

# SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Miljø



e-rapport nr: 48 – 2014

***MOM C-undersøkelse fra lokalitet Borgarliflot i Suldal kommune, 2014***



**Torben Lode  
Trond Einar Isaksen**



ID: 10723 Versjonsnr: 004

**Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av sammendrag SAM e-rapport****Uni Miljø - Sam Marin**



**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 04.07.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 04.07.2014 ( Øydis Alme )

	<b>SAM-Marin</b>	
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 Borgarliflot i Suldal kommune, 2014 Forfatter(e): Torben Lode og Trond Einar Isaksen Oppdragsgiver: Rogaland Fjordbruk AS	Dato: 28.10.2014 Antall sider og bilag: 50 Prosjektleder: Trond Einar Isaksen Prosjektnummer: 808388 Tilgjengelighet: Åpen
---	--

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Borgarliflot on its surrounding environment. Sediments sampled near the facility show enriched values of TOC and phosphorous, heightened values of zink and copper, and a clearly affected macrofauna community. There are however no indications of benthic impact from the facility at the two more distant sites examined.

Keywords: Marine, environment, survey, MOM C, recipient	Emneord: Marin, miljø, undersøkelse, resipient, MOM	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 48-2014
---	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	28.10.14	
Prosjektet / undersøkelsen:	28.10.14	

ID: 10723 Versjonsnr: 004

**Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av  
sammendrag SAM e-rapport**

**Uni Miljø - Sam Marin**

---

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 04.07.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 04.07.2014 ( Øydis Alme )

---

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:** Einar Bye-Ingebrigtsen og Torben Lode  
**Litoralundersøkelse utført av:** -  
**Sortering av sediment utført av:** Ingrida Petrauskaite, Ragna Tveiten, Nargis Islam, Linda Bjelland Pedersen og Hanna Molden  
**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Tom Alvestad, Per Johannessen, Frøydis Lygre og Øydis Alme (opplæring)  
**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Thomas Gunnar Dahlgren

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Anleggets båt.

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins AS akkrediteringsnummer TEST 003

Akkreditert: sink, kobber, fosfor, TOC og totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

**Geologiske analyser utført av:** Molab AS akkrediteringsnummer TEST 032

Akkreditert: TOM, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

## INNHold

<b>1 INNLEDNING</b> .....	5
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	6
2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
2.2 Hydrografi .....	9
2.3 Bløtbunnundersøkelse – Prøvetaking og analyser .....	9
2.4 Produksjonsdata fra anlegget.....	14
2.5 Avvik .....	14
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	15
3.1 Hydrografi.....	15
3.2 Sediment.....	16
3.3 Kjemi .....	18
3.4 Bunndyr .....	19
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	25
<b>5 TAKK</b> .....	27
<b>6 LITTERATUR</b> .....	28
<b>7 Vedlegg</b> .....	29
<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i> .....	30
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i> .....	39
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	41
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	46
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i> .....	47
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i> .....	50

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Borgarliflot (lokalitetsnummer 15796) i Nedstrandsfjorden, Suldal kommune. Innsamlingene ble gjennomført 02. april 2014.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Borgarliflot. 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 Direktoratets og Miljødirektoratets (tidligere Klif) tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Veileder 02:2013, TA 1467/1997 og TA 2229/2007) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410:2007).

Undersøkelsen er utført av Uni Research Miljø, seksjon for anvendt miljøforskning – marin del (SAM-Marin) på oppdrag fra Rogaland Fjordbruk 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 Test 157.

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten er plassert nord for Nedstrandsfjorden i innløpet av Vindafjorden, Suldal kommune (Figur 2.1). Anlegget er plassert ved omlag 60 - 90 meters dyp. Bunnen under anlegget skråner jevnt vestover ned mot 450 meter dybde i vestre del av Vindafjorden, og videre derfra i retning nord langs en undersjøisk renne, ned mot 700 meter dybde i bunn av Krossfjorden (Figur 2.2). En fremstilling av bunntopografien i området i og under anlegget er vist i Figur 2.3.

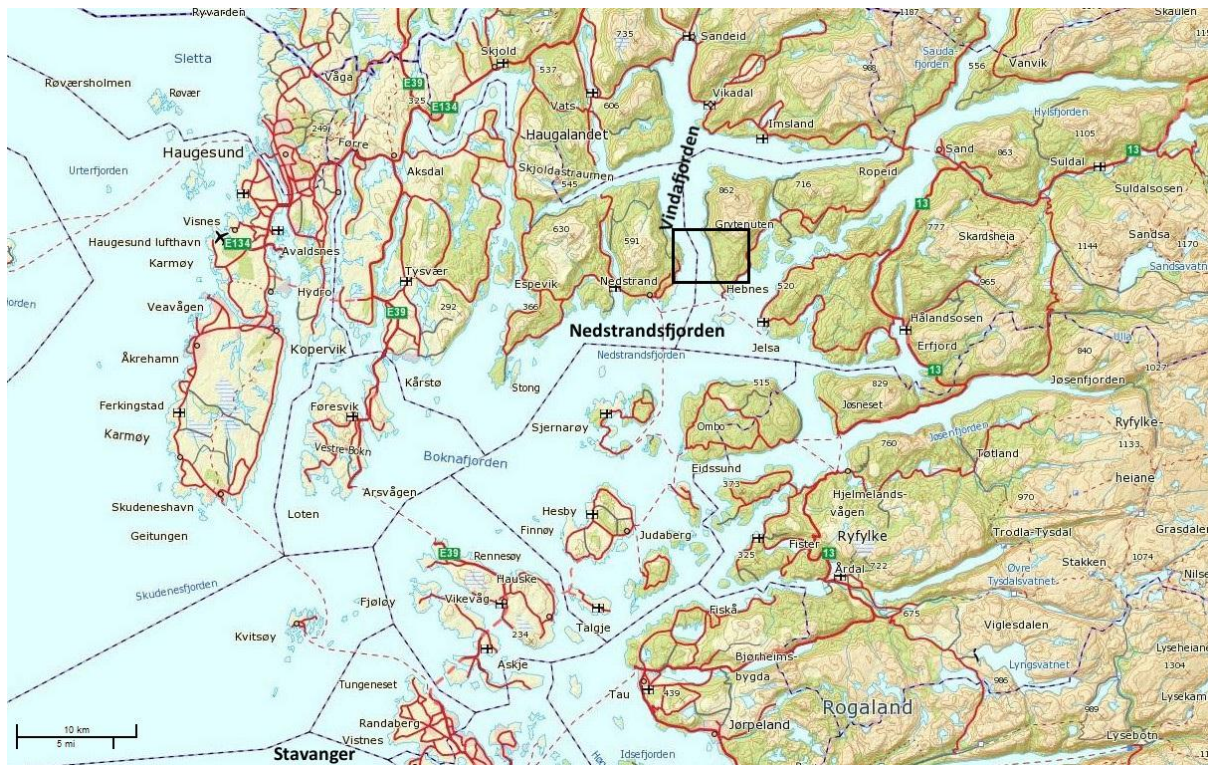
Prøveinnsamlingene ble gjort 02. April 2014. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden (fjernsonen) i henhold til gjeldende standard (NS 9410:2007). Strømmmålinger i området viser at vanntransporten har en nordvestlig retning på dybdene 5, 15 og 50 meters dyp (Berge-Haveland, 2013). Stasjonen i nærsonen er plassert i området som hadde størst belastning ved forrige MOM B-undersøkelse (Johansen, 2014), mens stasjonen i overgangssonen er plassert ca. 200 meter nordvest (nedstrøms) for nærsonen. Stasjonen i fjernsonen er plassert i dypområdet utenfor.

Undersøkelsen ble gjennomført av Einar Bye-Ingebrigtsen og Torben Lode fra SAM-Marin.

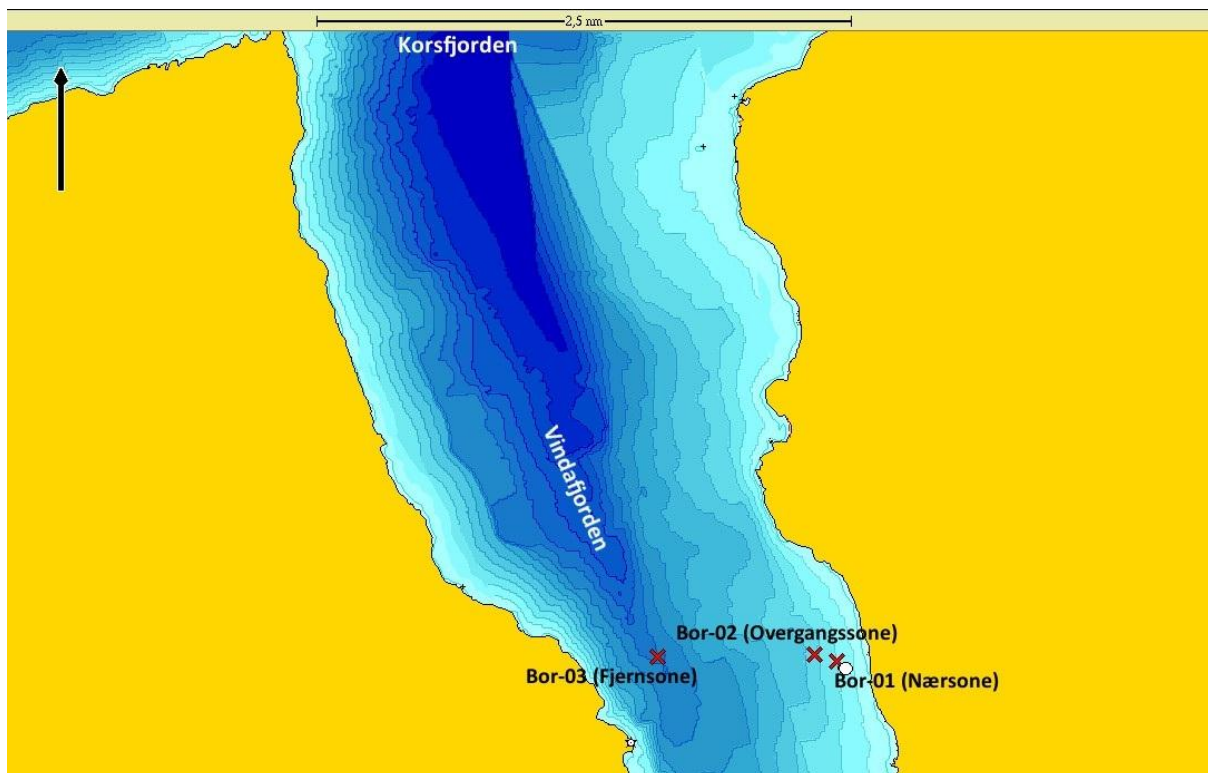
Nøyaktig posisjon til de ulike stasjonene er viktig for referanse og for at undersøkelsene skal være reproduerbare i fremtiden. Plassering til de ulike prøvestasjonene er registrert ved bruk av medbragt Olex med tilkoplede GPS. Plasseringen til stasjonene er oppgitt med koordinater (WGS84, Tabell 2.1). Koordinatene er oppgitt som fulle koordinater med nord- og østverdi med minimum 20 meters presisjon i henhold til kravspesifikasjonen (NS-EN ISO 16665:2013).

Det ble tatt vannprøver for hydrografiske målinger og bløtbunnprøver for geologiske, kjemiske og biologiske analyser. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.

