



OVERVÅKING AV EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD

DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2003



RAPPORT NR. 2004-0482

REVISJON NR. 01



DET NORSKE VERITAS



DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2003

DET NORSKE VERITAS AS
DNV Consulting

Veritasveien 1
1322 Høvik
Norway
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
<http://www.dnv.com>
Org. No: NO945 748 931 MVA

Dato for første utgivelse: 2004-08-25	Prosjekt nr.: 62501776
Godkjent av: Tor Jensen	Organisasjonsenhet: DNV Consulting Service Area SHE Management
Oppdragsgiver: Fagrådet Ytre Oslofjord	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen

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 2003. Programmet startet med undersøkelse i 2001 og er planlagt videreført i første omgang til 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 Resultatene fra undersøkelsen av bløtbunnsfauna gjennomført i 2003.

Sedimentprøver fra 3 stasjoner i Ytre Oslofjord, for analyse av fauna, ble undersøkt i 2003.

Til sammen ble det funnet 90 arter og 2460 individer på de 3 stasjonene. Børstemark dominerte faunaen. Multivariate analyser viser at dyp spiller en stor rolle for forskjellen i fauna mellom stasjonene. Bunnfaunasamfunnet på 2 av de undersøkte stasjonene kan betegnes som normal fjordfauna som ikke er markert påvirket.

Rapport nr.: 2004-0482	Emnegruppe: Miljøovervåking	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Delrapport: Bløtbunnsfauna 2003		
Utført av: Siri Mordal Bakke		
Verifisert av: Sam Arne Nøland		
Dato for denne revisjon: 2004-08-25	Rev. nr.: 01	Antall sider: 28

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>Innholdsfortegnelse</i>	<i>Side</i>
1 SAMMENDRAG	2
2 INNLEDNING	3
3 MATERIALE OG METODER	4
3.1 Prøvetaking og analyser	4
3.2 Statistiske analyser	5
4 RESULTATER OG DISKUSJON.....	6
4.1 Sedimentkarakteristika	6
4.2 Bløtbunnsfauna	6
4.2.1 Diversitet og dominans	6
4.2.2 Likhetsanalyser	12
4.2.3 Sammenligning med undersøkelsen i 2001 og 2002	14
5 KONKLUSJON	16
6 REFERANSER	17



FORORD

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

Medarbeidere

Feltarbeid:

Tormod Hansen – DNV
Sindre Holm – UiO

Bløtbunn :

Øystein Stokland (børstemark, varia)
Thomas Møskeland (krepssdyr)
Sam-Arne Nøland (pigghuder)
Per-Bie Wikander (bløtdyr)

Utarbeidelse av denne rapport:

Siri M. Bakke

Prosjektleder:

Tor Jensen

Verifikatør:

Sam Arne Nøland



De biologiske analysene er utført ved DNVs Biolaboratorium, DNV Consulting – SHE management. 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 3 stasjoner i Ytre Oslofjord ble undersøkt i 2003. Sedimentet ble karakterisert som homogent og finkornig.

Til sammen ble det funnet 90 arter og 2460 individer i de 3 grabbene som ble tatt på 3 stasjoner. Børstemark dominerte faunasamfunnet.

Diversitetsindeksen (H') tilsvarte SFTs (97:03) tilstandsklasse II "god" på de tre undersøkte stasjonene.

Konklusjonen er basert på tre hovedelementer:

1. Univariate analyser (diversitetsindekser m.m).
2. Artssammensetning (antall arter og individer, indikatorarter og ti på topp liste).
3. Multivariate analyser (faunalikhet, dendrogram , MDS m.m).

Ut fra en helhetsvurdering kan tilstanden i bunnfaunaen på stasjon OF-1 og H-1 betraktes som relativt uendret siden 2002. Den negative utviklingen som ble påvist i faunasamfunnet spesielt på stasjon H-1 ser ut til å ha stoppet opp. Stasjonene har en relativ normal fjordfauna typisk for "dypvannsstasjoner". En økning i diversitetsindeksen på stasjon R-5 siden 2002 indikerer ingen positiv utvikling, da bildet er mer komplisert. Bl.a. har denne indeksen ikke fanget opp den betydelige nedgangen i individ- og til dels artsantall samt tilstedeværelsen av utpregede indikatorarter. Stasjon R-5 betegnes som påvirket og utviklingen har vært negativ siden 2002.



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 2003. Programmet startet opp i 2001 og er planlagt videreført til 2005. Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør.

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 næringssalter og organisk materiale fra ulike norske kilder.
- Beskrive tilstanden og følge utviklingen over tid i forhold til:
 - hydrografi
 - hydrokjemi
 - algeplankton
 - bløtbunnsamfunn
 - hardbunnsamfunn
- Leverer informasjon og data som grunnlag for oppfølging av relevante nasjonale og internasjonale forpliktelser, utarbeide miljømål, vurdere behovet for og effekten av tiltak

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

DNV, 2004. Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. Samlerapport – 2003.

DNV, 2004. Delrapport: Vannkvalitet 2003.

DNV, 2004. Delrapport: Gruntvannssamfunn 2003.

