

# SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Miljø



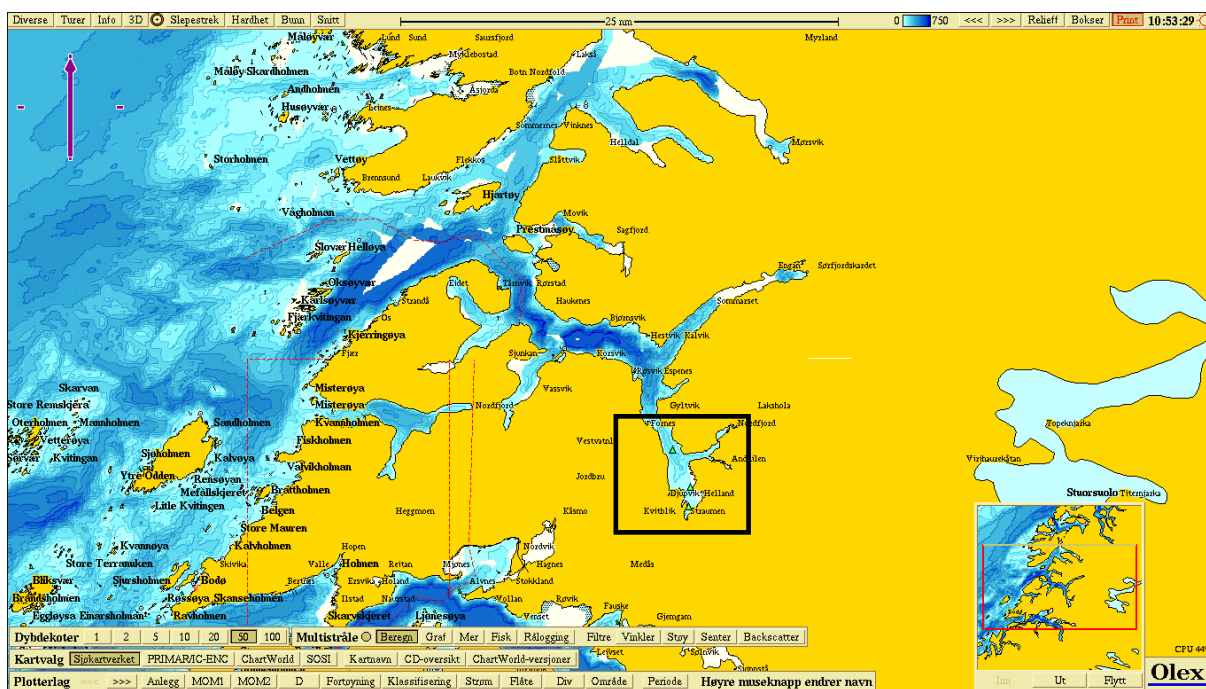
e-rapport nr: 42 – 2014

## MOM-C undersøkelse fra lokalitet Trollbukta i Sørfolda, Sørfold kommune, april 2014

Vidar Strøm

Øydis Alme

Per-Otto Johansen



**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**

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 Trollbukta i Sørfolda, Sørfold kommune, april 2014	Dato: 19.9.2014
	Antall sider og bilag: 46
Forfatter(e): Øydis Alme, Vidar Strøm, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Øydis Alme
	Prosjektnummer: 808309
Oppdragsgiver: Sisomar AS	Tilgjengelighet: Åpen

**Abstract:** On assignment from Sisomar AS, SAM-Marin in cooperation with Aqua Kompetanse AS, was hired to investigate the marine area by the smolt production farm Trollbukta, located in Sørfolda, Sørfold, Nordland. The aim of this study was to describe the environmental state of this area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data of the sea water. In total, three different stations were chosen for sampling; Troll 1, located in the near zone, Troll 2, in the transition zone north of the production site, and Troll 3, which lies further out in the fjord, 6,5 km away from the fish farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority (Miljødirektoratet). The results show that the level of copper and zinc was low on all stations. The level of phosphorus was also low. The total organic carbon (TOC) showed low levels at Troll 2 and 3 (classification I- Very good and II - Good) and elevated levels (classification IV) at Troll 1. However, the organic content expressed as % volatile total solids indicated a low organic content at all three stations. The sediment from Troll 1 and Troll 2 consisted of a mixture of sand (~30 %) and fine grained material, silt and clay (~70 %). Troll 3 had more fine grained sediment, with 85 % silt and clay and 15 % sand. The hydrographical data shows that the bottom water at Troll 3 had a high oxygen concentration, which gave the classification I - Very good. The soft bottom macro fauna investigation showed good conditions both in the near zone (Troll 1) and the remote zone (Troll 3).

Keywords: MOM C, recipient, fish farm, smolt production, benthos, sediment	Emneord: MOM C, resipient, fiskeoppdrett, settefisk, bunndyr, sediment	ISSN NR.: 1890-5153
		SAM e-Rapport nr. 42-2014

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	19.9.2014	<i>P.O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	19.9.2014	<i>Øydis Alme</i>

---

**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:** Vidar Strøm, Linda Hagen  
**Litoralundersøkelse utført av:** -  
**Sortering av sediment utført av:** Ragna Tveiten, Linda B. Pedersen  
**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Lenka Nealova, Per Johannessen  
**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Per-Otto Johansen

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Fartøy fra oppdragsgiver

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Environment Testing Norway AS og Eurofins Umwelt Ost GmbH **akkrediteringsnummer** Test 003 og D-PL-14081-01-00

Akkreditert: P, Cu, Zn, TOC, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

**Geologiske analyser utført av:** MoLab AS **akkrediteringsnummer** Test 032

Akkreditert: Kornfordeling, glødetap (TOM)

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

# INNHold

<b>1 INNLEDNING.....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>6</b>
2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder.....	6
2.3 Produksjonsdata fra anlegget .....	13
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON .....</b>	<b>14</b>
3.1 Hydrografi .....	14
3.2 Sediment.....	15
3.3 Kjemi.....	17
3.4 Bunndyr .....	18
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....</b>	<b>23</b>
<b>5 TAKK .....</b>	<b>24</b>
<b>6 LITTERATUR .....</b>	<b>25</b>
<b>7 VEDLEGG .....</b>	<b>26</b>
Generell vedleggsdel.....	26
Vedleggstabell 1. Artsliste.....	37
Vedleggstabell 2. Geometriske klasser .....	41
Vedleggstabell 3. Analysebevis Kjemi .....	42
Vedleggstabell 4. Analysebevis Geologi .....	43
Vedleggstabell 5. MOM B, B1 og B2 skjema.....	45

## 1 INNLEDNING

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved settefiskanlegget Trollbukta i Sørfolda, Sørfold kommune i Nordland. Lokaliteten eies av Sisomar AS. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS den 10. april 2014. Det har ikke tidligere vært foretatt noen undersøkelse etter MOM-C-metodikken ved denne lokaliteten.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere de marine miljøforholdene i nærområdet til oppdrettslokaliteten. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra settefiskanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser. De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot Miljødirektoratets tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Veileder 02:2013, Molvær *et al.*, 1997 og Bakke *et al.*, 2007) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).

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

## **2 MATERIALE OG METODER**

### **2.1 Undersøkellesområdet**

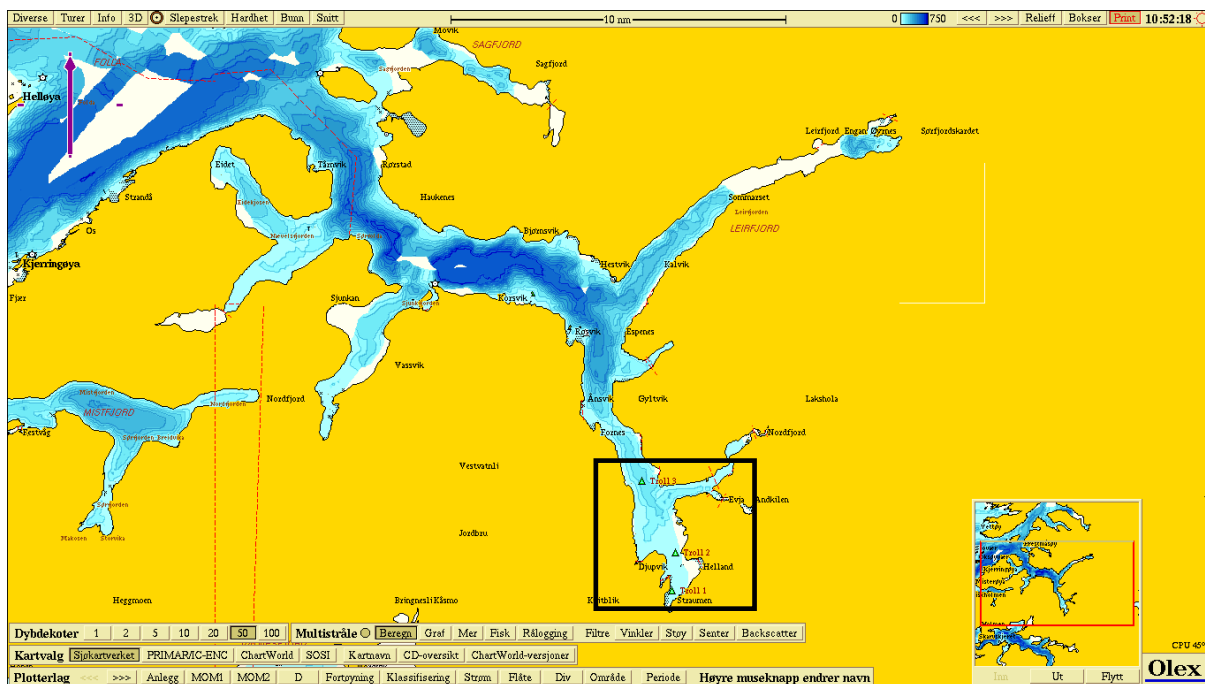
Undersøkellesområdet ligger i fjorden Sørfolda (figur 2.1 og 2.2), i Sørfold kommune, Nordland fylke. Det største dypet i Sørfolda er 578 m. Fjorden har ingen tydelig definerte terskler. Det ble tatt prøver fra tre stasjoner. Stasjon Troll 1 ligger ved det planlagte utslippsområdet til settefiskanlegget, Troll 2 ligger 2 kilometer utover i fjorden fra utslippspunktet, mens fjernsonestasjonen Troll 3 ligger 6,5 km utover i fjorden nord for utslippspunktet. Troll 3 ligger dermed i det dypeste punktet innen rimelig avstand til utslippsområdet til settefiskanlegget. Det ble vurdert som ikke hensiktsmessig å gå lenger ut i fjorden, selv om man har dypere områder der, på grunn av den store avstanden til anlegget. Stasjonenes plassering ble i forkant av undersøkelsen godkjent av Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Nordland.

