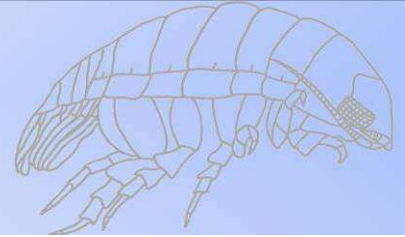


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Research





SAM e-Rapport nr 8-2012

MOM C undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Mannbruholmen i Sulfjorden i 2011

Fredrik R Staven
Anders W Olsen
Vidar Strøm
Kristin Hatlen
Per Johannessen
Per-Otto Johansen





	SAM-Marin	 Test 157
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: MOM C undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Mannbruholmen i Sulfjorden i 2011	Dato: 20.3.2012
	Antall sider og bilag: 36
Forfatter(e): Fredrik Staven, Anders W Olsen, Vidar Strøm, Kristin Hatlen, Per Johannessen og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Fredrik R. Staven
	Prosjektnummer: 805836

Oppdragsgiver: Marine Harvest, Region midt	Tilgjengelighet: Åpen
--	-----------------------

<p>Abstract: On assignment from Marine Harvest Norway AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the area by the marine fish farm Mannbruholmen. The fish farm is located by Sulfjorden, north of Froya, in Sør-Trøndelag. The aim of this study was to describe the environmental state of this area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data of the sea water. In total, three different stations were chosen for sampling; Mbh1, which is located north of the fish farm, Mbh2, which is located southwest of the fish farm, and Mbh3, which lies furthest away from the fish farm, on the east side. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.</p> <p>The results show that the levels of phosphorus , zinc, and cobber was low (class I, very good). The total organic carbon (TOC) showed high levels on Mbh1 (class III, less good) and even higher levels on Mbh 2 (class V, very bad). TOC wasn't analyzed for Mbh3. The organic content expressed as % volatile total solids showed low organic content on all three stations. A big proportion of the sediment consisted of sand and gravel, while a lesser proportion (5 percent) consisted of silt and clay. This indicates a high bottom current velocity in the study area. The soft bottom macrofauna investigations showed good conditions with good species diversity on every station. In total the results give a picture of a marine area in good condition. It seems that the influence from the nearby fish farm on the environment is minimal.</p>

Keywords: Fish farm, Recipient, Benthos, Sediment	Emneord: Fiskeoppdrett, Resipient, Bunndyr, Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 8-2012
---	--	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	19.03.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	16.3.2012	

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, Per-Otto Johansen og Tom Alvestad (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 Surnadal Sjøservice AS


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

Akkreditert: Totalt tørrstoff, kobber, sink, fosfor

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	"MOMC-undersøkelse; lokalitet Mannbruholmen"		
Rapport-nummer:	40-5-11C	Lokalitetens navn:	Mannbruholmen
Lokalitetsnummer:	10232	GPS, senter i anlegg:	63°50.836N 08°32.165Ø
Fylke:	Sør-Trøndelag	Kommune:	Frøya
MTB-tillatelse:	7.020,00 TN	Driftsleder:	Kjell Kåre Bogø
Dato undersøkelse:	9-10.05.2011	Dato rapport:	07.03.2012
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS, Knut Staven		

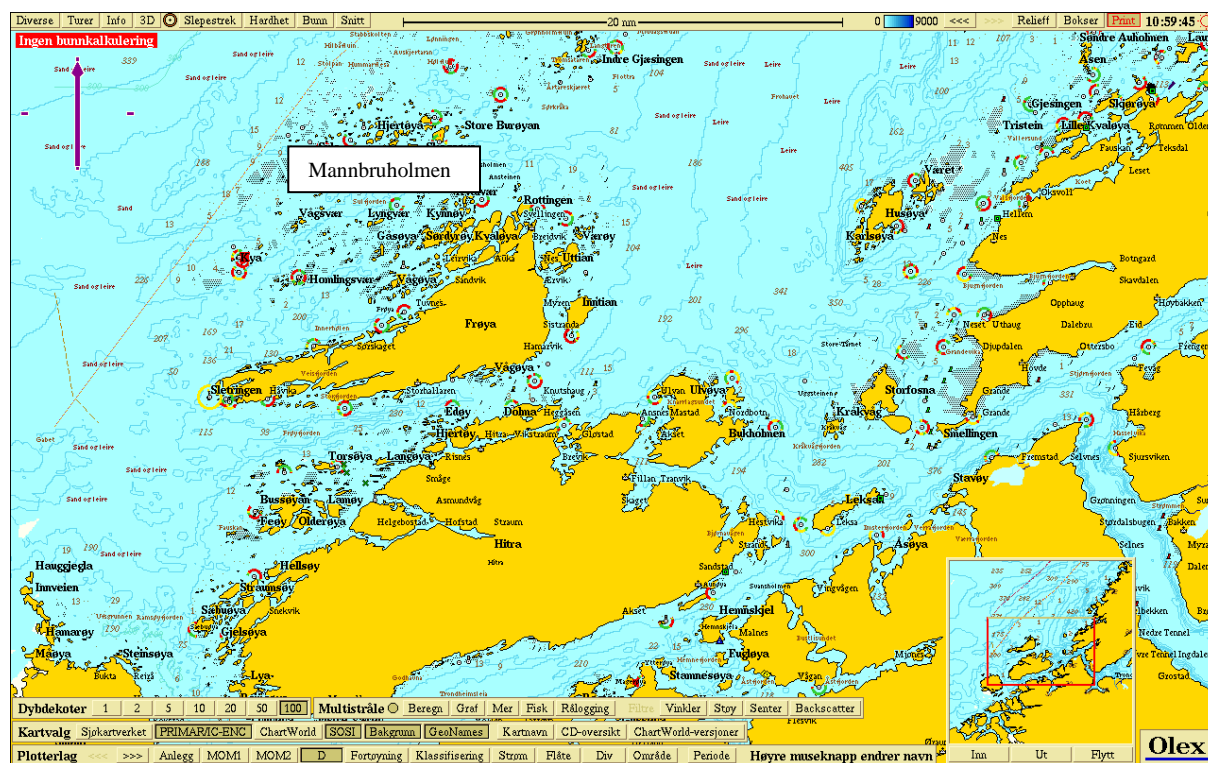
Hovedresultater fra MOMC-undersøkelse (NS 9410:2007) :						
		Stasjoner	Stasjon 1 (nærsonen)	Stasjon 2 (overgangssone)	Stasjon 3 (fjernsone)	
Parametre						
GPS (prøvestasjoner):			63°51.083N 08°32.127Ø	63°50.760N 08°31.474Ø	63°50.910N 08°33.780Ø	
Fauna (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Antall arter:		74	66	60	
	Antall individer:		515	268	375	
	Jevnhet (0-1):		0,89	0,88	0,84	
	Shann.Wien. (H) SW, tilst.klasse:			5,32	4,94	
	Hurl.ind.(ES _{n=100}) Hurl.,tilst.klasse:					
	Miljøtilst. SFT: MOM-tilstand:		Svært god I Meget god	Svært god I Meget god		
	Normal. TOC	TOC (mg/g): TOC, tilst.klasse:		32 III	129,8 V	Ikke målt
Elementer (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Zn, (mg/kg): Zn, tilst.klasse:		19,0 I	18,0 I	21,0 I	
	P (g/kg): P, kommentar:		0,38 I	0,40 I	0,49 I	
	Cu (mg/kg) Cu, tilst.klasse:		8,5 I	8,4 I	9,9 I	
	Oksygen	Målt verdi (%): O ₂ , tilst.klasse:		Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt
	Sedimentkarakteristikk (MOMB-parameter):		Grus, Sand og Leire	Sand, Grus og Leire	Sand, Grus og Leire	
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:	 Fredrik R. Staven					

