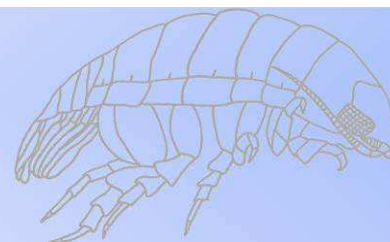


# SAM e-Rapport

UNI RESEARCH as Seksjon for anvendt miljøforskning – marin

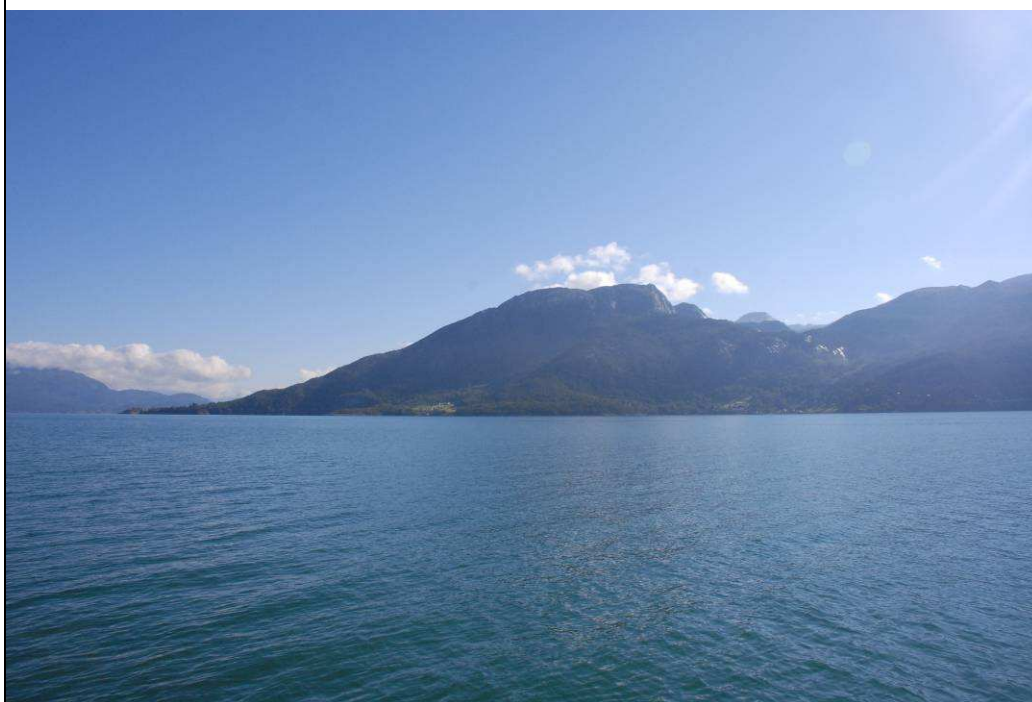


e-Rapport nr. 12-2010

## *MOM-C undersøkelser i Sildafjorden, Kvinnherad kommune*

Kristin Hatlen

Per-Otto Johansen



	<b>SAM-marin</b> Seksjon for anvendt miljøforskning – marin	 Test 157
	Seksjon for anvendt miljøforskning 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 undersøkelser i Sildafjorden, Kvinnherad kommune	Dato: 5.10 2010 Antall sider og bilag: 67 s.
Forfatter(e): Kristin Hatlen og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Per-Otto Johansen Prosjektnummer: 804648

Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway as	Tilgjengelighet: Åpen
---	-----------------------

Abstract:

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions at Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen and Trommo fish farms based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority and NS9410.

Hydrographical measurements of showed good oxygen conditions in the depths of Sildafjorden. The organic content was high at the stations closest to the fish farms Djupavika and Trommo. The sediment was relatively coarse near Apalviknes, Hesvika and Høysteinen, while the sediment at Djupavika and Trommo, and in the depths of Sildafjorden was more fine-grained. Fine-grained sediments indicate less current. All stations had low levels of zinc and copper, except for higher values of copper in close vicinity to Hesvika and moderate levels of zinc at Trommo. Phosphorus levels were moderate at Dju 1 and Hes 1, high at Trommo and low at the remaining stations. Ph and redox (Eh) was good at all stations except the closest to Djupavika and Høysteinen. Regarding fauna composition Apalviknes, Trommo and depth of Sildafjorden scored best and second best of the KLIF and MOM classifications sytem. The same applies to the transition zone outside Djupavika. Close to the localities Djupavika, Høysteinen and Hesvika, and in the transition zone outside Hesvika the fauna was influenced by organic matter and were dominated by opportunistic species. The fish farm activity does not influence the deep part of Sildafjorden.

Keywords: Fish farm, Recipient Benthos, Sediment Hydrography	Emneord: Fiskeoppdrett, Resipient Bunndyr, Sediment Hydrografi	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 12-2010
---	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	19.11.2010	<i>P-O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	19.11.2010	<i>P-O Johansen</i>

## INNHold

<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>4</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Hydrografi .....	13
2.2.2 Sediment.....	13
2.2.3 Kjemiske analyser .....	14
2.2.4 Bunndyr .....	14
<b>2.3 Produksjonsdata fra anleggene.....</b>	<b>17</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>1</b>
<b>3.1 Hydrografi .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Sediment.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Kjemi.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 Bunndyr .....</b>	<b>30</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....</b>	<b>39</b>
<b>5 TAKK .....</b>	<b>40</b>
<b>6 LITTERATUR.....</b>	<b>40</b>
<b>7 VEDLEGG.....</b>	<b>41</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokalitetene Apalviksnes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen og Trommo i Kvinnherad kommune som ble utført i perioden 29 juni - 1. juli i 2010. Miljøundersøkelsen ble utført av Uni Research, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-marin) på oppdrag fra Marine Harvest Norway as.

SAM-marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdene rundt oppdrettsanleggene og fjorden som helhet. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene og avdekke eventuelle forandringer i resipienten, 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 KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), og mot C- delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger i Sildafjorden i Kvinnherad kommune. (Figur 2.1 – 2.12). Fem oppdrettsanlegg ble undersøkt i Sildafjorden. Sildafjorden er en relativt dyp fjord på østsiden av Varaldsøy hvor det dypeste partiet ligger på om lag 670 m dyp. Referanse-stasjonene Sild 1 og Sild 2 er plassert på henholdsvis 666 m og 656 m dyp i Sildafjorden. Av sikkerhetshensyn ble det ikke tatt prøver i overgangssonen ved Høysteinen fordi det aktuelle området er militært øvings- og dumpings-område for ammunisjon.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

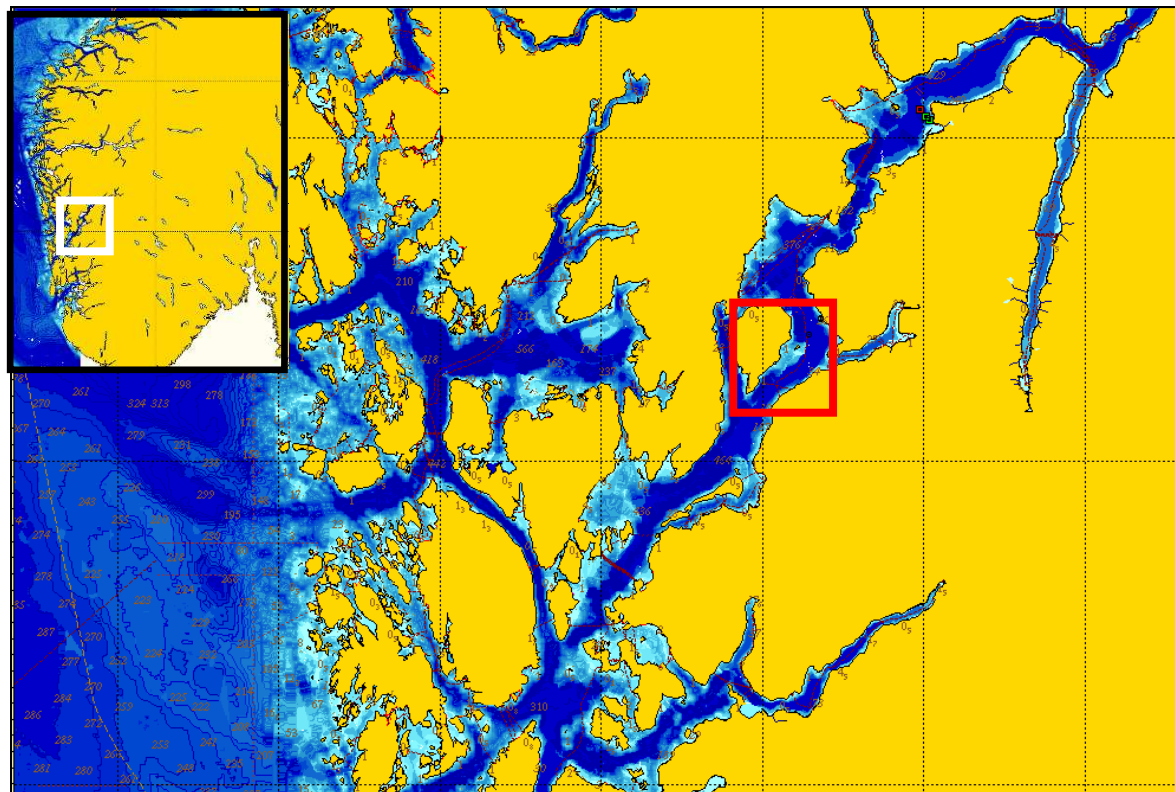
Prøveinnsamlingene ble gjort i perioden 29. juni - 1. juli, 2010. Det ble tatt bunnprøver ved de fem anleggene og ved to referansestasjoner i Sildafjorden. Det ble også utført hydrografiske målinger fra de dypeste stasjonene. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Hydrografimålingene ble foretatt ved hjelp av en CTD-sonde (STD/CTD-sonde SD204). Dataene ble hentet ut og illustrert ved hjelp av programvaren Minisoft SD200w.

**Tabell 2.1.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i juni/juli 2010. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0.1m<sup>2</sup> van Veen grabb 4 (full grabb 16,5 liter). I tillegg ble det brukt en duograb, hvor ett kammer tar 0.1m<sup>2</sup> biologiprøver (fullt kammer 21 liter) og det andre kammeret for kjemi- og geologiprøver.

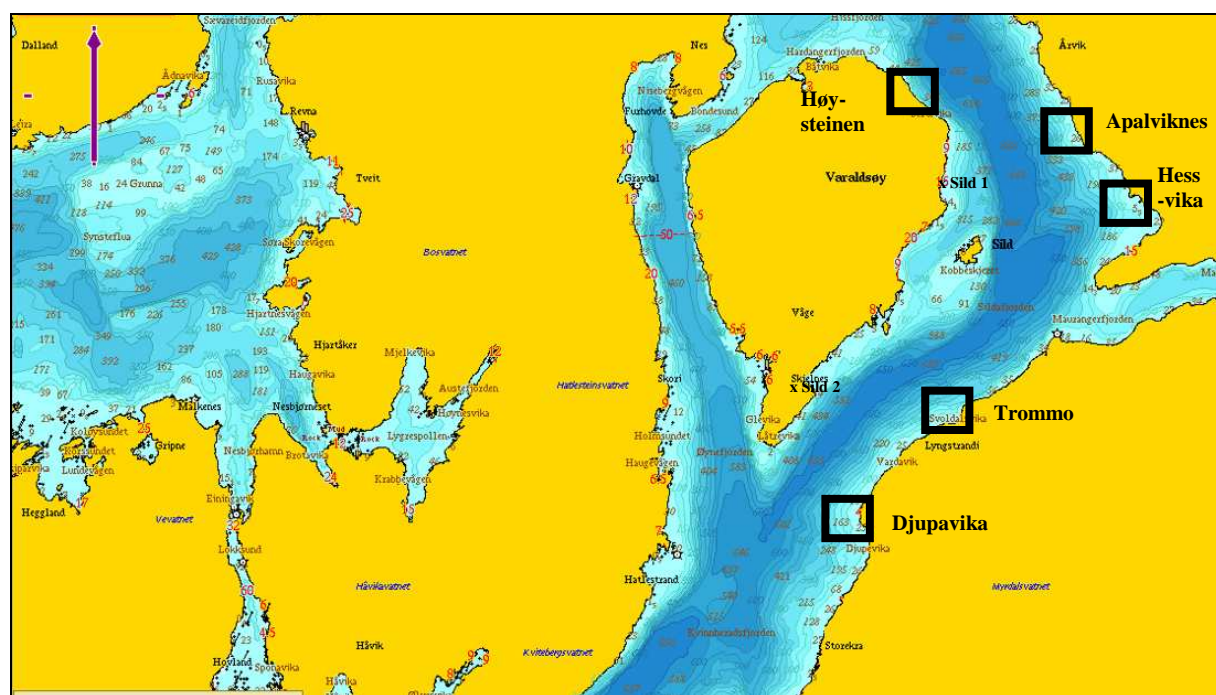
Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøvevolum (liter)	Andre opplysninger
St Sild 1 29.06.2010	Sildafjorden 60°07,797'N 06°05,770'Ø	666	1		Kjemi, duograb
			1		Geologi, duograb
			1	14	Biologi, duograb
			2	15	Biologi, duograb Jordaktig topp (2cm) med lys grå leire under.
St Sild 2 30.06.2010	Sildafjorden 60°04,626'N 06°00,980'Ø	656	1		Kjemi, grabb 4
			1		Geologi, grabb 4
			2	16,5	Biologi, grabb 4
			3	16,5	Biologi, grabb 4 Grå leire med tynt brunt topplag.
St Apa 1 01.07.2010	Apalviknes 60°08,756'N 06°07,271'Ø	93	1	4,5	Kjemi, grabb 4
			1	4,5	Geologi, grabb 4
			2	4,5	Biologi, grabb 4
			3	4,5	Biologi, grabb 4 Lys grå silt, sand og noe småstein.
St Apa 2 01.07.2010	Apalviknes 60°08,821'N 06°07,226'Ø	119	1	8,6	Kjemi, grabb 4
			1	8,6	Geologi, grabb 4
			2	7,5	Biologi, grabb 4
			3	8,6	Biologi, grabb 4 Lys grå silt, sand og noe grus

Tabell 2.1 fortsetter.

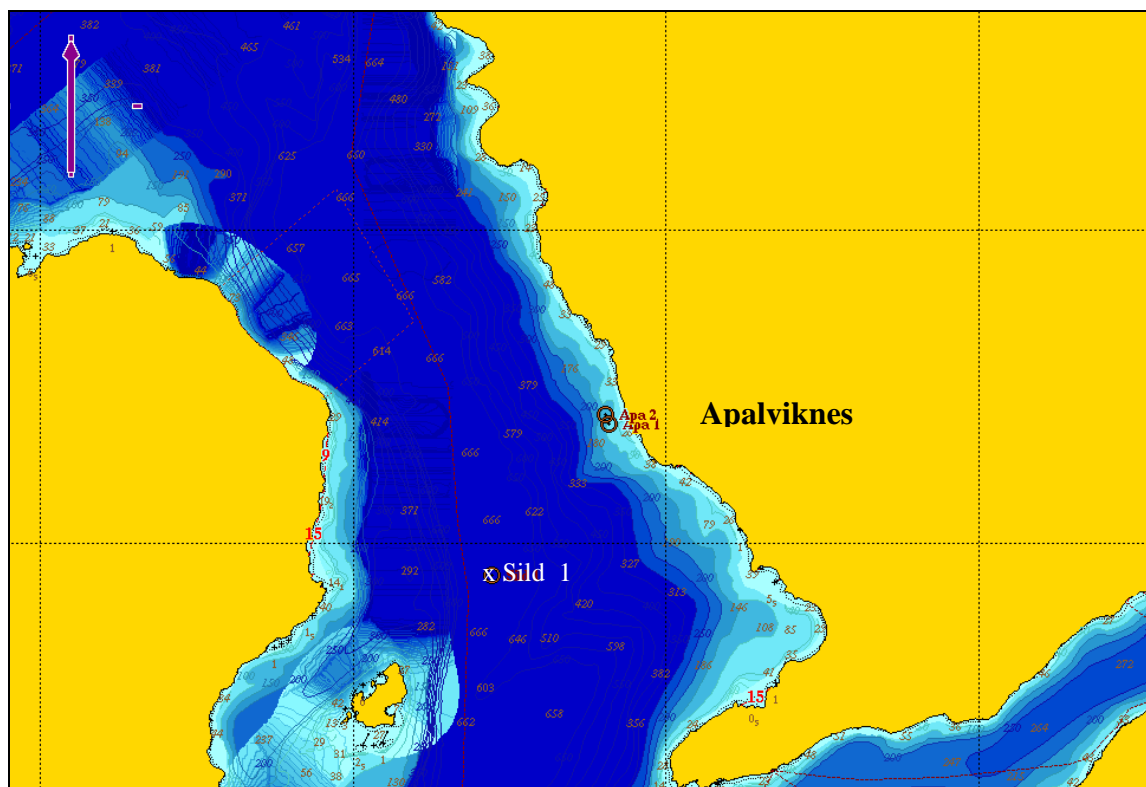
Stasjon	Sted	Dyp	Hugg nummer	Prøvevolum (liter)	Andre opplysninger
Dato	Posisjon (WGS-84)	(m)			
St Dju 1 1/7-2010	Djupevika 60°02,474'N 06°00,765'Ø	131	1		Kjemi, duograbb
			1		Geologi, duograbb
			1	21	Biologi, duograbb
			2	16,5	Biologi, grabb 4 Rødbrunt slim, spontan bobling, ingen dyr synlige. Sterk lukt av for og fekalier
St Dju 2 1/7-2010	Djupevika 60°02,526'N 06°00,809'Ø	143	1		Kjemi, duograbb
			1		Geologi, duograbb
			1	14	Biologi, duograbb
			2	9,7	Biologi, grabb 4 Lys grå leire
St Hes 1 1/7-2010	Hesvika 60°07,754'N 06°09,062'Ø	66	1		Kjemi, duograbb, H2S-lukt
			1		Geologi, duograbb
			1	10	Biologi, duograbb, bobling
			2	7	Biologi, duograbb, stein i åpning Lys grå silt og fin sand
St Hes 3 1/7-2010	Hesvika 60°07,694'N 06°09,106'Ø	83	1		Kjemi, duograbb
			1		Geologi, duograbb
			1	3	Biologi, duograbb
			2	4	Biologi, duograbb Lys grått silt fin sand og grus
St Høy 1 29/6-2010	Høystein 60°09,330'N 06°02,902'Ø	271	1		Kjemi, grabb 4
			1		Geologi, grabb 4
			2	6	Biologi, grabb 4, litt H <sub>2</sub> S-lukt Biologi, grabb 4, stein i åpning
			3	1	Lys grå leire med stein og sand, noe mørkere i toppen
St Trom 1 30/6-2010	Trommo 60°04,942'N 06°04,684'Ø	273	1		Kjemi, duograbb
			1		Geologi, grabb 4
			1	14	Biologi, duograbb
			2	14	Biologi, duograbb Lys grått fint sediment, med en del skjellrester fra anlegg
St Trom 2 30/6-2010	Trommo 60°04,995'N 06°04,620'Ø	293	1		Kjemi, grabb 4
					Geologi, grabb 4
			2	16,5	Biologi, grabb 4, en slimål tatt ut Biologi, grabb 4
		3	16,5	Grå leire	



