

MOM C-undersøkelse fra lokalitet Storoksen i Askøy kommune, 2015





Uni Research Miljø
Seksjon for anvendt miljøforskning, Marin del (SAM-Marin)
Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen
Telefon +47 55 58 43 41 (Tone Vassdal)
Web uni.no epost sam-marin@uni.no
Organisasjonsnummer 985 827 117 mva

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	MOM C-undersøkelse fra lokalitet Storoksen i Askøy kommune, 2015		
Rapport-nummer:	11-2015	Lokalitetens navn:	Storoksen
Lokalitetsnummer:	20776	GPS, senter i anlegg:	60° 31.85'N 004° 58.39'Ø
Fylke:	Hordaland	Kommune:	Askøy
MTB-tillatelse:	3120 tonn	Lokalitetsansvarlig:	Leon Dale
Dato undersøkelse:	25. – 26. mars 2015	Dato rapport:	29.06.15
Oppdragsgiver:	Lerøy Vest		



Abstrakt :
MOM C-undersøkelsen ved lokalitet Storoksen i slutten av en brakkeleggingsperiode. Resultatene viste at bunnforholdene i nærsone og i overgangssone hadde en sammensetning av bunnfauna som tilsvarer meget gode miljøtilstander. Sedimentundersøkelsene indikerer gode forhold for makrofauna med god vannutskifting på bunnen ved alle undersøkte stasjonene. Det ble påvist forhøyede verdier av TOC og kobber i sedimentprøver i nærområdet til anlegget, men nivåene viser en reduksjon sammenlignet med resultatene fra forrige undersøkelse (oktober 2014). Dette indikerer at bunnforholdene har bedret seg i løpet av brakkeleggingsperioden.

Hovedresultater fra MOM C-undersøkelse (NS 9410:2007) :					
Parametre		Stasjoner	Sto 1 (nærsone)	Sto 2 (overgangssone)	Sto 3 (fjærnsone)
GPS (prøvestasjoner):			60° 31.902'N 004° 58.677'Ø	60° 32.115'N 004° 58.627'Ø	60° 32.469'N 004° 58.431'Ø
Fauna (Veileder 02:2013)	Antall arter:		86	97	89
	Antall individer:		1703	1626	956
	Shann.Wien. (H') / Tilstandsklasse:				4,58 / God (II)
	NQI1 / Tilstandsklasse:				0,73 / God (II)
	nEQR (snitt) / Tilstandsverdi:				0,66 / God (klasse 2)
	Miljøtilstand (9410):		1 – Meget god	1 – Meget god	
Tilleggsparametere (TA 2229/2007)	Norm. TOC (mg/g) / Tilstandsklasse:		42 / Svært dårlig (V)	37 / Dårlig (IV)	36 / Dårlig (IV)
	Zn, (mg/kg) / Tilstandsklasse:		110 / Svært god (I)	110 / Svært god (I)	71 / Svært god (I)
	P (g/kg): P, kommentar:		1700, forhøyet	7200, svært forhøyet	900, normal
	Cu (mg/kg) / Tilstandsklasse:		90 / Dårlig (IV)	76 / Dårlig (IV)	21 / Svært god (I)
	Cd (mg/kg) / Tilstandsklasse:				
	O ₂ metning (%) / Tilstandsklasse:				83,5 / Svært god (I)
Sedimentkarakteristikk TOM, glødetap (%):			5,1	6,1	8,4
Sedimentkarakteristikk Mest dominant type :			Sand (59 %), pelitt (33 %)	Sand (78 %), pelitt (21 %)	Pelitt (67 %), sand (27 %)
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:			Trond E. Isaksen		

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)

	SAM-Marin	
Uni Research Miljø SAM-Marin Thormøhlensgt. 55 5008 Bergen, Norway		Tlf: 55 58 44 05 E-post: Sam-marin@uni.no Internet: www.uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse fra lokalitet Storoksen i Askøy kommune, 2015	Dato: 29.06.15 Antall sider og bilag: 51
Forfatter(e): Trond E. Isaksen, Einar Bye-Ingebrigtsen, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Trond E. Isaksen Prosjektnummer: 809406
Oppdragsgiver: Lerøy Vest AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A recipient survey was carried out in march 2015 to assess the impact of the aquaculture facility Storoksen on its surrounding environment. Sediments sampled close to the facility showed high levels of TOC and copper, indicating benthic impact from the fish farm. However, levels of TOC and copper in the sediment are significant lower compared to results from the last survey (october 2014). Diversity and the species richness of soft-bottom infauna have been classified as very good or good in all examined stations.

Keywords: Marine, environment, survey, MOM C, recipient, soft bottom	Emneord: Marin, miljø, undersøkelse, resipient, bløtbunn	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 11-2015
--	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	29.6.2015	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	29.6.2015	<i>Trond E. Isaksen</i>

ID: 10723 Versjonsnr: 006

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

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)

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: Trond E. Isaksen (Uni Research, SAM-Marin) og Stian Ervik Kvalø (Uni Research, SAM-Marin)

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Ragna Tveiten, Linda Bjelland Pedersen, Linda Jensen, Natalia Korableva og Nargis Islam

Identifikasjon av marin fauna utført av: Øydis Alme og Frøydis Lygre

Faglige vurderinger og fortolkninger utført av: Per-Otto Johansen

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Ognøysjefen (Bunndata AS)

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

Akkreditert: TOC, fosfor, kobber, tørrstoff

Ikke akkreditert: -

Geologiske analyser utført av: Molab AS akkrediteringsnummer TEST 032

Akkreditert: TOM, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

Andre: -

Innhold

1. Innledning	6
2. Materiale og metode	7
Undersøkelsesområdet	7
Hydrografi	10
Bløtbunnundersøkelse – Prøver og analyser	11
Sediment type (geologi)	11
Kjemi (metaller, organiske stoffer, pH/ E_h)	12
Bunndyr (biologi).....	13
Produksjonsdata fra anlegget	16
Avvik	16
3. Resultater og diskusjon	17
Hydrografiske målinger	17
Sediment (geologi)	18
Kjemiske analyser.....	19
Sedimentanalyser.....	19
Måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (E_h)	21
Bunndyr	21
4. Sammendrag og konklusjon	27
5. Takk	28
6. Litteratur	29
7. Vedlegg	30
1) Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata	30
2) MOM B-parametere	39
3) Artsliste.....	41
4) Geometriske klasser	45
5) Analysebevis	46
6) CTD-data	51

1. INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Storoksen (lokalitetsnr. 20776) i Hjeltefjorden, Askøy kommune. Innsamlingene ble gjennomført 25.-26. mars 2015.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

MOM C-undersøkelsen ble utført som en del av en større studie av bunnforholdene omkring lokalitetene Rongøy og Storoksen i sammenheng med FoU konsensjon som går på IMTA aktivitet. Havforskningsinstituttet har det faglige ansvaret i FoU samarbeidet.

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), Direktoratets gruppa Vanndirektivets indekser (Veileder 02:2013) og mot C-delen av MOM-standarden (NS 9410:2007).

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

Tidligere MOM B-undersøkelser ved anlegget er utført av Resipientanalyse AS og har vist gode forhold med lokalitetstilstand 1 – «meget god» i 2015 (Bye-Ingebrigtsen E. 2015), og lokalitetstilstand 2 - «god» i 2014 og 2012 (Berge-Haveland F. 2012; Berge-Haveland F. 2014). Det ble sist gjennomført MOM C undersøkelse ved lokaliteten 22. oktober 2014 (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015). Prøvetakingsstasjonene i denne forrige C-undersøkelsen betraktes som faste langtidsovervåkningsstasjoner i henhold til gjeldende standard NS 9410:2007.

2. MATERIALE OG METODE

Undersøkellesområdet

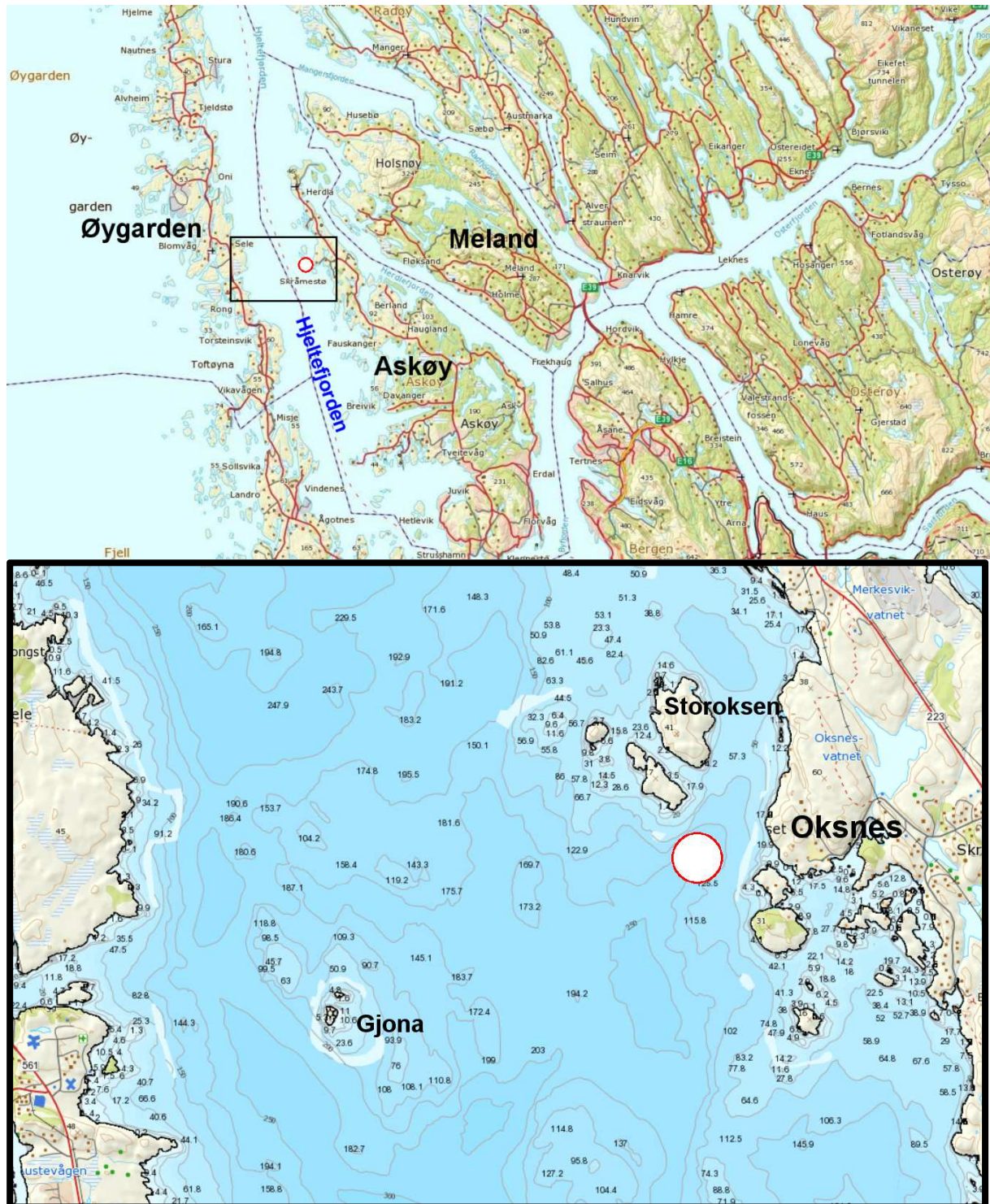
Lokaliteten Storoksen ligger på vestsiden av Oksneset, mellom Langøyna og Storøyna i Hjeltefjorden (Figur 2-1). På lokaliteten lå det ringanlegg bestående av totalt 5 merder på 160 meter i omkrets da undersøkelsen ble gjennomført. Anlegget har ligget på samme posisjon siden 2011. Bunnen under anlegget skråner i sørvestlig retning ned mot 260 meter dybde i nærmeste dypområde i Hjeltefjorden. Bunnkart og bunntopografi er vist i figur 2-2 og figur 2-3.

Prøveinnsamlingene ble gjort 25.-26.mars 2015. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden (fjernsonen). Plassering av stasjoner er gjort ut fra forrige MOM C-undersøkelse gjennomført i oktober 2014 (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015). Prøvetakingsstasjonene i denne forrige undersøkelsen betraktes som faste langtidsovervåkingsstasjoner i henhold til gjeldende standard NS 9410:2007. Plassering av fjernsonen i den historiske undersøkelsen fra oktober 2014 ligger ikke i det dypeste partiet i undersøkelsesområdet og er derfor strengt tatt ikke plassert i henhold til NS9410:2007, men kan betraktes som en referansestasjon som representerer de naturlige miljøforholdene i sedimentene.

