



INSTITUTT FOR FISKERI- OG MARINBIOLOGI
DEPT. OF FISHERIES AND MARINE BIOLOGY

Universitetet i Bergen

Rapport nr.

11, 2002

Tilgjengelighet

Åpen

Høyteknologisenteret, N-5020 Bergen, Norway

☎ 55 58 44 00

📠 55 58 44 50

Rapportens tittel

Marinbiologisk undersøkelse av miljøforholdene i Moldefjorden,
Selje kommune

Dato

18. oktober 2002

Antall sider og bilag

24

Forfatter

Helge Botnen og Per Johannessen

Prosjektleder

Per Johannessen

Prosjektnummer

408109

Oppdragsgiver

Selje Fiskeindustri AS

Oppdragsgivers ref.

Abstract

A marine biological recipient evaluation was undertaken in Moldefjord on June 13, 2002. Temperature, salinity and oxygen were measured in water samples and grain size, organic content and bottom fauna were investigated in sediment samples.

Oxygen content in bottom water (60-80 m depth) was low and the fauna was impoverished. In shallow water (0-30 m depth) oxygen content was normal. However, in the vicinity of the outlet (20 m depth) from the fish processing plant Selje Fiskeindustri, the bottomfauna comprised mostly species and specimens typical for organic enrichment. Degradation of the environmental conditions of Moldefjord is evident compared to the situation on June 4, 1985. Currently Moldefjord is not recommendable as recipient unless measures are taken to improve the environmental conditions.

Keywords

Recipient
Hydrography
Sediments
Benthos

Emneord

Resipient
Hydrografi
Sediment
Benthos

Serien refereres som: IFM Rapport

ISSN 0803-1924

Torleiv Blattegard

Redaktør: Torleiv Blattegard

Marinbiologisk undersøkelse av miljøforholdene i Moldefjorden, Selje kommune



UNIFOB

STIFTELSEN UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN

av

HELGE BOTNEN OG PER JOHANNESSEN

**Seksjon for anvendt miljøforskning
Høyteknologisenteret
5020 Bergen**

Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25

Innhold

INNLEDNING	3
MATERIALE OG METODER	3
Undersøkelsesområdet	3
Innsamling, opparbeiding og metoder	3
Hydrografi.....	4
Sediment.....	4
Bunndyr	6
Hydrografi.....	7
Sedimentundersøkelser	9
Bunndyr	11
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	13
TAKK	14
LITTERATUR	14
VEDLEGG	15

INNLEDNING

Denne rapporten omhandler en marinbiologisk undersøkelse av miljøforholdene i Moldefjord i Selje kommune. Undersøkelsen er utført etter oppdrag fra Selje fiskeindustri av Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM). SAM er akkreditert av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer TEST 157. Undersøkelsen ble utført i juni 2002 og omfatter hydrografi, sediment og bunnfauna, samt en enkel befarings i strandsonen. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i fjorden og å undersøke forholdene rundt utslippet fra Selje Fiskeindustri. Resultatene vurderes i forhold til en tilsvarende undersøkelse fra juni 1985 (Johannessen & Stensvold 1985). Materialet både fra 1985 og 2002 kan benyttes som referansemateriale ved senere undersøkelser.

Etter undersøkelsen i 1985 ble det konkluderte med at Moldefjord fra naturens side var lite egnet som resipient, men at fjorden på det tidspunktet var i stand til å omsette tilført organiske materialet. I rapporten ble det imidlertid advart mot ytterligere tilførsler til fjorden. Som en følge av de registrerte forholdene og råd gitt for utbedring, ble det etablert et dykket ferskvannsutslipp i det innerste av bassengene i 1987. Det dykkede utslippet var ikke i drift i juni 2002.

Moldefjorden benyttes nå som resipient for Selje fiskeindustri og omkringliggende bebyggelse. I tillegg er det gitt tillatelse til å drive matfisk produksjon av laks i fjorden, men denne var ikke i drift under prøveinnsamlingen.

MATERIALE OG METODER

Undersøkelsesområdet

Moldefjord ligger sørøst for Selje (Figur 1), og er en terskelfjord med to hovedbasseng på henholdsvis 68 m (innerst) og 92 m dyp (ytterst). Bassengene skilles av en rygg på omtrent 50-60 m dyp. I munningen til fjorden ligger det en terskel på om lag 20 m dyp. På sørsiden i det ytterste bassenget ligger Selje fiskeindustri.

Innsamling, opparbeiding og metoder

Innsamling av bunnprøver ble foretatt 13. juni 2002 fra F/F *Lindisfarne*. Stasjonsopplysninger er gitt i Tabell 1 og plasseringen er vist i Figur 1. Posisjonen er tatt fra differensiert GPS

(satelitt navigator) med gradnett WGS-84. Vanddypet på stasjonene ble målt med fartøyets ekkolodd.