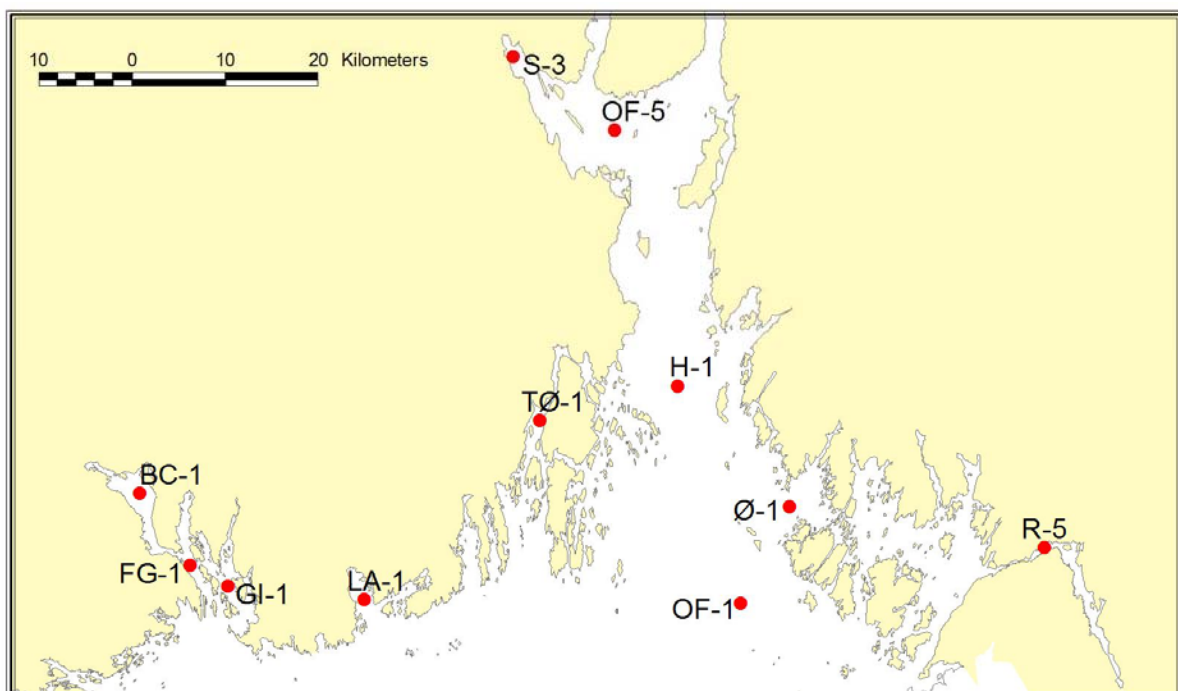
DNV, 2004. Delrapport: Bløtbunnsfauna 2003 (denne).

Denne rapporten omhandler resultater fra undersøkelse av bløtbunnsfaunaen fra 3 stasjoner i 2003 samt sammenligning mellom år.

3 MATERIALE OG METODER

3.1 Prøvetaking og analyser

Det ble prøvetatt fauna fra 3 stasjoner i Ytre Oslofjord. De tre stasjonene er plassert ved Rauå, Ringdalsfjorden ved Hvaler og midtfjords ved Torbjørnsskjær. F/F *Trygve Braarud* ble brukt til prøvetaking i perioden 31. mars – 3. april i 2003. En oversikt over stasjonsplasseringen er vist i figur 3.1.



