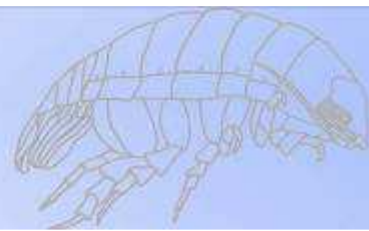


# SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Research Miljø



e-rapport nr: 8 – 2015

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

**Einar Bye-Ingebrigtsen**

**Torben Lode**



**Per-Otto Johansen**



ID: 10723 Versjonsnr: 006

**Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av sammendrag SAM e-rapport****Uni Research Miljø : Sammarin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

	<b>SAM-Marin</b>	
Uni Research Miljø SAM-Marin Thormøhlensgt. 55 5008 Bergen, Norway		Tlf: 55 58 44 05 E-post: <a href="mailto:Sam-marin@uni.no">Sam-marin@uni.no</a> Internet: <a href="http://www.uni.no">www.uni.no</a> Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse fra lokalitet Bjelkavik i Suldal kommune, 2014	Dato: 04.05.2015
	Antall sider og bilag: 49
Forfatter(e): Einar Bye-Ingebrigtsen, Torben Lode, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Trond E. Isaksen
	Prosjektnummer: 808388
Oppdragsgiver: Rogaland Fjordbruk AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Bjelkavik on its surrounding environment. Sediment sampled near the facility showed high values of TOC, phosphorous and copper, however the condition of the macro-fauna was good at the time of the survey. Apart from elevated TOC levels and slightly elevated phosphorous levels, the two more distal stations showed no other indications of benthic impact from the facility.

Keywords: Marine, environment, survey, MOM C, recipient	Emneord: Marin, miljø, undersøkelse, resipient, MOM C	ISSN NR.: 1890-5153
		SAM e-Rapport nr. 8-2015

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	04.05.2015	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	04.05.2015	<i>Einar Bye-Ingebrigtsen</i>

ID: 10723 Versjonsnr: 006

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

**Uni Research Miljø : Sam-  
marin**

---

<b>Ansvarsområde:</b>	Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
<b>Dok. kategori:</b>	Vedlegg <b>Sist endret:</b> 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )
<b>Siste revisjon:</b>	Ikke satt <b>Neste revisjon:</b> Ikke satt
<b>Godkjent:</b>	GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

---

SAM-marin er en del av Uni Research Miljø (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 ved SAM-marin:**

**Prøvetaking til sediment analyser, samlet av:** Torben Lode (SAM-Marin) og Bjarte Espevik (Kvitsøy Sjøtjenester AS)

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Torben Lode og Ragna Tveiten

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

**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Per-Otto Johansen

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Scallop (Kvitsøy Sjøtjenester AS)

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Environmental Testing Norway AS akkrediteringsnummer TEST 003

Akkreditert: TOC, fosfor, kobber, sink, tørrstoff

Ikke akkreditert: -

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

Akkreditert: TOM, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

## INNHold

<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Hydrografi .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Bløtbunnundersøkelse – Prøvetaking og analyser.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Produksjonsdata fra anlegget .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 Avvik .....</b>	<b>14</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Hydrografi.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Sediment.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Kjemi .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Bunndyr .....</b>	<b>20</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....</b>	<b>25</b>
<b>5 TAKK .....</b>	<b>26</b>
<b>6 LITTERATUR.....</b>	<b>27</b>
<b>7 VEDLEGG.....</b>	<b>29</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Bjelkavik (lokalitetsnr. 11930) i Vindafjorden, Suldal kommune. Innsamlingene ble gjennomført 25. september 2014.

Rogaland Fjordbruk AS er i en prosess hvor de søker om tillatelse til økt MTB ved lokaliteten Bjelkavik. Formålet med denne resipientundersøkelsen er å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Bjelkavik i forbindelse med søknaden om økt MTB. 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 Miljødirektoratet tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (TA 1467/1997, TA 2229/2007), Direktoratsgruppa Vanndirektivets indekser (Veileder 02:2013) og mot C-delen av MOM-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.

Det er tidligere blitt utført MOM C-undersøkelse ved lokaliteten i mars 2009 (Heggøy, 2009). MOM C-undersøkelsen fra 2009 fant forhøyede verdier av kobber på stasjonen like ved anlegget, samt dårlig tilstand ut fra pH/Eh målinger i nærsone, men utover dette ble forholdene ved stasjonene funnet å være akseptable. Rapporten konkluderte med at anlegget virker å ha liten negativ påvirkning på bunnfaunaen (Heggøy, 2009). Lokaliteten har siden forrige MOM C-undersøkelse blitt flyttet ca. 650 meter nordøst. Grunnet flyttingen er det opprettet nye undersøkelsesstasjoner for MOM C-undersøkelsen i 2014. MOM B-undersøkelsene ved lokalitetens nåværende posisjon har vist gode og meget gode lokalitetstilstander (Berge-Haveland og Aursland 2012, Johansen og Berge-Haveland 2014a,b). Det er også utført strømmålinger ved den nye lokalitetsplasseringen (Berge-Haveland og Johansen 2015). Resultatene herfra viser middels sterke strømforhold, uten en tydelig retning på de fleste målte dyp.



## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger på sørsiden av Vindafjorden og nord for Bjelkavika og Nautadalsneset i Suldal kommune (Figur 2.1). Bunnen under anlegget varierer fra 100 m dybde til 250 m dybde. Vest for anlegget ligg det et noe grunnere parti på omtrent 180 meter dybde, mens bunnen i østlig-nordøstlig retning skråner jevnt ned mot 500 meter dybde i bunnen av Vindafjorden.

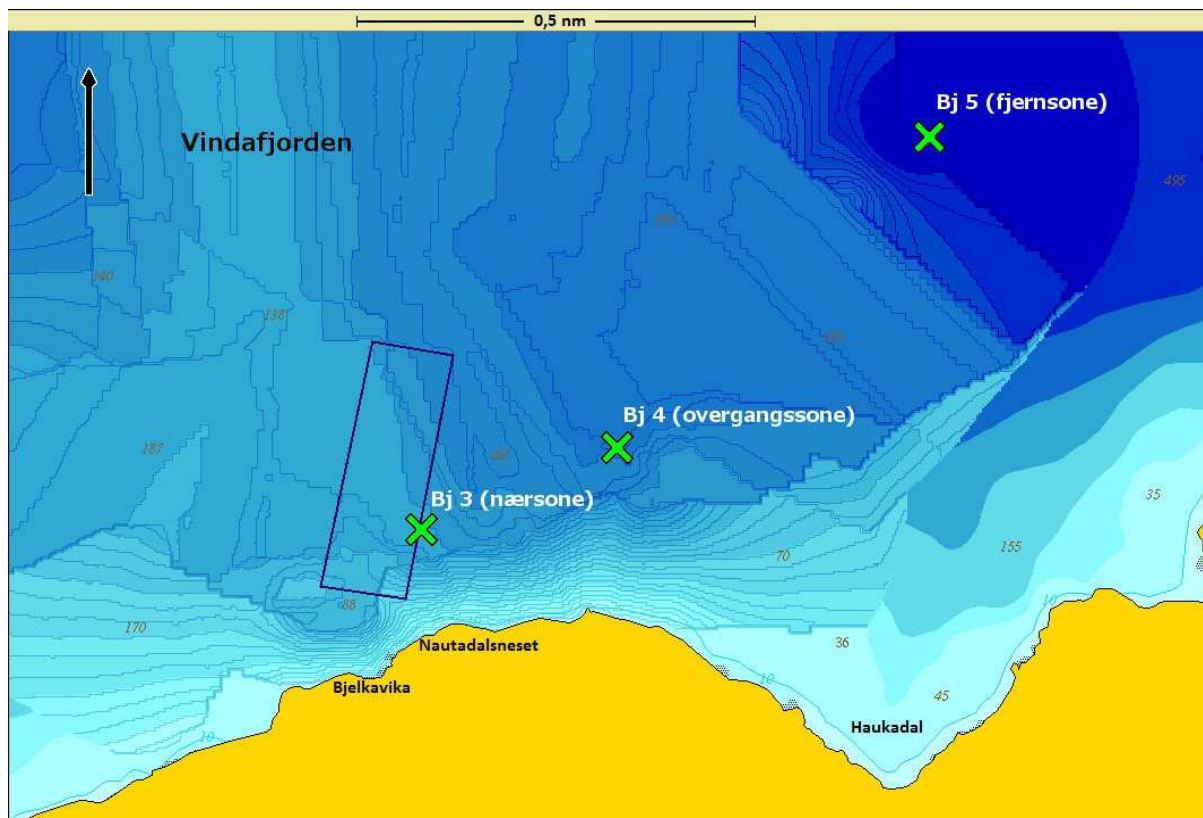
Prøveinnsamlingene ble gjort 25. september 2014. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden. Plassering av stasjoner er gjort ut fra bunntopografisk vurdering og etter samråd med Fylkesmannen i Rogaland (v/Stig Sandring). Undersøkelsen ble gjennomført av Torben Lode fra SAM-Marin og Bjarte Espevik fra Kvitsøy Sjøtjenester AS. Scallop (Kvitsøy Sjøtjenester AS) ble benyttet som toktfartøy.

Nøyaktig posisjon til de ulike stasjonene er viktig for referanse og for at undersøkelsene skal være reproducerbare i fremtiden. Plassering til de ulike prøvestasjonene ble registrert med bruk av toktfartøyets GPS. I tillegg har SAM-Marin også en egen håndholdt GPS til bruk i feltarbeid. Plasseringen til stasjonene er oppgitt med kartkoordinater (WGS84, Tabell 2.1). Prøver er tatt fra de undersøkte stasjonene med minimum 20 meters presisjon, i henhold til kravspesifikasjonen (NS-EN ISO 16665:2013).