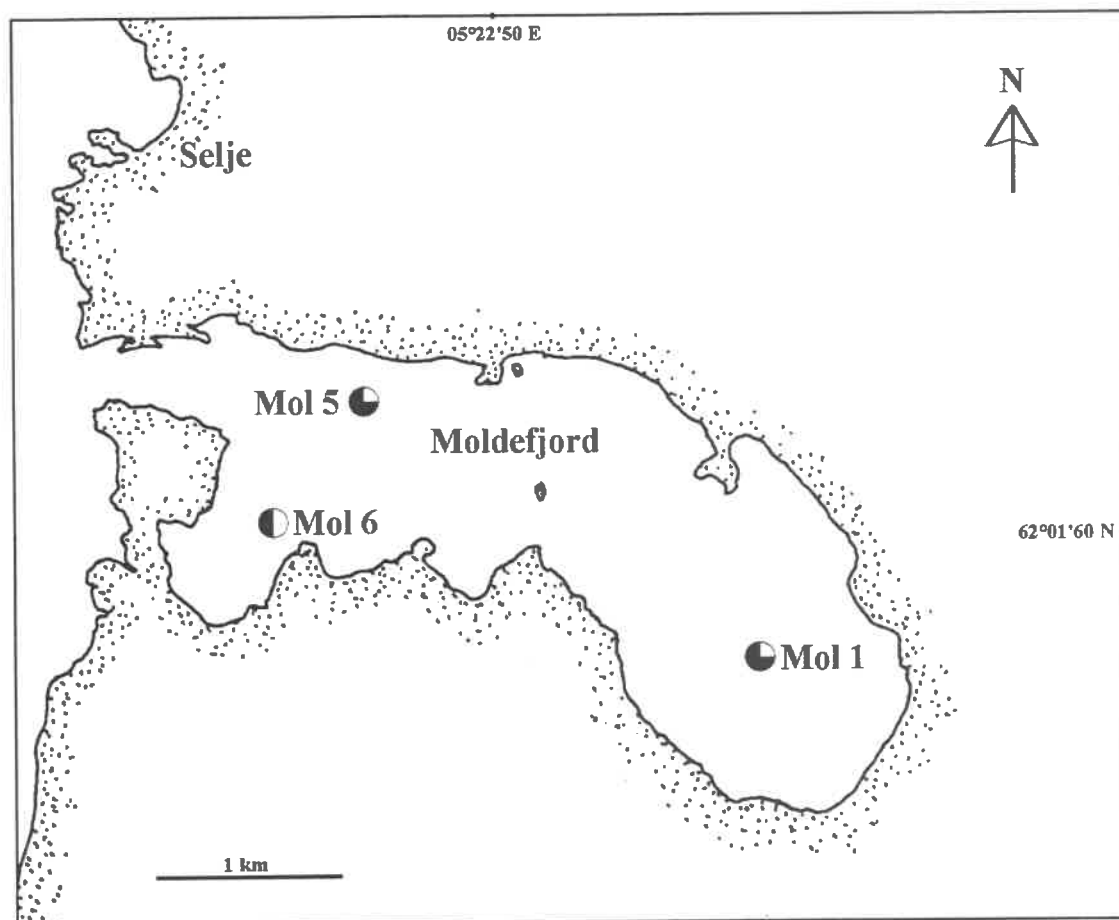
Hydrografi

Temperatur, oksygeninnhold og saltholdighet ble målt på stasjonene Mol 1 og Mol 5. Til innsamling av vannprøver ble det benyttet Nansenvannhentere med vendetermometer. Ledningsevnen i vannprøvene ble målt med et salinometer (Autolab, modell MK-III) og saltholdigheten ble beregnet. Oksygeninnholdet ble bestemt etter Winklers metode. Vannets tetthet ($\sigma_t = \text{kg/m}^3 - 1000$) og oksygenmetning ble beregnet. Tettheten øker i sjøvann med økende saltholdighet og/eller synkende temperatur. Siktedypet ble målt med secchi-skive (en hvit skive med 25 cm diameter).

Sediment

Fra hver stasjon ble det tatt en prøve til bestemmelse av partikkelfordeling og organisk innhold i sedimentet. Partikkelfordelingen ble bestemt i laboratoriet ved at prøven ble løst i vann og siktet gjennom en 0,063 mm sikt. Partiklene som var større enn 0,063 mm ble tørket og tørrsiktet slik at de kunne grupperes i størrelsesgrupper. Partikler mindre enn 0,063 mm ble gruppert i størrelsesgrupper vha. pipetteanalyse (Buchanan 1984). Det organiske innholdet i sedimentet (prosent glødetap) ble bestemt som vekttapet av prøven mellom tørking (105 ° C i ca 12 timer) og brenning (550 ° C i 1 time) (Norsk Standard 4764:1980).

Sedimentets kornfordeling forteller noe om strømforholdene. I et område med gode strømforhold vil finere partikler bli ført bort og de grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingen, som da vil vise at mesteparten av partiklene i sedimentet ligger i den grovere del av størrelsesspekteret. I et område med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avleires i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt fraksjonen dvs. mindre enn 0,063 mm.



Figur 1. Kartskisse over innsamlingsområdet med innsamlingsstasjonene markert. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt.

Tabell 1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i juni 2002. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb. Full grabb tar 22 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St Mol 1 13.06.02	Moldefjord 62°01,135'N 05°24,438'Ø	68	1	22	Mørk brunt til svart sediment med H ₂ S-lukt.
			2	22	
			3	22	
St Mol 5 13.06.02	Moldefjord 62°01,967'N 05°22,148'Ø	92	1	22	Grått til brunt/svart sediment, mye Thyasira-skall. Skjellsand. H ₂ S- lukt.
			2	22	
			3	22	
St Mol 6 13.06.02	Moldefjord 62°01,543'N 05°22,154'Ø	23	1	3	Grått finkornet sediment (sand). Svak lukt av fisk.
			2	4	
			3	4	

Bunndyr

Fra hver av stasjonene Mol 1, Mol 5 og Mol 6 ble det tatt 3 grabbprøver som ble undersøkt for bunndyr. Prøvene ble tatt med en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap, som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet $0,1 \text{ m}^2$. Hvor dypt grabben graver ned i bunnen avhenger av hardheten til sedimentet. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, blir sedimentvolumet av hver grabbprøve målt. Det er ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, dvs. grabben bør inneholde minst 3 liter sediment.

Sedimentet blir deretter vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr større enn 1 mm. Prøvene ble konservert i 4 % formalin og nøytralisert med borax. I laboratoriet ble prøvene ble skyllet på nytt, dyrene sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring og artsbestemmelse. Sålangt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Opplysninger om antall hugg og sedimentvolum i de enkelte hugg er gitt i Tabell 1. Komplette artsliste er presentert i Vedleggstabell 1.

Bunndyrmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum ved Universitetet i Bergen.

Artslisten, Vedleggstabell 1, omfatter hele artsmaterialet, også planktonorganismer som er fanget av den åpne grabben på vei ned. Under bearbeidelsen er det tatt hensyn til dette, og i analysene er det bare tatt med dyr som lever på, eller nedgravd i sedimentet. I denne undersøkelsen ble børstemarkere (Polychaeta) og bløtdyr (Mollusca) tatt med i analysene.

For å avgjøre eventuell påvirkning av faunaen i undersøkelsesområdet ble antall arter og individer i prøvene talt. Diversitet (H'), evenness (J) og H' max beregnet. For å sammenligne faunaen mellom de enkelte stasjonene og undersøkelsen som ble utført i 1985 ble det utført cluster- og ordinasjonsanalyse (multivariate- analyser). Se generelt vedlegg (analyse av bunndyrsdata) for nærmere beskrivelse av metodene.