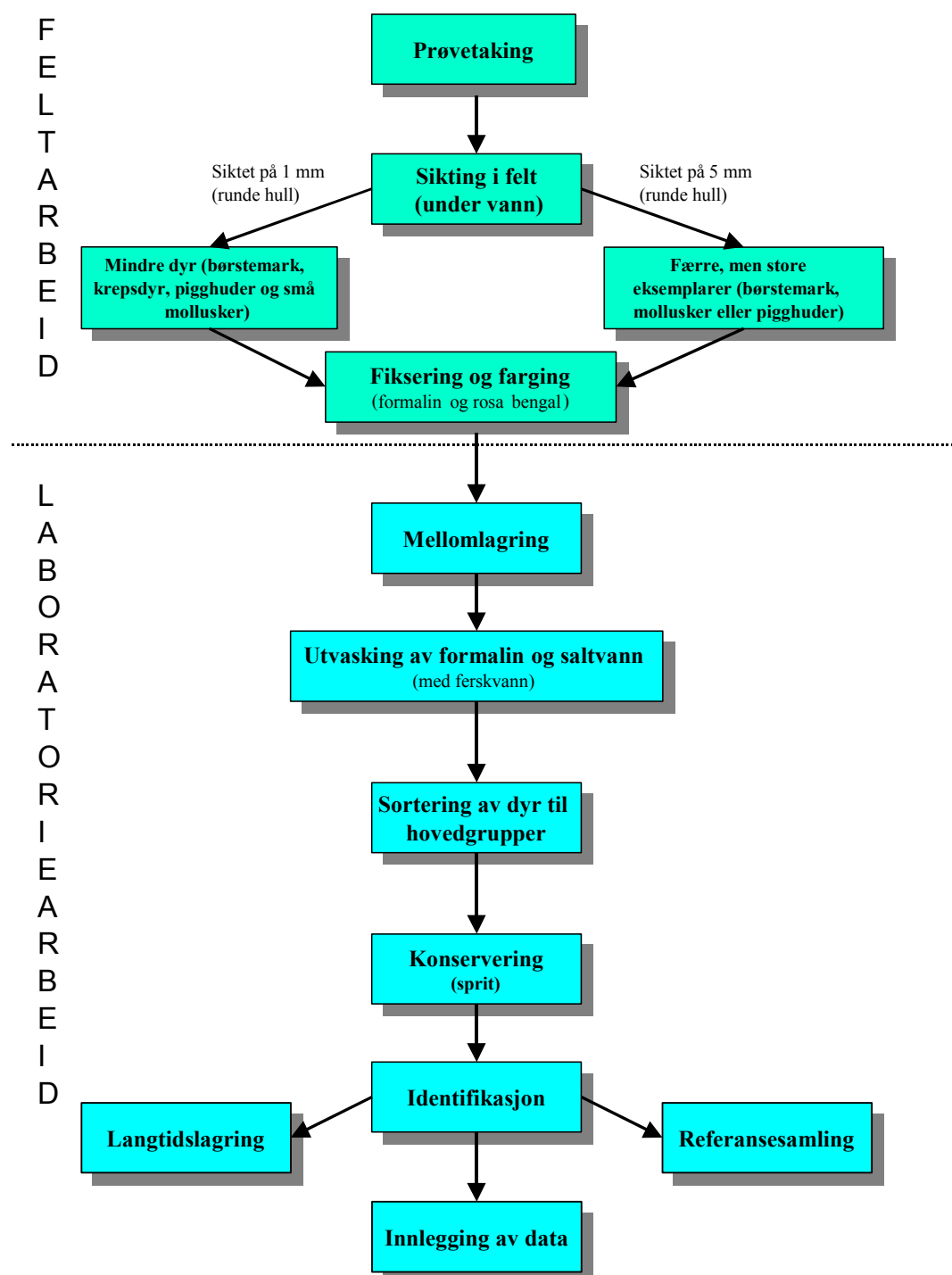
Figur 3.1. Stasjonsplassering, bløtbunnsfauna. I 2003 ble følgende stasjoner prøvetatt: R5, OF1 og H1.

Prøvetaking av bløtbunn ble utført i henhold til akkreditert metode - "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser" (TEST nr. P083).

Bunnsfauna 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 sikter med hullstørrelse 5 mm, deretter 1 mm. Restmaterialet ble overført til plastbøtter, dobbelmerket, tilsatt fargestoff (Bengalrosa) og konserverert i nøytralisert formalin for videre bearbeidelse i laboratoriet.

Prøvene 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. Flytskjema - opparbeidelse av bløtbunnsprøver.

3.2 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

En visuell beskrivelse av sedimentet er gitt i tabell 4.1.

Tabell 4.1. Beskrivelse av sedimentet fra Ytre Oslofjord 2003.

Stasjon	Sted	Dyp i m	Grabb-skudd	Beskrivelse
OF-1	Torbjørnskjær	452	3	Grå/brun myk leire
R-5	Ringstadfjorden	34	3	Sort bløt jord. Råtten lukt
H-1	Rauø	343	3	Grå myk leire

4.2 Bløtbunnsfauna

Tilsammen ble det funnet 90 arter og 2460 individer på de 3 undersøkte stasjonene. Faunaen domineres tallmessig av bløtdyr (mest muslinger). Artsantallet er størst blant 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, Ytre Oslofjord 2003.

Dyregrupper	Arter		Individer	
	Antall	%	Antall	%
Varia	6	6,67	89	3,62
Børstemark	41	45,56	824	33,50
Krepsdyr	19	21,11	86	3,50
Bløtdyr	18	20,00	1433	58,25
Pigghuder	6	6,67	28	1,14
Totalt	90	100,00	2460	100,00

4.2.1 Diversitet og dominans

Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon Wiener diversitetsindeks (H'), jevnhet (J) og ES_{100} (forventet antall arter på 100 individer) fra et overflateareal på $0,3 \text{ m}^2$ 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 *ES*₁₀₀ fra et overflateareal på 0,3 m, Ytre Oslofjord 2003.

Stasjon	Sted	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES ₁₀₀	Tilstandsklasse	
								H'	ES ₁₀₀
H-1	Rauø	343	39	415	3,8	0,7	22	II	II
OF-1	Torbjørnsskjær	452	59	1843	3,0	0,5	15	II	III
R-5	Ringdalsfjorden	34	24	147	3,3	0,7	20	II	II

Antall arter per stasjon varierte fra 24 (R-5 Ringdalsfjorden) til 59 (OF-1 Torbjørnsskjær). Antall individer varierte fra 147 (R-5 Ringdalsfjorden) til 1843 (OF-1 – Torbjørnsskjær). Diversitetsindeksen *H'* varierte fra 3,0 (OF-1 – Torbjørnsskjær) til 3,8 (H-1 – Rauø). *ES*₁₀₀ verdien varierte fra 15 (OF-1 – Torbjørnsskjær) til 22 (H-1 – Rauø).

