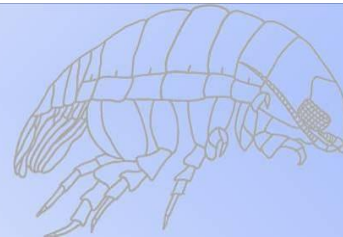


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Research



e-Rapport nr: 41-2012

MOM C undersøkelse ved oppdrettslokalitet Lyngøya i 2012

Vidar Strøm



Fredrik R Staven

Ragni Torvanger

Silje Hadler-Jacobsen

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 ved oppdrettslokalitet Lyngøya i 2012	Dato: Felt: 08.03.12 Rapport: 25.10.12
	Antall sider og bilag: 39
Forfatter(e): Vidar Strøm, Fredrik R. Staven, Ragni Torvanger, Silje Hødler-Jacobsen, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Vidar Strøm
	Prosjektnummer: 806657

Oppdragsgiver: Sinkaberg Hansen AS	Tilgjengelighet: Åpen
------------------------------------	-----------------------

<p>Abstract :</p> <p>On assignment from Sinkaberg Hansen AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the marine area by the fish farming locality Lyngøya, which is located in Vikna, 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, three different stations were chosen for sampling; Lyn1, which is located in the near zone of the fish farm, Lyn2, which is located approximately 300 meters southwest of the fish farm, and Lyn3, which lies in the remote zone, approximately 1,5 km southwest of the fish farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority. The results show that the levels of phosphorus, copper and zinc were low (class I and II, good). The total organic carbon (TOC) was very high on all three stations (class V, very bad). The organic content expressed as % volatile total solids showed high organic content on all stations. The sediment analysis showed that the sediment from the investigated areas consisted mostly of silt and clay, while a lesser proportion consisted of sand. The soft bottom macro fauna investigation showed good conditions at Lyn1 and Lyn3.</p>

Keywords: Fish farm Recipient Benthos Sediment	Emneord: Mattfiskoppdrett Resipient Bunndyr Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 41-2012
--	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	25.10.12	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	25.10.12	<i>Vidar Strøm</i>

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til - analyser, samlet av: -

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-Marin

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

Rapportering utført av: SAM-Marin og Aqua Kompetanse

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-Marin

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Oppdrettsbåten til Sinkaberg Hansen AS

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS akkrediteringsnummer 003

Akkreditert: Torrstoff, 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	6
2.2.1 Hydrografi	7
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser	9
2.2.4 Bunndyr	9
2.3 Produksjon.....	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1 Hydrografi	13
3.2 Sediment.....	17
3.3 Kjemi.....	18
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	23
5 TAKK	24
6 LITTERATUR.....	25
7 VEDLEGG.....	26
GENERELL VEDLEGGSDDEL	26
Vedleggstabell 1. Artsliste	34
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi.....	38

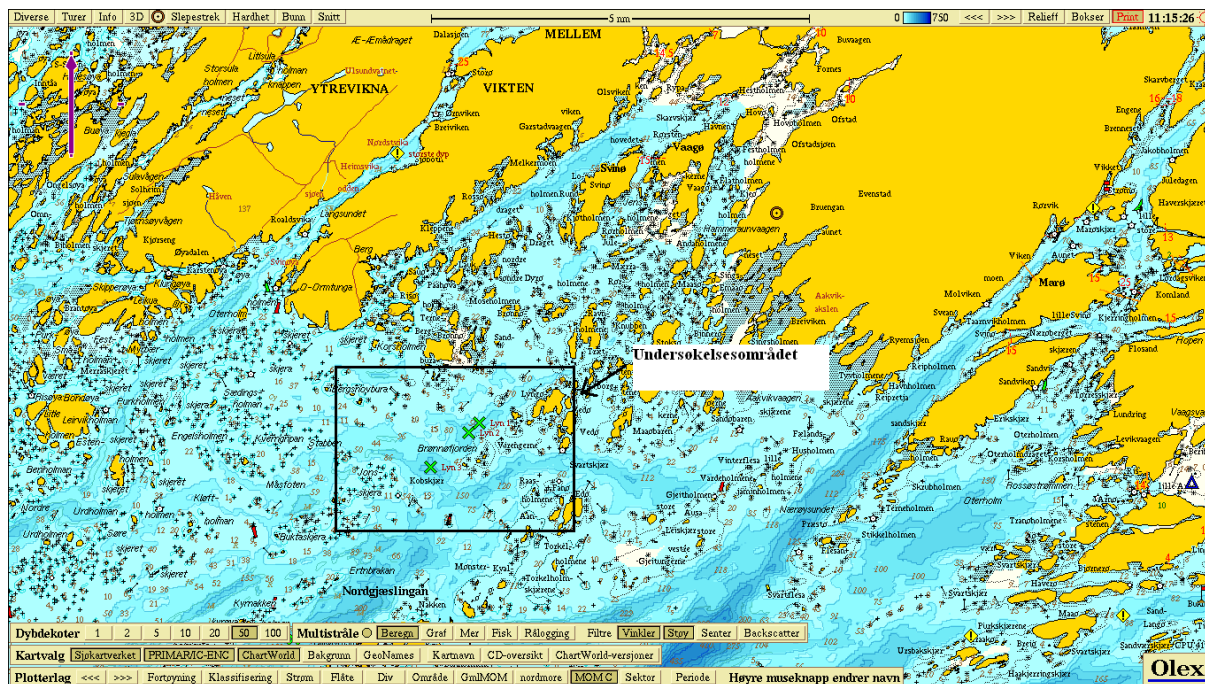
1 INNLEDNING

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 ved oppdrettslokaliteten Lyngøya, Vikna kommune i Nord-Trøndelag 20. mars 2012. Lokaliteten er eid av Midtnorsk Havbruk AS, men driftes i dag av Sinkaberg Hansen AS.

Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i fra sedimentprøver fra hver stasjon.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet rundt oppdrettslokaliteten. Med resipient menes her et sjøområde som vil motta utslipp fra oppdrettsanlegg. Resipientundersøkelsen skal gi en 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. 97 og Bakke et al. 2007), og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet avmerket med svart firkant. Kartkilde:

Olex.

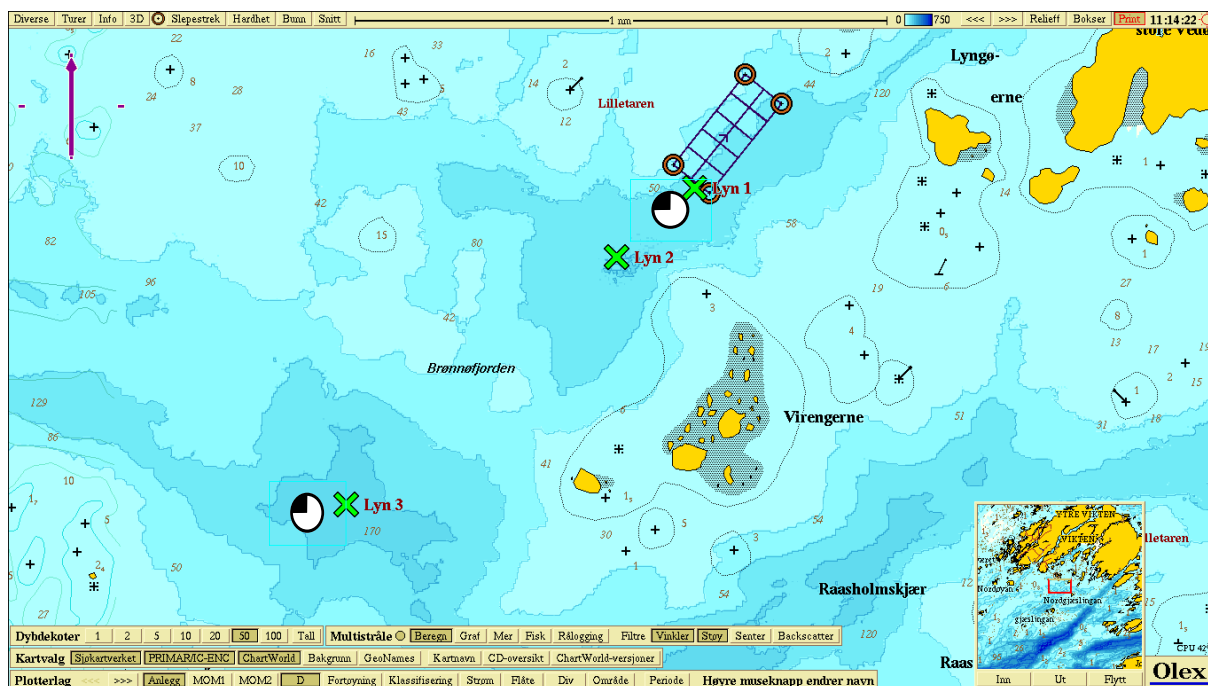
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger ved oppdrettslokaliteten Lyngøya i Vikna kommune i Nord-trøndelag (Figur 2.1). Prøvetakingsstasjonene i denne undersøkelsen ble lagt i nærheten til det planlagte anlegget, i overgangssonen cirka 300 meter sørvest for anlegget, og i fjernsonen cirka 1,5 km sørvest for anlegget. Disse tre stasjonene kalles henholdsvis Lyn 1, Lyn 2, og Lyn 3. (Se figur 2.2).