### **2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder**

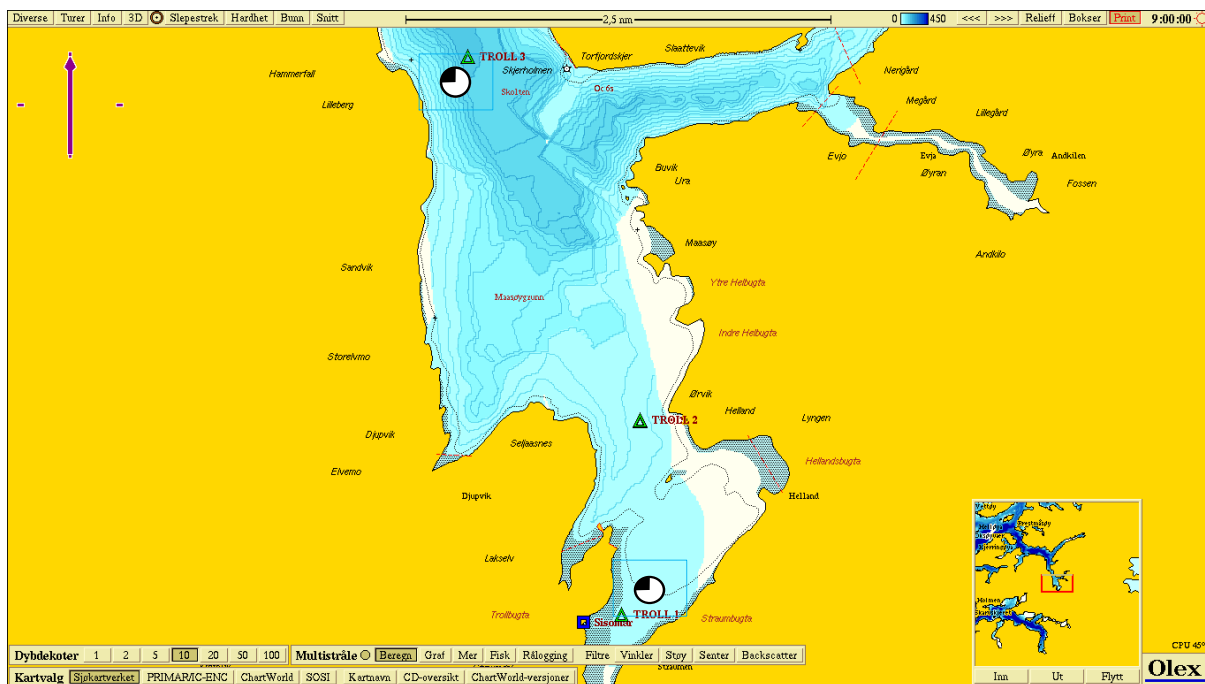
Prøveinnsamlingen av sediment og fauna ble gjort fra en oppdrettsbåt tilhørende Marine Harvest AS den 10. april 2014. Undersøkelsen ble gjennomført av Vidar Strøm og Linda Hagen fra Aqua Kompetanse AS.

Det ble også gjennomført hydrografiske målinger nedover vannsøylen ved fjernstasjonen. Måling av temperatur, saltholdighet og oksygen ble utført med en STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS innstilt for måling hvert 2. sekund når den senkes og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land, og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. All data er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS.

Detaljerte opplysninger om prøvetakingsstasjonene er gitt i tabell 2.1.



Figur 2.1: Oversiktskart over Sjøfolda, med undersøkelsesområdet i Trollbukta innrammet. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2: Detaljsskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og anlegget. Grønn trekant angir stasjonsplassering, og eksakt plassering av disse er gitt i Tabell 2.1. Blå firkant angir plasseringen av settefiskanlegget. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = moderat, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1:** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Sørfolda, Sørfold kommune. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en Van Veen grabb, med et maksimalvolum på 16,3 liter.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Troll 1 10.04.2014	Sørfolda 67° 21.339'N 15° 35.340'Ø	3,5	1	7,4	Grus og sand. Mørk sedimentoverflate, normal lukt. Børstemark registrert. Uttak til faunaprøver.
			2	6,4	Grus og sand. Mørk sedimentoverflate, normal lukt. Børstemark registrert. Uttak til faunaprøver.
			3		Grus og sand. Mørk sedimentoverflate, normal lukt. Børstemark registrert. Uttak til kjemisk og geologisk analyse.
Overgangs- sone Troll 2 10.04.2014	Sørfolda 67° 22.476' N 15° 35.818'Ø	25	1	6,9	Silt og leire, noe stein. Lysegrå sedimentoverflate, normal lukt. Børstemark og skjell registrert. Uttak til faunaprøver.
			2	2,7	Silt og leire, noe stein. Lysegrå sedimentoverflate, normal lukt. Børstemark, slangestjerne, og skjell registrert. Uttak til faunaprøver.
			3		Silt og leire, noe skjell. Lysegrå sedimentoverflate, normal lukt. Børstemark og skjell registrert. Uttak til kjemi og geologi.
Fjernsone Troll 3 10.04.2014	Sørfolda 67° 24.613'N 15° 33.196'Ø	120	1	12,9	Leire og silt, lysegrå sedimentoverflate. Normal lukt. Observerte børstemark og skjell. Uttak til faunaprøver.
			2	12,9	Leire og silt, lysegrå sedimentoverflate. Normal lukt. Observerte børstemark. Uttak til faunaprøver.
			3	16,3	Leire og silt. Lysegrå sedimentoverflate, normal lukt. Observerte børstemark. Uttak til kjemi og geologi.

### 2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt, da oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert



tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid ( $H_2S$ ), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

### 2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut prøve til analyse av organisk innhold (% TOM) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser. Analysene ble gjennomført av MoLab AS (akkrediteringsnummer Test 032).

Analysene av kornfordelingen i sedimentet ble utført etter intern metode. Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap (totalt organisk innhold, TOM), og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med NS 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent ( $H_2S$ ). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

### 2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det tredje hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 17294-2. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter EN 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter EN 14346. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets manual (Molvær *et. al*, 1997 og Bakke *et. al*, 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) i sedimentprøvene ble målt med et 2-kanals multimeter av typen HQ40D levert av Hach Lange gjennom firmaet Prossess-Styring AS.

### 2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m<sup>2</sup>. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m<sup>2</sup> grabb har et volum på 16,3 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet,

det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom en sikt med hulldiameter 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 8 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sediment-restene og overført til egnet conserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet blir oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen, i 3 år. I denne undersøkelsen ble ikke faunaprøver fra overgangssonestasjon Troll 2 opparbeidet, da man hadde akseptable faunaforhold i de to andre påvirkningssonene.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 1). 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 som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanddirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder i Veileder 02:2013 – «Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver». Denne veilederen skal på sikt erstatte Miljødirektoratets veiledere 01:2009 og 97:03 (TA 1467/1997). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til

Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks ( $Es_{100}$ ), NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI og AMBI, samt indeks for individtetthet DI. Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er til stede i prøvene. For denne rapporten er inndeling i tilstandsklasser for indekser brukt gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.2). Klassifisering er i denne rapporten gitt for både sum av grabbhugg og for gjennomsnittet som beskrevet i Veileder 02:2013. Indeksverdiene normaliseres til en 0-1 skala (nEQR) for enklere sammenlikning, og tilstandsklassen bestemmes av gjennomsnittet av de normaliserte indeksverdiene. For en grundigere gjennomgang av indeksene og beregning av tilstandsklasse, se Generell vedleggsdel. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.3).