Bløtbunnsamfunnet blir vanligvis betraktet som uforstyrret når diversitetsindeksen (*H'*) er 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 II "god" på alle de 3 prøvetatte stasjoner.

Diversitetsindeksen (*H'*) bør ifølge Pearson & Rosenberg (1978) brukes kombinert med Pielou's jevnhetsindeks (*J*). Jevnhetsindeksen varierer fra 0 - 1, der verdier nær 1 betyr en jevn fordeling mellom arter. Jevnhetsindeksen for faunaen på disse stasjonene varierte mellom 0,5 og 0,7. Stasjon OF-1 har den laveste jevnhetsindeksen.

På basis av *ES*₁₀₀ verdien klassifiseres stasjon H-1 og R-5 i SFTs tilstandsklasse II, "god". Stasjon OF-1 har en verdi tilsvarende tilstandsklasse III "mindre god". Generelt vil *ES*₁₀₀ verdier under 20 indikere at bunnfaunasamfunnet er forstyrret.

På bakgrunn av stasjonsindeksene skiller faunaen på stasjon OF-1 seg ut som lettere påvirket. Stasjonen er imidlertid dyp, noe som vil ha betydning for faunaen på stasjonen.

Det er viktig å merke seg at dette 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 konklusjoner basert på økologiske forhold. For eksempel avviker tilstandsklasse for en stasjon om en benytter diversitetsindeks eller *ES* som grunnlag. Dette understreker at tilstandsgrupperingene ikke er absolutt.



Dominerende arter

Generelt viser ti på topp listen en moderat til stor dominans av indikatorarter for organisk belastning (Rygg, 1995). 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 næringssalter 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.

De ti dominante artene utgjorde fra 84 % (H-1) til 92 % (OF-1) og den dominante arten utgjorde fra 25 % (H-1) til 40 % (OF-1), se tabell 4.5.

Børstemarkene *Pseudopolydora antennata*, som dominerer faunaen på stasjon R-5 er en spesielt sterk indikatorart som også kan leve i og på anaerobe (oksygenfrie) sedimenter, beskrevet bl.a. i Pearson & Rosenberg (1978), Borja et. al. (2000) og Eaton (2001). *Paramphinome jeffreysii* (børstemark) som dominerer faunaen på stasjon H-1 er i følge Rygg (1995) også en indikatorart. Imidlertid er denne arten svært vanlig å finne i fjorder. Muslingen *Thyasira equalis* som dominerer faunaen på stasjon OF-1, er i følge Wikander (pers. med) en typisk dypvannsart som trives på "ren" bunn, dvs. den trives ikke på spesielt organisk belastede lokaliteter. I tillegg blir denne arten relativt gammel (opptil 16 år) slik at på lokaliteter hvor fullvoksne individer av denne arten finnes, vil arten være en indikator på at forholdene har vært relativt gode over lang tid. Imidlertid indikerer det store individantallet på stasjon OF-1 en forstyrrelse.

Stasjon OF-1 er en dyp stasjon og det er vanlig at det oppstår oksygensvikt på dype stasjoner med jevne mellomrom, noe som kan forklare en noe svekket fauna her.

Ut fra individ- og artssammensetning kan faunaen på stasjon R-5 karakteriseres som forstyrret. I forrige undersøkelse ble stasjonen ut fra diversitetsindeksen betegnet som påvirket. I 2003 er imidlertid diversiteten relativt høy på stasjonen, noe som skyldes et svært lite individantall.

Faunaen på stasjon H-1 kan betegnes som en relativ normal fjordfauna tatt i betraktning dypet på stasjonen.



DELRAPPORT: BLØTBUNNSFAUNA 2003

Tabell 4.5. De ti dominante artene på hver stasjon, Ytre Oslofjord 2003.