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra oppdrettsbåten til Sinkaberg Hansen AS den 20. mars 2012. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra tre stasjoner. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Overgangssonestasjonen Lyn 2 er ikke opparbeidet grunnet gode forhold på de to andre stasjonene.



Figur 2.2. Detallsjisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og det planlagte 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 vannutskifting 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 %. Oksygeninnhold blir rapportert i ml/l og blir beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42. Bunnvann klassifiseres i henhold til Veiledning 97:03.

Det ble utført målinger av saltholdighet, temperatur og oksygen på alle tre stasjoner (figur 3.1 til 3.6). 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. Feltarbeidet ble utført 20. mars, 2012.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet den 20. mars, 2012. 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. Lyn 1 20.03.12	Lyngøya 64°49.018 N 10°55.968 Ø	141	1	17,0	Silt, leire, og skjellsand. Lys grå farge, ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	17,0	Silt og skjellsand. Lys grå farge, ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	17,0	Silt og skjellsand, lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak av kjemisk og geologisk prøve.
St. Lyn 2 20.03.12	Lyngøya 64°48.889 N 10°55.626 Ø	149	1	17,0	Silt, lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	17,0	Silt, lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak av faunaprøver.
			3		Silt, lys grå farge. Ingen lukt. Uttak av kjemisk og geologisk prøve.
St. Lyn 3 20.03.12	Lyngøya 64°48.424 N 10°54.433 Ø	160	1	17,0	Silt, lys grå farge. Ingen lukt. Uttak av faunaprøver.
			2	17,0	Silt, lys grå farge. Ingen lukt. Uttak av faunaprøver.
			3	17,0	Silt, lys grå farge. Ingen lukt. Uttak av kjemisk og geologisk 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 sediment-overflaten, 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 17294-2. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter NEN-EN 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter EN 14346.

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 $0,1 \text{ m}^2$. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full $0,1 \text{ m}^2$ van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

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.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vanndirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder. Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifisering klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Denne veilederen skal på sikt erstatte KLIFs veileder 97:03 (TA 1467/1997) - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Når bunndyr brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') og indeksene NQI1 og NQI2 (Tabell 2.5). Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 og NQI2 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Vedlegg 1. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg (97:03) og for gjennomsnittet (01:2009) slik det står beskrevet i de to veilederne. Klassegrensene for Shannon–Wiener er også forskjellige i de to veilederne, se tabell 2.2. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 01:2009, Direktoratets-gruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I	II	III	IV	V	
			Bakgrunn/ Meget god	God	Moderat/ Mindre god	Dårlig	Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen *	97:03	ml O ₂ / l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	97:03	%	>0,65	65-50	50-35	35-20	<0,20
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	01:2009		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	Shannon-Wiener indeks (H')	97:03		>4	3-4	2-3	1-2	<1
	NQI1	01:2009		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2	01:2009		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

*Omregningsfaktoren til mgO₂ / l er 1,42. ** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6°C.

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

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

2.3 Produksjon

Lokalitet Lyngøya har ikke vært brukt i oppdrettssammenheng tidligere.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

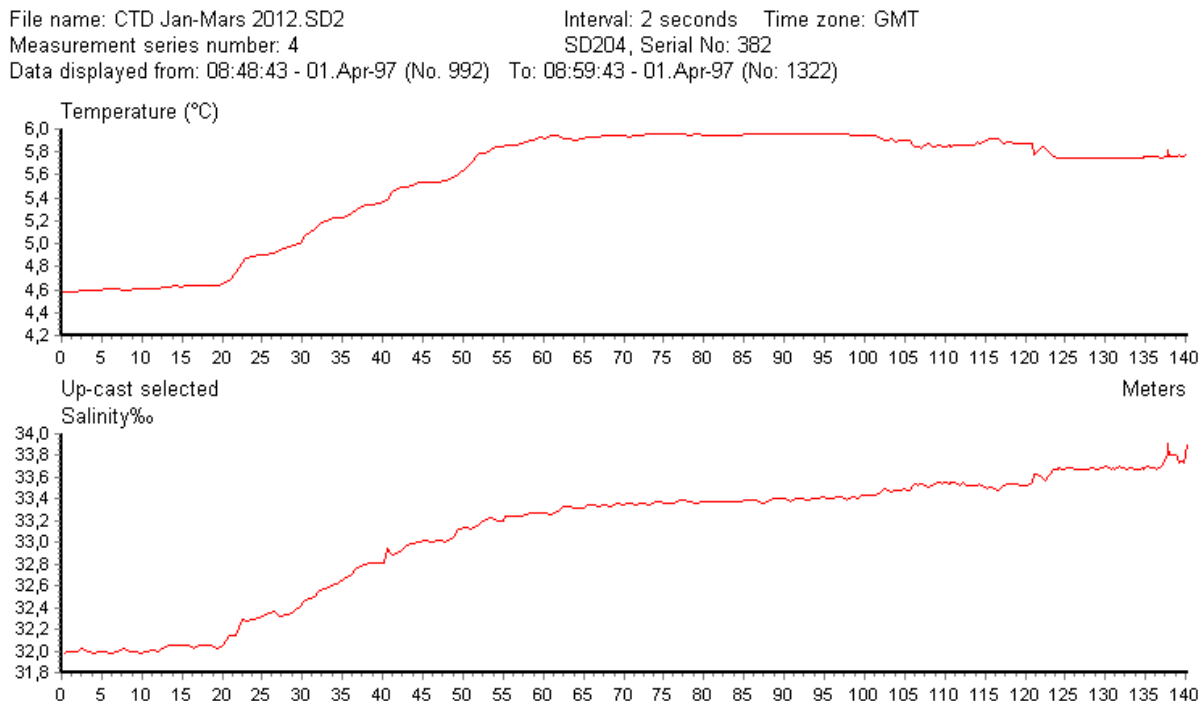
Resultatene av de hydrografiske målingene er oppsummert i figur 3.1 til 3.6.

Lyn 1 ser det ut til å være et kaldere i de 20 øverste meterne. Her ligger sjøtemperaturen rundt 4,6 °C. Ved 20 meters dyp begynner temperaturen å stige gradvis. Ved 60 meters dyp har den steget til 5,9 °C. Videre nedover i vannsøylen ligger den forholdsvis stabil rundt 5,9 °C, og avtar til 5,7 °C helt nede ved bunnen. Saliniteten stiger sakte nedgjennom vannsøylen, fra 32 ‰ i overflatevannet og til 33,5 ‰ i bunnvannet. Oksygenkonsentrasjonen er 7,04 ml/l (10,0 mg/l) i overflatevannet. Ved 20 m dypde begynner oksygenkonsentrasjonen å avta gradvis nedover i dypet til 6,54 ml/l (9,28 mg/l) i bunnvannet. Oksygenmetningen er høy i hele vannsøylen, fra 96 % i overflatevannet, ned til 92,3 % i bunnvannet. Både konsentrasjonen og metningen tilsvarende tilstandsklasse I 'Meget god' etter 'klassifisering av tilstand for oksygen i dypvann' i Molvær et al. 97.