**Tabell 2.2:** Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2014). Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig	
<b>Dypvann</b>	Oksygen*	97:03	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn.**	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
<b>Sediment</b>	Shannon-Wiener indeks. ( $H'$ )	02:2013		5,7-4,8	3,0-4,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,63-0,82	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	ES <sub>100</sub>	02:2013		50-34	17-34	10-17	5-10	<5
	NSI	02:2013		31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
	ISI <sub>2012</sub>	02:2013		13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,2-4,5	4,5-0
	DI	02:2013		0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Kobber	TA 2229/2007	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220
Sink	TA 2229/2007	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500	

\*Omregningsfaktoren til mgO<sub>2</sub> /l er 1,42

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

**Tabell 2.3:** Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <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> .

### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Produksjonen ved settefiskanlegget startet i år 1986. Anlegget har per i dag en konsesjon på 6 millioner sjødyktig laksesmolt. Det var full produksjon ved anlegget ved prøvetakingstidspunktet.

**Tabell 2.4.** Fôrforbruk og produksjon ved settefiskanlegget til Sisomar AS de siste 2 år:

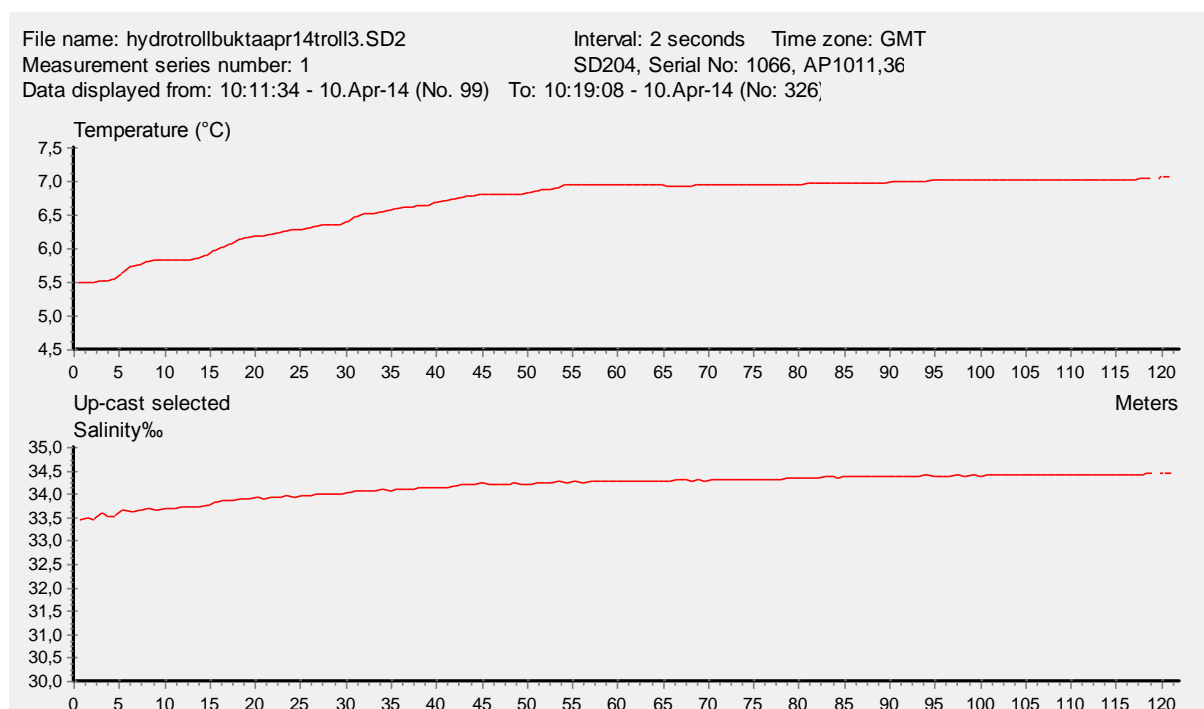
	Utfôret mengde	Produsert mengde
Siste år	320 tonn	504* tonn
Siste 2 år	784 tonn	909 tonn

\*Planlagt leveranse er tatt med i tallet, ferdig med levering i slutten av september 2014.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

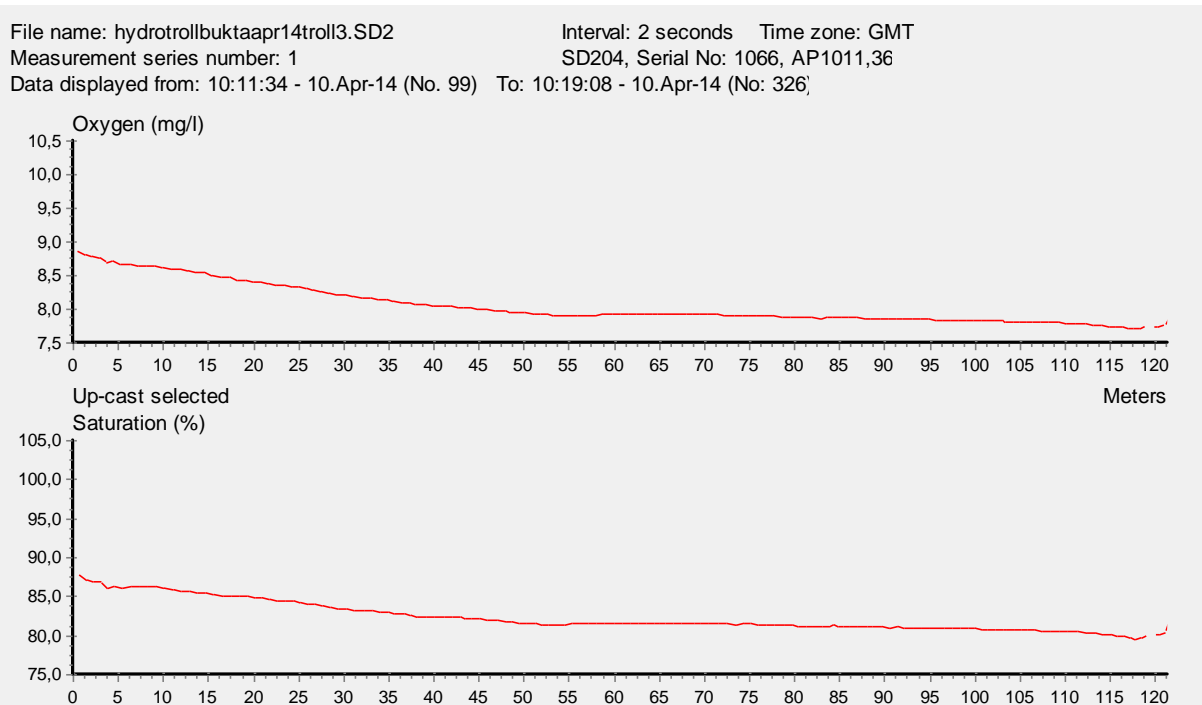
#### 3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til like over bunnen ved fjernstasjonen Troll 3. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i figurene 3.1-3.2.



**Figur 3.1:** Temperatur (°C) og salinitet (‰) fra overflaten og ned til 120 meters dyp ved fjernstasjonen Troll 3 den 10. april, 2014.

Sjøtemperaturen i overflatevannet var 5,5 °C, mens saltholdigheten var 33,6 ‰. Nedover mot 50-60 meters dyp stiger temperaturen gradvis, men saltholdigheten også stiger noe. Ved 60 meters dyp er temperaturen 7,9 °C, mens saltholdigheten er 34,3 ‰. Nedover mot bunnen avtar temperaturen noe, mens saltholdigheten stiger minimalt. Bunnvannet holder 7,0 °C, mens saltholdigheten er 34,4 ‰.