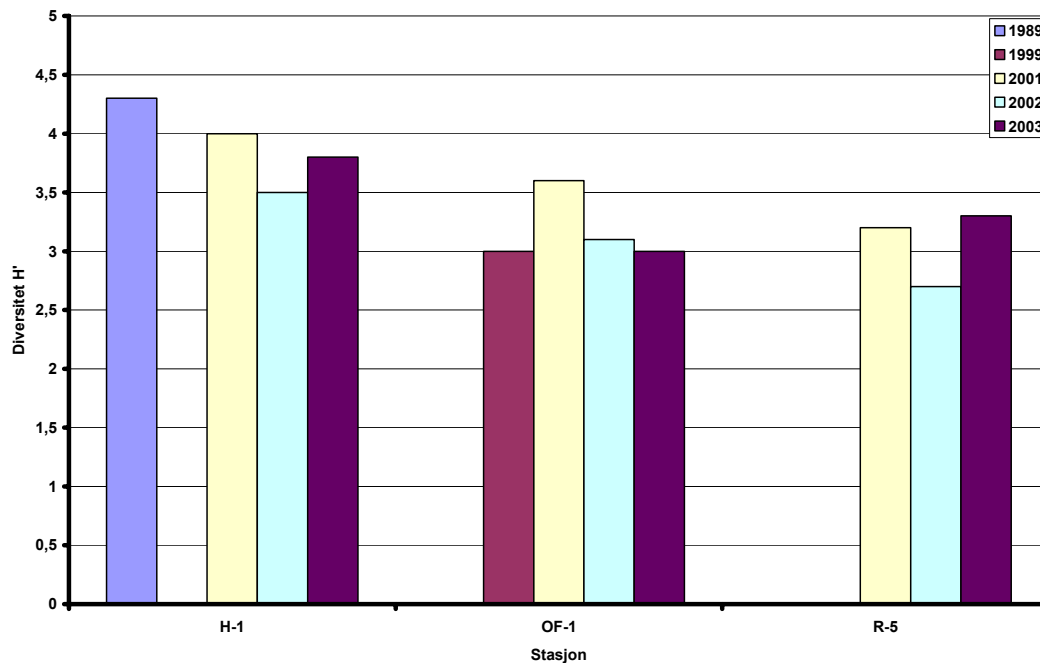
10 mest vanlige arter								
H-1	Antall	%	Kum%	OF-1	Antall	%	Kum%	
Paramphinome jeffreysii	104	25,06	25,06	Thyasira equalis	730	39,61	39,61	
Nucula tumidula	61	14,70	39,76	Nuculoma tenuis	289	15,68	55,29	
Thyasira equalis	53	12,77	52,53	Paramphinome jeffreysii	206	11,18	66,47	
Ceratocephale loveni	35	8,43	60,96	Abra nitida	198	10,74	77,21	
Tharyx sp.	34	8,19	69,16	Caulleriella sp	169	9,17	86,38	
Paraedwardsia arenaria	18	4,34	73,49	Nemertea spp.	31	1,68	88,06	
Montacuta ferruginosa	9	2,17	75,66	Montacuta ferruginosa	22	1,19	89,26	
Terebellides stroemi	9	2,17	77,83	Prionospio cirrifera	19	1,03	90,29	
Eriopisa elongata	8	1,93	79,76	Ceratocephale loveni	16	0,87	91,16	
N.tetragona	8	1,93	81,69	Heteromastus filiiformis	16	0,87	92,02	
Lumbrineris aniara	8	1,93	83,61					
R-5	Antall	%	Kum%					
Pseudopolydora antennata	40	27,21	27,21					
Corbula gibba	34	23,13	50,34					
Prionospio steenstrupi/malmgr.	16	10,88	61,22					
Glycera alba	14	9,52	70,75					
Oligochaeta sp.	9	6,12	76,87					
Nemertea spp.	5	3,40	80,27					
Ophiuroidea spp. juv	4	2,72	82,99					
Prionospio cirrifera	4	2,72	85,71					
Polydora caeca	3	2,04	87,76					
Thyasira sarsii	2	1,36	89,12					
Chaetozone sp	2	1,36	90,48					
Polynoidae indet	2	1,36	91,84					

Sammenligning med tidligere års undersøkelser

Data fra undersøkelser utført av DNV i 2001, 2002 og 2003 er sammenlignet med data fra tidligere undersøkelser (NIVA, 1990; NIVA, 1995; 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, 2002 og 2003 er summen av 3 grabber (areal $0,3 \text{ m}^2$) som sammenlignes med summen av 4 grabber (areal $0,4 \text{ m}^2$) prøvetatt tidligere år. Se tabell 4.6 og figur 4.2.

På stasjon H-1 ved Rauø har diversiteten økt noe siden forrige undersøkelse og nærmer seg 2001 nivået. I forhold til diversitetsindeksen i 1989 (4,3) er nivået fortsatt noe redusert, se figur 4.2. På stasjon R-5 har diversiteten økt siden 2002 og er på samme nivå som i 2001. Antall individer og til dels antall arter er betydelig redusert siden 2002 på denne stasjonen. Det ble i tillegg registrert råtten lukt av sedimentet på denne stasjonen.

På stasjon OF-1 ved Torbjørnskjær er diversiteten på samme nivå som i 2002.



Figur 4.2. Utviklingen av diversiteten på stasjon H-1, OF-1 og R-5, Ytre Oslofjord 2003.



Tabell 4.6. Oversikt over parametrene dyp, diversitet, antall arter og individer på felles stasjoner undersøkt i 2001- 2003 samt på tidligere undersøkte sammenlignbare stasjoner.