INNHOOLD

1 INNLEDNING	6
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	7
2.2.1 Hydrografi	7
2.2.2 Sediment.....	9
2.2.3 Kjemiske analyser	10
2.2.4 Bunndyr	10
2.3 Produksjon	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment	16
3.3 Kjemi	17
3.4 Bunndyr	17
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	21
5 TAKK	22
6 LITTERATUR	22
7 VEDLEGG	23
GENERELL VEDLEGGSDDEL	23
Vedleggstabell 1. Artsliste	31
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi	35

1 INNLEDNING

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra tre stasjoner og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS i nord for Frøya, Frøya kommune i Sør-Trøndelag 9. og 10. mai 2011. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen, Per-Otto Johansen 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 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet avmerket. Kartkilde: Olex.

2 MATERIALE OG METODER

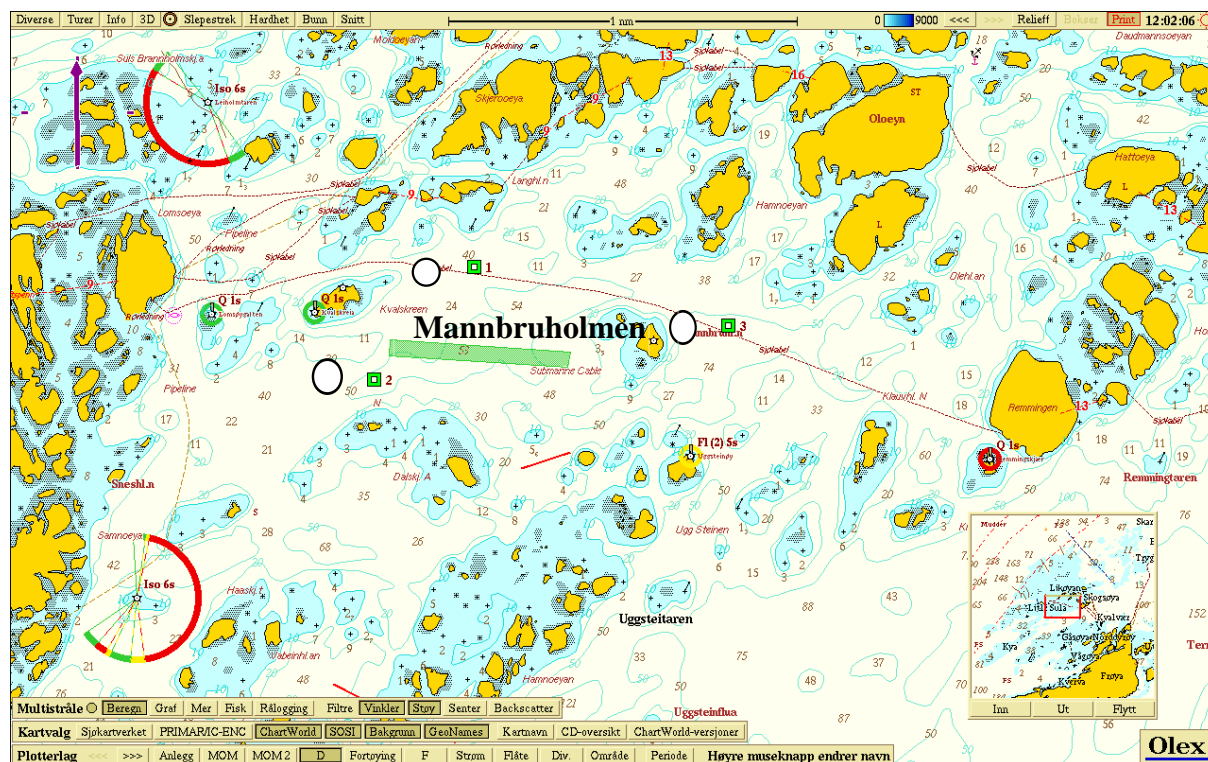
2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger i Sulfjorden nord for Frøya (Figur 2.1 og 2.2). Området er strømríkt, relativt grunt men mange holmer og skjær og dypere områder mellom.

Prøvestasjonene ligger ved matfiskanlegget Mannbruholmen, tilhørende Marine Harvest AS. Tre stasjoner er undersøkt. Stasjonen Mbh 1 ligger medstrøms i overgangssonen nord for anlegget. Stasjonen Mbh 2 ligger litt utenfor nærsonen sørvest for anlegget. Den er trukket litt ut fra anlegget for å komme ned i dyprenna ved anlegget, der man forventer at nedfallet samles. Stasjon Mbh 3 representerer fjernsonen og ligger medstrøms ca 850 m øst for anlegget.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten til Surnadal Sjøservice AS den 9. og 10. mai, 2011. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra tre stasjoner. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.2. Detaljskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene 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 vannutskifting, 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 og temperatur ved tre stasjoner (figur 3.1 til 3.3). 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. På grunn av en feil med oksygensonden foreligger det ikke målinger av oksygenkonsentrasjon og oksygenmetning i vannsøylen ved prøvetakingsstasjonene. Da stasjonene ligger i et strømrøkt og havnært område er det ikke sannsynlig at det er begrensninger i vannutskiftingen. Det ble derfor besluttet at det ikke var nødvendig med nytt tokt for å gjøre oksygenmålinger. Målingene av temperatur og salinitet ble imidlertid overført til datamaskin på land og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS. Feltarbeidet ble utført 09. og 10. mai, 2011.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i mai 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. Mbh 1 09.05.11	Mannbruholmen 63°51.083 N 08°32.127 Ø	35	1	0,71	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerne i prøven. Uttak til faunaprøve.
			2		Uttak til kjemi/geologi prøve.
			3	2,75	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerne i prøven. Uttak til faunaprøve.
St. Mbh 2 10.05.11	Mannbruholmen 63°50.760 N 08°31.474 Ø	55	1	0,71	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerner i prøven. Uttak til faunaprøve.
			2	0,71	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerner i prøven. 3 grabbskudd, det siste 50 unna de to første. Uttak til faunaprøver.
			3		4 grabbskudd. Uttak til kjemi/geologi prøve.
St. Mbh 3 10.05.11	Mannbruholmen 63°50.910 N 08°33.780 Ø	65	1	1,65	Skjellsand og silt, lys grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerne i prøven. Uttak til faunaprøve.
			2	2,0	Skjellsand og silt, lys grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerne i prøven. Uttak til faunaprøve.
			3		Uttak til kjemi/geologi prøve.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt sedimentprøver til analyse av organisk innhold og kornfordeling fra tre stasjoner. 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 (H₂S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 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.

