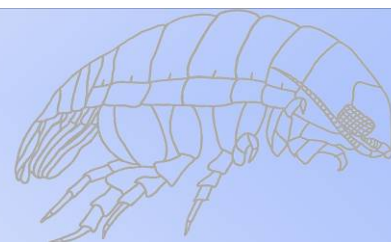


SAM e-Rapport

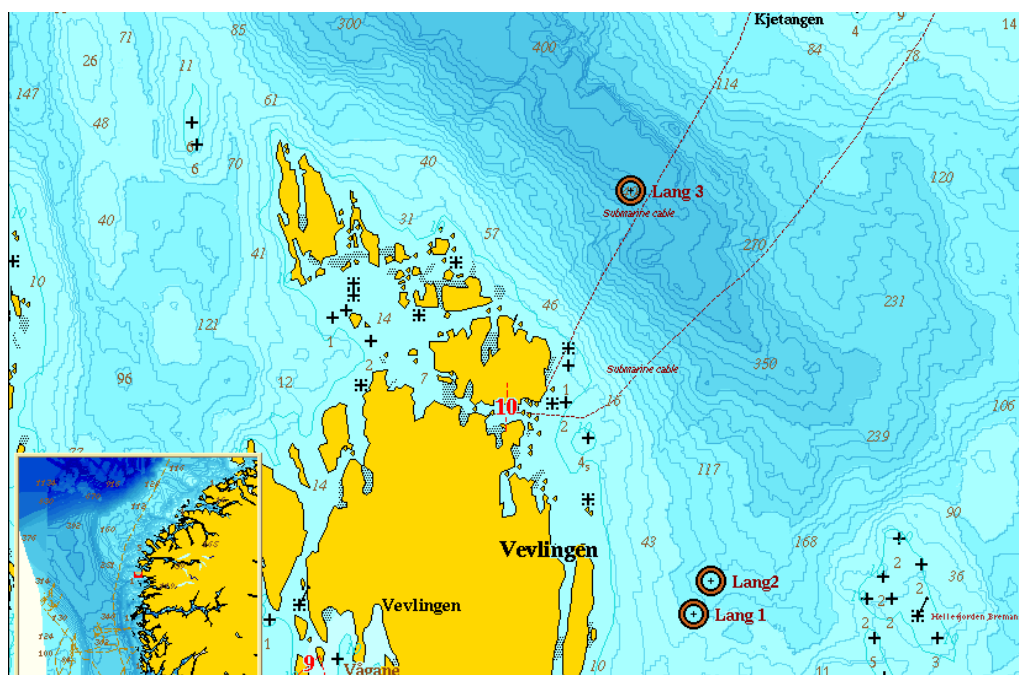
Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Miljø





e-rapport nr: 34-2012

MOM-C undersøkelse fra lokalitet Langeråa i Hellefjorden, Flora kommune i 2012

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: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Langeråa i Hellefjorden, Flora kommune i 2012	Dato: 12/7-2012 Antall sider og bilag: 41
Forfatter(e): Silje Hadler-Jacobsen Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Erling Heggøy Prosjektnummer: 806030

Oppdragsgiver: Karstensen Fiskeoppdrett AS	Tilgjengelighet: Åpen
--	-----------------------

Abstract:
 A MOM-C survey was conducted in January 2012 at the aqua culture locality Langeråa in Hellefjord. The monitoring included geological and chemical analysis of the bottom sediment as well as an analysis of the benthic fauna. Measurements of oxygen concentration indicated good conditions near the bottom of the fjord. Close to the aqua culture facility there were chemical pollution of copper and sink and accumulation of organic matter. The faunal composition indicated that the sites near the facility were influenced by the aqua culture activity. It is therefore advised to thoroughly monitor this location in the future.

Keywords: Marine environmental monitoring, Aqua culture, Langeråa, Hellefjorden, Flora	Emneord: Marin miljøovervåking, fiskeoppdrett, Langeråa, Hellefjorden, Flora kommune	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 34-2012
--	---	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12/7-2012	<i>P.-O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	12/7-2012	<i>Silje Hadler-Jacobsen</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 MOM-C analyser, samlet av: SAM-Marin

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: R. Tveiten, N. Korableva og N. Islam

Identifikasjon av marin fauna utført av: Alvestad og Johannesen

Rapportering utført av: Johansen og Hadler-Jacobsen

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: H. Grønning

LEVERANDØRER

Toktfartøy: -

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS **akkrediteringsnummer**

Test 003

Akkreditert: Kobber, sink, fosfor, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	9
2.2.2 Sediment.....	9
2.2.3 Kjemiske analyser	10
2.2.4 Bunndyr.....	10
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment	15
3.3 Kjemi	16
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	22
5 TAKK	23
6 LITTERATUR	23
7 VEDLEGG	24

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Langeråa i Hellefjorden, Flora kommune. Innsamlingene ble gjennomført 24. januar 2012.

Det ble også foretatt en MOM-B undersøkelse ved denne lokaliteten på samme tokt, og resultatene fra denne er presentert i Hadler-Jacobsen og Johannesen (under bearbeiding).

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Langeråa. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, 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), Vanndirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009) og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-Marin) på oppdrag fra Karstensen Fiskeoppdrett AS. SAM-Marin er en avdeling ved Seksjon for Anvendt Miljøforskning hos Uni Reserach AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

2 MATERIALE OG METODER

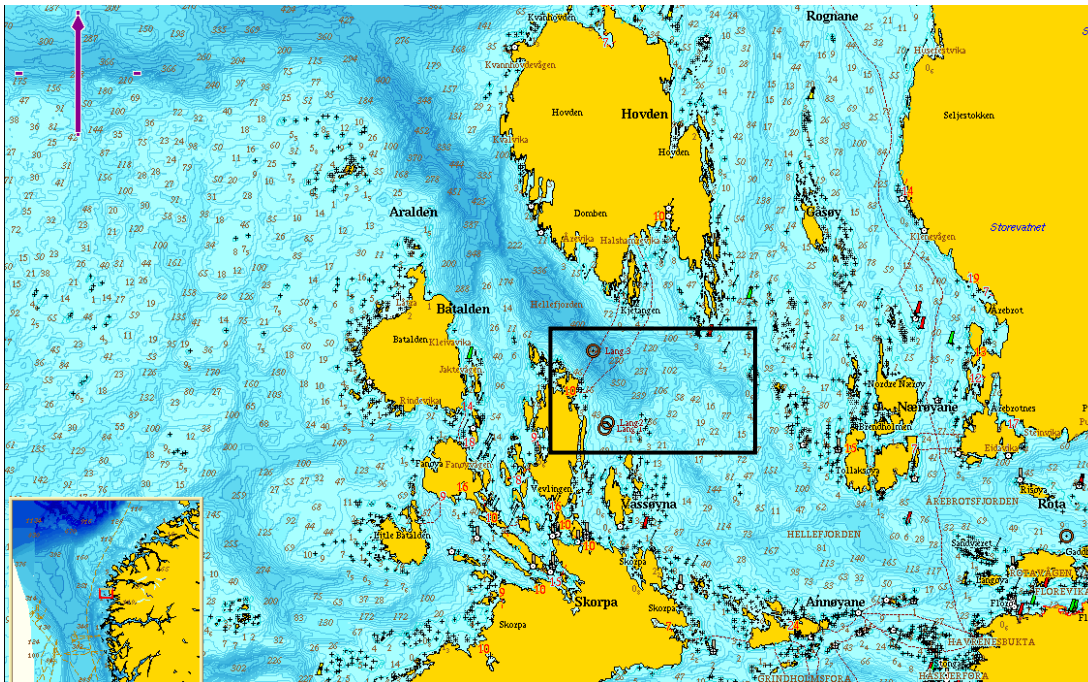
2.1 Undersøkelsesområdet

Lokaliteten ligger i Hellefjorden, rett øst for øyen Vevlingen, noe nord for Vassøyna og Skorpa, på ca 100 meters dyp. (Figur 2.1, 2.2 og 2.3). Fjordbunnen synker til 250 m nordøst for lokaliteten, og synker så videre ned til ca. 400 m dyp et par kilometer rett nord for anlegget. Fjorden har en åpen forbindelse ut mot Nordsjøen.