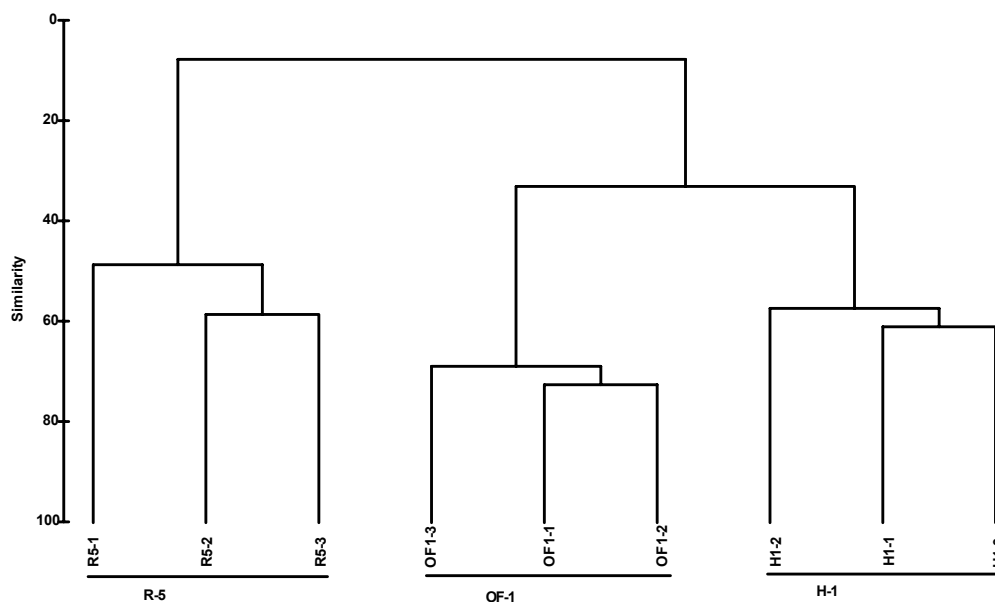
DNV Stasjon	Sted	Dyp (m)	H'			S			N			NIVA/UIO Stasjon*	Dyp* (m)	H'*	S*	N*
			2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003					
H-1	Rauø	343	4	3,5	3,8	49	38	39	751	443	415	24 (1989)	306	4,3	41	373
OF-1	Torbjørn-skjær	452	3,6	3,1	3,0	53	45	59	1632	1959	1843	A460 (1999)	452	3	47	1269
R-5	Ringdals-fjorden	34	3,2	2,7	3,3	37	31	24	907	657	147					

* Tidligere undersøkte stasjoner lokalisert i samme område som stasjoner undersøkt i 2001-2003.



4.2.2 Likhetsanalyser

Likhetsanalyser (klassifikasjon og ordinasjon) er benyttet til å gruppere grabbprøvene fra de tre stasjonene etter grad av faunalikhet. Ved klassifikasjon og ordinasjon beregnes først likheten mellom hver grabbprøve og alle andre grabbprøver. Resultatet sammenstilles i en likhetsmatrise som benyttes i de videre analyser. Resultatene fra klassifikasjons- og ordinasjonsanalysen er presentert i dendrogram og MDS plott (figur 4.3 og 4.4). Disse viser at grabbene deler seg inn i 3 hovedgrupper etter stasjon.



Figur 4.3. Dendrogram bløtbunnsfauna, Ytre Oslofjord 2003.

Stasjonene inndeler seg etter dyp og lokalitet. Stasjon R-5 er en grunn stasjon (34m) lokalisert nær land og prøvene fra denne skiller seg mest fra de øvrige. Stasjon H-1 og OF-1 er relativt dype stasjoner på hhv. 343 og 452m. Stasjon OF-1 er lokalisert midtfjords ute ved Torbjørnskjær og stasjon H-1 er også plassert midtfjords ved Rauå, men lenger inn i fjorden.



Figur 4.4. MDS plott bløtbunnsfauna, Ytre Oslofjord 2003.

Simperanalysen viser hvilke arter som bidrar mest til forskjellen mellom gruppene. Grabbene på stasjon R-5 er mest ulik de øvrige, > 90 %. Forskjellen mellom stasjon H-1 og OF-1 er også relativt høy, ca. 65 %. Stasjon R-5 skiller seg ut hovedsakelig pga. svært få eller ingen individer av de dominante artene på stasjon H-1 og OF-1. I tillegg har denne stasjonen et høyere antall av de sterke indikatorartene *P. antennata* og *Corbula gibba*.

