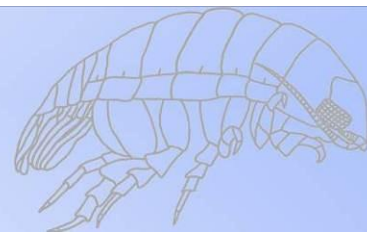


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø





e-rapport nr: 5 – 2014

MOM-C undersøkelse fra lokalitet Langavika i Hjelmeland kommune 2013

Torben Lode, Øydis Alme, Trond Einar Isaksen, Einar Bye Ingebrigtsen og 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 Langavika i Hjelmeland kommune, 2013	Dato: 18.09.2013 Antall sider og bilag: 48
Forfatter(e): Torben Lode, Øydis Alme, Trond Einar Isaksen, Einar Bye Ingebrigtson og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Trond Einar Isaksen Prosjektnummer: 807939

Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway AS	Tilgjengelighet: Åpen
---	-----------------------

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Langavika on its surrounding environment. Most parameters investigated close up to the facility indicate poor conditions, with high concentrations of copper, sink and organic matter in sediments. However, species composition at this station is characterized as good. The two more distal stations investigated are both in good condition considering the parameters surveyed.

Keywords: Marine, environment, MOM C-survey, recipient	Emneord: Marin, miljø, MOM C-undersøkelse, recipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 5-2014
--	--	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger: Per-Otto Johansen	25.2.2014	<i>P-O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen: Trond Einar Isaksen	4/3-14	<i>Trond Einar Isaksen</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 sediment analyser, samlet av: Trond Einar Isaksen og Henrik Rye Jakobsen

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Ina Birkeland, Natalia Korableva, Ragna Tveiten, Linda Bjelland Pedersen og Torben Lode

Identifikasjon av marin fauna utført av: Lenka Nealova (opplæring), Frøydis Lygre, Tom Alvestad og Per Johannessen

Rapportering utført av: Torben Lode (opplæring), Øydis Alme, Trond Einar Isaksen, Einar Bye Ingebrigtsen og Per-Otto Johansen

Ikke akkreditert:

Prøvetaking for kjemi ved nærsonen (LA 01) og overgangssonen (LA 02); prøvetaking for geologi ved nærsonen (LA 01) og overgangssonen (LA 02).

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Kvitsøy Sjøtjenester AS, Bjarte Espevik og Tom Roger Børvik

Kjemiske analyser utført av: Eurofins AS akkrediteringsnummer Test 003

Akkreditert: Sink, kobber, fosfor, TOC, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

Geologiske analyser utført av: Molab AS akkrediteringsnummer Test 032

Akkreditert: TOM, kornfordeling

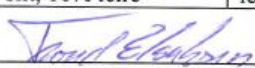
Ikke akkreditert: -

Andre: -

Uni Research, SAM-Marin
Thormøhlensgate 55
55584341/Sam-marin@uni.no/
985 827 117 MVA

**MOM C-undersøkelse fra lokalitet Langavika i Hjelmeland
kommune, 2013**

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	MOM C-undersøkelse fra lokalitet Langavika i Hjelmeland kommune, 2013		
Rapport-nummer:	5-2014	Lokalitetens navn:	Langavika
Lokalitetsnummer:	11928	GPS, senter i anlegg:	59°13 924N, 006°00 499
Fylke:	Rogaland	Kommune:	Hjelmeland
MTB-tillatelse:	3120t	Driftsleder:	Knut Verpe
Dato undersøkelse:	18.09.2013	Dato rapport:	24.02.2014
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS		

Hovedresultater fra MOMC-undersøkelse (NS 9410:2007) :				
Stasjoner		Stasjon 1 (nærsone)	Stasjon 2 (overgangssone)	Stasjon 3 (fjernsone)
Parametre				
GPS (prøvestasjoner):		59°13 944N 006°00 440Ø	59°13 752N 006°00 268Ø	59°13 390N 005°59 317Ø
Fauna (resultater + Sft- tilstandsklasse)	Antall arter:	6	35	37
	Antall individer:	163	327	362
	Jevnhet (0-1):	0,36	0,82	0,78
	Shann.Wien. (H*) SW, tilst.klasse:		3,90	3,85
	Hurl.ind.(ES _{n=100}) Hurl.,tilst.klasse:		23,53	24,24
	Miljøtilst. SFT: MOM-tilstand:	V (Svært dårlig) 2 (God)		
	Normal. TOC	TOC (mg/g): TOC, tilst.klasse:	220,8 (V, Svært dårlig)	39,7 (IV, Dårlig)
Elementer (resultater + Sft-tilstands-klasse)	Zn, (mg/kg): Zn, tilst.klasse:	1 000 (IV, Dårlig)	140 (I, Bakgrunn)	150 (II, God)
	P (g/kg): P, kommentar:	19 000 (sterkt forhøyet)	1 100 (normal verdi)	890 (normal verdi)
	Cu (mg/kg) Cu, tilst.klasse:	190 (IV, Dårlig)	28 (I, Bakgrunn)	27 (I, Bakgrunn)
	Cd (mg/kg) Cd, tilst.klasse:	1,7 (II, God)	-	-
	Oksygen	Målt verdi (%): O ₂ , tilst.klasse:	92,9 (I, Svært god)	75,1 (I, Svært god)
Sedimentkarakteristikk (MOMB-parameter):		80% mudder, 10% silt, 10% leire	5% skjellsand, 95% leire	100% leire
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:				

INNHOOLD

1 INNLEDNING	6
2 MATERIALE OG METODER	7
2.1 Undersøkellesområdet.....	7
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	7
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment.....	16
3.3 Kjemi.....	17
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	23
5 TAKK	24
6 LITTERATUR	25
7 VEDLEGG	26
<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	27
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	36
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	38
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	42
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	43
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i>	46

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Langavika i Garsundfjoren, Hjelmeland kommune. Innsamlingene ble gjennomført 18. september 2013.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Langavika. 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 Miljødirektoratets (tidligere Klif) tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (SFT 97:03 og TA 2229/2007), Vanndirektivets indekser (Veileder 02:2013) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410:2007).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) på oppdrag fra Marine Harvest Norway AS. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Research AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Februar 2014 ble det gitt ut en ny veileder fra Direktorsgruppa, Veileder 02:2013. Denne innebærer at det kommer inn nye indekser for beregninger av bunnfauna, samt at en tidligere benyttet indeks går ut. Det er ikke mulig pr. i dag å få med alle nye beregninger i henhold til Veileder 02:2013. Dette skyldes at det må utarbeides makroer og programmer for utregning av de nye indeksene. Den nye veilederen er derfor tatt i bruk så langt det lar seg gjøre. Endringer er gjort i tabell 2.2 med nye grenseverdier for NQI1, H' og ES₁₀₀. Utover dette går NQI2 ut fra analysen, ettersom denne ikke lenger er en del av klassifiseringssystemet i henhold til ny veileder.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger i sørsiden av Ombo i Garsundfjorden, i Hjelmeland kommune, på ca 260 meters dyp (Figur 2.1, 2.2 og 2.3). Bunnen under anlegget skråner bratt sørover ned mot 350 meter dybde i bunnen av Garsundfjorden.

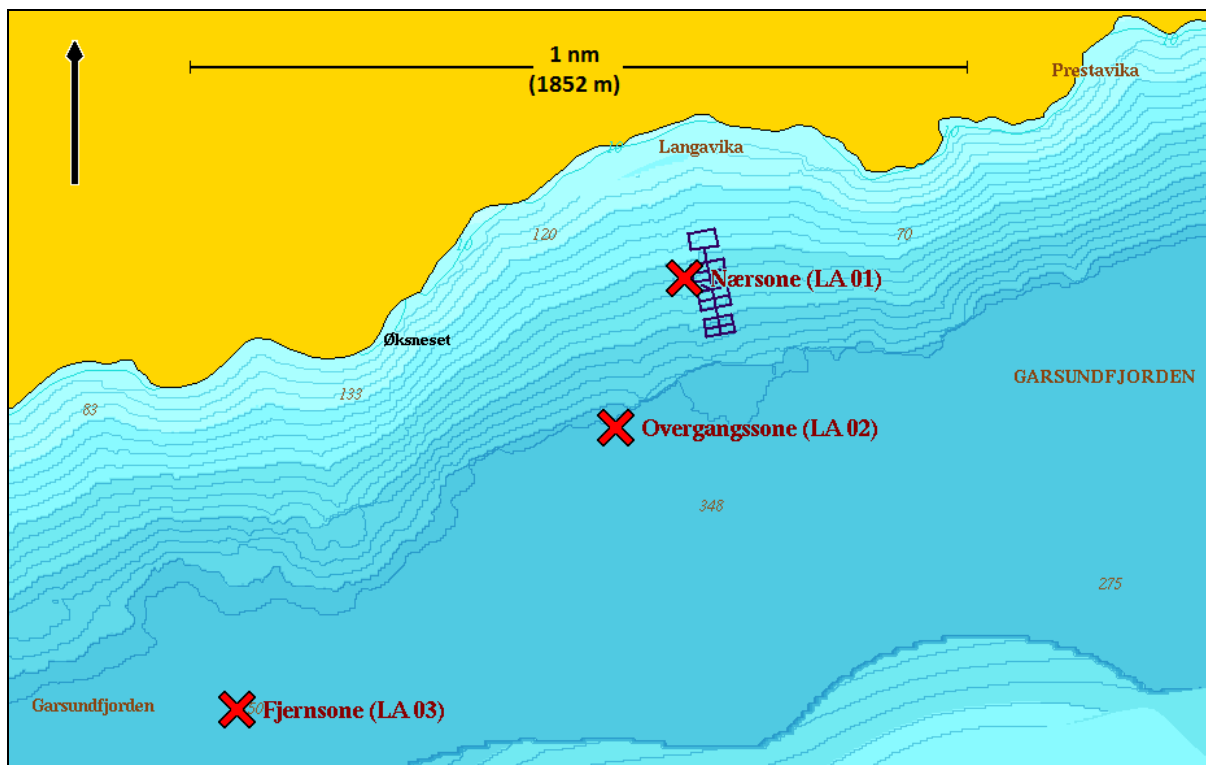
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 18. september 2013. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Trond Einar Isaksen og Henrik Rye Jakobsen fra SAM-Marin.

