata	9	1,99	75,93	Prionospio cirrifera	5	1,13	87,34

OF-5	Antall	%	Cum.%	BC-1	Antall	%	Cum.%
Thyasira equalis	164	27,02	27,02	Capitella capitata	4	44,44	44,44
Nemertea spp.	96	15,82	42,84	Pseudopolydora spp.	3	33,33	77,77
Paradoneis lyra	61	10,05	52,89	Onchnesoma steenstrupi	1	11,11	88,88
Ennucula tenuis	47	7,74	60,63	Philine scabra	1	11,11	99,99
Levinsenia gracilis	34	5,60	66,23				
Tharyx sp.	34	5,60	71,83				
Neoleanira tetragona	21	3,46	75,29				
Ceratocephale loveni	21	3,46	78,75				
Chaetozone setosa	17	2,80	81,55				
Montacuta ferruginosa	17	2,80	84,35				

S-3	Antall	%	Cum.%
Prionospio fallax	136	19,60	19,60
Polydora spp.	74	10,66	30,26
Thyasira equalis	63	9,08	39,34
Prionospio cirrifera	52	7,49	46,83
Nemertea spp.	47	6,77	53,60
Ennucula tenuis	43	6,20	59,80
Maldane sarsi	39	5,62	65,42
Amphiura chiajei	31	4,47	69,88
Goniada maculata	19	2,74	72,62
Polyphysia crassa	14	2,02	74,64

Sammenligning med tidligere års undersøkelser

Data fra undersøkelsen utført av DNV i 2001 og 2002 er sammenlignet med data fra tidligere undersøkelser (NIVA, 1990; NIVA, 1995; NIVA, 1996; NIVA, 2000; NIVA, 2001 og UiO, 1995). Sammenligningen er gjort på parametrene diversitet (H'), antall arter (S) og antall individer (N) på stasjoner som er lokalisert i noenlunde samme område og dyp, se oversikt i tabell 4.6. Det gjøres oppmerksom på at data fra 2001 og 2002 er summen av 3 grabber (areal 0,3 m²) som sammenlignes med summen av 4 grabber (areal 0,4 m²) prøvetatt tidligere år (se tabell 4.6 og figur 4.2 og 4.3).

Tabell 4.6. Oversikt over parametrene dyp, diversitet, antall arter og individer på felles stasjoner undersøkt i 2002 og 2001 samt på tidligere undersøkte sammenlignbare stasjoner.

DNV Stasjon	Sted	Dyp (m)	H'		S		N		NIVA/UIO Stasjon*	Dyp* (m)	H'*	S*	N*
			2001	2002	2001	2002	2001	2002					
OF-5	Breiangen	199	3,6	3,7	31	35	716	607	10 (1989)	190	3,8	33	204
H-1	Rauø	343	4	3,5	49	38	751	443	24 (1989)	306	4,3	41	373
OF-1	Torbjørn-skjær	452	3,6	3,1	53	45	1632	1959	A460 (1999)	452	3	47	1269
Ø-1	Leira	50	4,1	4,0	62	56	790	453	28 (1989)	32	3	47	1430
GI-1	Håøy-fjorden	212		1,2		7		138	H2 (1994)	200	1,3	11	1302
R-5	Ringstad-fjorden	34	3,2	2,7	37	31	907	657					

* Tidligere undersøkte stasjoner lokalisert i samme område som stasjoner undersøkt i 2001.



Det ble gjennomført undersøkelser i Frierfjorden i 2001 av NIVA (NIVA, 2002). Ingen av stasjonene som ble prøvetatt ligger på samme sted som BC-1 (96 m). Resultatene fra 2001 viste at bløtbunnsfauna manglet på større dyp enn 50 – 60 m og at forurensningsømfintlige arter var borte, samt at tolerante arter dominerte i overgangssonen mellom grunne og dype områder.

På stasjon OF-5 i Breiangen er både diversitet (H') og antall arter (S) relativt likt ved alle undersøkelser.

På stasjon H-1 ved Rauø har diversiteten gått ned fra 4 i 2001 til 3,5 i 2002, også antall arter har gått noe ned. Ved undersøkelsen i 1989 hadde denne stasjonen en diversitetsindeks (H') på 4,3, se figur 4.2. Forskjellen mellom 2001 og 2002 er ikke vesentlig større ved denne lokaliteten sammenlignet med andre undersøkte lokaliteter i 2002.

På samme måte har diversitetsindeksen gått ned fra 3,2 til 2,7 på stasjon R5.

På stasjon OF-1 ved Torbjørnskjær har diversiteten sunket noe siden 2001, men er relativ lik med diversiteten funnet i 1989.

I områdene ved stasjon Ø-1 (Leira), hvor det i de to siste undersøkelsene ble funnet et friskt bunndyrssamfunn ble det i 1989 funnet et lett forstyrret bunnfaunasamfunn.

I området ved stasjon GI-1 er tilstanden noe svekket siden undersøkelsen i 1994 (NIVA; 1995) med langt færre individer funnet på stasjonen. Diversitetsindeksen er imidlertid relativt lik og tilsvarer samme tilstandsklasse.

Mindre endringer i diversitetsindeksene kan skyldes ulikt prøvetakingstidspunkt på året samt naturlige endringer over år.

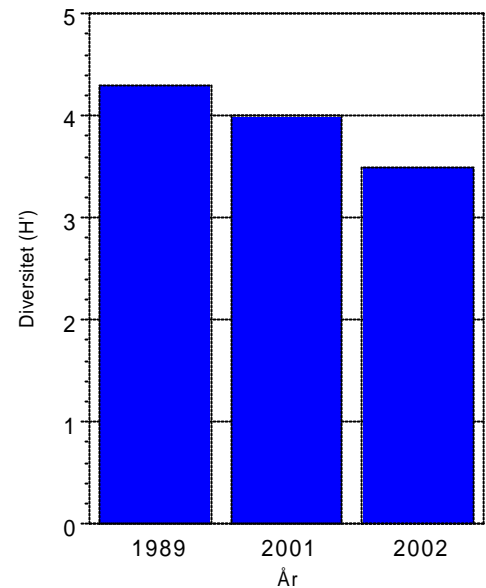
4.2.2 Likhetsanalyser

Likhetsanalyser (klassifisering og ordinasjon) er benyttet til å gruppere stasjoner etter grad av faunalikhet. Ved klassifisering og ordinasjon beregnes først likheten mellom hver stasjon og alle andre stasjoner. Resultatet sammenstilles i en tabell som benyttes i de videre analyser. Resultatene fra klassifikasjons- og ordinasjonsanalysen presenteres i dendrogram og MDS plott (figur 4.3 og 4.4). Disse viser at stasjonene deler seg inn i 3 hovedgrupper ved ca. 40 % likhet, mens stasjon BC-1 og GI-1 ikke inngår i noen grupper.

