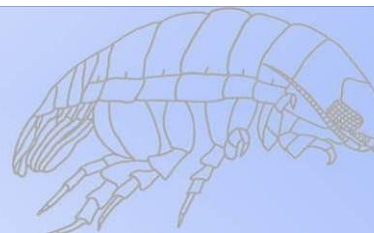


# SAM e-Rapport

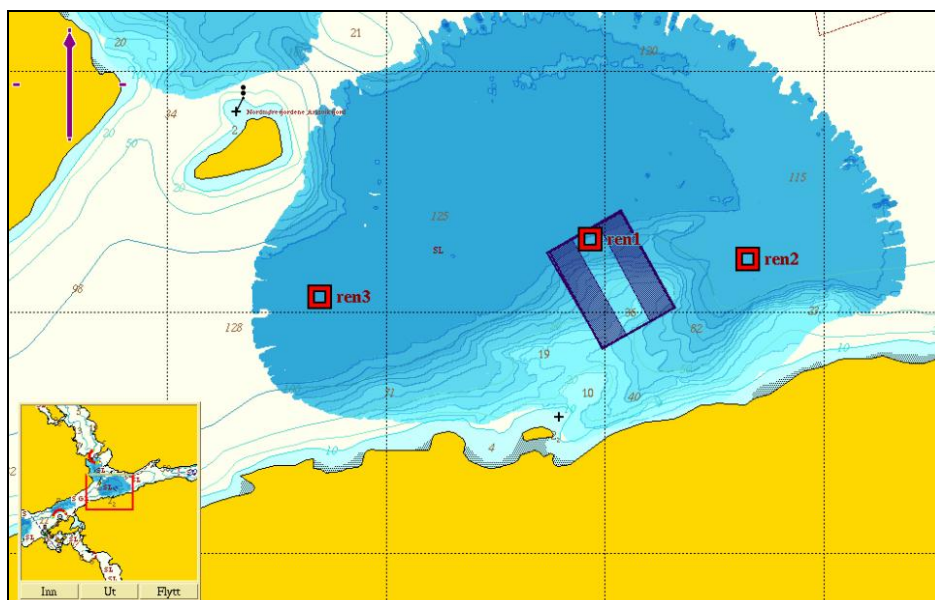
Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Miljø



e-rapport nr: 35– 2014

## MOM-C undersøkelse fra lokalitet Renndalen, Halså kommune, 2014

Rune Haugen  
Ragni Torvanger  
Per-Otto Johansen





ID: 10723 Versjonsnr: 004

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

**Uni Miljø - Sam Marin**

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

	<b>SAM-Marin</b>	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Renndalen, Halså kommune, 2014	Dato: 03.09.14
	Antall sider og bilag: 41
Forfatter(e): Rune Haugen, Ragni Torvanger, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Ragni Torvanger
	Prosjektnummer: 808091
Oppdragsgiver: Lerøy Midnor AS	Tilgjengelighet: Åpen

**Abstract:**

On assignment from Lerøy Midnor AS, SAM-Marin, in cooperation with HavbruksTjenesten AS, was hired to investigate the marine area by the fish farm Renndalen, located in Halså Municipality. 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; Ren1 in the near zone, Ren2, in the transition zone east of the fish farm, and Ren3, which is positioned west in the deepest part of the area. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority (Miljødirektoratet).

The results show low levels of copper, zinc and phosphorous at all three stations. The total organic carbon (TOC) showed moderate to high levels (classification III IV). The organic content expressed as percent volatile total solids indicated low organic content at all stations. The sediment in the stations Ren1 and Ren2 was dominated by silt/clay (80-90 %), and approximately equal levels of sand and silt/clay in Ren3. The hydrographical data shows that the bottom water at Ren3 had a high oxygen concentration, giving the classification I (Very Good). The soft bottom macrofauna investigation also showed good conditions in both the near zone (Ren1 - Environmental condition I) and remote zone (Ren3 - Classification II).

<b>Keywords:</b> Fish farm, recipient, MOM C, benthos, sediment, Renndalen	<b>Emneord:</b> Fiskeoppdrett, resipient, MOM C, bunndyr, sediment, Renndalen	<b>ISSN NR.:</b> 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 35-2014
--	---	---

<b>Ansvarlig for:</b>	<b>Dato</b>	<b>Signatur</b>
Faglige vurderinger og fortolkninger:	4/9-14	P-O. Johansen
Prosjektet / undersøkelsen:	3/9-14	Ragni Torvanger

ID: 10723 Versjonsnr: 004

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

**Uni Miljø - Sam Marin**

---

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

---

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

**Følgende er utført akkreditert:**

**Prøvetaking til sediment analyser, samlet av:** Arild Kjerstad, Havbrukstjenesten AS

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** N. Islam, R. Tveiten og L.B. Pedersen, SAM-Marin

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** F. Lygre, P. Johannessen, L. Nealova, SAM-Marin

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

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Båt fra oppdragsgiver

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Environment testing 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: Glødetap (TOM), kornfordeling

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

# INNHOOLD

<b>1 INNLEDNING.....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Hydrografi .....	7
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser .....	8
2.2.4 Bunndyr .....	8
2.3 Produksjonsdata fra anlegget.....	11
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Hydrografi .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Sediment.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Kjemi.....</b>	<b>13</b>
3.3.1. Sediment analyser .....	13
3.3.2. Måling av pH og Redokspotensialet (Eh).....	14
<b>3.4 Bunndyr .....</b>	<b>14</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....</b>	<b>18</b>
<b>5 TAKK .....</b>	<b>19</b>
<b>6 LITTERATUR.....</b>	<b>20</b>
<b>7 VEDLEGG.....</b>	<b>21</b>
<b>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata .....</b>	<b>22</b>
<b>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere .....</b>	<b>30</b>
<b>Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste .....</b>	<b>32</b>
<b>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser .....</b>	<b>36</b>
<b>Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi .....</b>	<b>37</b>
<b>Vedleggstabell 5. Analysebevis geologi .....</b>	<b>38</b>
<b>Vedleggstabell 6. CTD- data .....</b>	<b>40</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Renndalen i Halså kommune, Møre og Romsdal. Innsamlingene ble gjennomført 4. januar og 23. april 2014.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Renndalen. 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 Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) og Havbrukstjenesten AS på oppdrag fra Lerøy Midt AS. SAM-Marin, en seksjon ved Uni Research AS, har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåking 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 tjenestene 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 gav Direktoratetsgrupper ut en ny veileder (Veileder 02:2013). Denne innebefatter at det kommer inn enkelte nye indekser for beregninger av bunnfauna, samt at en gammel (NQI2) går ut. Endringer er gjort i tabell 2.2, med nye grenseverdier for NQI1, H' og ES<sub>100</sub>, og de nye indeksene NSI, ISI<sub>2012</sub> og tetthetsindeksen DI er tatt inn.



## 2 MATERIALE OG METODER

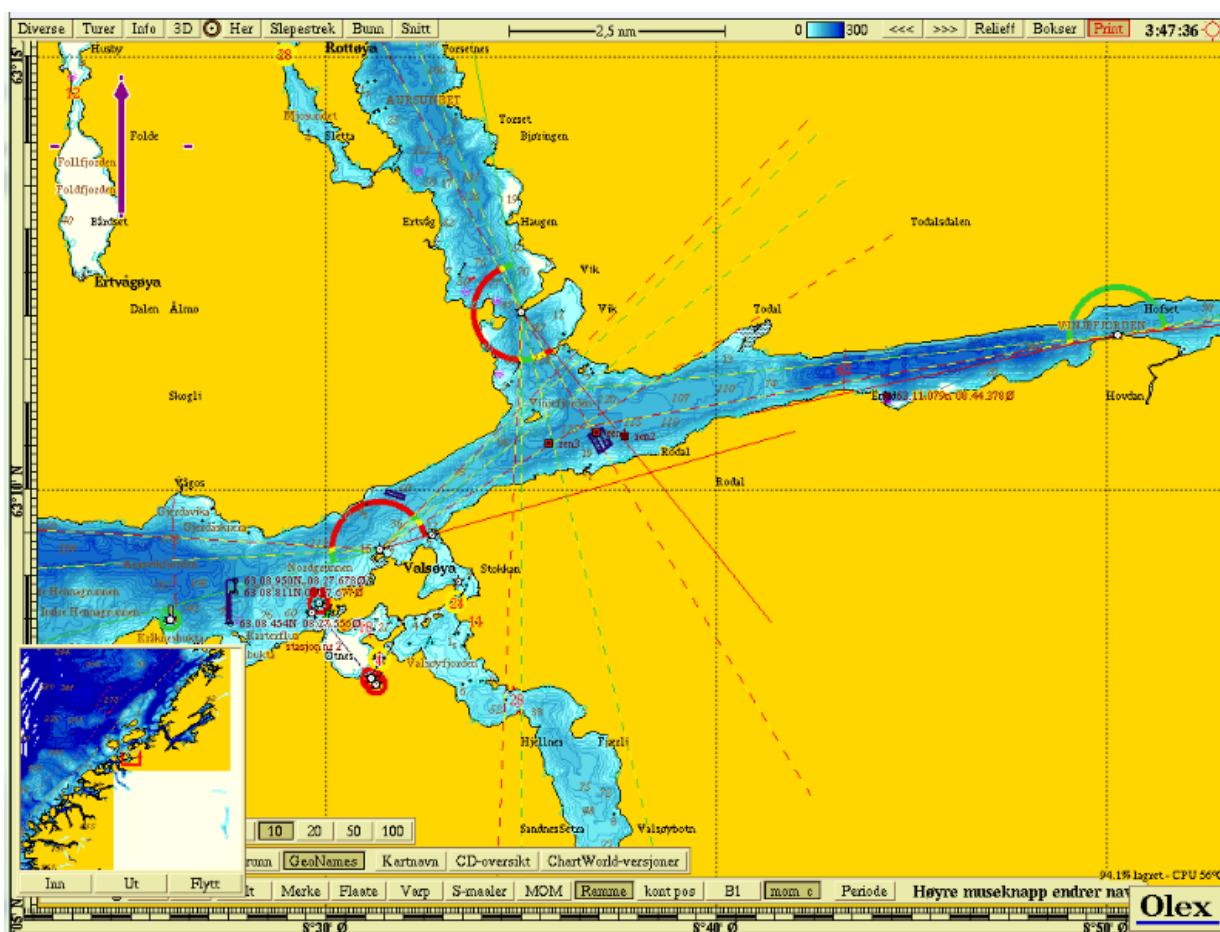
### 2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger i Vinjefjorden i Halså kommune (Figur 2.1 og 2.2). Anlegget har ligget i nåværende posisjon siden 2008, og vært i bruk siden 2009. Det er tidligere kun utført MOM B undersøkelser ved anlegget. Den første MOM B undersøkelsen fikk Miljøtilstand 1 (2008), og den andre fikk Miljøtilstand 2 (2010). Anlegget ligger rett ovenfor Aursundet, i skrånende terreng ut fra Renddalen. I sør, nærmest land er dybden under anlegget ca. 40 m på det grunneste. Utover fjorden skråner bunnen bratt nedover, og dybden er omtrent 110 m i den ytre del av anlegget. Her er nærstasjonen, Ren1 plassert, rett ved rammefortøyningen og dybden er 116 m. På grunn av de spesielle bunnforholdene ble overgangsstasjonen, også kalt mellomstasjonen (Ren2) lagt øst for anlegget på 117 m dyp, mens fjernstasjonen (Ren3) ligger i vest i den dypeste delen av området på 128 m dyp.