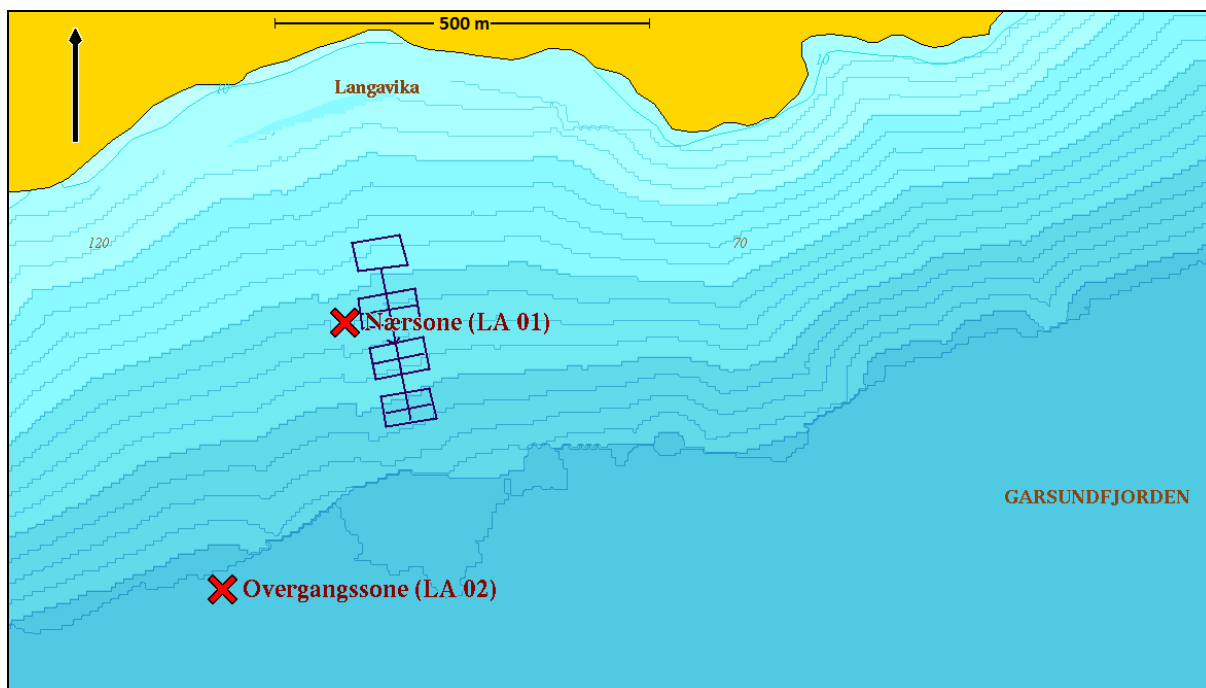
Det ble også tatt vannprøver for hydrografi ved alle 3 undersøkelsesstasjonene (LA 01, LA 02 og LA 03). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.1: Oversiktskart over Rogaland. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Langavika. Kart kilde: Fiskeridirektoratet.



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



Figur 2.3: Skisse av anleggets plassering med punkt for prøvestasjonerstasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Garsundfjorden, Langavika. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. CTD. Det ble benyttet en duo grabb, 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	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsonne LA 01 18.09.2013	59° 13,944'N 06° 00,440'Ø	270	1	21	Biologi, kjemi*, MOM B-parametere Biologi, geologi* CTD m/ oksygenmåler
			2	21	
Overgangs- sone LA 02 18.09.2013	59° 13,752' N 06° 00,268'Ø	349	1	21	Biologi, geologi*, MOM B-parametere Biologi, kjemi* CTD m/ oksygenmåler
			2	21	
Fjernsone LA 03 18.09.2013	59° 13,390'N 05° 59,317'Ø	350	1	20	Biologi, Kjemi, MOM B-parametere Biologi, Geologi CTD m/ oksygenmåler
			2	20	

**avvik grunnet full grabb og forstyrning av øvre sedimentlag.*

I henhold til NS-EN ISO 5667-19 må øvre sedimentlag i grabbprøve være uforstyrret for å oppfylle krav for prøvetaking for kjemi- og geologiprøver. Prøver/hugg markert stjerne (*) i Tabell 2.1 ble tatt fra full grabb er følgelig ikke utført akkreditert.

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 (H₂S), som er giftig, kan dannes og føre til at dyrelivet dør ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Vann kan også være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet.

Måling av temperatur, saltholdighet, oksygen og oksygenmetning i vannsøylen ble utført med en STD/CTD-sonde av typen SD204 med påmontert oksygensensor. For å hente ut og analysere data, ble den tilhørende programvaren Minisoft SD200w (versjon 3.17.11.164) benyttet.

2.2.2 Sediment

Ved hver av de tre stasjonene ble det ble tatt ut en prøve til analyse av totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og analyse av kornfordeling. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

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.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen i vekt mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764:1980. 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 avgi råtten lukt (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

Prøvetaking og analyse er utført etter gjeldende Norsk Standard NS 4764 og NS 9423. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstillers NS-EN ISO-17025 og er akkreditert for analyse av total organisk materiale (TOM) og kornfordeling med akkrediterings nr. Test 032.

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 %.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

Analysene er utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn), kobber (Cu) og kadmium (Cd) er utført etter NS-EN-ISO 17294-2.

Analysene av totalt organisk karbon (TOC) er utført etter NS-EN 13137 og beregning av normalisert TOC i henhold til SFT 97:03. For klassifisering av totalt organisk karbon i sedimentprøver, må konsentrasjoner av TOC i sediment standardiseres for andel finstoff (F) med bruk av formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

Det er de normaliserte verdiene som brukes i tilstandsklassifiseringen at TOC med bruk av grenseverdier som oppgitt i tabell 2.2. Innholdet av tørrstoff er analysert etter NS-EN 14346. Tilstandsklasser gis for de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets veiledere (SFT 97:03 og TA 2229/2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGoTM pH/Eh metere (Mettler Toledo). Redokspotensialet ble målt med Ag/AgCl-redokselektrode (InLab Redox) fylt med 3M 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 bløtbunns-artene 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 være få eller ingen arter tilstede i sedimentet.

For innsamling av bunnprøver er 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. Sediment-volumet 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 (van veen, duo 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 vaskes gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard, 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene er fiksert ved tilsetning av 20 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet skylles prøvene på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene sorteres ut fra sediment-restene og overføres til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det lar seg gjøre bestemmes dyr til art. Bunndyrsmaterialet oppbevares i SAM-Marins lokaler ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). 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 benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks brukes for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrdata). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet og tilstand i marine områder (Veileder 02:2013). Denne veilederen skal på sikt erstatte tidligere Veileder 01:2009 og SFT 97:03. Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H'), Hulberts diversitetsindeks (ES_{100}), NQII, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI og AMBI, samt indeks for individtetthet DI.

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. NQII 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 Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata (side 28). For denne rapporten er inndeling i tilstandsklasser for indekser brukt gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.2). Nye indekser er foreløpig ikke tatt i bruk. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg (SFT 97:03) og for gjennomsnittet (Veileder 02:2013) som beskrevet i de to veilederne. Klassegrensene for Shannon–Wiener er 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 9410:2007) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i SFT 97:03, TA 2229/2007 og Veileder 02:2013. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I	II	III	IV	V	
			Bakgrunn/ Svært god	God	Moderat	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	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	Shannon-Wiener indeks (H')	97:03		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQII	02:2013		0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	ES ₁₀₀	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	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 6⁰C

Tabell 2.3: Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410:2007 (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 Langavika startet produksjonen i 1998. Anlegget består av 12 merder hver på 24 m x 24 m ved undersøkelsestidspunktet. Undersøkelsen er utført ved maks produksjon med en innestående biomasse på 1 658 885 kg og produksjon i hele anlegget. Fisken er av årgang H12 og skal utslaktes fra oktober 2013 og utover. Anlegget skal deretter brakklegges frem til august 2014.

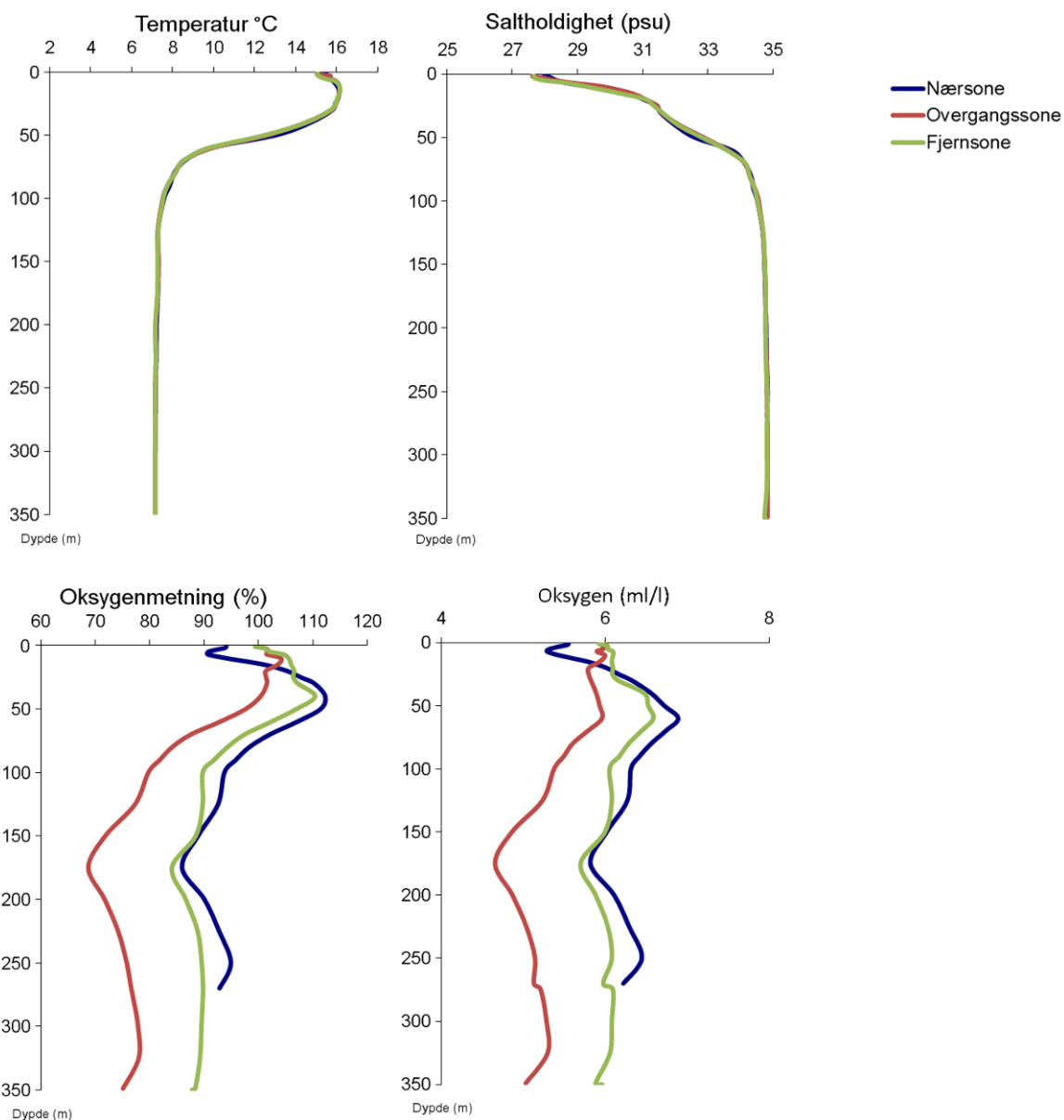
Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år:

	Utføret mengde	Produsert mengde
2013 (01.01.13 – 18.09.13)	1378 tonn	1192 tonn
2012	1371 tonn	1531 tonn
2011	2548 tonn	2448 tonn
2010	3116 tonn	2513 tonn

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon LA 01 (nærsone), LA 02 (overgangssone) og LA 03 (fjernsone), 18. september 2013. 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 nærsone-, overgangssone-, og fjernsonestasjon, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 350 meter den 18. september 2013. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Både temperatur- og saltholdighetsstratifiseringen er svært lik på alle de 3 målte stasjonene og varierer i liten grad. Det er et tydelig sprangsjikt (pyknoklin) ved omtrent 30 - 60 meters dyp som skiller overflatevannet fra de underliggende vannmassene på undersøkelsestidspunktet. En sprangsjikt antyder en vertikal inndeling av vannmassene ved at både temperatur og saltholdighet direkte påvirker vannets tetthet og dermed blanding av vannmassene. Sprangsjiktet ved disse 3 stasjonene hindrer effektivt vannmassene i de øvre vannlag fra å blandes med vann nedenfor. Dybden på sprangsjiktet vil variere med dybdefordelingen av temperatur og saltholdighet som følge av årstider og værforhold.

Oksygeninnholdet i vannsøylen varierer i noe større grad mellom de ulike stasjonene. Felles for alle 3 er likevel en topp omtrent ved nedre del av sprangsjiktet ved ca 60 meter dyp. Ovenfor 60 meter er oksygeninnholdet stabilt (LA 02) eller stigende (LA 01 og LA 03). Nedenfor 60 meters dyp er alle 3 profilene generelt avtakende, men med langt større variasjon innenfor hver stasjon. Oksygeninnhold i vannmasser er ikke like stabilt som temperatur og saltholdighet, og vil i større grad bli påvirket av små-skala endringer, som for eksempel tidevannsstrømmer og høye konsentrasjoner av planktoniske organismer ved enkelte dyp. Det er derfor ikke unormalt med slike variasjoner vertikalt som fremstår av disse målingene.

LA 01 har jevnt over høyest verdier for oksygeninnhold de 3 stasjonene seg imellom og har også høyeste enkeltmåling på 6,89 ml/l, ved 60 meters dyp. Ved den dypeste målingen for LA 01 på 270 meter er oksygeninnholdet 6,2 ml/l. Dette plasserer bunnvannet ved LA 01 i Miljødirektoratets tilstandsklasse 1 (meget god). LA 03 ligg tett på i form av mengde oksygeninnhold, men innehar ikke de samme ytterlighetene i konsentrasjonsvariasjon som finnes ved LA 01. Ved den dypeste målingen for LA 03 ved 350 meter er oksygeninnholdet 6,0 ml/l, som plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse 1 (meget god). LA 02 fremstår med generelt betraktelig lavere oksygeninnhold enn de to øvrige stasjonene. Ved den dypeste målingen for LA 02 på 349 meter er oksygeninnholdet 5,0 ml/l, hvilket plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse 1 (meget god). LA 02 har det lavest målte punktet for oksygeninnhold ved samtlige stasjoner, og måler 4,7 ml/l ved 175 meters dyp og en metningsgrad under 70 %. Det må imidlertid påpekes at dette inngår i Miljødirektoratets tilstandsklasse 1 (meget god) for dypvann. Grenseverdier for tilstandsklasser er oppgitt i Tabell 2.2.

Forskjellen på målt oksygen i dypet ved overgangssonen og fjernsonen er på 1 ml/l, til tross for omtrentlig lik dybde og kort avstand mellom stasjonene. I utgangspunktet ville man kunne forvente at disse to stasjonene i større grad skulle ha de samme vannmassene. Dersom man ser på Figur 2.2 ser man at stasjonen i overgangssonen ligg tett opp mot bergveggen. Ulike strømforhold som for eksempel ved danning av bakevjer kan ha påvirkning på grad av oksygeninnhold. I dette tilfellet kunne strømforskjeller forklart forskjeller mellom overgangssonen og fjernsonen nedover i dypet, men det er vanskeligere å forklare overgangssonens oksygenmålinger fra overflatesjiktet. Den mest sannsynlige forklaringen er brukerteknisk feil ved feilplassering av o-ring på CTD oksygensensor ved måling for overgangssonen. Dette fører til mindre nøyaktige oksygenmålinger i overgangssonen, men har ingen påvirkning på hydrografi tilstand eller det endelige resultatet av MOM C-undersøkelsen.

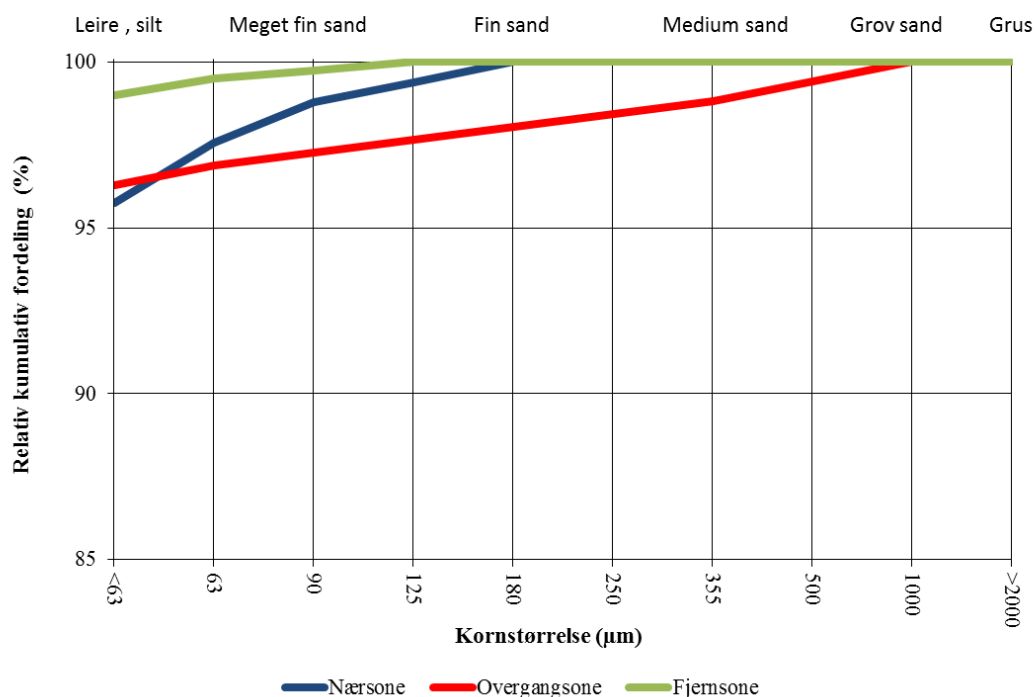
3.2 Sediment

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

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Langavika, september 2013.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
LA 01, Nærsonne*	270	38,6	95,8	4,2	0
LA 02, Overgangssone*	349	10,6	96,3	3,7	0
LA 03, Fjernsone	350	10,8	99,0	1,0	0

*Geologiprøve ikke tatt akkreditert grunnet full grabb, i henhold til NS-EN ISO 5667-19



Figur 3.2: Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Langavika: Nærsonne, LA 01; Overgangssone, LA 02; Fjernsone, LA 03. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (ISO 16665:2005): leire / silt (< 63 µm), meget fin sand (63 – 124 µm), fin sand (125 – 249 µm), medium sand (250 – 499 µm), grov sand (500 – 2000 µm), grus (> 2000 µm).

Tabell 3.1 viser prosentvis fordeling av sedimentfraksjoner for de 3 undersøkte stasjonene.

Nærsonen (LA 01) domineres av silt og leire, hvilke utgjør 95,8 % av alt sediment. De resterende 4,2 % består av sand. Sedimentet har et glødetap på hele 38,6 %, noe som indikerer et svært høyt organisk innhold. Dette er langt utenfor normale verdier for norske fjorder, som ligg på under 10 % glødetap.

Overgangssonen (LA 02) er også preget av finkornet sediment bestående av 96,3 % silt og leire, og de resterende 3,7 % utgjort av sand. Glødetapet her på 10,6 % er noe forhøyet i forhold til det en karakteriserer som normalt for norske fjorder.

Sedimentet ved fjernstasjonen (LA 03) ute i dypet av fjorden er nesten utelukkende bestående av silt og leire, som utgjør hele 99 %. Den resterende 1 % består av sand. Med et glødetap på 10,8 % er også denne stasjonen noe forhøyet i forhold til det som regnes som normalt for norske fjorder.

Felles for alle 3 stasjonene er høy andel finfragmenter (< 63 µm) (Figur 3.2). Dette indikerer svake bunnstrømforhold ved samtlige stasjoner

3.3 Kjemi

3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis omkring 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Verdien for fosfor ved nærstasjonen (LA 01) er på hele 19 000 mg/kg TS (Tabell 3.2) og svært forhøyet i forhold til normale verdier. Både overgangssonen (LA 02) og fjernsonen (LA 03) har fosforverdier innenfor det som betraktes som normale verdier for marine sedimenter.

Klassifiseringssystemet krever beregning av normalisert totalt organisk karbon (TOC). Dette betyr at både finstoff (leire og silt) og TOC må analyseres og brukes i beregningene. I følge SFT 97:03 har dette medført at grenseverdiene mellom tilstandsklassene har blitt strengere. Formelen som benyttes til dette er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten. Slike kystnære områder kan ha til dels store variasjoner med tanke på organisk materiale i sediment. Kilden til slike variasjoner kan være både terrestrisk og marin (TA-1883/2002).