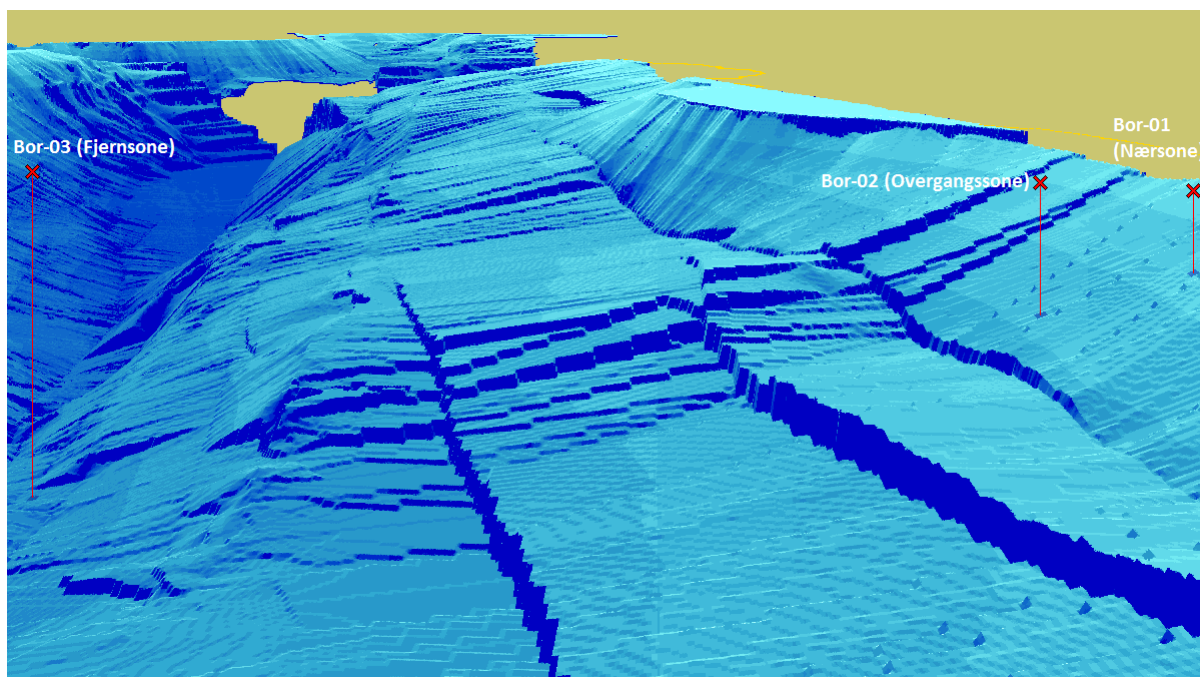




**Figur 2.1:** Oversiktskart over Nedstrandstfjorden og omegn, Rogaland. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Borgarliflot. Kart kilde: Fiskeridirektoratet.



**Figur 2.2:** Utsnitt av Vindafjorden og området for lokaliteten Borgarliflot med referansestasjon i dyppet og stasjoner ved anlegget (røde kryss). Anleggets plassering er angitt av hvit sirkel. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.3:** Bunntopografisk oversikt over området i og under lokaliteten Borgarliflot. Eksakt plassering av stasjoner er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1:** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Nedstrandsfjorden, Borgarliflot. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet med fartøy ekkolodd. Det er benyttet stor to-delt Van veen grabb (duo-grabb) med grabbåpning på 0,1 m<sup>2</sup> til biologiprøver. Det andre kammeret er mindre og brukes vanligvis til kjemi- og geologiprøver. NS-EN ISO 16665:2013 stiller som krav ved prøvetaking av biologi en bitedybde minst lik 5 cm ved faste sedimenter og minst lik 7 cm ved løse sedimenter. Ved prøvetaking av kjemiske og geologiske parametere skal iht. NS-EN ISO 5667-19:2005 sedimentets overflate være uforstyrret.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Bor-01 02.04.2014	59° 23.263 'N 005° 55.705 'Ø	89	1	16	Kjemi, geologi, MOM skjema, biologi Biologi Silt, mudder
			2	16	
Overgangs- sone Bor-02 02.04.2013	59° 23.289 'N 005° 55.492 'Ø	156	1	15	Kjemi, geologi, MOM skjema, biologi Biologi Silt, leire
			2	21	
Fjernsone Bor-03 02.04.2013	59° 23.281 'N 005° 54.053 'Ø	463*	1	12	Geologi, biologi Kjemi, MOM skjema, biologi CTD m/oksygenmåler Mye mellomstor stein i prøver
			2	13	

\*hentet fra CTD-måling ettersom fartøy ekkolodd hadde rekkevidde til maks. 400 meter.



## 2.2 Hydrografiske målinger

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 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.

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt samtidig med innsamling av bløtbunnsprøver i henhold til NS 9410:2007.

## 2.3 Bløtbunnundersøkelse – Prøvetaking og analyser

Bløtbunnundersøkelsene omfatter sedimentprøver for analyse av geologi, kjemi og bunndyr (biologi). Prøvetakingen er utført akkreditert i samsvar med NS-EN ISO 16665:2013 *Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna* og ISO 5667-19:2004 *Veileder i sedimentprøvetaking i marine områder*.

Bunnsprøver for geologiske, kjemiske og biologiske sedimentanalyser samles inn ved bruk av van Veen grabb med justerbare vekter. Det ble brukt en type modifisert van Veen grabb (0,15 m<sup>2</sup> åpning og 0,5 mm perforerte silplater i inspeksjonslukene) som tar biologi-, kjemi- og geologiprøver i same hugg (kombi-grabb, utviklet av Det Norske Veritas). Biologikammeret tilsvarer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>, mens det minste kammeret har prøveareal på 0,05 m<sup>2</sup> som er tilstrekkelig for geologi- og kjemiprøver.

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 m<sup>2</sup>. Miljøtilstand basert på makrofauna vurderes på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup> (NS 9410:2007). For å oppnå et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup> ble det tatt to grabbprøver på samme posisjon fra hver stasjon.

Hvor dypt grabben graver ned i sedimentet avhenger av konsistensen til sedimentet og av vekt til grabben. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve blir sedimentnivået av hver grabbprøve målt. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Bitedybden til en grabbprøve må derfor være minst 5 cm i sediment med fast konsistens eller minst 7 cm i sediment med løs konsistens for at prøven kan godkjennes for biologiske analyser (NS-EN ISO 16665:2013). Prøver med mindre bitedybde kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Alle huggprøver er kontrollert med hensyn til sedimentmengde, sedimenttype (fast eller løs konsistens, innhold av skjellsand, stein, grus o.a.) og farge. Grabb-hugg som inneholder

tilfredsstillende sedimentmengde med uforstyrret sedimentoverflate regnes som godkjente prøver for geologi, kjemi og biologi analyser i henhold til akkrediteringskravene. Det er særlig viktig at øvre sedimentlag i grabbprøver som skal brukes til geologi- og kjemi analyser er uforstyrret (ISO 5667-19:2004). I områder med særlig myk bunn (f.eks. mudder) kan det være vanskelig å få prøver med uforstyrret overflate siden grabben ofte blir fylt helt opp med sediment. I slike tilfeller kan det brukes en Ekman grabb (KC Denmark AS, mod. 12.002) for innsamling av prøver til geologi- og kjemi analyser.

Tilfeller der det ikke kan tas prøver som er godkjente i henhold til gjeldende standarder er markert i tabell i resultat-delen og nevnt under kapittel 2.5 Avvik.

For hver stasjon (nærsonne, overgangssone og fjernsone) i det undersøkte området ble det tatt 2 grabb-hugg til biologi, geologi- og kjemiprøver. Totalt blei det samlet inn 6 huggprøver fra 3 stasjoner (se Tabell 2.1).

Bearbeiding av prøver og analysering av bløtbunnsparametere (geologi, kjemi og biologi) er beskrevet under.

### Sediment (geologi)

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. Klassifisering av ulike sedimentfraksjoner basert på partikkelstørrelse som oppgitt i NS-EN ISO 16665:2013 er vist i Tabell 2.2 under.

**Tabell 2.2:** Klassifisering av kornstørrelse i sediment (NS-EN ISO 16665:2013).

Silt / leire	Svært fin sand	Fin sand	Medium sand	Grov sand	Svært grov sand	Grus
< 63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500 µm - 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm

Organisk innhold i sediment blir målt som prosent glødetap i samsvar med Norsk Standard NS 4764-1980. I beregningen er dette differansen til vekt av tørket prøve (vannfri prøve) og vekt av prøven etter brenning ved 550 °C (aske). Organisk innhold i sediment samsvarer ofte med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale sammenlignet med grovt sediment. I områder med svake strømforhold og akkumulering av finere partikler kan slikt sediment ofte være oksygenfattig like under sediment-overflaten. Under slike forhold kan sedimentet ha en råttent lukt av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S). Dette vil være særlig fremtredende i områder med stor organisk tilførsel og/eller dersom bunnvannet i området inneholder lite oksygen.

Det er samlet sedimentprøver fra hver stasjon i det undersøkte området. Prøvetakingen og analyse er utført etter gjeldende standarder NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS 4764. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstillende NS-EN

ISO 17025 og er akkreditert for analyse av total organisk materiale og kornfordeling med akkrediterings nr. TEST 032.

Resultat av kornfordelingen til sedimentprøvene er presentert i kurveform, der partikkelstørrelse fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelse blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

#### Kjemi (metaller, organiske stoffer, pH/Eh)

Det er 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. Miljøgifter i sediment er hovedsakelig knyttet til finstoff (leire, silt) og organisk materiale. Det ble tatt prøver til kjemisk analyse fra alle bløtbunnstasjonene med bruk av metoder i samsvar med "Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (TA-2229/2007). Prøvene ble sendt til Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (akkrediteringsnummer TEST 003) for kjemiske analyser.

Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) 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 TA 1467/1997. 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 av TOC med bruk av grenseverdier som oppgitt i Tabell 2.4. Innholdet av tørrstoff er analysert etter NS-EN 14346. Tilstandsklasser gis for de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets veiledere (TA 1467/1997 og TA 2229/2007) (Tabell 2.4).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGo<sup>TM</sup> pH/Eh metere (Mettler Toledo). Redokspotensialet ble målt med Ag/AgCl-redokselektrode (InLab Redox) fylt med 3M KCl løsning. Miljøtilstand basert på disse målingene er beregnet på samme måte som i MOM B-undersøkelser i henhold til skjema B1 (NS 9410:2007).

#### Bunndyr (biologi)

Bunndyr eller bløtbunnsfauna i denne undersøkningen skal forstås som virvelløse dyr større enn 1 mm som lever på- eller i overflatesediment (gravende dyr). Vanlige dyregrupper i denne sammenheng er børstemark, muslinger, snegler, krepsdyr og pigghuder.

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnsfaunaen. 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 bunndyrprøver fra uforurensede 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. Dersom det er dårlige miljøforhold vil det være få eller ingen arter tilstede i sedimentet.

Metoder som omfatter innsamling av bløtbunnsprøver, opparbeidelse av prøvene, artsbestemmelse og databehandling er utført i samsvar med standard NS-EN ISO 16665:2013. For innsamling av bunnprøver er det brukt van Veen grabb (som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet). Grabbinnholdet 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 fikseres med 20 % boraks-bufret formalin (8 % formaldehyd løsning) tilsatt bengalrosa i felt. 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-Marin sine lokaler ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

Opparbeiding av det biologiske materialet er utført i samsvar med SAM-Marin sin akkreditering for denne type arbeid (akkrediteringsnummer TEST 157). 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. 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 erstatter Veileder 01:2009 og på sikt TA 1467/1997 og TA 2229/2007. Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hulberts diversitetsindeks ( $Es_{100}$ ), NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI,  $ISI_{2012}$  og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. Inndeling i tilstandsklasser for indeksene er gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.4). Indeksverdiene blir omregnet til nEQR-verdier (normalised ecological quality ratio) med en tallverdi mellom 0 og 1. Denne omregningen gjør at tallverdiene fra de forskjellige indeksene kan sammenliknes (se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyr).

Tilstandsklassen til stasjonen blir bestemt av snittet av de enkelte indeksenes nEQR-verdier, tilstandsverdien sier noe om både hvilken tilstandsklasse stasjonen hører til og hvor høyt eller evt. lavt stasjonen er plassert i denne klassen (Tabell 2.3). Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.5).

**Tabell 2.3:** Klassegrenser for nEQR i henhold Veileder 02:2013.

Tilstandsklasse	Basisverdi (nedre grenseverdi)
Klasse 1 (Svært god)	0,8
Klasse 2 (God)	0,6
Klasse 3 (Moderat)	0,4
Klasse 4 (Dårlig)	0,2
Klasse 5 (Svært dårlig)	0,0

**Tabell 2.4:** Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i TA 1467/1997, TA 2229/2007 og Veileder 02:2013. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig	
<b>Dypvann</b>	Oksygen *	TA 1467	ml O <sub>2</sub> / l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	TA 1467	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
<b>Sediment</b>	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	Shannon-Wiener (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	ES <sub>100</sub>	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	ISI <sub>2012</sub>	02:2013		13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	<4,5
	NSI	02:2013		31-25	25-20	20-15	15-10	<10
	DI	02:2013		<0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
	Organisk karbon	TA 1467	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 mgO<sub>2</sub> /l er 1,42

\*\* Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6°C



**Tabell 2.5:** 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 <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup> . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup>
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .

## 2.4 Produksjonsdata fra anlegget

Det har vært drift ved lokaliteten Borgarliflot siden produksjonen først startet i 2003. På lokaliteten ligg ved undersøkelsestidspunktet et stålanlegg bestående av 6 stk. stålbur på 35 x 35 meter. Lokaliteten har en MTB på 3 120 tonn og hadde ved undersøkelsestidspunktet en innestående biomasse på 1883 tonn og fisk i 4 av burene. Fisken i anlegget ved undersøkelsen var av årgang H 012 og under utslakting da undersøkelsen ble gjennomført. Anlegget skal brakklegges fra starten av mai 2014 og frem til slutten av august 2014. Tabell 2.6 viser aktivitet ved lokaliteten i form av utfôret og produsert mengde de siste 3 år.

**Tabell 2.6.** Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år (hele år: 1.januar til 31.desember):

År	Utfôret mengde	Produsert mengde
2013	3 695 t	2 975 t
2012	2 038 t	1 971 t
2011	3 433 t	2 778 t

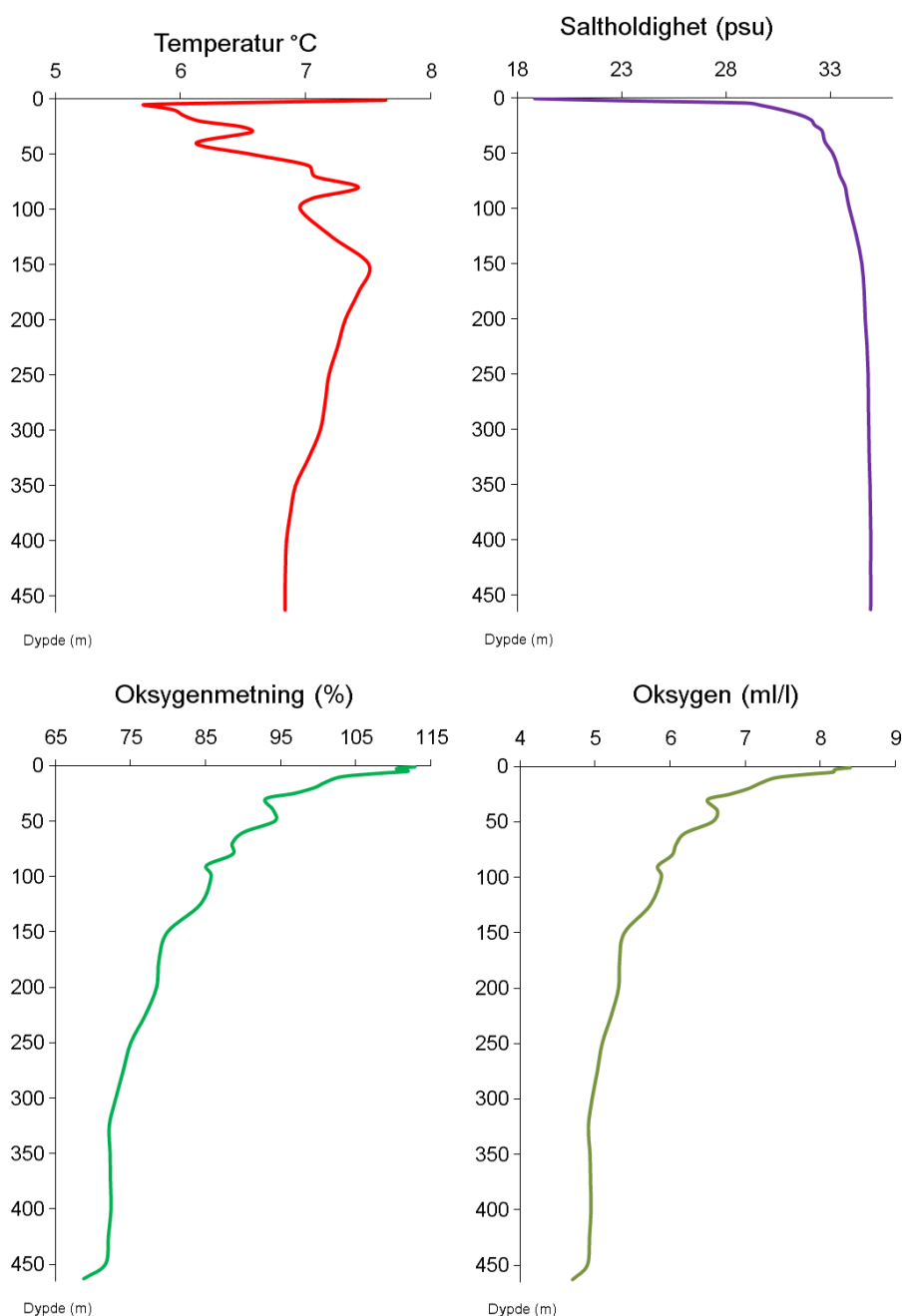
## 2.5 Avvik

1. Fartøyets ekkolodd, brukt for måling av stasjonsdybder, hadde en maksimal rekkevidde på 400 meter dybde. Fjernsonen (Bor-03) var dypere enn 400 meter og er derfor registrert i felt med dybden angitt av medbragt Olex (SAM-Marin). Registrert dybde med Olex er i ettertid korrigert med CTD-data fra fjernsonen.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved stasjonen i fjernsonen (Bor-03). Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



**Figur 3.1:** Lokaltet Borgarliflot. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l ved stasjonen i fjernsonen (Bor-03), målt med STD/CTD-sonde med påmontert oksygensensor fra overflaten og ned mot bunnen 02. april 2014. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra  $\text{mgO}_2/\text{l}$  med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen i de første 150 meterne av vannsøylen er meget varierende. Det er tydelige sprangsjikt (termoklin) på 3-4 meters dyp, videre to fra 10-50 meter, og et dypereliggende sprangsjikt fra 50-100 meters. Et sprangsjikt antyder en vertikal inndeling av vannmassene ved at både temperatur og saltholdighet direkte påvirker vannets tetthet og dermed blanding av vannmassene. Saltholdighetsfordelingen i vannsøylen er imidlertid ganske jevnt og svakt økende med dybde, med unntak av de øvre 10 meterne hvor den raske økningen er viktig for å danne grunnlaget for det øvre sprangsjiktet. Dybde og omfang av sprangsjikt vil variere med dybdefordelingen av temperatur og saltholdighet som følge av årstider og værforhold. CTD-målingene tyder på god omrøring av vannsøylen fra rundt 20 meter dybde og nedover.

Oksygeninnholdet i vannsøylen er jevnt avtagende med dybde. Størst nedgang forekommer de første 150 meterne av vannsøylen hvor det går fra en metningsgrad på over 110 % til rett under 80 %. Dette er de samme vannmasser som har størst variasjon i temperatur og tetthet. Under 150 meter avtar nedgangen av oksygen noe og stabiliserer seg på litt under 75 % metningsgrad ved 300 meter og ned. De nederste 10 meterne av vannsøylen er det imidlertid en liten dupp i målt verdi oksygen ned under 70 % metningsgrad. Høyest registrert oksygeninnhold er det ved 1 meter dybde med 8,40 ml O<sub>2</sub>/liter.

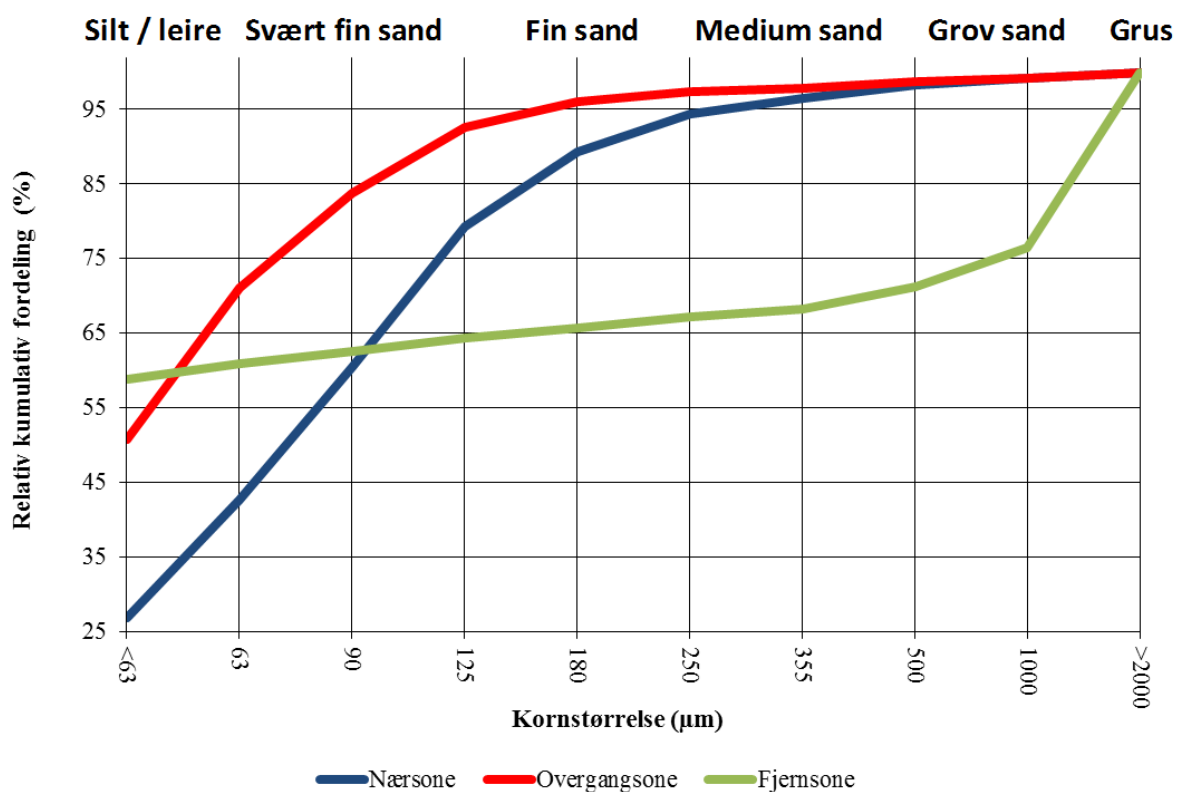
Oksygeninnhold i bunnvann ble målt til 4,70 ml O<sub>2</sub>/liter (dybde 463 meter). Dette gir Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god) for oksygeninnhold i bunnvannet ved stasjonen i fjernsone (Bor-03) (Tabell 2.4).

### 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 Borgarliflot, april 2014.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Bor-01, Nærsone	89	11,5	26,8	72,3	0,8
Bor-02, Overgangssone	156	2,19	50,8	48,4	0,8
Bor-03, Fjernsone	463	5,99	58,8	17,7	23,5



**Figur 3.2:** Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Borgarliflot: Nærsonen, Bor-01; Overgangssone, Bor-02; Fjernsone, Bor-03. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (NS-EN ISO 16665:2013): 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 (Bor-01) domineres av svært fin til fin sand og noe silt og leire (95 %). Kun en liten andel (5 %) utgjøres av partikler kategorisert som medium sand eller grovere. Overgangssonen (Bor-02) har mer finkornet sediment enn nærsonen og en leire/silt andel på rett over 50 %. Resten av sedimentet i overgangssonen utgjøres i all hovedsak av svært fine sandpartikler, og mindre enn 5 % av sedimentet kategoriseres som fin sand eller grovere. I fjernsonen (Bor-03) består sedimentet av en blanding hovedsakelig av leire/silt partikler (60 %) og partikler kategorisert som grov sand og grus (30 %). En liten andel på om lag 10 % kategoriseres som svært fin til medium sand.

Ut fra kornstørrelsesfordelingen på undersøkelsestidspunktet ved de 3 stasjonene kan det virke som om det er moderate bunnstrømforhold ved alle de 3 undersøkte stasjonene. Det virker imidlertid å være noe bedre bunnstrømforhold i fjernsonen (Bor-03) sammenlignet med stasjonene nærmere anlegget (Bor-01 og Bor-02).