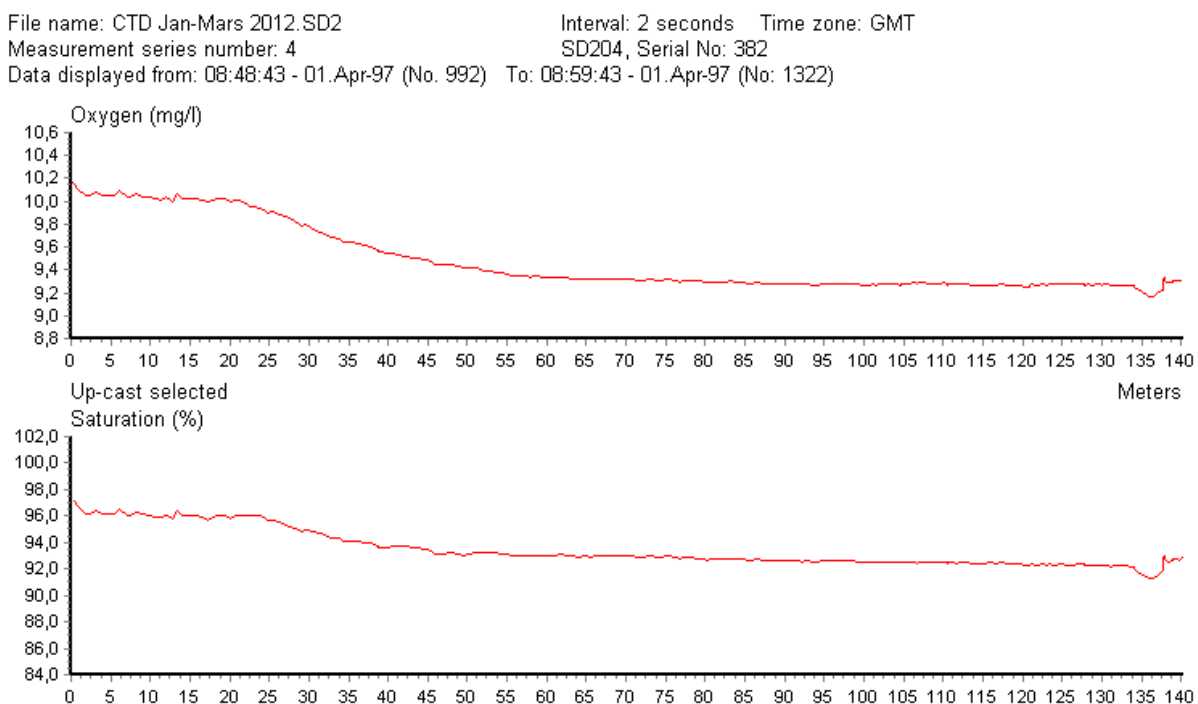
Ved overgangssonestasjonen Lyn 2 er temperaturbildet det samme som det er ved Lyn 1. I overflatevannet er sjøtemperaturen 4,8 °C, og den stiger så gradvis opp mot 6,2 °C ved 60 meters dyp. Her flater kurven ut og ligger videre rundt 6,2 °C ned mot havbunnen. Saliniteten ligger rundt 31,5 ‰ i overflatevannet, og stiger gradvis nedover i vannsøylen til 33,1 ‰ ved bunnen. Oksygenkonsentrasjonen er 7,25 ml/l (10,3 mg/l) i overflatevannet. Den avtar så gradvis nedover i vannsøylen til 6,41 ml/l (9,1 mg/l) i bunnvannet. Oksygenmetningen er 95 % i overflatevannet, og avtar så gradvis til 91 % ved havbunnen. Både konsentrasjonen og metningen tilsvarende tilstandsklasse I 'Meget god' etter 'klassifisering av tilstand for oksygen i dypvann' i Molvær et al. 97.

Ved fjernsonestasjonen Lyn 3 er sjøtemperaturen 5,0 °C i overflatevannet, og stiger gradvis til 6,1 °C ved 60 meters dypde. Videre nedover i dypet flater temperaturgrafene ut, men stiger gradvis til 6,4 °C i bunnvannet. Sjøvannets salinitet er 32 ‰ ved overflaten på denne fjernsonestasjonen. Den er forholdsvis jevn nedover i dypet. Ved havbunnen er sjøvannets salinitet 33,2 ‰. Oksygenkonsentrasjonen er 6,97 ml/l (9,9 mg/l) i overflatevannet. Den synker så gradvis nedover i vannsøylen, som for de to foregående stasjonene. I bunnvannet er oksygenkonsentrasjonen 6,27 ml/l (8,9 mg/l). Oksygenmetningen er 95,3 % i overflatevannet,

og avtar gradvis nedover i dypet. I bunnvannet er oksygenmetningen 90 %. Både konsentrasjonen og metningen tilsvarende tilstandsklasse I 'Meget god' etter 'klassifisering av tilstand for oksygen i dypvann' i Molvær et al. 97.

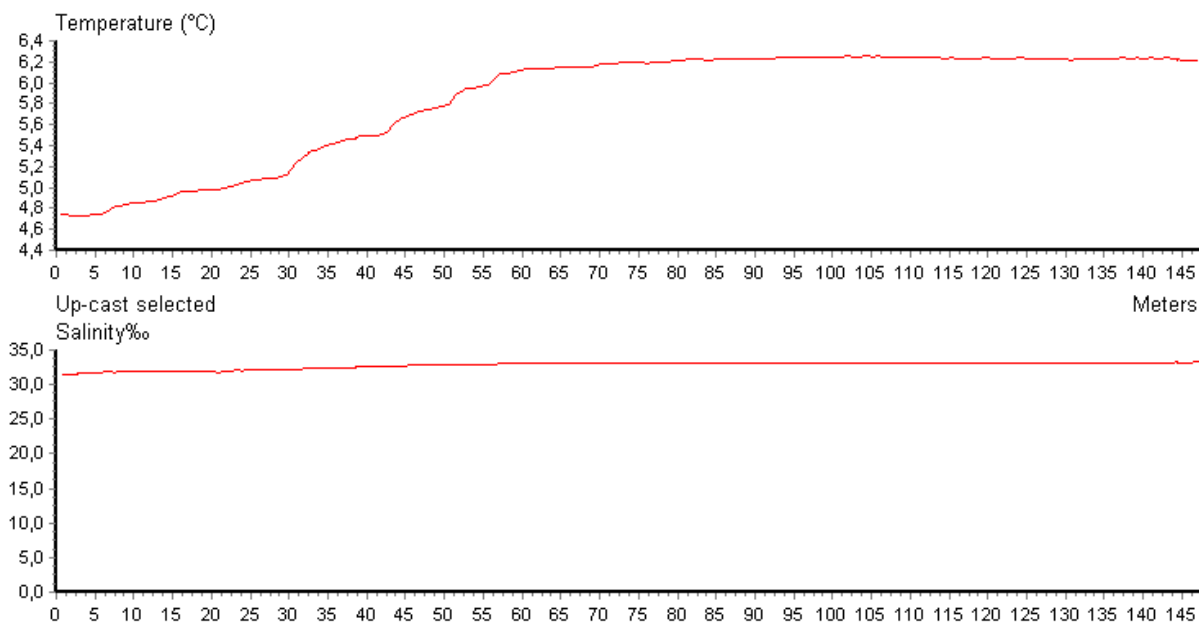


Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 140 meters dyp på stasjon Lyn 1 den 20. mars 2012.



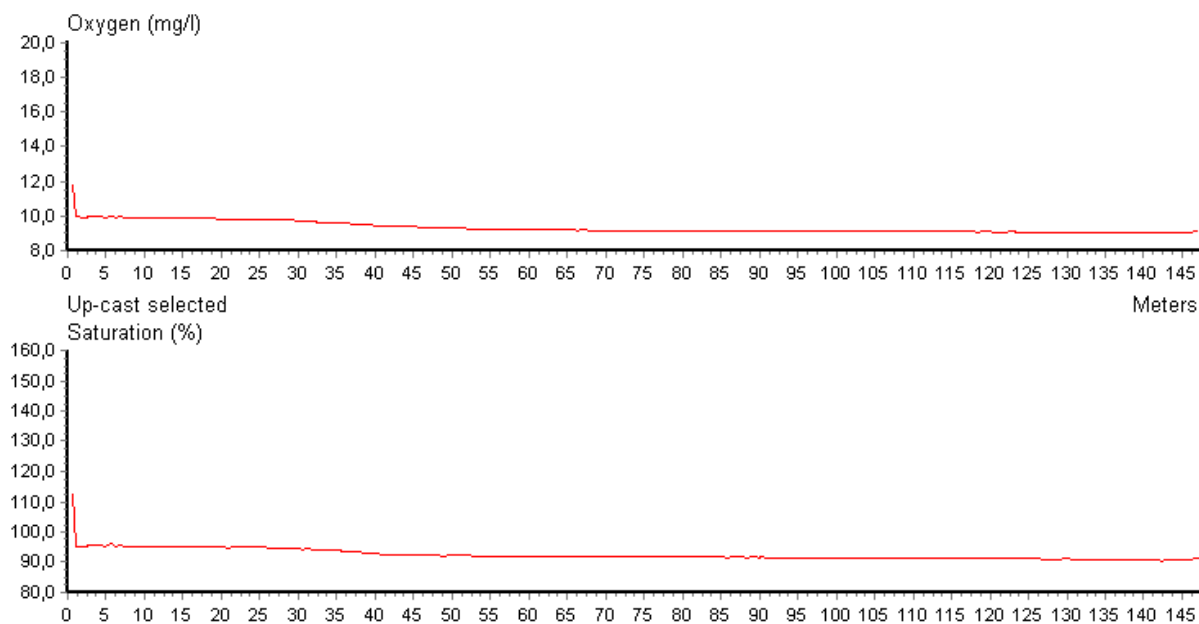
Figur 3.2. Oksygeninnhold fra overflaten og til 140 meters dyp på stasjon Lyn 1 den 20. mars 2012.