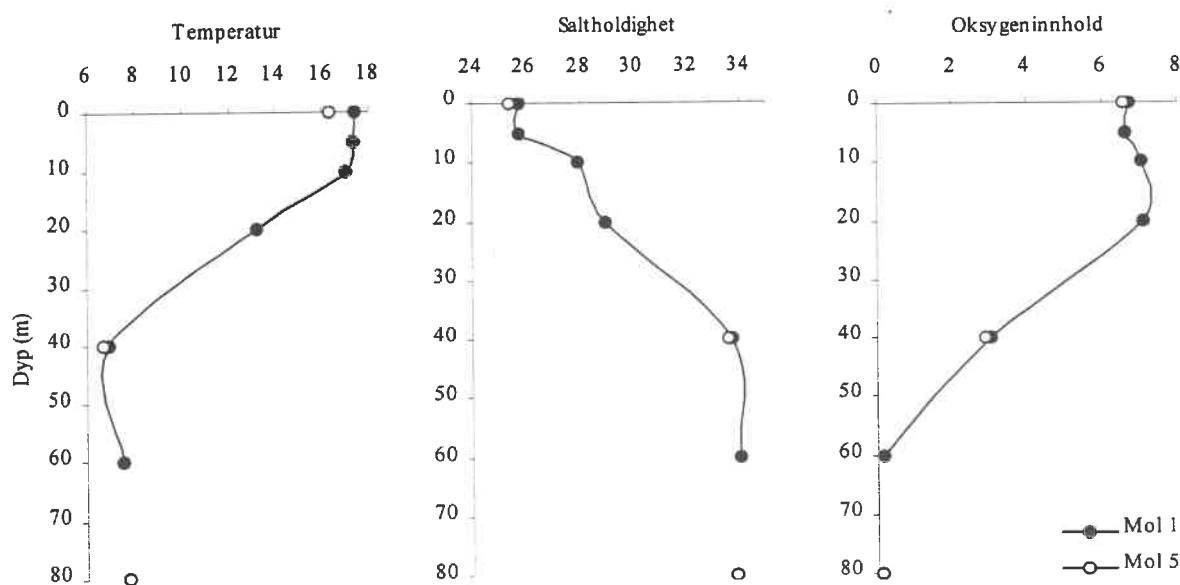
RESULTATER OG DISKUSJON

Hydrografi

Resultatene fra vannmålingene er vist i Tabell 2 og Figur 2.

Tabell 2. Hydrografidata fra stasjon Mol 1 og Mol 5, 13. juni 2002.

Stasjon Dato	Dyp (m)	Temp. (°C)	Saltholdighet (psu)	Tetthet (σ_t)	Oksygen ml/l (ml/l)	Oks.met. (% metning)	Sikt (m)
Mol 1 13.06.02	0	17,4	25,73	18,37	6,74	117,49	12
	5	17,3	25,76	18,41	6,65	115,79	
	10	17,0	27,92	20,13	7,07	123,99	
	20	13,2	28,94	21,70	7,13	116,31	
	40	6,9	33,70	26,43	3,04	44,48	
	60	7,5	34,00	26,58	0,18	2,61	
Mol 5 13.06.02	0	16,3	25,39	18,35	6,60	112,37	10,5
	40	6,7	33,56	26,35	2,90	42,25	
	80	7,8	33,85	26,42	0,09	1,32	

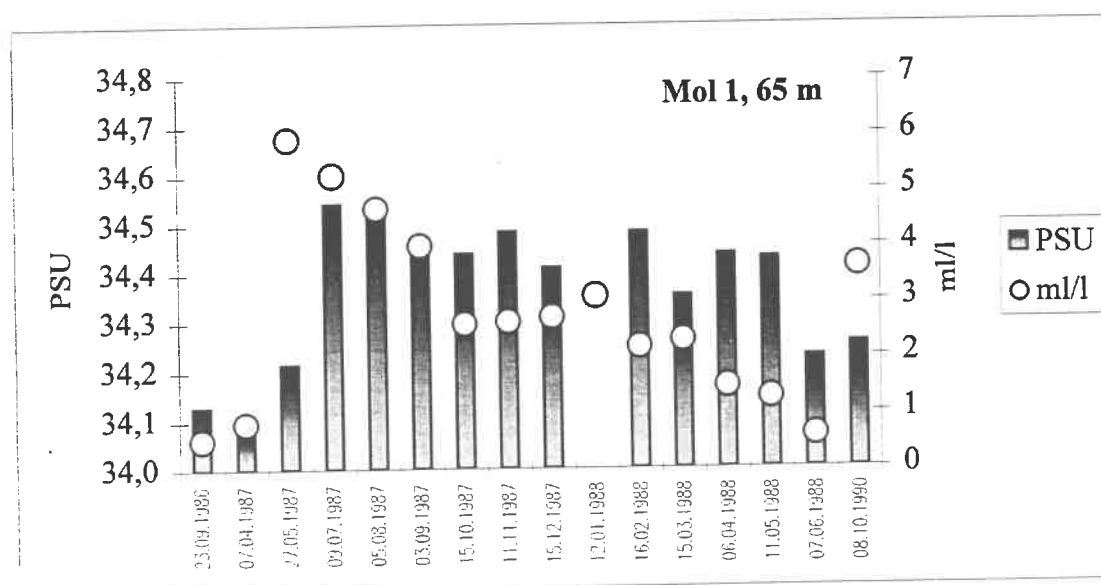


Figur 2. Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold på Mol 1 og Mol 5, 13. juni 2002.

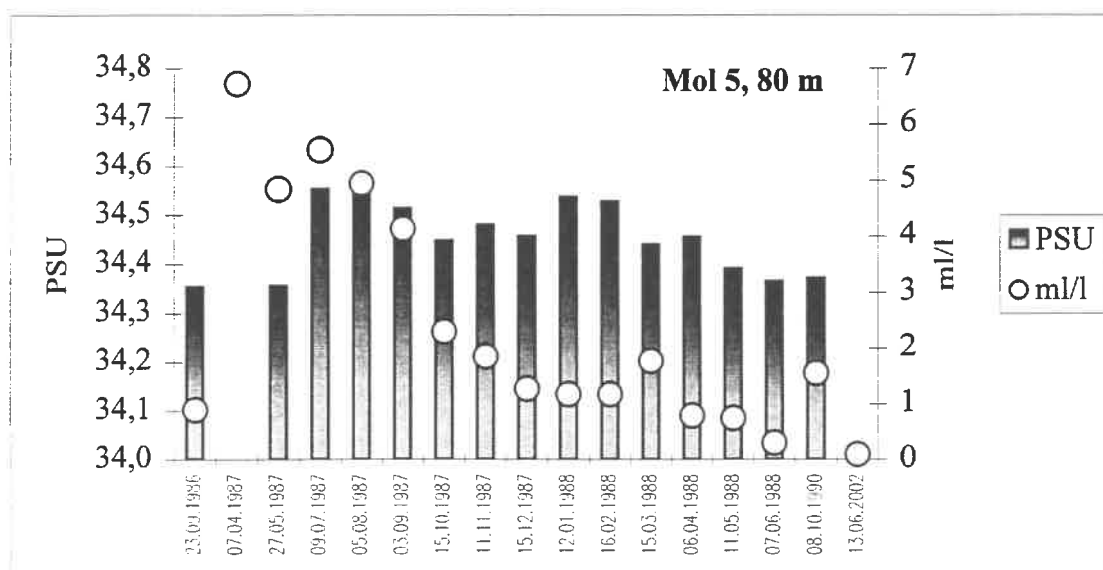
Vannprøver ble tatt fra 6 ulike dyp på Mol 1 og fra 3 ulike dyp på Mol 5. Temperaturen avtok fra overflaten (17,4 og 16,3 °C) og ned til omtrent 40 m dyp (6,9 og 6,7 °C), derfra og ned til bunnvannet økte temperaturen igjen (7,5 og 7,8 °C). Gradienten viser at det var minst to ulike vannmasser i fjorden i juni 2002. Saltholdigheten økte fra 25,7 og 25,4 i overflaten til 34 og 33,9 i bunnvannet. Temperatur og saltholdighet var normal i forhold til årstiden.

