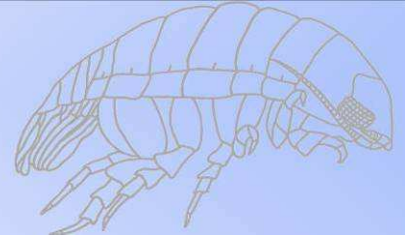


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Research





e-Rapport nr. 22-2012

MOM C undersøkelse i Døløyråsa høsten 2011

Fredrik R Staven
Vidar Strøm
Kristin Hatlen
Per-Otto Johansen



	SAM-Marin	
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: MOMC-undersøkelse i Døløyråsa høsten 2011	Dato: : Felt: 15 & 17.11.2011
	Antall sider og bilag: 42
Forfatter(e): Fredrik Staven, Vidar Strøm, Kristin Hatlen, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Fredrik R Staven
	Prosjektnummer: 95-11-11C

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

Abstract: On assignment from Salmar Farming AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the marine area by the fish farm Lyrneset, which is located in Flatanger, Nord-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, four different stations were chosen for sampling; Lyr1, which is located in the near zone of the fish farm Døløyråsa, Lyr2, which is located in the near zone of the fish farm Lyrneset, Lyr3, which lies in the remote zone, southeast of the fish farm Lyrneset, and Lyr 4, which is an extra sampling station located in an area where a fish farm is thought to be placed in the future. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority. The hydrographical investigation showed low oxygen concentration at the sea bottom on station Lyr2, Lyr3, and Lyr4. The water column at the shallow station Lyr1 seem to be relatively homogenous, with a uniform oxygen concentration throughout the column. The results from the chemical analysis show that the levels of zinc and cobber were low (class I, very good) at every station. The levels of phosphorous were low at Lyr3 and Lyr4, while it was moderate at Lyr2. The total organic carbon (TOC) was high (class V, very bad) on all stations. The organic content expressed as % volatile total solids showed high levels on all stations. The sediment analysis revealed that the sediment from Lyr2 consisted of a mixture of sand, silt, and clay. The sediment from Lyr3 and Lyr4 was relatively fine-grained, with a mixture of silt and clay, and a lesser degree of sand. The soft bottom macro fauna investigations showed good conditions with good species diversity at Lyr3 and Lyr 4, while the conditions at the near zone station Lyr2 were moderate to bad, and showed the presence of the opportunistic polychaete *Capitella capitata*.

Keywords: Fish farm	Emneord: Fiskeoppdrett
Recipient	Resipient
Benthos	Bunndyr
Sediment	Sediment

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 22-2012

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	14.5-2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	15. og 17.11.11	

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 sediment analyser, samlet av: Aqua Kompetanse

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-marin

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad og Per Johannessen

Rapportering utført av: Aqua Kompetanse og SAM-marin

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-marin

LEVERANDØRER

Toktfartøy: oppdrettsbåten til Salmar Farming

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse as **akkrediteringsnummer**
Test003

Akkreditert: Kobber, sink og Fosfor

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHOOLD

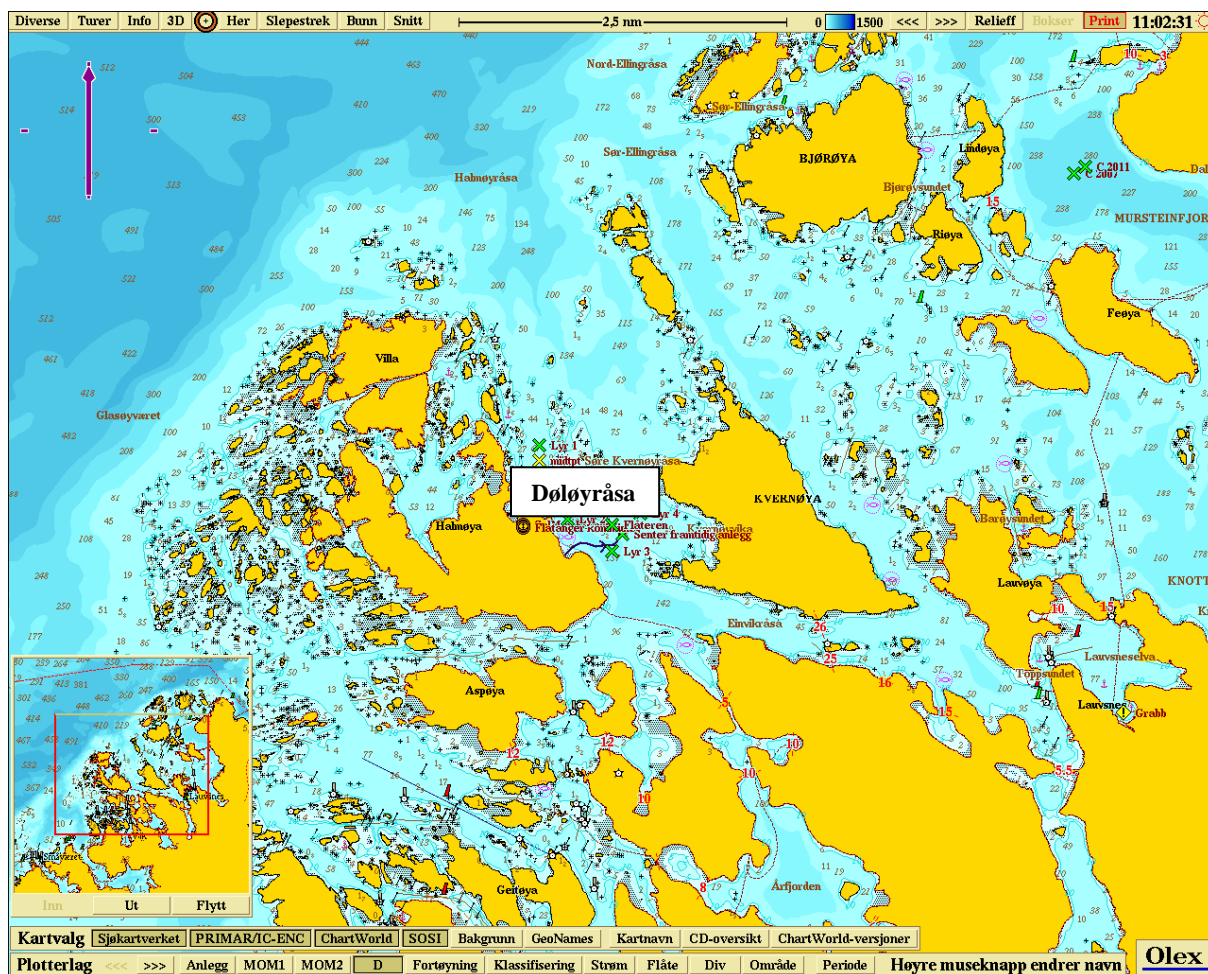
1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	7
2.2.1 Hydrografi	7
2.2.2 Sediment.....	10
2.2.3 Kjemiske analyser	10
2.2.4 Bunndyr	11
2.3 Produksjon	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment	19
3.3 Kjemi	20
3.4 Bunndyr	20
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	26
5 TAKK	27
6 LITTERATUR	28
7 VEDLEGG	29
GENERELL VEDLEGGSDDEL	29
Vedleggstabell 1. Artsliste	37
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi	41

1 INNLEDNING

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra fire stasjoner og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS ved oppdrettsanleggene Lyrneset og Døløyråsa, Flatanger kommune i Nord-Trøndelag 15. og 17. november 2011. Anleggene er eid av Salmar Farming AS. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Tom Alvestad og Per Johannessen. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i én prøve fra tre av stasjonene.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdene rundt oppdrettsanleggene. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra anleggene. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene og avdekke eventuelle forandringer i resipienten, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna, og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet avmerket. Kartkilde: Olex.