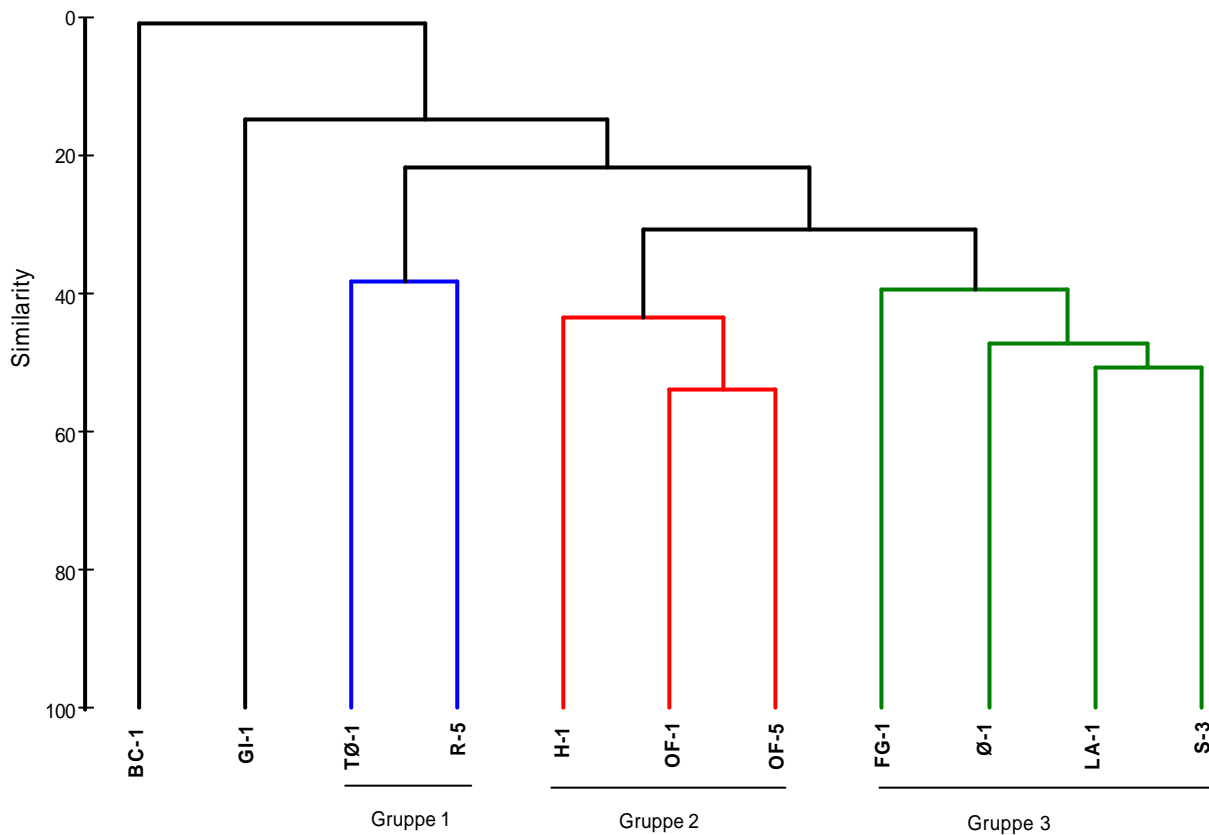
Gruppe 1: Tø-1 og R-5; dyp 52 og 34 m

Gruppe 2: H-1, OF-1 og OF-5; dyp 199 – 452 m

Gruppe 3: FG-1, Ø-1, LA-1 og S-3; dyp 44,5 – 106 m



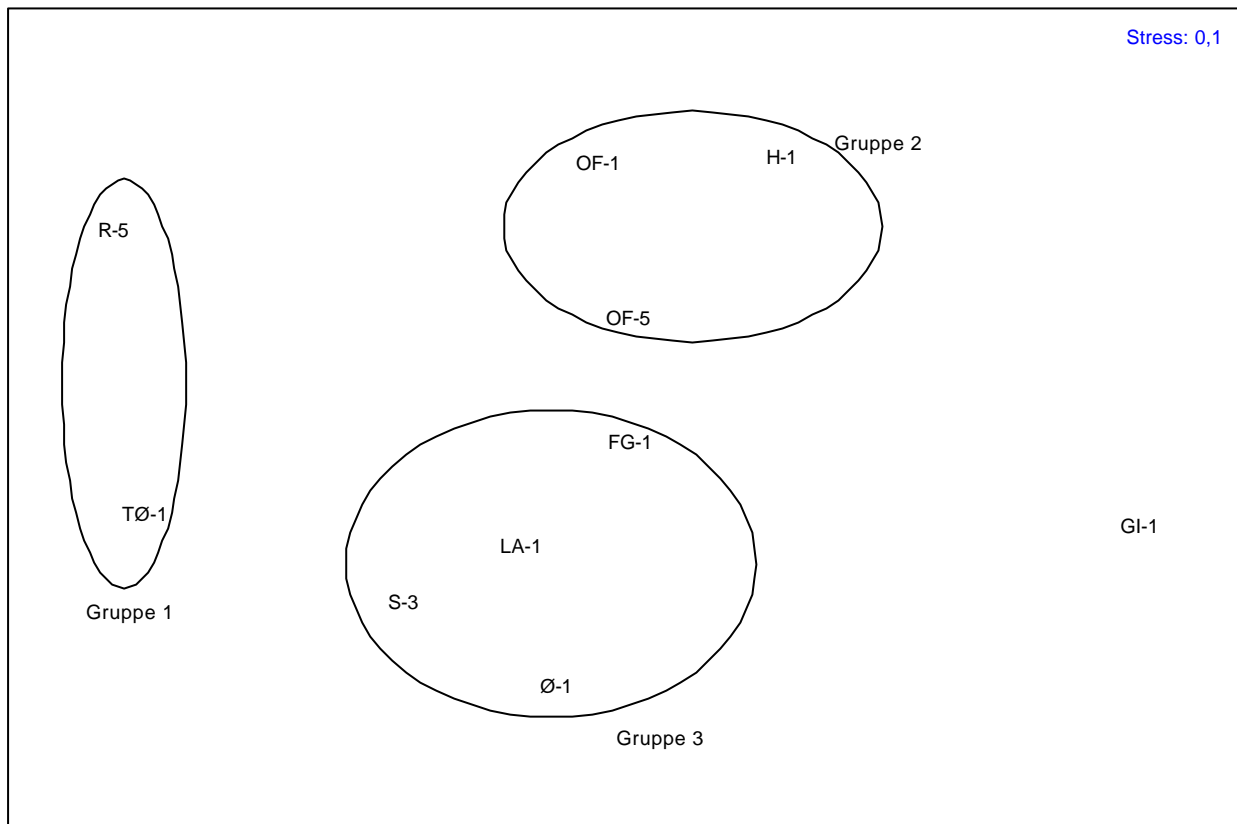
Figur 4.2. Utviklingen av diversiteten på stasjon H1.