Oksygeninnholdet avtok med økende dyp og i bunnvannet var det 0,18 og 0,09 ml oksygen per liter på henholdsvis Mol 1 og Mol 5. Også i juni 1985 var det lavt oksygeninnhold, (1,35 ml O₂/l) i bunnvannet på Mol 1. Hovgaard & Moldestad (1984) påviste aldri tilsvarende lav oksygenkonsentrasjon i sin måleserie fra januar 1980 og januar 1983. Lavt oksygeninnhold i bunnvannet viser at vannutvekslingen med utenforliggende sjøområder og Moldefjord er dårlig. Forholdet skyldes terskelen i munningen til fjorden og nedbrytning av organisk materiale i fjorden.

I forbindelse med utlegging av dykket ferskvannsutslipp til fjorden i 1987 ble det i en periode fra september 1986 til juni 1988 foretatt regelmessige overvåking av oksygeninnholdet i bunnvannet, som skulle bedres på grunn av utslippet. I løpet av våren 1987 økte oksygeninnholdet markert i bunnvannet i begge fjordens basseng (Figur 3, Figur 4 og Vedleggstabell 4). Deretter avtok det gradvis utover i 1987 og 1988. I august 1990 var oksygeninnholdet 3,62 og 1,55 ml/l i henholdsvis 65 m dyp på Mol 1 og i 80 m dyp på Mol 5. Under prøveinnsamlingen i juni 2002 var det dykkede ferskvannsutslippet var ikke i drift.



Figur 3. Oksygeninnhold (ml/l) og saltholdighet (psu) i 65 m dyp på Mol 1 fra september 1986 til august 1990.



Figur 4. Oksygeninnhold (ml/l) og saltholdighet (psu) i 80 m dyp på Mol 5 fra september 1986 til juni 2002.

Siktedypet var godt i juni 2002 og ble målt til 12 og 10,5 m på henholdsvis Mol 1 og Mol 5. Siktedypet var tilfredsstillende også i juni 1985.

Sedimentundersøkelser

Resultatene fra partikkelanalysene og analysene av glødetap (organisk innhold) er gitt i Figur 5 og Tabell 3. Sedimentet er også beskrevet i Tabell 1.

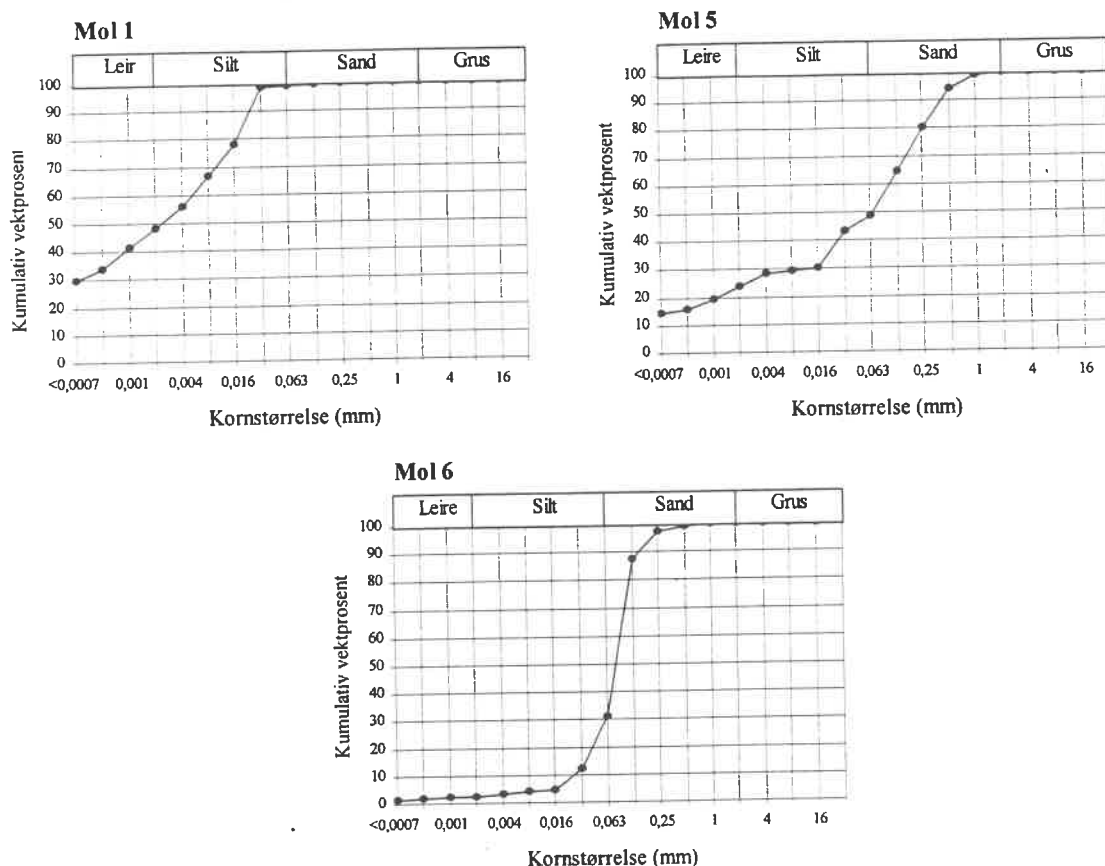
På Mol 1 bestod sedimentet av 99 % finfraksjon (leir og silt) og 1 % sand. Glødetapet ble målt til 33,2 %, som er svært høyt.

På Mol 5 var det skjellsand som var grå til brunsvart på farge. Sedimentet inneholdt mange skall av skjellet *Thyasira* og det luktet H_2S . Sedimentet bestod av 49 % finfraksjon (leir og silt) og 51 % sand. Glødetapet ble målt til 12,5 %.

I forhold til undersøkelsen fra juni 1985 var sedimentet det samme på Mol 1, og noe grovere med lavere glødetap på Mol 5. Forskjellene på Mol 5 kan skyldes noe ulik plassering av stasjonen i 1985 og 2002.

På Mol 6 var det grå finkornet sand som luktet fisk. Sedimentet bestod av 31 % finfraksjon (leir og silt) og 69 % sand. Glødetapet ble målt til 1 %.