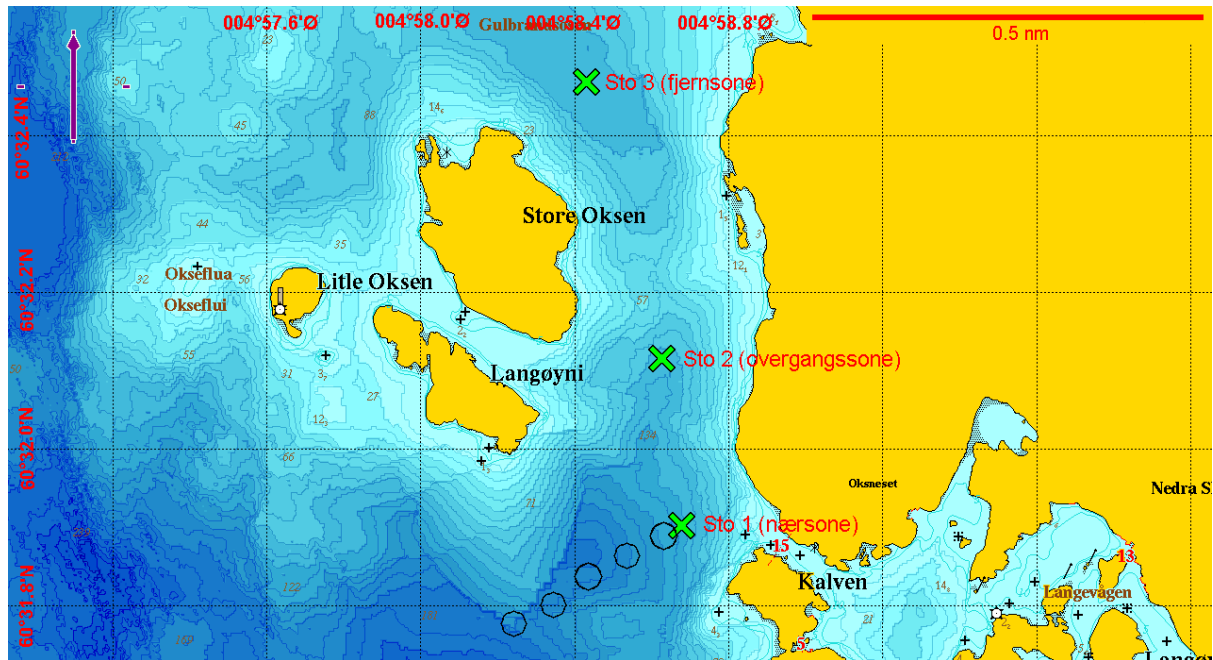
Undersøkelsen ble gjennomført Trond E. Isaksen og Stian Ervik Kvalø fra Uni Research. Pia Kupka Hansen fra Havforskningsinstituttet deltok i feltarbeidet. Det ble benyttet båtjenester fra Bunndata AS (båtfører Erik Eikje). Båten «Ognøysjefen» var utstyrt med ekkolodd og systemer for registrering av dybder og bunntyper.

Nøyaktig posisjon til de ulike stasjonene er viktig for referanse og for at undersøkelsene skal være reproducerbare i fremtiden. Plassering til de ulike prøvestasjonene blir registrert med bruk av toktfartøyets navigasjonssystem (GPS). Det ble i tillegg benyttet håndholdt GPS (Garmin eTrex 20) som ekstra kontroll av posisjonering. Plasseringen til stasjonene er oppgitt med kartkoordinater (WGS84, Tabell 2-1).

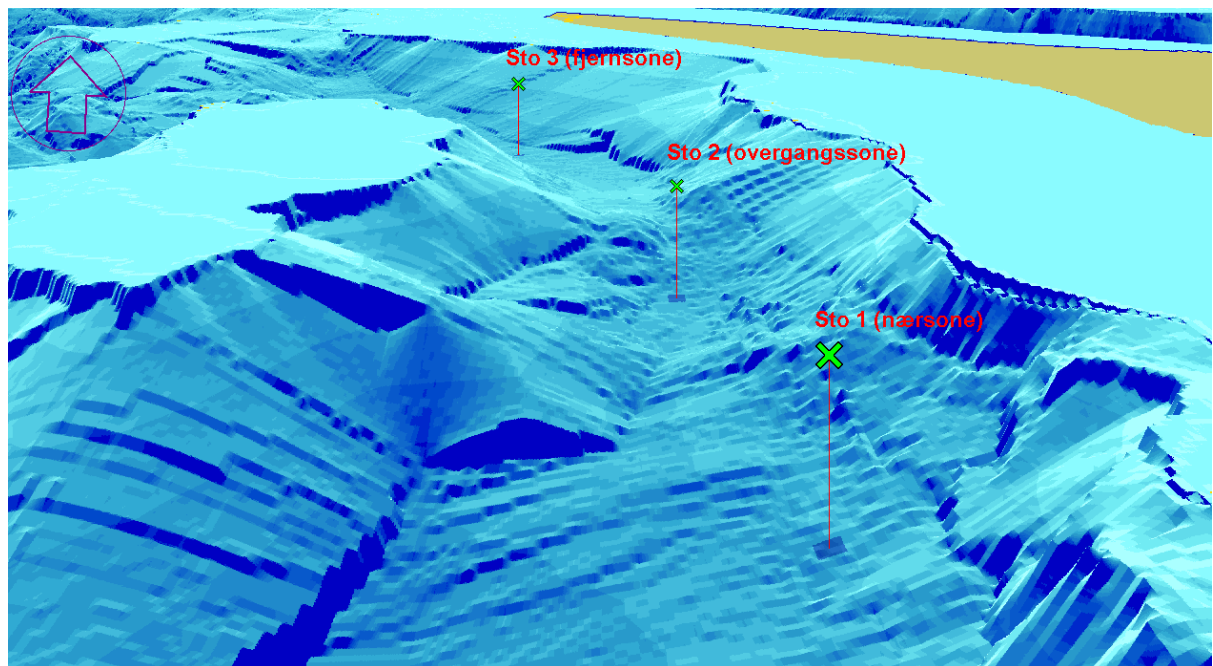
Det ble tatt vannprøver for hydrografiske målinger og bløtbunnsprøver for geologiske, kjemiske og biologiske analyser. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2-1.



Figur 2-1. Oversiktskart over Hjeltefjorden, Hordaland. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelingsområdet ved lokalitet Storoksen (rød sirkel i kart). Kart kilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 2-2 Lokaltet Storoksen. Tre prøvestasjoner plassert i anleggets nærsonen (Sto 1), i et dypområde utenfor anleggssonen (Sto 3, fjernsone) og i en overgangssone mellom nær- og fjernsonen (Sto 2). Prøvestasjoner er markert med et kryss. Kartkoordinater til prøvestasjonene er gitt i Tabell 2-1. Kartkilde: Olex



Figur 2-3 Bunntopografisk skisse av området ved lokalitet Storoksen. Prøvestasjoner er markert med kryss. Kartkilde: Olex

Tabell 2-1 Lokalitet Storoksen. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i 25.-26.mars 2015. Posisjon til stasjonene er oppgitt med kartkoordinater (WGS-84). Det ble benyttet van Veen grabb, modifisert kombi grabb (Duo) hvor det ene kammeret utgjør 0,1 m² og brukes til biologiprøver (volum 21 liter, maks 22 cm bitedybde), mens det andre kammeret er mindre (0,05 m²) og brukes kun til kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (liter)	Andre opplysninger
Nærsone	60° 31.902'N	125	1	10	Hugg 1: Biologi, kjemi, geologi, MOM B-parametere. Hugg 2: Biologi, MOM B parametere. Grus, skjellsand, sand. Ingen lukt, lys farge, myk konsistens.
Sto 1	004° 58.677'Ø		2	12	
26.03.15					
Overgangs- sone	60° 32.115'N	108	1	10	Hugg 1: Biologi, kjemi, geologi, MOM B-parametere. Hugg 2: Biologi, MOM B parametere. Grus, sand og finstoff. Blåskjellsall. Noe lukt, lys farge, fast konsistens. 3 bomhugg pga. stein i grabbåpning.
Sto 2	004° 58.627'Ø		2	9,5	
26.03.15					
Fjernsone	60° 32.469'N	109	1	19	Hugg 1: Biologi, kjemi, geologi, MOM B-parametere. Hugg 2: Biologi, MOM B parametere. Skjellsand, sand og finstoff. Ingen lukt, lys farge, fast konsistens. CTD/STD måling.
Sto 3	004° 58.431'Ø		2	21(full)	
25.03.15					

Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H₂S), som er giftig, kan dannes og føre til at dyrelivet dør ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Vann kan også være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet.

Måling av temperatur, saltholdighet, oksygen og oksygenmetning i vannsøylen ble utført med en STD/CTD-sonde av typen SD208 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.

Bløtbunnundersøkelse – Prøver 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 «*Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna*» og NS-EN-ISO 5667-19:2004 «*Vannundersøkelse – Prøvetaking – Del 19: 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 modifisert van Veen grabb (0,15 m² 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 m², mens det minste kammeret har prøveareal på 0,05 m² 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 m². Miljøtilstand basert på makrofauna vurderes på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen i et prøveareal på 0,2 m² (NS 9410:2007). For å oppnå et prøveareal på 0,2 m² ble det tatt to grabbprøver på samme posisjon fra hver stasjon.

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

Alle huggprøver er kontrollert med hensyn til sedimentmengde, sedimenttype (fast eller løs konsistens, innhold av skjellsand, stein, grus o.a.) og farge. Grabb-hugg som inneholder tilfredsstillende sedimentmengde med uforstyrret sedimentoverflate regnes som godkjente prøver for geologi, kjemi og biologi analyser i henhold til gjeldende standarder (NS-EN-ISO 16665:2013, NS-EN-ISO 16665:2013).

Sediment type (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.

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 rått lukt av hydrogensulfid (H₂S). 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 tilfredsstiller NS-EN-ISO/IEC 17025:2005 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/*E_h*)

Det er tatt ut prøve fra det ene huggen 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 Norsk Miljøanalyse AS (akkrediteringsnummer TEST 003) for kjemiske analyser.

Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) er utført etter NS-EN-ISO 17294-2:2004. 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;TA 2229/2007) (Tabell 2-4).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i marint sediment kan si noe om grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorganismer som børstemark. I sterkt anoksiske sedimenter vil det derfor kunne dannes surt miljø og hydrogensulfid (H₂S) under bakteriell nedbryting av organisk materiale. Surhetsgrad og redokspotensialet i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGo™ pH/Eh metere (Mettler Toledo). Redokspotensialet ble målt med Ag/AgCl-redokselektrode (InLab Redox) fylt med 3M KCl løsning. Miljøtilstand basert på disse målingene er beregnet på samme måte som i MOM B-undersøkelser i henhold til skjema B1 (NS 9410:2007).

Bunndyr (biologi)

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

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnsfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrprøver 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 van Veen grabb (som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet). Grabbinnholdet vaskes gjennom to sikter, der den første sikten har hull diameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard P. 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene fikseres med 20 % boraks-bufret formalin (8 % formaldehyd løsning) tilsatt bengalrosa i felt. I laboratoriet skylles prøvene på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene sorteres ut fra sediment-restene og overføres til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det lar seg gjøre bestemmes dyr til art. Bunndyrsmaterialet oppbevares i Uni Research (SAM-Marin) sine lokaler ved Høyteknologisenteret i Bergen i 3 år.

Opparbeidning 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 (Vedlegg 3). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa 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 (ES100), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI2012 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 Vedlegg 1: 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 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 en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2-5).

Tabell 2-3 Klassegrenser for nEQR i henhold til Direktoratgruppa Vanndirektivet sin 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 Direktoratgruppa Vanndirektivet 2013 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
Dypvann	Oksygen *	TA 1467	ml O ₂ /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
Sediment	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	Shannon-Wiener (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	ES ₁₀₀	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	ISI ₂₀₁₂	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 mg O₂/l er 1,42

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

Tabell 2-5 Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra NS 9410:2007 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

Produksjonsdata fra anlegget

På lokaliteten Storoksen var det et ringanlegg bestående av 5 merder med 160 meters omkrets da undesøkelsen ble gjennomført (25-26. mars 2015). Anlegget har ligget i samme posisjon siden 2011

Anlegget var brakklagt på undersøkelsestidspunktet. Brakkeleggingsperioden startet august 2014 og ble avsluttet ved utgangen av mars 2015. Neste brakkeleggingsperiode er planlagt februar - mars 2017. Anlegget har en MTB på 3120 tonn. Produksjon og fôrforbruk for foregående år er vist i tabell 2-6.