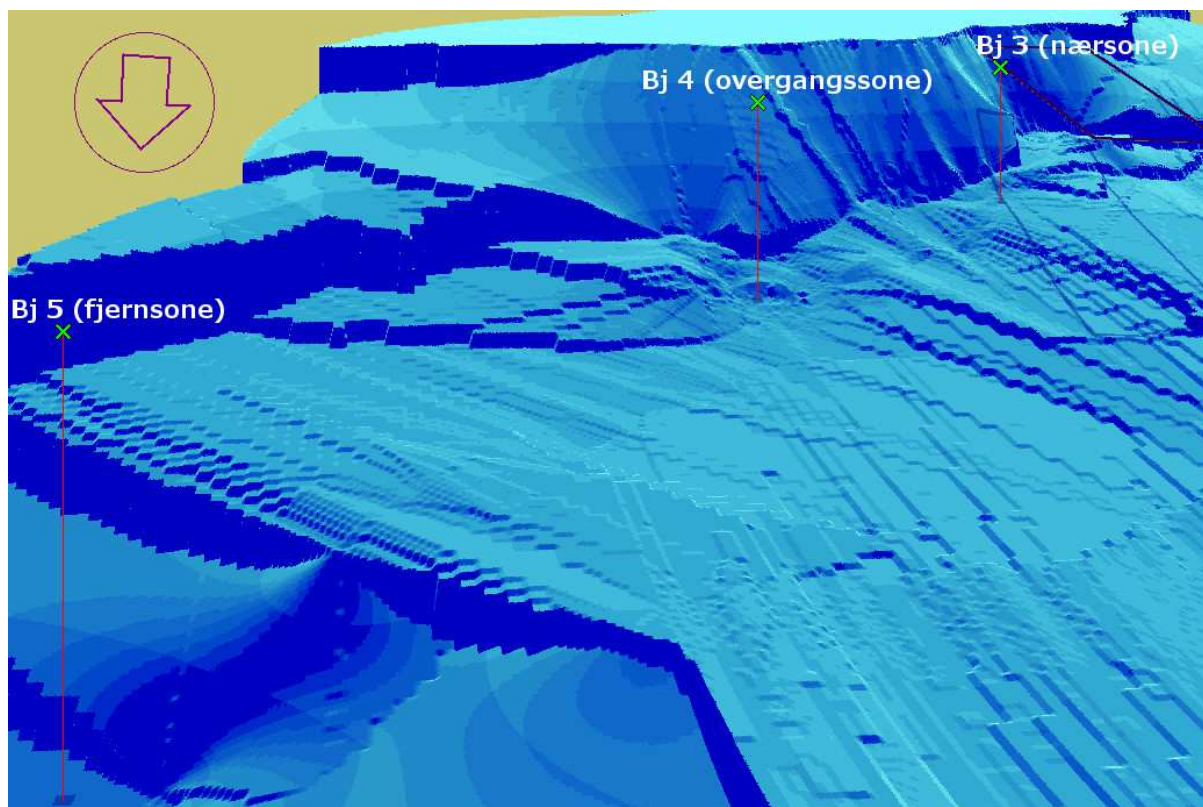
Det ble tatt vannprøver for hydrografiske målinger og bløtbunnsprøver for geologiske, kjemiske og biologiske analyser. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



**Figur 2.1:** Oversiktskart over Rogaland. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved lokalitet Bjelkavik. Kart kilde: Fiskeridirktoratet.



**Figur 2.2:** Utsnitt av lokalitet Bjelkavik med fjernstasjon i dypet og stasjoner ved anlegget. Prøvestasjoner er markert med et kryss. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex



**Figur 2.3:** Bunntopografisk skisse av området ved lokalitet Bjelkavik. Prøvestasjoner er markert med kryss. Kartkilde: Olex.



**Tabell 2.1:** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Vindafjorden, lokalitet Bjelkavik. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. ekkolodd og meterhjul. Det er benyttet van Veen kombigrabb («Duo»), grabb nr. IX, hvor det ene kammeret som utgjør 0,1 m<sup>2</sup> brukes til biologiprøver (Volum 21 liter, maks 22 cm bitedybde), mens det andre kammeret er mindre og brukes til kjemi- og geologiprøver. MOM B-parametere registrert på hver stasjon.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve-volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Bj 3 25.09.2014	59° 27.028 'N 005° 59.604 'Ø	212	1	12	Geologi, kjemi, biologi, MOM B (Duograbb nr. IX)
			2	10	Biologi (Duograbb nr. IX)
Sediment sjiktet med sort, mykt mudder i toppsjiktet og lysere leire i bunnsjiktet. Noe lukt fra prøven.					
Overgangs-sone Bj 4 25.09.2014	59° 27.130 'N 006° 00.086 'Ø	290	1	13	Geologi, kjemi, biologi, MOM B (Duograbb nr. IX)
			2	14	Biologi (Duograbb nr. IX)
Lyst og luktfritt, myk konsistens. Sediment bestående i hovedsak av leire og silt.					
Fjernsone Bj 5 25.09.2014	59° 27.517 'N 006° 00.855 'Ø	498	1	13	Geologi, kjemi, biologi, MOM B (Duograbb nr. IX)
			2	13	Biologi (Duograbb nr. IX)
CTD m/oksygenmåler Lyst og luktfritt, myk konsistens. Sediment bestående i hovedsak av leire og silt.					

## 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<sub>2</sub>S), 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 standard 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*.

Bunnprøver for geologiske, kjemiske og biologiske sedimentanalyser samles inn ved bruk av van Veen grabb med justerbare vekter. Det ble brukt en 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). Biologi-kammeret 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 vekten 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 16665:2014). 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. Grabbhugg 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 (NS-EN 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 2.1 og nevnt under kapittel 2.5 Avvik.

For hver stasjon (nærsonne, overgangssone og fjernsone) i det undersøkte området ble det tatt 1 kombi-hugg til biologi-, geologi- og kjemiprøver og 1 hugg utenom bare for biologiprøve. Totalt blei det samlet inn 6 huggprøver fra 3 stasjoner (se Tabell 2.1).

Bearbeiding av prøver og analysering av bløtbunnsparameterne (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 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 4764:1980. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstillende NS-EN ISO/IEC 17025:20005 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 hullet fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19:2004. 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 Environment Testing Norway AS (akkrediteringsnummer TEST 003) for kjemiske analyser.

Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) er utført etter NS-EN ISO 17294-2:2004. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) er utført etter NS-EN 13137:2001 og beregning av normalisert TOC i henhold til gjeldende veileder (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 14346:2006. 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 ( $E_h$ ) i marint sediment kan si noe grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorgansimer som børstemark. I sterkt anoksiske sedimenter vil det derfor kunne dannes surt miljø og hydrogensulfid ( $H_2S$ ) under bakteriell nedbryting av organisk materiale. Surhetsgrad og redokspotensialet i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGo™ pH/ $E_h$  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 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. 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 en modifisert 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 % boraksbufret 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 3 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 bunndyrsanalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. På grunnlag av bunndyrfaunaen 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 Vanndirektivet har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet og tilstand i marine områder (Veileder 02:2013). Denne veilederen erstatter Veileder 01:2009 og på sikt de gjeldende SFT veilederne (TA 1467/1997, TA 2229/2007). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks ( $Es_{100}$ ), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI,  $ISl_{2012}$  og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. 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. Klassegrenser for nEQR er vist i Tabell 2.3. Grenseverdier for klassifisering av biologiske indekser og andre parametere er vist i Tabell 2.4. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet et eget klassifiseringssystem (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.5).

**Tabell 2.3:** Klassegrenser for nEQR i henhold til 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>	NQ1	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 nærsone og overgangssone 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 Bjelkavik siden produksjonen først startet i 2001, men anlegget har bare ligget i nåværende posisjon siden 2013. Anlegget er godkjent for 12 merder (ringer), hver på 160 meter i diameter. Ved undersøkelsestidspunktet bestod anlegget av 6 merder. Undersøkelsen er utført ved maksproduksjon med en innestående biomasse på 2 804 tonn og produksjon i alle seks merdene. Fisken er av generasjon 2013 (GEN-2013) og utslaktinga avsluttes 2.feb. 2015. Anlegget brakklegges deretter frem til 5. mars 2015.

**Tabell 2.5.** Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år (hele år: 1.januar til 31.desember):

År	Utfôret mengde	Produisert mengde
2014 (1.jan – 25.sept)	2831 tonn	2262 tonn
2013	1226 tonn	1252 tonn
2012	2816 tonn	2236 tonn
2011	1343 tonn	1159 tonn