Figur 4.3. Dendrogram Ytre Oslofjord 2002.

Stasjon BC-1 og GI-1 har en klart påvirket bunnfauna og skiller seg vesentlig ut fra de øvrige. Stasjon BC-1 måtte fjernes fra MDS plottet fordi de øvrige stasjonene klumpet seg sammen.

Når man ser bort fra stasjon BC-1 og GI-1 grupperer stasjonene seg klart etter dyp, med de dypeste stasjonene midtfjords i gruppe 2 og stasjonene nærmest land i gruppe 3. Unntaket er stasjonene i gruppe 1. Artssammensetning og diversitetsindekser indikerer at disse er noe påvirket.



Figur 4.4. MDS plott Ytre Oslofjord 2002. Stasjon BC-1 er ikke tatt med i plottet fordi denne stasjonen skiller seg klart fra de andre.

Simperanalysen viser hvilke arter som bidrar mest til forskjellen mellom gruppene. I tabell 4.7 er likheten innen gruppene og mellom gruppene/stasjonene listet opp. Stasjon BC-1 er mest ulik alle de øvrige stasjonene, med høyeste faunalikhet på 3 % med stasjonene i gruppe 1. Stasjon GI-1 som også hadde en klart forstyrret fauna har en faunalikhet med de ulike grupper fra 10 % til 16 %. Faunalikheten var størst mellom gruppe 2 og 3 (31 %) og stasjonene i gruppe 2 hadde høyest innbyrdes faunalikhet (47 %).

Stasjonene i gruppe 1 skilte seg fra de øvrige med et høyt antall av bl.a muslingene *Thyasira sarsii* og *Corbula gibba* samt børstemarkene *Pseudopolydora sp.*, *Scalibregma inflatum* og *Heteromastus filiformis*. I følge Rygg (1995) og Pearson & Rosenberg (1978) er dette særlig utsagnskraftige indikatorarter som kan leve på grensen til et afaunalt område (dvs. et område uten dyr).

Stasjonene i gruppe 2 som er de dype midtfjordsstasjonene har en overvekt av muslingen *T. equalis*, børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* og *Tharyx sp.* Disse artene er ikke beskrevet i Pearson & Rosenberg (1978) som indikatorarter, men er av Rygg (1995) beskrevet som indikatorarter. Imidlertid trives disse artene på dypt vann (Kirkegaard, 1996 og 1992) og dette er antageligvis årsaken til at de dominerer faunaen på disse stasjonene. I følge Wikander (pers.med) er *T. equalis* en typisk dypvannsart som trives på "ren" bunn, dvs. den trives ikke på organisk belastede lokaliteter. I tillegg blir denne arten ganske gammel (opptil 16 år – sakte voksende) slik at på lokaliteter hvor fullvoksne individer av denne arten finnes, vil arten være en indikator på at forholdene har vært gode over lang tid.



 DELRAPPORT : BLØTBUNNSFAUNA 2001

Stasjonene i gruppe 3 skiller seg ut hovedsaklig ved at de har få av de ovenfornevnte artene i faunaen.

Tabell 4.7. Gjennomsnittlig likhet i % innen og mellom gruppene.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	GI-1
Gruppe 1	38			
Gruppe 2	19	47		
Gruppe 3	24	31	44	
BC-1	3	0	1	0
GI-1	10	16	16	

Bioenvanlysen som sammenligner miljøfaktorer med faunadataene viser en lav korrelasjon (0,12 - 0,18) mellom fauna og miljøfaktorer (TOC, kornstørrelse < 63 µm og dyp). Fjerner man stasjonene som skiller seg mest ut i datasettet (BC-1 og GI-1) og i første omgang stasjon BC-1 øker korrelasjonen til 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene dyp og TOC. Fjerner man i tillegg stasjon GI-1 øker korrelasjonen til 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene dyp og TOC. Dette viser at dyp og organisk innhold i sedimentet er en viktig parameter for faunasammensetningen i Ytre Oslofjord.

Sammenligning med undersøkelsen i 2001

Likhetsanalyser ble utført på hele tallmaterialet for undersøkelsene i 2001 og 2002 samlet. Dendrogram og MDS plott er vist i figur 4.5 og 4.6.