Resultatene viste at det er svak strøm over bunnen i dypbassengene i fjorden og at organisk materiale akkumuleres på bunnen i bassengene. På grunnere vann er det noe mer strøm og mindre organisk materiale i sjøbunnen.



Figur 5. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Mol 1, Mol 5 og Mol 6 i juni 2002.

Tabell 3. Dyp, organisk innhold og andel av leir/silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene i juni 1985 og juni 2002.

Stasjon	Dyp (m)	Glødetap (%)	Leire + silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Mol 1, 1985	68	35,1	96	4	0
Mol 1, 2002	68	33,2	99	1	0
Mol 5, 1985	90	24,1	73	28	1
Mol 5, 2002	92	12,5	49	51	0
Mol 6, 2002	23	1,0	31	69	0

Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er presentert i Tabell 4, Figur 6 og Vedleggstabellene 1-3.

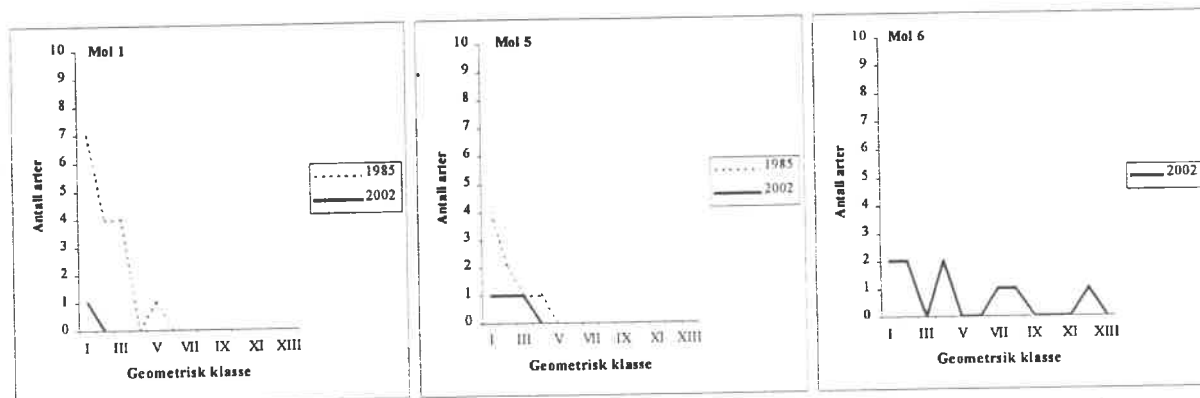
Fra Mol 1, som var plassert i det største dypet (68 m) i det innerste av bassengene i Moldefjord, ble det tatt 3 bunnprøver (0,3 m²). Til sammen var det ett individ av børstemarken *Spiochaetoterus typicus* i prøvene. Sjøbunnen i dypet var i praksis omtrent uten levende organismer i juni 2002, noe som tilsvarer tilstandsklasse V, meget dårlig i henhold til SFT sine kriterier for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. I juni 1985 var det 67 individer fordelt på 16 arter i 3 prøver (0,6m²) på Mol 1. Artsdiversiteten ble beregnet til 3 i 1985, som tilsvarer tilstandsklasse II, god. Faunastrukturen viste at miljøforholdene på Mol 1 var betydelig dårligere i 2002 enn i 1985 (Figur 6).

Også fra Mol 5, som var plassert i det største dypet (92 m) i det ytterste bassenget i Moldefjord ble det tatt 3 bunnprøver (0,3 m²). I alt ble det funnet 7 individer fordelt på børstemarken *Spiochaetopterus typicus* (4 individ), skjellet *Corbula gibba* (2 individ) og skjellet *Thyasira sarsii* (1 individ) i prøvene. Artsdiversiteten ble beregnet til 1,4, som tilsvarer miljøtilstandsklasse IV, dårlig. I 1985 ble det funnet 25 individer fordelt på 8 arter i én prøve (0,2 m²). Diversiteten ble beregnet til 2,5, tilsvarende tilstandsklasse III, mindre god. Både individ og artsantall var lavt og viste at det var dårlige miljøforhold både i 1985 og 2002 også i det ytterste av bassengene i Moldefjord, og i forhold til undersøkelsen fra 1985 har forholdene blitt klart dårligere (Figur 6).

Stasjon Mol 6 ble opprettet 13. juni 2002 og ble plassert i nærområdet til utslippsledningen fra Selje fiskeindustri for å beskrive miljøforholdene ved utslippet. I alt ble det samlet 3 bunnprøver (0,3 m²), som totalt inneholdt 3768 individ fordelt på 9 arter. Børstemarken *Capitella capitata* var representert med hele 3440 individ tilsvarende 91,3 % av alle individ i prøvene. Av fåbørstemarkgruppen *Oligochaeta* var det 205 individ (5,4 %) og av børstemarken *Scoloplos armiger* var det 101 individ (2,7 %). Ingen av de andre 6 artene forekom med mer enn 8 individ. Faunasammensetningen i sjøbunnen viste at nærområdet til utslippet var sterkt belastet. Dette underbygges av artsdiversiteten som ble beregnet til 0,5 (tilstandsklasse V, meget dårlig) (Tabell 4) og av faunastrukturen (Figur 6).

Tabell 4. Antall individer (N) og arter (S), artsdiversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Klassifisering av miljøkvalitet i tilstandsklasser ved bruk av artsdiversitet (H') (Molvær & al. 1997). Den 4. juni 1985 ble det benyttet grabb med åpning på 0,2 m², mens det den 13. juni 2002 ble det benytte grabb med åpning på 0,1 m².

Stasjon Dato	Hugg nr.	Antall individ	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H' -max	SFTs tilstandsklasse
Mol 1 04.06.85	1	45	12	2,46	0,69	3,58	II
	2	8	6	2,50	0,97	2,58	
	3	14	8	2,81	0,94	3,00	
	Sum	67	16	3,04	0,76	4,00	
Mol 5 04.06.85	1	25	8	2,45	0,82	3,00	III
Mol 1 13.06.02	1	0	0	---	---	---	V
	2	1	1	---	---	---	
	3	0	0	---	---	---	
	Sum	1	1	---	---	---	
Mol 5 13.06.02	1	2	1	---	---	---	IV
	2	2	1	---	---	---	
	3	3	2	0,92	0,92	1,00	
	Sum	7	3	1,38	0,87	1,58	
Mol 6 13.06.02	1	770	8	0,74	0,25	3,00	V
	2	1255	5	0,36	0,15	2,32	
	3	1743	6	0,53	0,21	2,58	
	Sum	3768	9	0,54	0,17	3,17	



Figur 6. Antall arter langs y-aksen mot geometriske klasser langs x-aksen i prøvene fra stasjonene Mol 1, Mol 5 og Mol 6. Mol 1 og Mol 5 ble undersøkt både i 1985 (stipplet linje) og i 2002 (tykk linje). Mol 6 ble undersøkt for første gang i 2002.

