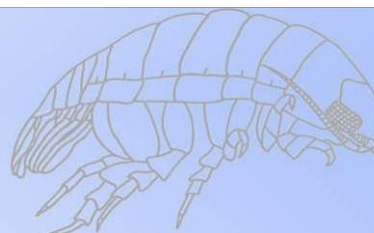


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



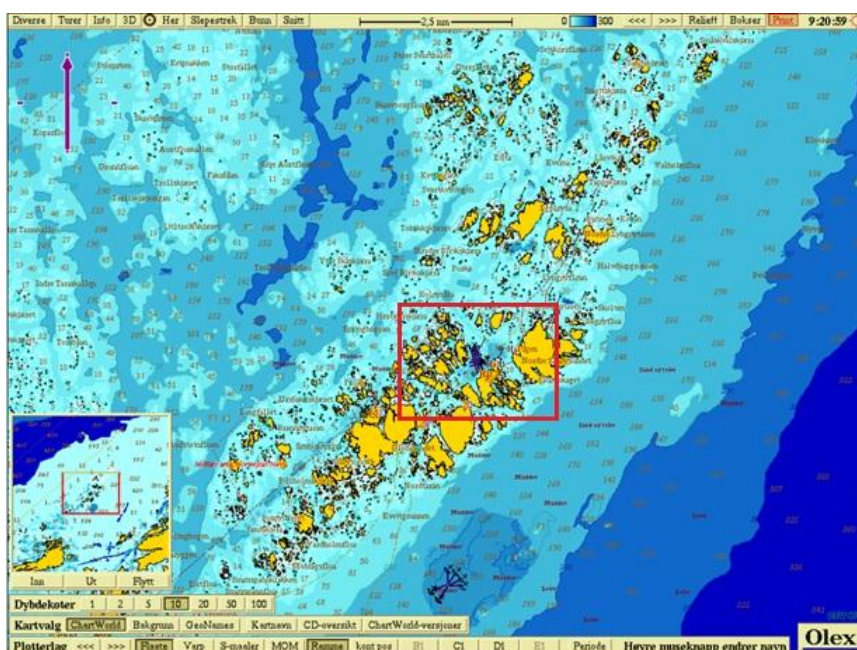
e-rapport nr: 23– 2014

MOM-C undersøkelse fra lokalitet Hallarøya i Frøya kommune, november 2013

Rune Haugen

Øydis Alme

Thomas Dahlgren



ID: 10723 Versjonsnr: 003

SF506-Utforming av sammendrag SAM e-rapport

Uni Miljø - Sam Marin

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 02.06.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 02.06.2014 (Øydis Alme)



SAM-Marin



SAM-Marin
Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway
Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25

Internet: www.uni.no
E-post: Sam-marin@uni.no
Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Hallarøya i Frøya kommune, november 2013	Dato: 3.6.2014
	Antall sider og bilag: 49
Forfatter(e): Rune Haugen, Øydis Alme, Thomas Dahlgren	Prosjektleder: Øydis Alme
	Prosjektnummer: 808044
Oppdragsgiver: SalMar Farming AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: On assignment from SalMar Farming AS, Havbruksstasjonen AS in cooperation with SAM-Marin, was hired in to investigate the marine area by the fish farm Hallarøya, located in Frøya, Sør-Trøndelag. The aim of this study was to describe the environmental state of this area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data of the sea water. In total, three different stations were chosen for sampling; Hal1 in the near zone, Hal 2, located southwest of the fish farm, and Hal3, which lies northeast of the farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority (Miljødirektoratet).

The results show low levels of copper and zinc and phosphorous at Hal 1 and Hal 3. Levels of Zinc and phosphorous were a bit elevated at Hal 2. The total organic carbon (TOC) showed low levels at Hal 1 and 3 (classification II 'Good'), and a high level at Hal 2 (classification V 'Very Bad'). The organic content expressed as % volatile total solids also indicated low organic content at Hal 1 and 3 and slightly elevated levels at Hal 2. The sediment from Hal 1 consisted mostly of sand (80 %), while at Hal 2 it was a mixture of sand and silt/clay. At Hal 3 the sediment was more coarse, with 70 % sand and 30 % gravel. The hydrographical data shows that the bottom water at Hal 3 had a high oxygen concentration, which gave the classification I 'Very Good'. The soft bottom macrofauna investigation showed very good conditions at Hal 1 and Hal 3.

Keywords: Fish farm, recipient, MOM C, benthos, sediment, Hallarøya	Emneord: Fiskeoppdrett, resipient, MOM C, bunndyr, sediment, Hallarøya
---	--

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 23-2014

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	3.6.2014	
Prosjektet / undersøkelsen:	3.6.2014	

**SF506-Utforming av sammendrag
SAM e-rapport**

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 02.06.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 02.06.2014 (Øydis Alme)

SAM-Marin er en del av Uni Research AS, og er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurdering og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test 157.

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til sediment analyser, samlet av: Arild Kjærstad, Christian Bøe;
Havbrukstjenesten AS

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Nargis Islam, Ingrida Petrauskaite, Ragna Tveiten; SAM-Marin

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad, Frøydis Lygre, Lenka Nelova;
SAM-Marin

Faglige vurderinger og fortolkninger utført av: Thomas Dahlgren; SAM-Marin

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Fartøy fra oppdragsgiver

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

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

Ikke akkreditert: -

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

Akkreditert: Kornfordeling, glødetap (TOM)

Ikke akkreditert: -

Andre: -

INNHold

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment	15
3.3 Kjemi	16
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	22
5 TAKK	23
6 LITTERATUR	24
7 VEDLEGG	25
Generell vedleggsdel	26
Vedleggstabell 1. MOM-B parametre	36
Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste	38
Vedleggstabell 3. Geometriske klasser	43
Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi	44
Vedleggstabell 5 Analysebevis geologi	45
Vedleggstabell 6. CTD- data	47

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Hallarøya i Frøya kommune, Sør-Trøndelag. Innsamlingene ble gjennomført 30. oktober 2013.

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

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) på oppdrag fra SalMar Farming AS. SAM-Marin, en seksjon ved Uni Research AS, 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. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 22 år og utført miljøundersøkelser i 13 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM-B undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM-C undersøkelser.

Februar 2014 ga Direktorsgruppa ut en ny veileder (Veileder 02:2013). Denne innebærer at det kommer inn enkelte nye indekser for beregninger av bunnfauna, samt at en gammel (NQI2) går ut. Det er ikke mulig pr. i dag å få med alle nye beregninger i henhold til Veileder 02:2013 da det må utarbeides makroer og programmer for utregning av nye indekser. Den nye veilederen er derfor tatt i bruk så langt det lar seg gjøre. Endringer er gjort i tabell 2.2, med nye grenseverdier for NQI1, H' og ES₁₀₀, og tetthetsindeksen DI er tatt inn.

2 MATERIALE OG METODER

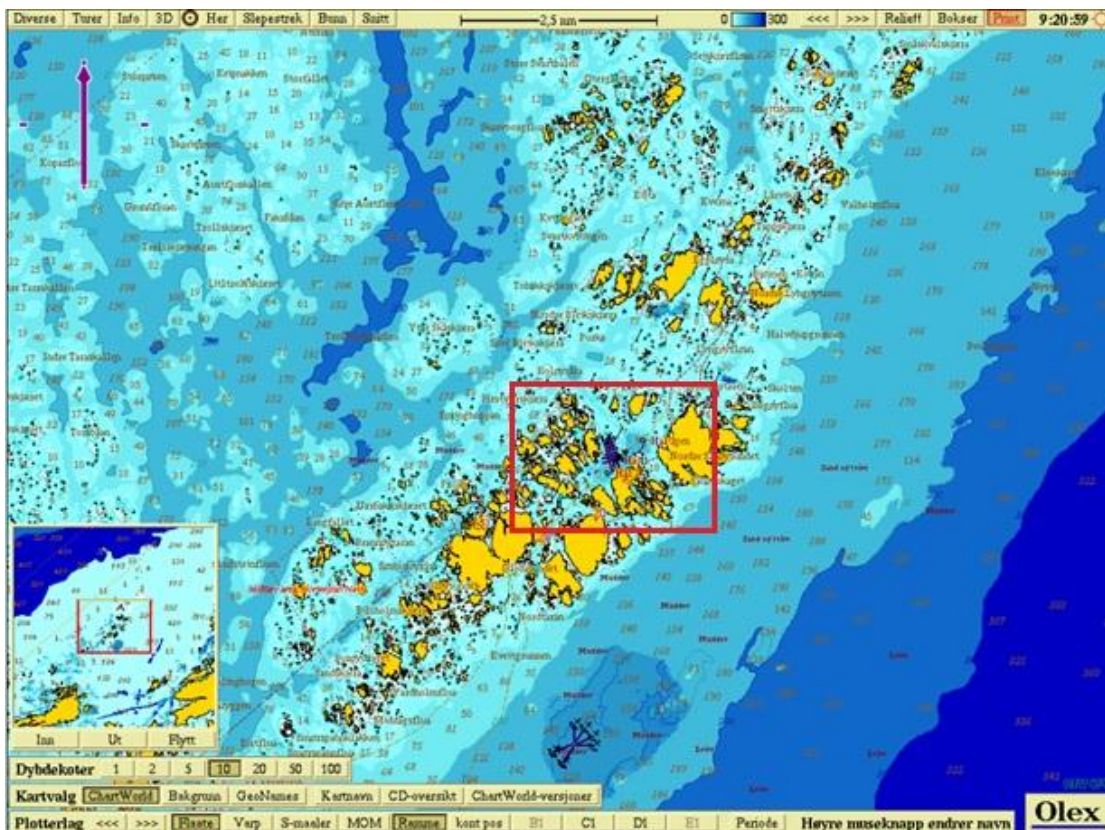
2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger i Froan, vest av Sauøya, i Frøya kommune (Figur 2.1 og 2.2). Anlegget ligger i et sund mellom øyer, holmer og skjær i alle himmelretninger. I nordøst åpner sundet seg mot mer åpent hav. Anlegget ligger i et område der dybden varierer fra ca. 35 m til 55 m under anlegget. Nærstasjonen Hal 1 er plassert i sørøstre ende av anlegget på 60 m dyp. Sørvest for anlegget, i en dypere del av sundet, ble overgangsstasjonen Hal 2 lagt på 72 m dyp. Fjernstasjonen, Hal 3 ble lagt øst for anlegget på 94 m dyp. Målinger viser at strømmen går i sørlig retning nær overflaten for deretter å dreie mer mot øst (Havbrukstjenesten AS, 2013). Hal 3 ble derfor plassert i dypeste punkt nord-øst for anlegget.