2 MATERIALE OG METODER

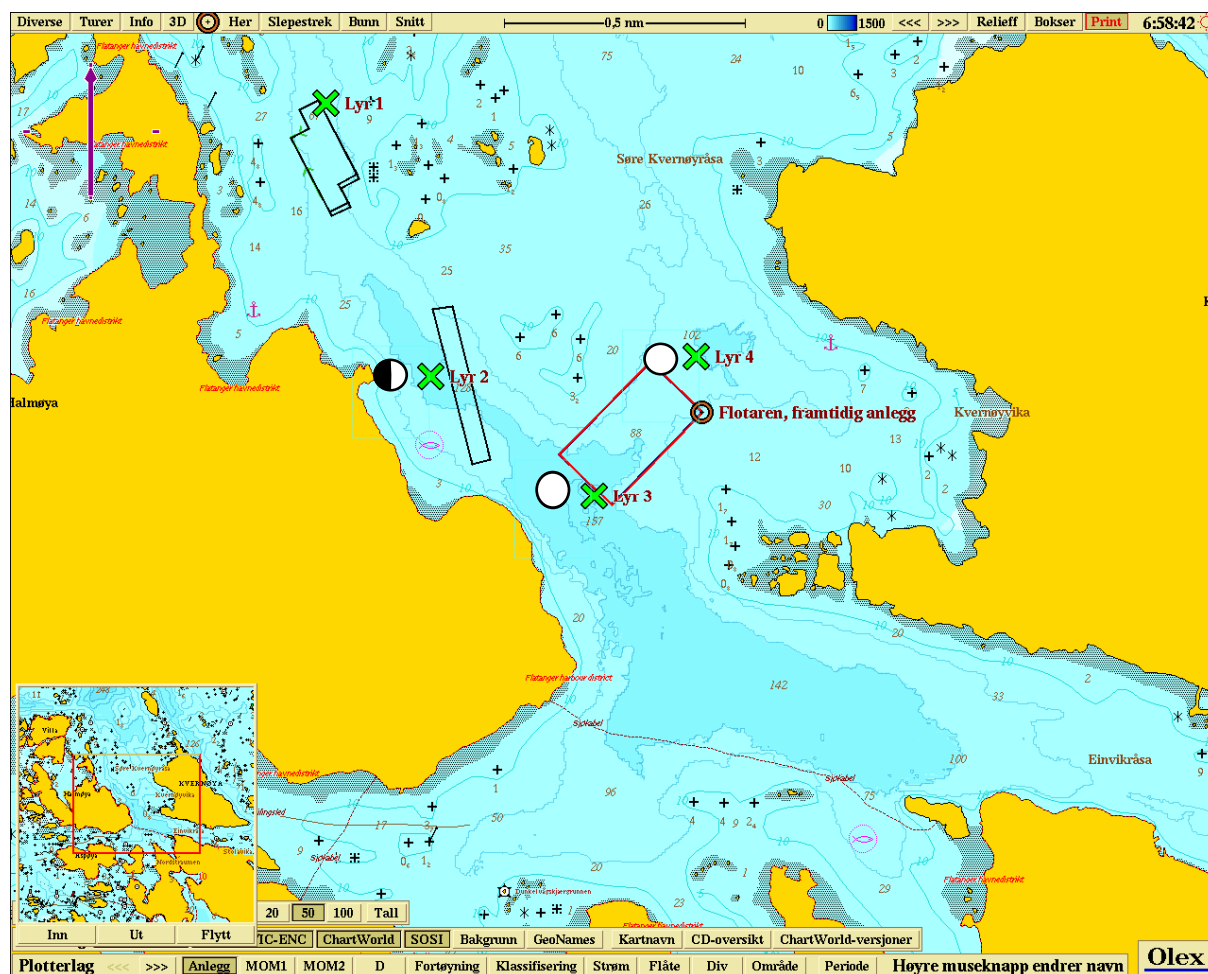
2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger i Døløyra mellom øyene Halmøya og Kvernøya i Flatanger kommune (Figur 2.1). Det ligger per i dag to oppdrettsanlegg i området; Lyrneset og Døløyra, begge eid av oppdrettsselskapet Salmar Farming AS. Prøvetakingsstasjonene i denne undersøkelsen ble lagt i forhold til to eksisterende anlegg og ett mulig framtidig anlegg. Lyr 1 er plassert i nærheten til Døløyra, mens Lyr 2 er plassert omtrent i nærheten til merdene ved Lyrneset. Lyr 4 er plassert i et mindre dypvannsbasseng nedstrøms. Her er det tenkt en mulig framtidig plassering av anlegget. Dette må betraktes som en ekstra stasjon tatt i

samme slengen som resten. Lyr 3 fungerer som fjernsonestasjon tatt i dette fjordpartiets dypeste gryte på 161 m (Se figur 2.2).

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra oppdrettsbåten til Salmar Farming AS den 15. og 17. november 2011. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra fire stasjoner. Grunnet hardbunn i området ved stasjon Lyr 1, foreligger det ikke sediment- og bunnfaunaanalyse fra denne stasjonen. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.2. Detallskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og anlegget. Stasjoner markert med grønne kryss. 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 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 alle fire stasjoner (figur 3.1 til 3.8). 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. De hydrografiske målingene ble utført den 15. november, 2011 på stasjon Lyr 2 og Lyr 3, og den 17. november 2011 på stasjon Lyr 1 og Lyr 4.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i november 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. Lyr 1 15.11.11	Døløyråsa 64°32.124 N 10°44.231 Ø	66,0	1	-	Én stor stein i grabb. Ingen lukt. Skjell, sjøpung, og børstemark.
			2	-	Hardbunn, kun strø i grabb.
			3	-	Hardbunn, kun strø i grabb.
St. Lyr 2 15.11.11	Døløyråsa 64°31.557 N 10°44.734 Ø	133	1	11,7	Silt og noe skjellsand, lys grå farge. Noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	11,7	Silt og noe skjellsand, lys grå farge. Noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver
			3	7,4	Silt og noe skjellsand, lys grå farge. Noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til kjemiske og geologiske prøver.
St. Lyr 3 15.11.11	Døløyråsa 64°31.310 N 10°45.521 Ø	161	1	14,0	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	14,0	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3		Uttak til kjemiske og geologiske prøver.
St. Lyr 4 17.11.11	Døløyråsa 64°31.598 N 10°46.014 Ø	102	1	14,0	Silt og leire, brun farge. Noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	14,0	Silt og leire, brun farge. Noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	14,0	Silt og leire, brun farge. Noe lukt. Uttak til kjemiske og geologiske prøver.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt sedimentprøver til analyse av organisk innhold og kornfordeling fra fire 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 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter NS-EN-13137. Innholdet av

tørrstoff ble analysert etter NS 4764. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parameterne som inngår i KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

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 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 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 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 tilsetting 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 bunndyrsanalysene. 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 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 vanddirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

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

Fisken ved Lyrneset og Dølyråsa ble satt ut høsten 2010. Fra 13.10.2010 til dato for denne undersøkelsen (15.11.2010) ble det totalt utført 2724 tonn.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

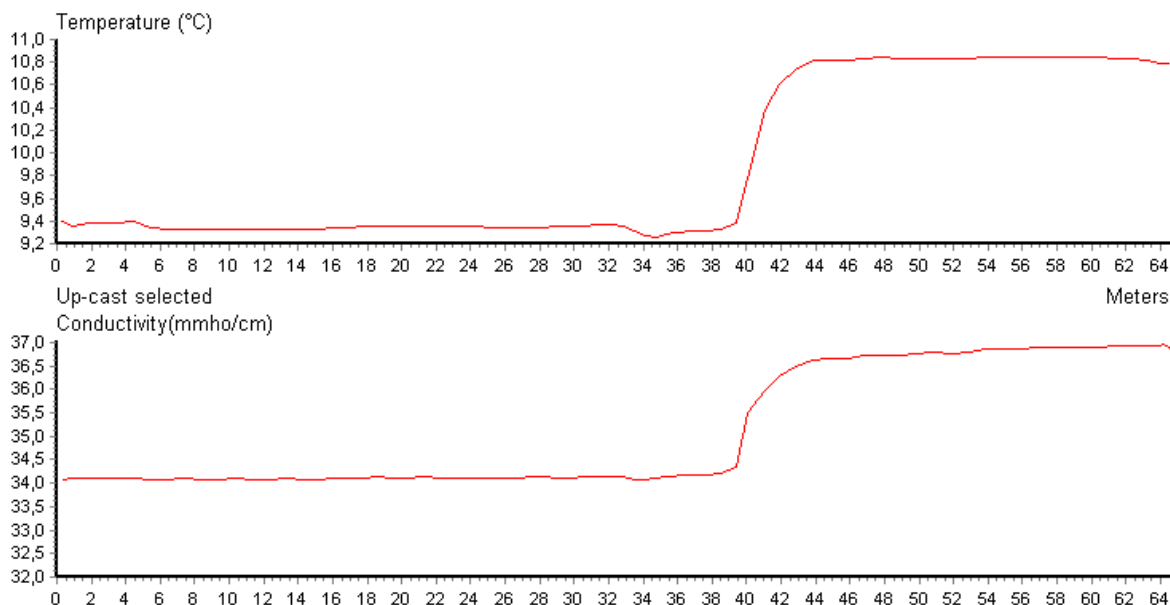
Resultatene var de hydrografiske målingene er oppsummert i figur 3.1 til 3.8. Ved Lyr 1 var det et kaldere og ferskere vannlag i de øverste 40 meterne av vannsøylen. Videre nedover steg temperaturen med 9,3 til 10,5 °C, samtidig som saliniteten steg fra 34,0 til i underkant av 37,0 ‰. Oksygenkonsentrasjonen og oksygenmetningen var relativt homogen nedover i vannsøylen og lå på henholdsvis rundt 8,0 mg/l og 88 %.

Ved Lyr 2 ser det ut til å være et sprangsjikt i vannsøylen på cirka 75 meters dybde, der både temperaturen og saliniteten synker. Temperaturen synker fra rundt 10,0 °C til 7,0 °C, mens saliniteten synker fra 36 til 34 ‰. Oksygenkonsentrasjonen synker fra 7 til 3 mg/l ved bunnen, mens metningen synker fra 85 % til 30 %. Disse oksygenverdiene tilsvarer tilstandsklasse IV (Dårlig) for dypvann etter Molvær et al. 97.

Ved stasjon Lyr 3 ligger sprangsjiktet på rundt 85 meters dybde. Temperaturen ligger på cirka 10 °C i de øverste vannmassene, før den synker ned til 7,0 °C ved 85 meters dybde. Saliniteten ligger på cirka 36,5 ‰ i de øverste vannmassene, mens den synker ned til 34,3 ‰ ved 85 meters dybde. Oksygenmetningen avtar gradvis nedover i vannsøylen fra 8 mg/l i de øverste meterne, til 3,5 mg/l ved bunnen. Metningen følger samme trend med 88 % ved overflaten, til 35 % ved bunnen. Disse verdiene for bunnvannet tilsvarer tilstandsklasse IV (Dårlig) etter Molvær et al. 97.