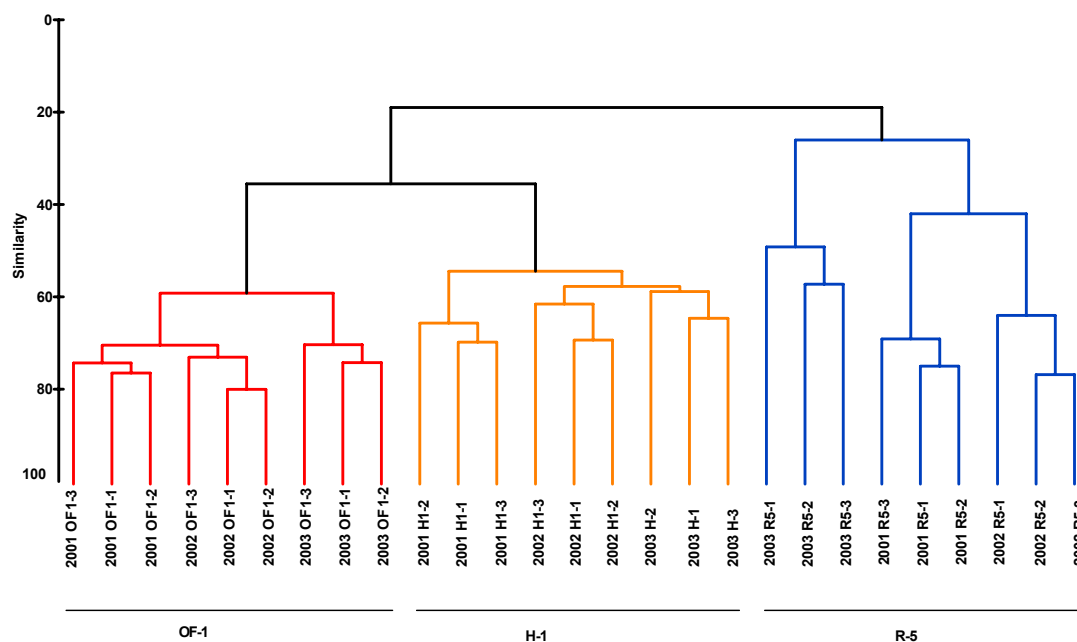
Stor overvekt av muslingene *T. equalis*, *Nuculoma tenuis* og *Abra nitida* på stasjon OF-1 gjør at denne stasjonen skiller seg fra H-1. Disse er i flere arbeider beskrevet som tolerante (bl.a. Rygg, 1995 og Pearson & Rosenberg, 1978), men er også typiske å finne på slike lokaliteter (de trives på dypt vann). *T. equalis* er en typisk dypvannsart (normal funnet fra 100 – 300 m) som trives på ”ren” bunn og som blir forholdsvis gammel. På lokaliteter hvor fullvoksne individer av denne arten finnes, vil arten være en indikator på at forholdene har vært gode over lang tid. Dypet kan derfor være den egentlige årsaken til den store dominansen.



4.2.3 Sammenligning med undersøkelsen i 2001 og 2002

Resultater fra likhetsanalyser utført på tallmaterialet fra 2001, 2002 og 2003 er vist i dendrogram og MDS plott i figur 4.5 og 4.6.

Stasjonene deler seg i 3 hovedgrupper fordelt på stasjoner. Innenfor hver hovedgruppe inndeles stasjonene seg etter år. Inndeling i grupper etter stasjoner kan i en viss grad tilskrives relativt store dybdeforskjeller mellom stasjonene.



Figur 4.5. Dendrogram bløtbunnsfauna, Ytre Oslofjord 2001 - 2003.



Figur 4.6. MDS plott bløtbunnsfauna, Ytre Oslofjord 2001 - 2003.



Gruppen som utgjøres av stasjon R-5 er den minst homogene gruppen (likhet på ca. 30 %), dvs. at endringer over tid er størst her. Likheten innen for de 2 øvrige gruppene er 55 – 60 %. De største endringer på stasjon R-5 har skjedd i perioden 2002 til 2003 ved en betydelig reduksjon i antall individer, indikatorarter inkludert, samt antall arter. Pga. av lite individantall på stasjonen blir diversiteten høyere i 2003 enn i 2002. Endringene i individ- og artsantall tolkes imidlertid i retning av dårligere forhold, noe som understøttes av råtten lukt av sedimentet på denne stasjonen.

Simperanalysen viser hvilke arter som bidrar mest til forskjellen mellom gruppene. Gruppe stasjon R-5 skilte seg fra de to øvrige stasjonene med ca. 80 %. Stasjonen inneholdt få eller ingen individer av de mest dominante artene på de to øvrige stasjonene.

Forskjellen mellom stasjon OF-1 og H-1 var ca. 65 % . Det store antallet av *T. equalis* i faunaen på stasjon OF-1 bidro mest til forskjellen mellom de to.

Det ble utført en egen simper analyse på stasjon R-5 alle år. Den største endringen har skjedd i 2003. Det har vært en stor nedgang i antall individer siden 2002, inkludert indikatorarter. Det har også vært en nedgang i antall arter på stasjonen. Diversiteten har gått noe opp, men den store endringen i individ- og artsantall samt registrering av råtten lukt på stasjonen indikerer dårligere forhold.



5 KONKLUSJON

Konklusjonen er basert på tre hovedelementer:

4. Univariate analyser (diversitetsindekser m.m).
5. Artssammensetning (antall arter og individer, indikatorarter og ti på topp liste).
6. Multivariate analyser (faunalikhet, dendrogram , MDS m.m).

Ut fra en helhetsvurdering kan tilstanden i bunnfaunaen på stasjon OF-1 og H-1 betraktes som relativt uendret siden 2002. Den negative utviklingen som ble påvist i faunasamfunnet spesielt på stasjon H-1 ser ut til å ha stoppet opp. Stasjonene har en relativ normal fjordfauna typisk for ”dypvannsstasjoner”. En økning i diversitetsindeksen på stasjon R-5 siden 2002 indikerer ingen positiv utvikling, da bildet er mer komplisert. Bl.a. har denne indeksen ikke fanget opp den betydelige nedgangen i individ- og til dels artsantall samt tilstedeværelsen av utpregede indikatorarter. Stasjon R-5 betegnes som påvirket og utviklingen har vært negativ siden 2002.



6 REFERANSER

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

Borja A., Franco, J. & Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12): 1100-1114.