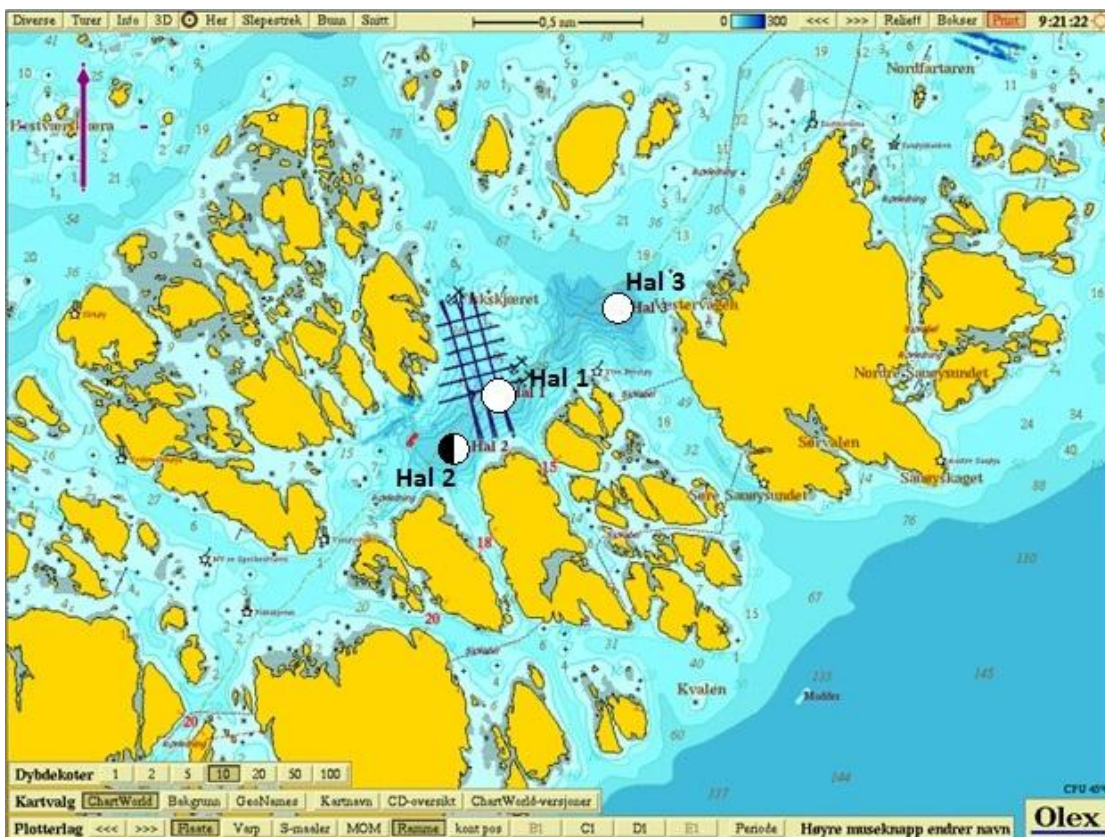
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 30. november 2013. Det ble tatt kjemi-, geologi- og faunaprøver ved de tre valgte stasjonene, Hal 1, Hal 2 og Hal 3. Undersøkelsen ble gjennomført av Arild Kjerstad og Christian Bøe fra Havbrukstjenesten AS.

Det ble også tatt hydrografi-målinger ved fjernstasjonen (Hal 3). Da det ble dårlig vær under MOM C prøvetakingen i slutten av november ble den utsatt, og målingen ble gjennomført i midten av mai 2014. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.



Figur 2.1: Oversiktskart over Havområdene rundt Froan, med undersøkelsesområdet Hallarøya midt i bildet, markert med rød ramme. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2: Kart over Hallarøya med punkt for prøvestasjoner tegnet inn med kakediagram. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = moderat. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Hallarøya i Froan. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble brukt en van Veen grabb til kjemi-, geologi- og biologiprøver (fullt kammer 17 l).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg-nummer	Prøve-volum (l)	Andre opplysninger
Hal 1 30.10.13	Hallarøya	60	1	7,5	Kjemi, geologi, pH og Eh
	63.59.863N		2	6,5	Biologi
	09.07.868Ø		3	6,5	Biologi
Alle huggene like, med mye sand og noe grus					
Hal 2 30.10.13	Hallarøya	72	1	6,5	Kjemi, geologi, pH og Eh
	63.59.704N		2	6,5	Biologi
	09.07.615Ø		3	5,5	Biologi
Alle huggene like, med sand og silt/leire, litt lukt på alle hugg					
Hal 3 30.10.13	Hallarøya	92	1	4,5	Kjemi, geologi, pH og Eh
	64.00.115N		2	3,0	Biologi
	09.08.689Ø		3	3,5	Biologi
Alle huggene like, med mye sand og en del grus. Hugg 2 og 3 er ikke godkjent i henhold til standarden grunnet lite sediment					

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H_2S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en geologiprøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser.

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet (Buchanan 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent

betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

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

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig under sediment-overflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det første hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets manual (Molvær *et. al*, 1997 og Bakke *et. al*, 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis WTW pH 3110 pH- meter og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

2.2.4 Bunndyr

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

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² grabb har et volum på 17 liter (van Veen). Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinnholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 8 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sediment-restene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyrsanalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

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

Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder i Veileder 02:2013 – «Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver». Denne veilederen skal på sikt erstatte Miljødirektoratets veiledere 01:2009 og 97:03 (TA 1467/1997). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H'), Hurlberts diversitetsindeks (Es_{100}), NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI og AMBI, samt indeks for individtetthet DI. Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata (side 28). For denne rapporten er inndeling i tilstandsklasser for indekser brukt gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.2). Nye indekser er foreløpig ikke tatt i bruk, med unntak av DI. Klassifisering er i denne rapporten oppgitt for både sum av grabbhugg og for gjennomsnittet som beskrevet i Veileder 02:2013, mens tilstandsklassen er

basert på snittet. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.3).

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

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

*Omregningsfaktoren til mgO₂ /l er 1,42

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

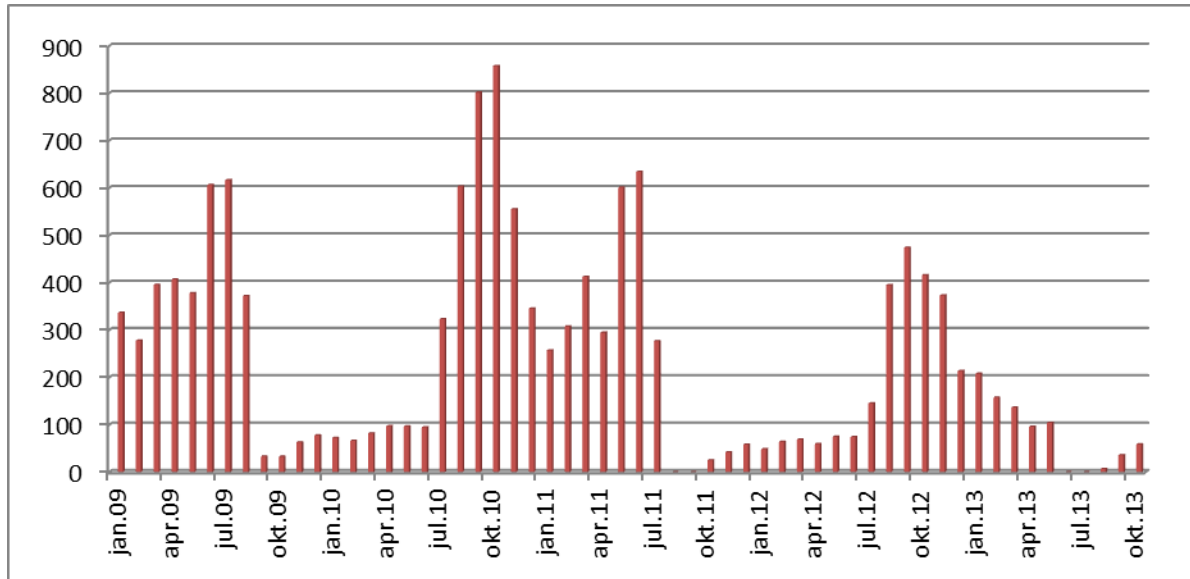
Tabell 2.3: Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Hallarøya har vært brukt til oppdrett i mange år, fra høsten 2013 har den en noe endret plassering enn tidligere. I tabell 2.4 er fôrforbruket for de siste 5 årene presentert i tonn fôr pr. måned.

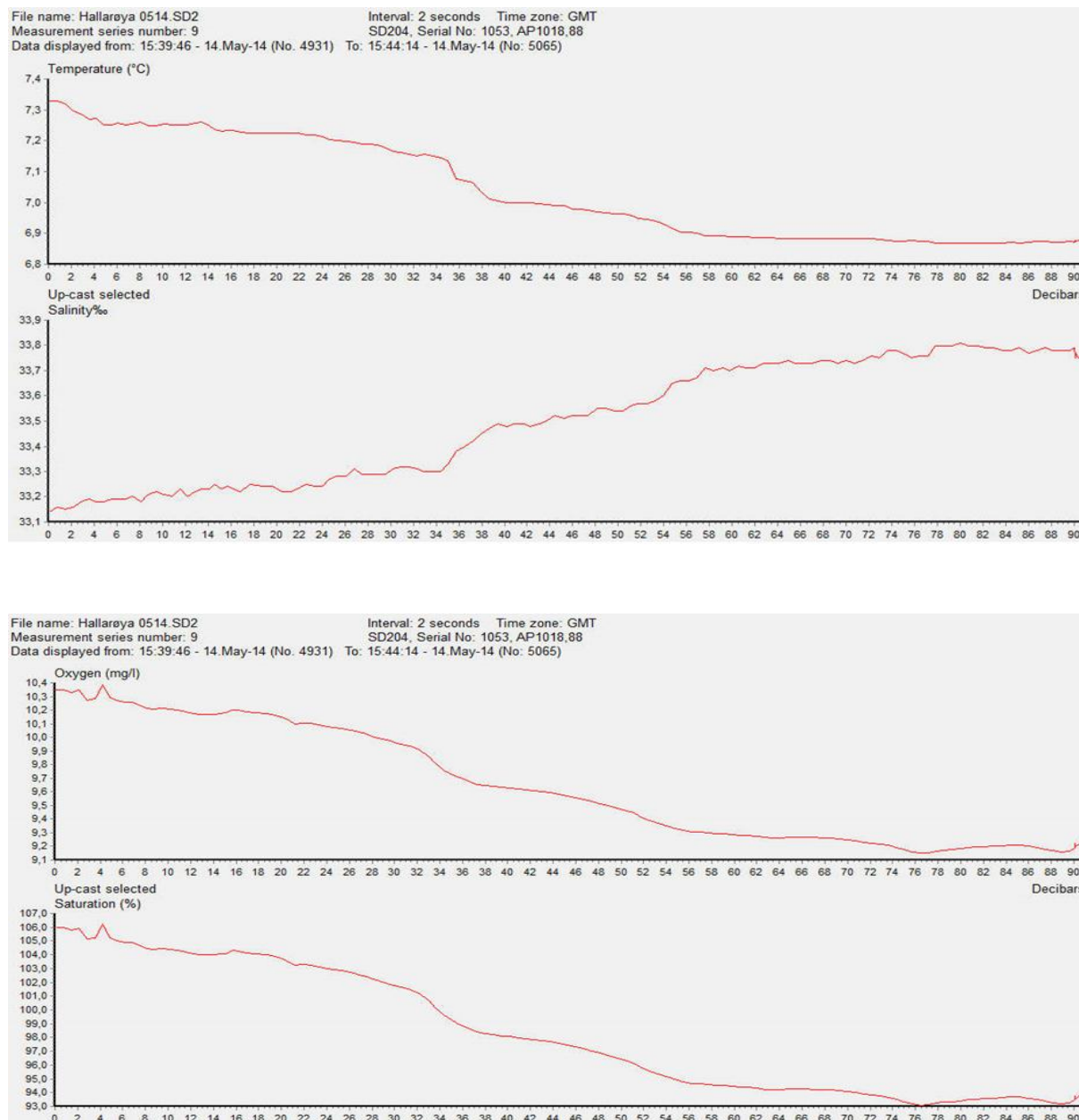
Tabell 2.4: Tonn fôr pr. måned siden januar 2009 og fremt il MOM C- prøvetaking i slutten av oktober 2013.