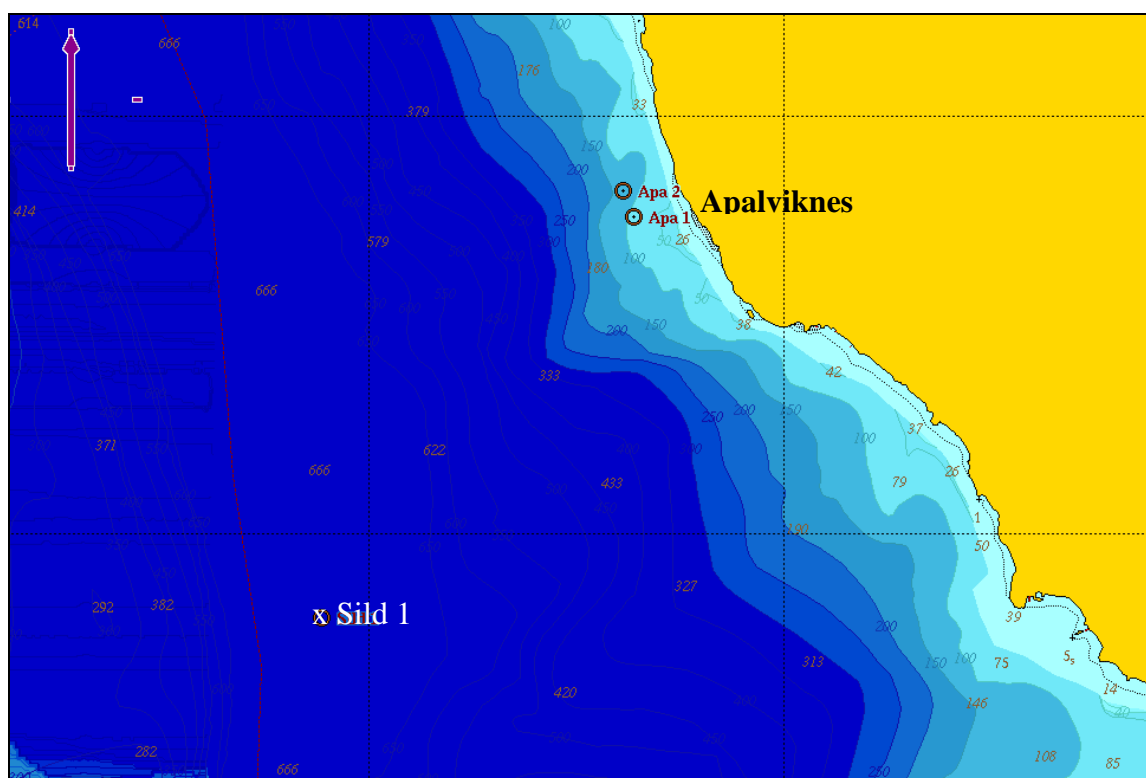
**Figur 2.1.** Oversiktskart som viser fjordsystemet rundt Sildafjorden. Prøvetakingsområdet er markert med en firkant. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.2.** Oversiktskart som viser fjordsystemet og de fem oppdrettslokalitetene i Sildafjorden. Prøvetakingsområdene er markert med firkanter. Kartkilde: Olex.

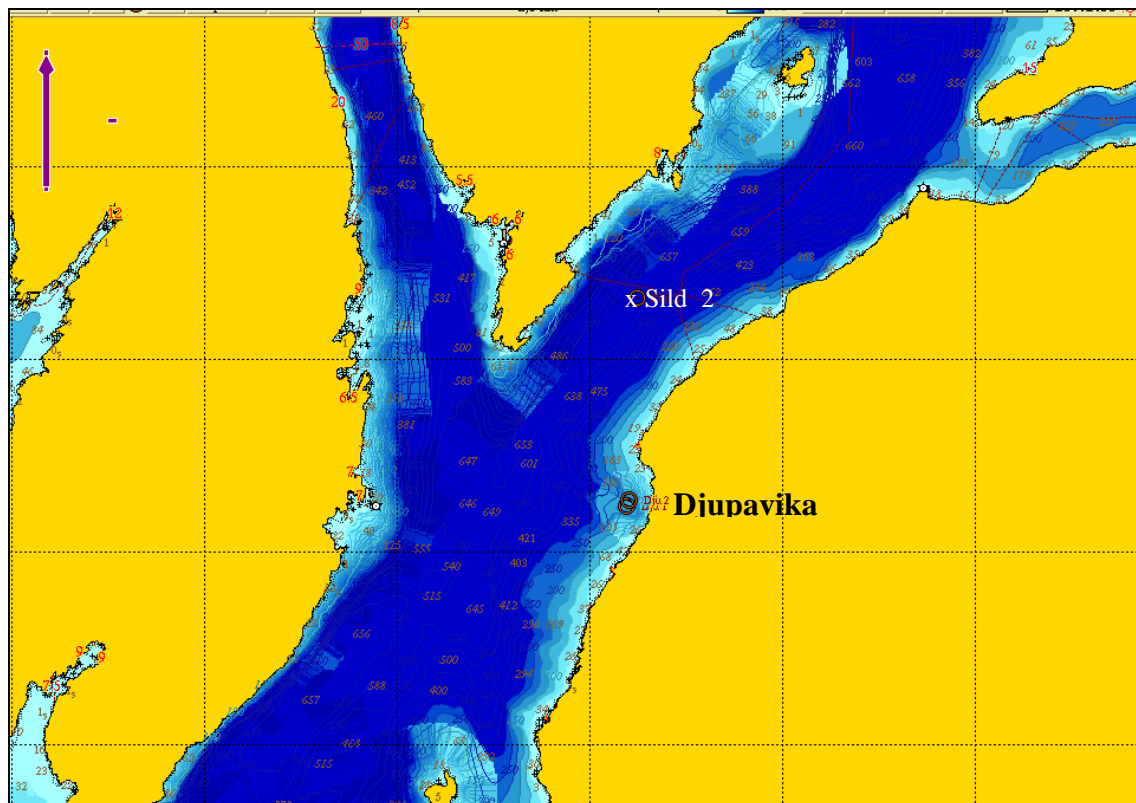


**Figur 2.3.** Oversikt over de undersøkte lokalitetene ved Apalviknes i Sildafjorden. Sirklene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.

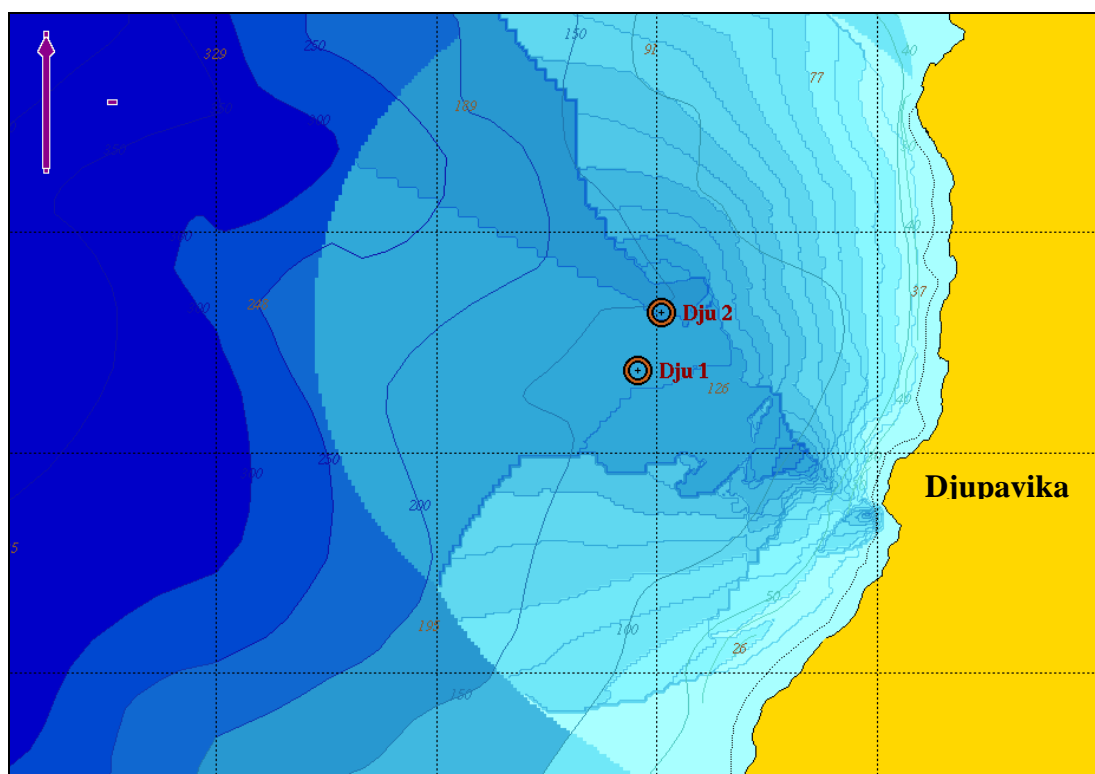


**Figur 2.4.** Detaljsskisse over Apa 1, Apa 2 og Sild 1 ved Apalviknes. Sirklene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.

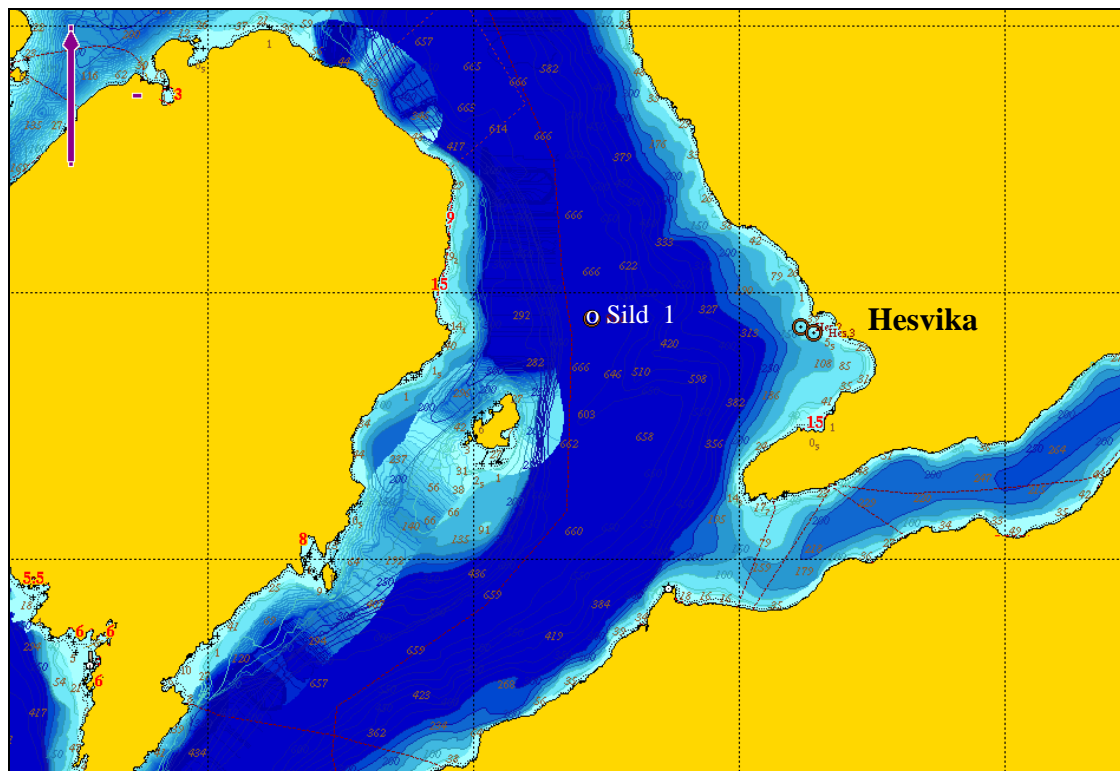




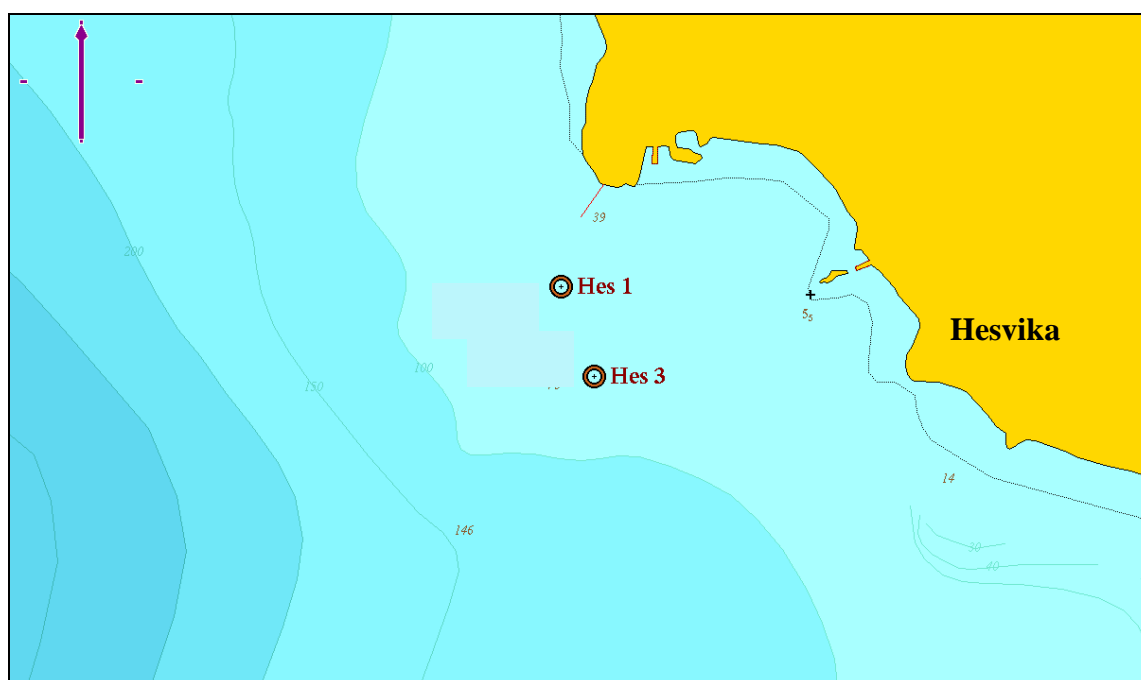
**Figur 2.5.** Oversikt over de undersøkte lokalitetene ved Djupavika i Sildafjorden. Sirklene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.



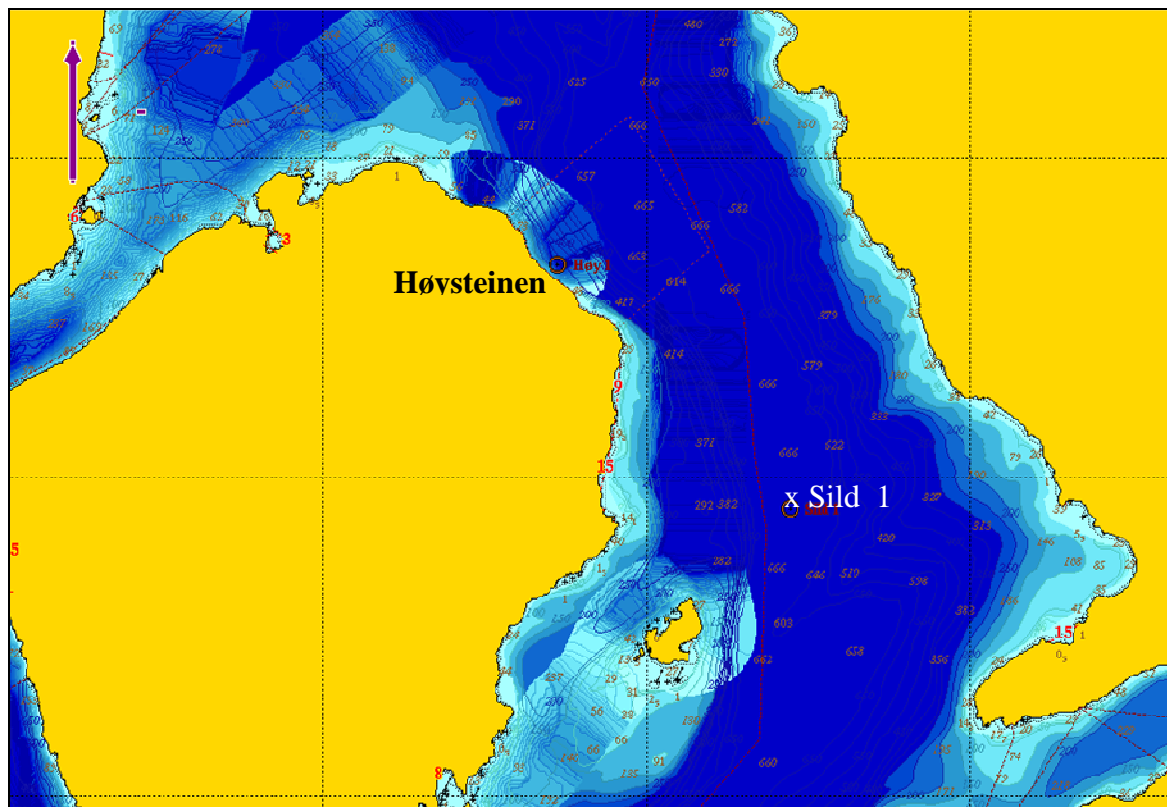
**Figur 2.6.** Detallskisse over stasjonene Dju 1 og Dju 2 i Djupavika. Kartkilde: Olex.