Tabell 2-6. Fôrforbruk på lokaliteten de siste år (hele år: 1. januar til 1. desember)

År	Utført mengde	Produsert mengde
2015	ingen	ingen
2014	1 938 tonn	1 576 tonn
2013	1 916 tonn	1 662 tonn
2012	2 414 tonn	1 934 tonn

Avvik

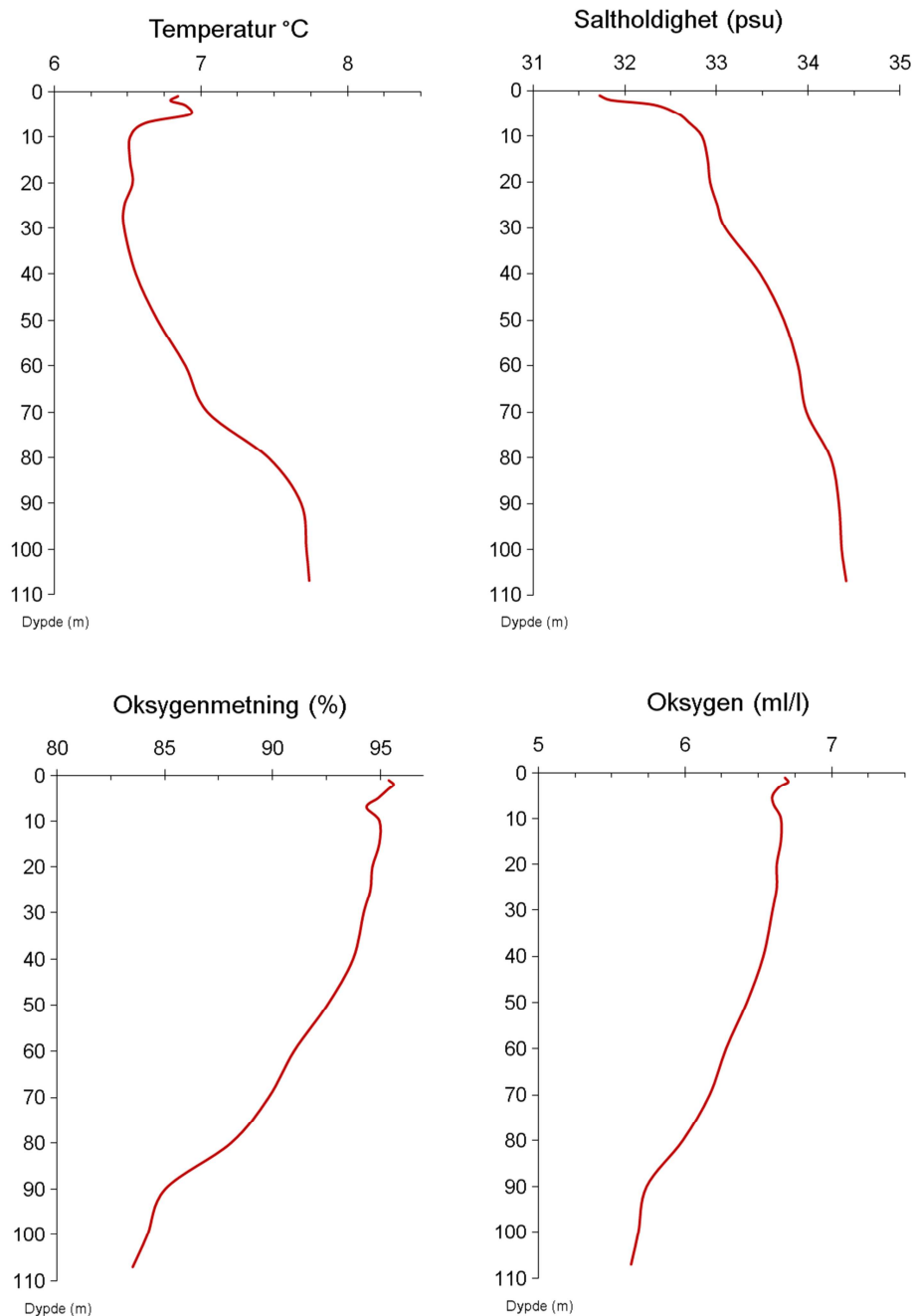
Plassering av prøvestasjon Sto 1 (nærsone, 2015) er noe endret siden forrige undersøkelse (Sto 1, 2014). Stasjonen Sto 1 (2015) ligger ca. 30 meter øst- nordøst for opprinnelig stasjon (Sto 1, 2014). Anlegg og anleggets fortøyninger var begrensende for hvor nærme det var mulig å komme opprinnelig stasjonen. Båten var fortøyd i anlegget under prøvetakingen på stasjon Sto 1 (2015).

Plassering av prøvestasjon Sto 2 (overgangssonen, 2015) er noe endret siden forrige undersøkelse (Sto 2, 2014). Stasjonen Sto 2 (2015) ble flyttet 40-50 meter sørøst til foten av skråning på grunn av steinete bunn på opprinnelig stasjon (Sto 2, 2014).

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Hydrografiske målinger

Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Sto 3 (fjernsone), 25. mars 2015. Resultatene fra denne undersøkelsen er presentert i Figur 3-1. Detaljert oversikt over STD/CTD-data finnes i Vedlegg 6.



Figur 3-1 Profilmålinger av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen (% metning og ml/l) på stasjonen Sto-3 ved lokalitet Storoksen. Målinger utført 25. mars 2015 med bruk av STD/CTD-sonde påmontert oksygensensor. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mg O₂/l med en omregningskoeffisient på 1,42 (TA 1467/1997).

Temperaturmålingene viser lavest temperatur i overflatevannet med temperaturer mellom 6-7 °C i den øverste

delen av vannsøylen ned mot 70 meters dyp, med stabil temperatur på rundt 7,5-7,7 °C fra 80 meter og dypere. Det ble registrert lite ferskvannspåvirkning på prøvestasjonen da undersøkelsen ble gjennomført. Lavest registrert saltholdighet ble målt til 31,7 i overflatelaget, med en økning nedover i vannsøylen med stabile verdier på rundt 34,3 fra 80 meters dyp og dypere. Oksygeninnholdet i vannsøylen viste høyest verdier i overflatevannet og ned mot 30 meters dyp med oksygennivå på 6,6 - 6,7 ml/l og 94 - 96 % metning. Oksygenverdiene avtok ned over i vannsøylen med laveste verdier like over bunn på 107 meters dyp (bunnvann). Måling av bunnvann viste oksygeninnhold med verdier over 5,6 ml/l og 83,5 % oksygenmetning. Dette tilsvarer **tilstandsklasse I (svært god)** for begge parameterne i henhold til grenseverdier gitt i gjeldende veileder (TA 1467/1997), se Tabell 2-4.

Sediment (geologi)

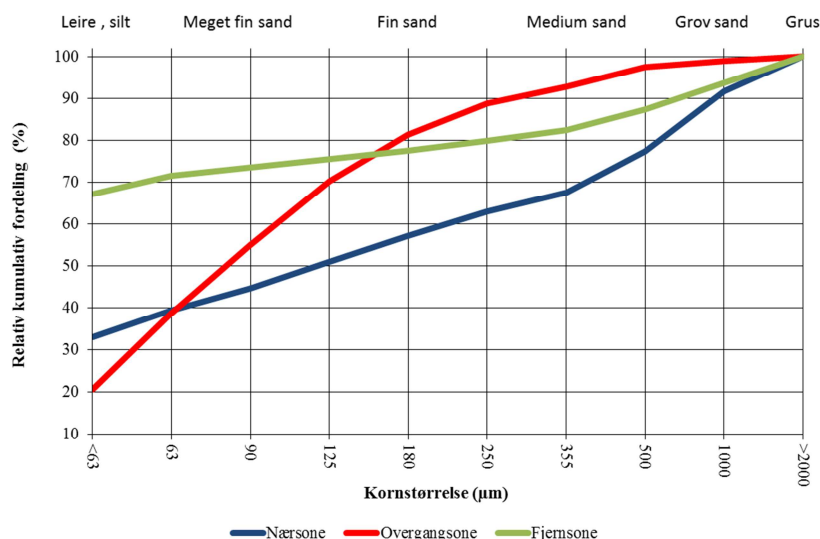
Resultatene fra sediment undersøkelsene er presentert i Tabell 3-1 og Figur 3-2.

Nærsonen (Sto 01) har en noe blandet sammensetning av til dels grovt sediment med sand (59 %) og grus (8 %). Den resterende andelen består av finere partikler som silt og leire (33 %). Prøven fra nærsonen inneholdt 5,1 % totalt organisk innhold (TOM, glødetap).

Overgangssonen (Sto 2) domineres av sand (78 %) med noe innslag av silt og leire (21 %). Sedimentprøven fra overgangssonen inneholdt 6,1 % organisk materiale (TOM).

Fjernsonen (Sto 03) er dominert av finere sediment med pelitt (67 %) og sand (27 %), og har høyest registrert innhold av organisk materiale (8,4 % TOM).

TOM innholdet var lavt på alle stasjonene. Den relativt høye andelen med grus og sand i nærsonen og overgangssonen indikerer relativt sterke bunnstrømmer i disse to områdene.



Figur 3-2 Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Storoksen, 25. mars 2015: Nærsonen, Sto-1; Overgangssonen, Sto-2; Fjernsonen, Sto-3. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (NS-EN-ISO 16665:2013): leire / silt (<math><3\ \mu\text{m}</math>), meget fin sand (63 – 124 μm), fin sand (125 – 249 μm), medium sand (250 – 499 μm), grov sand (500 – 2000 μm), grus (> 2000 μm).

Tabell 3-1 Sediment. Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved lokalitet Storoksen, 25. mars 2015.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Sto 1, Nærsonen	125	5,11	33,1	58,6	8,4
Sto 2, Overgangssonen	108	6,11	20,7	78,2	1,1
Sto 3, Fjernsonen	109	8,36	67,1	26,6	6,3

Kjemiske analyser

Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis under 1000 mg/kg (tørrestoffvekt, TS) i Vestlandsfjordene. Nivåer mellom 1000 og 5000 mg/kg anses som moderate, mens verdier over 5000 mg/kg anses som svært mye.

Det ble registrert noe forhøyede verdier av fosfor i sedimentprøver fra nærsone (Sto 1; 1700 mg P/kg) og relativt lave, normale verdier i fjernsonen (Sto 3; 900 mg P/kg). Overgangssonen (Sto 2) skiller seg ut med konsentrasjon av fosfor på hele 7200 mg P/kg. Dette er en svært forhøyet verdi og tyder på høy grad av organisk belastning.

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. Kildene 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 har vist seg å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare. Kjemiske analyser av sedimentprøver fra overgangssonen (Sto 2) og fjernsonen (Sto 3) viser høye verdier for normalisert TOC og begge stasjonene får Miljødirektoratets **tilstandsklasse IV (Dårlig)**. Nærsonen (Sto 1) hadde høyest registrert verdi for normalisert TOC og får Miljødirektoratets **tilstandsklasse V (Svært dårlig)**. TOC-verdiene for stasjonene samlet tyder på en vesentlig grad av organisk belastning i nærsone og i resipienten ved undersøkelsestidspunktet (Tabell 3-2). Resultatene samsvarer bra med forrige undersøkelse gjennomført oktober 2014 (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015). Unntaket er noe høyere verdi for normalisert TOC i prøver fra fjernsonen (Sto 3) i 2015.

Analyser av metallkonsentrasjoner til sink (Zn) og kobber (Cu) i sedimentprøver fra de undersøkte stasjonene viser kun bakgrunnsnivåer (**tilstand I – Svært god**) i prøver fra fjernsonen (Sto 3). Overgangssonen (Sto 2) og nærsone (Sto 1) skiller seg ut med forhøyede verdier av kobber i sedimentprøvene. Begge stasjonene hadde kobberverdier som tilsvarer **tilstand IV – Dårlig**. Sedimentprøver fra overgangssonen (Sto 2) og nærsone (Sto

1) viste kun bakgrunnsnivåer av sink (**tilstandsklasse I – Svært god**). Verdier og tilstandsklasser for metaller i sedimentprøver fra alle stasjonene er vist i Tabell 3-2.