3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til like over bunnen på stasjon Hal 3, 14. mai 2014. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1.



Figur 3.1: Temperatur (°C), saltholdighet (‰), oksygen i % metning og mg/l på Hal 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 92m den 14.mai 2014. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO₂/l med en omregningskoeffisient på 1,42

Temperaturen på Hal 3 den 14. mai 2014, var ca. 7,3°C i overflatelaget. Deretter sank den litt hele veien ned til ca. 55 m dyp til ca. 6,9. Fra der av og ned til bunnen lå temperaturen rundt 6,9°C.

Saliniteten var jevnt høy over 33 promille i hele vannsøylen. I overflatelaget var saltholdigheten rundt 33,2 promille. Deretter steg den jevnt nedover i dypet til 33,9 promille ved bunnen.

Oksygeninnholdet var høyt gjennom hele vannsøylen. I overflatelaget lå konsentrasjonen på 10,35 mg/l. Oksygeninnholdet sank deretter jevnt ned til bunnen til 9,2 mg/l, som tilsvarer 6,48 ml/l. Denne målingen plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god).

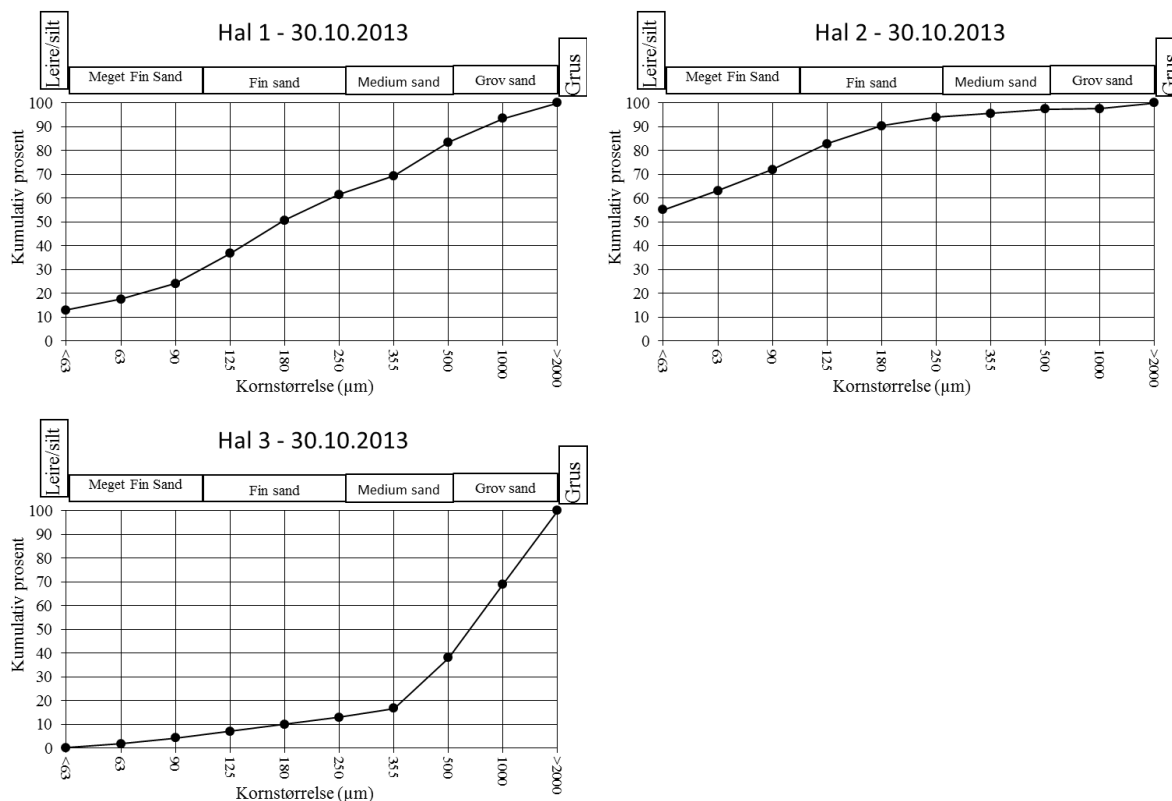
3.2 Sediment

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

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøvene fra stasjonene ved Hallarøya 30. oktober 2013.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Kornstørrelsesfordeling (%)		
			Silt og leire	Sand	Grus
Hal 1	60	4,66	13,0	80,5	6,5
Hal 2	72	10,2	55,1	42,5	2,4
Hal 3	94	6,56	0,2	69,0	30,9

Sedimentet var grovt, og dominert av sand på nærstasjonen Hal 1 (80,5 %) og ved fjernstasjonen Hal 3 (69,0 %). Ved Hal 1 besto den resterende delen av sedimentet av 6,5 % grus og 13 % leire/silt. Ved Hal 3 bestod den øvrige delen av sedimentet av grus (30,9 %). Ved overgangsstasjonen Hal 2 var sedimentet mer finkornet, og bestod av 55,1 % leire/silt og 42,5 % sand og litt grus. Glødetapet var lavt på Hal 1 og Hal 3, med 4,7 og 6,6 %, som tilsvarer lite organisk innhold. Ved Hal 2 var det organiske innholdet noe forhøyet, med et glødetap på 10,2 %.



Figur 3.2: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Hal 1, Overgangssonen: Hal 2 og Fjernsonen: Hal 3.

3.3 Kjemi

3.3.1. Sedimentanalyser

For å benytte Miljødirektoratets tilstandsklasse på total organisk karbon (TOC), bør de målte verdiene normaliseres dvs. standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er utarbeidet for lokaliteter som ligger utaskjærs, slik som Hallarøya (Aure et al. 1993).

TOC-verdiene var lave på stasjonene Hal 1 og Hal 3, og ga tilstandsklasse II (God). Derimot var TOC-verdien for mellomstasjonen Hal 2 høy, og fikk tilstandsklasse V, svært dårlig. Metoden for normalisering av TOC er dog ikke den beste for å analysere det organiske innholdet. TOC samsvarte i dette tilfellet godt med glødetapet, som var lavt på Hal 1 og Hal 3, og noe forhøyet på Hal 2. Begge analysemetodene indikerer at det er lite organisk

materiale i sedimentet ved nær- og fjernstasjonen, mens det er moderat til mye organisk materiale i sedimentet på Hal 2, mellomstasjonen.

Verdiene av tungmetallene kobber og sink var lave på alle tre stasjonene, og får tilstandsklasse I (Svært god), med unntak av sink ved Hal 2 som fikk tilstandsklasse II. Verdiene for fosfor var lave på stasjonene Hal 1 og Hal 3, mens ved Hal 2 var den moderat høy.

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

Stasjon	Totalt org. karbon (TOC)	Normalisert	Fosfor (P)		Kobber (Cu)		Sink (Zn)		Tørrstoff
	mg/g TS	TOC	TK	mg/kg TS	mg/kg TS	TK	mg/kg TS	TK	TS (%)
Hal 1	11	26,7	II	470	5	I	19	I	61,9
Hal 2	35	43,1	V	2000	14	I	170	II	44,1
Hal 3	8	26,0	II	360	3	I	15	I	62,1

3.3.2. Måling av pH og Redokspotensial (Eh)

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

Målingen av pH og E_h på alle stasjonene ga beste tilstandsklasse, tilstand 1, for alle tre stasjonene.

De sensoriske vurderingene som er en del av undersøkelsen indikerer upåvirket område ved nærstasjonen Hal 1 og fjernstasjonen Hal 3. Ved overgangsstasjonen (Hal 2) var sedimentet mørkt og det luktet litt, noe som indikerer at sedimentet er noe påvirket av organisk forurensning (se Vedleggstabell 1. MOM-B parametre).

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

Stasjon	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
HAL 1	7,63	24	0	1
HAL 2	7,39	-131	0	1
HAL 3	7,65	138	0	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i oktober 2013. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra Hal 1 i anleggets nærsone, ble det funnet 73 arter med til sammen 540 individer. Shannon-Wiener (H') diversitetsindeks ble på huggnivå (snitt) beregnet til 4,58 og Hurlberts diversitetsindeks (ES_{100}) ble beregnet til 34,3, som plasserer stasjonen i henholdsvis Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God) og I (Svært god). NQI1, som beskriver artsmangfold og fordelingen av robuste og sårbare arter og tetthetsindeksen DI havner også i tilstandsklasse II. Den samlede tilstandsklassen for Hal 1 blir II (God). I følge MOM-standarden er imidlertid diversitets-indeks lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er i stedet utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen miljøtilstand 1 – meget god. De mest tallrike artene på stasjonen var børstemark i familien Sabellidae (105 individer, 19 %) og slekten *Paradoneis* (78 individer, 14 %). Faunaen på stasjonen var generelt dominert av børstemark. De geometriske klassene indikerer gode forhold på stasjonen.