Likhetsanalysen viser at stasjonene deler seg opp i 3 hovedgrupper ved en likhet på ca. 25 – 30 %. Stasjon BC-1 og GI-1 fra 2002 grupperer seg ikke, disse var også de mest påvirkede stasjonene med lite arter og individer. Stasjon R-5 fra begge år grupperer seg sammen med stasjon TØ-1 fra 2002 i gruppe 1, noe som kan indikere en lettere forstyrrelse i faunaen på stasjon TØ-1. De øvrige stasjonene grupperer seg etter dyp, med de dype midtfjordsstasjonene i gruppe 2 og grunnere stasjoner lokalisert nærmere land i gruppe 3.

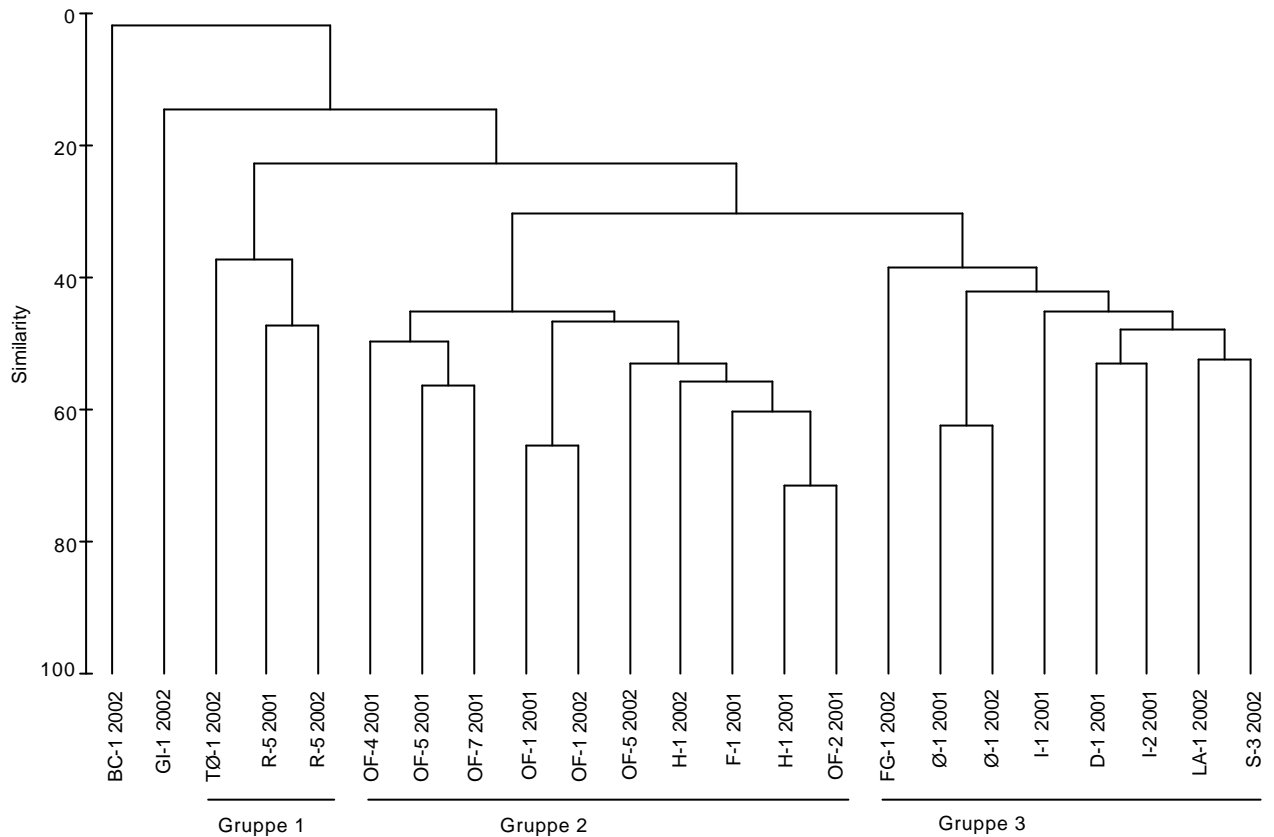
Gruppe 1: R-5 2001 og 2002, TØ-1 2002.

Gruppe 2: OF-1 2001 og 2002, OF-2 2001, OF-4 2001, OF-5 2001 og 2002, OF-7 2001, H-1 2001 og 2002, F-1 2001.

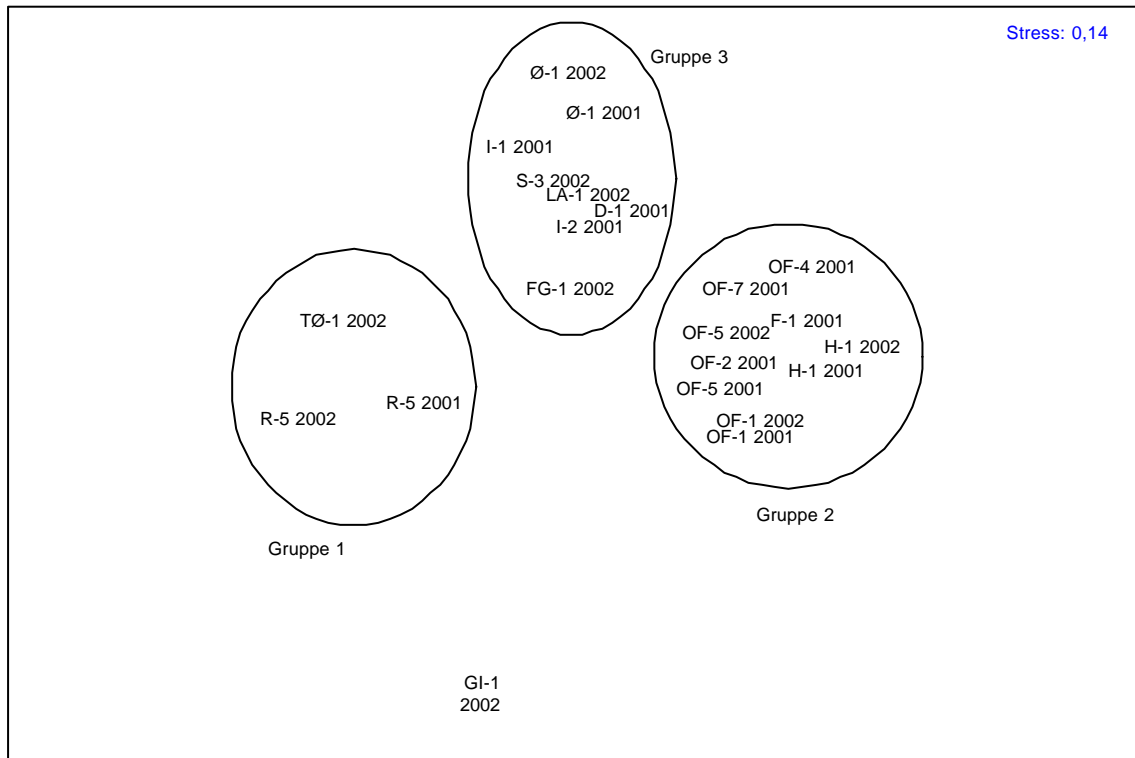
Gruppe 3: FG-1 2002, Ø-1 2001 og 2002, I-1 2001, I-2 2001, D-1 2001, LA-1 2002, S-3 2002.