2.2.4 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 bunndyrprøver 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 m². 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 m² 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.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hull diameter 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 Forurensningsdirektoratet) 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 og brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra Svært god (I) til Meget dårlig (V). I tillegg brukes indeksene NQI1 og NQI2, 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).

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 vanndirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

			Tilstandsklasse				
			I	II	III	IV	V
			Meget/ svært god	God	Moderat/ mindre god	Dårlig	Meget / svært dårlig
Parameter		Måleenhet					
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
	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 nærsonen 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.

2.3 Produksjon

Utføret mengde i 2011: 7020 tonn

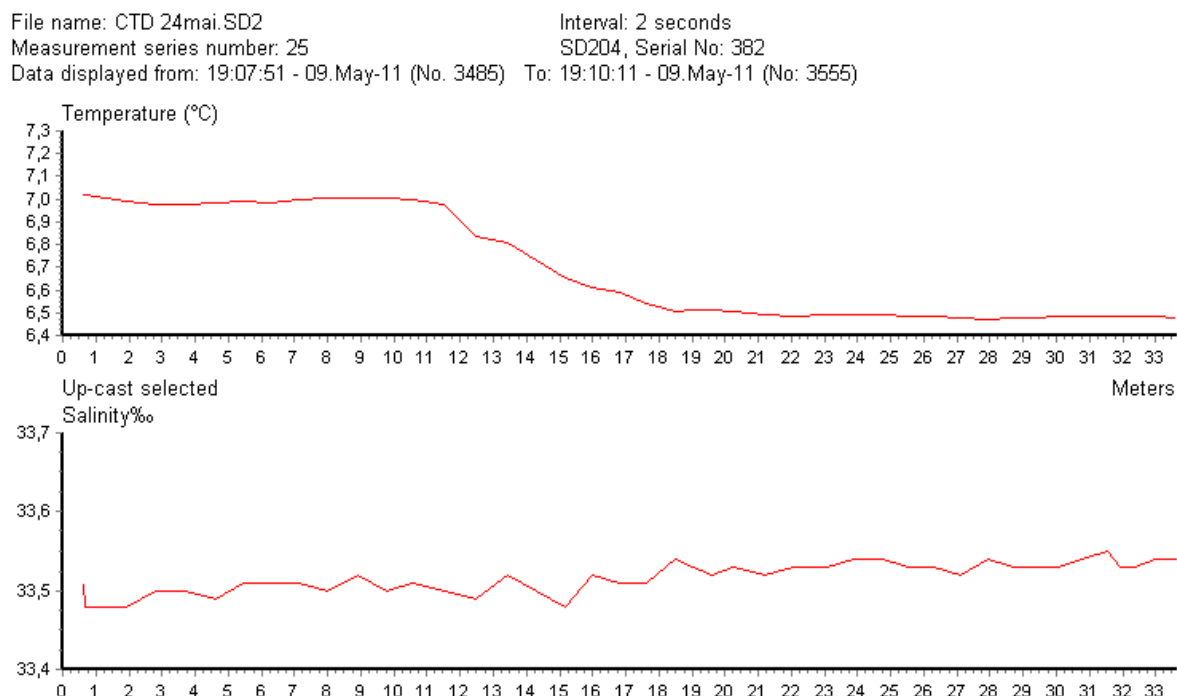
Utføret mengde i 2010: 4440 tonn

Utføret mengde i 2008: 12 500 tonn

3 RESULTATER OG DISKUSJON

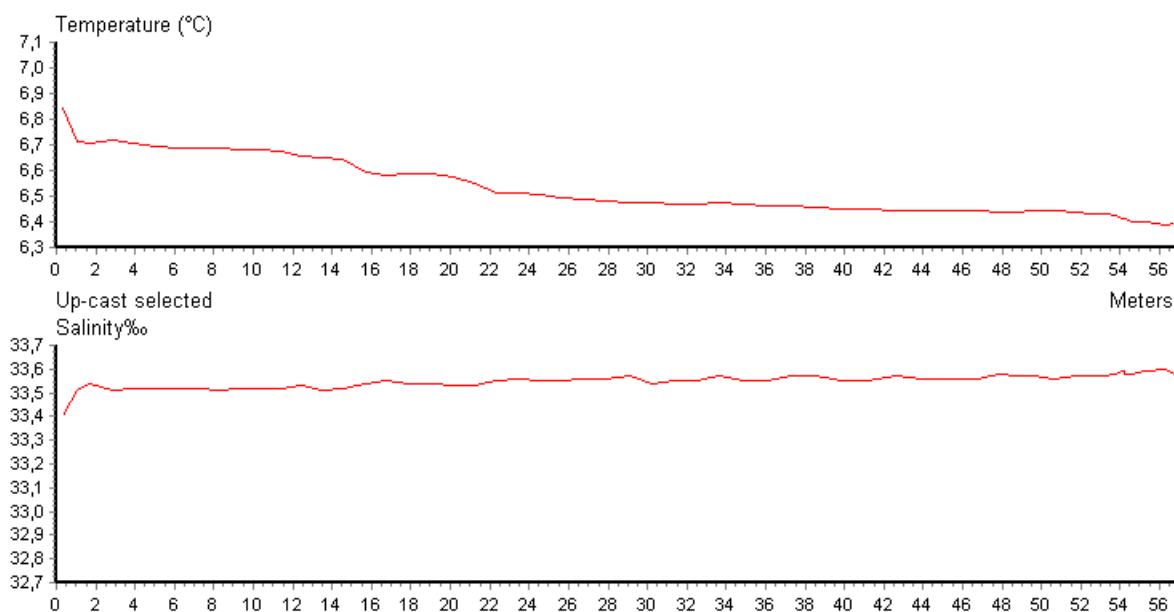
3.1 Hydrografi

På alle tre stasjoner ble det stort sett registret det samme mønster når det gjelder hydrografi (figur 3.1 til 3.3). Temperaturen synker gradvis fra cirka 7.0 °C til 6.5 °C fra overflaten, og nedover i dypet. Saliniteten ligger på mellom 33-34 ‰ gjennom hele vannsøylen ved alle stasjonene.



