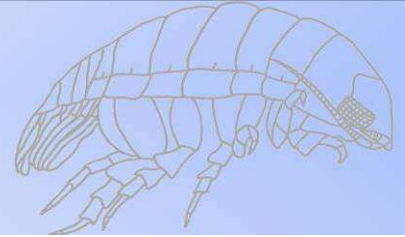


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Research





e-Rapport nr. 6-2012

Overvåkningsstasjon i Mursteinsfjordens djupål i 2011

Vidar Strøm
Fredrik R. Staven
Kristin Hatlen
Per-Otto Johansen





	SAM-Marin	 <small>Test 157</small>
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: Overvåkningsstasjon i Mursteinsfjordens djupål 2011	Dato: 14.3.2012
	Antall sider og bilag: 34
Forfatter(e): Fredrik R. Staven, Vidar Strom Kristin Hatlen og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Fredrik R. Staven
	Prosjektnummer: 805279

Oppdragsgiver: Salmar Farming AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------------	-----------------------

Abstract: <p>Aqua Kompetanse AS has, on assignment from Marine Harvest, conducted an environmental investigation on one station in the outer basin of Mursteinsfjorden, Nord-Trøndelag. The aim of this monitoring is to describe the environmental state of the area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna analysis, and oxygen and salinity measurements. This location was also investigated in year 2007. Therefore, this investigation is compared to the one from 2007. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority (KLIF).</p> <p>The results show that the content of zinc, copper and phosphorus was low in all samples. The content of TOC was high (class V), as it also often is in areas unaffected by human activity. This was also the case in 2007-survey. Like in the 2007-survey, the fauna experiment investigation showed few species and few individuals in the sediment. All in all it seems like that the fauna structure hasn't changed much since 2007. Both surveys give the environmental state 'moderate' to this area. The oxygen concentration in the bottom water is good (class II).</p>
--

Keywords: Fish farm, Recipient, Benthos, Sediment	Emneord: Fiskeoppdrett, Resipient, Bunndyr, Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 6-2012
---	---	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12.03.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	5.3.2012	

SAM-Marin er en del av Uni Research AS, og er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurdering og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test 157.

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til - analyser, samlet av: -

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-Marin

Identifikasjon av marin fauna utført av: Per Johannessen og Tom Alvestad (begge SAM-Marin)

Rapportering utført av: SAM-Marin / Aqua Kompetanse

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-Marin

Prøvetaking til biologiske, geologiske og kjemiske analyser (Aqua Kompetanse).

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Tilhørende lokaliteten Bjørgan (Marine Harvest Midt)

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS akkrediteringsnummer Test 003


Akkreditert: Totalt tørrstoff, kobber, sink, fosfor

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

Rapportens nøkkeldata

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	"Overvåkningsstasjon i Mursteinsfjordens djupål i 2011"		
Rapport-nummer:	25-3-11C	Lokalitetens navn:	Mursteinsfjorden
Lokalitetsnummer:	12 624 (Føyvika)	GPS, senter i anlegg:	N63°33.660/Ø10°55.073
Fylke:	Nord-Trøndelag	Kommune:	Flatanger
MTB-tillatelse:	6240 tonn	Driftsleder:	Olav Øvereng
Dato undersøkelse:	18.03.2011	Dato rapport:	2.3.2012
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS, Knut Staven		

Hovedresultater fra undersøkelsen :				
Stasjoner		Stasjon 1 (nærsone)	Stasjon 3 (overgangssone)	Stasjon 2 (fjernsone)
Parametre				
GPS (prøvestasjoner):				64 ° 34.329N 10 ° 53.897Ø
Fauna (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Antall arter:			7
	Antall individer:			27
	Jevnhet (0-1):			0,76
	Shann.Wien. (H ⁺) SW, tilst.klasse:			2,13 Moderat
	Hurl.ind.(ES _{n=100}) Hurl.,tilst.klasse:			7,00 Dårlig
	Miljøtilst. SFT: MOM-tilstand:			- Moderat
	Normal. TOC	TOC (mg/g): TOC, tilst.klasse:		
Elementer (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Zn, (mg/kg): Zn, tilst.klasse:			94,0 I
	P (g/kg): P, kommentar:			0,79 I
	Cu (mg/kg) Cu, tilst.klasse:			24 I
	Oksygen	Målt verdi (%): O ₂ , tilst.klasse:		
Sedimentkarakteristikk				Leire og silt 98% Sant 2%
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:				

INNHOOLD

1 INNLEDNING	7
1.1 Tidligere undersøkelser	8
2 MATERIALE OG METODER	8
2.1 Undersøkelsesområdet	8
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	8
2.2.1 Hydrografi	9
2.2.2 Strømmålinger	10
2.2.3 Sediment.....	11
2.2.4 Kjemiske analyser	12
2.2.5 Bunndyr	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	15
3.1 Hydrografi	15
3.2 Strømmålinger	17
3.3 Sediment	18
3.4 Kjemi	19
3.5 Bunndyr	19
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	23
6 LITTERATUR	24
7 VEDLEGG	25
GENERELL VEDLEGGSDDEL	25
Vedleggstabell 1. Artsliste	33
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi	35



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss
 F. reg. 965 141 618 MVA
 Møllebakken 50PB 3055
 NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
 Fax: +47 69 27 23 40

Uni Research AS
 HiB, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
 5006 BERGEN
Attn: Uni Miljø

AR-11-MM-004901-01



EUNOMO-00030754

Prøvemottak: 30.03.2011
 Temperatur:
 Analyseperiode: 30.03.2011-08.04.2011
 Referanse: Ansvarssted 611101,
 805279 ref: 10/11

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2011-03300016	Prøvetakingsdato:	29.03.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Stasjon 1	Analysestartdato:	30.03.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	24	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	94	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	790	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	23	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	49	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Kopi til:

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Moss 08.04.2011

Marianne Isebakke

Marianne Isebakke

ASM

Tegnforklaring:

* (ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 1

..... 35

1 INNLEDNING

På oppdrag fra Marine Harvest Midt, har Aqua Kompetanse AS tatt bunnprøver og hydrografiske målinger på én stasjon i tilknytning til oppdrettslokaliteten Feøya i Mursteinsfjorden, Flatanger kommune.

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra én stasjon og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS i Mursteinsfjorden, Flatanger kommune i Nord-Trøndelag 18. mars 2011. De hydrografiske målingene ble utført i etterkant, den 6. januar, 2012. Det ble også tatt prøver i 2007 og resultatene i denne rapporten er sammenliknet med disse. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i en prøve. Resultatene i undersøkelsen er vurdert opp mot retningslinjene for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann fra Statens Forurensningstilsyn (Molvær et al. 1997).



Figur 1.1. Oversiktskart med prøvestasjon markert med grønt kryss. Kartkilde: Olex.

1.1 Tidligere undersøkelser

Mursteinsfjorden har tidligere vært undersøkt (i desember 2007) i forbindelse med at resipienten har flere nærliggende oppdrettslokaliteter. Prøvene den gang ble tatt rett sør for oppdrettslokaliteten Rekkøyråsa tilhørende firmaet Bjørøya Fiskeoppdrett AS, og noe nord for oppdrettslokaliteten Feøya (1,5 km), tilhørende Marine Harvest AS. Det er området nord for Feøya som er undersøkt denne gangen, og resultatene er sammenlignet med resultatene fra undersøkelsen i 2007. I rapporten fra 2007 har stasjonen feilaktig fått dybden 275 m, mens korrekt dybde er 280 m.