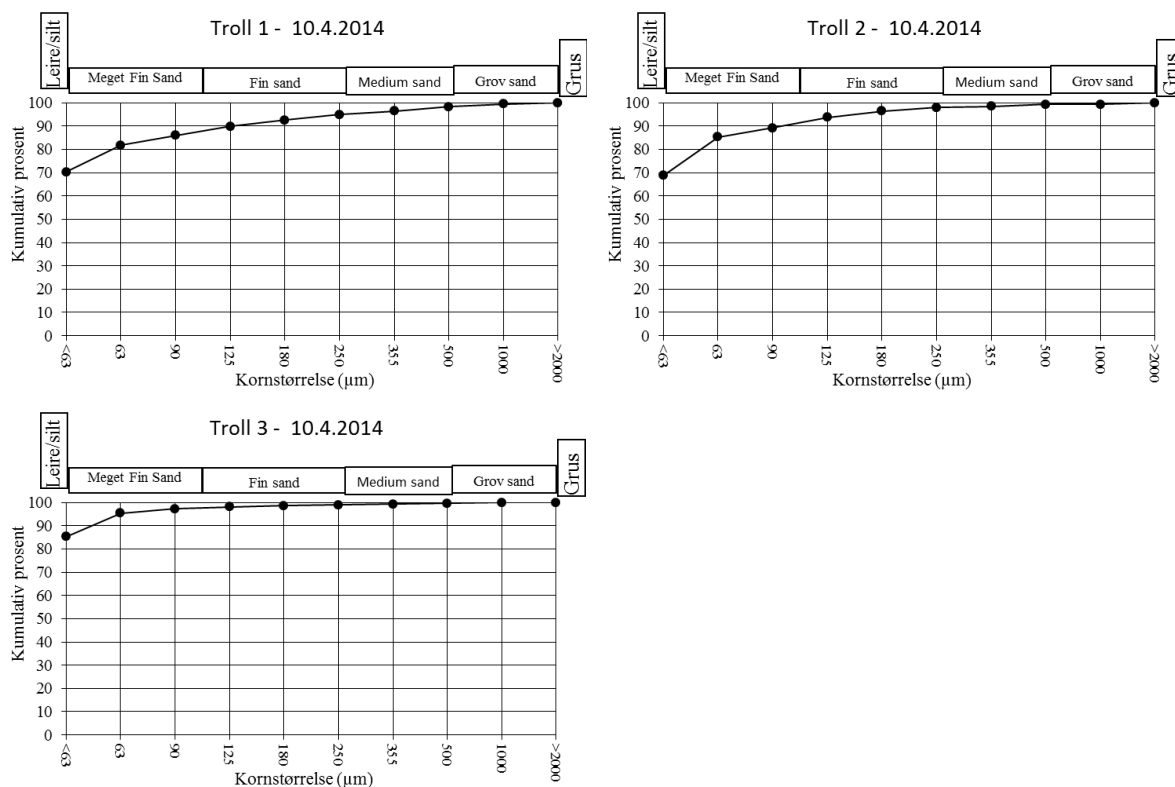


**Figur 3.2:** Oksygenkonsentrasjon (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til 120 meters dyp ved fjerstasjon Troll 3 den 10. april, 2014.

Overflatevannet holdt 8,6 mg O<sub>2</sub>/liter, mens metningen lå i overkant av 85 %. Nedover i dypet synker oksygeninnholdet sakte. I bunnvannet er konsentrasjonen 7,8 mg O<sub>2</sub>/liter, mens metningen er cirka 80 %. Med en omregningsfaktor på 1,42 tilsvarer denne konsentrasjonen 5,5 ml O<sub>2</sub>/liter, og gir tilstanden 'Svært god' etter klassifiseringen for oksygen i dypvann i tabell 2.2.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene ved Trollbukta er presentert i figur 3.3 og tabell 3.1.



**Figur 3.3:** Kornfordeling ( $\mu\text{m}$ ) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra de undersøkte stasjonene ved lokalitet Trollbukta, april 2014.

**Tabell 3.1:** Oversikt over dyp, organisk innhold (% TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Trollbukta i 2014 og tidligere undersøkelser.

Stasjon	Dyp (m)	TOM (%)	Kornstørrelsesfordeling (%)		
			Silt og leire	Sand	Grus
Troll 1	3,5	5,9	70,3	29,2	0,5
Troll 2	25	3,4	68,9	30,5	0,6
Troll 3	120	5,6	85,4	14,6	0,0

På nærsone-stasjonen, Troll 1, besto det meste av sedimentet av leire og silt, som utgjorde 70,3 %. Sand utgjorde 29,2 % av sedimentet, mens grus utgjorde 0,5 %. Det organiske innholdet målt som % glødetap var 5,9, og er å betrakte som et lavt nivå.

Overgangssonestasjonen Troll 2 en relativt lik fordeling som nærsone-stasjonen med 68,9 % bestående av silt og leire, og 30,5 % sand, og 0,6 % grus. Det organiske innholdet var lavt, og lå på 3,4 %.



Fjernsonestasjonen Troll 3 hadde et finkornet sediment med 85,4 % innen fraksjonen silt og leire. De resterende 14,6 % besto av sand. Det organiske innholdet ble målt til 5,6 %, og er å betrakte som et lavt nivå.

### **3.3 Kjemi**

#### **3.3.1 Sedimentanalyser**

De målte verdiene av totalt organisk karbon (TOC) normaliseres ved beregning med leire/silt-andel. Formelen som benyttes til dette, er utarbeidet for lokaliteter som ligger utaskjærs og en må derfor ha dette i tankene når formelen benyttes på data fra fjorder (Aure *et al.*, 1993).

Parameteren TOC viste høye nivå ved nærsone-stasjonen, med verdier i tilstandsklasse IV (Dårlig), mens den viste lave nivå ved overgangs- og fjernsonen som havner i henholdsvis tilstandsklasse I (Svært god/bakgrunn) og II (God). Analysen av sink- og kobberinnhold viste lave verdier ved alle tre stasjoner, tilsvarende tilstandsklasse I. Fosfornivået ved de tre stasjonene varierte fra 0,92 – 1,0 g/kg, og er å betegne som et lavt nivå.

**Tabell 3.2:** Innholdet av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering (Bakke et. al, 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	Dyp (m)	Totalt organisk karbon (TOC)	Normalisert TOC	Kobber (Cu)		Sink (Zn)		Fosfor (P)		Tørrstoff TS (%)
		mg/g TS	mg/g TS	TK	mg/kg TS	TK	mg/kg TS	TK	mg/kg TS	
Troll 1	3,5	29	34,3	IV	21	I	76	I	1000	47,9
Troll 2	25	12	17,6	I	12	I	55	I	920	70,1
Troll 3	120	22	24,6	II	25	I	97	I	940	52,2

### 3.3.2 Måling av pH og redokspotensialet (Eh)

Resultatene fra pH og redokspotensialet sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 5.

Målingen av pH og  $E_h$  på nær-, overgangs- og fjernstasjonen viste normal pH, positivt redokspotensiale og plasserer dermed alle tre stasjonene i tilstand 1.

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

Stasjon	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
Nærsone	8,01	215	0	1
Overgangssone	7,66	2	1	1
Fjernsone	7,69	479	0	1

### 3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.4-3.6, og i Vedleggstabellene 1-2. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i april 2014. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Nærsonestasjonen Troll 1 ligger innerst i fjorden på 3,5 m dyp, nær utslippspunktet til anlegget. Her ble det funnet totalt 23 arter med til sammen 1406 individer. Diversiteten ( $H'$ ) ble på huggnivå (snitt) beregnet til 2,26 som ligger i Miljødirektoratets tilstandsklasse III (Moderat). Ømfintlighetsindeksen NSI havnet også i tilstandsklasse III og den sammensatte indeksen NQI1 får tilstandsklasse II (God). Resultatene viser at det er et noe redusert artsmangfold på stasjonen, med relativt skjev fordeling av arter og noe forekomst av

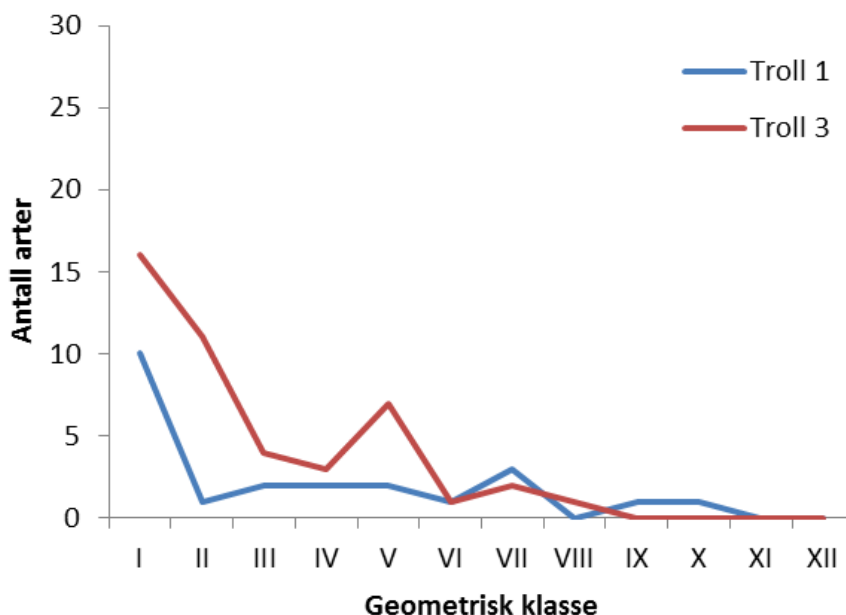
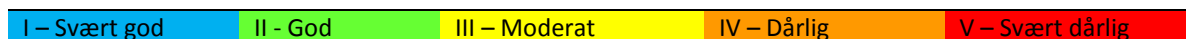
opportunistiske arter. I følge MOM-standarden er imidlertid diversitets-indeksene lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er i stedet utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen miljøtilstand 1 (god). Faunaen på stasjonen var dominert av sneglen *Onoba aculeus*, som med 629 individer utgjorde hele 45 % av det totale individantallet i prøvene, og fåbørstemark (*Oligochaeta*) med 313 individer (22 %). Kun fire av de ti vanligst forekommende artene var børstemark, de øvrige var bløtdyr (snegler og skjell), samt én pigghud. Fordelingen på geometriske klasser, med en flat kurve, indikerer også miljøpåvirkning på stasjonen (Figur 3.4).