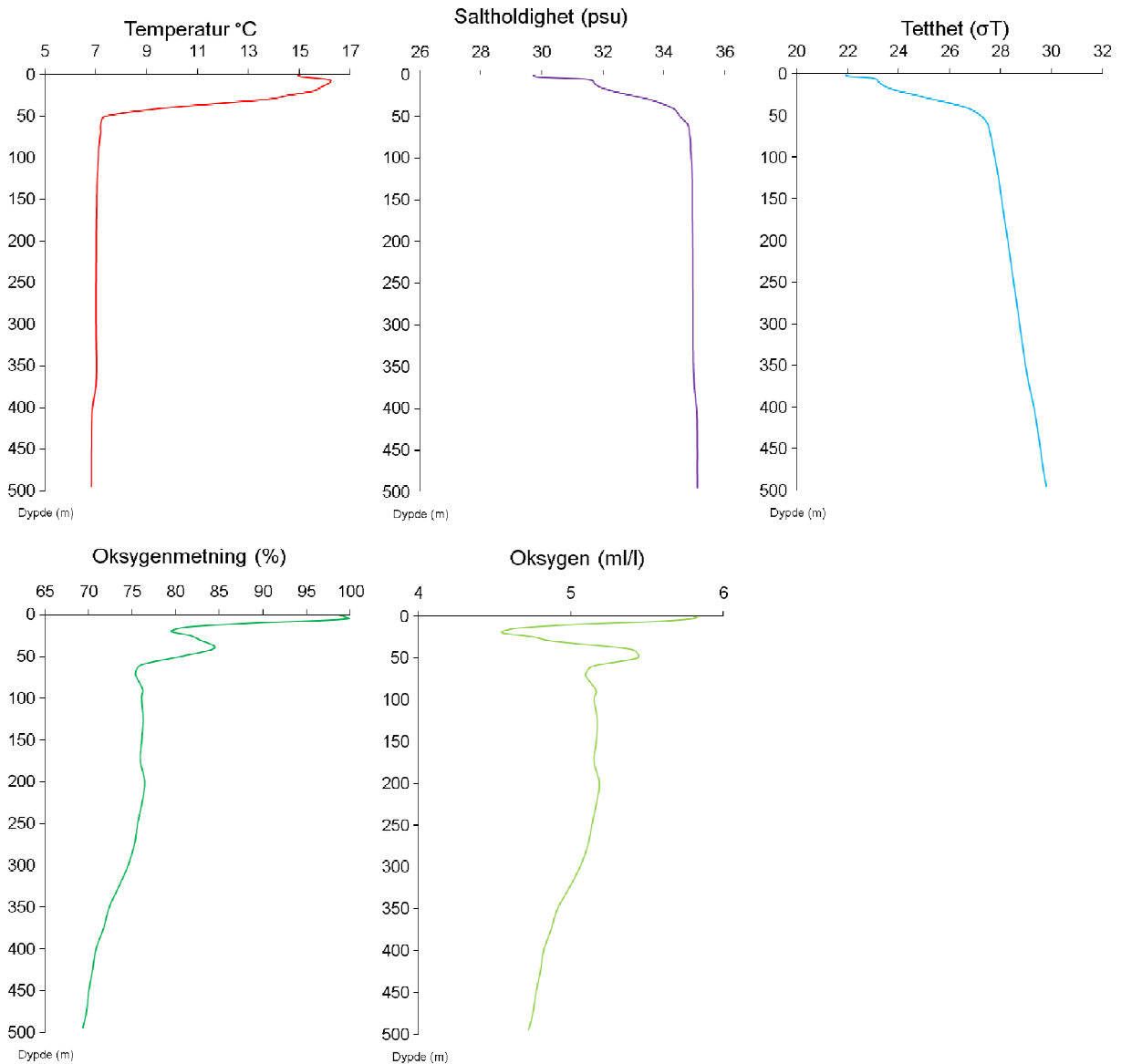
## 2.5 Avvik

Ingen avvik som påvirker prøveresultatet er registrert.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Bj 5 (fjernsone) 25. september 2014. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



**Figur 3.1:** Lokaltet Bjelkavik. Profilmålinger av temperatur, saltholdighet, oksygen (% metning og ml/l) og tetthet ved fjernsonestasjonen Bj 5. Målinger utført 25. september 2014 med bruk av STD/CTD-sonde påmontert oksygensensor. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mg O<sub>2</sub>/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Det er et tydelig sprangsjikt ned mot 50 meter dybde som skiller overflatevannet fra de underliggende vannmassene på undersøkelsestidspunktet. Et sprangsjikt antyder en vertikal inndeling av vannmassene ved at både temperatur og saltholdighet direkte påvirker vannets tetthet. Sprangsjiktet 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 varierer en del nedover i vannsøylen på undersøkelsestidspunktet, men er generelt høyt i hele vannsøylen. 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.

De øvre 5 meterne har høyest målte oksygenverdier og ligg på om lag 100 % metningsgrad, men dette avtar raskt til like under 80 % metningsgrad ved 20 meter dybde. Ned mot 100 meter dybde er oksygeninnholdet i vannet noe varierende. Fra 100 m og ned mot 200 meter dybde stabiliserer oksygeninnholdet seg rundt 5,2 ml O<sub>2</sub> /l, for deretter å avta jevnt ned mot bunnen av Vindafjorden.

Oksygeninnhold i bunnvann ble målt til 4,73 ml O<sub>2</sub> /liter (metning 69,4 %) og tilsvarer Miljødirektoratets (TA 1467/1997) tilstandsklasse I (Svært god).

### 3.2 Sediment

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

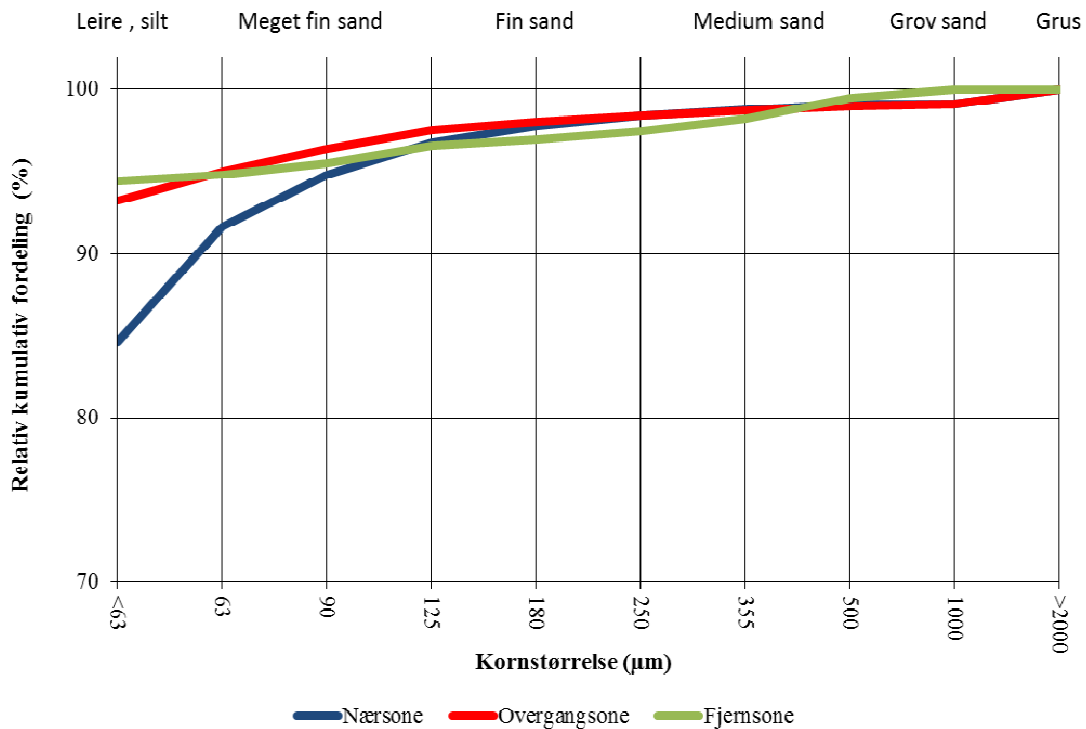
Alle de 3 undersøkte stasjonene domineres av finkornede partikler i kategorien leire og silt. Nærsonen (Bj 3) har med 14,4 % sand en noe grovere partikkelsammensetning sammenlignet overgangssonen (Bj 4) og fjernsonen (Bj 5), henholdsvis 5,9 % og 5,6 % sand. Andelen gruspartikler ved samtlige undersøkte stasjoner ligg på under 1 %. Se Tabell 3.1 for prosentvis fordeling av sedimentfraksjoner ved de 3 undersøkte stasjonene. Figur 3.2 viser grafisk den relative kumulative fordelingen av kornstørrelser ved stasjonene.

Ut fra kornstørrelsesfordelingen på undersøkelsestidspunktet virker det å være generelt svake bunnstrømforhold ved alle 3 stasjonene, men noe mer strøm i nærsonen (Bj 3). Bunnstrømforhold påvirker sedimenteringsrater av ulike partikkelstørrelser ved at svake bunnstrømmer tillater finere partikler å sedimentere. I områder med svake bunnstrømmer vil det også ofte kunne akkumuleres miljøgifter bundet til finpartikulært materiale.

**Tabell 3.1:** Sediment. Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Bjelkavik, september 2014.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Bj 3, Nærsonen	212	5,7	84,7	14,4	0,9
Bj 4, Overgangssone	290	8,4	93,2	5,9	0,9
Bj 5, Fjernsonen	498	10,9	94,4	5,6	0,0





**Figur 3.2:** Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Bjelkavik, september 2014: Nærsonen, Bj 3; Overgangssone, Bj 4; Fjernsone, Bj 5. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (ISO 16665:2014): 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).

Vanligvis vil mengden organisk materiale i norske fjorder ligge på under 10 % målt som glødetap (TOM). Glødetapsverdien for nærsonen (Bj 3) og overgangssonen (Bj 4) er lave og anses som gode. Sedimentet i prøven fra fjernsonen (Bj 5) er imidlertid svakt forhøyet med glødetapsverdi på 10,9 % (Tabell 3.1).

### 3.3 Kjemi

#### 3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis under 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Nivåer mellom 1000 og 5000 mg/kg TS anses som moderate, mens verdier over 5000 mg/kg TS anses som høyt. Alle de 3 undersøkte stasjonene har fosforverdier ovenfor det som betraktes som moderate (Tabell 3.2). Verdiene for fosfor ved overgangssonen (Bj 4) og fjernsonen (Bj 5) er bare svakt forhøyet og henholdsvis lik 1 200 mg/kg TS og 1 100 mg/kg TS. Ved nærsjonen (Bj 3) ligger imidlertid konsentrasjonen av fosfor på 4 900 mg/kg TS. Dette er helt på grensen mot forhøyede verdier og tyder på betydelig grad av organisk belastning i området direkte under anlegget.