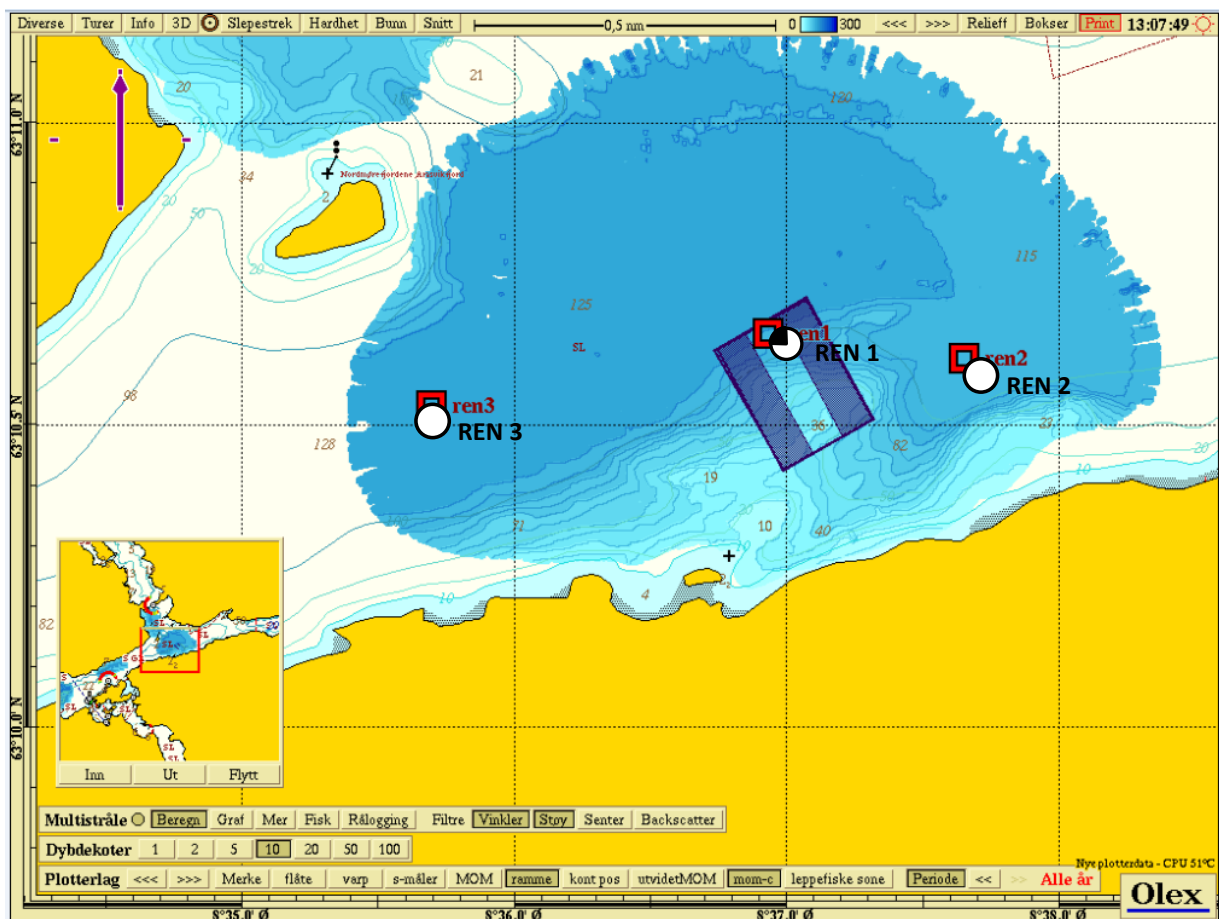
### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Det ble tatt kjemi-, geologi- og faunaprøver ved de tre valgte stasjonene, Ren1, Ren2 og Ren3. Sediment prøvene ble samlet 4. januar 2014, men på grunn av at prøvene til kjemi og geologi ble tint under forsendelse, ble nye prøver samlet 23. april 2014. Undersøkelsen ble gjennomført av Arild Kjerstad fra Havbrukstjenesten AS.

Det ble også tatt hydrografi-målinger ved fjernstasjonen (Ren3). På grunn av dårlig vær ved slutten av sediment prøvetakingen ble ikke hydrografimålingene utført i januar, men derimot utført 29. juli 2014. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført med 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 Fjordsystemene rundt Vinjefjorden, med Renddalen midt i kartet. Kartkilde; OLEX.



Figur 2.2: Kart over Renndalen 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, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Renndalen i Halså kommune. Posisjonering vha. 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
REN 1 04.01.14 og 23.04.14	Renndalen, Halså 63°10.651N 08°36.935Ø	116	1	10,7	Kjemi, geologi, pH og Eh Biologi Biologi Alle huggene like, med silt
			2	8,5	
			3	9,5	
REN 2 04.01.14 og 23.04.14	Renndalen, Halså 63°10.611N 08°37.655Ø	117	1	15,3	Kjemi, geologi, pH og Eh Biologi Biologi Alle huggene like, med silt
			2	14,0	
			3	14,0	
REN 3 04.01.14 og 23.04.14	Renndalen, Halså 63°10.531N 08°35.695Ø	128	1	15,3	Kjemi, geologi, pH og Eh Biologi Biologi Alle huggene like, med silt
			2	15,3	
			3	15,3	

### 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. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

### 2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut 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/siltfraksjonen. 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

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 m<sup>2</sup>. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m<sup>2</sup> grabb har et volum på 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.

Grabbinholdet 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. Bunndyrs materialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 3 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 benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrs materialet. På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet og tilstand i marine områder (Veileder 02:2013). Denne veilederen erstatter Veileder 01:2009 og på sikt SFT 97:03 og TA 2229/2007. Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks ( $ES_{100}$ ), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI<sub>2012</sub> og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. Inndeling i tilstandsklasser for indeksene er gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.3). Indeksverdiene blir omregnet til nEQR-verdier (normalised Ecological Quality Ratio) med en tallverdi mellom 0 og 1. Denne omregningen gjør at tallverdiene fra de forskjellige indeksene kan sammenliknes (se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyr).

Tilstandsklassen til stasjonen blir bestemt av snittet av de enkelte indeksenes nEQR-verdier, tilstandsverdien sier noe om både hvilken tilstandsklasse stasjonen hører til og hvor høyt eller evt. lavt stasjonen er plassert i denne klassen (Tabell 2.2). Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.4).

Tabell 2.2: Klassegrenser for nEQR i henhold Veileder 02:2013.

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

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

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser				
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
<b>Dypvann</b> Oksygen*	97:03	ml O2/ l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Oksygen metn.**	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
<b>Sediment</b> Shannon-Wiener indeks. (H')	02:2013		5,7-4,8	3,0-4,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,63-0,82	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
ES <sub>100</sub>	02:2013		50-34	17-34	10-17	5-10	<5
NSI	02:2013		31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
ISI <sub>2012</sub>	02:2013		13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,2-4,5	4,5-0
DI	02:2013		0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Kobber	TA 2229/2007	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220
Sink	TA 2229/2007	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500

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

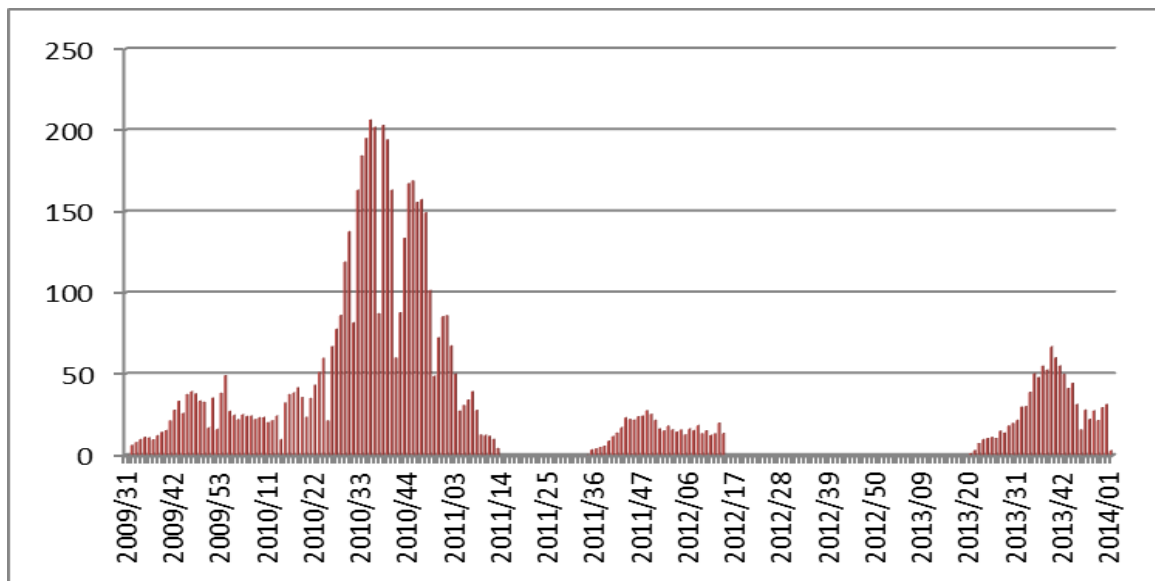
\*\* Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6°C

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

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

### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Renndalen har vært i bruk siden uke 31 i 2009. Fôrforbruket siden oppstarten og frem til MOM C-undersøkelsen er presentert i Figur 2.3.