Fjernstasjonen Troll 3 ligger på 120 m dyp ca. 5 km utover i fjorden i nordlig retning. Her ble det funnet 710 individer fordelt på 45 arter. Diversiteten ( $H'$ ) ble på huggnivå (snitt) beregnet til 3,42 som gir tilstandsklasse II (God). Ømfintlighetsindeksen NSI og den sammensatte indeksen NQI1 havner også i tilstandsklasse II. Disse resultatene viser at det er en relativt jevn fordeling av arter på stasjonen, med få forurensningstolerante og opportunistiske arter. Samlet sett havner Troll 3 i tilstandsklasse II, men ligger ganske nær grensen til tilstandsklasse III (Moderat). De to mest tallrike artene på stasjonen var børstemarkene *Heteromastus filiformis* med 242 individer (34 %) og *Paramphinome jeffreysii* med 116 individer (16 %). Ellers ble det funnet ytterligere 5 arter av børstemark, én skjellart, et krepsdyr og pølseormer (*Sipuncula*) blant de ti mest tallrike artene/gruppene.

De multivariate analysene viser en relativt høy likhet mellom huggene på hver enkelt stasjon (ca. 70 %) og at nærstasjonen og fjernstasjonen skiller seg kraftig fra hverandre (Fig. 3.5 og 3.6). Dette er å forvente, da stasjonene ligger på ulike lokaliteter med svært ulik dybde.

**Tabell 3.4:** Antall individer, arter, diversitet ( $H'$  og  $ES_{100}$ ), ømfintlighet (AMBI, NSI,  $ISI_{2012}$ ), den sammensatte indeksen for artsmangfold og ømfintlighet (NQ1) og tetthetsindeksen DI for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer), totalt og gjennomsnittlig for stasjonene. Klassifisering av miljøtilstand foretatt etter veileder 02:2013, (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014, se generelt vedlegg for nærmere forklaringer) samt MOM miljøtilstand (firkant angir tallmateriale som klassifiserer stasjonen) fra NS 9410:2007. Tilstandsklasse baseres på snitt av normaliserte indeksverdier (nEQR).

Stasjon	Hugg	Antall		Diversitet					TK	MOM TK
		arter	individer	( $H'$ )	$ES_{100}$	NQ1	NSI	$ISI_{2012}$		
Troll 1	1	16	515	2,31	10,1	0,55	12,3	7,13	0,66	
	2	19	891	2,21	9,2	0,74	22,6	8,29	0,90	
	sum	<b>23</b>	1406	2,47	10,1	0,68	17,0	8,36	0,80	<b>1</b>
	snitt	18	703	2,26	9,6	0,65	17,4	7,71	0,80	
	nEQR sum			0,50	0,40	0,65	0,48	0,68	0,24	
	nEQR snitt			0,47	0,39	0,62	0,50	0,62	0,24	
Troll 3	1	34	346	3,60	20,9	0,64	22,0	9,14	0,49	
	2	31	364	3,24	18,9	0,63	21,6	9,11	0,51	
	sum	45	710	3,52	20,3	0,65	21,8	9,19	0,50	
	snitt	33	355	3,42	19,9	0,64	21,8	9,1	0,50	
	nEQR sum			0,66	0,64	0,62	0,67	0,76	0,53	0,65 (II)
	nEQR snitt			0,65	0,63	0,61	0,67	0,75	0,53	0,64 (II)

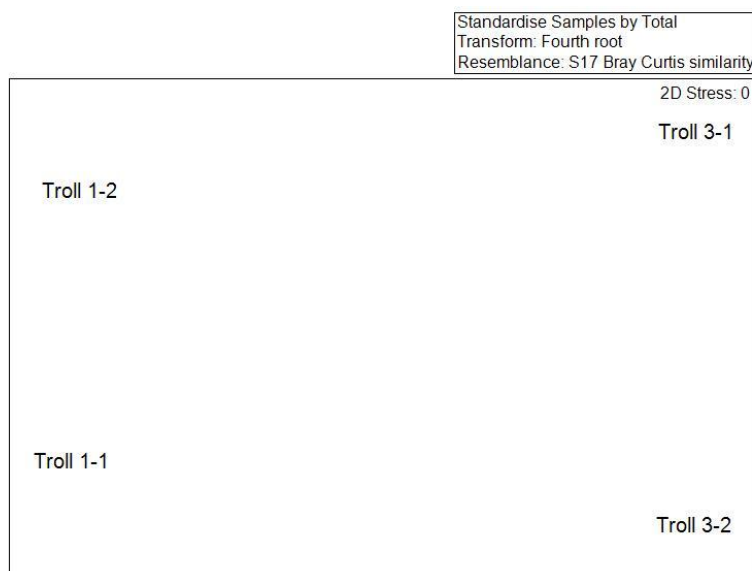


**Figur 3.4:** Antall arter (y-akse) plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Trollbukta i 2014.

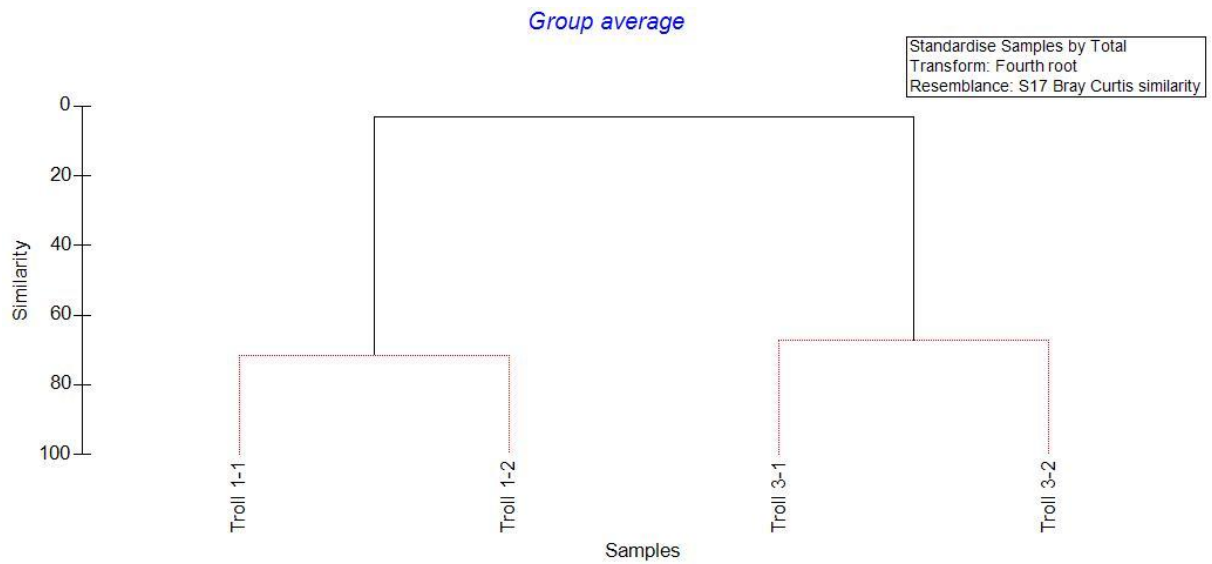
**Tabell 3.5:** De ti mest tallrike artene/gruppene fra Trollbukta i 2014.

Troll 1	Antall individer	%	Kum. %	Troll 1	Antall individer	%	Kum. %
<i>Onoba aculeus</i>	629	44,7	44,7	<i>Heteromastus filiformis</i>	242	34,1	34,1
Oligochaeta	313	22,3	67,0	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	116	16,3	50,4
<i>Amphipholis squamata</i>	125	8,9	75,9	<i>Prionospio cirrifera</i>	64	9,0	59,4
<i>Macrochaeta clavicornis</i>	100	7,1	83,0	<i>Thyasira equalis</i>	63	8,9	68,3
<i>Rissoa parva</i>	93	6,6	89,6	<i>Eriopisa elongata</i>	27	3,8	72,1
<i>Hiatella</i> sp.	58	4,1	93,7	<i>Notomastus latericeus</i>	23	3,2	75,4
<i>Naineris quadricuspida</i>	28	2,0	95,7	<i>Amythasides macroglossus</i>	21	3,0	78,3
<i>Mytilus edulis</i>	17	1,2	96,9	<i>Chaetozone</i> sp.	18	2,5	80,8
<i>Mediomastus fragilis</i>	12	0,9	97,8	<i>Eclysippe vanelli</i>	17	2,4	83,2
<i>Modiolus modiolus</i>	9	0,6	98,4	Sipuncula	17	2,4	85,6

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

**Figur 3.5:** MDS plot på hugg-nivå fra Trollbukta. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

### SAM-Marin og Aqua Kompetanse



**Figur 3.6:** Cluster plot på hugg-nivå fra Trollbukta. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de undersøkte stasjonene.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av de marine miljøforholdene ved settefiskanlegget i Trollbukta, Sørfold kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 10. april, 2014. Det ble samlet bunnprøver ved tre stasjoner, én ved utslippspunktet, én i overgangssonen, og én i fjernsonen lengre ut fjorden. Ved sistnevnte ble det også utført en hydrografisk måling.

Den hydrografiske undersøkelsen viste at man på undersøkelsestidspunktet hadde homogene vannmasser ved fjernsonestasjonen. Ingen tydelige sprangsjikt ble observert i vannsøylen. Vannets saltholdighet var litt dempet i forhold til oseanisk vann helt i overflaten, som er svært vanlig i fjordområder med ferskvannsavrenning, men under 50 meters dyp hadde man saltholdighet over 34 ‰, som tilsvarer havvann. Oksygeninnholdet var jevnt og høyt i hele vannsøylen, og bunnvannets innhold gav tilstanden 'Svært god' etter klassifiseringen for oksygen i dypvann i tabell 2.2.