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne undersøkelsen omhandler miljøforholdene i Moldefjord i Selje kommune i Sogn og Fjordane. Undersøkelsen omfatter hydrografi, sediment og bunnfauna, og ble utført etter oppdrag fra Selje fiskeindustri. Prøveinnsamlingen ble gjennomført i juni 2002, og resultatene har blitt vurdert i forhold til en tilsvarende undersøkelsen fra juni 1985. Resultatene gir status for Moldefjord, og vil samtidig være et referansemateriale for fremtidige undersøkelser.

Vannprøvene som ble tatt fra to stasjoner i fjorden viste at det var lite oksygen i bunnvannet. Tilsvarende forhold ble påvist også i juni 1985, og skyldes dårlig vannutveksling med sjøområdet utenfor Moldefjord og oksygenforbrukende prosesser i sjøbunn og vannmasser.

Sedimentprøver ble tatt fra alle de undersøkte stasjonene og viste at sjøbunnen i dypbassengene bestod av finkornet materiale med høyt innhold av organisk materiale. På grunnere vann var det grovere sediment med lavt glødetap.

I prøvene fra de to dypeste stasjonene (Mol 1, 68 m og Mol 5, 92 m) var det få levende bunndyr. Fra Mol 1 ble det bare funnet et individ av en art og på Mol 5 var det 7 individ fordelt på 3 arter. Resultatet var dårlig, og dårligere enn i juni 1985. Den dårlige vannkvaliteten i bunnvannet skyldes dårlig vannutveksling med sjøområdet utenfor Moldefjord og høyt oksygenforbruk i fjorden. I sjøbunnen nær utslippet fra Selje fiskeindustri var det 3768 individ fordelt på 9 arter. Utslipp fra Selje fiskeindustri har resultert i en sterkt preget og redusert bunnfauna i området ved utslippet.

Samlet sett var forholdene dårlige i Moldefjord i juni 2002 og verre enn i juni 1985. Det dykkede ferskvannsutslippet som ble etablert i 1987 i det innerste av bassengene var ikke i drift i juni 2002, og etter opplysninger fra lokalkjente er det mange år siden dette har vært i drift. Det bør vurderes om ferskvannsutslippet kan igangsettes igjen, og samtidig bør det foretas en undersøkelse som kan dokumentere eventuelle positive effekt av utslipp på bunnvannets oksygeninnhold.

TAKK

Vi vil takke Ola Austring, skipper på F/F *Lindisfarne*, og oppdragsgivers representant Stein Roar Rundereim for et hyggelig tokt. P. Johannessen og H. Botnen deltok på toktet. Partikkelfordelingsanalysene og bestemmelsen av organisk innhold i sedimentet ble utført av H. Grønning. Sorteringen av bunnprøvene ble utført av R. T. Geber og M. T. Geber. Bunnfaunaen ble artsbestemt av P. Johannessen.

LITTERATUR

- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. In: Holme, NA, McIntyre, AD, editors. *Methods for the study of marine benthos*. Oxford, Blackwell scientific publications. p. 41-65.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Hovgaard, P. Moldestad 1984. Hydrografiske observasjoner i Moldefjorden i Selje. Sogn og Fjordane Distriktshøyskole. 11 pp + figurer.
- Johannessen PJ, Stensvold AM. 1985. *Resipientundersøkelse i Moldefjorden Selje kommune*. Institutt for marinbiologi, Universitetet i Bergen. *Rapportserie: Rapp. nr 27*, 1985. 20 p.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 p.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

VEDLEGG

Vedleggstabell 1. Artsliste.....	16
Vedleggstabell 2. Antall individer av de ti mest tallrike artene.....	18
Vedleggstabell 3. Antall arter i de geometriske klassen.....	19
Vedleggstabell 4. Hydrografiske data fra Moldefjord fra 1985 til 2002.....	20

GENERELL VEDLEGGSEDEL

Analyse av bunndyrsdata	21
--------------------------------------	-----------

Vedleggstabell 1. Artsliste**UNIFOB**STIFTELSEN UNIVERSITETSFORSKNING
BERGENSEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)Høyteknologisenteret i Bergen, 5020 Bergen
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25

Test 157

BENTHOS ARTSLISTE**Oppdragsgiver (navn og adresse):** Selje Fiskeindustri A/S, Boks 125, 6740 Selje**Prosjekt nr.:** 408109**Prøvetakingssted (område):** Moldefjord, Selje kommune.**Dato for prøvetaking:** 13. juni 2002**Underleverandør:** Ingen.**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet:** Ingen.**Metode:** Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test157. Undersøkelsen følger Norsk Standard NS 9423 og interne standard forskrifter.**Opplysninger om merker i artslisten:**

For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

+ i tabellen angir at det var dyr tilstede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.

/ i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).

cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.

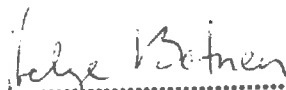
* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av 1 (en) side.

Artslisten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjennelse fra SAM.

Signatur: 
Signaturberettiget

Artsliste, Moldefjord	Mol 1 13.06.02 1. hugg	Mol 1 13.06.02 2. hugg	Mol 1 13.06.02 3. hugg	Mol 5 13.06.02 1. hugg	Mol 5 13.06.02 2. hugg	Mol 5 13.06.02 3. hugg	Mol 6 13.06.02 1. hugg	Mol 6 13.06.02 2. hugg	Mol 6 13.06.02 3. hugg
* HYDROZOA									
* Hydrozoa indet.		+							
* NEMERTINI indet.						1			
* NEMATODA indet.					10	2	ca. 100	ca. 100	ca. 300
ANNELIDA									
Polychaeta									
Phyllodoce groenlandica							0/3	0/2	0/3
Glycera alba							1		1
Scoloplos armiger							41/10	32/4	13/1
Malacoceros fuliginosa									5/3
Spiochaetopterus typicus		1			2	2			
Cirratulus cirratus							1		
Macrochaeta clavicornis							1	1	
Capitella capitata							670	1190	1580
OLIGOCHAETA indet.							42	26	137
ARTHROPODA									
Crustacea									
* Calanus finmarchicus		1	3			5	1	7	1
* Anomalocera patersoni	1		1			2			
* Diastylis cornuta									1
* Amphipoda indet.								2	2
* Euphausiacea indet.			0/1						
* Pagurus prideaux							1		
MOLLUSCA									
Bivalvia									
Thyasira sarsii						1			
Phaxas pellucidus							1		
Corbula gibba				2					
* CHAETOGNATHA indet.			1						
* PISCES									
* Pisces egg.					1		1	2	2
* VARIA								+	+

Vedleggstabell 2. Antall individer av de ti mest tallrike artene

De mest tallrike artene i prøvene i Moldefjord i juni 1985 og juni 2001, antall individer av hver art, prosent av antall individ og kumulativ prosent av antall individ.