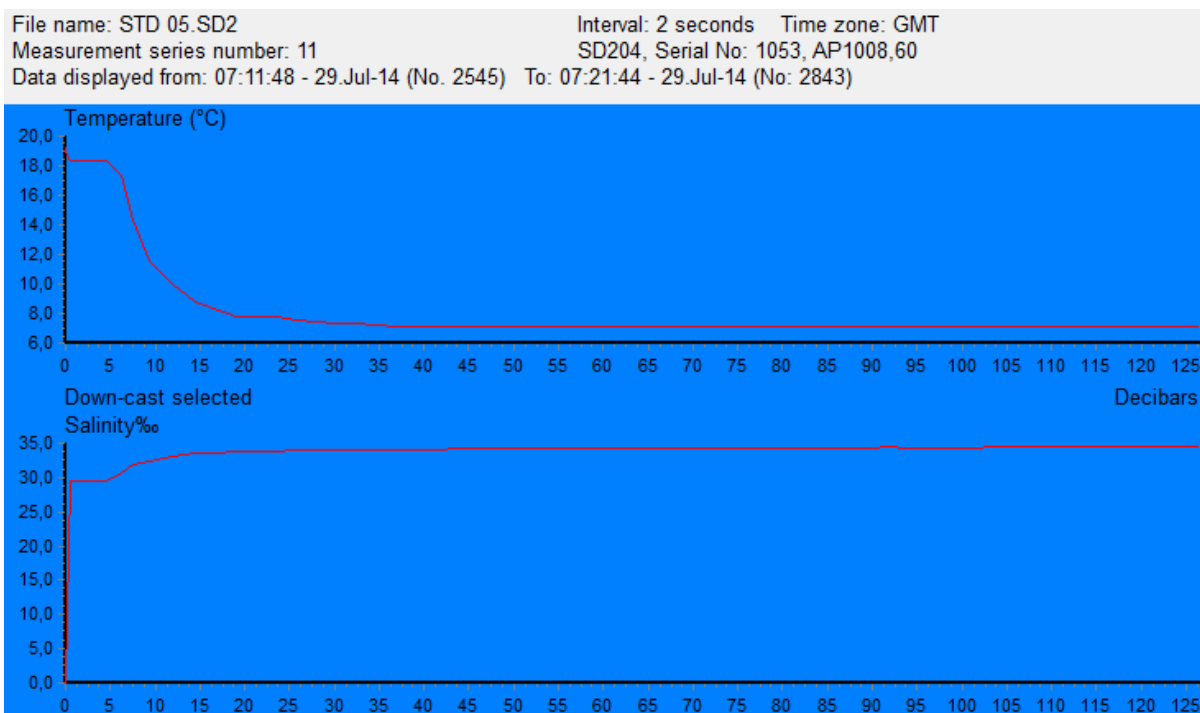


Figur 2.3: Fôrforbruk i tonn fôr pr. uke siden oppstart av Renndalen frem til 04.01.14..

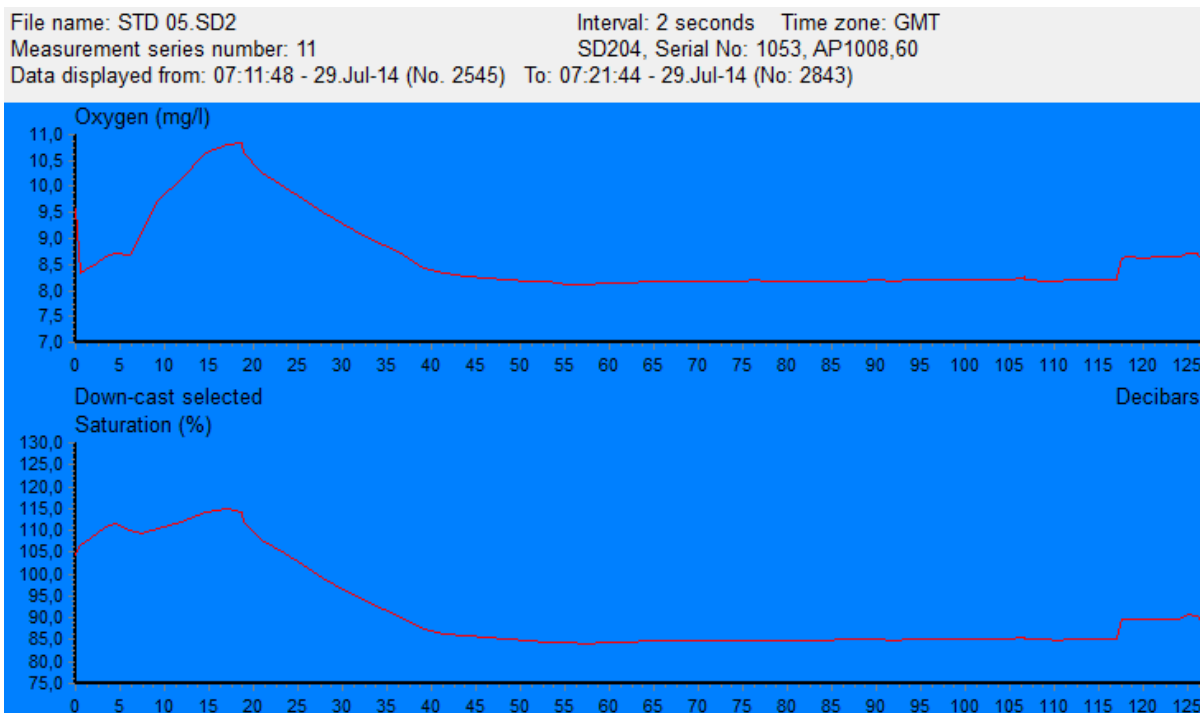
## 3 RESULTATER OG DISKUSJON

### 3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til bunnen på stasjon Ren3 den 29.07.14. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1.



Figur 3.1.a) Temperatur (°C) og saltholdighet (‰) på REN 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til bunnen ved 125 m den 29.07.14.



Figur 3.1.b) Oksygen i % metning og mg/l på REN 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til bunnen den 25.04.14. Oksygeninnhold i ml/l beregnes fra mgO<sub>2</sub>/l med en omregningskoeffisient på 1,42

Temperaturen på Ren3 den 29. juli 2014, var i overkant av 18° C i overflatelaget ned til 5 m dyp. Deretter sank den jevnt ned til ca. 7° C ved 35 m dyp, fra der av var temperaturen stabil ned til bunnen. Totalt sett en jevn temperatur i overflatelaget, med en markert gradient fra 5 til 35 m dyp, fra der av og ned til bunnen var temperaturen jevn.

Saltholdigheten var jevn i overflatelaget, med 29,5 promille. Fra 5 m dyp til 35 m dyp steg den jevnt til 34 promille. Fra der av og ned til bunnen var saliniteten jevn, noe over 34 promille.

Oksygeninnholdet var høyt gjennom hele vannsøylen, med målinger over 8,1 mg/l ved alle målepunkt. Fra 7 m til 32 m dyp var den høyest, med verdier over 9,0 mg/l, og aller høyest rundt 18 m dyp, hvor den var 10,8 mg/l. Oksygeninnholdet ved bunnen (126,5 m dyp), var 8,6 mg/l, som tilsvar er 6,0 ml/l. Denne målingen plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god).

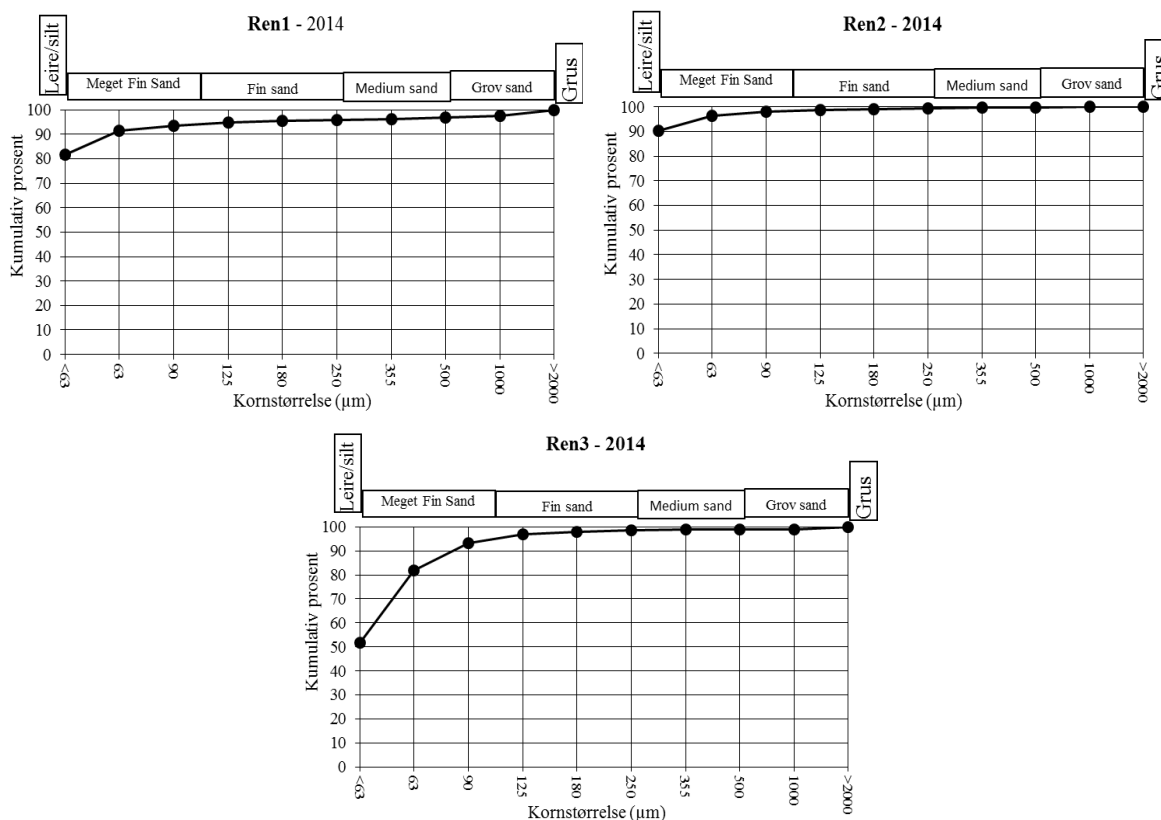
### 3.2 Sediment

Resultatene fra sediment undersøkelsene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2.

Sedimentet var dominert av silt/leire på stasjonene Ren1 og Ren2 med en andel på henholdsvis 82 % og 90 %. Ved Ren3 besto sedimentet av omtrent like deler silt/leire og sand (henholdsvis 52 % og 47 %). Sedimentet kan karakteriseres som fint på stasjonene Ren1 og Ren2, og noe grovere på Ren3. Det organiske innholdet målt som glødetap var relativt lavt og normalt på alle stasjonene (ca. 6-8 %).

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sediment prøvene fra stasjonene ved Renndalen 2014.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Ren1	116	6	82	16	2
Ren2	117	8	90	10	0
Ren3	128	5	52	47	1



Figur 3.2: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Ren1, Overgangssonen: Ren2 og Fjernsonen: Ren3.

### 3.3 Kjemi

#### 3.3.1. Sediment analyser

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 (Aure *et al.*, 1993).

Verdiene av tungmetallene kobber og sink var lave på alle tre stasjonene, og får tilstandsklasse I (Svært god). Ved samtlige stasjoner var verdiene for fosfor lave og innenfor det som kan forventes i norske fjorder..

De normaliserte TOC-verdiene var høye og dårlige (Tilstandsklasse IV) ved nærstasjonen Ren1. Ved de to andre stasjonene (Ren2 og Ren3) var TOC-verdiene noe lavere, og ga tilstandsklasse III (Mindre god). Det må nevnes at metoden for beregning av TOC ikke er tilpasset denne typen områder og at glødetapet vil gi en mer riktig indikasjon på den faktiske organiske belastningen. Glødetapet var relativt lavt og høyest med 8 % på Ren2.