Kornfordelingsanalysen viste et relativt finkornet sediment ved alle tre stasjoner. Ved nær- og overgangssonestasjonen hadde man nesten er tredjedel bestående av sandpartikler i tillegg til finpartikler, mens ved fjernsonen hadde man en klar overvekt av finpartikler i leire- og siltkategorien. Det organiske innholdet i sedimentet målt som prosent glødetap var å betegne som lavt ved alle stasjonene.

Den kjemiske undersøkelsen av sedimentet viste lave nivå av sink og kobber (tilstandsklasse I - Svært god), samt lave fosfornivå. Parameteren totalt organisk karbon (TOC) viste et høyt nivå ved Troll 1 (tilstandsklasse IV - Dårlig), mens nivåene ved Troll 2 og 3 var lave (henholdsvis tilstandsklasse I -Svært god og II - God). Måling av pH og Eh gav de tre stasjonene tilstand 1 (etter MOM B-metodikk).

Bunndyrunderøkelsen viste tegn til noe påvirkning ved utslippsområdet til settefiskanlegget. Dette gjennom noe lavt artsmangfold, og skjev fordeling av arter med høy dominans av én enkelt art, samt et flatt kurveforløp for de geometriske klassene. Etter

MOM-klassifiseringssystemet, som tar høyde for en viss påvirkning i nærheten av oppdrettsanlegg, får forholdene ved stasjonen miljøtilstand 1 (meget god). Ved fjernsonestasjonen viste bunndyrssamfunnet gode forhold, og helhetlig sett, med alle indeksene tatt i betraktning, havnet denne stasjonen i tilstandsklasse II (God).

Oppsummert kan man si at denne undersøkelsen viser gode forhold i det marine miljøet i resipienten til settefiskanlegget i Trollbukta. Noe påvirkning er synlig på bunnfaunaen i nærsone, men dette er normalt i utslippsområder. Parameteren totalt organisk karbon (TOC) viste høye nivå i nærsone, mens det organiske innholdet målt som glødetap viste et lavt nivå. At disse to parameterne gir motstridende resultater har man også erfart tidligere, og det bør nevnes at man har påvist at selv prøver fra marine områder uten antropogen påvirkning, har fått dårligste tilstand når det gjelder TOC (Sandnes, 2004).

## **5 TAKK**

Vi takker for god hjelp og et hyggelig tokt. På toktet deltok Vidar Strøm og Linda Hagen fra Aqua Kompetanse AS. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten og Linda B. Pedersen. Bunndyrene ble identifisert av Lenka Nealova og Per Johannessen, SAM-Marin.



## 6 LITTERATUR

- Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Rapport 510/93 (NIVA Rapport 2827). 100 s.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan, JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263 s.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Sandnes, O. 2004. Bonitetsprosjektet i HASUT. Utvikling av kartleggingsmetode for lokalisering av marin matfiskoppdrett. Rapport 42-10-4 (Aqua Kompetanse AS rapp.) 60 s.

## 7 VEDLEGG

### Generell vedleggsdel

#### Analyse av bunndyrsdata

##### Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårige 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).

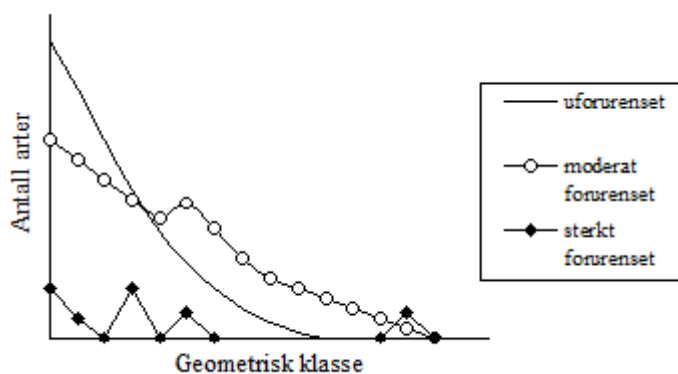
Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I upåvirkede områder vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes 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)

##### Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Miljødirektoratet legger imidlertid vekt på de beregnede indeksene når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al. 1997 og Direktoratets gruppa Vanndirektoratet 2014, Tabell v2 og v3).

**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.

## Diversitet

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Diversitetsindeksen SN** er beskrevet som:

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

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

## Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI 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:

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

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

**AMBI (Aztu 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 faunaeksperter. 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 sensitivitetsverdier

### Sammensatte indekser

Den sammensatte indeksen NQI1 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-indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

### Individtetthet

**DI (Density Index)** er beskrevet som:

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

Hvor *abs* står for absolutt tallverdi (negative verdier gjøres positive), og  $N_{0,1m^2}$  er antall individer per 0,1 m<sup>2</sup>.

### Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten ( $H'$ ) og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 01:2009. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammenligning med historiske data. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig) (Tabell v2 og v3)

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

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES <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

\* Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

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

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

### 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 enkeltindeksen 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 individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

### Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av miljøgrader. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra "godt" til "dårlig" miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulik prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor:  $S_{jk}$  = likheten mellom to prøver, j og k

$y_{ij}$  = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen

$y_{ik}$  = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles "group average sorting" og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes

prosentvis likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en "maksimal" projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor:  $\hat{d}_{jk}$  = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten  $d_{jk}$  gitt som:

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

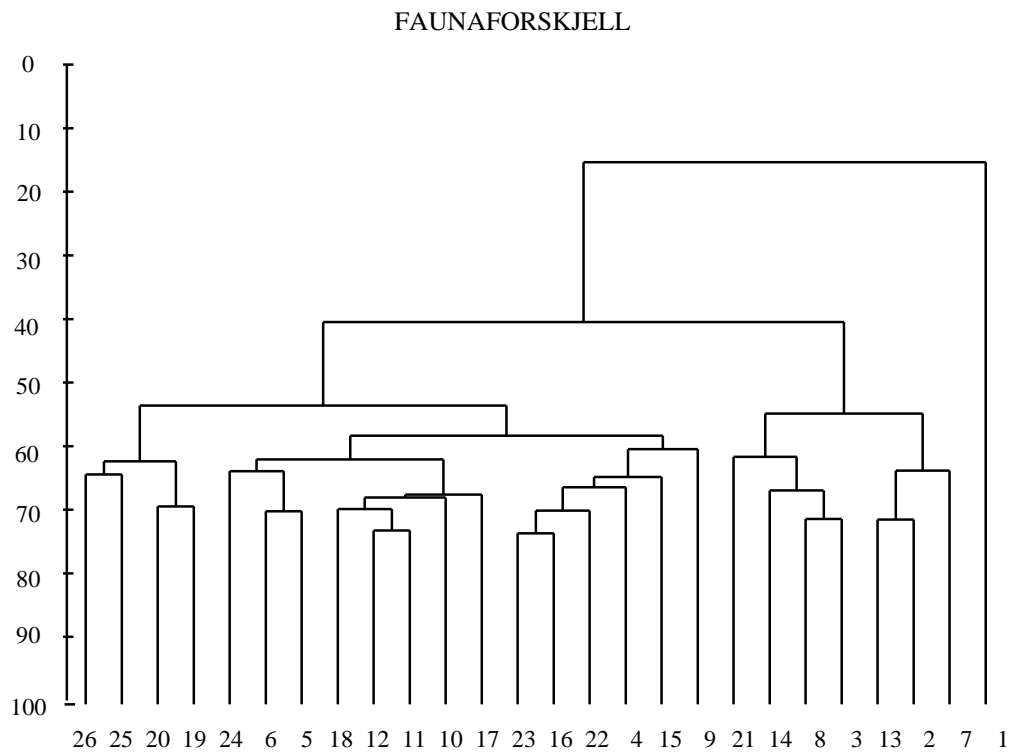
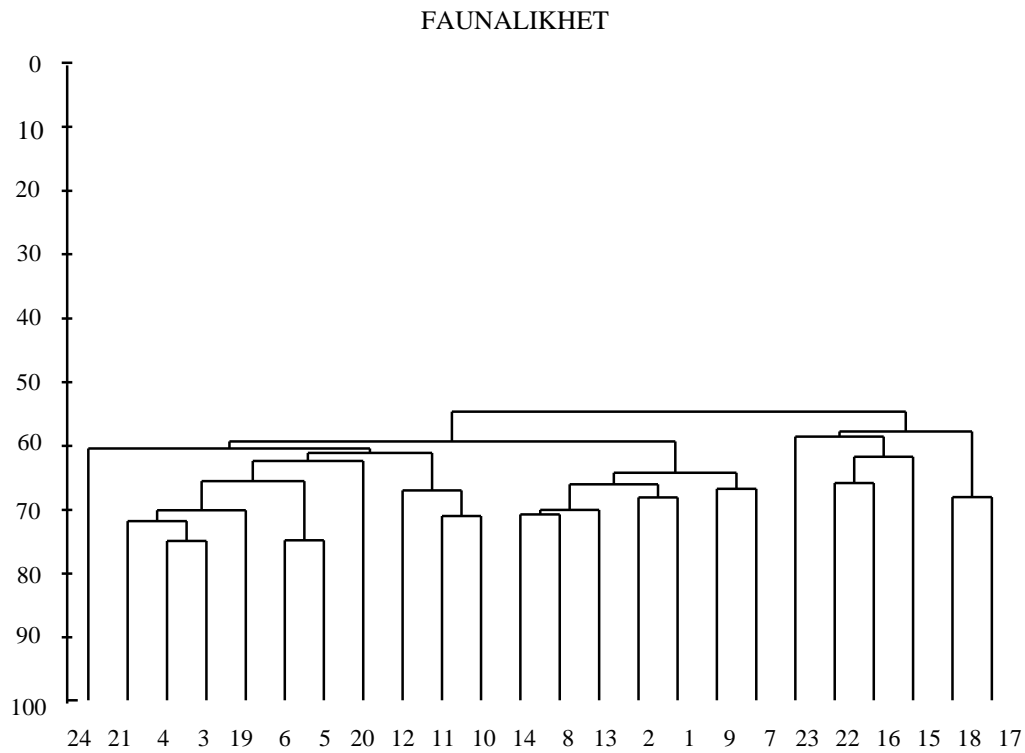
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