Normalisert TOC verdi for LA 01 er på hele 220,8 mg/g (Tabell 3.2) og gir Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Også for LA 02 og LA 03 er verdier for normalisert TOC forhøyet, med henholdsvis 39,7 mg/g og 36,2 mg/g. Begge disse havner i tilstandsklasse IV (Dårlig). TOC verdiene fra samtlige stasjoner tyder på betydelige mengder organisk innhold ved undersøkelsestidspunktet. LA 01 skiller seg imidlertid ut som klart dårligst.

Den høye TOC verdien for sedimentet ved LA 01 samsvarer bra med målt glødetap for stasjonen. For sediment samlet ved LA 02 og LA 03 er det derimot en større forskjell i målt TOC og glødetap. Det påpekes imidlertid i veileder 02:2013 at forholdet mellom TOC og glødetap er vist å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare.

Verdiene av metallene kobber og sink er målt for samtlige undersøkte stasjoner. Ved LA 01 er verdiene av både kobber (190 mg/kg TS) og sink (1000 mg/kg TS) forhøyet og stasjonen får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig) for konsentrasjonsforekomstene av hver av disse (Tabell 3.2). Både LA 02 og LA 03 har gode verdier for kobber og får tilstandsklasse I (Meget god). LA 02 får videre også tilstandsklasse I (Meget god) for sink, mens LA 03 for sinkforekomst får tilstandsklasse II (God). Nærsonen skiller seg klart ut med langt dårligere forhold med tanke på både kobber og sink sammenlignet med overgangssonen og fjernsonen.

Utover standard krav for MOM-C undersøkelser (NS 9410:2007) er det også analysert for forekomst av kadmium ved LA 01. Konsentrasjonen av kadmium ved LA 01 måles til 1,7 mg/kg TS og plasserer i Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God) (TA 2229/2007).

Tabell 3.2: Innholdet av de undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering (TA 2229/2007) for sink, kobber og etter SFT 97:03 for normalisert TOC; for TK grenseverdier, se Tabell 2.2.

Stasjon	Totalt organisk karbon		TK	Fosfor	Sink	Kobber	Kadmium	Tørrstoff (TS)			
	g/kg	Normalisert TOC mg/g		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS		TK %		
LA 01, Nærsonne*	220	220,8	V	19 000	1000	IV	190	IV	1,7	II	11,1
LA 02, Overgangssone*	39	39,7	IV	1 100	140	I	28	I			31,5
LA 03, Fjernsone	36	36,2	IV	890	150	II	27	I			29,3

*Kjemiprøve ikke tatt akkreditert grunnet full grabb, i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

3.3.2 Måling av pH og redokspotensialet (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 (LA 01) viser en noe lav pH og et negativt redokspotensial. Lavt redokspotensial tyder på dårlige oksygenforhold i sedimentet, og lave pH verdier er også en begrensende faktor for mange organismer. LA 01 plasseres følgelig i tilstandsklasse 3. Både overgangssonen (LA 02) og fjernsonen (LA 03) har en mer nøytral pH samt høyere redokspotensial. Begge stasjonene plasseres i tilstandsklasse 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	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
LA 01, Nærsonne	6,96	-109	3	3
LA 02, Overgangssone	7,66	250	0	1
LA 03, Fjernsone	7,91	171	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 september 2013. De fleste bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra nærstasjonen like ved anlegget (LA 01) er det totalt kun 6 bentiske arter bestående av til sammen 163 individer. Diversiteten (H') for stasjonen beregner til 0,78, og det samlede resultatet av diversitets og ømfintlighetsindekser (H', NQ11, og ES₁₀₀) plasserer LA 01 i Direktoratgruppas tilstandsklasse V (Svært dårlig) (Se Tabell 2.2 for oversikt over grenseverdier og tilstandsklasser). I følge MOM-standarden er diversitetsindekser lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen like ved anlegg (Tabell 2.3). Etter dette klassifiseringssystemet får stasjonen miljøtilstand 2 (God).

I prøvene fra overgangssonen (LA 02) finnes 35 arter, utgjort av totalt 327 individ. Prøvene fra LA 02 gir en diversitetsindeks (H') lik 3,90, og plasserer totalt for de samlede diversitets og ømfintlighetsindeksene i Direktoratgruppas tilstandsklasse II (God). Tilstandsbedømming ved MOM-standard gjeld også for overgangssonen. LA 02 får miljøtilstand 1 basert på MOM klassifiseringssystemet.

Prøvene fra fjernstasjonen (LA 03) har totalt 37 ulike arter, bestående av til sammen 362 individer. Diversiteten (H') for LA 03 er lik 3,85, og stasjonen får totalt (H' , NQII og ES₁₀₀) Direktoratgruppas tilstandsklasse II (God). MOM-standardens klassifiseringssystem gjelder ikke for fjernsonen.

Med et individantall på 139 dominerer børstemarken (polychaeta) *Ophryotrocha lobifera* i stor grad prøvene fra nærsjonen (LA 01), og utgjør hele 85,3 prosent av alle individene samlet fra denne stasjonen (se Tabell 3.5 for oversikt over de ti mest tallrike artene ved hver stasjon). *Vigtorniella ardabilia* (også denne børstemark) er nest mest dominerende, representert ved 18 individ og 11,0 prosent av alle individer. Begge disse artene er typiske for områder med store mengder opphopet organisk materiale, og livnærer seg blant annet ved beiting av bakteriematter. Totalt utgjør *O. lobifera* og *V. ardabilia* hele 96,3 prosent av prøvenes totale mengde individer, noe som indikerer dårlige forhold ved stasjonen. Fordeling av geometriske klasser peker også mot dårlige forhold ved LA 01 (Figur 3.3).

Prøvene fra overgangssonen (LA 02) har samlet 67 individer av børstemarken *Paramphinome jeffreysii* og 38 individer av *Onchnesoma steenstrupi* (sipuncula). Disse er de to mest dominerende artene ved LA 02, og utgjør henholdsvis 20,5 % og 11,6 % av alle individer samlet inn fra denne stasjonen. De ti mest individrike artene ved undersøkelsestidspunktet er typiske for relativt dype bløtbunnsområder. Det er en god variasjon av ulike typer organismer (polychaeta, bivalvia, sipuncula og anthozoa) blant de ti mest individrike artene ved LA 02, hvilket indikerer gode miljøforhold ved stasjonen. Knekkene synlige i Figur 3.3 for geometriske klasser kan imidlertid indikere en viss grad av påvirkning på denne stasjonen.

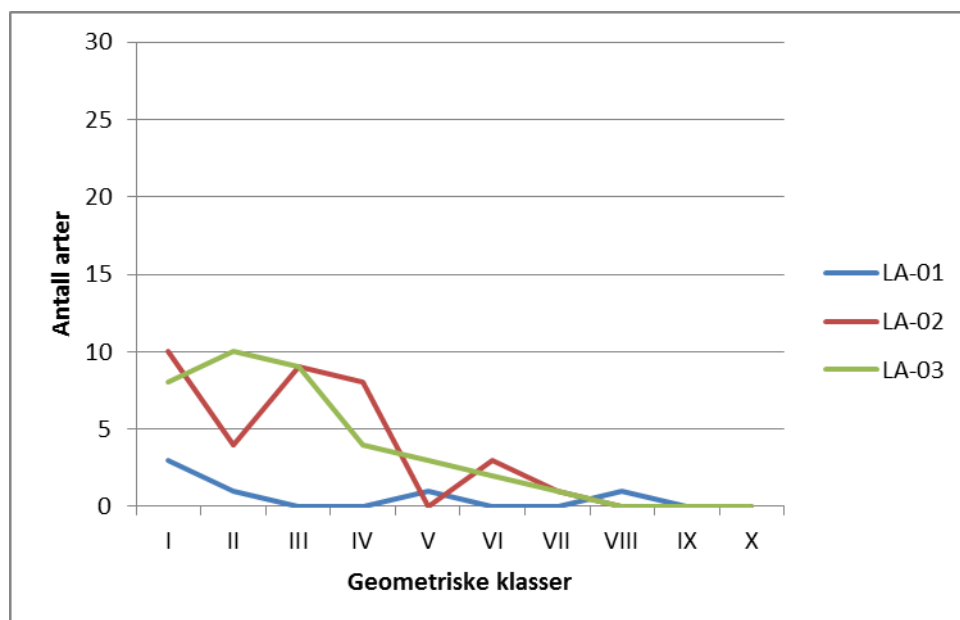
Bunndyrsprøvene fra fjernsonen (LA 03) har også en god blanding av ulike typer organismer blant de ti mest tallrike artene (polychaeta, bivalvia, sipuncula og ophiuroidea). De to mest tallrike artene i prøvene fra LA 03 er børstemarken *Terebellides stroemi* med 68 individ og 59 ikke-artsbestemte individer tilhørende Phylumet sipuncula. Disse utgjør henholdsvis 18,8 % og 16,3 % av prøvenes totale antall individer. Faunaen ved LA 03 på undersøkelsestidspunktet vitner om gode miljøforhold. Fordeling av geometriske klasser for LA 03 støtter oppom dette og vitner om god fordeling av både individer og arter.