2 MATERIALE OG METODER

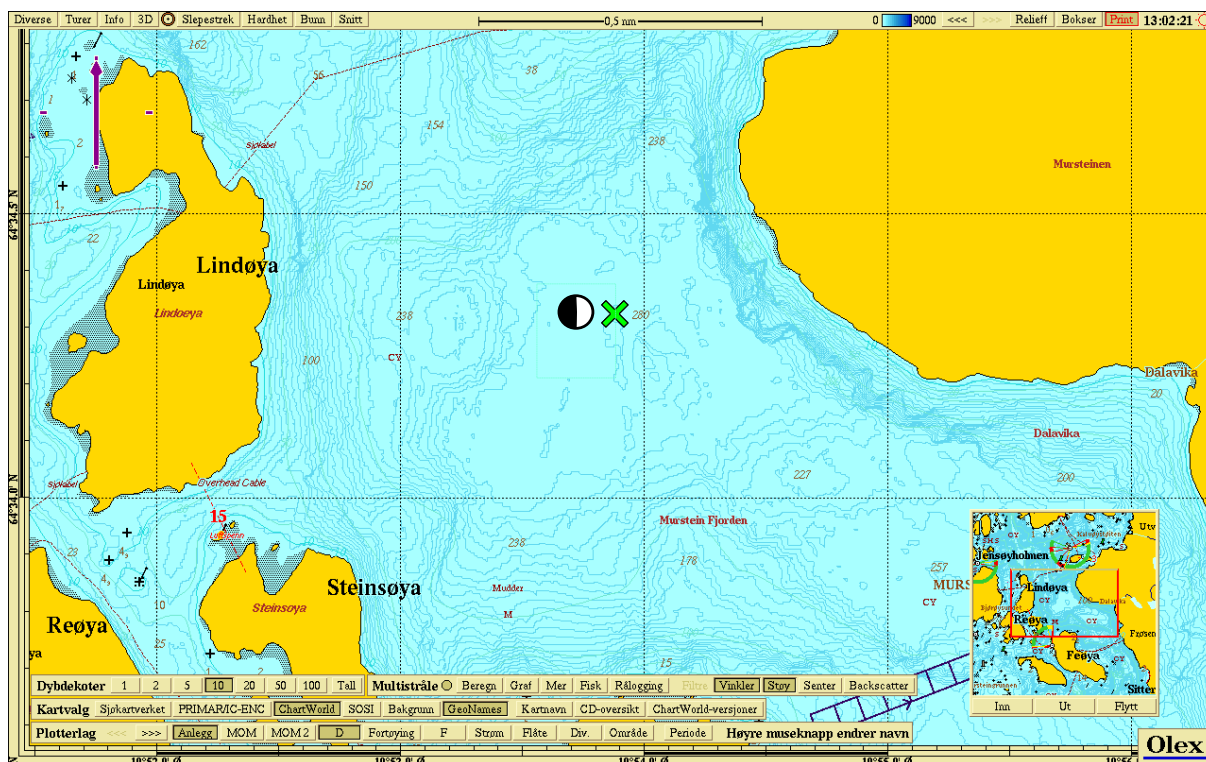
2.1 Undersøkelsesområdet

Selve Mursteinsfjorden avgrenses naturlig av terskler både i sør, nord og vest. I øst ligger fastlandet. Fjorden er på det dypeste 280 meter. Dypeste terskel er i nord mot Rekkøyråsa, som igjen har en terskel på 120 m før storhavet. Området har i dag tre oppdrettslokaliteter, som er potensielle forurensningskilder.

Det ble tatt prøver fra én stasjon på største dyp i dette bassenget.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøvetakingen er gjennomført med lokalitet Bjørgan (Marine Harvest Midt) sin båt den 18.03.2011. Det er tatt prøver bare fra djupeste punkt i fjorden. Innsamling og bearbeiding er ellers utført på samme måte som ved MOM C-undersøkelser. For stedsangivelse på kart, se figur 1.1. For detaljerte opplysninger om prøvetakingsstasjonen, se Tabell 2.1.



Figur 2.1. Detallskisse over undersøkelsesområdet med stasjonen. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonen er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

2.2.1 Hydrografi

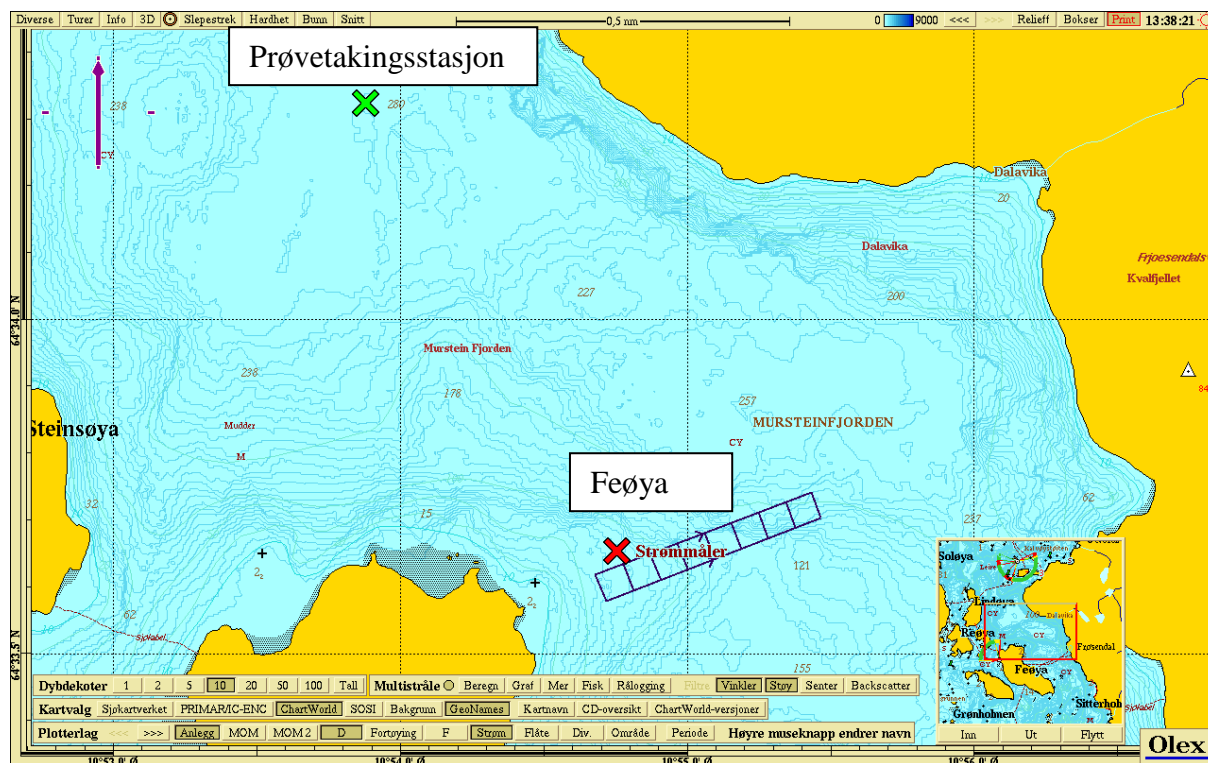
Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H_2S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

Det ble utført målinger av saltholdighet, temperatur og oksygen på stasjonen i Mursteinsfjorden (Figur 3.1 og 3.2). Målingene ble utført med en mini STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS. Instrumentet var innstilt for måling hvert 2. sekund når det senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua

Kompetanse AS. På grunn av en feil med oksygensonden, ble de hydrografiske målingene utført i etterkant av selve feltarbeidet. Målingene ble derfor utført 06.01.12.