## Dataprogrammer

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

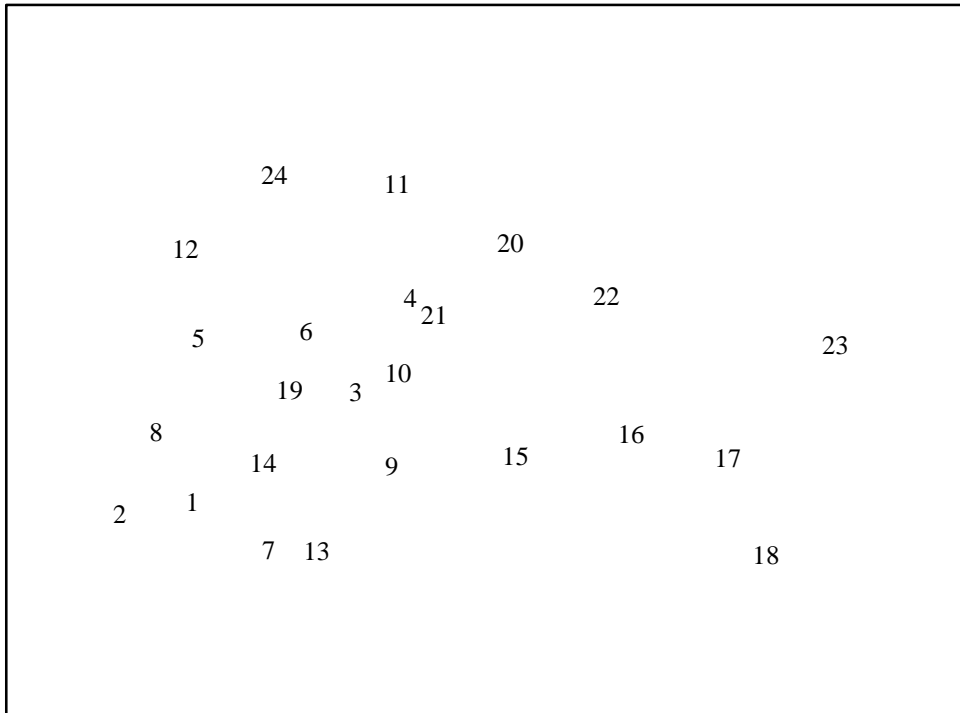
De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken Primer fra Plymouth Marine Laboratory i England. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.



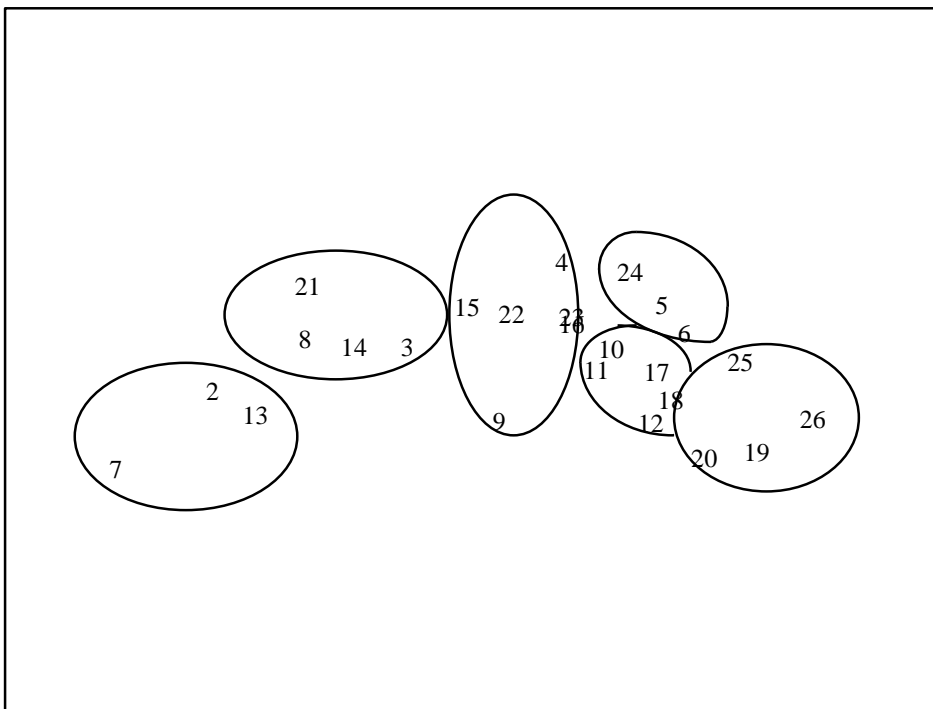


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



**Figur v3.** MDS-plott som viser faunalikheten mellom prøver. Øverste plott viser ingen klar gradient, mens nederste plott viser en tydeligere gradient.

**Litteratur til Generelt Vedlegg**

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon TA 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs 27:325-349*.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 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*.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review 16:229-311*.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series 12:237-255*.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology 13:131-144*.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp*.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548 – 2002*. 32 s.

- 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
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

**Vedleggstabell 1. 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):** Sisomar AS, Trollbukta, 8226 Straumen  
**Prosjekt nr.:** 808309

**Prøvetaksingssted (område):** Sørfolda, Nordland kommune

**Dato for prøvetaking:** 10.4.2014

**Ansvarlig for prøvetaking (firma):** SAM-Marin

**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet:** -

**Artene er identifisert av:** Lenka Nealova, 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: *Lenka Nealova*  
 Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 1/3	Stasjon	Troll 1	Troll 1	Troll 3	Troll 3
		Dato	Dato	Dato	Dato
Arter	Dyp	3,5 m	3,5 m	120 m	120 m
	Hugg	1	2	1	2
* HYDROZOA		+	+		
* NEMERTEA		66	50	3	1
* NEMATODA		ca. 31	ca. 60	1	
POLYCHAETA					
<i>Paramphinome jeffreysii</i>				44	72
* <i>Siboglinum fiordicum</i>					2
<i>Syllidia armata</i>			1		
<i>Exogone</i> sp.				2	1
<i>Glycera lapidum</i>				0/4	0/2
Lumbrineridae				1	
<i>Naineris quadricuspida</i>		28			
<i>Polydora</i> sp.				4	
<i>Prionospio cirrifera</i>				44	20
<i>Apistobranchnus tenuis</i>					0/1
<i>Paradoneis</i> sp.				1	
<i>Aphelochaeta</i> sp.				3	5
<i>Chaetozone</i> sp.				6	12
<i>Cirratulus cirratus</i>				1	
<i>Macrochaeta clavicornis</i>		34	66		
<i>Diplocirrus glaucus</i>					4
<i>Pherusa plumosa</i>			1		
<i>Scalibregma inflatum</i>				1	1
<i>Capitella capitata</i>		5	1		
<i>Heteromastus filiformis</i>				105	137
<i>Mediomastus fragilis</i>		4	8		
<i>Notomastus latericeus</i>				12	11
Maldanidae					0/1
<i>Amythasides macroglossus</i>				10	11
<i>Eclysippe vanelli</i>				7	10
<i>Sosanopsis wireni</i>				1	
<i>Paramphitrite birulai</i>				1/1	0/2
<i>Streblosoma intestinale</i>				1	
<i>Amaeana trilobata</i>					1/1
<i>Trichobranchnus roseus</i>					1
<i>Terebellides stroemii</i>				9	7
Sabellidae			1	1	
<i>Hydroides norvegicus</i>				1	
OLIGOCHAETA		247	66		
SIPUNCULA				16	1
CRUSTACEA					
* <i>Calanus finmarchicus</i>			2		1