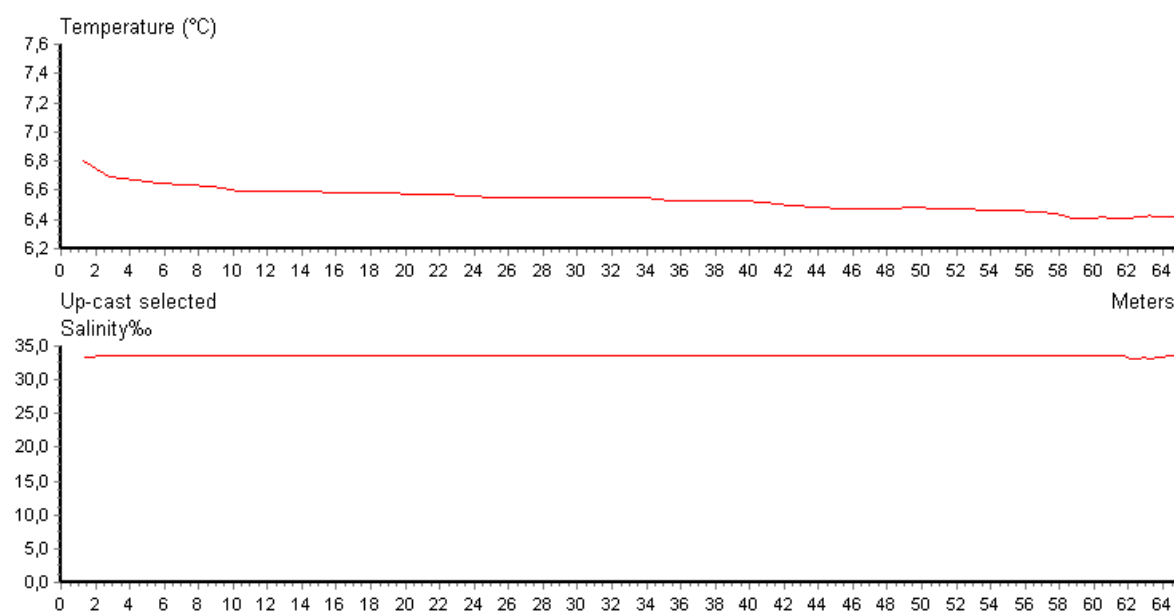
Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 33 meters dyp på stasjon Mbh 1 den 09. mai 2011.

File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 27 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 08:11:22 - 10.May-11 (No. 3615) To: 08:14:36 - 10.May-11 (No: 3712)



Figur 3.2. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 56 meters dyp på stasjon Mbh 2 den 10. mai 2011.

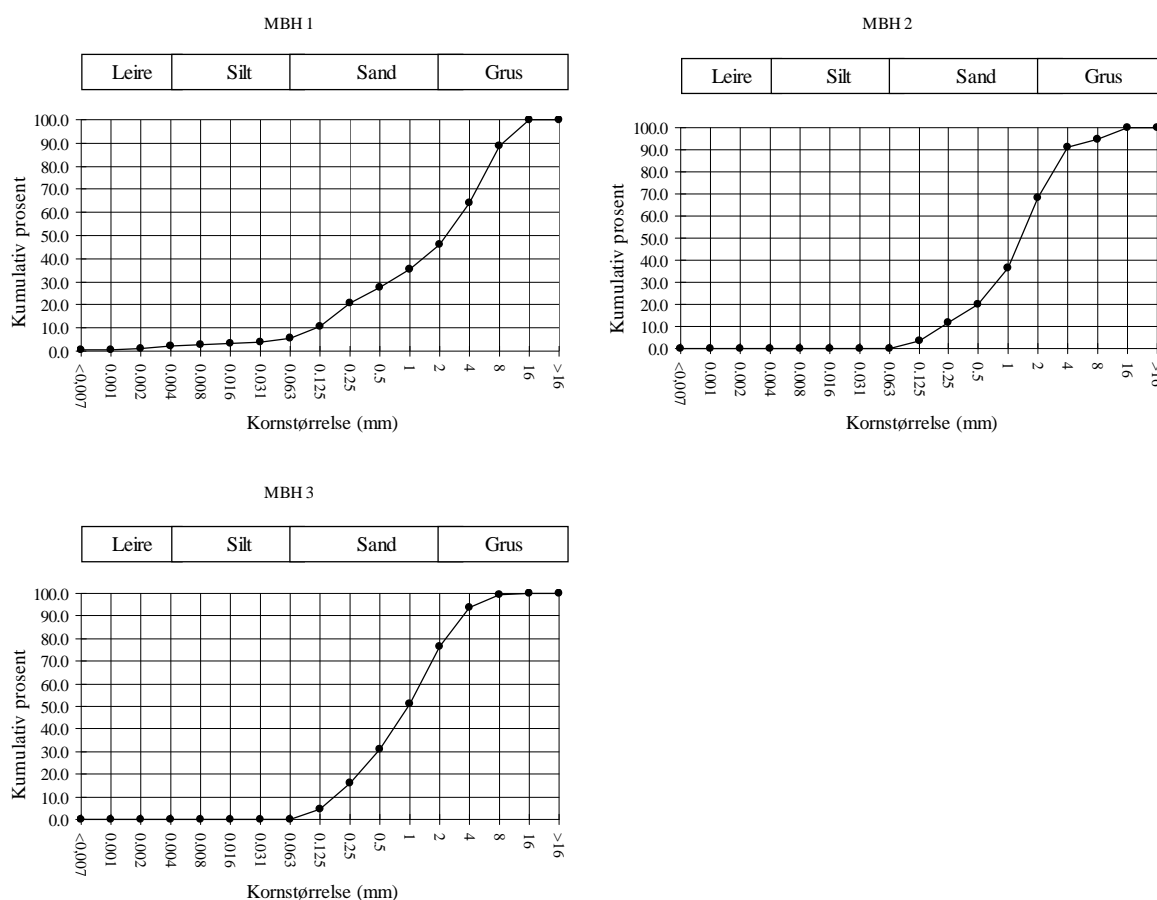
File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 28 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 09:14:29 - 10.May-11 (No. 3791) To: 09:17:57 - 10.May-11 (No: 3895)



Figur 3.3. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 64 meters dyp på stasjon Mbh 3 den 10. mai 2011.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.4 og Tabell 3.1. Alle 3 stasjoner inneholdt mest grovkornede partikler (sand og grus). Dette tyder videre på at det er forholdsvis god bunnstrøm i undersøkelsesområdet. Stasjon Mbh 2 og Mbh 3 hadde ikke nok sediment til at finfraksjonen kunne analyseres. Stasjon Mbh 1 besto av 54 % grus, 41 % sand, 3 % silt, og 2 % leire. Stasjon Mbh 2 besto av 31 % grus, 66 % sand, og 4 % finere materiale. Stasjon Mbh 3 besto av 23 % grus, 72 % sand, og 5 % finere materiale.



Figur 3.4. Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Mannbruholman i 2011. Prøvene fra MBH 2 og MBH 3 hadde ikke nok materiale til analyse av finfraksjonen, derfor er ikke resultatene tilhørende venstre side av grafene gjengitt riktig.

Tabell 3.1. Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene ved Mannbruholman i 2011.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
MBH 1	35	5,32	2	3	5	41	54
MBH 2*	55	4,32			4	66	31
MBH 3*	65	5,46			5	72	23

*) Prøvene fra MBH 2 og MBH 3 hadde ikke nok materiale til analyse av finfraksjonen.