De multivariate analysene viser først og fremst stor likhet mellom hugg innad på stasjonene (Figur 3.4 og 3.5). Det er videre en tydelig større forskjell mellom stasjonene, der særlig nærsjonen (LA 01) skiller seg ut fra de andre stasjonene. Sammenligning av overgangssone (LA02) og fjernsone (LA03) viser mindre forskjeller. Det er naturlig å forvente at LA 02 og LA 03 vil være likere hverandre i forhold til LA 01 grunnet den store dybdeforskjellen.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Gul: moderat, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se Generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Antall arter	Antall individer	Diversitet (H')	NQI1	ES100	TK	AMBI	Jevnhet (J)	H'-max	MOM TK
LA 01	1	5	71	1,01	0,38	5,00		4,30	0,43	2,32	
	2	4	92	0,56	0,34	4,00		4,48	0,28	2,00	
	SUM	6	163	0,79	0,70	4,78			0,30	2,58	2
	Snitt	4,5	81,5	0,78	0,36	4,50	V	4,39	0,36	2,16	
LA 02	1	27	167	3,55	0,69	22,54		2,37	0,75	4,75	
	2	27	160	4,24	0,75	24,52		1,60	0,89	4,75	
	SUM	35	327	4,16	0,87	25,23			0,81	5,13	1
	Snitt	27	163,5	3,90	0,72	23,53	II	1,98	0,82	4,75	
LA 03	1	28	191	3,63	0,79	22,63		0,99	0,76	4,81	
	2	32	171	4,06	0,77	25,85		1,50	0,81	5,00	
	SUM	37	362	4,05	0,87	24,63			0,78	5,21	
	Snitt	30	181	3,85	0,78	24,24	II	1,24	0,78	4,90	

I – Svært god II - God III – Moderat IV – Dårlig V – Svært dårlig



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

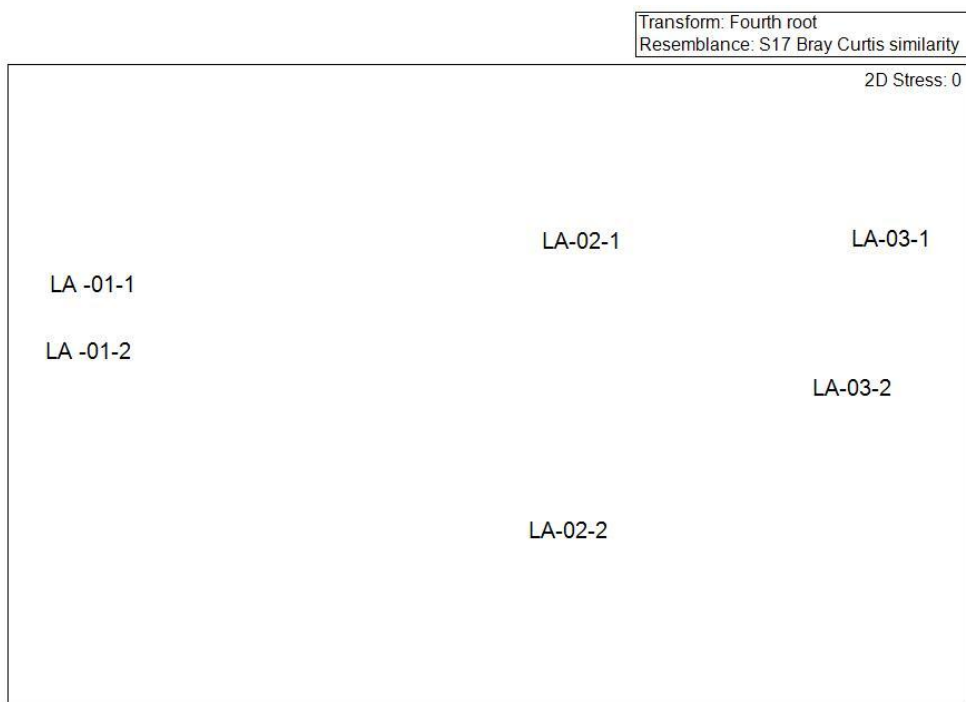
Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m².

LA 01	Antall individer	%	Kum. %
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	139	85,3	85,3
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	18	11,0	96,3
<i>Mytilus edulis</i>	3	1,8	98,2
<i>Bylgides</i> sp.	1	0,6	98,8
<i>Chaetozone</i> sp.	1	0,6	99,4
<i>Verruca stroemia</i>	1	0,6	100,0

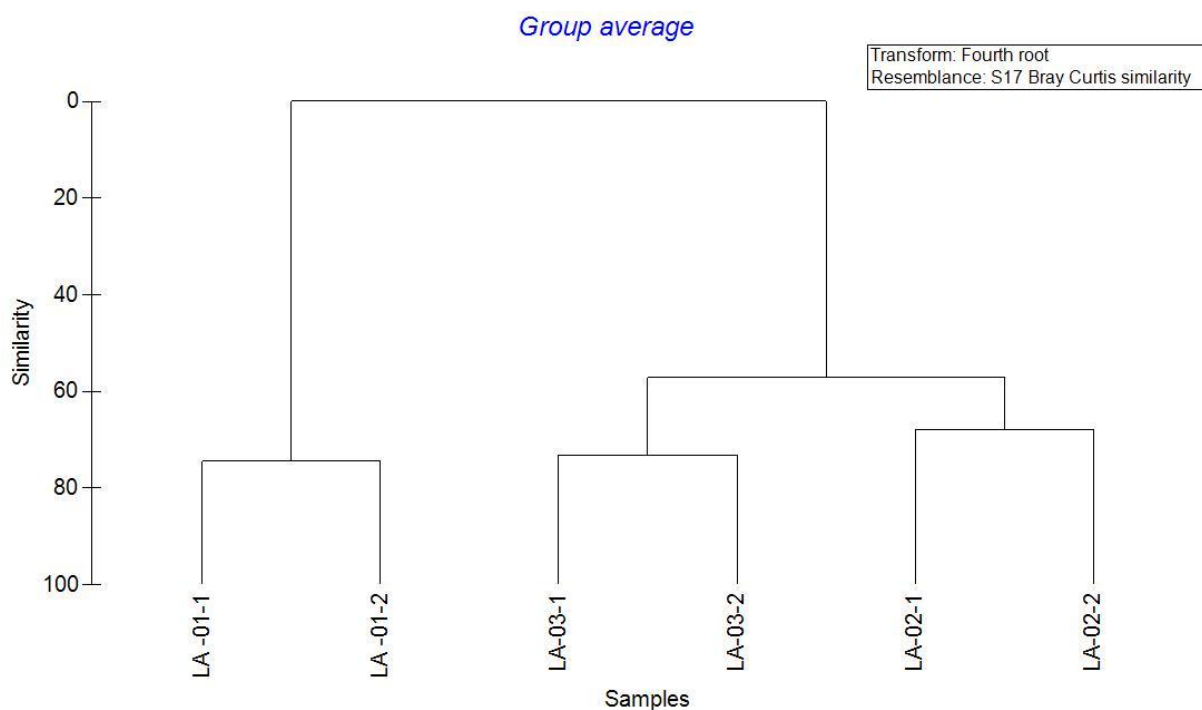
LA 02	Antall individer	%	Kum. %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	67	20,5	20,5
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	38	11,6	32,1
<i>Thyasira equalis</i>	35	10,7	42,8
<i>Anobothrus</i> sp.	32	9,8	52,6
<i>Botrucnidifer norvegicus</i>	13	4,0	56,6
<i>Heteromastus filiformis</i>	11	3,4	59,9
<i>Nucula tumidula</i>	10	3,1	63,0
<i>Ceratocephale loveni</i>	10	3,1	66,1
<i>Neoleanira tetragona</i>	10	3,1	69,1
<i>Tellimya ferruginosa</i>	10	3,1	72,2

LA 03	Antall individer	%	Kum. %
<i>Terebellides stroemi</i>	68	18,8	18,8
<i>Sipuncula</i>	59	16,3	35,1
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	49	13,5	48,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	23	6,4	55,0
<i>Thyasira equalis</i>	21	5,8	60,8
<i>Anobothrus</i> sp.	18	5,0	65,7
<i>Golfingia</i> sp.	13	3,6	69,3
<i>Sosanopsis wireni</i>	11	3,0	72,4
<i>Amphilepis norvegica</i>	10	2,8	75,1
<i>Abra nitida</i>	8	2,2	77,3

SAM-Marin



Figur 3.4: MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt i 2013. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



Figur 3.5: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2013. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Langavika i Garsundfjorden, Hjelmeland kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 18. september 2013. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og en i dypet av fjorden (fjernsonen).

Alle de tre undersøkte stasjonene består ved undersøkelsestidspunktet av et finfragmentert sediment svært dominert av leire og silt, med litt innslag av sand. Dette kan tyde på svake bunnstrømmer i området. Alle de tre undersøkte stasjonene oppfyller tilfredsstillende Miljødirektoratets krav om oksygeninnhold i dypvann og får beste karakter på dette punktet.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Samtlige stasjoner har glødetap høyere enn normalt for norske fjorder, som typisk er på under 10 %. Sedimentet ved nærsonen har et sterkt forhøyet glødetap på hele 38,6 % ved undersøkelsestidspunktet. I overgangssonen og fjernsonen er glødetapet imidlertid bare svakt forhøyet.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Samtlige stasjoner har ved undersøkelsestidspunktet forhøyede verdier av TOC, men nærsonen skiller seg ut med svært forhøyede verdier og Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Det må understrekes at verdier og forhold angitt av glødetap og TOC ikke nødvendigvis er sammenlignbare.

Verdier for fosfor er svært forhøyet i sedimentet ved nærsonen ved undersøkelsestidspunktet. Ved overgangssonen og fjernsonen måles imidlertid normale verdier for fosfor i marine sedimenter. Også måling av pH og Eh viser dårlige forhold i nærsonen, med lave verdier for begge parameterne. pH og Eh har sterk påvirkning på hvilke organismer som kan overleve i et område, og tilsynelatende små endringer kan ha stor effekt på faunasammensetningen. Overgangssonen og fjernsonen har begge meget gode verdier for pH og Eh.

Både kobber og sink måles til forhøyede verdier i nærsonen ved undersøkelsestidspunktet og får begge Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (dårlig). Verdiene fra overgangssonen og fjernsonen er imidlertid gode til meget gode.

I tillegg til standarden for hvilke kjemiske parametere som skal inngå i MOM C-undersøkelser er det utført målinger på konsentrasjon av kadmium i sedimentet ved nærstasjonen. Analysen av kadmium viser gode verdier.

Bunnfaunaen ved nærsonen er ved undersøkelsestidspunktet helt ulik faunaen ved overgangssonen og fjernsonen. Nærsonen har liten artsdiversitet, med få arter og ujevn fordeling. De to mest individrike artene i bunndyrsprøvene fra nærsonen utgjør til sammen over 96% av alle individ fra prøvene og kjennetegnes som opportunistiske arter typiske for områder med mye opphopet organisk materiale. I henhold til MOM-standard som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får likevel nærsonen tilstand 2 (God). Det er nødvendig å påpeke at de 3 individene av *M. edulis* (blåskjell) mest sannsynligvis har falt ned fra anlegget, hvilket levner nærsonen med bare 5 ulike arter i sedimentet og helt i nedre yttergrense av hva som klassifiseres som MOM-tilstand 2 (God) (Tabell 2.3). Både overgangssonen og fjernsonen har ved undersøkelsestidspunktet langt rikere faunasammensetning både med tanke på antall arter og fordeling av individ på hver enkelt art.