Alle de undersøkte stasjonene har forhøyede verdier for normalisert TOC. Nærsjonen (Bj 3) har svært høye verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig), (Tabell 3.2). Overgangssonen (Bj 4) viser noe bedre verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse III (Moderat). Fjernsonen (Bj 5) viser også bedre TOC-verdier sammenlignet med nærsjonen, men får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig), helt på grensen til tilstandsklasse III (Moderat).

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 gjeldende veileder (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.

Verdiene av metallene kobber og sink er målt for samtlige undersøkte stasjoner. Prøvene fra nærsjonen (Bj 3) viser tydelig forhøyede verdier av kobber og svakt forhøyede verdier av sink, henholdsvis tilstandsklassene IV (Dårlig) og II (God). Prøvene fra overgangssonen (Bj 4) og fjernsonen (Bj 5) viser imidlertid ingen tegn til negativ påvirkning og gir beste tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå) for begge de undersøkte metallene kobber og sink (Tabell 3.2).

Det er nærliggende å kople de høye verdiene målt for kobber, fosfor og TOC i nærsjonen opp mot driften. Det er imidlertid ikke noen indikasjoner på at driften er skyld i de forhøyede verdiene TOC målt i overgangssonen og fjernsonen. Kjemiske parametere som kobber, sink og fosfor kan brukes til å spore påvirkning fra drift ut i omgivelsene rundt. Både for kobber og sink svarer de målte verdiene i overgangssonen og fjernsonen til beste tilstandsklasse. Verdier målt for fosfor er også kraftig redusert ved disse to stasjonene.

**Tabell 3.2:** Innholdet av undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved lokalitet Bjelkavik, september 2014. Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering for sink, kobber (TA 2229/2007) og normalisert TOC (TA1467/1997).

Stasjon	Totalt organisk karbon	Normalisert TOC	Fosfor	Sink	Kobber	Tørrstoff (TS) %
	mg/g	mg/g	TK TS	TK TS	TK TS	
Bj 3, Nærsonen	48,0	50,8	V	4900	240 II 130 IV	41,8
Bj 4, Overgangssonen	27,0	28,2	III	1200	120 I 34 I	34,8
Bj 5, Fjernsonen	33,0	34,0	IV	1100	140 I 32 I	32,2

I - Bakgrunn	II - God	III - Moderat	IV - Dårlig	V - Svært dårlig
--------------	----------	---------------	-------------	------------------

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

Resultatene fra måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ ) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM B-undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Resultat av de kjemiske målingene er oppsummert i tabell 3.3.

Kjemiske målinger (pH og  $E_h$ ) viste meget gode pH- og  $E_h$ -verdier (tilstandsklasse 1) i bunnprøvene fra overgangssonen (Bj 4) og fjernsonen (Bj 5). De sensoriske parameterne viste at sedimentet fra disse stasjonene var lys i fargen med myk konsistens og uten lukt. Samlet vurdering gir tilstandsklasse 1 (meget god) for stasjon Bj 4 og Bj 5.

Prøven fra nærsone (Bj 3) skiller seg litt ut med pH- og  $E_h$ -verdier som tilsvarer tilstand 2 – god. Sedimentet fra denne stasjonen var brunt/sort og med noe lukt. Konsistensen på sedimentet var som ved de to andre stasjonene myk. Samlet vurdering av stasjon Bj 3 gir tilstandsklasse 2 (god).

**Tabell 3.3:** Målte surhetsgrad (pH) og redoks ( $E_h$ ) verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved lokalitet Bjelkavik, september 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
Bj 3, Nærsonen	7,31	-30	2	2
Bj 4, Overgangssonen	7,59	134	0	1
Bj 5, Fjernsonen	7,48	255	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 oppdrettslokaliteten Bjelkavik i september 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. 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 nærsjonen og overgangssonen blir derfor basert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (se Tabell 2.5).

Stasjon Bj 3 (212 m) ligger tett opp til anlegget og representerer nærsjonen. Totalt ble det samlet kun 6 arter med til sammen hele 998 individer på denne stasjonen. Den mest dominerende arten (*Capitella capitata*) utgjorde 84 % av det totale individtallet. *C. capitata* er en opportunist og en typisk art å finne i områder med høy grad av organisk belastning. Basert på artsantall og faunasammensetning havner stasjon Bj 3 akkurat innenfor miljøtilstand 2 (god) i henhold til NS 9410:2007. Minimumskravet til miljøtilstand 2 er 5 ulike arter hvor ingen av de enkelte artene kan utgjøre mindre enn 90 % av det totale individantallet (Tabell 2.5).

I overgangssonen, på stasjon Bj 4 (290 m), ble det samlet totalt 81 arter med til sammen 1304 individer. Blant de mest tallrike artene finner man børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (34,9 %), kråkeballen *Echinocardium flavescens* (7,8 %), samt skjellet *Thyasira sarsii* (5,3 %). Dette resultatet tilsvarer miljøtilstand 1 (meget god) for stasjon Bj 4 i henhold til NS 9410:2007.

Fjernstasjonen Bj 5 ligger i dypområdet på 498 meters dyp, 1,2 km nordøst for anlegget. På denne stasjonen ble det samlet totalt 53 arter med til sammen 694 individer. Blant de mest tallrike artene finner man børstemarkene *Terebellides stroemii* (18,6 %) og *Anobothrus* sp. (13 %), samt skjellet *Nucula tumidula* (8,8 %). Beregnet nEQR på stasjonsnivå gir en tilstandsverdi på 0,73 som tilsvarer tilstandsklasse II – God.

Figur 3.3 viser en grafisk oversikt over fordelingen av arter på geometriske klasser. Den flate linjen indikerer et svært påvirket miljø i nærsjonen (Bj 3). Fraværet av en tidlig topp i starten (Bj 5) og knekkene (Bj 4 og Bj 5) i figuren indikerer en svak påvirkning av miljøet på bunnfaunaen ved Bj 4 og Bj 5.

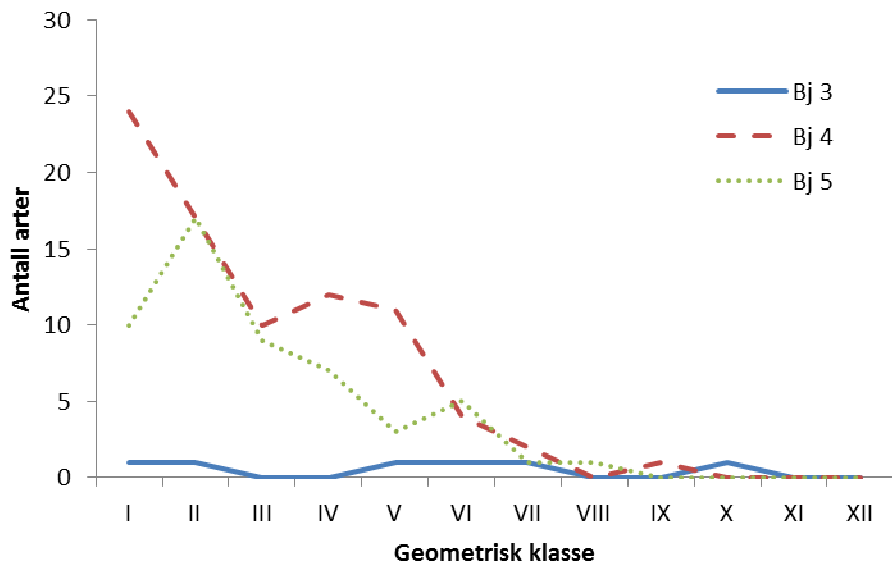
De multivariate analysene viser først og fremst stor likhet mellom hugg innad på stasjonene (Figur 3.4 og 3.5). Det er videre en tydelig og signifikant forskjell mellom samtlige stasjoner. Særlig nærsjonen (Bj 3) skiller seg svært mye fra de andre stasjonene med bare ca. 5 % likhet). Overgangssonen (Bj 4) og fjernsonen (Bj 5) er også signifikant forskjellige med ca. 60 % likhet.



**Tabell 3.4:** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved Bjelkavik, september 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 overgangssone og fjernsone er gitt i henhold til Veileder 02:2013 med bruk av nEQR-verdier. Grabbverdien av nEQR er basert på grabbgjennomsnittet for hver enkelt indeks mens stasjonsverdien av nEQR er basert på sum (kumulert grabbdata). Miljøtilstand og tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	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>											
25.09.2014	Bj 3	1	6	422	0,25	0,89	4,39	6,29	8,16	0,58	
		2	5	576	0,23	0,85	4,12	5,44	8,14	0,71	
	Sum		6	998	0,24	0,87	4,22	6,29	8,15	0,65	2
	Snitt		5,5	499	0,24	0,87	4,26	5,86	8,15	0,65	
<b>Stasjon<sub>nEQR</sub></b>				0,16	0,19	0,17	0,43	0,16	0,36	-	
<b>Grabb<sub>nEQR</sub></b>				0,16	0,19	0,17	0,37	0,16	0,36	-	
<b>Overgangssone</b>											
25.09.2014	Bj 4	1	68	630	0,78	4,36	32,09	9,56	23,98	0,75	
		2	60	674	0,75	4,07	29,41	9,58	23,48	0,78	
	Sum		81	1304	0,76	4,31	31,36	9,72	23,71	0,76	1
	Snitt		64,0	652	0,76	4,22	30,75	9,57	23,73	0,76	
<b>Stasjon<sub>nEQR</sub></b>				0,74	0,75	0,77	0,81	0,75	0,27	<b>0,68</b>	
<b>Grabb<sub>nEQR</sub></b>				0,74	0,74	0,76	0,80	0,75	0,27	<b>0,68</b>	
<b>Fjernsone</b>											
25.09.2014	Bj 5	1	44	340	0,75	4,27	26,84	10,82	25,33	0,48	
		2	43	354	0,74	4,16	25,96	10,31	24,76	0,50	
	Sum		53	694	0,74	4,31	26,60	10,65	25,03	0,49	-
	Snitt		43,5	347	0,74	4,22	26,40	10,56	25,04	0,49	
<b>Stasjon<sub>nEQR</sub></b>				0,72	0,75	0,71	0,86	0,80	0,54	<b>0,73</b>	
<b>Grabb<sub>nEQR</sub></b>				0,72	0,74	0,71	0,86	0,80	0,54	<b>0,73</b>	

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 Bjelkavik, september 2014.