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

Eaton, L. 2001. Development and validation of biocriteria using benthic macroinvertebrates for North Carolina estuarine waters. *Marine Pollution Bulletin*. 42(1): 23-30.

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.

NIVA 1990: Eutrofisisituasjonen 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 Inr. 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.

SFT 97:03, 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

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 forurensningsovervåkning. 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.

- 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 ES_{100} 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.

ES_{100}

Antall arter i en "rarefaction" kurve representert med 100 individer (dvs. forventet antall arter i en prøve på 100 individer, kalt ES_{100}), brukes som et standardisert diversitetsmål. Generelt vil ES_{100} 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:

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

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

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 kvadratrottransformasjon.

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



APPENDIKS
B
ARTSLISTE



APPENDIKS B

YTRE OSLOFJORD 2003	H1-1	H1-2	H1-3	OF1-1	OF1-2	OF1-3	R5-1	R5-2	R5-3
Paraedwardsia arenaria	3	13	2	0	1	0	0	0	0
Actinaria sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Golfingia sp.	4	0	3	0	0	0	0	0	0
Nemertea spp.	2	2	3	15	8	8	2	3	0
Oligochaeta sp.	0	0	0	0	0	6	7	0	2
Aphrodite aculeata	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pholoe pallida	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Polynoidae indet	0	0	0	0	1	0	2	0	0
Neoleanira tetragona	2	4	2	2	2	1	0	0	0
Glycera alba	0	0	0	0	0	0	5	4	5
Nereimyra punctata	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Synelmis klatti	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ceratocephale loveni	9	18	8	4	6	6	0	0	0
Nephtys paradoxa	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Paramphinome jeffreysii	11	83	10	28	74	104	0	0	0
Lumbrineris aniara	0	5	3	1	1	0	0	0	0
Lumbrineris scopa	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Phylo norvegica	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Orbinidae indet juv	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Aricidea catherinae	0	0	0	2	0	1	0	0	0
Levinsenia gracilis	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Paradoneis lyra	2	1	0	1	2	5	0	0	1
Polydora caeca	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Pseudopolydora antennata	0	0	0	0	0	0	4	29	7
Prionospio cirrifera	2	1	0	1	0	18	3	0	1
Prionospio steenstrupi/malmgreni	0	0	0	0	0	0	2	6	8
Spiophanes kroeyeri	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Cauleriella sp	0	0	0	25	21	123	1	0	0
Chaetozone sp	0	0	1	0	0	1	2	0	0
Tharyx sp.	1	17	16	6	4	3	0	0	0
Cossura longocirrata	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Chaetopterus variopedatus	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Heteromastus filiformis	1	2	1	4	6	6	1	0	0
Praxillella praetermissa	0	0	0	5	0	2	0	0	0
Ophelina cylindricaudata	0	0	0	1	4	1	0	0	0
Ophelina abranchiata	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Scalibregma inflatum	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Myriochele oculata	0	0	0	5	4	5	0	0	0
Pectinaria auricoma	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Eclysippe vanelli	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Terebellides stroemi	3	0	6	0	0	0	0	0	0
Melinna cristata	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Eupolymnia nebulosa	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Laphania boeckii	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Polycirrus norvegicus	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Jasmineira sp.	0	0	0	0	1	5	0	0	0
Calocaris macandrea	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Decapoda sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Eriopisa elongata	3	3	2	0	0	0	0	0	0
Eudorella emarginata	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Eudorella truncatula	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Halice abyssii	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Harpinia crenulata	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Leptognathia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0



APPENDIKS B

YTRE OSLOFJORD 2003	H1-1	H1-2	H1-3	OF1-1	OF1-2	OF1-3	R5-1	R5-2	R5-3
Leucon nasica	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Leucon sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Macrocypis sp.	1	0	4	0	0	0	0	0	0
Neohela monstrosa	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda indet	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Philomedes lilljeborgi	0	3	1	0	0	1	0	0	0
Processa canaliculata	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rhachotropis spp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Westwoodilla caecula	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Chaetoderma nitidulum	1	0	0	1	2	0	0	0	0
Epitonium trevelyanum	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cylichna cylindracea	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Abra nitida	0	1	1	54	58	86	0	0	0
Corbula gibba	0	0	0	0	0	0	13	5	16
Cuspidaria cuspidata	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Montacuta ferruginosa	0	9	0	8	12	2	0	0	0
Nucula sulcata	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Nucula tumidula	15	19	27	2	0	1	0	0	0
Nuculana minuta	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Nuculana pernula	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Nuculoma tenuis	0	0	0	74	71	144	0	0	0
Philine sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Thyasira equalis	9	20	24	187	309	234	0	0	1
Thyasira obsoleta	4	2	0	1	0	0	0	0	0
Thyasira sarsii	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Yoldiella lucida	0	0	1	0	0	5	0	0	0
Antalis entale	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphilepis norvegica	0	0	0	0	4	1	0	0	0
Asteroida spp. juv	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Brissopsis lyrifera	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Ophiura affinis	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ophiuroidea spp. juv	0	0	0	6	3	4	1	2	1
Spatangidae spp.juv	0	0	0	1	0	0	0	0	0

- o0o -