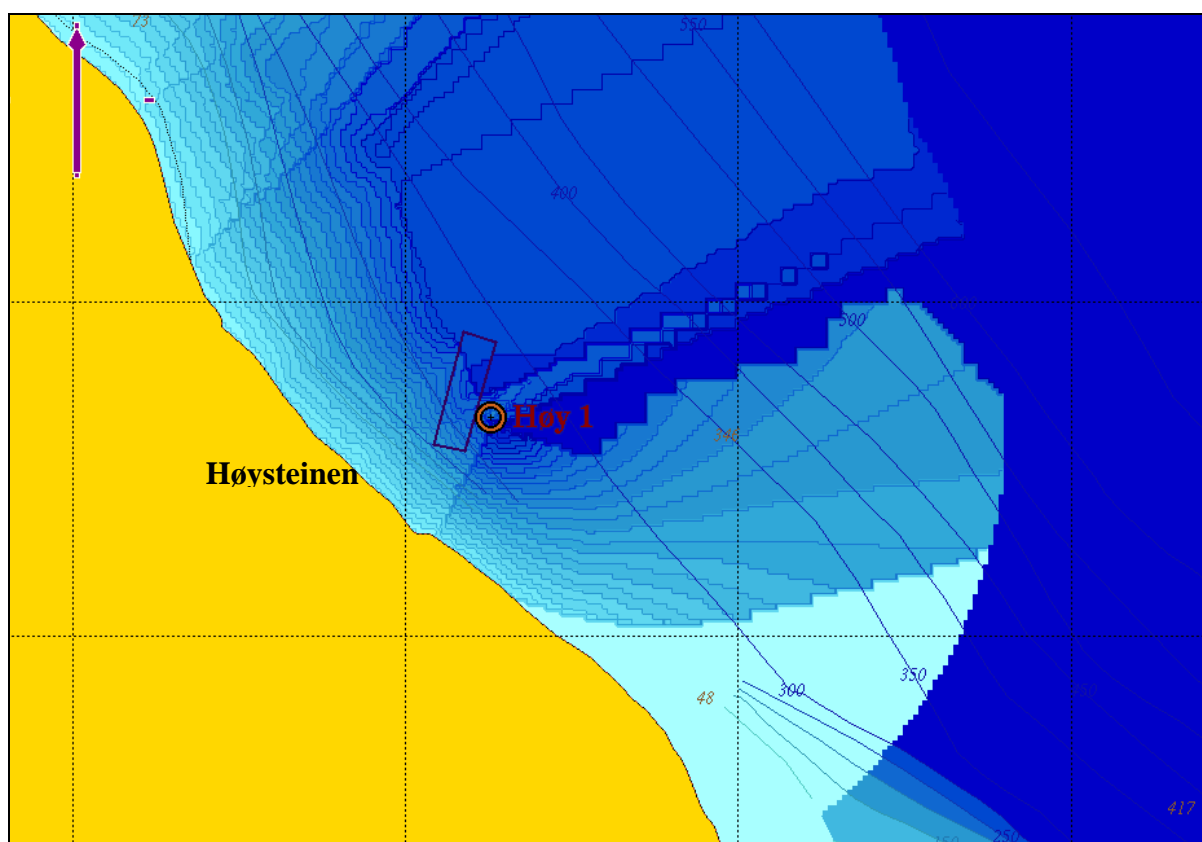
**Figur 2.7.** Oversikt over de undersøkte lokalitetene i ved Hesvika i Sildafjorden. Sirklene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.



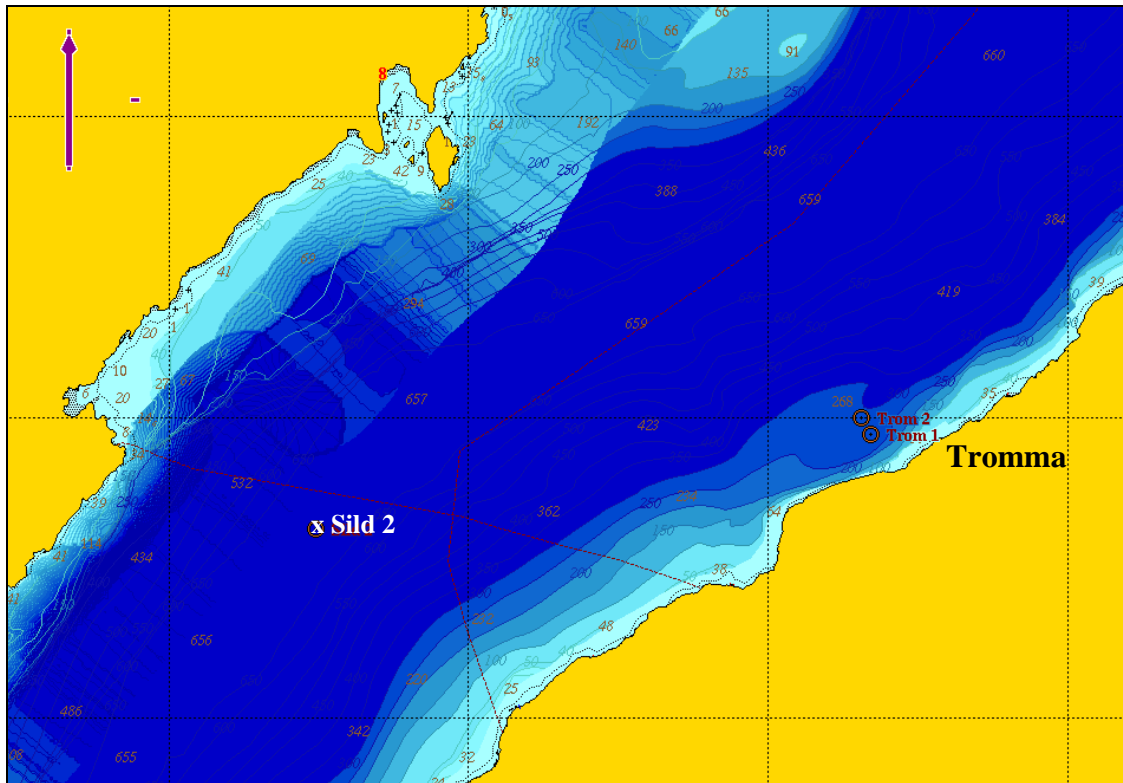
**Figur 2.8.** Detaljsskisse over Sild 1, Hes 2 og Hes 3 ved Hesvika. Kartkilde: Olex.



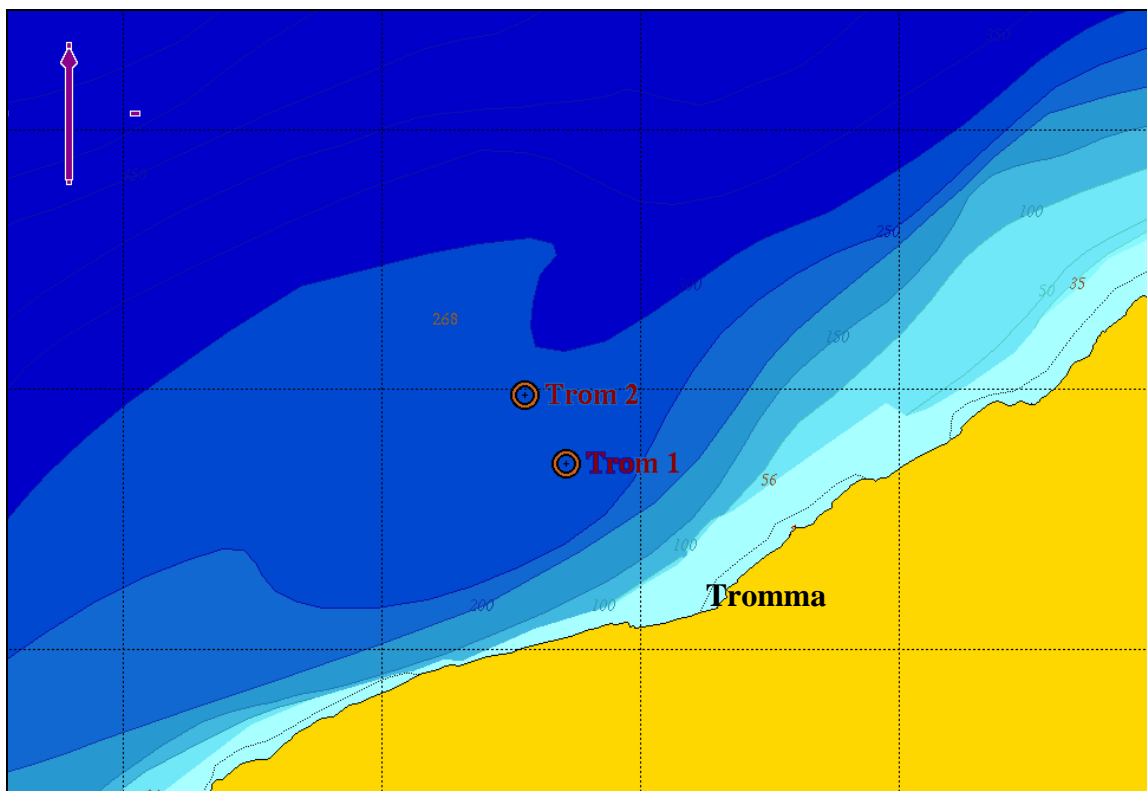
**Figur 2.9.** Oversikt over de undersøkte lokalitetene ved Høysteinen i Sildafjorden. Sirklene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.10.** Detaljsskisse over Høy 1 i Sildafjorden. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.11.** Oversikt over de undersøkte lokalitetene ved Trommo i Sildafjorden. Sirklene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.12.** Detaljskisse over Trom 1 og Trom 2 i Sildafjorden. Kartkilde: Olex.

### **2.2.1 Hydrografi**

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskifting 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 vannutskifting, 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 prøver til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling. 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, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984). Korn-fordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

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

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent

(H<sub>2</sub>S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

### 2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøver til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (akkrediteringsnummer Test 043). 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 NS-EN- 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764.

Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensiale (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus 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 bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I 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. Sedimentvolumet 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> van Veen grabb har et volum på 21 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Prøver med mindre sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinnholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

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

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

Klima og Forurensningsdirektoratet (KLIF, tidligere SFT) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad. Artsdiversiteten beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Nær oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn

individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

**Tabell 2.2.** Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. (1997) og Bakke et al. (2007). Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måle-enhet	Tilstandsklasse				
		I Bakgrunn (meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig
<b>Dypvann</b> Oksygen	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
<b>Sediment</b> Shannon-Wiener indeks('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
Organisk karbon	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

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

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



### 2.3 Produksjonsdata fra anleggene

Forforbruket og produksjonen de tre siste årene er vist i Tabell 2.4.

**Tabell 2.4.** Produksjon og fôrforbruk (tonn) inneværende år, samt de 3 foregående år:

År	2007	2008	2009	2010
<b>Apalviknes</b>				
Produksjon	-	-	-	168*
Fôrforbruk	-	-	-	139*
<b>Djupavika</b>				
Produksjon	1481	846	1883	1416**
Fôrforbruk	2227	1053	2555	1848**
<b>Hesvika</b>				
Produksjon	889	367	1 817	46***
Fôrforbruk	1 181	449	2 290	50***
<b>Høysteinen</b>				
Produksjon	2671	1640	3239	110 <sup>x</sup>
Fôrforbruk	3123	1743	4027	86 <sup>x</sup>
<b>Trommo</b>				
Produksjon	3071	1586	3020	85 <sup>x</sup>
Fôrforbruk	3717	1771	3733	87 <sup>x</sup>

\* Lokaliteten Apalviknes er heilt ny. Første smoltutsett var 24.8.2010.

\*\* Prognose for 2010

\*\*\* Data fra utsett til 30.6.2010.

Smolt ble satt ut på lokaliteten Hesvik i månedskiftet april/mai. Lokaliteten var brakklagt fra 1.1.2010.

<sup>x</sup> Fram til prøvetakingsdato

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

De to dypeste stasjonene er brukt som felles ”referansestasjoner” for de fem lokalitetene. Sild 1 tilhører dermed Apalviksneset, Hesvika og Høysteien, mens Sild 2 tilhører Djupavika og Trommo. Hydrografien ble undersøkt ved Sild 1 og Sild 2.

#### 3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til 650 m på stasjon Sild 1 og Sild 2. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1-3.2.

Ved Sild 1 den 29.6.2010 var temperaturen i overflaten 15,1° C (Tabell 3.1) og sank til 7,4° C på 650 meters dyp. Saltholdighetsmålingene viser et overflatelag med lavere saltholdighet (22,6 psu) enn nedover i vannsøylen, hvor saltholdigheten endte på 35,0 psu (650 m dyp). Vannsøylen hadde et oksygeninnhold på 5,5 ml/l i overflaten, som steg til 6,6 ml/l ved 10-15 meters dyp. Ved 650 m dyp hadde oksygennivået sunket til 4,6 ml/l (69,1 % metning). Dette tilsvarer tilstandsklasse I (meget god) for bunnvannet.

Temperaturen i overflaten var 15,5° C ved Sild 2 den 30.6.2010 (Tabell 3.1) og sank til 7,4° C i 650 meters dyp. Overflatelaget hadde en saltholdighet på 24,5 psuer i vannsøylen. På 650 meters dyp var saltholdigheten 35,0 psu. Oksygeninnholdet i overflaten var 5,4 ml/l og steg til 7,1 ml/l ved 15 meters dyp. Oksygeninnholdet sank til 4,4 ml/l (62,7 % metning) på 650 m dyp. Dette tilsvarer tilstandsklasse I-II (meget god-god) for bunnvannet.

**Tabell 3.1.** Resultater fra hydrografimålingene i Sildafjorden i 2010.

Stasjon	Dyp	Saltholdighet	Temperatur	Tetthet	Oksygen	Oksygen	Oks. met.
Dato	(m)	(psu)	(oC)	(dt)	(mg/l)	(ml/l)	(%)
Sild 1	0	22,61	15,10	16,43	7,76	5,46	89,80
29.06.2010	1	24,08	15,44	17,49	8,65	6,09	101,69
	2	25,54	15,67	18,56	8,64	6,08	103,01
	3	25,83	15,58	18,81	8,69	6,12	103,57
	5	29,26	14,82	21,62	8,92	6,28	106,84
	7	31,08	13,41	23,31	9,10	6,41	107,09
	10	32,60	12,36	24,70	9,38	6,61	108,86
	15	33,64	10,84	25,82	9,41	6,63	106,30
	20	34,03	9,73	26,33	9,08	6,39	100,31
	25	34,59	8,56	26,99	7,12	5,01	76,87
	30	34,71	8,38	27,12	5,94	4,18	63,90
	40	34,86	8,18	27,32	6,04	4,25	64,72
	50	34,89	8,13	27,40	6,24	4,39	66,81
	60	34,92	8,05	27,48	6,73	4,74	71,92
	70	34,96	8,01	27,56	6,68	4,70	71,39
	80	34,95	7,94	27,61	6,76	4,76	72,07
	90	34,96	7,89	27,67	6,65	4,68	70,84
	100	34,98	7,86	27,73	6,52	4,59	69,45
	125	34,96	7,78	27,85	6,47	4,56	68,79
	150	34,98	7,75	27,98	6,47	4,56	68,71
	175	34,99	7,73	28,11	6,32	4,45	67,12
	200	34,96	7,61	28,22	6,70	4,72	70,89
	225	34,96	7,57	28,33	6,96	4,90	73,57
	250	34,98	7,54	28,47	7,02	4,94	74,19
	275	34,98	7,51	28,58	7,01	4,94	74,02
	300	34,97	7,47	28,70	7,03	4,95	74,18
	350	34,98	7,44	28,94	6,94	4,89	73,15
	400	34,97	7,40	29,16	6,84	4,82	72,03
	425	34,99	7,39	29,29	6,83	4,81	71,96
	450	34,99	7,39	29,41	6,81	4,80	71,70
	500	34,99	7,38	29,64	6,73	4,74	70,91
	550	34,99	7,37	29,87	6,67	4,70	70,24
	600	35,00	7,37	30,10	6,62	4,66	69,68
	650	34,99	7,38	30,32	6,56	4,62	69,09

**Tabell 3.1 fortsetter.** Resultater fra hydrografimålingene i Sildafjorden i 2010.

Stasjon	Dyp	Saltholdighet	Temperatur	Tetthet	Oksygen	Oksygen	Oks. met.
Dato	(m)	(psu)	(oC)	(dt)	(mg/l)	(ml/l)	(%)
Sild 2	0	24,50	15,45	17,81	7,63	5,37	86,25
30.6.2010	1	24,42	15,61	17,72	8,32	5,86	94,35
	2	24,81	15,80	17,98	8,70	6,13	99,23
	3	26,33	15,74	19,16	8,71	6,13	100,09
	5	29,67	14,73	21,95	9,19	6,47	105,64
	7	30,75	14,00	22,94	9,55	6,73	108,84
	10	31,69	13,22	23,84	9,86	6,94	111,10
	15	33,99	9,29	26,35	10,08	7,10	105,67
	20	34,55	8,56	26,92	7,87	5,54	81,47
	25	34,66	8,42	27,06	6,37	4,49	65,76
	30	34,76	8,30	27,18	6,26	4,41	64,50
	40	34,88	8,19	27,33	6,85	4,82	70,42
	50	34,90	8,06	27,42	7,10	5,00	72,76
	60	34,94	7,95	27,51	7,03	4,95	71,97
	70	34,96	7,90	27,58	7,27	5,12	74,29
	80	34,96	7,84	27,63	6,99	4,92	71,37
	90	34,97	7,84	27,69	7,06	4,97	72,01
	100	34,98	7,84	27,74	7,37	5,19	75,22
	125	34,98	7,78	27,86	7,51	5,29	76,57
	150	34,98	7,75	27,98	7,30	5,14	74,38
	175	34,97	7,69	28,10	7,30	5,14	74,28
	200	34,97	7,65	28,22	7,40	5,21	75,20
	225	34,97	7,54	28,35	7,87	5,54	79,72
	250	34,97	7,51	28,46	7,78	5,48	78,82
	275	34,97	7,48	28,59	7,62	5,37	77,11
	300	34,98	7,47	28,70	7,41	5,22	74,97
	350	34,97	7,43	28,93	6,69	4,71	67,63
	400	34,96	7,40	29,16	6,41	4,51	64,70
	425	34,99	7,39	29,29	6,45	4,54	65,10
	450	34,98	7,38	29,40	6,41	4,51	64,77
	500	34,98	7,38	29,63	6,32	4,45	63,81
	550	34,97	7,37	29,85	6,30	4,44	63,64
	600	34,99	7,38	30,09	6,26	4,41	63,25
	650	35,00	7,38	30,32	6,21	4,37	62,70

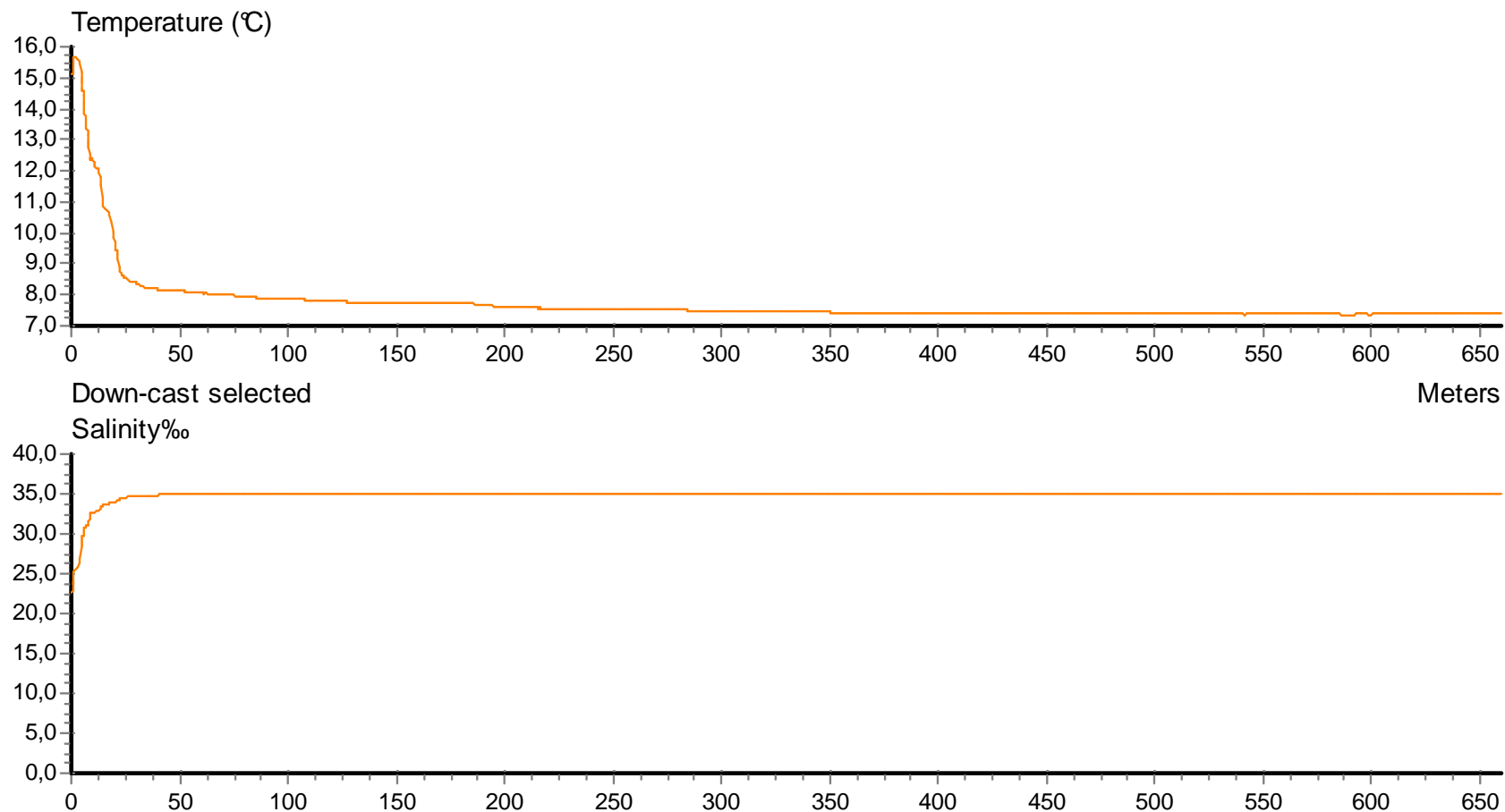
File name: Sildafjorden+b.pl.2010.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 2

SD204, Serial No: 714, AP1004,09

Data displayed from: 13:49:49 - 07.Jul-10 (No. 38) To: 14:34:14 - 07.Jul-10 (No: 2703)



**Figur 3.1.** Temperatur (°C) og saltholdighet (psu) målt med CTD-sonde fra overflaten og til 650 meter dyp ved Sild 1 den 29.juni 2010

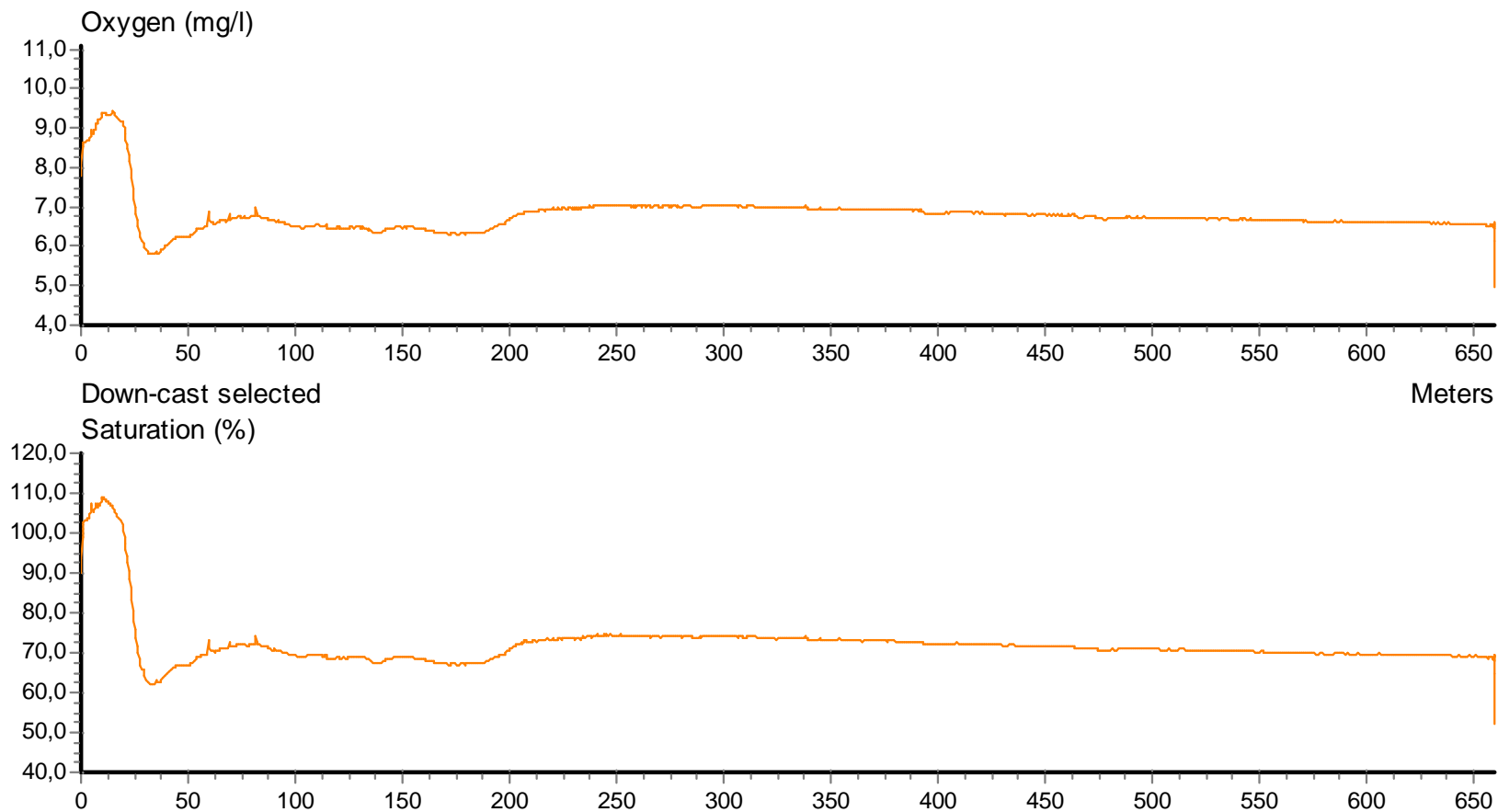
File name: Sildafjorden+b.pl.2010.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 2

SD204, Serial No: 714, AP1004,09

Data displayed from: 13:49:49 - 07.Jul-10 (No. 38) To: 14:34:14 - 07.Jul-10 (No. 2703)



**Figur 3.1 forts.** Oksygeninnhold (mg/l) og oksygenmetning målt med CTD-sonde fra overflaten og til 650 meter dyp ved Sild 1 den 29.juni 2010.

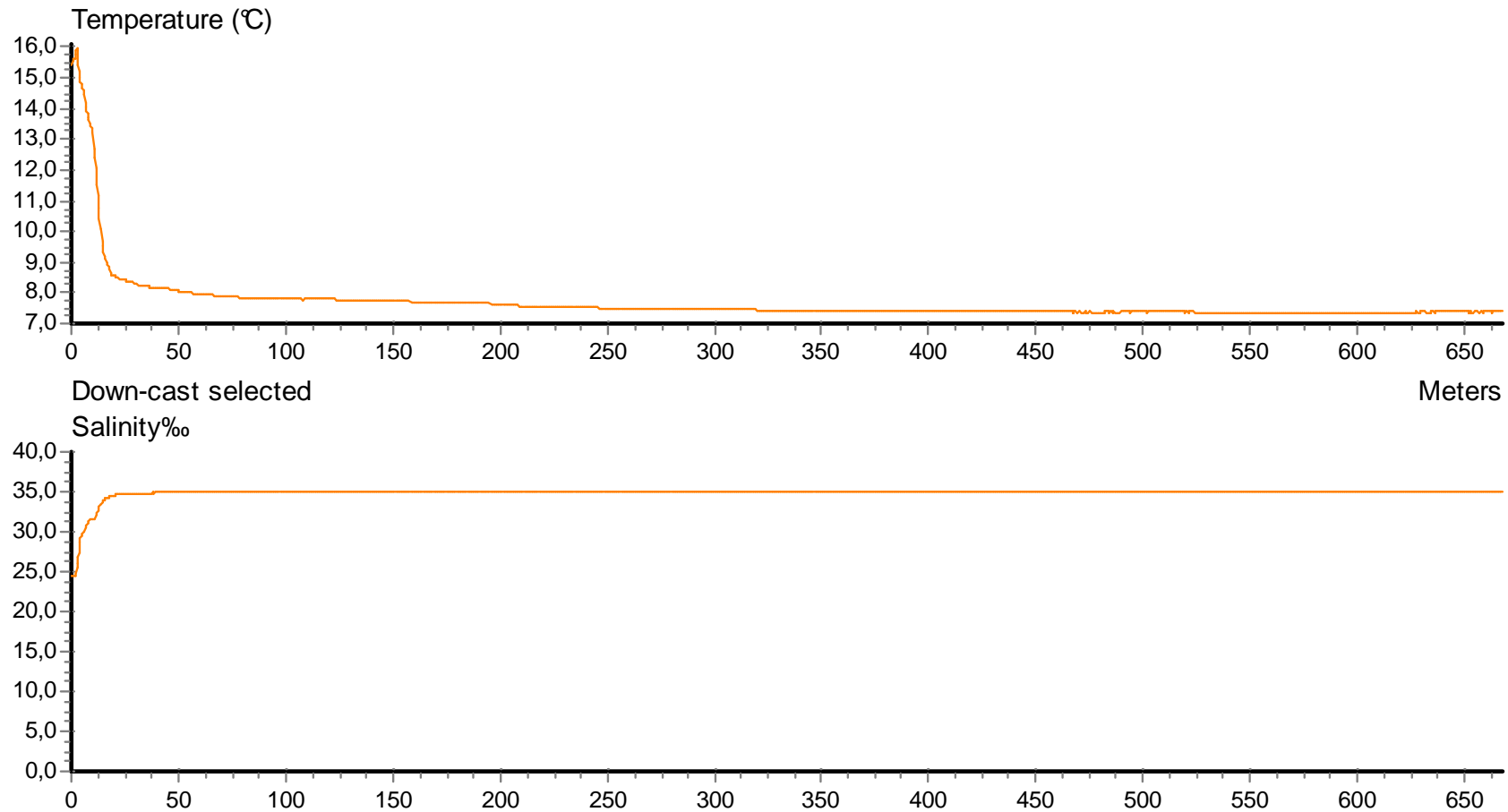
File name: Sildafjorden+b.pl.2010.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 3

SD204, Serial No: 714, AP1046,61

Data displayed from: 15:10:35 - 07.Jul-10 (No. 2744) To: 15:57:07 - 07.Jul-10 (No. 5536)



**Figur 3.2.** Temperatur (°C) og saltholdighet (psu) målt med CTD-sonde fra 0-650 meter dyp ved Sild 2 den 30. juni 2010

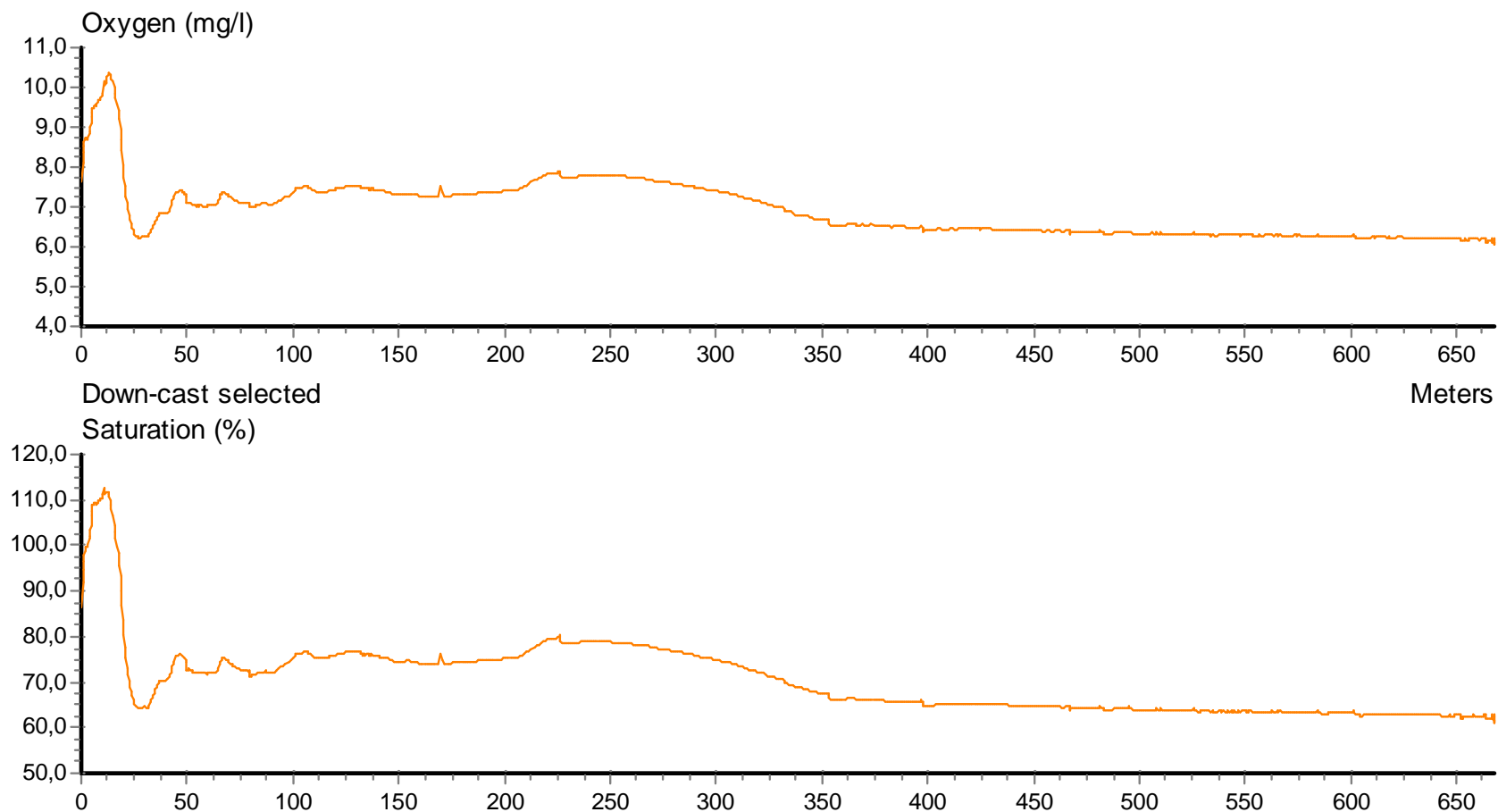
File name: Sildafjorden+b.pl.2010.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 3

SD204, Serial No: 714, AP1046,61

Data displayed from: 15:10:35 - 07.Jul-10 (No. 2744) To: 15:57:07 - 07.Jul-10 (No. 5536)



Figur 3.2 forts.. Oksygeninnhold (mg/l) og oksygenmetning målt med CTD-sonde fra 0-650 meter dyp ved Sild 2 den 30. juni 2010.



### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene ved de fem lokalitetene er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.2.

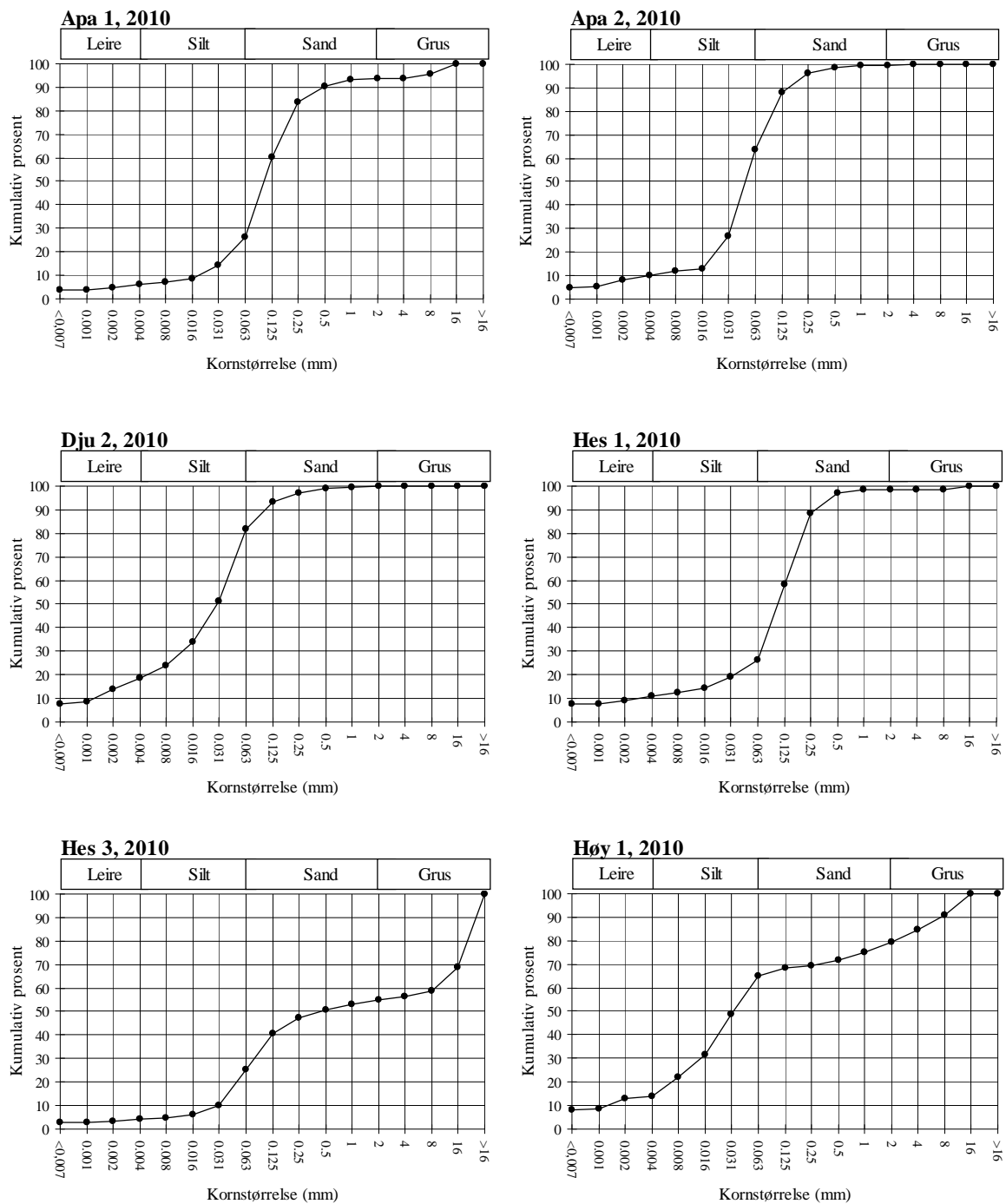
**Tabell 3.2.** Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen, Tromma og de to dype fellesstasjonene Sild 1 og Sild 2 juni/juli 2010.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Apa 1</b>	93	1,73	6	20	26	67	6
<b>Apa 2</b>	119	2,28	10	53	63	36	0
<b>Dju 1</b>	131	66,3	-*	-*	90	10	0
<b>Dju 2</b>	143	2,90	18	63	82	18	0
<b>Hes 1</b>	66	7,14	11	15	26	72	1
<b>Hes 3</b>	83	1,82	4	21	25	30	45
<b>Høy 1</b>	271	1,94	14	51	65	14	21
<b>Trom 1</b>	273	18,02	27	60	86	12	1
<b>Trom 2</b>	293	4,61	27	60	88	12	0
<b>Sild 1</b>	666	7,07	41	54	96	4	0
<b>Sild 2</b>	565	7,29	49	50	99	1	0

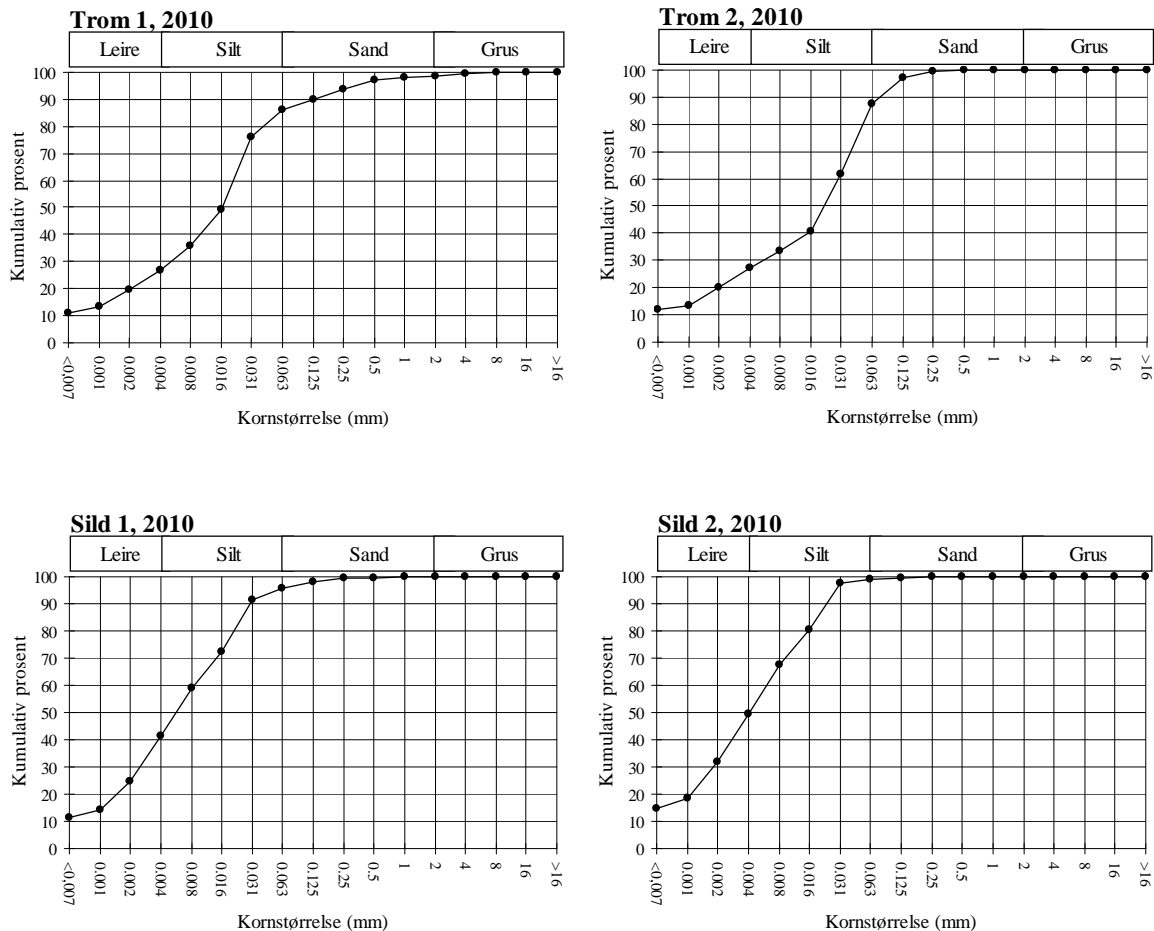
\* Ikke mulig å analysere grunnet store mengder organisk materiale.

På de to dypeste stasjonene var sedimentet svært finkornet med henholdsvis 96 % leire og silt ved Sild 1 og 99 % leire og silt ved Sild 2. Det samme gjelder stasjonene tett på anleggene Djupavika og Trommo, hvor leire og siltandelen utgjorde henholdsvis 90 og 86 %. Finkornet sediment er et tegn på svak strøm, noe som er normalt i dypet av fjorder. Dette kan føre til en opphopning av organisk avfall som dermed ikke blir transportert bort fra kilden. Nær lokalitetene Apalvikneset, Hesvika og Høysteinen var sedimentet derimot noe grovere (andel leire og silt på henholdsvis 26, 26 og 65 %) og tyder derfor på bedre strømforhold.

Det organiske innholdet (basert på glødetap) var høyt (66 %) ved stasjonen nærmest Djupavik-anlegget (Dju 1). På grunn av dette var det umulig å analysere kornstørrelsen innen samlefraksjonen leire og silt. Stasjon Trom 1 hadde også forhøyede verdier av organisk materiale. Ellers var nivåene lave (mellom 1,7 og 7,3) og gjenspeiler normale forhold i en norsk fjord.



**Figur 3.3.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen, Trommo samt de to dype stasjonene i Sildafjorden i 2010.



**Figur 3.3. forts.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen, Trommo samt de to dype stasjonene i Sildafjorden i 2010.

### 3.2.2 Kjemi

#### Sediment analyser

De undersøkte kjemiske parametrene er vist i Tabell 3.3. Kobberverdiene var lave og fikk KLIFs tilstandsklasse (TK) I-II (Bakgrunn – God) ved samtlige stasjoner, bortsett fra stasjon Hes 1 som fikk TK IV (dårlig). Verdiene av sink var lave (TK I-II) ved samtlige stasjoner, med unntak av Trom 1 som fikk TK III (moderat). Fosfornivået lå mellom 0,5 – 2 g/kg, bortsett fra på stasjonene Dju 1 (5,3 g/kg), Hes 1 (6,4 g/kg) og Trom 1 (9,7 g/kg).

For å benytte KLIF's tilstandsklasse på totalt organisk karbon (TOC), må de målte verdiene standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993) og bør derfor også vurderes opp mot glødetapet. Ved å benytte formelen gitt i KLIF's manual var innholdet av TOC meget gode (TK I) ved alle stasjoner utenom Dju 1, Hes 1 og Trom 1 som fikk TK V (meget dårlig). Dette stemmer godt overens med glødetapet, bortsett fra at Hes 1 ikke hadde et urovekkende høyt glødetap.

**Tabell 3.3.** Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet ved Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen, Trommo samt de to dype stasjonene i Sildafjorden i 2010. Tilstandsklasser (T.K.) for sink, kobber og total organisk karbon (TOC) er oppgitt etter KLIF's (Klima- og forurensingsdirektoratet) klassifisering (Bakke et al. 2007).

Stasjon	Dyp m	Kobber mg/kg TS	KLIF's TK	Fosfor g/kg TS	Sink mg/kg TS	KLIF's TK	TOC (g/kg)	Nomalisert TOC	KLIF's TK
<b>Apa 1</b>	93	4,5	I	0,51	32,0	I	5,9	19,2	I
<b>Apa 2</b>	119	7,0	I	0,96	42,0	I	6,0	12,7	I
<b>Dju 1</b>	131	8,6	I	5,30	160,0	II	340	341,8	V
<b>Dju 2</b>	143	11,0	I	0,67	44,0	I	10	13,2	I
<b>Hes 1</b>	66	59,0	IV	6,40	180,00	II	41	54,32	V
<b>Hes 3</b>	83	11,0	I	1,00	32,00	I	5,5	19,00	I
<b>Høy 1</b>	271	15,0	I	0,46	49,0	I	<5,0	<11,3	I
<b>Trom 1</b>	273	37,0	II	9,70	410,0	III	86	88,5	V
<b>Trom 2</b>	293	38,0	II	1,90	230,0	II	10	12,2	I
<b>Sild 1</b>	666	24,0	I	0,75	160,0	II	19,0	19,7	I
<b>Sild 2</b>	656	20,0	I	0,53	130,0	I	15	15,2	I

### Måling av pH og Redokspotensial

Resultatene fra pH og redokspotensialet ( $E_h$ ) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Det ble oppdaget gassbobler og sterk lukt i prøven fra Dju 1. Ellers ble det ikke oppdaget verken bobling eller for og fekalierester ved noen av stasjonene. Målingene av pH og  $E_h$  plasserte sedimentet fra alle stasjonene i tilstand 1 i henhold til parametrene i gruppe II i MOM-B standarden (Tabell 3.4), bortsett fra stasjonene Dju 1 (tilstand 4) og Høy 1 (tilstand 3).

**Tabell 3.4.** Målte pH og  $E_h$  verdier i sedimentet fra de undersøkte lokalitetene. 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	$E_h$	pH/ $E_h$ poeng	Tilstand Gruppe II
<b>Apa 1</b>	Apalviksnes	7,5	274	0	1
<b>Apa 2</b>	Apalviksnes	7,6	364	0	1
<b>Hes 1</b>	Hesvika	7,4	64	0	1
<b>Hes 3</b>	Hesvika	7,6	337	0	1
<b>Dju 1</b>	Djupavika	6,1	-45	5	4
<b>Dju 2</b>	Djupavika	7,4	125	0	1
<b>Høy 1</b>	Høysteinen	7,1	-12	2-3	3
<b>Trom 1</b>	Trommo	7,3	118	0	1
<b>Trom 2</b>	Trommo	7,4	143	0	1
<b>Sild 1</b>	Sildafjorden	7,5	386	0	1
<b>Sild 2</b>	Sildafjorden	7,3	165	0	1

### 3.2.3 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5-3.6, Figur 3.3-3.4 og i Vedleggstabellene 2. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i juni/juli 2010. De fleste bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid. Gode miljøforhold i sjøbunnen kjennetegnes ofte ved høyt artsantall og relativt jevn fordeling av individer mellom arter. Tilførsel av store mengder organisk materiale som f.eks. fra oppdrettsanlegg (fôrrester og fiskeekskremer) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogen sulfid. Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunn sedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk stoff.

#### *Referansestasjonene*

Sild 1 ligger på det dypeste punktet i Sildafjorden, på 666 m, litt sør for Apalviksneset. Her ble det funnet 28 arter og 234 individer på 0,2 m<sup>2</sup>. Dette gir en diversitet (H') på 3,94 med en jevnhet (J) på 0,82. Mollusken *Axinulus eumyaria* var den mest tallrike arten, med 15 % av alle individene, tett etterfulgt av børstemarkene *Paradiopatria fiordica* og *Terebellides stroemi*. Blant de 11 mest tallrike artene, ble det funnet 5 mollusker, 5 børstemark og en pølseorm. Dette gir tilstanden II (god) i KLIFs klassifiseringssystem.

Stasjon Sild 2 ligger i Sildafjorden nord for Djupavika. Her ble det funnet 300 individer og 40 arter. Dette gir en diversitet (H') på 4,19 og en jevnhet (J) på 0,79. Sett i forhold til dyp (656 m) og areal (0,2 m<sup>2</sup>) er det et høyt artsantall på denne stasjonen. Dette har trolig en sammenheng med svak stimulering fra organisk materiale. Børstemarken *Terebellides stroemi* var den vanligste arten med 19 % av alle individene. Blant de 10 mest tallrike artene ble det registrert 4 børstemarkarter, 5 molluskarer og 1 slangestjerne. Stasjonen faller innunder tilstand I (meget god) i KLIFs klassifiseringssystem.

#### *Apalviksnes*

Ved stasjon Apa 1 som ligger på 93 m, ble det funnet 369 individer fordelt på 58 arter på 0,2 m<sup>2</sup>. Dette gir en høy diversitet (H') på 4,24, med en jevnhet (J) på 0,72. Børstemarken *Spiophanes wigley* var mest tallrik med ca 35% av individmengden. Til sammen utgjorde børstemarkar ni av de elleve mest tallrike artene, men mollusken *Abra nitida* og

slangestjernegruppen *Ophiura* var også representert. Alt i alt tyder dette på gode bunnforhold og stasjonen blir dermed plassert i MOM tilstandsklasse 1 (meget god).

Stasjon Apa 2 ligger noe dypere på 119 m. Her ble det registrert 730 individer på 54 arter (0,2 m<sup>2</sup>). At individtallet er høyere ved denne stasjonen, kan tyde på en viss stimulering som følge av organisk tilførsel. Diversiteten (H') er beregnet til 3,65 med en jevnhet (J) på 0,63. Også her utgjorde børstemarkene den største individmengden, med åtte av de ti mest artsrike artene, hvorav *Spiophanes wigley* igjen var mest tallrik (ca 41%). Molluskene *Yoldiella philippiana* og *Caudofoveata* indet var også representert blant de ti mest tallrike. Etter Mom-klassifiseringen fikk denne stasjonen tilstand 1 (meget god).

#### *Djupavika*

Stasjon Dju 1 ligger nær anlegget på 131 m. Her ble det funnet 64 individer fordelt på 2 arter (0,2 m<sup>2</sup>). Herav utgjorde *Vigtorniella ardabilia* 59 individer og dermed 92 %, mens det ble funnet 5 individer av *Capitella capitata* som dermed utgjorde 8 % av individmengden. Begge artene er børstemarkersom ofte opptrer i stort antall under forhold med mye organisk materiale og bakteriematter (Wiklund et al. 2009 og Pearson and Rosenberg 1978). Stasjonen hadde en diversitet (H') på 0,4 og en jevnhet (J) på 0,4. Stasjonen får en MOM-miljøtilstand 3 (dårlig).

På stasjon Dju 2, på 143 m, ble det funnet 1383 individer fordelt på 61 arter. Dette gir en diversitet (H') på 3,8 og en jevnhet (J) på 0,64. Sett i forhold til dybde og prøveareal er individantallet forhøyet på denne stasjonen. Dette skyldes trolig organisk stimulering fra anlegget. Åtte av de ti mest tallrike artene var børstemark, med *Chaetozone* sp. på topp med 23,5 % av den totale individmengden, etterfulgt av *Capitella capitata* (21,6 %). Mollusker utgjorde to av de ti mest tallrike artene. Stasjonen får KLIF's tilstandsklasse II (god) og MOM tilstandsklasse 1 (meget god).

#### *Hesvika*

Stasjon Hes 1 som ligger nær anlegget på 66 m dyp, ble det 1. juli 2010 funnet 6 arter med tilsammen 7709 individer på 0,2 m<sup>2</sup> (Tabell 3.5). Et høyt antall individer og få arter indikerer en miljømessig påvirkning. De to mest tallrike artene i 2010 var børstemarkene *Capitella capitata* (92,6 %) og *Prionospio steenstrupii* (7,3 %). At stasjonen bærer preg av påvirkning

fra anlegget framgår også av grafen for de geometriske klassene. Artsdiversiteten ble beregnet til 0,40 og jevnheten 0,15. Dette plasserer stasjonen i MOM-miljøtilstand 3 (dårlig).

Stasjon Hes 3 ligger i overgangsonen på 83 m dyp. Her ble det funnet 25 arter med til sammen 2012 individer ( $0,2 \text{ m}^2$ ) (Tabell 3.5). Den mest tallrike arten var børstemarken *Capitella capitata* (93,9 %). Foruten børstemark ble det også funnet to arter av gravende kråkeboller, *Brissopsis lyrifera* (1,8 %) og *Echinocardium cordatum* (0,5 %) blant de ti mest vanlige artene. Børstemarken *Capitella capitata* som var den vanligste arten, forekommer ofte i store mengder på lokaliteter som har stor tilførsel av organisk materiale. Diversiteten beregnet til 0,55 med jevnhet 0,12. Stasjon Hes 3 fikk MOM miljø-tilstand 3 (dårlig) ved denne undersøkelsen.

#### *Høysteinen*

På stasjon Høy 1, som ligger på 271 m dyp, ble det funnet 2 arter med til sammen 5 individer ( $0,2 \text{ m}^2$ ). Diversitetsindeksen ( $H'$ ) var 0,72 og jevnheten  $J$  var 0,72. De to artene representert var børstemarken *Capitella capitata* (4 stk) og blåskjell (1 stk). Dette regnes ikke som et naturlig habitat for blåskjell, og det ene individet antas derfor å ha falt ned fra tauverk eller merd. Uavhengig av om blåskjellet regnes med eller ikke, får stasjonen MOM-tilstand 3 (dårlig).

#### *Trommo*

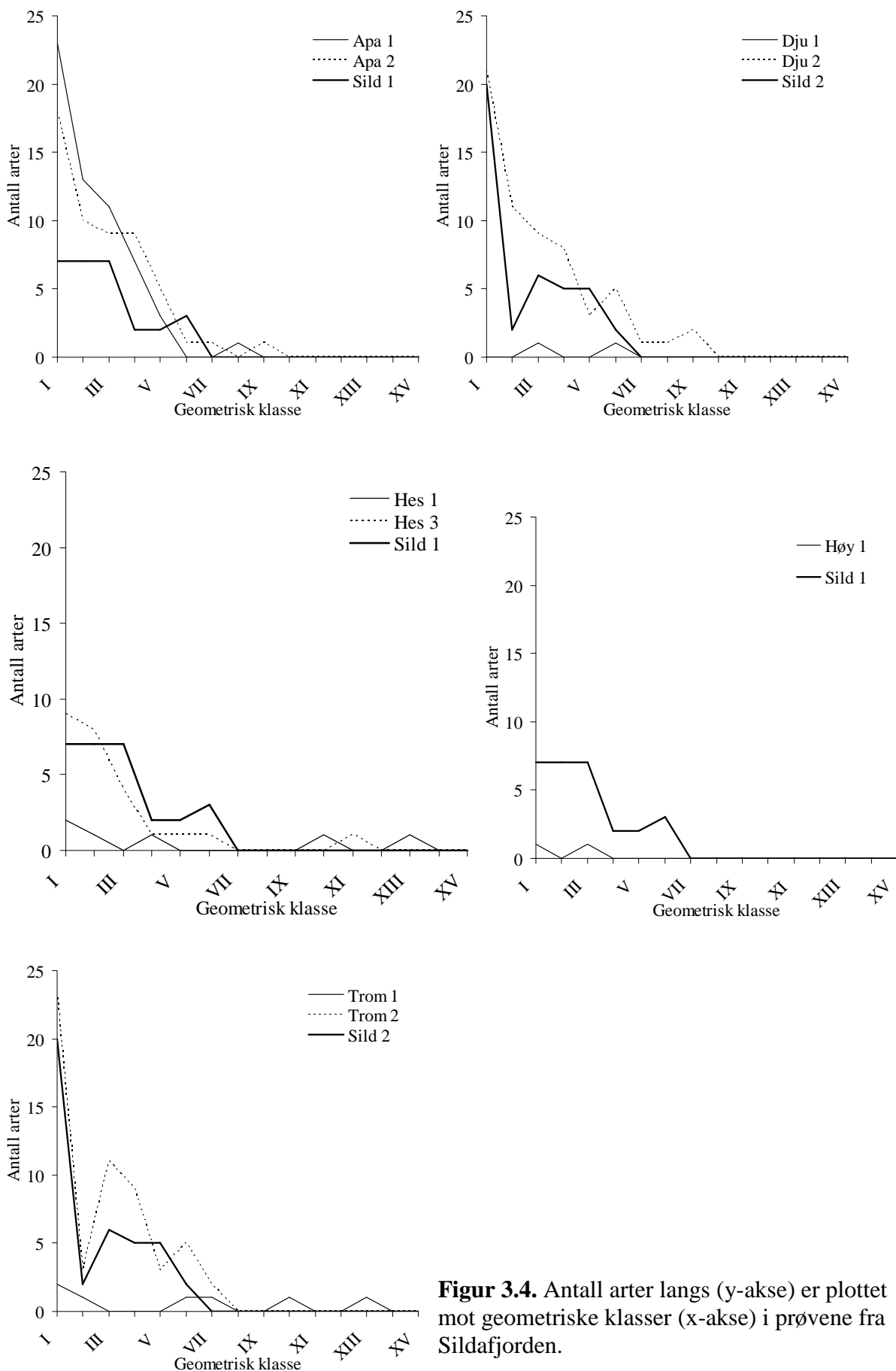
På stasjon Trom 1 som ligger på 273 m dyp, ble det funnet 5462 individer fordelt på 7 arter. Diversiteten ( $H'$ ) er beregnet til 0,85 og jevnheten ( $J$ ) til 0,30. Børstemarken *Capitella capitata* var mest tallrik, med 80,5 % av total individmengde. I de to huggene til sammen, ble det kun funnet børstemark, med unntak av 1 stk mollusk (*Thyasira sarsi*). Dominansen av børstemark, og spesielt opportunisten *Capitella capitata*, tyder på en effekt av organisk materiale fra anlegget. Fortsatt er forholdene levelige for flere arter børstemark, og stasjonen fikk derfor MOM tilstand 2 (god).

Trom 2 ligger på 293 m dyp. Her ble det funnet 692 individer og 56 arter. Dette gir en diversitet ( $H'$ ) på 4,44 og en jevnhet ( $J$ ) på 0,76. Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* hadde flest individer i prøven, med 125 stk og 18 % av totalt individtall. Blant de ti mest tallrike artene, ble det funnet 7 børstemark og 3 mollusker. Stasjonen får MOM tilstand 1 (meget god).



**Tabell 3.5.** Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H'<sub>max</sub>) for hver enkelt prøve og totalt for hver stasjon i Sildafjorden i 2010.

Stasjon	Hugg	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	KLIF's TK	MOM TK
Sild 1	1	111	23	3.95	0.87	4.52		
	2	123	23	3.58	0.79	4.52		
	<b>sum</b>	<b>234</b>	<b>28</b>	<b>3.94</b>	<b>0.82</b>	<b>4.81</b>	<b>II</b>	<b>-</b>
Sild 2	1	152	28	4.12	0.86	4.81		
	2	148	28	3.94	0.82	4.81		
	<b>sum</b>	<b>300</b>	<b>40</b>	<b>4.19</b>	<b>0.79</b>	<b>5.32</b>	<b>I</b>	<b>-</b>
Apa 1	2	176	42	4.13	0.77	5.39		
	3	193	44	4.07	0.74	5.46		
	<b>sum</b>	<b>369</b>	<b>58</b>	<b>4.24</b>	<b>0.72</b>	<b>5.86</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
Apa 2	2	278	41	3.99	0.74	5.36		
	3	452	43	3.23	0.60	5.43		
	<b>sum</b>	<b>730</b>	<b>54</b>	<b>3.65</b>	<b>0.63</b>	<b>5.75</b>	<b>II</b>	<b>1</b>
Dju 1	1	1	1	-	-	-		
	2	63	2	0.34	0.34	1.00		
	<b>sum</b>	<b>64</b>	<b>2</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>1.00</b>	<b>-</b>	<b>3</b>
Dju 2	1	592	45	3.90	0.71	5.49		
	2	791	46	3.50	0.63	5.52		
	<b>sum</b>	<b>1383</b>	<b>61</b>	<b>3.80</b>	<b>0.64</b>	<b>5.93</b>	<b>II</b>	<b>1</b>
Hes 1	1	4408	3	0.42	0.27	1.58		
	2	3301	6	0.36	0.14	2.58		
	<b>sum</b>	<b>7709</b>	<b>6</b>	<b>0.40</b>	<b>0.15</b>	<b>2.58</b>	<b>-</b>	<b>3</b>
Hes 3	1	1239	21	0.53	0.12	4.39		
	2	773	14	0.53	0.14	3.81		
	<b>sum</b>	<b>2012</b>	<b>25</b>	<b>0.55</b>	<b>0.12</b>	<b>4.64</b>	<b>V</b>	<b>3</b>
Høy 1	1	3	1	-	-	-		
	2	2	2	1.00	1.00	1.00		
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0.72</b>	<b>0.72</b>	<b>1.00</b>		<b>3</b>
Trom 1	1	2626	7	1.01	0.36	2.81		
	2	2836	4	0.64	0.32	2.00		
	<b>sum</b>	<b>5462</b>	<b>7</b>	<b>0.85</b>	<b>0.30</b>	<b>2.81</b>		<b>2</b>
Trom 2	2	388	45	4.24	0.77	5.49		
	3	304	43	4.49	0.83	5.43		
	<b>sum</b>	<b>692</b>	<b>56</b>	<b>4.44</b>	<b>0.76</b>	<b>5.81</b>	<b>I</b>	<b>1</b>



**Figur 3.4.** Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Sildafjorden.

**Tabell 3.6.** De ti mest tallrike artene i Sildafjorden i 2010. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.**Sildafjorden**

Sild 1	Antall individer	%	Kum %
<i>Axinulus eumyaria</i>	35	15,0	15,0
<i>Paradiopatra fiordica</i>	34	14,5	29,5
<i>Terebellides stroemi</i>	33	14,1	43,6
<i>Kelliella abyssicola</i>	22	9,4	53,0
<i>Sipuncula</i> indet.	19	8,1	61,1
<i>Nucula tumidula</i>	13	5,6	66,7
<i>Heteromastus filiformis</i>	13	5,6	72,2
<i>Anobothrus gracilis</i>	7	3,0	75,2
<i>Thyasira granulosa</i>	7	3,0	78,2
<i>Thyasira obsoleta</i>	6	2,6	80,8
<i>Chaetozone jubata</i>	6	2,6	83,3

Sild 2	Antall individer	%	Kum %
<i>Terebellides stroemi</i>	57	19,0	19,0
<i>Kelliella abyssicola</i>	35	11,7	30,7
<i>Paradiopatra fiordica</i>	28	9,3	40,0
<i>Axinulus eumyaria</i>	20	6,7	46,7
<i>Thyasira obsoleta</i>	19	6,3	53,0
<i>Amphilepis norvegica</i>	17	5,7	58,7
<i>Chaetozone jubata</i>	16	5,3	64,0
<i>Nucula tumidula</i>	15	5,0	69,0
<i>Aphelochaeta</i> sp.	14	4,7	73,7
<i>Abra longicallus</i>	10	3,3	77,0

**Apalviknes**

Apa 1	Antall individer	%	Kum %
<i>Spiophanes wigleyi</i>	128	34,7	34,7
<i>Amythasides macroglossus</i>	25	6,8	41,5
<i>Notomastus latericeus</i>	24	6,5	48,0
<i>Lumbrineridae</i> indet.	16	4,3	52,3
<i>Mendicula feruginosa</i>	13	3,5	55,8
<i>Eclysippe vanelli</i>	12	3,3	59,1
<i>Chaetozone</i> sp.	10	2,7	61,8
<i>Abra nitida</i>	10	2,7	64,5
<i>Ophiura</i> sp.	10	2,7	67,2
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	8	2,2	69,4
<i>Diplocirrus glaucus</i>	8	2,2	71,5

Apa 2	Antall individer	%	Kum %
<i>Spiophanes wigleyi</i>	302	41,4	41,4
<i>Mendicula feruginosa</i>	95	13,0	54,4
<i>Lumbrineridae</i> indet.	37	5,1	59,5
<i>Amythasides macroglossus</i>	27	3,7	63,2
<i>Aphelochaeta</i> sp.	25	3,4	66,6
<i>Notomastus latericeus</i>	23	3,2	69,7
<i>Chaetozone</i> sp.	21	2,9	72,6
<i>Yoldiella philippiana</i>	17	2,3	74,9
<i>Caudofoveata</i> indet.	13	1,8	76,7
<i>Levinsenia gracilis</i>	13	1,8	78,5

**Djupavika**

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

Dju 2	Antall individer	%	Kum %
<i>Chaetozone</i> sp.	325	23,5	23,5
<i>Capitella capitata</i>	299	21,6	45,1
<i>Thyasira sarsii</i>	148	10,7	55,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	117	8,5	64,3
<i>Prionospio steenstrupii</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>Lipobranchus jeffreysii</i>	30	2,2	84,5

**Tabell 3.6 fortsetter.** De ti mest tallrike artene i Sildafjorden i 2010. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.**Hesvika**

Hes 1	Antall individer	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	7136	92.6	92.6
<i>Prionospio steenstrupii</i>	560	7.3	99.8
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	9	0.1	99.9
<i>Glycera alba</i>	2	0.0	100.0
<i>Kefersteinia cirrata</i>	1	0.0	100.0
<i>Spiophanes wigleyi</i>	1	0.0	100.0

Hes 3	Antall individer	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	1889	93.9	93.9
<i>Brissopsis lyrifera</i>	37	1.8	95.7
<i>Prionospio cirrifera</i>	24	1.2	96.9
<i>Echinocardium cordatum</i>	11	0.5	97.5
<i>Owenia borealis</i>	7	0.3	97.8
<i>Aphelochaeta</i> sp.	6	0.3	98.1
Polynoidae indet.	5	0.2	98.4
<i>Notomastus latericeus</i>	4	0.2	98.6
<i>Glycera alba</i>	3	0.1	98.7
<i>Prionospio fallax</i>	3	0.1	98.9
<i>Chaetozone</i> sp.	3	0.1	99.0
<i>Thyasira sarsii</i>	3	0.1	99.2

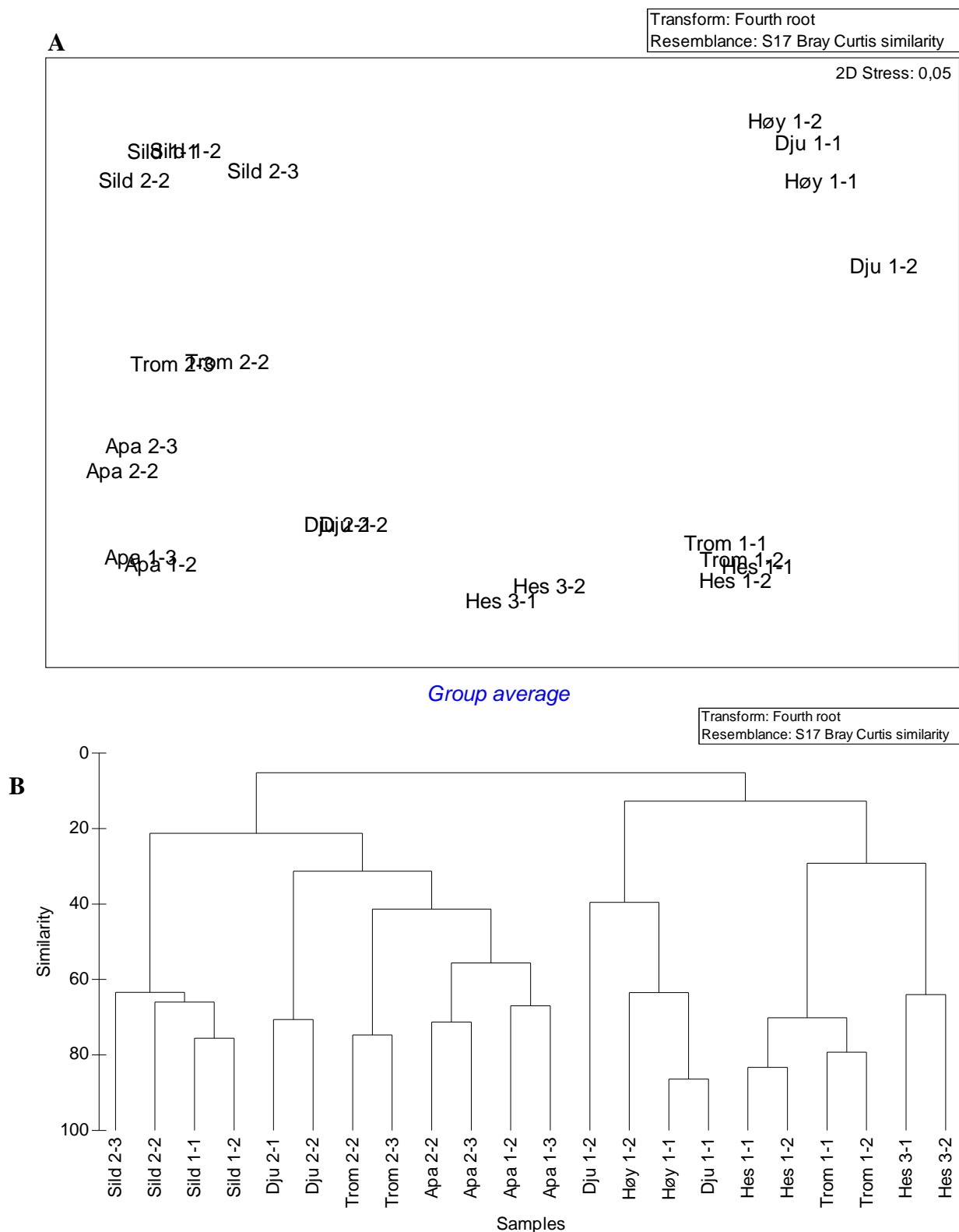
**Høysteinen**

Høy 1	Antall individer	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	4	80.0	80.0
<i>Mytilus edulis</i>	1	20.0	100.0

**Trommo**

Trom 1	Antall individer	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	4397	80.5	80.5
<i>Prionospio steenstrupii</i>	933	17.1	97.6
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	72	1.3	98.9
<i>Dorvilleidae</i> indet.	56	1.0	99.9
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	2	0.0	100.0
<i>Thyasira sarsii</i>	1	0.0	100.0
<i>Diplocirrus glaucus</i>	1	0.0	100.0

Trom 2	Antall individer	%	Kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	125	18.1	18.1
<i>Aphelochaeta</i> sp.	96	13.9	31.9
<i>Spiophanes wigleyi</i>	46	6.6	38.6
<i>Chaetozone</i> sp.	43	6.2	44.8
<i>Mendicula feruginosa</i>	43	6.2	51.0
<i>Thyasira equalis</i>	41	5.9	56.9
<i>Abra nitida</i>	39	5.6	62.6
<i>Pectinaria belgica</i>	26	3.8	66.3
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	19	2.7	69.1
<i>Paradiopatra fiordica</i>	16	2.3	71.4



**Figur 3.5.** A) MDS-plott og B) Cluster. De multivariate beregningene er foretatt på fjerderottransformerte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritets-indeks. Med Apa 2-3, menes Apalviksnes stasjon 2, hugg 3.

Faunaen grupperte seg i to hovedgrupper med stasjonene Sild 1, Sild 2, Apa 1, Apa 2, Dju 2 og Trom 2 i en gruppe og stasjonene Dju 1, Hes 1, Hes 3, Høy 1 og Trom 1 i en annen gruppe. Referansestasjonen hadde 21,3 % likhet med den førstnevnte gruppen og 5,3 % likhet med den andre gruppen. Variasjonene kan i tillegg til varierende grad av påvirkning fra organisk materiale også skyldes at stasjonene ligger i dybder fra 66 m til 666 m.

#### *Konklusjoner*

**Apalviknes:** Artsantallet er høyt på de to grunne stasjonene. Begge stasjonene fikk beste eller nest beste tilstand i klassifiseringssystemene. Faunaen i området var relativt variert og reflekterer gode bunnforhold.

**Djupavika:** Inntil anlegget var faunaen påvirket av organisk materiale og fikk tilstanden 3 (dårlig). Stasjonen i overgangssonen hadde et høyt individtall, noe som kan tyde på en svak stimulering av bunnfaunaen, men forholdene var fortsatt gode og den fikk derfor tilstand 1 (meget god).

**Hesvika:** I nærsonen og i overgangssonen var bunnfaunaen påvirket av anlegget og begge stasjonene fikk MOM miljøtilstand 3 (dårlig). På begge stasjonene dominerte børstemarken *Capitella capitata* med over 90 % av alle individene.

**Høysteinen:** Faunaen på stasjonen inntil anlegget viste tegn til påvirkning av organisk materiale. Denne stasjonen fikk derfor MOM miljøtilstand 3 (dårlig).

**Trommo:** Stasjonen nærmest anlegget er stimulert av organisk materiale, noe som gjenspeiles i det høye individtallet, og gir stasjonen MOM-tilstand 2 (god). I overgangssonen var forholdene gode med høyt artsantall og diversitet og fikk henholdsvis MOM miljøtilstand 1 og KLIF's tilstandsklasse I (meget god).

**Sildafjorden:** Referansestasjonene Sild 1 og Sild 2 som begge ligger svært dypt, hadde et høyt artsantall sett i forhold til areal og dyp og fikk henholdsvis tilstandene II (god) og I (meget god). Stasjoner som ligger på så store dyp har naturlig ofte færre arter enn stasjoner på grunnere vann. Ut fra faunasammensetning, geometriske klasser, artsantall og individantall, viser referansestasjonene ingen tegn til at driften ved anleggene påvirker den dype delen av Sildafjorden.

#### 4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved fem oppdrettslokaliteter i Sildafjorden i Kvinnherad kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 29. juni - 1. juli 2010. En kortfattet oppsummering av resultatene er vist i Tabell 4.1.

**Tabell 4.1.** Oppsummering av resultatene fra undersøkelsen ved Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen og Trommo, samt de to dype stasjonene Sild 1 og Sild 2 i 2010. Miljøtilstanden er klassifisert etter KLIF's tilstandsklasser og MOM-miljøtilstand.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk Innhold (%)	pH/Eh tilstand	Normalisert TOC	Oksygen T.kl.	Kobber T.kl.	Sink T.kl.	Fauna KLIF's tilstandsklasse	Fauna MOM Tilstand
Apa 1	93	1,7	1	I	-	I	I	-	1
Apa 2	119	2,3	1	I	-	I	I	II	1
Dju 1	131	66,3	4	V	-	I	II	-	3
Dju 2	143	2,9	1	I	-	I	I	II	1
Hes 1	66	7,1	1	V	-	IV	II	-	3
Hes 3	83	1,8	1	I	-	I	I	V	3
Høy 1	271	1,94	3	I	-	I	I	-	3
Trom 1	273	18,02	1	V	-	II	III		2
Trom 2	293	4,61	1	I	-	II	II	I	1
Sild 1	666	7,1	1	I	I	I	II	II	-
Sild 2	656	7,3	1	I	I-II	I	I	I	-

Hydrografimålingene viste at det var gode oksygenforhold i dypet av Sildafjorden. Det organiske innholdet var høyt ved stasjonene nærmest anleggene Djupavika og Trommo. Sedimentet var relativt grovkornet nær anleggene Apalviknes, Hesvika og Høysteinen, mens sedimentet ved Djupavika og Trommo, samt i dypet av Sildafjorden var mer finkornet. Finkornet sediment tyder på mindre strøm. Samtlige stasjoner hadde lave verdier av sink og kobber, bortsett fra høyere verdier av kobber inntil lokaliteten Hesvika og moderate verdier av sink ved Trommo. Fosforinnholdet var moderate ved Dju 1 og Hes 1, høye ved Trom 1 og ellers lave ved de resterende stasjoner. Ph og redokstilstanden (Eh) var god ved alle stasjoner bortsett fra tettest på anleggene Djupavika og Høysteinen. Når det gjelder faunasammensetning, fikk Apalviknes, Trommo og dypet av Sildafjorden beste og nest beste tilstandsklasser i KLIF- og MOM-klassifiseringsystemet. Det samme gjelder overgangssonen utenfor Djupavika. Tett på lokalitetene Djupavika, Høysteinen og Hesvika, samt i overgangssonen utenfor Hesvika var faunaforholdene dårlige og var dominert av opportunistiske arter som tåler krevende forhold.

Faunasammensetningen, organisk innhold, oksygeninnhold, fosfor og metaller indikerer alle at det ikke er noen påvirkning på den dype delen av Sildafjorden fra driften av de undersøkte anleggene.

## 5 TAKK

På toktet deltok Amir Ebrahim Yazdanpanah Amin og Tor Ensrud. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av N. Korableva, J. Hestetun og A. Amin, T.M. Ensrud og R. Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad og Jon Hestetun.

## 6 LITTERATUR

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trfiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og samlerapport 1990-91. *Niva-Rapport*. 100 s.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.



## 7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata .....</i>	<i>42</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre .....</i>	<i>49</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste .....</i>	<i>54</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>62</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>63</i>

## Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata

### Analyse av bunndyrdata

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 bunndyr-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 bunndyrprøver 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.

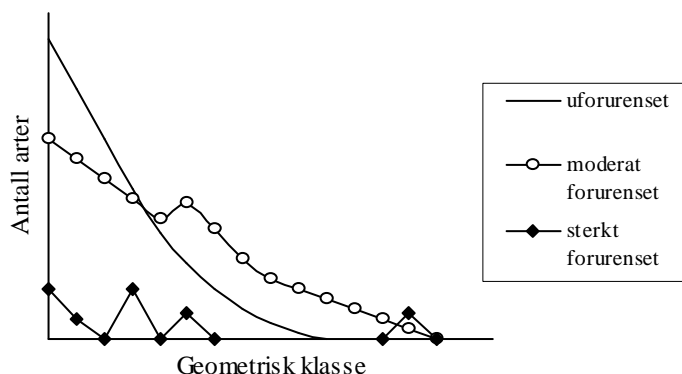
### Geometriske klasser

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 & Mirza (1979) og Pearson & 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 & Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små topper og nullverdier (Figur v1).

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

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



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

### Univariate metoder

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

### Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom ( $S$ , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet ( $J$ , fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) (Shannon & Weaver 1949):

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

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

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

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

der:  $H'$  = Shannon Wiener indeks og  $H'_{\max}$  = diversitet dersom alle arter har likt individantall. Dersom  $H' = H'_{\max}$  er  $J$  maksimal og får verdien en.  $J$  har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær & al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å

sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med SFT's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

**Tabell v2.** Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær & al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks (H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks (ES <sub>n=100</sub> )	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær & al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

### Flervariabel/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 brakkevann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

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

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

Hvor:  $S_{jk}$  = likheten mellom to prøver, j og k  
 $y_{ij}$  = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen  
 $y_{ik}$  = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter  
 $p$  = totalt antall arter

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

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

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

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

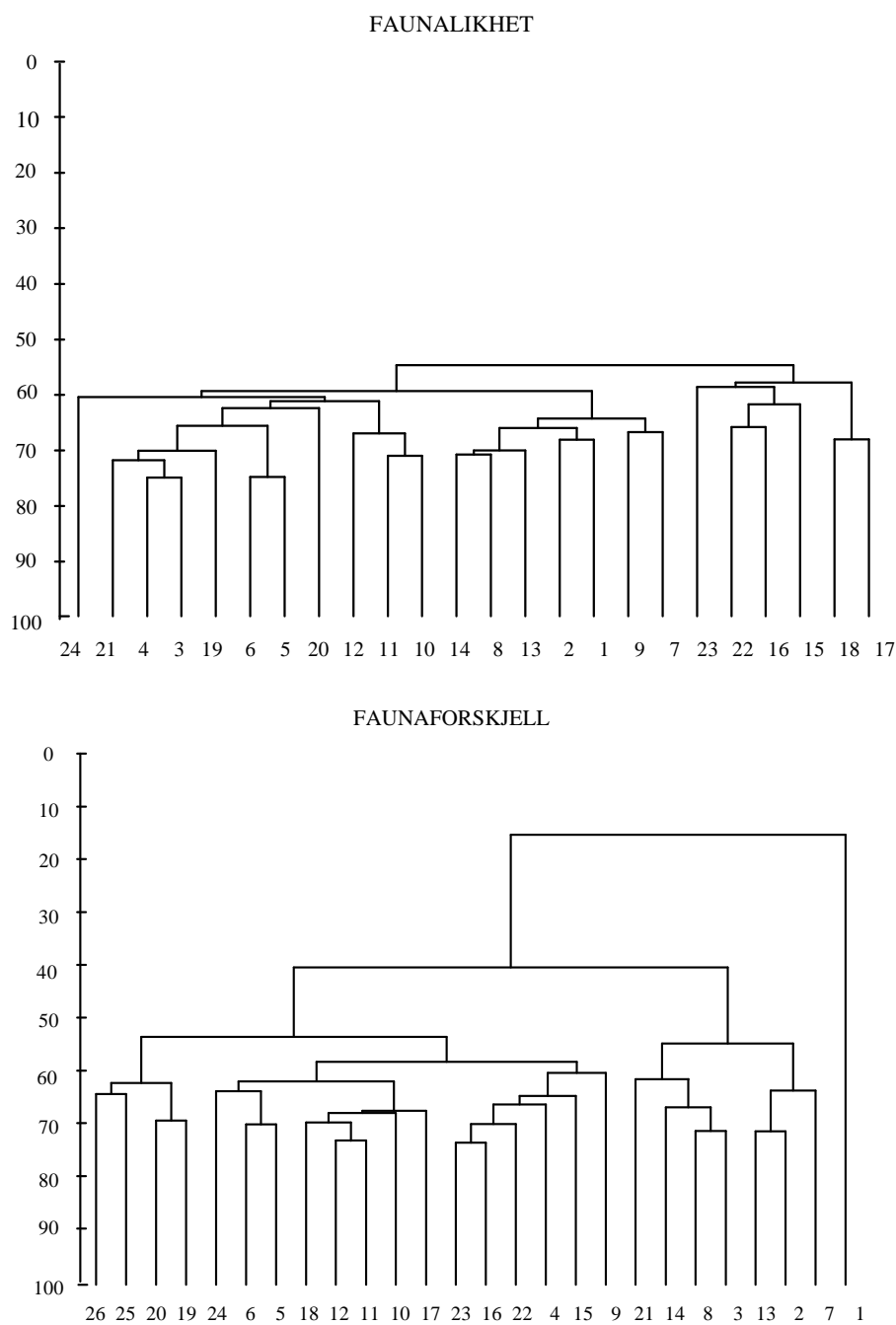
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

### Dataprogrammer

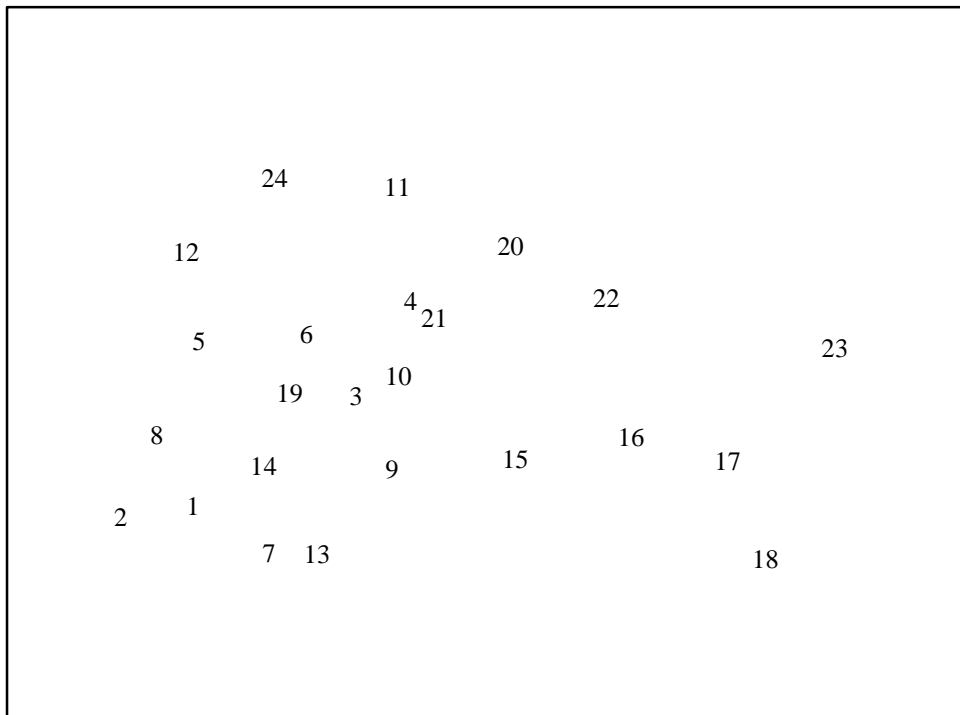
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet (J),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

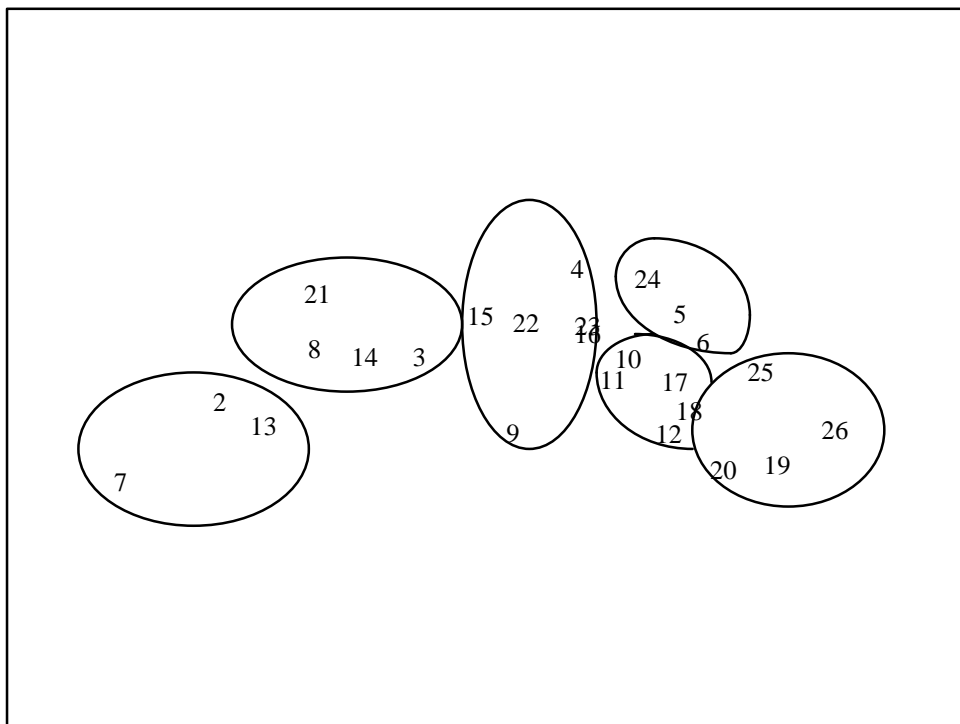


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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**

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.

Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.

Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp.*

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



## Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Tabell B1 - PRØVESKJEMA

Lokalitet: Apalviknes

Dato:

Gr.	Parameter	Poeng	Sild1 Apa1 Apa2									Indeks	
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0	0								
	Tilstand (Gruppe I)												
II			Sild1	Apa1	apa2								
	pH	Målt verdi	7,5	7,5	7,6								
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	133	21	111								
		+ ref.potensial	386	274	364								
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	0	0	0								
		Tilstand (prøve)	1	1	1								
Tilstand (Gruppe II)													
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0	0								
	Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0								
		Brun/Sort (2)											
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0								
		Noe (2)											
		Sterk (4)											
	Konsistens	Fast (0)	0	0	0								
		Myk (2)											
		Løs (4)											
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)											
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)	1	1	1								
		v ≥ 3/4 (2)											
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)	0	0	0								
		2 ≤ t < 8 cm (1)											
		t ≥ 8 cm (2)											
		Sum	1	1	1								
		Korr.sum (0,22)	0,22	0,22	0,22								
		Tilstand (prøve)	1	1	1								
Tilstand (Gruppe III)													
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)												
		Tilstand (prøve)											
Tilstand (Gruppe II & III)													
LOKALITETENS MIDDELTILSTAND													
			Signatur:										

Tabell B1 - PRØVESKJEMA

Lokalitet: Djupavika, Sildafjorden

Dato:

Gr.	Parameter	Poeng	Dju1 Dju 2 Sild 2										Indeks		
			Prøvenummer												
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	1	0	0										
	Tilstand (Gruppe I)														
II	pH	Målt verdi	6,1	7,4	7,3										
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	-298	-128	165										
		+ ref.potensial	-45	125	418										
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	5	0	0										
Tilstand (prøve)			4	1	1										
Tilstand (Gruppe II)															
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	4	0	0										
	Farge	Lys/Grå (0)		0	0										
		Brun/Sort (2)	2												
	Lukt	Ingen (0)		0	0										
		Noe (2)													
		Sterk (4)	4												
	Konsistens	Fast (0)		0	0										
		Myk (2)													
		Løs (4)	4												
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)													
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)		1											
		v ≥ 3/4 (2)	2		2										
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)		0	0										
		2 ≤ t < 8 cm (1)	1												
t ≥ 8 cm (2)															
Sum			17	1	2										
Korr.sum (0,22)			3,74	0,22	0,44										
Tilstand (prøve)			4	1	1										
Tilstand (Gruppe III)															
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)														
	Tilstand (prøve)														
Tilstand (Gruppe II & III)															

LOKALITETENS MIDDELTILSTAND

Signatur:

**Tabell B1 - PRØVESKJEMA**

Lokalitet: Hesvika, Sildafjorden

Dato:

Gr.	Parameter	Poeng	Sild2 Hes1 Hes3									Indeks
			Prøvenummer									
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0								
				Sild2 Hes1 Hes3								
II	pH	Målt verdi	7,3	7,4	7,6							
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	165	-189	84							
		+ ref.potensial	418	64	337							
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	0	1	0							
Tilstand (prøve)			1	1	1							
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0	0							
	Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0							
		Brun/Sort (2)										
	Lukt	Ingen (0)	0		0							
		Noe (2)		2								
		Sterk (4)										
	Konsistens	Fast (0)	0	1	0							
		Myk (2)										
		Løs (4)										
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)			0							
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)										
		v ≥ 3/4 (2)	2	2								
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)	0	0	0							
		2 ≤ t < 8 cm (1)										
t ≥ 8 cm (2)												
Sum			2	5	0							
Korr.sum (0,22)			0,44	1,1	0							
Tilstand (prøve)			1	1-2	1							
			Tilstand (Gruppe III)									
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)											
	Tilstand (prøve)											
			Tilstand (Gruppe II & III)									

LOKALITETENS MIDDELTILSTAND

Signatur:

**Tabell B1 - PRØVESKJEMA**

Lokalitet: Høysteinen, Sildafjorden

Dato:

Gr.	Parameter	Poeng	Høy1 Sild1										Indeks	
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0										
	Tilstand (prøve)													
II	pH	Målt verdi	7,1	7,5										
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	-265	133										
		+ ref.potensial	-12	386										
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	2-3	0										
	Tilstand (prøve)			3	1									
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0										
	Farge	Lys/Grå (0)	0	0										
		Brun/Sort (2)												
	Lukt	Ingen (0)		0										
		Noe (2)												
		Sterk (4)												
	Konsistens	Fast (0)	0	0										
		Myk (2)												
		Løs (4)												
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)												
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)			1									
		v ≥ 3/4 (2)	2											
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)	0	0										
		2 ≤ t < 8 cm (1)												
		t ≥ 8 cm (2)												
Sum			2	1										
Korr.sum (0,22)			0,44	0,22										
Tilstand (prøve)			1	1										
Tilstand (Gruppe III)														
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)													
	Tilstand (prøve)													
Tilstand (Gruppe II & III)														

LOKALITETENS MIDDELTILSTAND

Signatur:

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

**Tabell B1 - PRØVESKJEMA**

Lokalitet: Trommo, Sildafjorden

Dato:

Gr.	Parameter	Poeng	Trom1 Trom2 Sild2									Indeks
			Prøvenummer									
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0	0							
	Trom1 Trom2 Sild2											
II	pH	Målt verdi	7,3	7,4	7,3							
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	-135	-110	165							
		+ ref.potensial	118	143	418							
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	0	0	0							
		Tilstand (prøve)	1	1	1							
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0	0							
	Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0							
		Brun/Sort (2)										
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0							
		Noe (2)										
		Sterk (4)										
	Konsistens	Fast (0)	0	0	0							
		Myk (2)										
		Løs (4)										
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)										
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)	1									
		v ≥ 3/4 (2)		2	2							
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)	0	0	0							
		2 ≤ t < 8 cm (1)										
		t ≥ 8 cm (2)										
		Sum	1	2	2							
		Korr.sum (0,22)	0,22	0,44	0,44							
		Tilstand (prøve)	1	1	1							
Tilstand (Gruppe III)												
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)											
	Tilstand (prøve)											
Tilstand (Gruppe II & III)												

LOKALITETENS MIDDELTILSTAND

Signatur:

## Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.2

**BENTHOS ARTSLISTE**

Seksjon for anvendt miljøforskning



**SEKSJON FOR ANVENDT  
MILJØFORSKNING (SAM)**  
Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen  
Telefon: 55 58 43 41 Telefaks: 55 58 45 25



Test 157

**Oppdragsgiver (navn og adresse):** Marine Harvest Norway as  
**Prosjekt nr.:** 804648  
**Prøvetaksingssted (område):** Apalviknes, Djupavika, Hesvika, Høysteinen, Trommo som alle ligger i Sildafjorden.  
**Dato for prøvetaking:** 29.06 -01.07 2010  
**Ansvarlig for prøvetaking (firma):** UNI RESEARCH AS - SAM-Marin  
**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet:** -  
**Artene er identifisert av:** Tom Alvestad og Jon Hestetun og kontrollert av Per Johannessen

**Metode:** Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger NS-EN ISO 16665 og interne standard forskrifter.

### 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.

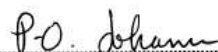
\* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

\* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

### Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av: 7 sider.

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

Signatur:   
Signaturberettiget

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Hes 1	Hes 1	Hes 3	Hes 3	Høy 1	Høy 1
	01.07.2010	01.07.2010	01.07.2010	01.07.2010	29.06.2010	29.06.2010
Type beskrivelse	1	2	1	2	1	2
PORIFERA indet.						
ANTHOZOA						
PLATYHELMINTES indet.						
NEMERTINI indet.			5	8		
NEMATODA indet.	2832	1744	6			
POLYCHAETA						
Capitella capitata	4048	3088	1164	725	3	1
Chaetozone sp.			2	1		
Cirratulus cirratus			1			
Glycera alba		2	3			
Goniada maculata			1	1		
Kefersteinia cirrata		1				
Malacoceros fuliginosus	8	1				
Myriochele oculata			2			
Notomastus latericeus			1	3		
Orbinia sertulata			1			
Owenia borealis			4	3		
Paramphinome jeffreysii			1			
Polynoidae indet.			2	3		
Prionospio cirrifera			18	6		
Prionospio fallax			3			
Prionospio steenstrupii	352	208				
Scalibregma inflatum			2			
Scoloplos armiger				2		
Spiophanes wigleyi		1	1			
SIPUNCULA						
CRUSTACEA						
Amphipoda indet.			2			
Calanoida indet			1			
Idotea sp.	22	9				
Nebalia sp.	1					
MOLLUSCA						
Euspira montagui				1		
Leptochiton asellus				1		
Modiolarca subpicta				1		
Montacuta ferruginosa			1			
Mytilus edulis						0/1
Parvicardium minimum			1			
Thyasira sarsii			1/2			
ECHINODERMATA						
Brissopsis lyrifera			22	15		
Echinocardium cordatum			3	8		
CHAETOGNATHA indet.					+	
CHORDATA						
VARIA			+			

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Apa 1	Apa 1	Apa 2	Apa 2	Dju 1	Dju 1	Dju 2	Dju 2
	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10
Type beskrivelse	2	3	2	3	1	2	1	2
PORIFERA indet.	+			+				
Hydrozoa indet.								+
ANTHOZOA								
Anthozoa indet.	1	+	1					3
PLATYHELMINTES indet.			1					1
NEMERTINI indet.	2	+	7	8			33	14
NEMATODA indet.	3	5	7	1			16	47
POLYCHAETA								
Amaeana trilobata							2	1
Ampharete lindstroemi		1						1
Amythasides macroglossus	17	8	18	9				
Aphelochaeta sp.	3	3	7	18			10	8
Aricidea catherinae			1	5				
Aricidea suecia		1					1	
Brada villosa								4
Capitella capitata					1	4	48	251
Chaetoparia nilssoni		1		1				
Chaetozone sp.	6	4	4	17			152	173
Cirratulus cirratus								1
Diplocirrus glaucus	4	4	3	9			9	8
Dodecaceria concharum		5						
Eclysippe vanelli	5	7	4	1				
Eteone longa								1
Euchone sp.				1				
Exogone sp.							26	20
Glycera alba							3	2
Glycera lapidum	0/1	0/1	0/2	0/7				1
Goniada maculata				1				
Heteromastus filiformis	1	1		5			38	19
Kefersteinia cirrata								1
Laetmonice filicornis	0/1							
Lanice conchilega		1						
Laonice sarsi	3	4	7	0/2				
Levinsenia gracilis			7	6				
Lipobranchus jeffreysii							12/3	15
Lumbrineridae indet.	8	8	21	16			3	1
Lysippides fragilis	1							
Maldanidae indet.		4	1	4			2	1
Melinna albicincta	0/2	1	1					
Myriochele oculata	1	3		1			5	6
Nereimyra punctata								1
Notomastus latericeus	10	14	11	12				
Ophelina sp.	0/1		0/1					
Ophiodromus flexuosus							3	
Owenia borealis	1							



## Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Apa 1	Apa 1	Apa 2	Apa 2	Dju 1	Dju 1	Dju 2	Dju 2
	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10
Type beskrivelse	2	3	2	3	1	2	1	2
Paradiopatra quadricuspis			1					
Paramphinome jeffreysii	4	4					75	42
Paraonis sp.		2						
Pectinaria auricoma	0/1						3	
Pectinaria belgica							2	1
Pectinaria koreni							1	
Pherusa plumosa				1				
Pholoe baltica		1					4	9
Pholoe pallida		1					3	7
Phylo kupferi			1	0/1				
Phylo norvegica		0/1						
Pilargis sp.	1			1				
Polycirrus cf plumosus							3	5
Polycirrus medusa		1	1				1	
Polydora sp.								1
Polynoidae indet.							3	1
Prionospio cirrifera	1	3	0/3	0/3			6	7
Prionospio steenstrupii							21	38
Sabellides octocirrata								1
Samytha sexcirrata	1	1						
Scalibregma inflatum		0/1					20	14/1
Scolelepis korsuni	1	1	1	1				
Sige fusigera	1	1		1				2
Sosanopsis wireni				1				
Spiophanes kroeyeri								4
Spiophanes wigleyi	13/44	25/46	25/50	53/174				
Sthenelais limicola			0/1					
Streblosoma intestinale								1
Terebellidae indet.		0/1						
Terebellidae indet.							0/3	0/2
Terebellides stroemi			1	2			1	
Trichobranchus roseus			1					
Vigtoriella ardabilia						59		
SIPUNCULA								
Golfingia vulgaris								1
Onchnesoma steenstrupi	2	1	4	4				
CRUSTACEA								
Amphipoda indet.	1	3	4	5			2	1
Calanus finmarchicus						1		1
Caprellidae indet.		1					1	2
Cumacea indet.	1							
Diastylis cornuta		1					1	7
Diastylodes biplicata			4	2				1
Eudorella truncatula		1						
Gnathia sp.			2					3
Jassa pusilla						1		

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Apa 1	Apa 1	Apa 2	Apa 2	Dju 1	Dju 1	Dju 2	Dju 2
	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10	1.7.10
Type beskrivelse	2	3	2	3	1	2	1	2
Munida sarsi			0/1					
Nebalia sp.			1					
MOLLUSCA								
Abra nitida	0/3	0/7	1	2			10/7	25/11
Antalis occidentale			2	1				
Axinulus croulinensis			2					
Caudofoveata indet.		1	9	4			2	4
Corbula gibba							1	
Cuspidaria abbreviata				1				
Cuspidaria rostrata			1/1					
Delectopecten vitreus							1	
Dentalium entalis		1	3	1				
Entalina tetragona				2				
Euspira montagui							1	
Haliella stenostoma	1/1	1						
Hyalopecten similis				0/1				
Leptochiton alveolus	2	2						
Mendicula feruginosa	7/2	4	39/9	38/9				
Montacuta ferruginosa	1						3	3
Mysella bidentata							3/1	6
Mysella tumidula							1/2	
Mytilidae indet.							0/1	
Nucula tumidula			1/1	1				
Parvicardium minimum	0/1						1	
Phaxas pellucidus							0/1	
Thyasira equalis		1/1	3/2	3/4			3	
Thyasira obsoleta			1	3				3
Thyasira sarsii							22/56	59/11
Yoldiella nana			4					
Yoldiella philippiana	3/2	1	9	6/2				
ECHINODERMATA								
Amphiura chiajei	1/1		1					
Amphiura filiformis							1/3	
Brissopsis lyrifera	1						4	7
Cucumaria hyndmani	2	2						
Echinocardium cordatum								1
Echinocardium flavescens	0/1	0/1						
Ekmania barthii	2	2						
Labidoplax buskii	1							
Ophiura carnea	1	4	1	3				
Ophiura sarsi	2			3				
Ophiura sp.	0/5	0/5	0/4	0/7			2	0/1
ENTEROPNEUSTA indet.			6	4			3	5
CHORDATA								
PISCES egg.					3	4	3	6
VARIA	+	+					+	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Trom 1	Trom 1	Trom 2	Trom 2	Sild 1	Sild 1	Sild 2	Sild 2
	30.06.2010	30.06.2010	30.06.2010	30.06.2010	29.06.2010	29.06.2010	30.06.2010	30.06.2010
Type beskrivelse	1	2	2	3	1	2	2	3
PORIFERA indet.								
Hydrozoa indet.			+	+				
ANTHOZOA								
PLATYHELMINTES indet.								
NEMERTINI indet.			13	21	2		1	1
NEMATODA indet.			3	6	2			
POLYCHAETA								
Aglaophamus malmgreni								0/2
Ampharete falcata				1				
Amythasides macroglossus			4	6				
Anobothrus gracilis					0/5	0/2	0/1	
Aphelochaeta sp.			54	42	2	2	9	5
Aricidea sp.							4	
Brada villosa				1		1		1
Capitella capitata	2016	2381	1					1
Ceratocephale loveni								1
Chaetozone jubata						6	11	5
Chaetozone sp.			27	16				
Clymenura borealis			1	4				
Diplocirrus glaucus	1		3	1				
Dorvilleidae indet.	55	1						
Eclysippe vanelli			2/3					
Euchone sp.			1					
Exogone sp.			9	6				
Glycera lapidum							1	
Heteromastus filiformis			9	4	9	4	5	
Laonice sarsi				1				
Laonice sp.							1	
Levinsenia gracilis			1	4	3		2	
Lumbrineridae indet.			1	4	2	3	5	3
Myriochele oculata					1	1		
Ophelina norvegica								1
Ophiodromus flexuosus				1				
Paradiopatra fiordica			10	6	14	20	12	16
Paradiopatra quadricuspis			2	3				
Paramphinome jeffreysii	1	1	76	49				
Paramphitrite tetrabranchia			1					
Paranaitis cf. kosteriensis				1				
Paraonis sp.					1			
Pectinaria auricoma			1					
Pectinaria belgica			18	7/1				
Phloe pallida			5	2				
Phylo norvegica								0/1
Pista malmgreni			3/2	2				
Pistella lornensis				1				

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Trom 1	Trom 1	Trom 2	Trom 2	Sild 1	Sild 1	Sild 2	Sild 2
	30.06.2010	30.06.2010	30.06.2010	30.06.2010	29.06.2010	29.06.2010	30.06.2010	30.06.2010
Type beskrivelse	1	2	2	3	1	2	2	3
Polycirrus medusa							1	
Polynoidae indet.			1					1
Prionospio cirrifera			0/1	0/2				
Prionospio dubia				1				
Prionospio fallax			1					
Prionospio steenstrupii	480	453						
Rhodine loveni			1	2				
Scolelepis korsuni			1					
Spiochaetopterus typicus			1					1
Spiophanes kroeyeri			3/3	5/8	3			1
Spiophanes wigleyi			12/12	6/16				
Streblosoma bairdi			3/2	2/1				
Syllidae indet.			1					
Synelmis klatti							1	
Terebellides stroemi			4	3	13	20	30	27
Vigoriella ardabilia	72							
OLIGOCHAETA indet.					1			
SIPUNCULA								
Golfingia vulgaris						1		1
Onchnesoma squamatum				1				
Onchnesoma steenstrupi			5	5		1		1
Sipuncula indet.					17	2		
CRUSTACEA								
Amphipoda indet.			6	6	2		2	1
Calanoida indet	2		2	1	1	1		
Calanus finmarchicus	10	1	3	9	23	2		1
Diastylis sp.						1		
Diastylis tumida						2		
Diastylodes serrata			1					
Eudorella emarginata				1				
Eudorella truncatula			2		1		1	
Mysida indet.			1	2	1			
Nebalia sp.	2	3						
Ostracoda indet.				1				
Parascelidae indet			1	2		1	1	
Philomedes lilljeborgi					1			
Tanaidacea indet.				3				
MOLLUSCA								
Abra longicallus			1/1	3/1	1	2	4	6
Abra nitida			13/7	8/11				
Adontorhina similis			1	1				
Axinulus eumyaria					9	26	14	4/2
Bryozoa indet. Grenet	+							
Caudofoveata indet.			6	8				
Cuspidaria lamellosa							0/1	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

	Trom 1	Trom 1	Trom 2	Trom 2	Sild 1	Sild 1	Sild 2	Sild 2
	30.06.2010	30.06.2010	30.06.2010	30.06.2010	29.06.2010	29.06.2010	30.06.2010	30.06.2010
Type beskrivelse	1	2	2	3	1	2	2	3
Cuspidaria obesa				1				0/1
Entalina tetragona							0/1	
Haliella stenostoma							1	
Kelliella abyssicola			4	3	8	14	12	23
Mendicula feruginosa			17/7	13/6	1	1	2	5
Mysella tumidula							1	
Nucula tumidula			2/2	5/5	2/4	3/4	3/1	6/5
Parvicardium minimum			0/1					
Philine scabra				0/1				
Pseudomalletia obtusa					0/1	2	1/2	1
Taranis moerchi					0/1			
Thyasira equalis			16/16	0/9			4/2	1/1
Thyasira granulosa					4	1/2	2	2
Thyasira obsoleta			6	6	5	0/1	8	11
Thyasira sarsii	1							
Yoldiella lucida			1		2	1	3	2
Yoldiella nana						0/1		
ECHINODERMATA								
Amphilepis norvegica					0/2	0/2	6/1	8/2
Echinocardium flavescens				0/1				
Ophiura sarsi			1					
Ophiura sp.			0/1	0/7				
Siboglinum ekmani					+			+
CHAETOGNATHA indet.					1			
CHORDATA								
VARIA							+	+

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene

Geom.kl.	Apa 1	Apa 2	Dju 1	Dju 2	Hes 1	Hes 3	Høy 1	Trom 1	Trom 2	Sild 1	Sild 2
I	23	18	0	21	2	9	1	2	23	7	20
II	13	10	0	11	1	8	0	1	3	7	2
III	11	9	1	9	0	4	1	0	11	7	6
IV	7	9	0	8	1	1	0	0	9	2	5
V	3	5	0	3	0	1	0	0	3	2	5
VI	0	1	1	5	0	1	0	1	5	3	2
VII	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	0
VIII	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
IX	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
XI	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
XIV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Vedleggstabell 4. Analysebevis



**Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss**  
F. reg. 965 141 618 MVA  
Møllebakken 50  
NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00  
Fax: +47 69 27 23 40

Uni Research AS  
SAM-marin  
5006 BERGEN  
Attn: Erling Heggøy

**AR-10-MM-011512-01**



**EUNOMO-00016775**

Prøvemottak: 07.07.2010  
Temperatur:  
Analyseperiode: 07.07.2010-29.07.2010  
Referanse: 611101,804648,ref.14/10

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070230</b>	Prøvetakingsdato:	29.06.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Høy1	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>73</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>460</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>15</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>49</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>&lt;5.0</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070231</b>	Prøvetakingsdato:	29.06.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Sild1	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>38</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>750</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>24</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>160</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>19</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

## Tegnforklaring:

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 5

AR-10-MM-011512-01



EUNOMO-00016775



Prøvenr.:	<b>439-2010-07070232</b>	Prøvetakingsdato:	30.06.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Sild2	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>36</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>530</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>20</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>130</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>15</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070233</b>	Prøvetakingsdato:	30.06.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Trom1	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>40</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>9700</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>37</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>410</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>86</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070234</b>	Prøvetakingsdato:	30.06.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Trom2	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>14</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>1900</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>38</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>230</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>10</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Tegnforklaring:

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

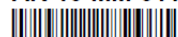
Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 5



AR-10-MM-011512-01



EUNOMO-00016775



Prøvenr.:	<b>439-2010-07070235</b>	Prøvetakingsdato:	01.07.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Apa1	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>69</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>510</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>4.5</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>32</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>5.9</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070236</b>	Prøvetakingsdato:	01.07.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Apa2	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>62</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>960</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>7.0</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>42</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>6.0</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070237</b>	Prøvetakingsdato:	01.07.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Hes1	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>50</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>6400</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>59</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>180</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>41</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

**Tegnforklaring:**

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

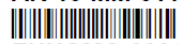
&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 3 av 5

AR-10-MM-011512-01



EUNOMO-00016775



Prøvenr.:	<b>439-2010-07070238</b>	Prøvetakingsdato:	01.07.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Hes3	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>69</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>1000</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>11</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>32</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>5.5</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070239</b>	Prøvetakingsdato:	01.07.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Dju1	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>19</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>5300</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>8.6</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>160</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>340</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>439-2010-07070240</b>	Prøvetakingsdato:	01.07.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Dju2	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>54</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>670</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>11</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>44</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>10</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

**Tegnforklaring:**

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

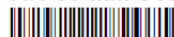
&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 4 av 5

AR-10-MM-011512-01



EUNOMO-00016775



Prøvenr.:	<b>439-2010-07070241</b>	Prøvetakingsdato:	16.06.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Estenvika10	Analysedato:	07.07.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	<b>48</b>	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	<b>1000</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	<b>14</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	<b>51</b>	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
* Totalt organisk karbon (TOC)	<b>24</b>	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

**Kopi til:**

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)  
 Uni Miljø (sam-marin@uni.no)

Moss 29. juli 2010

*Hanne-Monica Reinback*

Hanne-Monica Reinback

ASM/Kjemiingeniør

**Tegnforklaring:**

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

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 5 av 5