Konsentrasjon av sink i sedimentprøver har endret seg lite siden forrige undersøkelse (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015), men det ble registrert forskjeller når det gjelder kobberkonsentrasjon i nærsonen og overgangssonen. Det ble registrert hele 520 mg Cu/kg i nærsonen i prøver fra undersøkelsen gjennomført i oktober 2014, mens det i mars 2015 ble registrert 90 mg Cu/kg i prøver fra samme stasjon. På den annen side er det registrert høyere verdier av kobber i overgangssonen i mars 2015 (76 mg Cu/kg), sammenlignet med prøver fra samme stasjon i oktober 2014 (22,7 mg Cu/kg). Prøvetaking fra overgangssonen (Sto 2) ble tatt i foten av skråningen, mindre enn 50 meter sørøst for Sto 2 (2014). Avstanden til opprinnelig stasjon i overgangssonen kan forklare forskjeller i registrerte kobberkonsentrasjoner i dette området.

Samlet sett indikerer forhøyede verdier av fosfor, TOC og kobber at bunnforholdene i anleggssonen og i overgangssonen er påvirket av oppdrettsdriften. Under prøvetakingen ble det registrert noe lukt og blåskjellskall i sedimentprøvene på 108 meters dyp i overgangssonen. Det er ikke uvanlig med blåskjellskall i grabbhugg fra områder i anleggssonen. Dette kan skyldes at begroingsorganismer (blåskjell, mosdyr m.fl.) har løsnet fra anlegget (merder, konstruksjoner, fortøyninger) og sunket til bunn. Det er allikevel uklart hvorfor det ble påtruffet blåskjellskall på overgangssonen.

Tabell 3-2 Innholdet av undersøkte kjemiske parameterne (totalt organisk karbon, TOC; totalt fosfor, P; kobber, Cu; sink, Zn) i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved lokaliteten Storoksen, mars 2015. Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering for sink, kobber (TA 2229/2007) og normalisert TOC (TA 1467/1997).

Stasjon	TOC mg/g	Normalisert TOC mg/g	TOC TK	P mg/kg	Zn mg/kg	Zn TK	Cu mg/kg	Cu TK	TS %
Sto 1	30	42	V	1700	110	I	90	IV	55,7
Sto 2	23	37	IV	7200	110	I	76	IV	62,7
Sto 3	30	36	IV	900	71	I	21	I	47,8

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

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 (NS 9410:2007) er vist i Vedlegg 2. 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 alle undersøkte stasjonene (Tabell 3-3).

De sensoriske parametrene viste at sedimentprøvene fra stasjonene var lys i fargen med myk eller fast konsistens.

Tabell 3-3 Målte surhetsgrad (pH) og redoks (E_h) verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved lokalitet Storoksen, mars 2015. 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 (NS 9410:2007).

Stasjon / Parameter	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
Sto 1, Nærsone	7,59	241	0	1
Sto 2, Overgangssone	7,54	248	0	1
Sto 3, Fjernsone	7,67	178	0	1

Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3-4 – 3-6, Figur 3-3 – 3-5 og i Vedlegg 3 og Vedlegg 4. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i Storoksen, mars 2015. 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. I følge MOM-standard (NS 9410:2007) er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Vurdering av bunndyrsamfunnet i nærsonen og overgangssonen baseres iht. NS 9410:2007 på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (se Tabell 2-5). Makrofauna i fjernsone skal vurderes utfra grenseverdier basert på beregnede indekser iht. Direktoratgruppa Vanddirektivets Veileder 02:2013 (se Tabell 2-4). Stasjonene i nærsonen og overgangssonen ble flyttet noe siden forrige undersøkelse (se Avvik side 16). Dette kan ha hatt en viss innvirkning på faunaanalysene.

Stasjon Sto 1 (dybde 125 m) ligger tett opp til anlegget og representerer nærsonen. Totalt ble det samlet 86 arter med til sammen 1703 individer på denne stasjonen. De mest dominerende artene var børstemarkene *Capitella capitata* og *Prionospio plumosa* som utgjorde halvparten (samlet 50,5 %) av det totale individtallet. Disse børstemarkene er opportunistiske og forekommer typisk i områder med høy grad av organisk belastning. Basert på artsantall og sammensetning får stasjon Sto 1 (nærsone) **miljøtilstand 1 (meget god)** i henhold til NS 9410:2007 (se Tabell 2-5). Resultatet viser stor forbedring etter en brakkleggingsperiode som startet i august

2014 og varte frem til slutten av mars 2015. Forrige MOM C-undersøkelse ble gjennomført i oktober 2014 (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015) og viste miljøtilstand 3 – dårlig (antall individer ikke oppgitt i rapporten).

I overgangssonen, på stasjon Sto 2 (dybde 108 m), ble det samlet totalt 97 arter med til sammen 1626 individer. Blant de mest dominerende artene finner man børstemarkene *Capitella capitata* (26,9 %) og *Prionospio plumosa* (15,7 %), samt skjellet *Thyasira sarsii* (10,8 %). Dette resultatet tilsvarer **miljøtilstand 1 (meget god)** for stasjon Sto 2 (overgangssonen) i henhold til NS 9410:2007. Resultatet samsvarer med forrige MOM C-undersøkelse på denne stasjonen (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015).

Fjernstasjonen Sto 3 ligger på 109 meters dyp 1 km nord for anlegget. På denne stasjonen ble det samlet totalt 89 arter med til sammen 956 individer. Blant de mest tallrike artene finner man skjellene *Thyasira sarsii* (11,9 %) og *Thyasira equalis* (9,8 %), børstemarkene *Galathowenia oculata* (8,9 %), *Prionospio fallax* (7,0 %) og *Paramphinome jeffreysii* (5,6 %), samt pigghuden *Ecinocardium flavescens* (6,1 %). Beregnet nEQR på stasjonsnivå gir en tilstandsverdi på 0,66 som tilsvarer **tilstandsklasse II – God** (Veileder 02:2013). Resultatet samsvarer med forrige MOM C-undersøkelse på denne stasjonen (Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015).

Figur 3-3 viser grafisk en oversikt over fordelingen av arter på geometriske klasser. Meget gode miljøforhold (uforurensset) kjennetegnes ved at det er mange arter uten at noen av disse dominerer. I områder med organisk påvirkning (moderat forurensing) vil antall dominerende arter øke. Faunastrukturen på de undersøkte stasjonene, som vist i Figur 3-3, indikerer gode miljøforhold med moderat påvirkning. Multivariate analyser (Cluster og MDS) viser faunalikhet på både stasjonsnivå og huggnivå (Figur 3-4 og 3-5). Disse analysene viser at det er forskjeller mellom de ulike stasjonene, men at det er større likhet i artsantall og artssammensetning på prøvestasjonene i overgangssonen (Sto 2) og fjernsonen (Sto 3) sammenlignet med nærsjonen (Sto 1). Det er forventet at det er større påvirkning i nærsjonen ved anlegget enn i områder utenfor. Viktig påvirkning vil være økt organisk tilførsel i form av fôr, fekalier og frigjorte begroingsorganismer fra anlegget. En slik organisk påvirkning vil være medvirkende årsak til forskjeller i bunnsfauna mellom nærsjonen og de andre distale sonene.

Tabell 3-4 Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved nærsone (Sto 1) og overgangssone (Sto 2) ved lokalitet Storoksen, mars 2015, samt historiske stasjoner fra undersøkelser utført i mai 2014). Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m². Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m². Antall individer og arter er vist for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for stasjonen. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Miljøtilstand er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	Miljøtilstand
Nærsone	1	42	830	
Sto 1	2	44	873	
26.03.2015	Sum	86	1703	1
	Snitt	43,0	851,5	
<i>Sto 1</i>				
22.10.2014	Sum	3	Ikke oppgitt	3*
Overgangssone	1	50	762	
Sto 2	2	47	864	
26.03.2015	Sum	97	1626	1
	Snitt	48,5	813	
<i>Sto 2</i>				
22.10.2014	Sum	75	1529	1

*Prøveareal fra undersøkelsen gjennomført i mai 2014 er ikke i henhold til gjeldende standard (NS 9410:2007). Det er kun gjort en semi-kvantitativ vurdering av bunndyr fra et prøveareal på 0,1 m² (tilsvarende en grabbprøve), mens klassifisering av miljøtilstand skal baseres på et prøveareal på 0,2 m² (NS 9410:2007).

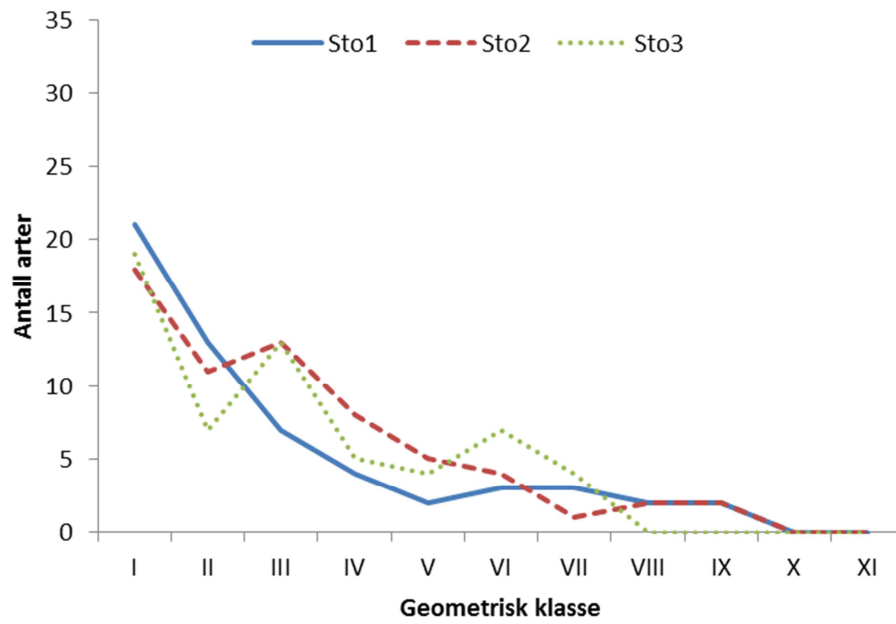
Svært god	God	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	--------	--------------

Tabell 3-5 Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved fjernsone (Sto 3) ved lokalitet Storoksen, mars 2015, samt historiske stasjoner fra undersøkelser utført i mars 2014. Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m². Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m². Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES₁₀₀ og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for stasjonen. Klassifisering av tilstand i fjernsone er gitt i henhold til vanndirektivets 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). Tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	NQI1 verdi	H' verdi	ES ₁₀₀ verdi	ISI ₂₀₁₂ verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi
Fjernsone	1	37	292	0,68	4,39	25,98	7,79	20,92	0,42	
Sto 3	2	52	664	0,70	4,53	26,80	8,58	22,10	0,77	
26.03.2015	Sum	89	956	0,73	4,58	27,34	8,40	21,73	0,63	
	Snitt	44,5	478	0,69	4,46	26,39	8,19	21,51	0,63	
<i>Stasjon</i> _{nEQR}				0,71	0,78	0,72	0,69	0,67	0,38	0,66
<i>Grabb</i> _{nEQR}				0,66	0,76	0,71	0,67	0,66	0,38	0,64
<i>Sto 3</i>	Sum	71	783	0,72	4,79	32,20	8,59	21,43	mangler	
22.10.2014	Snitt*	mangler	mangler	mangler	mangler	mangler	mangler	mangler	mangler	
<i>Stasjon</i> _{nEQR}				0,69	0,80	0,78	0,70	0,66	N/A	0,73

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

*Grabbgjennomsnittet er ikke oppgitt i MOM C-rapporten fra undersøkelsen utført i mai 2014. Grabbverdi av nEQR kan ikke beregnes. Det er heller ikke oppgitt DI-verdi. Dette betyr at tilstandsverdi beregnet for Sto 3 (2014) ikke er direkte sammenlignbar med tilstandsverdi for Sto 3 (2015).



Figur 3-3 Antall arter (langs y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra lokalitet Storoksen, mars 2015.

Tabell 3-6 De ti mest tallrike artene fra prøvene ved lokalitet Storoksen, mars 2015. Til sammenligning er det tatt med resultater fra undersøkelsen gjennomført i oktober 2014. Prøvene er tatt på ulike stasjoner som representerer nærsone (Sto 1), overgangssone (Sto 2) og fjernsone (Sto 3). Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m².