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 organisk karbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
1	34	37	IV	990	79	I	24	I	48,4
2	31	33	III	1100	79	I	24	I	48,1
3	19	28	III	990	54	I	15	I	64,3

### 3.3.2. Måling av pH og Redokspotensialet (Eh)

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

Målingen av pH og  $E_h$  på alle stasjonene ga beste tilstandsklasse, tilstand 1. De sensoriske vurderingene som er en del av undersøkelsen viste normale gode forhold, uten lukt eller misfarging av sedimentet. Dette indikerer at stasjonene ikke er påvirket av forurensning sett ut i fra sensoriske observasjoner.

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
Ren1	7,60	147	0	1
Ren2	7,59	197	0	1
Ren3	7,64	196	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 november 2013. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra Ren1 i anleggets nærsone (på 116 m dyp), ble det funnet 79 arter med til sammen 2793 individer. Diversiteten ( $H'$ ) ble på huggnivå (snitt) beregnet til 3,2 som gir tilstandsklasse II (God). Ømfintlighetsindeksen NSI havnet i tilstandsklasse IV (dårlig) og den sammensatte indeksen NQI1 får tilstandsklasse III (Moderat). Samlet sett plasserer nEQR-verdien stasjonen i tilstandsklasse III (moderat). I følge MOM-standarden er imidlertid diversitets-indeksene lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er i stedet utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen miljøtilstand 1 (god). Den mest tallrike arten på stasjonen var børstemarken *Capitella capitata*, som med 1148 individer utgjorde 41 % av totalen. Den nest mest tallrike arten var skjellet *Thyasira sarsii* med 612 individer (22 %), og den tredje mest tallrike arten var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* med 248 individer (9 %). Blant de ti vanligste artene var det 3 arter av pigghuder og 2 arter av bløtdyr. Faunasammensetningen tyder på at stasjonen er preget av noe organisk belastning.

I bunndyrsprøvene fra fjernstasjonen Ren3 (på 128 m dyp) ble det funnet 642 individer fordelt på 63 arter. Diversiteten ( $H'$ ) på huggnivå (snitt) ble beregnet til 4,6 som gir tilstandsklasse I (svært god). Ømfintlighetsindeksen NSI ble beregnet til 25 og den sammensatte indeksen NQI1, som beskriver



artsmangfold og ømfintlighet, ble beregnet til 0,78. Begge indeksene plasserer stasjonen i tilstandsklasse II. Tetthetsindeksen DI, som er utarbeidet med tanke på svært høye eller lave individantall, havner i tilstandsklasse III. Samlet sett plasserer nEQR-verdien stasjonen i tilstandsklasse II (god). Den mest tallrike dyregruppen på stasjonen var skjellet *Mendicula ferruginosa* (106 stk, 17 %), etterfulgt av snabelormer (*Sipuncula* - 65 stk, 10 %) og børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (61 stk, 10 %). De geometriske klassene indikerer gode forhold på stasjonen.

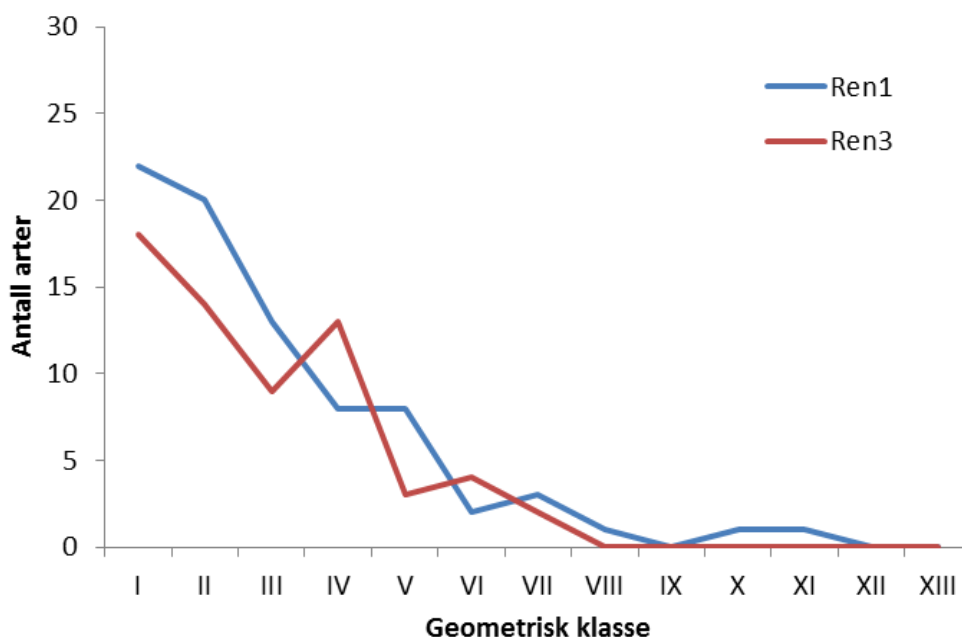
Grunnet gode forhold på både nær- og fjernsonestasjonen var det ikke nødvendig å sortere prøvene fra mellomsonestasjonen Ren2.

De multivariate analysene viser at det var relativt høy likhet mellom huggene på hver stasjon, med en likhet som ligger mellom 70 og 80 prosent, mens det var ca. 40 % likhet mellom nærsone og fjernsone (Figur 3.4 og 3.5).

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 (NQI1) 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. Merket firkant angir tallmateriale brukt i MOM klassifisering.

Stasjon	Hugg	Antall		Diversitet					Tilstands		Miljø tilstand
		arter	individ	NQI1	( $H'$ )	Es100	ISI	NSI	DI	verdi	
Nærsone	2	65	1625	0,59	3	17,7	8,8	14	1,16		
	Ren1	3	62	1168	0,62	3,3	20,9	8,6	15	1,02	
	2014	SUM	79	2793	0,61	3,2	19,2	9,0	14	1,10	1
		SNITT	64	1397	0,61	3,2	19,3	8,7	14	1,10	
		Stasjon <sub>nEQR</sub>			0,57	0,62	0,63	0,74	0,37	0,16	0,51
	Grabb <sub>nEQR</sub>			0,57	0,62	0,63	0,72	0,37	0,16	0,51	
Fjernsone	2	50	373	0,77	4,6	31,2	10,5	25	0,52		
	Ren3	3	50	269	0,79	4,6	31,8	10,4	25	0,38	
	2014	SUM	63	642	0,78	4,7	32,1	8,9	25	0,46	
		SNITT	50	321	0,78	4,6	31,5	10,4	25	0,46	
		Stasjon <sub>nEQR</sub>			0,76	0,79	0,78	0,74	0,81	0,58	0,74
	Grabb <sub>nEQR</sub>			0,76	0,78	0,77	0,85	0,79	0,58	0,75	

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

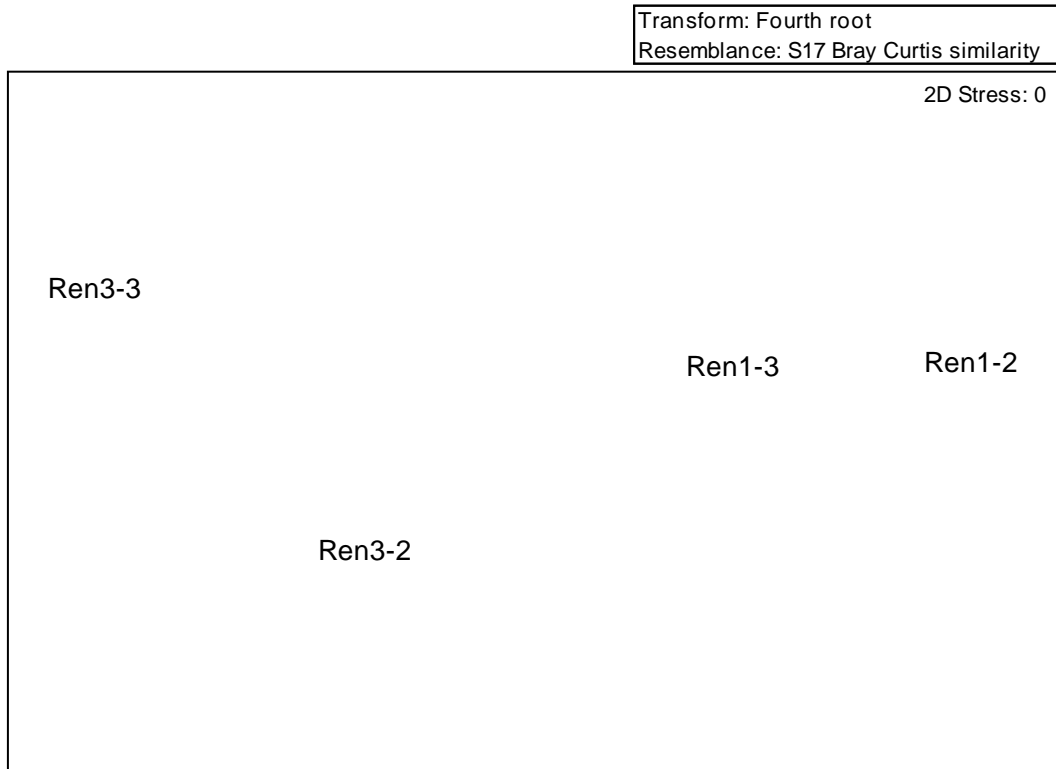


Figur 3.3: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

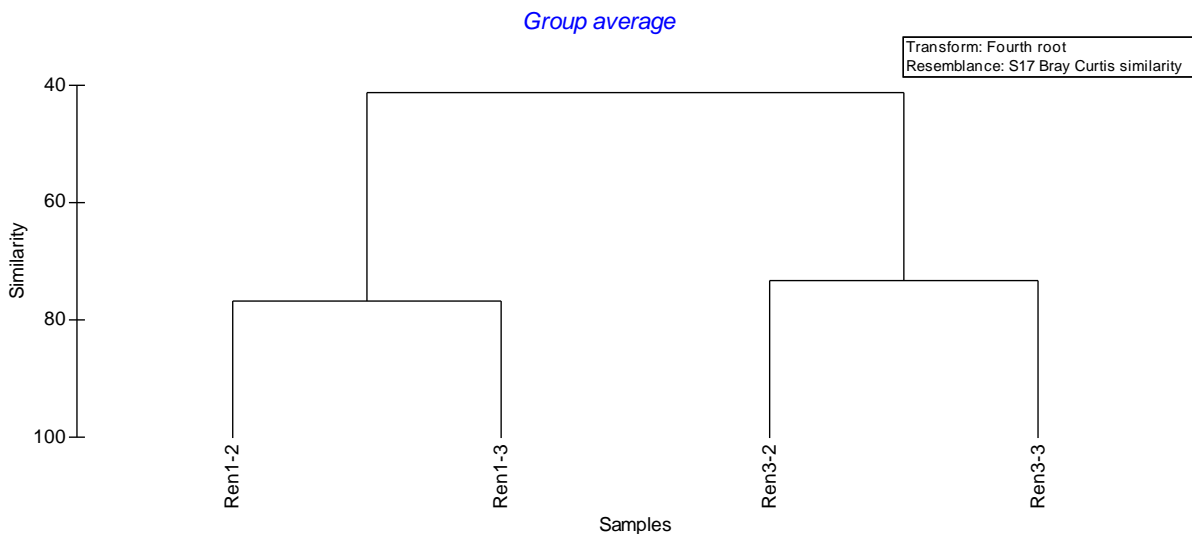
Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene på stasjonene Ren1 og Ren3. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prosent av antall individer og kumulativ prosent av antall individer for stasjonene i 2014.