I henhold til MOM-standarden får overgangssonen tilstand 1 (meget god). Både overgangssonen og fjernsonen får tilstand 2 (God) i henhold til Direktoratgruppas klassifiseringssystem.

Prøvene fra nærsone viser opphopning av organisk materiale, fosfor, kobber og sink. Det er rester av fôr og fekalier i nærsone ved undersøkelsestidspunktet. Tross god tilstandsvurdering på bunnfaunaen ut fra MOM-standarden, er området nærmest anlegget tydelig preget av driften. Den mer fjerntliggende stasjonen i fjernsone virker imidlertid ikke å være påvirket. Undersøkelsen er utført i en periode hvor driften er på maksimal produksjon og dette er viktig å være klar over ved tolkning av bunnfaunaen og organisk opphopning i nærsone opp mot anlegget. Områdets evne til å ta seg inn igjen i løpet av brakkleggingsperiodene er avgjørende for hvorvidt driften i dag er forsvarlig med tanke på hele områdets fremtidige miljøkvalitet. Noe mer urovekkende er opphopningen av kobber og sink i nærsone. Metaller binder seg til organiske partikler og kan følgelig fraktes bort fra området med disse. Dette betyr at konsentrasjonene direkte under anlegget også for metaller trolig vil gå ned i løpet av en brakkleggingsfase, men graden av fortynning i området vil avhenge av hvorvidt denne nedgangen skyldes sterke bunnstrømmer eller faunaaktivitet. Over tid kan anlegget virke som en kilde til økende andel metaller i næringskjeder i nærområdet.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene under anlegg nøye for å unngå negativ innvirkning både på fisken i anlegget og miljøet. Spesielt kan det være nyttig å få til bunnundersøkelser både i forbindelse med maks produksjon og fullført brakkleggingsfase, da dette gir utfyllende informasjon på driftens belastende effekt og områdets evne til innhenting.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Trond Einar Isaksen og Henrik Rye Jakobsen fra SAM- Marin, samt Bjarte Espevik og Tom Roger Børvik fra Kvitsøy Sjøtjenester AS. Bunnprøvene ble sortert av Ina Birkeland, Natalia Korableva, Ragna Tveiten, Linda Bjelland Pedersen og Torben Lode. Bunnfyrene ble identifisert av Lenka Nealova, Frøydis Lygre, Tom Alvestad og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Anon. 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet, 181 s.
- Anon. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen, 263 s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Omli, L., Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B og Walday, M. 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Kystovervåkingsprogrammet. TA-1883/2002.
- 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.
- 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. TA 1467/1997.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9423. 1998. Vannundersøkelse – Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 13137. 2001. Karakterisering av avfall – Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 17294-2. 2004. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) – Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 16665. 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- NS-EN ISO 5667-19. 2005. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriets kompetanse. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 14346. 2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	27
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	36
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	38
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	42
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	43
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i>	46

Generell vedleggsdel - 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.

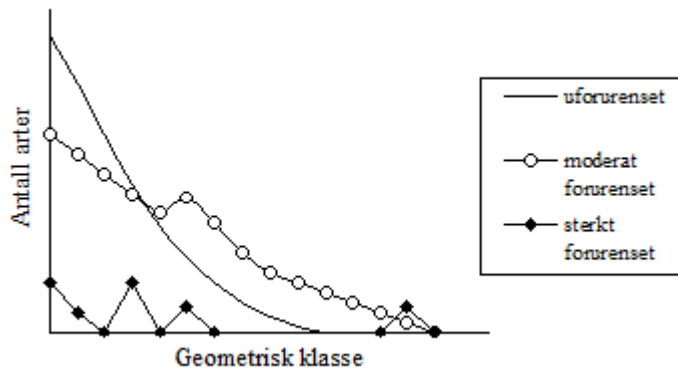
Geometriske klasser

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 (Molvær et al. 1997 og Direktorsgruppen Vanndirektoratet 2009, Tabell v2 og v3).

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 ES100 = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og Ni individer av i-ende art.

Diversitetsindekse 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 faunaekspertes. 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:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten (H' og ES₁₀₀) og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 02:2013. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammen-ligning med historiske data. 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) (Tabell v2 og v3)

Tabell v2 :Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 02:2013*:

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES ₁₀₀	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI ₂₀₁₂	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	Individtetthet	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05

* 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.

Tabell v3 Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna. Veiledning 97:03- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Artsmangfold bløtbunnsfauna	Hulberts indeks	>26	26-18	18-11	11-6	<6
	Shannon-Wiener indeks	>4	4-3	3-2	2-1	<1

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 individtallet, 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:

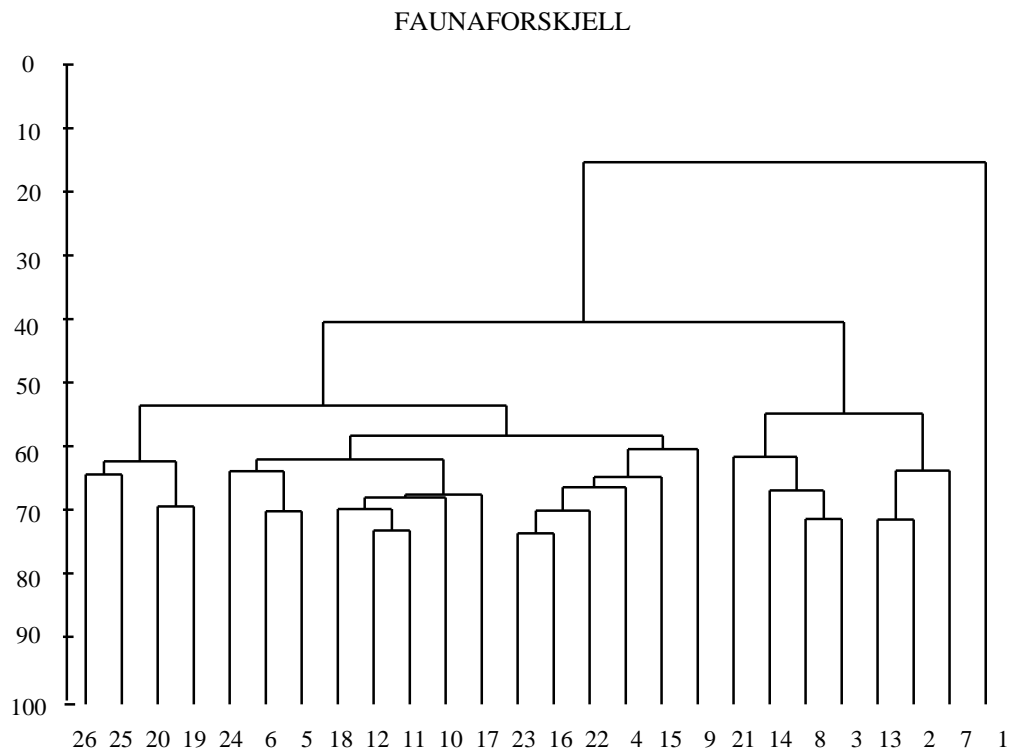
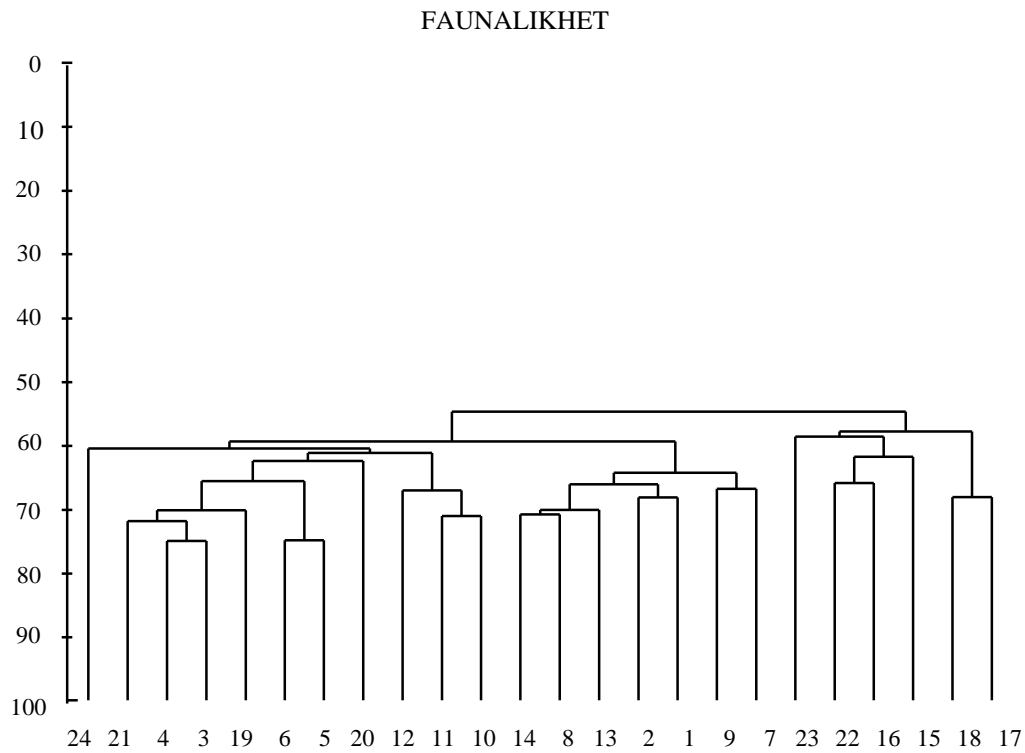
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