På fjernstasjonen Hal 3 ble det funnet 180 individer fordelt på 50 arter. Shannon-Wiener (H') diversitetsindeks ble beregnet til 4,6 og Hurlberts diversitetsindeks (ES_{100}) ble beregnet til 32,6 på huggnivå (snitt). Den sammensatte indeksen NQI1 ble på huggnivå beregnet til 0,79. Samtlige indekser havner i tilstandsklasse II, på grensen til tilstandsklasse I. Tetthetsindeksen DI plasserer stasjonen i tilstandsklasse I, og samlet sett havner stasjonen også i tilstandsklasse I (Svært god). Den mest tallrike arten var brachiopoden *Novocrania anomala*, som med 21 individer utgjorde 12 prosent av totalen. Ellers ble det funnet seks arter av børstemark, to skjell og en slangestjerne blant de ti mest tallrike artene. De geometriske klassene indikerer også at man her har gode forhold på stasjonen.

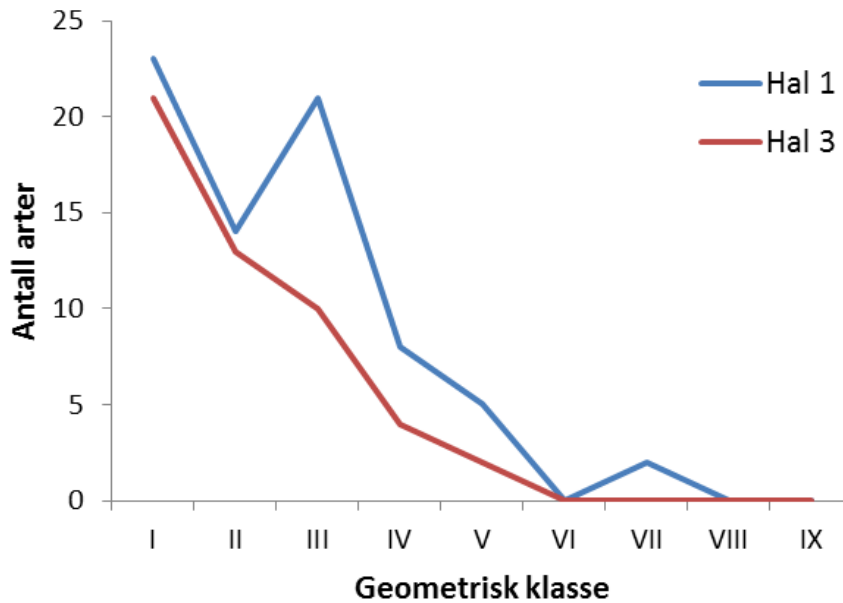
Grunnet gode forhold på både nær- og fjernsonestasjonen var det ikke nødvendig å analysere prøvene fra mellomsonestasjonen Hal 2.

De multivariate analysene viser at det var relativt høy likhet mellom huggene på stasjon Hal 1 (60 %), men noe større variasjon på Hal 3, og det er en klar forskjell mellom nærsone og fjernsone (Figur 3.4 og 3.5). Hal 3 har langt grovere sediment enn Hal 1, med mye grus, så en ulik artssammensetning er å forvente.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H' og ES_{100}), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI), individtetthet (DI) og den sammensatte indeksen for artsmangfold og ømfintlighet (NQ11) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. MOM-tilstanden baseres på summen av to grabbhugg, mens de resterende indeksene baseres på gjennomsnitt. Indeksverdiene normaliseres til en 0-1 skala (nEQR) og tilstandsklasse baseres på snittet av disse. Firkant angir tallmateriale brukt i MOM klassifisering.

Stasjon	Hugg	Antall		Diversitet			Tetthet		Jevnhet		MOM
		arter	individer	(H')	NQ11	ES_{100}	(DI)	TK	AMBI	(J)	TK
Hal 1	2	60	316	4,78	0,79	36,5	0,45		1,86	0,81	
	3	46	224	4,38	0,77	32,2	0,30		2,03	0,79	
	Sum	73	540	4,90	0,79	37,7	0,38		1,93	0,79	1
	Snitt	53	270	4,58	0,78	34,3	0,38		1,94	0,80	
	nEQR			0,78	0,76	0,80	0,68	II			
Hal 3	2	36	72	4,81	0,80	36,0	0,19		1,84	0,93	
	3	30	108	4,33	0,78	29,2	0,02		1,48	0,88	
	Sum	50	180	4,97	0,81	38,5	0,10		1,64	0,88	
	Snitt	33	90	4,57	0,79	32,6	0,10		1,66	0,91	
	nEQR			0,77	0,77	0,78	0,94	I			

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

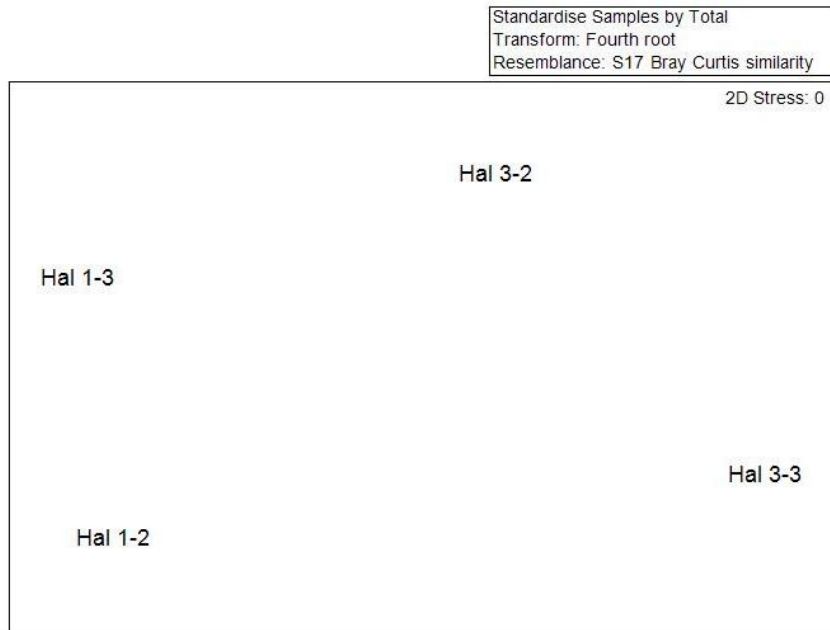


Figur 3.3: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

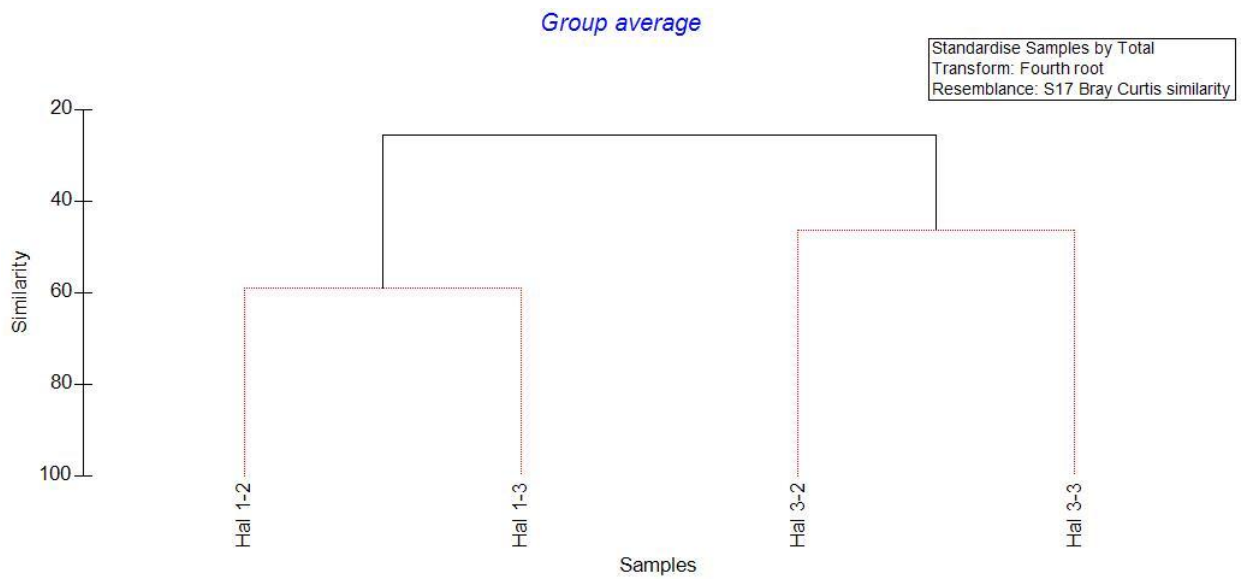
Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene på stasjonene Hal 1 og Hal 3. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prosent av antall individer og kumulativ prosent av antall individer for stasjonene

Hal 1	Antall individer	%	Kum. %	Hal 3	Antall individer	%	Kum. %
Sabellidae indet.	105	19,4	19,4	<i>Novocrania anomala</i>	21	11,7	11,7
<i>Paradoneis</i> sp.	78	14,4	33,9	<i>Glycera lapidum</i>	17	9,4	21,1
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	28	5,2	39,1	<i>Amphipholis squamata</i>	11	6,1	27,2
<i>Pholoe baltica</i>	27	5,0	44,1	Oligochaeta indet.	11	6,1	33,3
Synaptidae indet.	23	4,3	48,3	<i>Limatula subauriculata</i>	11	6,1	39,4
<i>Aonides paucibranchiata</i>	18	3,3	51,7	Mytilidae indet.	10	5,6	45,0
<i>Prionospio cirrifera</i>	16	3,0	54,6	<i>Hydroides norvegica</i>	6	3,3	48,3
<i>Owenia borealis</i>	10	1,9	56,5	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	6	3,3	51,7
<i>Capitella capitata</i>	9	1,7	58,1	<i>Owenia borealis</i>	5	2,8	54,4
<i>Malmgreniella mcintoshii</i>	8	1,5	59,6	<i>Eupolymnia nesidensis</i>	5	2,8	57,2
Syllidae indet.	8	1,5	61,1				
<i>Caulleriella killariensis</i>	8	1,5	62,6				
<i>Cirratulus cirratus</i>	8	1,5	64,1				
<i>Scalibregma inflatum</i>	8	1,5	65,6				
<i>Sosane sulcata</i>	8	1,5	67,0				

Anneldia/Polychaeta	Mollusca	Echinodermata	Crustacea	Andre
---------------------	----------	---------------	-----------	-------



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



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

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved Hallarøya i Frøya kommune. Dette er en lokalitet som har vært i bruk i mange år, men med en liten endring i plassering. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 30. oktober 2013. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én nærstasjon (Hal 1) der anlegget skal ligge, én i overgangssonen (Hal 2 i sørvest, noe bortenfor anleggsplassering) og én fjernstasjon (Hal 3) i øst.