2.2.2 Strømmålinger

Strømmålingene er utført med en SD 6000-måler fra Aqua Kompetanse AS. Den ble satt ut ved lokaliteten Feøya 1,4 kilometer sørvest fra stasjonen (64°33.652 Nord - 10°54.752 Øst). Målingene utført i perioden 24.10.2005-03.11.2005. Det ble målt overflatestrøm og spredningsstrøm. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS.



Figur 2.2. Detaljskisse over undersøkelsesområdet med strømmålingsstasjon.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i mars 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb (full grabb = 17 liter).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Mursteins- fjorden 1 18.03.2011	Mursteinsfjorden 64°34.324 N 10°53.878 Ø	280	1	18	Rustbrun/sort overflate (2cm). Resten hadde grå/lys farge. Noe mudderlukt. Børstemark og skjell. Uttak til faunaprøver.
			2	18	Rustbrun/sort overflate (2cm). Resten hadde grå/lys farge. Noe mudderlukt. Børstemark og skjell. Uttak til faunaprøver.
			3	18	Rustbrun/sort overflate (2cm). Resten hadde grå/lys farge. Noe mudderlukt. Børstemark og skjell. Uttak til kjemisk og geologisk prøve.

2.2.3 Sediment

Det ble tatt sedimentprøver til analyse av organisk innhold og kornfordeling fra én stasjon. Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %. Det organiske innholdet i sedimentet, prosent glødetap, ble bestemt som vekttapet av prøven mellom tørking (105° C i ca. 20 timer) og brenning (550° C i 2 timer) (Norsk Standard 4764).

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764.

Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sedimentoverflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.4 Kjemiske analyser

De kjemiske analysene ble utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (Akkreditering Test 043). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885m. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1.

2.2.5 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil det finnes få eller ingen levende arter i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet $0,1 \text{ m}^2$. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full $0,1 \text{ m}^2$ van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet,

det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene. Grabbinnholdet ble 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 som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 1). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet og KLIF (Klima og Forurensingsdirektoratet) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997, Veileder nr 1:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad. Artsdiversitetene beregnes for prøvene brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra Svært god (I) til Meget dårlig (V). I tillegg brukes indeksen NQII, som også tar hensyn til artenes sårbarhet (beregnet vha AMBI). Dette er en internasjonal standard som er implementert etter det nye vanndirektivet (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 1:2009). Nær oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å

angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

I kartet over innsamlingsområdet (fig. 2.1.) er stasjonene markert med symboler (○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt) for å illustrere vår oppfatning av miljøforholdene. Symbolene blir gitt på grunnlag av alle resultatene i undersøkelsen, både fra feltarbeidet og alle de ferdige analysene. Symbolene oppsummerer vårt helhetsinntrykk og bygger også på vår erfaring med slike undersøkelser.

Tabell 2.2. Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Klassifisering av miljøtilstand (Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanddirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Meget/ svært god	II God	III Moderat/ mindre god	IV Dårlig	V Meget / svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener (H)		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	ES ₁₀₀		>25	17-25	10-17	5-10	<5
	Normalisert TOC	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

Tabell 2.3 Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

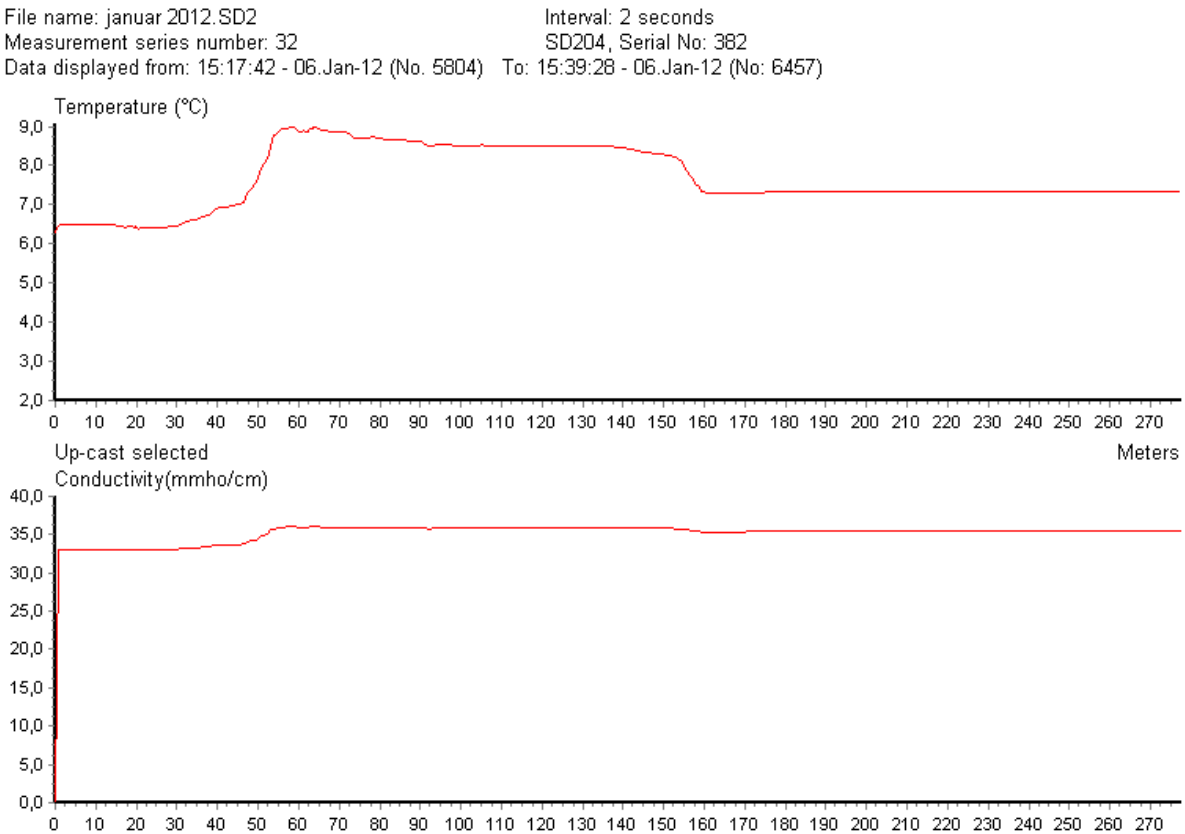
Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1	<ul style="list-style-type: none"> - Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2	<ul style="list-style-type: none"> - 5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3	<ul style="list-style-type: none"> - 1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m²
Miljøtilstand 4 (uakseptabelt)	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