DELRAPPORT : BLØTBUNNSFAUNA 2001



Figur 4.5. Dendrogram. Ytre Oslofjord 2001 og 2002.



Figur 4.6. MDS plott. Ytre Oslofjord 2001 og 2002.



 DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2001

Simperanalysen viser hvilke arter som bidrar mest til forskjellen mellom gruppene. I tabell 4.8 er likheten innen gruppen og mellom gruppene listet opp. Stasjon BC-1 skiller seg mest fra alle de øvrige stasjonene med høyeste likhet på 4 % med stasjonene i gruppe 1. Stasjon GI-1 har en likhet som varierer fra 14 % til 16 % med gruppene og høyest likhet med stasjonene i gruppe 1. Gruppe 2 og 3 hadde størst faunalikhet (31 %). Stasjonene i gruppe 2 hadde høyest innbyrdes likhet (49 %).

Stasjonene i gruppe 1 skilte seg fra de øvrige med et høyt antall av utsagnskraftige indikatorarter som bla muslingene *Thyasira sarsii* og *Corbula gibba* samt børstemarkene *Pseudopolydora sp.*, *Scalibregma inflatum* og *Heteromastus filiformis*.

Stasjonene i gruppe 2 som er de dype midtfjordsstasjonene viser en overvekt av muslingen *T. equalis*, børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* og *Tharyx sp.* Dette er arter som trives på dypt vann og *T. equalis* er som tidligere nevnt en art som indikerer gode forhold på bunnen.

Stasjonene i gruppe 3 skiller seg ut hovedsakelig ved at de har færre av de ovenfornevnte artene i faunaen. Arter som dominerer faunaen her er bla. børstemarkene *Prionospio fallax*, *Maldane sarsi*, *Heteromastus filiformis* og pigghudene *Amphiura filiformis* og *Amphiura chiajeii*. Dette er arter som er karakterisert som indikatorarter (Rygg, 1995; Pearson & Rosenberg, 1978), men de er ikke tilstede i faunaen i så store mengder som f.eks i faunaen på stasjonene i gruppe 1. Dette er stasjoner som er lokalisert i nærhet til land og vil motta en del organisk materiale via avrenning fra lnd, og som vil kunne påvirke faunaen i større grad enn på stasjoner lokalisert lengre fra land. En slik artssammensetning vil derfor være naturlig på disse stasjonene.

Tabell 4.8. Gjennomsnittlig likhet i % innen og mellom gruppene.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	GI-1
Gruppe 1	41			
Gruppe 2	21	49		
Gruppe 3	26	31	44	
BC-1	4	2	1	0
GI-1	16	14	14	



5 KONKLUSJON

Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet tilsvarte på de fleste stasjoner SFTs tilstandsklasse I "meget god" og II "god". Stasjon BC-1 (Frierfjorden), GI-1 (Håøyfjorden) og R-5 (Ringstadfjorden) skiller seg ut med relativt høyt innhold av TOC i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse III og V.

Faunaen på de fleste stasjoner i denne undersøkelsen kan beskrives som en normal fjordfauna. Imidlertid hadde spesielt stasjon BC-1 og GI-1 en klart svekket fauna. Faunaen på stasjon R5 kunne også beskrives som klart påvirket. Stasjon TØ-1 (Tønsberg) skilte seg ut i de multivariate analysene sammen med R-5 og dette kan indikere en lettere forstyrrelse i faunaen på denne stasjonen. Faunaen på noen av de dype stasjonene kan være lettere svekket (reduert H') pga dypet, innholdet av TOC i sedimentet på de dype stasjonene tilsvarte tilstandsklasse I.

De multivariate analysene viser at dyp og organisk materiale er avgjørende faktorer for faunasammensetningen i Ytre Oslofjordområdet. Felles analyser på datamaterialet fra 2001 og 2002 viste også at stasjonene klart inndelte seg etter dyp. I begge analysene grupperer de dype midtfjordsstasjonene og de "grunne" stasjoner lokalisert nærmere land seg i hver sin gruppe. Unntaket er stasjoner med påvirket bunnfauna som skiller seg ut fra disse gruppene.

På tre av stasjonene ble det påvist en nedgang i artsmangfoldet. Dette gjelder stasjonene H1, R5 og OF1. Det anbefales at disse tre stasjonene følges opp også i 2003 undersøkelsene.



6 REFERANSER

Aschan M.M & Skullerud A.M, 1990: Effects on changes in sewage pollution on softbottom macrofauna communities in the inner Oslofjord, Norway. *Sarsia* 75: 169-190

Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957: An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.

Kirkegaard, J.B. 1992: Havbørsteorme. I. Errantia. Danmarks fauna. Dansk naturhistorisk forening. Bd. 83.

Kirkegaard, J.B. 1996: Havbørsteorme. II. Sedentaria. Danmarks fauna. Dansk naturhistorisk forening.

Kruskal, J.B. & M. Wish. 1978: Multidimensional scaling. Sage Publishers. California. 93s.

Lance, G. N. & W.T. Williams, 1967: A general theory of classificatory sorting strategies. II. Clustering systems. -*Computer Jour.* 10: 271-277.

Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT's veiledning 97:03. TA nr. 1467/1997. 36s.

NIVA 1990: Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord 1989. Hovedrapport 427/90.

NIVA 1995: Undersøkelse av bløtbunnsfauna i Grenlandsfjordene i 1994. Rapport 619/95. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT.

NIVA 1996: Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Bløtbunnsfauna 1994. Rapport 659/96.

NIVA 2000: Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Bløtbunn datarapport 1999. Rapport 789/00.

NIVA 2001: Overvåking av Ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2 Overvåking av Hvaler og Singlefjorden i 2000. Rapport lnr. 4367-2001.

NIVA 2002: Bløtbunnsfauna i Frierfjorden etter fem år med stagnant dypvann. Rapport lnr. 4522-2002.

Pearson, T.H. & Rosenberg, R., 1978: Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Vol. 16: 229-311.

Rygg, B. 1995: 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. NIVA.



DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2001

Sokal, R.R. & Rolf, F. J. 1969-1981: Biometry: The principles and practice of statistics in biological research 776 s. W.H. Freeman, San Fransisco.

Stevenson, W. 1973: Proc. R. Soc. Qd, 84:73-86.

Universitetet i Oslo, Biologisk institutt, 1995: Overvåking av forurensnings situasjonen i Indre Oslofjord. Undersøkelser av bløtbunnsfauna 1993. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 622/95.

Warwick, R.M., Clarke, K.R. & Suharsono, 1990: A statistical analysis of coral community responses to the 1982-3 El Niño in Thousand Island. Indonesia. Coral Reefs. Vol. 8: 171-179.

Warwick, R.M. & Clarke, K.R., 1991: A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. Jour.Mar.Biol.Ass UK. 71: 225-244.

Warwick, R.M. og K.R. Clarke, 1992: Comparing the severity of disturbance: a meta analysing of marine macrobenthic community data. Mar.Ecol.Prog.Ser. 92: 221- 231.

Wikander (pers.med.)

- o0o -

APPENDIKS

A

STATISTISKE ANALYSER

STATISTISKE ANALYSER

DIVERSITET OG JEVNHET

Diversitetsindekser er vanlig brukt som forsøk på å integrere kompleksiteten i et samfunn ned til et enkelt mål som bl.a. kan brukes til å overvåke forandringer som skyldes forurensningspåvirkning. Ideen er at samfunn med høy diversitet er mindre påvirket av forurensning enn samfunn med lav diversitet. Høy diversitet tyder på at samfunnet er i likevekt.

Redusert diversitet kan oppstå på grunn av kjemiske eller fysiske forandringer i miljøet. Diversiteten er imidlertid også påvirket av faktorer som predasjon og konkurranse, og vil variere sesongmessige med rekruttering. Alle disse faktorene må tas med ved vurdering av indeksverdien.

De fleste diversitetsmål tar hensyn både til antall arter og til individenes fordeling mellom artene. Høyt artsantall og en jevn fordeling av individene mellom artene gir høy diversitet, mens lavt artsantall og individmessig dominans av noen få arter reduserer indeksverdien.

Det finnes en rekke forskjellige metoder til å beregne diversitet som alle tolker faunasammensetningen på noe forskjellig måte. Det er derfor vanlig å benytte flere diversitetsmål i samme undersøkelse.

I denne undersøkelsen er det brukt to anerkjente og vanlige metoder til å beregne bunnfaunaens diversitet; Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') og ES₁₀₀ indeksen basert på Sanders "rarefaction" metode.

Shannon-Wieners diversitetsindeks

Shannon-Wieners diversitetsindeks er beregnet etter formelen:

$$H = -\sum_i^S p_i \log_2 p_i$$

hvor $p_i = n_i/N$, og n_i = antall individer av i'te art, N = totalt antall individer og S = totalt antall arter. Indeksen er sensitiv også for sjeldne arter. Samfunnet blir vanligvis betraktet som upåvirket av forurensning og i likevekt når indeksverdien ligger over 4,0.

ES₁₀₀

Antall arter i en "rarefaction" kurve representert med 100 individer (dvs. forventet antall arter i en prøve på 100 individer, kalt ES₁₀₀), brukes som et standardisert diversitetsmål. Generelt vil ES₁₀₀ verdier under 20 indikere at bunnfaunasamfunnet er forstyrret.

Jevnhet

Sammen med Shannon-Wieners diversitetsindeks er det også vanlig å beregne jevnhet. Jevnhet gir informasjon om bunndyrsamfunnet er dominert av noen få arter eller om individene er jevnere fordelt mellom artene.

Jevnhet er beregnet etter formelen:

$$J = H'/H_{\max} = H'/\log_2 S$$

hvor H' er Shannon-Wieners diversitetsindeks og S er totalt antall arter. Verdien for jevnhet varierer mellom 0-1. Lav verdi viser at samfunnet er dominert av få arter noe som er vanlig ved påvirkning av forurensning.

LIKHETSANALYSER

Likhetsanalyser (klassifikasjon og ordinasjon) er benyttet til å gruppere stasjoner etter grad av likhet i faunasammensetning. Likhetsanalyser er nyttige fordi de gir en objektiv oversikt over tendenser i komplekse biologiske data. Likhetsanalyser gir også mulighet til å studere sammenheng mellom faunagrupper og andre målte parametre som dyp, sedimentets kornstørrelsesfordeling, og innhold av f.eks. hydrokarboner og metaller. Dette gir muligheter til å kunne påvise eventuelle effekter av forurensning.

Multivariate analyser er mer velegnet enn univariat statistikk til å overvåke biologiske samfunn. Metodene er mer sensitive og mye mer av dataene ekstraheres slik at skadelige effekter kan påvises på et tidlig tidspunkt (Warwick & Clarke, 1991 og 1992). I følge Stevenson (1973) er likhetsanalyser den eneste objektive metode til å skille mellom små forskjeller i flerartssamfunn.