Sedimentet varierte mellom de tre stasjonene, der Hal 1 og Hal 3 hadde grovt sediment, mens sedimentet ved Hal 2 var fint. Hal 3 hadde det grovste sedimentet, med 69 % sand og 31 % grus. Nærstasjonen Hal 1 bestod av 80,5 % sand og 6,5 % grus, mens andelen av finere materiale silt/leire var 4,6 %. Ved mellomstasjonen Hal 2 var andelen av silt/leire 55 % og andelen sand 42,5 %, resten var grus.

Oksygenforholdene ble målt ved bunnen ved Hal 3 til 9,2 mg/l, som tilsvarer 6,48 ml/l. Denne målingen ved bunnen plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse I (svært god).

Analysene av tungmetallene viste lavt innhold og ga verdier i beste tilstandsklasse for både sink og kobber for alle tre stasjonene, bortsett fra sink ved Hal 2 som fikk nest beste TK II. Likeledes var fosforverdiene lave ved Hal 1 og Hal 3, mens ved Hal 2 var den forholdsvis høy. TOC-verdien var lav på stasjonene Hal 1 og Hal 3, og begge fikk TK II. Ved mellomstasjonen Hal 2 var TOC-verdien meget høy, og ga TK V, dårligste tilstand. TOC-verdiene samsvarer relativt godt med glødetapet, som var lavt ved Hal 1 og Hal 3, mens det var noe forhøyet ved Hal 2. Dette viser at det er lite organisk innhold ved nærstasjonen Hal 1 og ved fjernstasjonen Hal 3, mens det er mye organisk materiale i sedimentet ved mellomstasjonen Hal 2. Måling av pH og Eh ga alle stasjonene beste tilstand 1.

Analysene av bunnfaunaen ga Miljøtilstand 1 (meget god) etter MOM-standarden for nærstasjonen HAL 1 og tilstandsklasse II (God) etter Miljødirektoratets klassifisering.

Fjernstasjonen HAL 3 fikk tilstandsklasse I (Svært god). Indeksen som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) ga tilstandsklasse II (God) for begge stasjonene. Grunnet de gode forholdene for fauna på både Hal 1 og Hal 3, ble ikke mellomstasjonen, HAL 2 analysert. Med tanke på TOC-resultatene på HAL 2 kan det likevel anbefales å analysere samtlige stasjoner ved fremtidige undersøkelser.

Prøvevolumet ved fjernstasjonen Hal 3 var lite i forhold til ønskelig på grunn av hardt og grovt sedimentet. Disse huggene er derfor ikke godkjente iht. til standarden. Da analysen av faunaen gav tilstandsklasse I – Svært god indikerer dette uansett at forholdene er gode ved denne stasjonen. Selv med lite materiale var artsmangfoldet stort.

Området har vært i bruk i mange år til oppdrett, og resultatene fra denne undersøkelsen viser at mellomstasjonen er moderat til mye påvirket av organisk materiale, som høyst sannsynlig har sammenheng med oppdrettsaktiviteten. Nær- og fjernstasjonen viser lite tegn til påvirkning, og disse to stasjonene viser gode forhold for fauna. Nå er anleggsplasseringen endret, og en vil i fremtidige undersøkelser se om dette medfører endringer ved de tre stasjonene.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Arild Kjerstad og Christian Bøe fra Havbrukstjenesten AS. Bunnprøvene ble sortert av Nargis Islam, Ingrida Petrauskaite og Ragna Tveiten, og bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad, Frøydis Lygre og Lenka Nealova, SAM-Marin.

6 LITTERATUR

- Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Rapport 510/93 (NIVA Rapport 2827). 100 s.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i HALrden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263 s.
- Havbrukstjenesten AS 2013. Strømmåling. Lokalitet: Hallarøya (ny plassering), Frøya Kommune. Dato: mars og april 2013. Omsøkt/disponert av: SalMar Farming AS. 32 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i Halrder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<u>Generell vedleggsdel</u>	26
<u>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</u>	36
<u>Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste</u>	38
<u>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</u>	43
<u>Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi</u>	44
<u>Vedleggstabell 5. Analysebevis geologi</u>	45
<u>Vedleggstabell 6. CTD-data</u>	47

Generell vedleggsdel

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

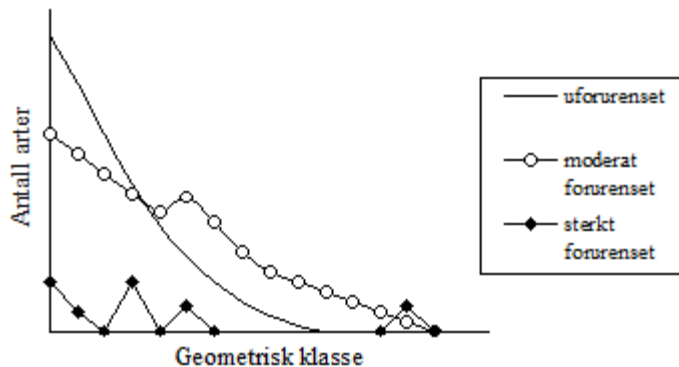
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall ind./art	Antall arter
I	1	23
II	2 - 3	16
III	4 - 7	13
IV	8 - 15	9
V	16 - 31	5
VI	32 - 63	5
VII	64 - 127	3
VIII	128 - 255	0
IX	256 - 511	2



Figur v1. Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurenset, moderat forurenset og for et sterkt forurenset område.

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Miljødirektoratet legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al. 1997 og Direktoratsgruppa Vanndirektoratet 2009, Tabell v2 og v3).

Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

Hurlbert diversitetsindeks ES(100) er beskrevet som:

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

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

Diversitetsindekse SN er beskrevet som:

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

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

Individtetthet

DI (Density Index) er beskrevet som:

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

Hvor *abs* står for absolutt tallverdi (negative verdier gjøres positive), og $N_{0,1m^2}$ er antall individer per 0,1 m².

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al., 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

Sammensatte indekser

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

NQI1-indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) samt gjennomsnitt og sum som klassifiserer stasjonen etter Veileder 02:2013. Diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen kan sammenlignes med historiske data rapportert i henhold til Molvær et al. 1997. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (svært god) til V (svært dårlig) (Tabell v2 og v3)

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

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

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

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

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

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individtallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med

punkter. Ofte er faunagradianter en respons på ulike typer av miljøgradianter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

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

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

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

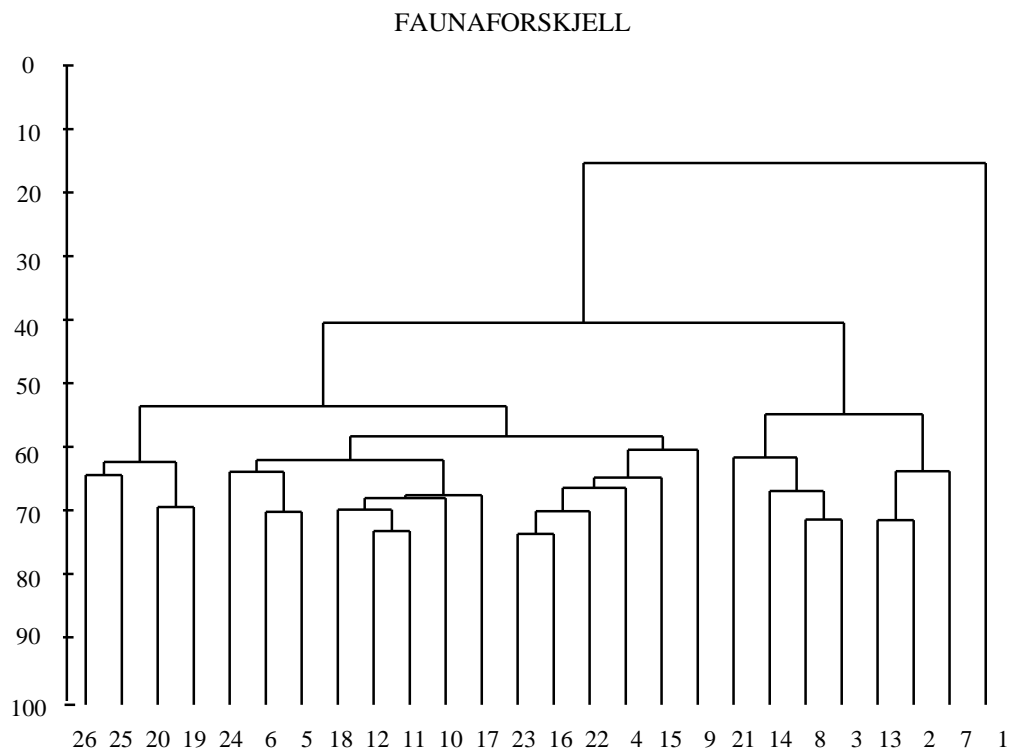
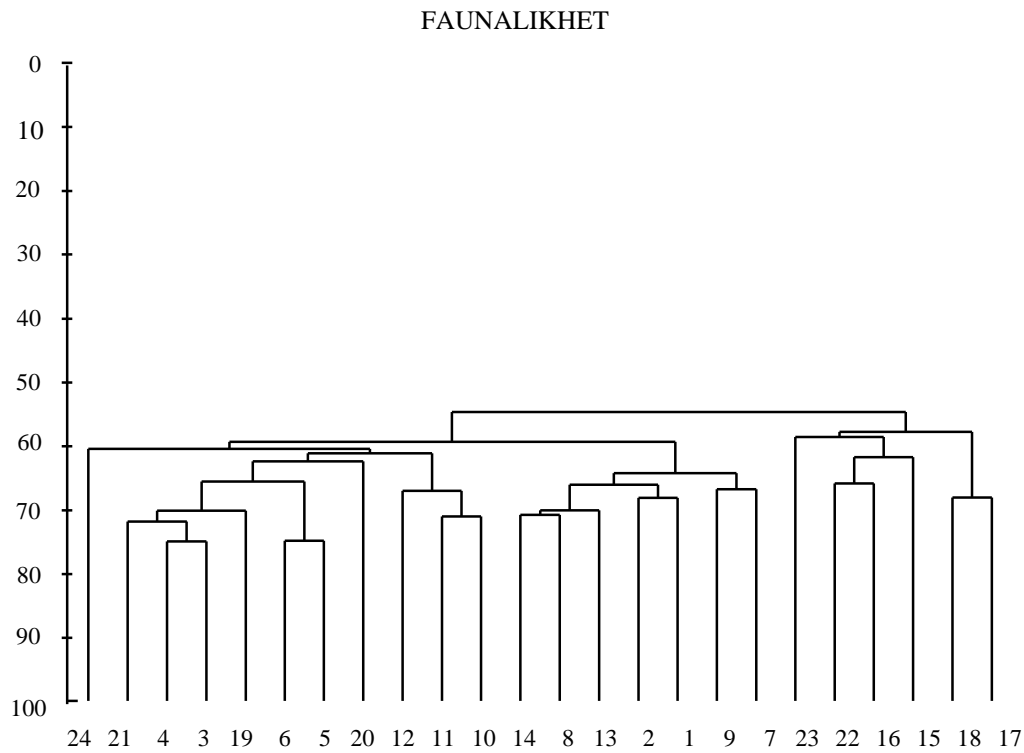
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