Sto 1 (2015)	Antall		
	individer	%	Kum. %
Capitella capitata	471	27,7	27,7
Prionospio plumosa	389	22,8	50,5
Chaetozone sp.	155	9,1	59,6
Paramphinome jeffreysii	139	8,2	67,8
Thyasira sarsii	93	5,5	73,2
Syllidae indet	85	5,0	78,2
Diastylis cornuta	80	4,7	82,9
Pholoe baltica	44	2,6	85,5
Mediomastus fragilis	41	2,4	87,9
Aphelochaeta sp.	32	1,9	89,8

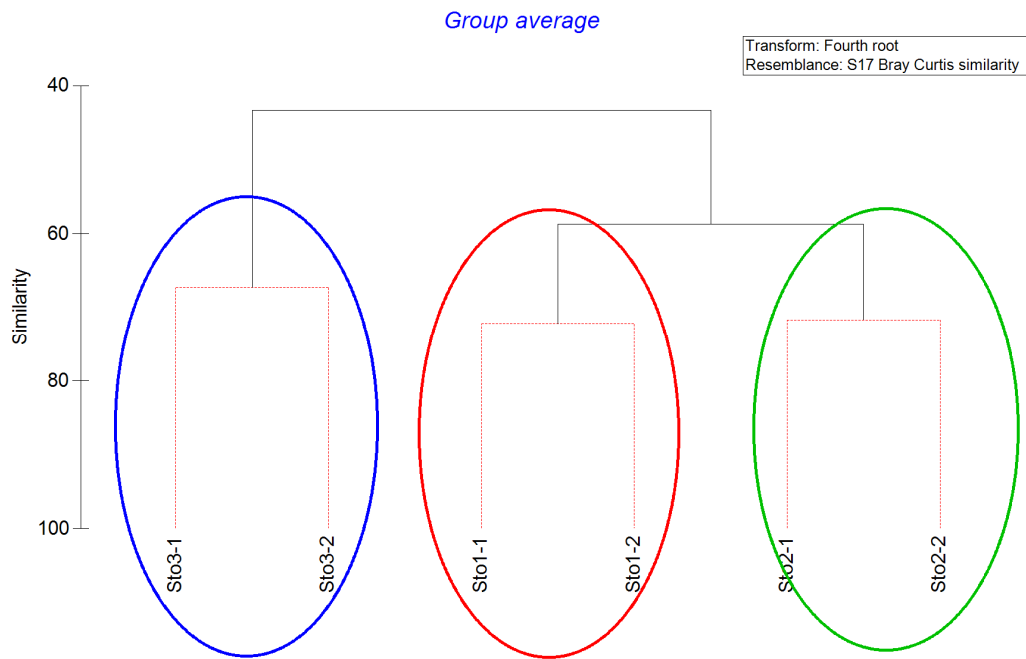
Sto 2 (2015)	Antall		
	individer	%	Kum. %
Capitella capitata	438	26,9	26,9
Prionospio plumosa	256	15,7	42,7
Thyasira sarsii	176	10,8	53,5
Chaetozone sp.	167	10,3	63,8
Galathowenia oculata	116	7,1	70,9
Diastylis cornuta	55	3,4	74,3
Prionospio cirrifera	47	2,9	77,2
Polydora sp.	38	2,3	79,5
Paramphinome jeffreysii	37	2,3	81,8
Mediomastus fragilis	26	1,6	83,4
Prionospio fallax	26	1,6	85,0

Sto 2 (2015)	Antall		
	individer	%	Kum. %
Thyasira sarsii	114	11,9	11,9
Thyasira equalis	94	9,8	21,8
Galathowenia oculata	85	8,9	30,6
Prionospio fallax	67	7,0	37,7
Echinocardium flavescens	58	6,1	43,7
Paramphinome jeffreysii	54	5,6	49,4
Amphiura filiformis	50	5,2	54,6
Prionospio cirrifera	47	4,9	59,5
Abra nitida	47	4,9	64,4
Pholoe baltica	40	4,2	68,6
Amphiura chiajei	40	4,2	72,8

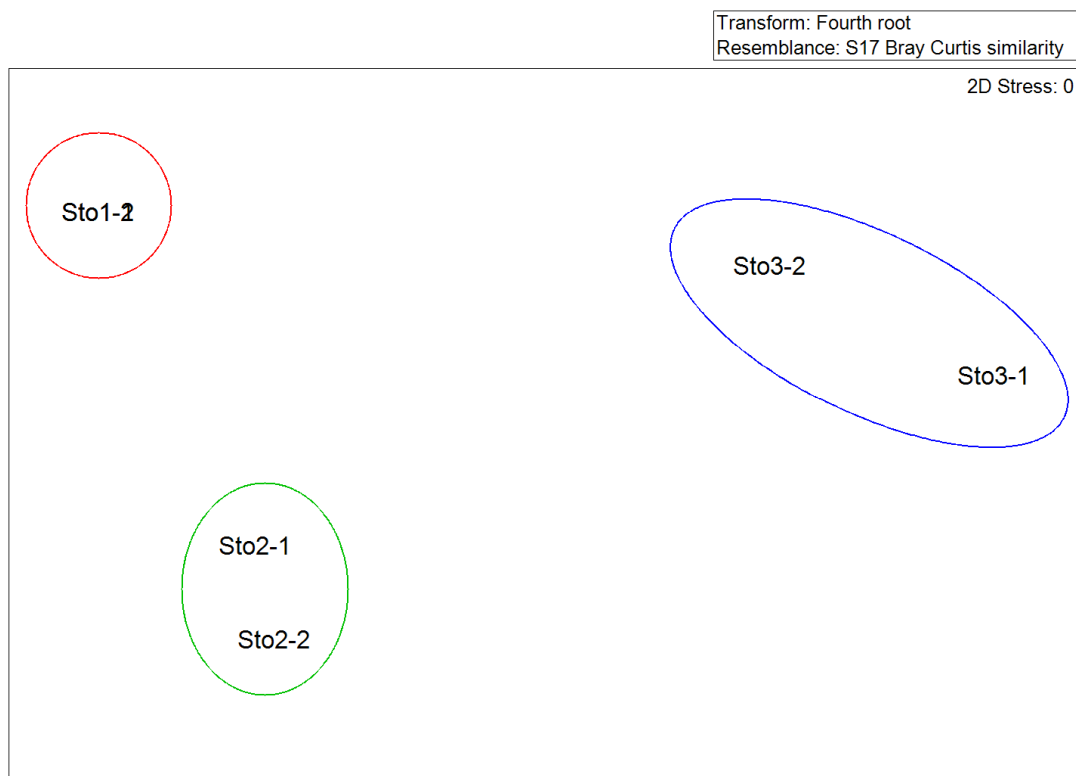
Sto 2 (2014)	Antall		
	individer	%	Kum. %
Galathowenia oculata	299	19	19
Thyasira sarsi	280	18	37
Prionospio plumosa	235	15	52
Chaetozone sp.	155	10	62
Lagis koreni	68	6	68
Ophiuroidea indet. Juv.	37	0	68
Prionospio cirrifera	37	3	71
Paramphinome jeffreysii	35	2	73
Heteromastus filiformis	24	2	75
Syllis cornuta	24	1	76

Sto 3 (2014)	Antall		
	individer	%	Kum. %
Galathowenia oculata	82	10	10
Abra nitida	64	7	17
Thyasira sarsi	62	7	24
Spatangoida indet. juv.	50	6	30
Paramphinome jeffreysii	46	5	35
Pholoe baltica	45	5	40
Thyasira equalis	41	5	45
Amphiura filiformis	40	5	50
Prionospio fallax	38	4	54
Amphiura chiajei	33	4	58
Pseudopolydora paucibranchiata	33	4	62

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



Figur 3-4 Clusteranalyser - bunndyr. Faunalikhet mellom prøvene på hugg-nivå fra prøveinnsamlingen 25-26. mars 2015 ved lokalitet Storoksen. Nærsone (Sto 1) er markert med rødt, overgangssone (Sto 2) er markert med grønn og fjernsone (Sto 3) er markert med blå.



Figur 3-5 MDS-plott - bunndyr. Faunalikhet mellom prøvene på hugg-nivå fra prøveinnsamlingen 25-26. mars 2015 ved lokalitet Storoksen. Nærsone (Sto 1) er markert med rødt, overgangssone (Sto 2) er markert med grønn og fjernsone (Sto 3) er markert med blå.

4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Uni Research AS (avd. Miljø, seksjon for anvendt miljøforskning – marin del) har på oppdrag fra Lerøy Vest gjennomført MOM C-undersøkelse ved lokalitet Storoksen i Askøy kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 25.-26. mars 2015. Det ble samlet prøver fra stasjoner i nærsonen, overgangssonen og fjernsonen til anlegget (NS 9410:2007). Alle undersøkte stasjoner hadde en bunntype med relativt lite organisk materiale (TOM < 9 %). Sedimenttypen i nærsonen og overgangssonen var dominert av sand (> 50 %) mens fjernsonen hadde relativt størst andel av finstoff (pelitt, 67 %).

Hydrografiske målinger ble gjennomført i fjernsonen utenfor anlegget på stasjon Sto 3. Oksygeninnholdet i bunnvannet på denne prøvestasjonen lå i **tilstandsklasse I – Svært god**. MOM B-parameterne viste meget gode forhold på alle undersøkte stasjoner. Sedimentprøvene hadde lys farge med myk eller fast konsistens og gode pH/E_h verdier. Både sedimentundersøkelsene og hydrografiske målinger tyder på god utskifting av bunnvann i dypområdet utenfor anleggssonen.

Det er kun registrert bakgrunnsnivåer av sink i sedimentprøver fra de undersøkte stasjonene. Kjemiske analyser av sediment viste imidlertid høye verdier av kobber i prøver fra nærsonen (Sto 1) med verdier på 90 mg Cu / kg som tilsvarer **tilstandsklasse IV – Dårlig**. Utslipp av kobber fra oppdrett er knyttet til utlekking av kobberstoff fra impregnerte nøter mens de står i sjø. Spyling av slike notimpregnerte nøter på merder i drift vil også bidra til økt kobberinnhold i sediment i anleggssonen. Nærsonen hadde også forhøyede verdier organisk karbon (normalisert TOC; **tilstandsklasse V – svært dårlig**) og noe forhøyede verdier av fosfor. Resultatene samsvarer bra med forrige undersøkelse gjennomført i oktober 2014 som også påviste påvirkning av bunnforholdene i nærsonen, men det er forbedringer i tilstander når det gjelder fosfor og kobber. Forrige undersøkelse (oktober 2014) ble gjennomført i slutten av produksjonssyklusen, mens undersøkelsen gjennomført i mars 2015 ble gjennomført i slutten av en brakkleggingsperiode.

Det ble også registrert forhøyede verdier av organisk karbon, fosfor og kobber i overgangssonen (Sto 2). Særlig fosfor skiller seg ut med høyest registrert verdi i sediment av alle undersøkte stasjoner. Det ble også registrert forhøyede verdier av organisk karbon (normalisert TOC) og fosfor i samme området ved forrige undersøkelse (oktober 2014), noe som kan indikere at det forekommer en viss opphopning av organisk materiale i dette området. Det ble også registrert høye verdier av organisk karbon i fjernsonen, men alle de andre kjemiske parameterne viste upåvirkede forhold med kun bakgrunnsnivåer av sink og kobber.

Analyser av bunnfaunaen viste gode (**tilstandsklasse II**) eller meget gode tilstander (**miljøtilstand 1**) på alle stasjonene undersøkt i mars 2015. Særlig nærsonen har vist en forbedring siden forrige undersøkelse med en endring av miljøtilstand fra «Dårlig» i oktober 2014 til «Meget god» i mars 2015. Arter og artsammensetning tyder allikevel på at det er en organisk påvirkning i nærområdet til anlegget.

Samlet sett indikerer resultatene at driften ved anlegget har en viss påvirkning av bunnforholdene i nærsonen, særlig med tanke på kobber nivåer i sediment, men effekten av denne påvirkning avtar lengre ut i resipienten i overgangssonen og i fjernsonen. Sedimentsammensetning (partikkelstørrelse), samt surhetsgrad (pH) og redoks (E_h) målinger indikerer gode forhold for makrofauna med god vannutskifting på bunnen ved alle undersøkte stasjonene.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene under anlegg nøye for å unngå negativ innvirkning både på driften og miljøet. 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. Denne undersøkelsen har vist at bunnforholdene har bedret seg i løpet av en brakkleggingsperiode.