Stasjon	Mol 1			Stasjon	Mol 5		
Prøveinnsamling	04.06.85			Prøveinnsamling	04.06.85		
Artsliste	Individ	% individ	Kum. %	Artsliste	Individ	% individ	Kum. %
Heteromastus filiformis	28	41,8	41,8	Nereis sp.	9	36,0	36,0
Ophiodromus flexuosus	7	10,4	52,2	Scalibregma inflatum	7	28,0	64,0
Scalibregma inflatum	6	9,0	61,2	Cerianthus lloydii	3	12,0	76,0
Philine scabra	5	7,5	68,7	Heteromastus filiformis	2	8,0	84,0
Cerianthus lloydii	4	6,0	74,6	Glycera alba	1	4,0	88,0
Glycera alba	3	4,5	79,1	Chaetozone setosa	1	4,0	92,0
Pectinaria indet.	3	4,5	83,6	Capitella capitata	1	4,0	96,0
Lipobranchus jeffreysii	2	3,0	86,6	OLIGOCHAETA indet.	1	4,0	100,0
Corbula gibba	2	3,0	89,6				
Phyllodoce groenlandica	1	1,5	91,0				
Spionidae indet.	1	1,5	92,5				
Capitellidae indet.	1	1,5	94,0				
Hydroides norvegica	1	1,5	95,5				
Philine quadrata	1	1,5	97,0				
Thyasira flexuosa/sarsii	1	1,5	98,5				
Styela sp.	1	1,5	100,0				

Stasjon	Mol 1			Stasjon	Mol 5		
Prøveinnsamling	13.06.02			Prøveinnsamling	13.06.02		
Artsliste	Individ	% individ	Kum. %	Artsliste	Individ	% individ	Kum. %
Spiochaetopterus typicus	1	100,0	100,0	Spiochaetopterus typicus	4	57,1	57,1
				Corbula gibba	2	28,6	85,7
				Thyasira sarsii	1	14,3	100,0

Stasjon	Mol 6		
Prøveinnsamling	13.06.2002		
Artsliste	Individ	% individ	Kum. %
Capitella capitata	3440	91,3	91,3
OLIGOCHAETA indet.	205	5,4	96,7
Scoloplos armiger	101	2,7	99,4
Phyllodoce groenlandica	8	0,2	99,6
Malacoceros fuliginosa	8	0,2	99,8
Glycera alba	2	0,1	99,9
Macrochaeta clavicornis	2	0,1	99,9
Cirratulus cirratus	1	0,0	100,0
Phaxas pellucidus	1	0,0	100,0

Vedleggstabell 3. Antall arter i de geometriske klassene

Antall arter i de ulike geometriske klassene på stasjonene Mol 1 og Mol 5 i 1985 og 2002, og på stasjon Mol 6 i 2002.

Geometrisk klasse	Mol 1 04.06.1985	Mol 5 04.06.1985	Mol 1 13.06.2002	Mol 5 13.06.2002	Mol 6 13.06.2002
I	7	4	1	1	2
II	4	2	0	1	2
III	4	1		1	0
IV	0	1		0	2
V	1	0			0
VI	0				0
VII					1
VIII					1
IX					0
X					0
XI					0
XII					1
XIII					0

Vedleggstabell 4. Hydrografiske data fra innsamlinger foretatt i Moldefjord mellom 4. juni 1985 og 13. juni 2002. Vannprøvene ble tatt fra 9 ulike dyp på stasjon Mol 1, og i fra 2 ulike dyp på stasjon Mol 5.