Normale verdier for glødetap i norske fjorder ligg på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdien for nærsonen (Bor-01) er å anse som svakt forhøyet, mens det for overgangssonen (Bor-02) og fjernsonen (Bor-03) måles verdier godt innenfor normalen.

### 3.3 Kjemi

#### 3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis omkring 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Fosforverdien for nærsone (Bor-01) er forhøyet og måles til 9600 mg/kg TS. Ved overgangssone (Bor-02) og fjernsone (Bor-03) måles det imidlertid normale verdier på henholdsvis 810 mg/kg TS og 970 mg/kg TS. Den forhøyede verdien for nærsone tyder på betydelig grad av organisk belastning.

Både nærsone (Bor-01) og fjernsone (Bor-03) har forhøyede verdier av normalisert TOC og får henholdsvis Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig) og IV (Dårlig). Overgangssone (Bor-02) har langt bedre verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunnsverdi) (Tabell 3.2). Det er nærliggende å kople den dårlige tilstanden i nærsone opp mot driften. Samtidig peker tilstanden i fjernsone mot en resipient med naturlig høy organisk tilførsel. De lave verdiene av normalisert TOC i overgangssone tyder i hvert fall på at det ikke er noe særlig spredning ut over området mest nærliggende anlegget.

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 TA 1467/1997 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). Det påpekes også i veileder 02:2013 at forholdet mellom normalisert TOC og glødetap er vist å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare.

Nærsone (Bor-01) viser forhøyede verdier av begge de målte metallene kobber og sink. Målt verdi av sink i nærsone gir Miljødirektoratets tilstandsklasse III (Moderat) og målt verdi av kobber i nærsone gir Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig). Overgangssone (Bor-02) og fjernsone (Bor-03) får Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunn) for begge de målte metallene kobber og sink (Tabell 3.2).

**Tabell 3.2:** Innholdet av de undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved Borgarliflot, april 2014. 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 2.4.

Stasjon	Totalt organisk karbon		TK	Fosfor	Sink	Kobber		TK	Tørrstoff (TS) %
	mg/g	Normalisert TOC mg/g		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS			
Bor-01, Nærsone	77	90	V	9600	390	III	180	IV	34,9
Bor-02, Overgangssone	8	17	I	810	52	I	11	I	62,2
Bor-03, Fjernsone	30	37	IV	970	140	I	33	I	37,8



### 3.3.2 Måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ )

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

Tabell 3.3 viser målte verdier for pH og  $E_h$  ved undersøkte stasjoner, samt tilstandsvurdering på bakgrunn av disse parameterne.

**Tabell 3.3:** Målte pH og  $E_h$  verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved Borgarliflot, april 2014. 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
Bor-01, Nærsone	6,92	-163	3	<b>3</b>
Bor-02, Overgangssone	7,35	49	1	<b>1</b>
Bor-03, Fjernsone	7,51	134	0	<b>1</b>

Nærsonen (Bor-01) har lave verdier for både pH og  $E_h$  og får tilstand 3 (Dårlig). Ved overgangssonen (Bor-02) og fjernsonen (Bor-03) måles det langt bedre forhold for begge parameterne og begge stasjonene får tilstand 1 (Meget god).

### 3.4 Bunnedyr

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 april 2014. De fleste bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Miljøforhold basert på bunndyrsanalyser (makrofauna) vurderes i henhold til grenseverdier gitt i gjeldende standarder og veiledere. Makrofauna i fjernsonen skal vurderes utfra grenseverdier basert på beregnede indekser iht. Direktoratgruppa Vanndirektivets veileder 02:2013 (se Tabell 2.4). I følge MOM-standard (NS 9410:2007) er diversitetsindekser lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Vurdering av bunndyrsamfunnet i nærsonen blir derfor basert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (se Tabell 2.5). For overgangssonen er begge kriterier brukt til klassifisering av tilstanden.

I bunndyrsprøvene fra nærsonen (Bor-01) er det totalt 3 arter bestående av til sammen 533 individer. Med unntak av DI-indeksen havner alle de biologiske indeksene i de to dårligste tilstandsklassene IV (Dårlig) og V (Svært Dårlig), se Tabell 2.3 og Tabell 2.4 for oversikt over grenseverdier og tilstandsklasser. Børstemarkene *Ophryotrocha lobifera* og *Capitella capitata* dominerer i nærsonen med henholdsvis 69,4 % og 30,4 % av alle individer samlet (Tabell 3.5). Begge disse artene er kjennetegnet som opportunistiske arter forbundet med områder med høy organisk belastning. Ifølge MOM-standard får nærsonen (Bor-01) miljøtilstand 3 (Dårlig), se Tabell 2.5. Stasjonens dårlige tilstand er også tydelig illustrert ved fordelingen av geometriske klasser (Figur 3.3). Den flate grafen med svært sent topp-punkt indikerer en miljøpreget faunasammensetning.

I prøvene fra overgangssonen (Bor-02) ble det funnet totalt 99 arter bestående av til sammen 996 individer. Med unntak av DI-indeksen havner alle de biologiske indeksene innenfor de to beste tilstandsklassene I (Svært god) og II (God). De to mest dominerende artene i prøvene fra overgangssonen er børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* med 17,8 % av alle individer samlet og *Amythasides macroglossus* med 8,2 % av alle individer samlet. Skjellet *Thyasira equalis* er den tredje mest dominerende arten i prøvene fra Bor-02. Det er en rimelig jevn fordeling av individer på de ulike artene. Dette kan også leses ut fra fordelingen av geometriske klasser som viser tidlig, høyt topp-punkt og en relativt jevnt synkende graf ned mot 0-punktet, med unntak av et noe bratt fall mellom klasse II og III. Overgangssonen (Bor-02) plasserer basert på biologiske indekser i Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God). I henhold til MOM-klassifiseringen får overgangssonen miljøtilstand 1 (Meget god).

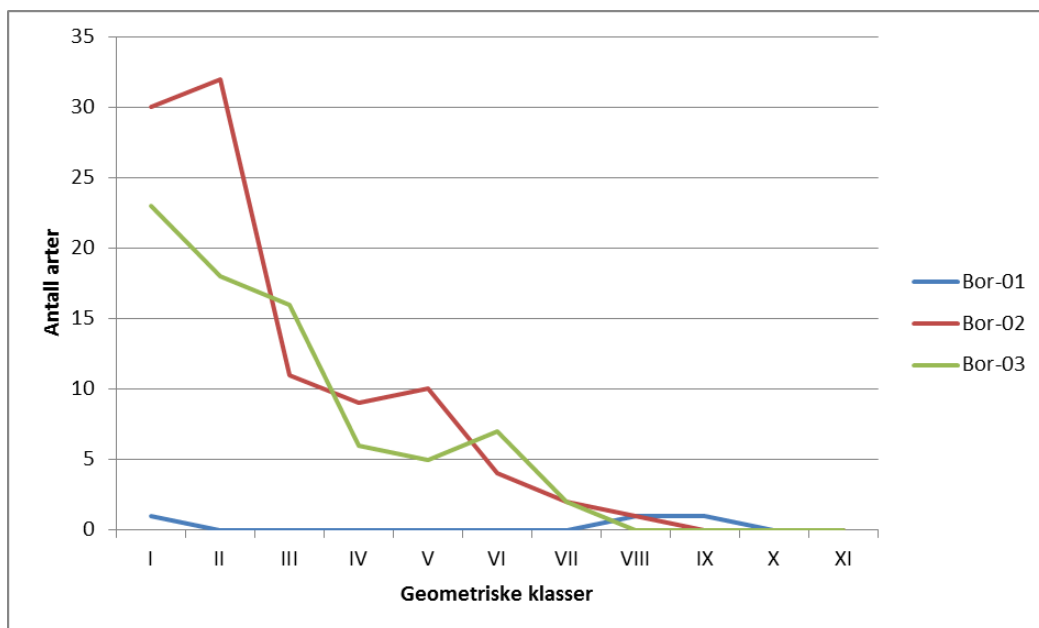
Prøvene fra fjernsonen (Bor-03) samler totalt 77 arter bestående av til sammen 759 individer. Med unntak av DI-indeksen havner alle de biologiske indeksene i beste tilstandsklasse I (Svært god). De to mest dominerende artene ved fjernsonen er børstemarkene *Anobothrus* sp. (10 % av alle individer samlet) og *Terebellides stroemi* (9 %), tett etterfulgt av slangestjernen *Amphilepis norvegica* (7 %). Det er meget jevn fordeling av individer på de ulike artene og fordelingen av geometriske klasser illustrerer godt den rike og jevne faunasammensetningen ved fjernsonen (Bor-03). MOM-klassifiseringen gjelder ikke for fjernsonen. På bakgrunn av biologiske indekser (Tabell 3.4) plasserer fjernsonen (Bor-03) i Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God).

Ut fra de multivariate analysene ser man tydelig at nærsjonen (Bor-01) avviker fra overgangssonen og fjernsonen. Cluster-plottet viser imidlertid at alle stasjonene er signifikant ulike hverandre. Innad på stasjonene er det ingen signifikante forskjeller mellom hugg.

**Tabell 3.4:** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved Borgarliflot, april 2014. Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m<sup>2</sup>. Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES<sub>100</sub> og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Beregnede indeksverdier og nEQR er vist for alle stasjonene (nær-, overgangs- og fjernsone), men gjelder strengt tatt kun for vurdering av tilstanden til fjernsonen. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Klassifisering av miljøtilstand i fjernsone er gitt i henhold til vanddirektivets veileder 02:2013 med bruk av nEQR-verdier. Grabbverdien av nEQR er basert på grabbgjennomsnittet for hver enkel indeks mens stasjonsverdien av nEQR er basert på sum (kumulert grabbdata). Miljøtilstand og tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabb-hugg	Antall arter	Antall individer	NQI1 verdi	H' verdi	ES <sub>100</sub> verdi	ISI <sub>2012</sub> verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi	Miljø-tilstand
<b>Nærsone</b>											
Bor-01 02.04.2014	1	3	440	0,18	0,70	2,23	4,54	12,83	0,59		
	2	2	93	0,15	0,49	2,00	4,54	7,75	0,08		
	Sum	3	533	0,18	0,90	2,19	4,54	11,94	0,38		3
	Snitt	2,5	266,5	0,17	0,60	2,12	4,54	10,29	0,38		
	<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>			0,12	0,20	0,09	0,21	0,28	0,69	-	
	<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>			0,11	0,13	0,08	0,21	0,21	0,69	-	
										-	
<b>Overgangssone</b>											
Bor-02 02.04.2014	1	80	439	0,79	5,12	38,60	9,52	24,56	0,59		
	2	74	557	0,79	4,88	35,55	9,62	24,53	0,70		
	Sum	99	996	0,80	5,10	37,02	9,32	24,54	0,65		1
	Snitt	77,0	498,0	0,79	5,00	37,08	9,57	24,55	0,65		
	<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>			0,77	0,87	0,84	0,77	0,78	0,36	0,73	
	<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>			0,77	0,84	0,84	0,80	0,78	0,36	0,73	
<b>Fjernsone</b>											
Bor-03 02.04.2014	1	60	364	0,82	4,94	34,66	11,58	25,49	0,51		
	2	63	395	0,83	4,90	33,79	11,45	25,25	0,55		
	Sum	77	759	0,82	5,02	34,47	11,42	25,35	0,53		
	Snitt	61,5	379,5	0,82	4,92	34,23	11,52	25,37	0,53		
	<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>			0,81	0,85	0,81	0,91	0,81	0,49	0,78	-
	<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>			0,81	0,83	0,80	0,91	0,81	0,49	0,78	-

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------



**Figur 3.3:** Antall arter (langs y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Borgarliflot, april 2014.

**Tabell 3.5:** De ti mest tallrike artene fra prøvene ved Borgarliflot, april 2014. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m<sup>2</sup>.