3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet ved Mannbruholman er vist i Tabell 3.2 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).

Nivået av glødetap var lavt på alle de tre stasjonene, mens TOC-nivået var noe høyt på MBH 1 (tilstand III, Mindre god) og høyt på MBH 2 (tilstand V, Meget dårlig). Det fantes ikke nok materiale i prøven fra MBH 3 til analyse av TOC. Nivået av fosfor, kobber og sink var lavt ved samtlige stasjoner.

Tabell 3.2. Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet ved Mannbruholman i 2011. Tungmetaller og Totalt Organisk Karbon (TOC) har tilstandsklasser (TK) angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007 og Molvær 1997). *) Det fantes ikke nok prøvemateriale til analyse av TOC fra MBH 3.

Stasjon	Totalt Organisk Carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor	Sink	Kobber		Tørrstoff (TS) %	
				mg/kg TS	mg/kg TS	TK	mg/kg TS		
MBH 1	<5	32,0	III	380	19,0	I	8,5	I	64,0
MBH 2	99,0	129,8	V	400	18,0	I	8,4	I	63,0
MBH 3*	-	-	-	490	21,0	I	9,9	I	63,0

3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.3-3.5, Figur 3.5 og Vedleggstabell 1. Ingen av stasjonen undersøkt ligger i anleggets nærsone.

Stasjon Mbh 1 ligger rett nord for lokaliteten på 35 m dyp. Det ble funnet 515 individer og 74 arter. Børstemark i slekten *Paraonis* var den mest individrike gruppen, med 37 individer. Både listen over de mest tallrike artene og den geometriske fordelingen av disse viser at det er en jevn artsfordeling uten dominans fra noen enkeltarter, noe som indikerer et godt artsmangfold. KLIFs tilstandsklasse og de sammensatte indeksene i Vanndirektivet (NQI1 og NQI2) gir stasjonen tilstandsklasse 1, svært god. Forholdene er svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer tilnærmet normal, uforstyrret sjøbunn.

Stasjon Mbh 2 ligger rett sørvest nær lokaliteten på 55 m dyp. Prøvevolumet var relativt lite, men ser ikke ut til å ha påvirket resultatene. Det ble funnet 268 individer fordelt på 66 arter. KLIFs og Vanndirektivets klassifiseringsindekser tyder på svært høy faunadiversitet. Dette ser man igjen i grafen over geometriske klasser. Børstemark i familien *Syllidae* er gruppen med flest individer, med 29 individer, (11 % av alle dyr). MOM-tilstandsklasse er 1, meget god. Alt i alt indikerer dette liten påvirkning fra anleggene i perioden før prøvetaking.

Stasjon Mbh 3 ligger øst for lokaliteten på 65 m dyp. Her ble det registrert 375 individer og 60 arter. KLIFs og Vanndirektivets klassifiseringsindekser tyder på svært høy faunadiversitet. Dette ser man igjen i grafen over geometriske klasser. Børstemarken *Aricidea catherinae* er mest individrik, med 59 individer, (16 % av alle dyr). Forholdene er svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer tilnærmet normal, uforstyrret sjøbunn.

Faunaanalysen viser svært gode biologiske forhold ved alle tre stasjoner rundt anlegget, og resultatene indikerer tilnærmet normal, uforstyrret sjøbunn ved alle stasjonene.

Tabell 3.3. Antall individer og arter, diversitet, jevnhet, beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve fra Mannbruholman i 2011. Klassifisering av miljøtilstanden (T.kl.) er basert på flere diversitetsmål: Shannon-Wiener diversitet (H'), NQI1, NQI2 og AMBI som angitt i Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann (se generelt vedlegg for nærmere forklaringer), samt MOM tilstand fra NS 9410.

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	KLIF		Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
					TK	MOM				
MBH 1	1	244	56	5.23			0.90			
	2	271	64	5.49			0.92			
	sum	515	74	5.55		1	0.89	1.72	0.81	0.84
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
MBH 2	1	120	44	4.92			0.90			
	2	148	51	5.05			0.89			
	sum	268	66	5.32		1	0.88	2.05	0.80	0.80
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
MBH3	1	170	47	4.78			0.86			
	2	205	46	4.81			0.87			
	sum	375	60	4.94		1	0.84	2.15	0.77	0.76
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god

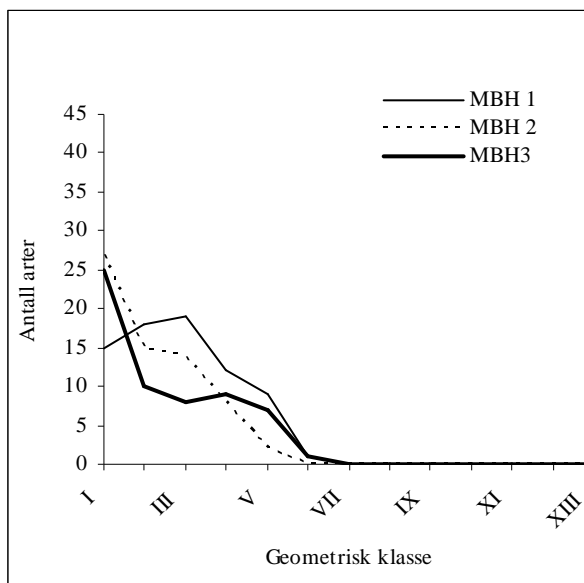
Tabell 3.4. De mest tallrike artene/gruppene fra Mannbruholman i 2011.

MBH 1	Ant. Ind.	%	Kum %	MBH 2	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>Paraonis sp.</i>	37	7	7	<i>Syllidae indet.</i>	29	11	11
<i>Aricidea catherinae</i>	29	6	13	<i>Cirratulus cirratus</i>	19	7	18
<i>Ascidacea indet.</i>	25	5	18	<i>Cirriformia tentaculata</i>	15	6	24
<i>Stenosemus albus</i>	23	4	22	<i>Macrochaeta clavicornis</i>	14	5	29
<i>Eupolymnia nesidensis</i>	22	4	26	<i>Scoloplos armiger</i>	12	4	33
<i>Jasmineira sp.</i>	18	3	30	<i>Sabellides indet.</i>	11	4	37
<i>Mediomastus fragilis</i>	17	3	33	<i>Stenosemus albus</i>	9	3	41
<i>Nucula nucleus</i>	17	3	37	<i>Paraonis sp.</i>	8	3	44
<i>Syllidae indet.</i>	16	3	40	<i>Pholoe baltica</i>	8	3	47
<i>Leptochiton asellus</i>	16	3	43	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	8	3	50

MBH3	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>Aricidea catherinae</i>	59	16	16
<i>Paraonis sp.</i>	25	7	22
<i>Pholoe baltica</i>	20	5	28
<i>Synaptidae indet.</i>	19	5	33
<i>Scoloplos armiger</i>	17	5	37
<i>Thyasira flexuosa</i>	17	5	42
<i>Syllidae indet.</i>	16	4	46
<i>Polydora sp.</i>	16	4	50
<i>Notomastus latericeus</i>	14	4	54
<i>Glycera alba</i>	14	4	58

Tabell 3.5. Geometriske klasser fra Mannbruholman i 2011.