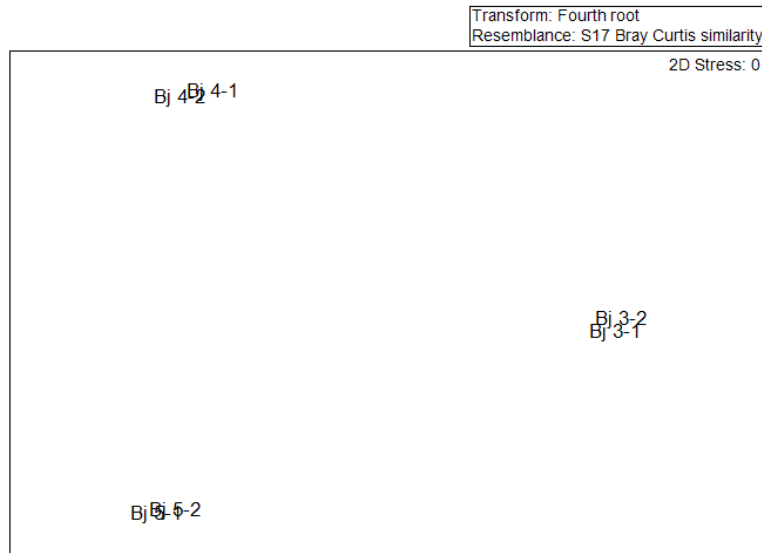
**Tabell 3.5:** De ti mest tallrike artene fra prøvene ved Bjelkavik, september 2014. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m<sup>2</sup>.

<b>Bj 3 (Nærsone)</b>	Antall individer	%	Kum %
Capitella capitata	838	84,0	84,0
Ophryotrocha lobifera	95	9,5	93,5
Vigtorniella ardabilia	34	3,4	96,9
Prionospio plumosa	28	2,8	99,7
Thyasira sarsii	2	0,2	99,9
Aphelochaeta sp.	1	0,1	100,0

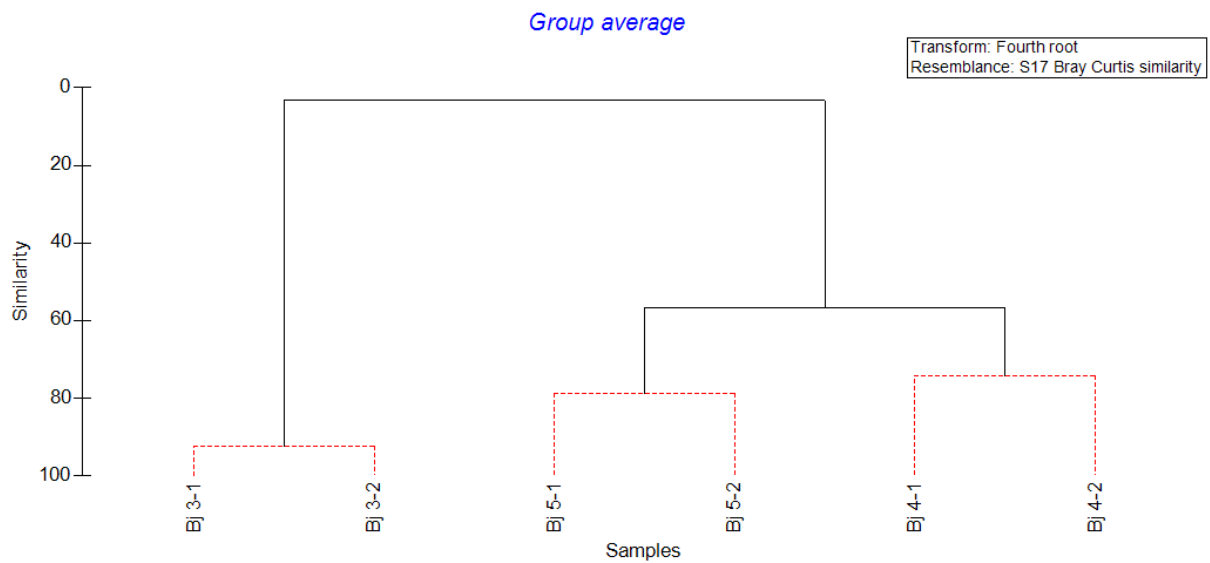
<b>Bj 4 (Overgangssone)</b>	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffrey sii	455	34,9	34,9
Echinocardium flavescens	102	7,8	42,7
Thyasira equalis	69	5,3	48,0
Nucula tumidula	57	4,4	52,4
Amphilepis norvegica	55	4,2	56,6
Heteromastus filiformis	43	3,3	59,9
Caudofoveata indet.	32	2,5	62,3
Pectinaria auricoma	26	2,0	64,3
Onchnesoma steenstrupi	26	2,0	66,3
Lumbrineridae indet.	25	1,9	68,3

<b>Bj 5 (Fjernsone)</b>	Antall individer	%	Kum %
Terebellides stroemi	129	18,6	18,6
Anobothrus sp.	90	13,0	31,6
Nucula tumidula	61	8,8	40,3
Aphelochaeta sp.	57	8,2	48,6
Heteromastus filiformis	49	7,1	55,6
Monticellina sp.	43	6,2	61,8
Kelliella miliaris	42	6,1	67,9
Lumbrineridae indet.	23	3,3	71,2
Thyasira equalis	17	2,4	73,6
Paradiopatra fiordica	16	2,3	75,9

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



**Figur 3.4:** MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt ved Bjelkavik, september 2014. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



**Figur 3.4:** Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt ved Bjelkavik, september 2014. 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 Bjelkavik i Vindafjorden, Suldal kommune. Rogaland Fjordbruk AS er i en søkeprosess for tillatelse til økt MTB ved lokaliteten, og formålet med undersøkelsen var i denne forbindelse å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 25. september 2014. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og i dypet av fjorden (fjernsonen).

De undersøkte stasjonene består ved undersøkelsestidspunktet av et finkornet sediment dominert av silt og leire. Den resterende andelen består av grovere partikler i form av sand og en svært liten andel grus. Nærsonen hadde en noe høyere andel sand (212m dyp) sammenliknet med overgangssonen (290m dyp) og fjernsonen (498m dyp). Sedimentforholdene tyder på relativt like bunnstrømforhold ved nærsonen, overgangssonen og fjernsonen.

Bunnvannet ved fjernsonen (Bj 5) er oksygenrikt og har en metningsgrad på 69,4 % på 498 meters dyp som gir tilstandsklasse I (Svært god) i henhold til TA 1467/1997.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Nærsonen og overgangssonen har ved undersøkelsestidspunktet lave verdier for glødetap, godt innenfor verdier for norske fjorder som typisk ligger under 10 %. Sedimentet ved fjernsonen er noe svakt forhøyet (10,9 %) i forhold til hva som antas normalt.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet svært høye TOC-verdier og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Prøver fra både overgangssonen og fjernsonen viser imidlertid noe lavere TOC-verdier og får henholdsvis Miljødirektoratets tilstandsklasse III (Moderat) og IV (Dårlig). 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.

Verdier for fosfor er moderat forhøyet i sedimentet fra samtlige undersøkte stasjoner og var høyest i nærsonen, ved undersøkelsestidspunktet. Måling av pH og Eh viser generelt gode forhold både i nærsonen (tilstand 2), overgangssonen og fjernsonen (tilstand 1).

Kobber og sink viser svært gode verdier i prøvene fra overgangssonen og fjernsonen. Prøvene fra nærsonen viser derimot høye kobberverdiene (tilstandsklasse IV – Dårlig) og svakt forhøyede sinkverdier (tilstandsklasse II – God).

Bunnfaunaen ved nærsonen vitner om sterkt påvirkte miljøforhold ved undersøkelsestidspunktet. I prøvene herfra fins det totalt bare 6 ulike arter hvorav den mest dominerende arten utgjør 84 % av alle samlede individer. Artene funnet i prøvene fra nærsonen er typiske opportuniste og kjennetegner områder med høy organisk belastning. I henhold til MOM-standarder som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får imidlertid nærsonen tilstand 2 (God). Bunndyrsprøvene fra overgangssonen og fjernsonen

vitner om gode forhold. I henhold til MOM-standarden får overgangssonen tilstand 1 (Meget god). I henhold til Veileder 02:2013 får fjernsonen tilstandsklasse – 2 (God) på bakgrunn av en tilstandsverdi på 0,73.

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Bjelkavik, september 2014, viser generelt gode forhold for overgangssonen og fjernsonen ved undersøkelsestidspunktet. Men TOC er forhøyet på samtlige stasjoner, i tillegg til høye kobberverdier i nærsonen som trolig kommer fra kobberbasert not-impregneringen i forbindelse med spyling av nøtene.

I forbindelse med en evt. økning i MTB (og økt organisk påvirkning) er det naturlig å anta at bunnfaunaen vil bli sterkere påvirket. Dette kan føre til at tilstanden i anleggssonen (nærsonen) endres til en dårligere tilstandsklasse. Endring av tilstand i anleggssonen kan enkelt overvåkes med dagens trendundersøkelse (MOM B). Utover i resipienten er bunnforholdene lite påvirket, og resultatene fra overgangssonen og fjernsonen taler ikke i mot en evt. økning i MTB.