File name: CTD Jan-Mars 2012.SD2 Interval: 2 seconds Time zone: GMT
 Measurement series number: 5 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 10:45:29 - 01.Apr-97 (No. 1429) To: 10:57:27 - 01.Apr-97 (No: 1788)



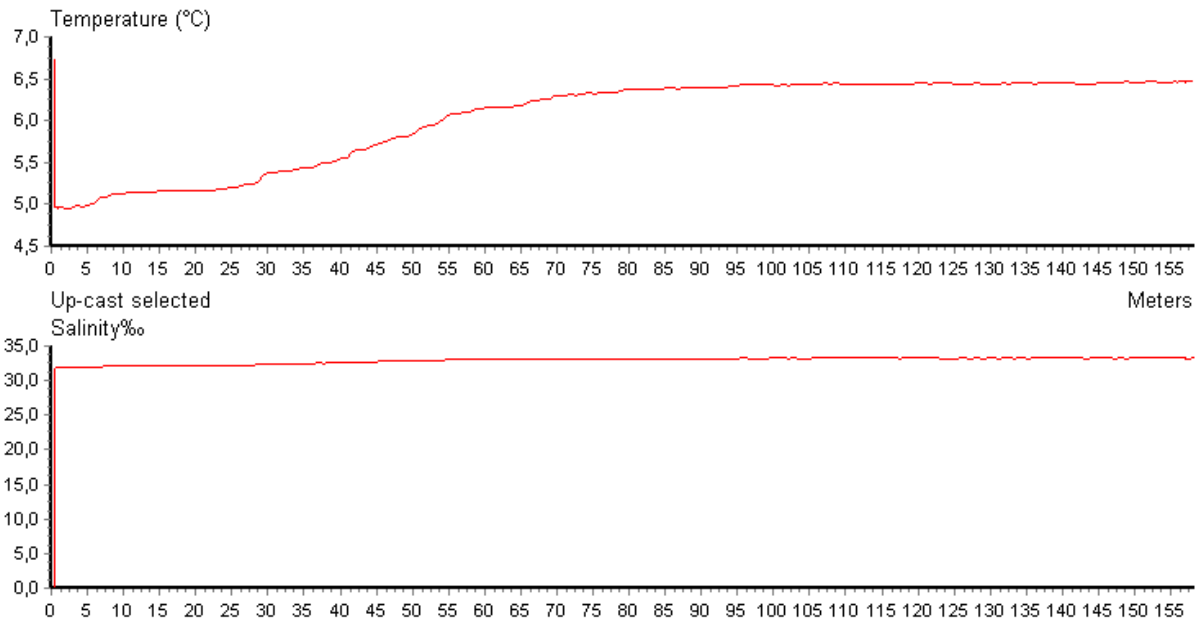
Figur 3.3. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 145 meters dyp på stasjon Lyn 2 den 20. mars 2012.

File name: CTD Jan-Mars 2012.SD2 Interval: 2 seconds Time zone: GMT
 Measurement series number: 5 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 10:45:29 - 01.Apr-97 (No. 1429) To: 10:57:27 - 01.Apr-97 (No: 1788)



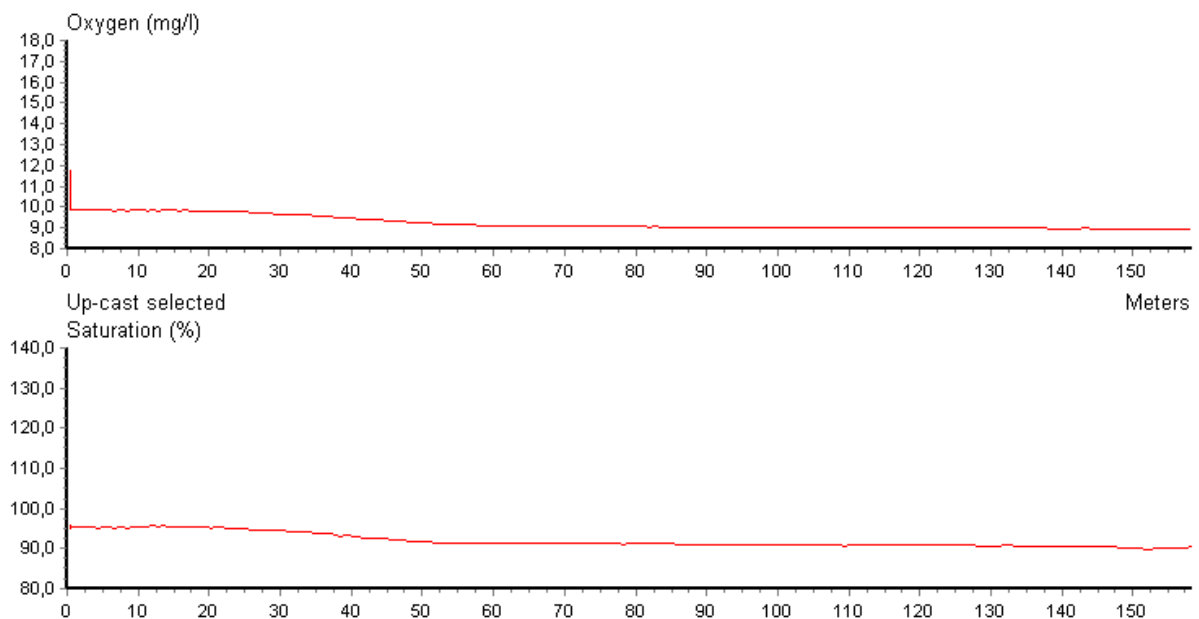
Figur 3.4. Oksygeninnhold fra overflaten og til 145 meters dyp på stasjon Lyn 2 den 20. mars 2012.

File name: CTD Jan-Mars 2012.SD2 Interval: 2 seconds Time zone: GMT
 Measurement series number: 6 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 12:25:47 - 01.Apr-97 (No. 1855) To: 12:37:51 - 01.Apr-97 (No. 2217)



Figur 3.5. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 155 meters dyp på stasjon Lyn 3 den 20. mars 2012.

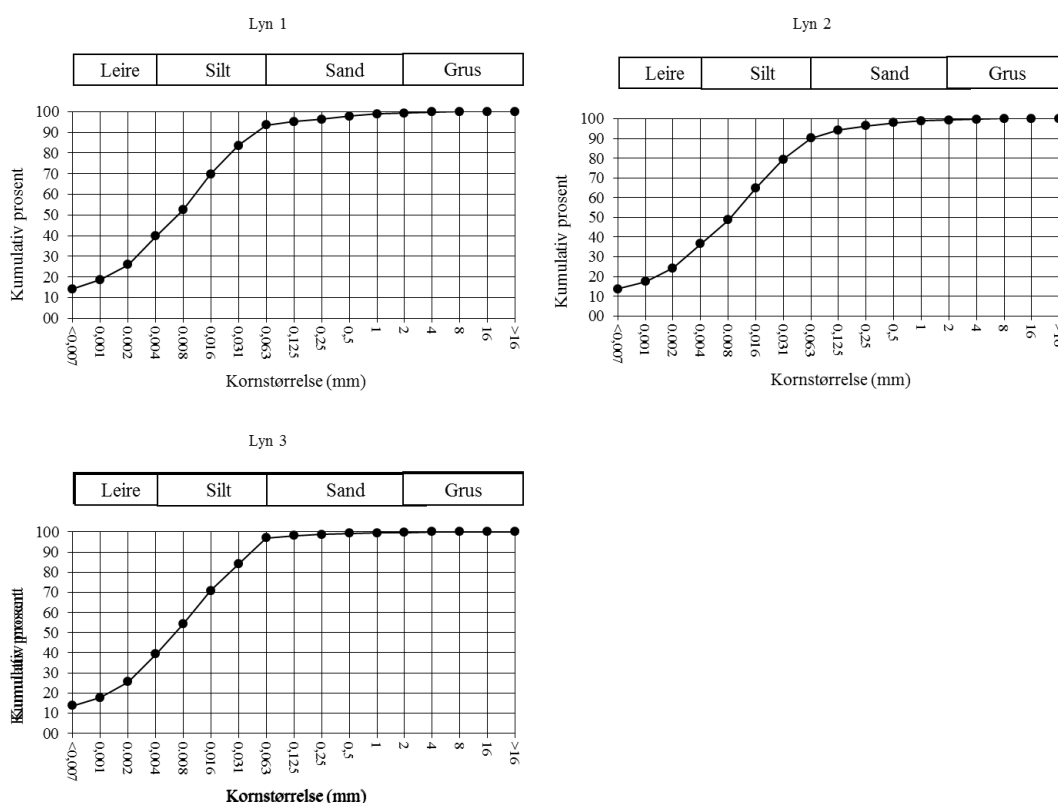
File name: CTD Jan-Mars 2012.SD2 Interval: 2 seconds Time zone: GMT
 Measurement series number: 6 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 12:25:47 - 01.Apr-97 (No. 1855) To: 12:37:51 - 01.Apr-97 (No. 2217)



Figur 3.6. Oksygeninnhold fra overflaten og til 150 meters dyp på stasjon Lyn 3 den 20. mars 2012.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.7 og Tabell 3.1. Kornstørrelsen på sedimentet fra stasjon Lyn 1 fordelte seg slik: 39,68 % leire, 53,83 % silt, 5,72 % sand, og 0,76 % grus. For Lyn 2: 36,53 % leire, 53,56 % silt, 9,11 % sand, og 0,80 % grus. Sedimentet fra stasjon Lyn 3 besto av: 39,36 % leire, 57,60 % silt, 2,80 % sand, og 0,24 grus. Glødetapet var høyere enn det som er forventet på dette dypet i norske fjorder.