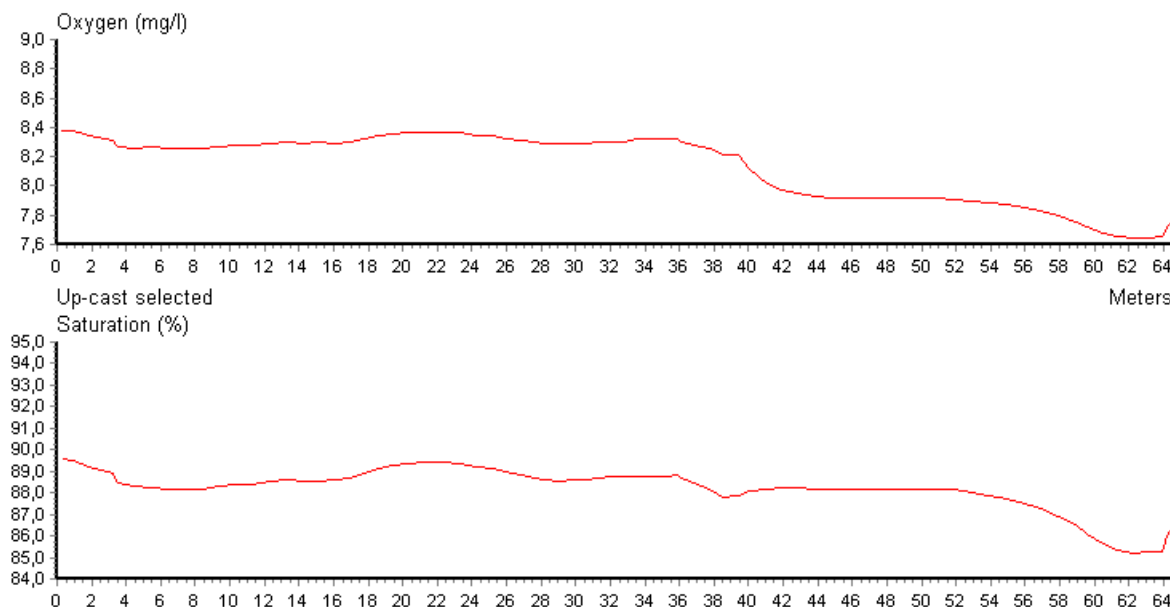
Ved Lyr 4 lå temperaturen rundt 9 °C ned til 75 meters dybde, der den sank ned mot 7 °C. Saliniteten lå mellom 34-36 ‰ gjennom hele vannsøylen. Oksygenkonsentrasjonen lå rundt 8,5 mg/l i overflatevannet. Ved 70 meters dybde avtok konsentrasjonen ned mot 5,3 mg/l. Videre nedover mot bunnen sank den ytterligere ned til 4,5 mg/l. Metningen lå på i overkant av 90 % ved overflaten, og avtok ned til 50 % ved bunnen. Dette svarer til tilstandsklasse III (Mindre god) etter Molvær et al. 97.

File name: lynseset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 6 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 10:44:40 - 17.Nov-11 (No. 743) To: 10:48:26 - 17.Nov-11 (No: 856)



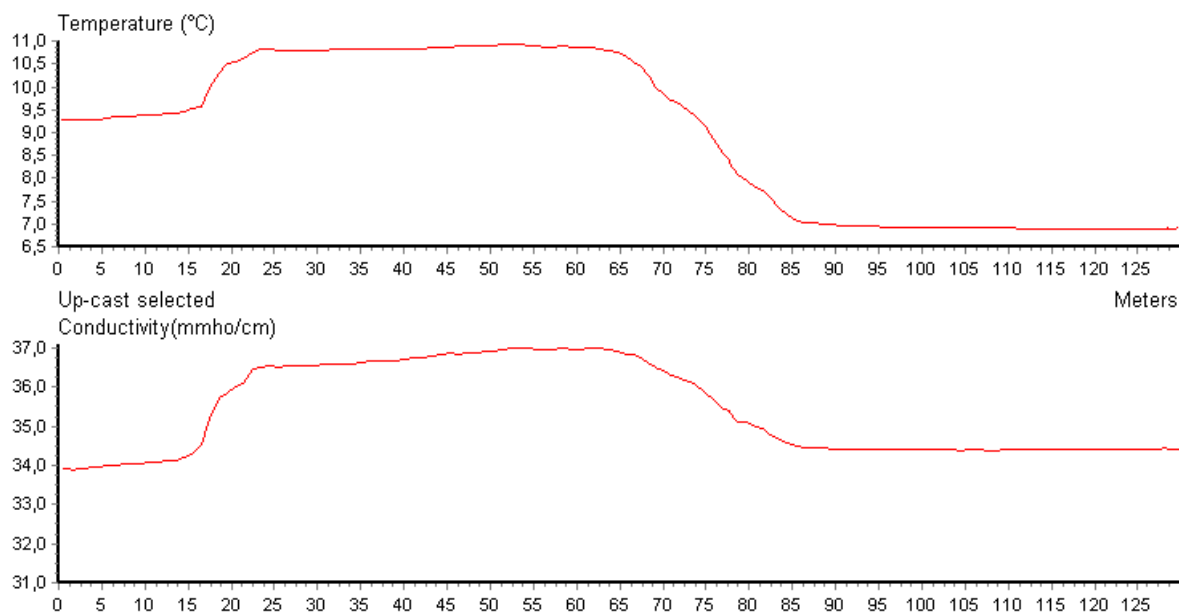
Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 64 meters dyp på stasjon Lyr 1 den 17. november 2011.

File name: lynseset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 6 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 10:44:40 - 17.Nov-11 (No. 743) To: 10:48:26 - 17.Nov-11 (No: 856)



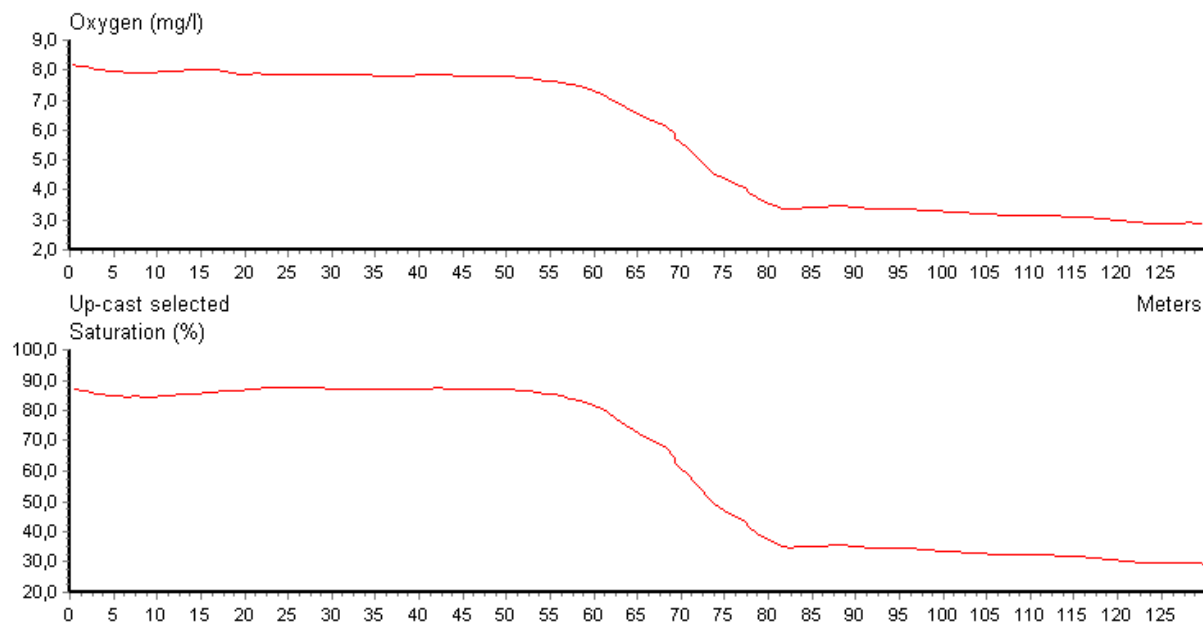
Figur 3.2. Oksygeninnhold fra overflaten og til 64 meters dyp på stasjon Lyr 1 den 17. november 2011.

File name: lyrneset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 2 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 11:44:03 - 15.Nov-11 (No. 52) To: 11:51:29 - 15.Nov-11 (No: 275)



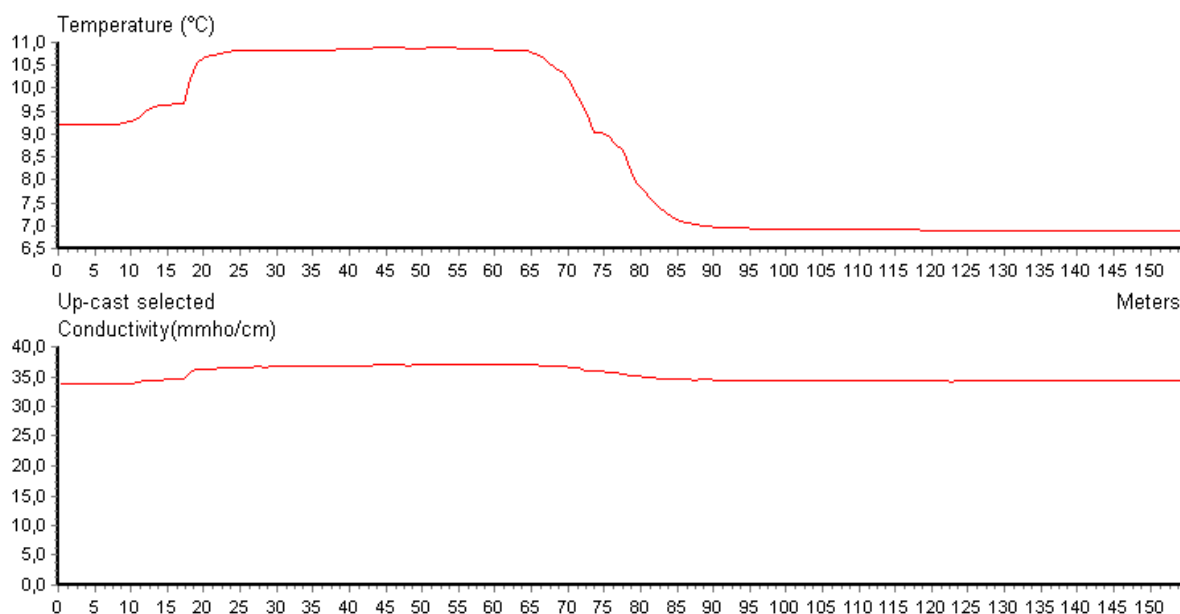
Figur 3.3. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 130 meters dyp på stasjon Lyr 2 den 15. november 2011.