Det rådes alltid å følge nøye med bunnforholdene under anlegget for å unngå negativ innvirkning både på driften og miljøet. Spesielt kan det være nyttig å få utført bunnundersøkelser i forbindelse med maksproduksjon og fullført brakkleggingsfase. Dette vil gi utfyllende informasjon om 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 Torben Lode fra SAM-Marin og Bjarte Espevik fra Kvitsøy Sjøtjenester AS. Bunnprøvene ble sortert av Torben Lode og Ragna Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad og Per Johannessen.

## 6 LITTERATUR

- Berge-Haveland, F. og Aursland, K. 2012. RESIPIENTGRANSKING - MOMB - LOKALITET NYE BJELKAVIK - Suldal kommune. Resipientanalyse. Rapport nr. 752-2012. 19 s.
- Berge-Haveland, F. og Johansen, Y. K. 2015. Straummåling - NS 9425-1 og -2 - Lokalitet Bjelkavik - Suldal kommune. *Resipientanalyse*. Rapport nr. 1264-2015. 119 s.
- Heggøy, E. 2009. MOM-C undersøkelse med strandsonebefaring, fra lokalitetene Bjelkavik og Finnvik i Vindafjorden, i 2009. SAM e-Rapport nr. 7-2009. 49 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Johansen, Y. K. og Berge-Haveland, F. 2014a. RESIPIENTGRANSKING - MOM-B - LOKALITET BJELKAVIK - Suldal kommune. *Resipientanalyse*. Rapport nr. 1243-2014. 19 s.
- Johansen, Y. K. og Berge-Haveland, F. 2014b. RESIPIENTGRANSKING - MOM-B - LOKALITET BJELKAVIK - Suldal kommune. *Resipientanalyse*. Rapport nr. 1226-2014. 19 s.
- NS 4764:1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. Standard Norge.
- NS 9410:2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Standard Norge*.
- NS-EN 13137:2001. Karakterisering av avfall – Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. *Standard Norge*.
- NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014). *Standard Norge*.
- 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 5667-19:2005. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 14346:2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. *Norges Standardiseringsforbund*.
- TA 1467/1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *Statens forurensningstilsyn*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- TA 1883/2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Kystovervåkingsprogrammet.
- TA 2229/2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. *Statens forurensningstilsyn*.
- Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. *Direktoratsgruppa Vanndirektivet*. 181 s.



Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. *Direktoratsgruppa Vanndirektivet*. 263 s.

## 7 VEDLEGG

<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> .....	45
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i> .....	46
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i> .....	49

## 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.

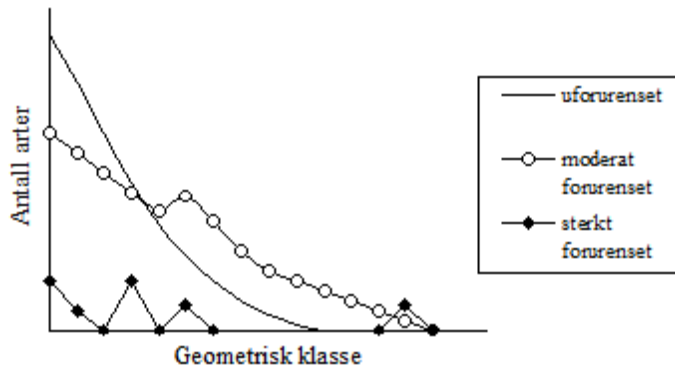
### Geometriske klasser

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 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 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 (TA-1467/1997 og Veileder 02:2013).

### 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.

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

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

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

### 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 utføres med følgende formel:

$$ISI = \sum_i^s \left[ \frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

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 faunaekspertes. 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  $i$  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 enkeltindeksenenes 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 miljøgradienter. 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

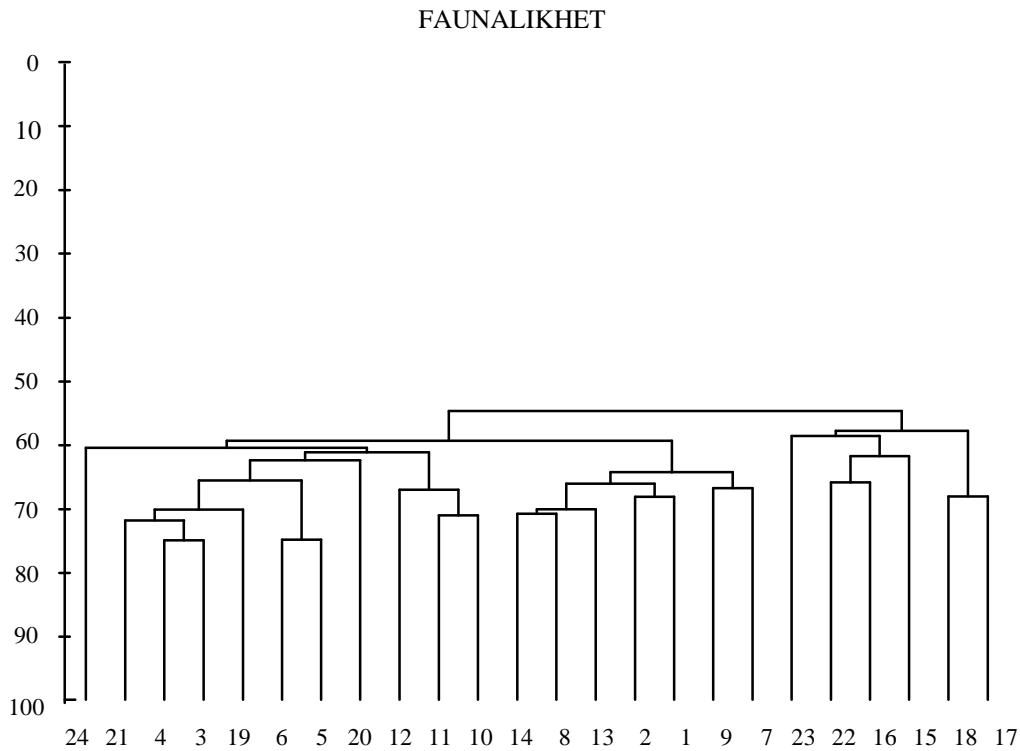


presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3 plottet er litt bedre enn tilfeldige punkter.

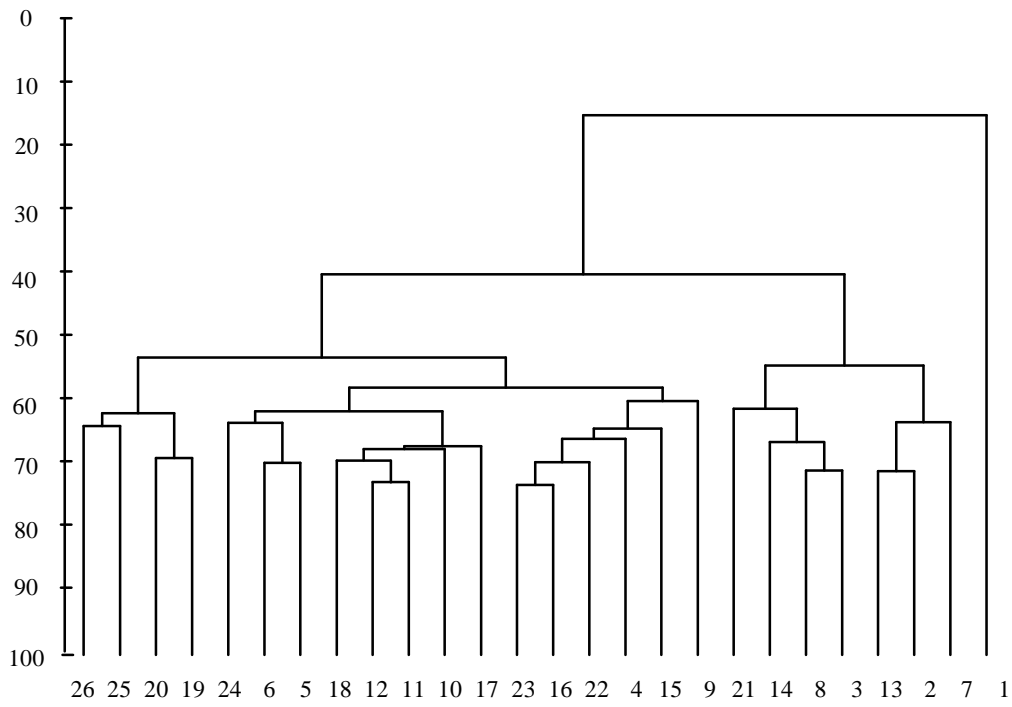
### Dataprogrammer

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.