Figur 3.7. Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Lyngøya i 2012.

Tabell 3.1. Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene ved Lyngøya i 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Lyn 1	141 m	18,22	39,68	53,83	93,52	5,72	0,76
Lyn 2	149 m	17,46	36,53	53,56	90,10	9,11	0,80
Lyn 3	160 m	17,59	39,36	57,60	96,95	2,80	0,24

3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet ved Lyngøya 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).

Glødetapet var noe høyt ved alle 3 stasjoner, og høyest ved Lyn 1 (Tabell 3.1). Total organisk karbon (TOC) var høyt på samtlige stasjoner, og gav tilstandsklasse V 'Svært dårlig'. Nivået av fosfor var lavt, dette var også tilfellet for nivået av sink og kobber (tilstandsklasse I eller II).

Tabell 3.2. Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet ved Lyngøya i 2012. 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 mg/g	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor g/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrestoff (TS) %
Lyn 1	68	69,17	V	0,78	130	I	33	I	27,8
Lyn 2	63	64,78	V	0,72	130	I	33	I	33,5
Lyn 3	63	63,55	V	0,72	190	II	34	I	30,5

3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.3-3.5, Figurene 3.8-3.9 og Vedleggstabell 1. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mars 2012 (Lyn 1) sammen med miljøforholdene i dypet av Brønnøfjorden (Lyn 3).

De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid. Gode miljøforhold i sjøbunnen kjennetegnes ofte ved høyt artsantall og relativt jevn fordeling av individer mellom arter. Tilførsel av store mengder organisk materiale som f.eks. fra oppdrettsanlegg (fôrrester og fiskeekskrementer) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogensulfid.

Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunnsedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk materiale.

I nærsonen, sør for oppdrettslokaliteten ved Lyngøya ligger stasjonen Lyn 1 på 141 m dyp. På stasjonen ble det funnet tilsammen 1159 individer fordelt på 56 arter. Dette gav en gjennomsnittlig diversitet på 3,54 og en jevnhet på 0,65. Den mest individrike arten var børstemakken *Paramphinome jeffreysii* med 288 individ og utgjorde dermed nesten 25 % av alle individene i prøven. Den nest mest individrike arten var børstemarken *Heteromastus filiformis* (256 individ og 22,1 %) og den tredje mest individrike arten var pølseormen *Nephasoma cf. Minutum* som utgjorde 9,2 % med 107 individer. Av de ti mest tallrike artene var det syv arter børstemark, to skjellarter og en pølseormart. Indeksene NQI1 og NQI2, som baseres på artenes ømfintlighet og arts mangfold, klassifiserer tilstanden som ”god” (tilstand II). I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær anleggene. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved oppdrettsanlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 1 (Meget god). De geometriske klassene viser også gode forhold på stasjonen da man ser at artene hadde en relativt jevn fordeling.

I fjernsonen, ca 1,6 km sørvest for oppdrettslokaliteten, ligger stasjonen Lyn 3 på 160 m dyp. På denne stasjonen ble det funnet 51 arter med til sammen 736 individer. Gjennomsnittlig diversitet var 3,56 og dette gav en KLIF-tilstand på II ”god”. Den mest individrike arten var børstemakken *Heteromastus filiformis* med 270 individ og utgjorde dermed nesten 37 % av alle individene i prøven. Den nest mest individrike arten var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (98 individ og 13,3 %) og den tredje mest individrike artene var skjellet *Thyasira equalis* som utgjorde 8,2 % med 60 individer. Av de ti mest tallrike artene utgjorde børstemark halvparten av artene og de resterende var bløtdyr. Indeksene NQI1 og NQI2 gir stasjonen henholdsvis tilstandsklasse II ”God”. Figuren med geometriske klasser indikerer at stasjonen hadde gode forhold med en relativt jevn fordeling av arter.

De multivariate analysene viser at stasjonene Lyn 3 og Lyn 1 er like (67% likhet mellom alle hugg). Dette gjør seg gjeldene ved at hugg fra ulike stasjoner ligger nærmere hverandre enn hugg tatt på samme stasjon. De to stasjonene ligger ut mot havet og på relativt likt dyp, og

uten oppdrettsanlegg som innvirker på artssammensetningen. De undersøke stasjoene og fremstår dermed som svært like når det kommer til faunasammensetningen.

Tabell 3.3. Antall individer og arter, diversitet og jevnhet for hver enkelt prøve fra Lyngøya i 2012. Klassifisering av miljøtilstanden 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(N)	Arter(S)	Diversitet (H')	MOM TK	Jevnhet (J)	H' -max	AMBI	NQI1	NQI2
Lyn 1	1	561	43	3,44		0,63	5,43	2,59	0,69	0,6
Nær- sone	2	598	42	3,64		0,68	5,39	3,23	0,64	0,57
	Sum	1159	56	3,69		0,64	5,81			
	Snitt	579,5	42,5	3,54	1	0,65	5,41	2,91	0,66	0,59
Lyn 3	1	368	39	3,57		0,68	5,29	3,24	0,65	0,57
Fjern sone	2	368	39	3,55		0,67	5,29	3,18	0,65	0,57
	Sum	736	51	3,66		0,65	5,67			
	Snitt	368	39	3,56		0,67	5,29	3,21	0,65	0,57

Forklaring til tabell 3.3:

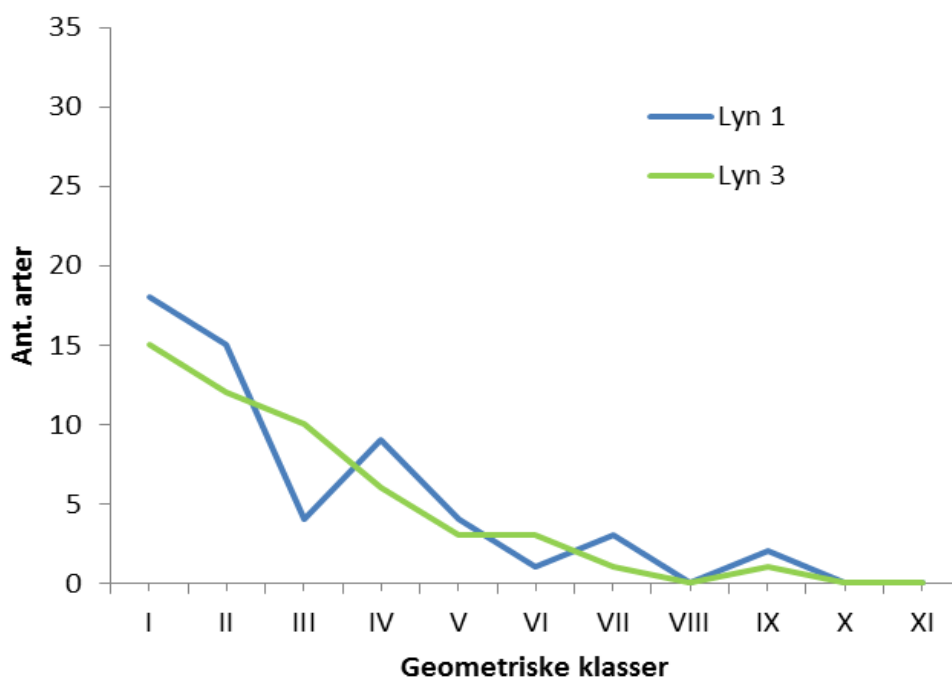
KLIF, NQI 1 og NQI2 tilstand	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
MOM tilstand	1 Meget god	2 God	3 Dårlig	4 Meget dårlig	

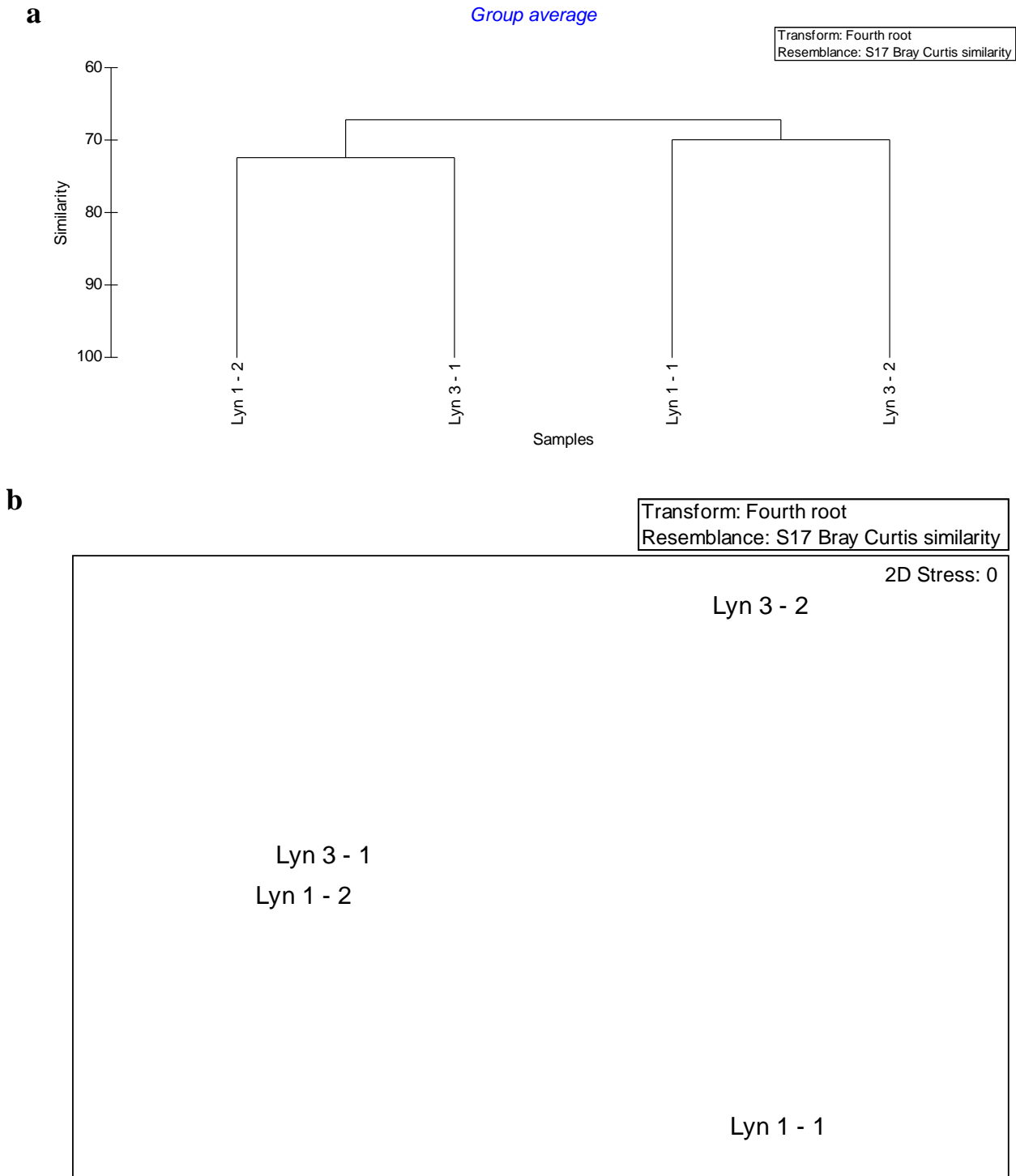
Tabell 3.4. De mest tallrike artene/gruppene fra Lyngøya i mars 2012.

Lyn 1	0,1 m ²	Ant. Ind.	%	kum %	Lyn 3	0,1 m ²	Ant. Ind.	%	kum. %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>		288	24,8	24,8	<i>Heteromastus filiformis</i>		270	36,7	36,7
<i>Heteromastus filiformis</i>		256	22,1	46,9	<i>Paramphinome jeffreysii</i>		98	13,3	50,0
<i>Nephasoma cf. minutum</i>		107	9,2	56,2	<i>Thyasira equalis</i>		60	8,2	58,2
<i>Thyasira equalis</i>		102	8,8	65,0	<i>Thyasira sarsii</i>		58	7,9	66,0
<i>Thyasira sarsii</i>		91	7,9	72,8	<i>Polydora sp.</i>		33	4,5	70,5
<i>Aphelochaeta sp.</i>		39	3,4	76,2	<i>Terebellides stroemi</i>		21	2,9	73,4
<i>Polydora sp.</i>		31	2,7	78,9	<i>Yoldiella lucida</i>		17	2,3	75,7
<i>Maldane sarsi</i>		28	2,4	81,3	<i>Caudofoveata</i> indet.		16	2,2	77,9
<i>Terebellides stroemi</i>		24	2,1	83,3	<i>Yoldiella nana</i>		14	1,9	79,8
<i>Sabellidae</i> indet.		16	1,4	84,7	<i>Galathowenia oculata</i>		12	1,6	81,4

Tabell 3.5. Geometriske klasser fra Lyngøya i mars 2012.

Geometriske klasser	Lyn 1	Lyn 3
I	18	15
II	15	12
III	4	10
IV	9	6
V	4	3
VI	1	3
VII	3	1
VIII	0	0
IX	2	1
X	0	0
XI	0	0

**Figur 3.8.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Lyngøya i mars 2012.



Figur 3.9. Dendrogram fra clusteranalyse (a) og MDS-plott (b) av bunnfaunaresultatene fra Lyngøya i mars 2012. Lyn 3-2 angir stasjon Lyn 3, 2. hugg osv. 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.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Lyngøya som driftes av Sinkaberg Hansen AS i Vikna kommune, Nord-Trøndelag. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 20. mars 2012. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på tre stasjoner.

Den hydrografiske undersøkelsen viste en relativt homogen vannsøyle ved alle tre prøvetakingsstasjoner, både når det gjelder verdier av salinitet og oksygen. Oksygenkonsentrasjonen og -metningen i bunnvannet var god, og tilsvarer tilstandsklasse I 'meget god' etter klassifiseringen i Molvær et al 97. Dette tyder på at det er god omrøring i vannmassene i både nær-, - overgangs-, - og fjernsonen til anlegget.

Sedimentundersøkelsen viste at hoveddelen av partiklene fra prøvetakingsstasjonene befant seg i den mer finfordelte enden av partikkelstørrelsesskalaen. Kategorien leire og silt utgjorde over 90 prosent av den totale mengden ved alle tre stasjoner. En såpass stor andel av finfordelte partikler indikerer en noe svak bunnstrøm i undersøkelsesområdet. De kjemiske analysene viste et noe høyt innhold av organisk materiale målt som % glødetap ved alle prøvetakingsstasjonene. Total organisk karbon (TOC) viste også høy nivåer (tilstandsklasse V, Meget dårlig) ved alle tre stasjoner. Tidligere erfaringer med TOC-parameteren har vist at den er lite egnet som verktøy for å vurdere miljøpåvirkning fra oppdrettsanlegg alene, da den har gitt lite entydige resultater (Sandnes, 2004). Den bør derfor brukes som et tilleggsverktøy sammen med blant annet faunaundersøkelsen. I denne undersøkelsen er det imidlertid samsvar mellom % glødetap og TOC, som begge indikerer et høyt organisk innhold i bunnsedimentet. Etersom det ikke har vært drevet oppdrettsvirksomhet på lokalitet Lyngøya tidligere, er det naturlig å spørre seg om andre oppdrettsanlegg i nærheten kan influere på påvirkningssonene til Lyngøya. Det nærmeste oppdrettsanlegget ligger over 5 km unna hvis man følger fjorden den veien hvor avfallspartikler kan spre seg. Vi anser det derfor ikke som sannsynlig at naboanlegget har influert på % glødetap og TOC, selv om dette ikke kan utelukkes helt. Det er heller ikke andre åpenbare forurensningskilder i dette området. Det organiske innholdet i sedimentet er derfor sannsynligvis en naturlig tilstand for området, og dette vil kunne fungere som en senere referanse for nye målinger i området.

Bunndyrsundersøkelsen viste gode forhold både ved nærsone-stasjonen og ved fjernsone-stasjonen. Av denne grunn er ikke faunaprøvene fra overgangssone-stasjonen opparbeidet. Ved nærsone-stasjonen Lyn 1 indikerte både artsdiversiteten, indeksene NQI1 og NQI2, samt MOM-standarden, gode forhold. Grafen over geometriske klasser viser en relativt jevn fordeling av artene (se figur 3.8).

Ved fjernsone-stasjonen Lyn 3 var tilstanden 'god' etter KLIF's klassifisering. Indeksene NQI1 og NQI2 indikerte også gode forhold. De geometriske klassene (tabell 3.5 og figur 3.8) indikerer en relativt jevn fordeling av 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
Lyn 1	141	-	I	I	I	V
Lyn 2	149			I	I	V
Lyn 3	160	II	-	II	I	V

5 TAKK

Vi takker Morten Sørø fra Sinkaberg Hansen AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på deres båt. På toktet deltok Vidar Strøm og Fredrik R Staven fra Aquakompetanse AS. Sedimentanalysene ble utført av Eurofins i Bergen. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad.

6 LITTERATUR

- 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.
- 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.
- 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*.
- Sandnes, O. 2004. Bonitetsprosjektet i HASUT. Utvikling av kartleggingsmetode for lokalisering av marin matfiskoppdrett. Rapport 42-10-4 (Aqua Kompetanse AS rapp.) 60 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 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.

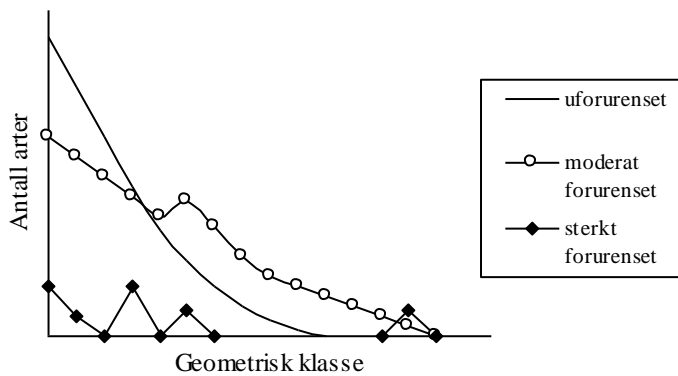
Geometriske klasser

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 toppe 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 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 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:

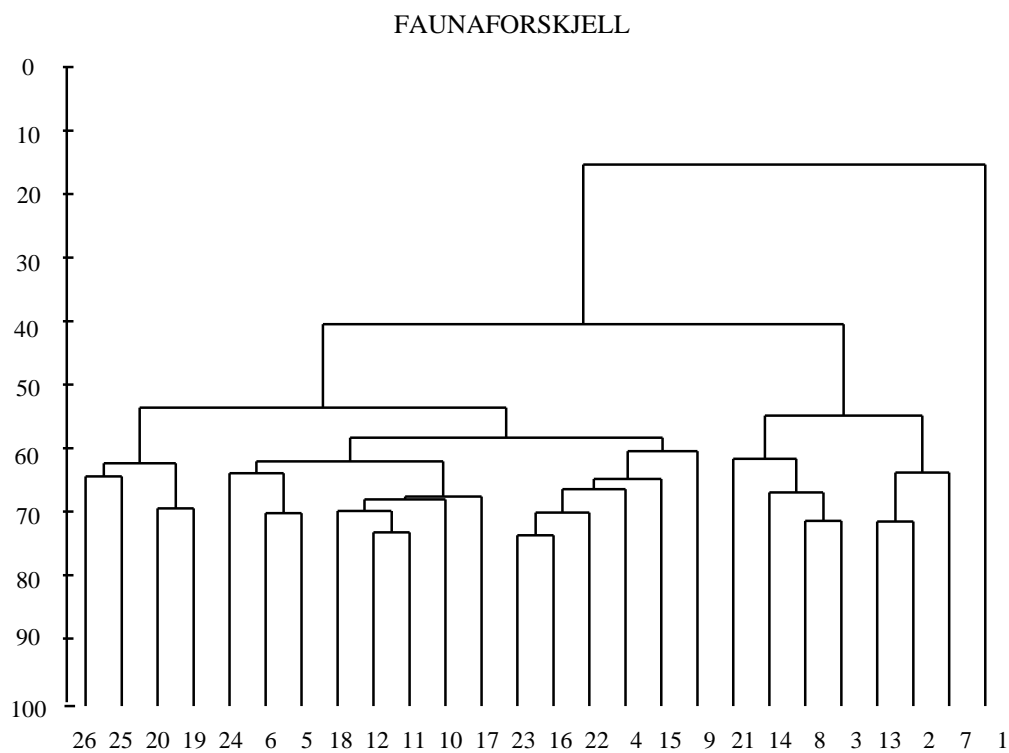
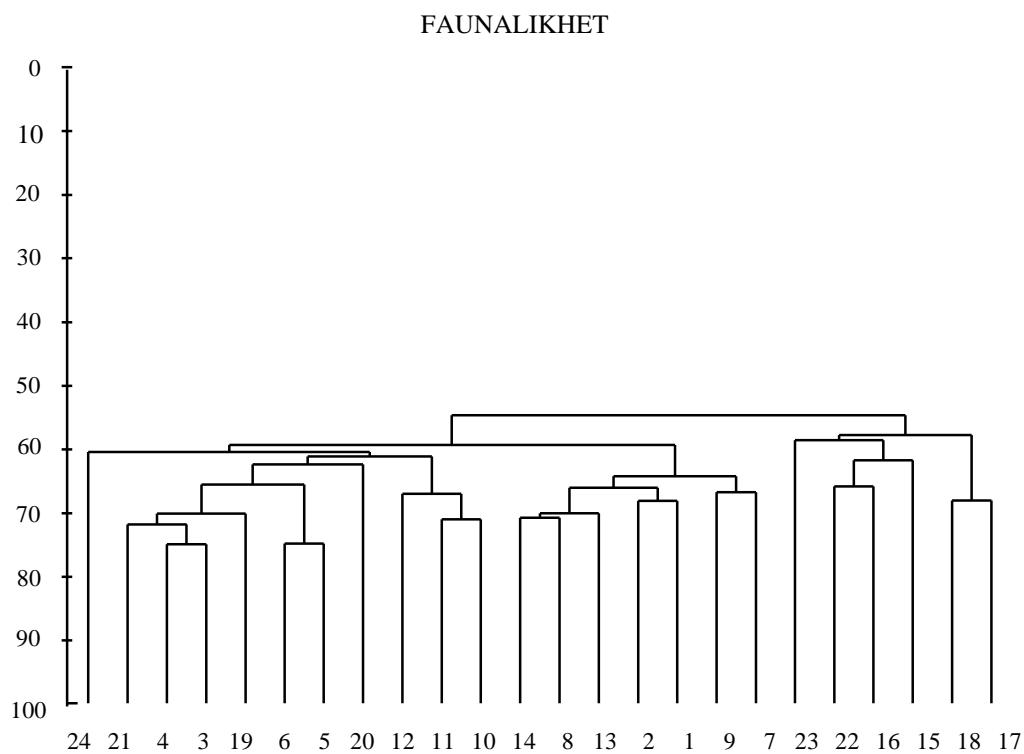
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

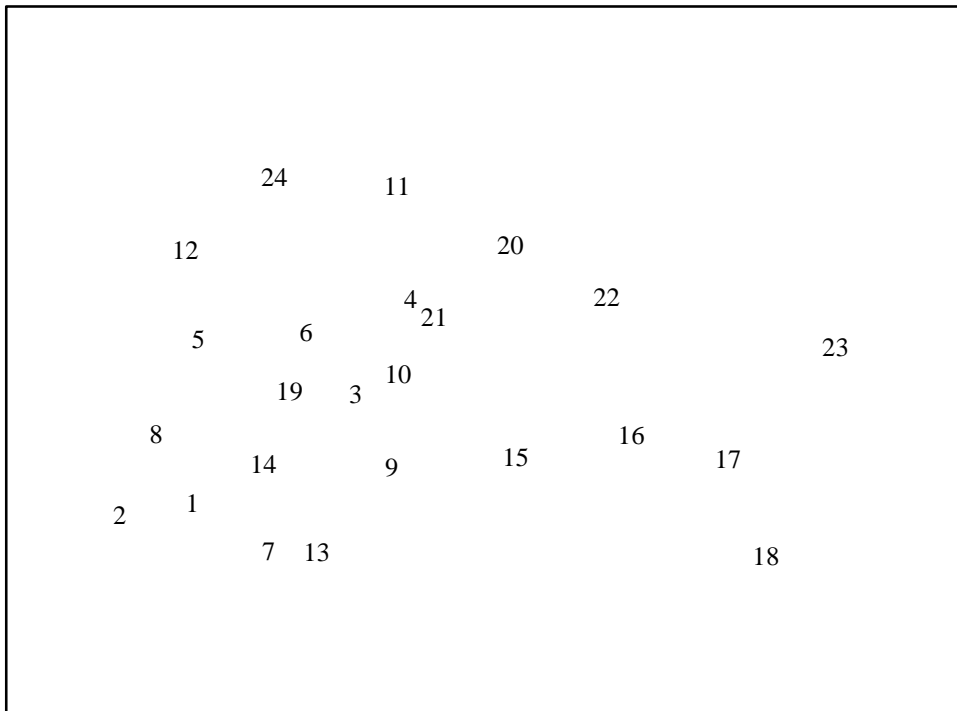
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget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