Faunalikhet mellom stasjoner ble undersøkt ved å beregne Bray-Curtis likhetsindeks, som er vanlig brukt i analyser av bunnfauna (Bray & Curtis, 1957):

$$d = \frac{s}{i=1} \left| \frac{x_{1j} - x_{2j}}{x_{1j} + x_{2j}} \right|$$

hvor x_{1j} og x_{2j} er antall individer av art j på stasjon 1 og 2, og S er antall arter. d er ulikhetsindeksen mellom stasjon 1 og 2 summert for alle artene. d varierer mellom 0 og 1.

Verdier nær 1 vil si at stasjonene er meget ulike med få eller ingen felles arter. Indeksen er et mål for likhet mellom hver av stasjonene i undersøkelsen og resultatene fremkommer som en likhetsmatrise.

Klassifikasjon

Hierarchical agglomerative clustering (Lance & Williams, 1967).

Ved klassifikasjon foretas en trinnvis sortering av likhetsmatrisen. Her er brukt "group average sorting" som er en hierarkisk grupperingsteknikk som grupperer stasjoner etter gjennomsnittlig likhet mellom stasjonene. Resultatet fremkommer som et dendrogram hvor stasjonene er sortert trinnvis fra x-aksen og oppover. Jo lavere ned i dendrogrammet stasjonene sammenføres (horisontale linjer) jo likere er de i faunasammensetning.

Ordinasjon

Non metric multidimensional scaling, MDS (Kruskal & Wish, 1978).

Utgangspunktet er likhetsmatrisen, basert på fauna mellom stasjonene. Ordinasjonen grupperer stasjonene på et annet matematisk grunnlag enn klassifikasjonen. Ordinasjonen avhenger bare av likhetsgraden i trekant matrisen. MDS tilstreber å konstruere et "kart" over stasjonene i et gitt antall dimensjoner, i dette tilfellet todimensjonalt. Likheten mellom stasjonene vises ved avstanden mellom dem i "kartet". Liten avstand mellom punktene (stasjonene) angir stor grad av likhet, mens stor avstand angir liten grad av likhet mellom stasjonene. Når grupperingen i de to metodene stemmer overens tyder dette på at inndelingen er reell.

Simper

En analyse som viser hvilke arter som i hovedsak er ansvarlig for grupperingene av stasjonene i klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene (Warwick et. al., 1990).

Bioenv

Metode hvor likhetsmatrisene til biotiske og abiotiske data lenkes sammen for å finne den optimale sammensetning av miljøfaktorer (abiotiske data) som "best forklarer" biota strukturen. Følgende trinnvise prosedyre følges:

Likhetsmatrisen for biota konstrueres bare en gang, men den ekvivalente trekant matrise for de abiotiske data utregnes mange ganger, for alle mulige kombinasjoner av miljøfaktorer.

"Harmonic rank correlation for the weighted Spearman Coefficient" (??) mellom biota matrisen og de abiotiske trekant matrisene kalkuleres for hvert tilfelle.

?? vil nå et maksimum for noen kombinasjoner av faktorene. Maksimum ? på hvert nivå vil vanligvis øke monotonisk når antall faktorer øker opp til den optimale kombinasjonen og så avta monotonisk når flere faktorer legges til. Dette gjør den optimale kombinasjonen til et naturlig sett av best forklarende faktorer til det biotiske mønsteret.

0,8 betraktes som en optimal verdi for ??.

Transformasjon: Ved bruk av Bray-Curtis likhetsindeks er transformasjon av data anbefalt for å unngå at dominerende arter blir tillagt for stor vekt. Før beregning av Bray-Curtis indeks ble derfor datamatriksen transformert ved å benytte kvadratrotransformasjon.

Miljøfaktorene ble transformert før bioenv analysen. Log10 transformasjon ble utført på dyp, mens prosentverdiene ble arcsin transformert ($\arcsin \sqrt{p}$) hvor p er prosenten eller forholdstallet.

Arcsin transformasjon strekker ut begge halene i en distribusjon av prosenter eller proporsjoner og presser sammen midtpartiet (Sokal & Rolf, 1981).

Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research (PRIMER) ble brukt til de multivariate analysene.

- o0o -

APPENDIKS

B
ARTSLISTE

- o0o -

Appendiks B1. Artsliste for stasjoner Ytre Oslofjord 2002 (summen av tre grabber)

ARTER	FG1	G11	H1	LA1	OF1	OF5	R5	S-3	TØ1	Ø1
Abra alba	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Abra nitida	0	0	0	15	186	11	0	7	22	1
Abyssoninoe hibernica	0	0	3	2	3	1	0	16	0	2
Amphiura chiajei	0	0	0	8	0	0	0	40	0	7
Amphiura filiformis	0	0	0	42	0	0	0	12	0	152
Amythasides macroglossus	0	0	4	1	0	0	0	0	2	0
Anobothrus gracilis	0	0	0	0	0	1	144	3	1	1
Aonides paucibranchiata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aphrodita aculeata	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Apistobranchnus tullbergi	0	0	0	6	0	0	1	0	0	1
Aricidea suecica	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Asychis biceps	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Augeneria tentaculata	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Brada villosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Brissopsis lyrifera	0	0	0	2	2	2	0	1	0	2
Calocaris macandrea	0	0	0	2	0	0	0	12	0	0
Capitella capitata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caulleriella spp.	0	0	0	0	0	4	1	0	0	1
Ceratocephale loveni	5	0	54	1	22	21	0	0	0	1
Cerianthus lloydii	1	0	0	0	2	0	0	5	0	0
Chaetoderma nitidulum	0	0	2	0	0	0	0	0	20	0
Chaetoderma sp.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Chaetozone setosa	75	110	1	10	13	17	0	11	31	2
Chamelea striatula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Chrysopetalum caecum	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0
Corbula gibba	0	0	0	0	0	0	21	11	178	1
Cossura longocirrata	0	0	0	0	14	8	0	0	0	0
Cuspidaria cuspidata	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cylichna cylindracea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Diastylodes serrata	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Diplocirrus glaucus	2	0	0	1	2	0	0	14	0	7
Echinocardium flavescens	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Edwardsia sp.	0	0	4	1	0	1	0	1	0	0
Ennucula tenuis	2	0	0	1	196	47	0	57	92	0
Eriopisa elongata	5	0	9	0	0	5	0	18	0	9
Eteone sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Euclymene affinis	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Euclymene lindrothi	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Eudorella emarginata	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Eudorella truncatula/hirsutha	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exogone verugera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Flabelligera affinis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Gammaropsis maculatus/melanops	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Appendiks B1. forts. Artsliste for stasjoner Ytre Oslofjord 2002 (summen av tre grabber)