Geometriske klasser	MBH 1	MBH 2	MBH3
I	15	27	25
II	18	15	10
III	19	14	8
IV	12	8	9
V	9	2	7
VI	1	0	1
VII	0	0	0
VIII	0	0	0



Figur 3.5. Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Mannbruholman i 2011.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved ett matfiskanlegget Mannbruholmen ved Sulfjorden i Frøya kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 09. og 10. mai 2011. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på tre stasjoner.

Sedimentundersøkelsen viste at undersøkelsesområdet besto av mye fast bunn med grovkornet materiale. Andelen sand og grus utgjorde til sammen minst 95 % ved alle tre stasjoner, med en mindre andel finere materiale. Disse resultatene tyder på god bunnstrøm i undersøkelsesområdet. De hydrografiske dataene viste normal saltholdighet og temperatur ved samtlige stasjoner. Organisk innhold (% glødetap) var lavt ved alle stasjonene, mens TOC var noe høyt ved Mbh 1 (TK III, mindre god) og høyt ved Mbh 2 (TK V, meget dårlig). Nivået av fosfor, sink, og kobber var lavt på alle tre stasjoner. Analysen av bentisk fauna viste svært gode biologiske forhold ved alle stasjonene i undersøkelsen, og resultatene indikerer tilnærmet normal, uforstyrret sjøbunn ved alle tre stasjoner.

Som helhet kan man si at undersøkelsesområdet rundt oppdrettslokaliteten Mannbruholmen fremstår som tilnærmet upåvirket av produksjonen ved anlegget, med et godt artsmangfold, og god fordeling mellom arter.

Tabell 4.1 Oppsummering av resultatene.

Stasjon	Dyp (m)	Fauna KLIF's T.kl.	Fauna MOM tilstand	T.kl. sink	T.kl. kobber	T.kl. TOC
Mbh 1	35	I	I	I	I	III
Mbh 2	55	I	I	I	I	V
Mbh 3	65	I	I	I	I	-

5 TAKK

Vi takker mannskapet fra Surnadal Sjøservice AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på deres båt. På toktet deltok Fredrik R Staven og Anders W Olsen fra Aqua Kompetanse AS. Sedimentanalysene ble utført av Tommie Christensen. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen, Per-Otto Johansen, 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 VEDLEGGSDDEL

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.

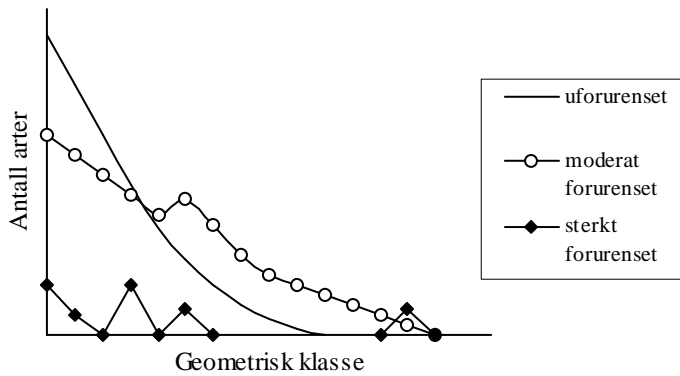
Geometriske klasser

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 faunaekspertene. 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 miljøgrader. 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:

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

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

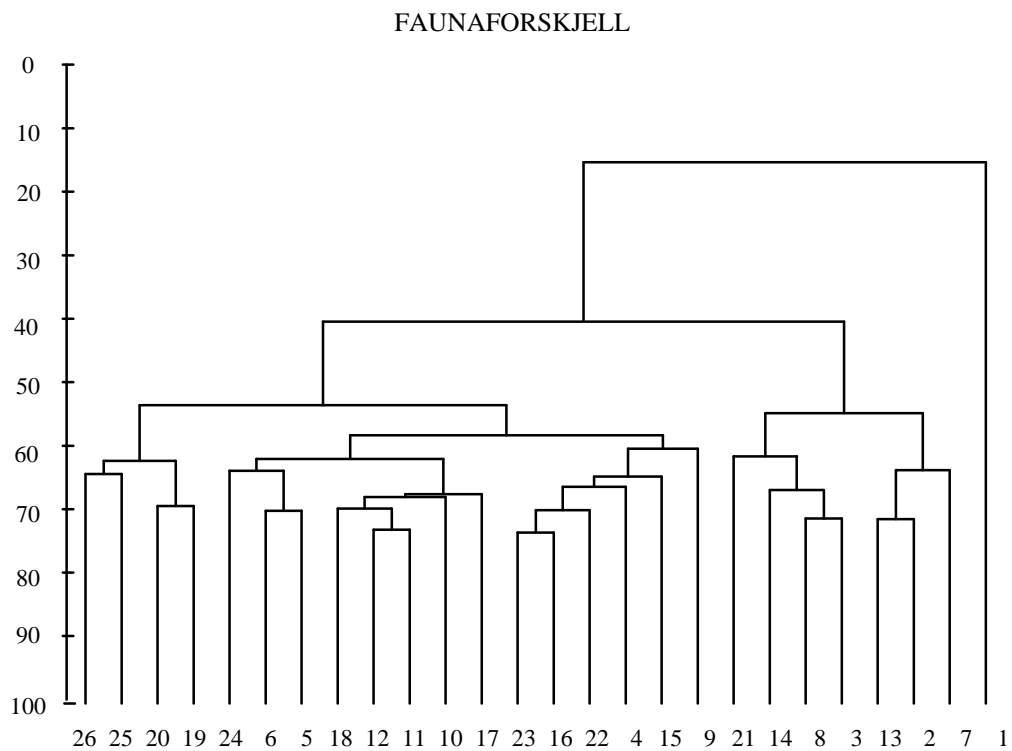
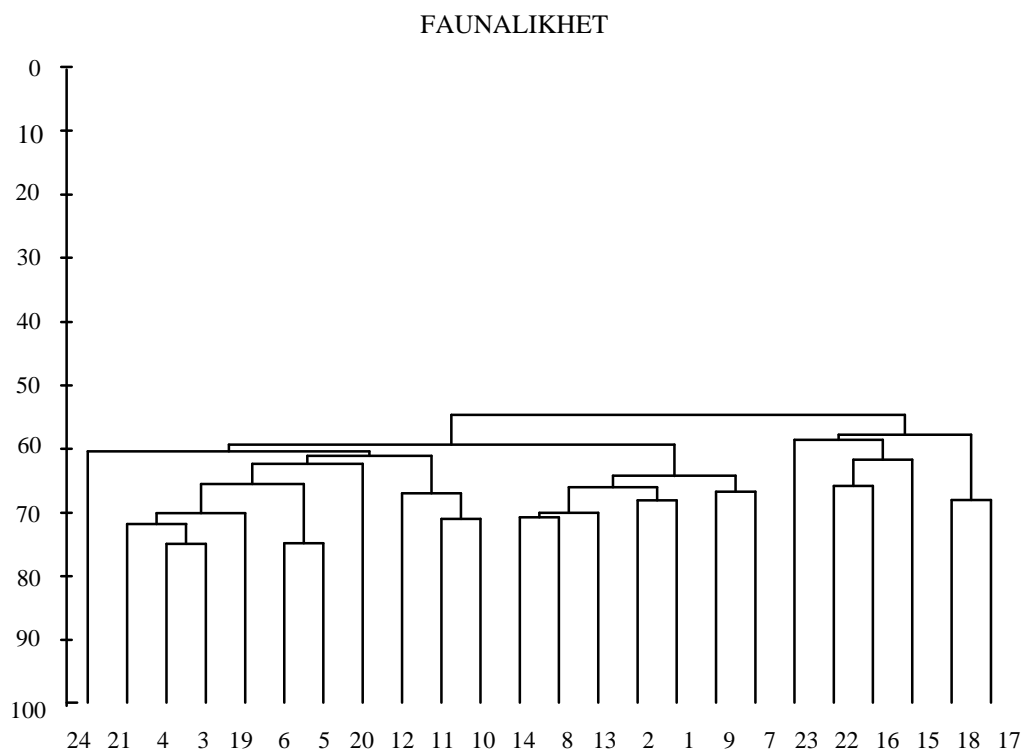
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