Stasjon	Antall			Stasjon	Antall		
Ren1 - 2014	individer	%	Kum. %	Ren3 - 2014	individer	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	1148	41	41	<i>Mendicula ferruginosa</i>	106	17	17
<i>Thyasira sarsii</i>	612	22	63	<i>Sipuncula indet.</i>	65	10	27
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	248	9	72	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	61	10	36
<i>Pholoe baltica</i>	125	4	76	<i>Thyasira equalis</i>	48	7	44
<i>Prionospio cirrifera</i>	100	4	80	<i>Chaetozone sp.</i>	34	5	49
<i>Abra nitida</i>	68	2	82	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	33	5	54
<i>Labidoplax buskii</i>	51	2	84	<i>Prionospio dubia</i>	24	4	58
<i>Amphiura filiformis</i>	44	2	86	<i>Lumbrineridae indet.</i>	20	3	61
<i>Philine scabra</i>	29	1	87	<i>Amphiura chiajei</i>	16	2	66
<i>Chaetozone sp.</i>	26	1	87	<i>Pholoe pallida</i>	15	2,3	68
<i>Ophiocten affinis</i>	26	1	88				

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



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



Figur 3.5: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2014. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved lokaliteten Renndalen i Halså kommune. Denne lokaliteten har vært i bruk siden 2009. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner den 4. januar og 23. april 2014, én nærstasjon (Ren1) i nordre kant av anlegget, én i overgangssonen (Ren2) i øst, og én fjernstasjon (Ren3) lengst vest, ute i fjorden.

Sedimentet var fint og relativt likt mellom de to stasjonene Ren1 og Ren2, med over 82 % andel silt/leire. Ved fjernstasjonen Ren3, var sedimentet noe grovere, med omtrent halvparten sand og den andre halvparten av silt/leire.

Oksygenforholdene ble målt 29. juli 2014 ved Ren3. Ved bunnen ble oksygenkonsentrasjonen målt til 8,7 mg/l, som tilsvarer 6,0 ml/l. Denne målingen plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse I (svært god).

Analysene av tungmetallene ga verdier i beste tilstandsklasse for både sink og kobber for alle tre stasjonene. Fosforverdiene var lave på samtlige stasjoner. Organisk innhold målt som totalt organisk karbon (TOC) var høyt og ga TK IV ved nærstasjonen, mens ved Ren2 og Ren3 var det moderat høyt og mindre godt. Derimot var glødetapet lavt, og glødetapet gir et riktigere bilde av den organiske belastningen, som dermed kan tolkes som lav ved alle tre stasjonene. Måling av pH og Eh ga alle stasjonene beste tilstand 1.

Analysene av bunnfauna ga verdier som viser gode forhold på Ren1 etter MOM-standarden, men faunasammensetningen tyder på at stasjonen er preget av noe organisk belastning. Ved fjernstasjonen, Ren3, var det god artsdiversitet og generelt gode forhold for fauna. Grunnet de gode forholdene for fauna på både Ren1 og Ren3, ble ikke mellomstasjonen Ren2 analysert.

Området har vært i bruk i fem år til oppdrett. Denne undersøkelsen viser at området generelt har taklet oppdrettsvirksomheten, men at det er noe organisk belastning ved nærstasjonen. Man kan anta at fremtidige undersøkelser vil gi et bilde på om området vil bli mer påvirket. Det vil være interessant å følge utviklingen ved fremtidige undersøkelser.

## **5 TAKK**

På toktet deltok Arild Kjerstad fra Havbrukstjenesten AS. Bunnprøvene ble sortert av Nargis Islam, Ragna Tveiten og Linda B. Pedersen. Bunndyrene ble identifisert av Lenka Nealova, Per Johannessen og Frøydis Lygre, SAM-Marin.

## 6 LITTERATUR

- Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlingsrapport 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 klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystRENVann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystRENVann. *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

<a href="#"><u>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</u></a> .....	22
<a href="#"><u>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</u></a> .....	30
<a href="#"><u>Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste</u></a> .....	32
<a href="#"><u>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</u></a> .....	36
<a href="#"><u>Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi</u></a> .....	37
<a href="#"><u>Vedleggstabell 5. Analysebevis geologi</u></a> .....	38
<a href="#"><u>Vedleggstabell 6. CTD- data</u></a> .....	40

## Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata

### Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m<sup>2</sup>), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

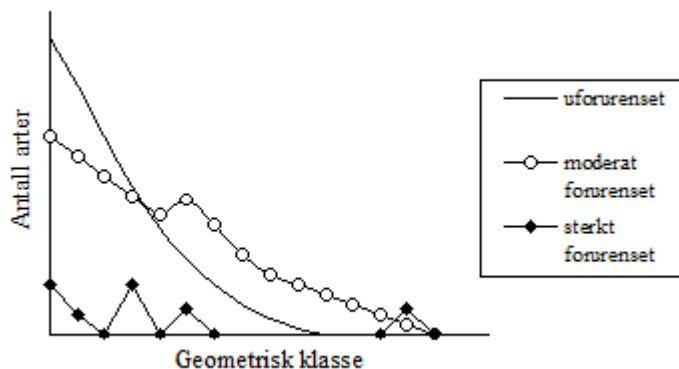
### Geometriske klasser

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

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

**Tabell v1.** Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

### Univariate metoder

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

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

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^S 1 - \frac{(N - N_i)! / ((N - N_i - 100)! 100!)}{N! / ((N - 100)! 100!)}$$

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

### Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI, AMBI og NSI.

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

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

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

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

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

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

### Individtetthet

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

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

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

### Sammensatte indekser

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

NQI1 er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$NQI1 = \left[ 0,5 * \left( \frac{(1 - AMBI)}{7} \right) + 0,5 * \left( \frac{\left( \frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right)}{2.7} \right) * \left( \frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

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

### Klassegrenser

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

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

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

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

### Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

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

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

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

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

nEQR gir 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

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

### Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS)) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens

ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av miljøgrader. Miljøgraden 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. Følgende 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.