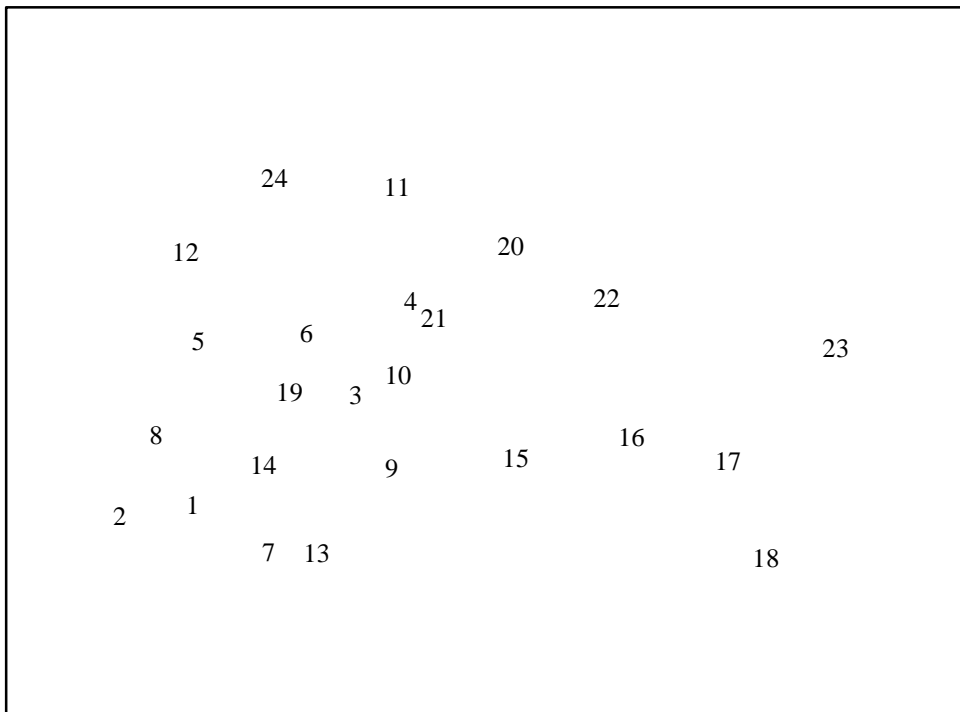


FAUNAFORSKJELL

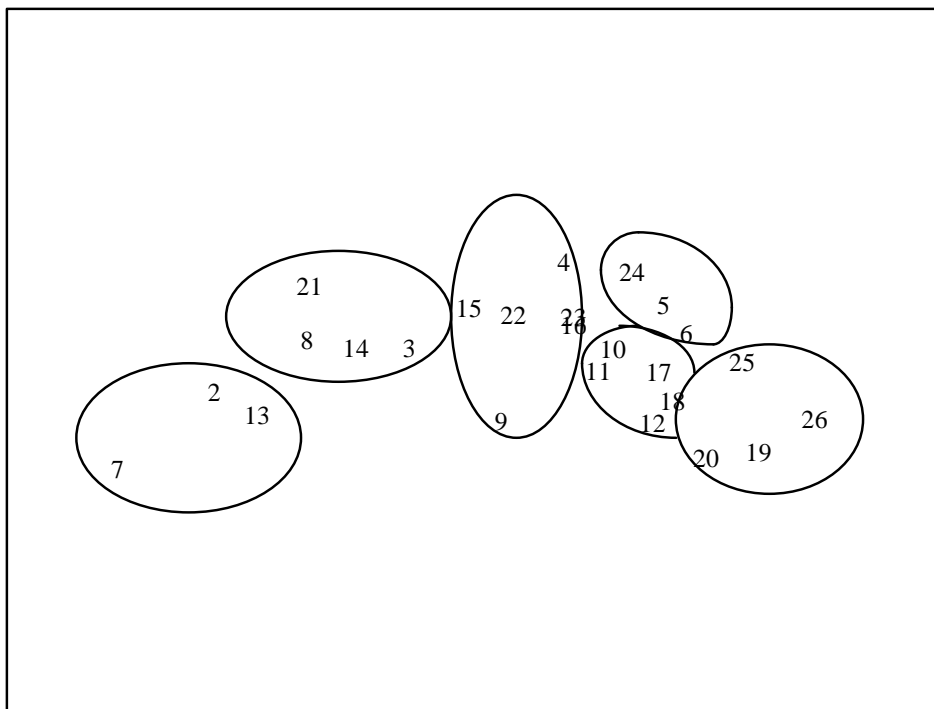


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratets gruppa, 263 s.
- 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.
- 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.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg B., Norling K., 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI) NIVA-rapport 6475-2013, 46 s.
- SFT. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - SFT-veiledning nr. 93:02. 20 s.
- SFT. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s. TA 1467/1997.
- SFT. 2008. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

## Vedleggstabell 1. MOM-B parametere

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

## PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Rogaland Fjordbruk AS

Dato: 25.09.2014

Lokalitet: Bjelkavik

Lokalitetsnr: 11930

Lokalitetstype: Matfisk

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr							Indeks	
			Bj 3	Bj 4	Bj 5						
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0						0,0
I	Tilstand (Gruppe I)		A								
II	pH	verdi	7,31	7,59	7,48						0,7
	E <sub>h</sub> (mv)	verdi	-249	-85	36						
		+ ref. verdi	-30	134	255						
	pH/E <sub>h</sub>	fra figur	2	0	0						
	Tilstand, prøve		2	1	1						
	Tilstand, gruppe II		1								
	Buffer temp:		8,22		Temp sjø:	14,5		Temp sediment:	9,2		
	pH sjø:		8,22		Eh sjø:	478		Ref. elektrode:	219		
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		25.09.14 TL								
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0						
	Farge	Lys/Grå = 0		0	0						
		Brun/Sort = 2	2								
	Lukt	Ingen = 0		0	0						
		Noe = 2	2								
		Sterk = 4									
	Konsistens	Fast = 0									
		Myk = 2	2	2	2						
		Løs = 4									
	Grabb-volum	v < 1/4 = 0									
1/4 ≤ v < 3/4 = 1		1									
v ≥ 3/4 = 2			2	2							
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0							
	2 - 8 cm = 1										
	t ≥ 8 cm = 2										
	SUM		7	4	4						
	Korrigert sum (*0,22)		1,54	0,88	0,88						1,1
	Tilstand prøve		2	1	1						
	Tilstand gruppe III		2								
	Middelverdi gruppe II og III		1,77	0,44	0,44						0,9
	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			
	< 1,1	1									
	1,1 - < 2,1	2									
	2,1 - < 3,1	3									
	≥ 3,1	4									
	LOKALITETSTILSTAND									1	

Korrekturlest: 29.04.2015  
datoEBI  
Sign.TL  
Sign.

## SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Rogaland Fjordbruk AS

Dato: 25.09.2014

Lokalitet: Bjelkavik

Lokalitetsnr: 11930

Lokalitetstype: Matfisk

Prøvetakingssted (nr)	Bj 3	Bj 4	Bj 5							
Dyp (m)	212	290	498							
Antall forsøk	3	2	2							
Bobling (i prøve)										
Primær-sediment	Grus									
	Skjellsand									
	Sand									
	Mudder	30								
	Silt	30	50	50						
Leire	40	50	50							
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall										
Skjell, antall										
Børstemark, antall										
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier										
Kommentarer										

Korrekturlest:

29.04.2015  
datoEBI  
Sign.TL  
Sign.

## Vedleggstabell 2. Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 009

**Vedlegg SF-SAM-505 Benthos  
Artsliste****Uni Research Miljø : Sam-  
marin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 10.10.2014 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 10.10.2014 ( Silje Hadler-Jacobsen )

**SAM-Marin**

(Seksjon for anvendt miljøforskning,  
marin del.)  
 Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen  
 Telefon: 55 58 44 05  
 Mail: sam-marin@uni.no

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Rogaland Fjordbruk AS, 4235 Hebnes****Prosjekt nr.: 808388****Prøvetakingssted (område): Lokalitet Bjelkavik i Vindafjorden, Suldal kommune.****Dato for prøvetaking: 25.09.2014****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research Miljø, SAM-Marin****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Per Johannessen**

	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:3 sider.

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

Signatur: *Tom Alvestad*  
 Godkjent taksonom



## Uni Research Miljø

s.1/3	Stasjonsnavn Dato Hugg	Bj 3	Bj 3	Bj 4	Bj 4	Bj 5	Bj 5
		25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014
		1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	HYDROZOA						
*	Hydrozoa indet.			+	+	+	+
*	ANTHOZOA						
	Botrucnidifer norvegicus					3	2
*	NEMERTEA indet.			11	12	3	2
*	NEMATODA indet.	1	7	1	1	2	9
	POLYCHAETA						
	Paramphinome jeffreysii			199	256	6	9
	Aphrodita aculeata					0/1	
	Polynoidae indet.			0/1	0/1		0/1
	Bylgides sp.			1	1		
	Pholoe baltica			3	7	1	1
	Pholoe pallida			1			
	Neoleanira tetragona			0/1		1/1	1/1
	Protomystides excigua						2
	Sige fusigera			0/1			
*	Tomopteris helgolandica						2
	Gyptis rosea			1	2		
	Nereimyra cf. woodsholea				2	1	2
	Ophiodromus flexuosus				1		
	Exogone sp.			4	6		4
	Ceratocephale loveni			4	8		2
	Nephtys hystricis			1	0/2		
	Aglaophamus pulcher				0/1		
	Nephtys sp.					0/1	
	Glycera lapidum						0/3
	Paradiopatra fiordica			1/1	1	5/1	7/3
	Paradiopatra quadricuspis			4	8/3	3	3/1
	Lumbrineridae indet.			8	17	12	11
	Drilonereis filum			1			
	Protodorvillea kefersteini						1
	Ophryotrocha lobifera	43	52	1			
	Phylo norvegica			0/1	0/1		
	Laonice sarsi				0/1		
	Prionospio plumosa	10	18				
	Prionospio cirrifera			1			
	Prionospio dubia			4		0/1	3
	Spiophanes kroyeri			0/1	0/1		
	Vigtomiella ardabilia	15	19				1
	Spiochaetopterus sp.					1	1
	Aricidea catherinae						2
	Levinsenia gracilis			5	7	4	4
	Monticellina sp.			9	3	32	11
	Aphelochaeta sp.	1		8	15	23	34
	Tharyx killariensis			5	7		
	Chaetozone sp.			3			
	Macrochaeta polyonyx			1			
	Brada villosa			1	2	1	1
	Diplocirrus glaucus			4	2		
	Pherusa falcata				1		1
	Ophelina norvegica					1	
	Scalibregma sp				1		