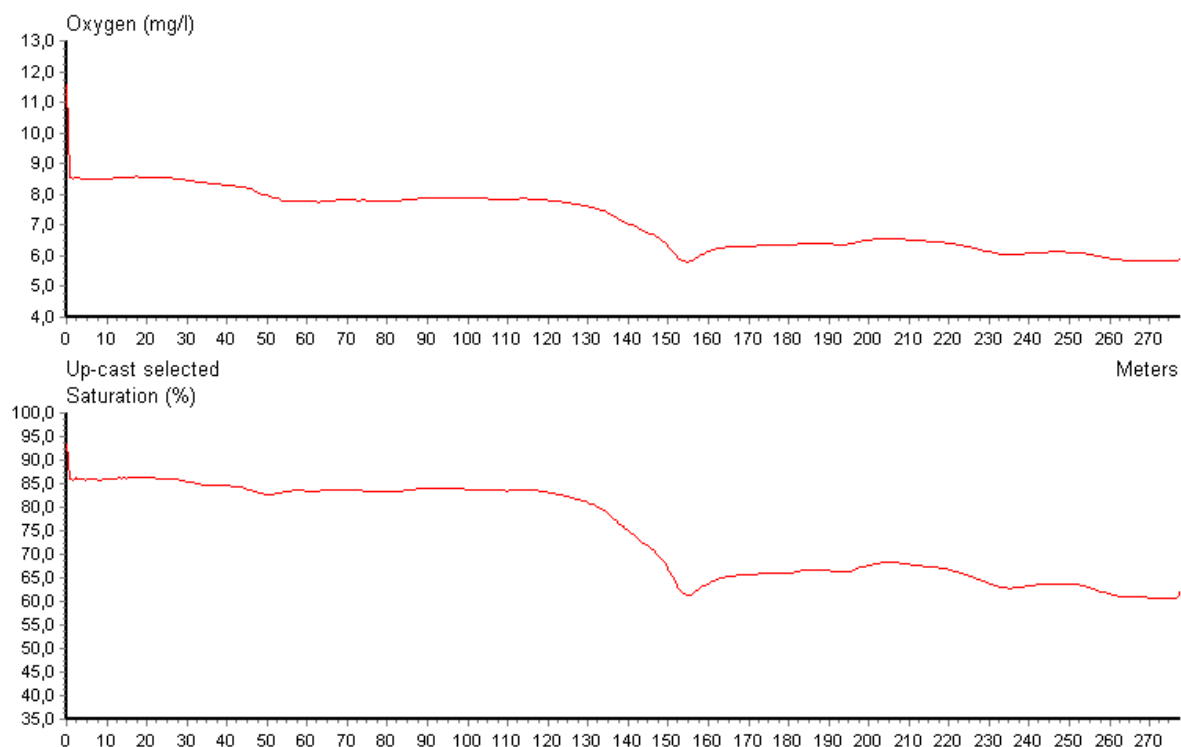
De hydrografiske dataene vises grafisk i figur 3.1 og 3.2. Prøvene er tatt 6. januar 2012, i etterkant av selve toktet som var 18. mars 2011. Det ser ut til å være et noe kaldere og ferskere vannlag i de øverste 50 meterne av vannsøylen, der temperaturen ligger jevnt på 6,5 °C og saliniteten på rundt 33 ‰. Ved 50 meters dyp stiger temperaturen til 8,5 °C, og saliniteten øker til i overkant av 35 ‰. Ved 160 meters dyp synker temperaturen ned til omtrent 7 °C, mens saliniteten holder seg stabil nedover i dypet. Oksygenkonsentrasjonen varierer fra 8,5 mg/l ved overflaten, 6,3 mg/l ved 150 meters dyp, til 5,8 mg/l i bunnvannet. Oksygenmetningen varierer fra 85 % ved overflaten, til 60 % i bunnvannet. Sammenligner man med forrige hydrografiske måling av vannsøylen ved denne stasjonen (foretatt i desember 2007) finner vi at oksygenkonsentrasjonen (mg/l) i denne undersøkelsen er høyere enn hva som var tilfelle ved forrige undersøkelse. Det er tydelig at det har vært en omrøring av vannmassen i senere tid ved denne stasjonen. Både konsentrasjonen og metningen er betydelig høyere enn det den var i 2007. Den gang var konsentrasjonen 4,0 mg/l i bunnvannet, og metningen var 40 %. Bunnvannet fikk derfor tilstandsklasse III (mindre god) etter SFT's klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (Molvær et al. 1997). Målingen fra 06. januar 2012 gir derimot bunnvannet tilstandsklasse II (god), basert på en konsentrasjon på 4,06 ml O₂ /l (omregnet fra 5,8 mg O₂/l).

File name: januar 2012.SD2
Measurement series number: 32
Data displayed from: 15:17:42 - 06.Jan-12 (No. 5804) To: 15:39:28 - 06.Jan-12 (No: 6457)



Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 270 meters dyp på stasjon Mursteinfjorden 1 den 18. mars 2011.

File name: januar 2012.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 32 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 15:17:42 - 06.Jan-12 (No. 5804) To: 15:39:28 - 06.Jan-12 (No: 6457)



Figur 3.2. Oksygeninnhold fra overflaten og til 270 meters dyp på stasjon Mursteinfjorden 1 den 18. mars 2011.

3.2 Strømmålinger

Resultatene fra strømmålingene er presentert i Tabell 3.1.

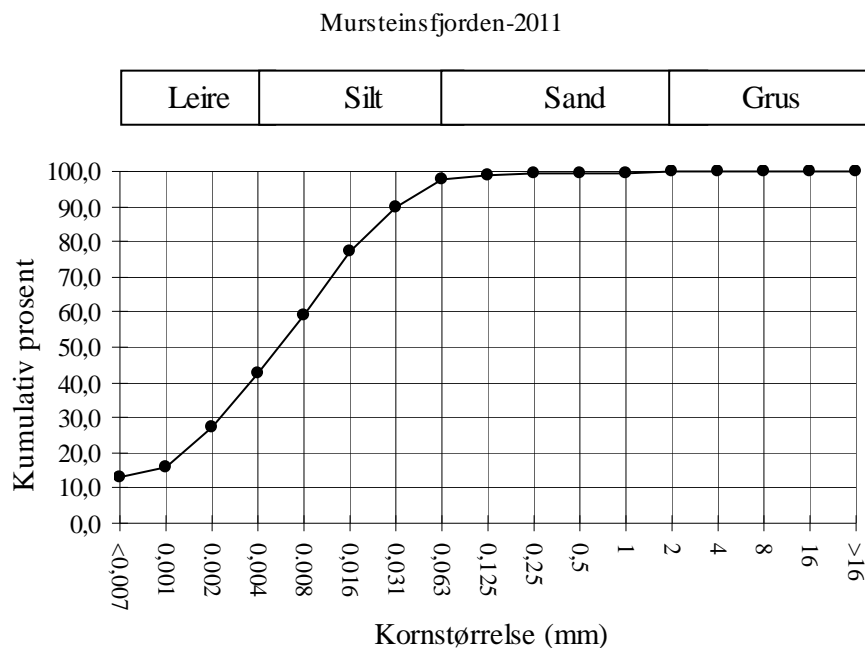
Tabell 3.1. Oversikt over strømhastighet og strømretning fra en stasjon ved oppdrettsanlegget Feøya. For posisjon, se figur 2.2.

Stasjon	Dyp	Gj.sn (cm/sek)	Maks (cm/sek)	Sign.maks (cm/sek)	% 0-1 (cm/sek)	Mest vann utskiftning/retn (gr)	Fremhersk strømretn.(gr)
Feøya	5m	3,5	18,2	5,5	4,5	11981m3 ved 135-150 grader. 386 m3/m2/døgn	315, 330
Feøya	30m	3,9	16,2	6,5	3	35399m3 ved 135-150 grader. 1142m3/m2/døgn	135, 120
Feøya	48m	3,2	10,4	4,8	5	14364 m3 ved 135-150 grader. 464 m3/m2/døgn.	120, 135

3.3 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.3 og Tabell 3.2.

Sedimentprøven ved prøvetakingsstasjonen i Mursteinsfjorden inneholdt en blanding av leire (42 %), og silt (56 %). Dette tyder på at det er en forholdsvis lav bunnstrømhastighet i prøvetakingsområdet. Sammenlignet med undersøkelsen fra 2007 så er partikkelstørrelsesfordelingen lik det den var da.



Figur 3.3. Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet i Mursteinsfjorden i 2011.

Tabell 3.2. Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonen i Mursteinsfjorden i 2011, og sammenliknet med resultatene fra 2007.