File name: lyrneset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 2 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 11:44:03 - 15.Nov-11 (No. 52) To: 11:51:29 - 15.Nov-11 (No: 275)



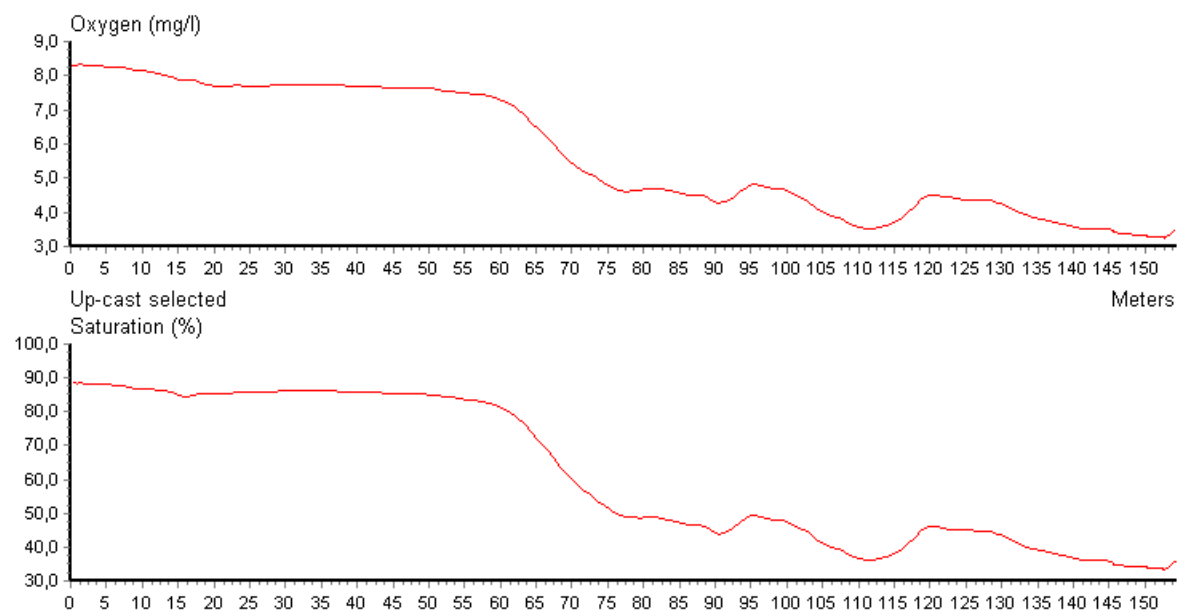
Figur 3.4. Oksygeninnhold fra overflaten og til 130 meters dyp på stasjon Lyr 2 den 15. november 2011.

File name: lyrneset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 3 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 12:42:49 - 15.Nov-11 (No. 318) To: 12:51:33 - 15.Nov-11 (No: 580)



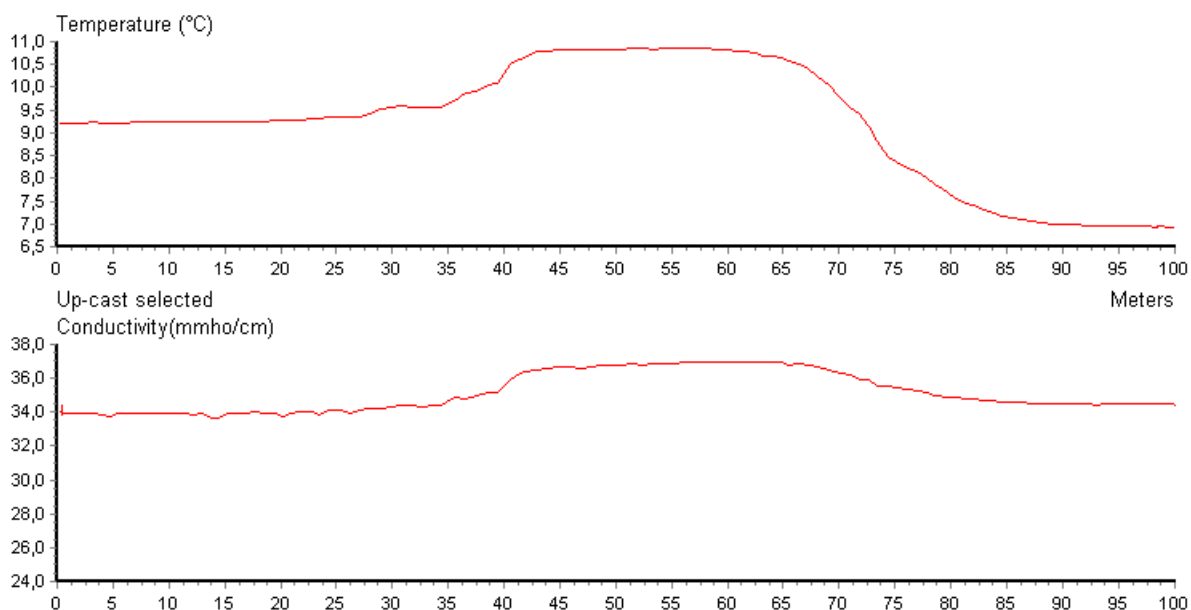
Figur 3.5. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 155 meters dyp på stasjon Lyr 3 den 15. november 2011.

File name: lyrneset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 3 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 12:42:49 - 15.Nov-11 (No. 318) To: 12:51:33 - 15.Nov-11 (No: 580)



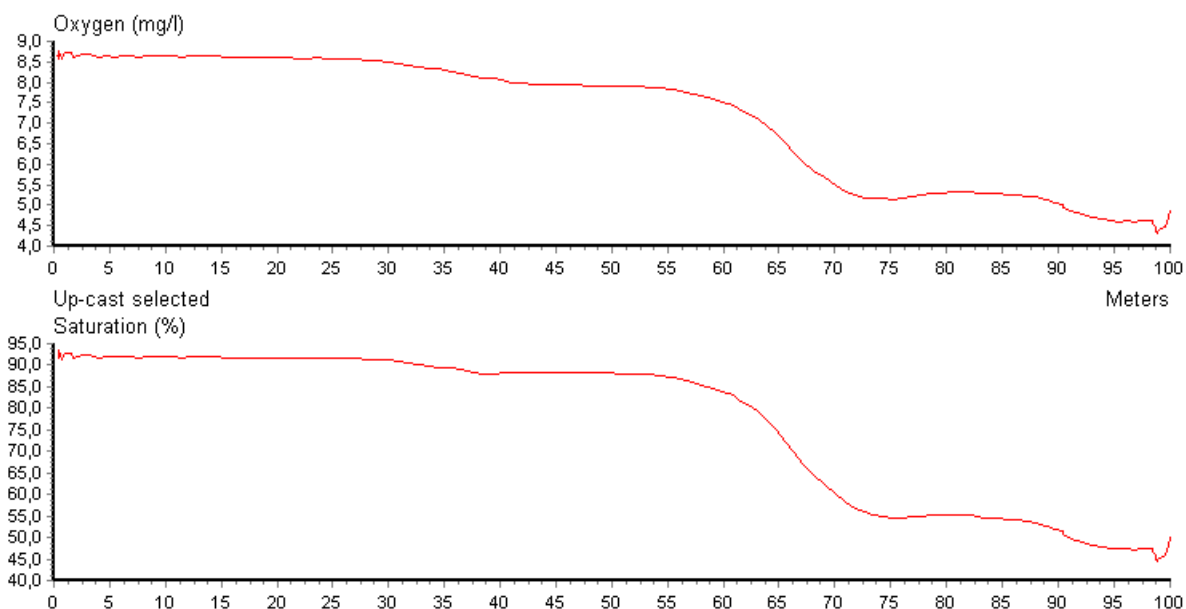
Figur 3.6. Oksygeninnhold fra overflaten og til 155 meters dyp på stasjon Lyr 3 den 15. november 2011.

File name: lynseset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 7 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 11:38:59 - 17.Nov-11 (No. 894) To: 11:47:23 - 17.Nov-11 (No: 1146)



Figur 3.7. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 100 meters dyp på stasjon Lyr 4 den 17. november 2011.