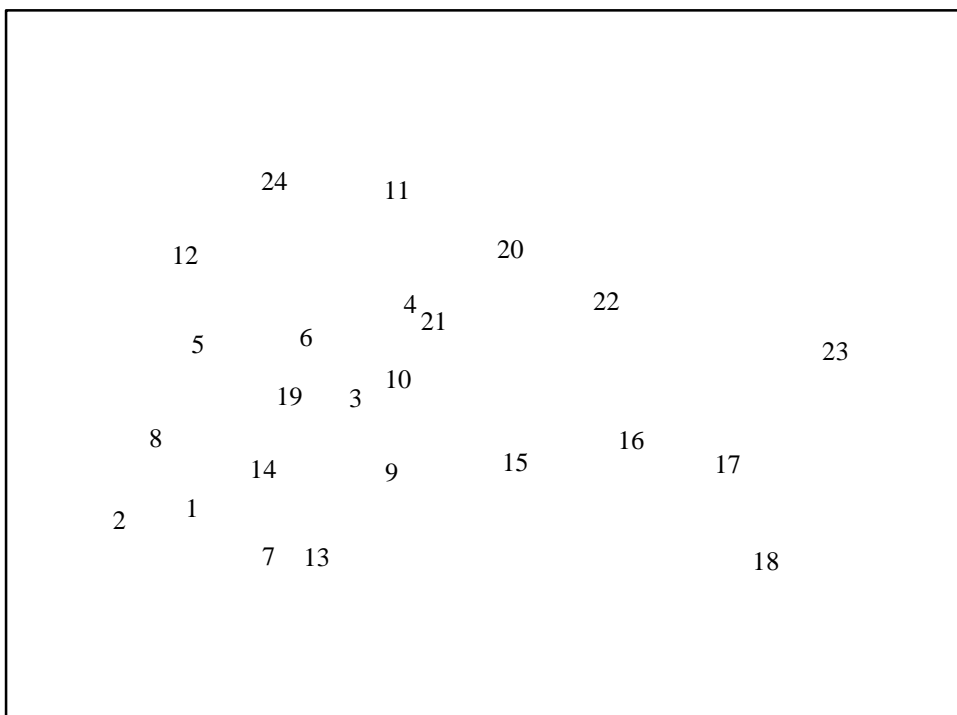
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

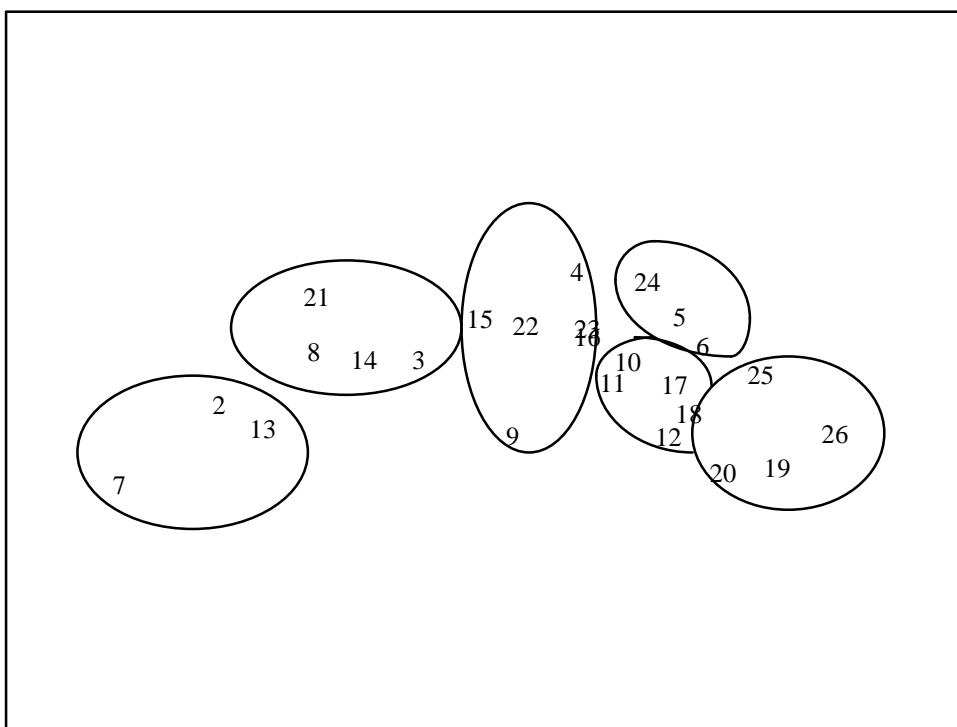


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.: 805836****Prøvetakingssted (område): Mannbruholmen****Dato for prøvetaking: 09-10.05.2011****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aque Kompetanse AS****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Tom Alvestad, Per-Otto Johansen 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:3 sider.