Dataprogrammer

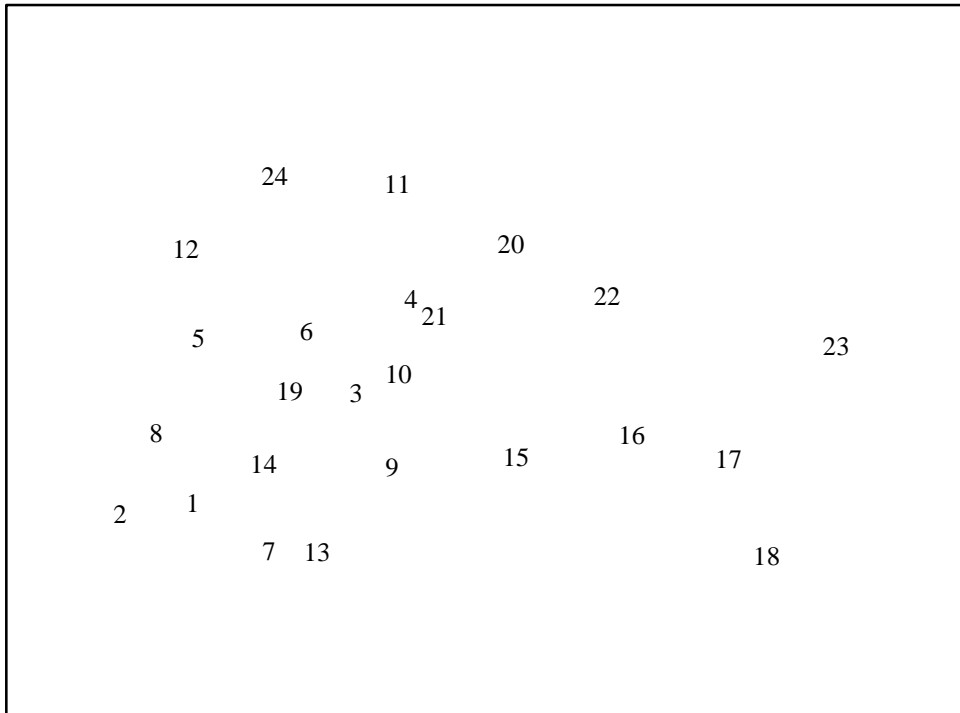
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken Primer fra Plymouth Marine Laboratory i England. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

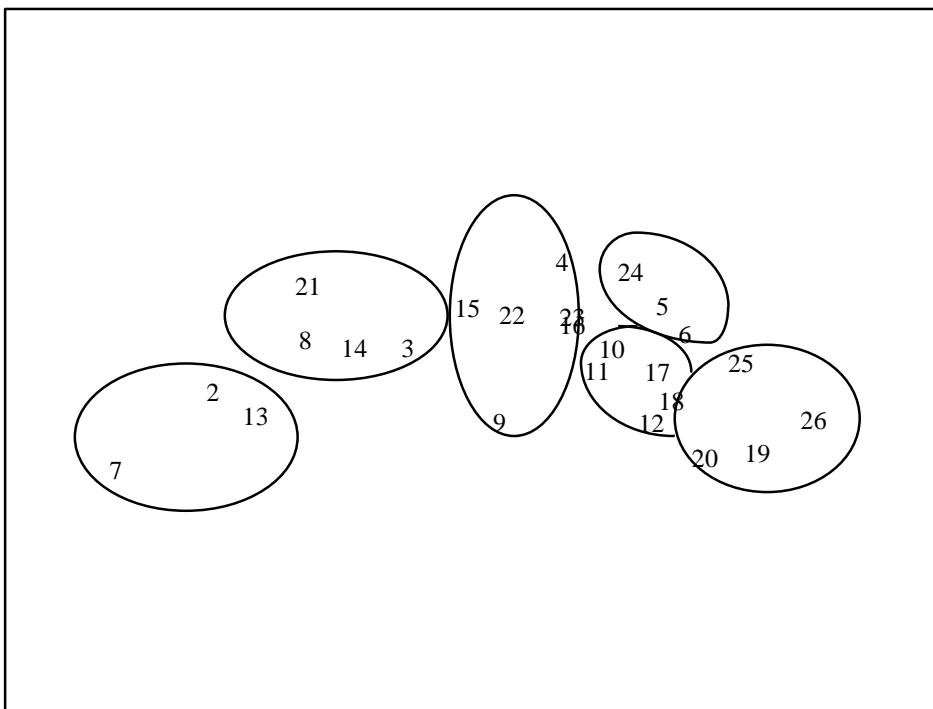


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i HALrder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publikasjon TA 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263 s.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i HALrder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i HALrder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

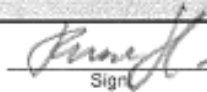
SAM-Marin

PRØVESKJEMAET, B.1
 Firma: **SALMAR FARMING**
 Lokalitet: **HALLARØYA**
 Lokalitetstype: **MATTISK**

Date: **30/10-13**
 Lokallitetsnr: **P.nr. 808044**

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr								Indeks	
			HAEL I	I	HAEL II	II	HAEL III	III				
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1									#DIV/0!	
I	Tilstand (Gruppe I)											
II	pH	verdi	7,63		7,39		7,65					
	E _h (mv)	verdi	24		-131		138					
		+ ref. verdi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	pH/E _h	fra figur									#DIV/0!	
	Tilstand, prøve											
	Tilstand, gruppe II											
			Buffer temp. pH sjø:		Temp sjø: Eh sjø:		Temp sediment: Ref. elektrode:					
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):											
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Farge	Lys/Grø = 0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
		Grunn/Sort = 2										
	Lukt	Ingen = 0	0	0	0				0	0	0	
		Noe = 2				1	2	1				
		Sterk = 4										
	Konsistens	Fast = 0	1	1	1				0	0	0	
		Myk = 2				2	2	2				
	Grabb-volum	v < 1/4 = 0										
		1/4 < v < 3/4 = 1										
v ≥ 3/4 = 2												
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2 - 8 cm = 1											
	≥ 8 cm = 2											
	SUM		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Korrigert sum (*0,22)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Tilstand prøve											
	Tilstand gruppe III											
	Middelverdi gruppe II og III		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
	Tilstand gruppe II og III											
			pH/E _h Korr. sum Indeks Middelverdi		Tilstand		Tilstand		Lokalitetstilstand			
			< 1,3	1	Gruppe I	Gruppe II og III	Lokalitetstilstand					
			1,1 - < 2,1	2	A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4					
			2,1 - < 3,1	3	4	1, 2, 3	1, 2, 3					
			≥ 3,1	4	4	4	4					
					LOKALITETSTILSTAND		0					

Korrekturløst: **1/11-13**
 dato


 Sign.

Sign.

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

Vedlegg SF-SAM-830.05

B2a

SAM-Marin

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma:

Dato:

Lokalitet:

Lokalitetsnr:

Lokalitetstype:

Prøvetakingssted (nr)		HAL I	HAL I	HAL I	HAL I	HAL II	HAL II	HAL II	HAL II	HAL III	HAL III
Dyp (m)		60	60	60	72	92	72	94	94	94	94
Antall forsøk		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bobling (i prøve)											
Primær-sediment	Grus										
	Skjellsand	2	2	2				1	1	1	
	Sand	1	1	1	1	1	1				
	Mudder										
	Silt										
	Leire										
Fjellbunn											
Steinbunn											
Pigghuder, antall											
Krepedyr, antall											
Skjell, antall											
Børstemark, antall											
Andre dyr, antall											
Malacoceros fuliginosa											
Beggiatoa											
Fôr											
Fekalier											
Kommentarer											

Korrekturlest:

1/11-13
Dato

Sign.

Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side lav (

Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 002

SF505-Benthos Artsliste**Uni Miljø - Sam Marin**

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 07.03.2014 (Kristin Hatlen)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 07.03.2014 (Kristin Hatlen)



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



Test 157

Oppdragsgiver (navn og adresse): SalMar ASA, 7266 Kverva**Prosjekt nr.: 808044****Prøvetakingssted (område): Hallarøya, Frøya kommune, Sør-Trøndelag****Dato for prøvetaking: 30.10.2013****Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Tom Alvestad, Frøydis Lygre, Lenka Nealova**

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

- + i tabellen angir at det var dyr til stede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.
- / i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).
- cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.
- * ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.
- * ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av:4 sider.