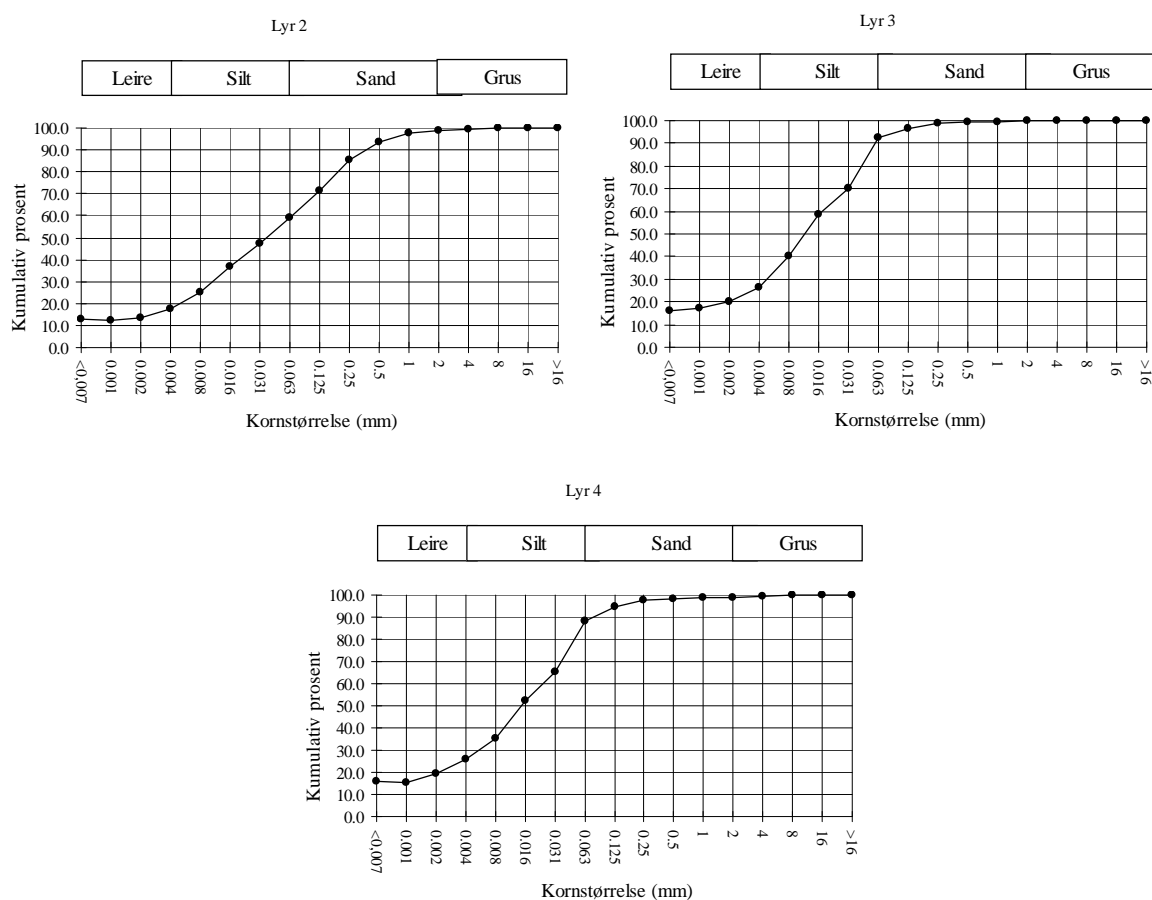
File name: lynseset momc november 2011.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 7 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 11:38:59 - 17.Nov-11 (No. 894) To: 11:47:23 - 17.Nov-11 (No: 1146)



Figur 3.8. Oksygeninnhold fra overflaten og til 100 meters dyp på stasjon Lyr 4 den 17. november 2011.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.9 og Tabell 3.2. Ved stasjon Lyr 1 er det ikke analysert sediment, da man ikke fikk sediment i prøvetakingsgrabben (hardbunn). Sedimentet ved Lyr 2 var mest grovkornet av de tre resterende stasjonene og besto av en blanding av leire (18%), silt (42%), og sand (40%). Ved Lyr 3 besto sedimentet mest av silt (66%), mens også en del leire (26%), og noe sand (7%). Sedimentet ved stasjon Lyr 4 var besto av 26 % leire, 63 % silt, 11 % sand, og 1 % grus.



Figur 3.9. Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Lyrnesset i 2011.

Tabell 3.2. Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene ved Lyneset i 2011.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Lyr 2	133	20,70	18	42	59	40	1
Lyr 3	161	23,12	26	66	92	7	0
Lyr 4	102	17,29	26	63	88	11	1

3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet fra Døyløyråsa 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).

Glødetapet relativt høyt ved alle tre stasjoner, og høyest på stasjon Lyr 3. Nivået av TOC var også høyt ved alle tre stasjoner, og fikk tilstand V (meget dårlig). Konsentrasjonene av sink og kobber var lave på samtlige stasjoner og gir tilstand I (Meget god). Nivået av fosfor var lavt for stasjonene Lyr 3 og 4, og moderat for stasjon Lyr 2.

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

Stasjon	Totalt organisk carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor g/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrestoff (TS) %
Lyr 2	75,0	77,16	V	4,6	150,0	I-II	31,0	I	35,0
Lyr 3	68,0	69,44	V	1,6	95,0	I	27,0	I	25,0
Lyr 4	73,0	80,38	V	1,1	81,0	I	24,0	I	30,0

3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.4-3.6, Figurene 3.10-3.11 og Vedleggstabell 1.

I nærsonen/overganssønen til anlegget Døyløyråsa ligger Lyr 1 på 66 m dyp. Her består bunnen av fjell og man klarte kun å ta ett grabbhugg med innhold trass i flere forsøk. Dette hugget inneholdt en 10-kilos stein. På steinen ble det funnet 13 individer og 6 arter. Diversiteten (H') er 2,14 og jevnheten 0,83. Stasjonen får, til tross for svært få individer og arter, MOM-tilstanden 2 "God". Indeksene NQI1 og NQI2 som baseres på artenes ømfintlighet og arts mangfold, beskriver tilstanden som moderat. Totalt i prøven fantes det 6 individer av tunikater (Ascidiacea indet.), 3 individer av børstemarken *Sabella pavonina*, et individ av sneglen *Odostomia sp.* og et individ av hver av børstemarkene *Platynereis dumerilii*, *Sabellides octocirrata* og *Polycirrus norvegicus*. Tunikater er som regel fastsittende

på harde flater og lever av å filtrere vannmassene. Ettersom indeksene er utarbeidet for dyr som lever i sedimentet kan faunaen på steinen ikke vektlegges i samme grad som gravende arter.

Lyr 2 ligger i nærsonen/overgangssonen til anlegget Lyrneset, på 133 m dyp. Bunnssubstratet inneholdt på Lyr 2 mer sand enn ved Lyr 3 og 4. På Lyr 2 ble det funnet 499 individer og 12 arter. Dette et lavt antall arter og gir diversiteten (H') 0,87 og jevnhet 0,24. Indeksene NQI1 og NQI2 gir stasjonen tilstandene "dårlig" og "svært dårlig". Børstemarken *Capitella capitata* dominerer prøvene med 87 % av total antall individer. Denne arten opptrer ofte i stort antall når det finnes store mengder organisk materiale og er et tegn på belastning av miljøet. Stasjonen får på undersøkelsestidspunktet MOM-tilstanden 2 "God".

Lyr 3 ligger i nærsonen til anlegget Flotaren på 161 m dyp. I prøvene ble det funnet 1048 individer fordelt på 66 arter. Diversiteten var 4,12 og jevnheten 0,68. Indeksene NQI1 og NQI2 gir stasjonen tilstanden "Svært god". Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var mest individrik og utgjorde 22 % av totalt antall individer i prøven. Stasjonen får MOM-tilstanden 1 "Meget god".

I overgangssonen/fjernsonen nord for Flotaren ligger stasjonen Lyr 4 på 102 m dyp. Her ble det funnet 567 individer fordelt på 56 arter. Diversiteten var dermed høy (4,61) og førte til en KLIF-tilstand på I "Svært god". Indeksen NQI1 gir stasjonen tilstanden II "God", mens NQI2 gir stasjonen tilstand I "Svært god". Den mest individrike arten på Lyr 4 var børstemarken *Levinsenia gracilis*. Denne utgjorde 16 % av totalt antall individer i prøvene. Samtlige av de ti mest individrike artene på denne stasjonen var børstemark.

Figuren med geometriske klasser, samt de multivariate figurene bekrefter at Lyr 2 skiller seg ut fra Lyr 3 og Lyr 4. Lyr 1 skiller seg også ut, noe som er helt normalt ettersom substratet er forskjellig.

Tabell 3.4. Antall individer og arter, diversitet og jevnhet for hver enkelt prøve fra Lyrneset i november 2011. Faunaen på Lyr 1 satt på en 10-kilos stein. Klassifisering av miljøtilstanden tilstand 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 tilstand	MOM tilstand	Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
Lyr 1										
	1	13	6	2.14	-	2	0.83	2.19	0.60	0.52
Lyr 2										
	1	279	10	0.76			0.23	5.73	0.33	0.15
	2	220	8	0.94			0.31	5.67	0.32	0.17
	Sum	499	12	0.87	-	2	0.24	5.70	0.34	0.16
Lyr 3										
	1	446	48	4.05			0.73	2.12	0.74	0.69
	2	602	54	4.05			0.70	2.35	0.73	0.67
	Sum	1048	66	4.12	-	1	0.68	2.24	0.74	0.68
Lyr 4										
	1	292	44	4.54			0.83	2.58	0.71	0.69
	2	284	46	4.42			0.80	2.68	0.71	0.68
	Sum	576	56	4.61	I	-	0.79	2.63	0.71	0.70