ARTER	FG1	G11	H1	LA1	OF1	OF5	R5	S-3	TØ1	Ø1
Glycera alba	5	0	0	11	0	0	4	11	10	6
Glycera lapidum	0	0	0	3	0	0	1	9	23	0
Golfingia spp.	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0
Goniada maculata	9	0	0	14	1	0	0	21	1	2
Harmothoe sp.	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Harmothoe spp.	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Harpinia crenulata	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Heteromastus filiformis	31	6	2	25	29	14	31	0	169	0
Heteromastus/Mediomastus spp.	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
Hyalia vitrea	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1
Idiothea viridis/neglecta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Kefersteinia cirrata	1	4	3	1	0	2	2	1	0	5
Labidoplax buskii	0	0	0	0	0	0	0	4	0	8
Laonice cirrata	0	0	0	4	0	0	0	3	0	13
Leptostylis longimana	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Leucon sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Levinsenia gracilis	12	0	4	21	3	34	1	13	0	4
Lucinoma borealis	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lumbrineris aniara	0	0	3	0	3	1	0	0	0	0
Lumbrineris sp.	1	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Lunatia montagui	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lysilla loveni	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Lysippides fragilis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Macrochaeta sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Magelona mirabilis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Malacoceros fuliginosus	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1
Maldane sarsi	1	0	0	51	0	0	0	54	350	1
Melinna cristata	16	0	2	25	3	0	10	0	0	0
Monoculodes sp.	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Montacuta ferruginosa	0	0	0	11	16	17	0	1	0	2
Munnopsis typica	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Myriochele oculata	2	0	2	0	6	0	10	0	0	0
Mysella bidentata	0	0	0	0	0	0	0	7	10	8
Natantia sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0
Nemertea spp.	22	0	6	122	37	96	16	68	40	58
Neoleanira tetragona	0	0	17	0	19	21	0	0	0	0
Nephrops norvegicus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nephtys caeca	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Nephtys cirrosa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Nephtys incisa	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1
Nephtys pente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Nephtys sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nereimyra punctata	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Appendiks B1. forts. Artsliste for stasjoner Ytre Oslofjord 2002 (summen av tre grabber)

ARTER	FG1	G11	H1	LA1	OF1	OF5	R5	S-3	TØ1	Ø1
Nucula sulcata	0	0	0	14	0	0	0	1	0	0
Nucula tumidula	0	0	95	0	0	4	0	0	0	0
Nuculana minuta	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Oligochaeta sp.	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Onchnesoma steenstrupi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ophelina abranchiata	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Ophelina norvegica	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0
Ophiodromus flexuosus	0	0	0	6	2	1	10	1	3	3
Ophiura affinis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ophiura spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ophiuroidea spp.juv	0	0	0	4	4	0	0	0	3	3
Ophryotrocha sp.	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0
Orbinidae sp. juv	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Paradiopatra quadricuspis	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Paradoneis lyra	9	0	2	9	6	61	0	0	0	0
Paramphinome jeffreysii	19	0	114	10	335	8	2	1	0	0
Pectinaria auricoma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pectinaria belgica	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Pectinaria koreni	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pennatula phosphorea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Phascolion strombi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pherusa sp.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Philine scabra	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Philomedes lilljeborgi	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Pholoe inornata	0	0	1	2	1	1	0	9	0	12
Pholoe pallida	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Phyllodoce groenlandica	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Phyllodoce rosea	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Phylo norvegica	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Pisione remota	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Pista lornensis	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0
Platyhelminthes spp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Polycirrus medusa	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Polycirrus norvegicus	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Polydora coeca	0	0	0	0	0	0	0	98	0	0
Polydora spp.	0	0	2	0	0	0	5	0	31	0
Polyphysia crassa	0	0	0	7	0	0	0	19	0	15
Praxillella praetermissa	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0
Priapulus caudatus	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0
Prionospio cirrifera	2	11	5	43	9	14	0	66	1	31
Prionospio fallax	38	0	1	65	3	7	0	181	0	30
Protodorvillea kefersteini	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pseudomystides limbata	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pseudopolydora spp.	0	0	0	1	0	0	43	0	148	0

Appendiks B1. forts. Artsliste for stasjoner Ytre Oslofjord 2002 (summen av tre grabber)

ARTER	FG1	G11	H1	LA1	OF1	OF5	R5	S-3	TØ1	Ø1
Pygospio sp.	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Rhodine gracilior	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Rhodine loveni	1	0	0	15	0	0	0	5	0	1
Scalibregma inflatum	75	0	0	12	0	0	3	0	218	14
Scaphander lignarius	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Scolecipis squamata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Scolecipis tridentata	0	0	0	4	0	0	0	0	0	10
Scoletoma magnidentata	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Sige fusigera	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Sphaerodorum gracilis	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0
Spiophanes kroyeri	24	0	3	12	2	0	0	10	0	3
Spiophanes wigleyi	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Streblosoma bairdi	0	0	0	7	0	0	0	1	0	0
Streblosoma intestinale	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synelmis klatti	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terebellides stroemi	1	0	1	1	0	1	0	0	1	2
Tharyx sp.	6	5	25	5	444	34	0	0	3	1
Themisto sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Thyasira equalis	18	0	56	5	510	164	0	90	3	0
Thyasira ferruginea	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
Thyasira flexuosa	0	0	0	0	0	0	36	0	4	0
Thyasira sarsii	0	1	0	8	58	2	300	0	272	1
Thyasira sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Timarete tentaculata	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Trochochaeta multisetosa	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Tropidomya abbreviata	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Westwoodilla caecula	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Yoldiella fraterna	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Yoldiella lucida	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0

APPENDIKS

C

ANALYSERESULTATER

- o0o -