Tabell 4-1 Oppsummering av resultatene fra bunnprøver innsamlet ved lokaliteten Storoksen, mars 2015. Miljøtilstand etter NS 9410, tilstandsverdi etter Veileder 02:2013, TOM (glødetap), normalisert TOC (totalt organisk karbon), fosfor, sink, kobber, oksygeninnhold i bunnvann og pH/ E_h -tilstand. Undersøkte parametere som inngår i tilstandsklassifiseringen er markert med fargekoder som viser tilstandsklassen ved undersøkelsestidspunktet.

Stasjon	Dyp (m)	Miljøtilstand (NS 9410)	nEQR (Veileder 02:2013)	TOM (%)	Norm. TOC (mg/g)	Fosfor (mg/kg)	Sink (mg/kg)	Kobber (mg/kg)	O ₂ (ml/l)	pH/ E_h Tilstand
Sto 1	125	1	-	5,1	42	1700	110	90	-	1
Sto 2	108	1	-	6,1	37	7200	110	76	-	1
Sto 3	109	-	0,66	8,4	36	900	71	21	5,6	1

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

5. TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Trond Einar Isaksen og Stian Ervik Kvalø fra Uni Research, samt Pia Kupka Hansen fra Havforskningsinstituttet og Sigfrid Tangen fra Lerøy Vest. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten, Linda Bjelland Pedersen, Linda Jensen, Natalia Korableva og Nargis Islam. Bunnedyrene ble identifisert av Øydis Alme og Frøydis Lygre.

6. LITTERATUR

- Berge-Haveland F. 2012. *Resipientgransking, MOM-B, lokalitet Storoksen, Askøy kommune*. Resipientanalyse AS. Rapport nr. 759-2012. 19 s.
- Berge-Haveland F. 2014. *Resipientgransking, MOM-B, lokalitet Storoksen, Askøy kommune*. Resipientanalyse AS. Rapport nr. 1179-2014. 19 s.
- Bye-Ingebrigtsen E. 2015. *MOM B-undersøkelse ved Storoksen i Askøy kommune, mars 2015*. Uni Research AS. SAM Notat nr. 06-2015. 15 s.
- Hovgaard P. 1973. *A new system of sieves for benthic samples*. Sarsia **53**. 15-18 s.
- Mannvik H. P. og Bahr, G. 2015. *Sjøtroll Havbruk AS og Lerøy Vest AS. C undersøkelse på oppdrettslokaliteten Storoksen 2014*. Akvaplan-niva AS. Akvaplan-niva rapport nr. 7288.02. 29 s.
- NS-EN-ISO 5667-19:2004. *Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder*. Standard Norge. 23 s.
- NS-EN-ISO 16665:2013. *Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014)* Standard Norge. 40 s.
- NS-EN-ISO 17294-2:2004. *Vannundersøkelse - Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) - Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer (ISO 17294-2:2003)*. Standard Norge. 32 s.
- NS-EN-ISO/IEC 17025:2005. *Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse*. Standard Norge. 48 s.
- NS-EN 13137:2001. *Karakterisering av avfall - Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter*. Standard Norge. 24 s.
- NS-EN 14346:2006. *Karakterisering av avfall - Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold*. Standard Norge. 24 s.
- NS 4764:1980. *Vannundersøkelse - Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter*. Standard Norge. 8 s.
- NS 9410:2007. *Miljøovervåking av marine matfiskanlegg*. Standard Norge. 27 s.
- TA 1467/1997. *Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- TA 1883/2002. *Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Rapport 848/02*. Statlig program for forurensningsovervåking, 2002. 138 s.
- TA 2229/2007. *Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter*. Statens forurensingstilsyn, SFT 2008. 12 s.
- Veileder 01:2009. *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften*. Direktoratgruppen for gjennomføring av Vanndirektivet (2009). 181 s.
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.

7. VEDLEGG

1) Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

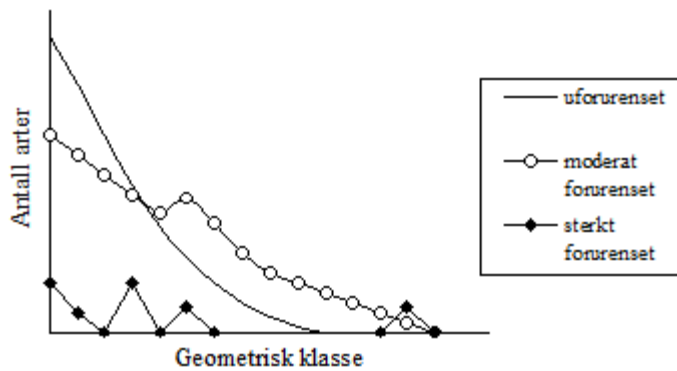
Geometriske klasser

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

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små toppe 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 ISI2012 (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 faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

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

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

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

Individtetthet

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

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

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

Sammensatte indekser

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

NQI1 er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

hvor N er antall individer og S antall arter

Klassegrenser

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

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

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

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

Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

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

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

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

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

nEQR gir en 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

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 brakkevann 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:

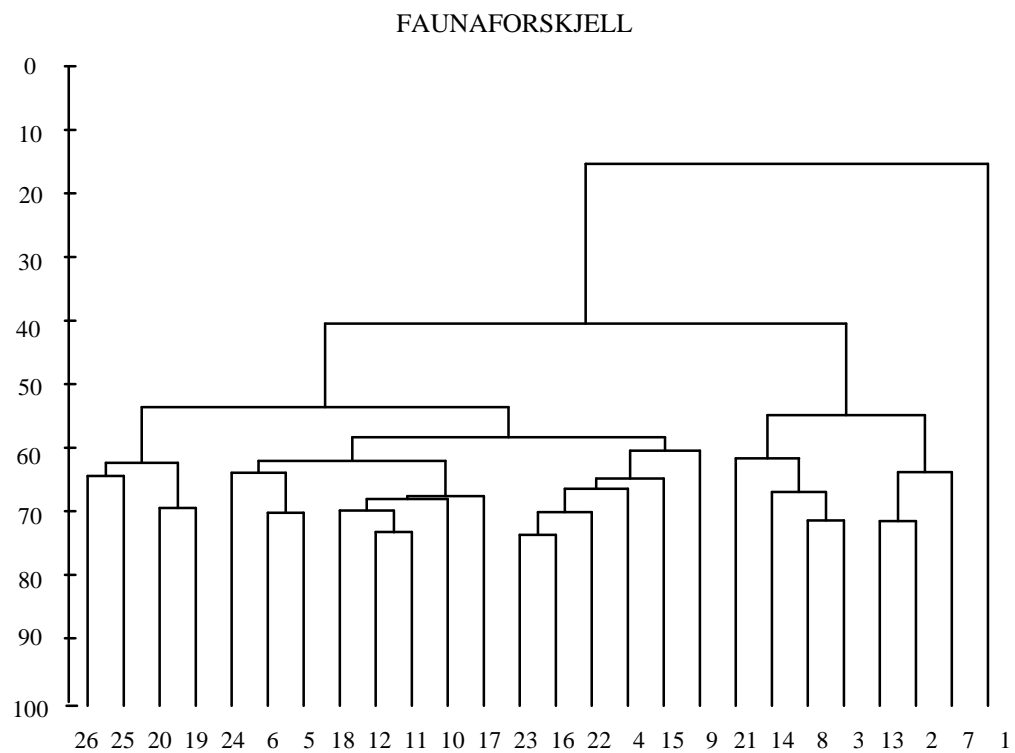
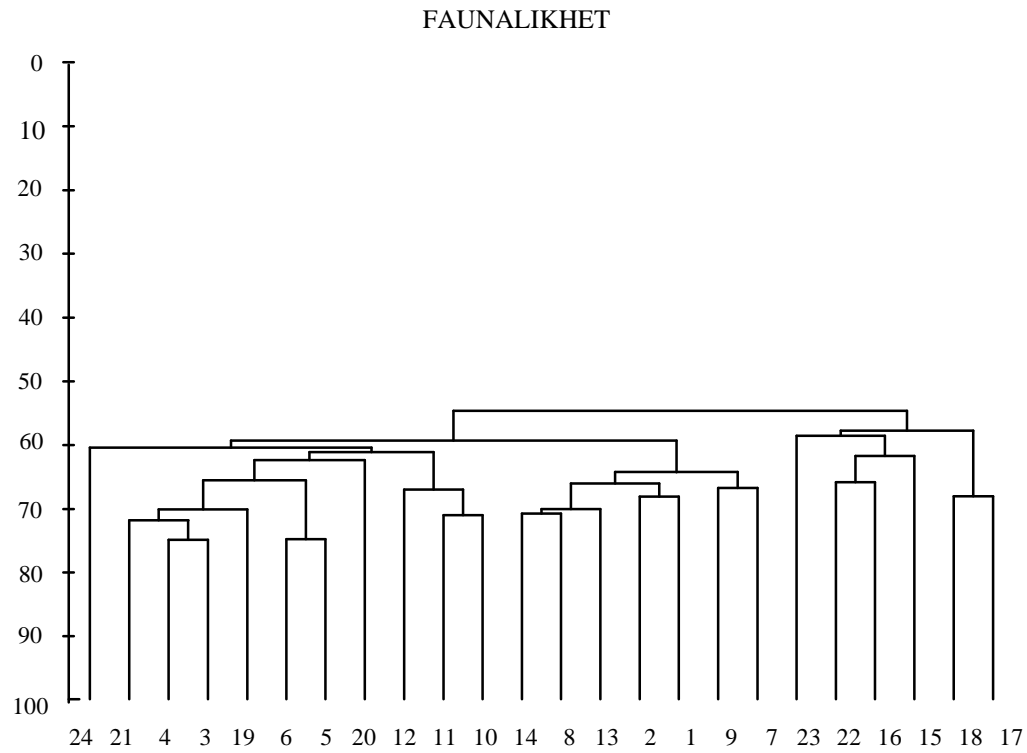
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d)}$$

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

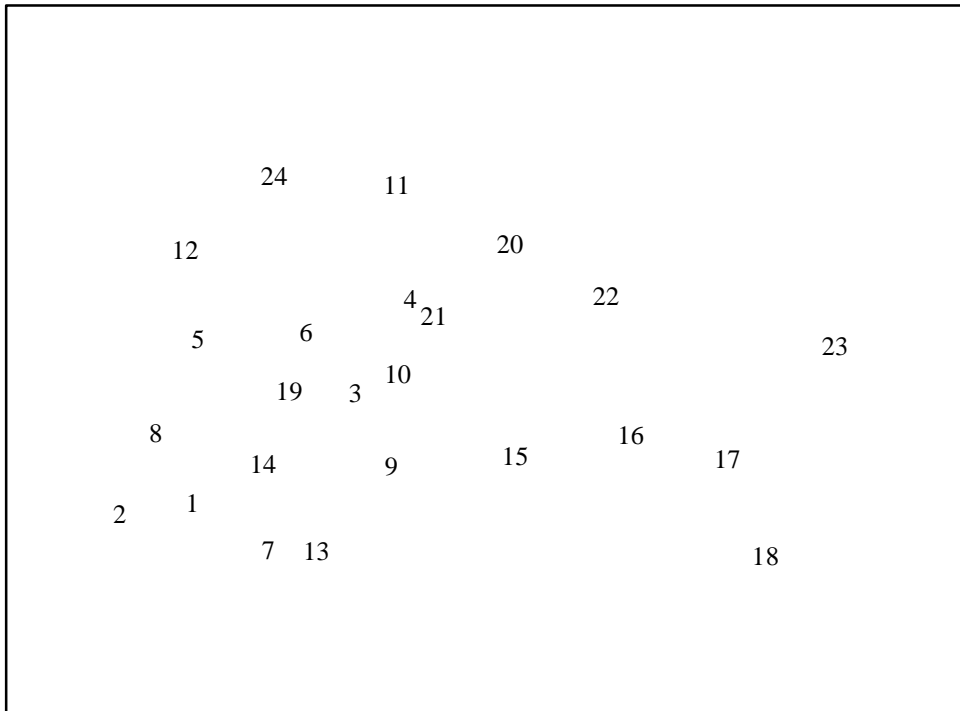
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet (H') og inndelingen i geometriske klasse. «Diversi»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