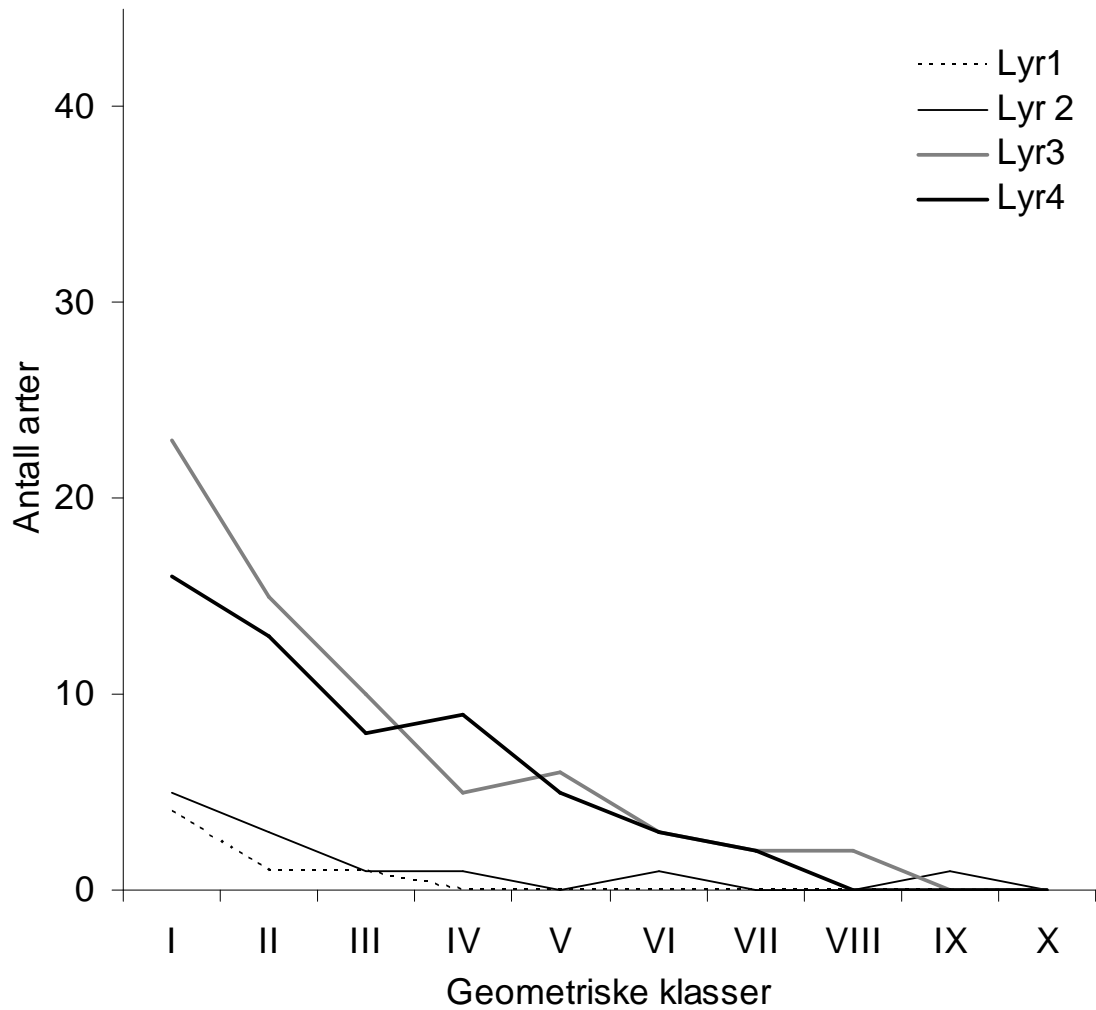
KLIF, NQI 1 og NQI2 tilstand	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
	MOM tilstand	1 Meget god	2 God	3 Dårlig	4 Meget dårlig

Tabell 3.5. De mest tallrike artene/gruppene fra Lyrneset i november 2011. Faunaen på Lyr 1 satt på en 10-kilos stein.

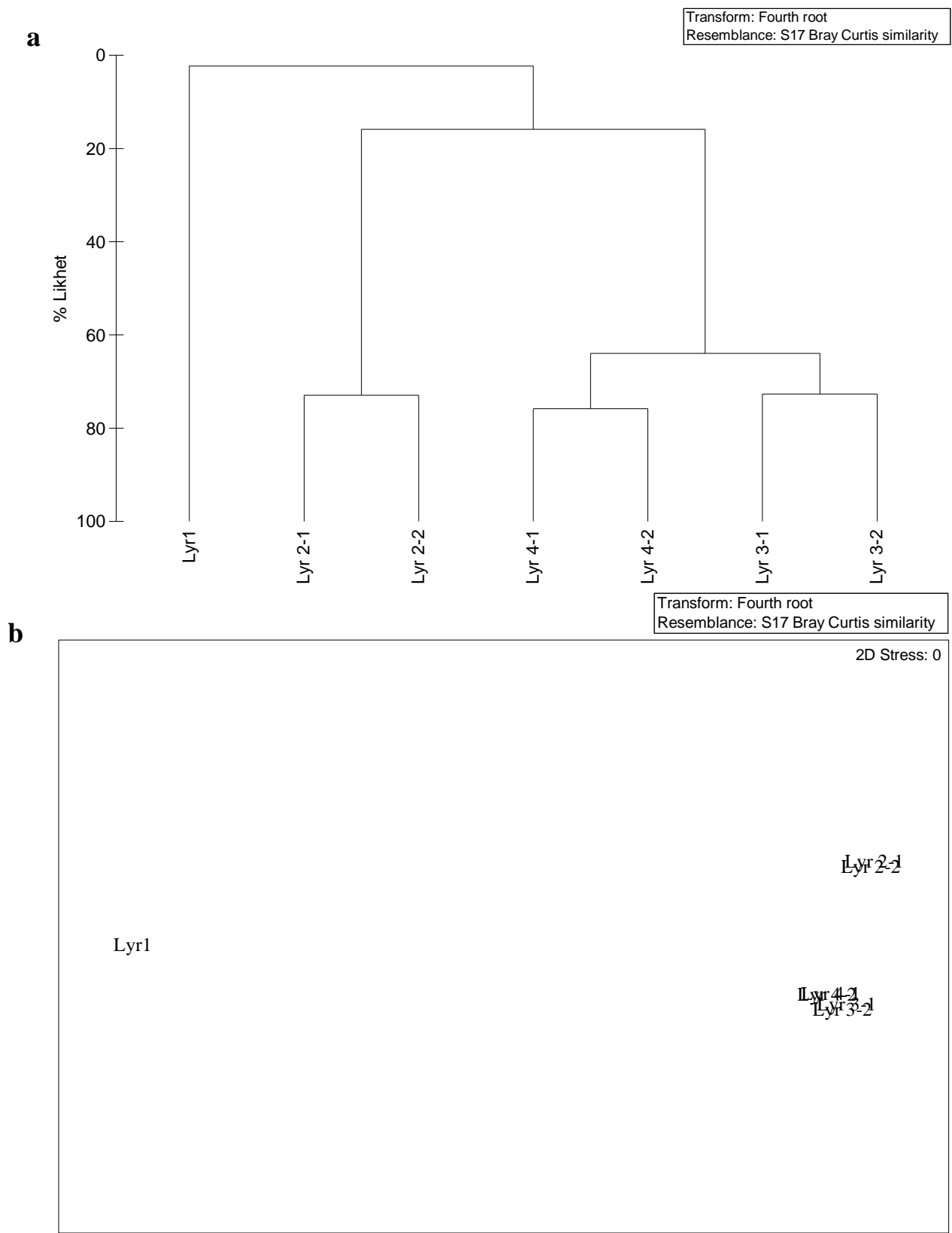
Lyr1	Ant. Ind.	%	Kum %	Lyr 2	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>Ascidacea indet.</i>	6	46	46	<i>Capitella capitata</i>	432	87	87
<i>Sabella pavonina</i>	3	23	69	<i>Chaetozone</i> sp.	35	7	94
<i>Platynereis dumerilii</i>	1	8	77	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	15	3	97
<i>Sabellides octocirrata</i>	1	8	85	<i>Microphthalmus</i> sp.	5	1	98
<i>Polycirrus norvegicus</i>	1	8	92	Syllidae indet.	3	1	98
<i>Odostomia</i> sp.	1	8	100	<i>Pectinaria koreni</i>	2	0	99
	13			<i>Thyasira sarsii</i>	2	0	99
				<i>Pholoe baltica</i>	1	0	99
				<i>Glypohesione klatti</i>	1	0	99
				<i>Malacoceros fuliginosus</i>	1	0	100
				<i>Prionospio steenstrupii</i>	1	0	100
				<i>Pherusa plumosa</i>	1	0	100
					499		
Lyr3	Ant. Ind.	%	Kum %	Lyr4	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	227	22	22	<i>Levinsenia gracilis</i>	91	16	16
<i>Maldane sarsi</i>	188	18	40	<i>Mediomastus fragilis</i>	64	11	27
<i>Spiophanes kroyeri</i>	102	10	49	<i>Sabellides borealis</i>	45	8	35
<i>Thyasira equalis</i>	84	8	57	<i>Euchone</i> sp.	41	7	42
<i>Mediomastus fragilis</i>	52	5	62	<i>Polydora</i> sp.	36	6	48
Syllidae indet.	50	5	67	<i>Spiophanes kroyeri</i>	30	5	53
<i>Pholoe baltica</i>	34	3	70	<i>Maldanidae indet.</i>	29	5	58
<i>Levinsenia gracilis</i>	31	3	73	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	25	4	63
<i>Sabellidae indet.</i>	29	3	76	<i>Pholoe baltica</i>	23	4	67
<i>Thyasira sarsii</i>	27	3	79	<i>Polycirrus plumosus</i>	16	3	69

Tabell 3.6. Geometriske klasser fra Lyrneset i november 2011. Faunaen på Lyr 1 satt på en 10-kilos stein.

	Lyr1	Lyr 2	Lyr3	Lyr4
I	4	5	23	16
II	1	3	15	13
III	1	1	10	8
IV	0	1	5	9
V	0	0	6	5
VI	0	1	3	3
VII	0	0	2	2
VIII	0	0	2	0
IX	0	1	0	0
X	0	0	0	0



Figur 3.10. Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Lyrneset i november 2011. Faunaen på Lyr 1 satt på en 10-kilos stein.



Figur 3.11. Dendrogram fra clusteranalyse (a) og MDS-plott (b) av bunnfaunaresultatene fra Lyrneset i november 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. Faunaen på Lyr 1 satt på en 10-kilos stein.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved matfiskanleggene Lyrneset og Døløyråsa tilhørende Salmar Farming AS i Flatanger kommune, Nord-Trøndelag. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 15. og 17. november 2011. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på fire stasjoner.

Den hydrografiske undersøkelsen viste en homogen vannsøyle ved stasjon Lyr 1, mens det så ut til å være en lagdeling (sprangsjikt) på rundt 70 meters dybde i vannsøylene for de andre tre stasjonene. Oksygenverdiene i bunnvannet var lave ved stasjonene Lyr 2 og Lyr 3 og fikk tilstand 'dårlig', mens bunnvannet ved Lyr 4 fikk tilstanden 'mindre god' etter Molvær et al 97.