Moldefjord Mol 1		Dyp 04.06.1985	23.09.1986	07.04.1987	27.05.1987	09.07.1987	05.08.1987	03.09.1987	15.10.1987	11.11.1987	15.12.1987	12.01.1988	16.02.1988	15.03.1988	06.04.1988	11.05.1988	07.06.1988	08.10.1990	13.06.2002
Parameter	Temperatur °C	0	12.1	9.8	5.4	7.7	13.4	13.5	12.5	11.9	9.1	5.3	5.1	6.0	4.5	5.7	7.7	11.5	11.2
Salinitet S	5	32.649	27.152	32.388	---	31.725	31.201	31.380	29.090	30.563	29.180	29.902	32.221	32.768	31.827	31.992	31.795	28.805	25.730
	10	32.734	29.860	33.283	33.665	32.380	33.394	31.481	30.104	30.674	30.253	30.357	32.393	32.768	32.514	32.423	32.559	28.957	25.760
	20	33.012	31.177	33.477	33.789	32.874	33.827	31.575	30.980	31.026	30.510	30.499	32.703	32.803	32.754	32.726	32.807	30.414	27.920
	30	33.733	32.330	33.607	33.888	33.746	34.247	32.556	31.397	31.713	31.105	31.066	33.040	32.961	32.898	33.025	33.049	31.377	28.940
	40	34.384	33.552	33.664	33.993	34.437	34.442	34.387	34.344	33.617	33.969	32.549	33.453	33.222	33.109	33.201	33.278	33.317	---
	50	---	33.855	33.685	34.122	34.501	34.493	34.447	34.380	34.394	34.295	34.223	34.366	33.863	33.975	34.063	34.067	---	33.700
	60	34.415	34.033	33.769	34.161	34.507	34.529	34.475	34.405	34.413	34.374	34.325	34.395	34.252	34.304	34.181	34.153	34.177	---
	65	---	34.125	---	34.211	34.537	34.535	34.482	34.439	34.450	34.411	34.504	34.352	34.330	34.351	34.282	34.220	34.294	34.000
		---	34.129	34.083	34.215	34.544	34.541	34.472	34.440	34.485	34.411	---	34.484	34.354	34.438	34.431	34.228	34.255	---
Terthet		0	24.762	20.898	25.585	---	23.803	23.380	23.711	22.105	23.658	23.065	23.656	23.382	25.985	25.108	24.980	24.217	18.370
	5	24.895	22.839	26.292	26.482	24.560	25.382	23.770	22.854	23.699	23.797	23.949	25.493	25.985	25.673	25.453	25.381	---	18.410
	10	25.412	23.666	26.433	26.655	24.998	26.006	23.881	23.326	23.844	23.975	24.038	25.660	26.012	25.886	25.768	25.742	---	20.130
	20	26.188	24.721	26.500	26.746	25.926	26.643	24.770	23.762	24.224	24.257	24.387	25.829	26.049	26.022	26.088	26.047	---	21.700
	30	---	26.328	26.532	26.804	27.010	26.930	26.887	26.809	26.009	26.332	25.344	26.111	26.159	26.131	26.215	26.215	---	---
	40	26.940	26.603	26.536	26.855	27.047	27.054	27.004	26.938	26.963	26.885	26.800	26.922	26.950	26.851	26.892	26.795	26.706	26.430
	50	---	26.706	26.577	26.860	27.065	27.096	27.040	26.971	26.978	26.947	26.922	26.950	26.812	26.851	26.892	26.759	---	---
	60	26.985	26.737	---	26.886	27.075	27.087	27.046	26.998	27.007	26.976	27.063	26.994	26.912	26.929	26.874	26.812	---	26.580
	65	---	26.727	26.745	26.916	27.094	27.092	27.052	26.999	27.034	26.990	---	27.022	26.931	26.997	26.992	26.804	---	---
Oksygen (ml/l)		0	7.30	7.64	7.39	6.72	6.59	6.29	6.99	6.37	5.34	7.37	7.96	7.57	8.25	8.35	9.24	8.16	6.74
	5	7.57	7.42	7.60	6.17	6.91	7.43	7.10	6.35	6.00	6.22	7.15	7.74	7.20	8.24	8.33	9.62	9.33	6.65
	10	8.10	6.99	6.19	5.51	7.02	7.10	6.36	6.51	5.47	5.90	7.08	7.77	6.98	8.07	8.87	9.46	8.86	7.07
	20	8.15	6.87	4.88	5.18	7.10	6.36	6.51	5.47	5.55	6.61	7.39	6.78	7.62	8.60	8.60	7.23	6.75	7.13
	30	---	5.46	4.51	5.64	5.73	5.96	4.82	3.80	4.45	4.45	6.10	6.00	7.25	6.18	6.57	6.08	4.98	---
	40	3.70	3.71	4.12	5.91	5.47	4.91	4.47	3.32	3.05	3.31	3.50	3.19	2.61	2.64	1.67	1.57	1.08	3.04
	50	---	1.24	4.19	5.80	5.66	5.10	4.43	3.59	3.20	3.19	3.19	3.20	2.13	2.36	1.47	1.38	0.59	0.18
	60	1.35	0.79	---	6.33	5.28	4.83	4.15	3.24	3.19	3.20	3.20	3.20	2.13	2.36	1.47	1.38	0.59	---
	65	---	0.53	0.83	5.93	5.28	4.67	4.00	2.59	2.63	2.71	3.10	3.10	2.18	2.30	1.47	1.27	0.59	3.62
Moldefjord Mol 5		Dyp 23.09.1986	07.04.1987	27.05.1987	09.07.1987	05.08.1987	03.09.1987	15.10.1987	11.11.1987	15.12.1987	12.01.1988	16.02.1988	15.03.1988	06.04.1988	11.05.1988	07.06.1988	08.10.1990	13.06.2002	
Parameter	Temperatur °C	50	6.8	5.5	6.6	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.0	7.1	7.1	7.0	7.1	7.0	7.2	7.8	
	80	7.1	5.4	6.6	7.0	7.0	6.9	6.9	7.0	6.9	6.8	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.2	7.6	
Salinitet S	50	34.175	33.549	34.318	34.529	34.524	34.393	34.362	34.394	34.392	34.394	34.417	34.352	34.288	34.296	34.228	34.157	34.255	33.85
	80	34.354	33.653	34.356	34.554	34.575	34.514	34.448	34.457	34.480	34.457	34.537	34.528	34.440	34.455	34.391	34.365	34.372	---
Terthet σ_t	50	26.818	26.490	26.957	27.069	27.065	26.962	26.924	26.947	26.963	26.963	26.967	26.916	26.879	26.872	26.832	26.749	---	26.42
	80	26.917	26.584	26.987	27.089	27.105	27.071	27.005	27.044	27.040	27.040	27.075	27.068	26.999	27.011	26.960	26.912	---	---
Oksygen (ml/l)	50	1.24	6.65	5.75	5.73	5.20	4.67	4.11	3.86	3.48	3.48	3.48	2.75	2.54	1.76	1.56	1.27	4.08	0.09
	80	0.89	6.73	4.84	5.55	4.95	4.13	2.30	1.85	1.27	1.17	1.17	0.79	0.79	0.74	0.30	1.55	---	---

Generelt vedlegg - Analyse av bunndyrsdata

Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurensset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensede områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0.1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

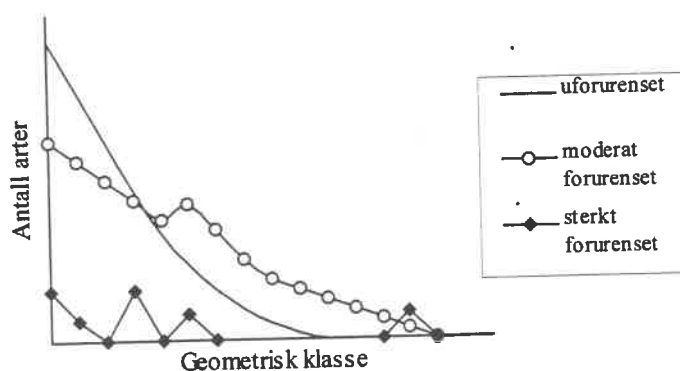
Geometriske klasser

På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, fire til syv osv. En slik gruppering kalles en geometrisk rekke, og gruppene som kalles geometriske klasser nummereres fortløpende I, II, III, IV, osv. Et eksempel er vist i Tabell v1. For ytterligere opplysninger henvises til Gray & Mirza (1979) og Pearson & al. (1983).

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson & Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurensset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurensset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små topper og nullverdier (Figur v1).

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall ind./art	Antall arter
I	1	23
II	2 - 3	16
III	4 - 7	13
IV	8 - 15	9
V	16 - 31	5
VI	32 - 63	5
VII	64 - 127	3
VIII	128 - 255	0
IX	256 - 511	2

**Figur v1.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurensset, moderat forurensset og for et sterkt forurensset område.

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Statens forurensningstilsyn (SFT) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom (S, totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J, fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i ,$$

der: $p_i = n_i/N$, n_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, $H'_{\max}$ ($= \log_2 S$), er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \text{ (Pielou 1966),}$$

der: H' = Shannon Wiener indeks og $H'_{\max}$ = diversitet dersom alle arter har likt individantall.

Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien en. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélín 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær & al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrsprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med SFT's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

Tabell v2. Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra arts mangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær & al. 1997).

Parameter		Tilstandsklasse				
		I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks (H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks ($ES_{n=100}$)	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær & al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

Dataprogrammer

Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERS". Dataprogram og makro er laget av Knut Årrestad ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB.

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon*. - SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.