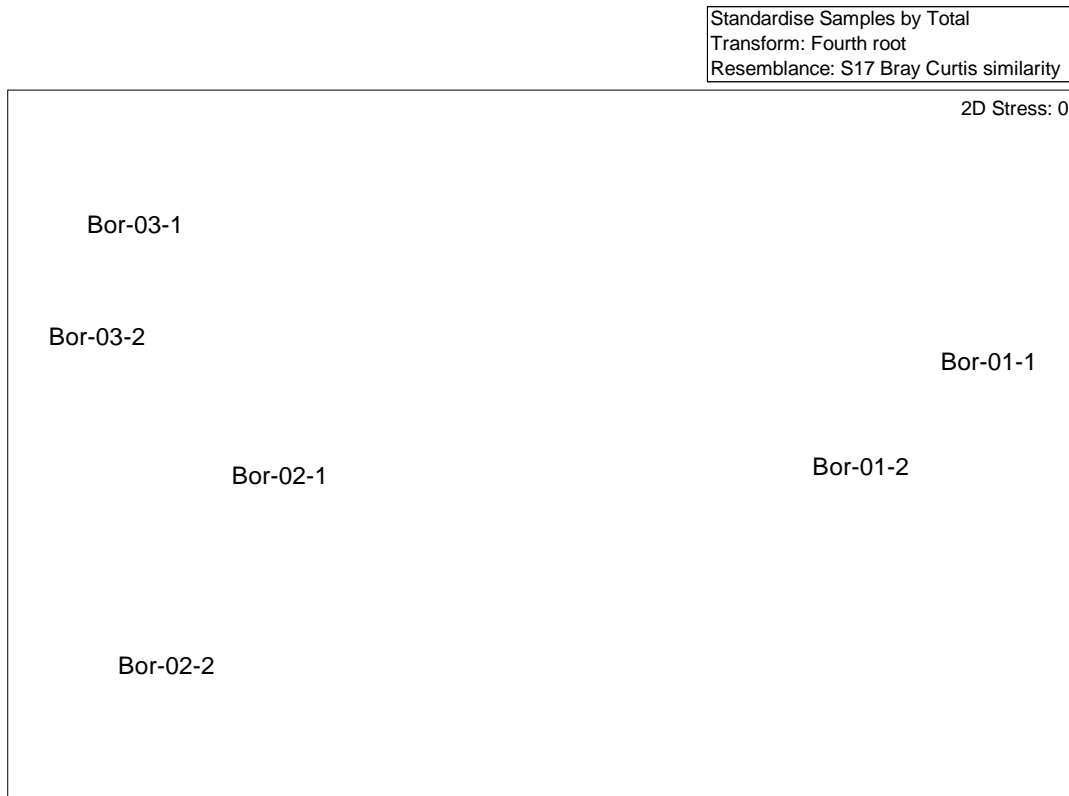
Bor-01 (nærsone, 89 m)	Antall	%	Kum %
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	370	69,4 %	69,4 %
<i>Capitella capitata</i>	162	30,4 %	99,8 %
<i>Ophryotrocha</i> sp.	1	0,2 %	100,0 %

Bor-02 (overgangssone, 156 m)	Antall	%	Kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	177	17,8 %	17,8 %
<i>Amythasides macroglossus</i>	82	8,2 %	26,0 %
<i>Thyasira equalis</i>	71	7,1 %	33,1 %
<i>Aphelochaeta</i> sp.	52	5,2 %	38,4 %
<i>Chaetozone</i> sp.	45	4,5 %	42,9 %
<i>Lumbrineridae</i> indet.	36	3,6 %	46,5 %
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	35	3,5 %	50,0 %
<i>Medicula ferruginosa</i>	31	3,1 %	53,1 %
<i>Notomastus latericeus</i>	28	2,8 %	55,9 %
<i>Eclysippe vanelli</i>	27	2,7 %	58,6 %

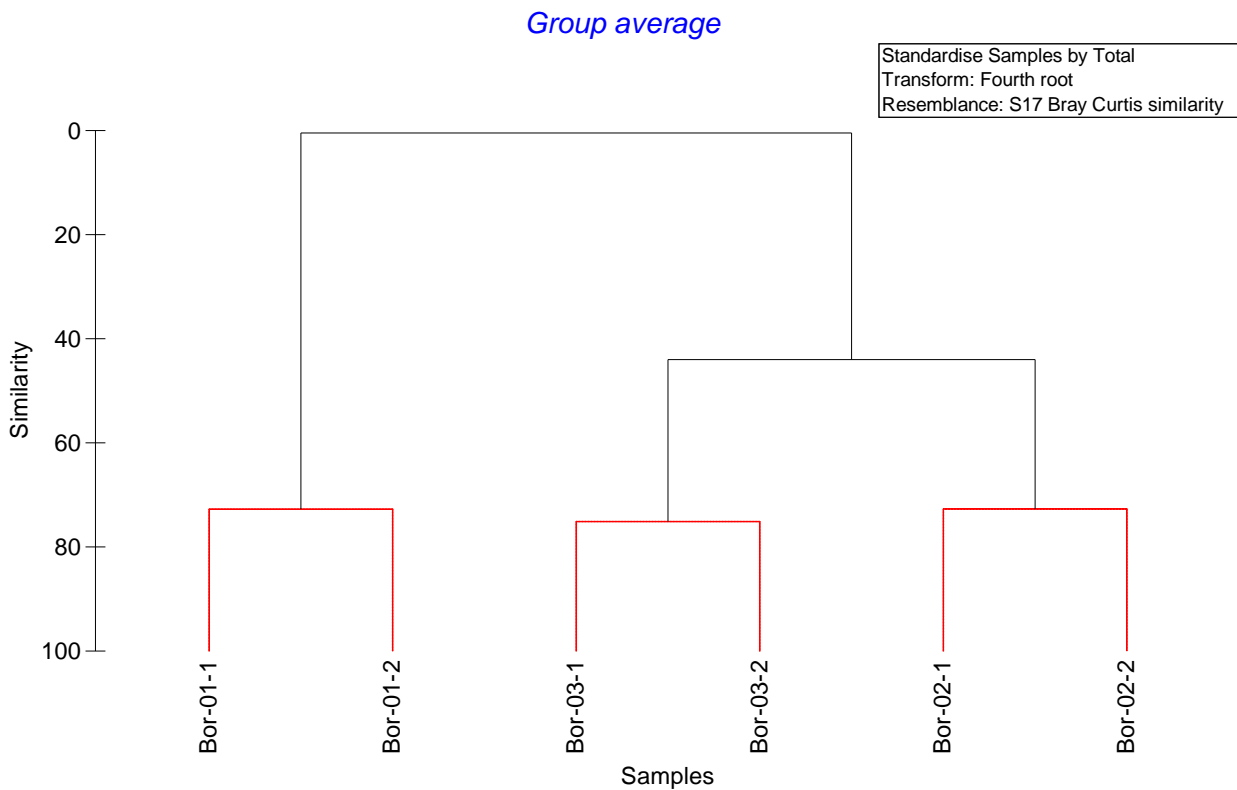
Bor-03 (fjernsone, 463 m)	Antall	%	Kum %
<i>Anobothrus</i> sp.	75	10 %	10 %
<i>Terebellides stroemi</i>	70	9 %	19 %
<i>Amphilepis norvegica</i>	56	7 %	26 %
<i>Heteromastus filiformis</i>	50	7 %	33 %
<i>Kelliella abyssicola</i>	45	6 %	39 %
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	40	5 %	44 %
<i>Nucula tumidula</i>	37	5 %	49 %
<i>Paradiopatra fiordica</i>	35	5 %	54 %
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	33	4 %	58 %
<i>Lumbrineridae</i> indet.	27	4 %	62 %

Annelida/Polychaeta	Mollusca	Echinodermata	Crustacea	Andre
---------------------	----------	---------------	-----------	-------





**Figur 3.4:** MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt ved Borgarliflot, april 2014. 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 ved Borgarliflot, april 2014. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner. Røde linjer angir fravær av signifikant forskjell mellom grupper.

## 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Borgarliflot i Vindafjorden, Suldal kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 02. april 2014. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og i dypet av fjorden (fjernsonen).

Sedimentet ved nærsonen og overgangssonen er i hovedsak middels finkornet mens det ved fjernsonen er noe innslag av grus blandet med finpartikler innenfor leire/silt kategorien. Samtlige stasjoner virker ut fra kornfordelingen å ha moderate bunnstrømforhold, men muligens noe sterkere ved fjernsonen.

Oksygeninnhold i bunnvann måles til 4,70 ml O<sub>2</sub>/liter (metningsgrad lik 68,8 %) ved 463 meter dybde i fjernsonen og plasserer i Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god).

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet svakt forhøyede verdier for glødetap. Sedimentet ved overgangssonen og fjernsonen har fine verdier, godt innenfor normale verdier for norske fjorder som typisk er på under 10 %.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Det må understrekes at verdier og forhold angitt av glødetap og TOC ikke nødvendigvis er sammenlignbare og TOC er ikke tilpasset forholdene i kystnære områder. Nærsonen har meget høye verdier for normalisert TOC ved undersøkelsestidspunktet og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Dette er ikke unormalt da det er forventet at produksjon på et anlegg påvirker nærområdet. Det ble imidlertid også påvist høye verdier for normalisert TOC i fjernsonen som tilsvarer Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig). Overgangssonen har derimot lave verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå). Avstand fra nærsonen og fjernsonen er om lag 1500 meter, og det er ikke vanlig å finne spor etter drift fra et oppdrettsanlegg over slike avstander. Forhøyede TOC verdier i fjernsonen kan av denne grunn skyldes naturlig påvirkning. Kjemiske parametere som fosfor, kobber og sink kan gi en indikasjon på om organisk materiale kommer fra oppdrettsanlegg eller andre kilder.

Kjemiske målinger fra nærsonen viser meget forhøyede verdier av fosfor samt forhøyede verdier av både kobber og sink, henholdsvis Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig) og III (Moderat). pH/Eh målinger gir for nærsonen tilstand 3 (Dårlig). På stasjonene i overgangssonen og fjernsonen ble det målt fosforverdier innenfor normalen for norske fjorder (< 1000 mg/kg TS), samt kobber- og sinkverdier innenfor beste tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå) ved begge stasjonene. Både overgangssonen og fjernsonen plasserer ut fra pH/Eh målinger i tilstandsklasse 1 (Meget god). Disse resultatene tyder på at produksjon ved anlegget har størst påvirkning i nærområdet og liten eller ingen påvirkning i overgangssonen eller fjernsonen.

Bunnfaunaen ved nærsone vitner om dårlige miljøforhold ved undersøkelsestidspunktet. Prøvene herfra finn totalt bare 3 ulike arter hvorav de 2 mest dominerende artene utgjør 99,8 % av alle samlede individer. Artene funnet i prøvene fra nærsone er typiske opportunistar og kjennetegner områder med høy organisk belastning. I henhold til MOM-standarden som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får nærsone tilstand 3 (Dårlig). Overgangssone har svært gode bunnfaunaforhold ved undersøkelsestidspunktet. Prøvene herfra samlar totalt 99 arter og en rimelig jevn fordeling av individer på artene. De to mest dominerende artene i prøvene fra overgangssone er børstemarkar, mens den tredje mest dominerende arten er et skjell. Overgangssone får basert på biologiske indekser Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God) og på bakgrunn av MOM-klassifisering miljøtilstand I (Svært god). Prøvene fra fjernsone har totalt 77 arter og meget jevn individfordeling på artene. De to mest dominerende artene ved fjernsone er børstemarkar, tett fulgt av en slangestjerne som tredje mest dominerende art. Fjernsone får på bakgrunn av biologiske indekser Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God). Både overgangssone og fjernsone har samlet sett en rik faunasammensetning med flere arter fra ulike fylum. Resultat fra faunaanalysene samsvarer bra med de kjemiske parameterne, og indikerer lite påvirkning av overgangssone og fjernsone.

Basert på resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Borgarliflot, april 2014, virker anleggsdriften å påvirke det umiddelbart nærliggende miljøet rundt anlegget med økt tilførsel av organisk materiale og metaller. Påvirkning fra driften er også meget tydelig i faunasammensetningen i nærsone. Det er imidlertid ingen indikasjon på at driften gir ringvirkningar utover dette. Både overgangssone og fjernsone viser til gode verdier for de fleste parameterne undersøkt og rike faunasammensetningar. Fjernsone har noe høye verdier for normalisert TOC, men dette kan vanskelig koples opp mot driften. De høye TOC verdiene i fjernsone skyldes trolig heller en naturlig høy forekomst av organisk materiale i dypområdene av resipienten.