Lave oksygenverdier i bunnvannet skyldes at vinteroverskyllingen av tersklene ikke har skjedd enda. Denne skjer vanligvis i januar.

Rett nord for anlegget Døløyråsa var det steinbunn og vanskelig å få tatt prøver, men fastsittende arter ble funnet på en stor stein i den ene grabbprøven. Sedimentet ved nærsonestasjonen Lyr 1 ble derfor ikke analysert, da man ikke hadde nok sediment fra denne stasjonen til å gjennomføre en slik analyse. Sedimentsundersøkelsen viste et relativt finkornet sediment ved stasjonene Lyr 3 og Lyr 4 med en blanding av leire og silt, mens sedimentet ved Lyr 2 besto av en blanding av leire, silt, og sand. TOC-nivået var høyt for alle tre stasjoner og gav tilstand V (meget dårlig). Nivået av sink og kobber var lavt ved samtlige undersøkte stasjoner.

Bunnfaunaforholdene varierte fra dårlige ved nærsonestasjonen Lyr 2, til svært gode ved Lyr 3 og Lyr 4. Lyr 2 fremsto som tydelig påvirket av produksjonen ved anlegget, der en opportunistisk børstemark (*Capitella capitata*) utgjorde 87 % av total antall individer. Dette gav lav diversitet ved denne stasjonen. MOM-modellen, som tar høyde for en viss påvirkning fra anlegg, gir likevel denne stasjonen tilstanden 'god'. Ved stasjonen Lyr 3 var diversiteten høy, noe som gav tilstanden 'svært god' etter MOM-systemet. Stasjonen Lyr 4 fikk tilstanden 'svært god' etter KLIF's klassifisering, med et høyt antall arter og individer.

Oppsummert viser undersøkelsen at nærsonen til anlegget Lyrneset er noe påvirket av organisk tilførsel. Forholdene i overgangssonen og i fjernsonen til anleggene ser derimot gode ut. Lave oksygenverdier ved havbunnen i de dypere områdene rundt anleggene kan forsinke nedbrytningen av organisk nedfall fra produksjonen ved anleggene. Erfaringsvis kommer det imidlertid både terskeloverskyllinger og omrøring pga stormer i løpet av vinteren.

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
Lyr 1	66		II			
Lyr 2	133		II	I-II	I	V
Lyr 3	161		I	I	I	V
Lyr 4	102	I	-	I	I	V

5 TAKK

Vi takker Anders Strøm fra Salmar Farming AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på hans båt. På toktet deltok Vidar Strøm og Fredrik R Staven fra Aquakompetanse AS.

Sedimentanalysene ble utført av Tommie Christensen. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eel E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- 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: Direktoratgruppen 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.

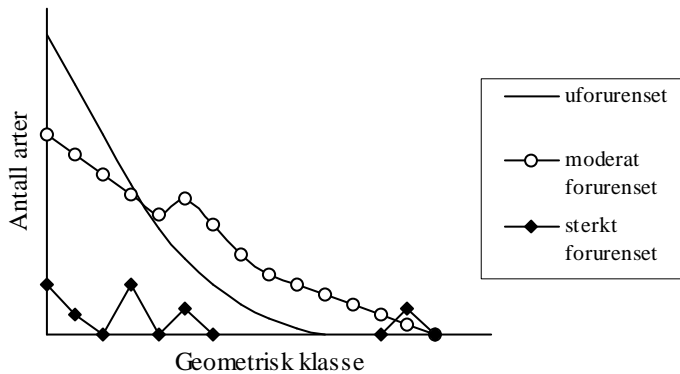
Geometriske klasser

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:

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

hvor ES100 = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og Ni 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:

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

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

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 prøvelikhet 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:

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

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

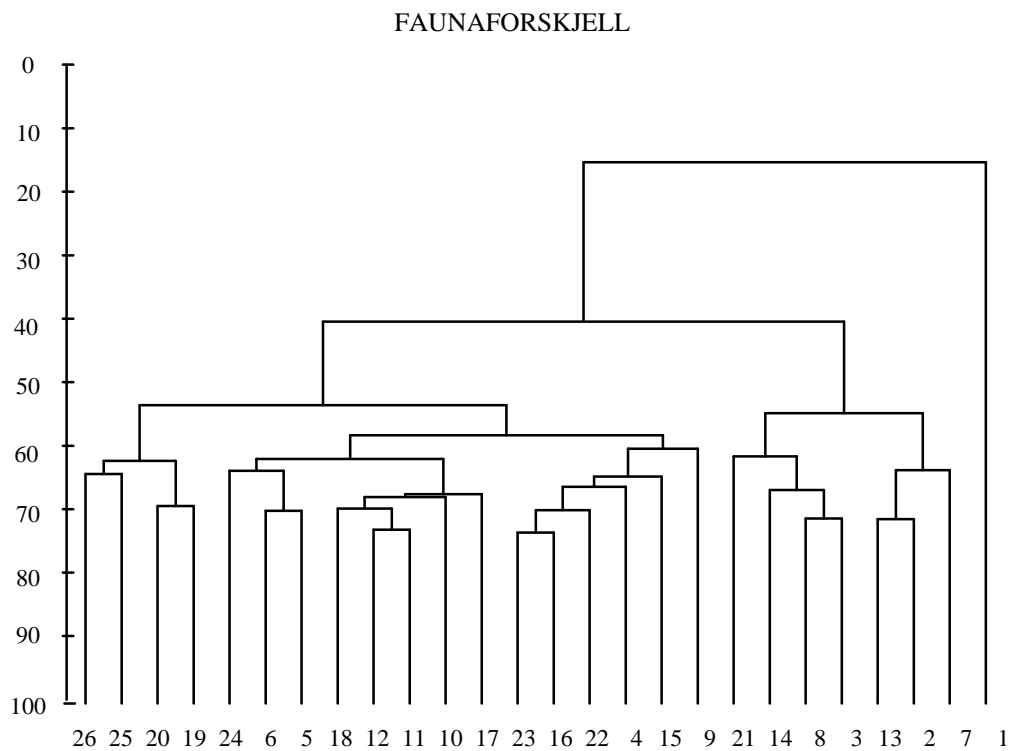
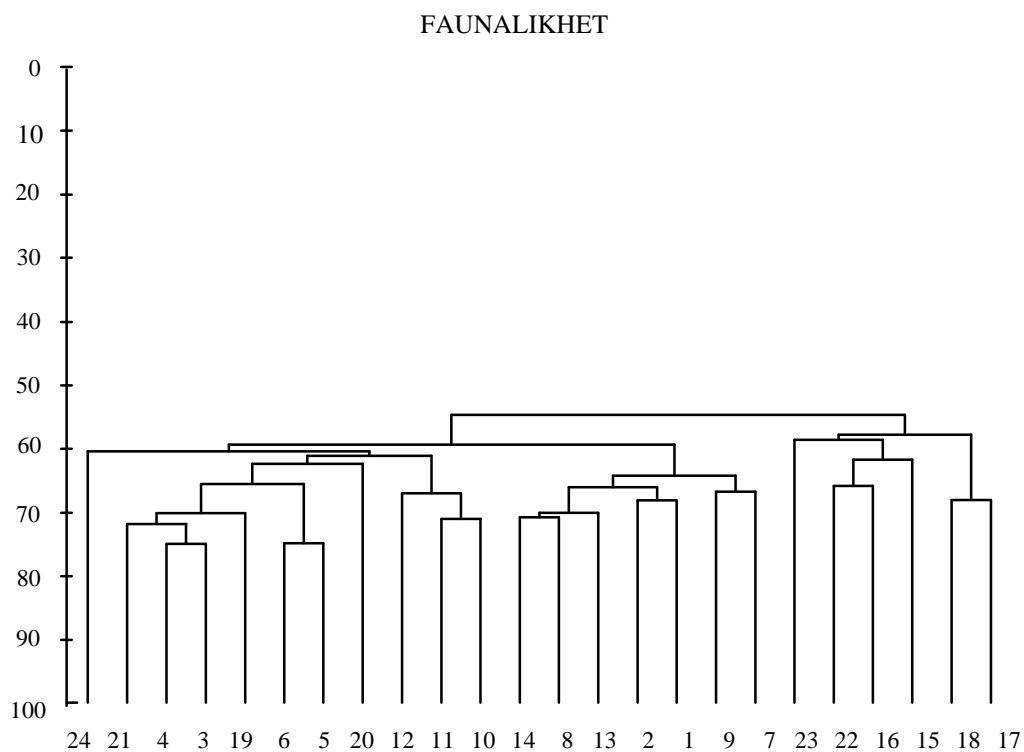
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

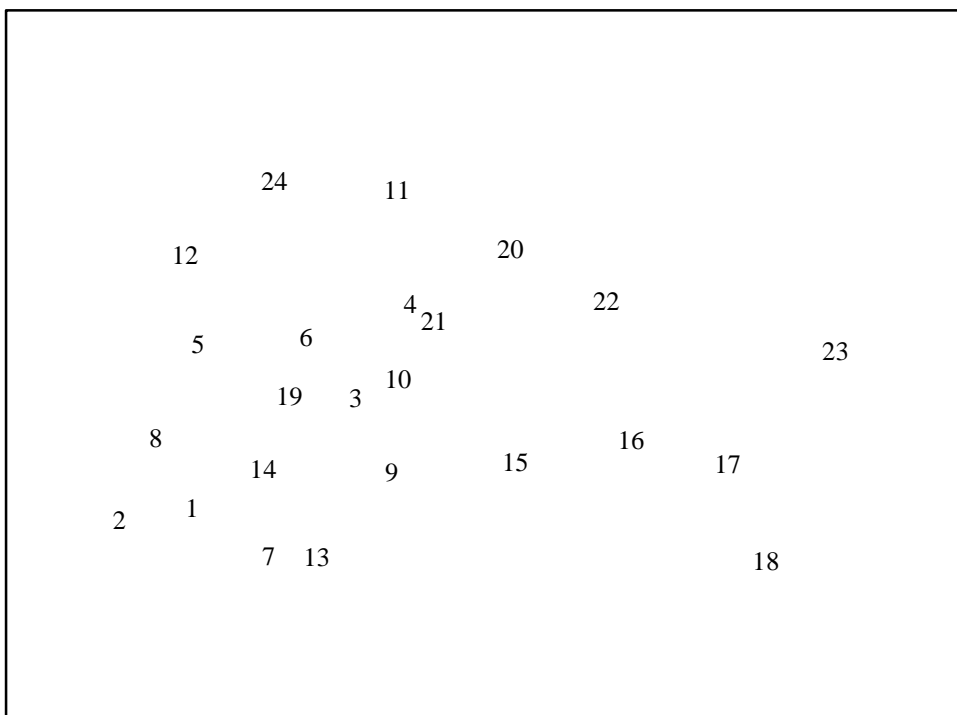
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget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