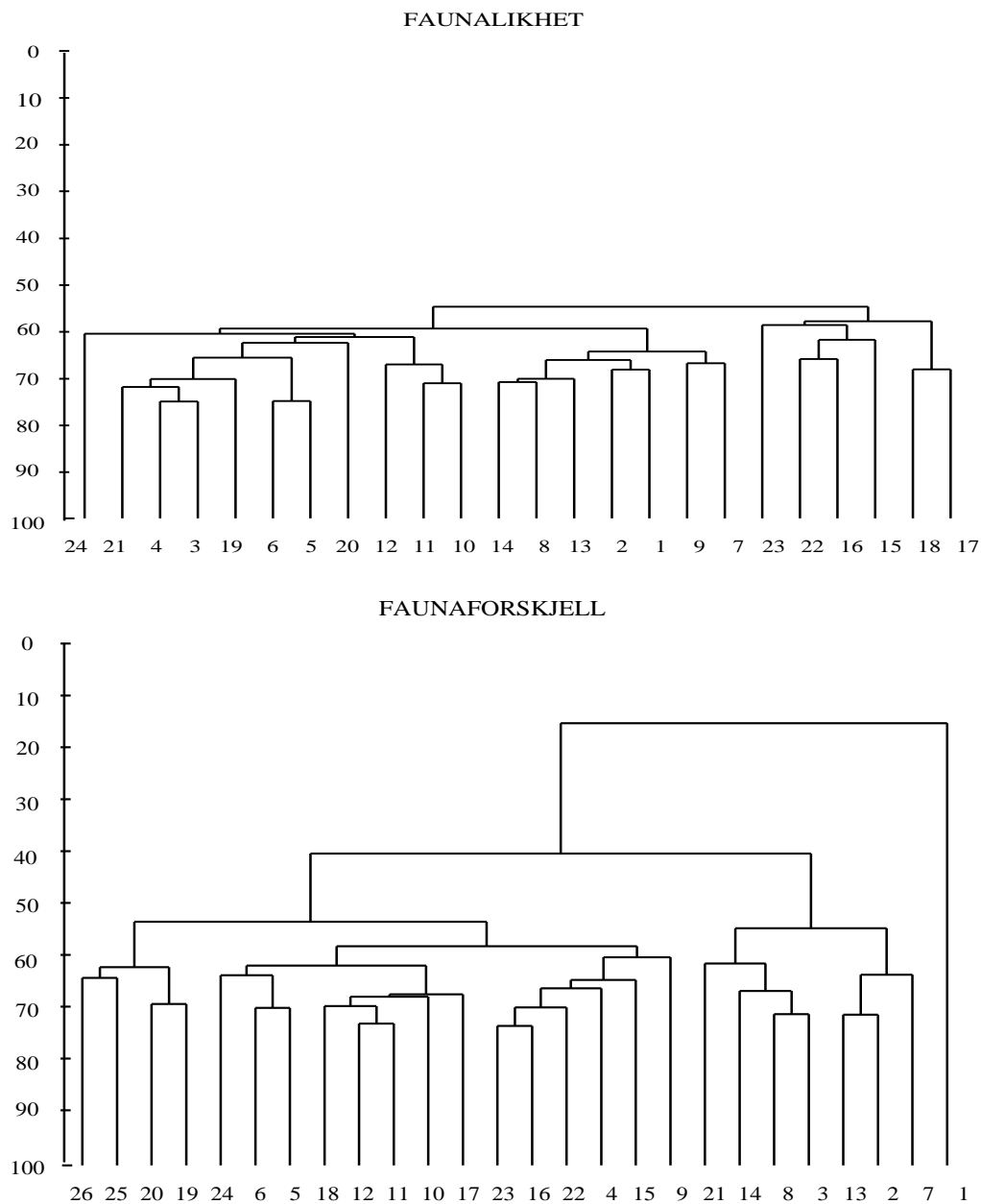
### Dataprogrammer

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



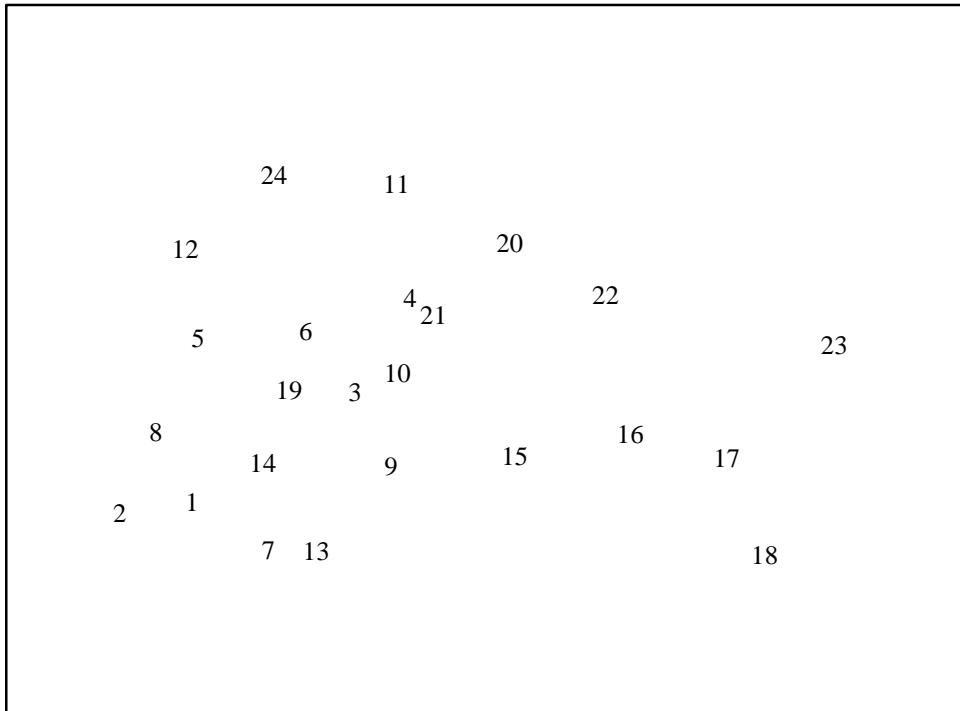
makroen «Diversi» som beregner diversitet ( $H'$ ) og inndelingen i geometriske klasse. «Diversi» er laget av Knut Årestad ved Insitutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB.

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.

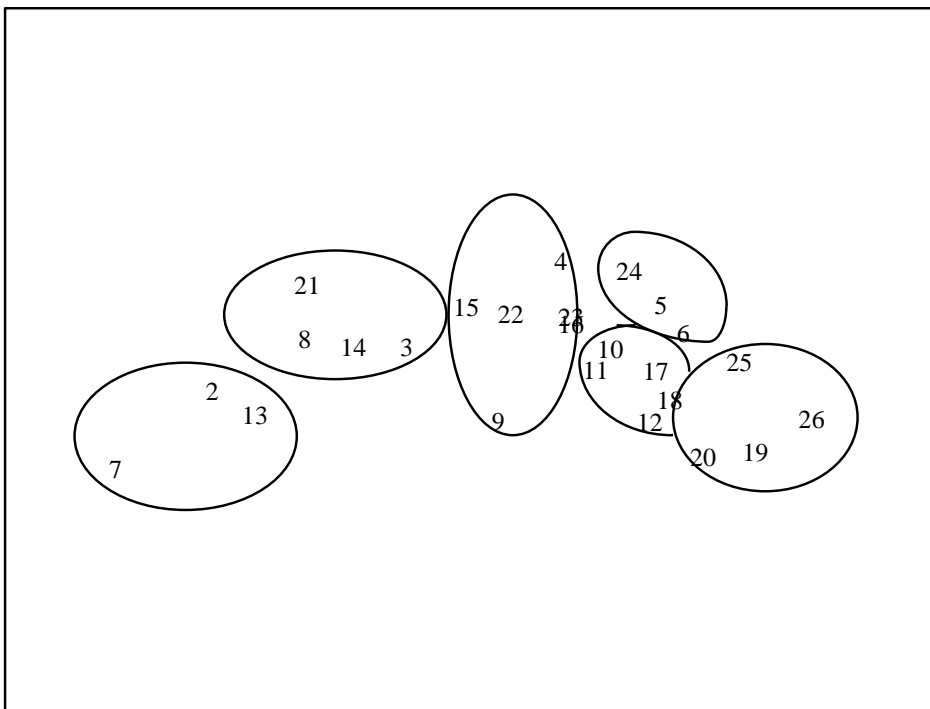


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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**

- Anon. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen, 263 s.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystREnvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystREnvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macro benthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Rygg B, Thélín, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystREnvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg B., Norling K., 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI) NIVA-rapport 6475-2013, 46s
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametere

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: LECOY MIDT AS  
 Lokalitet: Renndalen 808091  
 Lokalitetstype: MATTILN

Dato: 04.01.14  
 Lokaltetsnr: 29896

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve-nr									Indeks
			Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Prøve 4	Prøve 5	Prøve 6	Prøve 7	Prøve 8	Prøve 9	
I	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
	Tilstand (Gruppe I)											
II	pH	verdi	7,60			7,59				7,64		
	E <sub>s</sub> (mV)	verdi	-34			-34				-35		
		+ ref. verdi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	pH/E <sub>s</sub>	fra figur										#DIV/0!
	Tilstand, prøve											
	Tilstand, gruppe II											
	Butler temp:											
	pH sjø:											
	Temp sjø:											
	Eh sjø:											
	Temp sediment:											
	Ref elektrode:											
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):											
III	Gassbobler	Ja = 0 Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Farge	Lys/Gul = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Brun/Sort = 2										
		Ingen = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Lukt	None = 2										
		Sterk = 4										
		Fast = 0										
	Konsistens	Mys = 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Les = 4										
	Grabb- volum	v < 1/6 = 0										
1/6 < v < 2/4 = 1												
v ≥ 2/4 = 2		2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Tykkelse på slåslag	0 - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2 - 8 cm = 1											
	1 ≥ 8 cm = 2											
	SUM		0	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	0,0
	Tilstand prøve											
	Tilstand gruppe III											
	Middelverd gruppe II og III		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Tilstand gruppe II og III											
	pH/Eh											
	Korr. sum											
	Indeks											
	Middelverdi											
	< 1,1	1										
	1,1 - < 2,1	2										
	2,1 - < 3,1	3										
	≥ 3,1	4										
	Tilstand		Gruppe I		Gruppe II og III		Lokalitetstilstand					
		A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4					
		4	1, 2, 3		1, 2, 3		1, 2, 3					
		4	4		4		4					
	LOKALITETSTILSTAND		0									

Korrekturlest: 04.01.14  
 dato

[Signature]  
 Sign.

[Signature] 29/1-14  
 Sign.

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: *Lacy MOTA*

Dato: *04.01.14*

Lokalitet: *Renndalen*

Lokalitetsnr: *29 896*

Lokalitetstype: *MATEJØ*

Prøvetakingssted (nr)		<i>Bn 1,1</i>	<i>Bn 1,2</i>	<i>Bn 1,3</i>	<i>Bn 2,1</i>	<i>Bn 2,2</i>	<i>Bn 2,3</i>	<i>Bn 3,1</i>	<i>Bn 3,2</i>	<i>Bn 3,3</i>	
Dyp (m)											
Antall forsøk		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	
Bobling (i prøve)		<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
Primær-sediment	Grus										
	Skjellsand										
	Sand										
	Mudder										
	Silt	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	
Leire											
Fjellbunn											
Steinbunn											
Pigghuder, antall											
Krepsdyr, antall											
Skjell, antall											
Berstemark, antall											
Andre dyr, antall		<i>Ja</i>							<i>Ja</i>		
<i>Malacoceros fuliginosa</i>											
Beggiatoa											
Fôr											
Fekaller											
Kommentarer		<del><i>Bn 1,1 Bn 1,2 Bn 1,3 Bn 2,1 Bn 2,2 Bn 2,3 Bn 3,1 Bn 3,2 Bn 3,3</i></del>									

Korrekturlest:

*04.01.14*  
dato

*David Ugedal*  
Sign.

*Kenneth 29/1-14*  
Sign.

## Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 003

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

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



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

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Lerøy MidNor AS, 7247 Hestvika****Prosjekt nr.: 808091****Prøvetakingssted (område): Renndalen, Halså Kommune****Dato for prøvetaking: 04.01.14****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten AS****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Lenka Nealova, Per Johannessen og Frøydis 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: *Lenka Nealova*  
 Godkjent taksonom



## SAM-Marin og Havbruksstjenesten

s.1/3	Stasjonsnavn	Ren 1	Ren 1	Ren 3	Ren 3
	Dato	04.01.2014	04.01.2014	04.01.2014	04.01.2014
	Dybde	116 m	116 m	128 m	128 m
	Hugg	2	3	2	3
	<b>* PORIFERA</b>				
	* <i>Porifera indet.</i>	+	+		
	<b>* ANTHOZOA</b>				
	<i>Virgularia mirabilis</i>	0/1		0/2	
	<i>Paraedwardsia cf. arenaria</i>			1	
	<b>* PLATYHELMINTES</b>				
	* <i>Platyhelminthes indet.</i>	2	2		
	<b>* NEMERTEA</b>				
	* <i>Nemertea indet.</i>	1	3	4	2
	* <i>Nematoda indet.</i>	5	6	1	1
	<b>* POLYCHAETA</b>				
	<i>Eunoe nodosa</i>	0/1			
	<i>Pholoe baltica</i>	62	63	2	3
	<i>Pholoe pallida</i>			5	10
	<i>Phyllodoce mucosa</i>	1	1		
	<i>Eumida bahusiensis</i>	2		0/1	
	<i>Sige fusigera</i>	3			
	<i>Eteone sp.</i>	2	4		1/2
	<i>Glycera alba</i>	1	3		
	<i>Glycera lapidum</i>	1/5	3	3	1
	<i>Glydera unicornis</i>		2		
	<i>Goniada maculata</i>	7	13	1/2	1
	<i>Goniadella bobretzkii</i>	1			
	<i>Sphaerodorum flavum</i>	1			
	<i>Nereimyra punctata</i>		3		
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	1			
	<i>Syllidae indet.</i>	1			
	<i>Ceratocephale loveni</i>			4	4
	<i>Eumereis longissima</i>	1			
	<i>Nephtys paradoxa</i>	1			
	<i>Nephtys hombergii</i>		0/1		
	<i>Paramphinoe jeffreysii</i>	178	70	31	30
	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>				1
	<i>Lumbrineridae indet.</i>	2	1	12	8
	<i>Scoloplos armiger</i>	4	1		
	<i>Aricidea catharinae</i>		3		1
	<i>Levinsenia gracilis</i>			3	1
	<i>Polydora sp.</i>	1	3		
	<i>Prionospio cirrifera</i>	57	43	1	
	<i>Prionospio fallax</i>	5	3		
	<i>Prionospio dubia</i>			13	11
	<i>Spiophanes kroyeri</i>		1	1	2
	<i>Spiophanes wigleyi</i>		1		
	<i>Scoelelepis korsuni</i>	2	1	2	1
	<i>Spio sp.</i>				1
	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>				1