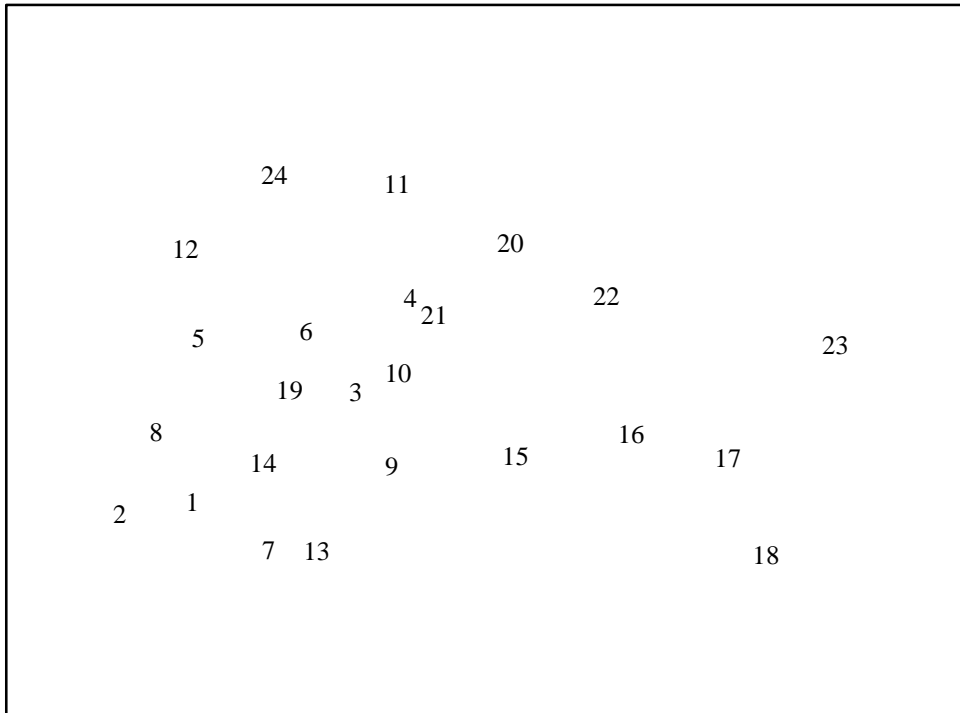
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget 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. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

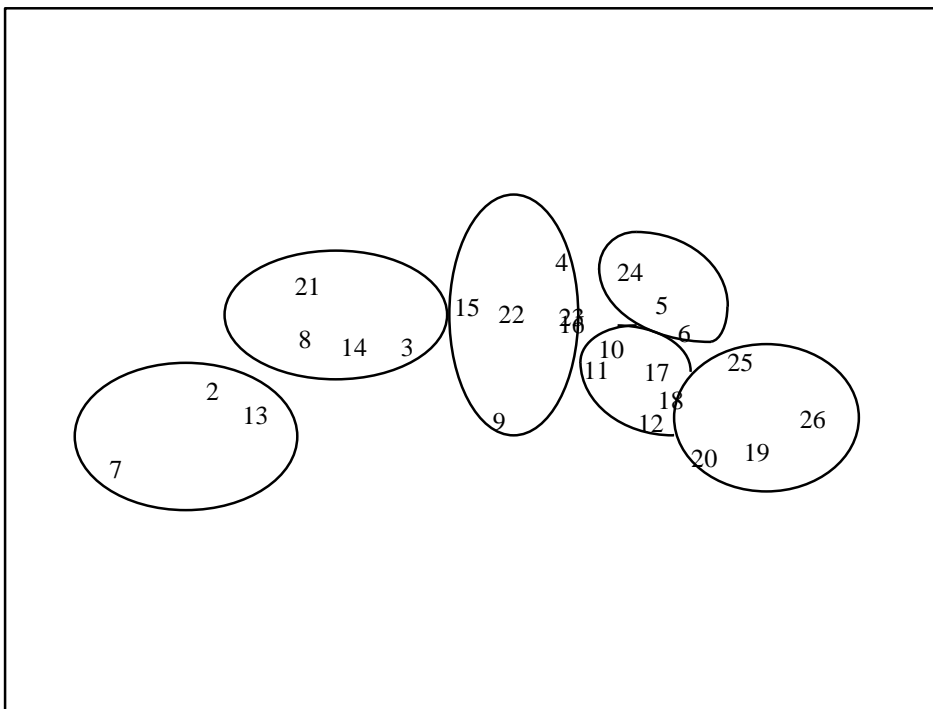


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Marine Harvest Norway AS
 Lokalitet: Langavika
 Lokalitetstype: Matfisk, Laks

Dato: 18.09.2013
 Lokalitetsnr: 11928

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr										Indeks		
			1	2	3										
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0										0,0
I	Tilstand (Gruppe I)		A												
II	pH	verdi	6,96	7,66	7,91										
	E _n (mv)	verdi	-329	30	-49										
		+ ref. verdi	-109	250	171										
	pH/E _n	fra figur	3	0	0										1,0
	Tilstand, prøve		3	1	1										
	Tilstand, gruppe II		1												
	Buffer temp:		Temp sjø:		15,4	Temp sediment:		8,2							
	pH sjø:		Eh sjø:		447	Ref. elektrode:		220							
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		18.09.2013, TEI												
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0										
	Farge	Lys/Grå = 0		0											
		Brun/Sort = 2	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													
		v ≥ 3/4 = 2	2	2	2										
	Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0		0	0										
2 - 8 cm = 1															
t ≥ 8 cm = 2		2													
	SUM		14	2	6										
	Korrigeret sum (*0,22)		3,08	0,44	1,32										1,6
	Tilstand prøve		3	1	2										
	Tilstand gruppe III		2												
	Middelverdi gruppe II og III		3,04	0,22	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
	Tilstand gruppe II og III		1												
	pH/Eh Korr. sum Indeks Middelverdi	Tilstand	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										1		

Korrekturlest: 17.01.2014
dato

EBI
Sign.

TL
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .

SAM-Marin

Vedlegg SF-SAM-830.05

B2a

SAM-Marin

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Marine Harvest Norway AS

Dato: 18.09.2013

Lokalitet: Langavika

Lokalitetsnr: 11928

Lokalitetstype: Matfisk, Laks

Prøvetaksingssted (nr)	1	2	3						
Dyp (m)	258	341	342						
Antall forsøk	1	1	1						
Bobling (i prøve)	Nei	Nei	Nei						
Primær-sediment	Grus								
	Skjellsand		5						
	Sand								
	Mudder	80							
	Silt	10							
	Leire	10	95	100					
Fjellbunn									
Steinbunn									
Pigghuder, antall									
Krepsdyr, antall									
Skjell, antall									
Børstemark, antall									
Andre dyr, antall									
<i>Malacoceros fuliginosa</i>									
Beggiatoa									
Fôr	Ja	Nei	Nei						
Fekalier	Ja	Nei	Nei						
Kommentarer	Litt blåskjell								

Korrekturlest: 17.01.2014
datoEBI
Sign.TL
Sign.

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): Marine Harvest Norway AS
Prosjekt nr.: 807939
Prøvetakingssted (område): Langavika
Dato for prøvetaking: 18.09.2013
Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin, Uni Research
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Frøydis Lygre, Lenka Nealova (opplæring), 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: 3 sider.

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

Signatur: 
 Godkjent taksonom

SAM-Marin

Stasjonsnavn	LA -01	LA -01	LA-02	LA-02	LA-03	LA-03
Dyp	258	258	341	341	342	342
Dato	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013
Hugg	1	2	1	2	1	2
HYDROZOA						
Hydrozoa indet.		+				+
ANTHOZOA						
Cerianthus lloydii			1			
Botrucnidifer norvegicus			3	8/2	1	0/1
NEMERTEA						
Nemertea			1	4	4	2
NEMATODA						
Nematoda						2
ANNELIDA						
POLYCHAETA						
Bylgides cf. annenkovae			2/1	0/2		
Bylgides sp.	1					
Pholoe baltica				1		
Neoleanira tetragona			2	8	2	
Vigtorniella ardabilia	11	7				
Glycera lapidum						2
Nereimyra cf. woodsholea			1	2		1
Ceratocephale loveni			2	8		3
Nephtys paradoxa			1		3	1
Nephtys hystricis				1/1		
Paramphinome jeffreysii			57	10	4	19
Paradiopatra quadricuspis						1
Lumbrineridae						2
Ophryotrocha lobifera	56	83				
Ophryotrocha sp.			1			
Levinsenia gracilis			5		1	3
Prionospio cirrifera			1			
Spiophanes kroeyeri					3	4
Spiochaetopterus bergensis						2
Aphelochaeta sp.					1	
Chaetozone sp.		1				
Diplocirrus glaucus			1			
Brada villosa					1	
Heteromastus filiformis			9	2	3	4
Galathowenia oculata			3	3	3	2
Lagis koreni			2/2	0/2		
Anobothrus sp.			20	12	9	9
Amythasides macroglossus			4	3		
Sosanopsis wireni			2	7	8	3
Amage auricula						1
Terebellides stroemi					42	26

SAM-Marin

Stasjonsnavn	LA -01	LA -01	LA-02	LA-02	LA-03	LA-03
Dyp	258	258	341	341	342	342
Dato	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013
Hugg	1	2	1	2	1	2
SIPUNCULA						
Sipuncula			2	5	51	8
Golfingia sp.					1	12
Onchnesoma steenstrupi			15	23	18	31
CRUSTACEA						
OSTRACODA						
Philomedes lilljeborgi					1	
Macrocypris minna				1	1	
COPEPODA						
Calanus finmarchicus	3	2	4		3	4
Euchaeta norvegica					1	
Metridia longa	1		1		2	
Metridia lucens	1					
Centropages harmatus						1
VERRUCIDAE						
Verruca stroemia	1					
EUPHAUSIACEA						
Euphausiacea indet		1				
DECAPODA						
Munida sarsi				1		0/1
MYSIDACEA						
Mysidacea indet						1
AMPHIPODA						
Eriopisa elongata			3/1	3	3/1	3
CUMACEA						
Diastylis tumida				1	2	1
Diastylodes serratus					1	
ISOPODA						
Eurycope cornuta						1
MOLLUSCA						
APLACOPHORA						
Caudofoveata indet.			1		4	1
GASTROPODA						
Philine quadrata					0/2	
BIVALVIA						
Nucula tumidula			3/1	3/3	3/2	0/1
Yoldiella philippiana				4		
Mytilus edulis	0/2	0/1				
Thyasira equalis			13/3	15/4	5/2	11/3
Thyasira obsoleta						1
Thyasira sarsii				3		
Mendicula ferruginosa					1	1

SAM-Marin

Stasjonsnavn	LA -01	LA -01	LA-02	LA-02	LA-03	LA-03
Dyp	258	258	341	341	342	342
Dato	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013	18.09.2013
Hugg	1	2	1	2	1	2
Adontorhina similis			2	3	1	1
Tellimya ferruginosa				6/4		
Abra nitida				2/7	0/2	1/5
Kelliella abyssicola					4	3
BRYOZOA						
Bryozoa skorpeformet	+	+				
Bryozoa grenet	+					
ECHINODERMATA						
ASTEROIDEA						
Asteroidea indet			0/1			
OPHIUROIDEA						
Amphilepis norvegica			2	0/1	5/2	1/2
ECHINOIDEA						
Brissopsis lyrifera				1		
PISCES						
Fiske egg.		1				
VARIA	+	+	+	+	+	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	LA-01	LA-02	LA-03
I	3	10	8
II	1	4	10
III	0	9	9
IV	0	8	4
V	1	0	3
VI	0	3	2
VII	0	1	1
VIII	1	0	0
IX	0	0	0
X	0	0	0

Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis



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

AR-13-MX-002558-01



EUNOBE-00008084

Prøvemottak: 03.10.2013
Temperatur:
Analyseperiode: 04.10.2013-21.10.2013
Referanse: 807939/104/13

ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 19000	mg/kg tv	a) 1100	mg/kg tv	a) 890	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 190	mg/kg tv	a) 28	mg/kg tv	a) 27	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 1000	mg/kg tv	a) 140	mg/kg tv	a) 150	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 220	mg/g tv	a) 39	mg/g tv	a) 36	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 11.1	% (w/w)	a) 31.5	% (w/w)	a) 29.3	% (w/w)	EN 14346	0.1
Kadmium (Cd)		a) 1.7	mg/kg tv					NS EN ISO 17294-2	0.2

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

Bergen 21.10.2013

Helene L. Botnevik

Helene Lillethun Botnevik

Kvalitesleder/avd.leder mikro

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 :Kv

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

		Molab as, 8607 Mo i Rana Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
		RAPPORT Sedimentanalyser		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 52594	Antall sider + bilag: 5	
		Rapport referanse: KR-17966	Dato: 28.11.2013	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr./ ref.: 611101/807939/11/13	Utført: Terje Kolberg	Ansvarlig signatur: Terje Kolberg	

Prøver mottatt dato: 19.11.2013

RESULTATER

Prøve merket:			807939/ 11/13 LA-01, 258 m	807939/ 11/13 LA-02, 341 m	807939/ 11/13 LA-03, 342 m
Parameter	Enhet	Ana.dato	KA- 084398	KA- 084399	KA- 084400
TOM (550 oC)	%	28.11.13	38,6	10,6	10,8

LA-01	KA- 084398	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
>2000	-1	0,00	0,0	0,0	0,0	MdΦ	Silt og leire	95,8
1000	0	0,00	0,0	0,0	0,0	5,91	Sand	4,2
500	1	0,00	0,0	0,0	0,0		Grus	0,0
355	1,5	0,00	0,0	0,0	0,0	SdΦ		
250	2	0,00	0,0	0,0	0,0	1,28		
180	2,5	0,01	0,6	0,6	0,6			
125	3	0,01	0,6	1,2	1,2	SkΦ		
90	3,5	0,02	1,2	2,4	2,4	0,00		
63	4	0,03	1,8	4,2	4,2			
<63	8	1,58	95,8	100,0	100,0	KΦ		
		1,65	100,0			0,74		

LA-02	KA- 084399	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
>2000	-1	0,00	0,0	0,0	0,0	MdΦ	Silt og leire	96,3
1000	0	0,03	0,6	0,6	0,6	5,92	Sand	3,7
500	1	0,03	0,6	1,2	1,2		Grus	0,0
355	1,5	0,02	0,4	1,6	1,6	SdΦ		
250	2	0,02	0,4	2,0	2,0	1,27		
180	2,5	0,02	0,4	2,3	2,3			
125	3	0,02	0,4	2,7	2,7	SkΦ		
90	3,5	0,02	0,4	3,1	3,1	0,00		
63	4	0,03	0,6	3,7	3,7			
<63	8	4,92	96,3	100,0	100,0	KΦ		
		5,11	100,0			0,74		

SAM-Marin

LA-03	KA-084400								
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
>2000	-1	0,00	0,0	0,0	Md Φ	Silt og leire		99,0	
1000	0	0,00	0,0	0,0	5,98	Sand		1,0	
500	1	0,00	0,0	0,0		Grus		0,0	
355	1,5	0,00	0,0	0,0	Sd Φ				
250	2	0,00	0,0	0,0	1,24				
180	2,5	0,00	0,0	0,0					
125	3	0,01	0,3	0,3	Sk Φ				
90	3,5	0,01	0,3	0,5	0,00				
63	4	0,02	0,5	1,0					
<63	8	3,96	99,0	100,0	K Φ				
		4,00	100,0						0,74

ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/Analyseteknikk	Akkrediterings-status	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjons-grense	Enhet
TOM (550 °C)	NS-4764	A	20	0,30	%
Kornfordeling	NS-9423	A	20	-	%

A = Akkreditert prøving. Dersom ikke annet er oppgitt angis usikkerheten med 95 % konfidensnivå.

ANMERKNINGER

Prøveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjenning. Rapporteres i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se www.molab.no for disse betingelser.

Vedleggstabell 5. CTD Data

Resultater fra hydrografimålingene på LA 01.

Dybde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur °C	Oksygen metning %	Oksygen metningmg/l	Oksygen metning ml/l	Tetthet
1	27,99	15,466	94,15	7,89	5,556338	20,486
2	28,11	15,520	93,88	7,85	5,528169	20,564
3	28,21	15,549	92,65	7,74	5,450704	20,645
5	28,37	15,649	90,83	7,56	5,323944	20,755
7	28,69	15,814	90,71	7,52	5,295775	20,973
10	29,36	15,999	94,05	7,73	5,443662	21,461
15	30,53	16,131	101,00	8,22	5,788732	22,349
20	31,04	16,097	105,25	8,55	6,021127	22,773
25	31,45	15,948	107,80	8,76	6,169014	23,146
30	31,54	15,806	110,35	8,99	6,330986	23,268
40	31,99	14,737	112,31	9,32	6,563380	23,891
50	32,61	13,034	111,50	9,55	6,725352	24,760
60	33,73	9,832	107,22	9,79	6,894366	26,261
70	34,12	8,612	102,21	9,57	6,739437	26,808
80	34,32	8,090	98,40	9,32	6,563380	27,090
90	34,40	7,870	95,92	9,12	6,422535	27,235
100	34,52	7,598	93,80	8,97	6,316901	27,415
125	34,69	7,296	92,64	8,91	6,274648	27,707
150	34,74	7,321	88,94	8,55	6,021127	27,856
175	34,77	7,291	85,99	8,27	5,823944	28,000
200	34,79	7,225	90,12	8,68	6,112676	28,138
225	34,80	7,215	92,82	8,94	6,295775	28,260
250	34,83	7,174	94,99	9,16	6,450704	28,403
270	34,82	7,183	92,90	8,84	6,225352	28,497

Resultater fra hydrografimålingene på LA 02.

Dybde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur °C	Oksygen metning %	Oksygen metningmg/l	Oksygen metning ml/l	Tetthet
1	27,63	15,087	100,02	8,46	5,957746	20,285
2	27,64	15,069	101,06	8,55	6,021127	20,302
3	27,98	15,701	101,67	8,48	5,971831	20,431
5	28,30	15,668	101,93	8,49	5,978873	20,697
7	28,88	15,960	101,57	8,38	5,901408	21,090
10	29,81	16,125	104,17	8,52	6,000000	21,774
15	30,65	16,141	103,64	8,43	5,936620	22,438
20	31,10	16,094	101,44	8,24	5,802817	22,816
25	31,45	15,978	101,47	8,24	5,802817	23,134
30	31,56	15,783	101,61	8,28	5,830986	23,283
40	32,12	14,500	100,47	8,37	5,894366	24,039
50	32,88	12,625	97,72	8,43	5,936620	25,046
60	33,61	9,961	93,02	8,47	5,964789	26,143
70	34,13	8,551	87,67	8,22	5,788732	26,825
80	34,28	8,140	84,20	7,96	5,605634	27,056
90	34,44	7,763	81,94	7,81	5,500000	27,279
100	34,56	7,535	79,81	7,64	5,380282	27,454
125	34,69	7,301	77,38	7,44	5,239437	27,702
150	34,75	7,326	71,88	6,91	4,866197	27,861
175	34,77	7,281	68,77	6,62	4,661972	27,999
200	34,77	7,183	71,78	6,92	4,873239	28,126
225	34,80	7,191	74,24	7,16	5,042254	28,266
250	34,81	7,180	75,83	7,31	5,147887	28,384
270	34,82	7,169	76,64	7,29	5,133803	28,500
275	34,83	7,174	76,89	7,41	5,21831	28,516
300	34,83	7,171	77,91	7,51	5,288732	28,633
325	34,83	7,166	78,04	7,53	5,302817	28,745
349	34,83	7,169	75,14	7,15	5,035211	28,869

Resultater fra hydrografimålingene på LA 03.

Dybde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur °C	Oksygen metning %	Oksygen metningmg/l	Oksygen metning ml/l	Tetthet
1	27,67	15,082	99,47	8,42	5,929577	20,316
2	27,67	15,089	101,08	8,55	6,021127	20,318
3	27,69	15,111	101,37	8,57	6,035211	20,337
5	27,99	15,409	102,19	8,57	6,035211	20,512
7	28,69	15,885	104,62	8,66	6,098592	20,957
10	29,31	16,114	105,58	8,66	6,098592	21,399
15	30,28	16,18	106,06	8,64	6,084507	22,148
20	31,10	16,058	106,62	8,66	6,098592	22,827
25	31,35	15,967	106,44	8,65	6,091549	23,058
30	31,59	15,716	107,29	8,75	6,161972	23,320
40	32,08	14,531	110,47	9,20	6,478873	23,999
50	32,82	12,509	107,08	9,27	6,528169	25,023
60	33,59	9,823	102,43	9,36	6,591549	26,156
70	34,14	8,558	97,56	9,15	6,443662	26,837
80	34,28	8,125	94,37	8,93	6,288732	27,058
90	34,43	7,749	91,93	8,77	6,176056	27,274
100	34,52	7,562	89,81	8,60	6,056338	27,421
125	34,70	7,311	89,80	8,64	6,084507	27,710
150	34,75	7,277	88,53	8,52	6,000000	27,866
175	34,78	7,270	84,14	8,10	5,704225	28,008
200	34,77	7,168	86,69	8,36	5,887324	28,131
225	34,78	7,194	88,88	8,57	6,035211	28,249
250	34,82	7,169	89,62	8,64	6,084507	28,399
270	34,83	7,171	89,86	8,49	5,978873	28,509
275	34,81	7,170	89,84	8,66	6,098592	28,500
300	34,81	7,166	89,57	8,64	6,084507	28,617
325	34,81	7,167	89,32	8,61	6,063380	28,729
349	34,74	7,168	88,42	8,36	5,887324	28,800
350	34,77	7,168	87,85	8,47	5,964789	28,816