## Uni Research Miljø

s. 2/3	Stasjonsnavn Dato Hugg	Bj 3	Bj 3	Bj 4	Bj 4	Bj 5	Bj 5
		25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014
		1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
	Capitella capitata	352	486	2			
	Heteromastus filiformis			18	25	15	34
	Notomastus latericeus					1	
	Rhodine loveni			3			
	Rhodine gracilor			1	2	1	2
	Maldanidae indet.			4	1	2	2
	Myriochele heeri				1	2	
	Galathowenia fragilis			1		2	
	Galathowenia oculata			1	4		
	Pectinaria auricoma			8/1	17		
	Pectinaria belgica			0/1	1/2		
	Ampharete lindstroemi				0/2		
	Ampharete octocirrata			1			
	Anobothrus sp.			11	10	38	52
	Mugga wahrbergi			3	4		
	Amythasides macroglossus			13	9	5	4
	Eclysippe vanelli			5	2		
	Sosanopsis wireni			4	4	1	1
	Amage auricula				0/1	0/1	
	Amaeana trilobata				1		
	Trichobranchus roseus				1		
	Terebellides stroemi			10	8	65	64
	Sabellidae indet.			3			
	Euchone sp.				1		
	OLIGOCHAETA indet.				1		
	SIPUNCULA						
	Sipuncula indet.			13	4	1	1
	Onchnesoma steenstrupi			16	10	4	3
	CRUSTACEA						
*	Calanus finmarchicus	4		1	4	7	4
*	Calanus hyperboreus				2	2	1
*	Euchaeta norvegica	1		1		1	
*	Centropages hamatus				2		
*	Metridia longa			1			
*	Philomedes lilljeborgi						1
*	Eudorella hirsuta					1	
*	Diastylodes serrata			1			
*	Parasellidae indet.			1			
*	Amphipoda indet.				1	1	
	Eriopisa elongata			7	6/1	3/2	1
*	Meganyctiphanes norvegica	1				1	
	MOLLUSCA						
	Caudofoveata indet.			1	31	5	5
	Solenogastres indet.			1			
	Diaphana minuta					4/2	2/1
	Philine quadrata					1	
	Philine scabra			3/3	8/1		
	Nucula tumidula			24/5	15/13	26/6	16/13
	Yoldiella lucida			1			
	Yoldiella philippiana			1			
	Thyasira obsoleta			4/1	1/3	7/2	
	Thyasira sarsi	1	1	0/2			

## Uni Research Miljø

s. 3/3	Stasjonsnavn	Bj 3		Bj 4		Bj 5	
		Dato	Dato	Dato	Dato	Dato	Dato
		Hugg	Hugg	Hugg	Hugg	Hugg	Hugg
	Thyasira equalis	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014	25.09.2014
	Adontorhina similis	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
	Axinulus eumyarius			18/11	19/21	9/3	5
	Mendicula ferruginea			9	8	2	2
	Abra nitida					1	1
	Kelliella miliaris			3/1	7	1	1
	ECHINODERMATA			4/2	0/1	1/2	
	Amphilepis norvegica			6/1	8/2	15/5	16/6
	Ophiocten affinis						
	Ophiura sarsi			9/29	4/13	3/2	5/4
	Gracilechinus acutus			10/5	0/3		
	Echinocardium cordatum			2/1	0/3		
	Echinocardium flavescens			0/2			
	ENTEROPNEUSTA indet.			0/4			
*	CHAETOGNATHA indet.			0/64	0/38	0/1	0/1
*	VARIA			1			
		+	+	+	+		+

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Bj 3	Bj 4	Bj 5
I	1	24	10
II	1	17	17
III	0	10	9
IV	0	12	7
V	1	11	3
VI	1	4	5
VII	1	2	1
VIII	0	0	1
IX	0	1	0
X	1	0	0
XI	0	0	0
XII	0	0	0

## Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis



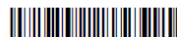
Uni Research AS  
HiB, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)  
5006 BERGEN  
Attn: Uni Miljø

**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-003264-01**



**EUNOBE-00012082**

Prøvemottak: 30.09.2014  
Temperatur:  
Analyseperiode: 30.09.2014-10.10.2014  
Referanse: 808388 / ref: 98/14

## ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 4900	mg/kg tv	a) 1200	mg/kg tv	a) 1100	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 130	mg/kg tv	a) 34.0	mg/kg tv	a) 32.0	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 240	mg/kg tv	a) 120	mg/kg tv	a) 140	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 48.0	mg/g tv	a) 27.0	mg/g tv	a) 33.0	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 41.8	% (w/w)	a) 34.8	% (w/w)	a) 32.2	% (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, Gewerbebark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

**Bergen 10.10.2014**

*Kristine Fiane Johnson*

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

**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: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
		<b>RAPPORT</b>  <b>KORN + TOM</b>		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond Einar Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 56164	Antall sider + bilag: 2	
		Rapport referanse: KR-19563	Dato: 27.10.2014	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr./ ref.: 808388 / 48/14	Utført: Eli Ellingsen	Ansvarlig signatur: Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 07.10.2014

## RESULTATER

Prøve merket:			Bj 3	Bj 4	Bj 5		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KA-094055	KA-094056	KA-094057		
TOM (550 °C)	%	27.10.14	5,70	8,40	10,9		

### Kornfordeling

Analysedato: 17.10.2014

Bj 3		KA-094055					
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
2000	-1	0,09	0,9	0,9	MdΦ	Silt og leire	84,7
1000	0	0,00	0,0	0,9	5,64	Sand	14,4
500	1	0,03	0,3	1,2		Grus	0,9
355	1,5	0,04	0,4	1,6	SdΦ		
250	2	0,06	0,6	2,2	1,53		
180	2,5	0,10	1,0	3,2			
125	3	0,20	2,0	5,2	SkΦ		
90	3,5	0,31	3,1	8,3	-0,06		
63	4	0,70	7,0	15,3			
<63	8	8,44	84,7	100,0	KΦ		
		9,97	100,0		0,84		

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

Bj 4	KA-094056	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
		2000	-1	0,07	0,9	MdΦ	Silt og leire	93,2
		1000	0	0,01	0,1		Sand	5,9
		500	1	0,02	0,3		Grus	0,9
		355	1,5	0,03	0,4	SdΦ		
		250	2	0,03	0,4		1,38	
		180	2,5	0,04	0,5			
		125	3	0,09	1,1	SkΦ		
		90	3,5	0,11	1,4		-0,05	
		63	4	0,14	1,8			
<63		8	7,45	93,2	100,0	KΦ		
			7,99	100,0			0,82	

Bj 5	KA-094057	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
		2000	-1	0,00	0,0	MdΦ	Silt og leire	94,4
		1000	0	0,03	0,5		Sand	5,6
		500	1	0,07	1,3		Grus	0,0
		355	1,5	0,04	0,7	SdΦ		
		250	2	0,03	0,5		1,39	
		180	2,5	0,02	0,4			
		125	3	0,06	1,1	SkΦ		
		90	3,5	0,04	0,7		-0,07	
		63	4	0,02	0,4			
<63		8	5,26	94,4	100,0	KΦ		
			5,57	100,0			0,86	

## ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/Analyseteknikk	Akkrediterings-status	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjons-grense	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. Rapporten må ikke gjengis i utdrag, uten skriftlig godkjenning fra Molab as. 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 Bj 5 (fjernsone) med parametere salinitet (S), temperatur (T), oksygen (O<sub>2</sub>), fluorescens (F) og tetthet ( $\sigma T$ ).

Dyp (m)	S (psu)	T (°C)	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (ml/l)	F (µg/l)	T (FTU)	$\sigma T$
1	29,739	14,963	98,77	8,25	5,81	74,94	0,64	21,933
2	29,797	15,035	99,27	8,28	5,83	74,94	0,63	21,967
3	29,947	15,207	99,5	8,26	5,82	74,94	0,59	22,05
5	31,371	15,921	99,91	8,1	5,70	74,94	0,48	22,998
7	31,676	16,256	97,07	7,81	5,50	74,94	0,51	23,167
10	31,726	16,194	89,21	7,18	5,06	40,83	0,22	23,232
15	31,924	15,876	81,32	6,58	4,63	11,49	0,15	23,478
20	32,364	15,545	79,51	6,46	4,55	1,45	0,12	23,912
25	32,969	14,545	81,66	6,75	4,75	0,07	0,12	24,616
30	33,559	13,725	82,72	6,93	4,88	0,05	0,14	25,265
40	34,296	9,792	84,5	7,67	5,40	0,04	0,13	26,619
50	34,539	7,39	80,69	7,73	5,44	0,03	0,1	27,23
60	34,796	7,211	76,14	7,31	5,15	0,03	0,13	27,504
70	34,847	7,206	75,43	7,24	5,10	0,03	0,17	27,59
80	34,88	7,162	75,81	7,29	5,13	0,03	0,19	27,668
90	34,886	7,127	76,26	7,34	5,17	0,03	0,16	27,724
100	34,907	7,117	76,13	7,32	5,15	0,03	0,18	27,788
125	34,94	7,07	76,3	7,35	5,18	0,03	0,17	27,934
150	34,939	7,055	76,15	7,34	5,17	0,03	0,17	28,05
175	34,945	7,042	75,99	7,32	5,15	0,03	0,21	28,171
200	34,956	7,03	76,49	7,37	5,19	0,03	0,2	28,295
225	34,96	7,029	76,18	7,34	5,17	0,03	0,19	28,413
250	34,961	7,022	75,68	7,3	5,14	0,03	0,21	28,529
275	34,967	7,019	75,31	7,26	5,11	0,02	0,21	28,648
300	34,964	7,023	74,59	7,19	5,06	0,03	0,21	28,759
325	34,967	7,032	73,54	7,09	4,99	0,03	0,17	28,874
350	34,978	7,049	72,43	6,98	4,92	0,03	0,13	28,994
375	35,011	7,017	71,78	6,92	4,87	0,03	0,12	29,138
400	35,078	6,887	70,91	6,85	4,82	0,03	0,18	29,324
425	35,097	6,855	70,52	6,82	4,80	0,03	0,52	29,457
450	35,103	6,847	70,08	6,78	4,77	0,03	0,21	29,577
475	35,102	6,844	69,81	6,75	4,75	0,03	0,32	29,69
495	35,105	6,844	69,38	6,71	4,73	0,03	0,26	29,805