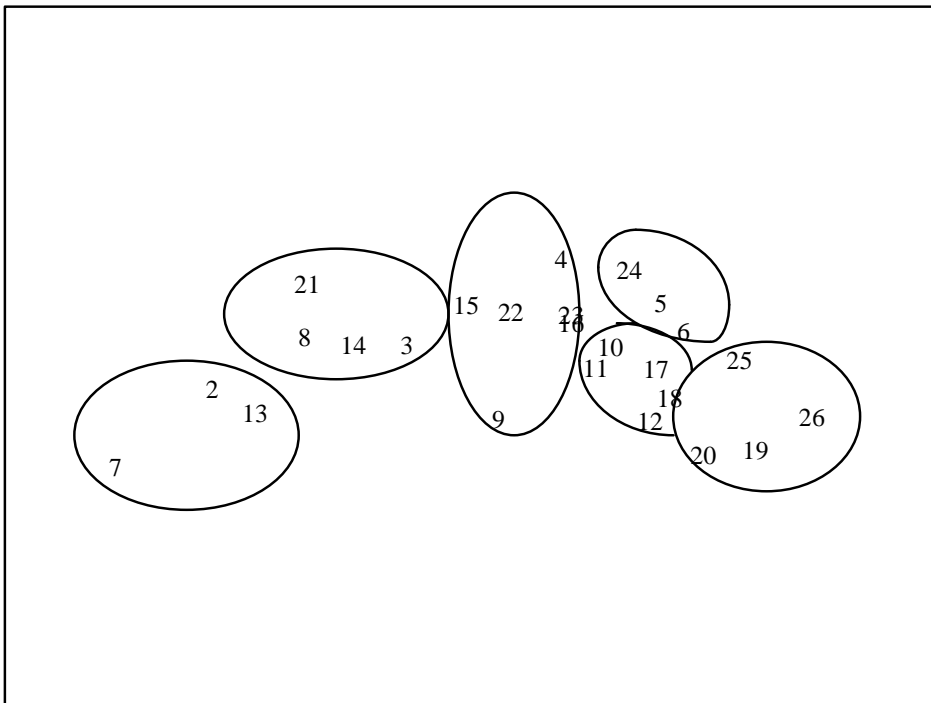


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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 s.
- Bray, J.R. og Curtis, J.T. 1957. *An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin*. Ecological Monographs **27**. 325-349 s.
- Gray, J.S. og Mirza, F.B. 1979. *A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities*. Marine Pollution Bulletin **10**. 142-146 s.
- Pearson, T.H. og 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 s.
- Pearson, T.H., Gray, J.S. og Johannessen, P.J. 1983. *Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses*. Marine Ecology Progress Series **12**. 237-255 s.
- Rygg, B. 2002. *Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway*. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg, B. og 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, C.E. og Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- TA 1467/1997. *Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.

2) MOM B-parametere

ID: 10751 Versjonsnr: 003

**Vedlegg SF-SAM-830 Vedleggstabell
B1, B2 og dybdeomregning med 10
plasser****Uni Research Miljø : Sam-
marin**

Ansvarsområde: Sam Marin / Prøvetaking / I felt / på tokt / Tokt
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 07.07.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 07.07.2014 (Øydis Alme)

PRØVESKJEMA B.1

Firma: Lerøy Vest
Lokalitet: Storoksen
Lokalitetstype: Matfisk

Dato: 26.03.2015
Lokalitetsnr: 20776

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenr.						Indeks	
			Sto 1-1	Sto 1-2	Sto 2-1	Sto 2-2	Sto 3-1	Sto 3-2		
	Dyr	Ja=0 Nei=1	0	0	0	0	0	0	0,0	
I	Tilstand gruppe I		A							
II	pH	Verdi	7,60	7,58	7,54	7,54	7,62	7,71		
	Eh (mv)	Verdi	-11	51	54	0	-52	-34		
		+ ref. verdi	210	272	275	221	169	187		
	pH/Eh	Fra figur	0	0	0	0	0	0	0,0	
	Tilstand prøve		1	1	1	1	1	1		
	Tilstand gruppe II									
	Buffertemp:		-		Temp. sjø:		6,9	Temp. sediment:		7,4
	pH sjø:		8,05		Eh sjø:		405	Ref. elektrode:		221
	Kalibrering pH-elektrode (Dato og sign):		26.03..15 TEI							
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0	0	0	0		
	Farge	Lys/Grå = 0	0	0	0	0	0	0		
		Brun/Sort = 2								
	Lukt	Ingen = 0	0	0		0	0	0		
		Noe = 2			2					
		Sterk = 4								
	Konsistens	Fast = 0	0	0	0	0	0	0		
		Myk = 2								
		Løs = 4								
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0								
1/4 ≤ v < 3/4 = 1		1		1	1					
v ≥ 3/4 = 2			2			2	2			
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0			
	2 - 8 cm = 1									
	T ≥ 8 cm = 2									
	SUM	1	2	3	1	2	2			
	Korrigert sum (*0,22)	0,22	0,44	0,66	0,22	0,44	0,44		0,4	
	Tilstand prøve	1	1	1	1	1	1			
	Tilstand gruppe III	1								
	Middelerverdi gruppe II og III	0,11	0,22	0,33	0,11	0,22	0,22		0,2	
	Tilstand, gruppe II og III	1								
	pH/Eh Korr. Sum Indeks Middelerverdi	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: 13.04.2015
dato

TEI
Sign.

EBI
Sign.

ID: 10751 Versjonsnr: 003

**Vedlegg SF-SAM-830 Vedleggstabell
B1, B2 og dybdeomregning med 10
plasser**
**Uni Research Miljø : Sam-
marin**

Ansvarsområde: Sam Marin / Prøvetaking / I felt / på tokt / Tokt
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 07.07.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 07.07.2014 (Øydis Alme)

SKJEMA FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Lerøy Vest

Dato: 26.03.2015

Lokalitet: Storoksen

Lokalitetsnr: 20776

Lokalitetstype: Matfisk

Prøvetaksingssted (nr)		Sto 1-1	Sto 1-2	Sto 2-1	Sto 2-2	Sto 3-1	Sto 3-2				
Dyp (m)		125	125	108	108	109	109				
Antall forsøk		1	1	1	2	1	1				
Bobling (i prøve)		nei	nei	nei	nei	nei	nei				
Primær- sediment	Grus	x	x		x						
	Skjellsand	x	x			x	x				
	Sand	x	x	x	x	x					
	Mudder										
	Silt			x	x	x	x				
Leire							x				
Fjellbunn											
Steinbunn											
Pigghuder, antall											
Krepsdyr, antall											
Skjell, antall											
Børstemark, antall											
Andre dyr, antall											
<i>Malacoceros fuliginosus</i>											
Beggiatoa											
Fôr		-	-	-	-	-	-				
Fekalier		-	-	-	-	-	-				
Kommentarer				Stein og blaskjellskall i prøvene	Stein og blaskjellskall i prøvene						

Korrekturlest:

13.04.2015

TEI

EBI

dato

Sign.

Sign.

3) 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:** 26.03.2015 (Silje Hadler-Jacobsen)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 26.03.2015 (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): Lerøy Vest AS, 5397 Bekkjarvik****Prosjekt nr.: 809406****Prøvetakingssted (område): Storoksen****Dato for prøvetaking: 26.03.2015****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research Miljø, SAM-Marin****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Øydis Alme og Frøydys Lygre**

	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 godkjenning fra SAM.

Signatur: Øydis Alme
Godkjent taksonom

side 1/3	Stasjonsnavn	Sto 1	Sto 1	Sto 2	Sto 2	Sto 3	Sto 3
	Dato	26.03.2015	26.03.2015	26.03.2015	26.03.2015	25.03.2015	25.03.2015
	Hugg	1	2	1	2	1	2
*	HYDROZOA						
*	Hydrozoa indet.		+			+	
*	ANTHOZOA						
	Virgularia mirabilis						1
*	NEMERTEA						
*	Nemertea indet.	9	5	7	6	15	11
*	NEMATODA						
*	Nematoda indet.	103	ca. 640	ca.30	ca.50	ca.20	7
	PRIAPULIDA						
	Priapulida indet.		3				
	POLYCHAETA						
	Laetmonice filicornis				0/1		0/1
	Pholoe baltica	18	26	4	10	15	25
	Phyllodoce groenlandica			2	2		
	Phyllodoce maculata	1			2		
	Phyllodoce mucosa				1		
	Sige fusigera						
	Eteone sp.	1	3	4		1	2
	Glycera alba	9	8	7	15		3/1
	Glycera lapidum		1	8	1		
	Glycera unicornis					2/1	
	Goniada maculata			6	8	2/1	10
	Ophiodromus flexuosus			1	1		1
	Glyphohesione klatti					1	
	Syllidae indet.	25	60	2	4		4
	Exogone sp.	12	3	2	15	1	4
	Nereidae indet.	1	1				
	Ceratocephale loveni					1	1
	Eunereis longissima				1		
	Neptys hombergii				1		
	Paramphinome jeffreysii	75	64	15	22	13	41
	Lumbrineridae indet.	2	1	3	1	15	12
	Protodorvillea kefersteini			1			
	Ophryotrocha sp.	3			1		
	Orbinia sp.	2	1	1	1		
	Scoloplos armiger			2	2		
	Aricidea suecica						1
	Levinsenia gracilis			1			1
	Paradoneis sp.		5		1	1	
	Laonice bahusiensis	1					
	Malacoceros fuliginosus					1	
	Polydora sp.	8	11	33	5		4
	Prionospio cirrifera		2	23	24	11	36
	Prionospio fallax			16	10	17	50
	Prionospio plumosa	273	116	110	146	4	2
	Spiophanes kroeyeri			2			
	Spiophanes bombyx			3			
	Scolecopsis korsun					3	20
	Aphelochaeta sp.	14	18	3	1	2	3
	Tharyx killariensis			2	2	2	1
	Caullella sp.	3	7				
	Chaetozone sp.	65	90	71	96	9	11
	Cirratulus cirratus				10		
	Macrochaeta clavicornis	2	1				1
	Diplocirrus glaucus	4		2	1	4	7
	Pherusa falcata						3/1
	Brada villosa			1			
	Travisia forbesii				1		
	Scalibregma inflatum	1/2	2				
	Capitella capitata	151	320	201	236/1	8	4
	Heteromastus filiformis					9	4
	Mediomastus fragilis	21	20	15	11		
	Notomastus latericeus	1	1	3	3		1

side	Stasjonsnavn Dato	Sto 1	Sto 1	Sto 2	Sto 2	Sto 3	Sto 3
		26.03.2015	26.03.2015	26.03.2015	26.03.2015	25.03.2015	25.03.2015
2/3	Hugg	1	2	1	2	1	2
	Maldanidae indet.		1			1	28
	Galathowenia oculata	3	2	80	36	28	57
	Owenia borealis		1	5	3		
	Pectinaria auricoma	1	2	3			
	Lagis koreni	7	6	8	6		2
	Ampharete lindstroemi			1			
	Melinna cristata						1
	Pista cristata						4/1
	Lanice conchilega ror		1				
	Thelepus cincinnatus	1					
	Streblosoma bairdi						1
	Polycirrus plumosus	1	1				1
	Trichobranthus roseus					1	1
	Terebellides stroemi						1
	Sabellidae indet		1				
	Euchone sp.		1				
	Ditrupa arietina		1				
	OLIGOCHAETA						
	Oligochaeta indet.	1					
	SIPUNCULA						
	Sipuncula indet.				2		
	Phascolion strombus		1			1	
	CRUSTACEA						
	OSTRACODA						
	Asterope mariae						2
*	COPEPODA						
*	Copepoda indet	0/1			1		
*	Calanus finmarchicus	1			0/2	0/2	0/1
	DECAPODA						
*	Decapoda indet larve	0/1					0/1
*	Munida sarsi		0/1				
*	Paguridae indet	1					
*	Anapagurus laevis	3					
	MYSIDACEA						
*	Lophogaster typicus		1				
*	AMPHIPODA						
*	Amphipoda indet.	4	3	5	7	1	1
	CUMACEA						
	Diastylis cornuta	2/50	0/28	0/25	1/29		
	Diastylodes biplicatus			4	2		
	Eudorella truncatula			1			
	MOLLUSCA						
	GASTROPODA						
	Euspira montagui	1					
	Acteon tomatis						1
	Diaphana minuta	1					
	Cylichna umbilicata		1				1
	Philine quadrata		1				
	BIVALVIA						
	Nucula nucleus	3				6	9
	Yoldiella philippiana					1	3
	Thyasira equalis					27/10	56/1
	Thyasira flexuosa	1	2	8	4/4		
	Thyasira sarsii	48/3	37/5	47/8	113/8	32/3	67/12
	Adontorhina similis					1	3
	Tellimya ferruginosa		1	0/1			
	Kurtiella bidentata	2		1		1	5
	Parvicardium minimum			0/3			
	Phaxas pellucidus			0/1			
	Macoma calcarea			0/2	0/2		
	Tellina fabula	0/1				4	
	Abra nitida	1				2	
	Abra prismatica			3/1	1/4	8/3	35/1

side 3/3	Stasjonsnavn Dato	Sto 1	Sto 1	Sto 2	Sto 2	Sto 3	Sto 3
		26.03.2015	26.03.2015	26.03.2015	26.03.2015	25.03.2015	25.03.2015
	Hugg	1	2	1	2	1	2
	Corbula gibba			3		3/1	
	Hiatella sp.	0/1					
	SCAPHOPODA						
	Pulsellum lofotense					1	
	ECHINODERMATA						
	ASTEROIDEA						
	Asteroidea indet				0/1		
	OPHIUROIDEA						
	Ophiuroidea indet				0/1		0/1
	Amphiura chiajei		0/1			18/1	16/5
	Amphiura filiformis			0/1		11/1	22/16
	Ophiocten affinis	3	2	3/1	4		
	ECHINOIDEA						
	Echinocardium cordatum	2	4	4			0/6
	Echinocardium flavescens	2	9	4		0/9	0/49
	ENTEROPNEUSTA						
	* Enteropneusta indet.						1
	* CHAETOGNATHA						
	* Chaetognatha indet.	1					
	* CHORDATA						
	* PISCES						
	* Fiske egg.	2		2		2	
	VARIA	+	+	+		+	

4) Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene ved stasjonene Sto 1, Sto 2 og Sto 3.