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 2/3	Stasjon	Troll 1	Troll 1	Troll 3	Troll 3
		10.04.2014	10.04.2014	10.04.2014	10.04.2014
Arter	Dato	3,5 m	3,5 m	120 m	120 m
	Dyp	1	2	1	2
Arter	Hugg				
<i>Diastylis cornuta</i>				1/1	
* <i>Gnathia</i> sp.				2	
* <i>Idotea</i> sp.		1			
* Amphipoda		7	17	1	2
* Caprellidae		2			
<i>Eriopisa elongata</i>				11/3	11/2
* <i>Liocarcinus arcuatus</i>		0/2	1		
INSECTA					
* Chironomidae		1	2		
MOLLUSCA					
Caudofoveata				3	
Solenogastres					1
<i>Gibbula tumida</i>		1			
<i>Littorina littorea</i>			1		
<i>Alvania punctura</i>			1		
<i>Onoba aculeus</i>		120/8	481/20		
<i>Rissoa parva</i>		0/25	0/68		
<i>Curtitoma trevelliiana</i>				2	0/1
<i>Nassarius reticulatus</i>		1			
<i>Diaphana minuta</i>		1	3		
* <i>Aplysia</i> sp.		1			
* <i>Akera bullata</i>		1	1		
* Nudibranchiata		1			
<i>Yoldiella philippiana</i>					2
<i>Modiolus modiolus</i>		0/1	0/8		
<i>Mytilus edulis</i>		0/8	0/9		
<i>Thyasira obsoleta</i>				3/1	5/1
<i>Thyasira sarsii</i>					1/2
<i>Thyasira equalis</i>				32/3	24/4
<i>Axinulus croulinensis</i>				1/3	3/1
<i>Mendicula ferruginosa</i>				2	
<i>Adontorhina similis</i>				1	
<i>Astarte sulcata</i>				1	
<i>Macoma calcarea</i>		1	1		
<i>Abra nitida</i>				1	
<i>Chamelea striatula</i>			1		
<i>Hiatella</i> sp.		9	49		
ECHINODERMATA					
<i>Leptasterias muelleri</i>		0/1			
<i>Amphipholis squamata</i>		7/14	15/89	0/1	1
<i>Ophiura sarsii</i>					0/1

## SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 3/3	Stasjon	Troll 1	Troll 1	Troll 3	Troll 3
		Dato	Dato	Dato	Dato
Arter	Dyp	10.04.2014	10.04.2014	10.04.2014	10.04.2014
	Hugg	3,5 m	3,5 m	120 m	120 m
		1	2	1	2
<i>Echinocyamus pusillus</i>			1		
<i>Brisaster fragilis</i>					1/1
<i>Labidoplax buskii</i>					1
* PISCES - egg		1			
* VARIA		+	+	+	+



**Vedleggstabell 2. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene

<b>Geometriske klasser</b>	<b>Troll 1</b>	<b>Troll 3</b>
I	10	16
II	1	11
III	2	4
IV	2	3
V	2	7
VI	1	1
VII	3	2
VIII	0	1
IX	1	0
X	1	0
XI	0	0
XII	0	0

## Vedleggstabell 3. Analysebevis Kjemi



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

Eurofins Environment Testing Norway AS  
(Bergen)

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

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-14-MX-001548-01



EUNOBE-00010374

Prøvemottak: 08.05.2014  
Temperatur:  
Analyseperiode: 08.05.2014-22.05.2014  
Referanse: 808309 / ref: 37/14

## ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 1000	mg/kg tv	a) 920	mg/kg tv	a) 940	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 21	mg/kg tv	a) 12	mg/kg tv	a) 25	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 76	mg/kg tv	a) 55	mg/kg tv	a) 97	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 29	mg/g tv	a) 12	mg/g tv	a) 22	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 47.9	% (w/w)	a) 70.1	% (w/w)	a) 52.2	% (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, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 22.05.2014

Kristine Fiane Johnson

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 måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 1

## Vedleggstabell 4. Analysebevis Geologi

		<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>Sedimentanalyser</b>		
Kunde: Uni Research AS Att: Øydis Alme Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: <b>54622</b>	Antall sider + bilag: <b>2</b>	
		Rapport referanse: <b>KR-18830</b>	Dato: <b>18.06.2014</b>	
Rev. nr. <b>0</b>	Kundens bestillingsnr. / ref.: <b>808309 / 24/14</b>	Utført: <b>Eli Ellingsen</b>	Ansvarlig signatur: <b>Eli Ellingsen</b>	

Prøver mottatt dato: 20.05.2014

## RESULTATER

Prøve merket:			Troll 1	Troll 2	Troll 3		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000537	KG-000538	KG-000539		
TOM (550 °C)	%	12.06.14	5,93	3,38	5,60		

## Kornfordeling

Analysedato: 03.06.2014

Troll 1	KG-000537							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,05	0,5	0,5	MdΦ	Silt og leire	70,3	
1000	0	0,12	1,2	1,7	5,16	Sand	29,2	
500	1	0,19	1,9	3,6		Grus	0,5	
355	1,5	0,15	1,5	5,1	SdΦ			
250	2	0,23	2,3	7,4	1,91			
180	2,5	0,27	2,7	10,1				
125	3	0,39	3,9	14,0	SkΦ			
90	3,5	0,42	4,2	18,3	-0,09			
63	4	1,14	11,4	29,7				
<63	8	7,01	70,3	100,0	KΦ			
		9,97	100,0		0,92			

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.



Troll 2		KG-000538							
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,08	0,6	0,6	Md $\Phi$	Silt og leire		68,9	
1000	0	0,01	0,1	0,7		Sand	5,10	30,5	
500	1	0,09	0,7	1,5		Grus		0,6	
355	1,5	0,07	0,6	2,0	Sd $\Phi$				
250	2	0,19	1,5	3,6			1,71		
180	2,5	0,33	2,7	6,2					
125	3	0,57	4,6	10,8	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,47	3,8	14,6			0,04		
63	4	2,04	16,5	31,1					
<63	8	8,51	68,9	100,0	K $\Phi$				
		12,36	100,0						0,82

Troll 3		KG-000539							
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,00	0,0	0,0	Md $\Phi$	Silt og leire		85,4	
1000	0	0,03	0,3	0,3		Sand	5,66	14,6	
500	1	0,03	0,3	0,7		Grus		0,0	
355	1,5	0,03	0,3	1,0	Sd $\Phi$				
250	2	0,04	0,4	1,4			1,44		
180	2,5	0,04	0,4	1,9					
125	3	0,08	0,9	2,7	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,17	1,9	4,6			0,00		
63	4	0,92	10,0	14,6					
<63	8	7,84	85,4	100,0	K $\Phi$				
		9,18	100,0						0,74

## 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. MOM B, B1 og B2 skjema**

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Sisonar  
 Lokallitet: Trollbukta, utslippsområde  
 Lokallitetstyp: Søteriskartlegg

Date: 10,4,14  
 Lokallitetsnr: 11264

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr					Indeks
			Troll 3	Troll 2	Troll 1			
I	Dyr	Ja = 0, Nei = 1	0	0	0			0,0
	Tilstand (Gruppe I)							
II	pH	verdi	7,69	7,66	8,01			
	E <sub>s</sub> (mv)	verdi	262	-215	-2			
		+ ref. verdi	479	2	215			
	pH <sub>E<sub>s</sub></sub>	fra figur	0	1	0			0,3
	Tilstand, prøve		1	1	1			
	Tilstand, gruppe II							
			Buffer temp: 6,7 °C		Temp sjø: 5,5 °C	Temp sediment: 5,4 °C		
			pH sjø: 8,31		Eh sjø: 280,1	Ref. elektrode: 217		
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		10414		Olinda Høgen			
III	Gassbobler	Ja = 4, Nei = 0	0	0	0			
	Farge	Lvs/Grb = 0	0	0	0			
		Brun/Sort = 2						
	Lukt	Ingen = 0	0	0	0			
		Nos = 2						
		Stærk = 4						
	Konsistens	Fast = 0						
		Mjøl = 2	2	2	2			
		Løs = 4						
	Grabbvolum	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 - 5 cm = 1								
≥ 5 cm = 2								
	SUM		4	4	3			
	Korrigert sum (*0,22)		0,88	0,88	0,66		0,8	
	Tilstand prøve							
	Tilstand gruppe III							
	Middelverdi gruppe II og III		0,44	0,94	0,33		0,8	
	Tilstand gruppe II og III							
	pH <sub>E<sub>s</sub></sub> Korr. sum Indeks Middelverdi	Tilstand	Tilstand			Lokalitetstilstand		
			Gruppe I	Gruppe II og III				
			A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4			
			4	1, 2, 3	1, 2, 3			
			4	4	4			
	LOKALITETSTILSTAND							

Korrekturløst: 02.05.2014 *[Signature]*  
 dato sign. sign.

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

Vedlegg SF-SAM-830 05

B2a

SAM-Marin

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Sisomar

Dato: 10.4.14

Lokalitet: Trollbukta, utslippsområde

Lokalitetsnr: 11264

Lokalitetstyp: Settefiskanlegg

Prøvetakingssted (nr)	Troll 3	Troll 2	Troll 1						
Dyp (m)	120	25	3,5						
Antall forsøk	1	1	1						
Bobling (i prøve)									
Primær-sediment	Grus			3					
	Skjellsand								
	Sand			2					
	Mudder		2						
	Silt	2	2						
Leire	3								
Fjellbunn									
Steinbunn		1							
Pigghuder, antall									
Krepsdyr, antall									
Skjell, antall	Noen	Noen							
Børstemark, antall	Mange	Noen	Noen						
Andre dyr, antall									
Malacoceros fuliginosa									
Beggiatoa									
Fôr									
Fekalier									
Kommentarer									

Korrekturlest:

10.05.14  
dato

*[Signature]*  
Sign.

*[Signature]*  
Sign.

Godkjent av: KH/SJU

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .