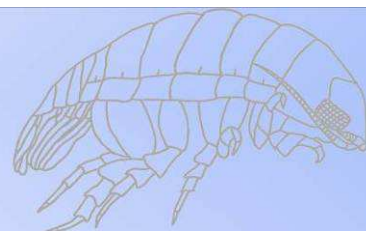


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 36 – 2014

MOM C-undersøkelse fra lokalitet Djupevika i Kvinnherad kommune, mars 2014

Einar Bye-Ingebrigtsen

Øydis Alme

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)



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 Djupevika i Kvinnherad kommune, mars 2014	Dato: 30.09.2014
	Antall sider og bilag: 46
Forfatter(e): Einar Bye-Ingebrigtsen, Øydis Alme, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Trond E. Isaksen
	Prosjektnummer: 808365
Oppdragsgiver: Sjøtroll Havbruk AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Djupevika on its surrounding environment. The parameters investigated shows poor conditions at the station close up to the facility, with poor TOM, phosphorus and zink levels, and very poor copper and TOC levels. However the benthic fauna indicate good to very good conditions at all three stations. The investigated parameters shows in general good conditions at the two more distal stations.

Keywords: Marine,
environment, survey,
MOM C, recipient

Emneord: Marin, MOM C,
undersøkelse, miljø, resipient

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 36-2014

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	30.9.2014	<i>P.O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	30.09.2014	<i>Trond E. Isaksen</i>

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

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til sediment analyser, samlet av: Torben Lode og Einar Bye-Ingebrigtsen

Litoralundersøkelse utført av: -|

Sortering av sediment utført av: Tom Alvestad, Nargis Islam, Maria Knoph, Natalia Korableva, Hanna Molden og Linda B. Pedersen.

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad, Lenka Nealova og Per Johannessen.

Faglige vurderinger og fortolkninger utført av: Per-Otto Johansen

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Smaragd (Stava Sjø AS)

Kjemiske analyser utført av: Eurofins AS **akkrediteringsnummer** TEST 003

Akkreditert: Fosfor, sink, kobber, TOC, tørrstoff

Ikke akkreditert: -

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

Akkreditert: Kornfordeling, 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.....	24
5 TAKK	25
6 LITTERATUR.....	26
7 VEDLEGG.....	27

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Djupevika (lokalitetsnr. 20455) i Kvinnheradsfjorden, Kvinnherad kommune. Innsamlingene ble gjennomført 11. mars. 2014.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Djupevika. 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 Direktoratets og Miljødirektoratets (tidligere Klif) tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Veileder 02:2013, SFT 97:03 og TA 2229/2007) og mot C-delen av MOM-systemet (NS 9410:2007).

Undersøkelsen er utført av Uni Research Miljø, seksjon for anvendt miljøforskning – marin del (SAM-Marin) på oppdrag fra Sjøtroll Havbruk AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Det har tidligere vært gjennomført en resipientundersøkelse i området som inkluderte to stasjoner ved lokaliteten Djupevika (Hatlen & Johansen, 2010), disse er undersøkt også i denne MOM C-undersøkelsen, og vil bli sammenlignet med tidligere resultater. MOM B-undersøkelsene ved Djupevika har gitt lokaliteten gode og meget gode tilstander med unntak av siste i 2013 som ga tilstand 3 (dårlig) (Fiskeridirektoratet, 2014).

2 MATERIALE OG METODER

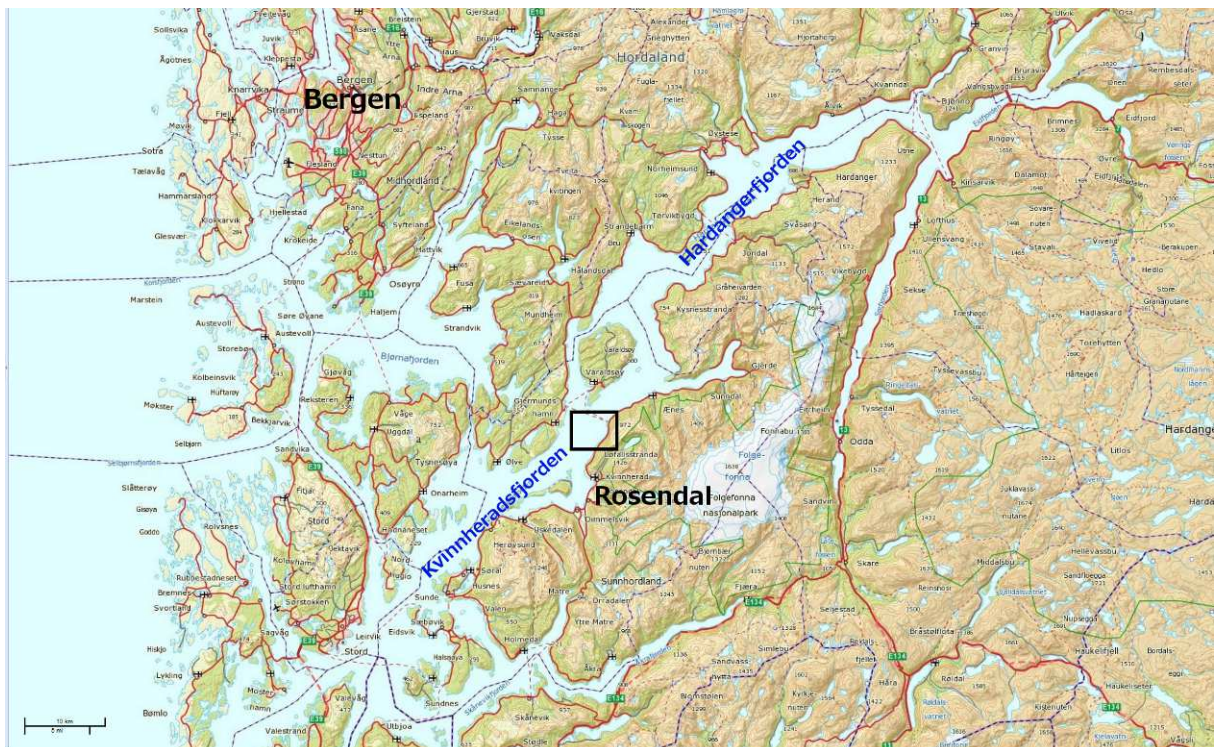
2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger nord for Rosendal, i Kvinnheradsfjorden, i Kvinnherad kommune, på ca. 150 meters dyp (Figur 2.1 og 2.2). Bunnen under anlegget skråner bratt vestover ned mot 655 meters dybde i bunnen av Kvinnheradsfjorden og det er vanskelig å få tatt gode prøver fra denne skrånningen.

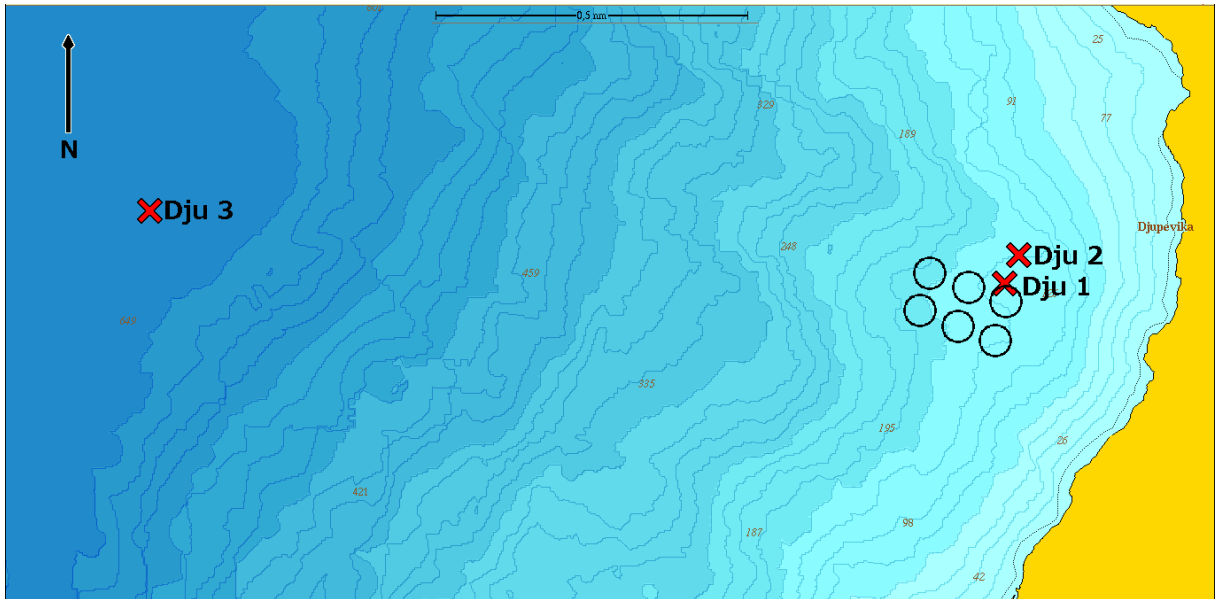
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 11. mars, 2014. Det ble tatt prøver fra én stasjon ved anlegget, én i overgangssonen og én stasjon i dypet av fjorden. Det ble tatt prøver i de samme posisjonene for Dju 1 og Dju 2 som i 2010. Pga. svært lang avstand til den historiske fjernsonestasjonen Sild 2, ble satt en ny fjernsonestasjon (Dju 3) i nærmeste dypområdet rett vest for Djupevika. Innsamlingen ble gjennomført av Torben Lode og Einar Bye-Ingebrigtsen fra SAM-Marin.

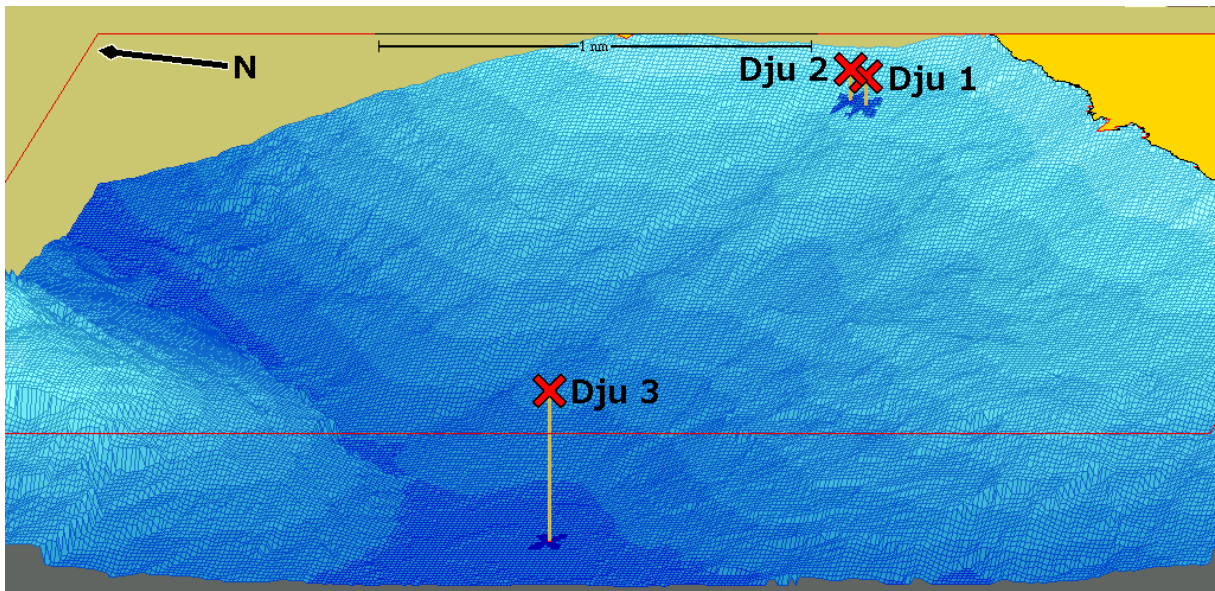
Det ble tatt vannprøver for hydrografi ved fjernsonestasjonen (Dju 3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.1: Oversiktskart over Hardanger- og Kvinnheradsfjorden. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Djupevika. Kart kilde: Fiskeridirktoratet.



Figur 2.2: Utsnitt av Djupevika med referansestasjon i dypet og stasjoner ved anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex



Figur 2.3: Skisse av bunntopografien i området rundt Djupevika. Prøvestasjonerstasjoner er markert med røde kryss. Eksakt plassering av stasjoner er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Kvinnheradsfjorden, Djupevika. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder er innhentet vha. fartøyets ekkolodd. Det ble benyttet en stor Van Veen grabb med grabbåpning på 0,1 m² til biologiprøver, og en to-delt van Veen «duograb» med en grabbåpning på 0,1 m² til biologiprøver (hovedkammer) og et mindre kammer til kjemi- og geologiprøver (0,05 m²).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøvevolum (l)	Andre opplysninger
Nærsonne Dju 1 11.03.2014	60° 02.474 N 06° 00.765 Ø	132	1	21	Biologi, MOM B-parametere
			2	8	Biologi
			3	14	Geologi, kjemi
					Hugg 1: slam og klaser av blåskjell, sterk lukt. Hugg 2: silt, ingen lukt.
Overgangs- sone Dju 2 11.03.2014	60° 02.526 N 06° 00.809 Ø	141	1	12	Biologi, kjemi, MOM B-parametere
			2	16	Biologi, geologi
					Sediment hovedsakelig bestående av silt og leire.
Fjernsone Dju 3 11.03.2014	60° 02.591 N 05° 58.026 Ø	655	1	17	Biologi, kjemi, MOM B-parametere
			2	16	Biologi, geologi CTD m/oksygenmåler
					Sediment hovedsakelig bestående av silt og leire.

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 (H₂S), som er giftig, kan dannes og føre til at dyrelivet dør ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Vann kan også være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet.

Måling av temperatur, saltholdighet, oksygen og oksygenmetning i vannsøylen ble utført med en STD/CTD-sonde av typen SD204 med påmontert oksygensensor. For å hente ut og analysere data ble den tilhørende programvaren Minisoft SD200w (versjon 3.17.11.164) benyttet.

2.2.2 Sediment

Ved hver av de tre stasjonene ble det tatt ut en prøve til analyse av totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og analyse av kornfordeling. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

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.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen i vekt mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764:1980. 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 få cm under sedimentoverflaten, og avgi rått lukt (H₂S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

Prøvetaking og analyse er utført etter gjeldende Norsk Standard NS 4764. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstillende NS-EN ISO-17025 og er akkreditert for analyse av total organisk materiale (TOM) og kornfordeling med akkrediterings nr. Test 032.

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 %.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

Analysene er utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) er utført etter NS-EN-ISO 17294-2.

Analysene av totalt organisk karbon (TOC) er utført etter NS-EN 13137 og beregning av normalisert TOC i henhold til SFT 97:03. For klassifisering av totalt organisk karbon i sedimentprøver, må konsentrasjoner av TOC i sediment standardiseres for andel finstoff (F) med bruk av formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

Det er de normaliserte verdiene som brukes i tilstandsklassifisering av TOC med bruk av grenseverdier som oppgitt i Tabell 2.3. Innholdet av tørrstoff er analysert etter NS-EN 14346. Tilstandsklasser gis for de målte parametere som inngår i Miljødirektoratets veiledere (SFT 97:03 og TA 2229/2007) (Tabell 2.3).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i marint sediment kan si noe grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorganismer som børstemark. I sterkt anoksiske sedimenter vil det derfor

kunne dannes surt miljø og hydrogensulfid (H_2S) under bakteriell nedbryting av organisk materiale. Surhetsgrad og redokspotensialet i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGo™ pH/Eh metere (Mettler Toledo). Redokspotensialet ble målt med Ag/AgCl-redokselektrode (InLab Redox) fylt med 3M KCl løsning. Miljøtilstand basert på disse målingene er beregnet på samme måte som i MOM B-undersøkelser i henhold til skjema B1 (NS 9410:2007).

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. Dersom det er dårlige miljøforhold vil det være få eller ingen arter tilstede i sedimentet.

For innsamling av bunnprøver er det brukt en stor Van Veen grabb og en to-delt 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 $0,1\text{ m}^2$. 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 $0,1\text{ m}^2$ stor Van Veen grabb har et volum på 16,5 liter, mens den to-delte Van Veen grabben har et volum på 21 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si at grabben må inneholde minst 5 liter sediment for at prøven kan godkjennes for biologiske analyser (NS-EN ISO 16665:2013). Prøver med mindre prøvolum kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet vaskes gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard, 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene er fiksert ved tilsetning av 20 % formalin tilsatt bengalrosa og nøytralisert med boraks. I laboratoriet skylles prøvene på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene sorteres ut fra sediment-restene og overføres til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det lar seg gjøre bestemmes dyr til art. Bunndyrsmaterialet oppbevares i SAM-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 bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

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

Direktoratsgruppa 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 (E_{s100}), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI₂₀₁₂ 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 (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 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 2.3: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i SFT 97:03, TA 2229/2007 og Veileder 02:2013. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

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

*Omregningsfaktoren til mgO₂ /l er 1,42** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6⁰C**Tabell 2.4:** Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410:2007.

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

Det har vært drift ved lokaliteten Djupevika siden produksjonen først startet i 2003, men anleggets plassering har endret seg flere ganger ifm. overgang fra stålanlegg til ringer, utvidelse av MTB og antall ringer (sist i 2011). Anlegget består av 6 merder hver på 160 meter ved undersøkelsestidspunktet. Undersøkelsen er utført i brakkleggingsperioden (05.08.2013 – 03.04.2014).

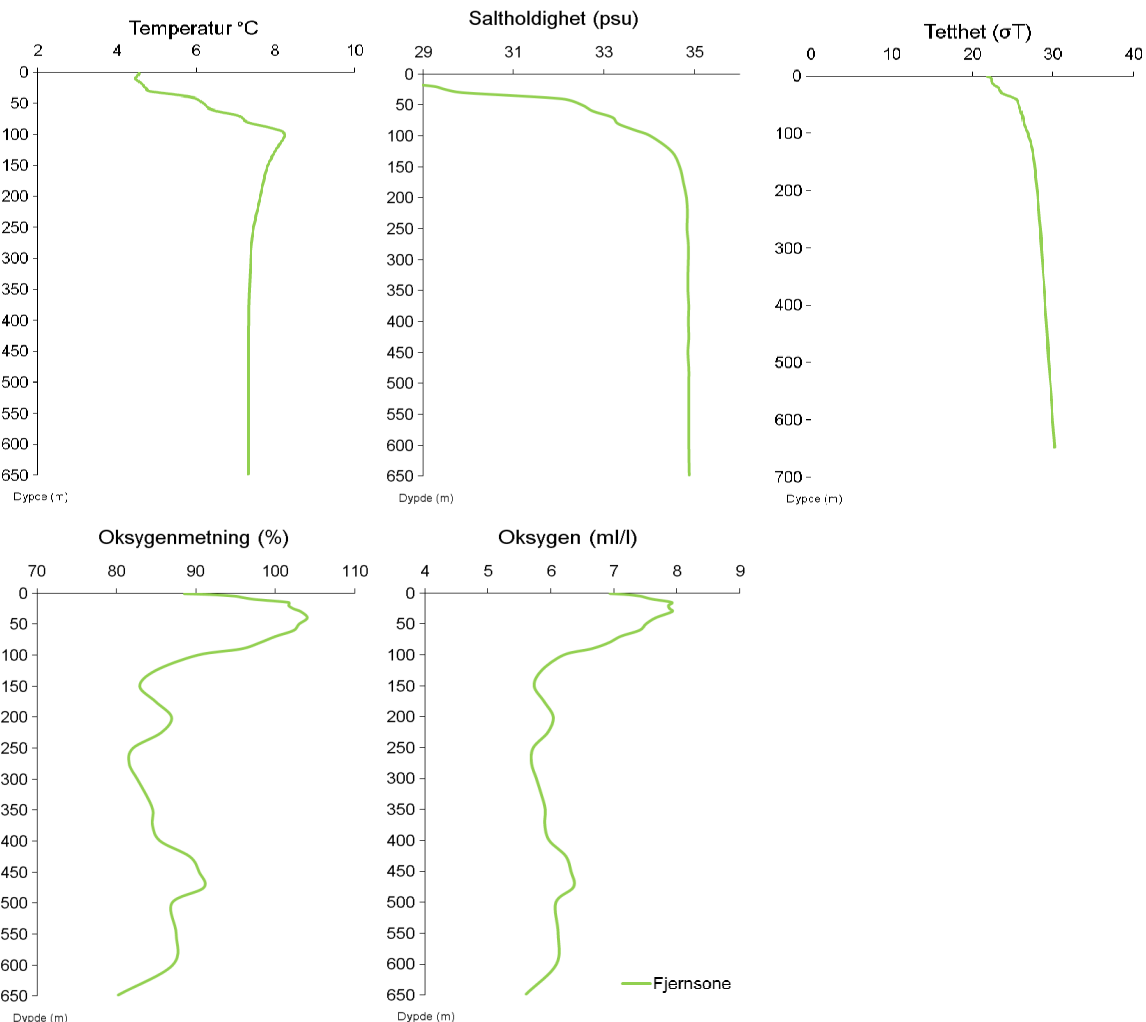
Tabell 2.5. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år:

År	Utføret mengde	Produsert mengde
2014 (01.01 - 11.03)	-	-
2013	3 021 t	2 527 t
2012	3 119 t	2 691 t
2011	3 062 t	2 361 t

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Dju 3 (fjernsone), 11. mars 2014. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



Figur 3.1: Lokalitet Djupevika. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l på fjernsonestasjon, målt med STD/CTD-sonde med påmontert oksygensensor fra overflaten og ned mot bunn den 11. mars 2014. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Det er et tydelig sprangsjikt (pyknoklin) på 40 meters dyp som skiller overflatevannet fra de underliggende vannmassene på undersøkelsestidspunktet. Et sprangsjikt antyder en vertikal inndeling av vannmassene ved at både temperatur og saltholdighet direkte påvirker vannets tetthet og dermed blanding av vannmassene. Sprangsjiktet hindrer effektivt vannmassene i de øvre vannlag fra å blandes med vann nedenfor. Dybden på sprangsjiktet vil variere med dybdefordelingen av temperatur og saltholdighet som følge av årstider og værforhold.

Oksygeninnhold i vannsøylen varierer mye (5,6 - 7,9 ml/l) ved undersøkelsestidspunktet, men er generelt høyt. Fra en topp på 30 meters dyp (7,9 ml/l) synker nivået raskt ned til 150 meters dyp (5,7 ml/l). Derfra er det kun mindre variasjoner mot bunnen på 648 meters dyp.

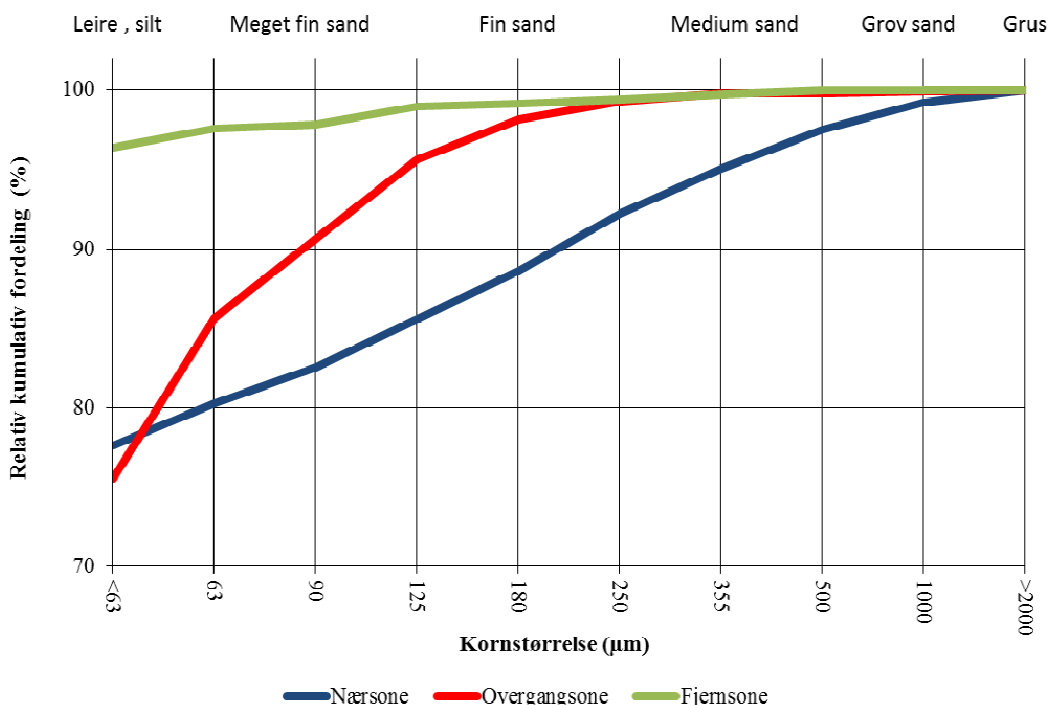
Oksygeninnhold i bunnvann ble målt til 5,6 ml O₂/liter (metning 80,3 %), det tilsvarer Miljødirektoratets (SFT 97:03) tilstandsklasse I (Svært god).

3.2 Sediment

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

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Djupevika, mars, 2014. Historiske data fra juli 2010 (Hatlen & Johansen, 2010) er presentert i kursiv.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Dju 1, Nærsone					
2014	132	23,40	77,3	21,7	0,8
<i>2010</i>	<i>131</i>	<i>66,30</i>	<i>90</i>	<i>10</i>	<i>-</i>
Dju 2, Overgangssone					
2014	141	2,67	75,5	24,4	0,1
<i>2010</i>	<i>143</i>	<i>2,90</i>	<i>82</i>	<i>18</i>	<i>-</i>
Dju 3, Fjernsone					
2014	655	7,79	96,3	3,7	0,0



Figur 3.2: Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Djupevika: Nærsone, Dju 1; Overgangssone, Dju 2; Fjernsone, Dju 3. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (NS-EN ISO 16665:2013): leire / silt (< 63 µm), meget fin sand (63 – 124 µm), fin sand (125 – 249 µm), medium sand (250 – 499 µm), grov sand (500 – 2000 µm), grus (> 2000 µm).

Tabell 3.1 viser prosentvis fordeling av sedimentfraksjoner for de 3 undersøkte stasjonene.

Nærsonen (Dju 1) domineres av finpartikulært sediment som leire og silt (77,3 % av alt sediment) og sand (21,7 %). Den resterende andelen består av grus (0,8 %). Overgangssonen (Dju 2) har en tilnærmet lik sediment-sammensetning, med dominans av leire, silt og sand. Fjernsonen (Dju 3) består sedimentet nesten utelukkende av leire og silt (96,3 %), med en liten andel sand (3,7 %).

Kornstørrelsesfordelingen ved undersøkelsestidspunktet ved de 3 stasjonene indikerer at det er bedre bunnstrømforhold i nærsonen (Dju 1) og overgangssonen (Dju 2) sammenlignet med fjernsonen (Dju 3). Bunnstrømforhold påvirker sedimenteringsrater av ulike partikkelstørrelser ved at svake bunnstrømmer tillater finere partikler å sedimentere. Slike lavstrømsområder kan påvirke områders miljøkvalitet ved at finpartikulært sediment enklere binder opp organiske og kjemiske avfallsstoffer, samtidig som disse avfallsstoffene har lettere for å sedimentere grunnet den lave strømhastigheten.

Normale verdier for glødetap i norske fjorder ligger på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdien for nærsonen (Dju 1) er forhøyet, med 23,4 % glødetap. For øvrig en sterk nedgang fra glødetapsverdien på 66,3 % i 2010 (Hatlen & Johansen, 2010). Dette indikerer høy grad av organisk belastning ved denne stasjonen. Glødetapsverdiene for overgangssonen (Dju 2) er tilnærmet uendret siden undersøkelsen i 2010 og er å anse som normale. Verdiene i fjernsonen (Dju 3) er også lave.

3.3 Kjemi

3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis under 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Fosforverdiene viser store variasjoner mellom de 3 undersøkte stasjonene (Tabell 3.2). Verdiene for fjernsonen (Dju 3) er innenfor det som betraktes som normalt (900 mg/kg TS). Mens overgangssonen (Dju 2) viser svakt forhøyede verdier (1 600 mg/kg TS). Ved nærsonen (Dju 1) ligger imidlertid konsentrasjonen av fosfor på hele 15 000 mg/kg TS. Dette er sterkt forhøyede verdier og tyder på høy grad av organisk belastning.

Nærsonen (Dju 1) har, til tross for en vesentlig nedgang fra målingene i 2010, svært høye verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Overgangssonen (Dju 2) og fjernsonen (Dju 3) viser langt bedre verdier for normalisert TOC og får henholdsvis Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunn) og II (God).

Klassifiseringssystemet krever beregning av normalisert totalt organisk karbon (TOC). Dette betyr at både finstoff (leire og silt) og TOC må analyseres og brukes i beregningene. I følge SFT 97:03 har dette medført at grenseverdiene mellom tilstandsklassene har blitt strengere. Formelen som benyttes til dette er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten. Slike kystnære områder kan ha til dels store variasjoner med tanke på organisk materiale i sediment. Kilden til slike variasjoner kan være både terrestrisk

og marin (TA-1883/2002). Det påpekes også i Veileder 02:2013 at forholdet mellom normalisert TOC og glødetap er vist å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare.

Verdiene av metallene kobber og sink er målt for samtlige undersøkte stasjoner (Tabell 3.2). Nærsonen (Dju 1) viser også her forhøyede nivåer, med hele 1000 mg/kg TS sink og 800 mg/kg TS kobber, dette gir henholdsvis tilstandsklasse IV (Dårlig) og V (Svært dårlig), en betydelig forverring fra 2010 hvor kobber- og sinknivåene var gode. Overgangssonen (Dju 2) og fjernsonen (Dju 3) viser gode til svært gode verdier (tilstandsklasse I-II, Bakgrunnsnivå - God) for begge måleparameterne.

Tabell 3.2: Innholdet av de undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved Djupevika, mars 2014. Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering (TA 2229/2007) for sink, kobber og etter SFT 97:03 for normalisert TOC; for TK grenseverdier, se Tabell 2.3. Historiske data fra juli 2010 (Hatlen & Johansen, 2010) er presentert i kursiv.

Stasjon	Totalt org. karbon mg/g	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Dju 1, Nærsonen									
2014	180	184,1	V	15000	1000	IV	800	V	36,9
<i>2010</i>	<i>340</i>	<i>341,8</i>	<i>V</i>	<i>5300</i>	<i>160</i>	<i>II</i>	<i>9</i>	<i>I</i>	<i>-</i>
Dju 2, Overgangssone									
2014	11	15,4	I	1600	100	I	45	II	65,7
<i>2010</i>	<i>10</i>	<i>13,2</i>	<i>I</i>	<i>670</i>	<i>44</i>	<i>I</i>	<i>11</i>	<i>I</i>	<i>-</i>
Dju 3, Fjernsone									
2014	20	20,7	II	900	180	II	33	I	43,6

3.3.2 Måling av pH og redokspotensialet (E_h)

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.

PH-verdiene er gode for de 3 målte stasjonene. Kombinert med E_h målingene gir dette tilstand 1 (Svært god) for overgangssonen (Dju 2) og fjernsonen (Dju 3). I nærsonen (Dju 1) er E_h-verdien betydelig lavere og gir tilstand 2 (God), en klar forbedring fra pH/E_h-målingene i 2010.

Tabell 3.3: Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved Djupevika, mars 2014. Den beregnede pH/ E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best. Historiske data fra juli 2010 (Hatlen & Johansen, 2010) er presentert i kursiv.

Stasjon / Parameter	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
Dju 1, Nærsonne				
2014	7,64	-109	2	2
<i>2010</i>	<i>6,10</i>	<i>-45</i>	<i>5</i>	<i>4</i>
Dju 2, Overgangssone				
2014	7,29	59	1	1
<i>2010</i>	<i>7,40</i>	<i>125</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
Dju 3, Fjernsone				
2014	7,78	293	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 lokalitet Djupevika i mars 2014. De fleste bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Nærsonestasjonen Dju 1 ligger på 132 m tett opptil den nordlige langsiden av anlegget. Her ble det funnet totalt 6 arter med til sammen 2843 individer. Samtlige biologiske indekser havner i tilstandsklasse V. Resultatene viser at det er en skjev fordeling av arter på stasjonen, med få arter og høy forekomst av forurensningstolerante og opportunistiske arter. I følge MOM-standarden er imidlertid diversitetsindekser lite egnet til å angi tilstandsklasse nær oppdrettsanlegg. Det er i stedet utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen miljøtilstand 2 (god). Faunaen på stasjonen var dominert av børstemarken *Capitella capitata*, som med hele 2247 individer utgjorde 79 % av det totale individantallet i prøvene. Dette er en art som trives på lokaliteter med høy organisk belastning. Børstemarkene *Ophryotrocha lobifera* og *Vigorniella ardabilia* er også typiske arter i områder med store mengder organisk materiale, og finnes ofte beitende på bakteriematter. Fordelingen på geometriske klasser, med en svært flat, hakkete graf med flere nullverdier, indikerer også miljøpåvirkning på stasjonen (Figur 3.3). Sammenlignet med undersøkelsen fra 2010 har de fleste indeksene økt noe og miljøtilstanden har gått opp, da det ble funnet flere arter og langt flere individer enn tidligere. Dette dreier seg imidlertid om arter man normalt finner under belastede forhold.

Ved overgangsstasjonen Dju 2, på 141 m dyp, ble det funnet 45 arter og 2268 individer totalt. Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') ble på huggsnivå (snitt) beregnet til 2,88 og ømfintlighetsindeksen NSI ble beregnet til 13,7 som gir henholdsvis tilstandsklasse III (Moderat) og IV (Dårlig). NQ1, som beskriver artsmangfold og ømfintlighet, får også tilstandsklasse III). Tetthetsindeksen DI, som er utarbeidet med tanke på svært høye eller lave individantall, havner imidlertid i tilstandsklasse V (Svært dårlig). Det høye individantallet

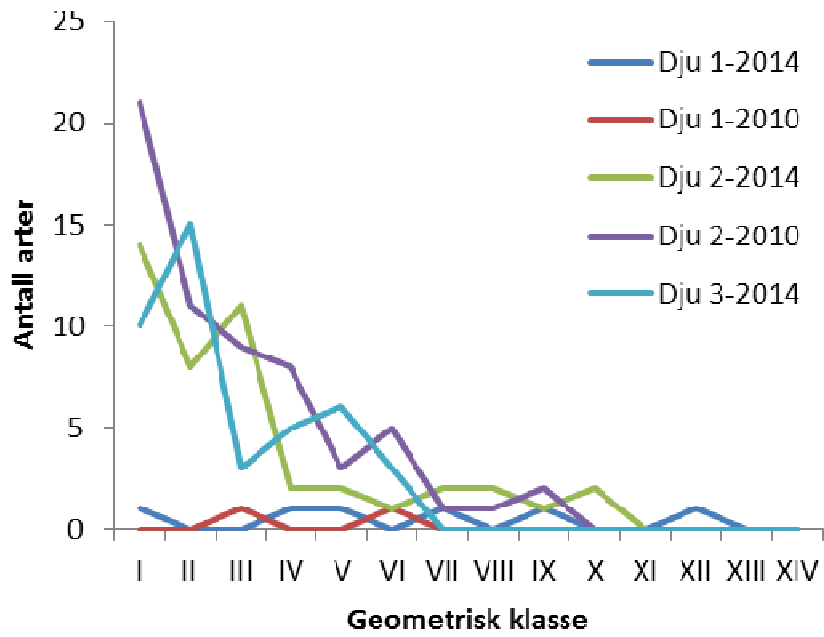
er en indikasjon på organisk belastning på stasjonen. MOM-klassifiseringen gjelder imidlertid også for overgangssonen, og etter dette systemet får Dju 2 miljøtilstand 1 (meget god). Den mest tallrike arten på stasjonen var børstemarken *Capitella capitata*, med 600 individer og 26 % av totalen etterfulgt av børstemarken *Paraprionospio alata* (597 individer, 26 %). Fordelingen på geometriske klasser tyder også på miljøpåvirkning på stasjonen. Sammenlignet med undersøkelsen ved samme lokalitet i 2010 har samtlige indekser gått ned. Dette skyldes en økning i individtetthet og nedgang i artsrikhet, samt en økning i andelen av opportunistiske og forurensningstolerante arter som kan indikere påvirkede forhold. MOM-miljøtilstanden er imidlertid uforandret.

Fjernstasjonen Dju 3 ligger i dypet av Kvinnheradsfjorden, vest for anlegget på 655 m dyp. Her ble det funnet 419 individer fordelt på 42 arter. Diversiteten (H') ble beregnet til 4,20 som gir tilstandsklasse II (God). Ømfintlighetsindeksen NSI og den sammensatte indeksen NQ11 havner også i tilstandsklasse II. Samlet sett havner Dju 3 i øvre sjikt av tilstandsklasse II med en tilstandsverdi på 0,77. De mest tallrike artene på stasjonen var skjellet *Kelliella abyssicola* med 62 individer (15 %) og børstemarken *Paradiopatra fiordica* med 43 individer (10 %). Og det var fem skjellarter og en pølseormart bland de ti vanligste artene. Alt i alt tyder resultatene på gode forhold på stasjonen, med høy artsrikdom, jevn fordeling av arter og en faunasammensetning som ikke bærer preg av miljøpåvirkning. Grafen for de geometriske klassene er imidlertid noe hakkete, som kan indikerer noe forurensning.

De multivariate analysene viser en høy likhet (ca. 70 %) mellom huggene innad på stasjonen på Dju 2 og Dju 3, samt ca. 40 % likhet over tid på overgangsstasjonen Dju 2 (Fig. 3.4 og 3.5). Nærsonestasjonen Dju 1 skiller seg tydelig fra de øvrige, og her er det også høyere variabilitet mellom huggene, som gjør at man ikke ser noen klar forskjell over tid. Fjernsonestasjonen Dju 3 som ligger betydelig dypere enn de andre stasjonene, hadde kun ca. 20 % likhet med de øvrige stasjonene.

Tabell 3.4: Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved Djupevika, mars 2014, samt historiske stasjoner fra nærsone og overgangssone (juli 2010). Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES₁₀₀ og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQ1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Beregnede indeksverdier og nEQR er vist for alle stasjonene (nær-, overgangs- og fjernsone), men gjelder kun for vurdering av tilstanden til fjernsone. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Klassifisering av tilstand i fjernsone er gitt i henhold til Veileder 02:2013 med bruk av nEQR-verdier. Grabbverdien av nEQR er basert på grabbgjennomsnittet for hver enkel indeks mens stasjonsverdien av nEQR er basert på sum (kumulert grabbdata). Miljøtilstand og tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	NQ1 verdi	H' verdi	ES ₁₀₀ verdi	ISI ₂₀₁₂ verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi	Miljø-tilstand					
Nærsone																
Dju 1 11.03.2014	1	6	751	0,32	1,52	4,90	4,54	7,30	0,83							
	2	2	2092	0,14	0,15	1,90	1,58	7,00	1,27							
	Sum	6	2843	0,25	0,93	3,80	4,54	7,00	1,10		2					
	Snitt	4	1422	0,24	0,83	3,40	3,06	7,20	1,10							
	Stasjon _{nEQR}				0,16	0,21	0,15	0,21	0,14	0,16		-				
Grabb _{nEQR}				0,15	0,19	0,14	0,14	0,14	0,16		-					
Dju 1 01.07.2010	1	1	1	-	0,00	1,00	1,58	7,00	2,05							
	2	2	63	0,16	0,34	2,00	1,58	7,00	0,25							
	Sum	2	64	0,15	0,40	2,00	1,58	7,00	0,54		3					
	Snitt	2	32	0,12	0,17	1,50	1,58	7,00	0,54							
	Stasjon _{nEQR}				0,10	0,09	0,08	0,07	0,14	0,47		-				
Grabb _{nEQR}				0,10	0,04	0,06	0,07	0,14	0,47		-					
Overgangssone																
Dju 2 11.03.2014	1	38	1682	0,53	3,04	12,90	6,91	14,20	1,18							
	2	29	586	0,50	2,72	12,90	7,38	13,20	0,72							
	Sum	45	2268	0,53	3,05	13,50	7,36	13,90	1,00		1					
	Snitt	34,0	1134,0	0,51	2,88	12,90	7,15	13,70	1,00							
	Stasjon _{nEQR}				0,46	0,61	0,50	0,58	0,36	0,18		0,45				
Grabb _{nEQR}				0,43	0,58	0,48	0,57	0,35	0,17		0,43					
Dju 2 01.07.2010	1	45	592	0,62	3,90	23,20	8,28	18,80	0,72							
	2	46	791	0,57	3,50	20,70	7,98	15,90	0,85							
	Sum	61	1383	0,60	3,80	21,90	8,31	17,30	0,79		1					
	Snitt	46,0	692,0	0,59	3,70	22,00	8,13	17,40	0,79							
	Stasjon _{nEQR}				0,56	0,69	0,66	0,68	0,49	0,25		0,55				
Grabb _{nEQR}				0,55	0,68	0,66	0,66	0,49	0,25		0,55					
Fjernsone																
Dju 3 11.03.2014	1	30	180	0,78	4,19	24,10	10,40	24,70	0,21							
	2	35	239	0,79	4,22	25,80	10,09	24,20	0,33							
	Sum	42	419	0,79	4,32	25,30	10,17	24,40	0,27							
	Snitt	33	210	0,79	4,20	25,00	10,24	24,40	0,27							
	Stasjon _{nEQR}				0,77	0,75	0,70	0,83	0,78	0,82		0,77				
Grabb _{nEQR}				0,77	0,73	0,69	0,84	0,78	0,82		0,77					
<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <td style="background-color: #00FFFF;">Svært god</td> <td style="background-color: #00FF00;">God</td> <td style="background-color: #FFFF00;">Moderat</td> <td style="background-color: #FFA500;">Dårlig</td> <td style="background-color: #FF0000;">Svært dårlig</td> </tr> </table>												Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig												



Figur 3.3: Antall arter plottet mot geometriske klasser i prøvene fra Djupevika, mars 2014.

Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene fra prøvene ved Djupevika i 2014 og ved forrige undersøkelse. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m².

Dju 1	Antall individer	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	2247	79,0	79,0
<i>Paraprionospio alata</i>	494	17,4	96,4
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	66	2,3	98,7
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	25	0,9	99,6
<i>Ophryotrocha</i> sp.	10	0,4	100
<i>Nereis pelagica</i>	1	0,0	100

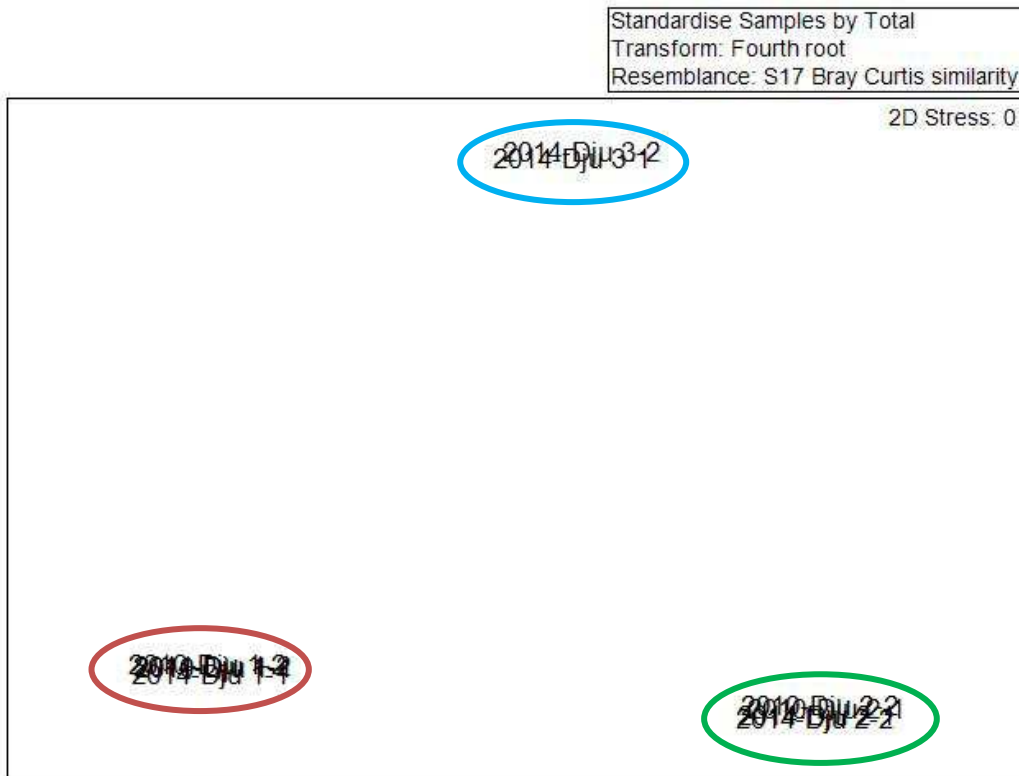
Dju 2	Antall individer	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	600	26,5	26,5
<i>Paraprionospio alata</i>	597	26,3	52,8
<i>Thyasira sarsi</i>	266	11,7	64,5
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	252	11,1	75,6
<i>Lagis koreni</i>	194	8,6	84,2
<i>Raricirrus beryli</i>	88	3,9	88,1
<i>Chaetozone</i> sp.	81	3,6	91,6
<i>Scalibregma inflatum</i>	38	1,7	93,3
<i>Abra nitida</i>	23	1,0	94,3
<i>Aphelochaeta</i> sp.	17	0,7	95,1

Dju 3	Antall individer	%	Kum. %
<i>Kelliella abyssicola</i>	62	14,8	14,8
<i>Paradiopatra fiordica</i>	43	10,3	25,1
<i>Thyasira obsoleta</i>	41	9,8	34,8
<i>Terebellides stroemii</i>	30	7,2	42,0
<i>Nucula tumidula</i>	30	7,2	49,2
<i>Axinulus eumyarius</i>	27	6,4	55,6
<i>Sipuncula</i>	25	6,0	61,6
<i>Aphelochaeta</i> sp.	23	5,5	67,1
<i>Mendicula ferruginosa</i>	22	5,3	72,3
Lumbrineridae	14	3,3	75,7
<i>Chaetozone jubata</i>	14	3,3	79,0

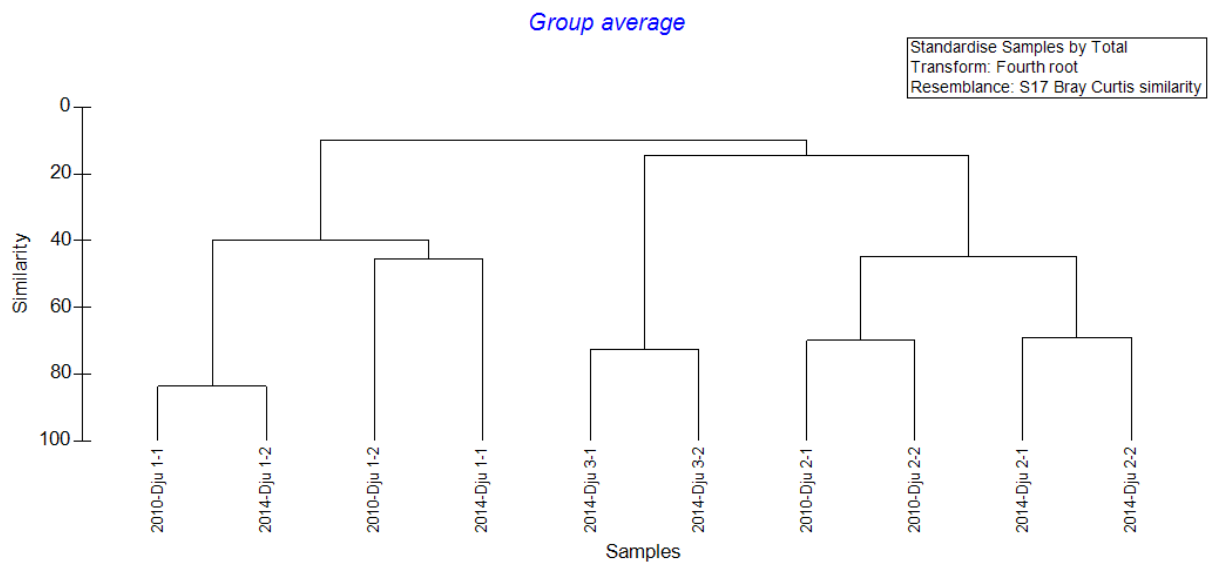
Dju 1 2010	Antall individer	%	Kum. %
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	59	92,2	92,2
<i>Capitella capitata</i>	5	7,8	100,0

Dju 2 2010	Antall individer	%	Kum. %
<i>Chaetozone</i> sp.	325	23,5	23,5
<i>Capitella capitata</i>	299	21,6	45,1
<i>Thyasira sarsi</i>	148	10,7	55,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	117	8,5	64,3
<i>Prionospio steenstrupi</i>	59	4,3	68,5
<i>Heteromastus filiformis</i>	57	4,1	72,7
<i>Abra nitida</i>	53	3,8	76,5
<i>Exogone</i> sp.	46	3,3	79,8
<i>Scalibregma inflatum</i>	35	2,5	82,4
<i>Lipobranchius jeffreysii</i>	30	2,2	84,5

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



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



Figur 3.5: Cluster plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt ved Djupevika, mars 2014. Betegnelsene som f.eks «2010-Dju 1-1» angir henholdsvis årstall, lokalitet, stasjon (1=nærsonne, 2=overgangssone, 3=fjernsone) og hugg. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Djupevika i Kvinnheradsfjorden, Kvinnherad kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 11. mars 2014. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og i dypet av fjorden (fjernsonen).

De undersøkte stasjonene ved nærsonen og overgangssonen består ved undersøkelsestidspunktet av et finkornet sediment i hovedsak bestående av leire og silt, men også noe sand. Sedimentet i fjernsonen består også av finpartikulært sediment, men esten utelukkende av leire og silt (96,3 %). Sediment-forholdene indikerer kraftigere bunnstrømforhold ved nærsonen og overgangssonen enn ved fjernsonen.

Bunnvannet ved fjernsonen er oksygenrikt og har en metningsgrad på 80,3 % (5,6 ml O₂/liter) ved 648 meter, og gir Miljødirektoratets tilstandsklasse I - Svært god.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Sedimentet ved nærsonen har et forhøyet glødetap på 23,4 %. Overgangssonen og fjernsonen har ved undersøkelsestidspunktet lave verdier for glødetap, godt innenfor konsentrasjoner for norske fjorder som typisk er på under 10 %.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet svært høye TOC-verdier og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Prøver fra overgangssonen og fjernsonen viser lavere verdier av TOC og får henholdsvis Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god) og II (God). Det må understrekes at verdier og forhold angitt av glødetap og TOC ikke nødvendigvis er sammenlignbare og TOC er ikke tilpasset forholdene i kystnære områder.

Konsentrasjonene av fosfor er svært forhøyet i sedimentet ved nærsonen ved undersøkelsestidspunktet. Overgangssonen har svakt forhøyede fosforverdier, mens fjernsonen verdier som er innenfor det som er normalt i marine sediment. Måling av pH og Eh viser generelt gode forhold både i nærsonen, overgangssonen og fjernsonen.

Kobber og sink viser gode til svært gode verdier i overgangssonen og fjernsonen. Dårligst er det imidlertid ved nærsonen, hvor parameterne gir Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig) for kobber og IV (Dårlig) for sink.

Bunnfaunaen ved nærsonen vitner om organisk belastning ved undersøkelsestidspunktet. Det ble funnet totalt 6 ulike arter i prøvene fra nærsonen, hvorav det var høy forekomst av forurensningstolerante og opportunistiske arter som kjennetegner områder med høy organisk belastning. Den mest dominerende arten utgjorde hele 79 % av det samlede antall individer. I henhold til NS 9410 som er gjeldende for områder nærliggende oppdrettsanlegg får nærsonen miljøtilstand 2 (God). Bunnfaunaen ved overgangssonene vitner om moderat forurensete forhold, men antall arter og artssammensetningen gir miljøtilstand 1 (Meget god) i henhold til NS 9410. Bunnfaunaen i fjernsonen bærer ikke preg av miljøpåvirkning,

med en tilstandsverdi på 0,77 helt i det øvre sjikt av tilstandsklasse II (God) i henhold til Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 2013).

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Djupevika, mars 2014, viser tydelig miljøpåvirkning på lokaliteten ved undersøkelsestidspunktet. Spesielt fremstår nærsonen som belastet med svært høye verdier for TOC, fosfor, sink og kobber i tillegg til høye glødetapsverdier. Men bunndyrsforholdene i nærsonen viste god miljøtilstand (tilstandsklasse 2). Overgangssonen og fjernsonen fremstår som mye mindre påvirket, med gode verdier for glødetap, TOC, fosfor, sink og kobber i tillegg til meget gode (overgangssonen) og gode (fjernsonen) bunndyrsforhold. Kilde til fosfor og TOC kan være menneskelig påvirkning fra havbruk, landbruk og kommunale avløp. I tillegg er det naturlige variasjoner som følge av klimatiske forhold. Ettersom det er kun nærsonen som har forhøyede verdier av disse parameterne så er det svært sannsynlig at kilden i dette tilfellet er havbruksaktiviteten ved Djupevika. Sink og kobber finner man i fiskefôr, i tillegg er det vanlig med kobber og sink i impregneringsstoffene som blir brukt på nøtene, og sink i forsinket (rustfritt) metall.

MOM B-parameterne (Vedleggstabell 1) tatt ved nærsonen samsvarer godt med B-undersøkelsen fra 2013 (Resipientanalyse AS, 2013).

Sammenlignet med resultatene i undersøkelsen fra 2010 så har pH/Eh, glødetap, TOC, og miljøtilstand (bunnfauna) i nærsonen blitt bedre, mens fosfor-, kobber- og sinkverdiene har blitt betydelig dårligere. I overgangssonen er situasjonen tilnærmet uendret siden undersøkelsen i 2010. Lokaliteten har fått en økt MTB siden forrige undersøkelse, med økt produksjon og en større lokalitet (flere merder/nøter) følger naturligvis en større belastning på lokaliteten.

Mulige tiltak for å bedre forholdene ved lokaliteten kan bestå av å flytte anlegget lengre ut i fjorden til en plassering med bedre strømforhold, øke brakkleggingsperioden, eller evt. redusere produksjonen.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene under anlegg nøye for å unngå negativ innvirkning både på driften og miljøet. Spesielt kan det være nyttig å få til bunnundersøkelser både i forbindelse med maks produksjon og fullført brakkleggingsfase, da dette gir utfyllende informasjon på driftens belastende effekt og områdets evne til innhenting. Resipientens evne til å ta seg inn igjen til sin naturlige tilstand i løpet av brakkleggingsperiodene er avgjørende for hvorvidt pågående drift er forsvarlig med tanke på områdets fremtidige miljøkvalitet.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Torben Lode og Einar Bye-Ingebrigtsen fra SAM-Marin, samt Torfinn Johansen og Trond Stava fra Stava Sjø AS. Bunnprøvene ble sortert av Tom Alvestad, Nargis Islam, Maria Knoph, Natalia Korableva, Hanna Molden og Linda B. Pedersen. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad, Lenka Nealova og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet, 181 s.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratsgruppa, 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 kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Fiskeridirektoratet. 2014. Fiskeridirektoratets kartløsning - MOM B Miljøtilstand, Djupevika [internett]. Tilgjengelig fra: <http://kart.fiskeridir.no> [lest 16.7.2014].
- Hatlen, K, P-O. Johansen. 2010. MOM-C undersøkelser I Sildafjorden, Kvinnherad kommune. SAM e-rapport nr. 12-2010. 67 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s. TA 1467/1997.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Omli, L., Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B og Walday, M. 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Kystovervåkingsprogrammet. TA-1883/2002.
- NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS 9410. 2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 13137. 2001. Karakterisering av avfall – Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 16665. 2013. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna (ISO 16665:2014).
- NS-EN ISO 17294-2. 2004. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) – Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 5667-19. 2005. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 14346. 2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Resipientanalyse AS, 2013. Resipientgransking MOMB Lokalitet Djupevik, Kvinnherad kommune. Rapport nr. 1025-2013. 16 s.

7 VEDLEGG

<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata</i>	28
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	37
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste.....</i>	38
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	42
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	43
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i>	46

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.

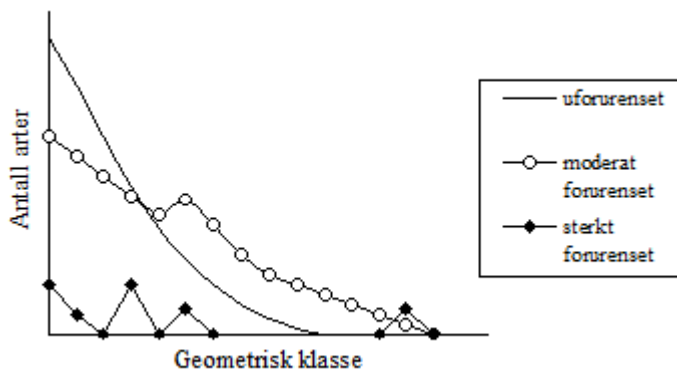
Geometriske klasser

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 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.

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

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

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

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI, AMBI og NSI.

ISI er beskrevet av Rygg (2002) og senere revidert, den reviderte ISI betegnes ISI₂₀₁₂ (Rygg og Norling, 2013). Beregning av ISI 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 (Azti Marin Biotic Index) tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al., 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaeksperter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

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

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

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

Individtetthet

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

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

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

Sammensatte indekser

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

NQI1 er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

hvor N er antall individer og S antall arter

Klassegrenser

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

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

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5.7-4.8	4.8-3	3-1.9	1.9-0.9	0.9-0
ES ₁₀₀	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
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

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

Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

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

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

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

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

nEQR gir et tallverdi på en skala fra 0 til 1. Ettersom nEQR følger en kontinuerlig skala viser verdien ikke bare tilstandsklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger.

Multivariate analyser

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

Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

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

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

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

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

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

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

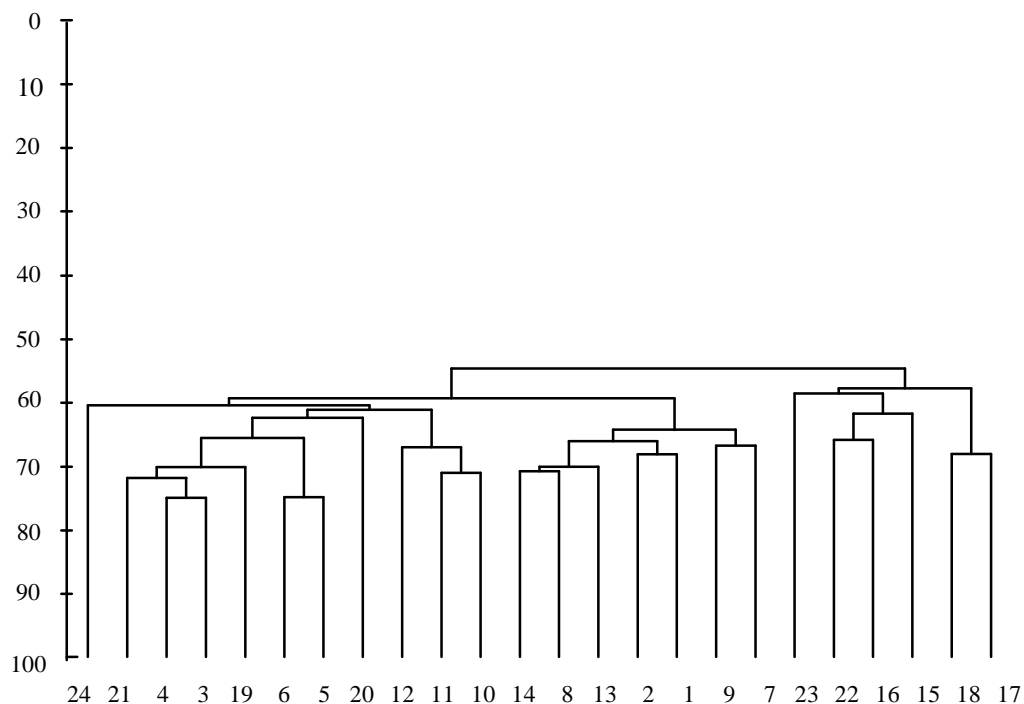
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

Dataprogrammer

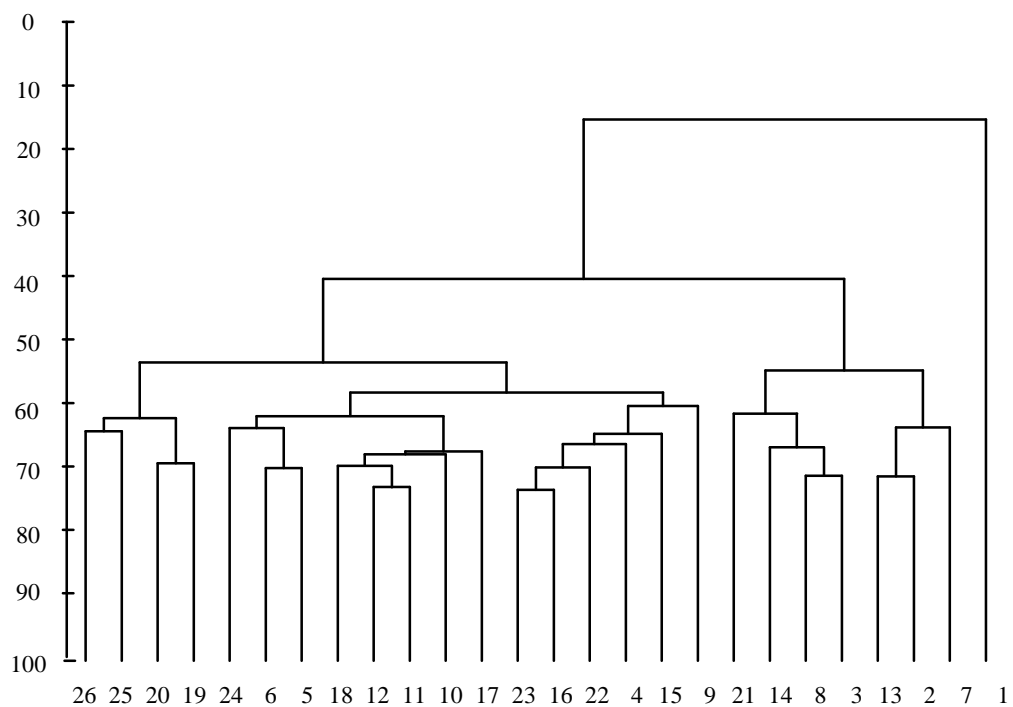
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet (H') og inndelingen i geometriske klasse. «Diversi»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

FAUNALIKHET

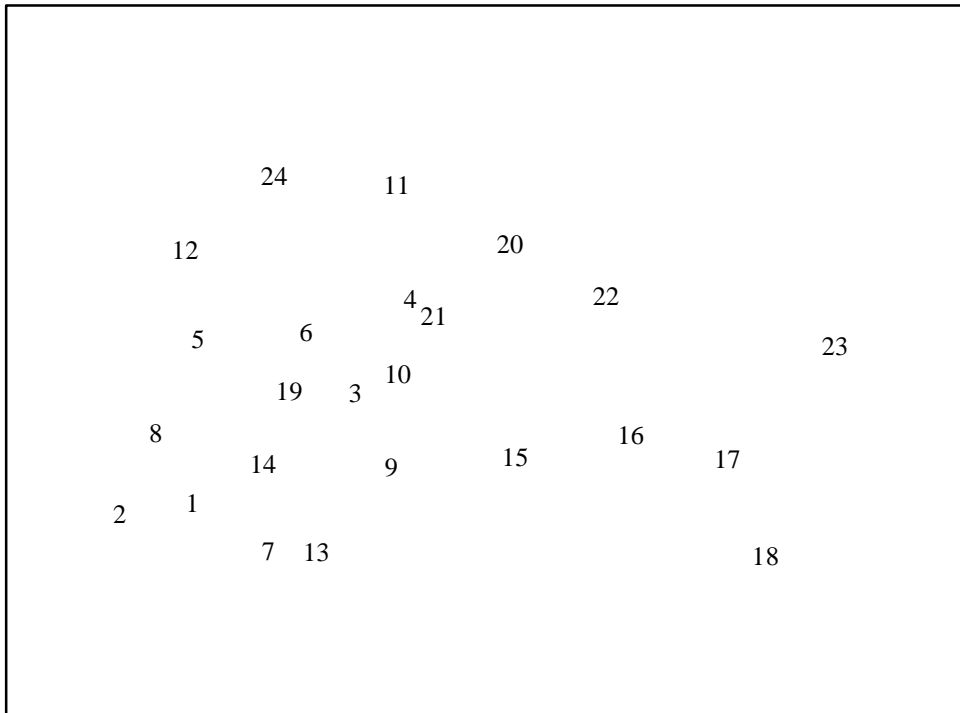


FAUNAFORSKJELL

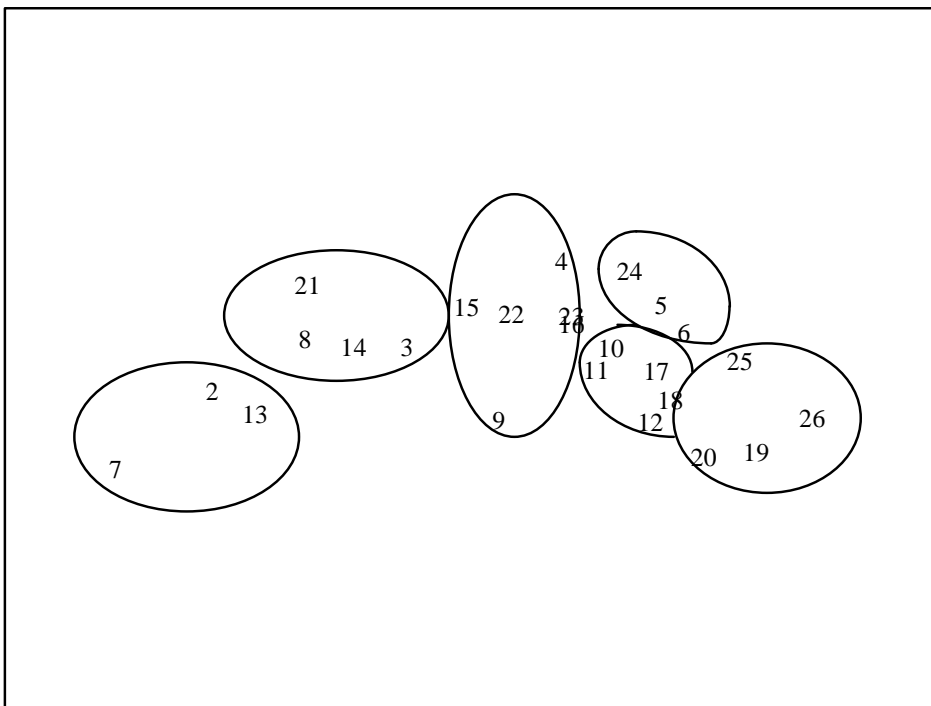


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Anon. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktorsgruppa, 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 kystfarvann. 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 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.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg B., Norling K., 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI) NIVA-rapport 6475-2013, 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: Sjøtroll Havbruk AS

Dato: 11.03.2014

Lokalitet: Djupevika

Lokalitetsnr: 20455

Lokalitetstype: Matfisk

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr							Indeks	
			Dju 1	Dju 2	Dju 3						
I	Dyr	Ja = 0 Nei = 1									
	Tilstand (Gruppe I)										
II	pH	verdi	7,64	7,29	7,78						
	E _h (mv)	verdi	-329	-161	73						
		+ ref. verdi	-109	59	293						
	pH/E _h	fra figur	2	1	0						1,0
	Tilstand, prøve		2	1	1						
	Tilstand, gruppe II		1								
	Buffer temp:		7,97		Temp sjø:	4,9		Temp sediment:	7,5°C		
	pH sjø:				Eh sjø:	394		Ref. elektrode:	220		
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		10.03.2014				TL				
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	4	0	0						
	Farge	Lys/Grå = 0		0							
		Brun/Sort = 2	2		2						
	Lukt	Ingen = 0		0	0						
		Noe = 2									
		Sterk = 4	4								
	Konsistens	Fast = 0									
		Myk = 2			2	2					
		Løs = 4	4								
	Grabbvolum	v < 1/4 = 0									
		1/4 ≤ v < 3/4 = 1			1						
		v ≥ 3/4 = 2	2		2						
	Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0		0	0						
2 - 8 cm = 1											
t ≥ 8 cm = 2		2									
	SUM		18	3	6						
	Korrigert sum (*0,22)		3,96	0,66	1,32						2,0
	Tilstand prøve		4	1	2						
	Tilstand gruppe III		2								
	Middelverdi gruppe II og III		2,98	0,83	0,66						1,5
	Tilstand gruppe II og III		2								
	pH/Eh						Tilstand		Lokalitetstilstand		
	Korr. sum						Gruppe I	Gruppe II og III			
	Indeks						A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4		
	Middelverdi						4	1, 2, 3	1, 2, 3		
	< 1,1	1					4	4	4		
	1,1 - < 2,1	2									
	2,1 - < 3,1	3									
	≥ 3,1	4									
			LOKALITETSTILSTAND							2	

Korrekturlest: 12.06.2014
datoEBI
Sign.TL
Sign.

Vedleggstabell 2. 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): Sjøtroll Havbruk AS, 5397 Bekkjarvik
Prosjekt nr.: 808365

Prøvetakingssted (område): Kvinnheradsfjorden, Kvinnherad kommune

Dato for prøvetaking: 11.3.2104

Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

Artene er identifisert av: Tom Alvestad, Lenka Nealova, Per Johannessen

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

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

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

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av: 3 sider.

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

Signatur:.....

Godkjent taksonom

Uni Research Miljø, SAM-Marin

s. 1/3	Stasjon Dato Dyp Hugg	Dju 1	Dju 1	Dju 2	Dju 2	Dju 3	Dju 3
		11.3.2014 132 m 1	11.3.2014 132 m 2	11.3.2014 141 m 1	11.3.2014 141 m 2	11.3.2014 655 m 1	11.3.2014 655 m 2
* HYDROZOA						+	+
* NEMERTEA				15	2	1	1
* NEMATODA		1	1	ca.50	2		2
PRIAPULIDA							
<i>Priapulus caudatus</i>				1			
POLYCHAETA							
<i>Vigtorrella ardabilia</i>		66					
<i>Malacoceros fuliginosus</i>				1			
<i>Paramphinome jeffreysii</i>				183	69	2	
<i>Aphrodita aculeata</i>						0/1	
<i>Gattyana cirrhosa</i>				3			
<i>Harmothoe antilopes</i>					1		
<i>Pholoe baltica</i>				5/2	2		
<i>Phyllodoce mucosa</i>				1	1		
<i>Kefersteinia cirrata</i>					1		
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				5			
<i>Glyphohesione klatti</i>				1	1		
<i>Pilargis cf. papillata</i>					2		
Syllidae					1		
<i>Exogone sp.</i>				2	1		
<i>Nereis pelagica</i>		1					
<i>Nereis zonata</i>				0/1			
<i>Nephtys incisa</i>						1	0/1
<i>Glycera alba</i>				0/3	0/1		
<i>Glycera lapidum</i>							1
<i>Paradiopatra fiordica</i>						6/9	23/5
Lumbrineridae				1		6	8
<i>Ophryotrocha lobifera</i>		25					
<i>Ophryotrocha sp.</i>		10					
<i>Phylo norvegicus</i>							1
<i>Polydora sp.</i>					1		
<i>Paraprionospio alata</i>		393/57	44	207/237	120/33		
<i>Prionospio cirrifera</i>							1
<i>Prionospio fallax</i>				6	1		
<i>Spiophanes kroyeri</i>							2
<i>Spiophanes wigleyi</i>				1			
<i>Spiochaetopterus bergensis</i>							3
<i>Paraonella sp.</i>						2	
<i>Aphelochaeta sp.</i>				16	1	6	17
<i>Chaetozone jubata</i>						5/2	7
<i>Chaetozone sp.</i>				61	20		
<i>Cirratulus cirratus</i>				2			
<i>Monticellina sp.</i>						1	3
<i>Raricirrus beryli</i>				85	3		
<i>Diplocirrus glaucus</i>				4	3		
<i>Lipobranchius jeffreysii</i>					5		
<i>Scalibregma inflatum</i>				24	13/1		
<i>Capitella capitata</i>		150/49	2048	306/77	217	5	3

Uni Research Miljø, SAM-Marin

s. 2/3	Stasjon Dato Dyp Hugg	Dju 1	Dju 1	Dju 2	Dju 2	Dju 3	Dju 3
		11.3.2014 132 m 1	11.3.2014 132 m 2	11.3.2014 141 m 1	11.3.2014 141 m 2	11.3.2014 655 m 1	11.3.2014 655 m 2
	<i>Heteromastus filiformis</i>			5	1	3	6
	<i>Notomastus latericeus</i>			4			
	Maldanidae						0/1
	<i>Fauveliopsis</i> sp.						2
	<i>Myriochele heeri</i>					2	
	<i>Owenia borealis</i>			1			
	<i>Galathowenia oculata</i>			1			
	<i>Pectinaria auricoma</i>			0/3	1		
	<i>Pectinaria koreni</i>			139	55		
	<i>Anobothrus</i> sp.						1
	<i>Polycirrus plumosus</i>			1	1		
	<i>Terebellides stroemil</i>					11	19
	SIPUNCULA					14	11
	CRUSTACEA						
*	<i>Calanus finmarchicus</i>	11	5	1		3	9
*	<i>Nebalia</i> sp.	2					
*	<i>Idotea</i> sp.			1			
*	Amphipoda			1	1	2	
*	Caprellidae			1			
	<i>Eriopisa elongata</i>					2	
	<i>Calocarides coronatus</i>					0/1	2
	MOLLUSCA						
	Caudofoveata					1	1
	Solenogastres						1
	<i>Alvania subsoluta</i>						2
	<i>Euspira pulchella</i>			2	1/1		
	<i>Euspira montagui</i>			1/2			
	<i>Philine scabra</i>			1			
	<i>Philine</i> sp.				0/4		
	<i>Nucula tumidula</i>					14/2	10/4
	<i>Yoldiella lucida</i>					1	
	<i>Yoldiella nana</i>						2
	<i>Pseudomalletia obtusa</i>					0/1	1/1
	<i>Delectopecten vitreus</i>					0/1	
	<i>Thyasira obsoleta</i>					10/11	15/5
	<i>Thyasira sarsii</i>			263	1/2		
	<i>Thyasira equalis</i>					3/1	3
	<i>Thyasira granulosa</i>					1	1
	<i>Axinulus eumyrius</i>					8/7	9/3
	<i>Mendicula ferruginosa</i>					15/1	3/3
	<i>Adontorhina similis</i>					1	2
	<i>Tellimyia ferruginosa</i>			0/1			
	<i>Kurtiella bidentata</i>			6/1			
	<i>Abra longicallus</i>					2/2	3/2
	<i>Abra nitida</i>			0/5	0/18		
	<i>Kelliella abyssicola</i>					16/2	39/5
	<i>Cuspidaria obesa</i>						1

Uni Research Miljø, SAM-Marin

s. 3/3	Stasjon	Dju 1	Dju 1	Dju 2	Dju 2	Dju 3	Dju 3
	Dato	11.3.2014	11.3.2014	11.3.2014	11.3.2014	11.3.2014	11.3.2014
	Dyp	132 m	132 m	141 m	141 m	655 m	655 m
	Hugg	1	2	1	2	1	2
ECHINODERMATA							
<i>Amphiura</i> sp.				0/1			
<i>Amphilepis norvegica</i>						0/1	5/1
<i>Ophiocten affinis</i>				8/2	3		
* VARIA				+	+		

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Dju 1-2014	Dju 1-2010	Dju 2-2014	Dju 2-2010	Dju 3-2014
I	1	0	14	21	10
II	0	0	8	11	15
III	0	1	11	9	3
IV	1	0	2	8	5
V	1	0	2	3	6
VI	0	1	1	5	3
VII	1	0	2	1	0
VIII	0	0	2	1	0
IX	1	0	1	2	0
X	0	0	2	0	0
XI	0	0	0	0	0
XII	1	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0	0
XIV	0	0	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi og geologi



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-000988-02



EUNOBE-00009737

Prøvemottak: 17.03.2014
Temperatur:
Analyseperiode: 17.03.2014-03.04.2014
Referanse: 808365/22/14

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) 15000	mg/kg tv	a) 1600	mg/kg tv	a) 900	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 800	mg/kg tv	a) 45	mg/kg tv	a) 33	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 1000	mg/kg tv	a) 100	mg/kg tv	a) 180	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 180	mg/g tv	a) 11	mg/g tv	a) 20	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total torrstoff		a) 36.9	% (w/w)	a) 65.7	% (w/w)	a) 43.6	% (w/w)	EN 14346	0.1

441-2014-0317-013 Merknader: Reanalyse for kobber og sink bekrefter opprinnelig resultat.



Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

Bergen 22.04.2014

Kristine Fiane Johnson

Laboratorieingeniør

		Molab as, 8607 Mo i Rana Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ømesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA			
		RAPPORT Sedimentanalyser			
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 54082	Antall sider + bilag: 3	Rapport referanse: KR-18717	Dato: 29.04.2014
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr / ref.: 808365 / 15/14	Utført: Eli Ellingsen	Ansvarlig signatur: Eli Ellingsen		

Prøver mottatt dato: 01.04.2014

RESULTATER

Prøve merket:			Dju1	Dju2	Dju3
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000474	KG-000475	KG-000476
TOM (550 °C)	%	11.04.14	23,40	2,67	7,79

Kornfordeling

Analysedato: 09.04.2014

Dju1	KG-000474	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
2000	-1	0,04	0,8	0,8	MdΦ	Silt og leire	77,6	
1000	0	0,09	1,7	2,5	5,42	Sand	21,7	
500	1	0,13	2,5	5,0		Grus	0,8	
355	1,5	0,15	2,8	7,8	SdΦ			
250	2	0,19	3,6	11,4	2,13			
180	2,5	0,16	3,0	14,5				
125	3	0,16	3,0	17,5	SkΦ			
90	3,5	0,12	2,3	19,8	-0,26			
63	4	0,14	2,6	22,4				
<63	8	4,10	77,6	100,0	KΦ			
		5,28	100,0		1,07			

Dju2	KG-000475							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,01	0,1	0,1	MdΦ	Silt og leire	75,5	
1000	0	0,01	0,1	0,2	5,35	Sand	24,4	
500	1	0,00	0,0	0,2		Grus	0,1	
355	1,5	0,05	0,5	0,7	SdΦ			
250	2	0,12	1,2	1,9	1,68			
180	2,5	0,26	2,5	4,4				
125	3	0,51	5,0	9,4	SkΦ			
90	3,5	0,51	5,0	14,4	-0,04			
63	4	1,03	10,1	24,5				
<63	8	7,72	75,5	100,0	KΦ			
		10,22	100,0		0,80			

Dju3	KG-000476							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,00	0,0	0,0	MdΦ	Silt og leire	96,3	
1000	0	0,00	0,0	0,0	5,92	Sand	3,7	
500	1	0,02	0,3	0,3		Grus	0,0	
355	1,5	0,02	0,3	0,6	SdΦ			
250	2	0,02	0,3	0,9	1,27			
180	2,5	0,01	0,1	1,1				
125	3	0,08	1,2	2,2	SkΦ			
90	3,5	0,02	0,3	2,5	0,00			
63	4	0,08	1,2	3,7				
<63	8	6,70	96,3	100,0	KΦ			
		6,95	100,0		0,74			

Vedleggstabell 5. CTD Data

Tabellen viser hydrografiske profilmålinger ved fjernsonen (Dju 3) med parametere salinitet (S), temperatur (T), oksygen (O₂) og fluorescens (F).

Depth(u)	Sal.	Temp.	O ₂ %	O ₂ mg/l	O ₂ ml/l	F (µg/l)	Density
1	27,67	4,57	88,57	9,86	6,94	0,55	21,92
2	28,13	4,57	91,29	10,13	7,13	1,07	22,28
3	28,15	4,55	92,95	10,32	7,27	0,8	22,31
5	28,24	4,53	95,03	10,54	7,42	0,74	22,39
7	28,24	4,50	95,92	10,65	7,50	0,78	22,41
10	28,29	4,47	97,39	10,82	7,62	0,54	22,46
15	28,61	4,57	101,71	11,25	7,92	0,94	22,73
20	29,25	4,66	101,72	11,18	7,87	0,46	23,25
25	29,5	4,75	102,29	11,2	7,89	0,28	23,46
30	29,87	4,81	103,29	11,26	7,93	0,28	23,77
40	32,07	5,91	104,06	10,89	7,67	0,14	25,44
50	32,52	6,20	103,01	10,67	7,51	0,11	25,80
60	32,76	6,41	102,35	10,53	7,42	0,09	26,01
70	33,19	7,09	100,01	10,1	7,11	0,06	26,30
80	33,31	7,30	98,07	9,84	6,93	0,05	26,42
90	33,66	7,92	95,71	9,45	6,65	0,04	26,64
100	34,03	8,25	90,25	8,82	6,21	0,04	26,93
125	34,5	8,02	84,93	8,32	5,86	0,03	27,45
150	34,68	7,82	82,96	8,15	5,74	0,03	27,73
175	34,76	7,72	84,96	8,37	5,89	0,03	27,93
200	34,83	7,63	86,97	8,58	6,04	0,03	28,11
225	34,85	7,55	85,66	8,46	5,96	0,02	28,25
250	34,84	7,46	82,11	8,13	5,73	0,03	28,37
275	34,87	7,41	81,63	8,09	5,70	0,02	28,51
300	34,87	7,39	82,65	8,2	5,77	0,03	28,64
325	34,86	7,37	83,75	8,31	5,85	0,03	28,74
350	34,86	7,36	84,61	8,4	5,92	0,03	28,85
375	34,88	7,35	84,57	8,39	5,91	0,03	28,98
400	34,87	7,34	85,54	8,49	5,98	0,03	29,09
425	34,88	7,34	89,27	8,86	6,24	0,03	29,21
450	34,86	7,34	90,45	8,98	6,32	0,02	29,32
475	34,88	7,33	91,03	9,04	6,37	0,02	29,44
500	34,88	7,33	87,01	8,64	6,08	0,03	29,56
550	34,88	7,33	87,55	8,69	6,12	0,03	29,81
600	34,88	7,32	87,08	8,65	6,09	0,03	30,04
648	34,89	7,32	80,25	7,97	5,61	0,03	30,26