År	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
2007	275	8,54	39	59	99	1	0
2011	280	18,24	42	56	98	2	0

3.4 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet i Mursteinsfjorden er vist i Tabell 3.3 og Vedleggstabell 2. For å benytte KLIF's tilstandsklasse på total organisk karbon (TOC), bør de målte verdiene normaliseres dvs. standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er utarbeidet for lokaliteter som ligger utaskjærs og en må derfor ha dette i tankene når formelen benyttes på data fra fjorder (Aure et al. 1993). I dette tilfellet var glødetapet betydelig høyere enn det som var tilfelle i 2007, mens normalisert TOC var lik i 2011 og 2007 og fører til tilstandsklasse V (Meget dårlig). Konsentrasjonene av sink og kobber var lave begge år og ga derfor tilstandsklasse I (Meget god). Nivået av fosfor var også lavt.

Tabell 3.3. Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet i Mursteinsfjorden i 2011 og sammenliknet med resultatene fra 2007. Tungmetaller og Totalt Organisk Karbon (TOC) har tilstandsklasser (TK) angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007 og Molvær 1997).

År	Totalt organisk carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	Fosfor g/kg	Sink mg/kg	Kobber mg/kg	Tørrstoff (TS) %			
			TK	TS	TS	TK	TS	TK	(TS) %
2007	44	44,1	V	-	110	I	21	I	31,2
2011	49	49,4	V	0,79	94	I	24	I	23,0

3.5 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.4-3.6, Figurene 3.4-3.6 og Vedleggstabell 1.

På stasjonen i Mursteinsfjorden som ligger på om lag 280 m dyp, ble det funnet 7 arter med til sammen 27 individer 18. mars 2011. På den samme stasjonen var det 10 arter med 227 individer 7. desember 2007. Shannon- Wiener diversiteten var 2,13 i 2011, mens den var 2,48 i 2007. Grafen for de geometriske klassene var relativt like for 2007 og 2011. Den arten som dominerte var flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* i både 2007 (38,8 %) og 2011 (51,9 %). Likheten mellom huggene var 82,7 % i 2007 og 53,7 % i 2011. Faunalikheten mellom 2007 og 2011 var omlag 36,2 %.

AMBI og ISI indeksene tar hensyn til de enkelte artenes følsomhet overfor forurensing, mens Shannon-Wiener (H') og ES₁₀₀ gir et mål for diversiteten i prøvene. Den nye internasjonale indeksen (NQI1) som tar hensyn til både artsdiversiteten og artenes følsomhet, skal

vektlegges i vurderingene. NQI1 var 0,56 i 2007 og 0,59 i 2011, noe som gir tilstandskasse ”moderat” for begge årene.

Konklusjon

Resultatene tyder på at det hadde skjedd relativt små endringer i bunnfaunaen fra 2007 til 2011. Den økologiske miljøtilstanden ble karakterisert som ”moderat” for begge årene.

Tabell 3.4. Antall individer og arter, diversitet, jevnhet, beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve fra Mursteinsfjorden i 2007 og 2011. Klassifisering av miljøtilstanden (T.kl.) er basert på flere diversitetsmål: Shannon-Wiener diversitet (H'), Hurlbert (ES₁₀₀), Norwegian Quality Index og ISI som angitt i Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann (se generelt vedlegg for nærmere forklaringer).

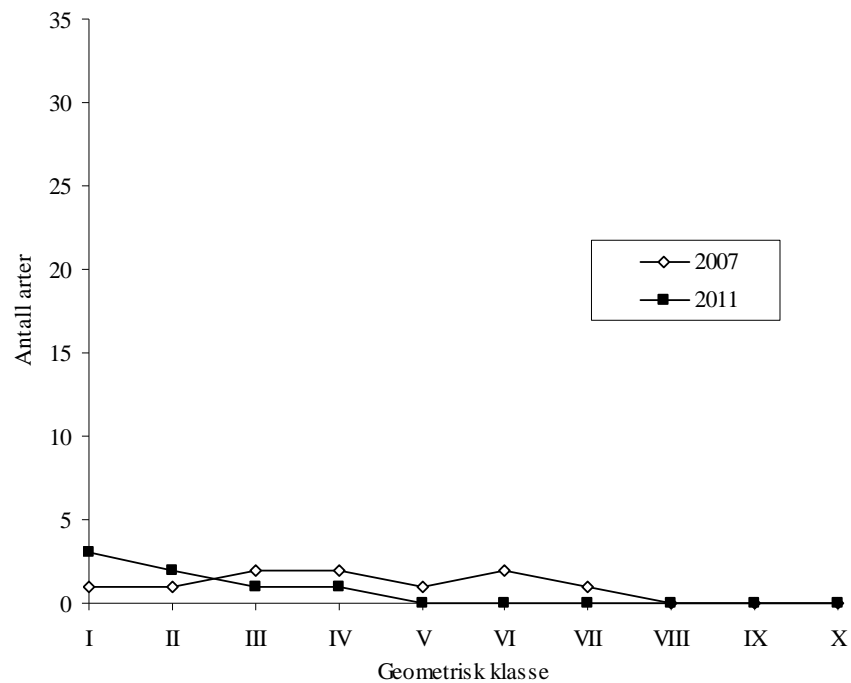
Type beskrivelse	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	ES ₁₀₀	AMBI	NQI1	NQI2	ISI
Hugg 1	118	9	2,65	0,83					
Hugg 2	109	9	2,00	0,63					
Sum 2007	227	10	2,48	0,75	9,07	2,57	0,56	0,52	5,85
T.kl. 2007			Moderat		Dårlig		Moderat	Moderat	Dårlig
Hugg 1	11	5	2,23	0,96					
Hugg 2	16	5	1,31	0,56					
Sum 2011	27	7	2,13	0,76	7,00	2,36	0,59	0,51	8,78
T.kl. 2011			Moderat		Dårlig		Moderat	Moderat	Svært god

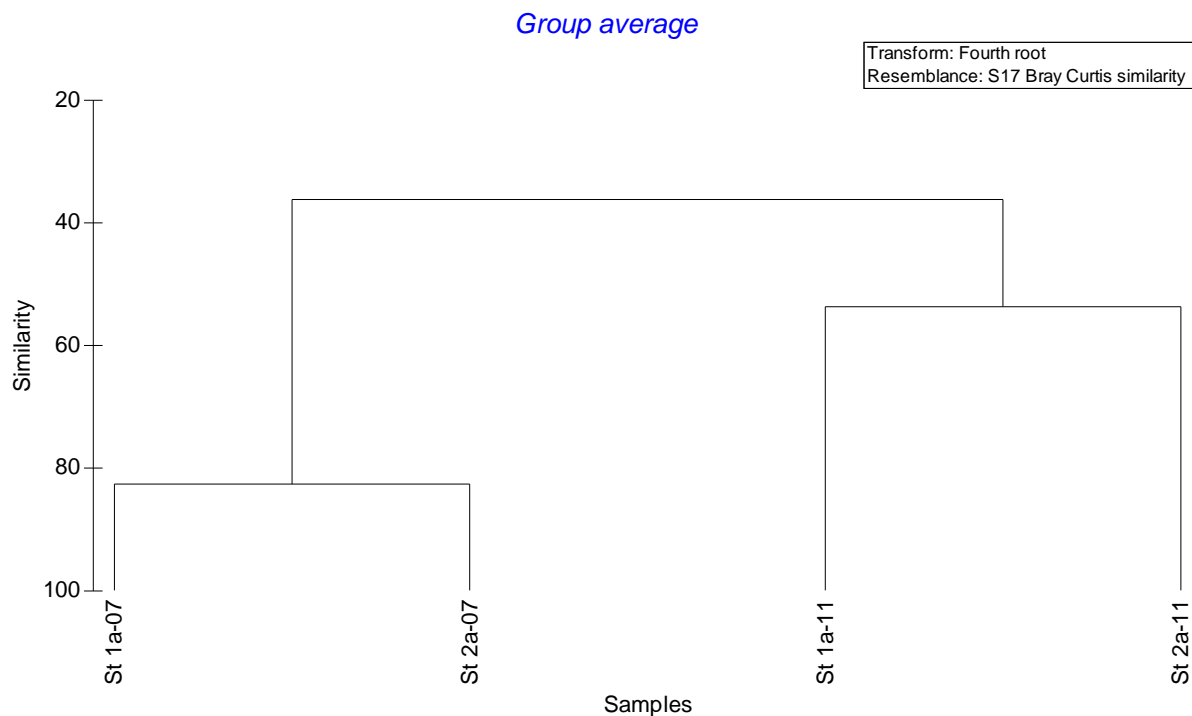
Tabell 3.5. De mest tallrike artene/gruppene fra Mursteinsfjorden i 2007 og 2011.