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

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

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

s. 1/4	Stasjonsnavn	Hal 1	Hal 1	Hal 3	Hal 3
		30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013
Art	Dato	60 m	60 m	94 m	94 m
	Dybde Hugg	2	3	2	3
PORIFERA					
* Porifera indet.					+
* <i>Cliona</i> sp.		+			
* HYDROZOA indet			+		
ANTHOZOA					
<i>Cerianthus lloydii</i>		0/1	0/1		
<i>Edwardsia</i> sp.					1
<i>Adamsia palliata</i>			1		
* NEMERTEA indet.		3	2	2	
* NEMATODA indet.		75	8	40	43
PRIAPULIDA indet.		0/1			
POLYCHAETA					
<i>Malmgreniella mcintoshii</i>		7	1		
Polynoidae indet.		0/5		0/1	2
<i>Pholoe baltica</i>		21	6		1
<i>Pisione remota</i>				2	
<i>Phyllodoce groenlandica</i>			1		
<i>Eumida bahusiensis</i>		0/3		1	
<i>Eulalia mustela</i>		1			
<i>Pseudomystides limbata</i>		1		2	
<i>Eteone</i> sp.		5			
<i>Glycera lapidum</i>		4	3	9	8
<i>Ephesiella</i> sp.					1
<i>Sphaerodorum flavum</i>		4			
<i>Nereimyra punctata</i>		1			
<i>Kefersteinia cirrata</i>		3			
<i>Syllidia armata</i>		6			4
Syllidae indet.		4	4		3
<i>Exogone</i> sp.		1			
<i>Nephtys</i> sp.		1			
<i>Paramphinome jeffreysii</i>					6
<i>Pareurythoe borealis</i>				1	
Lumbrineridae indet.		2	1		
<i>Protodorvillea kefersteini</i>		28			
<i>Scoloplos armiger</i>			6		
<i>Aricidea catherinae</i>		1	1		
<i>Paradoneis</i> sp.		36	42		
<i>Aonides paucibranchiata</i>		6	12	1	
<i>Laonice bahusiensis</i>		1	1	3	
<i>Laonice cirrata</i>		2			
<i>Laonice</i> sp.					1

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

s. 2/4	Stasjonsnavn	Hal 1	Hal 1	Hal 3	Hal 3
		30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013
Art	Dato	60 m	60 m	94 m	94 m
	Dybde Hugg	2	3	2	3
<i>Malacoceros fuliginosus</i>		5/2			
<i>Polydora</i> sp.		1	6		
<i>Prionospio cirrifera</i>		8	8		
<i>Spiophanes bombyx</i>				1	
<i>Spio</i> sp.		2	3	2	2
<i>Magelona</i> sp.				1	
<i>Caulleriella killariensis</i>		1	7		
<i>Cirratulus cirratus</i>		4	4		
<i>Cirriformia tentaculata</i>		6			
Cirratulidae indet.				1	
<i>Macrochaeta clavicornis</i>			1		
<i>Ophelina acuminata</i>		1	2		
<i>Scalibregma inflatum</i>		5/2	1		
<i>Capitella capitata</i>		9			
<i>Mediomastus fragilis</i>		1	3	1	
<i>Galathowenia oculata</i>		1	3		
<i>Owenia borealis</i>		3	7	3	2
<i>Pectinaria auricoma</i>		1	2		
<i>Sabellides octocirrata</i>		1			
<i>Sosane sulcata</i>		2	6		
<i>Anobothrus gracilis</i>		1	1		
<i>Amphitrite cirrata</i>		1	2		
<i>Eupolymnia nesidensis</i>		7		3	2
<i>Pista cristata</i>		1			
<i>Pista lornensis</i>		2/1	2/1		
<i>Parathelepus collaris</i>				1	3
<i>Polycirrus norvegicus</i>		3	2		
<i>Euchone</i> sp.			2	2	
Sabellidae indet.		61	44	4	
<i>Hydroides norvegicus</i>			1	3/1	2
<i>Polygordius appendiculatus</i>				1	
OLIGOCHAETA indet.		4		6	5
SIPUNCULA					
Sipuncula indet.		6			
<i>Phascolion strombus</i>				2/1	
CRUSTACEA					
* <i>Philomedes globosus</i>		1			
* <i>Calanus finmarchicus</i>		8	3	1	7
* Euphausiacea indet.					1
* <i>Galathea intermedia</i>		0/1			0/1
* <i>Pagurus pridaux</i>			1		

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

s. 3/4	Stasjonsnavn	Hal 1	Hal 1	Hal 3	Hal 3
		30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013
Art	Dato	60 m	60 m	94 m	94 m
	Dybde Hugg	2	3	2	3
* Amphipoda indet.		7	13	1	1
* <i>Eurydice</i> sp.			1		1
* <i>Natatolana borealis</i>			0/1		
<i>Astacilla longicornis</i>				1	
* PYCNOGONIDA indet.			1		
MOLLUSCA					
<i>Anatoma crispata</i>					1
Rissoidea indet.				2	
<i>Euspira pulchella</i>			1	1	
Nudibranchia indet.			1	1	3
<i>Crenella decussata</i>					2
<i>Mytilus edulis</i>					0/3
Mytilidae indet.				0/1	0/9
<i>Asperarca nodulosa</i>					1
<i>Limatula subauriculata</i>				1	9/1
<i>Limea crassa</i>					0/1
<i>Thyasira flexuosa</i>		3	2/1		
<i>Thyasira sarsi</i>			1		
<i>Astarte montagui</i>		4	2		
<i>Astarte sulcata</i>					1
<i>Spisula elliptica</i>				1	3
<i>Tellina pygmaea</i>				1	
<i>Gari tellinella</i>				1	1
<i>Arctica islandica</i>		1			
<i>Clausinella fasciata</i>		1			2
<i>Timoclea ovata</i>		1	1/1	1	
<i>Lyonsia norwegica</i>			1		
BRACHIOPODA					
<i>Novocrania anomala</i>				1/2	11/7
PHORONIDA indet.			1		
BRYOZOA					
* Bryozoa indet.				+	+
* Bryozoa indet. skorpeformet					+
* Bryozoa indet. grenet			+		
ECHINODERMATA					
<i>Luidia sarsi</i>			0/1		
Ophiuroidea indet.			0/1		
<i>Amphipholis squamata</i>		3/2	1/1	0/2	3/6
<i>Amphiura chiajei</i>		0/1			
<i>Ophiocomina nigra</i>		3			
<i>Ophiocten affinis</i>				1/1	1

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

s. 4/4	Stasjonsnavn	Hal 1	Hal 1	Hal 3	Hal 3
		Dato	Dato	Dato	Dato
	Dybde	30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013	30.10.2013
Art	Hugg	60 m	60 m	94 m	94 m
		2	3	2	3
<i>Ophiura</i> sp.		0/2	0/4		
Echinoidea indet.		0/1			
Synaptidae indet.		7	16	1	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse	Hal 1	Hal 3
I	23	21
II	14	13
III	21	10
IV	8	4
V	5	2
VI	0	0
VII	2	0
VIII	0	0
IX	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi



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

**Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)**

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

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-14-MX-000985-01



EUNOBE-00009735

Prøvemottak: 17.03.2014
Temperatur:
Analyseperiode: 17.03.2014-03.04.2014
Referanse: 808044/20/14

ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 470	mg/kg tv	a) 2000	mg/kg tv	a) 360	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 5	mg/kg tv	a) 14	mg/kg tv	a) 3	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 19	mg/kg tv	a) 170	mg/kg tv	a) 15	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 11	mg/g tv	a) 35	mg/g tv	a) 8	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 61.9	% (w/w)	a) 44.1	% (w/w)	a) 62.1	% (w/w)	EN 14346	0.1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

Bergen 03.04.2014

Kristine Fiane Johnson

Kristine Fiane Johnson

Laboratorieingeniør

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)




< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kv

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 1

Vedleggstabell 5 Analysebevis geologi

		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		
Kunde: Uni Research AS Att: Stian E. Kvalø Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		RAPPORT Sedimentanalyser		
		Ordre nr.:	Antall sider + bilag:	
		53224	2	
		Rapport referanse:	Dato:	
		KR-18382	19.02.2014	
Rev. nr.	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført:	Ansvarlig signatur:	
0	611101/808044/06/14	Terje Kolberg	Terje Kolberg 	

Prøver mottatt dato: 22.01.2014

RESULTATER

Prøve merket:			Mal 1, 60m	Mal 2, 72m	Mal 3, 94m		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KA-085624	KA-085625	KA-085626		
TOM (550 oC)	%	07.02.14	4,66	10,2	6,56		

Kornfordeling

Analysedato: 05.02.2014

Mal 1	KA-085624	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
>2000	-1	0,36	6,5	6,5	Md Φ	Silt og leire	13,0	
1000	0	0,55	10,0	16,5	2,03	Sand	80,5	
500	1	0,78	14,1	30,6		Grus	6,5	
355	1,5	0,43	7,8	38,4	Sd Φ			
250	2	0,60	10,9	49,3	2,08			
180	2,5	0,77	14,0	63,2				
125	3	0,70	12,7	75,9	Sk Φ			
90	3,5	0,36	6,5	82,5	0,02			
63	4	0,25	4,5	87,0				
<63	8	0,72	13,0	100,0	K Φ			
		5,52	100,0		1,32			

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



Mal 2	KA-085625							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
>2000	-1	0,11	2,4	2,4	Md Φ	Silt og leire	55,1	
1000	0	0,01	0,2	2,6	4,37	Sand	42,5	
500	1	0,08	1,7	4,3		Grus	2,4	
355	1,5	0,08	1,7	6,1	Sd Φ			
250	2	0,16	3,5	9,5	2,08			
180	2,5	0,35	7,6	17,1				
125	3	0,50	10,8	28,0	Sk Φ			
90	3,5	0,41	8,9	36,8	0,07			
63	4	0,37	8,0	44,9				
<63	8	2,54	55,1	100,0	K Φ			
		4,61	100,0		0,79			

Mal 3	KA-085626							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
>2000	-1	1,84	30,9	30,9	Md Φ	Silt og leire	0,2	
1000	0	1,85	31,0	61,9	-0,38	Sand	69,0	
500	1	1,27	21,3	83,2		Grus	30,9	
355	1,5	0,23	3,9	87,1	Sd Φ			
250	2	0,17	2,9	89,9	1,36			
180	2,5	0,18	3,0	93,0				
125	3	0,17	2,9	95,8	Sk Φ			
90	3,5	0,14	2,3	98,2	0,27			
63	4	0,10	1,7	99,8				
<63	8	0,01	0,2	100,0	K Φ			
		5,96	100,0		1,07			