Geometrisk klasse	Sto 1 (nærsoner)	Sto 2 (overgangssone)	Sto 3 (fjernsoner)
I	21	18	19
II	13	11	7
III	7	13	13
IV	4	8	5
V	2	5	4
VI	3	4	7
VII	3	1	4
VIII	2	2	0
IX	2	2	0
X	0	0	0
XI	0	0	0

5) Analysebevis

Kjemiske analyser av sediment prøver fra prøvestasjoner ved lokalitet Storoksen. Gjeldende prøvestasjoner er nærsone (Sto 1, 1125 meters dyp), overgangssone (Sto 2, 108 meters dyp) og fjernsone (Sto 3, 109 meters dyp).



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
Fax:

AR-15-MX-001342-01



EUNOBE-00014212

Prøvemottak: 08.04.2015
Temperatur:
Analyseperiode: 08.04.2015-27.04.2015
Referanse: 809406 / 14/15

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2015-0408-069	Prøvetakingsdato:	25.03.2015
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Rong 1, 131 m	Analysestartdato:	08.04.2015
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a) Fosfor (P)			
a) Totalt fosfor (P)	3100	mg/kg tv	10 NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu)	85	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn)	130	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Totalt organisk karbon (TOC)	22.0	mg/g tv	EN 13137
a) Total tørrstoff	54.9	% (w/w)	0.1 EN 14346

Prøvenr.:	441-2015-0408-070	Prøvetakingsdato:	25.03.2015
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Rong 2, 285 m	Analysestartdato:	08.04.2015
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a) Fosfor (P)			
a) Totalt fosfor (P)	820	mg/kg tv	10 NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu)	15	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn)	71	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Totalt organisk karbon (TOC)	23.0	mg/g tv	EN 13137
a) Total tørrstoff	51.0	% (w/w)	0.1 EN 14346

Prøvenr.:	441-2015-0408-071	Prøvetakingsdato:	25.03.2015
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Rong 3, 310 m	Analysestartdato:	08.04.2015
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a) Fosfor (P)			
a) Totalt fosfor (P)	1100	mg/kg tv	10 NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu)	22	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn)	130	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Totalt organisk karbon (TOC)	4.0	mg/g tv	EN 13137
a) Total tørrstoff	33.3	% (w/w)	0.1 EN 14346

Teanforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist

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 2



AR-15-MX-001342-01



EUNOBE-00014212

Prøvenr.:	441-2015-0408-072	Prøvetakingsdato:	26.03.2015
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Sto 1, 125 m	Analysedato:	08.04.2015
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a) Fosfor (P)			
a) Totalt fosfor (P)	1700	mg/kg tv	10 NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu)	90	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn)	110	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Totalt organisk karbon (TOC)	30.0	mg/g tv	EN 13137
a) Total tørrstoff	55.7	% (w/w)	0.1 EN 14346

Prøvenr.:	441-2015-0408-073	Prøvetakingsdato:	26.03.2015
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Sto 2, 108 m	Analysedato:	08.04.2015
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a) Fosfor (P)			
a) Totalt fosfor (P)	7200	mg/kg tv	10 NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu)	76	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn)	110	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Totalt organisk karbon (TOC)	23.0	mg/g tv	EN 13137
a) Total tørrstoff	62.7	% (w/w)	0.1 EN 14346

Prøvenr.:	441-2015-0408-074	Prøvetakingsdato:	25.03.2015
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Sto 3, 109 m	Analysedato:	08.04.2015
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a) Fosfor (P)			
a) Totalt fosfor (P)	900	mg/kg tv	10 NS EN ISO 17294-2
a) Kobber (Cu)	21	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Sink (Zn)	71	mg/kg tv	1 NS EN ISO 17294-2
a) Totalt organisk karbon (TOC)	30.0	mg/g tv	EN 13137
a) Total tørrstoff	47.8	% (w/w)	0.1 EN 14346

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00, Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf

Bergen 27.04.2015

Helene Lillethun Botnevik
ASM Bergen, Kvalitetsansvarlig



Teorforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 2

Geologiske analyser av sediment prøver fra prøvestasjoner ved lokalitet Storoksen. Gjeldende prøvestasjoner er nærsonen (Sto 1), overgangssonen (Sto 2) og fjernsonen (Sto 3).

		Molab as, 8607 Mo i Rana Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
		RAPPORT TOM og KORN		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond Einar Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 58290	Antall sider + bilag: 3	
		Rapport referanse: KR-20535	Dato: 06.05.2015	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr./ ref.: 809406 / 3/15	Utført: Eli Ellingsen	Ansvarlig signatur: Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 16.04.2015

RESULTATER

Prøve merket:			Rong 1	Rong 2	Rong 3	STO 1	STO 2
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000588	KG-000589	KG-000590	KG-000591	KG-000592
TOM (550 °C)	%	23.04.15	7,22	6,71	8,74	5,11	6,11

Prøve merket:			STO 3				
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000593				
TOM (550 °C)	%	23.04.15	8,36				

Kornfordeling

Analysedato: 21.04.2015

Rong 1	KG-000588	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
2000	-1	0,17	2,0	2,0	MdΦ	Silt og leire	46,2	
1000	0	0,10	1,2	3,2	3,87	Sand	51,8	
500	1	0,12	1,4	4,6		Grus	2,0	
355	1,5	0,19	2,2	6,8	SdΦ			
250	2	0,47	5,5	12,3	2,08			
180	2,5	0,74	8,7	20,9				
125	3	0,78	9,1	30,1	SkΦ			
90	3,5	0,78	9,1	39,2	0,20			
63	4	1,25	14,6	53,8				
<63	8	3,95	46,2	100,0	KΦ			
		8,55	100,0		0,85			

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 for disse betingelser.



Side 2 av 3

Ordrenummer: 58290

Rong 2		KG-000589							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,14	2,1	2,1	Md Φ	Silt og leire	41,5		
1000	0	0,15	2,3	4,5	3,40	Sand	56,4		
500	1	0,23	3,5	8,0		Grus	2,1		
355	1,5	0,31	4,8	12,7	Sd Φ				
250	2	0,63	9,7	22,4	2,31				
180	2,5	0,71	10,9	33,3					
125	3	0,67	10,3	43,6	Sk Φ				
90	3,5	0,52	8,0	51,6	0,20				
63	4	0,45	6,9	58,5					
<63	8	2,70	41,5	100,0	K Φ				
		6,51	100,0			0,87			

Rong 3		KG-000590							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,00	0,0	0,0	Md Φ	Silt og leire	65,3		
1000	0	0,02	0,3	0,3	4,94	Sand	34,7		
500	1	0,05	0,9	1,2		Grus	0,0		
355	1,5	0,08	1,4	2,6	Sd Φ				
250	2	0,18	3,1	5,7	1,90				
180	2,5	0,28	4,9	10,6					
125	3	0,35	6,1	16,7	Sk Φ				
90	3,5	0,37	6,4	23,2	-0,02				
63	4	0,66	11,5	34,7					
<63	8	3,75	65,3	100,0	K Φ				
		5,74	100,0			0,82			

STO 1		KG-000591							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,82	8,4	8,4	Md Φ	Silt og leire	33,1		
1000	0	1,41	14,4	22,7	2,57	Sand	58,6		
500	1	0,96	9,8	32,5		Grus	8,4		
355	1,5	0,45	4,6	37,1	Sd Φ				
250	2	0,56	5,7	42,8	2,94				
180	2,5	0,62	6,3	49,1					
125	3	0,62	6,3	55,4	Sk Φ				
90	3,5	0,52	5,3	60,7	0,09				
63	4	0,61	6,2	66,9					
<63	8	3,25	33,1	100,0	K Φ				
		9,82	100,0			0,75			

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 for disse betingelser.



Side 3 av 3

Ordrenummer: 58290

STO 2		KG-000592					
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
2000	-1	0,11	1,1	1,1	Md Φ	Silt og leire	20,7
1000	0	0,14	1,4	2,5	3,15	Sand	78,2
500	1	0,48	4,7	7,2		Grus	1,1
355	1,5	0,42	4,1	11,3	Sd Φ		
250	2	0,75	7,4	18,7	1,76		
180	2,5	1,12	11,0	29,7			
125	3	1,56	15,3	45,1	Sk Φ		
90	3,5	1,65	16,2	61,3	0,17		
63	4	1,83	18,0	79,3			
<63	8	2,11	20,7	100,0	K Φ		
		10,17	100,0		1,67		

STO 3		KG-000593					
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
2000	-1	0,53	6,3	6,3	Md Φ	Silt og leire	67,1
1000	0	0,54	6,4	12,8	5,02	Sand	26,6
500	1	0,41	4,9	17,7		Grus	6,3
355	1,5	0,21	2,5	20,2	Sd Φ		
250	2	0,20	2,4	22,6	2,95		
180	2,5	0,17	2,0	24,6			
125	3	0,16	1,9	26,5	Sk Φ		
90	3,5	0,17	2,0	28,5	-0,38		
63	4	0,37	4,4	32,9			
<63	8	5,62	67,1	100,0	K Φ		
		8,38	100,0		0,94		

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 for disse betingelser.

6) CTD-data

Tabellen under viser hydrografiske profilmalinger fra stasjon Sto 3 (fjernsonen i undersøkelsesområdet) med parameterne salinitet, temperatur og oksygen (O₂). Målinger utført med STD/CTD sonde (SAIV AS, SD208) påmontert oksygensensor.

Dybde (m)	Salinitet (psu)	Temperatur	O ₂ %	O ₂ mg/l	O ₂ ml/l
1	31,7	6,8	95,4	9,5	6,7
2	31,8	6,8	95,6	9,5	6,7
3	32,3	6,9	95,4	9,4	6,6
5	32,6	6,9	94,9	9,4	6,6
7	32,7	6,6	94,4	9,4	6,6
10	32,8	6,5	95,0	9,5	6,7
15	32,9	6,5	95,0	9,5	6,7
20	32,9	6,5	94,6	9,4	6,6
25	33,0	6,5	94,6	9,4	6,6
30	33,1	6,5	94,2	9,4	6,6
40	33,5	6,6	93,8	9,3	6,5
50	33,7	6,7	92,6	9,1	6,4
60	33,9	6,9	91,0	8,9	6,3
70	34,0	7,0	89,8	8,8	6,2
80	34,2	7,5	88,1	8,5	6,0
90	34,3	7,7	85,0	8,2	5,7
100	34,4	7,7	84,2	8,1	5,7
107	34,4	7,7	83,5	8,0	5,6

MARINBIOLOGISKE UNDERSØKELSER

SAM-Marin er en avdeling ved Uni Miljø hos Uni Research AS. Uni Research AS er Universitetet i Bergen sitt forskningsselskap. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-marin er akkreditert for biologisk prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test157.

Våre internettsider finnes på www.uni.no