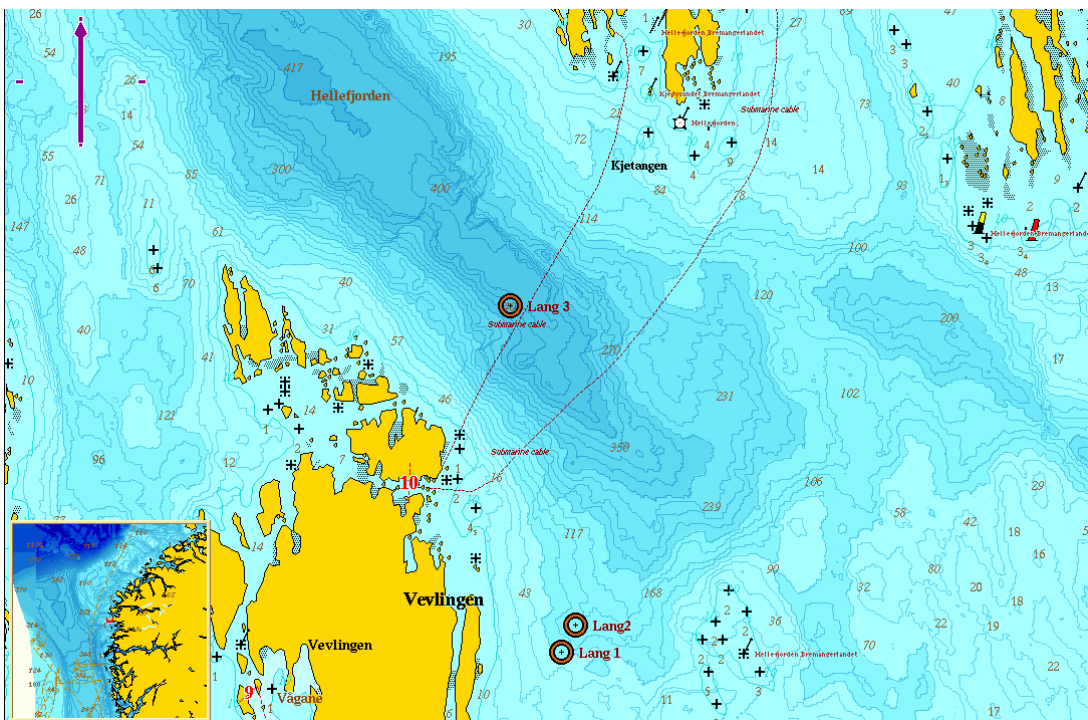
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort den 24. januar 2012. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon på dypet av Hellefjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Tor Ensrud og Stian Ervik Kvalø fra SAM-Marin. Geir Karstensen og Karstensen fra E. Karstensen Fiskeoppdrett førte båten. Tom Lund og gav nødvendig assistanse.

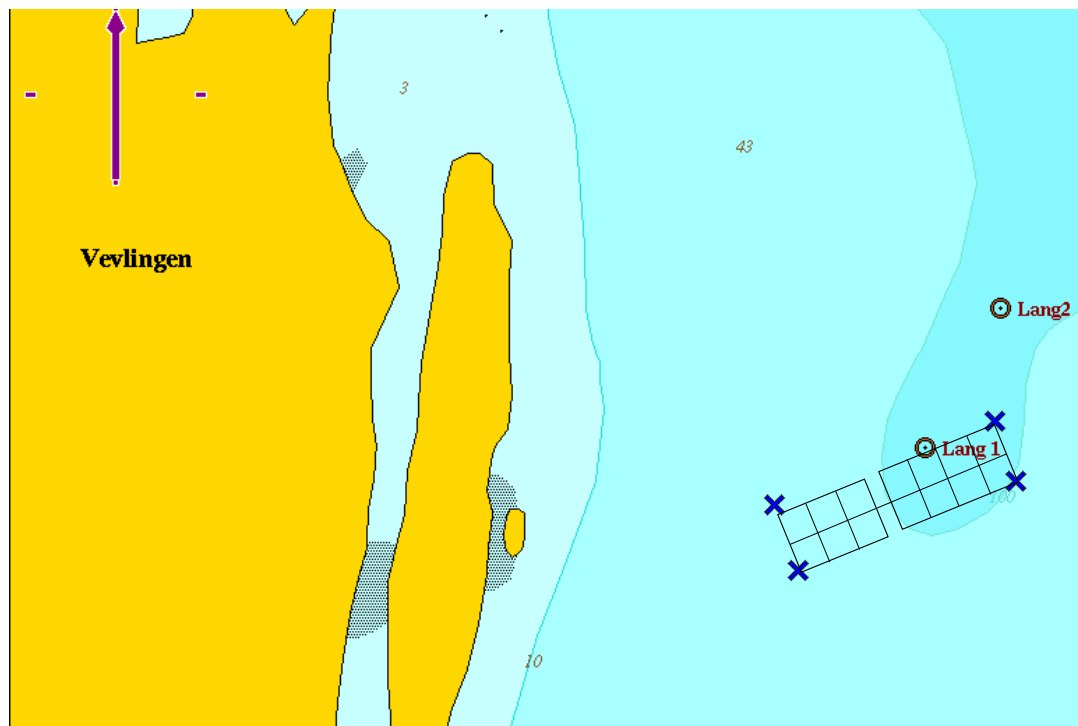
Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (Lang 3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.



Figur 2.1. Oversiktskart over Hellefjorden. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Langeråa. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Utsnitt av Hellefjorden med referansestasjonen i dypet og stasjoner ved anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Skisse av anlegget med nærstasjonens (Lang 1) og overgangsonens (Lang 2) plassering tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1 Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Hellefjorden 2012. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en duograbb, hvor det ene kammeret utgjør 0.1m² og brukes til biologiprøver (fullt kammer 21 l), mens det andre kammeret er mindre og brukes til kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Dyp (m)	Sted Posisjon (WGS-84)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Lang 1 23/01-12	109	Langeråa 61°37,928' N 04° 51,815' Ø	1 2	9 21	Biologi, kjemi og geologi, Biologi Duograbb Nærsonne Fekalier og sterk lukt
Lang 2 23/01-12	108	Langeråa 61°37,990' N 04° 51,886' Ø	1 2	8 8	Biologi, kjemi og geologi, Biologi Duograbb Overgangssone En del <i>Tyasira</i> sp.
Lang 3 23/01-12	404	Langeråa 61°38,721' N 04° 51,571' Ø	1 2	21 21	Biologi, kjemi og geologi, Biologi Duograbb, Bomhugg: 11 CTD, sikt 11 meter Fjærnsone Fint sediment uten lukt

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 %.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser.

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 %.

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

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). 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 AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

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 få eller ingen arter være tilstede 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 grabb har et volum på 21 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 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 i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell). 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.

Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktoratets gruppa Vanndirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Både Shannon-Wiener indeks (H') og NQI1 er biologiske indekser som skal benyttes. Mens H' kun sier noe om diversiteten, gir NQI1 et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. 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 parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Direktoratgruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	I	II	III	IV	V	
		Bakgrunn (svært/meget god)	God	Moderat (mindre god)	Dårlig	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	Diversitet/Shannon-Wiener ind. (H')		>4	4-3 0,63-	3-2	2-1 0,31-	<1
	NQI1		>0,72	0,72 0,54-	0,49-0,63	0,49 0,20-	<0,31
	NQI2		>0,65	0,65	0,38-0,54	0,38	<0,20
	Organisk karbon	mg TOC/g	<20	20-27 150-	27-34	34-41 590-	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	360	360-590	4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

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

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (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 Produksjonsdata fra anlegget

På lokalitet Langeråa startet produksjonen våren 2005. Siste brakkleggingsperiode var høsten 2010. Anlegget skal brakklegges fra midten av juni 2012 til midten av september 2012. Anlegget består av stålmærer på 25 x 25 meter. Det var produksjon i hele anlegget på undersøkelsestidspunktet.

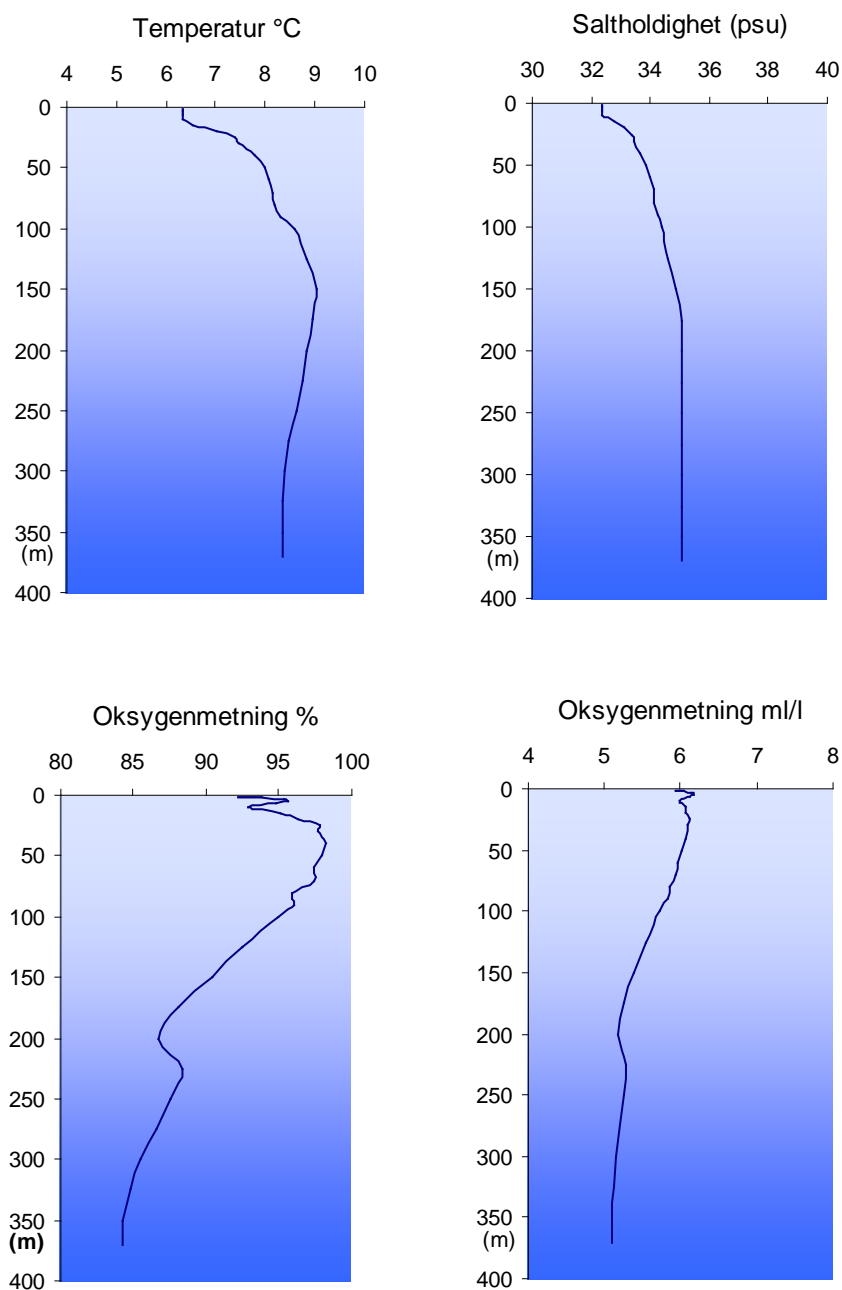
Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten Langeråa i siste 3 år:

	Utforet mengde:	Produsert mengde:
2011	2647	2390
2010	735	704
2009	2317	2092

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Lang 3 den 24. januar 2012. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



Figur 3.1. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l på Lang 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 370 meter på Lang 3 den 24. januar 2012. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen på Lang 3 den 24. januar 2012 var på 6,3° C i overflaten og holdt seg stabil til omtrentlig 15 m. Deretter steg temperaturen jevnt mot 9° C på 150 meters dyp for så å synke mot 8,3° C den dypeste målingen (370 m).

Saltholdigheten steg jevnt med økende dyp fra 32,4 psu ved overflaten mot 35,1 psu på ca 150 m dyp. Derfra var det ingen endring i vannsøylen ned til 370 m dyp.

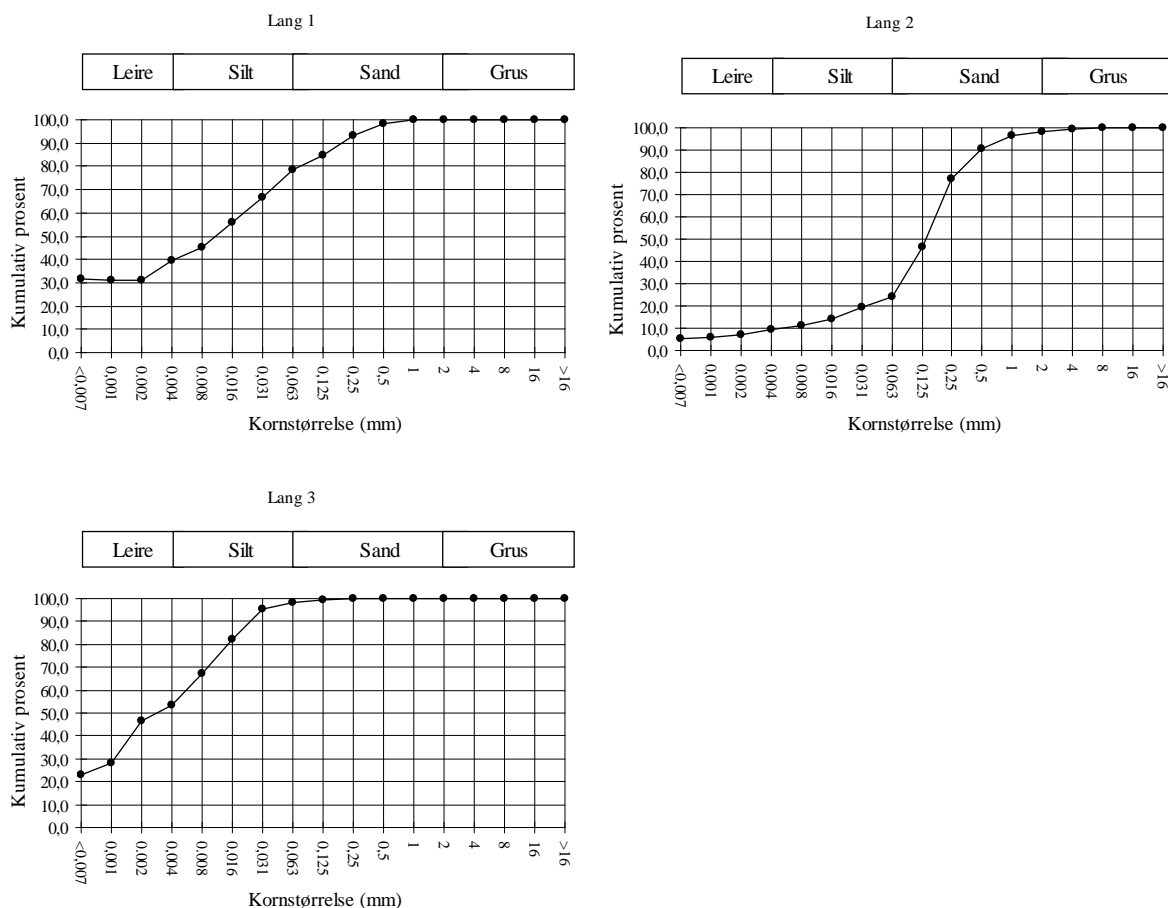
Oksygeninnholdet var relativt jevnt gjennom vannsøylen. Konsentrasjonen lå på 6,0 ml/l i overflaten, og forandret seg lite ned mot 90 meter. Deretter sank oksygenivået jevnt ned mot 5,1 ml/l ved den dypeste målingen på 370 m. Dette plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I (meget god).

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra Langeråa er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2.

Tabell 3.1. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Langeråa i januar 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)	Leire+Silt (%)
Lang 1	109 m	52,1	39	39	22	0	78
Lang 2	108 m	6,9	9	15	75	1	24
Lang 3	404 m	18,8	53	45	2	0	98



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Lang 1, Overgangssonen: Lang 2 og Fjernsonen: Lang 3.

Sedimentet på stasjonen nærmest anlegget, Lang 1, et finkornet sediment der leireutgjorde 39 % , silt 39 % og de resterende 22% var sand. Glødetapet var på denne stasjonen 52,1 %, noe som er svært høyt og som viser at det her er svært høyt organisk innhold i sedimentet.

Lang 2 i overgangssonen hadde et mer grovkornet sediment med 75 % sand, 15 % silt og 9 % leire. Glødetapet var 6,9 og det organiske innholdet var innen for det en karakteriserer som normal for dype norske fjorder.

Stasjon Lang 3 ute i dypet av fjorden hadde et finkornet sediment bestående av 98 % leire og silt mens det var kun 2 % sand og ingen grus. Glødetapet var 18,8 %. Dette er noe høyere enn det som er normalt for norske fjorder.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Inntil anlegget, ved Lang 1, ble det funnet svært forhøyede verdier av fosfor (31000 mg/kg TS) (Tabell 3.2). Den målte verdien av TOC normaliseres ved beregning med leir/silt andel. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993). Målt mengde organisk karbon (TOC) tyder på store mengder organisk materiale, noe også glødetapet for denne stasjonen viste. Både verdiene for sink (950 mg/kg) og kobber (190 mg/kg) er forhøyede og havner til tilstandsklasse IV (dårlig).

Verdiene av metaller i overgangssonen (Lang 2) var lave og får tilstandsklasse I (Meget god). Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) var også her høye og havner i tilstandsklasse V. Dette samsvarer derimot ikke med glødetapet for denne stasjonen som var lavt. Forsorverdiene var normale.

På den dypeste stasjonen (Lang 3) var verdiene av metaller også lave og får tilstandsklasse I (Meget god) for sink (130 mg/kg) og tilstandsklasse II (God) for kobber (39 mg/kg). Forsorverdiene var noe forhøyet.

Tabell 3.2. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	Totalt organisk carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Lang 1	2,45	248,9	V	31 000	950	IV	190	IV	13,4
Lang 2	0,64	77,7	V	1 000	120	I	34	I	29,5
Lang 3	0,32	32,3	III	2 600	130	I	39	II	51,4

Måling av pH og Redokspotensial (E_h)

Resultatene fra pH og redokspotensialet sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1.

Målingen av pH og E_h på nærstasjonen viste en lav pH og negativt redokspotensial og plasserer dermed Lang 1 i tilstand 4. De to andre stasjonene får tilstand 1.

Tabell 3.3. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene. Den beregnede pH/ E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon / Parameter	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
Lang 1	6,33	-96	5	4
Lang 2	7,57	0	1	1
Lang 3	7,6	202	0	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4 - 3.5, Figur 3.3- 3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i januar 2012. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra Lang 1 like ved anlegget, ble det kun funnet 7 arter med til sammen 22 individer. Diversiteten ble beregnet til 2,07 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse Moderat. Denne diversiteten er villedende i den forstand at beregningen av den ikke tar hensyn til at man her har svært få arter med lave individtall. I følge MOM-standardens diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 2 (God) (Tabell 2.3). Flere punkt indikerer likevel at man her har dårlig miljøtilstand. Den mest individrike arten på denne stasjonen er *Palpiphitima lobifera* og sammen med *Vigtorniella ardabilia* er dette arter som takler svært dårlige forhold med mye organisk materiale. I tillegg finner man her få individer av børstemarken *Capitella capitata*. Dette er en art som vanligvis opptrer med høye individtall og dominerer i sediment som blir tilført mye organisk materiale og dårlige forhold. Det er et dårlig tegn når svært forurensingstolerante arter ikke ser ut til å trives. I tillegg antyder de geometriske klassene også dårlige forhold på stasjonen.

På Lang 2 i overgangssonen, ble det funnet 23 arter med til sammen 2595 individer. Diversiteten ble beregnet til 0,66 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse V (Svært dårlig). I henhold til klassifiseringssystemet i MOM standarden fikk stasjonen Miljøtilstand 3 (dårlig). Børstemarken *Capitella capitata* dominerer prøvene og utgjorde mer en 90 % av det

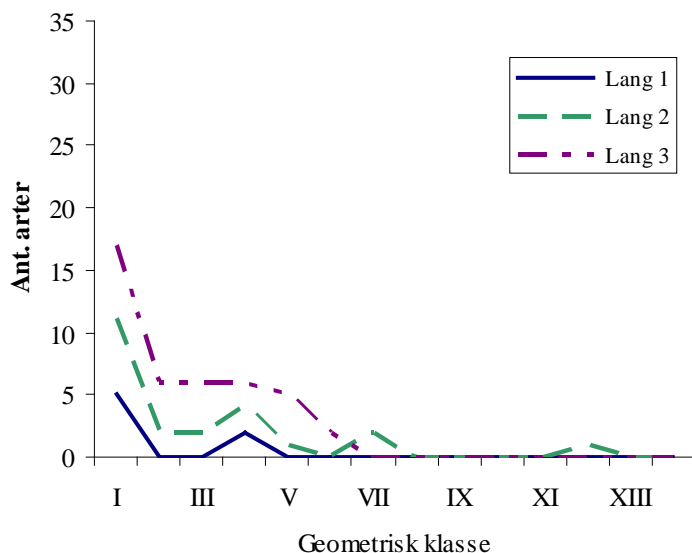
totale individantallet. (Tabell 3.6). Dette er som nevnt tidligere en art som trives i områder med mye tilført organisk materiale. Andre individrike arter er børstemakken *Malacoceros fuliginosa* og skjellet *Thyasira sarsii*. Disse artene utgjør prosentvis bare henholdsvis 3 og 2,5 % av det totale individantallet, men utgjør en betydelig del på individnivå. Dette er arter som også takler dårlige forhold.

Ute i dypet på Lang 1 fant man 42 arter med til sammen 311 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,41 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse I (Svært god). Bland de ti mest tallrike artene finner man fem arter av børstemakk, fire arter av bløtdyr, en pølseorm og en pigghud. De to mest tallrike artene var pølseormen *Onchnesoma steenstrupi* og skjellet *Nucula tumidula*, begge med 40 individer og som hver utgjorde 13 % av alle individene i prøven. Artssammensetningen indikerer gode forhold på stasjonen, noe også fordelingen av de geometriske klassene viser.

De multivariate analysene viser at det var stor likhet mellom huggene fra samme stasjon. Det er imidlertid stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art (Figur 3.5 og 3.6). Dette er forventet og naturlig ettersom de tre stasjonene ligger på forskjellige lokaliteter og dyp.

Tabell 3.4. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

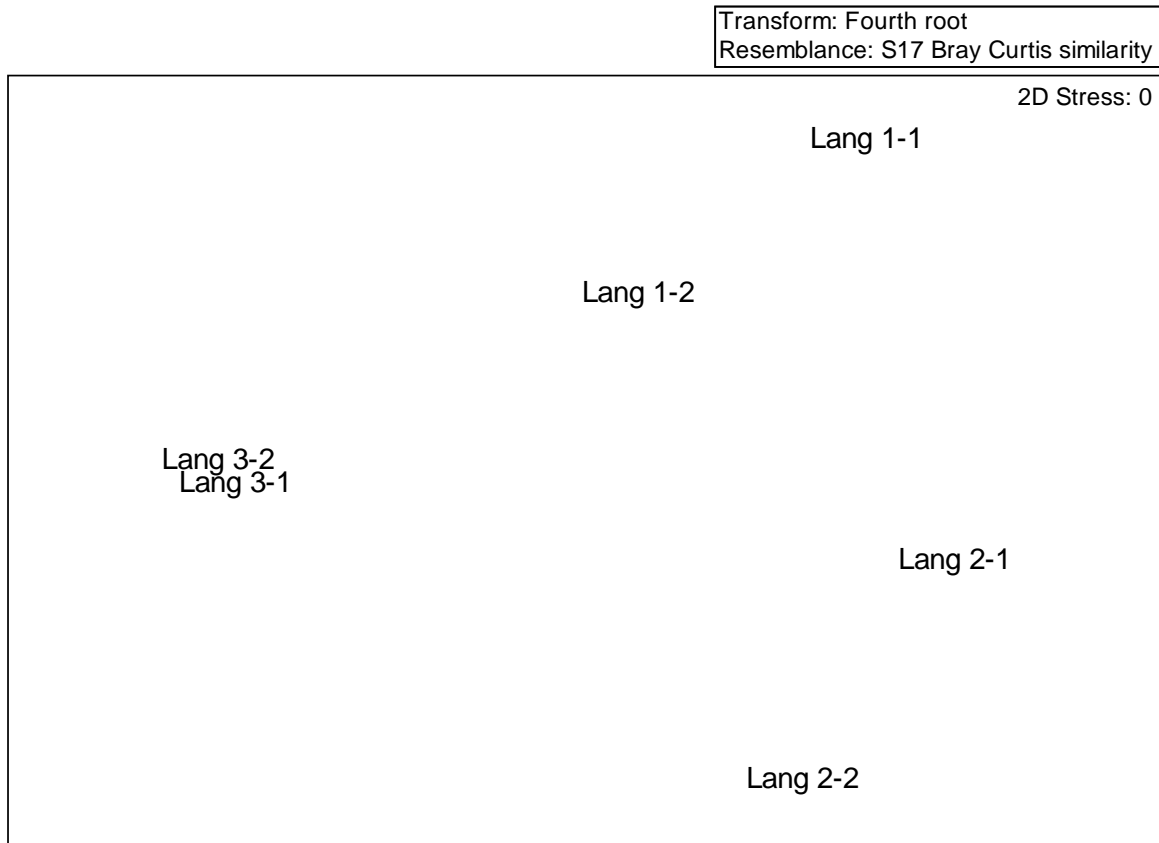
Stasjon	Hugg	Arter	Individer	Diversitet (H')	KLIF TK	MOM TK	Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
Lang 1	1	3	7	1,38			0,87	5,00	0,32	0,26
	2	6	15	2,10			0,81	4,50	0,43	0,35
	Sum	7	22	2,07	-	2	0,74	4,75	0,42	0,33
Lang 2	1	7	762	0,53			0,19	5,91	0,27	0,12
	2	21	1833	0,70			0,16	5,78	0,37	0,14
	Sum	23	2595	0,66	V	3	0,15	5,84	0,36	0,14
Lang 3	1	33	155	4,40			0,87	1,12	0,81	0,79
	2	29	156	4,10			0,84	1,06	0,80	0,77
	Sum	42	311	4,41	I	-	0,82	1,09	0,81	0,79



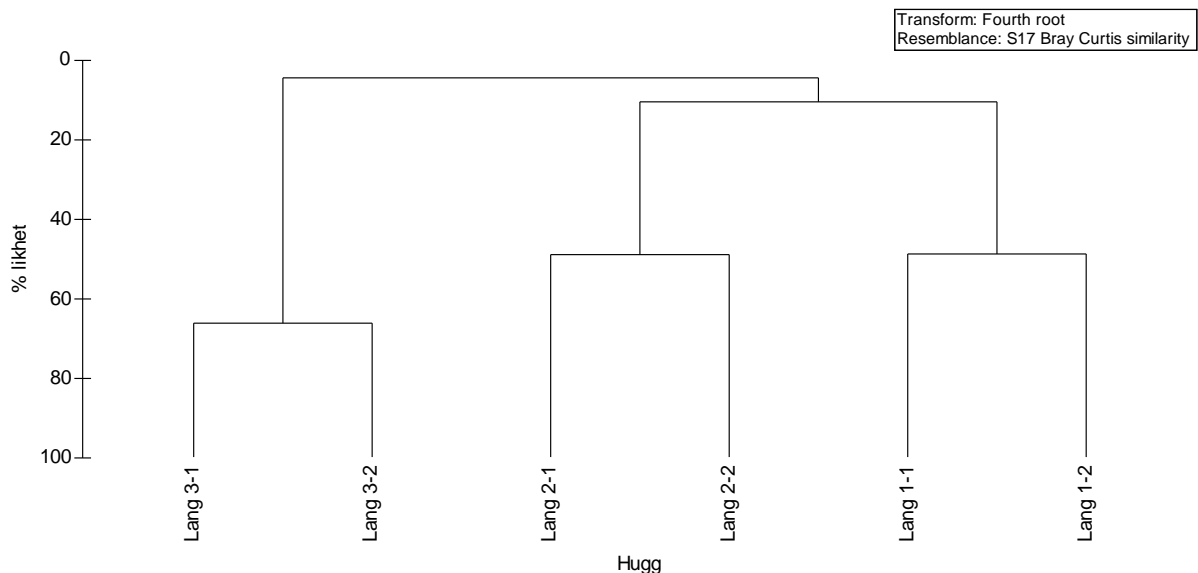
Figur 3.3. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.5. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Lang 1	Ant. Ind.	%	Kum. %	Lang 2	Ant. Ind.	%	Kum. %
<i>Palpiphitime lobifera</i>	9	40,9	40,9	<i>Capitella capitata</i>	2374	91,5	91,5
<i>Capitella capitata</i>	8	36,4	77,3	<i>Malacoceros fuliginosa</i>	77	3,0	94,5
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	1	4,5	81,8	<i>Thyasira sarsii</i>	64	2,5	96,9
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	1	4,5	86,4	<i>Pholoe baltica</i>	16	0,6	97,5
<i>Rhodine gracilior</i>	1	4,5	90,9	<i>Macoma calcarea</i>	13	0,5	98,0
<i>Caprellidae</i> indet	1	4,5	95,5	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	10	0,4	98,4
<i>Caudofoveata</i> indet.	1	4,5	100,0	<i>Mediomastus fragilis</i>	10	0,4	98,8
				<i>Prionospio steenstrupii</i>	8	0,3	99,1
				<i>Syllidae</i> indet	4	0,2	99,3
				<i>Scoloplos armiger</i>	4	0,2	99,4
				<i>Sige fusigera</i>	2	0,1	99,5
				<i>Ophryotrocha</i> sp	2	0,1	99,6
				<i>Glycera alba</i>	1	0,0	99,6
				<i>Glyphohesione klatti</i>	1	0,0	99,7
				<i>Exogone</i> sp.	1	0,0	99,7
				<i>Cirratulus cirratus</i>	1	0,0	99,7
				<i>Cirriformia tentaculata</i>	1	0,0	99,8
				<i>Notomastus latericeus</i>	1	0,0	99,8
				<i>Pectinaria koreni</i>	1	0,0	99,8
				<i>Nebalia</i> sp	1	0,0	99,9
				<i>Lucinoma borealis</i>	1	0,0	99,9
				<i>Kurtiella bidentata</i>	1	0,0	100,0
				<i>Tellina fabula</i>	1	0,0	100,0



Figur 3.4. MDS plot på huggnivå for stasjonene undersøkt i2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



Figur 3.5. Cluster plot på huggnivå av stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Lang 2-1 er første hugg fra Lang 2 osv.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliten Langeråa i Hellefjorden, Flora kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 24. januar 2012. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden. Ved stasjonen ved anlegget var det ble det rapportert om sterk fekalielukt.

På stasjonen nærmest anlegget var glødetapet og normalisert karbon svært høyt. De undersøkte kjemiske parametrene kom ut som dårlig og fosforinnholdet var høyt. Sedimentet bestod hovedsakelig av leire og silt. Ph og Eh målingene fikk tilstand 4. Disse parametrene forteller at man har et surt miljø med mye organisk materiale og opphoping av sink og kobber. Diversiteten av bunnfauna kom ut som moderat. Det ble funnet 7 arter hvorav den mest individrike er en art som overlever under dårlige forhold. Vi ser også at *Capitella capitata*, *Palphitime lobifera* og *Vigtorniella ardabilia* som er arter som vanligvis trives under forhold med mye tilført organisk materiale, ikke ser ut til å trives her, som da indikerer at forholdene går mot et dødt samfunn. De geometriske klassene indikerer et forurenset område. MOM-B parametrene karakteriserer stasjonen som dårlig og gir tilstand 4 både på de kjemiske og de sensoriske parametrene.

I overgangssonen var glødetapet lavt og de kjemiske parametrene kommer ut i beste tilstandsklasse. Fosfor nivå var innenfor normalen. Sedimentet på stasjonen inneholdt mye sand. Stasjonen får miljøtilstand 3 (dårlig) i henhold til MOM-standarden. Analysene av bunnfauna indikerer at man her har tilførsel av organisk materiale og indeksene for diversitet, jevnhet og sårbarhet kommer i dårligste tilstandsklasse. Det biologiske samfunnet domineres totalt av en art, tidligere nevnte *Capitella capitata*. Dette støttes opp av de geometriske klassene som indikerer et forurenset område.

På den dypeste stasjonen får bunnvannet beste karakter med tanke på oksygeninnhold. Her var sedimentet dominert av leire og silt. Glødetapet indikerte en del organisk innhold i sedimentet og fosforverdiene var moderate. Det ble ikke registrert forurensing av kobber og sink og undersøkelsene av bunnfauna tydet på gode forhold.

Prøvene tatt like ved anlegget viser at driften ved anlegget påvirker bunnfaunaen og at man ser en overbelastning på miljøet under anlegget. Ved fremtidig drift bør bunnforholdene under anlegget følges nøye, og det bør settes inn tiltak for å unngå opphopning av fekalier og fôrrester som har negativ innvirkning på fisken i anlegget og miljøet.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Tor Ensrud og Stian Kvalø fra SAM- Marin. Sedimentanalysene ble utført av H. Grønning. Bunnprøvene ble sortert av R. Tveiten, Natalia Korableva og Nargis Islam. Bunndyrene ble identifisert av T. Alvestad og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek 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.
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Hadler-Jacobsen og Johannessen (under bearbeiding) MOM-B MOM-B undersøkelse ved Langeråa i Flora kommune januar 2012. SAM e-notat x-2012
- 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*.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata.....</i>	<i>25</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere.</i>	<i>33</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>38</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>39</i>
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data.....</i>	<i>49</i>

GENERELL VEDLEGGSEDEL

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

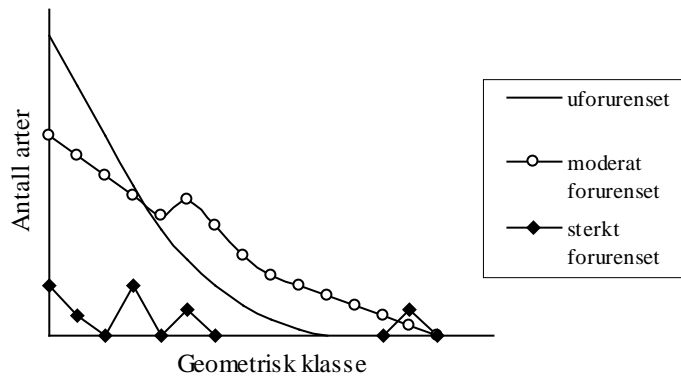
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



Figur v1. Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurenset, moderat forurenset og for et sterkt forurenset område.

Univariate metoder

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

Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Diversitetsindeksen SN er beskrevet som:

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

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

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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 ulik 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:

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

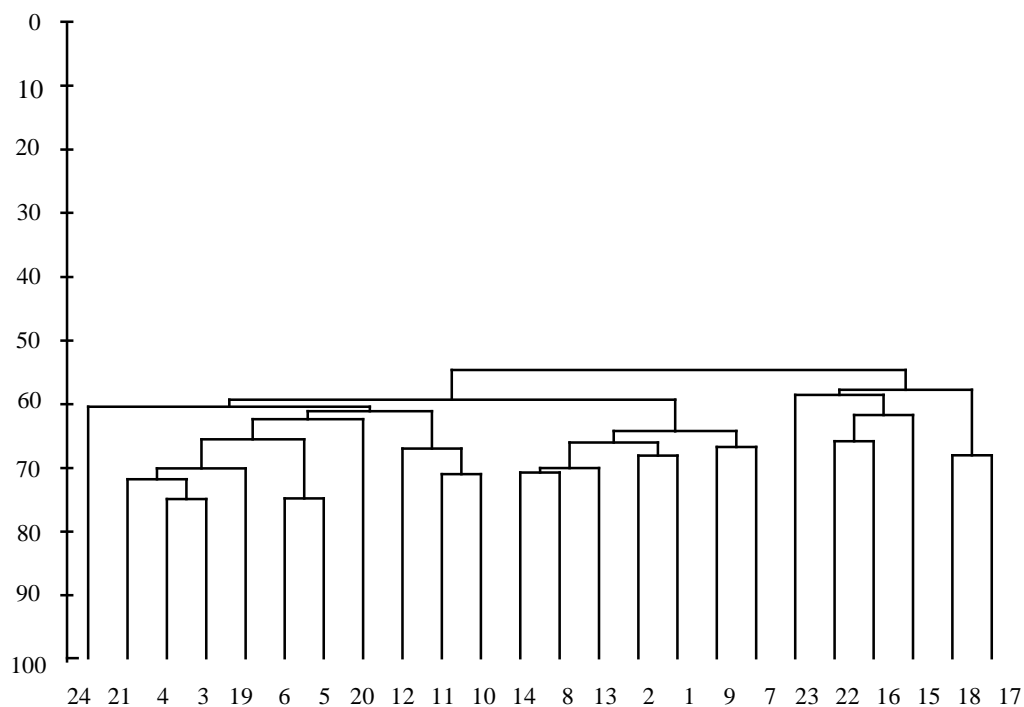
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon,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

Dataprogrammer

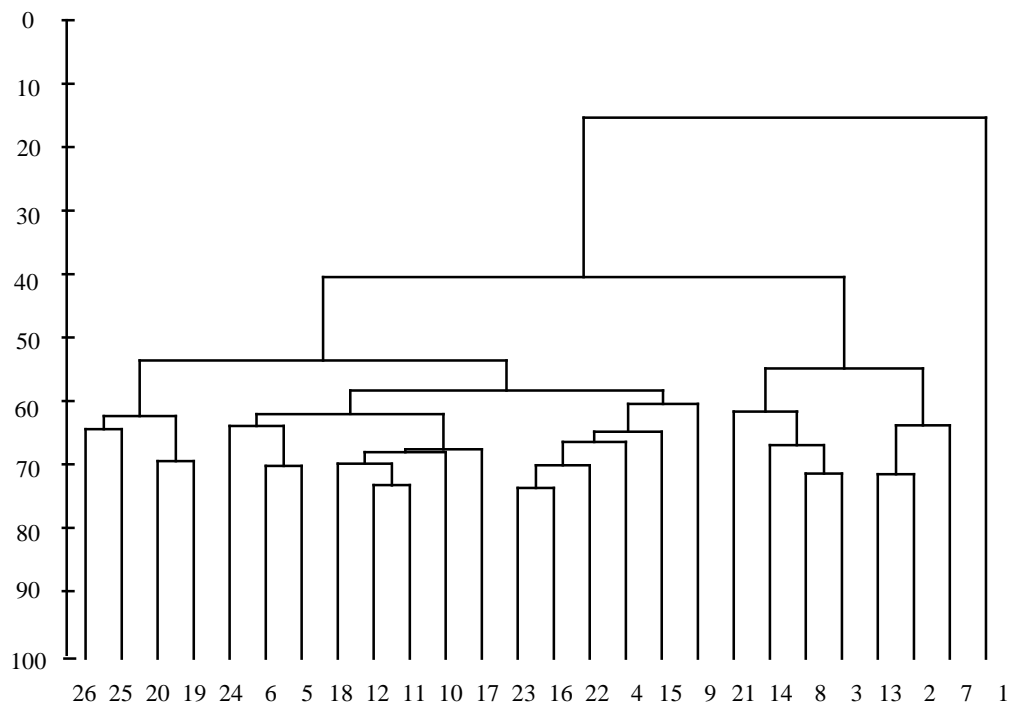
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

FAUNALIKHET

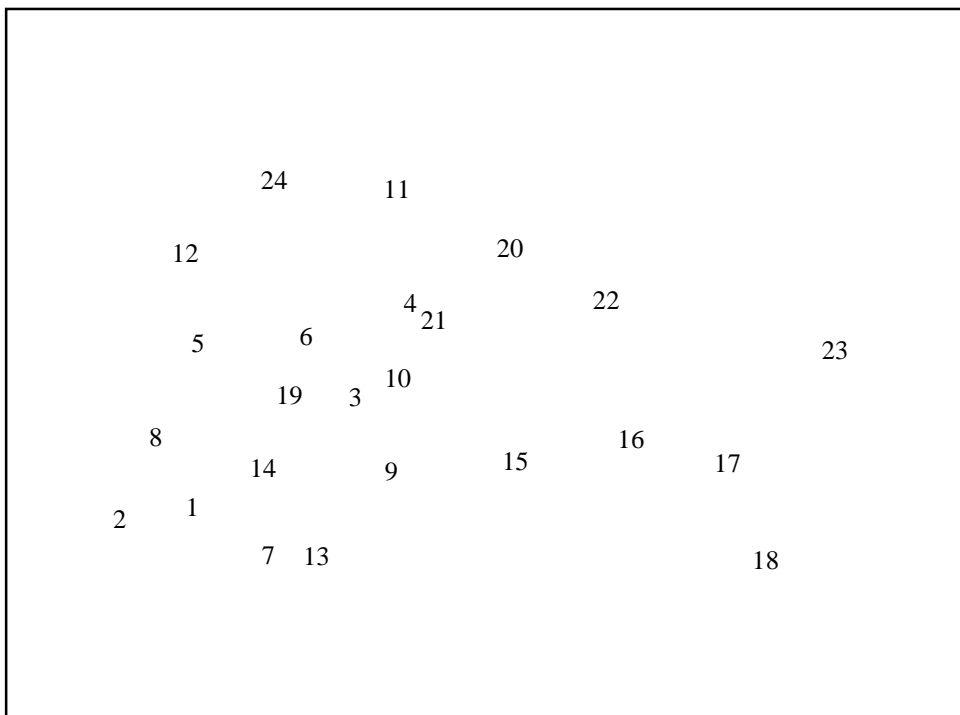


FAUNAFORSKJELL

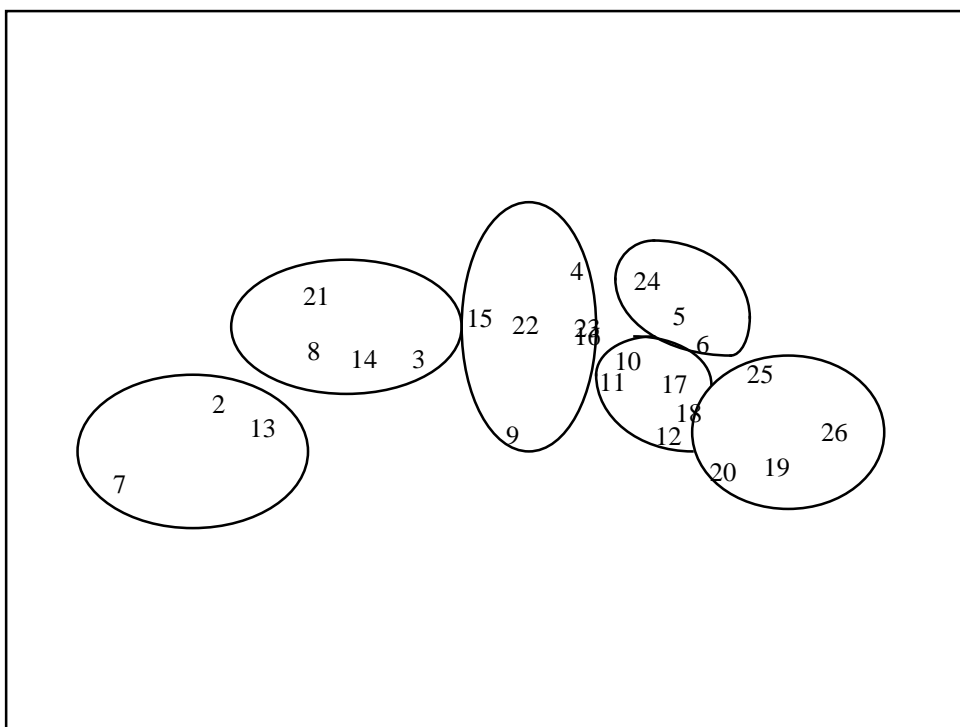


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Vedlegg SF-SAM-830.03 PRØVESKJEMAET, B.1		B 1a		SAM-Marin					
Firma: Karstensen Fiskeoppdrett AS		Dato: 24.01.2012							
Lokalitet: Langeråa		Konsesjonsnr:							
Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr						Indeks
			Lang 1	Lang 2	Lang 3				
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	1	0	0				0,3
I	Tilstand (Gruppe I)		A						
II	pH	verdi	6,33	7,57	7,60				
	E _h (mv)	verdi	-313,00	-217,00	-15,00				
		+ ref. verdi	-96	0	202				
	pH/E _h	fra figur	5	1	0				2,0
	Tilstand, prøve		4	1	1				
	Tilstand, gruppe II		2						
			Buffer ter 3,9		Temp sjø 6,1	Temp sediment: 4,4			
			pH sjø: 263		Eh sjø: 263	Ref. elektrode: 217			
Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):			T.E 24/1-12						
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	4	0	0				
	Farge	Lys/Grå = 0		0	0				
		Brun/Sort = 2	2						
	Lukt	Ingen = 0		0	0				
		Noe = 2							
		Sterk = 4	4						
	Konsistens	Fast = 0		0					
		Myk = 2			2				
		Løs = 4	4						
	Grabbvolum	v < 1/4 = 0							
1/4 < v < 3/4 = 1		1	1						
v ≥ 3/4 = 2				2					
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0		0	0					
	2 - 8 cm = 1								
	t ≥ 8 cm = 2	2							
SUM			17	1	4				
Korrigert sum (*0,22)			3,74	0,22	0,88				1,6
Tilstand prøve			4	1	1				
Tilstand gruppe III			2						
Middelverdi gruppe II og III			4,37	0,61	0,44				1,8
Tilstand gruppe II og III			2						
pH/Eh	Korr. sum								
	Indeks								
	Middelverdi								
	< 1,1	1							
	1,1 - < 2,1	2							
2,1 - < 3,1	3								
≥ 3,1	4								
		Tilstand		Lokalitetstilstand					
		Gruppe I	Gruppe II og III						
		A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4				
		4	1, 2, 3		1, 2, 3				
		4	4		4				
LOKALITETSTILSTAND								2	

Godkjent av: KH

Gyldig fra: 26.03.2012

Side av .

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Karstensen Fiskeoppdrett AS

Dato: 24/1 2012

Lokalitet: Langeråa

Konsesjonsnr:

Prøvetakingssted (nr)	Lang 1	Lang 2	Lang 3							
Dyp (m)	109	108	404							
Antall forsøk	1	1	2							
Bobling (i prøve)	J	N	N							
Primær-sediment	Grus									
	Skjellsand									
	Sand	20 %	100 %							
	Mudder	80 %								
	Silt									
	Leire			100 %						
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall			2							
Skjell, antall		10	X							
Børstemark, antall		X	X							
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier	X									
Kommentarer	Fekalier og sterk lukt	En del Thyasira	Fint lørsediment uten lukt							

Vedleggstabell 2. 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): E. Karstensen Fiskeoppdrett AS

Prosjekt nr.: 806030

Prøvetakingssted (område): Hellefjorden, Flora Kommune

Dato for prøvetaking: 24/1-2012

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research 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 checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input 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:2 sider.

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

Signatur:.....
Godkjent taksonom

SAM-Marin

s.1/2	STASJON DATO Dyp HUGG	Lang 1 24.01.2012 109 m 1.hugg	Lang 1 24.01.2012 109 m 2.hugg	Lang 2 24.01.2012 108 m 1.hugg	Lang 2 24.01.2012 108 m 2.hugg	Lang 3 23.01.2012 404 m 1.hugg	Lang 3 23.01.2012 404 m 2.hugg
*	PORIFERA						
*	<i>Porifera indet.</i>	+		+		+	+
*	CNIDARIA						
*	HYDROZOA						
*	<i>Hydrozoa indet.</i>	+	+	+			
*	ANTHOZOA						
	<i>Actinidae indet.</i>						1
*	NEMERTINI						
*	<i>Nemertini indet.</i>				2	1	1
*	NEMATODA						
*	<i>Nematoda indet.</i>		2	ca. 55	ca.60		2
	POLYCHAETA						
	<i>Aphrodita aculeata</i>					0/1	
	Polynoidae					1	
	<i>Pholoe baltica</i>				16		
	<i>Pholoe pallida</i>					3	1
	<i>Neoleanira tetragona</i>					0/1	
	<i>Vigtormiella ardabilia</i>		1				
	<i>Sige fusigera</i>				2		
*	<i>Eteone longa</i>				1		
	<i>Glycera alba</i>				1		
	<i>Kerfersteinia cirrata</i>						1
	<i>Glyphohesionia klatti</i>				1		
	<i>Syllidae indet.</i>				4		
	<i>Exogone sp.</i>				1		
	<i>Ceratocephale loveni</i>					7	8
	<i>Nephtys paradoxa</i>					2	
	<i>Nephtys pulchra</i>					1	
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>				10	9	15
	<i>Lumbrineridae indet.</i>					1	1
	<i>Palpiphitime lobifera</i>	4	5				
	<i>Ophryotrocha sp</i>			2			
	<i>Phylo norvegicus</i>						0/2
	<i>Scoloplos armiger</i>				4		
	<i>Aricidea catharinae</i>					4	
	<i>Levinsenia gracilis</i>					1	4
	<i>Malacoceros fuliginosa</i>			35	42		
	<i>Prionospio steenstrupii</i>			2	6		
	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	0/1				2/2	
	<i>Spiochaetopterus typicus</i>					0/3	0/1
	<i>Cirratulus cirratus</i>				1		
	<i>Cirriformia tentaculata</i>				1		
	<i>Diplocirrus glaucus</i>						2
	<i>Ophelina norvegica</i>						1
	<i>Capitella capitata</i>	2	6	700	1673/1		
	<i>Heteromastus filiformis</i>					9	1
	<i>Mediomastus fragilis</i>			1	9		
	<i>Notomastus latericeus</i>				1		
	<i>Rhodine gracilior</i>		0/1			9	7
	<i>Maldanidae indet.</i>					5	4
	<i>Pectinaria koreni</i>				1		
	<i>Amage auricula</i>						1

SAM-Marin

s.2/2	STASJON	Lang 1	Lang 1	Lang 2	Lang 2	Lang 3	Lang 3
	DATO	24.01.2012	24.01.2012	24.01.2012	24.01.2012	23.01.2012	23.01.2012
	Dyp	109 m	109 m	108 m	108 m	404 m	404 m
	HUGG	1.hugg	2.hugg	1.hugg	2.hugg	1.hugg	2.hugg
	<i>Terebellidae indet</i>						0/1
	<i>Terebellides stroemi</i>					5	8
	SIPUNCULA						
	<i>Sipuncula indet.</i>					1	6
	<i>Phascolion strombus</i>						0/1
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>					18	21/1
	CRUSTACEA						
*	<i>Macrocypris minna</i>						1
*	<i>Calanus finmarchicus</i>		1			2	3
*	<i>Chiridius armatus</i>					1	
*	<i>Euchaeta norvegica</i>						1
*	<i>Heterorhabdus norvegicus</i>		1				
*	<i>Metridia longa</i>						1
	<i>Calocarides coronatus</i>					1	1
	<i>Nebalia sp</i>			1			
	AMPHIPODA						
	<i>Caprellidae indet</i>		1				
	<i>Eriopisa elongata</i>					0/1	
*	<i>Diastylis rugosa</i>		1				
	MOLLUSCA						
	<i>Caudofoveata indet.</i>		1			13	10
	<i>Nucula tumidula</i>					13/4	16/7
	<i>Yoldiella lucida</i>					0/1	
	<i>Mytilidae indet.</i>					0/1	
	<i>Lucinoma borealis</i>				1		
	<i>Thyasira equalis</i>					4/2	12/1
	<i>Thyasira sarsii</i>			21	35/8	1	
	<i>Mendicula ferruginosa</i>					1	
	<i>Adontorhina similis</i>					6	9
	<i>Kurtiella bidentata</i>				1		
	<i>Macoma calcarea</i>				0/13		
	<i>Tellina fabula</i>				1		
	<i>Abra nitida</i>					1	
	<i>Kelliella abyssicola</i>					11	7
	<i>Cuspidaria rostrata</i>						0/1
	<i>Entalina tetragona</i>					1	2
*	BRYOZOA						
*	<i>Bryozoa skorpeformet</i>	+	+				
*	<i>Bryozoa grenet</i>	+				+	+
	ECHINODERMATA						
	OPHIUROIDEA						
	<i>Amphilepis norvegica</i>					5/4	0/2
*	VARIA	+	+			+	+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse:	Lang 1	Lang 2	Lang 3
I	5	11	17
II	0	2	6
III	0	2	6
IV	2	4	6
V	0	1	5
VI	0	0	2
VII	0	2	0
VIII	0	0	0
IX	0	0	0
X	0	0	0
XI	0	0	0
XII	0	1	0
XIII	0	0	0
XIV	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 985 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen
Tlf: +47 94 50 42 42

AR-12-MX-000727-02



EUNOBE-00002478

Prøvemottak: 27.02.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 27.02.2012-19.03.2012
Referanse: 806030, ref: 11/12

ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er).
Vennligst makuler tidligere tilsendt analyserapport.

Prøvenr.:	441-2012-0227-129	Prøvetakingsdato:	24.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Lang 1	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	31000	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	190	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	950	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	24.5	% (v/v) dv		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	13.4	% (v/v)		EN 14346	0.1

Prøvenr.:	441-2012-0227-130	Prøvetakingsdato:	24.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Lang 2	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	1000	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)	120	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	6.4	% (v/v) dv		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	29.5	% (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 godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

AR-12-MX-000727-02



EUNOBE-00002478



Provenr.:	441-2012-0227-131	Prøvetakingsdato:	23.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Lang 3	Analysesartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	2600	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	39	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)	3.2	% (v/v) dv		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	51.4	% (v/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 20.03.2012

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

Vedleggstabell 5. CTD Data**Tabell 3.1.** Resultater fra hydrografimålingene på Lang 3 i januar 2012.

Dybde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur °C	Oksygen metning %	Oksygen metningmg/l	Oksygen metning ml/l	Tetthet
1	32,4	6,3	93,8	8,6	6,0	25,4
2	32,4	6,3	92,1	8,4	5,9	25,4
3	32,4	6,3	95,3	8,7	6,1	25,4
5	32,4	6,3	95,6	8,8	6,2	25,5
7	32,4	6,3	94,7	8,7	6,1	25,5
10	32,4	6,3	92,8	8,5	6,0	25,5
15	32,8	6,6	95,0	8,6	6,1	25,8
20	33,1	7,0	96,3	8,6	6,1	26,0
25	33,4	7,4	97,8	8,7	6,1	26,2
30	33,5	7,5	97,6	8,6	6,1	26,3
40	33,7	7,8	98,3	8,6	6,1	26,4
50	33,8	8,0	98,0	8,6	6,0	26,6
60	34,0	8,1	97,4	8,5	6,0	26,8
70	34,1	8,2	97,4	8,4	5,9	26,9
80	34,2	8,2	95,9	8,3	5,9	26,9
90	34,3	8,3	96,0	8,3	5,8	27,1
100	34,4	8,6	95,0	8,1	5,7	27,2
125	34,6	8,8	92,5	7,9	5,5	27,4
150	34,9	9,0	90,5	7,7	5,4	27,7
175	35,1	9,0	88,1	7,5	5,2	28,0
200	35,1	8,8	86,7	7,4	5,2	28,1
225	35,1	8,8	88,4	7,5	5,3	28,3
250	35,1	8,6	87,5	7,5	5,3	28,4
275	35,1	8,5	86,6	7,4	5,2	28,5
300	35,1	8,4	85,5	7,3	5,2	28,6
325	35,1	8,4	84,8	7,3	5,1	28,8
350	35,1	8,3	84,3	7,2	5,1	28,9
370	35,1	8,3	84,3	7,2	5,1	29,0