Mursteinsfjorden 2007				Mursteinsfjorden 2011			
0,2 m ²				0,2 m ²			
Type beskrivelse	antall	prosent	kum %	Type beskrivelse	Sum 2011	prosent	kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	88	38,8	38,8	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	14	51,9	51,9
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	48	21,2	59,9	<i>Gyptis rosea</i>	4	14,8	66,7
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	38	16,7	76,7	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	3	11,1	77,8
<i>Delectopecten vitreus</i>	18	7,9	84,6	<i>Thyasira sarsii</i>	3	11,1	88,9
<i>Caulleriella serrata</i>	14	6,2	90,8	Polynoidae indet.	1	3,7	92,6
<i>Thyasira sarsii</i>	9	4,0	94,7	<i>Nereimyra punctata</i>	1	3,7	96,3
<i>Prionospio steenstrupii</i>	4	1,8	96,5	<i>Delectopecten vitreus</i>	1	3,7	100,0
Ascidiacea indet.	4	1,8	98,2				
<i>Aphelochaeta</i> sp.	3	1,3	99,6				
<i>Pectinaria koreni</i>	1	0,4	100,0				

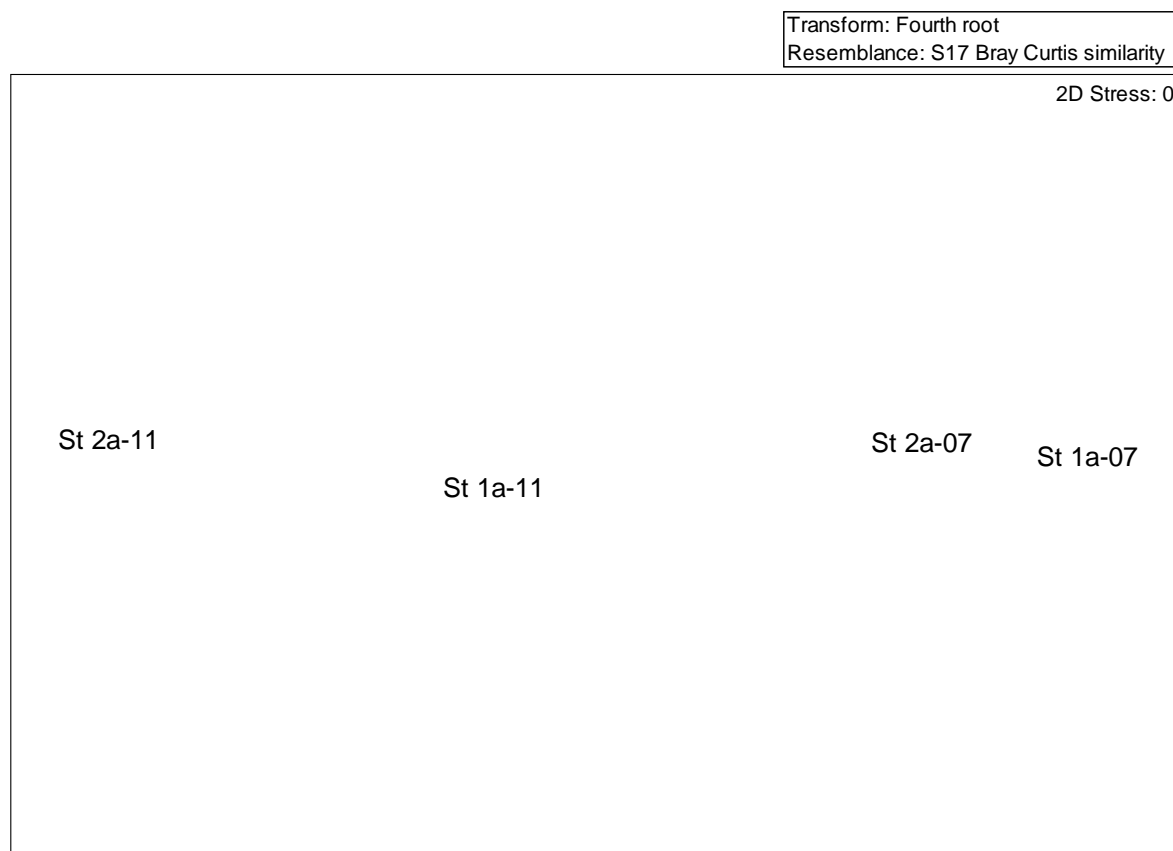
Tabell 3.6. Geometriske klasser fra Mursteinsfjorden i 2007 og 2011.

Geometrisk klasse	2007	2011
I	1	3
II	1	2
III	2	1
IV	2	1
V	1	0
VI	2	0
VII	1	0
VIII	0	0
IX	0	0
X	0	0

**Figur 3.4.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Mursteinsfjorden i 2007 og 2011.



Figur 3.5 Dendrogram fra clusteranalyse av bunnfaunaresultatene fra Mursteinsfjorden i 2007 og 2011. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m². Analysene er basert på Bray-Curtis indeks og er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata.



Figur 3.6. MDS-plott av bunnfaunaresultatene fra Mursteinsfjorden i 2007 og 2011. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m². Analysene er basert på Bray-Curtis indeks. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved en miljøovervåkingsstasjon i Mursteinsfjorden i Flatanger kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 18.mars 2011, og hydrografiske målinger utført den 6. januar 2012. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på totalt én stasjon.

Det er tidligere utført MOM-C undersøkelser ved lokaliteten, sist gang i 2007. Resipienten fikk da tilstandsklasse III (mindre god) etter SFT`s klassifisering.

Det ble utført kornfordelingsanalyser av sedimentet fra alle stasjonene. Sedimentet på stasjon 1 i mursteinsfjorden inneholdt 98 % leir/silt og 2 % sand. Dette er normalt for en terskelfjord med et slikt dyp, der det generelt er stillestående bunnstrøm og sediment bestående av finpartikler. Partikkelsammensetningen var likedan i 2007. Innholdet av sink fikk tilstandsklassen I (meget god). Kobberinnholdet var lavt og i tilstandsklasse I. TOC var relativt høy og ligger i tilstandsklassen V (Svært dårlig). Det samme var tilfelle for TOC i 2007. Her må bemerkes at man ofte finner TOC på samme høye nivå i resipienter upåvirket av menneskeskapte utslipp. Innholdet av fosfor var lavt.

Resultatene tyder på at det hadde skjedd relativt små endringer i bunnfaunaen fra 2007 til 2011. Den økologiske miljøtilstanden ble karakterisert som ”moderat” for begge årene.

Tabell 4.1. Oppsummering av resultatene fra Mursteinsfjorden.