ANALYSEINFORMASJON

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

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

ANMERKNINGER

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

Vedleggstabell 6. CTD- data

SD204, Serial No 1053										
Ser	Meas	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	F (µg/l)	Density	Press	Date	Time
8	4110	33,12	7,278	87,06	8,57	1,6	25,901	0,26	14.05.2014	15:11:51
8	4111	33,23	7,316	95,68	9,4	1,4	25,983	0,38	14.05.2014	15:11:53
8	4112	33,19	7,32	103,04	10,13	1,49	25,953	0,74	14.05.2014	15:11:55
8	4113	33,16	7,316	102,93	10,12	1,99	25,932	1,2	14.05.2014	15:11:57
8	4114	33,15	7,316	107,18	10,54	1,87	25,924	1,21	14.05.2014	15:11:59
8	4115	33,15	7,317	105,83	10,41	1,9	25,924	1,23	14.05.2014	15:12:01
8	4116	33,15	7,311	105,77	10,4	2,2	25,925	1,24	14.05.2014	15:12:03
8	4117	33,13	7,309	105,72	10,4	1,86	25,91	1,3	14.05.2014	15:12:05
8	4118	33,14	7,307	105,58	10,39	2	25,918	1,35	14.05.2014	15:12:07
8	4119	33,14	7,304	105,12	10,34	2,14	25,919	1,4	14.05.2014	15:12:09
8	4120	33,14	7,306	107,09	10,53	1,76	25,919	1,4	14.05.2014	15:12:11
8	4121	33,15	7,307	106,26	10,45	1,76	25,926	1,42	14.05.2014	15:12:13
8	4122	33,15	7,308	106,15	10,44	1,63	25,926	1,41	14.05.2014	15:12:15
8	4123	33,14	7,306	106,27	10,45	1,88	25,919	1,39	14.05.2014	15:12:17
8	4124	33,17	7,305	106,34	10,46	1,92	25,942	1,41	14.05.2014	15:12:19
8	4125	33,14	7,308	106,36	10,46	1,72	25,918	1,41	14.05.2014	15:12:21
8	4126	33,14	7,315	106,42	10,47	1,53	25,917	1,4	14.05.2014	15:12:23
8	4127	33,12	7,324	106,53	10,48	1,63	25,9	1,41	14.05.2014	15:12:25
8	4128	33,14	7,317	106,59	10,48	1,4	25,917	1,41	14.05.2014	15:12:27
8	4129	33,12	7,329	106,62	10,48	1,49	25,9	1,43	14.05.2014	15:12:29
8	4130	33,14	7,327	106,61	10,48	1,63	25,916	1,4	14.05.2014	15:12:31
8	4131	33,13	7,323	106,7	10,49	1,45	25,908	1,42	14.05.2014	15:12:33
8	4132	33,12	7,338	106,04	10,42	1,46	25,899	1,46	14.05.2014	15:12:35
8	4133	33,12	7,342	106,44	10,46	1,61	25,904	2,83	14.05.2014	15:12:37
8	4134	33,14	7,325	104,01	10,23	3,58	25,933	5,21	14.05.2014	15:12:39
8	4135	33,14	7,312	105,47	10,37	3,54	25,947	7,72	14.05.2014	15:12:41
8	4136	33,18	7,287	105,65	10,39	3,75	25,993	10,26	14.05.2014	15:12:43
8	4137	33,19	7,273	106,52	10,48	4,36	26,014	12,66	14.05.2014	15:12:45
8	4138	33,18	7,258	106,65	10,5	4,16	26,017	14,62	14.05.2014	15:12:47
8	4139	33,21	7,231	105,89	10,43	4,04	26,055	16,76	14.05.2014	15:12:49
8	4140	33,23	7,208	106,59	10,5	4,23	26,083	18,83	14.05.2014	15:12:51
8	4141	33,22	7,206	106	10,45	4,05	26,086	21,21	14.05.2014	15:12:53
8	4142	33,23	7,216	105,47	10,39	4,01	26,103	23,42	14.05.2014	15:12:55
8	4143	33,23	7,215	106,01	10,44	3,66	26,113	25,58	14.05.2014	15:12:57
8	4144	33,29	7,172	106,26	10,48	3,99	26,174	27,29	14.05.2014	15:12:59
8	4145	33,29	7,157	105,9	10,44	3,77	26,183	28,84	14.05.2014	15:13:01
8	4146	33,31	7,142	105,57	10,41	3,9	26,203	29,18	14.05.2014	15:13:03
8	4147	33,32	7,125	104,96	10,36	3,65	26,22	30,74	14.05.2014	15:13:05
8	4148	33,33	7,114	104,61	10,32	3,22	26,236	32,16	14.05.2014	15:13:07
8	4149	33,34	7,109	104,37	10,3	3,84	26,247	32,71	14.05.2014	15:13:09
8	4150	33,34	7,115	103,75	10,24	3,37	26,253	34,28	14.05.2014	15:13:11
8	4151	33,33	7,119	103,5	10,21	3,7	26,253	36	14.05.2014	15:13:13
8	4152	33,36	7,104	103,38	10,2	3,08	26,286	37,74	14.05.2014	15:13:15

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

SD204, Serial No 1053										
Meas	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	F (µg/l)	Density	Press	Meas	Sal.	Temp
8	4153	33,39	7,092	103,17	10,18	3,66	26,32	39,58	14.05.2014	15:13:17
8	4154	33,4	7,071	102,92	10,16	3,51	26,339	41,43	14.05.2014	15:13:19
8	4155	33,44	7,041	102,57	10,13	2,42	26,384	43,33	14.05.2014	15:13:21
8	4156	33,5	6,996	102,01	10,09	2,23	26,446	45,2	14.05.2014	15:13:23
8	4157	33,52	6,979	101,38	10,03	2,3	26,472	47,04	14.05.2014	15:13:25
8	4158	33,51	6,983	100,76	9,96	2,3	26,472	48,86	14.05.2014	15:13:27
8	4159	33,52	6,986	100,39	9,93	2,14	26,488	50,69	14.05.2014	15:13:29
8	4160	33,57	6,947	100,04	9,9	1,96	26,541	52,41	14.05.2014	15:13:31
8	4161	33,65	6,908	99,54	9,85	1,58	26,617	54,1	14.05.2014	15:13:33
8	4162	33,66	6,894	98,97	9,8	1,68	26,634	55,79	14.05.2014	15:13:35
8	4163	33,67	6,893	98,39	9,74	1,38	26,65	57,44	14.05.2014	15:13:37
8	4164	33,67	6,897	97,92	9,69	1,33	26,656	59,01	14.05.2014	15:13:39
8	4165	33,7	6,899	97,63	9,66	1,43	26,687	60,53	14.05.2014	15:13:41
8	4166	33,69	6,899	97,32	9,63	1,56	26,686	62,15	14.05.2014	15:13:43
8	4167	33,7	6,897	97,15	9,62	1,28	26,701	63,66	14.05.2014	15:13:45
8	4168	33,7	6,895	97	9,6	1,54	26,71	65,42	14.05.2014	15:13:47
8	4169	33,7	6,895	96,92	9,59	1,37	26,718	67,14	14.05.2014	15:13:49
8	4170	33,7	6,893	96,89	9,59	1,47	26,726	68,89	14.05.2014	15:13:51
8	4171	33,7	6,892	96,64	9,57	1,27	26,734	70,62	14.05.2014	15:13:53
8	4172	33,73	6,89	96,55	9,56	1,6	26,766	72,3	14.05.2014	15:13:55
8	4173	33,73	6,89	96,48	9,55	1,75	26,774	74,03	14.05.2014	15:13:57
8	4174	33,73	6,888	96,35	9,54	1,3	26,782	75,75	14.05.2014	15:13:59
8	4175	33,73	6,888	96,23	9,52	1,43	26,789	77,42	14.05.2014	15:14:01
8	4176	33,73	6,888	96,13	9,51	1,22	26,797	79,1	14.05.2014	15:14:03
8	4177	33,73	6,888	96,1	9,51	1,17	26,805	80,74	14.05.2014	15:14:05
8	4178	33,75	6,888	96,02	9,5	1,31	26,828	82,4	14.05.2014	15:14:07
8	4179	33,77	6,888	95,86	9,49	1,43	26,851	84,03	14.05.2014	15:14:09
8	4180	33,79	6,889	95,79	9,48	1,12	26,874	85,65	14.05.2014	15:14:11
8	4181	33,79	6,89	95,6	9,46	1,6	26,881	87,15	14.05.2014	15:14:13
8	4182	33,78	6,889	95,51	9,45	1,24	26,88	88,6	14.05.2014	15:14:15
8	4183	33,78	6,889	95,45	9,44	1,11	26,887	90,11	14.05.2014	15:14:17
8	4184	33,79	6,888	95,41	9,44	1,66	26,898	90,78	14.05.2014	15:14:19
8	4185	33,79	6,888	95,27	9,43	1,19	26,898	90,71	14.05.2014	15:14:21
8	4186	33,79	6,887	95,05	9,4	1,21	26,898	90,7	14.05.2014	15:14:23
8	4187	33,78	6,887	94,76	9,38	1,05	26,89	90,7	14.05.2014	15:14:25
8	4188	33,78	6,887	94,54	9,35	1,65	26,89	90,71	14.05.2014	15:14:27
8	4189	33,79	6,888	94,3	9,33	1,08	26,898	90,69	14.05.2014	15:14:29
8	4190	33,79	6,888	94,03	9,3	1,09	26,898	90,69	14.05.2014	15:14:31
8	4191	33,79	6,887	93,89	9,29	1,77	26,898	90,69	14.05.2014	15:14:33
8	4192	33,79	6,886	94,02	9,3	1,24	26,898	90,72	14.05.2014	15:14:35
8	4193	33,8	6,887	94,13	9,31	1,27	26,906	90,73	14.05.2014	15:14:37
8	4194	33,79	6,887	93,99	9,3	1,4	26,898	90,7	14.05.2014	15:14:39
8	4195	33,8	6,887	93,82	9,28	1,09	26,906	90,69	14.05.2014	15:14:41
8	4196	33,81	6,887	93,8	9,28	1,25	26,914	90,71	14.05.2014	15:14:43

SAM-Marin og Havbrukstjenesten

SD204, Serial No 1053										
Meas	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	F (µg/l)	Density	Press	Meas	Sal.	Temp
8	4197	33,81	6,887	93,93	9,29	1,57	26,913	90,68	14.05.2014	15:14:45
8	4198	33,81	6,887	93,93	9,29	1,3	26,914	90,69	14.05.2014	15:14:47
8	4199	33,81	6,886	93,79	9,28	0,9	26,914	90,69	14.05.2014	15:14:49
8	4200	33,82	6,885	93,65	9,26	0,87	26,922	90,7	14.05.2014	15:14:51
8	4201	33,8	6,885	93,51	9,25	1,06	26,906	90,69	14.05.2014	15:14:53
8	4202	33,79	6,885	93,38	9,24	0,97	26,898	90,7	14.05.2014	15:14:55
8	4203	33,79	6,885	93,25	9,23	1,21	26,898	90,7	14.05.2014	15:14:57
8	4204	33,81	6,885	93,1	9,21	1,04	26,914	90,7	14.05.2014	15:14:59
8	4205	33,82	6,884	92,96	9,2	1,4	26,922	90,7	14.05.2014	15:15:01
8	4206	33,82	6,884	92,86	9,19	1,05	26,922	90,71	14.05.2014	15:15:03
8	4207	33,79	6,884	92,81	9,18	0,9	26,898	90,71	14.05.2014	15:15:05
8	4208	33,8	6,884	92,77	9,18	1,07	26,906	90,72	14.05.2014	15:15:07
8	4209	33,81	6,886	92,71	9,17	2,54	26,914	90,7	14.05.2014	15:15:09
8	4210	33,79	6,884	92,71	9,17	1,02	26,898	90,66	14.05.2014	15:15:11