## SAM-Marin og Havbruksstjenesten

s.2/3	Stasjonsnavn	Ren 1	Ren 1	Ren 3	Ren 3
	Dato	04.01.2014	04.01.2014	04.01.2014	04.01.2014
	Dybde	116 m	116 m	128 m	128 m
	Hugg	2	3	2	3
	<i>Aphelochaeta sp.</i>	3	8	11	3
	<i>Caulleriella killariensis</i>	5	1	7	3
	<i>Chaetozone sp.</i>	15	11	19	15
	<i>Diplocirrus glaucus</i>	11	10	7	4
	<i>Ophelina acuminata</i>	1			
	<i>Ophelina sp.</i>	0/4	0/2		
	<i>Lipobranchius jeffreysii</i>		1		
	<i>Scalibregma inflatum</i>	11	7		1
	<i>Capitella capitata</i>	743	405		
	<i>Heteromastus filiformis</i>		1	1	4
	<i>Mediomastus fragilis</i>	4	1		
	<i>Notomastus latericeus</i>	3	7		
	<i>Clymenura borealis</i>			7	5
	<i>Chirimia biceps</i>				1
	<i>Lumbriclymene cylindricauda</i>			11	
	<i>Praxillella affinis</i>			2	2
	<i>Rhodine gracilior</i>			+	+
	<i>Proclymene muelleri</i>				1
	<i>Galathowenia oculata</i>	5	5	10	5
	<i>Owenia borealis</i>	1/3	3/3		
	<i>Pectinaria auricoma</i>	11/5	4/3	2	
	<i>Lagis koreni</i>	8/2	14	2	1
	<i>Sabellides octocirrata</i>	1			
	<i>Amythasides macroglossus</i>	2	1	5	1
	<i>Echysippe vanelli</i>			5/2	2/1
	<i>Pista cristata</i>	3	2/1	1	
	<i>Trichobranchus roseus</i>	1	2		1
	<i>Terebellides stroemi</i>	0/1	1/2		
	<i>Sabellidae indet.</i>	6	3		
	<b>* SIPUNCULA</b>				
	<i>Sipuncula indet.</i>	3		35	30
	<i>Phascolion strombus</i>		3	1	
	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>			23	10
	<b>* CRUSTACEA</b>				
	<b>* Cypridina norvegica</b>			1	
	<b>* Bradydium sp.</b>	1	1	2	2
	<b>* Balanus sp.</b>	1			
	<i>Sarsinebalia typhlops</i>		1		
	<b>* Amphipoda indet.</b>	1	1	1	1
	<i>Eriopisa elongata</i>				2
	<i>Eudorella emarginata</i>			8	
	<i>Eudorella truncatula</i>	1	2		
	<i>Leucon cf. pallidus</i>			1	
	<i>Leucon sp.</i>				1
	<b>* Gnathia sp.</b>	2			

## SAM-Marin og Havbruksstjenesten

s.3/3	Stasjonsnavn	Ren 1	Ren 1	Ren 3	Ren 3
	Dato	04.01.2014	04.01.2014	04.01.2014	04.01.2014
	Dybde	116 m	116 m	128 m	128 m
	Hugg	2	3	2	3
	<b>* MOLLUSCA</b>				
	<i>Caudofoveata indet.</i>	1	1	1	1
	<i>Cerithiella metula</i>			1	
	<i>Euspira montagui</i>	1/1			
	<i>Cylichnina umbilicata</i>	3	2		
	<i>Philine aperta</i>	2	1		
	<i>Philine scabra</i>	13/2	12/2		
	<i>Scaphander punctostriatus</i>	0/1	0/2	0/1	
	<i>Nudibranchia indet.</i>	1			
	<i>Yoldiella lucida</i>		2	2	0/1
	<i>Yoldiella philippiana</i>	0/1	0/1		
	<i>Mytilus edulis</i>	2	0/3		
	<i>Thyasira equalis</i>	2/1	1	22/5	14/7
	<i>Thyasira obsoleta</i>			7/2	1
	<i>Thyasira sarsi</i>	233/60	182/137	1/1	0/1
	<i>Axinulus croulinensis</i>			1	3
	<i>Mendicula ferruginosa</i>	1		56/7	39/4
	<i>Adontorhina similis</i>			3	1
	<i>Abra nitida</i>	21/14	20/13	1	1
	<i>Mya sp.</i>	0/1			
	<i>Hiatella sp.</i>		1		
	<i>Tropidomya abbreviata</i>		0/1		1
	<i>Entalina tetragona</i>			1	1
	<b>* BRYOZOA</b>				
	<i>Bryozoa indet.</i>	1	+		
	<b>* ECHINODERMATA</b>				
	<i>Astropecten irregularis</i>	0/2	0/1		
	<i>Amphiura chiajei</i>	1/3	1/5	6/2	8
	<i>Amphiura filiformis</i>	0/29	0/15		2/1
	<i>Amphilepis norvegica</i>			2	6
	<i>Ophiocten affinis</i>	0/11	1/14		
	<i>Ophiura carnea</i>	1/2	0/4	2/2	4/1
	<i>Labidoplax buskii</i>	30	21	3	
	<i>Leptozynapta sp.</i>		1		
	<b>* VARIA</b>				+

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse	Ren1	Ren3
I	22	18
II	20	14
III	13	9
IV	8	13
V	8	3
VI	2	4
VII	3	2
VIII	1	0
IX	0	0
X	1	0
XI	1	0
XII	0	0
XIII	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. 985 141 618 MVA  
Box 75  
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-14-MX-002119-02



EUNOBE-00010940

Prøvemottak: 25.06.2014  
Temperatur:  
Analyseperiode: 25.06.2014-10.07.2014  
Referanse: 808091 / ref: 45/14

## ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er).  
Vennligst makuler tidligere tilsendt analyserapport.

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat:	MU	Resultat:	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 990	mg/kg tv	a) 1100	mg/kg tv	a) 990	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 24	mg/kg tv	a) 24	mg/kg tv	a) 15	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 79	mg/kg tv	a) 79	mg/kg tv	a) 54	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 34	mg/g tv	a) 31	mg/g tv	a) 19	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 48.4	% (w/w)	a) 48.1	% (w/w)	a) 54.3	% (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

**Rapportkommentar:**

Benevning for TOC endret fra % TS til mg/g tv.

Bergen 11.08.2014

*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 målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 1

## Vedleggstabell 5. Analysebevis geologi

		<b>Molab as, 8607 Mo i Rana</b> Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
Kunde: Uni Research AS Att: Stian E. Kvalø Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		<b>RAPPORT</b>  <b>Sedimentanalyser</b>		
		Ordre nr.:	Antall sider + bilag:	
		55133	2	
		Rapport referanse:	Dato:	
		KR-19188	12.08.2014	
Rev. nr.	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført:	Ansvarlig signatur:	
0	611101/808091/26/14	Terje Kolberg	Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 02.07.2014

## RESULTATER

Prøve merket:			Ren 1	Ren 2	Ren 3		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KA-090854	KA-090855	KA-090856		
TOM (550 °C)	%	11.07.14	6,10	8,11	5,33		

## Kornfordeling

Analysedato: 08.07.2014

Ren 1	KA-090854	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
2000	-1	0,14	2,4	2,4	MdΦ	Silt og leire	81,6	
1000	0	0,04	0,7	3,1	5,55	Sand	15,9	
500	1	0,03	0,5	3,7		Grus	2,4	
355	1,5	0,02	0,3	4,0	SdΦ			
250	2	0,03	0,5	4,5	1,64			
180	2,5	0,03	0,5	5,1				
125	3	0,09	1,6	6,6	SkΦ			
90	3,5	0,11	1,9	8,6	-0,09			
63	4	0,56	9,8	18,4				
<63	8	4,67	81,6	100,0	KΦ			
		5,72	100,0		0,89			

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

Ren 2		KA-090855						
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,00	0,0	0,0	MdΦ	Silt og leire	90,2	
1000	0	0,02	0,3	0,3	5,78	Sand	9,8	
500	1	0,01	0,1	0,4		Grus	0,0	
355	1,5	0,01	0,1	0,6	SdΦ			
250	2	0,02	0,3	0,9	1,39			
180	2,5	0,02	0,3	1,2				
125	3	0,06	0,9	2,1	SkΦ			
90	3,5	0,11	1,6	3,7	-0,02			
63	4	0,41	6,1	9,8				
<63	8	6,05	90,2	100,0	KΦ			
		6,71	100,0		0,77			

Ren 3		KA-090856						
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,10	0,9	0,9	MdΦ	Silt og leire	51,6	
1000	0	0,01	0,1	1,0	4,13	Sand	47,4	
500	1	0,01	0,1	1,1		Grus	0,9	
355	1,5	0,04	0,4	1,5	SdΦ			
250	2	0,05	0,5	2,0	1,57			
180	2,5	0,12	1,1	3,1				
125	3	0,39	3,6	6,7	SkΦ			
90	3,5	1,23	11,4	18,1	0,50			
63	4	3,25	30,2	48,4				
<63	8	5,55	51,6	100,0	KΦ			
		10,75	100,0		0,81			