Stasjon	Dyp (m)	Fauna SFT (2007) og NQI (2011)	T.kl. sink	T.kl. kobber	T.kl. TOC
Prøvetaking 2007	280	III (Mindre god)	I	I	V
Prøvetaking 2011	280	Moderat	I	I	V

5 TAKK

Vi takker Jan Petter Hågensen fra Marine Harvest Midt for god hjelp og hyggelig tokt om bord på hans båt. På toktet deltok Fredrik Staven fra Aquakompetanse AS.

Sedimentanalysene ble utført av Marianne Isebakke. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad.

6 LITTERATUR

- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Rapport 510/93 (NIVA Rapport 2827). 100 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktorsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet.

7 VEDLEGG

GENERELL VEDLEGGSEDEL

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 uforurenset 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 uforurensete 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.

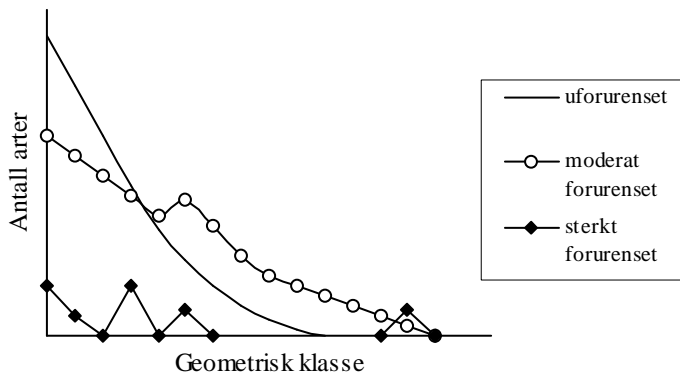
Geometriske klasser

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 og Mirza (1979) og Pearson et 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 og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset 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 forurenset 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 uforurenset, moderat forurenset og for et sterkt forurenset 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. Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

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 uforurensete 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:

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

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.

Hurlbert diversitetsindeks $ES(100)$ er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^S 1 - [(N - N_i)! / ((N - N_i - 100)! 100!)] / [N! / ((N - 100)! 100!)]$$

hvor ES_{100} = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og N_i individer av i -ende art.

Diversitetsindeksen SN er beskrevet som:

$$SN = \ln S / \ln(\ln N)$$

hvor S er antallet arter, og N er antallet individer i prøven

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

Sammensatte indekser

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes ut fra både artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

$$\text{NQI1 (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5 \cdot (1 - \text{AMBI}/7) + 0.5 \cdot (\text{SN}/2.7) \cdot (N/(N+5))]$$

$$\text{NQI2 (Norwegian quality status, version 2)} = [0.5 \cdot (1 - \text{AMBI}/7) + 0.5 \cdot (H'/6)]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks, SN og H' diversitetsindekser, og N er antall individer i prøven.

Referansetilstand og klassegrenser

Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene*:

Indikativ parameter	Referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter (nye verdier, 2008)				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.78	>0.72	0.63-0.72	0.49-0.63	0.31-0.49	<0.31
NQI2	0.73	>0.65	0.54-0.65	0.38-0.54	0.20-0.38	<0.20
H'	4.4	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
ES_{100}	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9.0	>8.4	7.5-8.4	6.1-7.5	4.2-6.1	<4.2

* Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med

de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelighet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av miljøgradienter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulike prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k

y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen

y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor: \hat{d}_{jk} = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten d_{jk} gitt som:

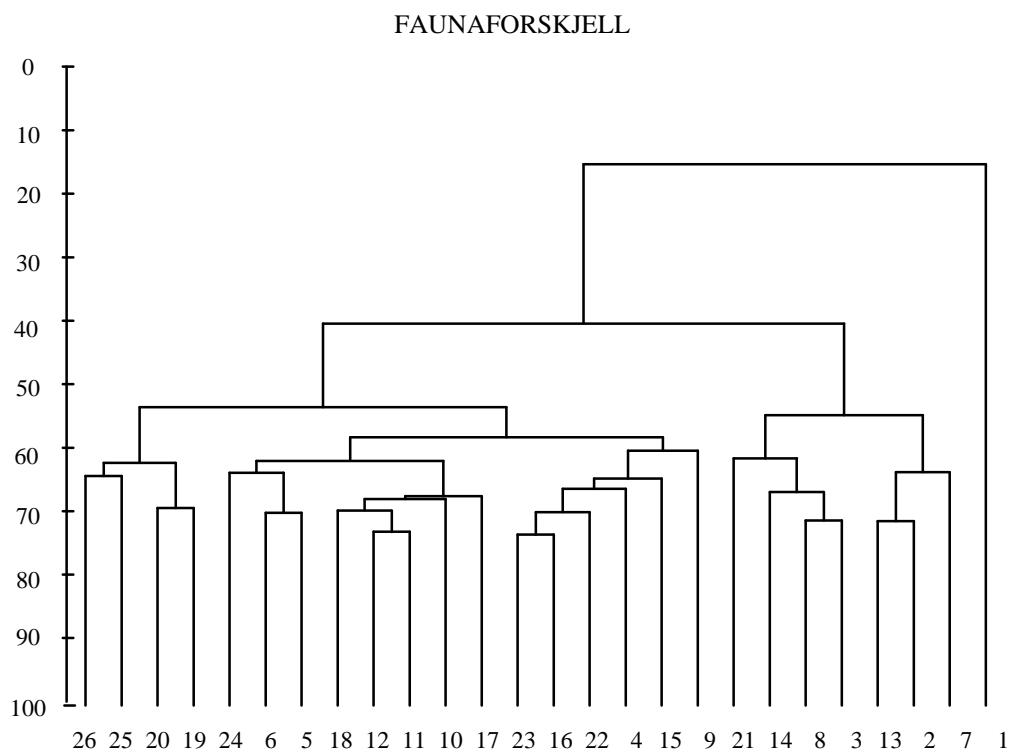
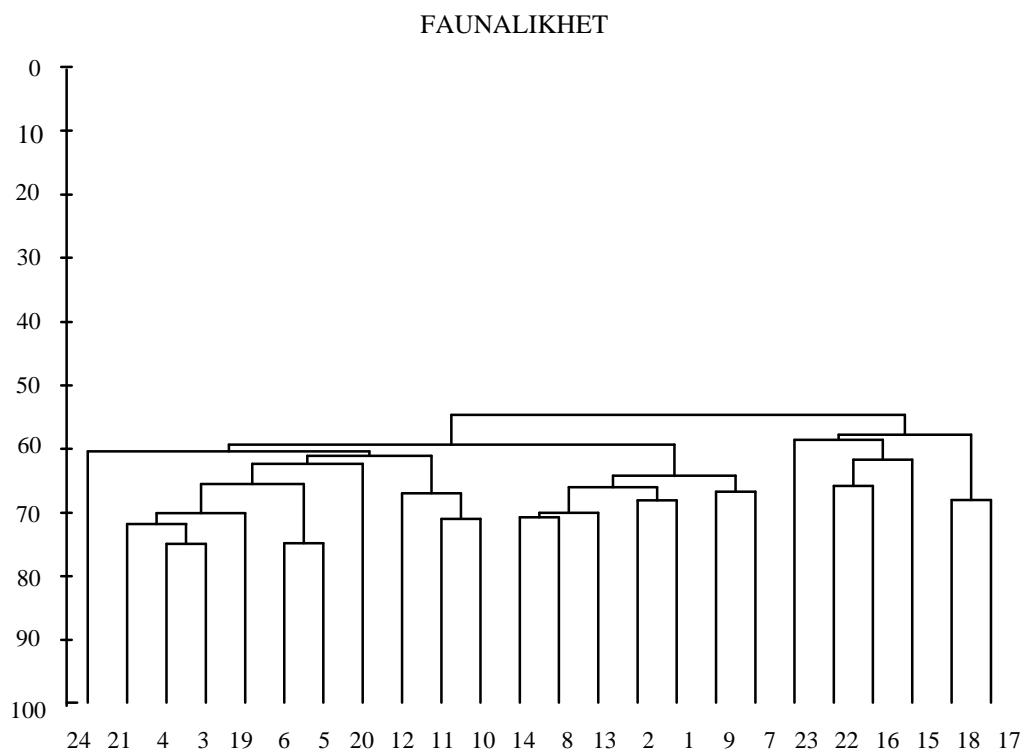
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon, $> 0,3$ plottet er litt bedre enn tilfeldige punkter.