Forholdene i nærsone kan bli bedre dersom anlegget flyttes lengre ut mot midten av fjorden og ved å justere anleggsposisjonen slik at hovedstrømmen i større grad treffer kortsiden til anlegget. Dette kan gi bedre vanntransport omkring anlegget og mindre akkumulering av fôr og fekalier under anlegget. Slike justeringer samsvarer med planene til Rogaland Fjordbruk AS for fremtidig drift på lokaliteten.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene under anlegg nøye for å unngå negativ innvirkning både på driften 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. Resipientens evne til å ta seg inn igjen til sin naturlige tilstand i løpet av brakkleggingsperiodene er avgjørende for hvorvidt pågående drift er forsvarlig med tanke på områdets fremtidige miljøkvalitet.

## 5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Einar Bye-Ingebrigtsen og Torben Lode fra SAM-Marin, samt Oddvar Heien og Atle Tveita fra Alsaker Fjordbruk AS. Bunnprøvene ble sortert av Ingrida Petrauskaite, Ragna Tveiten, Nargis Islam, Linda Bjelland Pedersen og Hanna Molden. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad, Per Johannessen, Frøydis Lygre og Øydis Alme.

## 6 LITTERATUR

- Berge-Haveland, F. 2013. Straummåling, lokalitet Borgarli, Suldal kommune. Rapport nr. 1011-2013. 21 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Johansen, Y. K. 2014. Resipientgransking. MOM-B med ekstra prøvepunkt og kjemi. Lokalitet Borgarli, Suldal kommune. Resipient Analyse AS. Rapport nr. 1094-2014. 31 s.
- NS-EN ISO 5667-19:2004. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder. Standard Norge. 23 s.
- NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014) Standard Norge. 40 s.
- NS-EN ISO 17294-2:2004. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) – Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer. Standard Norge.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. Standard Norge.
- NS-EN 13137:2001. Karakterisering av avfall – Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. Standard Norge.
- NS-EN 14346:2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. Standard Norge.
- NS 4764:1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. Standard Norge.
- NS 9410:2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg (innbefattet rettelsesblad AC:2000). Standard Norge. 27 s.
- TA 1467/1997. Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- TA 1883/2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Rapport 848/02. Statlig program for forurensningsovervåking, 2002. 138 s.
- TA 2229/2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn, SFT 2008. 12 s.
- 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 Vanndirektivet (2009). 181 s.
- Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.

## 7 Vedlegg

<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata .....</i>	<b>30</b>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre .....</i>	<b>39</b>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste.....</i>	<b>41</b>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser .....</i>	<b>46</b>
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis .....</i>	<b>47</b>
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data.....</i>	<b>50</b>

## 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 m<sup>2</sup>), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

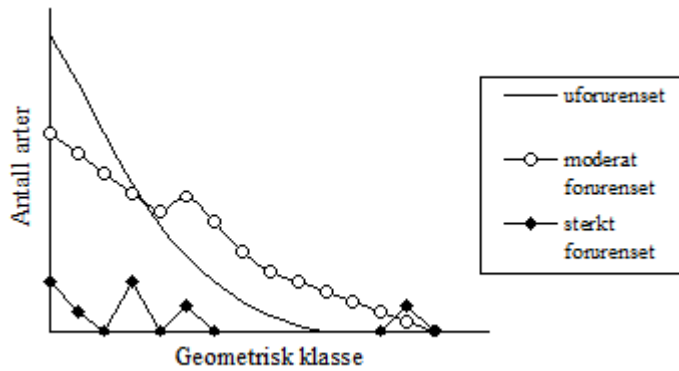
### Geometriske klasser

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 toppen 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 indeksene kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Miljødirektoratet legger imidlertid vekt på indeksene når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al., 1997 og Veileder 02:2013).

### Diversitet

**Shannon-Wieners diversitetsindeks (H')** beskrives ved arts mangfoldet (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.

**Hurlbert diversitetsindeks  $ES_{100}$**  viser forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve, og er beskrevet vha. følgende formel:

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

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

### Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI, AMBI og NSI.

**ISI** er beskrevet av Rygg (2002) og senere revidert, den reviderte ISI betegnes  $ISI_{2012}$  (Rygg og Norling, 2013). Beregning av ISI er beskrevet med utføres med følgende formel:

$$ISI = \sum_{i=1}^s \left[ \frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right] 50$$



hvor  $ISI_i$  er verdi for arten  $i$  og  $S_{ISI}$  er antall arter tilordnet sensitivetsverdier

**AMBI (Azti Marin Biotic Index)** tilordner hver art 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.

**NSI** er en ny sensitivetsindeks og ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata. Hver art av i alt 591 arter er tilordnet en sensitivetsverdi. En prøves NSI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivetsverdiene av alle individene i prøven. Hvordan NSI beregnes er beskrevet av Rygg og Norling (2013).

$$NSI = \sum_i^S \left[ \frac{N_i * NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor  $N_i$  er antall individer og  $NSI_i$  verdi for arten  $i$ ,  $N_{NSI}$  er antall individer tilordnet sensitivetsverdier

### Individtetthet

DI (density index) er en ny indeks for individtetthet (Rygg og Norling, 2013). DI er spesielt utviklet med tanke på tilstandsklassifisering av individfattig fauna. DI er beskrevet av formelen:

$$DI = abs [\log_{10}(N_{0,1m^2}) - 2.05]$$

hvor  $abs$  står for absoluttverdi og  $N_{0,1m^2}$  antall individer pr.  $0,1 m^2$

### **Sammensatte indekser**

Sammensatte indekser som NQI1 (Norwegian quality Index) 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.

NQI1 er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$NQI1 = \left[ 0,5 * \left( \frac{(1 - AMBI)}{7} \right) + 0,5 * \left( \frac{\left( \frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right)}{2,7} \right) * \left( \frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor  $N$  er antall individer og  $S$  antall arter

### **Klassegrenser**

Klassegrensene for hver indeks er gitt av Veileder 02:2013 (Tabell v2). Samme grenseverdier brukes for grabbklassifisering (gjennomsnitt av grabbverdier) og stasjonsklassifisering (kumulerte grabbdata).

Tabell v2 :Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser 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 <sub>100</sub>	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI <sub>2012</sub>	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

\* Klassegrensene er foreløpig de samme for alle påvirkningstyper, 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.

### Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

nEQR (normalized ecological quality ratio) benyttes for å muliggjøre en harmonisert sammenligning av forskjellige indekser. nEQR beregnes for grabbgjennomsnittverdier (snitt) og kumulert grabbdata (sum) per stasjon for hver enkelt indeks. Gjennomsnittet av enkeltindeksenes nEQR-verdier fra både grabbgjennomsnitt og kumulert grabbdata brukes til å beregne tilstandsverdier (nEQR) på stasjonen. nEQR beregnes med følgende formel:

$$\text{nEQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0,2 + \text{Klassens nEQR basisverdi}$$

Klassens nEQR basisverdi (nedre grenseverdi) er den samme for alle indekser og er satt til:

Basisverdi klasse I	=	0,8
Basisverdi klasse II	=	0,6
Basisverdi klasse III	=	0,4
Basisverdi klasse IV	=	0,2
Basisverdi klasse V	=	0,0

nEQR gir et tallverdi på en skala fra 0 til 1. Ettersom nEQR følger en kontinuerlig skala viser verdien ikke bare tilstandsklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger.

### 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:

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

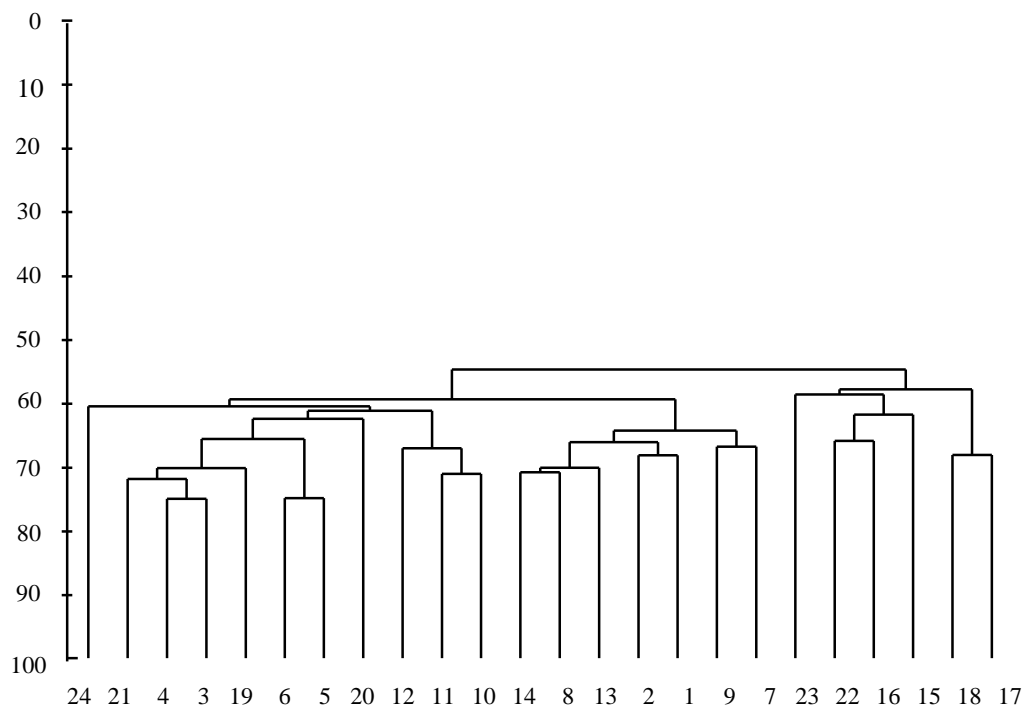
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

### **Dataprogrammer**

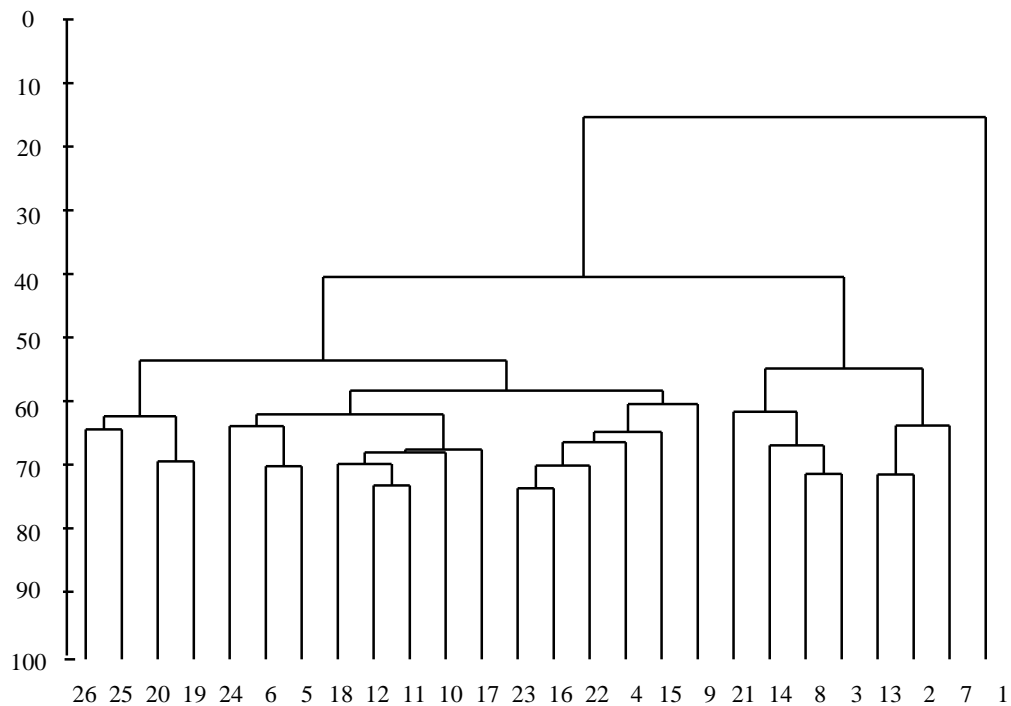
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet ( $H'$ ) og inndelingen i geometriske klasse. «Diversi» er laget av Knut Årestad ved Insitutt 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.