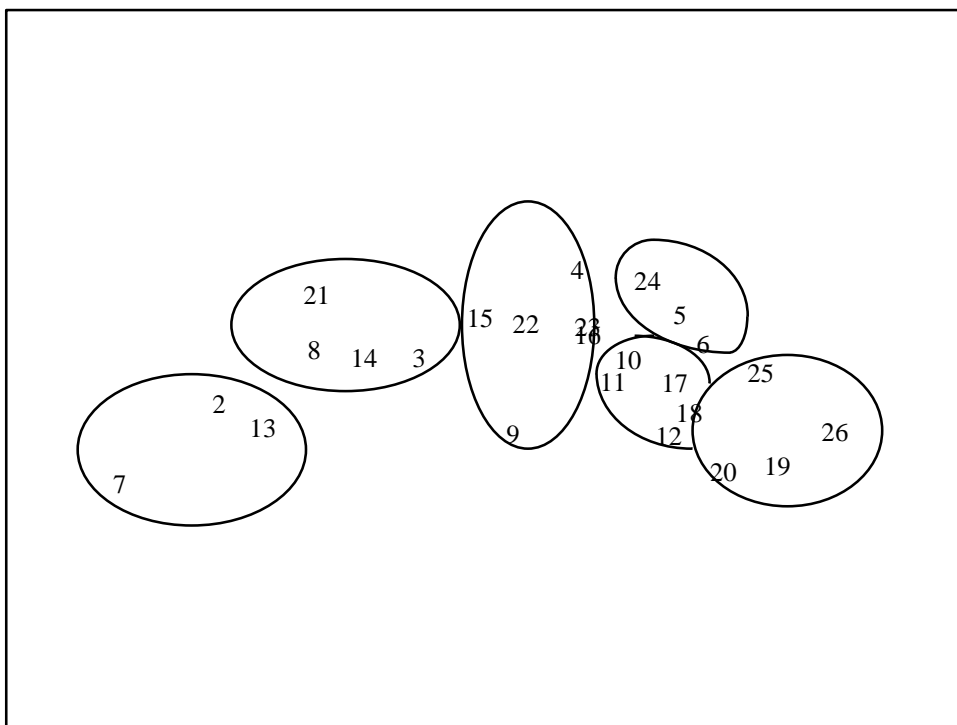


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.: 806657

Prøvetakingssted (område): Lyngøya

Dato for prøvetaking: 20. mars 2012

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aqua Kompetanse AS

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

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:

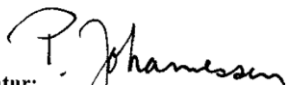
For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

- + 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:.....
 Godkjent taksonom

s. 1/3		Lyngøya	Lyngøya	Lyngøya	Lyngøya
Stasjon:		Lyn 1	Lyn 1	Lyn 3	Lyn 3
Dybde:		141	141	160	160
Art:	Hugg:	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	PORIFERA indet.	+			+
*	NEMERTINI indet.	9	14	12	7
	POLYCHAETA				
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	168	120	52	46
*	<i>Siboglinum fiordicum</i>	+		+	+
*	<i>Siboglinum ekmani</i>		+	+	+
	<i>Pholoe baltica</i>	2	1	2	
	<i>Neoleanira tetragona</i>		1		
	<i>Phyllodoce groenlandica</i>		1		
	<i>Phyllodoce rosea</i>	0/1			
	<i>Sige fusigera</i>	1			
	<i>Eulalia mustela</i>			0/1	
	<i>Eulalia sp.</i>	0/1			
	<i>Eteone longa</i>		1		
	<i>Nereimyra punctata</i>	1			
	<i>Syllidae indet.</i>	2	5		1
	<i>Exogone sp.</i>		1	2	
	<i>Ceratocephale loveni</i>	1/1	5/3	2/3	3/1
	<i>Nephtys hystricis</i>	0/4	1/1	0/3	1/3
	<i>Lumbrineridae indet.</i>	1	1	1	
	<i>Drilonereis filum</i>	1			
	<i>Schistomeringos sp.</i>				1
	<i>Phylo norvegica</i>	2		1	3/1
	<i>Polydora sp.</i>	16	15	13	20
	<i>Prionospio cirrifera</i>	1	2	3	
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	0/8	2/5	1/5	0/4
	<i>Paraonis sp.</i>		2	3	
	<i>Aphelochaeta sp.</i>	14	25	1	3
	<i>Chaetozone sp.</i>	2	11		
	<i>Diplocirrus glaucus</i>	1	1/1	1	3/1
	<i>Ophelina acuminata</i>				0/1
	<i>Heteromastus filiformis</i>	87	169	142	128
	<i>Maldane sarsi</i>		28		
	<i>Rhodine loveni</i>	1	2	1	1
	<i>Maldanidae indet.</i>	2	10	10	1
	<i>Galathowenia oculata</i>	1	10	10	2
	<i>Anobothrus gracilis</i>		0/1	0/1	
	<i>Amythasides macroglossus</i>		1	2	
	<i>Sosanopsis wireni</i>			1	
	<i>Melinna albicincta</i>		1		

s.2/3	Lyngøya	Lyngøya	Lyngøya	Lyngøya
Stasjon:	Lyn 1	Lyn 1	Lyn 3	Lyn 3
Dybde:	141	141	160	160
Art:	Hugg:	1. hugg	2. hugg	1. hugg
<i>Melinna elisabethae</i>				0/2
<i>Pista cristata</i>				2
<i>Leaena ebranchiata</i>		1/2	3/5	0/1
<i>Polycirrus plumosus</i>	2	7	1	1
<i>Trichobranchus roseus</i>		2	5	
<i>Terebellides stroemi</i>	9/4	9/2	11/1	6/3
<i>Sabellidae indet.</i>	2	14	2	5
SIPUNCULA				
<i>Nephasoma cf. minutum</i>	91	16	4	2
CRUSTACEA				
* <i>Calanus finmarchicus</i>		1	1	
* <i>Anomalocera patersoni</i>			1	
* <i>Cypridina norvegica</i>	1			
* <i>Leucon sp</i>		1	1	1
* <i>Campylaspis costata</i>				1
* AMPHIPODA				
* <i>Amphipoda indet.</i>	2	3	5	1
MOLLUSCA				
<i>Caudofoveata indet.</i>	5	2	7	9
<i>Euspira montagui</i>				0/1
<i>Nucula sulcata</i>				0/1
<i>Nuculana minuta</i>	2	1	3	3
<i>Nuculana tenuis</i>	2/3	0/1		2/4
<i>Yoldiella lucida</i>	6/2		6/1	6/4
<i>Yoldiella nana</i>	5/1	1/1	3/1	8/2
<i>Bathyarca pectunculoides</i>	1/1			
<i>Delectopecten vitreus</i>		2		0/1
<i>Thyasira obsoleta</i>	1	1		
<i>Thyasira sarsii</i>	24/22	25/20	13/5	21/19
<i>Thyasira equalis</i>	38/7	50/7	19/7	28/6
<i>Mendicula feruginosa</i>	1	1		
<i>Adontorhina similis</i>	6	5	4	1
<i>Astarte sulcata</i>	0/1			
<i>Parvicardium minimum</i>			1	1
<i>Abra nitida</i>	1		1	1
<i>Cuspidaria cuspidata</i>			1	
<i>Cuspidaria obesa</i>	2		2	1
<i>Tropidomya abbreviata</i>				1
<i>Antalis occidentalis</i>	1			
ECHINODERMATA				
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	0/1			

s.3/3		Lyngøya	Lyngøya	Lyngøya	Lyngøya
Stasjon:		Lyn 1	Lyn 1	Lyn 3	Lyn 3
Dybde:		141	141	160	160
Art:	Hugg:	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
	OPHIUROIDEA			0/1	
	<i>Ophiothrix fragilis</i>				
	<i>Amphiura chiajei</i>	0/1			0/1
	<i>Ophiura albida</i>				0/1
	<i>Ophiura carnea</i>		1		
*	VARIA				+

Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



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

**Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)**

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

Tlf: +47 94 50 42 42

Fax:
bergen@eurofins.no

AR-12-MX-001335-01



EUNOBE-00003248

Prøvemottak: 21.05.2012

Temperatur:

Analyseperiode: 21.05.2012-04.06.2012

Referanse: 611101, Pnr: 806657 ref.
33/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 441-2012-0521-018	Prøvetakingsdato: 20.03.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: LYN 1	Analysestartdato: 21.05.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
a) Fosfor (P)	
Totalt fosfor (P)	780 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 10
a) Kobber (Cu)	33 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 1
a) Sink (Zn)	130 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	68 mg/g TS EN 13137 0.1
a) Totalt tørrstoff	
Total tørrstoff	27.8 % (v/v) EN 14346 0.1

Prøvenr.: 441-2012-0521-019	Prøvetakingsdato: 20.03.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: LYN 2	Analysestartdato: 21.05.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
a) Fosfor (P)	
Totalt fosfor (P)	720 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 10
a) Kobber (Cu)	33 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 1
a) Sink (Zn)	130 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	63 mg/g TS EN 13137 0.1
a) Totalt tørrstoff	
Total tørrstoff	33.5 % (v/v) EN 14346 0.1

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 godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

AR-12-MX-001335-01



EUNOBE-00003248



Prøvenr.:	441-2012-0521-020	Prøvetakingsdato:	20.03.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	LYN 3	Analysestartdato:	21.05.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (P)					
Totalt fosfor (P)	720	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	34	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	190	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	63	mg/g TS		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	30.5	% (w/v)		EN 14346	0.1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00, Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), OT Tuttendorf, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 04.06.2012

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

Teqnforklaring:

* (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