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

P.O. Johansen

Signatur:.....
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

	Mannbruholman					
	MBH 1		MBH 2		MBH 3	
	09.05.2011	09.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	10.05.2011
Hugg nr	1	2	1	2	1	2
* Cliona sp.	+	+			+	
* HYDROZOA						
* Hydrozoa indet.					+	+
* ANTHOZOA						
Actiniaria indet.				1	1	2
Gonactinia prolifera	4	2	1	2		
Edwardsia sp.						1
Actinidae indet.			1		1	2
* NEMERTINI indet.	7	2	2	1	4	1
* NEMATODA indet.	1	5		1	3	1
PRIAPULIDA						
Priapulus caudatus			0/1			
POLYCHAETA						
* Siboglinum fiordicum	+	+			+	+
Polynoidae indet.	3	1		1		1
Pholoe baltica	7/2	4/1		8	10/2	6/2
Phyllodoceidae indet.		1				
Phyllodoce mucosa	2	1	1/1	2	1	
Eumida bahusiensis			1/1		0/1	
Eumida ockelmanni	1		4	2		
Eumida sanguinea	2/1	3				
Eteone longa	7	6		5/1	1	4
Gyptis rosea	4	2				
Kefersteinia cirrata	8	3	3	2	1	
Nereimyra punctata	1/1	1				
Syllidae indet.	7	9	10	19	8	8
Exogone sp.	1	1	1	1	3	4
Platynereis dumerilii	0/1					
Nephtys paradoxa	0/1	0/1				
Sphaerodorum flavum	3	9	2	1		
Glycera alba	1	1		0/1	1/2	4/7
Glycera lapidum			0/2		0/3	0/2
Goniada maculata					2	
Lumbrineridae indet.	4	7		1	1	
Protodorvillea kefersteini	2		2	6	6	2
Schistomeringos sp.	1					
Scoloplos armiger	3	3/2	0/1	6/5	4/3	6/4
Aonides paucibranchiata					1	
Polydora sp.	1	5	1	1	5	11
Prionospio cirrifera		7	1		3	4
Scolecopsis korsuni					1	
Spio sp.					2	9
Spiophanes kroeyeri						0/1
Apistobranchnus tenuis		2			1	1
Aricidea catherinae	15	14		1	30	29
Paraonis sp.	23	14	1	7	13	12
Aphelochaeta sp.	1	4				1
Chaetozone sp.		2		2	1	4
Cirratulus cirratus	3	3	12	7	6	3
Cirriformia tentaculata	0/3	0/3	0/9	0/6	0/2	0/2

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

	Mannbruholman					
	MBH 1		MBH 2		MBH 3	
	09.05.2011	09.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	10.05.2011
Hugg nr	1	2	1	2	1	2
Macrochaeta clavicornis		4	11	3	2	1
Brada inhabilis				1		
Flabelligera affinis	5					
Pherusa plumosa		3				
Ophelina acuminata				1		
Lipobranchus jeffreysii		2	1			
Scalibregma inflatum	1	2		1	3	3
Mediomastus fragilis	8	9	2	2	4	6
Notomastus latericeus	3	6		1	2/1	10/1
Maldanidae indet.		1			1	1
Owenia borealis					5/1	2
Galathowenia oculata	3	2		1	1	3
Ampharete lindstroemi					1	
Sabellides indet.		2	3	8	1	
Sosane sulcata		0/1			1	2
Anobothrus gracilis					1	
Melinna elisabethae		1/1				
Eupolymnia nebulosa					1	1
Eupolymnia nesidensis	10	12	4	2		1
Thelepus cincinnatus						1
Polycirrus norvegicus	5	5	1		2/1	5
Trichobranchus roseus	1		1			
Jasmineira sp.	1	17	2	2	6	5
Euchone sp.		1		1		
Hydroides norvegica	3	2/2	0/1		3	
Pomatoceros triqueter	0/1	0/1	1			
Spirorbidae indet		1				
OLIGOCHAETA indet.				1		
SIPUNCULA						
Sipuncula indet.		4	1	1		1
Phascolion strombus	1	3		1	1	
CRUSTACEA						
* Calanus finmarchicus	47	31	11	28	7	3
* Verruca stroemi		1				
* Nebalia sp.						1
* Gnathia sp.	1					
* Natatolana borealis						0/1
* Idotea sp.			1			
* Amphipoda indet.	3		1	3	1	
* Decapoda larve	0/1					
* Galathea intermedia	4		0/1	1/2	1	
* Pagurus bernhardus						1
* Anapagurus laevis					1	
* Liocarcinus pusillus					1	
* Inachus dorsettensis		0/1				
* Macropodia rostrata						0/1
* Hyas coarctatus				0/1		
MOLLUSCA						
Leptochiton asellus	9	5/2	6			1
Stenosemus albus	4/8	8/3	2/1	1/5		

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

	Mannbruholman					
	MBH 1		MBH 2		MBH 3	
	09.05.2011	09.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	10.05.2011
Hugg nr	1	2	1	2	1	2
Gibbula tumida	7/2	2/2	3/1			
Nassarius incrassata		2				
Raphitoma cf. leufroyi			1			
Chrysallida sp.	1					
Nudibranchiata indet.			1	2		
Nucula nucleus	7	9/1		1		
Modiolula phaseolina	0/3	0/4	0/1	1		
Modiolus modiolus		1	3	2		
Similipecten similis	0/1	0/1				
Palliolum striatum		0/1				
Thyasira flexuosa	1/3	7	1	0/1	1/2	12/2
Tellimya ferruginosa				1/1		
Astarte sulcata	0/2	1/1				
Parvicardium scabrum				0/1		
Arctica islandica						0/1
Mya truncata	0/1	0/1	0/1	0/3		
Corbula gibba		1				
* PHORONIDA indet.						3
* BRYOZOA						
* Bryozoa skorpeformet	+	+	+		+	
ECHINODERMATA						
Asteroidea indet.			0/1			
Ophiactis sp.	1					
Ophiopholis aculeata	0/1	1				
Amphipholis squamata	3/1	2/7	1/3	1/2		0/1
Amphiura filiformis						1
Ophiocomina nigra	7		5	2		
Ophiocten affinis	0/2	0/2		1/1		1
Ophiura albida			1/1			
Psammechinus miliaris					1	
Echinocardium flavescens				1		
HOLOTUROIDEA						
Psolus sp.	0/1					
Thyonidium drummondi				1		0/1
Synaptidae indet.	10	2	2	1	10	9
ENTEROPNEUSTA indet.					1	
CHORDATA						
ASCIDIACEA						
Ascidiacea indet.	14	11	1	5	1	1
* PISCES indet.	0/2					
* Diplecogaster bimaculatus		1				
* PISCES egg.	4		5	4		
* VARIA	+	+	+			

Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Bergen

F. reg. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

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

AR-11-MX-000311-01



EUNOBE-00000286

Prøvemottak: 22.08.2011
Temperatur:
Analyseperiode: 22.08.2011-23.09.2011
Referanse: 805836 ref nr 43/2011

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2011-0824-036	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	1	Analysestartdato:	22.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	64	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	8.5	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	19	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	380	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	441-2011-0824-037	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	2	Analysestartdato:	22.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	63	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	9.9	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	21	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	490	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1

Prøvenr.:	441-2011-0824-038	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	3	Analysestartdato:	22.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	63	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	8.4	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	18	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	400	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	99.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003 - Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss

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 2



Rapportkommentar:

Prøve 2: TOC ikke analysert grunnet for lite prøvemengde.

Kopi til:

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Bergen 23.09.2011

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

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 2 av 2