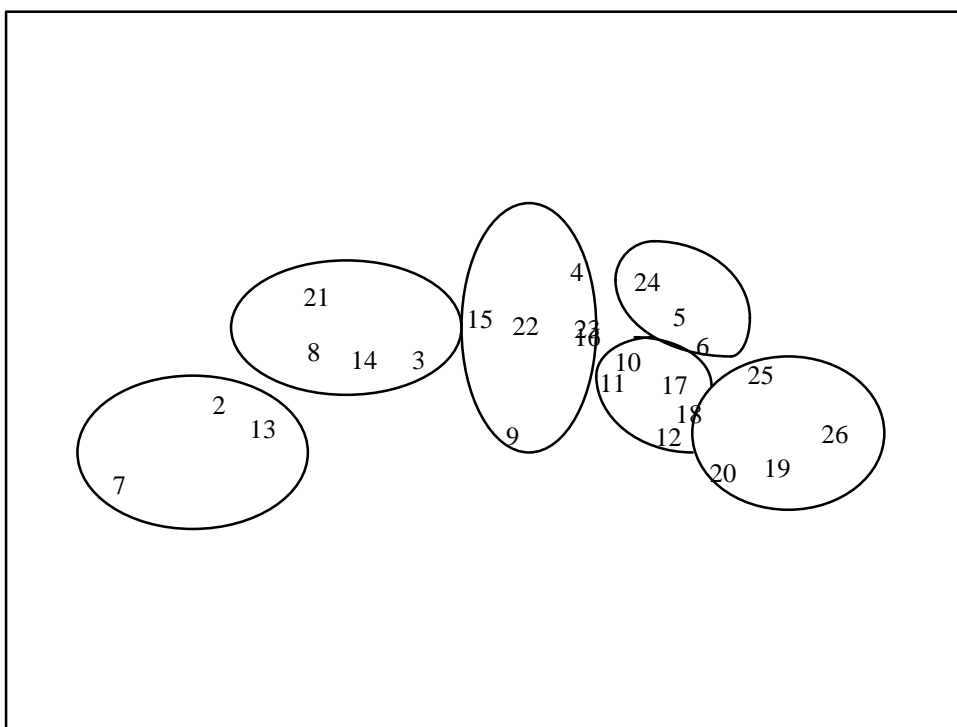


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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, 7770 Flatanger
Prosjekt nr.: 806235

Prøvetakingssted (område): Lyrneset

Dato for prøvetaking: 15.november 2011

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aqua Kompetanse AS

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Dårlig fiksering av Lyr 2 førte til usikker artsbestemmelse av børstemark.

Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad

	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.

Signatur: *Tom Alvestad*
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

15.11.2011	Lyr 1	Lyr 2		Lyr 3		Lyr 4	
	Hugg 1	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
* PORIFERA indet.				+	+		+
* HYDROZOA							
* Hydrozoa indet.	+		+				
* ANTHOZOA							
Virgularia mirabilis						1	
Cerianthus lloydii				3	1/2		
* NEMERTINI indet.				4	3	13	3
* NEMATODA indet.		ca.30	ca.30		1		
POLYCHAETA							
Paramphinome jeffreysii		6	9	90	137	14	11
* Siboglinum fiordicum					+	+	
Polynoidae indet.				1			1
Pholoe baltica		1		20	14	7	16
Paranaitis wahlbergi				1			1/1
Phyllodoce groenlandica				2	2	1	
Phyllodoce mucosa				0/1			
Phyllodoce rosea					1		
Sige fusigera				4/2	5/7	0/2	
Eulalia mustela				1			
Eteone longa				1	3		5
Nereimyra punctata				2			
Ophiodromus flexuosus				0/1			
Microphthalmus sp.		4	1				
Glypohesione klatti		1			1		
Syllidae indet.		2	1	25	25	4	5
Exogone sp.				1	2		1
Platynereis dumerilii	1						
Nephtys hombergi						0/1	
Nephtys hystricis				0/1		0/1	
Nephtys paradoxa					0/1		
Sphaerodoropsis philippi				1			
Glycera alba					1	1	5
Goniada maculata				1	3/1	2	2
Nothria conchylega				2	2		
Lumbrineridae indet.					3	4	2
Scoloplos armiger				0/1	3/1	1	1
Laonice sp.						0/1	
Malacoceros fuliginosus			1				
Polydora sp.				7	16	18	18
Prionospio steenstrupii		1					
Prionospio cirrifera				5	6		1
Prionospio fallax							1
Scoelepis korsuni				1			
Spiophanes kroyeri				23/9	51/19	11/12	6/1
Spiochaetopterus typicus							0/1
Aricidea catherinae				1	1		
Levinsenia gracilis				12	19	29	62
Paraonis sp.						1	
Aphelochaeta sp.						1	
Chaetozone sp.		13	22	7	3	5	6
Cossura longocirrata					1		5
Brada villosa				3			1

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

15.11.2011	Lyr 1	Lyr 2		Lyr 3		Lyr 4	
	Hugg 1	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
Diplocirrus glaucus				2	1	4	4
Pherusa plumosa		1					
Ophelina acuminata					1		
Lipobranchus jeffreysii				7/1	1		
Capitella capitata		249	183				
Heteromastus filiformis					3	5	3
Mediomastus fragilis				22	30	27	37
Notomastus latericeus						4/1	1
Praxillella gracilis					1		
Lumbriclymene cylindrica data				1	2/2		
Maldane sarsi				90	98	6	5
Rhodine gracilor				1	+		
Maldanidae indet.				6	14	18	11
Myriochele heeri					3		
Owenia borealis				7/29	2/9		
Galathowenia oculata				12	9	5	3
Pectinaria auricoma							2
Pectinaria koreni		1	1	1	3	0/1	0/1
Sabellides borealis					1	28	16/1
Sabellides octocirrata	1						
Anobothrus gracilis				2	0/1	3/2	0/1
Mugga wahrbergi				4	5	7	4
Melinna cristata				6/2	7/1		0/1
Melinna elisabethae						0/4	
Terebellidae indet.					1		
Pista cristata				1/1			
Streblosoma bairdi						1	
Polycirrus norvegicus	1			2	1		1/1
Polycirrus plumosus				4	7	7/2	7
Trichobranchus roseus				0/1	1/2	2	0/1
Terebellides stroemi					0/2	1	1/1
Sabellidae indet.				9	20	4	3
Sabella pavonina	3						
Euchone sp.				2	4	30	11
OLIGOCHAETA indet.				1	1		
CRUSTACEA							
* Caprellidae indet.						1	
* Euphausiacea indet.				3	2		1
* Sergestes arcticus					1		
MOLLUSCA							
Caudofoveata indet.				1		2	
Euspira montagui					1		1
Odostomia sp.	1						
Philine scabra				1	1/1	1	1
Ennucula tenuis				0/2		1	1
Yoldiella philippiana							1
Palliolum tigerinum	4/1						
Lucinoma borealis						0/1	
Myrtea spinifera						1	
Thyasira sarsii			0/2	15/1	11	1/5	0/4
Thyasira equalis				35	48/1	4/1	4
Tellinomya ferruginosa						0/1	

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

15.11.2011	Lyr 1	Lyr 2	Lyr 3		Lyr 4		
	Hugg 1	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
Abra nitida						0/2	
Antalis sp.				0/3			
Entalina tetragona					1		
ECHINODERMATA							
Ophiopholis aculeata	0/1						
Amphipholis squamata				1			
Amphiura chiajei					1	1	1/1
Amphiura filiformis					1		
Echinocardium cordatum				1	0/2		
Echinocardium flavescens						0/2	0/2
HOLOTUROIDEA							
Synaptidae indet.						1	2
ENTEROPNEUSTA indet.					1	1	
ASCIDIACEA							
Ascidiacea indet.	6					1	1
* 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-12-MX-000164-01



EUNOBE-00001967

Prøvemottak: 05.01.2012

Temperatur:

Analyseperiode: 06.01.2012-17.01.2012

Referanse: 806235, ref:3/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-0106-016	Prøvetakingsdato:	05.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Lyreneset 2	Analysestartdato:	06.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	35	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	31	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	150	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	4600	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	75.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1
Merknader: Prøven var frossen ved ankomst laboratoriet					

Prøvenr.:	441-2012-0106-017	Prøvetakingsdato:	05.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Lyreneset 3	Analysestartdato:	06.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	25	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	27	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	95	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	1600	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	68.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1
Merknader: Prøven var frossen ved ankomst laboratoriet					

Teorforklaring:

* (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

AR-12-MX-000164-01



EUNOBE-00001967



Prøvenr.: 441-2012-0106-018	Prøvetakingsdato: 05.01.2012				
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: Lyreneset 4	Analysestartdato: 06.01.2012				
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
a) Total tørrstoff	30	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	24	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	81	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	1100	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	73.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	
Merknader: Prøven var frossen ved ankomst laboratoriet					

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

Bergen 17.01.2012

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