Dataprogrammer

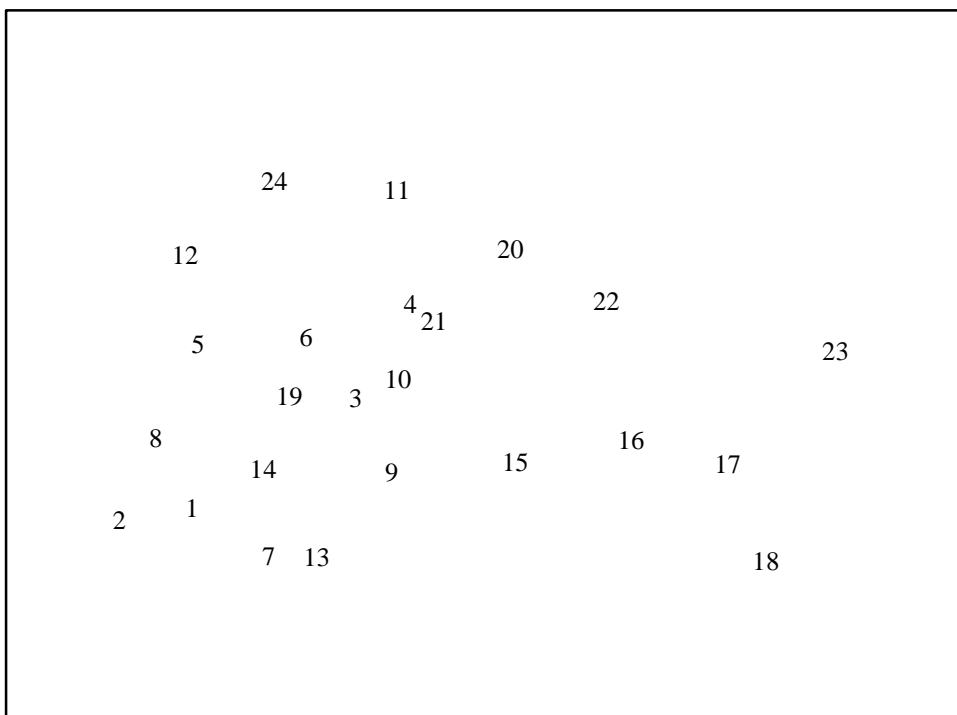
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

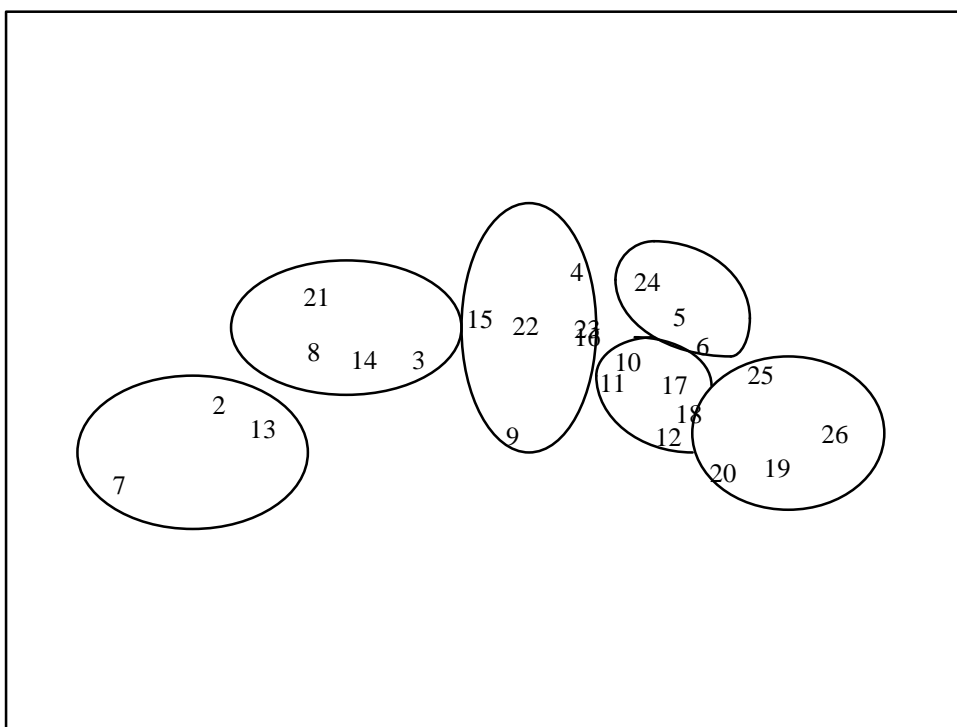


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



Figur v3. MDS-plott som viser faunalikheten mellom prøver. Øverste plott viser ingen klar gradient, mens nederste plott viser en tydeligere gradient.

Litteratur til Generelt Vedlegg

Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon ta 2229:2007*.

Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.

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 JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.

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.

Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.

Vedleggstabell 1. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



SAM-Marin
Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen
Telefon: 55 58 43 41 Telefaks: 55 58 45 25



Test 157

Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Kompetanse AS
Prosjekt nr.: 805279
Prøvetakingssted (område): Mursteinsfjorden
Dato for prøvetaking: 18.mars 2011
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aque Kompetanse AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Tom Alvestad (under opplæring) og Per Johannessen

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO 5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO 5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

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 til stede 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 sider.

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

P. O. Johannessen

Signatur:.....
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

Mursteinfjorden	St1	St1
	18.03.2011	18.03.2011
Type beskrivelse	Hugg 1	Hugg 2
Polychaeta		
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	1/1	12
Polynoidae indet.		1
* <i>Tomopteris helgolandica</i>	1	
<i>Gyptis rosea</i>	3	1
<i>Nereimyra punctata</i>		1
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	2	1
Crustacea		
* <i>Calanus finmarchicus</i>	1	
* <i>Euchaeta norvegica</i>	1	
* <i>Metridia longa</i>	4	
Mollusca		
<i>Delectopecten vitreus</i>	1	
<i>Thyasira sarsii</i>	3	
* CHAETOGNATHA indet.	2	1

Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss
 F. reg. 965 141 618 MVA
 Møllebakken 50PB 3055
 NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
 Fax: +47 69 27 23 40

Uni Research AS
 HiB, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
 5006 BERGEN
Attn: Uni Miljø

AR-11-MM-004901-01



EUNOMO-00030754

Prøvemottak: 30.03.2011
 Temperatur:
 Analyseperiode: 30.03.2011-08.04.2011
 Referanse: Ansvarssted 611101,
 805279 ref: 10/11

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2011-03300016	Prøvetakingsdato:	29.03.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Stasjon 1	Analysestartdato:	30.03.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	24	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	94	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	790	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	23	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	49	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Kopi til:

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Moss 08.04.2011

Marianne Isebakke

 Marianne Isebakke

ASM

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)
 < :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 1