FAUNALIKHET

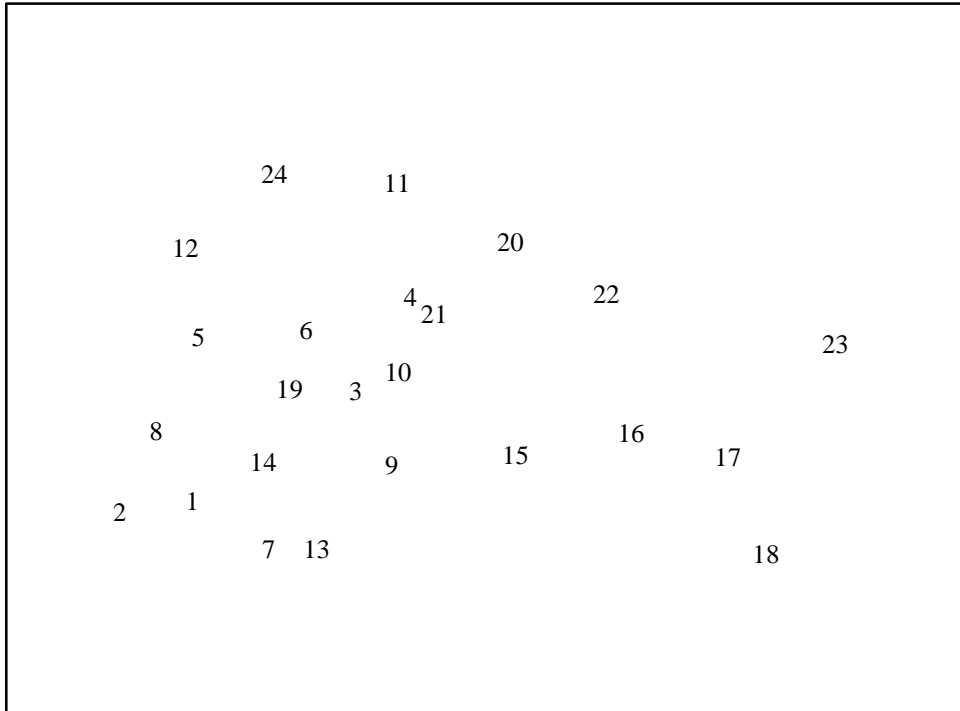


FAUNAFORSKJELL

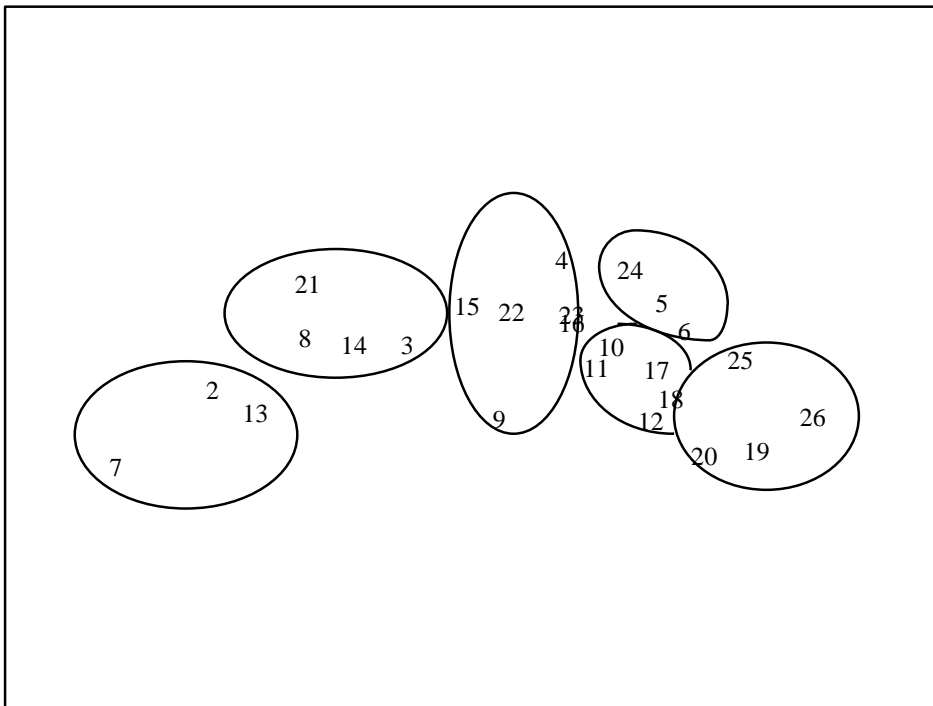


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

- 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.
- TA 1467/1997. Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- TA 2229/2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn, SFT 2008. 12 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.
- NIVA Report SNO 4548-2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. 33 s.
- NIVA Report SNO 6475-2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator species Index (ISI). 48 s.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet (2013). 263 s.

## Vedleggstabell 1. MOM-B parametere

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

## PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Rogaland Fjordbruk  
 Lokalitet: Borgarliflot  
 Lokalitetstype: Matfisk

Dato: 02.04.2014  
 Lokalitetsnr: 15796

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr							Indeks														
			Bor-01	Bor-02	Bor-03																			
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0						0,0													
I	Tilstand (Gruppe I)		<b>A</b>																					
II	pH	verdi	6,92	7,35	7,51																			
	E <sub>h</sub> (mv)	verdi	-383	-171	-86																			
		+ ref. verdi	-163	49	134																			
	pH/E <sub>h</sub>	fra figur	3	1	0						1,3													
	Tilstand, prøve		3	1	1																			
	Tilstand, gruppe II		<b>2</b>																					
	Buffer temp:		8,29		Temp sjø: 6,9		Temp sediment: 7,8																	
	pH sjø:		8,29		Eh sjø: 475		Ref. elektrode: 220																	
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		01.04.2014 EBI																					
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																					
	Grabb- volum	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	0																				
	2 - 8 cm = 1																							
	t ≥ 8 cm = 2																							
	SUM		16	4	2																			
	Korrigert sum (*0,22)		3,52	0,88	0,44						1,6													
	Tilstand prøve		4	1	1																			
	Tilstand gruppe III		<b>2</b>																					
	Middelverdi gruppe II og III		3,26	0,94	0,22						1,5													
	Tilstand gruppe II og III		<b>2</b>																					
	pH/Eh Korr. sum Indeks Middelverdi	Tilstand																						
		< 1,1	1																					
		1,1 - < 2,1	2																					
		2,1 - < 3,1	3																					
		≥ 3,1	4																					
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tilstand</th> <th rowspan="2">Lokalitetstilstand</th> </tr> <tr> <th>Gruppe I</th> <th>Gruppe II og III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>1, 2, 3, 4</td> <td>1, 2, 3, 4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1, 2, 3</td> <td>1, 2, 3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>							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	
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		<b>2</b>																					

Korrekturlest: 12.06.2014  
dato

EBI  
Sign.

TL  
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .



## SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Rogaland Fjordbruk

Dato: 02.04.2014

Lokalitet: Borgarliflot

Lokalitetsnr: 15796

Lokalitetstype: Matfisk

Prøvetaksingssted (nr)	Bor-01	Bor-02	Bor-03						
Dyp (m)	89	156	461						
Antall forsøk									
Bobling (i prøve)	x								
Primær-sediment	Grus		20						
	Skjellsand								
	Sand			20					
	Mudder	50							
	Silt	50	60	30					
	Leire		40	30					
Fjellbunn									
Steinbunn			x						
Pigghuder, antall									
Krepsdyr, antall									
Skjell, antall									
Børstemark, antall									
Andre dyr, antall									
<i>Malacoceros fuliginosa</i>									
Beggiatoa									
Fôr	Ja								
Fekalier									
Kommentarer			Mye stor stein						

Korrekturlest: 12.06.2014  
datoEBI  
Sign.TL  
Sign.

## Vedleggstabell 2. Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 003

**Vedlegg SF-SAM-505 Benthos  
Artsliste****Uni Miljø - Sam Marin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 27.06.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 27.06.2014 ( Øydis Alme )



**SAM-Marin**  
 Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen  
 Telefon: 55 58 43 41 Telefaks: 55 58 45 25



**Oppdragsgiver (navn og adresse):** Rogaland Fjordbruk AS, 4235 Hebnes  
**Prosjekt nr.:** 808388  
**Prøvetakingssted (område):** Suldal kommune, Vindafjorden, lokalitet Borgarliflot  
**Dato for prøvetaking:** 02.04.2014  
**Ansvarlig for prøvetaking (firma):** Uni Research Miljø, SAM-Marin  
**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet:** -  
**Artene er identifisert av:** Tom Alvestad, Per Johannessen, Frøydis Lygre og Øydis Alme (opplæring)

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	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:4 sider.

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

Signatur:.....*Frøydis Lygre*.....  
 Godkjent taksonom

## Uni Research Miljø

	Stasjon	Bor-01	Bor-01	Bor-02	Bor-02	Bor-03	Bor-03
	Dato	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014
	Dyp	89 m	89 m	156 m	156 m	461 m	461 m
Art	Hugg	1	2	1	2	1	2
* PORIFERA indet.			+				
* HYDROZOA indet.		+	+	+		+	+
ANTHOZOA							
<i>Paraedwardsia cf. arenaria</i>				1	1	1	
* NEMERTEA indet.				3	10	2	5
* NEMATODA indet.		ca. 50	22		3	3	2
POLYCHAETA							
<i>Amaeana trilobata</i>				2	3		
<i>Amage auricula</i>						1/5	2
<i>Ampharete lindstroemi</i>					1		
<i>Ampharete octocirrata</i>							0/1
<i>Amphicteis gunneri</i>						0/1	
<i>Amythasides macroglossus</i>				34	48		
<i>Anobothrus</i> sp.						47	28
<i>Aphelochaeta</i> sp.				26	26	9	9
<i>Aphrodita aculeata</i>				0/1		0/1	
<i>Apistobranchus tullbergi</i>				2	3		
<i>Aricidea</i> sp.						2	
<i>Asclerocheilus</i> sp.						1	
<i>Brada villosa</i>				1	0/2	0/1	1
<i>Capitella capitata</i>		79	83	1			
<i>Ceratocephale loveni</i>				1	3		
<i>Chaetozone</i> sp.				29	16	5	3
<i>Chirimia biceps</i>				0/1			
<i>Cirratulus caudatus</i>						1	3
<i>Clymenura borealis</i>						3	1
<i>Diplocirrus glaucus</i>				5/2	6/1	0/1	1
<i>Eclysippe vanelli</i>				5/1	20/1		
<i>Eulalia</i> sp.				1	1		
<i>Exogone</i> sp.					2		2
<i>Glycera lapidum</i>				0/1	0/1	1/1	2/2
<i>Goniada maculata</i>				1			
<i>Heteromastus filiformis</i>				10	10	21	29
<i>Lagis koreni</i>				1			
<i>Levinsenia gracilis</i>				4	6	2	1
<i>Lipobranchus jeffreysii</i>				1	1		
<i>Lumbriclymene cylindricaudata</i>					1		
Lumbrineridae indet.				16	20	13	14
Maldanidae indet.				15	6	1	1