## 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



## Vedleggstabell 6. CTD- data

SD204, Serial No 1053										
Ser	Meas	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	F (µg/l)	Density	Press	Date	Time
11	2568	29.38	18.380	106.74	8.34	0.33	20.886	0.55	29.Jul-14	07:12:34
11	2569	29.44	18.341	107.58	8.40	0.35	20.944	1.07	29.Jul-14	07:12:36
11	2570	29.45	18.326	109.17	8.53	0.40	20.961	2.40	29.Jul-14	07:12:38
11	2571	29.45	18.320	110.69	8.65	0.48	20.966	3.26	29.Jul-14	07:12:40
11	2572	29.57	18.379	111.71	8.71	0.77	21.049	4.52	29.Jul-14	07:12:42
11	2573	30.73	17.288	109.89	8.69	1.70	22.202	6.20	29.Jul-14	07:12:44
11	2574	31.92	14.330	109.11	9.09	1.35	23.774	7.45	29.Jul-14	07:12:46
11	2575	32.34	11.546	110.24	9.73	0.91	24.650	9.34	29.Jul-14	07:12:48
11	2576	33.13	10.009	111.75	10.15	2.45	25.545	11.83	29.Jul-14	07:12:50
11	2577	33.48	8.724	114.23	10.66	2.49	26.038	14.55	29.Jul-14	07:12:52
11	2578	33.61	8.252	114.77	10.82	2.49	26.223	17.08	29.Jul-14	07:12:54
11	2579	33.75	7.923	114.31	10.85	2.49	26.389	18.69	29.Jul-14	07:12:56
11	2580	33.79	7.817	112.03	10.66	2.28	26.437	18.81	29.Jul-14	07:12:58
11	2581	33.83	7.827	107.87	10.26	1.63	26.476	20.85	29.Jul-14	07:13:00
11	2582	33.89	7.728	104.94	10.00	1.07	26.549	23.43	29.Jul-14	07:13:02
11	2583	33.99	7.575	102.27	9.77	0.81	26.660	25.62	29.Jul-14	07:13:04
11	2584	34.04	7.452	99.12	9.50	0.66	26.727	27.82	29.Jul-14	07:13:06
11	2585	34.07	7.369	96.62	9.27	0.57	26.773	30.04	29.Jul-14	07:13:08
11	2586	34.09	7.328	94.28	9.06	0.45	26.805	32.28	29.Jul-14	07:13:10
11	2587	34.06	7.175	92.01	8.87	0.32	26.813	34.56	29.Jul-14	07:13:12
11	2588	34.09	7.110	89.77	8.67	0.31	26.856	36.82	29.Jul-14	07:13:14
11	2589	34.15	7.110	87.42	8.44	0.24	26.914	39.08	29.Jul-14	07:13:16
11	2590	34.16	7.108	86.19	8.32	0.24	26.933	41.51	29.Jul-14	07:13:18
11	2591	34.19	7.112	85.78	8.28	0.15	26.967	43.90	29.Jul-14	07:13:20
11	2592	34.25	7.113	85.51	8.25	0.11	27.024	46.10	29.Jul-14	07:13:22
11	2593	34.27	7.104	85.23	8.22	0.23	27.052	48.44	29.Jul-14	07:13:24
11	2594	34.28	7.094	84.76	8.18	0.10	27.071	50.71	29.Jul-14	07:13:26
11	2595	34.29	7.095	84.58	8.16	0.13	27.090	52.98	29.Jul-14	07:13:28
11	2596	34.31	7.114	84.27	8.12	0.11	27.113	55.26	29.Jul-14	07:13:30
11	2597	34.31	7.118	84.16	8.11	0.10	27.123	57.44	29.Jul-14	07:13:32
11	2598	34.31	7.117	84.43	8.14	0.14	27.133	59.67	29.Jul-14	07:13:34
11	2599	34.34	7.114	84.57	8.15	0.08	27.168	62.00	29.Jul-14	07:13:36
11	2600	34.33	7.109	84.65	8.16	0.09	27.171	64.36	29.Jul-14	07:13:38
11	2601	34.34	7.106	84.77	8.17	0.07	27.190	66.70	29.Jul-14	07:13:40
11	2602	34.34	7.103	84.69	8.17	0.08	27.201	68.87	29.Jul-14	07:13:42
11	2603	34.35	7.102	84.82	8.18	0.08	27.219	71.15	29.Jul-14	07:13:44
11	2604	34.34	7.104	84.75	8.17	0.08	27.221	73.27	29.Jul-14	07:13:46
11	2605	34.37	7.105	84.73	8.17	0.07	27.254	75.37	29.Jul-14	07:13:48
11	2606	34.36	7.103	84.96	8.19	0.08	27.249	75.90	29.Jul-14	07:13:50
11	2607	34.37	7.108	84.88	8.18	0.09	27.264	77.79	29.Jul-14	07:13:52
11	2608	34.37	7.112	84.76	8.17	0.07	27.274	79.95	29.Jul-14	07:13:54
11	2609	34.37	7.114	84.72	8.17	0.08	27.283	82.09	29.Jul-14	07:13:56
11	2610	34.38	7.114	84.80	8.17	0.09	27.301	84.28	29.Jul-14	07:13:58
11	2611	34.40	7.114	84.99	8.19	0.08	27.326	86.35	29.Jul-14	07:14:00
11	2612	34.40	7.116	85.00	8.19	0.08	27.334	88.13	29.Jul-14	07:14:02
11	2613	34.39	7.119	85.07	8.20	0.08	27.334	89.92	29.Jul-14	07:14:04
11	2614	34.41	7.119	84.98	8.19	0.07	27.359	91.82	29.Jul-14	07:14:06
11	2615	34.39	7.121	85.09	8.20	0.07	27.352	93.81	29.Jul-14	07:14:08
11	2616	34.40	7.120	85.13	8.20	0.10	27.367	95.40	29.Jul-14	07:14:10
11	2617	34.39	7.121	85.02	8.19	0.07	27.368	97.39	29.Jul-14	07:14:12
11	2618	34.40	7.122	85.11	8.20	0.06	27.385	99.38	29.Jul-14	07:14:14
11	2619	34.40	7.125	85.11	8.20	0.09	27.394	101.35	29.Jul-14	07:14:16
11	2620	34.42	7.124	85.04	8.19	0.09	27.419	103.52	29.Jul-14	07:14:18
11	2621	34.44	7.126	85.16	8.20	0.07	27.443	105.28	29.Jul-14	07:14:20
11	2622	34.42	7.124	85.45	8.23	0.09	27.431	106.00	29.Jul-14	07:14:22
11	2623	34.44	7.126	85.64	8.25	0.05	27.447	106.17	29.Jul-14	07:14:24



## SAM-Marin og Havbruks-tjenesten

11	2624	34.43	7.125	85.58	8.24	0.07	27.440	106.28	29.Jul-14	07:14:26
11	2625	34.42	7.127	85.60	8.24	0.07	27.432	106.44	29.Jul-14	07:14:28
11	2626	34.43	7.127	85.55	8.24	0.07	27.440	106.44	29.Jul-14	07:14:30
11	2627	34.42	7.127	85.61	8.25	0.07	27.433	106.58	29.Jul-14	07:14:32
11	2628	34.41	7.126	85.70	8.26	0.07	27.425	106.61	29.Jul-14	07:14:34
11	2629	34.43	7.128	85.27	8.21	0.06	27.441	106.63	29.Jul-14	07:14:36
11	2630	34.43	7.131	85.17	8.20	0.07	27.444	107.36	29.Jul-14	07:14:38
11	2631	34.42	7.129	85.01	8.19	0.07	27.442	108.73	29.Jul-14	07:14:40
11	2632	34.42	7.128	84.97	8.18	0.06	27.451	110.65	29.Jul-14	07:14:42
11	2633	34.45	7.126	85.07	8.19	0.07	27.479	111.37	29.Jul-14	07:14:44
11	2634	34.44	7.131	85.29	8.21	0.06	27.474	112.18	29.Jul-14	07:14:46
11	2635	34.43	7.131	85.18	8.20	0.08	27.474	114.00	29.Jul-14	07:14:48
11	2636	34.43	7.130	85.19	8.20	0.06	27.482	115.69	29.Jul-14	07:14:50
11	2637	34.44	7.130	85.32	8.22	0.07	27.496	116.96	29.Jul-14	07:14:52
11	2638	34.43	7.130	85.56	8.24	0.07	27.488	117.07	29.Jul-14	07:14:54
11	2639	34.45	7.129	85.56	8.24	0.09	27.504	117.03	29.Jul-14	07:14:56
11	2640	34.44	7.131	85.34	8.22	0.06	27.495	116.92	29.Jul-14	07:14:58
11	2641	34.44	7.129	85.47	8.23	0.07	27.496	116.90	29.Jul-14	07:15:00
11	2642	34.44	7.130	85.55	8.24	0.08	27.495	116.85	29.Jul-14	07:15:02
11	2643	34.45	7.132	85.52	8.23	0.06	27.503	116.87	29.Jul-14	07:15:04
11	2644	34.44	7.131	85.01	8.19	0.06	27.494	116.68	29.Jul-14	07:15:06
11	2645	34.45	7.131	84.91	8.18	0.07	27.502	116.60	29.Jul-14	07:15:08
11	2646	34.45	7.130	84.90	8.18	0.05	27.502	116.53	29.Jul-14	07:15:10
11	2647	34.46	7.130	85.06	8.19	0.05	27.509	116.51	29.Jul-14	07:15:12
11	2648	34.43	7.128	85.15	8.20	0.07	27.486	116.47	29.Jul-14	07:15:14
11	2649	34.45	7.127	90.27	8.69	0.09	27.502	116.41	29.Jul-14	07:15:16
11	2650	34.44	7.130	89.91	8.66	0.08	27.495	116.71	29.Jul-14	07:15:18
11	2651	34.46	7.127	89.85	8.65	0.05	27.511	116.84	29.Jul-14	07:15:20
11	2652	34.45	7.132	89.65	8.63	0.07	27.506	117.62	29.Jul-14	07:15:22
11	2653	34.45	7.129	89.72	8.64	0.06	27.510	118.34	29.Jul-14	07:15:24
11	2654	34.45	7.133	89.65	8.63	0.06	27.516	119.73	29.Jul-14	07:15:26
11	2655	34.45	7.131	89.74	8.64	0.07	27.526	121.87	29.Jul-14	07:15:28
11	2656	34.45	7.131	89.78	8.64	0.10	27.536	124.16	29.Jul-14	07:15:30
11	2657	34.46	7.130	90.64	8.73	0.07	27.549	125.09	29.Jul-14	07:15:32
11	2658	34.44	7.131	90.61	8.73	0.07	27.536	125.81	29.Jul-14	07:15:34
11	2659	34.44	7.134	90.43	8.71	0.06	27.537	126.11	29.Jul-14	07:15:36
11	2660	34.46	7.132	89.99	8.66	0.18	27.554	126.28	29.Jul-14	07:15:38
11	2661	34.46	7.131	89.36	8.60	0.15	27.555	126.48	29.Jul-14	07:15:40
11	2662	34.45	7.131	89.31	8.60	0.80	27.547	126.41	29.Jul-14	07:15:42
11	2663	34.46	7.131	89.19	8.59	0.39	27.555	126.42	29.Jul-14	07:15:44
11	2664	34.45	7.130	89.16	8.59	0.76	27.547	126.43	29.Jul-14	07:15:46
11	2665	34.45	7.132	89.14	8.58	1.11	27.547	126.42	29.Jul-14	07:15:48
11	2666	34.45	7.131	89.03	8.57	0.68	27.547	126.37	29.Jul-14	07:15:50
11	2667	34.47	7.131	88.90	8.56	0.74	27.562	126.32	29.Jul-14	07:15:52
11	2668	34.46	7.134	88.96	8.56	0.20	27.553	126.23	29.Jul-14	07:15:54
11	2669	34.46	7.134	89.00	8.57	0.16	27.552	126.03	29.Jul-14	07:15:56
11	2670	34.47	7.131	89.11	8.58	0.09	27.560	125.82	29.Jul-14	07:15:58
11	2671	34.45	7.129	89.09	8.58	0.10	27.544	125.66	29.Jul-14	07:16:00
11	2672	34.45	7.128	88.95	8.57	0.11	27.541	125.01	29.Jul-14	07:16:02
11	2673	34.44	7.128	88.88	8.56	0.07	27.530	124.41	29.Jul-14	07:16:04
11	2674	34.45	7.127	88.98	8.57	0.07	27.535	123.81	29.Jul-14	07:16:06
11	2675	34.45	7.126	89.09	8.58	0.07	27.532	123.08	29.Jul-14	07:16:08