## Uni Research Miljø

	Stasjon	Bor-01	Bor-01	Bor-02	Bor-02	Bor-03	Bor-03
	Dato	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014
	Dyp	89 m	89 m	156 m	156 m	461 m	461 m
Art	Hugg	1	2	1	2	1	2
<i>Marphysa belli</i>							1
<i>Melinna albicincta</i>				1		3	1
<i>Monticellina</i> sp.						4	
<i>Myriochele heeri</i>						4	2
<i>Neoamphitrite</i> sp.				0/1			
<i>Neoleanira tetragona</i>				1	1		1
<i>Nephtys hystericis</i>				1/3	3		
<i>Nephtys paradoxa</i>				1	1		
<i>Nephtys</i> sp.						0/1	0/1
<i>Nereimyra</i> cf. <i>woodsholea</i>					1		
<i>Notomastus latericeus</i>				20	8		
<i>Ophelina norvegica</i>						1/1	
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				1			
<i>Ophryotrocha lobifera</i>		360	10				
<i>Ophryotrocha</i> sp.		1					
<i>Owenia borealis</i>					1		
<i>Paradiopatra fiordica</i>				1		11/4	16/4
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>						15/3	16/6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>				68	109	2	7
<i>Paraonis</i> sp.				2			
<i>Pectinaria auricomma</i>				4/3	0/6	1/1	1
<i>Pectinaria belgica</i>				2	1		
<i>Pherusa flabellata</i>						1	
<i>Pholoe baltica</i>				1	2		
<i>Pholoe pallida</i>				3			2
<i>Phylo kuppferi</i>					1		
<i>Phylo norvegicus</i>				1/1	1		
<i>Pilargis</i> sp.				1			
<i>Polycirrus norvegicus</i>				1			
<i>Polycirrus plumosus</i>				2/3	3		
<i>Polydora</i> sp.				9	11		
Polynoidae indet.							0/1
<i>Prionospio cirrifer</i>					0/3		
<i>Prionospio dubia</i>				0/1	1/1	0/2	0/2
<i>Protodorvillea</i> sp.				1			1
<i>Rhodine loveni</i>				0/1	1/1		1
<i>Scalibregma inflatum</i>				0/2			
<i>Scolecopsis korsuni</i>				2	6		
<i>Scoloplos armiger</i>				1			
<i>Sige fusigera</i>					3		
<i>Sosanopsis wireni</i>				0/1			

## Uni Research Miljø

	Stasjon	Bor-01	Bor-01	Bor-02	Bor-02	Bor-03	Bor-03
	Dato	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014
	Dyp	89 m	89 m	156 m	156 m	461 m	461 m
Art	Hugg	1	2	1	2	1	2
<i>Spiochaetopterus typicus</i>				0/1			0/2
<i>Spiophanes kroeyeri</i>					0/1		
<i>Spiophanes wigley</i>							1
<i>Streblosoma intestinale</i>						1/4	0/2
<i>Terebellides stroemi</i>					0/1	5/25	4/36
<i>Trichobranchus roseus</i>					1		
<i>Trichobranchus</i> sp.						1	1
<i>Zatsepinia rittichae</i>				1			
OLIGOCHAETA indet.				1	1		
SIPUNCULA							
Sipuncula indet.				2	3		1
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>				14	21	9	24
<i>Nephasoma</i> cf. <i>minutum</i>				7	19	16	6
CRUSTACEA							
* Amphipoda indet.					3	11	22
* <i>Calanus finmarchicus</i>		4	1	3	1		
* <i>Calanus hyperboreus</i>			1	1	2		
<i>Campylaspis rubicunda</i>				1			
* Copepoda indet.						1	
<i>Cypridina norvegica</i>							1
* Decapoda indet.		0/1	0/1	0/2			
<i>Diastylis cornuta</i>				1/1	2		1
<i>Eriopisa elongata</i>				5	5	1	
<i>Eudorella emarginata</i>					2		
* Hyperiidæ				1			
<i>Macrocypris minna</i>							1
* <i>Munida sarsi</i>					0/1		
Parasellidæ indet.						1	
<i>Sarsinebalia typhlops</i>				1	1		
* PYCNOGONIDA indet.			2				
MOLLUSCA							
<i>Abra longicallus</i>						1	1/5
<i>Abra nitida</i>				6	8/1	1/2	2
<i>Adontorhina similis</i>				1	2	2	3
<i>Antalis entalis</i>				2	1		
<i>Antalis occidentalis</i>						0/1	1
<i>Axinulus croulinensis</i>				2	2/1		
<i>Axinulus eumyarius</i>						1	2
Caudofoveata indet.				10	6	9	6
<i>Cuspidaria lamellosa</i>						1	
<i>Cuspidaria rostrata</i>						1	

## Uni Research Miljø

	Stasjon	Bor-01	Bor-01	Bor-02	Bor-02	Bor-03	Bor-03
	Dato	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014	02.04.2014
	Dyp	89 m	89 m	156 m	156 m	461 m	461 m
Art	Hugg	1	2	1	2	1	2
<i>Diaphana minuta</i>							0/1
<i>Emmucula tenuis</i>				0/1			
<i>Entalina tetragona</i>				7	14/2	1/1	1
<i>Kelliella abyssicola</i>				1		11/6	22/6
<i>Kurtiella bidentata</i>					1		
<i>Kurtiella tumidula</i>				1	2		
<i>Melanella polita</i>					2		
<i>Mendicula ferruginosa</i>				10/1	14/6	9/2	2
<i>Nucula nucleus</i>					1/1		
<i>Nucula tumidula</i>				11/1	7/3	8/7	15/7
<i>Philine quadrata</i>						0/2	0/2
<i>Philine scabra</i>				0/2	0/2	0/1	0/2
<i>Skenea basistriata</i>						1	
Solenogastres indet.				3	1		
<i>Thyasira equalis</i>				19/4	34/14	7/2	9
<i>Thyasira obsoleta</i>				4/1	2/1	12/1	9/1
<i>Thyasira sarsii</i>				2/1			
<i>Tropidomya abbreviata</i>					1/1		
<i>Yoldiella lucida</i>						4	6
ECHINODERMATA							
<i>Amphilepis norvegica</i>				1/1		25	31
<i>Amphipholis squamata</i>				2	5	4	3
<i>Amphiura chiajei</i>					3		
<i>Amphiura filiformis</i>					1		0/1
<i>Ophiura carnea</i>				1/1	1		
<i>Ophiura sarsii</i>							4
Ophiuroidea indet.			+		0/2	0/1	0/1
Echinoidea indet.				0/1		0/1	0/5
<i>Echinocardium flavescens</i>				0/2	0/11		
<i>Echinocucumis hispida</i>						2	4
Synaptidae						2	
ENTEROPNEUSTA indet.				3	3		
* CHAETOGNATHA indet.						1	
* Fiske egg.		1					

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Bor-01	Bor-02	Bor-03
I	1	30	23
II	0	32	18
III	0	11	16
IV	0	9	6
V	0	10	5
VI	0	4	7
VII	0	2	2
VIII	1	1	0
IX	1	0	0
X	0	0	0
XI	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-14-MX-001195-01**



**EUNOBE-00010083**

Prøvemottak: 09.04.2014  
Temperatur:  
Analyseperiode: 09.04.2014-23.04.2014  
Referanse: 808388 / ref. 31/14

## ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 9600	mg/kg tv	a) 810	mg/kg tv	a) 970	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 180	mg/kg tv	a) 11	mg/kg tv	a) 33	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 390	mg/kg tv	a) 52	mg/kg tv	a) 140	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 77	mg/g tv	a) 8	mg/g tv	a) 30	mg/g tv	EN 13137	0,1
Totalt tørrstoff		a) 34,9	% (w/w)	a) 62,2	% (w/w)	a) 37,8	% (w/w)	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 23.04.2014**

*Kristine Fiane Johnson*

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingenier

**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 målesikkerhet 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 1



		<b>Molab as, 8607 Mo i Rana</b> Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ømesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
Kunde: <b>Uni Research AS</b> Att: Trond E. Israelsen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		<b>RAPPORT</b>  <b>Sedimentprøver</b>		
		Ordre nr.:	Antall sider + bilag:	
		54273	2	
		Rapport referanse:	Dato:	
		KR-18757	09.05.2014	
Rev. nr.	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført:	Ansvarlig signatur:	
0	808388 / 18/14	Eli Ellingsen	Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 02.04.2014

**RESULTATER**

Prøve merket:			Bor 1	Bor 2	Bor 3		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000483	KG-000484	KG-000485		
TOM (550 °C)	%	23.04.14	11,5	2,19	5,99		

**Kornfordeling**

Analysedato: 23.04.2014

Bor 1		KG-000483							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,06	0,8	0,8	MdΦ	Silt og leire		26,8	
1000	0	0,07	0,9	1,7	3,29	Sand		72,3	
500	1	0,13	1,7	3,5		Grus		0,8	
355	1,5	0,16	2,2	5,6	SdΦ				
250	2	0,38	5,1	10,8	1,73				
180	2,5	0,74	10,0	20,7					
125	3	1,40	18,8	39,5	SkΦ				
90	3,5	1,32	17,7	57,3	0,36				
63	4	1,18	15,9	73,2					
<63	8	2,00	26,8	100,0	KΦ				
		7,44	100,0		1,46				

Prøveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjennelse. Rapporteres i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se [www.molab.no](http://www.molab.no) for disse betingelser.



Bor 2		KG-000484							
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,09	0,8	0,8	Md $\Phi$	Silt og leire		50,8	
1000	0	0,05	0,5	1,3	4,06	Sand		48,4	
500	1	0,09	0,8	2,2		Grus		0,8	
355	1,5	0,05	0,5	2,6	Sd $\Phi$				
250	2	0,14	1,3	4,0	1,76				
180	2,5	0,36	3,4	7,3					
125	3	0,94	8,8	16,2	Sk $\Phi$				
90	3,5	1,35	12,7	28,9	0,36				
63	4	2,16	20,3	49,2					
<63	8	5,40	50,8	100,0	K $\Phi$				
		10,63	100,0						0,82

Bor 3		KG-000485							
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	1,81	23,5	23,5	Md $\Phi$	Silt og leire		58,8	
1000	0	0,40	5,2	28,7	4,60	Sand		17,7	
500	1	0,23	3,0	31,7		Grus		23,5	
355	1,5	0,09	1,2	32,9	Sd $\Phi$				
250	2	0,11	1,4	34,3	4,19				
180	2,5	0,11	1,4	35,7					
125	3	0,13	1,7	37,4	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,13	1,7	39,1	-0,50				
63	4	0,16	2,1	41,2					
<63	8	4,53	58,8	100,0	K $\Phi$				
		7,70	100,0						0,71

### ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/Analyseteknikk	Akkrediteringsstatus	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjonsgrense	Enhet
TOM (550 °C)	NS-4764	A	20	0,30	%
Kornfordeling	Intern metode	A	20	-	%

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

### ANMERKNINGER

Proveresultatene 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](http://www.molab.no) for disse betingelser.

**Vedleggstabell 5. CTD Data**

Resultater fra hydrografimålingene ved Bor-03:

Dybde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur (°C)	Oksygen metning %	Oksygen mg/l	Oksygen ml/l	Tetthet (σt)
1	18,85	7,64	112,93	11,93	8,40	14,67
2	20,90	7,08	110,83	11,72	8,25	16,34
3	23,40	6,58	110,47	11,63	8,19	18,36
5	29,04	5,72	111,97	11,61	8,18	22,91
7	29,68	5,82	107,92	11,11	7,82	23,41
10	30,44	5,95	103,12	10,53	7,42	24,00
15	31,46	6,03	101,00	10,23	7,20	24,82
20	32,08	6,16	99,48	10,00	7,04	25,32
25	32,27	6,49	96,82	9,65	6,80	25,45
30	32,62	6,57	93,02	9,23	6,50	25,74
40	32,76	6,13	94,05	9,42	6,63	25,95
50	33,12	6,57	94,26	9,32	6,56	26,22
60	33,33	7,02	90,13	8,81	6,20	26,38
70	33,47	7,08	88,60	8,64	6,08	26,53
80	33,72	7,42	88,64	8,56	6,03	26,72
90	33,82	7,05	85,17	8,29	5,84	26,90
100	33,93	6,96	85,79	8,36	5,89	27,04
125	34,27	7,21	84,37	8,15	5,74	27,39
150	34,53	7,51	79,98	7,66	5,39	27,67
175	34,64	7,42	78,85	7,57	5,33	27,87
200	34,69	7,32	78,52	7,55	5,32	28,05
225	34,78	7,26	77,02	7,41	5,22	28,24
250	34,83	7,19	75,08	7,24	5,10	28,40
275	34,84	7,16	74,09	7,15	5,04	28,53
300	34,86	7,12	73,10	7,05	4,96	28,66
325	34,88	7,03	72,22	6,98	4,92	28,81
350	34,92	6,92	72,33	7,01	4,94	28,97
375	34,94	6,88	72,38	7,02	4,94	29,10
400	34,96	6,85	72,45	7,03	4,95	29,24
425	34,95	6,84	72,10	7,00	4,93	29,35
450	34,96	6,84	71,70	6,96	4,90	29,46
463	34,95	6,84	68,82	6,68	4,70	29,54